

УДК 633.2:581.1:631.559(477.44)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.20>

ПОПУЛЯЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ МОРФО-БІОЛОГІЧНИХ ТА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК ПИРІЮ ПРОМІЖНОГО KERNZA В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Ожіганов К.Д. – аспірант відділу селекції кормових, зернових,
колосових та технічних культур,
Інститут кормів та сільського господарства Поділля Національної академії
аграрних наук України
orcid.org/0009-0009-3297-7821

У статті представлено результати дослідження популяційної мінливості морфо-біологічних та господарсько-цінних ознак міжродового гібриду пирію проміжного Kernza (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*) у зоні Правобережного Лісостепу України за перший рік вегетації. Метою роботи стало виявлення рівня внутрішньопопуляційної варіації основних продуктивних параметрів і оцінка їхньої селекційної значущості в умовах абіотичних стресів та кислих ґрунтів регіону. Наукова новизна полягає у комплексному підході до первинної оцінки адаптивного потенціалу Kernza у вітчизняних умовах, що враховує не лише морфологічні показники, а й фітостійкість і збиральний індекс.

Методично дослідження базувалося на аналізі 60 сімейних ліній культури, для яких визначено висоту рослин, довжину колосу, кількість колосків і насінин, масу 1000 насінин, вегетативну масу та насіннєву продуктивність. Визначено рівень ураження рослин основними грибними хворобами за шкалою фітопатологічної оцінки. За отриманими даними розраховано межі варіації, середні значення та коефіцієнти варіації, що дозволило зробити висновки про ступінь генетичної стабільності та адаптаційної гнучкості окремих ознак.

Результати дослідження показали значну варіабельність серед родин Kernza, особливо за ознаками насіннєвої продуктивності: кількість насінин у колосі ($V = 42,9\%$), вага насіння з ділянки ($V = 37,1\%$), маса 1000 насінин ($V = 26,04\%$). Помірний рівень варіації встановлено для збирального індексу та вегетативної маси, що дозволяє залучати ці показники як другорядні селекційні критерії. Висота рослин виявилася найбільш стабільною ознакою ($V = 8,51\%$), що може свідчити про сталу спадкову детермінацію. Ідентифіковано родини з високими адаптивними параметрами, які поєднують фітостійкість до іржі та фузаріозу з потенціалом генерації якісного насіння.

Проведений аналіз підтверджує доцільність подальших досліджень із вивчення міжродового гібриду Kernza як перспективної багаторічної зернової культури для умов Правобережного Лісостепу України. Отримані результати можуть стати підґрунтям для формування вихідного селекційного матеріалу з підвищеною адаптивністю, стабільною продуктивністю та стійкістю до патогенів в умовах кліматичних викликів. Подальші етапи передбачають багатоциклову оцінку стабільності ознак у динаміці років і вивчення кореляцій між генеративними та вегетативними характеристиками для побудови ефективної моделі добору.

Ключові слова: Kernza, пирій проміжний, популяційна мінливість, насіннєва продуктивність, морфо-біологічні ознаки, адаптація, фітостійкість, Лісостеп України.

Ozhihanov K.D. Population-level variability of morphological, biological, and agronomically valuable traits of intermediate wheatgrass (*thinopyrum intermedium*, Kernza) under the conditions of the right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine

The article presents the results of a study on the population variability of morpho-biological and economically valuable traits of the intergeneric hybrid intermediate wheatgrass Kernza (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*) in the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine during the first year of vegetation. The aim of the study was to identify the level of intrapopulation variation in key productivity parameters and to assess their breeding significance under abiotic stress conditions and acidic soils of the region. The scientific novelty lies in a comprehensive approach to the initial evaluation of Kernza's adaptive potential under domestic conditions, taking into account not only morphological traits but also disease resistance and harvest index.

The methodological basis of the study included an analysis of 60 family lines, for which plant height, spike length, number of spikelets and seeds, thousand seed weight, vegetative mass, and seed productivity were determined. The level of fungal disease damage was assessed using a phytopathological rating scale. Based on the obtained data, variation ranges, mean values, and coefficients of variation were calculated, allowing for conclusions regarding the degree of genetic stability and adaptive plasticity of certain traits.

The results revealed substantial variability among Kernza families, especially in traits related to seed productivity: number of seeds per spike ($V = 42.9\%$), seed weight per plot ($V = 37.1\%$), and thousand seed weight ($V = 26.04\%$). Moderate variability was observed for the harvest index and vegetative mass, allowing these indicators to be considered as secondary selection criteria. Plant height demonstrated the highest stability ($V = 8.51\%$), which may indicate stable genetic determination. Family lines with high adaptive parameters combining resistance to rust and fusarium with high seed production potential were identified.

The analysis confirms the feasibility of further research on the intergeneric hybrid Kernza as a promising perennial grain crop for the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The obtained results can serve as a basis for forming initial breeding material with improved adaptability, stable productivity, and pathogen resistance under climate change conditions. Further stages will focus on multi-year stability assessment and the study of correlations between generative and vegetative traits to construct an effective selection model.

Key words: Kernza, intermediate wheatgrass, population variability, seed productivity, morpho-biological traits, adaptation, disease resistance, Forest-Steppe of Ukraine.

Актуальність теми дослідження. Сучасне землеробство України стоїть перед викликами, пов'язаними з кліматичними змінами, деградацією ґрунтів, зменшенням доступності водних ресурсів та необхідністю зниження залежності від інтенсивного обробітку. У таких умовах дедалі більшої ваги набувають екосистемно збалансовані агротехнології, які передбачають залучення нових культур із підвищеним адаптивним потенціалом.

Останні дослідження вказують на високу ефективність використання багаторічних злакових культур як інструменту для підвищення сталості агроландшафтів, особливо у регіонах із нестабільним зволоженням [3, с 18].

У цьому контексті міжродовий гібрид Kernza (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*) розглядається як перспективна культура завдяки здатності формувати стабільну насіннєву та біомасову продуктивність, зменшувати ерозійні процеси, підвищувати вміст органічної речовини в ґрунті та слугувати джерелом високоякісного корму [1, с. 20].

Однак, для ефективноної адаптації цієї культури до умов України, зокрема Правобережного Лісостепу, необхідна локальна оцінка мінливості ключових морфо-біологічних і продуктивних ознак. Підбір вихідного матеріалу для подальшої селекції неможливий без глибокого аналізу рівня варіабельності за ознаками, що визначають успішність адаптації – такими як висота рослин, вегетативна маса, колосистість, насіннєва продуктивність та фітопатологічна стійкість. Саме тому проведення регіонального польового дослідження гібридів Kernza в умовах Лісостепу є не лише своєчасним, а й стратегічно важливим для формування засад екологічно орієнтованого землеробства.

Постановка проблеми. У контексті сучасного аграрного виробництва особливої актуальності набувають питання впровадження сталих систем землеробства, здатних забезпечити стабільну продуктивність за умов кліматичної нестабільності, деградації ґрунтів та обмежених ресурсів. Одним із перспективних напрямів вирішення цих завдань є використання багаторічних зернових культур, які здатні формувати сталу урожайність протягом кількох сезонів, одночасно зменшуючи антропогенне навантаження на ґрунт.

Міжродовий гібрид пирію проміжного (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*), відомий під назвою Kernza, став об'єктом численних досліджень

у США, Канаді, Німеччині, Польщі, а також в окремих проєктах в Україні. Підвищений інтерес до цієї культури пояснюється її біоенергетичним потенціалом, посухостійкістю, глибокою кореневою системою та здатністю до багаторічної генерації врожаю без повторного пересіву [2, с. 52, 4, с. 23].

Водночас, незважаючи на значну кількість експериментів за межами України, у вітчизняній науці відсутній комплексний аналіз адаптаційного потенціалу Kernza в умовах Правобережного Лісостепу — зони, яка характеризується нестійким зволоженням, кислими ґрунтами та періодичним впливом абіотичних стресів. Саме тому виникає необхідність у цілеспрямованій оцінці морфо-біологічної мінливості гібридних форм Kernza в польових умовах на ранніх етапах селекційного процесу, що дозволить сформувати базу для подальшого добору перспективного вихідного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика впровадження багаторічних зернових культур у системи сталого землеробства набула значної актуальності у світовій агробіології. Однією з найперспективніших культур у цьому напрямі вважається пирій проміжний (*Thinopyrum intermedium*), зокрема його міжродовий гібрид із пшеницею — Kernza. Дослідження щодо продуктивності та адаптивних властивостей цієї культури активно проводяться в США, Канаді, ЄС, про що свідчать численні публікації [1, с. 15; 31, с. 24-28; 5, с. 45].

Зокрема, праці DeNaan et al. [3, с. 45] акцентують увагу на стабільності врожайності Kernza в умовах багаторічного вирощування, а Zhang et al. [3, с. 45-48] зазначають значний вплив генетичних і агроекологічних факторів на формування морфо-біологічних ознак культури, що є важливим для прискорення селекційного процесу.

У вітчизняному науковому просторі перші результати з вивчення адаптаційного потенціалу пирію проміжного лише починають формуватись, зосереджуючись переважно на аналізі морфологічної мінливості та оцінці господарсько-цінних ознак.

Разом із тим, залишаються відкритими питання щодо популяційної варіабельності окремих параметрів у межах колекційного матеріалу за конкретних ґрунтово-кліматичних умов України. Недостатньо також досліджено рівень варіації генеративних і вегетативних ознак у контексті селекційної цінності та стабільності прояву. Саме ці аспекти становлять предмет даного дослідження.

Виділення невирішених частин проблеми. Попри наявність міжнародного досвіду вирощування міжродового гібриду Kernza як перспективної багаторічної зернової культури, в Україні ця культура перебуває на початкових етапах впровадження. Обмежена кількість досліджень стосується саме адаптаційного потенціалу Kernza в умовах Правобережного Лісостепу, зокрема – популяційної мінливості господарсько-цінних ознак та рівня генетичної стабільності у нових кліматичних умовах.

Відсутність систематизованих даних щодо внутрішньопопуляційної варіації ознак насіннєвої продуктивності, вегетативної маси, фітостійкості та збирального індексу ускладнює процес добору ефективних селекційних форм для регіонального землеробства.

Постановка завдання. Для досягнення поставленої мети дослідження передбачалося розв'язання таких завдань:

1. Провести агроекологічну характеристику умов вирощування міжродового гібриду Kernza в зоні Правобережного Лісостепу України.

2. Здійснити кількісну оцінку популяційної мінливості морфо-біологічних та господарсько-цінних ознак Kernza за результатами першого року польових досліджень.

3. Визначити рівень варіабельності основних продуктивних показників (вегетативна маса, висота рослин, довжина колосу, кількість насінин, маса 1000 насінин, урожайність насіння, збиральний індекс).

4. Оцінити стабільність вегетативних ознак та селекційну цінність продуктивних характеристик для подальшої селекційної роботи в умовах кліматичних змін.

Методика досліджень. Дослідження проводили у 2023–2024 роках на дослідних ділянках Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України, що розташовані в зоні Правобережного Лісостепу. Клімат регіону характеризується помірно континентальним типом із періодичними літніми засухами, що зумовлює актуальність добору адаптивних культур із високим рівнем посухостійкості.

Ґрунти ділянок мають середньо кислу реакцію (рН 4,5–5,2) та підвищену щільність орного шару, що створює додаткове навантаження на механізми екологічної стійкості культур.

Об'єктом дослідження був міжродовий гібрид багаторічного злака *Kernza* (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*), відібраними для первинної оцінки адаптаційної здатності та продуктивного потенціалу в нових агрокліматичних умовах.

У дослідженнях використовували загальноприйняті польові та лабораторні методи оцінки морфо-біологічних і господарсько-цінних ознак. Зокрема, вимірювали висоту рослин, масу вегетативної надземної маси, довжину колосу, кількість колосків і насінин у колосі, масу 1000 насінин, урожайність насіння з ділянки, а також розраховували збиральний індекс.

Ураження рослини хворобами (борошниста роса, переноспороз) визначали на природному інфекційному фоні за дев'ятибальною шкалою: від 1 бала (відсутність ураження) до 9 балів (суцільне ураження генеративних органів).

Виклад основного матеріалу. За результатами першого року польового експерименту з вивчення міжродового гібриду *Kernza* встановлено значну популяційну мінливість за основними морфо-біологічними та господарсько-цінними ознаками. Серед досліджуваних родин спостерігали широкий діапазон варіації вегетативної маси, насінневої продуктивності та елементів структури колосу [6, с 13].

Так, вегетативна маса з ділянки (суха речовина) коливалася в межах від 0,09 до 0,39 кг, при середньому значенні $0,209 \pm 0,06$ кг і коефіцієнті варіації 29,14%.

Висота рослин змінювалася від 117 до 191 см, середній показник становив $160,5 \pm 13$ см ($V = 8,51\%$). Довжина колосу мала широку варіабельність (5,0–31,2 см), що підтверджується середнім значенням $21,31 \pm 3,6$ см і коефіцієнтом варіації 17,00%.

Кількість колосків у колосі варіювала від 8 до 28 (у деяких випадках з редукцією до 4), середній рівень — $18,4 \pm 3,3$ шт. ($V = 18,35\%$). Кількість насінин у колосі мала високий ступінь коливання — від 3 до 69, що дало середнє значення $27,8 \pm 11,9$ шт. і коефіцієнт варіації 42,9%, що свідчить про значний вплив генетичних і середовищних чинників.

Маса 1000 насінин варіювала в межах 8,1–20,4 г, з середнім рівнем $7,4 \pm 3,5$ г і варіацією 26,04%. Вага насіння з ділянки становила від 11,1 до 71,3 г, при середньому $29,10 \pm 10,7$ г ($V = 37,10\%$). Збиральний індекс варіював у межах 3,70–24,58, з середнім значенням $12,63 \pm 4,8$ ($V = 31,29\%$).

Зведені середні значення, межі варіації та коефіцієнти варіації подано у Таблиці 1.

Таблиця 1

Загальна характеристика сімей 2023-2024

№ п/п	Показники	Ліміти		$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
		min	max		
1	Вегетативна маса з ділянки (суха речовина), кг	0,09	0,39	0,209 $\pm$ 0,06	29,14
2	Висота рослин, см	1,17	1,91	1,605 $\pm$ 0,13	8,51
3	Довжина колосу, см	5,0	31,2	21,31 $\pm$ 3,6	17,00
4	Кількість колосків у колосі, шт.	8	28	18,4 $\pm$ 3,3	18,35
5	Кількість насінин в колосі, шт.	8	69	27,8 $\pm$ 11,9	42,9
6	Маса 1000 насінин, г	8,1	20,4	7,4 $\pm$ 3,5	26,04
7	Вага насіння з ділянки, г	11,1	71,3	29,10 $\pm$ 10,7	37,10
8	Збиральний індекс	3,70	24,58	12,63 $\pm$ 4,8	31,29

Аналіз результатів засвідчив, що показники, пов'язані із формуванням генеративної частини рослини (кількість насінин у колосі, маса 1000 насінин, урожайність насіння), мали вищий рівень варіабельності порівняно з вегетативними ознаками.

Найбільший коефіцієнт варіації зафіксовано для кількості насінин у колосі (42,90%) та ваги насіння з ділянки (37,10%), що свідчить про значні внутрішньо-популяційні відмінності у потенціалі насінневої продуктивності.

Висота рослин продемонструвала відносно низьку варіабельність ($V = 8,51\%$), що може свідчити про генетичну стабільність цієї ознаки в умовах Правобережного Лісостепу [7, с 13; 8, с. 20]. Вегетативна маса та збиральний індекс виявилися помірно варіабельними, що дозволяє розглядати їх як другорядні селекційні критерії при доборі найбільш ефективних форм.

Отримані результати засвідчують наявність широкої адаптаційної основи для формування високопродуктивних генотипів пирію Kernza. Високий ступінь варіації окремих ознак є селекційно цінним та дозволяє здійснювати ефективний добір за бажаними параметрами продуктивності.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження засвідчило суттєву популяційну мінливість морфо-біологічних та господарсько-цінних ознак пирію проміжного Kernza в умовах Правобережного Лісостепу України. Найвищий рівень варіації було виявлено серед показників, пов'язаних із насінневою продуктивністю, зокрема кількістю насінин у колосі ($V = 42,9\%$) та вагою насіння з ділянки ($V = 37,1\%$), що свідчить про наявність значного потенціалу для ефективного селекційного добору за цими ознаками.

Натомість висота рослин виявила стабільність у межах популяції ($V = 8,51\%$), що може бути свідченням генетичної сталості цієї ознаки в конкретних екологічних умовах. Помірна варіабельність вегетативної маси та збирального індексу відкриває можливості для врахування цих параметрів як додаткових селекційних критеріїв.

Отримані результати підтверджують доцільність подальших досліджень щодо диференціації сімей за адаптивністю та продуктивністю, а також необхідність поглибленої оцінки стійкості до хвороб у наступні роки спостережень. Подальші етапи досліджень будуть зосереджені на стабільності ознак у динаміці років та кореляціях між вегетативними й генеративними характеристиками, що дозволить сформувати цілісну модель адаптивного потенціалу гібриду Kernza в умовах кліматичних викликів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Culman S. W., Snapp S. S., Ollenburger M., Basso B., DeHaan L. R. Soil and water quality rapidly responds to the perennial grain *Kernza* wheatgrass. *Agronomy Journal*. 2013. Vol. 105, No. 3. P. 735–744. DOI: 10.2134/agronj2012.0273.
2. De Oliveira G., Brunsell N. A., Sutherland C. E., Crews T. E., DeHaan L. R. Energy, water and carbon exchange over a perennial *Kernza* wheatgrass crop. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 249. P. 120–137. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.11.038.
3. Zhang X., Sallam A., Gao L., Kantarski T., Poland J., DeHaan L. R., Wyse D. L., Anderson J. A. Establishment and optimization of genomic selection to accelerate the domestication and improvement of intermediate wheatgrass. *The Plant Genome*. 2016. Vol. 9, No. 1. P. 1–18. DOI: 10.3835/plantgenome2015.07.0059.
4. Chairí F., Sanchez Bragado R., Serret M. D., Aparicio N., Nieto Taladriz M. T., Luis Araus J. Agronomic and physiological traits related to the genetic advance of semi dwarf durum wheat: the case of Spain. *Plant Science*. 2020. Vol. 295. Article 110210. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110210.
5. Karpenko V. P., Poltoretskyi S. P., Liubych V. V., Adamenko D. M., Kravets I. S., Prytuliak R. M. Agrobiological characteristics of spelt wheat and intermediate wheatgrass in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, No. 5. P. 81–86. DOI: 10.15421/2020_210.
6. Bajgain P., Zhang X., Jungers J., DeHaan L., Heim B., Sheaffer C., Wyse D., Anderson J. ‘MN-Clearwater’, the first food-grade intermediate wheatgrass (*Kernza* perennial grain) cultivar. *Journal of Plant Registrations*. 2020. Vol. 14, No. 3. P. 288–297. DOI: 10.1002/plr2.20042.
7. Crain J., et al. Genetic architecture and QTL selection response for *Kernza* perennial grain domestication traits. 2022. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата звернення: 25.06.2025).
8. Oliveira C., Smith J., DeHaan L. Ecosystem benefits of perennial grain crop intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*). Wageningen University & Research – RVO Report AGRO20003. 2022. 24 p. URL: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-12/AGRO20003%20Ecosystem-benefits-of-perennial-grain-crop.pdf> (дата звернення: 25.06.2025).