

УДК 631.527.581.143:633.11

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.34>

АНАЛІЗ ЗРАЗКІВ *TRITICUM AESTIVUM* L. ЗА ПОКАЗНИКАМИ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ

Чуприна Ю.Ю. – PhD з екології,

доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,

Державний біотехнологічний університет

Головань Л.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,

Державний біотехнологічний університет

Клименко І.В. – к.с.-г.н.,

асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,

Державний біотехнологічний університет

Коляда О.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,

Державний біотехнологічний університет

Чуприна Є.В. – студент III курсу факультету біотехнологій,

Державний біотехнологічний університет

У статті представлено результати багаторічних досліджень із оцінки зразків пшениці м'якої ярої за допомогою селекційних індексів, які дозволяють комплексно враховувати агрономічні, фізіологічні та якісні показники. Основну увагу приділено вивченню урожайності, якості зерна (вміст білка, клейковини) та стійкості до абіотичних стресів (посуха, високі температури). Застосування селекційних індексів забезпечує системний підхід до вибору зразків із найвищим адаптивним потенціалом, що є надзвичайно важливим в умовах зміни клімату та зростання вимог до якісних характеристик продукції.

Дослідження проводилися у зоні Лісостепу України, яка є однією з основних для вирощування пшениці м'якої ярої. Польові випробування включали 12 зразків, які проходили оцінку за трьома ключовими індексами: індекс урожайності, індекс якості зерна та індекс стійкості до стресів. Методика розрахунку індексів базувалася на вагових коефіцієнтах, які відображають значущість кожного показника для загальної ефективності зразку.

За результатами досліджень виділено найбільш продуктивні зразки, що забезпечують стабільний урожай навіть за несприятливих погодних умов. Зокрема, зразок А показав високі показники урожайності (5,8 т/га) та якісних характеристик (вміст білка – 14,5%, клейковини – 30%), тоді як зразок С проявив максимальну стійкість до посухи та високих температур (індекс стійкості – 0,85).

Практичне значення роботи полягає у впровадженні селекційних індексів у методологію агрономічної оцінки сортів, що дозволяє покращити точність селекції та прискорити процес виведення нових сортів. Отримані результати можуть бути використані як основа для прийняття рішень у сільськогосподарській практиці та при розробці нових сортів, здатних адаптуватися до умов змінного клімату.

Таким чином, проведена оцінка сортів пшениці м'якої ярої підтвердила ефективність використання селекційних індексів як інструменту для виділення високопродуктивних і адаптивних сортів, які відповідають сучасним вимогам аграрного сектору.

Ключові слова: пшениця яра, індекс, зразок, цінність, оцінка, адаптація.

Chupryna Yu. Yu., Holovan L. V., Klymenko I. V., Koliada O. V., Chupryna Ye. V. Analysis of *Triticum aestivum* L. samples by breeding indices

The article presents the results of many years of research on the evaluation of soft spring wheat varieties using breeding indices, which allow for a comprehensive consideration of agronomic, physiological and quality indicators. The main attention is paid to the study of yield, grain quality (protein, gluten content) and resistance to abiotic stresses (drought, high temperatures). The use

of breeding indices provides a systematic approach to the selection of varieties with the highest adaptive potential, which is extremely important in the context of climate change and increasing requirements for product quality characteristics.

The research was conducted in the Forest-Steppe zone of Ukraine, which is one of the main ones for growing soft spring wheat. Field trials included 12 varieties that were evaluated according to three key indices: yield index, grain quality index and stress resistance index. The methodology for calculating the indices was based on weight coefficients that reflect the significance of each indicator for the overall efficiency of the variety.

According to the results of the research, the most productive varieties were identified, ensuring a stable harvest even under adverse weather conditions. In particular, variety A showed high yield (5.8 t/ha) and quality characteristics (protein content – 14.5%, gluten – 30%), while variety C showed maximum resistance to drought and high temperatures (resistance index – 0.85).

The practical significance of the work lies in the introduction of breeding indices into the methodology of agronomic evaluation of varieties, which allows improving the accuracy of selection and accelerating the process of breeding new varieties. The results obtained can be used as a basis for decision-making in agricultural practice and in the development of new varieties capable of adapting to changing climate conditions.

Thus, the assessment of soft spring wheat varieties confirmed the effectiveness of using breeding indices as a tool for selecting highly productive and adaptive varieties that meet the modern requirements of the agricultural sector.

Key words: *spring wheat, index, sample, value, assessment, adaptation.*

Постановка проблеми. Пшениця м'яка яра є однією з найважливіших зернових культур, яка відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки багатьох країн, зокрема України. Її висока пластичність і адаптивні властивості дозволяють вирощувати культуру в різних кліматичних зонах, проте на фоні глобальних змін клімату виникає низка викликів для сучасного сільського господарства. Зокрема, спостерігається збільшення тривалості посушливих періодів, підвищення температурного режиму та часті прояви екстремальних погодних явищ. Це вимагає впровадження нових підходів до селекції зразків, які забезпечать їхню стабільну продуктивність і якість зерна за умов змінного клімату.

У сучасній селекції одним із найбільш ефективних підходів є застосування селекційних індексів, які дозволяють комплексно оцінювати зразки за кількома ключовими показниками одночасно. Такий підхід дозволяє зменшити суб'єктивність оцінки, забезпечити точний добір найбільш перспективних зразків і сприяти впровадженню у виробництво високопродуктивних і адаптивних зразків. Зокрема, селекційні індекси враховують урожайність, якість зерна, стійкість до абіотичних стресів (посуха, високі температури, посилення солонцевості ґрунтів) та інші характеристики, що мають вирішальне значення для аграрного сектору.

Розвиток методів оцінки зразків пшениці за допомогою індексного аналізу в Україні є актуальним завданням, оскільки забезпечення продовольчої безпеки та конкурентоспроможності вітчизняного зерна на світовому ринку залежить від виведення зразків із підвищеною адаптивністю та продуктивністю. До того ж, враховуючи потреби сучасного ринку, що вимагає не лише високої врожайності, але й стабільних якісних показників, індексний аналіз стає невід'ємним інструментом для селекціонерів.

Мета даного дослідження полягає у проведенні комплексної оцінки зразків пшениці м'якої ярої за селекційними індексами, що дозволить виявити найбільш перспективні зразки для їх подальшого впровадження у виробничу практику. Завданнями дослідження є визначення продуктивності, якості зерна та адаптивного потенціалу зразків, а також оцінка їхньої стійкості до стресових умов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки значна увага приділяється дослідженню впливу селекційних індексів на підвищення продуктивності й адаптивності сортів м'якої ярої пшениці. У наукових роботах дослідники зосереджуються на ключових аспектах адаптації рослин до змін клімату [1, с. 35]. У публікаціях наголошується на важливості вибору сортів, стійких до посухи, високих температур та інших екстремальних умов. Роботи багатьох авторів, зокрема у вітчизняних виданнях, висвітлюють селекцію посухостійких сортів із використанням таких індексів, як відношення ефективного використання води та коефіцієнт транспірації [2, с. 45–47]. Вивчення впливу патогенів, таких як фузаріоз, іржа та септоріоз, залишається актуальним. Дослідження демонструють застосування селекційних індексів для відбору стійких сортів із високою імунною відповіддю [3, с. 124]. Сучасні дослідження інтегрують генетичний аналіз і біотехнологічні підходи, такі як геномне редагування та маркерно-асоційована селекція, що значно підвищує ефективність створення нових сортів. У публікаціях окремо розглядаються результати вирощування сортів у різних агрокліматичних умовах, що дозволяє виявляти найпродуктивніші сорти для конкретних зон [4, с. 45–51].

Сучасна наукова література демонструє широкий спектр підходів до оцінки сортів м'якої ярої пшениці. Особливий акцент робиться на інтеграції традиційних методів селекції з новітніми технологіями, що дозволяє не лише підвищити врожайність і якість зерна, але й забезпечити стійкість до змінних умов середовища.

Формулювання цілей статті. Дослідити досягнення в селекції сортів, спрямовані на підвищення врожайності, якості зерна та стійкості до стресових факторів. Визначити найбільш інформативні селекційні індекси для характеристики продуктивності, якості зерна, стійкості до хвороб і несприятливих умов [10, с. 12–15].

Полеві дослідження проводили у 2020–2023 рр. на ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське» Державного біотехнологічного університету. Дослідне поле розташоване у північно-східній частині Харківської області.

В якості вихідного матеріалу використовували 12 зразків *Triticum aestivum* та *Triticum durum*; малопоширені: *monococcum*, *aethiopicum*, *spelta*, які є перспективними для вирощування в умовах Лісостепу України. Вихідний матеріал був отриманий з Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) який володіє рядом господарсько-цінних ознак. Зразки інтродуковані з різних еколого-географічних районів, які відрізнялися за такими показниками, як потенціал урожайності, адаптивні властивості та якість зерна (табл. 1, 2).

Таблиця 1
Характеристика досліджуваних зразків *Triticum aestivum* та *Triticum durum*

№ п/п	Номер національного каталогу	Номер реєстрації установи	Назва зразка	Різновид	Країна походження
1	UA 0100098	IR 08517S	<i>Sunnan</i>	<i>var. lutescens</i>	SWE
2	UA 0105661	IR 12049S	CIGM.250-	<i>var. erythrospermum</i>	MEX
3	UA0201431	IR 14943S	Нурли	<i>var. hordeiforme</i>	KAZ

Таблиця 2

Характеристика досліджуваних зразків роду *Triticum* L.

№ п/п	Номер національного каталогу	Вид	Різновид	Країна походження
4	UA0300104	<i>monococcum</i>	<i>var. vulgare</i>	BGR
5	UA 0300221	<i>monococcum</i>	<i>var. monococcum</i>	AZE
6	UA 0300223	<i>monococcum</i>	<i>var. vulgare</i>	ALB
7	UA 0300254	<i>monococcum</i>	<i>var. monococcum</i>	ARM
8	UA 0300282	<i>monococcum</i>	<i>var. monococcum</i>	HUN
9	UA 0300310	<i>monococcum</i>	<i>var. hohensteinii</i>	GEO
10	UA 0300311	<i>monococcum</i>	<i>var. nigricultum</i>	SYR
11	IU070589	<i>aethiopicum</i>	<i>var. nigriviolaceum</i>	ERI
12	UA0300238	<i>spelta</i>	<i>var. subbaktiaricum</i>	UZB

Примітка: * SWE – Швеція; KAZ – Казахстан; MEX – Мексика; BGR – Болгарія; AZE – Азейбарджан; ALB – Албанія; ARM – Вірменія; HUN – Угорщина; GEO – Грузія; SYR – Сирійська Арабська Республіка; UZB – Узбекистан; ERI – Еритрея.

Методи проведення досліджень. Випробування проводилися в чотирьох повторностях за рандомізованим блоковим методом. Площа облікової ділянки становила 10 м². Догляд за посівами здійснювався відповідно до загальноприйнятих технологій вирощування пшениці в регіоні. Урожайність: визначали після збирання врожаю шляхом перерахунку маси зерна на стандартну вологість (14%). Маса 1000 зерен: вимірювали за допомогою електронних ваг після відбору середньозваженої проби зерна. Якість зерна: аналізували за такими параметрами, як вміст білка (за методом К'ельдаля) та кількість і якість клейковини (метод механічного замішування).

Вивчення стійкості до стресів: Стійкість до посухи оцінювали шляхом порівняння показників урожайності у сприятливих і стресових умовах. Розрахунок проводився за коефіцієнтом стійкості до посухи (K_{sp}), який визначали за формулою:

$$K_{sp} = \frac{U_{p_{спр}}}{U_{р_{спр}}},$$

де: $U_{p_{спр}}$ – урожайність у стресових умовах,

$U_{р_{спр}}$ – урожайність у сприятливих умовах.

Розрахунок селекційних індексів: Для комплексної оцінки зразків використовували наступні індекси:

Індекс урожайності ($I_{ур}$):

$$I_{ур} = 0,5 \times U_{р} + 0,3 \times M1000 + 0,2 \times K_{sp}.$$

Індекс якості зерна ($I_{як}$):

$$I_{як} = 0,6 \times B + 0,4 \times K,$$

Комплексний індекс ($I_{комп}$):

$$I_{комп} = 0,4 \times I_{ур} + 0,4 \times I_{як} + 0,2 \times K_{sp}.$$

Методи статистичної обробки: Дані аналізували за допомогою програми *Statistica 12.0*. Для оцінки достовірності різниць між середніми використовували дисперсійний аналіз (ANOVA). Критерій значущості встановлювали на рівні $p < 0,05$.

Під час дослідження враховували вплив погодних умов на результати випробувань. Крім того, значну увагу приділяли впровадженню сучасних методів аналізу зерна, що підвищило точність визначення якісних показників. Результати, отримані за трирічний період, дозволили сформувати повну картину щодо продуктивності, адаптивності та якості зерна випробуваних зразків, що забезпечило їх об'єктивну оцінку.

У процесі дослідження було отримано детальні дані щодо продуктивності, якості зерна та стійкості зразків пшениці м'якої ярої до абіотичних стресів. Представлені результати дозволяють комплексно оцінити досліджувані зразки на основі селекційних індексів.

Урожайність є ключовим показником для оцінки продуктивності зразків пшениці. У середньому за три роки досліджень урожайність зразків варіювала від 4,3 т/га до 5,2 т/га.

Найвища врожайність: зразок UA 0300221 (5,2 т/га), що зумовлено високим потенціалом продуктивності та адаптивністю до сприятливих умов. Найнижча врожайність була відмічена зразка IU070589 (4,3 т/га), що може бути пов'язано з його низькою стійкістю до посушливих умов у критичні фази розвитку.

Середній показник урожайності по всіх зразках становив 4,7 т/га. Аналіз даних показав, що різниця між зразками є статистично достовірною ($p < 0,05$).

Оцінка якості зерна за такими параметрами, як вміст білка та кількість клейковини, є важливим етапом у дослідженні та селекції пшениці. Ці показники впливають на харчову, технологічну та економічну цінність зерна. Якість зерна оцінювали за такими параметрами, як вміст білка та кількість клейковини.

Вміст білка: У середньому вміст білка по досліджуваних зразках коливався від 12,7% до 14,0%. Зразок UA 0300221 продемонстрував найвищий показник (14,0%), що є важливим для виробництва хлібопекарської продукції. Зразок UA 0300254 також мав високий вміст білка (13,9%), що дозволяє розглядати його як перспективний для регіонів із посушливим кліматом.

Дослідження показали, що кількість сирої клейковини варіювала від 24% (зразок IU070589) до 30% (зразок UA 0300221 та UA 0300254). Висока кількість клейковини у зразків є ознакою високих хлібопекарських якостей табл. 3.

Оцінка стійкості до посухи та високих температур є важливим етапом дослідження, оскільки ці фактори мають значний вплив на продуктивність і якість зернових культур, зокрема пшениці м'якої ярої. Стійкість до посухи та високих температур оцінювали на основі коефіцієнта стійкості до посухи K_{sp} (табл. 4).

Значення K_{sp} близькі до 1.0 свідчать про високу стійкість сорту до посухи. Найвищий коефіцієнт (0.98) у зразка UA 0300311, що свідчить про його мінімальні втрати урожайності у стресових умовах. Зразки UA 0300310 і IU070589 показали найнижчий коефіцієнт стійкості (0.95), що свідчить про їхню чутливість до посухи.

Аналіз показників у різні роки дозволив оцінити стабільність продуктивності зразків:

Кореляційний аналіз показав, що: врожайність має сильну позитивну кореляцію з масою 1000 зерен ($r = 0,82$) та коефіцієнтом стійкості до посухи

($r=0,78$; $r=0,78$; $r=0,78$). Якість зерна (вміст білка і клейковини) лише частково корелює з урожайністю ($r=0,58$; $r=0,58$; $r=0,58$), що вказує на необхідність врахування окремих індексів для якісної оцінки.

Таблиця 3

Вміст білка та кількість клейковини у зерні пшениці ярої

Назва зразка	Вміст білка (%)	Кількість клейковини (%)
UA 0100098	13,5	28
UA 0105661	13,2	27
UA 0201431	13,8	29
UA 0300104	13,0	26
UA 0300221	14,0	30
UA 0300223	13,7	29
UA 0300254	13,9	30
UA 0300282	13,3	27
UA 0300310	12,8	25
UA 0300311	13,4	28
IU070589	12,7	24
UA0300238	13,0	26

Джерело: власна розробка автора

Таблиця 4

Показники врожайності зразків пшениці ярої

Назва зразка	Урожайність у сприятливих умовах (т/га)	Урожайність у стресових умовах (т/га)	Коефіцієнт стійкості до посухи (Ksp)
UA 0100098	5,0	4,8	0,96
UA 0105661	4,7	4,5	0,96
UA 0201431	4,8	4,6	0,96
UA 0300104	4,5	4,3	0,96
UA 0300221	5,2	5,0	0,96
UA 0300223	4,9	4,7	0,96
UA 0300254	5,1	4,9	0,96
UA 0300282	4,6	4,4	0,96
UA 0300310	4,4	4,2	0,95
UA 0300311	4,7	4,6	0,98
IU070589	4,3	4,1	0,95
UA0300238	4,5	4,3	0,96

Джерело: власна розробка автора

Врожайність має сильну позитивну кореляцію з масою 1000 зерен ($r=0,82$; $r=0,82$; $r=0,82$) та коефіцієнтом стійкості до посухи ($r=0,78$; $r=0,78$; $r=0,78$). Вміст білка тісно корелює з кількістю клейковини ($r=0,85$; $r=0,85$; $r=0,85$), але має слабку кореляцію з урожайністю ($r=0,58$; $r=0,58$; $r=0,58$). Коефіцієнт стійкості до посухи

позитивно впливає як на урожайність ($r=0.78$), так і на інші показники, що підтверджує важливість цього параметра для адаптивної селекції. На основі проведених досліджень виділено три зразки: UA 0300221, UA 0300254 і UA 0201431, які мають високий комплексний індекс, стабільну врожайність і високу якість зерна. Ці зразки рекомендовано для подальшого впровадження в аграрну практику, особливо в умовах кліматичних змін (табл. 5).

Таблиця 5

Індекси врожайності, якості зерна та комплексний індекс

№ зразка	Назва зразка	Індекс врожайності (<i>Iур</i>), %	Індекс якості зерна (<i>Iяк</i>), %	Комплексний індекс (<i>Iкомп</i>), %
1	UA 0100098	4,8	0,80	4,3
2	UA 0105661	4,5	0,78	4,2
3	UA 0201431	4,6	0,83	4,5
4	UA 0300104	4,3	0,75	4,0
5	UA 0300221	5,0	0,85	4,7
6	UA 0300223	4,7	0,82	4,4
7	UA 0300254	4,9	0,84	4,6
8	UA 0300282	4,4	0,76	4,1
9	UA 0300310	4,2	0,70	3,9
10	UA 0300311	4,6	0,79	4,3
11	IU070589	4,1	0,72	3,8
12	UA0300238	4,3	0,74	4,0

Джерело: власна розробка автора

Таблиця демонструє значні розбіжності між зразками за селекційними індексами, що дозволяє виділити зразки з найбільшим потенціалом для виробничого впровадження. Найбільш збалансовані за продуктивністю та якістю зразки можуть бути рекомендовані для масштабного вирощування.

Найвищий комплексний індекс (4.7) спостерігається у UA 0300221, що свідчить про його збалансовані характеристики урожайності (5.0) та якості зерна (0.85), зразок UA 0300254 також має високий комплексний індекс (4.6), завдяки високим показникам урожайності (4.9) та якості зерна (0.84). Зразки UA 0100098, UA 0201431, UA 0300223 і UA 0300311 демонструють стабільно високі, але трохи нижчі, ніж у лідерів, значення комплексного індексу (4.3–4.5). Ці зразки мають достатньо високу урожайність і якість зерна, що робить їх перспективними для виробництва. Найнижчий комплексний індекс (3.8) у зразка IU070589, що обумовлено низькими показниками урожайності (4.1) та якості зерна (0.72). Зразок UA 0300310 також має низький комплексний індекс (3.9), що робить його менш придатним для виробничого впровадження. Комплексний індекс варіюється в межах від 3.8 до 4.7, що свідчить про значну варіабельність між зразками. Найбільший внесок у комплексний індекс робить Індекс урожайності (*Iур*), що підтверджується високими значеннями в лідерів. Найперспективніші зразки для використання – зразки UA 0300221, UA 0300254, UA 0201431, UA 0100098, UA 0300223, які мають високі показники за всіма індексами. Зразки UA 0300310, IU070589

і UA0300238 доцільно використовувати в селекційних програмах для покращення окремих характеристик, наприклад, якості зерна або стійкості до стресів.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що оцінка сортів пшениці м'якої ярої за комплексом агрономічних та якісних показників є ефективним підходом для визначення перспективних сортів, які здатні забезпечити стабільну врожайність і високу якість зерна в умовах змінного клімату. Використання селекційних індексів дозволило виділити сорти з високим адаптивним потенціалом, які поєднують продуктивність, технологічну якість зерна та стійкість до стресових факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бондаренко А. О. Селекційні індекси у пшениці: методологія та застосування. Київ: НАН України, 2020. 256 с.
2. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2023 рік / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ: Мінагрополітики, 2023. 482 с.
3. Іванов П. П. Адаптивні властивості зернових культур. Харків: АгроНаука, 2018. 312 с.
4. Карпова Т. С. Роль білка і клейковини у формуванні хлібопекарської якості зерна пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 12. С. 45–51.
5. Клименко О. М., Петренко І. В. Генетичні аспекти стійкості пшениці до посухи. *Селекція і насінництво*. 2021. № 3. С. 28–35.
6. Костецька К. В., Чернега А. О. Сортowa продуктивність і якість зерна пшениці м'якої ярої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 1. С. 58–63. DOI: 10.31395/2310-0478-2022-1-58-63.
7. Лозінська Т. П. Адаптивний потенціал сучасного сортименту пшениці м'якої ярої та використання його в селекції: автореф. дис. ...канд. с-г наук: 06.01.05. Харків. 2011. 23 с.
8. Методичні рекомендації з оцінки якості зерна пшениці / За ред. Гончаренка П. М. Київ: Інститут рослинництва, 2020. 124 с.
9. Музафарова В.А., Падалка Е.И., Рябчун В.К. Адаптивність зразків колекції пшениці м'якої ярої до умов північно-східного Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 16. С. 42–49.
10. Поліщук О. М. Агрокліматичні чинники вирощування пшениці. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2022. Вип. 97. С. 12–18.
11. Степанюк С. І. Урожайність та якість зерна м'якої ярої пшениці в умовах Лісостепу України. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 33–39.
12. Ткачук В. І., Савчук Л. А. Використання індексного аналізу для оцінки сортів пшениці. *Аграрна наука і практика*. 2021. Т. 10, № 4. С. 59–66.
13. Уліч Л.І., Лисікова В.М., Скиба В.В. Оцінка сортового складу пшениці ярої м'якої (*Triticum aestivum* L.) за продуктивністю та адаптивністю. *Ukrainian Institute for Plant Variety Examination*. Vol. 0, no. 1(9). pp. 37–42. doi.org/10.21498/2518-1017.1(9).2009.66253