

ЕЛЕМЕНТИ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЯК СКЛАДОВА АДАПТИВНОСТІ

ЛЕОНОВ О. Ю. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-9191-8658

Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

УСОВА З. В. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-0306-5809

Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

СУВОРОВА К. Ю. – кандидат біологічних наук
orcid.org/0000-0001-6658-1272

Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

ХУХРЯНСЬКА М. М. – науковий співробітник
orcid.org/0009-0007-9523-4166

Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у світі, яка забезпечує близько 20 % калорій у раціоні людини [1]. Її значення для глобальної продовольчої безпеки є надзвичайно важливим, особливо з огляду на швидке зростання населення та поглиблення проблем, що виникають через зміну клімату [2, 3].

В Україні пшениця м'яка озима щорічно займає найбільші площі серед сільськогосподарських культур, вони складають від 5505,2 до 7411,9 тис. га [4]. Тому питання підвищення урожайності пшениці озимої разом із стабільністю її формування за роками для нарощування виробництва зерна та забезпечення продовольчих потреб населення України та світу є актуальним. Головним чинником при виборі аграрним виробником того чи іншого сорту для вирощування є потенційний прибуток, який можливо від цього отримати. Враховуючи відносно невеликі розбіжності в ціні зерна різних класів, на перше місце виходить фактор урожайності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування та його стабільності у змінних за роками погодних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення продуктивності та адаптивності пшениці шляхом генетичного вдосконалення залишається ключовим завданням у програмах селекції рослин. Врожайність та пов'язані з нею морфологічні ознаки мають полігенний та кількісний характер, зі складним успадкуванням та залежать від взаємодії з навколишнім середовищем [5, 6]. Тому аналіз генетичної архітектури, що лежить в основі цих ознак, має вирішальне значення для ефективного вдосконалення сільськогосподарських культур. Морфологічні ознаки, такі як висота рослини, довжина колоска, кількість пагонів та ознаки зерна, разом з компонентами врожайності, є ключовими детермінантами продуктивності пшениці [7, 8]. Ці ознаки демонструють безперервну варіацію та складні моделі успадкування, що ускладнює фенотипичний

відбір [9, 10]. Тому, розуміння генетичного контролю ознак, пов'язаних з врожайністю, в різних умовах навколишнього середовища має вирішальне значення для розробки сортів пшениці, стійких до абіотичних стресів, таких як посуха та спека, які трапляються все частіше через зміну клімату [11–13].

Результати спрямованої роботи селекціонерів з підвищення адаптивного і продуктивного потенціалу пшениці м'якої озимої свідчать про можливість створення конкурентоспроможних сортів, які поєднують стійкість рослин до біотичних та абіотичних факторів навколишнього середовища з високою урожайністю [14, 15]. Безумовно, у зв'язку з цим, важлива роль належить оцінці селекційних ліній з подальшим впровадженням їх в виробництво, що сприятиме підвищенню валових зборів зерна пшениці озимої [16, 17]. Особлива увага приділяється джерелам цінних ознак, що мають високу і стабільну врожайність, а також характеризуються широкою адаптивністю до кліматичних змін навколишнього середовища [18, 19].

Метою дослідження стало вивчення селекційних ліній пшениці м'якої озимої за рівнем прояву елементів продуктивності.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження впродовж 2015–2022 років проводили на полях селекційної сівозміни Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, розташованій у 18 км на схід від м. Харків. Система основного й передпосівного обробітку ґрунту загальноприйнята для Лісостепової зони України. Зразки висівали в конкурсному сортовипробуванні, на ділянках 10 м² в чотириразовій повторності за рендомізованою схемою. Фенологічні спостереження та обліки проводили згідно «Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні» [20]. Для визначення елементів продуктивності відбиралися пробні снопи на першому і третьому повтореннях конкурсного сортовипробування з двох рядків центральної

частини ділянки площею 0,25 м². Проводився облік кількості рослин, продуктивних колосів, визначалась висота рослин, обраховувались коефіцієнти куцнення (кількість продуктивних стебел на рослину) та господарський (відношення маси зерна до загальної маси снопа), а також детальний аналіз елементів колоса: на 20 колосах визначалися довжина, кількість колосків, кількість зерен, вага зерна з колоса, обраховувались щільність колоса та маса тисячі зерен. Кількість вивчених сортів та ліній за роками коливалась від 105 до 148, усього елементи продуктивності визначено для більш ніж п'ятисот зразків. Враховуючи досить значні коливання досліджуваних показників за роками та різний ступінь варіювання цих ознак, а також той факт, що селекційні лінії конкурсного випробування вивчалися у різні періоди, для узагальнення отриманих багаторічних даних використовувались стандартизовані в межах окремих років значення, розраховані як різниця між конкретним значенням ознаки і середнім її значенням поділена на стандартне відхилення ознаки.

Статистичну обробку експериментальних даних робили за Ермантраунт Е. Р. та ін. [21] з використанням пакету програм STATISTICA 6.1, SN BXXR502C631824NET3. Для редукції даних та узагальнення отриманих результатів було проведено кластерний та факторний аналіз.

Умови проведення досліджень. Середня температура повітря у роки вивчення була вищою за 9 °С, при нормі 7,5 °С, а у 2015, 2018 та 2019 роках перевищила 10 °С. Сума опадів у 2015, 2016 та 2022 роках була на 100–200 мм більшою за норму (556 мм), у 2018 та 2020 – близькою до норми, у 2017 та 2021 – на 70–120 мм меншою за норму, а у 2019 році склала лише 359 мм (табл. 1). Серед років дослідження для початку вегетації вкрай несприятливим забезпечення вологою було у серпні–жовтні 2015 року, коли за три місяці випало

лише 11,3 мм опадів та у серпні–жовтні 2020 року, коли з кінця липня до середини жовтня випало лише 15 мм опадів, через що сходи після непарових попередників були отримані лише в лютому, а після парових попередників були дуже нерівномірними. Мінімальна за роки досліджень середня температура січня спостерігалась у 2016 році і склала –7,5 °С, а у 2017 –6,5 °С, що при наявності снігового покриву не склало критичних умов перезимівлі. Більш теплі умови січня–лютого 2018 та 2019 років з достатньою кількістю опадів у вигляді снігу сприяли поширенню снігової плісені, яка і стала головним чинником зниження зимостійкості окремих ліній. В інші роки для сортів і ліній конкурсного сортовипробування умови перезимівлі не викликали проблем. Брак опадів у квітні–червні спостерігався у 2017, 2018 та 2019 роках, але відносно рівномірний їх розподіл за місяцями не спричинив значного погіршення стану рослин. При цьому у 2019 році середньодобова температура повітря у червні склала 24,8 °С, що істотно пришвидшило досягання ранніх зернових культур, зокрема пшениці озимої. У цілому вегетаційні періоди років вивчення були доволі різноманітними, що дозволили виділити як високопродуктивні, так і стабільні, адаптовані до умов регіону селекційні лінії.

Результати і обговорення. За посушливих умов серпня–жовтня польова схожість знижувалась, результатом чого стало зменшення кількості рослин на одиницю площі у фазі повної стиглості в 2015, 2016 та 2021 роках (табл. 2), а також кількості продуктивних колосів, особливо у останньому випадку, коли коефіцієнт куцнення був найнижчим через несприятливі біотичні чинники (враження рослин хворобами листя і вірусними захворювання та висока забур'яненість). З цим пов'язано зменшення висоти рослин у 2021 році, у 2017 та 2018 роках зменшення висоти рослин викликане браком опадів у квітні–червні. У несприятливі для отримання

Таблиця 1

Метеорологічні умови у роки досліджень, м. Харків (2015–2022 рр.)

Рік місяць	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	Температура повітря °С	Опади, мм														
Січень	–3,6	25,9	–7,5	88,1	–6,5	34,5	–3,8	48,0	–5,1	49,8	–0,4	20,8	0,1	75,2	–3,3	45
Лютий	–2,6	47,7	0,6	33,7	–4,3	19,5	–5,6	35,9	–0,8	4,4	0,2	62,5	–4,8	56,9	–0,2	24
Березень	3,6	79,3	3,8	56,7	5,1	24,5	3,4	109,3	4,2	7,9	6,5	20,6	1,4	23,5	0,4	26
Квітень	9,7	71,4	12,9	64,7	9,5	41	12,4	12,9	11,5	44,5	8,8	13,7	8,7	43,7	9,8	45
Травень	17,3	46,5	17	91,7	15,4	35,6	19,9	15,9	18,4	43,4	13,5	108,3	16,1	51,5	12,6	68
Червень	22,2	104,5	21,3	43,3	20,4	18,6	21,6	43,5	24,8	15,2	21,9	54,2	20,8	81,9	21,6	81
Липень	21,6	42,6	23,3	106,4	21,7	31,6	23	28,7	21,4	38,8	22,8	106	24,8	7	21,9	74
Серпень	22,7	0	22,8	50,6	24,7	11,4	24,6	0	22,1	13,6	10,2	5,8	24,7	11,8	23,2	41
Вересень	19,7	6,8	14,9	14,7	17,7	25,7	18,9	35,5	17,3	13	18,8	1,3	14	33,6	12,3	79
Жовтень	7,2	4,5	6,8	52,8	8,5	44,3	11,4	19,1	11,4	73,4	12,7	34,4	8,2	7	9,7	106
Листопад	4,1	71,2	0,1	67,3	2,1	60,5	–0,6	20,8	3,5	18,7	2,4	47	3,8	25	2,6	61
Грудень	–0,3	61,2	–5,5	48,1	2,4	62,9	–3,5	76,5	0,7	28,7	–3,3	24,2	–1,9	45	0,0	93
За рік	10,1	641	9,2	775	9,7	435	10,1	555	10,8	359	9,5	519	9,7	486	9,2	769

Таблиця 2

Параметри морфології та продуктивності сортів та ліній конкурсного випробування пшениці м'якої озимої за роками

Рік	Висота рослин, см	Кількість рослин шт./м ²	Кількість продуктивних колосів шт./м ²	Коефіцієнт кущення	Коефіцієнт господарський	Довжина колоса, см	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість зерен з колосу, шт.	Вага зерна з колосу, г	Щільність колосу, колосків/10 см	Маса 1000 зерен, г
2015	102	105	395	3,83	0,34	7,8	16,5	31,7	1,36	21,3	43,1
2016	103	73	301	4,20	0,31	9,5	18,2	43,9	1,98	19,3	45,2
2017	95	123	341	2,79	0,46	9,3	18,7	46,0	2,11	20,3	46,1
2018	94	173	378	2,20	0,47	8,7	17,2	40,3	1,72	20,0	42,8
2019	105	174	407	2,34	0,39	9,0	16,8	38,2	1,43	18,9	37,7
2020	113	174	440	2,52	0,31	8,1	16,0	34,2	1,42	20,0	41,6
2021	87	120	210	1,77	0,39	8,6	17,9	36,9	1,53	21,0	43,2
2022	107	212	409	1,93	0,40	8,4	16,9	39,3	1,67	20,3	44,8
Середнє	101	142	360	2,75	0,39	8,7	17,4	39,1	1,68	20,1	43,2

Таблиця 3

Середні абсолютні значення елементів продуктивності сортів конкурсного випробування, 2015–2022 роки

Сорт	Висота рослин, см	Маса тисячі зерен, г	Колосів/м ² , шт.	К кущення	К господарський	Довжина колоса, см	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість зерен з колосу, шт.	Вага зерна з колосу, г	Щільність колосу
Подольанка	108	45,9	416	2,66	0,37	8,3	17,3	33,4	1,53	21,0
Досконала	113	45,6	347	2,83	0,38	8,5	17,0	35,1	1,59	20,2
Дорідна	112	43,9	346	2,42	0,37	8,6	17,5	35,2	1,54	20,4
Приваблива	112	45,9	393	3,06	0,38	8,3	17,2	35,0	1,60	20,8
Привітна	112	45,0	397	3,02	0,37	8,3	17,4	34,2	1,53	21,0
Альянс	96	42,5	360	2,76	0,39	8,8	17,5	39,4	1,65	20,1
Принада	105	39,7	413	2,89	0,34	8,2	17,6	34,0	1,34	21,7
Метелиця харківська	104	40,7	317	2,33	0,37	9,2	19,5	42,2	1,71	21,4
Розкішна	103	43,3	364	2,95	0,37	8,2	15,7	36,3	1,55	19,3
Вигадка	104	42,7	321	2,63	0,36	8,8	17,1	40,1	1,71	19,6
Статна	96	43,1	339	2,51	0,40	8,9	17,6	39,7	1,70	19,9
Фермерка	103	45,3	337	2,67	0,38	8,5	16,5	37,8	1,69	19,6
Запашна	94	42,9	411	2,89	0,38	8,4	17,4	36,9	1,57	20,8
Диво	101	42,4	434	2,96	0,38	8,6	17,3	39,1	1,64	20,2
Здобна	99	45,8	359	2,69	0,40	8,5	17,3	38,4	1,74	20,6
Гармоніка	89	42,3	413	2,76	0,38	8,3	17,8	38,8	1,62	21,5
Краса ланів	93	39,5	384	3,10	0,37	7,8	16,1	38,5	1,51	20,9
Патріотка	96	42,4	369	3,01	0,37	8,2	16,9	35,1	1,48	20,6
Гайок	98	44,3	326	2,39	0,39	8,3	18,4	41,7	1,83	22,5
Смуглянка	100	43,6	395	2,83	0,38	9,0	16,8	39,7	1,71	18,9
Проня	97	38,6	415	3,15	0,35	9,5	18,4	37,1	1,40	19,5
Мальованка	96	46,2	319	2,50	0,40	8,0	15,9	36,7	1,68	20,0
Бунчук	94	37,9	432	3,11	0,38	8,2	18,1	39,8	1,49	22,1
<i>HIP</i> _{05 сорт}	1,6	0,84	32,9	0,241	0,012	0,14	0,25	1,07	0,056	0,22
<i>HIP</i> _{05 рік}	2,7	1,43	55,8	0,408	0,021	0,23	0,42	1,81	0,095	0,37
<i>HIP</i> _{05 сорт-рік}	7,7	4,04	1,154	0,059	0,67	1,18	5,13	0,237	1,04	

сходів сезони, але помірними температурами і достатнім зволоженням у березні–квітні (2015 та 2016 роки) коефіцієнт продуктивного кушення був максимальним. Коефіцієнт господарський 0,4 і більше спостерігався у роки з вищою урожайністю (2017, 2018 і 2022). Довжина колоса більше 9 см при кількості продуктивних колосків у колосі більше 18 були сформовані лише у 2016 та 2017 роках, коли вага зерна з колосу склала близько 2 г. Дрібний колос формувався у 2015 та 2020 роках. Мінімальною маса тисячі зерен була у 2019 році, коли за червень випала мінімальна за роки досліджень кількість опадів (15,2 мм) при максимальній температурі повітря (24,8 °C), а максимальною – у 2016 та 2017 роках, коли густота продуктивного стеблостою була невисокою, а температура повітря у період формування зернівки та наливу зерна була 20–21 °C. Отже, погодні умови років досліджень були досить різноманітними, щоб виділити сорти та лінії з високим рівнем урожайності, який би забезпечувався за рахунок різних елементів продуктивності, що сприятиме ідентифікації генотипів, адаптованих до кліматичних умов Східного Лісостепу України.

До конкурсного сортовипробування селекційних програм залучаються лінії з високим та стабільним рівнем урожайності, але досягався він в наших досліджах за рахунок різних елементів продуктивності. Протягом всіх восьми років вивчення елементів продуктивності проведено на 22 сортах (табл. 3).

При цьому вплив факторів (сорт, рік та їх взаємодія) були суттєвими майже для всіх показників при рівневій ймовірності 0,05 та 0,01. Більшу за середню висоту рослин (стандартизовані значення 0,7 і більше) мали сорти Досконала, Дорідна, Приваблива, Привітна, Мелашка та стандарт Подолянка, меншу за середню (–0,7 і менше) – Альянс, Запашна, Гармоніка, Краса ланів, Патріотка, Мавка ІР, Мізинка, ряд ліній та стандарт Бунчук (табл. 4). Довший колос мали Метелиця харківська, Мазурок, Проня та її сестринська лінія Лют.48-13-3м, а Єдність та Краса ланів характеризувались коротким колосом. Висока кількість колосків у колосі була характерною для Метелиця харківська, Проня, Еритр.1294-15. Більш щільним колосом відрізнялися Гайок, Принада, Єдність, Бунчук, Мавка ІР, Лют.777-15, а рихлим – Мазурок, Лют.48-13-3м.

В умовах недостатнього і нестабільного вологозабезпечення одним з головних чинників формування урожайності є густота продуктивного стеблостою або кількість продуктивних колосів на одиницю площі. Меншим цей показник та коефіцієнт продуктивного кушення був для сортів Дорідна, Василина, Вигодка, Статна, Метелиця харківська, Гайок, Мальованка, а відносно високим – у Приваблива, Привітна, Принада, Бунчук, Єдність, Запашна, Диво, Гармоніка, Краса ланів, Проня, Мавка ІР, Мізинка та ряду селекційних ліній. Відносно високим коефіцієнт господарський (відношення маси зерна до загальної маси надземної частини рослини) був у сорту Здобна, Статна, Мальованка, ліній Еритр.277-13-3м, Еритр.832-14, Еритр.799-14.

Також важливим чинником у забезпеченні високої урожайності є продуктивність колоса, яка складається з кількості зерен та маси тисячі зерен. Відносно високою

кількістю зерен у колосі характеризувались Василина, Гайок, Метелиця харківська, Мазурок, Еритр.277-13-3м, Лют.777-15, Еритр.1294-15. Крупніше зерно мали Подолянка, Досконала, Приваблива, Привітна, Фермерка, Здобна, Мелашка, Мальованка. Для сортів Єдність, Бунчук, Василина, Краса ланів, Принада, Проня, Мавка ІР характерне дрібніше, але добре виповнене зерно. Відносно високою масою зерна з колоса характеризувались Здобна, Метелиця харківська, Вигодка, Гайок, Мелашка, Еритр.799-14, Лют.777-15, Еритр.1294-15. За результатами кореляційного аналізу вага зерна, отримана з одиниці площі після обмолоту пробного снопа щороку суттєво для $P < 0,05$ була пов'язана з кількістю колосів на одиницю площі з коефіцієнтом кореляції r від 0,60 до 0,77. З кількістю продуктивних колосків у колосі кореляція була суттєвою лише у 2016, 2017, 2020 та 2022 роках при значеннях r від 0,17 до 0,40. З кількістю зерен та вагою зерна з колосу зв'язок був суттєвим в усі крім 2019 роки зі значеннями r від 0,28 до 0,52 та від 0,26 до 0,62, відповідно. Зв'язок з масою тисячі зерен був суттєвим у 2021 році при r 0,43, а у 2022 році взагалі був негативним. При цьому кореляція між кількістю продуктивних колосів на одиницю площі і вагою зерна з колоса у 2015, 2017, 2018, 2019 та 2022 роках була суттєвою для $P < 0,05$ від'ємною при r від –0,49 до –0,19. Тобто, основним чинником впливу на урожайність виявилася кількість продуктивних стебел на одиницю площі, формування якої відбувалось у осінньо-весняний період і за часом тривало довше за періоди формування інших елементів продуктивності. Вплив кількості зерен та ваги зерна з колосу в меншій мірі, але також був суттєвим, крім 2019 року, коли повна стиглість настала незвично рано через значно вищу за норму температуру протягом квітня-червня.

Суттєві розбіжності у абсолютних та стандартизованих значеннях показників продуктивності між вивченими сортами та лініями свідчать про можливість групування, для чого застосовано кластерний аналіз. Деревоподібна кластеризація методом Варда дозволила виявити чотири кластери з масштабом евклідових відстаней об'єднання менше 30 % (рис. 1). Подальша кластеризація методом К-середніх з вибором кількості кластерів 4 показала аналогічні результати. До першого кластеру увійшли Запашна, Диво, Гармоніка, Смуглянка, Мізинка, Газда, Еритр.832-14, Еритр.497-14, Еритр.799-14, Еритр.1010-14, які характеризувались великою кількістю продуктивних колосів на одиницю площі, середнє стандартизоване значення 0,61 та близькими до загального середнього кількістю зерен з колосу та масою 1000 зерен, відповідно –0,13 та 0,09. До другого кластеру попали Альянс, Метелиця харківська, Вигодка, Василина, Статна, Гайок, Еритр.277-13-3м, Лют.777-15, Еритр.1395-15, Еритр.1294-15 з високою кількістю зерен у колосі, та зниженими густотою продуктивного стеблостою та масою тисячі зерен, відповідні значення 0,72, –0,32 та –0,34. До третього кластеру увійшли Принада, Єдність, Краса ланів, Проня, Бунчук, Мавка ІР, Мазурок, Лют.48-13-3м з високою густотою продуктивного стеблостою, зниженою кількістю зерен з колосу та низькою масою тисячі зерен, відповідні значення

Таблиця 4

Стандартизовані за роками та усереднені значення елементів продуктивності сортів та ліній, які вивчалися не менше 5 років

Сорт	Висота рослин	М 1000 зерен	Колосів/м ²	К кущення	К господарський	Довжина колоса	Кількість колосків у колосі	Кількість зерен з колосу	Вага зерна з колосу	Щільність колосу
Подольнка	1,06	0,92	0,71	0,00	-0,06	-0,55	-0,02	-1,40	-0,65	0,59
Досконала	1,65	0,84	-0,17	0,20	0,07	-0,30	-0,27	-1,01	-0,32	0,08
Дорідна	1,58	0,26	-0,27	-0,36	-0,04	-0,11	0,19	-0,91	-0,58	0,24
Приваблива	1,62	0,90	0,45	0,72	0,02	-0,60	-0,16	-1,01	-0,29	0,45
Привітна	1,54	0,60	0,56	0,76	0,03	-0,55	0,14	-1,18	-0,64	0,66
Альянс	-0,71	-0,15	0,00	0,24	0,40	0,18	0,30	0,18	0,09	0,04
Принада	0,58	-1,04	0,71	0,35	-0,74	-0,76	0,28	-1,25	-1,79	1,04
Метелиця харківська	0,55	-0,68	-0,67	-0,74	-0,17	0,69	2,22	1,00	0,40	0,94
Розкішна	0,51	0,06	0,12	0,46	-0,11	-0,57	-1,57	-0,60	-0,46	-0,62
Вигадка	0,44	-0,12	-0,51	-0,49	-0,43	0,20	-0,15	0,42	0,40	-0,33
Єдність	-0,38	-1,17	0,93	0,44	-0,33	-1,57	-0,47	-1,13	-1,72	1,52
Василина	-0,46	-1,04	-0,96	-1,11	0,37	0,24	0,38	1,03	0,13	0,01
Статна	-0,64	0,02	-0,25	-0,57	0,29	0,29	0,26	0,18	0,17	-0,21
Фермерка	0,47	0,74	-0,33	-0,08	0,20	-0,30	-0,79	-0,30	0,30	-0,45
Запашна	-0,93	-0,04	0,67	0,53	0,09	-0,42	0,05	-0,48	-0,51	0,51
Диво	0,14	-0,21	0,99	0,56	0,05	-0,09	0,00	0,07	-0,10	0,03
Здобна	-0,18	0,83	-0,06	-0,02	0,58	-0,30	0,03	-0,20	0,48	0,29
Гармоніка	-1,68	-0,21	0,67	0,17	0,02	-0,55	0,42	0,05	-0,07	0,97
Краса ланів	-0,96	-1,09	0,35	0,64	-0,21	-1,34	-1,23	-0,09	-0,90	0,48
Патріотка	-0,71	-0,17	0,07	0,73	-0,06	-0,65	-0,47	-0,99	-1,05	0,30
Гайок	-0,27	0,41	-0,50	-0,53	0,11	-0,59	1,09	0,74	0,95	1,60
Смуглянка	-0,18	0,19	0,46	0,27	0,13	0,40	-0,46	0,20	0,36	-0,88
Лют.48-13-3м	-0,14	-2,11	1,46	1,38	-0,61	1,68	0,60	-0,78	-2,15	-1,20
Проня	-0,41	-1,42	0,81	0,67	-0,51	1,22	1,07	-0,49	-1,44	-0,48
Еритр.277-13-3м	-0,92	-0,85	0,51	0,39	0,78	-0,87	-0,24	0,88	0,08	0,69
Еритр.832-14	-0,19	0,12	0,19	-0,33	0,81	-0,59	0,10	-0,21	-0,12	0,76
Мальованка	-0,58	0,96	-0,55	-0,44	0,33	-0,93	-1,36	-0,53	0,25	-0,16
Бунчук	-0,86	-1,62	0,97	0,60	-0,04	-0,66	0,81	0,28	-0,98	1,43
Еритр.497-14	0,12	0,25	0,24	0,07	0,20	0,43	-0,44	0,10	0,29	-0,90
Еритр.799-14	-0,51	0,19	0,86	0,95	0,78	-0,16	0,86	0,51	0,60	0,87
Еритр.1010-14	-0,63	0,14	1,26	1,04	0,42	-0,62	-0,11	-0,85	-0,72	0,55
Мавка ІР	-0,80	-1,22	0,51	0,63	0,32	-0,68	0,32	0,18	-0,69	1,05
Мізінка	-0,88	0,23	0,61	0,69	0,11	-0,77	-0,02	-0,42	-0,26	0,84
Мазурок	-0,03	-0,86	0,71	-0,04	0,17	0,89	-0,32	0,57	-0,13	-1,15
Мелашка	0,72	1,15	0,38	0,14	-0,22	0,42	-0,43	-0,27	0,65	-0,71
Ѓазда	-0,32	0,25	0,18	0,32	-0,25	-0,26	0,10	-0,26	0,02	0,29
Лют.777-15	-1,12	-0,32	-0,62	-0,73	0,20	-0,90	0,28	0,81	0,47	1,30
Еритр.1395-15	-0,89	-0,62	0,08	0,45	-0,31	-0,05	0,17	0,33	-0,15	0,13
Еритр.522-15	-0,51	0,56	-0,06	-0,55	0,27	0,20	0,04	-0,35	0,08	-0,28
Еритр.1294-15	-0,17	-0,01	-0,31	-0,67	-0,14	0,12	1,35	1,59	1,44	0,84

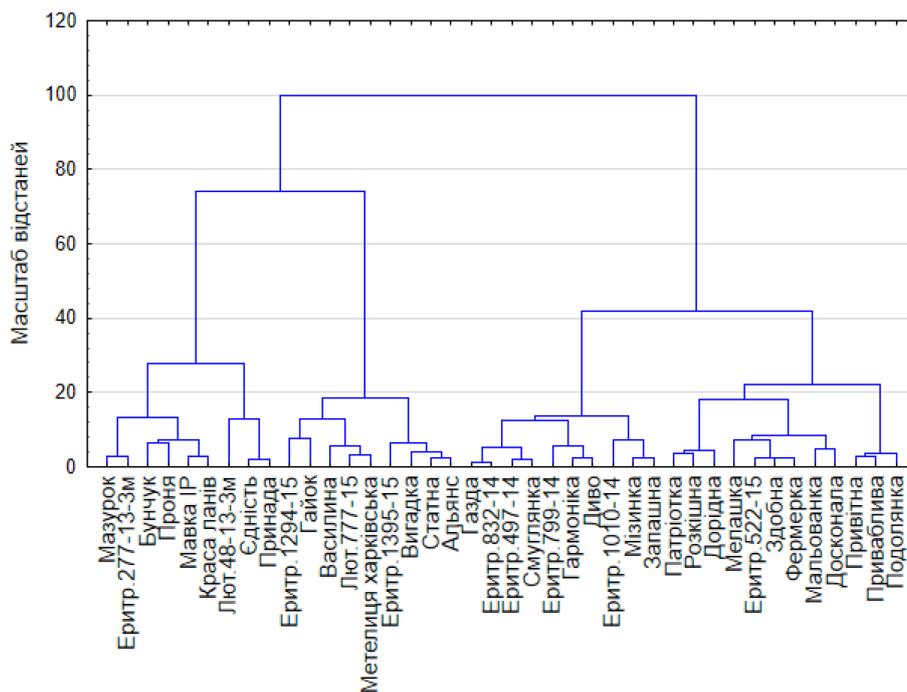


Рис. 1. Групування сортів та ліній пшениці м'якої озимої за елементами продуктивності (евклідові відстані, метод Варда)

0,80, $-0,34$ та $-1,32$. До четвертого кластеру попали Подолянка, Досконала, Дорідна, Приваблива, Привітна, Розкішна, Фермерка, Здобна, Патріотка, Мальованка, Мелашка, Еритр.522-15 з високою масою тисячі зерен, близькою до середнього густотою продуктивного стеблостою та низькою кількістю зерен у колосі, відповідні значення $0,64$, $0,07$ та $-0,73$.

Висновки. В результаті вивчення більше 500 зразків конкурсного сортопробування пшениці м'якої озимої протягом 2015–2022 років встановлені розбіжності за роками та генотипами у рівні прояву елементів продуктивності. Виділено сорти та лінії з достовірно високим рівнем прояву тих чи інших елементів продуктивності. Встановлено максимальний вплив на урожайність пшениці озимої кількості продуктивних колосів на одиницю площі і дещо менший, але суттєвий – кількості зерен з колосу та маси зерна з колосу, вплив маси тисячі був нестабільним і проявлявся лише у окремі роки. За допомогою кластерного аналізу виявлено групи сортів та ліній, які забезпечують отримання високого урожаю за рахунок різних елементів продуктивності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ulukan H. Wheat Production Trends and Research Priorities: A Global Perspective. *Advances in Wheat Breeding* : Book / Zencirci N., Altay F., Baloch F. S., Nadeem M. A., Ludidi N. (eds). Springer, Singapore, 2024. P. 1–22. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9478-6_1
2. Khadka K., Raizada M. N., Navabi A. Recent Progress in Germplasm Evaluation and Gene Mapping to Enable Breeding of Drought-Tolerant Wheat. *Front. Plant Sci.* 2020. Vol. 11, № 8. 1149. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01149>
3. Ouda S., Zohry A. E.H. Wheat : High Consumption and Unfulfilled Production. *Integration of Legume Crops with*

Cereal Crops Under Changing Climate : Book / Ouda S., Zohry A. E.H. (eds). Springer, Cham. 2024. P. 1–34. https://doi.org/10.1007/978-3-031-68102-8_1

4. Yaheliuk S., Fomych M., Rechun O. Global market trends of grain and industrial crops. *Commodity Bulletin*. 2024. Vol. 17, № 1. P. 134–145. doi: 10.62763/ef/1.2024.134
5. Tshikunde N. M. et al. Agronomic and Physiological Traits, and Associated Quantitative Trait Loci (QTL) Affecting Yield Response in Wheat (*Triticum aestivum* L.) : A Review. *Front Plant Sci.* 2019. Vol. 10. 1428. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01428>
6. Gupta V. et al. Genotype by environment interaction analysis for grain yield of wheat (*Triticum aestivum* (L.) em. Thell) genotypes. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, № 7. 1002. <https://doi.org/10.3390/agriculture12071002>
7. Jadon V. et al. High resolution mapping of agromorphological and grain traits in bread wheat using SNP-based QTL analysis. *PLoS One*. 2026. Vol. 21, № 1. e0340263. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0340263>
8. Zewdu D. et al. Genetic Variability, Heritability and Genetic Advance for Yield and Yield Related Traits of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. *International Journal of Economic Plants*. 2024. Vol. 11. 38–47. <https://doi.org/10.23910/2/2024.5039b>
9. Singh S. P. et al.. Morphological Characterization and Assessment of Genetic Variability, Heritability and Genetic Advance in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 2024. Vol. 25, № 1–2. P. 120–128. DOI: 10.56557/pcbmb/2024/v25i1-28626
10. Emmadishetty C. S., Gurjar D. Studies of genetic variability, heritability and genetic advance for yield component traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2022. Vol. 13, № 4. P. 1214–1219. <https://doi.org/10.37992/2022.1304.155>

11. Hossain A. et al. Consequences and Mitigation Strategies of Abiotic Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under the Changing Climate. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, № 2. 241. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020241>
12. Arif M. et al. Enhancing wheat resilience: biotechnological advances in combating heat stress and environmental challenges. *Plant Mol Biol*. 2025. Vol. 115, № 2. 41. <https://doi.org/10.1007/s11103-025-01569-7>
13. Abdallah E. et al. Genotypic Variation and Yield Stability of Bread Wheat under Induced Field Heat Stress During Grain-Filling for Climate Resilience in Arid Regions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2025. Vol. 53, Iss. 4. 14804. <https://doi.org/10.15835/nbha53414804>
14. Фанін Я. С., Литвиненко М. А. Урожайність та елементи продуктивності рослин у сучасних вітчизняних і закордонних сортів озимої м'якої пшениці. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 38. С. 70–77. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.10>
15. Лось Р. М. та ін. Реакція перспективних сортів пшениці озимої за урожайністю на умови вирощування. *Зернові культури*. 2022. Т. 6, № 2. С. 91–99. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0237>
16. Zamilia N. et al. Variability and adaptability of winter soft wheat lines according to thousand-grain weight. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28, No. 11. P. 36–46. DOI:10.48077/scihor11.2025.36
17. Чернобай Ю. О. Характеристика новостворених ліній пшениці м'якої озимої за цінними господарськими ознаками. *Генетичні ресурси рослин*. 2023. № 33. P. 22–30. <https://doi.org/10.36814/pgr.2023.33.02>
18. Styanov H. Productivity and stability of a collection of common winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under contrasting growing conditions. *Bulgarian Journal of Crop Science*. 2025. Vol. 62, № 1. P. 37–50 <https://doi.org/10.61308/GXPW7518>
19. Голик Л. та ін. Врожайність сучасних сортів озимої пшениці за різних фізико-географічних умов. *Сільське господарство та рослинництво: теорія та практика*. 2024. № 3. С. 96–106. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.03.10>
20. Лівандовський А. А. та ін. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні : методика / за ред. С. О. Ткачик. Київ, 2016. 82 с. <https://doi.org/10.21498/978-966-924-587-8>
21. Ермантраут Е. Р. та ін. Методика селекційного експерименту (в рослинництві) : навчальний посібник. М-во освіти і науки України, Держ. біотехнол. ун-т. Харків: Біотехкнига, 2025. 348 с. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/60168cb7-4c38-4473-9409-f8ba2cc74340/content>
- Enable Breeding of Drought-Tolerant Wheat. *Front. Plant Sci*, 11(8), 1149. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01149>
3. Ouda, S. & Zohry, A. E. H. (2024). Wheat: High Consumption and Unfulfilled Production. In: Ouda, S. & Zohry, A. E. H. (eds), *Integration of Legume Crops with Cereal Crops Under Changing Climate* (pp. 1–34). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-68102-8_1
4. Yaheliuk, S., Fomych, M., & Rechun, O. (2024). Global market trends of grain and industrial crops. *Commodity Bulletin*, 17(1), 134–145. doi: 10.62763/ef/1.2024.134
5. Tshikunde, N. M., Mashilo, J., Shimelis, H. & Odindo, A. (2019). Agronomic and Physiological Traits, and Associated Quantitative Trait Loci (QTL) Affecting Yield Response in Wheat (*Triticum aestivum* L.): A Review. *Front Plant Sci*, 10. 1428. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01428>
6. Gupta, V., Kumar, M., Singh, V., Chaudhary, L., Yashveer, S., Sheoran, R., ... Gangadharaiyah, N. (2022). Genotype by environment interaction analysis for grain yield of wheat (*Triticum aestivum* (L.) em. Thell) genotypes. *Agriculture*, 12(7). 1002. <https://doi.org/10.3390/agriculture12071002>
7. Jadon, V., Gajghate, R., Devate, N. B., Amaresh, Krishna, H., Krishnappa, G., ... Singh, G. P. (2026) High resolution mapping of agro-morphological and grain traits in bread wheat using SNP-based QTL analysis. *PLoS One*, 21(1), e0340263. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0340263>
8. Zewdu, D., Mekonnen, F., Geleta, N., & Abebe, K. (2024). Genetic Variability, Heritability and Genetic Advance for Yield and Yield Related Traits of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. *International Journal of Economic Plants*, 11 1, 38–47. <https://doi.org/10.23910/2/2024.5039b>
9. Singh, S. P., Chand, P., Singh, V., Singh, A., Tiwari, A., Singh, A., & Kumar, M. (2024). Morphological Characterization and Assessment of Genetic Variability, Heritability and Genetic Advance in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 25(1–2), 120–128. <https://doi.org/10.56557/pcbmb/2024/v25i1-28626>
10. Emmadishetty, C. S., & Gurjar, D. (2022). Studies of genetic variability, heritability and genetic advance for yield component traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 13(4), 1214–1219. <https://doi.org/10.37992/2022.1304.155>
11. Hossain, A., Skalicky, M., Brestic, M., Maitra, S., Alam, M. A., Syed, M. A., ... Islam, T. (2021). Consequences and Mitigation Strategies of Abiotic Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under the Changing Climate. *Agronomy*, 11(2). 241. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020241>
12. Arif, M., Haroon, M., Nawaz, A. F., Abbas, H., Xu, R., & Li, L. (2025). Enhancing wheat resilience: biotechnological advances in combating heat stress and environmental challenges. *Plant Mol Biol*, 115(2), 41. <https://doi.org/10.1007/s11103-025-01569-7>
13. Abdallah, E., El-Kholy, A. S., Qabila, N., El-Sanatawy, A. M., ALI, M. M., Safhi, F. A., ... Mansour, E. (2025). Genotypic variation and yield stability of bread wheat under induced field heat stress during grain-filling for climate resilience in arid regions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 53(4), 14804–14804. <https://doi.org/10.15835/nbha53414804>

REFERENCES:

1. Ulukan, H. (2024). Wheat production trends and research priorities: A global perspective. In: Zencirci, N., Altay, F., Baloch, F. S., Nadeem, M. A. & Ludidi, N. (eds), *Advances in Wheat Breeding* (pp. 1–22). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9478-6_1
2. Khadka, K., Raizada, M. N. & Navabi, A. (2020). Recent Progress in Germplasm Evaluation and Gene Mapping to

14. Fanin, Ya. S., & Litvinenko, M. A. (2023). *Urozhainist ta elementy produktyvnosti roslyn u suchasnykh vitchyznianskykh i zakordonnykh sortiv ozymoi miakoi pshenytsi* [Yield and elements of plant productivity in modern domestic and foreign varieties of winter durum wheat]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 1(38), 70–77. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.10> [in Ukrainian].
15. Los, R. M., Kyrylenko, V. V., Humeniuk, O. V., & Dubovyk, N. S. (2022). *Reaktsiia perspektyvnykh sortiv pshenytsi ozymoi za urozhainistiu na umovy vyroshchuvannya* [Response of promising winter wheat varieties on yield to growing conditions] *Zernovi kultury*, 6(2), 91–99. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0237> [in Ukrainian].
16. Zamilia, N., Humeniuk, O., Volohdina, H., & Zaika, Y. (2025). Variability and adaptability of winter soft wheat lines according to thousand-grain weight. *Scientific Horizons*, 28(11), 36–46. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2025.36>
17. Chernobai, Yu. O. (2023). *Kharakterystyka novostvorenykh liniy pshenytsi miakoi ozymoi za tsinnymy hospodarskymy oznakamy* [Characterisation of newly developed soft winter wheat lines for valuable agronomic traits]. *Henetychni resursy roslyn*, 33, 22–30. <https://doi.org/10.36814/pgr.2023.33.02> [in Ukrainian].
18. Styanov, H. (2025). Productivity and stability of a collection of common winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under contrasting growing conditions. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 62(1), 37–50. <https://doi.org/10.61308/GXPW7518>
19. Holyk, L., Shtakal, M., Levchenko, O., & Drukovska, N. (2024). *Vrozhainist suchasnykh sortiv ozymoi pshenytsi za riznykh fizyko-heohrafichnykh umov*. [Yield of modern winter wheat varieties under different physical and geographical conditions]. *Silske hospodarstvo ta roslynnytstvo: teoriia ta praktyka*, 3, 96–106. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.03.10> [in Ukrainian].
20. Livandovskiy, A. A., Khomenko, T. M., Smul'ska, I. V., Dzhulai, N. P., & Barban, O. B. (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianyykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini*. [Methods of examination of plant varieties of cereals, groats crops and grain legumes for suitability for dissemination in Ukraine]. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu., 82. <https://doi.org/10.21498/978-966-924-587-8> [in Ukrainian].
21. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., Chuiko, D. V., Lymanska, S. V., & Kravchenko, A. I. (2025). *Metodyka selektsiinoho eksperymentu (v roslynnytstvi)* [Method of breeding experiment (in crop production)]. Kharkiv: Biotekhnyha, 348. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/60168cb7-4c38-4473-9409-f8ba2cc74340/content> [in Ukrainian].

Леонов О. Ю., Усова З. В., Суворова К. Ю., Хухрянська М. М. Елементи продуктивності пшениці м'якої озимої як складова адаптивності

Метою дослідження стало вивчення селекційних ліній пшениці м'якої озимої за рівнем прояву елементів продуктивності. **Методами** визначення були: відбір пробних снопів з двох повторень більш ніж п'ятисот зразків конкурсного сортовипробування, визначення

кількості рослин, продуктивних колосів, висоти рослин, коефіцієнтів продуктивного кушення та господарського, довжина колоса, кількість колосків, кількість зерен, вага зерна з колоса, щільність колоса та маса тисячі зерен. Для узагальнення та систематизації отриманих багаторічних даних використовувались стандартизовані в межах окремих років значення. **В результаті** досліджень 2015–2022 років за різноманітних погодних умов виділені сорти та лінії з відносно високим коефіцієнтом продуктивного кушення Приваблива, Привітна, Принада, Запашна, Диво, Гармоніка, Краса ланів, Проня, Мавка ІР, Мізинка. Відносно високою кількістю зерен у колосі характеризувались Василина, Метелиця харківська, Гайок, Мазурок, Еритр.277-13-3м, Лют.777-15, Еритр.1294-15. Крупніше зерно мали Досконала, Приваблива, Привітна, Фермерка, Здобна, Мелашка, Мальованка. За результатами кореляційного аналізу основним чинником впливу на урожайність виявилася кількість продуктивних стебел на одиницю площі, вплив кількості зерен та ваги зерна з колосу в меншій мірі, але також був суттєвим, крім 2019 року. Кластерний аналіз дозволив розподілити масив сортів та ліній на чотири кластери. До першого кластеру увійшли Запашна, Диво, Гармоніка, Мізинка, Газда, Еритр.832-14, Еритр.497-14, Еритр.799-14, Еритр.1010-14, які характеризувались великою кількістю продуктивних колосів на одиницю площі та близькими до загального середнього кількістю зерен з колосу та масою 1000 зерен. До другого кластеру попали Альянс, Метелиця харківська, Вигадка, Василина, Статна, Гайок, Еритр.277-13-3м, Лют.777-15, Еритр.1395-15, Еритр.1294-15 з високою кількістю зерен у колосі, та зниженими густиною продуктивного стеблостою та масою тисячі зерен. До третього кластеру увійшли Принада, Краса ланів, Проня, Мавка ІР, Мазурок, Лют.48-13-3м з високою густиною продуктивного стеблостою, зниженою кількістю зерен з колосу та низькою масою тисячі зерен. До четвертого кластеру попали Досконала, Дорідна, Приваблива, Привітна, Розкішна, Фермерка, Здобна, Патріотка, Мальованка, Мелашка, Еритр.522-15 з високою масою тисячі зерен, близькою до середнього густиною продуктивного стеблостою та низькою кількістю зерен у колосі. **Висновки:** Отримані дані дозволили оцінити стабільність елементів продуктивності та визначити зразки з високими показниками для подальшого використання в селекції. На основі отриманих результатів виділені сорти та лінії з високим рівнем урожайності, який забезпечується за рахунок різних елементів продуктивності, що сприяє ідентифікації генотипів, адаптованих до кліматичних умов Східного Лісостепу України.

Ключові слова: пшениця, сорти та лінії, врожайність, елементи продуктивності, адаптивність.

Leonov O. Yu., Usova Z. V., Suvorova K. Yu., Khukhrianska M. M. Performance components of winter bread wheat as a constituent of adaptability

Purpose The study aimed to evaluate winter bread wheat breeding lines for expression of their yield components. **The methods** included: sampling sheaves in two replicates of over five hundred accessions grown in competitive variety trials; determining the numbers of plants and fertile spikes, plant height, fertile and harvest tillering coefficients, spike length, numbers of spikelets and kernels per spike, kernel weight per spike, spike density, and thousand-kernel weight. Standardized annual values were

used to generalize and systematize the multi-year data. **As a result** of the 2015–2022 research under diverse weather conditions, cultivars with relatively high fertile tillering coefficients were identified: 'Pryvablyva', 'Pryvitna', 'Prynada', 'Zapashna', 'Dyvo', 'Harmonika', 'Krasa Laniv', 'Pronia', 'Mavka IR', and 'Mizynka'. Cultivars 'Vasylyna', 'Metelytsia Kharkivska', 'Haiok', and 'Mazurok', as well as lines 'Erythr. 277-13-3m', 'Lut. 777-15', and 'Erythr. 1294-15' were noticeable for relatively high numbers of kernels per spike. Large kernels were observed in cvs. 'Doskonala', 'Pryvablyva', 'Pryvitna', 'Fermerka', 'Zdobna', 'Melashka', and 'Maliovanka'. Correlation analysis showed that the number of fertile stems per unit area was the primary factor influencing yield; the influence of the number of kernels and kernel weight per spike was less pronounced but still statistically significant, except in 2019. Cluster analysis allowed the array of cultivars and lines to be divided into four clusters. Cluster 1 included cvs. 'Zapashna', 'Dyvo', 'Harmonika', 'Mizynka', and 'Hazda', as well as lines 'Erythr. 832-14', 'Erythr. 497-14', 'Erythr. 799-14', and 'Erythr. 1010-14', which had high numbers of fertile spikes per unit area and values close to the general average for the number of kernels per spike and thousand-kernel weight. Cluster 2 comprised cvs.

'Alians', 'Metelytsia Kharkivska', 'Vyhadka', 'Vasylyna', 'Statna', and 'Haiok', as well as lines 'Erythr. 277-13-3m', 'Lut. 777-15', 'Erythr. 1395-15', and 'Erythr. 1294-15' with high numbers of kernels per spike, but reduced fertile stem density and thousand-kernel weight. Cluster 3 included cvs. 'Prynada', 'Krasa Laniv', 'Pronia', 'Mavka IR', and 'Mazurok', as well as line 'Lut. 48-13-3m' with high fertile stem density, decreased numbers of kernels per spike, and low thousand-kernel weight. Cluster 4 included cvs. 'Doskonala', 'Doridna', 'Pryvablyva', 'Pryvitna', 'Rozkishna', 'Fermerka', 'Zdobna', 'Patriotka', 'Malovanka', and 'Melashka', as well as line 'Erythr. 522-15', which were characterized by high thousand-kernel weight, near-average fertile stem density, and low numbers of kernels per spike. **Conclusions.** The obtained data allowed for the assessment of yield component stability and the identification of accessions with high performance for further use in breeding. Based on the results, cultivars and lines with high yield potential achieved through different yield components were selected, facilitating the identification of genotypes adapted to the climatic conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: wheat, cultivars and lines, yield, performance components, adaptability.

Дата першого надходження рукопису до видання: 17.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 19.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025