

ВЗАЄМОДІЯ ГЕНОТИПУ ТА СЕРЕДОВИЩА У ВИЗНАЧЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ СКОРОСТИГЛОГО ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAYS L.*)**О. В. Кулик***Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського 14, м. Дніпро, Україна, 49009*

Актуальність. Сучасне виробництво кукурудзи характеризується зростаючою нестабільністю агрокліматичних умов, що проявляється у підвищенні температурного режиму, нерівномірному розподілі опадів та збільшенні частоти посушливих періодів. Тому, оцінка взаємодії генотипу та середовища у визначенні морфобіологічних ознак і продуктивності скоростиглого матеріалу за допомогою багатомірного аналізу є актуальним науковим завданням для створення нового вихідного матеріалу. **Мета досліджень** – оцінити вплив генотипу і умов вирощування на формування та прояв морфобіологічних ознак і продуктивність скоростиглих інбредних сімей кукурудзи, синтезованих на основі змішаної зародкової плазми, та виділити перспективний селекційний матеріал для умов Степу України. **Методи та матеріали.** У процесі досліджень застосовували загальнонаукові та системний аналіз статистичних даних для виявлення закономірностей мінливості ознак. Методологія базувалася на поєднанні системного підходу оцінки біологічних систем із використанням варіаційної статистики для обґрунтування достовірності отриманих результатів у контрастних погодних умовах. Вихідними формами для досліджень були сім'ї семи гібридних комбінацій: ДК2815×ДК247МВ, ДК2815×ДК315, ДК2815×ДК3152, ДК2835×ДК3152, ДК2835×ДК247МВ, ДК3152×ДК247МВ, ДК3152×ДК285/315. Спільною генетичною основою цих гібридів є лінія ДК315СВЗМ. **Результати.** Установлено істотну мінливість досліджених ознак залежно від генотипу і погодних умов року. Найбільш сприятливі умови для росту й розвитку кукурудзи склалися у 2023 р., це забезпечило максимальні значення більшості показників. У 2024 р. підвищені температури і дефіцит вологи зумовили скорочення тривалості вегетаційного періоду та зниження продуктивності рослин. У 2025 р. прояв ознак був відносно стабільним, що дало змогу виявити генотипи культури з підвищеною адаптивністю. Виділено інбредні сім'ї, які поєднували скоростиглість, оптимальні морфологічні параметри і відносно високий рівень продуктивності в різні, за погодними умовами, роки. **Висновки.** Виділено перспективні генотипи, які поєднують скоростиглість, оптимальну архітектуру рослин та стабільну продуктивність у різних умовах вирощування. Отримані результати підтверджують їхню практичну цінність як вихідного матеріалу для гетерозисної селекції і створення скоростиглих гібридів кукурудзи, адаптованих до умов північного Степу України.

Ключові слова: кукурудза, скоростиглість, інбредні сім'ї, зародкова плазма, висота рослин, висота прикріплення качана, продуктивність, адаптивний потенціал

Вступ. Кукурудза (*Zea mays L.*) належить до стратегічних зернових культур, рівень продуктивності якої залежить не лише від генетичного потенціалу, а й через його реалізацію у конкретних екологічних умовах. Сучасне виробництво кукурудзи характеризується зростаючою нестабільністю агрокліматичних умов, яка проявляється у підвищенні температури, нерівномірному розподілу опадів та збільшенні частоти посушливих періодів. В умовах глобальної кліма-

тичної дестабілізації забезпечення стабільності врожаїв набуває пріоритетного значення, особливо для скоростиглих форм, біологічною особливістю яких є короткий період вегетації [1–3].

Складність прогнозування продуктивності ранньостиглого вихідного матеріалу зумовлена специфічною реакцією генотипів на варіабельність чинників довкілля. Як зазначають X. Dong та співавтори, скорочена тривалість онтогенезу таких ліній зумовлює

Надійшла: 06.04.2026

Прийнята: 15.05.2026

Опублікована: 26.05.2026

Інформація про автора:**Кулик Олександр Віталійович**, аспірант, молодший науковий співробітник, <https://orcid.org/0009-0004-3408-0405>

їхню підвищену вразливість до абіотичних стресів, особливо у критичні фази органогенезу – під час цвітіння та інтенсивного наливу зерна [4]. За таких умов навіть помірні відхилення параметрів середовища від біологічної норми можуть призводити до значного зниження рівня реалізації генетично детермінованої продуктивності. Це актуалізує необхідність поглиблених досліджень морфобіологічних і продуктивних ознак вихідного матеріалу в контрастних, за метеорологічними умовами, роках [5].

У вітчизняній науковій практиці значна увага приділяється оцінці скоростиглих генотипів, зокрема, в умовах Степу України. В. М. Гаврилюк, А. І. Кривенко та інші дослідники наголошують на доцільності розширення генетичної основи селекційного матеріалу шляхом використання різних типів зародкової плазми для підвищення адаптивного потенціалу [6].

Зарубіжні дослідження також підтверджують ключову роль взаємодії генотипу і середовища. Зокрема, F. J. Lope-Guerrero показав, що генетичне різноманіття інтегрально впливає на морфологічні показники за різних режимів зволоження [7]. Оглядом дані X. Li та співавторів підкреслюють, що залучення нових джерел є фундаментальною стратегією підвищення кліматичної стійкості сучасних гібридів [8]. Крім того, В. М. Prasad акцентує, що оптимізація архітекtonіки рослин та стабільність продуктивності є вирішальними критеріями при створенні адаптивних ранньостиглих форм [9].

Попри значну кількість напрацювань, на сучасному етапі існує виражена наукова суперечність: з одного боку, виробничий сектор висуває запит на створення скоростиглих, екологічно пластичних гібридів; з іншого – закономірності формування врожайності в системі «генотип × середовище» та специфічні механізми адаптації конкретних інбредних сімей залишаються недостатньо з'ясованими [10]. Як зазначають С. Egea-Gilabert та ін., питання комплексної оцінки вихідного матеріалу в умовах контрастних років потребує деталізації, оскільки його невирішеність обмежує можливості цілеспрямованого добору для подальшої селекції [11].

З огляду на це, оцінка взаємодії генотипу та середовища у визначенні продуктив-

ності скоростиглого матеріалу за допомогою багатомірного аналізу є актуальним науковим завданням. Розв'язання цієї проблеми, згідно з підходами J. Voltas та інших, дозволить ідентифікувати генотипи з прогнозованою адаптивністю і стабільним проявом господарсько-цінних ознак у різних екологічних локаціях [12].

Об'єкт дослідження – процес формування морфобіологічних параметрів та показників індивідуальної продуктивності у ранньостиглих генотипів кукурудзи за впливу різних гідротермічних умов вирощування.

Предмет дослідження – мінливість вегетаційного періоду, висоти рослин, архітекtonіки качана і рівень адаптивності інбредних сімей кукурудзи поколінь S₄–S₆, створених на основі змішаної зародкової плазми.

Мета роботи – виявити і охарактеризувати особливості формування морфобіологічних і продуктивних ознак скоростиглих інбредних сімей кукурудзи, створених на основі змішаної зародкової плазми, залежно від генотипу і погодних умов року вирощування, з метою виділення перспективного вихідного матеріалу для селекції.

Матеріали та методи. Експериментальну частину роботи виконували протягом 2023–2025 рр. на базі селекційних площ ДУ Інститут зернових культур НААН (м. Дніпро). Природно-кліматичні умови проведення досліджень (Північний Степ України) вирізняються нестабільним зволоженням та жорстким температурним режимом у літній період. Значна міжрічна амплітуда погодних факторів дозволила об'єктивно оцінити адаптивну здатність селекційного матеріалу до абіотичних стресів.

Для вивчення було залучено 195 інбредних сімей кукурудзи ранньостиглої групи (покоління S₄–S₆), отриманих у результаті цілеспрямованого добору зі змішаної зародкової плазми (Mix). Вихідними формами для синтезу сімей були сім гібридних комбінацій: ДК2815×ДК247МВ, ДК2815×ДК315, ДК2815×ДК3152, ДК2835×ДК3152, ДК2835×ДК247МВ, ДК3152×ДК247МВ та ДК3152×ДК285/315. Спільною генетичною основою цих гібридів є лінія ДК315СВЗМ (zareєстрована в Державному реєстрі з 2014 р.), яку в експерименті використовували за контроль (стандарт).

Закладку польових дослідів проводили в оптимальні агротехнічні строки: 7 травня (2023 р.), 29 квітня (2024 р.) та 8 травня (2025 р.), коли температура ґрунту на глибині висіву стабілізувалася на рівні 10–12 °С. Посіви розміщували у спеціальній двопільній сівозміні (попередник – ячмінь ярий). Площа облікової ділянки – 4,9 м². Для нейтралізації впливу ґрунтової строкатості застосовували повторну схему розміщення варіантів. Технологія вирощування базувалася на галузевих стандартах і методичних рекомендаціях щодо польових випробувань кукурудзи [13, 14]. Формування заданої густоти (60 тис. росл./га) здійснювали механічним прориванням у фазі 3–5 листків (ЕС–13–17 за шкалою ВВСН). Захист посівів та підживлення проводили за єдиним для всього розсадника фоном.

Фенологічний моніторинг передбачав фіксацію тривалості періоду «сходи – цвітіння 50 % качанів». Біометричні вимірювання (загальна висота рослини та рівень закріплення нижнього качана) виконували перед збиранням на 10 типових рослинах кожного генотипу.

Структурний аналіз врожаю включав визначення довжини й товщини качана, кількості зернових рядів, маси 1000 зерен та виходу зерна з однієї рослини за стандартної вологості. Морфотипи описували згідно з чинними класифікаторами та довідниками [15, 16]. Математичну обробку первинних даних здійснювали методами дисперсійного та варіаційного аналізів за алгоритмами Л. О. Атраментової [17, 18] і А. В. Адегова [19]. Цифрові масиви опрацьовували в середовищі Microsoft Excel, що дозволило диференціювати вплив чинників «генотип» та «середовище» на формування фінальної продуктивності.

Результати та їх обговорення. Встановлено, що формування основних ознак продуктивності скоростиглих інбредних сімей кукурудзи упродовж 2023–2025 рр. значною мірою залежало від поєднання генетичних особливостей матеріалу і контрастних погодних умов, що підтверджує доцільність багаторічної оцінки селекційного матеріалу.

Тривалість міжфазного періоду «сходи – цвітіння 50 % качанів» у 2023 р., становила, у середньому за всіма групами зразків, 64–77

діб (табл. 1). Слід зазначити, що умови року були достатньо вологими у весняний період з помірною температурою, що затримало початковий розвиток кукурудзи. Утім, для 2024 р. була характерна підвищена температура повітря, і дефіцит опадів, особливо у червні та липні, це зумовило скорочення періоду «сходи – цвітіння 50 % качанів» на 9–12 діб й призвело до пришвидшення етапів органогенезу та фенологічних фаз розвитку.

У 2025 р. тривалість міжфазного періоду варіювала в межах 47–62 діб і була найменшою за роки досліджень. Коефіцієнт варіації в усі роки мав низькі значення, але виявлена його тенденція до підвищення як у відносно сприятливі роки так і у екстремальні стресові. В усі роки досліджень стандарт ДК315СВЗМ мав більшу його тривалість періоду і наближався до максимальних значень. Тобто, в основному, у нових генотипів був менший період сходи – цвітіння ніж у вихідної лінії ДК315СВЗМ.

Ознака «висота рослин» змінювалася у дослідній вибірці залежно від умов року. У 2023 р. середні значення цього показника були найбільші і становили 141–224 см, що відповідало оптимальним параметрам скоростиглих форм кукурудзи. У 2024 р., внаслідок поєднання повітряної та ґрунтової посухи, відмічали зниження висоти рослин у середньому на 31–38 см, (на 17–22 %) порівняно з лімітними варіансами 2023 р. У 2025 р. висота рослин була найнижчою і становила 70–163 см, що вказує на обмеження росту та розвитку рослин через вплив погодних умов вегетації (табл. 2).

Слід зауважити, що групи сімей по-різному реагували на стресові умови і виявляли неоднорідну депресію на посуху в різних комбінаціях за висотою рослин. Зокрема, комбінація ДК3152×ДК285/315 у 2023 р. характеризувалась найвищими значеннями за середньою по групі та лімітними варіансами, але у стресовий 2025 р. виявила середні значення (119 см), а за максимумом – мінімальні 132 см. Коефіцієнт варіації висоти рослин виявляв мінімальну диференціацію у сприятливий 2023 р. і максимальну в екстремальний 2025 р., 7,6 і 14,9 %, відповідно. У 2024 р. цей показник мав проміжний рівень прояву через помірну посуху. Загалом, від прояву ознаки «висота рослин» батьківських

Таблиця 1. Тривалість періоду сході – цвітіння 50 % качанів у сімей S₄–S₆ та лінії стандарту, діб

Роки	Показники		Сім'ї S ₄ –S ₆						Стандарт	
			ДК2815× ДК247МВ	ДК2815× ДК315	ДК2815× ДК3152	ДК2835× ДК3152	ДК2835× ДК247МВ	ДК3152× ДК247МВ	ДК3152× ДК285/315	ДК315 СВЗМ
2023	\bar{x}		68	72	68	71	66	67	67	74
	Lim	min	64	68	66	67	65	65	65	-
		max	74	77	71	75	67	73	69	-
	ts(\bar{x})		0,3							
	V,%		4,8							
2024	\bar{x}		60	61	62	61	61	61	63	63
	Lim	min	58	58	58	55	58	58	63	-
		max	64	64	65	64	65	64	65	-
	ts(\bar{x})		0,05							
	V,%		3,5							
2025	\bar{x}		60	58	58	57	57	59	58	61
	Lim	min	54	47	54	55	54	57	54	-
		max	62	62	60	60	60	62	60	-
	ts(\bar{x})		0,2							
	V,%		4,6							

Примітка: \bar{x} – середнє значення; V – коефіцієнт варіації; ts(\bar{x}) – довірчий інтервал.

Таблиця 2. Варіювання ознаки “висота рослин” у сімей S₄–S₆ та лінії-стандарту, см

Роки	Показники		Сім'ї S ₄ –S ₆						Стандарт	
			ДК2815× ДК247МВ	ДК2815× ДК315	ДК2815× ДК3152	ДК2835× ДК3152	ДК2835× ДК247МВ	ДК3152× ДК247МВ	ДК3152× ДК285/315	ДК315 СВЗМ
2023	\bar{x}		186	172	183	182	182	185	203	165
	Lim	min	167	149	174	176	163	141	177	-
		max	203	190	197	188	197	208	224	-
	ts(\bar{x})		5,8							
	V,%		7,6							
2024	\bar{x}		153	143	150	153	149	157	161	150
	Lim	min	132	110	131	137	124	125	142	-
		max	174	175	176	166	173	186	178	-
	ts(\bar{x})		3,4							
	V,%		10,0							
2025	\bar{x}		120	113	116	124	116	129	119	134
	Lim	min	97	70	88	97	84	108	107	-
		max	144	160	154	143	151	163	132	-
	ts(\bar{x})		3,6							
	V,%		14,9							

Примітка: \bar{x} – середнє значення; V – коефіцієнт варіації; ts(\bar{x}) – довірчий інтервал

компонентів залежить архітектура посівів, напрямок використання гібридів (на зерно або силос), стійкість до вилягання, посухостійкість і їхня адаптивність до стресу, ошад-

ність рослин, тощо. Тому при створенні нових гомозиготних ліній важливо здійснювати моніторинг цієї ознаки з врахуванням її прояву в гібридних комбінаціях.

Висота прикріплення першого продуктивного качана, у середньому за роки досліджень, мала широкі межі і в екстремально посушливі умови 2025 р. знижувалась до 5 см у лімітному мінімумі та максимально проявлялась у 2023 р. – 109 см (табл. 3). У 2024 р. відмічено тенденцію до її зниження, у середньому на 12,9 см, через загальне зниження біометрії рослин. Водночас у більшості досліджених сімей у 2023–2024 рр. пока-

зник залишався в межах, прийнятних за механізованого збирання (40 см), що є важливим селекційним критерієм. Утім, екстремально стресові умови 2025 р. знизили прояв цієї ознаки, у середньому по групах, до рівня 28–42 см, що складає проблему за механізованого збирання і яка може бути вирішена через провадження сестринських гібридів у насінництві, як материнський компонент.

У дослідженні ознаки «висота прикріп-

Таблиця 3. Варіювання ознаки “висота прикріплення качана” у сімей S₄–S₆ та лінії стандарту, см

Роки	Показники		Сім'ї S ₄ –S ₆							Стандарт
			ДК2815× ДК247МВ	ДК2815× ДК315	ДК2815× ДК3152	ДК2835× ДК3152	ДК2835× ДК247МВ	ДК3152× ДК247МВ	ДК3152× ДК285/315	ДК315 СВЗМ
2023	\bar{x}		79	71	81	71	76	76	89	64
	Lim	min	66	63	69	64	72	63	80	-
		max	101	87	92	77	80	88	109	-
	$ts_{(\bar{x})}$		2,7							
	V, %		12							
2024	\bar{x}		60	60	65	68	61	66	72	51
	Lim	min	42	34	43	43	42	39	60	-
		max	75	70	69	94	59	69	76	-
	$ts_{(\bar{x})}$		1,4							
	V, %		19							
2025	\bar{x}		33	28	30	28	26	31	42	38
	Lim	min	10	5	17	10	8	10	30	-
		max	58	60	45	54	50	32	60	-
	$ts_{(\bar{x})}$		1,0							
	V, %		30,2							

Примітка: \bar{x} – середнє значення; V – коефіцієнт варіації; $ts_{(\bar{x})}$ – довірчий інтервал

лення качана» у вихідного матеріалу за 2023–2025 рр. простежується чітка динаміка до зниження її середніх значень, що відображає інтенсивність впливу стресових умов. Якщо у 2023 р. середня висота становила 63–109 см, то у 2024 р. вона знизилася до 34–94 см, а у 2025 р. – до 5–60 см. Слід зауважити, що середня по досліді висота прикріплення качана у 2025 р. знизилась на 60 %, порівняно з найбільш сприятливим 2023 р. (76,9±2,3 см).

Аналіз коефіцієнта варіації показує його зростання з погіршенням умов року. Це свідчить про посилення мінливості при ускладненні умов вегетації та наявності генотипів, що краще витримують несприятливі умови і створюють селекційні можливості для проведення відбору нового вихідного матеріалу.

Таким чином, результати вказують на необхідність подальшого аналізу впливу середовища та генетичної структури сімей для оптимізації відбору за ознакою «висоти прикріплення качана».

Продуктивність рослин виявилася найбільш залежною від погодних умов вегетаційного періоду, що підтверджує високу чутливість цієї ознаки до абіотичних факторів середовища. У 2023 р. середня маса зерна з однієї рослини досягала максимальних значень, перевищуючи показники 2024 р. на 40,8–52,1 % (табл. 4). Це свідчить про сприятливі умови формування генеративних органів та ефективне запилення, яка забезпечило нормальний розвиток качанів і високий рівень продуктивності.

Таблиця 4. Продуктивність рослин у сімей S₄–S₆ та ліній-стандарту, г/рос.

Рік	Параметри	Сім'ї S ₄ –S ₆							Стандарт	
		ДК2815× ДК247МВ	ДК2815× ДК315	ДК2815× ДК3152	ДК2835× ДК3152	ДК2835× ДК247МВ	ДК3152× ДК247МВ	ДК3152× ДК285/315	ДК315 СВЗМ	
2023	\bar{x}	47,4	72,3	60,0	80,4	110,5	93,9	98,4	82,4	
	Lim	min	14,4	58,7	43,2	68,3	81,4	34,5	51,1	–
		max	90,4	85,9	72,0	95,3	143,7	118,2	128,9	–
	$ts(\bar{x})$	6,3								
2024	\bar{x}	42,4	27,0	25,8	22,7	39,8	65,5	58,3	75,0	
	Lim	min	12,3	14,1	10,0	12,4	15,4	12,4	22,1	–
		max	80,0	39,4	38,4	37,0	77,2	84,2	93,5	–
	$ts(\bar{x})$	5,0								
2025	\bar{x}	44,8	48,8	42,4	71,7	52,3	42,6	54,1	81,4	
	Lim	min	21,4	23,1	15,7	60,3	27,1	22,4	32,5	–
		max	72,4	97,2	68,5	76,8	77,7	68,1	88,7	–
	$ts(\bar{x})$	3,8								

Примітка. \bar{x} – середнє значення; $ts(\bar{x})$ – довірчий інтервал

Через комплексний негативний вплив високих температур і дефіцит ґрунтової вологи й атмосферних опадів, особливо в критичні фази цвітіння та наливу зерна, продуктивність рослин у 2024 р. знизилась і, в середньому, склала $41,8 \pm 3,2$ г/рос. Зазначені стресові фактори призводили до часткової стерилізації пилку, порушення процесів запилення та прояву череззерниці у качані, що відзначилось на обсягу зерна з рослини. Таким чином, продуктивність за цей рік була обмежена посушливими умовами, що підкреслює важливість добору на адаптивність селекційного матеріалу.

У 2025 р., незважаючи на більш інтенсивний стрес, за іншими ознаками, відмічено продуктивність на рівні 2024 р. – $42,9 \pm 3,12$ г/рос. Утім, окремі інбредні сім'ї мали стабільні показники, поступаючись даним 2023 р. лише на 10–23 %. Це свідчить про їхню підвищену екологічну пластичність та стійкість до абіотичних стресів, що являється важливим критерієм для подальшого добору. Отримані результати підтверджують необхідність комплексної оцінки генотипів за показниками продуктивності та морфобіологічних ознак за різних погодних умов, що дозволяє виділити найбільш перспективні форми для створення високопродуктивних і стабільних

гібридів.

Комплексна оцінка продуктивності рослин сімей дослідних комбінацій та ліній-стандарту ДК315СВЗМ за 2023–2025 рр. засвідчила істотний вплив як генотипу, так і гідротермічних умов року вирощування. У 2023 р. середні показники продуктивності за групами були найвищими (47,4–110,5 г/рос), що свідчить про сприятливі умови формування генеративних органів та ефективного запилення. Діапазон варіювання Lim підтверджує значну диференціацію між сім'ями, але більшість комбінацій демонстрували стабільно високий рівень середньої продуктивності.

У 2024 р. спостерігали різке зниження середніх значень за групами (22,7–65,5 г/рос), що було зумовлене негативним впливом високих температур та дефіциту вологи в критичні фази розвитку. Незважаючи на загальне падіння врожайності, сім'ї окремих комбінацій (ДК3152×ДК247МВ, ДК3152×ДК285/315) зберегли відносно високі показники 65,5 і 58,3 г/рос., відповідно. Утім, у 2025 р. кращою була комбінація ДК2835×ДК3152, яка мала найгірші показники у 2024 р.

Важливо зазначити, що лінія-стандарт ДК315СВЗМ в усі роки мала високі стабільні показники продуктивності рослин і тільки

незначна частина генотипів її перевищувала у 2024-2025 рр. – 12% і 9%, відповідно. Проте, перевага можлива лише через більшу пізньостиглість вихідної лінії.

Висновки:

1. Встановлено, що прояв морфобіологічних ознак рослин істотно залежить від гідротермічного режиму. Зокрема, у 2023 р. спостерігався найбільший рівень прояву показників, тоді як у стресові 2024–2025 рр. відмічалось їх зниження за деякими ознаками у рази.

2. Виявлено, що вихідна лінія-стандарт ДК315СВЗМ, в основному, мала найдовшу тривалість ознаки «період сходів – цвітіння качанів». Тобто сформована вибірка сімей більш скоростигла ніж вихідні компоненти і віднесені, в основному, до ФАО 190-280.

3. Стресові умови 2024–2025 рр. вплинули на рівень прояву морфологічних ознак. Зокрема, зниження ознаки «висота рослини»

відмічено до 35%, а «висота прикріплення качана» – 60%, скорочення тривалість періоду сходів – цвітіння качанів до 19,3%.

4. Виділено інбредні сім'ї, які поєднують скоростиглість, оптимальну архітектуру рослин і стабільну продуктивність за різних погодних які мали кращі показники за лінію-стандарт. Такі генотипи становлять практичну цінність, як вихідний матеріал для гетерозисної селекції та створення скоростиглих гібридів кукурудзи, адаптованих до умов зони Степу України.

5. Отримані результати доцільно використовувати для формування селекційних програм, спрямованих на підвищення екологічної пластичності та стабільності продуктивності гібридів. Особливу увагу слід приділити генотипам, які забезпечують високий рівень продуктивності навіть у несприятливих умовах, оскільки вони є ключовими для адаптації кукурудзи до кліматичних змін.

Використана література

1. Singamsetti A., Shahi J. P., Zaidi P. H. et al. Genotype × environment interaction and selection of maize (*Zea mays* L.) hybrids across moisture regimes. *Field Crops Research*. 2021. Vol. 270. Art. 108224. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108224>
2. Tang H., Huang J., Zhang Y. et al. Resilience of maize to environmental stress: insights into drought and heat tolerance. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. Vol. 26, iss. 11. Art. 5274. <https://doi.org/10.3390/ijms26115274>
3. Zhang L., Zhang Z., Luo Y. et al. Optimizing genotype-environment-management interactions for maize farmers to adapt to climate change in different agro-ecological zones across China. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 728. Art. 138614. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138614>
4. Dong X., Guan L., Zhang P. et al. Responses of maize with different growth periods to heat stress around flowering and early grain filling. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2021. Vol. 303. Art. 108378. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108378>
5. do Couto D. P., Oliveira W. B. D. S., de Oliveira J. S. et al. Analysis of the effect of the interaction of genotype and environment on the yield stability of maize varieties; genetic resources for breeding. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, iss. 8. Art. 1970. <https://doi.org/10.3390/agronomy13081970>
6. Гаврилюк В. М., Коваленко Н. П., Кривенко А. І. та ін. Ефективність вирощування високопродуктивних гібридів кукурудзи з підвищеним адаптивним потенціалом до несприятливих умов довкілля. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 97–103. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3751> (дата звернення: 22.02.2026).
7. Lopez-Guerrero F. J., Gonzalez-Hernandez J. L., Singh S. J. et al. Multi-environment study of flowering time and plant height in a maize association mapping panel. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Art. 959203. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.959203>
8. Li X., Zhang Y., Liu J. et al. Integrating Genetic Diversity and Agronomic Innovations for Climate-Resilient Maize Systems. *Plants*. 2025. Vol. 14, iss. 10. Art. 1552. <https://doi.org/10.3390/plants14101552>
9. Prasanna B. M., Cairns J. E., Zaidi P. H. et al. Beat the stress: breeding for climate resilience in maize. *Theoretical and Applied Genetics*. 2021. Vol. 134. P. 1729–1752. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03773-7>
10. Bocianowski J., Nowosad K., Rejek D. Genotype–environment interaction for grain yield in maize (*Zea mays* L.) using the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. *Journal of Applied Genetics*. 2024. Vol. 65, iss. 3. P. 421–431. <https://doi.org/10.1007/s13353-024-00899-4>
11. Egea-Gilabert C., Pagnotta M. A., Tripodi P. Genotype × environment interactions in crop breeding. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, iss. 8. Art. 1644. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081644>
12. Voltas, J. Resentini, A. Xiao, D. S. et al. Multivariate Interaction Analysis of *Zea mays* L. Genotypes Growth Productivity in Different Environmental Conditions. *Plants*. 2023. Vol. 12, iss. 11. Art. 2165. <https://doi.org/10.3390/plants12112165>
13. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пашенко Ю. М. та ін. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. ІЗГ УААН. Дніпропетровськ, 2008. 24 с.
14. Адаптація рослинництва в умовах змін клімату: рекомендаційний покажчик літератури (уклад. О. О. Цокало; за ред. Д. В. Ткаченко). Миколаїв: МНАУ, 2022. 80 с.

15. Визначник морфологічних ознак сортів кукурудзи (*Zea mays* L.) – ілюстративне доповнення до Методики проведення експертизи сортів кукурудзи на відмінність, однорідність та стабільність / упоряд.: М. Таганцова, С. Гринів, С. Мельник [та ін.]. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2024. 46 с.
16. Класифікатор-довідник виду *Zea mays* L. Харків, 1994. 73 с.
17. Атраментова Л. О., Утьєвська О. М. Статистичні методи в біології. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. 288 с.
18. Атраментова Л. О., Утьєвська О. М. Статистика для біологів: підручник. Харків: НТМТ, 2014. 331 с.
19. Адегов А. В., Душенко Т. Н. Описание программ статистической обработки экспериментальных данных : инструкция. Днепропетровск: ВЦ НПО Днепр, 1985. Вып. 1. 57 с.

References

1. Singamsetti A., Shahi J. P., Zaidi P. H. et al. (2021). Genotype × environment interaction and selection of maize (*Zea mays* L.) hybrids across moisture regimes. *Field Crops Research*, 270. Art. 108224. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108224>
2. Tang H., Huang J., Zhang Y. et al. (2025). Resilience of maize to environmental stress: insights into drought and heat tolerance. *International Journal of Molecular Sciences*, 26 (11). Art. 5274. <https://doi.org/10.3390/ijms26115274>
3. Zhang L., Zhang Z., Luo Y. et al. (2020). Optimizing genotype-environment-management interactions for maize farmers to adapt to climate change in different agro-ecological zones across China. *Science of The Total Environment*, 728. Art. 138614. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138614>
4. Dong X., Guan L., Zhang P. et al. (2021). Responses of maize with different growth periods to heat stress around flowering and early grain filling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 303. Art. 108378. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108378>
5. do Couto D. P., Oliveira W. B. D. S., de Oliveira J. S. et al. (2023). Analysis of the effect of the interaction of genotype and environment on the yield stability of maize varieties; genetic resources for breeding. *Agronomy*, 13 (8). Art. 1970. <https://doi.org/10.3390/agronomy13081970>
6. Havryliuk, V. M., Kovalenko, N. P., Kryvenko, A. I. et al. (2022). Efficiency of growing high-yielding corn hybrids with increased adaptive potential to adverse environmental conditions. *Ahrarni innovatsii*. 15, 97–103. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3751> (date of application: 22.02.2026).
7. Lopez-Guerrero F. J., Gonzalez-Hernandez J. L., Singh S. J. et al. (2022). Multi-environment study of flowering time and plant height in a maize association mapping panel. *Frontiers in Plant Science*, 13. Art. 959203. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.959203>
8. Li X., Zhang Y., Liu J. et al. (2025). Integrating Genetic Diversity and Agronomic Innovations for Climate-Resilient Maize Systems. *Plants*, 14 (10). Art. 1552. <https://doi.org/10.3390/plants14101552>
9. Prasanna B. M., Cairns J. E., Zaidi P. H. et al. (2021). Beat the stress: breeding for climate resilience in maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 134, 1729–1752. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03773-7>
10. Bocianowski J., Nowosad K., Rejek D. (2024). Genotype–environment interaction for grain yield in maize (*Zea mays* L.) using the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. *Journal of Applied Genetics*, 65 (3), 421–431. <https://doi.org/10.1007/s13353-024-00899-4>
11. Egea-Gilabert C., Pagnotta M. A., Tripodi P. (2021). Genotype × environment interactions in crop breeding. *Agronomy*, 11 (8). Art. 1644. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081644>
12. Voltas, J. Resentini, A. Xiao, D. S. et al. (2023). Multivariate Interaction Analysis of *Zea mays* L. Genotypes Growth Productivity in Different Environmental Conditions. *Plants*, 12 (11). Art. 2165. <https://doi.org/10.3390/plants12112165>
13. Lebid Ye. M., Tsykov, V. S. Pashchenko Yu. M. et al. (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu* [Methodology for conducting field experiments with corn]. IZH UAAN, Dnipropetrovsk, 24 p.
14. *Adaptatsiia roslynnytstva v umovakh zmin klimatu: rekomendatsiinyi pokazhchyk literatury* [Adaptation of crop production to climate change: a recommended literature index] (2022). (O. O. Tsokalo comp.; D. V. Tkachenko ed. Mykolaiv: MNAU, 2022. 80 p.
15. *Vyznachnyk morfologichnykh oznak sortiv kukurudzy (Zea mays L.) – iliustratyvne dopovnnia do Metodyky provedennia ekspertyzy sortiv kukurudzy na vidminnist, odnoridnist ta stabilnist* [Determinant of morphological characteristics of corn varieties (*Zea mays* L.) – an illustrative supplement to the Methodology for conducting the examination of corn varieties for distinctness, uniformity and stability] (compl. M. Tahantsova, S. Hryniv, S. Melnyk et al.). Vynnytsia : TOV «TVORY», 2024. 46 p.
16. Klyasyfikator-dovidnyk vydu *Zea mays* L. Kharkiv, 1994. 73 p.
17. Atramentova L. O., Utiyevska O. M. (2007). *Statystychni metody v biolohii* [Statistical methods in biology]. Kharkiv : KhNU imeni V. N. Karazina, 288 p.
18. Atramentova L. O., Utiyevska O. M. *Statystyka dlia biolohiv : pidruchnyk* [Statistics for biologists: a textbook]. Kharkiv : NTMT, 2014. 331 p.

633.15: 631.52

Kulyk, O. V. Genotype–environment interaction in determining the early-maturing maize (*Zea mays* L.) source material productivity. *Grain Crops*. 2026. 10 (1). 83–91.

State Enterprise Institute of Grain Crops of NAAS, 14 Volodymyr Vernadskyi St., Dnipro, 49009, Ukraine

Topicality. Modern maize production is characterised by increasing instability in agroclimatic

conditions, manifested in rising temperatures, uneven rainfall distribution and an increase in the frequency of droughts. Therefore, assessing the interaction between genotype and environment in determining the morphobiological traits and productivity of early-maturing maize using multivariate analysis is a pressing scientific priority for the development of new breeding material. **Purpose.** To assess the influence of genotype and growing conditions on the formation and manifestation of morphobiological traits and the productivity of early-maturing inbred maize families synthesised on the basis of mixed germplasm, and to identify promising breeding material for the conditions of the Steppe of Ukraine. **Methods and Materials** The research involved the application of general scientific methods and systematic analysis of statistical data to identify patterns of trait variability. The methodology was based on a combination of a systematic approach to the assessment of biological systems using variation statistics to substantiate the reliability of the results obtained under contrasting weather conditions. The source forms for the research were families of seven hybrid combinations: DK2815×DK247MV, DK2815×DK315, DK2815×DK3152, DK2835×DK3152, DK2835×DK247MV, DK3152×DK247MV, DK3152×DK285/315. DK315SVZM line was the common genetic basis for these hybrids. **Results.** Significant variability in the traits studied was observed depending on genotype and the weather conditions of the year. The most favourable conditions for maize growth and development occurred in 2023, resulting in maximum values for most indicators. In 2024, elevated temperatures and a moisture deficit led to a shorter growing season and reduced plant productivity. In 2025, trait manifestation was relatively stable, allowing for the identification of crop genotypes with enhanced adaptability. Inbred families were identified that combined precociousness, optimal morphological parameters and a relatively high level of productivity in different years, depending on weather conditions. **Conclusions.** Promising genotypes were identified that combine precociousness, optimal plant architecture and stable yield under various growing conditions. The results obtained confirm the practical value of these genotypes as source material for heterosis-based breeding and the development of precocious maize hybrids adapted to the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

Key words: *maize, precociousness, inbred families, germplasm, plant height, ear insertion height, yield, adaptive potential.*