

СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ГЕТЕРОЗИСУ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА

ПРУДНІКОВ В.В. – аспірант
orcid.org/0009-0000-5712-5187

Національний університет біоресурсів і природокористування України

КОВАЛИШИНА Г.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-2715-7679

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Кукурудза (*Zea mays* L.) залишається однією з провідних зернових культур у світі, а підвищення її продуктивності та якості зерна є ключовим завданням сучасної селекції. Явище гетерозису, або гібридної сили, залишається фундаментальною основою підвищення продуктивності кукурудзи, що дозволяє створювати гібриди, які за комплексом ознак значно перевищують батьківські форми [9].

Особливої актуальності набуває комплексна оцінка істинного, гіпотетичного, оскільки такий підхід дозволяє не лише визначити потенціал новостворених гібридів відносно батьківських форм, а й оцінити їх конкурентоспроможність порівняно з районованими стандартами. Водночас поєднання аналізу гетерозису за урожайністю, структурними показниками качана та показниками якості зерна дає змогу більш об'єктивно і всебічно оцінити селекційну цінність вихідного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Генетична природа феномену гетерозису базується на взаємодії алельних та неалельних генів, що веде до підвищення життєздатності, інтенсивності росту та врожайності першого покоління (F_1). В історичному аспекті дослідження гетерозису пройшли шлях від спостережень Чарльза Дарвіна в 1876 році, який зафіксував значне перевищення висоти гібридів кукурудзи над батьківськими рослинами, до сучасного молекулярно-генетичного аналізу епістатичних та домінантних взаємодій [9].

Для кількісної оцінки гетерозису в селекційній практиці використовують три основні типи показників, кожен з яких має свою специфічну цінність для селекціонера. Гіпотетичний гетерозис, або середньобатьківський гетерозис, визначає відсоткове відхилення ознаки гібрида від середнього значення обох батьків. Істинний гетерозис, відомий також як гетеробільтіозис, відображає здатність гібрида перевищувати кращу з батьківських форм. А також конкурсний, або господарський гетерозис, порівнює новий гібрид із комерційними стандартами або кращими районованими формами [17, 18].

Дослідження еволюції гібридів у США та Китаї показують, що підвищення врожайності на 50 % зумовлено генетичним покращенням, а решта 50 % – вдосконаленням агротехніки, зокрема підвищенням норми внесення азоту та густоти посіву. Гібриди останніх десятиліть відрізняються здатністю підтримувати активний фотосинтез навіть при низькому вмісті азоту в ґрунті,

що пов'язано з більшою масою кореневої системи та вищою швидкістю появи листя [7,9,10].

Врожайність кукурудзи як складна полігенна ознака формується через взаємодію окремих компонентів структури качана. Селекційна цінність кожного гібрида значною мірою залежить від того, наскільки гармонійно поєднуються ці елементи. До основних складових врожайності відносять: довжину качана, діаметр качана, кількість рядів зерен, кількість зерен у ряду та масу 1000 зерен [1,8,11,12,14].

Кореляційний аналіз виявляє стійкі позитивні зв'язки між врожайністю зерна та наступними ознаками: кількість зерен у ряду ($r = 0,7495$), довжина качана ($r = 0,6673$), кількість рядів зерен ($r = 0,5991$), маса 1000 зерен ($r = 0,4693$) [14].

У сучасній селекції кукурудзи акцент зміщується з чистої врожайності на покращення біохімічних параметрів зерна. Гетерозис за вмістом олії в середньому становить близько –9,83 %, проте виділяються специфічні комбінації з високим позитивним гетерозисом, що досягають вмісту олії 6,84% (наприклад, крос CMS 456 x CMS 463) [3]. Мутація o_2 знижує частку зеїнів (бідних на лізин білків) і підвищує частку альбумінів та глобулінів, що подвоює вміст лізину. Селекція спрямована на введення генів-модифікаторів, які відновлюють склоподібність ендосперму, не втрачаючи високого вмісту амінокислот [4,13]. Крохмаль є головним компонентом ендосперму (98 % від загальної кількості), і його накопичення негативно корелює з вмістом білка та олії. Селекційна стратегія часто вимагає балансування між високою енергетичною цінністю (олія) та об'ємним виходом крохмалю [15].

Аналіз вітчизняних та зарубіжних наукових джерел дозволяє стверджувати, що селекційна цінність гібридів кукурудзи на сучасному етапі визначається комплексним поєднанням високої врожайності, екологічної стабільності та біохімічної якості зерна. Гетерозис залишається головним важелем прогресу, а його ефективне використання потребує глибокого розуміння генетичних механізмів та фізіологічних процесів.

Мета. Метою дослідження було оцінити прояв істинного та гіпотетичного гетерозису у гібридів кукурудзи, створених шляхом схрещування двох ліній з трьома тестерними лініями, за показниками урожайності, структурними елементами качана та якісними характеристиками зерна з метою виявлення найбільш перспективних



комбінацій для подальшого використання в селекційному процесі.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження в польових умовах здійснювали у 2025 р. на дослідних ділянках лабораторії кафедри генетики, селекції та насінництва ім. проф. М. О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України (Агрономічна дослідна станція), розташованих у Білоцерківському районі Київської області. Ґрунтовий покрив ділянки представлений типовим малогумусним чорноземом.

Аналіз погодних умов у порівнянні з середньобагаторічними показниками засвідчив, що температурний режим 2025 року загалом відповідав нормі, за винятком травня, який характеризувався зниженими температурами. За рівнем зволоження рік відзначився підвищеною кількістю опадів – 543,5 мм, що становить 174,9 % від кліматичної норми, проте їх розподіл протягом вегетаційного періоду був нерівномірним. Найсуттєвіші відхилення від багаторічних значень зафіксовано у квітні та липні – періоди надлишкового зволоження змінювалися тривалими посушливими умовами у серпні-вересні [16].

Площа однієї облікової ділянки становила 9,8 м². Дослід закладали за рендомізованою схемою у триразовій повторності.

Визначення вмісту білка, крохмалю та олії в зерні інбредних ліній і експериментальних гібридів кукурудзи, а також аналіз елементів структури качана проводили відповідно до чинної методики кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Біохімічні показники якості зерна визначали за допомогою аналізатора FOSS Infratec 1241 Grain Analyzer.

Оцінювання ступеня гетерозисного ефекту дає можливість визначити перспективність вихідного селекційного матеріалу для створення гібридів із наперед заданими властивостями [6,18]. Рівень прояву істинного та гіпотетичного гетерозису ($\Gamma_{\text{ист}}$, $\Gamma_{\text{гип}}$) обчислювали за S. Fonseca, F.L. Patterson (1968).

Індекс домінування визначали за формулою, запропонованою В. Griffing (1950) [5]:

$$H = \frac{F_1 - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \quad (1),$$

де для розрахунку використовували середнє значення ознаки у гібриду та показники батьківських форм: P_{\max} – вищий середній прояв ознаки, P_{\min} – нижчий. Такий методичний підхід, підтверджений сучасними генетичними дослідженнями [6,18], дає змогу точно оцінити здатність гібридних комбінацій реалізовувати продуктивні ознаки в різних умовах вирощування та аргументувати їх подальше використання в селекції.

Тлумачення значень індексу домінування проводили за класифікацією G.M. Veil та R.E. Atkins (1965) [2]:

$H = 0$ – адитивна дія генів, без прояву домінування;

$0 < H < 1$ – часткове домінування;

$H = 1$ – повне домінування;

$H > 1$ – наддомінування;

$H < 0$ – негативне домінування, коли гібрид поступається батьківським формам.

Статистичне опрацювання результатів виконували з використанням Microsoft Excel 2016 у поєднанні з пакетом XLSTAT.

Результати досліджень. Материнська лінія LOR 3696 характеризувалася вмістом білка 10,20 %, крохмалю – 68,50 % та олії – 4,30 %. Порівняно з нею батьківські форми мали вищий вміст білка і крохмалю (особливо FV 243), але в більшості випадків – дещо нижчий вміст олії (табл. 1).

У комбінації ♀ LOR 3696 × ♂ Q 170 гібрид F_1 перевищив обидві батьківські форми за вмістом білка – 12,60 %, що відповідає істинному гетерозису 8,62 % і гіпотетичному – 15,60 %. За вмістом олії також відмічено позитивний ефект гетерозису ($\Gamma_{\text{ист}} = 2,33$ %, $\Gamma_{\text{гип}} = 3,53$ %). Водночас за вмістом крохмалю у гібрида спостерігалось зниження показника до 67,70 %, що нижче за обидві батьківські форми. Отже, ця комбінація характеризується вираженим позитивним ефектом за білком і олією при зменшенні частки крохмалю.

Для гібрида ♀ LOR 3696 × ♂ FV 243 вміст білка становив 11,50 %, що трохи нижче за кращу батьківську форму. За вмістом крохмалю також відмічено поступання гібрида батьківським формам. Натомість за

Таблиця 1

Ступінь ефектів гетерозису за показниками якості зерна з материнською формою LOR 3696

Комбінація схрещувань	Вміст білку, %	Вміст крохмалю, %	Вміст олії, %
♀ LOR 3696	10,20	68,50	4,30
♂ Q 170	11,60	70,80	4,20
F_1	12,60	67,70	4,40
$\Gamma_{\text{ист}}$ %	8,62	-4,38	2,33
$\Gamma_{\text{гип}}$ %	15,60	-2,80	3,53
♂ FV 243	11,81	71,58	4,05
F_1	11,50	68,20	4,30
$\Gamma_{\text{ист}}$ %	-2,62	-4,72	0,00
$\Gamma_{\text{гип}}$ %	4,50	-2,63	2,99
♂ AK 153	8,90	70,50	3,60
F_1	10,90	69,00	4,10
$\Gamma_{\text{ист}}$ %	6,86	-2,13	-4,65
$\Gamma_{\text{гип}}$ %	14,14	-0,72	3,80

вмістом олії гібрид перевищив обидві батьківські форми (4,30 %), показник гіпотетичного гетерозису становив 2,99 %. Таким чином, для цієї комбінації характерне покращення олійності при помірному або від'ємному ефектові гетерозису за білком і крохмалем.

У комбінації ♀ LOR 3696 × ♂ AK 153 гібрид F₁ мав підвищений уміст білка – 10,90 % проти 8,90 % у запилювача, що забезпечило позитивний істинний (6,86 %) і гіпотетичний (14,14 %) гетерозис. За вмістом крохмалю значення гібриду (69,00 %) були близькими до батьківських форм. За показником олії гібрид перевищив обидві батьківські форми (4,10 %), однак істинний гетерозис мав негативний ефект (–4,65 %), тоді як гіпотетичний – позитивний (3,80 %).

Материнська форма LOR 3696 мала діаметр качана 3,58 см, довжину – 14,6 см, кількість рядів – 14,4 шт., кількість зерен у ряду – 24,00 шт. (табл. 2). Батьківські компоненти характеризувалися варіабельністю за цими показниками: найбільшу довжину качана та кількість зерен у ряду серед запилювачів мав FV 243, тоді як AK 153 відзначався найменшими значеннями більшості структурних ознак.

У комбінації ♀ LOR 3696 × ♂ Q 170 гібрид F₁ суттєво перевищив обидві батьківські форми за всіма дослідженими параметрами: діаметр качана становив 4,66 см, довжина – 19,02 см, кількість рядів – 16,0 шт., кількість зерен у ряду – 38,4 шт. Рівень істинного гетерозису знаходився у межах 11,11–42,22 %, а гіпотетичного – 12,68–50,59 %. Найбільший ефект зафіксовано за ознакою кількості зерен у ряду.

Для гібридної комбінації ♀ LOR 3696 × ♂ FV 243 також встановлено значне покращення морфологічних показників качана: діаметр зріс до 5,06 см, довжина – до 21,40 см, кількість рядів – до 16,2 шт., кількість зерен у ряду – до 45,8 шт. Істинний гетерозис становив 12,50–41,34 %, гіпотетичний – 14,08–45,40 %. Найбільший приріст відмічено за діаметром качана та кількістю зерен у ряду.

У комбінації ♀ LOR 3696 × ♂ AK 153 гібрид F₁ також продемонстрував істотну перевагу над батьківськими формами: діаметр качана становив

4,82 см, довжина – 20,4 см, кількість рядів – 15,8 шт., кількість зерен у ряду – 37,2 шт. Показники істинного гетерозису коливалися в межах 9,72–48,80 %, гіпотетичного – 19,70–51,84 %. Найбільший гетерозисний ефект встановлено за кількістю зерен у ряду та довжиною качана.

Досліджені гібриди F₁, отримані за участю лінії LOR 3696, характеризувалися суттєвим позитивним гетерозисом за показниками структури качана. Найбільш стабільний і високий ефект відзначено за діаметром і довжиною качана та кількістю зерен у ряду.

Материнська лінія LOR 3696 формувала 97,72 г зерна з рослини за виходу зерна 79,84 %, маси 1000 зерен 311,20 г і натуре 715,00 г/л (табл. 3). Батьківські запилювачі поступалися їй за більшістю показників індивідуальної продуктивності, особливо за масою зерна з рослини та крупністю зерна.

У комбінації ♀ LOR 3696 × ♂ Q 170 гібрид F₁ забезпечив різке зростання маси зерна з рослини – до 196,66 г, що відповідає істинному гетерозису 101,25 % і гіпотетичному – 149,38 %. За виходом зерна також зафіксовано позитивний ефект ($\Gamma_{\text{іст}} = 5,43 \%$, $\Gamma_{\text{гін}} = 10,15 \%$). Маса 1000 зерен зростає до 338,60 г ($\Gamma_{\text{іст}} = 8,80 \%$; $\Gamma_{\text{гін}} = 22,19 \%$), натура – до 737,00 г/л.

У гібрида ♀ LOR 3696 × ♂ FV 243 відмічено найвищі абсолютні показники продуктивності: маса зерна з рослини досягала 225,88 г. Рівень істинного гетерозису становив 131,15 %, гіпотетичного – 177,55 %, що вказує на дуже сильний гетерозисний ефект. Вихід зерна зріс до 85,07 % ($\Gamma_{\text{іст}} = 6,56 \%$, $\Gamma_{\text{гін}} = 8,28 \%$). Маса 1000 зерен і натура також суттєво підвищилися – до 352,40 г і 791 г/л, відповідно.

У комбінації ♂ AK 153 × ♀ LNR 3495 гібрид F₁ мав уміст білка 10,40 %, що є нижчим за кращу батьківську форму (11,00 %), унаслідок чого істинний гетерозис мав негативний ефект (–5,45 %), тоді як гіпотетичний – позитивний (4,52 %). За вмістом крохмалю зафіксовано незначне зниження показника порівняно з обома батьківськими формами (69,20 %), що зумовило гетерозис із негативним ефектом. Водночас за вмістом олії спостерігався чіткий позитивний ефект: гібрид перевищив

Таблиця 2

Ступінь ефектів гетерозису за показниками елементів структури качана з материнською формою LOR 3696

Комбінація схрещувань	Діаметр качана, см	Довжина качана, см	К-ть рядів, шт.	К-ть в ряді зерен, шт.
♀ LOR 3696	3,58	14,60	14,40	24,00
♂ Q 170	3,50	11,00	14,00	27,00
F ₁	4,66	19,02	16,00	38,40
$\Gamma_{\text{іст}} \%$	30,17	30,27	11,11	42,22
$\Gamma_{\text{гін}} \%$	31,64	48,59	12,68	50,59
♂ FV 243	3,50	18,00	14,00	39,00
F ₁	5,06	21,40	16,20	45,80
$\Gamma_{\text{іст}} \%$	41,34	18,89	12,50	17,44
$\Gamma_{\text{гін}} \%$	42,94	31,29	14,08	45,40
♂ AK 153	3,20	13,30	12,00	25,00
F ₁	4,82	20,40	15,80	37,20
$\Gamma_{\text{іст}} \%$	34,64	39,73	9,72	48,80
$\Gamma_{\text{гін}} \%$	42,18	46,24	19,70	51,84

Таблиця 3

Ступінь ефектів гетерозису за показниками продуктивності з материнською формою LOR 3696

Комбінація схрещувань	Маса зерна з рослини, г	Вихід зерна, %	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л
♀ LOR 3696	97,72	79,84	311,20	715,00
♂ Q 170	60,00	72,99	243,00	714,00
F ₁	196,66	84,17	338,60	737,00
Г _{іст} , %	101,25	5,43	8,80	3,08
Г _{гін} , %	149,38	10,15	22,19	3,15
♂ FV 243	65,05	77,30	320,00	678,00
F ₁	225,88	85,07	352,40	791,00
Г _{іст} , %	131,15	6,56	10,13	10,63
Г _{гін} , %	177,55	8,28	11,66	13,57
♂ AK 153	67,20	78,60	230,20	663,00
F ₁	199,70	82,74	379,20	698,00
Г _{іст} , %	104,36	3,64	21,85	-2,38
Г _{гін} , %	142,18	4,45	40,08	1,31

Таблиця 4

Ступінь ефектів гетерозису за показниками якості зерна із запилювачем AK 153

Комбінація схрещувань	Вміст білку, %	Вміст крохмалю, %	Вміст олії, %
♂ AK 153	8,90	70,50	3,60
♀ LNR 3495	11,00	69,10	3,70
F ₁	10,40	69,20	4,30
Г _{іст} , %	-5,45	-1,84	16,22
Г _{гін} , %	4,52	-0,86	17,81
♀ LLF 2983	8,91	69,10	3,61
F ₁	9,80	69,00	4,50
Г _{іст} , %	9,99	-2,13	24,65
Г _{гін} , %	10,05	-1,15	24,83
♀ LAR1490 × LBR1558	9,00	68,20	4,00
F ₁	10,40	68,90	4,60
Г _{іст} , %	15,56	-2,27	15,00
Г _{гін} , %	16,20	-0,65	21,05
♀ LFH1940 × LMH3161	9,30	72,10	3,80
F ₁	10,4	69,2	4,2
Г _{іст} , %	11,83	-4,02	10,53
Г _{гін} , %	14,29	-2,95	13,51

обидві батьківські форми (4,30 %), істинний і гіпотетичний гетерозис становили понад 16–17 % (табл. 4).

У поєднанні ♂ AK 153 × ♀ LLF 2983 вміст білка у гібриду F₁ зріс до 9,80 % проти близьких значень у батьків (≈8,9 %). За крохмалем зміни були незначними, але від'ємними (Г_{іст} -2,13 %). Найбільший ефект відзначено за вмістом олії: 4,50 % у F₁, що на чверть вище за батьківські форми (Г_{іст} = 24,65 %, Г_{гін} = 24,83 %).

У гібриду ♂ AK 153 × ♀ (LAR1490 × LBR1558) також встановлено позитивну динаміку за вмістом білку (10,40 %), із позитивним ефектом гетерозису 15–16 %. Вміст крохмалю у F₁ (68,90 %) був трохи нижчим за значення батьківських форм. За показником вмісту олії відмічено підвищення до 4,60 %, ефекти гетерозису становили 15–21 %.

Для комбінації ♂ AK 153 × ♀ (LFH1940 × LMH3161) відмітили зростання вмісту білка до 10,4 % (Г_{іст} =

11,83 %, Г_{гін} = 14,29 %). За вмістом крохмалю гібрид суттєво поступався кращій батьківській формі (69,2 % проти 72,1 %), що зумовило найбільш виражений негативний ефект гетерозису в групі (до -4,02 %). Вміст олії зріс до 4,2 %, що відповідає позитивному гетерозису (Г_{іст} = 10,53 %, Г_{гін} = 13,51 %).

Батьківська форма AK 153 мала найменші вихідні значення серед досліджених компонентів: діаметр качана – 3,20 см, довжина – 13,30 см, кількість рядів – 12,0 шт., кількість зерен у ряду – 24,0 шт. (табл. 5). Материнські лінії відзначалися вищими або близькими показниками, особливо за кількістю рядів та довжиною качана.

У комбінації ♂ AK 153 × ♀ LNR 3495 гібрид F₁ перевищив батьківські форми за діаметром (4,60 см), довжиною качана (18,20 см) і кількістю зерен у ряду (35,60 шт.). Рівень істинного гетерозису становив 36,84–48,33 %, гіпотетичного – 37,36–54,78 %. Гібрид мав меншу

Таблиця 5

Ступінь ефектів гетерозису за показниками елементів структури качана із запилювачем АК 153

Комбінація схрещувань	Діаметр качана, см	Довжина качана, см	К-ть рядів, шт.	К-ть в ряді зерен, шт.
♂ АК 153	3,20	13,30	12,00	24,00
♀ LNR 3495	3,34	13,20	16,40	22,00
F ₁	4,60	18,20	15,60	35,60
Г _{іср} %	37,72	36,84	-4,88	48,33
Г _{рін} %	40,67	37,36	9,86	54,78
♀ LLF 2983	3,25	18,14	14,40	29,00
F ₁	4,42	20,20	17,60	39,20
Г _{іср} %	36,00	11,36	22,22	35,17
Г _{рін} %	37,05	28,50	33,33	47,92
♀ LAR1490 × LBR1558	3,30	18,40	14,40	32,80
F ₁	4,84	17,80	18,00	38,60
Г _{іср} %	46,67	-3,26	25,00	17,68
Г _{рін} %	48,92	12,30	36,36	35,92
♀ LFN1940 × LMN3161	3,34	15,10	16,80	30,40
F ₁	4,60	21,42	18,00	44,00
Г _{іср} %	37,72	41,85	7,14	44,74
Г _{рін} %	40,67	50,85	25,00	61,76

кількість рядів, ніж краща батьківська форма, що зумовило негативний істинний гетерозис (-4,88 %), тоді як відносно середнього значення між батьківськими формами спостерігався позитивний ефект гетерозису.

При поєднанні ♂ АК 153 × ♀ LLF 2983 встановлено зростання усіх показників у F₁: діаметр качана – 4,42 см, довжина – 20,20 см, кількість рядів – 17,60 шт., кількість зерен у ряду – 39,20 шт. Істинний гетерозис становив 11,36–36,00 %, гіпотетичний – 28,50–47,92 %.

Для комбінації ♂ АК 153 × ♀ (LAR1490 × LBR1558) гібрид F₁ мав найбільший діаметр качана – 4,84 см (Г_{іср} = 46,67 %, Г_{рін} = 48,92 %). Кількість рядів і зерен у ряду також зросла до 18,0 та 38,6 шт. відповідно, із позитивним ефектом гетерозису. За довжиною качана гібрид незначно поступався кращій материнській формі (Г_{іср} = -3,26 %).

У комбінації ♂ АК 153 × ♀ (LFN1940 × LMN3161) гібрид F₁ також продемонстрував суттєве покращення всіх структурних параметрів: діаметр качана – 4,60 см, довжина – 21,42 см, кількість рядів – 18,0 шт., кількість зерен у ряду – 44,0 шт. Рівень істинного гетерозису становив 7,14–44,74 %, гіпотетичного – 25,00–61,76 %. Найбільший позитивний ефект гетерозису зафіксовано за довжиною качана та кількістю зерен у ряду.

Батьківська лінія АК 153 мала відносно помірні показники маси зерна з рослини (67,20 г), виходу зерна (78,60 %), маси 1000 зерен (230,20 г) та натуре (663,00 г/л). Материнські форми відрізнялися між собою, зокрема ♀ LLF 2983 і ♀ (LFN1940 × LMN3161) мали вищу масу зерна з рослини, а ♀ LLF 2983 – найбільшу масу 1000 зерен (табл. 6).

У комбінації ♂ АК 153 × ♀ LNR 3495 гібрид F₁ сформував 167,06 г зерна з рослини, що більш ніж удвічі перевищило кращу батьківську форму (Г_{іср} = 114,79 %; Г_{рін} = 130,46 %). Вихід зерна залишився близьким до

батьківських значень. За масою 1000 зерен спостерігали позитивний ефект гетерозису (Г_{іср} = 5,96 %, Г_{рін} = 21,95 %), а натура зерна відповідала рівню кращої лінії.

У поєднанні з материнською формою ♀ LLF 2983 гібрид F₁ забезпечив 196,99 г зерна з рослини (Г_{рін} = 99,06 %), що вказує на сильний ефект гетерозису. Вихід зерна зріс до 92,26 %. Водночас маса 1000 зерен у гібрида була нижчою за кращу материнську форму. Натомість натура зерна значно зросла – до 809 г/л.

У комбінації ♂ АК 153 × ♀ (LAR1490 × LBR1558) отримано один із найвищих показників маси зерна з рослини – 208,5 г (Г_{іср} = 117,37 %; Г_{рін} = 155,64 %). Вихід зерна також збільшився (до 84,46 %). За масою 1000 зерен відмічено позитивний ефект гетерозису (до 26,52 %), тоді як натура зерна була нижчою за кращу батьківську форму (-2,64 %).

У поєднанні з ♀ LFN1940 LMN3161 гібрид F₁ мав найбільшу масу зерна з рослини – 221,8 г, із високими показниками ефекту гетерозису (Г_{рін} = 155,15 %). Вихід зерна залишився на рівні батьківських форм. За масою 1000 зерен зафіксовано позитивний ефект гетерозису (31,36–37,96 %). Натура зерна підвищилась до 761 г/л.

Показник вмісту білка у більшості комбінацій проявляв наддомінування, особливо у гібридів LLF 2983 × АК 153 (H = 179,0), (LAR1490 × LBR1558) × АК 153 (H = 29,0) та (LFN1940 × LMN3161) × АК 153 (H = 6,5). За вмістом крохмалю у всіх комбінаціях відмічено від'ємні значення H (від -0,39 до -2,63). За вмістом олії переважало наддомінування, максимально виражене у комбінації LLF 2983 × АК 153 (H = 179,0) та LNR 3495 × АК 153 (H = 13,0).

Показники структури качана характеризувалися переважно наддомінуванням. За діаметром качана всі гібриди мали H > 1 (7,53–47,80). За довжиною качана високі значення зафіксовано у комбінаціях LNR 3495 ×

Таблиця 6

Ступінь ефектів гетерозису за показниками продуктивності із запилювачем АК 153

Комбінація схрещувань	Маса зерна з рослини, г	Вихід зерна, %	Маса 1000 зерен, г	Натура, г/л
♂ АК 153	67,20	78,60	230,20	663,00
♀ LNR 3495	77,78	81,93	312,00	651,00
F ₁	167,06	80,72	330,60	663,00
Г _{іст} , %	114,79	-1,48	5,96	0,00
Г _{ріп} , %	130,46	0,56	21,95	0,91
♀ LLF 2983	130,72	88,12	360,80	676,00
F ₁	196,99	92,26	297,80	809,00
Г _{іст} , %	50,69	4,69	-17,46	19,67
Г _{ріп} , %	99,06	10,67	0,78	20,84
♀ LAR1490 × LBR1558	95,92	69,16	275,00	720,00
F ₁	208,50	84,46	319,60	701,00
Г _{іст} , %	117,37	7,45	16,22	-2,64
Г _{ріп} , %	155,64	14,32	26,52	1,37
♀ LFH1940 × LMH3161	106,66	83,63	208,20	640,00
F ₁	221,80	83,11	302,40	761,00
Г _{іст} , %	107,95	-0,62	31,36	14,78
Г _{ріп} , %	155,15	2,46	37,96	16,81

Таблиця 7

Ступінь фенотипового домінування (H) показників якості зерна, структури качана та показників продуктивності у гібридів кукурудзи різних комбінацій схрещування

	Гібридна комбінація						
	LOR 3696 x Q 170	LOR 3696 x FV 243	LOR 3696 x AK 153	LNR 3495 x AK 153	LLF 2983 x AK 153	(LAR1490 x LBR1558) x AK 153	(LFH1940 x LMH3161) x AK 153
Вміст білку, %	2,43	0,61	2,08	0,43	179,300	29,00	6,50
Вміст крохмалю, %	-1,70	-1,19	-0,50	-0,86	-1,14	-0,39	-2,63
Вміст олії, %	3,00	1,00	0,43	13,00	179,00	4,00	5,00
Діаметр качана, см	28,00	38,00	7,53	19,00	47,80	31,80	19,00
Довжина качана, см	3,46	3,00	9,92	99,00	1,85	0,76	8,02
К-ть рядів зерен, шт.	9,00	10,00	2,17	0,64	3,67	4,00	1,50
К-ть зерен в ряду, шт.	8,60	1,91	25,40	12,60	5,08	2,32	5,25
Маса зерна з рослини, г	6,25	8,85	7,68	17,88	3,09	8,84	6,84
Вихід зерна, %	2,27	5,13	5,69	0,27	1,87	2,24	0,79
Маса 1000 зерен, г	1,80	8,36	2,68	1,45	0,04	2,99	7,56
Натура, г/л	45,00	5,11	0,35	1,00	21,46	0,33	9,52

АК 153 (H = 99,0) та LOR 3696 × АК 153 (H = 9,92), тоді як у частини гібридів спостерігалось лише слабе наддомінування або близьке до повного домінування (H ≈ 1).

За кількістю рядів зерен у качані характер успадкування коливався від часткового домінування (0,64–1,50) до вираженого наддомінування (до 10,0 у комбінації LOR 3696 × FV 243). Кількість зерен у ряду в більшості гібридів також формувалася за типом наддомінування, з максимумом у комбінації LOR 3696 × АК 153 (H = 25,40).

Показник маси зерна з рослини демонстрував високі значення індексу успадкування H у всіх гібридів (3,09–17,88), що підтверджує сильний гетерозисний ефект за індивідуальною продуктивністю. Найвищий

рівень наддомінування встановлено для комбінації LNR 3495 × АК 153. Вихід зерна успадковувався більш помірно – від часткового до помірного наддомінування (0,27–5,69).

За масою 1000 зерен у більшості комбінацій відмічено наддомінування (1,45–8,36), винятком є LLF 2983 × АК 153 (H = 0,04), де проявився майже проміжний тип успадкування. Натура зерна характеризувалася дуже широким діапазоном значень – від майже адитивного ефекту (0,33–1,00) до різко вираженого наддомінування, з максимумами у комбінаціях LOR 3696 × Q 170 (H = 45,0) та LLF 2983 × АК 153 (H = 21,46).

У цілому результати свідчать, що більшість досліджених гібридних комбінацій характеризуються

наддомінуванням за ключовими елементами структури врожаю та якісними показниками зерна, тоді як за вмістом крохмалю простежується переважно негативне домінування. Це вказує на значний селекційний потенціал комбінацій за участю ліній АК 153 і форм LOR 3696 та LLF 2983.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що більшість гібридів кукурудзи F₁, отриманих за участю ліній LOR 3696 та АК 153, характеризуються високим рівнем істинного й гіпотетичного гетерозису за основними елементами структури качана та показниками індивідуальної продуктивності, що свідчить про їх значний селекційний потенціал. Найбільш стабільний і виражений гетерозисний ефект виявлено за діаметром і довжиною качана, кількістю зерен у ряду та масою зерна з рослини, де у більшості комбінацій проявлялося наддомінування ($H > 1$). Це підтверджує визначальну роль зазначених ознак у формуванні високої врожайності гібридів кукурудзи. За показниками якості зерна встановлено різноспрямований характер прояву гетерозису. Вміст білка та олії у більшості гібридних комбінацій успадковувався за типом наддомінування, що забезпечувало перевищення гібридів над кращими батьківськими формами. Водночас за вмістом крохмалю переважало негативне домінування, що зумовлювало зниження цього показника у гібридів порівняно з батьківськими компонентами. Найвищі абсолютні показники продуктивності та комплексного гетерозисного ефекту зафіксовано у гібридів за участю ліній FV 243, LLF 2983 та (LFH1940 × LMH3161) у поєднанні з АК 153, що дозволяє розглядати їх як перспективні комбінації для подальшого селекційного використання. Аналіз ступеня фенотипового домінування підтвердив, що формування більшості показників структури качана і продуктивних ознак у досліджених гібридів відбувається за типом наддомінування, тоді як якісні показники зерна характеризуються більшою мінливістю типів генетичного контролю. Подальші дослідження доцільно спрямувати на багаторічну та багатозональну оцінку найбільш перспективних гібридних комбінацій з метою встановлення стабільності прояву гетерозису в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Важливим є поглиблене вивчення генетичної природи гетерозисного ефекту із залученням молекулярно-генетичних маркерів для ідентифікації цінних алелей, пов'язаних із продуктивністю та якістю зерна. Окрему увагу доцільно приділити оптимізації поєднання високої врожайності з поліпшеними біохімічними показниками зерна, зокрема білковим і олійним складом, що сприятиме створенню конкурентоспроможних гібридів кукурудзи з цільовим господарським використанням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abebe B., Ali W. M., Chere A. T. Heterosis and character association of mid altitude adapted quality protein maize (*Zea mays* L.) hybrids at Bako, Western Ethiopia. *Open J Plant Sci.* 2020. Vol. 5, Iss. 1. P. 013–025. <https://doi.org/10.17352/ojps.000018>
2. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal.* 1965. Vol. 39. Article number 3.
3. de Oliveira J. P., Chaves L. J., Duarte J. B., de Oliveira Ribeiro K., Brasil E. M. Heterosis for oil content in maize populations and hybrids of high quality protein. *Crop Breeding and Applied Biotechnology.* 2006. Vol. 6, Iss. 2. <https://doi.org/10.12702/1984-7033.v06n02a01>
4. Elmyhum M. Estimation of combining ability and heterosis of quality protein maize inbred lines. *African Journal of Agricultural Research.* 2013. Vol. 8, Iss. 48. P. 6309–6317. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7119>
5. Fonseca S., Patterson F. L. Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop science.* 1968. Vol. 8, Iss. 1, pp. 85–88.
6. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics.* 1950. Vol. 35. P. 303–321. <https://doi.org/10.1093/genetics/35.3.303>
7. Havryliuk I., Kovalyshyna H. Analysis of soft winter wheat hybrids for main morphological and productive traits of the ear. *Scientific reports of the National university of the life and environmental science of Ukraine.* 2025. Vol. 9. <https://doi.org/10.31548/dopovidii/2.2025.09>
8. Jan M. F., Li M., Alotaibi N. M., Liaqat W., Maqbool A., Altaf M. T., Umar A. Advanced biometrical strategies for genetic analysis and heterosis assessment in maize germplasm. *BMC Plant Biology.* 2025. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07782-2>
9. Keerthi S., Rao A. U., Ramana A. V., Ramesh G. Relationship between fresh cob yield and yield components of sweet corn. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences.* 2014. Vol. 1, Iss. 4A. P. 227–229. <https://doi.org/10.36347/sjavs.2014.v01i04.015>
10. Li R., Gao J., Li Y., Yu S., Wang Z. Heterosis for nitrogen use efficiency of maize hybrids enhanced over decades in China. *Agriculture.* 2022. Vol. 12, Iss. 6. P. 764. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture12060764>
11. Ramadhan M. N. Yield and yield components of maize and soil physical properties as affected by tillage practices and organic mulching. *Saudi Journal of Biological Sciences.* 2021. Vol. 28, Iss. 12. P. 7152–7159. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.005>
12. Sharma H. P., Dhakal K. H., Kharel R., Shrestha J. Estimation of heterosis in yield and yield attributing traits in single cross hybrids of maize. *Journal of Maize Research and Development.* 2016. Vol. 2, Iss. 1. P. 123–132. <http://dx.doi.org/10.3126/jmrd.v2i1.16223>
13. Shibabaw A., Derebe B., Mengie Y., Beshir O., Getahun W., Wale S., Abewa A. Grain Yield Response of Hybrid Maize Varieties to Planting Densities and Nitrogen Fertilizer Rates in Northwestern Amhara. *Blue Nile Journal of Agricultural Research.* 2025. Vol. 6, Iss. 2. P. 1–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17959840>
14. Tulu D., Tesso B., Azmach G. Heterosis and combining ability analysis of quality protein maize (*Zea mays* L.) inbred lines adapted to mid-altitude sub-humid agroecology of Ethiopia. *African Journal of Plant Science.* 2018. Vol. 12, Iss. 3. P. 47–57. <https://doi.org/10.5897/AJPS2017.1612>
15. Rojaria V., Kumar A., Bijarnia S., Debbarma P., Kumar A. Association Studies for Grain Yield and Yield Related Traits in Maize. *Biological Forum – An International Journal.* 2023. Vol. 15, Iss. 2. P. 676–679. URL: <https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/Association-Studies-for-Grain-Yield-and-Yield-Related-Traits-in-Maize-Vinay-Rojaria-106.pdf>

16. Yang X., Shaw R. K., Li L., Jiang F., Fan X. Novel candidate genes and genetic basis analysis of kernel starch content in tropical maize. *BMC Plant Biology*. 2025. Vol. 25, Iss. 1. P. 105. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06125-5>
17. Прудніков В. В., Ковалишина Г. М. Морфологічна оцінка батьківських компонентів кукурудзи (*Zea mays* L.) як індикатор їх адаптивного потенціалу в умовах Правобережного Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. № 4. С. 110–119. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.04.13>
18. Спряжка С. Підбір вихідного матеріалу для створення гібридів кукурудзи за основними біохімічними показниками : дис. ... д-ра філософії в галузі сіл. госп-ва : 201. Київ, 2023. 194 с.
19. Спряжка Р. О., Жемойда В. Л. Ступінь та характер ефектів гетерозису ліній кукурудзи за показниками якості зерна. *Генетичні ресурси рослин*. 2022. № 30. С. 76–87. <https://doi.org/10.36814/pgr.2022.30.07>
11. Ramadhan, M. N. (2021). Yield and yield components of maize and soil physical properties as affected by tillage practices and organic mulching. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 7152-7159. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.005>
12. Sharma, H. P., Dhakal, K. H., Kharel, R., & Shrestha, J. (2016). Estimation of heterosis in yield and yield attributing traits in single cross hybrids of maize. *Journal of Maize Research and Development*, 2(1), 123-132. <http://dx.doi.org/10.3126/jmrd.v2i1.16223>
13. Shibabaw, A., Derebe, B., Mengie, Y., Beshir, O., Getahun, W., Wale, S., ... & Abewa, A. (2025). Grain Yield Response of Hybrid Maize Varieties to Planting Densities and Nitrogen Fertilizer Rates in Northwestern Amhara. *Blue Nile Journal of Agricultural Research*, 6(2), 1-17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17959840>
14. Tulu, D., Tesso, B., & Azmach, G. (2018). Heterosis and combining ability analysis of quality protein maize (*Zea mays* L.) inbred lines adapted to mid-altitude sub-humid agro-ecology of Ethiopia. *African Journal of Plant Science*, 12(3), 47-57. <https://doi.org/10.5897/AJPS2017.1612>
15. Vinay Rojaria, Ajay Kumar, Subhash Bijarnia, Pulak Debbarma and Ashutosh Kumar (2023). Association Studies for Grain Yield and Yield Related Traits in Maize. *Biological Forum – An International Journal*, 15(2): 676-679. URL: <https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/Association-Studies-for-Grain-Yield-and-Yield-Related-Traits-in-Maize-Vinay-Rojaria-106.pdf>
16. Yang, X., Shaw, R. K., Li, L., Jiang, F., & Fan, X. (2025). Novel candidate genes and genetic basis analysis of kernel starch content in tropical maize. *BMC Plant Biology*, 25(1), 105. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06125-5>
17. Prudnikov V.V., Kovalyshyna H.M. (2025). Morfolohichna otsinka batkivskykh komponentiv kukurudzy (*Zea mays* L.) yak indykator yikh adaptyvnoho potentsialu v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu. [Morphological assessment of maize (*Zea Mays* L.) parental components as an indicator of their adaptive potential under the conditions of the right-bank of the Forest-Steppe]. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*. No. 4, pp. 110–119. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.04.13> [in Ukrainian]

REFERENCES:

1. Abebe, B., Ali, W. M., & Chere, A. T. (2020). Heterosis and character association of mid altitude adapted quality protein maize (*Zea mays* L.) hybrids at Bako, Western Ethiopia. *Open J Plant Sci*, 5(1), 013-025. <https://dx.doi.org/10.17352/ojps.000018>
2. Beil, G.M., & Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*, 39, article number 3.
3. de Oliveira, J. P., Chaves, L. J., Duarte, J. B., de Oliveira Ribeiro, K., & Brasil, E. M. (2006). Heterosis for oil content in maize populations and hybrids of high quality protein. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6(2). <https://doi.org/10.12702/1984-7033.v06n02a01>
4. Elmyhum, M. (2013). Estimation of combining ability and heterosis of quality protein maize inbred lines. *African Journal of Agricultural Research*, 8(48), 6309-6317. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7119>
5. Fonseca, S., & Patterson, F. L. (1968). Hybrid vigor in a seven-parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop science*, 8(1), cc. 85-88.
6. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*, 35, 303-321. <https://doi.org/10.1093/genetics/35.3.303>
7. Havryliuk, I., & Kovalyshyna, H. (2025) Analysis of soft winter wheat hybrids for main morphological and productive traits of the ear. *Scientific reports of the National university of the life and environmental science of Ukraine*, 9. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/2.2025.09>
8. Jan, M. F., Li, M., Alotaibi, N. M., Liaqat, W., Maqbool, A., Altaf, M. T., ... & Umar, A. (2025). Advanced biometrical strategies for genetic analysis and heterosis assessment in maize germplasm. *BMC Plant Biology*. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07782-2>
9. Keerthi, S., Rao, A. U., Ramana, A. V., & Ramesh, G. (2014). Relationship between fresh cob yield and yield components of sweet corn. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 1(4A), 227-229. <https://doi.org/10.36347/sjavs.2014.v01i04.015>
10. Li, R., Gao, J., Li, Y., Yu, S., & Wang, Z. (2022). Heterosis for nitrogen use efficiency of maize hybrids enhanced over decades in China. *Agriculture*, 12(6), 764. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060764>
11. Spriazhka S. (2023), Pidbir vykhidnoho materialu dlia stvorennia hibrydiv kukurudzy za osnovnymy biokhimichnymy pokaznykamy: dys. ... d-ra filosofii v haluzi silskoho hospodarstva. [Selection of source material for the creation of maize hybrids according to the main biochemical parameters: PhD thesis in Agricultural Sciences]. Kyiv: NUBIP, 194 s. [in Ukrainian]
12. Spriazhka R.O., Zhemoida V.L. (2022). Stupin ta kharakter efektyv heterozyosu linii kukurudzy za pokaznykamy yakosti zerna. [Degree and nature of heterosis effects in corn lines by grain quality parameters]. *Henetychni resursy Roslyn*. No. 30, pp. 76–87. <https://doi.org/10.36814/pgr.2022.30.07> [in Ukrainian]

Прудніков В.В., Ковалишина Г.М. Селекційна цінність гібридів кукурудзи за показниками гетерозису та якості зерна

Мета. Метою дослідження було визначення селекційної цінності гібридів кукурудзи F_1 за рівнем прояву істинного та гіпотетичного гетерозису щодо показників індивідуальної продуктивності, елементів структури

качана та біохімічних характеристик зерна, а також встановлення характеру успадкування основних господарсько-цінних ознак.

Методи. Дослідження проведено у 2025 році в умовах Правобережного Лісостепу України. Матеріалом слугували гібриди F₁, отримані шляхом схрещування інбредних ліній із тестерними формами. Оцінювання здійснювали за комплексом показників структури качана (довжина та діаметр качана, кількість зерен у ряду, маса 1000 зерен, маса зерна з рослини) та біохімічних показників якості зерна (вміст білка, олії та крохмалю). Рівень гетерозису визначали шляхом розрахунку істинного та гіпотетичного ефектів за методикою Д. С. Омарова. Тип успадкування ознак встановлювали на основі індексу фенотипового домінування за Griffing. Статистичну обробку результатів здійснювали із застосуванням загальноприйнятих методів варіаційного аналізу.

Результати. Встановлено, що більшість досліджених гібридних комбінацій характеризувалися позитивним гетерозисом за показниками продуктивності. Найвищі значення істинного та гіпотетичного гетерозису за масою зерна з рослини, довжиною та діаметром качана, кількістю зерен у ряду та масою 1000 зерен зафіксовано у гібридів за участі ліній FV 243, LLF 2983 та (LFH1940 × LMH3161) у поєднанні з АК 153. Для більшості показників структури качана і продуктивності встановлено прояв наддомінування, що забезпечувало переваження гібридів над кращими батьківськими формами. За біохімічними показниками зерна виявлено різноспрямований характер успадкування: вміст білка та олії у більшості комбінацій проявлявся за типом наддомінування, тоді як за вмістом крохмалю переважало негативне домінування. Отримані дані свідчать про значну генетичну варіабельність досліджених комбінацій і можливість ефективного добору цінних генотипів.

Висновки. Виявлено перспективні гібридні комбінації з високим рівнем гетерозисного ефекту та сприятливим поєднанням продуктивних і якісних показників зерна. Переважання наддомінування за більшістю господарсько-цінних ознак свідчить про доцільність використання досліджених батьківських форм у подальших селекційних програмах. Комплексна оцінка за показниками продуктивності та якості зерна є ефективним підходом для відбору конкурентоспроможних гібридів кукурудзи.

Ключові слова: продуктивність, структура качана, батьківські компоненти, елементи структури качана, маса зерна з рослини, фенотипове домінування.

Prudnikov V.V., Kovalyshyna H.M. Breeding value of maize hybrids based on heterosis indicators and grain quality traits.

Purpose. The aim of the study was to determine the breeding value of F₁ maize hybrids based on the level of expression of true and hypothetical heterosis for individual productivity traits, ear structural components, and biochemical grain characteristics, as well as to establish the inheritance patterns of the main agronomically valuable traits.

Methods. The research was conducted in 2025 under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The experimental material consisted of F₁ hybrids obtained by crossing inbred lines with tester forms. Evaluation was carried out using a set of morphometric traits (ear length and diameter, number of kernels per row, thousand-kernel weight, grain weight per plant) and biochemical grain quality indicators (protein, oil, and starch content). The level of heterosis was determined by calculating true and hypothetical heterosis effects according to the method of D. S. Omarov. The type of trait inheritance was established using Griffing's phenotypic dominance index. Statistical analysis was performed using standard methods of variation analysis.

Results. It was established that the majority of the studied hybrid combinations exhibited positive heterosis for productivity traits. The highest values of true and hypothetical heterosis for grain weight per plant, ear length and diameter, number of kernels per row, and thousand-kernel weight were recorded in hybrids involving the lines FV 243, LLF 2983, and (LFH1940 × LMH3161) in combination with АК 153. Overdominance was observed for most morphometric and productivity traits, ensuring the superiority of hybrids over the best parental forms. Biochemical grain traits showed differentiated inheritance patterns: protein and oil content in most combinations were inherited according to the overdominance type, whereas starch content predominantly demonstrated negative dominance. The obtained data indicate substantial genetic variability among the studied combinations and the possibility of effective selection of valuable genotypes.

Conclusions. Promising hybrid combinations with a high level of heterotic effect and a favorable combination of productivity and grain quality traits were identified. The predominance of overdominance for most agronomically valuable traits confirms the feasibility of using the studied parental forms in further breeding programs. A comprehensive evaluation based on productivity and grain quality parameters is an effective approach for selecting competitive maize hybrids.

Key words: productivity, ear structure, parental components, ear structural elements, grain weight per plant, phenotypic dominance.

Дата першого надходження статті до видання: 23.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 06.05.2026