

О. В. Климчук, кандидат сільськогосподарських наук
Вінницький національний аграрний університет

ПРОЯВ ЕФЕКТУ ГЕТЕРОЗИСУ В ПРОСТИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО ШКІДНИКІВ

Наведено експериментальні результати вивчення прояву та розмаху ефекту гетерозису в простих гібридів кукурудзи за стійкістю до основних шкідників. Виявлено вихідний матеріал, на основі якого створено прості гібриди з високим рівнем стійкості до досліджуваних шкідників.

Ключові слова: кукурудза, самозапилена лінія, простий гібрид, гетерозис, шкідник (*pest*).

Одним із пріоритетних напрямків розвитку теоретичної селекції на сучасному етапі є популяційна біологія культурних рослин, яка вивчає генетику кількісних ознак. Розуміння їх природи і шляхів здійснення генетичного контролю є необхідною умовою для пояснення механізмів норми реакції, адаптивності, гетерозису, мінливості та спадковості макропроцесів, без чого неможливі теоретичні рішення проблем технології адаптивної селекції або конструювання макросистем на основі розуміння принципів прояву природного добору в селекційному процесі [1].

У виробничих умовах звуження області адаптивної норми може відбуватися за рахунок збільшення напруженості техногенних факторів (внесення підвищених доз добрив, пестицидів) і, таким чином, виведення з-під дії природного добору цілого ряду морфогенетичних процесів, зокрема біосинтезу фітоалексинів та інших речовин, що визначають стійкість до шкідників і хвороб. Через це у цьому вбачається причина зниження адаптивного потенціалу і генетичної захищеності продукційного процесу в сучасних сортах та гібридів. Вирішенням даної проблематики займається адаптивна селекція. Сутність її полягає в тому, що селекція повинна здійснюватися з урахуванням генетичної організації макропроцесів при максимальному застосуванні еволюційних методів роботи з вихідним і селекційним матеріалом, тобто на основі теоретично обґрунтованої технології створення форм з оптимальним адаптивним фенотипом [2].

Кукурудза відзначається величезним адаптивним потенціалом, що дає змогу створювати гібриди практично для всіх природно-кліматичних зон, які в достатній мірі мають генетичну систему захисту від лімітуючих факторів навколишнього середовища – холоду, посухи, шкідників, хвороб та ін. [3]. При цьому необхідно акцентувати увагу на досконалих знаннях

специфічності культури з організації життєвої форми, характеру розвитку, специфіки механізмів норми реакції на зміни зовнішнього середовища тощо. Тому особливо гостро відчувається необхідність у технологічних процесах селекції гібридів, наділених стійкістю до шкідливих організмів.

Незважаючи на велику практичну значимість і науковий інтерес до цієї проблеми, загальної теорії гетерозису в даний час немає. Існуючі концепції в своїй основі базуються на установлених фактах взаємодії матеріальних структур у системах різного рівня біологічної організації, тобто здебільшого відносяться до проблем специфічності проходження процесів, при яких вони фенотипово виявляються. У цілому ж слід зазначити, що гетерозис за макроознаками виникає в тих випадках, коли знімається опосередковуюча дія організації процесів росту, розвитку, стійкості, формоутворення тощо в макросистемі, яка підтримується стабілізуючим добром на рівні адаптивної норми. Тому гетерозис при визначених макропроцесах, зокрема стійкістю до шкідників, можливий при наявності генотипової різноманітності батьківських форм за елементарними підпрограмами і максимальній близькості загальної організації онтогенезу до адаптивної норми.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження виконувались на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету. Ґрунт дослідного поля – сірий лісовий на лесі, за механічним складом – крупнопилуватий, середньосуглинковий. Вміст гумусу (за Тюрінім) в орному шарі складає 2,4%. Реакція ґрунтового розчину слабокисла – рН 5,8.

На основі 35 самозапилених ліній кукурудзи лабораторії генетики гетерозису Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (м. Харків) та ліній зарубіжної селекції, було створено 86 простих гібридів: 56 – за повною діалельною схемою та 30 – за схемою парних схрещувань. Дані гібриди вивчались протягом 2004—2005 рр. Ділянки розміщувались методом рендомізованих блоків. Повторність в дослідах 4-разова. Площа облікової ділянки становила 9,8 м² [4].

Спостереження та обліки стійкості проти шкідників у досліджуваних простих гібридів кукурудзи виконувались відповідно до державної методики сортовипробування [5]. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за відповідними методиками [6, 7].

Результати досліджень. У селекційних дослідженнях гетерозис визначають або як перевищення гібридів першого покоління над середнім обох батьків (гіпотетичний гетерозис), або як переважання F₁ над кращою батьківською формою (істинний гетерозис). Ми будемо дотримуватись останнього положення, оскільки саме таке визначення гетерозису з нашої точки зору найбільше підходить для практичного використання та статистичного методу аналізу. Слід також відмітити, що процес створення простих гетерозисних гібридів кукурудзи включає проведення відповідної системи схрещувань, успіх якої залежить від правильного підбору батьківсь-

ких компонентів. Теоретичною основою сучасних методів селекції на гетерозис, зокрема методів підбору пар для гібридизації, виступають гіпотези домінування та наддомінування, відповідно до яких основною причиною гетерозису є визначений тип взаємодії наслідуваних факторів.

Нами було проаналізовано явище гетерозису за пошкоджуваністю шкідниками простих гібридів кукурудзи по відношенню до кращої батьківської форми. Оскільки напрямки селекції за стійкістю до шкідників виражаються нижчим відсотком пошкодження гібридного потомства, порівняно з батьківськими компонентами, то ми зупинились лише на аналізі від'ємного гетерозису за відношенням до стійкішої батьківської форми.

Аналіз простих гібридів кукурудзи за пошкодженням кукурудзяним стебловим метеликом та ступінь гетерозису (табл. 1) вказують на те, що підвищення стійкості до пошкодження даним шкідником спостерігається в гібридів, де обидві батьківські форми характеризуються високими від'ємними значеннями ефектів загальної комбінаційної здатності.

Так, у гібридних комбінаціях F 502 × УХ 405 та УХ 405 × F 502 розмах від'ємного гетерозису становив (-27,69; -31,86%) у 2004 та (-22,46; -26,10%) у 2005 рр.; F 502×СМ 5-1-1 і СМ 5-1-1×F 502 – (-19,72; -7,95%) та (-18,15; -0,99%); F 502 × УХК 409 і УХК 409 × F 502 – (-33,73; -33,45%) та (-29,41; -32,46%); УХ 405 × СМ 5-1-1 і СМ 5-1-1 × УХ 405 – (-14,42; -12,72%) та (-11,00; -9,37%); УХ 405 × УХК 409 і УХК 409 × УХ 405 – (-19,34; -18,9) та (-14,44; -15,3%), відповідно за роки проведених досліджень.

Необхідно зазначити, що підвищення стійкості до пошкодження кукурудзяним метеликом було наявним як у прямих, так і зворотних гібридів.

Самозапилені лінії УХ 405 та СМ 5-1-1 характеризуються від'ємними значеннями ефектів загальної комбінаційної здатності за пошкодженням кукурудзяним метеликом та низькою варіансою специфічної комбінаційної здатності на противагу лініям F 502 та УХК 409, які володіють високою варіансою СКЗ та від'ємними значеннями ефектів ЗКЗ за даним показником. Ось чому в гібридних комбінаціях за участю цих ліній визначальним фактором у формуванні стійкості до кукурудзяного метелика, поряд із високими значеннями загальної комбінаційної здатності, є її специфічний комбінаційний прояв, тобто вища або менша величина в окремих гібридних комбінаціях. Це необхідно враховувати при створенні гібридів кукурудзи, особливо простих міжлінійних. Внаслідок цього виділено ряд гібридів, які відзначаються нижчим відсотком пошкодження кукурудзяним метеликом, порівняно з обома батьківськими формами, що вказує на можливість покращання даної ознаки в гібридному потомстві та про доцільність ведення селекції в цьому напрямку.

1. Аналіз простих гібридів за пошкодженням кукурудзяним метеликом та гетерозис по відношенню до стійкішої батьківської форми, %

Прості гібриди	Пошкодження кукурудзяним метеликом, %									
	2004 р.					2005 р.				
	A	A×B	B×A	A×B % гетерозису	B×A	A	A×B	B×A	A×B % гетерозису	B×A
F502×УХ 405	17,98	13,00	12,25	-27,69	-31,86	19,75	13,53	12,90	-22,46	-26,10
F502×СМ 5-1-1		11,80	13,53	-19,72	-7,95		12,40	15,00	-18,15	-0,99
F502×МА 22		17,90	21,50	-0,44	19,50		17,90	22,63	-9,36	14,58
F502×УХК 409		11,75	11,80	-33,73	-33,45		13,20	12,63	-29,41	-32,46
F502 ×СО 255		21,48	20,85	19,47	15,96		26,90	22,35	36,20	13,16
F 502 ×KL 17		23,35	27,73	29,86	54,22		24,88	27,65	25,97	40,00
F 502 ×СО 108		27,83	24,00	54,78	33,48		28,85	27,60	46,07	39,74
УХ405×СМ 5-1-1	18,30	12,58	12,83	-14,42	-12,72	17,45	13,48	13,73	-11,00	-9,37
УХ 405×МА 22		24,68	19,73	34,86	7,81		24,60	18,95	40,97	8,59
УХ405×УХК409		14,30	14,38	-19,34	-18,90		14,93	14,78	-14,44	-15,30
УХ405×СО255		18,23	21,50	-0,38	17,48		19,35	22,50	10,88	28,93
УХ 405 × KL 17		24,48	23,75	33,77	29,78		23,90	22,68	36,96	29,97
УХ405 ×СО108		27,45	27,65	50,00	51,00		27,58	27,63	58,05	58,33
СМ5-1-1×МА22	14,70	21,05	17,30	43,20	17,68	15,15	21,53	19,40	42,11	28,05
СМ5-1-1× УХК409		16,20	17,23	10,20	17,21		16,75	17,80	10,56	17,49
СМ5-1-1×СО255		24,03	20,98	63,50	42,72		24,70	19,83	63,04	30,89
СМ5-1-1×KL17		25,28	18,90	71,90	28,57		27,00	19,10	78,21	26,07
СМ5-1-1×СО108		27,23	29,05	85,20	97,60		24,85	31,33	64,03	106,8
МА22×УХК409	25,85	24,70	16,98	39,30	-4,23	29,68	25,83	17,80	38,12	-4,81
МА 22×СО 255		33,03	24,78	31,60	-1,27		26,43	25,00	3,32	-2,26
МА 22×KL 17		31,18	31,68	6,60	22,50		30,23	31,35	6,07	10,00
МА 22×СО 108		31,43	33,43	21,58	29,32		34,83	36,83	17,35	24,09
УХК409 ×СО255	17,73	14,58	21,18	-17,76	19,45	18,70	15,28	22,60	-18,28	20,85
УХК409×KL 17		25,10	24,60	41,56	38,74		25,25	25,15	35,02	34,49
УХК409×СО108		32,78	27,23	84,88	53,60		32,95	31,68	76,20	69,41
СО 255×KL 17	25,10	31,33	31,13	24,82	24,02	25,58	32,80	31,13	28,22	21,69
СО255×СО108		37,80	31,33	50,60	24,82		36,30	33,23	41,91	29,91
KL 17×СО 108	29,25	35,75	37,25	22,22	27,35	28,50	36,23	35,78	27,12	25,54
СО 108×N	34,83					38,33				

Таким же чином було проаналізовано явище гетерозису (табл. 2) за відношенням до стійкішої батьківської форми при пошкодженні шведською мухою. В стійкості до пошкодження даним шкідником більше ніж у половини гібридів, а саме в 15 пар з 28, спостерігався чітко виражений ефект гетерозису із підвищенням стійкості порівняно з кращою батьківською формою. В процесі досліджень встановлено, що стійкість селекційного матеріалу кукурудзи до шведської мухи характеризується детермінацією в залежності від умов року.

Необхідно виділити гібридні комбінації із від'ємним гетерозисом за 2004—2005 рр. досліджень: УХ 405 × KL 17 і KL 17 × УХ 405 – (-5,27; -8,07%) та (-2,79; -8,69%); МА 22 × УХК 409 і УХК 409 × МА 22 – (-36,85; -

9,97%) та (-34,29; -2,42%); MA 22 × KL 17 і KL 17 × MA 22 – (-16,84; -26,64%) та (-7,79; -18,07%); УХК 409 × KL 17 і KL 17 × УХК 409 – (-35,25; -30,41%) та (-30,45; -28,61%), відповідно.

2. Аналіз простих гібридів за пошкодженням шведською мухою та гетерозис по відношенню до стійкішої батьківської форми, %

Прості гібриди	Пошкодження шведською мухою, %									
	2004 р.					2005 р.				
	A	A×B	B×A	A×B % гетерозису	B×A	A	A×B	B×A	A×B % гетерозису	B×A
F502×УХ 405	18,38	19,83	21,03	7,88	14,41	16,45	20,63	19,40	25,41	17,93
F502×СМ 5-1-1		19,20	25,95	4,46	41,18		19,28	23,38	17,20	42,12
F502×МА 22		14,05	12,58	-23,56	-31,55		16,80	12,28	2,13	-25,35
F502×УХК 409		16,70	13,88	-9,14	-24,48		17,98	12,33	9,30	-25,04
F502 ×СО 255		36,43	36,65	98,20	99,40		38,98	32,28	136,96	96,23
F 502 ×KL 17		16,70	11,48	-10,12	-38,21		16,95	10,78	3,04	-34,47
F 502 ×СО 108		32,15	23,63	74,92	28,56		34,90	21,98	112,16	33,61
УХ405×СМ 5-1-1	22,68	21,30	25,28	-2,65	15,53	23,65	21,05	26,23	-0,38	24,13
УХ 405×МА 22		20,13	17,23	4,41	-10,63		22,65	19,08	0,98	-14,93
УХ405×УХК409		19,03	17,15	-0,10	-9,97		20,53	17,33	3,53	-12,61
УХ405×СО255		39,43	39,80	73,85	75,48		42,85	36,88	81,18	55,94
УХ 405 × KL 17		17,60	17,08	-5,27	-8,07		18,45	17,33	-2,79	-8,69
УХ405 ×СО108		35,53	18,75	56,65	-17,32		35,83	19,75	51,50	-16,49
СМ5-1-1×МА22	21,88	24,78	19,63	28,52	1,81	21,13	26,80	20,18	26,83	-4,49
СМ5-1-1×УХК409		21,95	21,23	15,22	11,44		22,20	21,10	11,95	6,40
СМ5-1-1×СО255		38,45	36,15	75,73	65,21		50,58	35,05	139,37	65,87
СМ5-1-1×KL17		26,90	17,63	44,77	-5,11		25,85	16,83	36,19	-11,33
СМ5-1-1×СО108		36,78	20,83	68,09	-4,79		37,25	20,38	76,28	-3,55
МА22×УХК409	19,28	12,03	17,15	-36,85	-9,97	22,43	13,03	19,35	-34,29	-2,42
МА 22×СО 255		33,25	39,78	72,45	106,32		37,58	37,68	67,54	67,98
МА 22×KL 17		15,45	13,63	-16,84	-26,64		17,50	15,55	-7,79	-18,07
МА 22×СО 108		32,83	19,75	70,28	2,44		33,48	22,05	49,26	-1,69
УХК409 ×СО255	19,05	36,55	37,98	91,86	99,37	19,83	39,45	37,90	98,94	91,12
УХК409×KL 17		12,03	12,93	-35,25	-30,41		13,20	13,55	-30,45	-28,61
УХК409×СО108		32,30	24,70	69,55	29,65		32,65	25,08	64,65	26,48
СО 255×KL 17	42,78	35,33	35,65	90,15	91,87	44,15	38,03	38,10	100,36	100,73
СО255×СО108		41,98	38,48	19,77	9,78		40,90	41,78	18,55	21,10
KL 17×СО 108	18,58	31,03	22,68	67,00	22,07	18,98	30,98	23,78	63,22	25,28
СО 108×N	35,05					34,50				

Наявна також значна кількість гібридних комбінацій, в яких спостерігається явище гетерозису за стійкістю до пошкодження шведською мухою в залежності від того, яка з батьківських форм використовується в якості материнського компонента. Це перш за все такі гібриди, як F 502 × МА 22 (-23,56; 2,13) та МА 22 × F 502 (-31,55; -25,35%); F 502 × УХК 409 (-9,14; 9,3%) та УХК 409 × F 502 (-24,48; -25,04%); F 502 × KL 17 (-10,12;

3,04%) та KL 17 × F 502 (-38,21; -34,47%) із відповідними значеннями ефектів гетерозису за роки проведених досліджень.

У простих гібридів, де в якості батьківської форми бере участь самозапилена лінія УХ 405, наявний гетерозис за стійкістю до шведської мухи: УХ 405 × МА 22 (4,41; 0,98%) та МА 22 × УХ 405 (-10,63; -14,93%); УХ 405 × УХК 409 (-0,10; 3,53%) та УХК 409 × УХ 405 (-9,97; -12,61%); УХ 405 × СО 108 (56,65; 51,50%) та СО 108 × УХ 405 (-17,32; -16,49%). Така сама закономірність проявляється в гібридному потомстві СМ 5-1-1 × KL 17 (44,77; 36,19%) і KL 17 × СМ 5-1-1 (-5,11; -11,33%), проте із нижчим розмахом цієї величини, відповідно за 2004 та 2005 рр.

На основі одержаних результатів досліджень можна констатувати факт, що для отримання стійких до шведської мухи гібридів кукурудзи, необхідно підбирати обидві батьківські форми з високими ефектами загальної комбінаційної здатності за стійкістю до цього шкідника на фоні низьких значень варіанси специфічної комбінаційної здатності. Наявність гібридів із вищою стійкістю до пошкодження вказує на збільшення стійкості гібридного потомства, порівняно з їх батьківськими формами.

Висновки. На основі проведених досліджень ми отримали такі основні результати:

1. Підвищення стійкості до пошкодження кукурудзяним стебловим метеликом спостерігається як у прямих, так і зворотних простих гібридів кукурудзи, де обидві батьківські форми характеризуються високими від'ємними значеннями ефектів загальної комбінаційної здатності.

2. Серед досліджуваного селекційного матеріалу самозапилені лінії УХ 405 та СМ 5-1-1 мали від'ємні значення ефектів ЗКЗ за пошкодженням кукурудзяним метеликом та низьку варіансу СКЗ на противагу лініям F 502 та УХК 409, які володіють високою варіансою СКЗ та від'ємними значеннями ефектів ЗКЗ за даним показником.

3. Щоб отримати стійкі до шведської мухи прості гібриди кукурудзи, необхідно підбирати обидві батьківські форми з високими ефектами ЗКЗ за стійкістю до даного шкідника на фоні низьких значень варіанси СКЗ. До того ж стійкість селекційного матеріалу характеризується детермінацією в залежності від умов року.

Бібліографічний список

1. Літун П. П. Генетика цілісності макросистем в теорії і практиці селекції / П. П. Літун // Сучасні технології селекційного процесу сільськогосподарських культур: Збірник тез міжнародного наукового симпозіуму. – Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2004. – С. 5—7.

2. Літун П. П. Теорія і практика селекції на макроознаки. Методологічні проблеми / П. П. Літун, В. В. Кириченко, В. П. Петренкова, В. П. Коломацька. – Харків, 2004. – 160 с.

3. *Климчук О. В.* Селекція та вирощування кукурудзи в умовах монокультури: монографія. / О. В. Климчук. – Вінниця: ВДАУ, 2009. – 216 с.
4. Класифікатор-довідник виду *Zea mays L.* / І. А. Гур'єва, В. К. Рябчун, Л. В. Козубенко та ін. – Харків, 1994. – 72 с.
5. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / За ред. В. В. Волкодава. – Випуск другий (зернові, круп'яні та зернобобові культури). – К., 2001. – 65 с.
6. *Хотылева Л. В.* Взаимодействие генов при гетерозисе / Л. В. Хотылева, Л. А. Тарутина. – Минск: Наука и техника, 1990. – 176 с.
7. *Федин М. А.* Статистические методы генетического анализа / М. А. Федин, Д. Я. Силис, А. В. Смирязев. – М.: Колос, 1980. – 207 с.

Климчук А. В., Проявление эффекта гетерозиса у простых гибридов кукурузы по устойчивости к вредителям // Корми і кормовиробництво. – 2011. – Вип. 70. – С. 47—53.

Представлены экспериментальные результаты изучения проявления эффекта гетерозиса у простых гибридов кукурузы по устойчивости к основным вредителям. Выявлено исходный материал, на основе которого созданы простые гибриды с высоким уровнем устойчивости к исследуемым вредителям.

Klymchuk O. V. The display of heterosis effect in the simple corn hybrids for pest resistance // Feeds and Feed Production. – 2011. – Issue 70. – P. 47—53.

The experimental results of researches on the display of heterosis effect in the simple corn hybrids for resistance pest are presented. The initial material, on the basic of which simple hybrids with high level of resistance to the investigated pests are created, has been revealed.