

## ДОБІР КОМПОНЕНТІВ СХРЕЩУВАННЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ГІБРИДІВ ЦУКРОВОЇ КУКУРУДЗИ

**О. Є. Клімова**, кандидат сільськогосподарських наук  
Інститут сільського господарства степової зони НААН України

*Досліджено врожайність простих та трилінійних гібридів цукрової кукурудзи при контрастному вологозабезпеченні в умовах північного Степу України. Виділено компоненти схрещування з високими параметрами генетичної цінності. Доведено, що поєднання в одному генотипі батьківських форм з високою комбінаційною здатністю і стабільністю адаптивних реакцій забезпечує створення високопродуктивних гібридів з комплексною стійкістю до стресових факторів. За параметрами адаптивної здатності ідентифіковано гомеостатичні гібриди з високою селекційною цінністю як найбільш придатні для вирощування в зоні нестійкого зволоження.*

**Ключові слова:** цукрова кукурудза, лінії, гетерозис, генетична цінність, адаптивна здатність, добір, урожайність.

Селекція цукрової кукурудзи в першу чергу спрямована на підвищення врожайності товарної продукції – качанів з технічно стиглим зерном. Основною проблемою в гетерозисній селекції даного підвиду кукурудзи є виділення генетично та селекційно-цінних компонентів схрещування. З метою оптимізації технології створення високопродуктивних і адаптованих до різних агроекологічних умов вирощування гібридів застосовувався метод генетичного аналізу селекційного матеріалу, тобто оцінка комбінаційної здатності батьківських форм для забезпечення стабільного рівня гетерозису в гібридів F<sub>1</sub> [1, 2].

Важливою складовою селекційних програм є добір тестерів для аналізу генетичної цінності ліній і створення нових гібридів. За даними авторів [3], використання будь-якого типу схрещувань сприяє одержанню високопродуктивних генотипів цукрової кукурудзи, проте ймовірність виділення високогетерозисних форм серед простих гібридів вища, ніж серед зразків складного родоvodu, хоча останні мають ширший адаптивний потенціал. При цьому більш раціональними з точки зору насінництва є трилінійні гібриди, оскільки високопродуктивні материнські форми забезпечують вищу рентабельність ділянок гібридизації [4].

Мета наших досліджень – вивчення врожайності тест-гібридів, одержаних з участю нових інбредних ліній; оцінка генетичної цінності материнських і батьківських форм; виділення генотипів з високою адаптивною здатністю; з'ясування механізму адаптивних реакцій у полігенних комплексах, що контролюють рівень врожайності у новостворених гібридів.

Дослідження проводили протягом 2010–2011 рр. на Синельниківській селекційно-дослідній станції, яка підпорядковується Інституту сільського господарства степової зони. Роки досліджень були контрастними за метеорологічними умовами. Кількість опадів за вегетаційні періоди перевищувала середньобаторічну норму відповідно на 12,9 і 18,5% і становила 231,5 і 243,0 мм, а сума активних температур досягала рівня 2240 і 2054 °С, що на 31,5 і 20,6% більше за багаторічні показники. При цьому гідротермічні коефіцієнти за червень – липень, в період інтенсивного росту кукурудзи та формування качанів і зерна, становили 0,73 в 2010 р. та 1,47 в 2011 р., тобто критичний період розвитку рослин в 2010 р. співпадав з посушливими умовами, а в 2011 р. кукурудза розвивалась в оптимальних умовах гідротермічного забезпечення.

Матеріалом для досліджень слугували лінії робочої колекції цукрової кукурудзи. За тестери вузької генетичної основи були взяті лінії: МС266, КЦ28-1 і РКЛ522, а широкої – прості гібриди: УП184 х КЦ25-1, КЦ101-1 х КЦ11, МС73 х Р346su<sub>1</sub>, і Р346su<sub>1</sub> х КЦ502-1. При контрольованому запиленні одержано 39 простих і 52 трилінійні гібриди, які вивчались в контрольних розсадниках на ділянках площею 4,9 м<sup>2</sup> при триразовому повторенні. Як стандарт використано середньоранній гібрид цукрової кукурудзи Конкурент. Агротехніка на дос-

лідних ділянках – загальноприйнята для зони. Польові досліди і обліки проведені згідно з методикою [5]. Статистична обробка даних здійснена шляхом дисперсійного і варіаційного аналізів за Б. А. Доспеховим [6]. Оцінка комбінаційної здатності материнських і батьківських компонентів отримана згідно з методичними рекомендаціями [7]. Параметри адаптивної здатності генотипів визначали за відповідною методикою [8].

Згідно з одержаними у 2010 р. даними високу середню врожайність (10,41 т/га) качанів в обгортках забезпечили трилінійні гібриди, в той час як у простих – цей показник був на 0,20 т/га нижчим (табл. 1). В 2011 р. вищу врожайність формували прості гібриди – 15,13 т/га качанів проти 14,14 т/га у трилінійних. В посушливих умовах кращі комбінації трилінійних гібридів перевищували рівень врожайності простих на 3,4%, а в оптимальних, навпаки – кращі прості гібриди формували врожайність на 9,5% вищу, ніж трилінійні.

Коливання врожайності за роками досліджень було значним. Середня врожайність простих гібридів у 2011 р. на 4,93 т/га, або на 48,3% була вищою, ніж у 2010 р., а в трилінійних гібридів – на 3,74 т/га, або на 36,0%.

Серед простих гібридів кращими за врожайністю були тесткриси лінії МС266, які забезпечили в середньому 10,33 і 15,36 т/га качанів відповідно в 2010–2011 рр. Тесткриси лінії РКЛ522 формували врожайність на рівні 10,25 і 14,99 т/га. Найнижчі показники були у тест-гібридів лінії КЦ28-1 у 2010 р., тимчасом як у 2011 р. рівень їх врожайності був значно вищим – відповідно 10,02 і 15,04 т/га.

Високими потенційними можливостями щодо формування врожайності відзначалися такі тестери, як КЦ101-1 х КЦ11 та МС73 х Р346su<sub>1</sub>, що сприяло забезпеченню високих показників врожайності і у тест-гібридів – 10,95 і 15,28 та 10,73 і 14,71 т/га качанів відповідно по роках досліджень. За рівнем середньої врожайності близькими до них у 2010 р. були тесткриси гібрида УП184 х КЦ25-1. Проте в 2011 р. врожайність була значно нижчою порівняно з тесткрисами перших двох тестерів. Низький потенціал врожайності відмічено у тесткрисів з участю гібрида Р346su<sub>1</sub> х КЦ502-1 – 9,19 і 12,91 т/га качанів відповідно за роками.

Висока мінливість рівня врожайності качанів виявлена у тесткрисів лінії МС266 і КЦ28-1 – V = 29,3 і 29,1 та 32,3 і 38,6% відповідно в посушливих і оптимальних умовах вирощування. Відносно нижча варіабельність врожайності відмічена у тест-гібридів лінії РКЛ522 – V = 24,5 і 28,3%. Порівняно низька мінливість ознаки, що оцінювалася, була у гібридів, отриманих з участю тестерів Р346su<sub>1</sub> х КЦ502-1 – V = 20,3 і 22,1% та УП184 х КЦ25-1 – V = 22,6 і 25,2%. Середні та високі показники мінливості характерні аналізаторам широкої генетичної основи: КЦ101-1 х КЦ11 – V = 27,5 і 28,1% та МС73 х Р346su<sub>1</sub> – V = 24,4 і 35,5%. Вищі диверсифікаційні пороги мінливості в 2011 р. були, як правило, пов'язані з високою продуктивністю окремих гібридів та більшою кількістю високогетерозисних генотипів.

### **1. Мінливість врожайності гібридів цукрової кукурудзи залежно від типу тестера та умов вирощування**

Тестер	Врожайність качанів, т/га							
	2010 р.				2011 р.			
	мін	мак	середнє	V, %	мін	мак	середнє	V, %
<b>Прості гібриди</b>								
МС266	8,57	13,04	10,33	29,3	12,96	20,65	15,38	32,3
КЦ28-1	8,15	12,37	10,02	29,1	12,11	21,20	15,04	38,6
РКЛ522	8,43	11,92	10,25	24,5	11,81	17,71	14,98	28,3
Середнє	-	-	10,20	-	-	-	15,13	-
HP <sub>0,05</sub>	-	-	0,26	-	-	-	0,35	-
<b>Трилінійні гібриди</b>								
УП184 х КЦ25-1	9,34	12,90	10,71	22,6	11,07	15,88	13,67	25,2
КЦ101-1 х КЦ11	8,91	13,33	10,95	28,1	11,40	16,91	15,28	27,5
МС73 х Р346su <sub>1</sub>	9,01	12,77	10,73	24,4	11,73	19,58	16,71	35,5
Р346 su <sub>1</sub> х КЦ502-1	8,02	10,99	9,19	22,1	11,47	15,32	12,21	20,3

Середнє	-	-	10,40	-	-	-	14,14	-
HP <sub>0,05</sub>	-	-	0,21	-	-	-	0,27	-

За врожайністю качанів технічної стиглості проведено оцінку генетичної цінності материнських і батьківських компонентів в матрицях простих та трилінійних схрещувань (табл. 2).

Високою генетичною цінністю відзначаються тестери – материнські лінії MC266 і PKL522. Ефекти загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) лінії MC266 характеризувались максимальними позитивними значеннями як 2010 р., так і 2011 р. Лінія PKL522 вирізнялась значним підвищенням ефектів ЗКЗ в сприятливих умовах та достовірно перевищувала середні показники в посушливих. Варіанси специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) даних ліній в 2011 р. різко збільшувались порівняно з 2010 р., що засвідчує наявність специфічних комбінацій, здатних позитивно реагувати на поліпшення умов життєзабезпечення за рахунок підвищення рівня врожайності. Низькою генетичною цінністю в ці роки відзначалась лінія КЦ28-1, ефекти ЗКЗ якої мали негативні значення.

За оцінками комбінаційної здатності виділялись тестери – прості гібриди КЦ101-1 х КЦ11 та MC73 х P346su<sub>1</sub>, ефекти ЗКЗ яких відзначались високими позитивними значеннями. Більш високі оцінки ефектів ЗКЗ першого тестера в умовах 2010 р. свідчать про підвищення врожайності тест-гібридів в посушливих умовах. Згідно з оцінкою варіанс СКЗ тест-кроси даного тестера відзначались підвищеною стабільністю формування врожайності. Другий тестер з високими ефектами ЗКЗ протягом років досліджень характеризувався високою мінливістю варіанс СКЗ, що вказує на низьку стійкість його тест-кросів до дестабілізуючих факторів умов вирощування.

Зміною знаків ефектів ЗКЗ в роки випробування відзначався тестер УП184 х КЦ25-1, високі позитивні значення якого в 2010 р. змінювались на низькі в 2011 р., що засвідчує здатність тест-гібридів з його участю протистояти несприятливим умовам вирощування. Суттєвий недолік у них – відсутність можливості підвищення рівня врожайності при поліпшенні факторів життєзабезпечення, проте цей тестер може слугувати донором стійкості до посухи у специфічних гібридних комбінаціях.

Низька генетична цінність материнської форми простого гібрида P346su<sub>1</sub> х КЦ502-1, тест-кроси якого формували невисоку врожайність, унеможлиблює його використання в програмах селекції цукрової кукурудзи на підвищення врожайності.

2. Ефекти ЗКЗ (gi) і варіанси СКЗ ( $\delta^2si$ ) батьківських компонентів схрещування за врожайністю качанів

Материнські форми	2010 р.		2011 р.		Батьківські форми	Матриця простих гібридів				Матриця трилінійних гібридів			
	gi	$\delta^2si$	gi	$\delta^2si$		2010 р.		2011 р.		2010 р.		2011 р.	
						gi	$\delta^2si$	gi	$\delta^2si$	gi	$\delta^2si$	gi	$\delta^2si$
					КЦ26-7	1,15	1,96	0,72	1,89	0,71	0,64	0,52	0,67
					КЦ34-2	1,45	1,11	2,04	2,37	1,07	0,87	2,16	1,20
МС266	0,13	0,45	0,33	1,79	КЦ35-2	-0,23	0,17	0,30	0,57	0,55	0,43	0,16	0,34
КЦ28-1	-0,18	0,34	-0,55	1,43	КЦ36-1	-0,84	1,34	-1,48	0,33	-0,90	0,31	-0,80	0,67
РКЛ522	0,05	0,50	0,22	1,68	КЦ37-1	-0,32	0,40	-0,16	0,87	-0,39	0,21	-0,71	0,41
<b>Середнє</b>	-	0,43	-	1,63	КЦ38-2	-0,22	0,06	0,75	1,21	-1,09	0,50	-1,10	0,36
НІР <sub>0,05</sub>	0,04	-	0,11	-	КЦ41-1	-1,35	0,05	-2,63	0,15	0,32	0,45	-0,70	0,23
УП184 x КЦ25-1	0,32	0,45	-0,17	0,34	КЦ42-2	0,73	0,62	2,34	3,86	0,79	1,05	0,98	1,46
КЦ101-1 x КЦ11	0,56	0,51	0,29	0,76	КЦ202-1	-0,51	0,96	0,75	0,85	-0,43	0,10	0,23	0,38
МС73 x Р346su1	0,33	0,55	0,83	1,14	КЦ204-1	-0,17	0,09	0,29	0,80	-0,74	0,48	-0,96	0,35
Р346su1 x КЦ502-1	-1,21	0,50	-0,95	0,31	КЦ501-1	0,49	0,71	1,42	2,30	1,23	0,93	1,47	1,70
<b>Середнє</b>	-	0,50	-	0,64	КЦ701-1	-0,31	0,18	-1,83	0,10	-0,45	0,07	-1,69	0,39
НІР <sub>0,05</sub>	0,03	-	0,05	-	А209	0,18	0,09	0,59	3,19	-0,68	0,46	0,44	0,58
					<b>Середнє</b>	-	0,59	-	1,42	-	0,50	-	0,67
					НІР <sub>0,05</sub>	0,10	-	0,28	-	0,07	-	0,09	-

Порівняльний аналіз оцінок генетичної цінності батьківських компонентів схрещування матриць простих і трилінійних гібридів засвідчив адекватність параметрів комбінаційної здатності ліній КЦ26-7, КЦ34-2, КЦ42-3 і КЦ501-1 за врожайністю качанів. Дані лінії в обох типах схрещування забезпечили високі значення ефектів ЗКЗ і варіанс СКЗ. Вони є донорами адитивних і домінантних ефектів, які з високою експресивністю контролюють прояв позитивного гетерозису та зумовлюють їх максимальний прояв в гібридних нащадках незалежно від генотипу тестера.

Лінія А209 відзначається високою комбінаційною здатністю при схрещуванні з тесте-рами вузької генетичної основи в обидва роки досліджень, а в 2011 р. і в трилінійних комбінаціях. У решти ліній в 2010 р. значення оцінок ефектів ЗКЗ і варіанс СКЗ були низькими. Ефекти ЗКЗ і варіанси СКЗ ліній КЦ35-2 і КЦ38-2 змінювались в напрямку від низьких значень до високих у комбінаціях простих гібридів, у трилінійних – коливались в межах від високих до середніх і низьких. Низька генетична цінність ліній КЦ41-1 і КЦ202-1 зумовлювала формування низькогетерозисних простих гібридів, в той же час залежно від умов зволоження вони здатні формувати як низько-, так і високогетерозисні трилінійні комбінації. Одержані дані вказують на підвищення генотип-середовищної залежності оцінок комбінаційної здатності ліній при використанні тестерів складного родоводу.

За лімітованих умов вологозабезпечення зони північного Степу важливого значення набувають лінії з високою стійкістю до стресових абіотичних факторів. Серед даної вибірки лінія КЦ26-7, генетична цінність якої в посушливих умовах підвищувалась незалежно від типу тестера, найбільш придатна для створення посухостійких гібридів. Лінії КЦ34-2, КЦ42-3 і КЦ501-1 слід використовувати в програмах селекції гібридів цукрової кукурудзи для зони достатнього природного зволоження та зрошуваних умов. Лінії КЦ5-2 і КЦ41-1 з високим проявом ефектів ЗКЗ та середніми значеннями варіанс СК, при використанні їх як батьківських компонентів трилінійних гібридів, можуть слугувати джерелами та донорами високої посухостійкості при синтезі трилінійних високогетерозисних комбінацій.

Ідентифіковано лінії з низькою комбінаційною здатністю – КЦ36-1, КЦ37-1, КЦ204-1 КЦ701-1, оцінки ефектів ЗКЗ яких були негативними, а варіанси СКЗ нижчими за середні значення. Використання цих ліній в схрещуваннях з тестерами різного генотипового середовища призводило до формування гібридів з низьким гетерозисом, що вказує на недоцільність їх подальшого практичного використання.

Як свідчать наведені дані, рівень врожайності створених гібридів цукрової кукурудзи визначався генетичною системою і залежав від геномів материнських і батьківських компонентів схрещування. Одержання гібридів  $F_1$  з високим потенціалом врожайності можливе лише за умови поєднання в одному генотипі батьківських форм з високою комбінаційною здатністю. В той же час генетична система формування врожайності у гібридів часто блокується під дією стресів. Тому одним з головних завдань селекції є значне підвищення адаптивного потенціалу в створених гібридів.

Аналіз параметрів адаптивної здатності експериментальних гібридів дає можливість виділити 10 кращих гібридних комбінацій. Вони за врожайністю качанів технічної стиглості на 0,17–2,20 т/га перевищували рівень врожайності гібрида-стандарту Конкурент (табл. 3). Виділені гібриди характеризувались середньою та високою загальною адаптивною здатністю. За параметрами специфічної адаптивної здатності і екологічної стабільності (Sgi) комбінації з участю гетерогенного тестера КЦ101-1 x КЦ11 та інбредних ліній КЦ34-2, КЦ42-3 і КЦ501-1 віднесено до гомеостатичних генотипів. Коефіцієнти регресії, які є мірою взаємодії генотип-середовищної залежності, у них були на рівні 0,25–0,66. Про високу селекційну цінність гібридів свідчать показники врожайності – 9,57–11,15 т/га. Для цих гібридів характерний підвищений потенціал врожайності та стабільність її реалізації.

Висока варіабельність врожайності (варіанси САЗ = 9,97–15,58 т/га) і максимальна нестабільність ( $S_{gi} = 20,21–23,82$  т/га) у комбінацій МС266 х КЦ34-2, МС266 х КЦ43-2 і (МС73 х Р346su<sub>1</sub>) х КЦ42-3 зумовлені широкою нормою їх реакції на умови природного зволоження. Дані гібриди з коефіцієнтом регресії понад 1,10 адекватно реагували на поліпшення умов життєзабезпечення; належать вони до інтенсивного типу і здатні формувати високу врожайність лише за сприятливих умов вирощування та знижувати її при погіршенні останніх, мають низьку селекційну цінність – СЦГ = 6,30–8,15 т/га.

### 3. Параметри адаптивної здатності та екологічної стабільності гібридів цукрової кукурудзи за врожайністю качанів (2010–2011 рр.)

Гібрид	Врожайність, т/га	Ефекти ЗАЗ	Варіанси САЗ	bi	Sgi	СЦГ
МС266 х КЦ26-7	15,00	0,53	7,64	0,75	19,50	9,48
(МС73 х Р346su <sub>1</sub> ) х КЦ26-7	13,99	0,47	7,41	0,74	18,44	8,57
МС266 х КЦ34-2	14,99	0,47	13,05	1,10	20,21	7,72
(УП184 х КЦ25-2) х КЦ34-2	13,73	0,73	9,24	0,98	17,14	7,64
(КЦ101-1 х КЦ11) х КЦ34-2	14,41	0,64	5,91	0,66	16,87	9,57
МС266 х КЦ42-3	15,75	0,98	15,58	1,17	23,82	6,30
РКЛ522 х КЦ42-3	13,72	0,74	10,14	0,86	17,21	7,37
(КЦ101-1 х КЦ11) х КЦ42-3	14,09	0,57	4,00	0,54	14,20	10,10
(МС73 х Р346su <sub>1</sub> ) х КЦ42-3	14,99	0,44	9,97	1,46	22,32	8,15
(КЦ101-1 х КЦ11) х КЦ501-1	13,98	0,47	4,85	0,25	14,58	11,15
Конкурент	13,55	0,60	14,29	1,27	15,28	9,73
База для порівняння	-	0,51	8,00	1,00	18,23	8,80
НР <sub>0,05</sub>	0,09	-	-	-	-	-

Низька селекційна цінність (СЦГ = 7,37 і 7,64 т/га качанів) характерна для пластичних гібридів – РКЛ522 КЦ42-3 і (УП184 х КЦ25-1) х КЦ34-2 – з найнижчою серед вказаних зразків врожайністю та підвищеною відносною нестабільністю. Пластичні гібриди – МС266 х КЦ26-7 і (МС73 х Р346su<sub>1</sub>) х КЦ26-7 – з дещо нижчими значеннями коефіцієнтів регресії формували високу та середню врожайність. Варіанси САЗ і показники екологічної стабільності відображають середній ступінь їх адаптації щодо формування врожайності при зміні факторів гідротермічного забезпечення. Селекційна цінність цих гібридів (СЦГ = 9,48 і 8,57 т/га) визначає середній рівень конкурентоспроможності цих зразків.

Наведені дані свідчать, що в детермінації адаптивності гібридів визначальну роль відіграють материнські компоненти схрещування. До родоводу кращих за врожайністю гібридів увійшли батьківські форми з високою генетичною цінністю. Але рівень адаптації гібридів був неоднозначним. Висока нестабільність оцінок комбінаційної здатності материнських форм: МС266 і РКЛ522 та УП184 х КЦ25-1 і МС73 х Р346su<sub>1</sub> і ліній: КЦ26-7, КЦ34-2, КЦ42-3 і КЦ501-1 свідчить про синтез інтенсивних та пластичних гібридів. В той же час залучення в схрещування з цими ж лініями гібрида КЦ101-1 х КЦ11 з підвищеною стабільністю параметрів комбінаційної здатності призводило до утворення гомеостатичних гібридів. Виходячи з цього, при селекції сучасних гібридів цукрової кукурудзи потрібно добирати компоненти схрещування з високою комбінаційною здатністю та стійкістю, що забезпечить саморегуляцію та збереження оптимальних процесів метаболізму запасних поживних речовин і спрямування останніх на формування максимального рівня товарної продукції при зміні умов навколишнього середовища. Поєднання в одному генотипі таких компонентів забезпечуватиме високу буферність системи організації продукційного процесу створених гібридів та підвищуватиме результативність селекції.

### Бібліографічний список

1. Сотченко В. С. Оценка комбинационной способности исходных форм сахарной

- кукурузы при межсортовых скрещиваниях / *В. С. Сотченко, С. В. Новоселов* // Кукуруза и сорго. – 1995. – № 3. – С. 2–5.
2. *Климова О. Е.* Генетическая ценность самоопылённых линий сахарной кукурузы по продуктивности и её элементам / *О. Е. Климова* // Кукуруза и сорго. – 2006. – № 4. – С. 20–24.
  3. *Чучмий И. П.* Оценка гибридов сахарной кукурузы от различных типов скрещивания / *И. П. Чучмий, А. А. Безносенко* // Кукуруза. – 1975. – № 5. – С. 30–31.
  4. *Ткаченко Н. Н.* Селекция сахарной кукурузы на Крымской опытной станции ВИР / *Н. Н. Ткаченко* // Пищевая кукуруза. – М.: Колос, 1966. – С.73–79.
  5. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою: [метод. рекомендації] / підгот. *Є. М. Лебідь, В. С. Циков* [та ін.]. – Дніпропетровськ, 2008. – 27 с.
  6. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта / *Б. А. Доспехов.* – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
  7. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности / *В. Г. Вольф, П. П. Литун* [и др.] – Х., 1980. – 76 с.
  8. *Кильчевский А. В.* Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды / *А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылёва* // Генетика. – 1985. – № 9, Т. XXX. – С. 1481–1490.