

РЕЗУЛЬТАТИ ДРУГОГО ЦИКЛУ РЕКУРЕНТНОГО ДОБОРУ В ПОПУЛЯЦІЇ КУКУРУДЗИ (*ZEА MAIZE L.*) СПОРІДНЕНОЇ З ГЕНОПЛАЗМОЮ LANCASTER OH43

М. М. Федько, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут сільського господарства степової зони НААН України

*В результаті проведення другого циклу рекурентного добору в популяції кукурудзи (*Zea mays L.*) DK416 спорідненої з генотипом Lancaster Oh43 були отримані лінії, які значно переважають вихідні компоненти за комбінаційною здатністю, ознаками «урожайність зерна» і «вологість зерна при збиранні», стійкістю до вилягання, відсутністю протерандрії і є більш скоростиглими.*

Виділені лінії: DK416 3232 212113, DK416 3232 21222, DK416 3232 42242, DK416 3232 – 212121 та інші включені до подальшої селекційної роботи для закладання нового циклу рекурентного добору і створення нових конкурентоспроможних гібридів.

Ключові слова: кукурудза, інбредна лінія, генетична плазма, рекурентний добір, загальна комбінаційна здатність.

Ефективне ведення селекції гібридної кукурудзи в сучасних умовах не можливе без глибокого знання, розуміння та осмислення процесів становлення генотипу вихідного матеріалу, визначення основних джерел зародкової плазми, з'ясування сучасних тенденцій використання та синтезу нових рекомбінацій гетерозисних груп. Селекціонери здебільшого класифікують інбредні лінії кукурудзи за гетерозисними групами, спираючись на інформацію про їх педігрі або комбінаційну здатність. Сучасна селекція кукурудзи базується на використанні декількох основних генетичних плазм: Reid, Lancaster, Iodent, Лакауне та ін., які добре комбінують при схрещуваннях.

Зародкова плазма Lancaster походить від вільно запиленого сорту Lancaster Surecrop, який створила сім'я Hershey з округу Ланкастер, штат Пенсільванія (США) близько 1860 р. [1]. Вони отримали ранній напівкременистий сорт, для підтримання якого протягом 50 років змішували незначну кількість насіння відібраного з найкращих качанів пізнього терміну дозрівання [2]. Члени цієї родини уникали добору поліпшеного типу рослин, а відбирали лише добре озернені качани, що в кінцевому результаті призвело до отримання поганого стебла та слабкої кореневої системи у рослин сорту Lancaster Surecrop [3]. Щоб позбавитись цих недоліків, в перші селекційні програми з удосконалення Lancaster Surecrop були залучені джерела стійкості за наведеними ознаками з подальшим веденням селекції на поліпшення агрономічних характеристик і одночасним контролем за потенціалом урожайності. Проте остаточно усунути ці проблеми не вдалося, тому багато сучасних інбредних ліній плазми Lancaster також мають подібні дефекти.

Всі сучасні самозапилені лінії генетичної плазми Lancaster походять від двох ліній першого циклу самозапилення сорту Lancaster Surecrop – Oh40B і C103, проте найбільш успішними були лінії другого циклу: Oh43 та Mol7, які й набули широкого поширення та фактично стали основою генетичної плазми Lancaster [4].

А. Ф. Тройер вказує, що гетерозисна група Lancaster Oh43 походить від вільнозапиленого сорту Richey Lancaster [3]. У перших циклах добору було отримано ряд ліній (C1.4-8, LDG, L289, L317, L304A і Oh40B), які були батьківськими формами перших популярних подвійних гібридів [5]. Найбільш помітний слід в селекції залишила лінія Oh40B, вона була отримана з восьмилінійної популяції Lancaster Surecrop у 1943 р. До речі, лінія Oh40B не використовувалась у гібридному виробництві, але з її участю отримані такі відомі лінії, як Oh45 та Oh43 [2].

Інбредна лінія Oh43 була отримана з комбінації Oh40B×W8 (½ Funk Yellow Dent та ½ Minnesota 13) у 1949 р. Саме вона є засновником генетичної плазми і їй належить важлива роль при отриманні відомих ліній: PH041, PHG47, PHK76, H99, LH38, LH123Ht, LH59, LH168, DK78371A, A619 та ін. [6, 7]. У нашій країні селекційна робота з лініями спорід-

ними з Lancaster Oh43 є досить успішною [8–12].

В Інституті сільського господарства степової зони селекційна робота з лініями плазми Lancaster Oh43 проводиться понад 40 років, а кількість гібридів $\Phi AO > 350$, створених з їх участю у контрольному розсаднику випробування гібридів кукурудзи в різні роки досягає 15–17 %.

Метою нашої роботи було створення інбредних ліній кукурудзи (*Zea mays* L.) споріднених з плазмою Lancaster Oh43, які б відзначалися кращою комбінаційною здатністю, підвищеною стійкістю до вилягання, більш інтенсивною втратою вологи зерном при дозріванні, оптимальною дихогамією суцвіть, тобто синтезом генотипів, адаптованих до сучасних вимог виробництва кукурудзи.

Дослідження проводили у дослідному господарстві „Дніпро” Інституту сільського господарства степової зони у 2008–2011 рр. Вихідним матеріалом були самозапилені лінії кукурудзи (*Zea mays* L.) покоління S_3 – S_5 , відібрані з популяції ДК416 генетичної плазми Lancaster Oh43. Інбредні лінії та їхні тесткриси, вирощені у селекційному і контрольному розсадниках. Розмір ділянок становив $4,9 \text{ м}^2$, повторність – триразова з рендомізацією за повтореннями. Формування густоти стояння проводили у фазі 4–5 листків у кукурудзи (50 тис. рослин/га).

Досліди виконувались згідно з “Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур” (2001) та “Методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой” (1980). Визначали статистичну достовірність експериментальних даних (за допомогою дисперсійного аналізу по методиці Б. А. Доспехова, 1985), параметри варіювання (згідно з методикою Г. Ф. Лакина, 1990) та здійснювали оцінку параметрів комбінаційної здатності в системі неповних тесткросних схрещувань (за методикою Г. К. Дрем-люк, В. Ф. Герасименко, 1991).

Гідротермічні умови 2008 р. у зоні проведення дослідів характеризуються як складні з нерівномірним розподілом елементів погоди в часі. Весна була ранньою, теплою та вологою. Температурний режим літніх місяців був близьким до норми. Відмічався недобір опадів, однак за достатньої кількості ґрунтової вологи це не викликало пригнічення ростових процесів у рослин кукурудзи. Загалом 2009 р. характеризувався як посушливий, середня кількість опадів з квітня по вересень становила 76,8 % від норми за цей період. Температурний режим значно коливався – від холодного навесні до екстремально жаркого в липні – серпні. Тому 2009 р. для кукурудзи був несприятливий через високі температури повітря та недостатню кількість опадів, що негативно позначилося на врожайності як рядових, так і насінницьких посівів та якості зерна.

Погодні умови 2010 р. були стресовими для рослин кукурудзи – з підвищеною температурою повітря та нерівномірним розподілом опадів протягом вегетації. В період інтенсивного водоспоживання була достатня кількість опадів, однак при наливанні та дозріванні зерна встановився екстремальний температурний режим з відсутністю опадів понад 40 днів, що негативно позначилося на врожайності кукурудзи. Більш сприятливим був 2011 р., але з посушливими умовами в період сходів та впродовж першої половини вегетації; на початку липня мали місце періодичні опади на фоні помірної температури, що й дало можливість кукурудзі сформувати високий урожай.

Другий цикл рекурентного добору з популяції ДК416 був започаткований в 2003 р. з залученням простих сестринських гібридів, отриманих з участю кращих ліній першого циклу, які мали високу комбінаційну здатність, бажані морфобіологічні та господарсько-цінні ознаки. Дослідження були проведені за схемою раннього тестування. За 2004–2007 рр. отримано і оцінено близько 120 рекомбінантів покоління S_1 та S_2 , але для подальшого добору були використані лише дві групи ліній умовно названих ДК416 2121 та ДК416 3232. Для контролю було використано лінію першого циклу рекурентного добору ДК 416.

Найкращі умови для росту та розвитку рослин кукурудзи за останні 4 роки досліджень були в 2011 р., коли середня врожайність тесткросів групи інбредних сімей ДК416 3232 становила $10,71 \text{ т/га}$ при середній вологості зерна 16,5 % (табл. 1).

1. Середній рівень врожайності та вологості зерна тесткросів

Назва	Показник	2008 р.		2009 р.		2010 р.		2011 р.	
		урожайність, т/га	вологість, %	урожайність, т/га	вологість, %	урожайність, т/га	вологість, %	урожайність, т/га	вологість, %
DK416 2121	N	42		45		9		25	
	$\bar{x} \pm s_{(\bar{x})}$	8,40±0,09	18,0±0,2	7,12±0,11	20,9±0,2	8,51±0,32	28,9±0,8	10,47±0,14	17,0±0,1
	V, %	7,0	6,6	11,0	7,9	11,0	8,2	6,7	2,2
	Lim (min-max)	7,19–9,47	13,3–19,3	5,18–9,22	18,2–24,3	6,68–9,48	25,6–31,8	9,15–11,85	16,5–17,6
	Врожай/вологість	4,71		3,42		2,98		6,17	
DK416 3232	N	34		30		51		43	
	$\bar{x} \pm s_{(\bar{x})}$	8,63±0,11	17,4±0,2	7,13±0,11	19,6±0,2	7,28±0,11	18,9±0,6	10,71±0,12	16,5±0,1
	V, %	7,2	8,3	8,0	4,7	11,0	22,5	7,4	3,4
	Lim (min-max)	7,17–10,37	14,0–20,4	5,97–8,16	17,9–21,8	5,54–9,06	14,0–28,4	9,04–12,60	15,0–17,9
	Врожай/вологість	5,03		3,65		4,01		6,51	
Стандарт DK416	\bar{x}	8,95	18,7	6,64	23,6	7,13	20,3	10,05	16,9
	Врожай/вологість	4,80		4,04		3,73		5,95	

2. Ефекти загальної комбінаційної здатності $g(i)$ за врожайністю та вологістю зерна у кращих сімей

№ п/п	2009 р.				2010 р.				2011 р.			
	назва		врожайність, т/га	вологість, %	назва		врожайність, т/га	вологість, %	назва		врожайність, т/га	вологість, %
1	DK416 ₂₁₂₁	4121	1,22*	-0,15	DK416 ₃₂₃₂	21211	0,79	-0,96	DK416 ₃₂₃₂	212113	0,63	-0,57
2	DK416 ₂₁₂₁	3331	0,68	0,10	DK416 ₃₂₃₂	21212	0,59	-0,09	DK416 ₃₂₃₂	212121	0,60	-0,50
3	DK416 ₃₂₃₂	2121	0,61	-1,46	DK416 ₂₁₂₁	3331	0,55	1,23	DK416 ₂₁₂₁	13121	0,50	-0,15
4	DK416 ₂₁₂₁	1312	0,49	1,49	DK416 ₃₂₃₂	2122	0,35	1,72	DK416 ₃₂₃₂	21222	0,29	-0,53
5	DK416 ₃₂₃₂	4211	0,47	-0,66	DK416 ₃₂₃₂	23112	0,16	-0,70	DK416 ₃₂₃₂	42242	0,22	0,28
6	DK416 ₃₂₃₂	2122	0,37	-1,60	DK416 ₃₂₃₂	2322	0,13	0,01	DK416 ₃₂₃₂	212111	0,08	-0,59
7	DK416 ₂₁₂₁	2211	0,34	0,90	DK416 ₃₂₃₂	2331	0,12	-0,59	DK416 ₃₂₃₂	232111	0,07	0,53
8	DK416 ₂₁₂₁	2413	0,28	1,45	DK416 ₂₁₂₁	2211	0,12	-2,08	DK416 ₃₂₃₂	421221	-0,01	-0,13
9	DK416 ₃₂₃₂	2321	0,26	-0,28	DK416 ₃₂₃₂	2111	-0,11	-1,03	DK416 ₃₂₃₂	421111	-0,07	0,17
10	DK416 ₂₁₂₁	3111	0,25	0,70	DK416 ₃₂₃₂	23211	-0,14	0,01	DK416 ₃₂₃₂	42211	-0,08	0,10
DK416 стандарт			-0,46	3,10	–		0,07	2,61	–		-0,54	0,26
HIP ₀₅ g(i)			0,57	1,1	–		0,49	1,3	–		0,60	0,44
HIP ₀₅ g(i)-g(j)			0,82	1,5	–		0,72	1,9	–		0,88	0,64

* Схема вивчення представлена частково, тому сума ефектів ЗКЗ не дорівнює 0.

Особливу увагу в ході дослідів ми приділяли добору ліній з інтенсивною втратою вологи зерном при дозріванні. В процесі добору за цим показником були виділені самозапилені сім'ї групи DK416 3232 впродовж всіх років вивчення. Так, різниця в середньопопуляційній вологості зерна тесткросів ліній групи DK416 3232 та DK416 2121 коливалася від 0,5 % в 2011 р. до 10 % в 2010 р. В подальшому нами був проведений добір щодо інтенсивності втрати вологи зерном при дозріванні в комплексі з оцінками за іншими ознаками, що призвело до поступового зростання числа кращих рекомбінантів групи ліній DK416 3232 з 44,7 % (34 сім'ї) у 2008 р. до 85 % (51 сім'я) у 2010 р. від загальної кількості вивчених. Ефективність такого підходу можна також простежити за варіюванням показників вологості зерна у тесткросів в стресовому 2010 р., коли ліміти значень у групі DK416 3232 коливались від 14,0 до 28,4 %. Також позитивні результати добору можна виявити при аналізі середніх показників тесткросів у різні роки порівняно з лінією-стандартом DK416, отриманою після першого циклу добору. Так, у 2008 р. середня врожайність тесткросів лінії-стандарту перевищувала середні значення тесткросів виділених груп більш ніж на 0,30 т/га, але з кожним роком ситуація змінювалась, і в 2011 р. середня продуктивність тесткросів нових ліній була вищою, ніж урожайність тесткросів лінії стандарту – на 0,42 т/га.

Для закладання нового циклу рекурентного добору найбільшу цінність мають лінії з високою загальною комбінаційною здатністю (ЗКЗ). Наявність лише високої специфічної комбінаційної здатності до певних груп тестерів знижує ефективність добору і селекційної програми в цілому, оскільки вона спрямована в кінцевому результаті лише на дуже обмежену кількість потенційно вдалих комбінацій. За результатами вивчення ЗКЗ в наших дослідях найкращими за показником «врожайність зерна» виявилися такі сім'ї: DK416 3232 – 212113, DK 416 3232 – 212121 та DK416 2121 – 13121, в 2011 р. їх константи ефектів ЗКЗ були на рівні 0,63; 0,60 та 0,50 т/га відповідно (див. табл. 2).

Слід зауважити, що виділені в 2011 р. найкращі самозапилені сім'ї за комбінаційною здатністю відносно ознаки «врожайність зерна» були також найкращими як у стресовому 2010 р., так і у більш сприятливому 2009 р. При доборі за фенотипом та оцінками ЗКЗ за урожайністю зерна і збиральною вологістю нами були відібрані інбредні лінії, які здебільшого належать до групи DK416 3232 та відзначаються високою стійкістю до вилягання, відсутністю протерандрії, ранньостиглістю, високою комбінаційною здатністю за врожайністю зерна та інтенсивною втратою вологи при дозріванні порівняно з лінією стандартом DK416.

Кінцевим результатом будь-якого селекційного добору є виділення гібридних комбінацій, які на час створення ліній є кращими за комплексом ознак та переважають стандарти за продуктивністю, збиральною вологістю і екологічною стабільністю. Найбільш вдалими гібридами можна вважати тесткроси (DK744M× DK301)×DK416 3232 42242 та DK257M× MC361)×DK416 3232 212121 з урожайністю 12,6 і 11,89 т/га відповідно в 2011 р. (табл. 3).

3. Найкращі гібриди створені з участю ліній, отриманих з популяцій споріднених з DK416 (2011 р.)

№ діл	Гібрид			Врожайність зерна, т/га	Вологість зерна, %	Відношення врожай/волога
	♀	♂				
1	DK744M*DK301	DK416 3232	42242	12,60	17,3	0,73
2	DK257M*MC361	DK416 3232	212121	11,89	16,2	0,73
3	DK411M*DK360	DK416 3232	421221	11,86	16,4	0,72
4	DK257M*MC361	DK416 3232	232111	11,86	17,1	0,69
5	DK744M*DK301	DK416 2121	13122	11,85	16,5	0,72
6	DK411M*DK360	DK416 3232	42211	11,76	16,4	0,72
7	DK744M*DK301	DK416 3232	212113	11,67	15,0	0,78
8	DK257M*MC361	DK416 3232	21222	11,64	15,9	0,73
9	DK411M*DK360	DK416 3232	21222	11,57	15,7	0,74
10	DK411M*DK360	DK416 2121	13121	11,56	16,5	0,70
Солонянський 298CB			стандарт	10,21	17,2	0,59
Моніка 350MB			стандарт	10,47	17,5	0,60
Бистриця 400MB			стандарт	10,87	17,1	0,64

За відношенням урожайності до вологості зерна можна зробити найбільш раціональний вибір гібрида, що відповідає вимогам виробництва, оскільки в ньому висока продуктивність поєднується з найменшими затратами на досушування врожаю. Найбільш цінними за цим критерієм є комбінації (DK744M×DK301)×DK416³²³² 212113 і (DK257M×MC361)×DK416³²³² 21222, які мають значення 0,78 та 0,74 відповідно та поєднують урожайність зерна 11,67 та 11,57 т/га і збиральну вологість зерна 15,0 і 15,7 % відповідно, що на 1,4 % менше, ніж у кращого гібрида-стандарту за цим показником.

Більш наглядно ситуацію можна проаналізувати за допомогою графіка відношення урожайності до вологості зерна (рис.). Найкращими гібридами можна вважати (DK744M×DK301)×DK416³²³² 212113 і (DK257M×MC361)×DK416³²³² 21222, за дослідженими ознаками вони значно переважають гібриди-стандарти: Бистриця 400МВ та Моніка 350МВ.

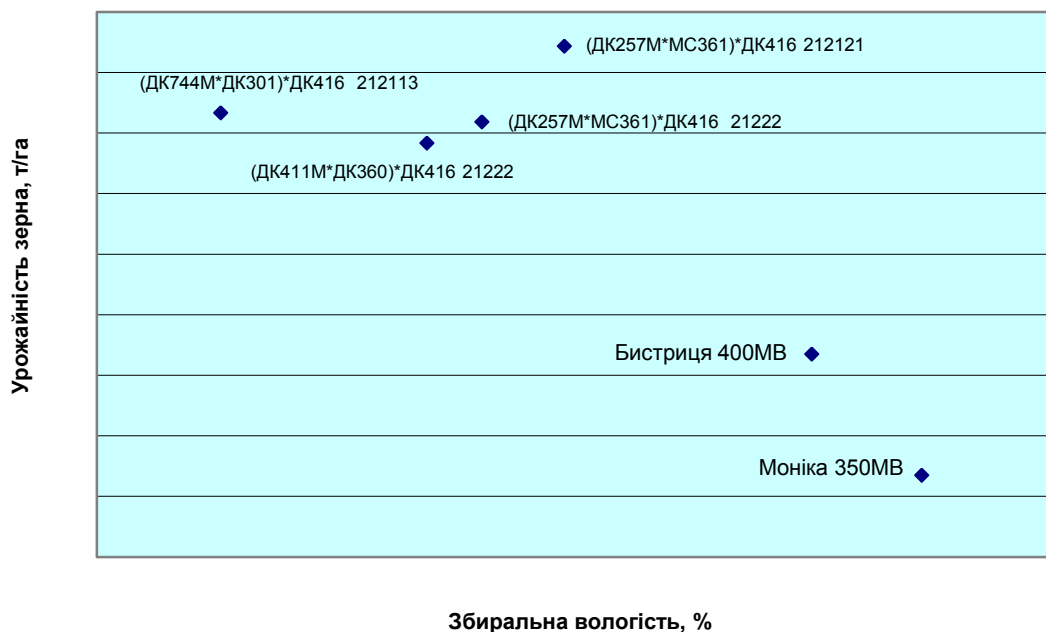


Рис. Порівняння урожайності і збиральної вологості зерна у кращих рекомбінантів групи DK416 (2011 р.).

Висновки. В результаті проведення другого циклу рекурентного добору в популяції DK416 нами були отримані лінії, які значно переважають вихідні компоненти за комбінаційною здатністю, показниками «урожайність зерна», «збиральна вологість зерна», стійкістю до вилягання, відсутністю протерандрії і є більш скоростиглими.

Виділені лінії: DK416³²³² 212113, DK416³²³² 21222, DK416³²³² 42242, DK416³²³² – 212121 та інші будуть залучені до подальшої селекційної роботи та створення нових конкурентоспроможних гібридів.

Бібліографічний список

1. Troyer A. F. Temperate corn – Background, behavior, and breeding / A. F. Troyer // In A.R. Hallauer (ed.) Specialty corns. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL. – 2000. – P. 393–466.
2. Gerdes J. T. Pedigree diversity within the Lancaster Surecrop heterotic group of maize / J. T. Gerdes, W.F. Trasy // Crop Sci., – 1993. – V. 33. – P. 334–337.
3. Troyer A. F. Background of U.S. hybrid corn / A. F. Troyer // Crop Sci. – 1999. – V. 39. – P. 601–626.
4. Smith J. S. C. Diversity of United States hybrid maize germplasm: Isozymic and chromatographic evidence / J.S.C. Smith // Crop Sci. – 1988. – V. 28. – P. 63–69.
5. Troyer A. F. Adaptedness and heterosis in corn and mule hybrids / A. F. Troyer // Crop Sci. – 2006. – V. 46. – P. 528–543.
6. Mikel M. A. Evolution of North American Dent Corn from Public to Proprietary Germplasm /

- M. A. Mikel, J. W. Dudley // Crop Sci. – 2006. – V. 46. – P. 1193–1205.*
7. *Troyer A. F. Background of U.S. hybrid corn: II. Breeding, climate, and food / A. F. Troyer // Crop Sci. – 2004. – V. 44. – P. 370–380.*
 8. *Кравченко В. М. Вплив рівня гетерозису сестринських схрещувань на основні господарсько-цінні ознаки модифікованих гібридів кукурудзи: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05. „Селекція рослин” / В. М. Кравченко. – Дніпропетровськ, 2007. – 155 с.*
 9. *Антонюк С. П. Селекційна оцінка самозапилених ліній кукурудзи різних генетичних плазм в умовах південно-східного Степу України / С. П. Антонюк, І. Д. Галечко, В. І. Мотренко, М. М. Федько // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва. – Дніпропетровськ, 2007. – № 30. – С.104–109.*
 10. *Соколов В. М. Селекционная оценка элитных самоопыленных линий кукурузы из основных гетерозисных групп зародышевой плазмы / В. М. Соколов, Б. Ф. Вареник, А. С. Пиллюгин [и др.] // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Майкоп: РИПО Адыгея, 1999. – С. 92–96.*
 11. *Дзюбецький Б. В. Селекція кукурудзи / Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель, С. П. Антонюк // Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть – У 4-х томах. – К: Логос, 2001. – С. 571–589. – (Т. 2).*
 12. *Дзюбецький Б. В. Селекція середньопізніх гібридів кукурудзи для зони Степу / Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель, Л. А. Ільченко [та ін.] // Зрошувальне землеробство: зб. наук. пр. – Херсон: Айлант, 2005. – Вип. 44. – С. 95–98.*