



# Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 633.15:633.52

© 2015

*Б.В. Дзюбецький,*  
академік НААН,  
доктор сільсько-  
господарських наук

*М.М. Федько,*  
*Н.А. Боденко,*  
кандидати сільсько-  
господарських наук

Державна  
установа  
Інститут сільського  
господарства  
степової зони НААН

## **ОТРИМАННЯ ТА ОЦІНКА НОВИХ ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAYS L.*), СПОРІДНЕНИХ З ГЕНОПЛАЗМОЮ LANCASTER**

**Мета.** Створення інбредних ліній кукурудзи (*Zea mays L.*) гетерозисної групи Lancaster, які б відповідали всім вимогам сучасних селекційних програм. **Методи.** Експериментальний та статистичний. **Результати.** Наведено результати досліджень за 2009, 2011 – 2013 рр. щодо отримання на базі популяції ДК296/680 інбредних ліній кукурудзи, які значно переважають вихідні компоненти за комбінаційною здатністю відносно показників «врожайність зерна» та «збиральна вологість зерна», а також характеризуються високою стійкістю до вилягання. **Висновки.** Виділено ряд гібридів, які були найкращими за комплексом ознак і перевищували чинні стандарти за врожайністю зерна, збиральною вологістю та екологічною стабільністю. Отримано лінії, які широко використовуються під час селекції гібридів ФАО 300 – 500, адаптованих для різних зон України.

**Ключові слова:** кукурудза, інбредна лінія, генетична плазма, гетерозисна група, комбінаційна здатність.

Ефективність сучасної селекції кукурудзи визначає рівень гетерозису у гібридів, який базується на прийнятій у селекційній практиці концепції гетерозисних груп [5]. У селекційній програмі ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН (ДУ ІСГСЗ НААН) однією з найважливіших гетерозисних груп є Lancaster, лінії якої входять до складу найуспішніших комерційних гібридів нашої установи: Солонянський 298СВ, Моніка 350МВ, Хмельницький, Запорізький 333МВ та ін.

Усі сучасні самозапилени лінії генетичної плазми Lancaster походять від двох ліній 1-го циклу Oh40В і С103, отриманих від самозапилення сорту Lancaster Surecrop [9]. Найуспішнішими представниками цієї гетерозисної групи були лінії 2-го циклу Oh43 та Мо17, які широко використовувались

у світових селекційних програмах. За даними J.T. Gerdes та W.F. Tracy, вже на початку 90-х років ХХ ст. у США похідні цих ліній представляли 76% генетичної плазми Lancaster Surecrop у комерційно доступних гібридах [4]. Схожі дані повідомляли й інші дослідники [3, 8]. Проте широке застосування ліній Oh43 та Мо17 призвело до значної модифікації гетерозисної групи Lancaster Surecrop. Вивчення підґри цих ліній свідчить, що вони в основному містять лише 50% генів плазми Lancaster Surecrop та 25% плазми Reid Yellow Dent. Так, більшість поширених у виробництві США самозапилених ліній, споріднених з Lancaster Surecrop, наприкінці ХХ ст. містили від 12,5 до 50% геному Lancaster Surecrop, що свідчить про їх значну віддаленість від класичної генетичної плазми Lancaster Surecrop [4].

Це пов'язано насамперед зі схильністю селекційного матеріалу плазми Lancaster до стеблового і кореневого вилягання. Щоб позбавитись цих недоліків, лінії Lancaster Surecrops схрещували з бажаними джерелами інших генетичних плазм і проводили добір на поліпшення агрономічних характеристик, що водночас підтримувало потенціал урожайності. Проте остаточно позбавитись недоліків не вдалося, і тому багато сучасних інбредних ліній плазми Lancaster також мають такі проблеми.

За повідомленнями А.Ф. Troyer, інтрогресія незначної кількості ДНК генетичної плазми Lancaster Surecrop може мати істотний вплив на агрономічну продуктивність і селекційну цінність генотипу [10]. Результати досліджень М.Т. Jenkins свідчать, що 25% ліній Oh43 та Mo17 в геномі гібрида достатньо для збільшення гетерозису на врожайність, а збільшення цієї пропорції небажане через проблеми якості стебла [6].

Слід зазначити, що використання ліній цієї групи у світових селекційних програмах останнім часом дещо зменшилося. Так, аналіз генетичної складової комерційних гібридів, поширених у США за останні 25 років, свідчить, що генетичний внесок інбредної лінії Mo17 та її похідних зменшився з 8,6 до 1,7%. Хоча генетична складова нащадків лінії Oh43 навпаки — виросла до 3,9% [7].

В Інституті селекційні роботи з лініями плазми Lancaster Oh43 та Mo17 проводяться понад 40 років, а кількість гібридів  $FAO > 300$ , створених за їх участі в контрольному розсаднику випробування гібридів кукурудзи в різні роки, сягає 67–75%. Найуспішнішою гетерозисною моделлю можна вважати  $Iodent \times Lancaster$  [1, 2], а загальною використання ліній цієї гетерозисної групи у конкурсному сорто випробуванні середньостиглих гібридів сягає 43 %.

**Мета досліджень** — створення інбредних ліній кукурудзи (*Zea mays L.*) гетерозисної групи Lancaster з високою комбінаційною здатністю та стійкістю до вилягання, інтенсивною втратою вологи зерном, які б відповідали всім вимогам сучасних селекційних програм.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили у дослідному господарстві «Дніпро» Інституту сільського господарства степової зони НААН у 2009, 2011–2013 рр. Вихідним матеріалом були самозапилені лінії кукурудзи (*Zea mays L.*) генерації  $S_4$ – $S_6$ , відібрані з популяції ДК296/680, створеної за участі ліній генетичних плазм Mo17 і Oh43. Інбредні лінії

та їх тесткроси вирощували у селекційному і контрольному розсадниках. Розмір ділянок —  $4,9 \text{ м}^2$ , повторність — 3-разова з рендомізацією за повтореннями. Густина стояння рослин формувалась у фазі 4–5 листків і становила 55 тис. рослин/га.

Досліди проводили згідно з «Методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур» (2001) та «Методическими рекомендаціями по проведенню полевих опытов с кукурузой» (1980). Визначали статистичну достовірність експериментальних даних (Б.А. Доспехов, 1985), параметри варіювання (Г.Ф. Лакин, 1990) та оцінку параметрів комбінаційної здатності в системі неповних тесткросних схрещувань (Г.К. Дремлюк, В.Ф. Герасименко, 1991).

Гідротермічні умови 2009 р. були посушливими, середня кількість опадів з квітня по вересень становила 76,8% від норми за цей період. Температурний режим сильно коливався — від холодного навесні до екстремально жаркого в липні — серпні. Сприятливішим був 2011 р., з посушливими умовами в період сходів та першій половині вегетації, проте з початку липня спостерігались періодичні опади та помірна температура, що дало змогу кукурудзі сформувати рекордний урожай. Погодні умови 2012 р. були найбільш стресовими для кукурудзи і вирізнялися підвищеною температурою повітря та незначною кількістю опадів протягом вегетації, що спричинило небувало низьку врожайність зерна, 2013 р. можна вважати досить вдалим роком для кукурудзи. Початок вегетації характеризувався швидким наростанням суми ефективних температур, що дало змогу кукурудзі скоротити період проходження онтогенезу на 7–10 днів, а досить рівномірний розподіл опадів під час інтенсивного водоспоживання і наливу — сформува-ти високий врожай зерна.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Вихідна популяція отримана на базі простого гібрида ДК296 $\times$ ДК680 в 2006 р. Батьківські лінії ДК296 та ДК680 належать до гетерозисної групи Lancaster. Інбредна лінія ДК296 поєднує в своєму геномі дві основні гілки цієї плазми — Oh43 та Mo17, проте за морфологічними та селекційними ознаками ближча до групи Mo17. Інбредну лінію ДК680 отримано зі складної гетерогенної популяції, основні компоненти якої за своїм походженням належать до плазми Lancaster Oh43.

Вихідні батьківські лінії вирізнялися високою комбінаційною здатністю, морфо-біологічними та господарсько цінними показниками. Основним напрямом наших досліджень було отримання скоростиглих інбредних ліній, ніж вихідні, з вищою комбінаційною здатністю та інтенсивнішою втратою вологи зерном. Особливу увагу ми приділяли добору генотипів з підвищеною стійкістю до вилягання та високою зерновою продуктивністю. За 2005–2007 рр. було отримано і оцінено за морфо-біологічними ознаками близько 80 рекомбінантів покоління  $S_1$ – $S_3$ , а з покоління  $S_4$  в 2008 р. почалося тестування самозапилених сімей за схемою топкроса.

За час проведення досліджень найкращі умови для росту та розвитку кукурудзи були в 2011 р., коли середня врожайність тесткросів групи інбредних сімей ДК296/680 сягала 11 т/га за середньої вологості зерна 16,4% (табл. 1).

Добір за інтенсивністю втрати вологи зерном у процесі дозрівання та рівнем зернової продуктивності в комплексі з оцінками за іншими ознаками сприяв поступовому зростанню співвідношення врожай/волога в тесткросів рекомбінантів групи ДК296/680 порівняно зі стандартами з 0,36 і 0,42 відповідно в 2009 р. до 0,43 і 0,37 в 2013 р., що свідчить про ефективність такого підходу.

Добір вплинув і на варіювання показників урожайності та вологості зерна у тесткросів, які в початковому 2009 р. мали середні значення цих показників відповідно на 1 та 25,7% менші, ніж у кращого стандарту, а в 2013 р., навпаки, – за врожайністю вже перевищували їх на 20,3% (1,45 т/га).

З кожним новим селекційним циклом перед селекціонерами постає проблема постійного поліпшення вихідного матеріалу способом включення в схрещування ліній з високою загальною комбінаційною здатністю (ЗКЗ). Наявність лише високої специфічної комбінаційної здатності до певних груп тестерів знижує ефективність добору, оскільки він спрямований у кінцевому результаті лише на дуже обмежену кількість потенційно вдалих комбінацій [11]. У наших дослідженнях найвищу ЗКЗ за показником «врожайність зерна» виявили самозапилені сім'ї ДК296/680 2231, ДК296/680 1111 та ДК296/680 2132, які в 2013 р. мали константи ефектів ЗКЗ на рівні 0,94 т/га, 0,63 та 0,62 т/га відповідно (табл. 2).

Слід звернути увагу, що виділені на перших етапах тестування в 2009 р. рекомбінанти за ЗКЗ щодо ознаки «врожайність зерна» зберегли її високою в наступних поколіннях. У 2013 р. всі кращі самозапилені сім'ї мали вищий клас ефектів ЗКЗ порівняно зі стандартом — лінією ДК296, яка мала

### 1. Середній рівень врожайності та вологості зерна тесткросів інбредних сімей популяції ДК296/680

Популяція	Показник	2009 р.		2011 р.		2012 р.		2013 р.	
		Врожайність зерна, т/га	Збиральна вологість, %	Врожайність зерна, т/га	Збиральна вологість, %	Врожайність зерна, т/га	Збиральна вологість, %	Врожайність зерна, т/га	Збиральна вологість, %
	N	28		60		34		53	
	$\bar{x} \pm s_{(\bar{x})}$	7,17±0,17	20,0±0,5	11,0±0,12	16,4±0,08	2,40±0,05	12,1±0,1	8,58±0,13	19,7±0,2
	V, %	13	12,4	8,2	9	12,6	5	10,8	5,8
	Lim								
Сім'ї $S_4$ – $S_7$	(min–max)	5,16–9,13	15,8–25,1	9,16–13,0	15,05–18,2	1,73–2,93	10,5–13,0	5,83–10,40	18,5–22,3
ДК296/680	Врожай/ вологість	0,36		0,67		0,2		0,43	
	$\bar{x}$	6,69	15,9	9,79	16,4	2,1	12,8	7,13	19,3
ДК296	Врожай/ вологість	0,42		0,6		0,17		0,37	
	$\bar{x}$	7,24	17,8	9,81	15,4	2,03	12,6	7,43	22,2
ДК680	Врожай/ вологість	0,41		0,64		0,16		0,29	

**2. Ефекти загальної комбінаційної здатності  $g(i)$  за врожайністю та вологістю зерна у кращих сімей популяції ДК296/680\***

Популяція	2009 р.			2011 р.			2012 р.			2013 р.		
	Інбредна сім'я, S <sub>4</sub>	Врожайність, т/га	Вологість, %	Інбредна сім'я, S <sub>5</sub>	Врожайність, т/га	Вологість, %	Інбредна сім'я, S <sub>6</sub>	Врожайність, т/га	Вологість, %	Інбредна сім'я, S <sub>7</sub>	Врожайність, т/га	Вологість, %
ДК296/680	1	1,86	-0,14	72	1,63	0,02	2111	0,30	0,64	2231	0,94	-0,23
ДК296/680	2	1,20	-0,57	21	0,79	-0,23	911	0,26	-0,18	1111	0,63	-0,75
ДК296/680	11 <sub>-</sub>	0,63	-0,87	13 <sub>2</sub>	0,62	1,02	221	0,21	0,02	2132	0,62	0,63
ДК296/680	14 <sub>-</sub>	0,49	3,28	13 <sub>1</sub>	0,55	0,62	113	0,20	-0,24	2234	0,33	0,38
ДК296/680	9	0,38	-0,17	11	0,54	-0,30	912	0,16	-0,28	21111	0,28	0,20
ДК296/680	7	-0,23	-1,84	73	0,43	0,04	121	0,13	-0,36	1112	0,26	-0,37
ДК296/680	10 <sub>-</sub>	-0,29	1,83	10 <sub>1</sub>	0,35	0,14	213	0,02	0,07	7212	0,25	0,22
ДК296/680	13 <sub>-</sub>	-0,38	-0,22	12	0,14	0,04	212	-0,02	0,07	2211	0,22	0,53
ДК296/680	5	-0,43	1,41	41	-0,01	-0,05	131	-0,06	0,26	1131	0,20	0,10
ДК296/680	6	-0,58	0,13	22	-0,09	-0,46	721	-0,08	-0,44	2212	0,12	0,08
ДК296		-0,50	-3,52	-	-1,15	-0,01	-	-0,02	0,14	-	-1,43	-0,42
ДК680		0,05	-1,62	-	-1,13	-0,98	-	-0,09	-0,01	-	-	-
<b>НІР<sub>05</sub> g(i)</b>		<b>0,41</b>	<b>1,35</b>	-	<b>0,54</b>	<b>0,60</b>	-	<b>0,36</b>	<b>0,63</b>	-	<b>0,67</b>	<b>0,40</b>
<b>НІР<sub>05</sub> (g(i)-g(j))</b>		<b>0,67</b>	<b>1,98</b>	-	<b>0,73</b>	<b>0,88</b>	-	<b>0,53</b>	<b>0,91</b>	-	<b>1,07</b>	<b>0,58</b>

\* Наведено не всю схему вивчення, тому сума ефектів ЗКЗ не дорівнює 0.

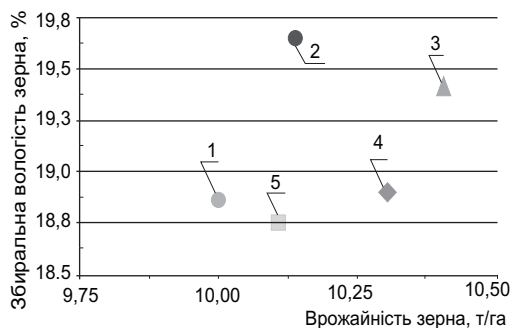
оцінку —1,43 т/га й умовно зарахована до 3-го найнижчого класу оцінок.

Виділення конкретних гібридних комбінацій

є кінцевим завданням будь-якої селекційної програми. Такі генотипи повинні бути найкращими за комплексом ознак

**3. Найкращі гібриди, створені за участі ліній, отриманих на базі популяції ДК296/680, 2013 р.**

Гібрид			Врожайність зерна, т/га	Збиральна вологість, %	Співвідношення врожай/волога
♀	♂				
ДК744М×ДК301	ДК296/680	2132	10,40	19,4	0,54
ДК744М×ДК301	ДК296/680	2231	10,28	18,9	0,54
ДК744М×ДК216	ДК296/680	2231	10,11	18,8	0,54
ДК411М×МС361	ДК296/680	1111	10,09	19,4	0,52
ДК744М×ДК216	ДК296/680	21111	10,00	18,9	0,53
ДК744М×ДК301	ДК296/680	7212	9,75	19,4	0,50
ДК744М×ДК301	ДК296/680	1112	9,57	18,6	0,52
ДК411М×МС361	ДК296/680	1131	9,50	21,6	0,44
ДК744М×ДК216	ДК296/680	1112	9,45	18,8	0,50
ДК744М×ДК301	ДК296/680	7211	9,42	19,0	0,50
<b>Оржиця 237МВ</b>			<b>7,52</b>	<b>19,9</b>	<b>0,38</b>
<b>Солонянський 298СВ</b>			<b>10,14</b>	<b>19,6</b>	<b>0,52</b>



**Співвідношення урожайності зерна і збиральної вологості у кращих рекомбінантів групи ДК296/680 (2013 р.): 1 – (ДК744М×ДК216)×ДК296/680 21111; 2 – Солонянський 298СВ; 3 – (ДК744М×ДК301)×ДК296/680 2231; 4 – (ДК744М×ДК301)×ДК296/680 2132; 5 – (ДК744М×ДК216)×ДК296/680 2231**

і перевищувати наявні стандарти за продуктивністю, збиральною вологістю та

екологічною стабільністю. У наших дослідженнях найвдалішими гібридами можна вважати тесткроси (ДК744М×ДК301)×ДК296/680 2132 та (ДК744М×ДК301)×ДК296/680 2231 з урожайністю 10,40 і 10,28 т/га відповідно в 2013 р. (табл. 3).

Співвідношення врожайності і збиральної вологості зерна нині є досить демонстративним та зручним показником, за яким можна зробити найбільш раціональний вибір гібрида, спроможного задовольнити потреби виробництва вдалим поєднанням високої продуктивності та мінімальними затратами на досушування врожаю. Найціннішими за цим критерієм є комбінації (ДК744М×ДК301)×ДК296/680 2132 та (ДК744М×ДК216)×ДК296/680 2231, у яких він становив 0,54, і які поєднують урожайність зерна 10,40 та 10,11 т/га і збиральну вологість зерна 19,4 і 18,8% відповідно, що ліпше, ніж у кращого гібрида-стандарту за цим показником (рисунок).

## Висновки

У результаті проведених досліджень на базі популяції ДК296/680 отримано лінії, які значно переважають вихідні компоненти за комбінаційною здатністю відносно показників «врожайність зерна» та «збиральна

вологість зерна», а також характеризуються високою стійкістю до вилягання. Їх широко використовують під час селекції гібридів середньостиглої та середньопізньої групи стиглості, адаптованих для різних зон України.

## Бібліографія

1. Дзюбецький Б.В. Результати екологічного сорто-випробування середньостиглих і середньопізніх гібридів кукурудзи різних типів та гетерозисних моделей/Б.В. Дзюбецький, М.М. Федько, Л.А. Ільченко//Зрошувальне землеробство: Зб. наук. праць. — Херсон: Айлант, 2013. — Вип. 59. — С. 143–146.
2. Федько М.М. Селекція середньопізніх ФАО>400 гібридів кукурудзи (*Zea mays L.*) на високу адаптивну здатність та екологічну стабільність/М.М. Федько//Бюл. Ін-ту сільського господарства степової зони НААН. — Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2013. — № 5. — С. 26–31.
3. Anonymous. MBS Inc. genetics handbook/Anonymous//18th ed. MBS, Inc., Ames, IA. — 1991. — 86 p.
4. 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.
5. Hallauer A.R. Corn Breeding/A.R. Hallauer, W.A. Russell, K.R. Lamkey//G.F. Sprague, J.W. Dudley (ed.). Corn and corn improvement. 3rd ed. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI., 1988. — P. 469–564.
6. Jenkins M.T. Maize breeding during the development and early years of hybrid maize/M. T. Jenkins//D.B. Walden (ed.). Maize breeding and genetics. John Wiley & Sons, New York, 1978. — P. 13–28.
7. Mikel M.A. Genetic composition of contemporary U.S. commercial dent corn germplasm/M.A. Mikel//Crop Sci. — 2011. — V. 51. — P. 592–599.
8. 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.
9. Smith J.S.C. Genetic variability within U.S. maize germplasm: I. Historically important lines/J.S.C. Smith, M.M. Goodman, C.W. Stuber//Crop Sci. — 1985. — V. 25. — P. 550–555.
10. Troyer A.F. Adaptedness and heterosis in corn and mule hybrids/A.F. Troyer//Crop Sci. — 2006. — V. 46. — P. 528–543.
11. Troyer A.F. Temperate corn — Background, behavior, and breeding/A.F. Troyer//A.R. Hallauer (ed.). Specialty corns. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL. — 2000. — P. 393–466.

Надійшла 25.11.2014.