

## СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ ПОДВІЙНО - ГАПЛОЇДНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAIZE L.*) ГЕНЕТИЧНОЇ ПЛАЗМИ ЛАНКАСТЕР

**Е. М. Рябченко**

*Інститут сільського господарства степової зони НААН України*

*Наведено результати вивчення загальної і специфічної комбінаційної здатності подвійно-гаплоїдних (ПГ) ліній кукурудзи зародкової плазми Ланкастер. Виділено 6 кращих ПГ ліній з високими оцінками ефектів ЗКЗ та варіанс СКЗ і 3 гібридних комбінації за ознакою «врожайність зерна».*

**Ключові слова:** кукурудза, подвійно-гаплоїдна лінія, комбінаційна здатність, урожайність зерна.

З метою прискорення селекційного процесу при створенні гомозиготного матеріалу кукурудзи останнім часом став популярним метод гаплоїдії, хоча запропонований він був давно. Про інтерес до гаплоїдів кукурудзи свідчить все більша кількість успішних робіт, пов'язаних з різними методами їх отримання [5].

Практичне використання гаплоїдії в селекції рослин має ряд переваг, головною з яких є суттєве пришвидшення отримання гомозиготних ліній – до 2–3 років, замість 6–7 при стандартному методі [3].

Розроблено ряд підходів до виявлення і отримання гаплоїдного матеріалу, серед яких найбільш ефективний та поширений – використання зернових маркерів. Світовий досвід вказує на перспективність таких досліджень, але в Україні метод гаплоїдії практично використовується ще недостатньо широко.

Оцінка нових подвійно-гаплоїдних ліній кукурудзи за комбінаційною здатністю – найбільш відповідальний етап в селекції кукурудзи. Від чіткості виконання та оперативності її проведення залежить реалізація самої ідеї прискореного створення кінцевого продукту – гібрида для виробничого використання [4].

G. F. Sprague і Z. A. Tatum [6] запропонували комбінаційну здатність форм виражати двома показниками: середньою величиною гетерозису, що проявляється у всіх гібридних комбінаціях – загальна комбінаційна здатність (ЗКЗ) і відхиленням від цієї величини у конкретної комбінації – специфічна комбінаційна здатність (СКЗ).

*Метою досліджень* було вивчення селекційної цінності подвоєних гаплоїдних ліній кукурудзи зародкової плазми Ланкастер за ознакою «врожайність зерна», як одного з найголовніших селекційних показників вихідного матеріалу.

Дослідження проводились протягом 2009–2011 рр. в умовах ДП дослідне господарство «Дніпро» Інституту сільського господарства степової зони. Гібриди кукурудзи вирощувались у контрольному розсаднику за загальноприйнятою для зони Степу агротехнікою. Площа ділянки становила 4,9 м<sup>2</sup> при 3-разовому рендомізованому повторенні. Густота стояння 55 тис. рослин/га. Збирали врожай спеціальним комбайном «HEGE-140». Урожай зерна з кожної ділянки зважували і визначали його вологість вологоміром “Burrows”.

Отриманні експериментальні данні були піддані математичній обробці за Б. А. Доспеховим [1] з використанням комп'ютерних програм Statistica 5.1., Excel. Оцінку параметрів комбінаційної здатності ліній кукурудзи визначали згідно з методикою Г. К. Дремлюка та В. Ф. Герасименка (1991) [2].

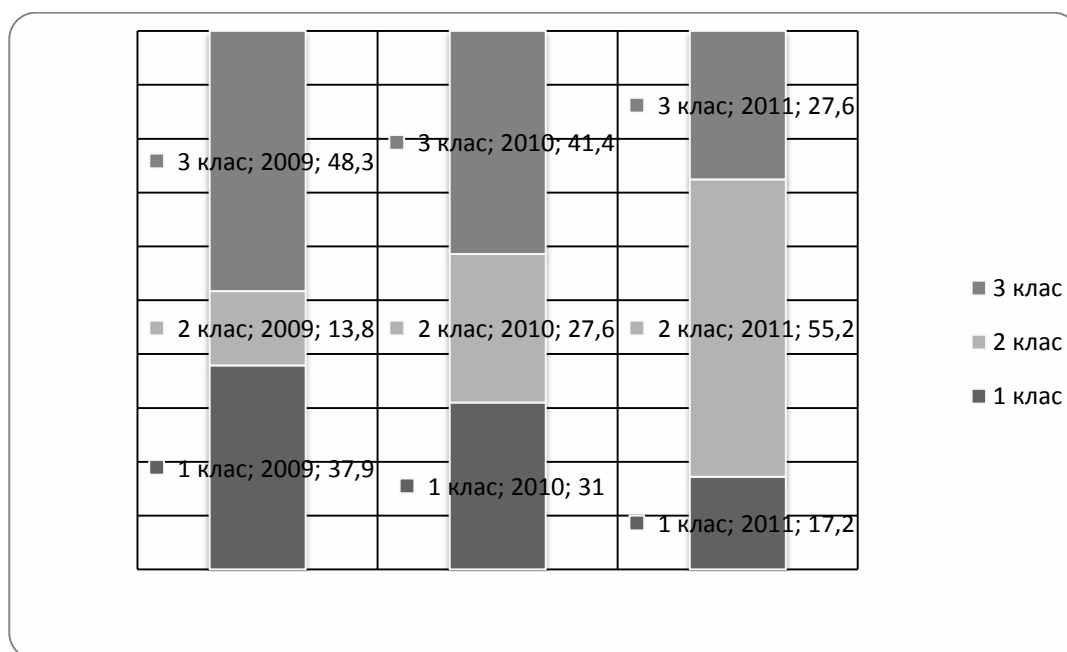
Погодні умови 2009 р. були досить несприятливими для росту та розвитку рослин кукурудзи. Так, при помірній сумі позитивних температур опадів випало на 63,9 мм менше за середню багаторічну норму. 2010 р. був більш сприятливим, ніж попередній рік, як за температурним режимом, так і за кількістю опадів. Але різке підвищення температури повітря і відсутність опадів наприкінці липня та на початку серпня в цілому зумовили зниження врожайності середньопізньої та пізньостиглої групи гібридів. Оптимальним для вирощування кукурудзи на зерно виявився 2011 р. Пропорційний розподіл опадів протягом вегетаційного

періоду на фоні помірного температурного режиму сприяв отриманню високого врожаю зерна.

Вихідним матеріалом були 29 подвійно-гаплоїдних ліній кукурудзи з індексом Дга, одержаних з участю сестринських гібридів, які були створені на базі чотирьох інбредних ліній плазми Ланкастер – ДК296, ДК633/266, ДК633, ДК267.

Тестерами слугували сестринські гібриди (ДК744 × ДК274-3 (t1), ДК257М × ДК742 (t2), ДК500 × ДК307-5 (t3)). Як стандарти використовували гібриди (середньоранній Хмельницький і середньостиглий Солонянський 298СВ) та вихідні інбредні лінії, такі як: ДК296, ДК633/266, ДК633, ДК267.

Як тестери, звичайно, використовують гібриди та лінії з високою комбінаційною здатністю та комплексом інших цінних ознак, що дає можливість в подальшому розглядати їх як батьківські форми майбутніх гібридів.



*Рис. Співвідношення подвійно-гаплоїдних ліній за оцінками ефектів ЗКЗ.*

Для визначення комбінаційної здатності ПГ ліній кукурудзи за ознакою «врожайність зерна» в наших досліджах було вивчено 87 тесткросів протягом 2009–2011 рр.

Згідно з оцінками ефектів загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) ці лінії були розподілені на три класи. До першого класу ввійшли лінії, оцінки ЗКЗ яких були достовірно вище середньої; до другого – з оцінками ЗКЗ, що достовірно не відрізнялись від середньої; до третього – з оцінками ЗКЗ достовірно нижчими середньої.

У 2009–2010 р. спостерігалось незначне коливання числа ліній, які належали до 1 і 3-го класу. Так, у 2009 р. відносна кількість ліній 1-го класу становила 37,9 та 48,3 % 3-го класу, а в 2010 р. відповідно 31 та 41,4 %. Таке співвідношення класів пояснюється, в першу чергу, схожими погодними умовами, які вплинули на врожайність зерна гібридів (див. рис.).

У 2011 р. було зафіксовано зменшення числа ліній 1-го класу до 17,2 %, а 3-го – до 27,6 %. За рахунок зменшення відсоткової частки 1 і 3-го класу збільшилась кількість ПГ ліній віднесених до 2-го класу, порівняно з 2009 р. на 13,8 %.

Максимально високі оцінки ефектів ЗКЗ за ознакою «врожайність зерна» мали лінії Дга6003, Дга6014 і Дга6016 (10,3 % від загальної кількості ПГ ліній), в яких сума класів за три роки дорівнювала 3-м (табл. 1).

Стабільно високими оцінками ефектів ЗКЗ характеризувалися подвійно-гаплоїдні лінії Дга6015, Дга6025, Дга6017, Дга6021, Дга6018 і Дга6013. Зразків, які протягом років випробувань належали до 3-го класу, було 13,8 % (Дга6002, Дга6005, Дга6040, Дга6008), що вказує

на низьку селекційну цінність цих генотипів.

**1. Оцінка ефектів ЗКЗ та варіанс СКЗ за показником «врожайність зерна»  
подвійно-гаплоїдних та інбредних ліній кукурудзи плазми Ланкастер**

№	Лінія	Ефекти ЗКЗ			Сума класів	Варіанси СКЗ ( $\sigma^2$ )		
		2009 р.	2010 р.	2011 р.		2009 р.	2010 р.	2011 р.
1	ДК267	0,05 <sup>2*</sup>	-0,75 <sup>3</sup>	-0,76 <sup>3</sup>	8	0,33	0,3	0,22
2	ДК633/266	0,6 <sup>1*</sup>	0,39 <sup>1</sup>	0,77 <sup>1</sup>	3	0,04	0	0,18
3	ДК296	0,1 <sup>2</sup>	0,36 <sup>1</sup>	0,61 <sup>1</sup>	4	0,11	0,1	0,21
4	ДК633	-0,46 <sup>3*</sup>	0,97 <sup>1</sup>	0,56 <sup>1</sup>	5	0,21	0,15	-0,02
5	Дга6002	-0,67 <sup>3</sup>	-0,34 <sup>3</sup>	-0,42 <sup>3</sup>	9	-0,01	0,1	0,36
6	Дга6003	0,51 <sup>1</sup>	0,41 <sup>1</sup>	0,81 <sup>1</sup>	3	0,42	0,24	-0,05
7	Дга6005	-0,4 <sup>3</sup>	-0,67 <sup>3</sup>	-0,41 <sup>3</sup>	9	0,37	0,29	0,04
8	Дга6040	-0,75 <sup>3</sup>	-1,06 <sup>3</sup>	-0,78 <sup>3</sup>	9	0,12	0,24	-0,01
9	Дга6007	-0,27 <sup>3</sup>	0,04 <sup>2</sup>	0,05 <sup>2</sup>	7	0,28	0,02	0,18
10	Дга6035	-0,68 <sup>3</sup>	-0,36 <sup>3</sup>	-0,33 <sup>2</sup>	8	0,51	0,24	0,13
11	Дга6045	-0,09 <sup>2</sup>	-0,89 <sup>3</sup>	-0,08 <sup>2</sup>	7	0,09	0,26	-0,05
12	Дга6008	-1,38 <sup>3</sup>	-1,23 <sup>3</sup>	-0,96 <sup>3</sup>	9	0,26	-0,03	0,21
13	Дга6009	0,3 <sup>1</sup>	-0,27 <sup>3</sup>	0,27 <sup>2</sup>	6	0	0,35	-0,03
14	Дга6010	-0,22 <sup>3</sup>	0,4 <sup>1</sup>	0,32 <sup>2</sup>	6	-0,01	0,01	0,15
15	Дга6011	0,8 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	-0,43 <sup>3</sup>	6	0,01	0,34	0,14
16	Дга6012	-0,62 <sup>3</sup>	-0,21 <sup>2</sup>	0,21 <sup>2</sup>	7	0,32	0,07	0,75
17	Дга6014	0,51 <sup>1</sup>	1,24 <sup>1</sup>	0,53 <sup>1</sup>	3	0,06	0,09	0,25
18	Дга6015	0,47 <sup>1</sup>	0,27 <sup>1</sup>	-0,06 <sup>2</sup>	4	0,1	0,01	-0,03
19	Дга6016	1,0 <sup>1</sup>	0,7 <sup>1</sup>	1,29 <sup>1</sup>	3	0,23	0,05	0,25
20	Дга6023	0,04 <sup>2</sup>	-0,28 <sup>3</sup>	-1,13 <sup>3</sup>	8	0,05	0,22	-0,01
21	Дга6024	-0,92 <sup>3</sup>	-0,69 <sup>3</sup>	0,02 <sup>2</sup>	8	0,03	0,46	-0,01
22	Дга6050	-0,34 <sup>3</sup>	0,36 <sup>1</sup>	-0,23 <sup>2</sup>	6	0,01	-0,01	0,08
23	Дга6025	0,01 <sup>2</sup>	-0,07 <sup>2</sup>	0,27 <sup>2</sup>	6	0,01	0,17	0,17
24	Дга6026	-0,19 <sup>3</sup>	0,22 <sup>2</sup>	0,19 <sup>2</sup>	7	0,34	1,26	0,23
25	Дга6027	-0,03 <sup>2</sup>	-0,43 <sup>3</sup>	-0,86 <sup>3</sup>	8	0,06	-0,02	0,1
26	Дга6017	1,01 <sup>1</sup>	0,23 <sup>2</sup>	0,39 <sup>1</sup>	4	0,04	0,14	0,62
27	Дга6021	0,47 <sup>1</sup>	0,05 <sup>2</sup>	0,2 <sup>2</sup>	5	0,06	0,06	0
28	Дга6001	1,01 <sup>1</sup>	-0,42 <sup>3</sup>	-0,66 <sup>3</sup>	7	0,21	0,53	0,44
29	Дга6004	-0,34 <sup>3</sup>	-0,3 <sup>3</sup>	0,38 <sup>1</sup>	7	0,02	-0,01	-0,04
30	Дга6018	0,76 <sup>1</sup>	0,05 <sup>2</sup>	-0,28 <sup>2</sup>	5	0,23	0	0,14
31	Дга6019	-0,65 <sup>3</sup>	1,22 <sup>1</sup>	0,16 <sup>2</sup>	6	0,12	-0,03	-0,01
32	Дга6020	-0,45 <sup>3</sup>	0,55 <sup>1</sup>	0,23 <sup>2</sup>	6	0,14	0,05	0,63
33	Дга6013	0,81 <sup>1</sup>	0,38 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	4	0,04	0,46	0,15
НІР <sub>05</sub> (gi)		0,16	0,24	0,35	-	-	-	-
НСР <sub>05</sub> (gi) – g(j)		0,23	0,35	0,51	-	-	-	-

1\*, 2\*, 3\* – клас оцінки ЗКЗ.

Ряд ПГ ліній змінювали оцінки ефектів ЗКЗ при поліпшенні умов вирощування з негативних на позитивні (Дга6007, Дга6010, Дга6012, Дга6050, Дга6026, Дга6019 і Дга6020), що свідчить про їх чутливість до погодних умов та інтенсивний тип реакції.

Лінії Дга6009, Дга6011, Дга6001, навпаки, підвищували оцінки ЗКЗ при більш несприятливих умовах вирощування 2009 р., що визначає їх стійкість до екстремальних погодних умов, і вони є цінним матеріалом для створення гібридів кукурудзи з широким адаптивним потенціалом.

Вихідні батьківські форми по-різному реагували на зміну гідротермічних умов в роки випробування. Зокрема, лінії ДК633/266 і ДК296 відзначились стабільно високими оцінками ефектів ЗКЗ за ознакою «врожайність зерна». Лінія ДК267 у 2009 р. мала середні її значення

(2-й клас), хоча і позитивні, а в наступні роки від'ємні (3-й клас). Лінія ДК633, навпаки, виявилась дуже чутливою до погіршення умов вирощування 2009 р. – її оцінки ЗКЗ відповідали 3-му класу, але в наступні роки вона проявила позитивну реакцію на їх поліпшення.

Різний вплив тестерів на врожайність зерна гібридних комбінацій зумовлює варіабельність специфічної комбінаційної здатності (СКЗ), яка також залежить від умов навколишнього середовища.

Визначення СКЗ подвійно-гаплоїдних ліній за ознакою «врожайність зерна» свідчить, що кількість зразків, варіанса СКЗ яких не перевищувала середнє значення, суттєво не змінювалась за роками.

Низькі варіанси СКЗ вказують на можливість генотипу формувати однаковий рівень врожайності у всіх схрещуваннях, і вони можуть бути батьківськими компонентами гібридних комбінацій з різною генетичною структурою. В свою чергу, високі оцінки варіанси СКЗ свідчать про значні коливання урожайності зерна тесткросів, а лінії з такими показниками доцільніше включати в програми створення простих гібридів.

Високою варіансою СКЗ у 2009 р. характеризувались наступні ПГ лінії – Дга6003, Дга6005, Дга6035, Дга6012 і Дга6026 (0,32–0,51), у 2010 р. – Дга6009, Дга6024, Дга6026, Дга6001 і Дга6013 (в межах 0,35–1,26), а в найбільш оптимальний 2011 р. – Дга6002, Дга6012, Дга6017, Дга6001 і Дга6020 (0,36–0,75).

Для практичної селекції великий інтерес мають ПГ лінії з високими позитивними оцінками ефектів ЗКЗ за ознакою «врожайність зерна» та низькими варіансами СКЗ за роками, які несуттєво варіюють в різних умовах – Дга6014, Дга6015, Дга6016, Дга6025, Дга6021, Дга6018.

Проведенні дослідження дали можливість виділити 10 кращих тесткросів, створених з участю ПГ ліній, які порівнювались за врожайністю зерна з тесткросами вихідних ліній – ДК296, ДК633/266, ДК633, ДК267 та з гібридами-стандартами Хмельницький і Солонянський 298 СВ (табл. 2).

## **2. Урожайність та збиральна вологість зерна кращих тесткросів подвійно-гаплоїдних ліній кукурудзи**

Тестер	Лінія	Урожайність зерна, т/га				Вологість зерна при збиранні, %			
		2009 р.	2010 р.	2011 р.	серед-не	2009 р.	2010 р.	2011 р.	серед-не
t1	Дга6016	7,60	7,82	11,18	8,86	17,3	12,9	14,3	14,8
t2	Дга6014	6,92	8,52	10,61	8,68	18,6	13,2	14,4	15,4
t3	Дга6017	7,91	7,40	10,51	8,61	17,6	12,8	15,3	15,2
t3	Дга6016	7,36	7,32	11,06	8,58	18,1	13,9	14,6	15,5
t2	Дга6016	7,63	7,51	10,33	8,49	18,9	13,9	15,2	16,0
t1	Дга6003	7,41	7,23	10,37	8,34	16,8	12,5	14,7	14,8
t3	Дга6014	7,71	7,74	9,48	8,31	19,4	13,7	14,5	15,9
t2	Дга6017	7,67	6,69	10,47	8,28	17,2	12,9	18,3	16,1
t1	Дга6014	6,50	7,99	10,20	8,23	17,9	12,9	14,8	15,2
t2	Дга6003	6,27	7,85	10,40	8,17	18,4	12,4	17,2	16,0
Лінії – стандарти									
t2	ДК633/266	7,28	7,41	10,72	8,47	18,3	14,0	16,2	16,2
t1	ДК296	6,68	7,56	10,48	8,24	16,1	12,2	14,4	14,2
t2	ДК633	6,18	8,33	10,13	8,21	19,0	16,0	18,9	18,0
t2	ДК267	6,96	6,68	9,28	7,64	17,9	12,4	14,2	14,8
Хмельницький		6,64	6,40	8,90	7,31	18,5	12,7	15,6	15,6
Солонянський 298СВ		6,51	6,69	10,26	7,82	19,4	13,3	15,8	16,2

\* t1 – ДК744 × ДК274-3, t2 – ДК257М × ДК742, t3 – ДК500 × ДК307-5.

Аналіз врожайності зерна свідчить, що вищим її рівнем характеризувалися тесткриси подвійно-гаплоїдних ліній: Дга6016, Дга6014, Дга6017 і Дга6003, які суттєво перевищили стандарти на 0,86–1,04 т/га при рівній або нижчій вологості зерна.

За стабільністю врожайності зерна виділялись тесткриси (ДК500 × ДК307-5) × Дга6017, (ДК744 × ДК274-3) × Дга6016 та (ДК257М × ДК742) × Дга6016.

Найвища врожайність зерна була у тесткриса (ДК744×ДК274-3) × Дга6016 (11,18 т/га) в 2011 р., що на 8,2 % більше, ніж у кращого гібрида-стандарту Солонянський 298 СВ (10,26 т/га) при нижчій на 1,5 % вологості зерна.

Таким чином, на основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

– вивчення комбінаційної здатності за ознакою «врожайність зерна» дало можливість виділити ПГ лінії Дга6014, Дга6015, Дга6016, Дга6025, Дга6021, Дга6018, які характеризуються позитивними оцінками ефектів ЗКЗ та низькою варіансою СКЗ за роками;

– виділені тесткриси (ДК744 × ДК274-3) × Дга6016, (ДК257М × ДК742) × Дга6016, (ДК500 × ДК307-5) × Дга6017, середня врожайність зерна яких за цим показником значно перевищувала гібриди-стандарти.

### Бібліографічний список

1. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / *Доспехов Б. А.* – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. *Дремлюк Г. К.* Приемы анализа комбинационной способности ЭВМ – программы для нерегулярных скрещиваний / *Дремлюк Г. К., Герасименко В. Ф.* – М.: Агропромиздат, 1991. – 144 с.
3. *Забирова Э. Р.* Получение, изучение и использование автодиплоидных линий кукурузы / *Забирова Э. Р.* – Кукуруза и сорго. – 2001. – № 4. – С.18–20.
4. *Сатарова Т.Н.* Кукуруза: биотехнологические и селекционные аспекты гаплоидии: [монографія] / *Сатарова Т. Н., Черчель В. Ю., Черенков А. В.* – Днепропетровск: Новая идеология, 2013. – 552 с.
5. *Щербак В.С.* Развитие работ по практическому использованию явления гаплоидии у кукурузы для ускорения селекционного процесса / *Щербак В. С.* – Кукуруза и сорго. – 2001. – № 4. – С. 4–6.
6. *Sprague G. F.* Specific combining in single crosses of corn / *Sprague G. F., Tatum L. A.* – J. Amer. Soc. Agron. – 1942. – № 34. – P. 923–932.