

СЕЛЕКЦІЯ СЕРЕДНЬОПІЗНІХ ФАО>400 ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ (*ZEА MAIZE L.*) НА ВИСОКУ АДАПТИВНУ ЗДАТНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ

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

В результаті багаторічних екологічних досліджень виявлено домінування за продуктивністю простих гібридів кукурудзи та підвищену екологічну пластичність і стійкість до стресових умов у гібридів більш складних гетерозисних схем.

За результатами проведених досліджень виділені самозапилені лінії кукурудзи, які увійшли до складу середньопізніх гібридів переданих на державне сортовипробування. Відзначено максимальну загальну адаптивну здатність у гібридів гетерозисних моделей Iodent × C103 та Iodent × BSSS.

Ключові слова: кукурудза, інбредна лінія, генетична плазма, гетерозисна модель, пластичність, адаптивна здатність.

Виробництво зерна кукурудзи базується на взаємодії та використанні трьох основних найбільш потужних факторів: сприятливих погодних умов, гібридного складу та сучасних технологій вирощування з урахуванням біологічних особливостей окремого гібрида. Саме тому, враховуючи різке коливання агрометеорологічних показників в степовому регіоні, особливо останніми роками, актуальним є питання створення та добору найбільш стійких до несприятливих стресових умов гібридів кукурудзи.

Посівні площі кукурудзи (*Zea mаize l.*) в Україні постійно зростають і змінюються та оновлюється гібридний склад у виробництві. На жаль, середньопізні гібриди не мають великого попиту на ринку України. Питома вага гібридів ФАО 400–500 в Державному реєстрі сортів рослин України поступово зменшилась з 12,4 % (40 шт.) у 2007 р. до 8,6 % (56 шт.) у 2013 р., а кількість гібридів ФАО>500 залишається майже не змінною – 8–10 шт. в 2007–2013 рр. Перш за все – це пов'язане з переміщенням кукурудзяних масивів у більш вологозабезпечені та менш ризиковані північні та західні регіони, різким скороченням посівів кукурудзи на силос, застосуванням інтенсивних технологій вирощування, прямого комбайнового збирання та ін. Так, площі посіву кукурудзи в Степу, де переважно висівають гібриди ФАО>400, в 2013 р. становили лише 1,2 млн га, або близько 20 % від загальних площ в Україні. Проте відомо, що більш пізньостиглі гібриди мають вищий потенціал продуктивності і забезпечують кращі економічні показники порівняно з більш ранньостиглими зразками [1–3]. Одним з найефективніших шляхів збільшення посівних площ під пізньостиглими гібридами є створення нових високоадаптивних до стресових погодних умов форм, здатних стабільно реалізовувати свій продуктивний потенціал в посушливих умовах півдня України.

Генетичні основи екологічної стабільності, загальної та специфічної адаптивної здатності генотипів в різних умовах середовища вивчені недостатньо. Зокрема, Т. Matsuo вважає, що генетична база специфічної адаптивної здатності може бути порівняно простою і контролюватися в основному головними генами (стійкість до холоду, посухи, шкідників тощо) [4]. Ці ознаки інколи можуть відігравати важливу роль і в загальній адаптивній здатності, оскільки флуктуації середовища, зумовлені різноманітними умовами місцевості та року, включають досить багато неспецифічних факторів. Загальна адаптивна здатність генотипу – складна кількісна ознака, яка понад усе контролюється полігенами. Так, О. В. Кільчевський, Л. В. Хотильова дійшли висновку, що загальна адаптивна здатність включає головним чином дві ознаки – стабільність і продуктивність [5]. Тому порівняльне значення адаптивної здатності, ступеня її стабільності та стабільності реалізації продуктивності генотипом в різних умовах вирощування є необхідним етапом випробування нових гібридів в сучасній селекції.

Саме тому селекційні роботи в даному напрямку тільки прискорюються для створення більш адаптованих і стресолерантних генотипів, щоб об'єми виробництва кукурудзи в степовій зоні не зменшувались, а поступово зростали.

Метою нашої роботи було створення і добір адаптованих генотипів з високою екологічною пластичністю і стабільністю в посушливих умовах Степу України, розробка системи екологічного випробування гібридів кукурудзи в максимально широкому екологічному наборі середовищ та відпрацювання єдиних методологічних підходів до вивчення адаптивних та пристосувальних механізмів генотипів залежно від екологічних особливостей пунктів випробування.

За період з 2008 р. до 2011 р. щорічно проводили випробування від 83 до 125 генотипів у 5–7 агроекологічних пунктах. За цей час було випробувано 138 гібридів $\Phi\text{AO} > 400$ у 25 агрокліматичних середовищах відповідно. Вихідним матеріалом були інбредні лінії кукурудзи середньостиглої та середньопізньої групи стиглості різних генетичних плазм: BSSS, Lancaster C103, Lancaster OH43, Iodent та ін. Об'єктом досліджень слугували прості, прості модифіковані та тринійні гібриди кукурудзи. Їх було розділено на групи за даними педігрі, комбінаційною здатністю та групою стиглості. За гетерозисним складом було вивчено 4 гетерозисні моделі гібридів. Як стандарт використаний гібрид Бистриця 400 МВ.

Досліди проводили згідно з “Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур” (2001 р.) та “Методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой” (1980 р.) Визначали статистичну достовірність експериментальних даних (за допомогою дисперсійного аналізу по методиці Доспехова Б. А., 1985) та параметри адаптивної здатності (Кильчевский А. В., Хотылёва Л. В., 1985). Агротехнічні прийоми, застосовані в ході досліджень, відповідали загальноприйнятим рекомендаціям, викладеним у методиці польового дослідження.

В результаті наших досліджень виявлено домінування за продуктивністю простих гібридів, врожайність яких досягала 7,91 т/га (табл. 1).

1. Варіювання ознак «врожайність зерна» і «збиральна вологість зерна» середньостиглих та середньопізніх гібридів кукурудзи

Ознака	Рік досліджень	Тип гібридів	
		прості	прості модифіковані
Врожайність зерна, т/га	2008	6,64 ± 0,13	6,70 ± 0,14
	2009	5,82 ± 0,09	–
	2010	6,19 ± 0,09	6,05 ± 0,20
	2011	8,22 ± 0,06	8,06 ± 0,10
Збиральна вологість зерна, %	2008	22,4 ± 0,3	23,5 ± 0,4
	2009	23,0 ± 0,4	–
	2010	20,7 ± 0,3	20,2 ± 0,6
	2011	18,3 ± 0,3	17,8 ± 0,3

Так, у процесі вивчення встановлено підвищену екологічну пластичність і стійкість до стресових умов гібридів більш складних гетерозисних схем. Максимальне варіювання середньої продуктивності за всіх умов вирощування мали прості гетерозисні гібриди – від 3,91 т/га (80,4 %) в 2011 р. до 1,74 т/га (28,4 %) у 2009 р. Більш стабільними виявились прості модифіковані генотипи, в яких коливання врожайності зерна не перевищувало 29,1 %. Щодо збиральної вологості зерна, то найнижчі показники були, в середньому за всіх умов вирощування, в простих модифікованих гібридів, проте середньопопуляційні значення в обох типів гібридів виявились майже однакові.

Всі гібриди щорічно висівали в 5–7 екологічних пунктах, які різнились за своїми погодними та ґрунтовими умовами. В результаті це дало нам можливість визначити їх адаптивні характеристики та норму реакції на зміну умов вирощування.

Серед випробуваних гібридів за період 2008–2011 рр. максимальне середньопопуляційне значення загальної адаптивної здатності встановлено у генотипів гетерозисних моделей Iodent × C103 у 2008 і 2010 рр. та Iodent × BSSS у 2009 і 2011 рр. (табл. 2). Гібриди цих моделей також були найбільш інтенсивними (b_1 рівне 1,03–1,11), а генотипи комбінації C103 × BSSS – відповідно найбільш гомеостатичними. Це нетипова поведінка для гібридів

даної гетерозисної моделі, що перш за все пов'язане з більшим пригніченням їх стресовими погодними умовами у більшості пунктів випробування.

2. Параметри адаптивної здатності та екологічної стабільності кращих гетерозисних моделей гібридів кукурудзи ФАО >400 за ознакою «урожайність зерна» (2008–2011 рр.)

Рік	Гетерозисна модель гібрида	Середня врожайність, т/га	Загальна адаптивна здатність ЗАЗ _(i) , т/га	Варіанса САЗ $\sigma^2_{САЗ(i)}$	Коефіцієнт регресії b_i	Середньо-квадратичне відхилення $S^2_{d(i)}$	Відносна стабільність, S_{gi}	Селекційна цінність генотипу, СЦГ _i
2008	Iodent × BSSS	6,52	-0,10	4,82	1,02	0,80	32,3	3,11
	Iodent × C103	6,90	0,28	4,78	1,04	0,62	30,9	3,46
	C103 × BSSS	6,41	-0,21	4,17	0,97	0,55	31,1	3,20
2009	Iodent × BSSS	6,12	0,30	7,54	0,97	0,36	44,8	3,31
	Iodent × C103	5,90	0,08	8,77	1,05	0,30	50,3	2,88
	C103 × BSSS	5,60	-0,22	8,03	0,99	0,43	50,2	2,72
2010	Iodent × BSSS	6,01	-0,15	11,25	1,11	0,29	55,8	2,62
	Iodent × C103	6,25	0,09	9,40	1,00	0,42	48,9	3,16
	C103 × BSSS	5,87	-0,29	8,30	0,95	0,30	48,9	2,97
2011	Iodent × BSSS	8,31	0,07	8,10	1,03	0,84	34,1	4,01
	Iodent × C103	8,25	0,01	7,58	1,01	0,54	33,2	4,10
	C103 × BSSS	8,14	-0,10	6,47	0,94	0,45	31,2	4,30

3. Параметри адаптивної здатності та екологічної стабільності кращих гібридів кукурудзи ФАО >400 за ознакою «врожайність зерна»

Гетерозисна модель гібрида	Назва гібрида, комбінації	Середня врожайність, т/га	Загальна адаптивна здатність ЗАЗ _(i) , т/га	Варіанса САЗ $\sigma^2_{САЗ(i)}$	Коефіцієнт регресії b_i	Середньо-квадратичне відхилення $S^2_{d(i)}$	Варіанса взаємодії генотип × середовище $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$
2008 р.							
Iodent × BSSS	(ДК411М × ДК640/3) × ДК146/527	7,83	1,21	10,22	1,53	1,45	1,99
Iodent × C103	ДК633/325 × МС500	7,69	1,07	5,45	1,15	0,47	0,23
Iodent × BSSS	ДК377 × ДК411	7,56	0,93	7,69	1,30	1,48	1,27
Iodent × C103	(ДК411М × ДК640/3) × ДК633/325	7,54	0,91	9,07	1,41	1,70	1,75
Iodent × C103	ДК1117/16 × ДК633/325	7,49	0,87	5,63	1,11	1,20	0,74
Бистриця 400МВ		6,66	0,04	3,67	0,86	1,18	0,75
2009 р.							
Iodent × C103	ДК633/325 × ДК6496	6,79	0,97	9,22	1,09	0,07	-0,04
Iodent × BSSS	(ДК377С × ДК377-6) × ДК411	6,32	0,50	8,39	1,03	0,23	0,05
Iodent × BSSS	ДК411 × ДК445	6,27	0,45	6,40	0,89	0,35	0,23
C103 × BSSS	ДК633/325 × ДК445	6,22	0,40	10,91	1,17	0,21	0,26
C103 × Iodent	ДК137-2 × ДК6496	6,18	0,36	7,66	0,95	0,77	0,48
Бистриця 400МВ		5,44	-0,38	7,66	0,99	0,14	-0,03
2010 р.							
Iodent × C103	ДК633/325 × ДК285	6,81	0,65	10,84	1,08	0,53	0,37
Iodent × C103	(ДК517С × ДК137-2) × ДК411	6,67	0,51	12,49	1,17	0,15	0,27
Iodent × C103	ДК633/325 × ДК6	6,63	0,47	10,35	1,07	0,13	0,02
Iodent × C103	ДКВ3151 × ДКВ3451	6,59	0,43	12,40	1,12	1,40	1,17
Iodent × C103	ДК411М × ДК427/633-3	6,58	0,42	11,46	1,11	0,47	0,37
Бистриця 400МВ		6,25	0,09	9,87	1,04	0,16	0,02
2011 р.							
Iodent × C103	(ДКВ3261 × ДКВ3451) × ДКВ3151	9,39	1,15	9,08	1,10	0,77	0,56
Iodent × C103	ДК633/325 × ДК285	8,88	0,64	9,42	1,16	0,20	0,18
Iodent × C103	ДК633/32 × ДК402	8,86	0,62	11,03	1,24	0,43	0,61
Iodent × C103	ДК633/325 × ДК777/404-3	8,82	0,59	8,54	1,08	0,49	0,30
Iodent × C103	(ДК411М × ДК2048) × ДК370	8,75	0,52	8,80	1,06	1,20	0,88
Бистриця 400МВ		8,05	-0,19	6,29	0,93	0,40	0,22

В цілому серед випробуваних гібридів до інтенсивних було віднесено по 2 гібрида кожного року досліджень, а до гомеостатичних – від 1 – у 2008 р. до 4 – у 2009 р. Екологічно нестабільними були 13,4–22,4 % генотипів від досліджених по роках, що є досить добрим показником і свідчить про високу якість залученого до досліджень вихідного матеріалу.

Найбільш нестабільними виявились гібриди моделі Iodent × BSSS в більшості умов випробування (відповідно $\sigma^2_{САЗ(i)}$ рівне 4,82–11,25, $S^2_{d(i)}$ – 0,80–0,84 та s_{gi} – 32,3–55,8 в різні роки досліджень).

Подібна ситуація була і при аналізі адаптивних характеристик конкретних гібридних комбінацій. Найбільш нестабільними та інтенсивними серед виділених, кращих в різні роки досліджень, виявились гібриди саме моделі Iodent × BSSS у 2008 та 2009 рр. (табл. 3). До високоінтенсивних гібридних комбінацій можна віднести (ДК411М × ДК640/3) × ДК146/527 і ДК377 × ДК411 у 2008 р., ДК633/325 × ДК445 у 2009 р., (ДК517С × ДК137-2) × ДК411 у 2010 р. та ДК633/325 × ДК402 у 2011 р. Гібриди такого типу здатні формувати рекордну продуктивність та максимально реагувати на поліпшення умов вирощування. Проте при погіршенні умов або при нестачі одного з факторів росту вони не завжди в змозі сформувати стабільний врожай, тому їх доцільно вирощувати в умовах достатнього забезпечення вологою і мінеральними елементами живлення, наприклад в умовах зрошення півдня України.

За оптимальним поєднанням пластичності та екологічної стабільності можна виділи гібриди, які належать здебільшого до гетерозисної комбінації Iodent × С103, такі як ДК633/325 × МС500 у 2008 р., ДК633/325 × ДК6496 і ДК411 × ДК445 у 2009 р., ДК633/325 × ДК285 і ДКВ3151 × ДКВ3451 у 2010 р. та (ДКВ3261 × ДКВ3451) × ДКВ3151 і ДК633/325 × ДК777/404-3 у 2011 р. Слід відмітити, що більшість цих гібридів передані на державне сортопробування під назвами Штандарт, ДН Берека, ДН Вайткорн, ДН Гетера, ДН Софія, ДН Аншлаг, та є зареєстрований гібрид Турія (2012 р.). Ці гібриди здатні ефективно та адекватно реагувати на поліпшення умов вирощування і витримувати різке їх погіршення.

Для практичної селекції інформативним показником є співвідношення урожайності зерна генотипу до його збиральної вологості. Найкращим поєднанням високої продуктивності та низької вологості зерна характеризувалися передані на державне сортопробування гібриди ДН Гетера (0,53) і ДН Софія (0,51) (рис.).

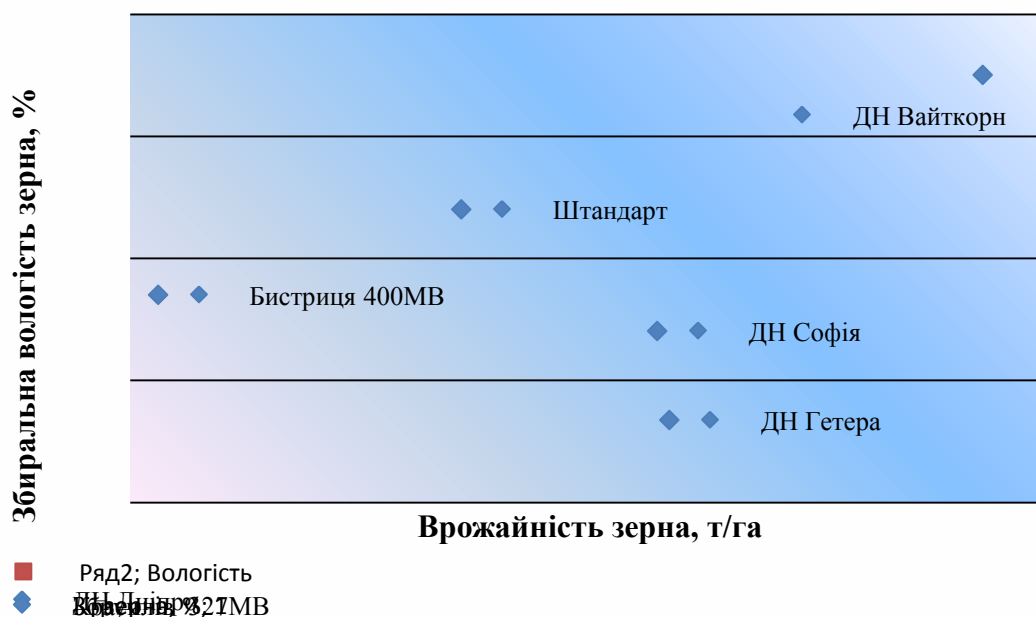


Рис. Найкращі гібриди за співвідношенням урожайності зерна до його збиральної вологості.

За результатами проведених досліджень виділені самозапилені лінії кукурудзи, які ввійши до складу найкращих середньопізніх гібридів, такі як ДК633/325, ДК411, ДК445, ДКВ3151, ДКВ3451, ДК402, ДК137-2 та ДК6496. Саме ці лінії є носіями найбільш сприятливих алелей, які контролюють адаптивність гібридів кукурудзи. В подальшій нашій роботі

планується залучення цих зразків до нових циклів селекційного добору на високу адаптивну здатність та екологічну стабільність.

Висновки

В результаті багаторічних екологічних досліджень виявлено домінування за продуктивністю простих гібридів кукурудзи, а підвищену екологічну пластичність та стійкість до стресових умов у гібридів більш складних гетерозисних схем.

Максимальну загальну адаптивну здатність відзначено у гібридів гетерозисних моделей Iodent × C103 та Iodent × BSSS, які також були найбільш інтенсивними, а генотипи моделі C103 × BSSS – гомеостатичними.

За результатами проведених досліджень виділені самозапилені лінії кукурудзи, які ввійшли до складу кращих середньопізніх гібридів – ДК633/325, ДК411, ДК445, ДКВ3151, ДКВ3451, ДК402, ДК137-2 та ДК6496. Вони є носіями найбільш сприятливих алелей адаптивності; в 2010–2012 рр. з їх участю передано на державне сортовипробування гібриди Штандарт, ДН Берека, ДН Вайткорн, ДН Гетера, ДН Софія, ДН Аншлаг, а гібрид Турія (2012 р.) вже зареєстрований.

Бібліографічний список

1. Домашнев П. П. Селекция кукурузы / Домашнев П. П., Дзюбецкий Б. В., Костюченко В. И. – М.: Агропромиздат, 1992. – 204 с.
2. Сучасні проблеми та економіко-енергетичні аспекти вирощування різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи в умовах Степу України / Б. В. Дзюбецький, В. С. Рибка, В. Ю. Черчель [та ін.] // Хранение и переработка зерна. – 2007. – № 5 (95). – С. 14–17.
3. Циков В. С. Кукуруза: технология, гибриды, семена / Циков В. С. – Днепропетровск: Изд-во Зоря, 2003. – 296 с.: ил.
4. Matsuo T. Adaptability in plants: Use and management of biological resources / Matsuo T. – Токуо. 1975. – Vol. 2. – P. 1–5.
5. Кильчевский А. В. Экологическая селекция растений / Кильчевский А. В., Хотылёва Л. В. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 372 с.