

АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ЕКОЛОГІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ ПРОСТИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAIZE L.*)

М. М. Федько, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут зернового господарства НААН України

*Досліджено адаптивний потенціал і екологічну стабільність різних за гетерозисним складом простих гібридів кукурудзи (*Zea mays L.*) та визначено найбільш оптимальні гетерозисні моделі гібридів, адаптованих до умов Степу України. Серед вивчених гібридів найкращими за загальною адаптивною здатністю (ЗАЗ) виявились гібриди гетерозисної моделі Iodent×C103, а найбільш ін-тенсивними можна вважати гібриди схеми Iodent×BSSS.*

За результатами досліджень доведено, що прогноз параметрів адаптаційної здатності за морфологічними ознаками неможливий, а вивчення їх за ознакою „урожайність зерна” є найбільш надійним засобом характеристики окремих генотипів. Виявлено тенденцію до зростання диферен-ційних можливостей середовища в умовах підвищеної щільності посіву.

Ключові слова: кукурудза, гетерозисна модель, адаптація, загальна адаптивна здатність, екологічна стабільність, пластичність.

Одним із завдань сучасної науки є підвищення адаптивного потенціалу сільськогоспо-дарських культур, отримання форм, що поєднують в собі високу продуктивність зі стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища, здатних ефективніше використовувати природні та „штучні” теплоресурси. Враховуючи це, а також постійні зміни клімату та збіль-шення потреб у фуражному та продовольчому зерні, розвиток селекційних робіт з адаптації кукурудзи до стресових умов Степу України є важливим завданням сучасної селекції.

Визначення оптимального типу рослин, здатних стабільно реалізовувати свій потенціал і при цьому адекватно реагувати на зміну умов вирощування, постійно привертає увагу нау-ковців. На думку S.A. Eberhart і W.A. Russell, кращими є середньопластичні сорти з високим середнім значенням ознаки і високою стабільністю в різних умовах вирощування [1]. G. Wriggle вважає найбільш адаптованими генотипи, які мають мінімальну взаємодію з середови-щем, або високу стабільну реалізацію властивої генотипу реакції ознаки (відносно стабільні) [2]. K.W. Finley та J.N. Wilkinson мають іншу точку зору, згідно з якою оптимальним є сорт, що характеризується високою загальною адаптивною здатністю, дає найбільший врожай у сприятливих середовищах та забезпечує максимальну стабільність у несприятливих [3].

Для отримання високих та стабільних урожаїв кукурудзи бажано використовувати гібриди з різними типами реакції на мінливість умов середовища, у тому числі інтенсивного типу – для одержання максимальних врожаїв у нелімітованих умовах; гомеостатичні – для отримання гарантованого врожаю на гірших і стресових фонах; середньопластичні – для забезпечення стабільних врожаїв на полях з нестабільним агрофоном [4, 5].

Найважливішими якостями створюваних сортів та гібридів повинна бути висока гомеостатичність, основана на широкій нормі реакції і високому ступені їх пластичності, а також на значному рівні адаптивного потенціалу [6]. Ці важливі якості детермінуються не окремими генами, а геномом в цілому. У зв'язку з цим при створенні гібридів, адаптованих до різних екологічних умов, селекційний матеріал повинен оцінюватися не тільки за генетичним потенціалом, але й за параметрами стабільності [5].

Складним завданням є правильна та своєчасна ідентифікація адаптованих форм для різних екоградієнтів вирощування. Досить надійним методом оцінки адаптивних форм є багаторічні екологічні дослідження, адже контрастність умов за роками настільки велика, що в багатьох випадках її вплив на врожай сильніший, ніж дія зональних кліматичних розбіжностей [7]. Проте багаторічні випробування подовжують у часі селекційний процес,

тому більш перспективним є шлях випробування в екологічному градієнті, сформованому за допомогою агротехнічних заходів [5]. Так, випробування матеріалу на богарі, при різних режимах зрошення і за різної щільності посіву забезпечує досить різноманітні екологічні фони, що дає можливість практично повністю визначити діапазон можливих поєднань агрокліматичних умов регіону.

Завданням нашого дослідження було вивчення адаптивного потенціалу і екологічної стабільності різних за гетерозисним складом простих гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.) та визначення найбільш оптимальних гетерозисних моделей гібридів, адаптованих до умов Степу України.

Дослідження з оцінки гібридів кукурудзи проводили в дослідному господарстві „Дніпро” Інституту зернового господарства у 2005–2006 рр. та на Розівській дослідній станції Інституту зернового господарства у 2004–2006 рр. Вихідним матеріалом були інбредні лінії кукурудзи середньостиглої та середньопізньої групи стиглості чотирьох генетичних плазм: BSSS (ДК507, ДК377, ДК146/527); Lancaster C103 (ДК633, ДК633/503, AS3070); Lancaster Oh43 (ДК427, ДК421, ДК416); Iodent (ДК411, ДК205/710, ДК277-10). На їх основі було отримано 108 простих гетерозисних гібридів. Фенологічні та біометричні спостереження виконувалися у контрольному розсаднику при густоті 40 та 60 тис. рослин/га. Розмір ділянок – 4,9 м², повторність – триразова з рендомізацією за повтореннями. Густану стояння рослин формували у фазі 4–5 листків. Стандартом слугував гібрид Соколов 407 МВ.

Досліди проводили згідно з “Методикою державного сортовипробування сільськогос-подарських 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) та параметри адаптивної здатності згідно з А. В. Кильчевським, Л. В. Хотильовою (1985).

Вегетаційний період 2004 р. характеризувався пониженою сумою ефективних температура-тур та істотно більшою за середню багаторічну норму кількістю опадів. Погодні умови 2005 р. були в цілому сприятливі для росту і розвитку рослин кукурудзи – помірна температура повітря та нерівномірний розподіл опадів протягом вегетації культури. Проте період інтенсивного водоспоживання відзначався підвищеною кількістю опадів. Більш стресовим був 2006 р., з посушливими умовами у період наливу зерна. З середини липня бездошовий період тривав майже 50 днів; за цей час випало лише 1,3 % середньобагаторічної норми опадів.

Вивчення параметрів адаптивності простих гібридів ми проводили у 7 середовищах вирощування протягом трьох років. Найкращими за показником загальної адаптивної здатності були гібриди моделі Iodent×C103 з показником 0,51 т/га (табл. 1).

1. Параметри адаптивної здатності та екологічної стабільності простих гібридів кукурудзи за показником „урожайність зерна”

Гетерозисна модель	Середнє по генотипах, т/га	ЗАЗ _i , т/га	Варіанса САЗ, $\sigma^2_{САЗ(i)}$	Варіанса взаємодії генотипу з середовищем, $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$	Коефіцієнт регресії, b _i	Середньоквадратичне відхилення, s ² _{di}	Селекційна цінність генотипу, СЦГ _i
C103 × BSSS	7,06	0,44	7,62	0,10	1,051	0,18	3,60
Oh43 × BSSS	6,57	-0,05	6,96	0,17	0,999	0,27	3,27
Iodent × BSSS	6,64	0,01	7,90	0,16	1,068	0,25	3,11
Oh43 × C103	6,81	0,19	7,03	0,05	1,012	0,18	3,48
Iodent × C103	7,13	0,51	7,47	0,19	1,034	0,32	3,70
Iodent × Oh43	6,80	0,18	7,51	0,09	1,045	0,17	3,37
Соколов 407 МВ	7,20	0,57	7,09	-0,03	1,022	0,09	3,85

Найбільше варіювання САЗ_i у середньому відмічалось у комбінацій отриманих за схе-мою Iodent×BSSS із середнім значенням 7,9. Проте загалом реакція всіх груп гібридів була практично однаковою і великої різниці за цим показником не відмічалось. Щодо коефіцієнта регресії, найбільш інтенсивними виявилися гібриди групи Iodent×BSSS. Гібриди гетеро-зисної моделі Oh43×BSSS мали найслабший відгук на умови вирощування ($b_i=0,999$), а гіб-риди моделі Iodent×C103 виявилися найбільш селекційно цінними (СЦГ_i = 3,70). Проте комбінації, отримані за цією схемою, були порівняно нестабільними: s^2_{di} характеризувалося середнім значенням 0,32. На відміну від них гібриди моделей Iodent×Oh43 та C103×BSSS були більш стабільні (середньоквадратичне відхилення від лінії регресії s^2_{di} рівне 0,17 та 0,18 відповідно).

Основним завданням селекції є створення високоврожайних гібридів, здатних стабільно забезпечувати урожай зерна за різних умов вирощування. Кращим за ефектом ЗАЗ_i відносно ознаки „урожайність зерна” був гібрид ДК411×ДК633, який за результатами випробування у 7 середовищах мав значення 0,96 т/га (табл. 2).

Пластичність і стабільність характеризують пристосувальні ознаки організму, що розкривають динаміку зміни реакції генотипу на коливання умов навколишнього середовища і дають можливість зберігати відносно незмінними свої функції [8].

Стабільність однієї чи іншої ознаки можна розглядати як у широкому, так і у вузькому розумінні. У вузькому розумінні стабільним є генотип зі стійкою реалізацією свого потен-ціалу, йому властива реакція на поліпшення або погіршення умов зовнішнього середовища, а в широкому – стабільним вважається такий генотип, на розвиток якого зміна умов середовища здійснює незначний вплив [1].

Найвищою стабільністю відзначилися гібриди ДК421×ДК146/527 та ДК421×ДК507 ($\sigma^2_{САЗ(i)}$ дорівнювала відповідно 5,4 та 5,44), але вони мали низькі ефекти ЗАЗ_i (-0,46 і -0,16 т/га) та середню урожайність достовірно нижчу за стандарт Соколов 407 МВ. Найбільш нестабільним виявився гібрид ДК633×ДК507, який мав варіансу САЗ_i 10,0 та досить високу відносну стабільність s_{gi} – 43,8 %.

Пластичність сорту – складне генетичне явище, яке забезпечується спадковою нормою реакції, різноманітною широтою спектра генів, відповідальних за адаптацію до зовнішнього середовища. Існує думка, що необхідно дотримуватись такого тлумачення пластичності, яке надають селекціонери – розуміти під пластичністю здатність сорту до поєднання достатньо високої врожайності з стабільністю її у мінливих умовах, а генотипи з підвищеною реакцією на умови вирощування необхідно називати чутливими до них [9].

2. Параметри адаптивної здатності та екологічної стабільності кращих простих гібридів кукурудзи за ознакою „урожайність зерна”

Гібриди	Уро- жай- ність, т/га	ЗАЗ _i , т/га	Варі- анса САЗ, $\sigma^2_{САЗ(i)}$	Відносна стабіль- ність, s_{gi}	Коефі- цієнт регресії, b_i	Середньо- квадратичне відхилення, s^2_{di}	Селекційна цінність генотипу, СЦГ _i
ДК411 х ДК633	7,59	0,96	7,69	36,5	1,019	0,866	4,10
ДК411 х ДК416	7,47	0,83	9,05	40,3	1,147	0,224	3,68
ДК633 х ДК146/527	7,45	0,82	8,36	38,8	1,096	0,336	3,82
ДК411 х AS3070	7,39	0,76	7,08	36,0	1,013	0,232	4,04
ДК411 х ДК633/503	7,38	0,75	7,95	38,2	1,077	0,184	3,83
ДК205/710 х ДК633	7,36	0,72	8,45	39,5	1,101	0,360	3,70
ДК633 х ДК507	7,21	0,58	10,0	43,8	1,208	0,186	3,23
ДК421 х AS3070	7,13	0,50	6,13	34,8	0,953	0,064	4,01
AS3070 х ДК146/527	7,11	0,48	7,02	37,3	1,006	0,267	3,78
ДК633/503 х ДК507	7,10	0,46	6,59	36,2	0,988	0,044	3,87
ДК411 х ДК146/527	7,09	0,46	8,87	42,0	1,142	0,097	3,35
ДК411 х ДК421	7,07	0,44	7,13	37,8	1,015	0,260	3,71
Соколов 407 МВ	7,20	0,57	7,09	37,0	1,022	0,091	3,85

База для порівняння	–	–	7,41	39,7	1,000	0,870	3,43
НІР ₀₅	0,51	1,00	–	–	0,156	–	–

До високоінтенсивних генотипів за оцінками пластичності віднесені лише 3 гібриди: ДК277-10×ДК416, ДК411×ДК377 та ДК633×ДК507, які мали коефіцієнти регресії $b_i > 1,156$, відповідно 1,176, 1,189 та 1,208. Ці генотипи мають найбільший відгук на покращання умов середовища і рекомендуються для вирощування у більш інтенсивних умовах. Решта (94,4 %) вивчених гібридів є середньопластичними і можуть змінювати свою урожайність адекватно до змін умов вирощування.

Спираючись на значення середньоквадратичного відхилення від лінії регресії, можна зробити висновок, що у наших дослідах всі генотипи були стабільними за продуктивністю. Виділити можна лише найкращий за середньою врожайністю гібрид ДК411×ДК633, який мав значення s^2_{di} на рівні 0,866, що свідчить про можливу його нестабільність у різних се-редовищах.

Селекційна цінність генотипів диференціювала гібриди деякою мірою подібно до ефектів $3A_3$ (коефіцієнт кореляції 0,725). Проте комбінації ДК411×AS3070 та ДК421×AS3070 мають одні з найкращих оцінок $СЦГ_i$ за рахунок більшої стабільності ($\sigma^2_{САЗ(i)} - 7,08$ та 6,13 відповідно) у різних середовищах.

Аналіз кореляційного зв'язку між параметрами адаптивності за різними ознаками виявив відсутність стабільних взаємозв'язків між ознакою „урожайність зерна” та ознаками „висота рослин” і „висота прикріплення качана”. Коефіцієнти кореляції для них коливались від -0,07 до 0,15. Виявлена незначна кореляція між адаптивними параметрами за ознакою „висота рослин” і „висота прикріплення качана”. Найбільша вона у $СЦГ_i - 0,635$ та відносної стабільності (s_{gi}) – 0,657. Між іншими параметрами взаємозв'язок коливався від 0,363 для $\sigma^2_{(G \times E)gi}$ до 0,554 для b_i . Отже, прогноз параметрів адаптивної здатності за морфологічними ознаками неможливий, тому вивчення їх за ознакою „урожайність зерна” є найбільш надійним засобом для характеристики окремих генотипів.

Великий інтерес для практичної селекції представляє оцінка середовищ як фону для добору. Серед вивчених 7 середовищ, найкращим для забезпечення урожайності зерна був фон № 2 (Дослідне господарство „Дніпро”; умови 2005 р.; 60 тис. рослин/га) (табл. 3).

3. Оцінка середовища як фону для добору простих гібридів кукурудзи

№ середовища	Місце випробування	Рік	Густина стояння рослин, тис./га	$u+d_k$ *, т/га	d_k	$\sigma^2_{дсс(k)}$	$K_{ек}$	$S_{ек}$, %	Фон
1	Дослідне господарство "Дніпро"	2005	40	9,89	3,25	1,23	3,10	11,21	Аналізуючий
2			60	10,53	3,90	1,06	2,68	9,79	Аналізуючий
3	Розівська дослідна станція	2006	40	5,99	-0,64	0,67	1,68	13,62	Стабілізуючий
4			60	5,75	-0,88	0,69	1,74	14,44	Стабілізуючий
5	Розівська дослідна станція	2004	40	5,53	-1,10	0,40	1,01	11,44	Стабілізуючий
6		2005	40	5,48	-1,15	0,43	1,07	11,90	Стабілізуючий
7		2006	40	3,26	-3,37	0,15	0,38	11,85	Нівелюючий

* $u+d_k$ – середня урожайність генотипу по середовищах; d_k – ефект середовища;
 $\sigma^2_{дсс(k)}$ – варіанса диференційної здатності середовища; $K_{ек}$ – коефіцієнт компенсації;
 $S_{ек}$ – **ВІДНОСНА** диференційна здатність середовища.

Максимальною варіансою диференційної здатності характеризувались середовища № 1 і № 2 ($\sigma^2_{дсс(k)}$ відповідно 1,23 та 1,06), а мінімальною – умови Розівської дослідної станції у 2006 р. (фон № 7). Це є наслідком, насамперед, різного рівня урожайності. Відносна диференційна здатність була майже однаковою і варіювала від 9,79 до 14,44 %.

Найбільшим ефектом компенсації відзначаються умови Розівської дослідної станції 2006 р. – $K_{ек}$ дорівнює 0,38, тобто є нівелюючим фоном. Для фонів № 1 і 2 характерні

ефекти дестабілізації – $K_{ек}$ відповідно дорівнює 3,10 та 2,68. Ці умови можна визнати аналізуючими фонами. Середовища № 3–6 можна вважати як стабілізуючі, в них ефекти компенсації наближаються до 1,00.

Висновки. За загальною адаптивною здатністю (ЗАЗ_i) серед вивчених гібридів, найкра-щими виявились гібриди гетерозисної моделі Iodent×C103, а найбільш інтенсивними можна вважати гібриди схеми Iodent×BSSS.

Визначено, що кращим за ефектом ЗАЗ_i був гібрид ДК411×ДК633, а до інтенсивних віднесено лише 3 комбінації. Найбільшою стабільністю відзначалися гібриди ДК421×ДК146/527 та ДК421×ДК507.

За результатами досліджень доведено, що прогноз параметрів адаптаційної здатності за морфологічними ознаками неможливий, а вивчення їх за ознакою „урожайність зерна” є найбільш надійним засобом характеристики окремих генотипів.

Виявлено тенденцію до зростання диференційних можливостей середовища в умовах підвищеної щільності посіву.

Бібліографічний список

1. Eberhart S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // Crop Sci. – 1966. – V. 6, №1. – P. 36–40.
2. Wricke G. Uber eine Methode zur Erfassung der Okologischen Streubreite in Feldversuchen / Wricke G. // Z. Pflanzenzuchtung. – 1962. – V. 47. – N 1. – P. 92.
3. Finley K.W. The analysis of adaptation in a plant breeding programme / K.W. Finley, G.N. Wil-kinson // Austr. J. Agric. – 1963. – V. 6. – P. 742–754.
4. Дзюбецький Б.В. Селекція кукурудзи / Б.В. Дзюбецький, В.Ю. Черчель, С.П. Антонюк // Ге-нетика і селекція в Україні на межі тисячоліть: у 4 т. – К: Логос, 2001. – С. 571–589. – (Т. 2).
5. Гудзь Ю.В. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы / Ю.В. Гудзь, Ю.А. Лаври-ненко. – Херсон: БОРИСФЕН-полиграфсервис, 1997. – 168 с.
6. Климова О.Е. Экологическая пластичность и адаптивная способность гибридов сахарной кукурузы / О.Е. Климова, Т. Г. Куприченкова, Т. Ф. Плеханова // Кукуруза и сорго. – М., 2007. – № 3. – С. 18–22.
7. Мустяца С.И. Селекция кукурузы для зон с коротким безморозным периодом / С.И. Мус-тяца, С.И. Мистрец, Л.П. Нужная [и др.] // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Майкоп: РИПО Адыгея, 1999. – С. 163–168.
8. Лавриненко Ю.О. Еколого-генетична мінливість кількісних ознак зернових культур та її значення для селекції в умовах зрошення: дис. ... доктора с.-г. наук: 06.01.05 „Селекція рослин” / Ю.О. Лавриненко. – Херсон, 2005. – 386 с.
9. Орлюк А.П. Адаптивний і продуктивний потенціали пшениці / А.П. Орлюк, К.В. Гонча-рова. – Херсон: Айлант, 2002. – 276 с.