УДК 633.15: 631.523:575

ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ЇЇ СТРУКТУРИ В СИСТЕМІ ДІАЛЕЛЬНИХ СХРЕЩУВАНЬ ЛІНІЙ ЦУКРОВОЇ КУКУРУДЗИ НА ОСНОВІ МУТАЦІЇ SH_2

Т.Д.МОВЧАН, аспірантка
С.М.ТИМЧУК, кандидат біологічних наук
В.М.ТИМЧУК, кандидат сільськогосподарських наук

Інститут рослинництва ім.В.Я.Юрьева УААН

У системі діалельних схрещувань ліній цукрової кукурудзи на основі мутації sh_2 проведено генетичний аналіз продуктивності та елементів її структури. Ідентифіковано лінії із стабільно високими ефектами комбінаційної здатності за окремими елементами структури продуктивності та їх комплексом і встановлено генетичні компоненти дисперсії за цими ознаками. Виділено гібриди на основі мутації sh_2, які за продуктивністю наближаються до гібридів цукрової кукурудзи традиційного типу.

Ключові слова: цукрова кукурудза, продуктивність, генетичний аналіз

Нині у кукурудзи ідентифіковано і карбовано близько 20 мутантних генів, які регулюють утворення крохмалю і позитивно впливають на вуглеводний комплекс зерна [1,2]. Серед них найсуттєвіше підвищення вмісту цукрози в зерні технічної стиглості забезпечує мутантний ген sh_2 (shrunken-2) і, оскільки високий вміст цукрози є основним критерієм споживчих властивостей цукрової кукурудзи [3], ефект цього гена широко використовується в практичній селекції [4,5].

Однак лінії та гібриди кукурудзи на основі мутації sh_2 мають ряд принципових недоліків. Основними з них є значно знижена зернова продуктивність і сильна депресія маси насіння, яка призводить до погіршення його посівних властивостей [6-9].

Поряд з цим встановлено, що основні господарсько цінні ознаки в ліній та гібридів цукрової кукурудзи на основі мутації sh_2 відрізняються дуже широким розмахом мінливості, детермінованої ефектами полігенних комплексів [10-12] та наявністю ревертантних алелів в локусі Sh_2 [13].

Використання зазначених особливостей генетичної регуляції господарсько цінних ознак створює сприятливі можливості для генетичного поліпшення кукурудзи на основі мутації sh_2, які вже знайшли експериментальні підтвердження [14-18].

Результати проведених до цього часу досліджень свідчать, що вирішальною умовою результативної селекції гібридів кукурудзи-носіїв мутації sh_2 є розширення корисного різноманіття інбредних ліній на основі цієї мутації та ідентифікація ліній з найвищою генетичною цінністю.

Метою нашого дослідження було проведення генетичного аналізу продуктивності та елементів її структури в системі регулярних схрещувань ліній-носіїв мутації sh_2, що створені в Інституті рослинництва ім. В.Я.Юр'єва УААН, і виділення кращих ліній та гібридів для подальшого практичного використання.

Матеріали та методи. Матеріалом для проведення досліджень слугували вісім неспоріднених за походженням ліній-носіїв мутації sh_2- SS-386, SS-566, SS-388, SS-42, SS-65, SS-387, SS-389 та SS-390 і серія простих гібридів, отриманих внаслідок діалельних схрещувань цих ліній за другим методом Гріфінга.

Лінії і отримані на їх основі гібриди випробовували протягом 2004 та 2005 років з контрастними погодними умовами вегетації кукурудзи. В 2004 році спостерігали гострий дефіцит ефективних температур та збільшену кількість опадів впродовж всього періоду вегетації. В 2005 році склалися сприятливі погодні умови в період посів-цвітіння, але період цвітіння-достигання проходив за дефіциту ефективних температур і підвищеної кількості опадів.

Лінії та гібриди вирощували за загальноприйнятою методикою польового експерименту [19] на фоні монокультури кукурудзи. Обліки продуктивності та елементів її структури проводили згідно з методикою Національного центру генетичних ресурсів рослин України [20].

Отримані результати піддавали статистичній обробці методом діалельного аналізу з використанням алгоритму Хеймана [21].

Результати досліджень та їх обговорення. Отримані результати показали наявність в умовах обох років випробувань суттєвих відмінностей між лініями-носіями мутації sh_2 за ефектами загальної (ЗКЗ) та специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності щодо продуктивності і елементів її структури (табл. 1).

1. Результати дисперсійного аналізу комбінаційної здатності ліній цукрової кукурудзи на основі мутації sh_2 за продуктивністю та елементами її структури (розрахункові значення критерію $F_{0,05}$), 2004-2005 рр.

Ознака	Рік випробувань	Джерела дисперсії		
		Варіанти	ЗКЗ	СКЗ
Довжина качана	2004	49,32	46,97	49,91
	2005	41,81	15,58	48,36
Діаметр качана	2004	77,05	122,57	65,67
	2005	51,43	104,65	38,12
Кількість рядів зерен в качані	2004	6,06	26,11	1,05
	2005	4,62	17,85	1,31
Кількість зерен в ряду	2004	107,27	44,43	122,98
	2005	107,38	19,12	129,44
Кількість зерен в качані	2004	22,91	15,47	24,77
	2005	24,70	15,80	26,93
Маса зерна з качана	2004	593,99	283,80	671,54
	2005	751,50	474,96	820,63
Вихід зерна з качана	2004	42,64	12,42	50,19
	2005	21,10	4,97	25,14
Маса 1000 зерен	2004	46,11	4,26	56,57
	2005	34,03	34,32	33,96
Кількість качанів на рослині	2004	5,16	16,97	2,21
	2005	2,16	8,80	0,50
Зернова продуктивність.	2004	47,43	50,19	46,74
	2005	43,37	43,30	43,38
$F_{0,05\ табл.}$		1,84	2,33	1,89

У межах експериментального комплексу найсуттєвіші відмінності ефектів ЗКЗ зареєстровані за масою зерна з качана та його діаметром, а ефектів СКЗ − за масою зерна з качана та кількістю зерен у ряду. Суттєвих відмінностей між лініями-носіями мутації sh_2 не встановлено лише за ефектами СКЗ щодо кількості рядів зерен в качані за обидва роки випробувань і кількістю качанів на рослині в умовах 2005 року.

Переважний вклад до загальної дисперсії за діаметром качана, кількістю рядів зерен у качані і кількістю качанів на рослині вносили варіанси ЗКЗ, за довжиною качана в умовах 2004 року, масою 1000 зерен в умовах 2005 року та зерновою продуктивністю в умовах двох років випробувань внесок варіанс ЗКЗ та СКЗ до загальної дисперсії був приблизно однаковим, а для решти проаналізованих ознак переважний вклад до загальної дисперсії вносили варіанси СКЗ.

За характером відтворення ефектів комбінаційної здатності за роками лінії експериментальної сукупності досить чітко розподілялися на три групи. Перша група представлена лініями, які за два роки випробувань проявили низькі ефекти ЗКЗ та варіанси СКЗ, друга − лініями, в яких ефекти ЗКЗ та варіанси СКЗ суттєво змінювалися в залежно від погодних умов вирощування, лінії третьої групи відрізнялися стабільно високими ефектами ЗКЗ та варіансами СКЗ в різних погодних умовах вирощування і саме ці лінії мають найбільшу практичну цінність.

В проаналізованому нами експериментальному комплексі найбільш високі і стабільні ефекти ЗКЗ за довжиною качана проявили лінії SS-566 та SS-65, за діаметром качана та кількістю рядів зерен-лінії SS- 389 та SS-390, кількістю зерен в ряду-лінії SS-566 та SS-65, кількістю зерен в качані і масою зерна з качана-лінії SS-389 та SS-390, виходом зерна з качана-лінії SS-566 та SS-390, масою 1000 зерен-лінії SS-389, SS-390 та SS-42, а за кількістю качанів на рослині і зерновою продуктивністю-лінії SS-389 та SS-390.

Найвищі і стабільні варіанси СКЗ за довжиною качана зареєстровано в ліній SS-386 в SS-566, діаметром качана − в ліній SS-386, SS-566, SS-388,

SS-389 та SS-390, кількістю зерен в ряду і качані − в ліній SS-386 та SS-566, масою зерна з качана- в ліній SS-386, SS-389 та SS-390, виходом зерна з качана − в ліній SS-387, SS-65 та SS-390, масою 1000 зерен − в ліній SS-42, SS-65, SS-389 та SS-390, а за зерновою продуктивністю − в ліній SS-386, SS-388, SS-389 та SS-390.

Деякі лінії експериментального комплексу поєднували високі ефекти ЗКЗ та варіанси СКЗ за кількома елементами структури продуктивності. Так, лінія SS-390 відрізнялася високими ефектами ЗКЗ за вісьмома ознаками, лінія SS-389 − за сімома, лінія SS-566 − за трьома, а лінія SS-65 − за двома. Лінії SS-386 були властиві високі варіанси СКЗ за шістьма ознаками, SS-390 − за п'ятьма, SS-566 та SS-389- за чотирма, а лініям SS-388 та SS-65- за двома.

Кращі лінії-носії мутації sh_2 поєднували високі ефекти ЗКЗ та варіанси СКЗ за окремими елементами структури продуктивності. Лінії SS-389 та SS-390 відрізнялися високою загальною та специфічною комбінаційною здатністю за діаметром качана, масою зерна з нього, масою 1000 зерен та зерновою продуктивністю, а лінія SS-390, окрім того, ще й за виходом зерна з качана. Лінія SS-566 проявила високі ефекти ЗКЗ та варіанси СКЗ за довжиною качана і кількістю зерен у ряду, а лінія SS-42 − за масою 1000 зерен.

Лінії такого типу становлять значну практичну цінність, оскільки можуть використовуватися для створення і синтетичних популяцій і простих гібридів.

Оцінки коефіцієнтів (b) і вільних членів (a) рівнянь лінійної регресії Хеймана, а також співвідношення варіанс, детермінованих ефектами домінування та адитивними ефектами (H1/D) показали, що успадкування продуктивності та переважної більшості елементів її структури гібридами кукурудзи на основі мутації sh_2 здійснюється за типом позитивного наддомінування. І тільки кількість рядів зерен на качані і качанів на рослині в умовах двох років випробувань успадковувалися за типом неповного домінування (табл. 2).

Переважний вклад до дисперсії більшості проаналізованих ознак вносили ефекти домінування і тільки для кількості рядів зерен у качані за обидва роки випробувань і кількості качанів на рослині в умовах 2005 року зареєстровано переважний вклад адитивних ефектів полігенів.

2. Основні генетичні компоненти дисперсії ліній та гібридів цукрової кукурудзи на основі мутації sh_2 за продуктивністю та елементами її структури, 2004-2005 рр.

Ознака	Рік випробувань	b	a	H1/D
Довжина качана	2004	0,61	-0,35	4,60
	2005	0,49	-0,62	6,30
Діаметр качана	2004	0,83	-0,01	2,46
	2005	0,89	-0,01	1,53
Кількість рядів зерен у качані	2004	1,06	0,18	0,17
	2005	0,74	0,15	0,44
Кількість зерен у ряду	2004	0,62	-3,63	8,35
	2005	0,43	-3,61	11,47
Кількість зерен у качані	2004	0,77	-951,27	5,65
	2005	0,53	-702,32	5,25
Маса зерна з качана	2004	0,37	-23,46	27,49
	2005	0,51	-25,34	7,59
Вихід зерна з качана	2004	0,53	-1,30	5,69
	2005	0,46	-0,64	6,31
Маса 1000 зерен	2004	0,55	-74,14	24,04
	2005	0,76	-32,46	2,99
Кількість качанів на рослині	2004	0,50	0,01	1,68
	2005	0,65	0,01	0,02
Зернова продуктивність.	2004	0,95	-64,46	14,52
	2005	0,57	-33,27	9,07

Поряд з цим, отримані результати свідчать, що системи генетичної регуляції продуктивності і елементів її структури в більшості випадків неадекватні або неповністю адекватні адитивно-домінантній моделі. За формальними оцінками генетичних компонентів дисперсії цій моделі за два роки випробувань відповідали лише системи генетичної регуляції діаметра качана та кількості рядів зерен на ньому.

Найвірогіднішими чинниками неадекватності систем генетичної регуляції проаналізованих ознак адитивно- домінантній моделі слід визнати гетерозиготність батьківських ліній за локусами кількісних ознак, відсутність

незалежного розподілу їх алелів у батьківських ліній, наявність неалельних взаємодій між полігенами і, можливо, множинний алелізм у локусах, що контролюють кількісні ознаки.

Але при всіх випадках отримані результати свідчать, що використання тільки статистичного апарату генетики кількісних ознак не досить для встановлення спадкових компонентів дисперсії за продуктивністю та елементами її структури. На достатню точність їх оцінки можна розраховувати лише за умови визначення генетичного статусу локусів кількісних ознак, наприклад, за допомогою молекулярних маркерів [12,17,18].

У ході виконання досліджень було отримано серію простих гібридів цукрової кукурудзи на основі мутації sh_2, які за продуктивністю наближалися до стандарту − районованого гібриду цукрової кукурудзи Дебют на основі мутації su_1, а за окремими елементами структури продуктивності навіть переважали його. І тільки маса 1000 зерен у всіх гібридів на основі мутації sh_2 значно поступалася стандарту (табл. 3).

3. Зернова продуктивність та основні елементи її структури у кращих експериментальних гібридів цукрової кукурудзи на основі мутації sh_2, середнє за 2004-2005 рр.

Гібрид	Продуктивність, г зерна з рослини	Кількість зерен у качані, шт.	Маса 1000 зерен, г	Кількість качанів на рослині, шт.
SS-386 x SS-389	91,9	571,8	139,2	1,2
SS-386 x SS-390	89,7	561,2	139,6	1,2
SS-566 x SS-389	92,8	564,6	137,8	1,2
SS-388 x SS-389	92,3	559,0	138,8	1,2
SS-388 x SS-390	89,4	564,2	138,4	1,2
SS-42 x SS-390	89,2	557,2	143,7	1,2
SS-65 x SS-390	89,5	545,0	139,5	1,3
SS-387 x SS-389	89,1	572,0	140,9	1,3
SS-387 x SS-390	93,2	573,6	142,6	1,2
SS-389 x SS-390	94,5	581,2	142,5	1,3
Дебют (стандарт)	97,2	546,4	227,0	1,1
НІР $_{0,05}$	3,2	21,3	3,8	0,1

Отримані результати дають підстави вважати, що саме депресія маси зерна є основним чинником, який обмежує збільшення продуктивності гібридів на основі мутації sh_2, однак зниження маси зерна цією мутацією значною мірою може бути компенсоване поліпшенням інших елементів структури продуктивності.

В ході виконання дослідів встановлено і можливості підвищення маси 1000 зерен в інбредних ліній кукурудзи на основі мутації sh_2. Найкращі результати отримано при застосуванні гібридизації джерел мутантного гена sh_2 з крупнонасіннєвими лініями звичайного типу з наступним індивідуальним добором та внутрілінійного добору.

Виділені в дослідах лінії на основі мутації sh_2 з найвищою комбінаційною здатністю за продуктивністю та елементами її структури передано до Національного центру генетичних ресурсів рослин України, а кращі з отриманих на їх основі гібридів різних груп стиглості готуються для передачі до Державного сортовипробування.

Висновки

Ідентифіковано лінії-носії мутації sh_2 з високими і стабільними ефектами комбінаційної здатності за окремими елементами структури продуктивності та їх комплексом. Встановлено, що успадкування продуктивності і елементів її структури гібридами здійснюється за типом позитивного наддомінування або неповного домінування, але системи генетичної регуляції цих ознак в більшості випадків неадекватні або неповністю адекватні адитивно-домінантній моделі. Виділено гібриди кукурудзи на основі мутації sh_2, які за продуктивністю наближаються до гібридів цукрової кукурудзи традиційного типу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Coe E. Maize gene list and working map/ E. Coe, M. Polacco// Maize Genet.Newslett.−1994.−V.68.−P.156−191.

2. Genetic diversity and selection in the maize pathway// S.R Whitt, L.M. Wilson, M.I. Tenaillon [et al.]// Proc. Natl. Acad. Sci. USA−2002.−V.99.−P.12959−12962.
3. Azanza F. Relationships between sensory quality attributes and kernel chemical composition of fresh-frozen sweet corn/ F. Azanza, J.A. Juvik, B.P. Klein// J. Food Quality.−1994.−V.17.−P.159−172.
4. Dumanovic J. Specificni tipovi kukuruza/ J. Dumanovic, Z. Pajic. − Beograd − Zemun: Institut za kukuruz "Zemun Polje", 1998.−207 s.
5. W.F. Tracy. Sweet corn, Zea mays L.// Genetic improvement of vegetable crops; E.Kalloo, B.O.Bergh Eds. − Oxford, UK: Pergamon Press, 1993. −P.777−807.
6. Douglass S.C. Cold soil emergence and variation in sweet corn kernel carbohydrate reserves/ S.C. Douglass, J.A. Juvik// Hort Sci.−1987.−V.22.−P. 1097−1102.
7. Douglass S.K. Sweet corn seedling emergence and variation in kernel carbohydrate reserves/ S.K. Douglass, J.A. Juvik, W.E. Splittstoesser// J. Seed Technol.−1993.−V.21.− P.184−190.
8. Tracy W.F. History, breeding, and genetics of super- sweet corn/ W.F. Tracy // Plant Breeding Reviews.−1997.−V.14.−P.189−236.
9. Wong A.D. Shrunken-2 sweet corn yield and the chemical components of quality/ A.D. Wong, J.A. Juvik, D.C. Breeden., J. M. Swiader// J. Amer. Soc. Hort. Sci.−1994. −V.119.−P.747−755.
10. Azanza F. Variation in sweet corn kernel characteristics associated with stand establishment and eating quality/ F. Azanza, A. Bar- Zur, J.A. Juvic // Euphytica. −1996.− V.87.−P.7−18.
11. Quantitative trait loci influencing chemical and sensory characteristics of eating quality in sweet corn/ F. Azanza, Y. Tadmor, B.P. Klien [et al]// Genome.−1996.−V.39.−P.40−50.
12. QTL influencing kernel chemical composition and seedling stand establishment in maize with the shrunken-2 and sugary enhancer-1 endosperm

mutations/ J.A. Juvik, G.G. Yousef, T. Han [et al]// J. Amer. Soc. Hort. Sci.−2003.−V. 128−P. 864−875.

13. A single mutation that increases maize seed weight/ M.J. Giroux, J. Shaw, G. Barry[et al]// Proc. Natl. Acad. Sci. USA.−1996.−V.93.−P.5824–5829.

14. Bell R.D. Progress from mass selection for field emergence and seed weight in a sh2 population of maize/ R.D. Bell, L.L. Darrah, M.S. Zuber// Crop Sci.−1983.−V.23. −P.461−465.

15. Changes in kernel characteristics of a shrunken-2 population of maize selected for improved field emergence/ J.A. Juvik, M.C. Jangulo, J.M. Headrick [et al]// J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1993. −v. 118. − p.135−140.

16. Improving vigor in shrunken-2 corn seedlings/ C.A. Parera, D.J. Cantliffe, P.J. Stofella [et al]// J. Amer. Soc. Hort. Sci.−1995.−V.120.−P.128−132.

17. Yousef G.G. Comparison of phenotypic and marker-assistant selection for quantitative traits in sweet corn/ G.G. Yousef, J.A. Juvic// Crop Sci.−2001−V.41.−P.645−655.

18. Enhancement of seedling emergence in sweet corn by marker-assisted backcrossing of beneficial QTL/ G.G. Yousef, J.A. Juvik// Crop Science.−2002.−V.42.−P.96−104.

19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта/ Б.А. Доспехов −М.:Агропромиздат, 1985. −351 с.

20. Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи/ [І.А. Гур'єва, В.К. Рябчун, П.П. Літун та ін.] −Харків, 2003.−43 с.

21. Литун П.П. Генетика количественных признаков. Генетические скрещивания и генетический анализ/ П.П. Литун, Н.В. Проскурнин − УМКВО, 1992.−96 с.

Т.Д.Мовчан, С.М.Тымчук, В.М.Тымчук. **Генетический анализ продуктивности и элементов ее структуры в системе диаллельных скрещиваний линий сахарной кукурузы на основі мутації sh_2.**

В системе диаллельных скрещиваний линий сахарной кукурузы на основе мутации sh_2 проведен генетический анализ продуктивності и элементов ее структуры. Идентифицированы линии со стабильно высокими эффектами комбинационной способности по отдельным элементам структуры продуктивности, а также их комплексу и установлены генетические компоненты дисперсии по этим признакам. Выделены гибриды сахарной кукурузы на основе мутации sh_2, которые по продуктивности приближаются к гибридам сахарной кукурузы традиционного типа.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, продуктивность, генетический анализ

T.D.Movchan,S.M.Tymchouk,V.M.Tymchouk.**Genetic analysis of productivity and the elements of it's structure in the system of diallel crosses of the sweet corn inbreds on the basis of mutation sh_2.**

In the system of diallel crosses between the maize inbreds based on the mutation sh_2 genetic analysis of productivity and the elements of it's structure was carried out. The inbreds with high and stable effects of combining ability for the some elements of productivity' structure and their complex were identified and genetic components of variances for these traits were established. It have been identified the hybrids based on the mutation sh_2 with the productivity near to sweet corn hybrids of traditional type.

Key words: sweet corn, productivity, genetic analysis