

УДК 633.15:631.524.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОВ-МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЗЕРНА ВЫСОКОЛИЗИНОВОЙ КУКУРУЗЫ

А. А. БЕЛОУСОВ, П. Ф. КЛЮЧКО, С. А. АГБОИРЕ

(Кафедра генетики, селекции и семеноводства полевых культур ТСХА,
отдел селекции и семеноводства кукурузы ВСГИ)

Генетическое улучшение качества белка обычной кукурузы основано в настоящее время на включении в генотип растения гена опейк-2, который существенно улучшает сбалансированность белка по аминокислотному составу, в результате чего значительно возрастает биологическая ценность зерна в целом. Вместе с тем превращение нормального эндосперма в мучнистый, связанное с действием гена опейк-2, приводит, в частности, к таким нежелательным последствиям, как снижение массы [1, 5, 11, 13] и плотности [7, 11, 12] зерна, повышение его уборочной влажности [14, 19, 20]. В связи с этим разрабатываются различные методы селекционно-генетического улучшения физической структуры зерна высоколизиновой кукурузы и связанных с ней агрономических и физиологических свойств.

Одним из наиболее интенсивно развивающихся и весьма перспективных подходов в этом плане следует считать генетическое улучшение высоколизиновой кукурузы за счет частичной нормализации физической структуры тусклого зерна путем включения в его геном генов-модификаторов. Особенно широко работы в указанном направлении ведутся в Мексике в Международном центре по селекции кукурузы и пшеницы (ЦИММИТ), где в течение многих лет используются методы рекуррентной селекции. Лучшие из полученных в ЦИММИТ высоколизиновых популяций, как свидетельствуют данные международного испытания в 31 стране в 1978—1979 гг., по урожаю зерна не уступали стандарту с нормальным зерном или даже превосходили его [18]. Это убедительно показывает, что использование полимерных рецессивных генов-модификаторов может быть весьма эффективным при улучшении высоколизиновых популяций методами периодической селекции. В литературе достаточно хорошо описаны генетико-биологические особенности форм кукурузы с модифицированным эндоспермом опейк-2, контролируемым множественными рецессивными генами [6, 9, 16, 17, 22], однако в гетерозисной селекции эффективное применение последних пока затруднено.

В настоящее время известны модифицированные формы опейк-2, нормализация эндосперма у которых контролируется одним доминантным [10, 21] или полудоминантными генами-супрессорами [15, 23]. Использование таких генетических доноров предпочтительнее при селекции линий и гибридов, поскольку в этом случае упрощается организация селекционного процесса. Уже имеются данные о высокой эффективности их применения с целью улучшения стандартного эндосперма опейк-2 по массе, плотности, скорости потери влаги созревающим зерном при достаточно высоком уровне содержания лизина в зерне [2, 3, 4, 8]. Однако указанные данные получены на ограниченном количестве генетических источников (2 отечественных и 4 мексиканских).

Цель настоящей работы — изучить широкий набор новых генетических доноров модифицированного эндосперма (mo_2) по таким важным признакам, как депрессия массы и плотности зерна, скорость отдачи влаги при его созревании.

Характеристика основных физико-биохимических признаков зерна изучаемых источников модифицированного эндосперма опейк-2

Источник мо ₂	Белок, %	Лизин в белке, %	Плотность, г/мл	Масса 100 зерен, г
Из СССР:				
Sup W70 мо ₂	12,0	3,58	1,16	15,3
Хс-4-2 мо ₂	10,5	3,42	1,14	11,5
Из Мексики:				
Temp Trop flint мо ₂	10,4	3,74	1,25	17,5
Temp Trop dent мо ₂	10,0	3,90	1,30	18,0
Temp White мо ₂	10,8	3,65	1,22	21,0
Pool 34 мо ₂	10,6	3,62	1,30	21,0
Amarillo Bajio мо ₂	10,0	3,67	1,11	16,8
Amarillo Subtrop мо ₂	11,4	3,33	1,33	32,4
Amarillo Bajio × Maices мо ₂	11,7	3,68	1,30	26,3
Hungarian Composite мо ₂	11,1	3,87	1,28	25,4
Templado Amarillo мо ₂	11,5	3,87	1,28	25,1
HCP ₀₅	0,72	0,11	0,04	2,2

Исходный материал и методика

В качестве генетических источников плотнозерного (модифицированного) эндосперма в работе использовано 11 форм, в том числе 2 отечественного и 9 зарубежного происхождения (табл. 1). Анализировали по 10 расщепляющихся на 3 класса семян початков в F₂: модифицированных (мо₂), тусклых (тус) и стекловидных (ст). Плотность зерна определяли в керосине,

массу — путем взвешивания 100 зерен в 3-кратной повторности. При изучении скорости потери влаги зерном в процессе созревания отбирали навески зерна со средней части початка через 45, 50 и 55 дней после опыления. Пробы высушивали до постоянной массы. Статистическую обработку данных проводили в вычислительном центре ВСТИ на машине «Мир-2».

Результаты и их обсуждение

Все изучаемые источники модифицированного эндосперма характеризуются высокой плотностью зерна, высоким содержанием лизина и обычным (за исключением Sup W70 мо₂) уровнем белка в зерне (табл. 1). Особенно выделяются по показателям плотности и качества белка источники Temp Trop dent мо₂ Pool 34 мо₂ и Amarillo Bajio × Maices мо₂.

Анализ выделенных трех классов зерновок F₂ показал (табл. 2), что меньшая депрессия массы зерна была у зерновок мо₂ в случае использования Sup W70 мо₂ (5,7%), Hungarian Composite мо₂ (6,9%) и Pool 34 мо₂ (9,6%). Снижение массы зерна модифицированных зерновок первых двух источников из указанных выше было в 3 раза меньше, чем тусклых, что указывает на большое практическое значение выделенных источников и свидетельствует о реальной возможности создания высоколизиновых форм кукурузы с минимальной депрессией массы зерна.

Плотность модифицированных зерновок в среднем составила 1,27 г/мл, тусклых — 1,18, стекловидных — 1,31 г/мл (табл. 2). Плотность модифицированных зерновок в среднем на 5,23% ниже, чем стекловидных, однако депрессия плотности у них была почти в 2 раза меньше, чем у тусклых зерновок. Особенно низкой депрессией плотности отличались модифицированные зерновки с источниками Sup W70 мо₂ (2,3%), Хс-4-2 мо₂ (3,1%), Amarillo Subtrop мо₂ (3,9%) и Temp White мо₂ (4,5%). Последний имел к тому же и самую высокую абсолютную плотность зерна (1,28 г/мл). Эти источники могут представлять особый интерес в селекционной работе по улучшению физической структуры зерна высоколизиновой кукурузы. Результаты этого опыта хорошо согласуются с данными других исследований [3, 4].

При изучении скорости высыхания зерна в процессе созревания установлено, что влажность модифицированных зерновок через 45 дней

Таблица 2

Изменение массы и плотности зерна у потомства F_2 от скрещивания R151 o_2
с изучаемыми источниками mo_2

Источник mo_2	Фенотип зерна	Масса 100 зерен, г	Депрессия массы, %	Плотность, г/мл	Отклонение, %
Sup W70 mo_2	mo_2	28,34	5,7	1,25	2,3
	тус	24,5	18,5	1,20	6,3
	ст	30,05		1,28	
Хс-4-2 mo_2	mo_2	26,23	17,1	1,26	3,1
	тус	23,95	24,3	1,15	11,5
	ст	31,64		1,30	
Temp White mo_2	mo_2	24,12	12,8	1,28	4,5
	тус	24,31	21,2	1,21	3,7
	ст	30,83		1,34	
Temp Trop flint mo_2	mo_2	30,25	13,7	1,26	4,6
	тус	29,68	15,4	1,19	9,9
	ст	35,06		1,32	
Pool 34 mo_2	mo_2	29,29	9,6	1,21	8,3
	тус	28,63	11,6	1,15	12,9
	ст	32,39		1,32	
Amarillo Subtrop mo_2	mo_2	32,24	15,7	1,25	3,9
	тус	31,15	18,5	1,21	6,9
	ст	38,23		1,30	
Amarillo Bajio×Maices mo_2	mo_2	33,79	12,1	1,24	6,1
	тус	31,13	19,1	1,16	12,1
	ст	38,46		1,32	
Hungarian Composite mo_2	mo_2	31,6	6,9	1,22	8,3
	тус	28,67	15,5	1,18	11,3
	ст	33,94		1,33	
Templado Amarillo mo_2	mo_2	26,24	11,6	1,25	6,0
	тус	24,97	15,9	1,18	11,3
	ст	29,69		1,33	
Amarillo Bajio mo_2	mo_2	25,53	16,3	1,27	5,2
	тус	23,45	23,2	1,19	11,2
	ст	30,52		1,34	
HCP ₀₅		1,52		0,13	

Таблица 3

Динамика влажности зерна (%) у потомства F_2 от скрещивания R151 o_2
с изучаемыми источниками. 1984 г.

Источник mo_2	Фенотип зерна	Период после опыления, сут		Отклонение, %
		45	55	
Sup W70 mo_2	mo_2	49,73	40,80	5,13
	тус	49,43	45,93	
Temp White mo_2	mo_2	46,03	36,93	3,70
	тус	49,53	40,90	
Pool 34 mo_2	mo_2	41,66	38,13	7,70
	тус	52,66	45,83	
Хс-4-2 mo_2	mo_2	46,93	38,73	1,40
	тус	47,43	40,13	
Temp Prop flint mo_2	mo_2	47,26	40,30	-0,77
	тус	46,03	39,53	
Hungarian Composite mo_2	mo_2	50,46	35,40	6,76
	тус	49,60	42,16	
Templado Amarillo mo_2	mo_2	48,70	37,76	-0,66
	тус	50,20	37,10	
Temp Trop dent mo_2	mo_2	46,13	41,30	1,13
	тус	52,70	42,43	
Amarillo Bajio×Maices mo_2	mo_2	47,80	36,36	5,20
	тус	48,43	41,56	
HCP ₀₅		1,50	1,33	

после опыления и в фазу полной спелости (через 55 дней) была ниже, чем у тусклых. В среднем разница составила соответственно 2,41 и 3,32 % (табл. 3), а при использовании таких источников, как Pool 34mo₂ и Hungarian Composite mo₂, достигала 7,70 и 6,76 %.

Выводы

1. Включение в генотип растений высоколизиновой кукурузы генов-модификаторов, нормализующих в различной степени физическую структуру эндосперма зерна опейк-2, является эффективным способом улучшения таких его признаков, как масса, плотность и скорость высыхания зерна при созревании.

2. Снижение массы зерна модифицированных зерновок лучших источников — Sup W70 mo₂, Hungarian Composite mo₂ и Pool 34 mo₂ — было в 3 раза меньше, чем тусклых (5,7—6,9 против 15,5—18,5 %).

3. Снижение плотности у модифицированного зерна (5,23 %) было также меньше, чем у тусклого, в среднем на 5,08 % против 10,31 %. При использовании лучших доноров — Sup W70 mo₂, Хс-4-2 mo₂ и Amargillo Subtrop mo₂ — депрессия плотности составила 2,3; 3,1 и 3,9 %.

4. Влажность модифицированного зерна через 55 дней после опыления была в среднем на 3,32 % меньше, чем тусклого. У форм с лучшими по этому признаку источниками — Pool 34 mo₂ и Hungarian Composite mo₂ — различия во влажности по сравнению с тусклым зерном были равны соответственно 7,70 и 6,76 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов А. А. Влияние экологических и генотипических факторов на адаптивную изменчивость массы зерна высокобелковых линий и гибридов кукурузы опейк-2. — В сб.: Эколог. генетика растений и животных. Ч. 2. Кишинев, 1981, с. 15—16. — 2. Белоусов А. А. Итоги и перспективы улучшения продуктивности и кормовых достоинств высоколизиновой кукурузы. — В сб.: Селек., семеновод. и агротехн. кормовых культур для юга Украины. Одесса, 1983, с. 15—26. — 3. Белоусов А. А. Генетическое улучшение агрономических и технологических свойств высоколизиновой кукурузы. — Науч.-техн. бюл. ВСГИ, 1984, вып. 1 (51), с. 39—46. — 4. Белоусов А. А. Генетико-биохимические аспекты улучшения физической структуры эндосперма высоколизиновой кукурузы опейк-2. — Селек. и семеновод. Киев, 1984, вып. 57, с. 34—38. 5. Галеев Г. С., Киссель Н. И., Таова П. А., Сярица А. И. Селекция высоколизиновой кукурузы на Кубанской опытной станции ВИР. Итоги и перспективы. — Вестн. с.-х. науки, 1971, № 12, с. 59—64. — 6. Галеев Г. С., Таова Л. А. Селекция высоколизиновой кукурузы на Кубанской опытной станции ВИР. — В сб.: Селек. высоколизиновой кукурузы. Краснодар: КНИИСХ, 1976, с. 50—61. — 7. Гурьев Б. П., Козубенко Л. В. Результаты исследований по созданию раннеспелых гибридов с улучшенным качеством зерна. — В сб.: Селек. высоколизиновой кукурузы, Краснодар: КНИИСХ, 1976, с. 72—81. — 8. Зима К. И., Нормов А. А., Радочинская Л. В. Состояние и перспективы селекции кукурузы на повышение количества и качества белка. — С.-х. биол., 1983, № 1, с. 70—75. — 9. Мусийко А. С., Соколов В. М., Трофимов В. А. Улучшение консистенции эндосперма зерна высоколизиновой кукурузы. — Вестн. с.-х. науки, 1976, № 10, с. 28—34. — 10. Машенков А. С., Хаджинов М. И. Доминантная мутация o₂/o₂, улучшающая структуру эндосперма опейк-2 у кукурузы. — Докл. ВАСХНИЛ, т. 5, 1979, с. 3—5. — 11. Науменко А. И., Кирпа Н. Я. Физико-механические свойства зерна и зерновой массы высоколизиновых гибридов кукурузы. — Кукуруза, 1978, № 12, с. 28. — 12. Рядчиков В. Г., Лебедев А. В., Филипас Т. Б. и др. Белки и структура зерна кукурузы опейк-2. — В сб.: Селек. и генет. кукурузы. Краснодар: КНИИСХ, 1979, с. 236—258. — 13. Хаджинов М. И., Зима К. И., Рядчиков В. Г., Нормов А. А. Результаты и перспективы селекции на улучшение количества и качества белка в зерне кукурузы. — В сб.: Проблемы белка в сельск. хоз-ве. М.: Колос, 1975, с. 189—197. — 14. Хаджинов М. И., Зима К. И., Нормов А. А., Радочинская Л. В. Высоколизиновые гибриды Краснодарского НИИСХ. — В сб.: Селек. высоколизиновой кукурузы. Краснодар: КНИИСХ, 1976, с. 3—15. — 15. Ann. Report of Purdue Univ. Urbana, 1977, p. 10—13. — 16. Bjarnson M., Pollmer W. G., Klein D. — Cereal Res. Com., 1977, vol. 5, N 1, p. 49—58. — 17. Bjarnson M., Pollmer W. G., Klein D. — Cereal Res. Com., 1976, vol. 4, N 4, p. 401—410. — 18. CIMMYT, Review, 1980, p. 236—258. — 19. Lambert R. J., Alexander D. E., Dudley J. W. — Crop Sci., 1969, vol. 9, N 2, p. 242—243. — 20. Makonnen D., Bauman L. P. — Euphytica, 1976, vol. 25, N 2, p. 499—503. — 21. Pollacsek M. — Ann. Amelior. Plant., 1970, vol. 20, N 3, p. 337—343. — 22. Vasal S. K. — In: High quality protein maize. Proceedings of the CIMMYT. Purdue Symposium on pro-

tein quality in maize. Stroutsburg, 1975. — bert R. J. — Crop. Sci., 1982, vol. 22, N 6,
23. Wessel-Beaver L., Lam- p. 1095—1098.

Статья поступила 12 мая 1985 г.

SUMMARY

11 sources of modified endosperm have been studied by crossing with high-lizine lines of corn. Grain with modified endosperm has been found to have higher mass, density, to loose moisture more rapidly when ripening. The most promising sources have been distinguished.