

УДК 633.15:631.527.5

В. С. Сотченко,
академик РАСХН;
А. Г. Горбачева,
д-р с.-х. наук
ГНУ Всероссийский НИИ кукурузы
Россельхозакадемии
pietnaya.vniik@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ М И SD ТИПОВ ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МУЖСКОЙ СТЕРИЛЬНОСТИ КУКУРУЗЫ

Сравнительное изучение М и SD типов ЦМС в тестерных скрещиваниях показало их близкое происхождение. Отличие от М цитоплазмы связано с наличием дополнительных генов-модификаторов, обеспечивающих восстановление фертильности на SD цитоплазме.

A comparative study of M and SD types of cytoplasmic male sterility (CMS) in testing crossings showed their close origin. The difference from M cytoplasm is connected with the presence of additional gene-modifiers, supplying fertility restoration on SD-cytoplasm.

Ключевые слова: *цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС), линии кукурузы, типы ЦМС, стерильность, фертильность, комплементарное взаимодействие, гены-модификаторы.*

Key words: *cytoplasmic male sterility, corn lines, cytoplasmic male sterility (CMS) types, sterility, fertility, complementary interaction, gene-modifiers.*

Введение. В связи с использованием SD типа ЦМС в практическом семеноводстве, поставлена задача более детально изучить проявление стерильности-фертильности нового типа ЦМС, провести сравнительное изучение с М типом.

По мнению многих исследователей, восстановление фертильности у растений с М типом ЦМС происходит на гаметофитном уровне при наличии одной доминантной аллели Rf₃. Гетерозиготные растения, имеющие микроспоры с геном Rf₃ в доминантном и rf₃ в рецессивном состоянии, дают 50% нормальной и 50% abortивной пыльцы, погибающей на ран-

них стадиях развития. Опыление этой пылью стерильных растений должно давать в потомстве полностью фертильные растения. Однако в некоторых потомствах F₂ от самоопыления гетерозигот и в анализируемых скрещиваниях выщепляется до 10 % стерильных растений при теоретически ожидаемой 100 % фертильности (Хаджинов М.И., 1962; Buchert J.G., 1961). По мнению Э.И. Вахрушевой (1979) можно допустить, что одиночные микроспоры, несущие рецессивный аллель rf₃, не погибают, нормально развиваются и участвуют в оплодотворении. Однако более вероятно, что стерильные растения появляются в результате сложных взаимоотношений цитоплазмы и генов ядра, при которых одной дозы аллеля Rf₃ недостаточно для нормального восстановления фертильности. Т.С. Чалык (1974) предполагает существование взаимодействия основного гена Rf₃ с одним дополнительным геном модификатором. В.А. Гонтаровский (1986) в М цитоплазме идентифицировал другие, кроме Rf₃, более слабые гены, обладающие восстановительной способностью.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили стерильные аналоги, аналоги закрепители стерильности и восстановители фертильности на М и SD типах ЦМС, созданные во ВНИИ кукурузы. Изучение наследования проводилось в F₁, F₂ тестерных скрещиваний и в анализируемых скрещиваниях. Описание цветения метелок осуществляли по 7-балльной шкале Г.С. Галеева (1962).

Результаты, обсуждение. Наши исследования подтвердили вывод V.E. Gracen (1982) о принадлежности SD типа ЦМС к молдавской группе стерильности (Сотченко В.С. и др., 2009). SD тип ЦМС может обеспечить полную

стерильность материнских форм с баллами 0, 1, 2, что делает возможным его использование в практическом семеноводстве. Контроль восстановления фертильности в SD типе ЦМС осуществляется, как и в М типе, на гаметофитном уровне. Полное восстановление фертильности в SD типе ЦМС обеспечивается геном Rf_3 и несколькими генами модификатора. По нашему мнению выщепление стерильных растений в F₂ и анализируемых скрещиваниях обуславливается:

– жизнеспособностью гамет, несущих рецессивную аллель главного гена rf_3 в присутствии дополнительных генов модификаторов;

– недостаточным количеством или отсутствием генов модификаторов для восстановления фертильности доминантным геном Rf_3 .

Генов модификаторов может быть несколько, о чем свидетельствуют различия между генотипами по количеству выщепившихся стерильных растений в F₂, возвратных скрещиваний, где происходит рекомбинация генов и сложной картине расщепления, когда цветущие растения по степени фертильности составляют ряды непрерывной изменчивости.

Гены модификаторы способствуют проявлению фертильности метелок на фоне рецессивного гомозиготного состояния гена rf_3 в первом поколении. Во втором поколении и в возвратных скрещиваниях такие генотипы расщепляются на стерильные, полуфертильные и фертильные растения в зависимости от количественного и качественного состояния генов модификаторов.

Различия между М и SD цитоплазмами были отмечены в наших предыдущих исследованиях в проявлении степени стерильности (балл 0; 1; 2) в тесткроссах с закрепителями стерильности (Сотченко В.С. и др., 2002). У

растений со стерильной метелкой балл 0 пыльники были дегенерированы и выглядели в виде тоненькой пленочки. Пыльца в них отсутствовала. Во время цветения они не выходили из колосков. У растений со стерильной метелкой балл 1 пыльники были более развиты, но в отличие от нормальных широких пыльников, имеющих прямоугольное сечение, были сморщенными и имели квадратное сечение и выходили из колосков до 50%. Жизнеспособная пыльца, как правило, отсутствовала. У растений со стерильной метелкой балл 2 пыльники выходили из колосков до 100% и имели форму пыльников как у растений с метелкой балл 1.

Дальнейшее выявление различий между цитоплазмами изучалось нами в 2006–2008 гг. на примере тесткроссов изогенных аналогов линии РП 213 на М и SD цитоплазмах с линиями:

РЗ 368 ВМ – естественный восстановитель М и SD типа.

РП 282, РК 217, RF 7 – закрепители стерильности М и SD типов ЦМС с генами – модификаторами, обеспечивающими полное или частичное восстановление фертильности при комплементарном взаимодействии. В результате в гибридных скрещиваниях F₁ стерильных аналогов на М и SD цитоплазмах с линией РЗ 368ВМ все растения оказались восстановленными. Линия RF7 полностью восстановила фертильность на SD цитоплазме, а на М цитоплазме выщепилось 13% полуфертильных растений (таблица 1). В тесткроссах с линиями РП 282, РК 217 более высокий процент восстановленных растений отмечен при использовании SD цитоплазмы. При самоопылении восстановленных растений расщепление тесткроссов происходило по-разному (таблица 2).

1. Изучение различий между М и SD типами ЦМС в F₁ тестерных скрещиваний, %, 2007 г.

Отцовская форма	Материнская форма							
	РП 213SD				РП 213М			
	Расщепление по цветению метелок, %							
	количество растений	С	П	Ф	количество растений	С	П	Ф
РП 282	60	0	12	88	57	2	23	75
РК 217	21	6	47	47	54	22	67	11
RF 7	134	0	0	100	83	0	13	87
РЗ 368 ВМ	35	0	0	100	19	0	0	100

**2. Изучение различий между М и SD типами ЦМС в F2 тестерных скрещиваний,
% 2008 г.**

Отцовская форма	Материнская форма							
	РП 213SD				РП 213М			
	Расщепление по цветению метелок, %							
	количество растений	С	П	Ф	количество растений.	С	П	Ф
РП 282	278	11	29	60	246	14	21	65
РК 217	133	48	26	26	160	68	18	14
RF 7	274	35	18	47	235	39	19	42
РЗ 368 ВМ	239	7	3	90	139	14	2	84

Примечание: с – растения со стерильной метелкой, п – растения с полуфертильной метелкой; ф – растения с фертильной метелкой.

Стерильные растения (7% на SD цитоплазме и 14% на М цитоплазме) выщепились в скрещивании с линией восстановителем фертильности РЗ 368ВМ. При самоопылении других тесткроссов количество стерильных растений составило на SD цитоплазме 11–47%, на М цитоплазме – 14–68%. Количество фертильных растений по вариантам на SD цитоплазме составило 26–90%, на М – 14–84%. Следовательно, в большинстве вариантов скрещиваний фертильных растений оказалось больше на SD цитоплазме. По нашему мнению отличие от М цитоплазмы связано с наличием дополнительных генов – модификаторов, обеспечивающих восстановление фертильности на SD цитоплазме.

В результате тестирования оригинальной линии РВ 503 на стерильную материнскую

форму Мадонна М в целях отбора естественного восстановителя фертильности в 2003 году была выделена семья, обеспечивающая восстановление фертильности на отдельных растениях с баллом 3. Инцухтирование и дальнейшее тестирование с целью отбора на восстановление фертильности последующие два года привело к выделению семьи, способной восстанавливать фертильность у отдельных растений с баллом 6. Проведенная работа с выделенной семьей по методике питомника отбора в последующие годы показала, что концентрация особой семьи, способной восстанавливать фертильность мала, однако, степень восстановления фертильности и количество восстановленных растений увеличивается. Результаты описания цветения метелок представлены в таблице 3.

**3. Оценка цветения метелок тесткроссов на М цитоплазме с линией РВ 503,
ВНИИК**

Название	Год	Изучено		В том числе, %		
		семей	растений	с	п	ф
F1(Мадонна М x РВ 503)	2007	21	600	91,8	6,8	1,4
<i>Лучшая семья</i>	*		33	69,7	24,2	6,1
F1(Мадонна М x РВ 503)	2009	22	1970	98,0	1,4	0,6
<i>Лучшая семья</i>	*		87	95,4	0	4,6
F2(Мадонна М x РВ 503)	*		105	76,3	2,8	20,9
F1(Сирень М x РВ 503)	2007	15	504	63,7	18,3	18,0
<i>Лучшая семья</i>	*		35	31,4	31,4	37,1
F1(Сирень М x РВ 503)	2009	15	1343	59,4	5,8	34,8
<i>Лучшая семья</i>	*		73	6,9	2,7	90,4
F2(Сирень М x РВ 503)	*		1560	72,2	2,4	25,4

Примечание: с – растения со стерильной метелкой, п – растения с полуфертильной метелкой; ф – растения с фертильной метелкой.

Расщепление растений по цветению метелок на стерильные, полуфертильные и фертильные варьировало в зависимости от используемого тестера. Наибольшее количество восстановленных растений получено с тестером Сирень М. При этом, в лучшей семье в F1 фертильность восстановлена у 37,1% растений, в 2007 г. и уже у 90,4% растений в 2009г. При этом восстановление фертильности происходит за счет повышения концентрации генов-модификаторов и их комплементарного взаимодействия.

Выводы. Различия между М и SD цитоплазмами обусловлены генами-модификаторами, способными при комплементарном взаимодействии восстанавливать фертильность без участия основных генов.

Литература

1. Вахрушева Э.И. Цитоплазматическая мужская стерильность в селекции и семеноводстве гибридов кукурузы / Э.И. Вахрушева // Селекция и генетика кукурузы. – Краснодар, 1979. – С. 38–70.
2. Галеев Г.С. Результаты изучения и селекционного использования цитоплазматической мужской стерильности на Кубанской опытной станции ВИР / Г.С. Галеев // Стерильность в селекции и семеноводстве кукурузы. – Киев, 1962. – С. 8–38.
3. Гонтаровский В.А. Генетические основы ис-

пользования цитоплазматической мужской стерильности в селекции гибридной кукурузы: Автореф. дисс... доктора биол. наук. / В.А. Гонтаровский. – Харьков, 1986. – 47с.

4. Сотченко В.С. Использование новых типов ЦМС в селекции и семеноводстве кукурузы: / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева, Н.И. Косогорова // Селекция, семеноводство, производство зерна кукурузы. – Пятигорск, 2002. – С. 37–45.

5. Сотченко В.С. Генетический контроль SD типа цитоплазматической мужской стерильности кукурузы: /В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева, Н.И. Косогорова, О.М. Бушная// Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы. – Пятигорск, 2009. – С. 196–181.

6. Хаджинов М.И. Селекция линий-восстановителей фертильности / М.И. Хаджинов. – Кукуруза, 1961. – № 1. – С. 19–22.

7. Чалык Т.С. ЦМС в селекции и семеноводстве кукурузы / Т.С. Чалык – Кишинев: Штиинца, 1974. – 231 с.

8. Buchert J.G. The stage of the genome-plasmon interaction in the restoration of fertility to cytoplasmically pollen-sterile maize / J.G. Buchert // Proceedings of the USA. – 1961. – Vol. 47. – № 9. – P. 1436–1440.

9. Gracen V.E. Types and availability of male sterile cytoplasm / V.E. Gracen // In: Maize for Biological Research / A Special Publication on of the Plant Molecular Biologi Association, North Dakota. – 1982. – P. 221–224.

УДК 631.526.32

И.Е. Лихенко,

д-р с.-х. наук

ГНУ Сибирский НИИ растениеводства и селекции

Россельхозакадемии

lihenko@mail.ru; sibniirs@bk.ru

ПРОБЛЕМЫ СОРТОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ В СОВРЕМЕННОМ РАСТЕНИЕВОДСТВЕ (ОБЗОР)

Разнообразие сортовых ресурсов сельскохозяйственных культур отечественной селекции в определенной степени опосредует способность национальных селекционных учреждений достойно конкурировать с зарубежными фирмами, в том числе на внутреннем рынке посевного и посадочного материала. В процессе селекции следует уделять внимание различным признакам и свойствам растений в зависимости от спроса сельскохозяйственных

производителей. Особое значение могут иметь такие направления, как селекция на продолжительность вегетационного периода, устойчивость к поражению болезнями, качество продукции.

Variety of agricultural crops resources to some extent mediates the ability of national selection institutions to compete with foreign firms and on inner market of seeding and planting material as well. When selecting the attention should be