

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-90-97

УДК 633.15:631.52

Кривошеев Г. Я.
**РЕАКЦИЯ НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ НА
 ПАРАГВАЙСКИЙ ТИП ЦМС**

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. Исследования по цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) у кукурузы крайне важны, поскольку без ЦМС невозможно вести крупное промышленное семеноводство гибридной кукурузы. Цель исследований – определение реакции новых самоопыленных линий кукурузы в стерильной цитоплазме парагвайского типа, группировка линий по составу генов-восстановителей фертильности на основе оптимального количества анализирующих скрещиваний. Полевые опыты проводили в 2016–2019 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской»». Для получения гибридных комбинаций использован метод полных топкроссов (восемь тестеров и десять линий). Новые раннеспелые и среднеспелые самоопыленные линии кукурузы (I₆), созданные в АНЦ «Донской», сгруппированы по составу аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского («С») типа ЦМС на основе характера цветения тесткроссных гибридов F₁. К первой группе отнесена линия СП 207 (генотип rf₄rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆), второй – линия СП 209 (генотип rf₄rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆), третьей – линия СП 194 (генотип rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆), четвертой – линия СП 198 (генотип Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆), пятой – линии СП 203 и СП 195 (генотип rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆), шестой – линия СП 206 (генотип Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆), седьмой – линия СП 180 (генотип Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆), восьмой – линии СП 210 и СП 197 (генотип Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆). Наибольшую практическую ценность при переводе гибридов кукурузы на стерильную основу представляют линии: СП 207 – полный закрепитель стерильности, СП 210 и СП 197 – константные естественные восстановители фертильности. С целью оптимизации количества анализируемых скрещиваний для группировки линий кукурузы по составу аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского типа ЦМС необходимо использовать стерильные источники: КР 21С (IV группа), WF9С (V группа), LC (VI группа), W401С (VII группа). Минимальное количество анализаторов, позволяющее определить реакцию линии на парагвайский тип стерильности должно быть не менее двух. При этом требуется использовать стерильные источники определенных классов: КР 21С (группа IV) и Гб834 С (группа I).

Ключевые слова: кукуруза (*Zea mays* L.), линия, парагвайский тип ЦМС, анализирующие скрещивания, рецессивный аллель, доминантный аллель, стерильность, фертильность.

Введение

Учитывая, что в российском и зарубежном сельскохозяйственном производстве выращивают преимущественно высокогетерозисные гибриды кукурузы, а не сорта, использование ЦМС для кукурузы имеет важнейшее значение.

ЦМС используют и у других сельскохозяйственных культур, в частности при создании сорго-суданковых гибридов [1].

В Российской Федерации невозможно крупное промышленное семеноводство гибридной кукурузы без применения ЦМС. Закладка участков гибридизации на стерильной основе значительно упрощает выращивание семян и снижает затраты [2]. Перевод гибридов кукурузы на стерильную основу – предпочтительное условие внедрения их в производство, для этого необходимо создание стерильных аналогов и аналогов восстановительной фертильности. Один из важнейших этапов перевода

гибридов на стерильную основу – оценка реакции самоопыленных линий кукурузы на стерильную цитоплазму [3].

Иностранные фирмы производят семена гибридной кукурузы преимущественно на фертильной основе. Тем не менее, они проявляют интерес к возможности использования ЦМС, ведут научно-исследовательские работы по стерильности [4]. Выявлена различная стабильность проявления стерильности у разных типов ЦМС [5]. Посевы кукурузы смеси стерильных и фертильных растений в условиях дефицита влаги и азота повышали урожай зерна в сравнении с посевами, имеющими полностью фертильные растения [6, 7].

В последнее время возрастает значение парагвайского («С») типа ЦМС для гетерозисной селекции кукурузы. Генетический контроль парагвайского типа ЦМС осуществляется тремя доминантными комплементарными генами-восстановителями фертильности: Rf₄, Rf₅, Rf₆ [8, 9].

Идентификация самоопыленных линий кукурузы в отношении генов восстановления фертильности парагвайского типа имеет большое теоретическое и практическое значение [10]. По составу аллелей генов-восстановителей фертильности различают восемь групп. В литературе нет четких рекомендаций по количеству требующихся анализирующих скрещиваний необходимых для проведения группировки.

Цель исследований – оценка реакции новых самоопыленных линий кукурузы в стерильной цитоплазме парагвайского типа, группировка линий по составу аллелей генов-восстановителей фертильности на основе оптимального количества анализирующих скрещиваний.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016–2019 гг. в Аграрном научном центре «Донской», расположенном в умеренно-континентальном климате с неустойчивым увлажнением, лимитирующий фактор – влагообеспеченность. Почва опытного участка – обыкновенный чернозем, мощностью 120 см, с содержанием гумуса 3,5–4,4 % [11]. В качестве исходного материала использованы 10 новых раннеспелых и среднеранних самоопыленных линий кукурузы (I₆), созданных в АНЦ «Донской». Анализаторами взяты восемь самоопыленных линий со стерильной цитоплазмой и известным составом аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского типа ЦМС: Г6834 С (rf₄rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆), R811 С (rf₄rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆), 149 С (rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆), КР 21 С (Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆), WF9 С (rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆), L С (Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆), W410 С (Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆), V158 СВ (Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆) [12]. Анализаторы интродуцированы из Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы (ВНИИК).

В 2016 г. методом топкроссных скрещиваний [13] получено 80 тесткроссных гибридов кукурузы. В качестве тестеров использованы анализаторы. Тесткроссные гибриды F₁ оценены по характеру цветения метелок в 2017–2019 гг. Оценку стерильности и фертильности растений проводили по шкале Гонтаровского [14]. Полноту стерильности и уровень фертильности выражали в классах, классы 0 и 1 относили к стерильным (С), 2 и 3 – к частичнофертильным (Чф), 4 и 5 – фертильным (Ф).

Условия 2016–2017 гг. были средnezасушливыми – ГТК = 0,87–0,89, а 2018–2019 гг. – засушливыми – ГТК = 0,32–0,58.

Результаты и их обсуждение

Тесткроссные гибриды, полученные от скрещивания новых самоопыленных линий кукурузы с источниками стерильности парагвайского типа ЦМС, различались по характеру цветения метелок (таблица 1), только у самоопыленной линии СП 207 все тесткроссы отличались стерильностью (кл. 0). Тесткроссы линии СП 209 также

имели полную стерильность (кл. 0), за исключением комбинации W401C × СП 209, у которой отмечена фертильность высокого уровня (кл. 5).

У линии СП 194 фертильное потомство (кл. 5) получено в скрещивании с источником стерильности LC, а в остальных скрещиваниях гибриды F₁ оказались полностью стерильны (кл. 0, 1). Полную стерильность (кл. 0) наблюдали во всех анализирующих скрещиваниях линии СП 198, за исключением анализатора WF9C, в скрещивании с которым, получено потомство высокого уровня фертильности (кл. 4, 5).

Таблица 1 – Результаты оценки цветения метелок тесткроссных гибридов кукурузы F₁ (2017–2019 гг.)*

Самоопыленная линия	Анализатор							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Гб 834C	R811C	149C	Kp21C	WF9C	LC	W401C	V158CB
	---	--+	-+-	+-	-++	+ - +	+++	+++
СП 207	С	С	С	С	С	С	С	Ф
СП 209	С	С	С	С	С	С	Ф	Ф
СП 194	С	С	С	С	С	Ф	С	Ф
СП 198	С	С	С	С	Ф	С	С	Ф
СП 203	С	С	С	Ф	С	Ф	Ф	Ф
СП 195	С	С	С	Ф	С	Ф	Ф	Ф
СП 206	С	С	Ф	С	Ф	С	Ф	Ф
СП 180	С	Ф	С	С	Ф	Ф	С	Ф
СП 210	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф
СП 197	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф

Примечание. * С – стерильные, Ф – фертильные, «-» – наличие рецессивного аллеля, «+» – наличие доминантного аллеля.

Тесткроссные гибриды линий СП 203 и СП 195, полученные от скрещивания с анализаторами Гб834С, R811С, 149С и WF9С, характеризовались полной стерильностью (кл. 0, 1), а от скрещивания с анализаторами Kp21С, LC и W401С – фертильностью (кл. 4, 5). Восстановление фертильности (кл. 5) происходило в скрещиваниях линии СП 206 с анализаторами 149С, WF9С и W 401 С, а закрепление стерильности (кл. 0) с анализаторами Гб 834С, R 811С, KР 21С и LC. Тесткроссные гибриды линии СП 180 (R811С × СП 180, WF9С × СП180 и LC × СП 180) – были фертильны (кл. 5), а остальные (Гб834С × СП 180, 149С × СП 180, Kp21С × СП 180 и W401С × СП 180) – стерильны. Самоопыленные линии СП 210 и СП 197 отличались от других тем, что во всех анализирующих скрещиваниях имели потомство высокого уровня фертильности (кл. 4, 5). Анализатор V158CB, имеющий стерильную цитоплазму и все гены-восстановители в доминантном состоянии, характеризовался фертильностью (не был источником стерильности) и потомство от скрещивания его со всеми изучаемыми линиями оказалось фертильным (кл. 4, 5).

Анализируя характер цветения тесткроссов новых самоопыленных линий кукурузы, полученных с участием всех стерильных анализаторов, зная состав аллелей генов-восстановителей у анализаторов и основываясь на современных представлениях о генетическом контроле парагвайского типа ЦМС, мы провели группировку линий по составу аллелей генов-восстановителей. Полное восстановление фертильности парагвайского типа ЦМС происходит только при наличии в генотипе трех генов-восстановителей (Rf₄, Rf₅, Rf₆) в доминантном состоянии. Например, если у какой-либо линии в доминантном состоянии представлен ген Rf₆, а остальные – в рецессивном, то полное восстановление фертильности будет происходить только при скрещивании с анализатором, имеющим в доминантном состоянии гены Rf₄ и Rf₅ (таблица 2).

Таблица 2 – Группировка самоопыленных линий кукурузы по составу аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского типа ЦМС (2018–2019 гг.)*

Самоопыленная линия	Гены-восстановители фертильности в генотипе			Группа
СП 207	rf ₄ rf ₄	rf ₅ rf ₅	rf ₆ rf ₆	I
СП209	rf ₄ rf ₄	rf ₅ rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	II
СП 194	rf ₄ rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	rf ₆ rf ₆	III
СП 198	Rf ₄ Rf ₄	rf ₅ rf ₅	rf ₆ rf ₆	IV
СП 203	rf ₄ rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	V
СП 195	rf ₄ rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	V
СП 206	Rf ₄ Rf ₄	rf ₅ rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	VI
СП 180	Rf ₄ Rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	rf ₆ rf ₆	VII
СП 210	Rf ₄ Rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	VIII
СП 197	Rf ₄ Rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	VIII

Примечание. * rf – гены-восстановители фертильности в рецессивном состоянии, Rf – гены-восстановители фертильности в доминантном состоянии.

К полным закрепителям стерильности парагвайского типа отнесена линия СП 207, генотип оцениваемой линии представлен только рецессивными генами-восстановителями rf₄ rf₄ rf₅ rf₅ rf₆ rf₆ (группа I). Эту линию следует отнести к наиболее ценным для перевода гибридов кукурузы на стерильную основу. Она является надёжным естественным закрепителем стерильности парагвайского типа ЦМС. В скрещивании с любыми стерильными формами такая линия будет закреплять стерильность, создание стерильного аналога линии не сопряжено с какими-либо сложностями. Неполные закрепители стерильности – линии СП 209, СП 194, СП 198. Они различались по составу аллелей генов-восстановителей: у линии СП 209 – генотип rf₄ rf₄ rf₅ rf₅ Rf₆ Rf₆ (группа II), у линии СП 194 – генотип rf₄ rf₄ Rf₅ Rf₅ rf₆ rf₆ (группа III), у линии СП 198 – генотип Rf₄ Rf₄ rf₅ rf₅ rf₆ rf₆ (группа IV). Вариабельными восстановителями фертильности являются новые самоопыленные линии СП 203 и СП 195, генотип rf₄ rf₄ Rf₅ Rf₅ Rf₆ Rf₆ (группа V). Генотип линии СП 206 – Rf₄ Rf₄ rf₅ rf₅ Rf₆ Rf₆ (группа VI), а линии СП 180 – Rf₄ Rf₄ Rf₅ Rf₅ rf₆ rf₆ (группа VII), они также могут быть отнесены к вариабельным восстановителям фертильности. Такие линии в скрещивании с одними источниками стерильности полностью восстанавливают фертильность, а с другими – закрепляют стерильность.

Наибольшую практическую ценность представляют новые самоопыленные линии кукурузы СП 210 и СП 197, которые являются константными восстановителями фертильности парагвайского типа ЦМС, генотип Rf₄ Rf₄ Rf₅ Rf₅ Rf₆ Rf₆ (группа VIII). Они являются естественными восстановителями, которые будут восстанавливать фертильность парагвайского типа ЦМС в скрещивании с любыми стерильными формами.

Результаты проведённых исследований позволяют заключить, что для группировки самоопыленных линий кукурузы по составу аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского типа ЦМС не обязательно скрещивать линии с анализаторами всех восьми групп. Достаточно выполнить анализирующие скрещивания с четырьмя стерильными источниками и оценить тесткроссные гибриды по фертильности. Однако обязательно должны быть использованы анализаторы, относящиеся к определённым группам – IV, V, VI и VII (таблица 3).

Только использование анализаторов, относящихся к этим группам (Kp21C, WF9C, LC и W401C), позволит оптимизировать количество необходимых анализирующих скрещиваний уменьшив объем в два раза, и при этом получить достаточно информации о реакции линии на парагвайский тип стерильности и группировки их по составу аллелей генов-восстановителей фертильности.

Таблица 3 – Поведение новых самоопыленных линий кукурузы в стерильной цитоплазме парагвайского типа (2018–2019 гг.)*

Самоопыленная линия	Анализатор				Группа
	IV	V	VI	VII	
	Kp21C	WF9C	LC	W401C	
	+ - -	- + +	+ - +	+ + -	
СП 207	С	С	С	С	I
СП 209	С	С	С	Ф	II
СП 194	С	С	Ф	С	III
СП 198	С	Ф	С	С	IV
СП 203	Ф	С	Ф	Ф	V
СП 206	С	Ф	С	Ф	VI
СП 180	С	Ф	Ф	С	VII
СП 210	Ф	Ф	Ф	Ф	VIII

Примечание. * С – стерильные, Ф – фертильные, «-» – наличие рецессивного аллеля, «+» – наличие доминантного аллеля.

Важно знать, какое минимальное количество анализирующих скрещиваний требуется выполнить, чтобы получить информацию о реакции самоопыленных линий кукурузы на стерильность парагвайского типа ЦМС и какие источники стерильности использовать. В 2011–2019 гг., используя в качестве тестеров те же восемь источников стерильности и метод топкроссов, классифицировано 30 самоопыленных линий кукурузы, половина из них (15) отнесена к V и VIII группам (рисунок 1).

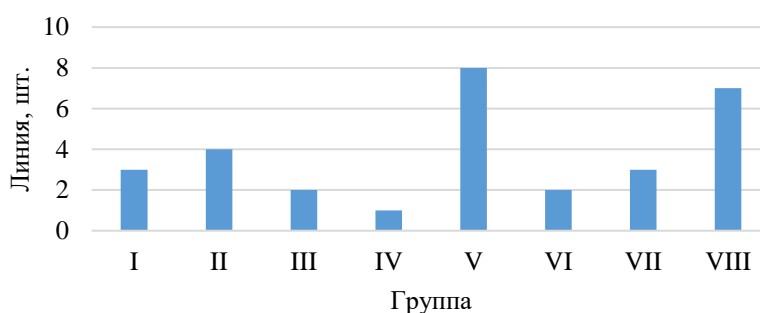


Рисунок 1 – Распределение самоопыленных линий кукурузы по группам (2011–2019 гг.)

Учитывая наибольшую распространенность линий групп V и VIII, важнейшее значение имеют те скрещивания, которые позволяют идентифицировать эти линии. Для проведения таких анализирующих скрещиваний должны быть взяты два стерильных источника: Kp21C (группа IV) и Гб 834 С (группа I).

Выводы

Новые самоопыленные линии кукурузы изучены по генам-восстановителям фертильности парагвайского типа ЦМС. К полным закрепителям стерильности отнесена линия СП 207 (группа I), к неполным закрепителям стерильности – СП 209 (группа II), СП 194 (группа III), СП 198 (группа IV); переменными восстановителями фертильности являются линии: СП 203, СП 195 (группа V), СП 206 (группа VI), СП 180 (группа VII); константными восстановителями – СП 210 и СП 197 (группа VIII). Для оптимизации количества анализирующих скрещиваний могут быть использованы стерильные источники: Kp 21C (группа IV), WF9 С (группа V), LC (группа VI), W401C (группа VII). Минимальное количество анализаторов, позволяющее оценить реакцию линии на парагвайский тип ЦМС, должно быть не менее двух (Kp21 С и Гб 834 С).

Литература

1. Шишова Е. А., Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е. Создание и хозяйственно-биологическая характеристика сорго-суданковых гибридов // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 2 (62). С. 27–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.
2. Сотченко В. С. Современная технология возделывания кукурузы. М.: РосАгроХим, 2009. 127 с.
3. Кривошеев Г. Я. Стерильные тестеры для определения реакции самоопыленных линий кукурузы на молдавский тип ЦМС // *Зерновое хозяйство России*. 2009. № 6. С. 27–29.
4. Wang D., Adams C. M., Fernandes J. F., Egger R. L., Walbot V. A low molecular weight proteome comparison of fertile and male sterile 8 anthers of *Zea mays* // *Plant Biotechnology Journal*. 2012. Vol. 10. Iss. 8. P. 925–935. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2012.00721.x
5. Weider C., Stamp P., Christov N., Husken A., Foueillassar X., Camp K., Munsch M. Stability of cytoplasmic male sterility in maize under different environmental conditions // *Crop Science*. 2009. Vol. 49. Iss. 1. P. 77–84. DOI: 10.2135/cropsci2007.12.0694.
6. Fox T., DeBruin J., Collet K. H., Trimmell M., Clapp J., Leonard A., Li B., Scolaro E., Collinson S., Glassman K., Mille M., Schussler J., Dolan D., Liu L., Gho C., Albertsen M., Bo Shen D. L. A single point mutation in *Ms44* results in dominant male sterility and improves nitrogen use efficiency in maize // *Plant Biotechnology Journal*. 2017. Vol. 15. Iss. 8. P. 942–952. DOI: 10.1111/pbi.12689.
7. Loussaert D., DeBruin J., San Martin J. P., Schussler J., Pape R., Clapp J., Mongar N., Fox T., Albertsen M., Trimmell M., Collinson S., Shen B. Genetic male sterility (*Ms44*) increases maize grain yield // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 5. P. 2718–2728. DOI: 10.2135/cropsci2016.08.0654.
8. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Восстановительная и закрепительная способность линий кукурузы в стерильной цитоплазме «М» и «С» типов ЦМС // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 2 (62). С. 36–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-38-41.
9. Горбачева А. Г. Селекционные и генетические аспекты использования мужской стерильности. Автореф. дисс. ... д-ра с-х наук. Санкт-Петербург: Институт растениеводства имени Н. И. Вавилова, 2007. 48 с.
10. Кривошеев Г. Я. Идентификация самоопыленных линий кукурузы по составу аллелей // *Научный журнал КубГАУ*. 2015. № 114 (10). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/54.pdf> (дата обращения 10.08.2020).
11. Бельтюков Л. П. Сорт, технология, урожай. Ростов-на-Дону: «Терра – Принт», 2007. 160 с.
12. Кривошеев Г. Я. Классификация линий кукурузы по составу аллелей генов восстановителей фертильности «С» типа ЦМС // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 2 (62). С. 39–42.
13. Вольф В. П., Литун П. П. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков, 1980. 76 с.
14. Гонтаровский В. А. Генетическая классификация источников цитоплазматической мужской стерильности кукурузы // *Генетика*. 1971. № 9. С. 22–30.

References

1. Shishova E. A., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E. Development and economic-biological characteristics sorghum-sudan hybrids // *Grain Economy of Russia*. 2019. No. 2 (62). P. 27–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.
2. Sotchenko V. S. Modern technology of maize cultivation. Moscow: RosAgroKhim, 2009. 127 p.
3. Krivosheev G. Ya. Sterile testers for reaction determining of maize self-pollination lines on Moldova type CMS // *Grain Economy of Russia*. 2009. No. 6. P. 27–29.
4. Wang D., Adams C. M., Fernandes J. F., Egger R. L., Walbot V. A low molecular weight proteome comparison of fertile and male sterile 8 anthers of *Zea mays* // *Plant Biotechnology Journal*. 2012. Vol. 10. Iss. 8. P. 925–935. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2012.00721.x.
5. Weider C., Stamp P., Christov N., Husken A., Foueillassar X., Camp K., Munsch M. Stability of cytoplasmic male sterility in maize under different environmental conditions // *Crop Science*. 2009. Vol. 49. Iss. 1. P. 77–84. DOI: 10.2135/cropsci2007.12.0694.
6. Fox T., DeBruin J., Collet K. H., Trimmell M., Clapp J., Leonard A., Li B., Scolaro E., Collinson S., Glassman K., Mille M., Schussler J., Dolan D., Liu L., Gho C., Albertsen M., Bo Shen D. L. A single point mutation in *Ms44* results in dominant male sterility and improves nitrogen use efficiency in maize // *Plant Biotechnology Journal*. 2017. Vol. 15. Iss. 8. P. 942–952. DOI: 10.1111/pbi.12689.
7. Loussaert D., DeBruin J., San Martin J. P., Schussler J., Pape R., Clapp J., Mongar N., Fox T., Albertsen M., Trimmell M., Collinson S., Shen B. Genetic male sterility (*Ms44*) increases maize grain yield // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 5. P. 2718–2728. DOI: 10.2135/cropsci2016.08.0654.

8. Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S. Reconstructive and stabilizing ability of the maize lines in sterile cytoplasm “M” and “C” types of CMS // Grain Economy of Russia. 2019. No. 2 (62). P. 38–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-38-41.
9. Gorbacheva A. G. Breeding and genetic aspects of the use of male sterility. Author’s abstract diss. ... Dr. Sc. (Agr.). Saint-Petersburg: Vavilov Institute of Plant Industry, 2007. 48 p.
10. Krivosheev G. Ya. Identification of maize lines according to the content of alleles of “C” type fertility – restorer genes // Scientific journal of KubSAU. 2015. No. 114 (10). [Electronic resource]. Access point: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/54.pdf>. (reference’s date 08.10.2020).
11. Belyukov L. P. Variety, technology, yield. Rostov-on-Don: “Terra – Print”, 2007. 160 p.
12. Krivosheev G. Ya. Classification of maize lines according to the content of alleles of ‘C’ type fertility-restorer genes // Grain Economy of Russia. 2019. No. 2(62). P. 39–42.
13. Volf V. P., Litun P. P. Methodical recommendations on the use of mathematical methods to analyze experimental data on the study of combining ability. Kharkov, 1980. 76 p.
14. Gontarovskiy V. A. Genetic classification of sources of cytoplasmic male sterility of maize // Genetika. 1971. No. 9. P. 22–30.

UDC 633.15:631.52

Krivosheev G. Ya.

RESPONSE OF THE NEW SELF-POLLINATED MAIZE LINES ON THE PARAGUAY TYPE OF CMS

Summary. *It is extremely important to study cytoplasmic male sterility (CMS) in maize since it is impossible to conduct large-scale commercial seed production of hybridized maize without CMS. The purpose of the current study was to identify the response of the new self-pollinated maize lines in a sterile cytoplasm of the Paraguay type, to group the lines according to the composition of fertility restoring genes based on an optimal quantity of the analyzed crossings. The field trials were carried out in 2016–2019 in the State Scientific Establishment “Agricultural research center “Donskoy”” (SSE “ARC “Donskoy”). To obtain hybrid combinations, the method of full top-crosses, namely eight testers and ten lines, was used. The new early-ripening and mid-ripening self-pollinated maize lines (I₆), developed in the ARC “Donskoy”, were grouped according to the composition of the alleles of fertility restoring genes of the Paraguay (“C”) type of CMS based on the flowering pattern of the test cross F₁ hybrids. The first group included the line SP 207 (genotype rf₄rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆); the second group included the line SP 209 (genotype rf₄rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆); the third group included the line SP 194 (genotype rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆); the fourth group included the line SP 198 (genotype Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆); the fifth group included the lines SP 203 and SP 195 (genotype rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆); the sixth group included the line SP 206 (genotype Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆); the seventh group included the line SP 180 (genotype Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆); the eighth group included the lines SP 210 and SP 197 (genotype Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆). The lines SP 207, SP 210 and SP 197 were of the greatest practical value when converting maize hybrids to a sterile base: the line SP 207 was a complete sterility fixer; the lines SP 210 and SP 197 were constant natural fertility restorers. In order to optimize the quantity of the analyzed crossings for grouping the maize lines according to the composition of the alleles of fertility restoring genes of the Paraguay (“C”) type of CMS, it was necessary to use such sterile sources as KR 21C (group IV), WF9C (group V), LC (group VI), W401C (group VII). The minimum quantity of analyzers to determine the response of the lines on the Paraguay type of CMS should be at least two. However, it was necessary to use sterile sources of certain classes, such as KR 21C (group IV) and Gb834 C (group I).*

Keywords: *maize (Zea mays L.), line, Paraguay type of CMS, analyzed crossings, recessive allele, dominant allele, sterility, fertility.*

Кривошеев Геннадий Яковлевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru.

Krivosheev Gennady Yakovlevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory for maize breeding and seed production, SSE «Agricultural research center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.08.2020.

Дата принятия к печати – 12.10.2020