

УДК 631.527:633.15

UDC 631.527:633.15

АНАЛИЗ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ И ТЕСТЕРОВ КУКУРУЗЫ

ANALYSIS OF COMBINING ABILITY OF NEW INBREEDING LINES AND TESTERS OF CORN

Анашенков Сергей Сергеевич
аспирант
*КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко
Россельхозакадемии, Краснодар, Россия*

Anashenkov Sergey Sergeevich
postgraduate student
*Krasnodar agricultural research institute of P.P.
Lukianenko RAAS, Krasnodar, Russia*

В статье отражены результаты экспериментальных исследований в области гетерозисной селекции кукурузы. Определена общая (ОКС) и специфическая (СКС) комбинационная способность нового исходного материала. Выделены ценные самоопыленные линии и тестеры кукурузы. Очерчены перспективы использования выделенного материала в гетерозисной селекции

The article reflects the results of experimental studies in heterosis breeding of corn. Defined the common (CCA) and specific (SCA) combining ability of the new material. Obtained the valuable inbreeding lines and testers of corn. The prospects are identified for the use of the selected material in heterosis breeding

Ключевые слова: КУКУРУЗА, ЛИНИЯ, ГИБРИД, ТЕСТЕР, ТЕСТКРОССЫ, КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ, ЭФФЕКТЫ (ОКС), ВАРИАНСЫ (СКС)

Keywords: CORN, LINE, HYBRID, TESTER, TESTKROSSY, COMBINING ABILITY, EFFECT (CMR), VARIANCE (SCS)

Кукуруза – одна из самых распространенных и ценных зернофуражных культур в мировом земледелии. Среди злаков по универсальности использования эта культура не имеет себе равных. По валовым сборам зерна она занимает второе место и третье – по посевным площадям в мире [9].

Увеличение производства зерна и силосной массы кукурузы в значительной степени зависит от создания и внедрения в производство новых высокогетерозисных гибридов, пригодных к механизированной уборке.

Необходимым требованием к исходному материалу со стороны селекции на гетерозис является в числе прочих и подбор форм по наследственным факторам, определяющим КС. Изначально само понятие и методы ее определения были изучены в ходе гетерозисных исследований кукурузы.

Практически доказанным считается эффективность комбинационной оценки самоопыленных линий, с ее помощью создано большое количество гибридов, выделены ценные инбредные линии. Считается доказанной и

высокая наследуемость КС. В этой связи методы определения комбинационной способности имеют большое значение для предварительной оценки исходного материала и дальнейшего его использования в различных селекционных программах. Такая процедура позволяет концентрировать усилия на материале, обладающем, наряду с ценными хозяйственно-полезными признаками, еще и высокой КС. Этот прием следует рассматривать как один из путей сокращения продолжительности селекционного процесса, особенно, при использовании исходного материала с закрытой или неизвестной родословной. Вместе с тем подобранные для скрещивания на основе КС пары могут стать основой для комбинаторики линий в простых и двойных межлинейных гибридах [5].

В практике оценки КС исходного материала применяются в основном методы диаллельных и топкроссных скрещиваний [9]. Метод диаллельных скрещиваний считается более информационным, позволяет установить одновременно ОКС и СКС конкретных форм [2;6 и др.]. Топкроссный метод оценки КС, как наиболее экономичный, наиболее широко распространен в селекционной практике. При этом В.З. Пакудин [4] отмечает, что в топкроссных скрещиваниях достигается практически та же степень полноты информации, как и в диаллельных скрещиваниях.

Вопрос критериев при выборе тестера является одним из дискуссионных в гетерозисной селекции. Полемику, не затрагивая, остановимся на мнении Л.А. Тарутиной, Л.В. Хотылевой [7], считающих что «весьма полезными при выборе тестера оказывается знание их собственной генетической детерминации. В случае преимущественно аддитивных эффектов тестер обеспечивает достаточно точное разграничение анализируемых генотипов в соответствии с их генотипической структурой независимо от урожайных качеств самого тестера» и отметим, что использование гибридов-анализаторов является вполне допустимым [1].

До последнего времени, несмотря на несомненную практическую ценность, изучению КС кукурузы в отечественной литературе уделяется не достаточно внимания. Среди единичных сообщений на эту тему можно привести работу ученых КНИИСХ [8]. Подобные отчеты также представил целый ряд иностранных ученых.

С учетом актуальности данного вопроса на Северокубанской сельскохозяйственной опытной станции КНИИСХ была организована селекционная работа, целью которой являлось изучение общей и специфической комбинационной способности исходного материала. Особое внимание при этом уделялось генетической разнокачественности подбираемых для скрещивания линий и тестеров.

Методика. Исследования проводили на научном поле Северокубанской сельскохозяйственной опытной станции КНИИСХ. Агротехнические приемы по выращиванию кукурузы в опытах соответствовали рекомендациям, изложенным в «Методике полевых опытов с кукурузой ВНИИ кукурузы» (1980).

Исходным материалом послужили десять новых раннеспелых самоопыленных линий кукурузы (RA-480; RA-399; RA-31; RA-325; S-22; S-11; RA-212; S-4; RA-145; RA-703). В качестве тестеров использовались гибриды: (RA159C×RA1011); (RA228M × HMv5138); (PHG29M × RA2030), полученные на основе линий гетерозисной группы Айодент (RA159C, RA228M; PHG29M), и линии, относящиеся к гетерозисной группе Ланкастер (RA1011, HMv5138, RA2030) – селекции Германии.

В качестве стандарта был взят районированный раннеспелый гибрид Краснодарский 194МВ. Скрещивания самоопыленных линий с тестерами были проведены в 2009 г. Полученные тесткроссные гибриды в 2010–2011 гг. изучались в контрольном питомнике. Для оценки комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы использовали метод полных топкроссов, изложенный в «Методических рекомендациях» [1]. Оцен-

ка комбинационной способности проводилась по признаку «урожайность зерна».

Метеорологические условия по гидротермическому режиму оказались неблагоприятными для роста и развития растений кукурузы в период исследований. В этой связи засушливые погодные условия в годы исследований послужили хорошим фоном для выделения самоопыленных линий кукурузы, обладающих высокой комбинационной способностью в засушливых условиях.

Результаты. Оценка комбинационной способности 10 новых линий и 3 тестеров кукурузы проводилась по данным урожайности 30 гибридов, полученных в результате их скрещивания. Повторность 3-кратная (из-за громоздкости данных урожайности гибридов на 90 делянках таблица не приводится, а также опускается расчет дисперсионного анализа).

Дисперсионный анализ поделяночных урожаев показал наличие значимых ($F_{факт.} > F_{теор.}$) различий между гибридами по урожайности, поэтому необходимо оценить источники варьирования урожая, исходя из предположения о том, что линии и тестеры обладают различной комбинационной способностью (табл. 1).

Таблица 1 – Дисперсионный анализ первичных данных

Дисперсия	Суммы квадратов отклонений С	Степень свободы v	Средний квадрат отклонений, σ^2	Критерий F	
				Fфакт.	F 0,01
Общая	46,8	89	-	-	-
Повторений	0,03	2	-	-	-
Гибридов	46,1	29	1,58	118,2	1,78
Ошибки	0,78	58	0,01	-	-

Различия между исходными формами по КС оказались также достоверными на высоком уровне значимости, так как $F_{факт.} > F_{теор.}$ (табл. 2).

На основании этого следует перейти к вычислению оценок эффектов комбинационной способности, то есть вычислить эффекты ОКС линий и тестеров и эффект взаимодействия «линия – тестер» или СКС.

Таблица 2 – Дисперсионный анализ комбинационной способности

Дисперсия	Суммы квадратов отклонений, С	Степень свободы, v	Средний квадрат отклонений σ^2	Критерий F	
				Fфакт.	F 0,05
Общая	6,89	9	0,76	171	2,04
Повторений	0,44	2	0,22	49,4	3,16
Гибридов	8,02	18	0,44	99,4	1,79
Ошибки	0,26	58	0,01		

Оценки эффектов ОКС, констант СКС и варианс СКС отдельных форм дают представление об относительной важности генов, контролирующих развитие отдельного признака, и позволяют конкретизировать пути использования изучаемых родительских форм.

Общую комбинационную способность линий и тестеров определяли по величине оценок эффектов ОКС(G_i) (рис.1).

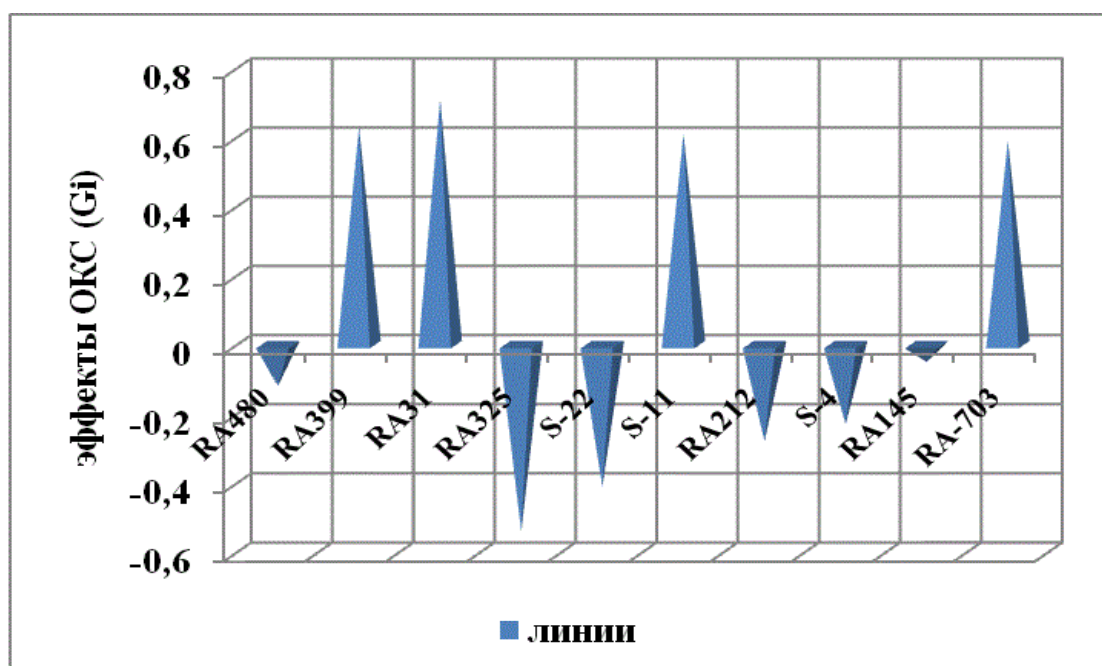


Рисунок 1 – Оценка эффектов ОКС (G_i) самоопыленных линий кукурузы по признаку «урожайность зерна» (в среднем за 2010–2011г.)

В ходе анализа результатов оценок ОКС по признаку «урожайность зерна» отметим, что высокую оценку эффектов ОКС при $НСР_{05} = 0,35$ имеют линии: RA-399; RA-31; S-11; RA-703 и относятся к первому рангу. Эти линии представляют несомненную практическую ценность как исходный материал для гетерозисной селекции. Средние величины эффектов ОКС имеют самоопыленные линии: RA-480 и RA-145. Они относятся ко второму рангу, и целесообразность их дальнейшего использования в селекционном процессе будет зависеть от величины специфической комбинационной способности. Самоопыленные линии RA-325; S-22; RA-212; S-4 с низкими оценками эффектов ОКС по признаку продуктивности отнесены к третьему рангу и подлежат выбраковке.

При определении ОКС тестеров (рис. 2) высокая и стабильная оценка ОКС отмечается у тестера (RA159C×RA1011) (+0,51) при $НСР_{05} = 0,23$.

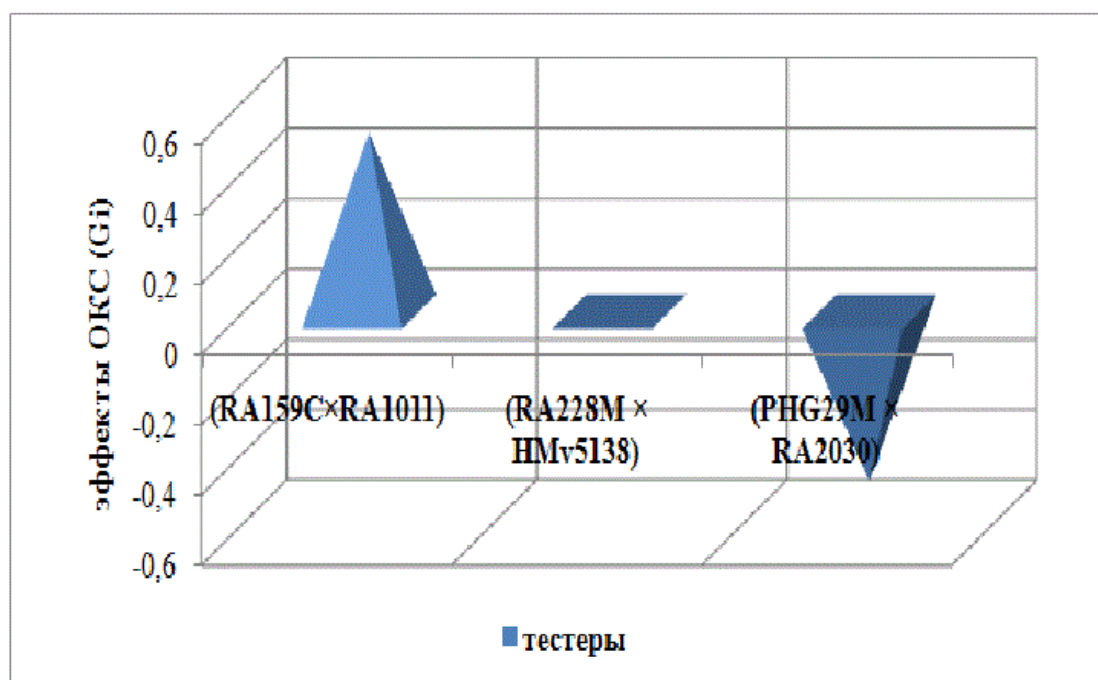


Рисунок 2 – Оценка эффектов ОКС (Gi) тестеров кукурузы по признаку «урожайность зерна» (в среднем за 2010–2011 г.)

Стабильные значения средней величины эффектов ОКС отмечены у тестера (RA228M × HMv5138) (-0,02), а у тестера (PHG29M × RA2030) установлены стабильно низкие эффекты ОКС (-0,48).

В результате анализа ОКС среди изучаемых тестеров наиболее ценным следует считать простой гибрид (RA159C×RA1011) с высокими оценками ОКС, его рекомендуется использовать в селекции высокоурожайных гибридов кукурузы. По совокупности оценок на втором месте тестер (RA228M × HMv5138), а наименее ценен тестер (PHG29M × RA2030) с низкой ОКС.

В наших исследованиях представляет интерес анализ констант и вариантов на основе эффектов СКС по Гриффингу 1956г [10], которые используют для определения СКС линий в конкретной гибридной комбинации (табл. 3). Значения вариантов СКС изученных форм значительно отличаются между собой по «урожайности зерна», что может быть объяснено специфичностью этого признака (его интегральной природой).

Таблица 3 – Константы (S_{ij}) и варианты (σ_{Si}^2) СКС раннеспелых самоопыленных линий кукурузы по признаку «урожайность зерна» (в среднем за 2010–2011 гг.)

Линии	Константы СКС (S_{ij})			$\sum S_{ij}^2$	Вариансы СКС (σ_{Si}^2)
	(RA159C× RA1011) (1)	(RA228M× HMv5138) (2)	(PHG29M× RA2030) (3)		
RA-480	0,28	-0,26	-0,02	0,15	0,07
RA-399	1,02	-0,29	-0,72	1,64	0,82
RA-31	0,99	-0,29	-0,71	1,57	0,78
RA-325	0,16	0,35	-0,51	0,41	0,21
S-22	-1,16	-0,11	1,27	2,97	1,48
S-11	-0,52	0,22	0,31	0,41	0,21
RA-212	-0,15	0,17	-0,02	0,05	0,1
S-4	-0,62	0,06	0,57	0,71	0,4
RA-145	-0,01	0,24	-0,22	0,11	0,05
RA-703	0,01	-0,08	0,07	0,01	0,1
$\sum S_{ij}^2$	4,15	0,52	3,36		$\sum \sigma_{Si}^2 = 3,97$
HCP_{05}	± 0,38				$\sigma_{Si}^2_{\text{сред.}} = 0,39$
σ_{Sj}^2	0,45	0,05	0,36	$\sum \sigma_{Sj}^2 = 0,86$	$\sigma_{Sj}^2_{\text{сред.}} = 0,29$

Средняя варианса СКС (σ_{Si}^2) для анализируемых линий составила (0,39). В этой связи существенно высокими вариансами СКС характеризуются следующие самоопыленные линии: RA-399; RA-31; S-22; S-4 (0,82; 0,78; 1,48 и 0,4, соответственно). Остальные линии отличались низкой СКС. Линии RA-399; RA-31, имеющие высокие оценки эффектов ОКС и варианс СКС, могут служить наилучшим базовым источником при создании простых высокогетерозисных гибридов кукурузы. Самоопыленные линии S11и RA-703 с высокой ОКС и низкой СКС наиболее уместно использовать в скрещиваниях для получения гибридов кукурузы более сложной структуры (двойные межлинейные) или для получения синтетических сортов-популяций. Проблематичным выглядит селекционное использование линий: S-22; S-4; RA-480; RA-145; RA-325; RA-212 с низкой ОКС, а высокие вариансы СКС линий (S-22 и S-4) лишь незначительно увеличивают возможности применения их в практической селекции.

По результатам определения эффектов СКС у тестеров средняя варианса СКС (σ_{Si}^2) составила (0,29), соответственно, существенно высокую СКС имеют тестеры (RA159C×RA1011) и (PHG29M × RA2030), а тестер (RA228M×HMv5138) характеризуется низкой СКС. Тестер (RA159C×RA1011) со стабильно высокими оценками эффектов ОКС и варианс СКС является наиболее ценным и может использоваться в качестве компонента при создании высокогетерозисной синтетической гибридной популяции, а также для непосредственного коммерческого применения.

Высокие вариансы СКС тестера (PHG29M × RA2030) указывают на теоретическую возможность получения высокогетерозисных комбинаций с его участием. Фактически такие комбинации были выявлены с участием линий S-22 и S-4. Для создания синтетических сортов-популяций, как источников самоопыленных линий, наиболее уместно вовлекать в скрещивания такие исходные формы, как гибрид (RA228M×HMv5138) с высокими или средними эффектами ОКС и низкими вариансами СКС.

Анализ полученных данных по признаку «урожайность зерна» гибридов кукурузы с участием новых линий позволил нам также охарактеризовать изучаемые параметры гибридных комбинаций. В результате различные исходные формы имеют неодинаковое соотношение генов с аддитивными и неаддитивными эффектами. В зависимости от оценок эффектов ОКС и вариантов СКС родительских компонентов потенциальное селекционное применение гибридных комбинаций также будет различным.

Можно предположить, что в генетическом контроле проявления признаков продуктивности гибридных комбинаций (PHG29M×R2030)×S22; (PHG29M× RA2030)×S4, определяющую роль играют специфические генные взаимосвязи, обусловленные неаддитивными эффектами взаимодействий. Формирование продуктивности таких гибридных комбинаций, как: (RA159C×R1011)×RA399 и (RA159C×RA1011)×RA31, с высокими константами СКС, в которых участвуют оба родителя с высокими эффектами ОКС, складывается, вероятно, благодаря вкладу как аддитивных, так и неаддитивных факторов.

В этой связи для КСИ можно рекомендовать следующие гибридные комбинации: (RA159C×R1011)×RA399; (RA159C×RA1011)×RA31, а также (PHG29M×R2030)×S22 и (PHG29M× RA2030)×S4 – как высокогетерозисные.

Таким образом, проведенные предварительные оценки эффектов ОКС, констант и вариантов СКС новых линий и перспективных гибридов кукурузы, используемых в качестве тестеров, позволили нам наметить конкретные пути дальнейшего целенаправленного использования изучаемого материала.

Список литературы

1. Галеев Г.С. Методы селекции гибридной кукурузы // Кукуруза. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 80–96.
2. Дремлюк Г.К. Метод оценки комбинационной способности при нерегулярных скрещиваниях // Доклады ВАСХНИЛ. – 1976. – № 1. – С. 10–12.
3. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности / В.Г. Вольф, П.П. Литун // Харьков, 1980. – 74 с.
4. Пакудин В.З. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных и анализирующих скрещиваниях: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 1972.
5. Палилова А.Н. Методы предварительной оценки исходного материала на комбинационную способность / А.Н. Палилова, В.П. Жолудева // Гетерозис: теория и методы практического использования. – Минск: Наука и техника. – 1961. – С. 204–210.
6. Турбин, Н.В. О принципах и методах селекции растений на комбинационную способность / Н.В. Турбин, Л.В. Хотылева // Гетерозис: теория и методы практического использования. – Минск: Наука и техника. – 1961. – С. 59–111.
7. Тарутина Л.А. Изучение изменчивости комбинационной способности кукурузы в зависимости от условий выращивания / Л.А. Тарутина, С.И. Посканная, И.Б. Капуста, Л.В. Хотылева // Сельскохозяйственная биология. – 1991. – № 1. – С. 65–69.
8. Чумак М.В. Комбинационная способность популяций кукурузы различных циклов отбора на раннее цветение / М.В. Чумак, А.И. Супрунов // Кукуруза и сорго. – 2002. – №. – С. 9–12.
9. Югенхеймер Р.У. Кукуруза: Улучшение сортов, производство семян, использование. М: Колос, 1979. 519 с.
10. Griffing В.А. Cjnctpt of generala specific combining ability in relation to dialel crossing systems // Austral. Jour. Biol. Sci. – 1956. – P. 463–493.