

УДК 633.15:631.527:575

АНАЛИЗ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ НОВЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ТЕСТЕРНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ

М. В. КАПУСТЯН, Л. Н. ЧЕРНОБАЙ, Е. В. СИКАЛОВА

*Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева Национальной академии аграрных наук Украины,
г. Харьков, Украина, 61060*

(Поступила в редакцию 12.02.2018)

Проведено изучение комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы селекции Института растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН по продуктивности и ее компонентам. Новые линии созданы на основе исходного материала различного по происхождению и генетической структуре. Проведенные исследования показывают, что эффекты ОКС и СКС у линий в значительной мере изменялись в зависимости от погодных условий года. Анализ параметров показателей комбинационной способности линий позволил выделить ценные образцы со стабильно высокими эффектами ОКС и СКС по изучаемым признакам. Выделены инбредные линии УХС 6, УХЛ 401, УХЛ 402, ПР 8, ХА 309, ХА 406, ХА 308, Харьковская 625, УХС 58, которые вошли в группу с высокой ОКС по нескольким признакам. Изучение комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы различного происхождения по продуктивности и ее основным составляющим позволило нам наметить конкретные пути дальнейшего использования изучаемого материала: для зон с нестабильным влагообеспечением использовать линии ПР 8, УХС 56, УХЛ 401, УХС 11, ХА 406, УХС 58-1, УХС 57, которые имели стабильно высокие эффекты ОКС в 2014–2015 гг. Для зон с благоприятными метеорологическими условиями следует подбирать в селекционные программы линии с изменчивой комбинационной способностью, которые позитивно реагируют на улучшение условий выращивания. Выделены лучшие гибридные комбинации по урожайности зерна, которые превышали стандарт на 20,3–24,6 % в среднеранней и 8,6–17,7 % в среднеспелой группах.

Ключевые слова: кукуруза, самоопыленная линия, тестер, тест-гибрид, комбинационная способность, урожайность.

A study was made of the combinational ability of new self-pollinated maize selection lines of the Institute of Plant Growing named after V.Ia. Iurev of NAAS according to productivity and its components. New lines are created on the basis of the initial material of a different origin and genetic structure. The conducted studies show that the effects of ACS and SCS in the lines largely changed depending on the weather conditions of the year. Analysis of the indicators of combinational ability of the lines made it possible to isolate valuable samples with stably high effects of ACS and SCS according to the traits under study. We have established inbred lines of UHC 6, UHL 401, UHL 402, PR 8, KhA 309, KhA 406, KhA 308, Kharkov 625, UHS 58, which are included in the group with high ACS according to several features. The study of combinational ability of new self-pollinated maize lines of various origins in terms of productivity and its main components allowed us to outline concrete ways of further use of the studied material: for the zones with unstable moisture supply, use the lines PR 8, UHC 56, UHL 401, UHC 11, KhA 406, UHS 58-1, UHS 57, which had stably high effects of ACS in 2014-2015. For zones with favorable meteorological conditions, lines with variable combinational capacity should be selected for breeding programs, which respond positively to the improvement of growing conditions. The best hybrid combinations for grain productivity were distinguished, which exceeded the standard by 20.3-24.6% in the middle-early and 8.6-17.7% in the middle-ripening groups.

Key words: corn, self-pollinated line, tester, test-hybrid, combination ability, yield.

Введение

Современная селекция гибридов кукурузы основана на использовании эффекта гетерозиса, который возникает при определенном уровне гетерозиготности и благоприятном сочетании компонентов скрещивания [1]. Анализ родословных наиболее распространенных гибридов отечественной и зарубежной селекции, а также опыт зарубежных исследователей, показывают значительное сужение генетического потенциала кукурузы из-за привлечения в селекцию родственного материала [2]. Рынок селекционных разработок гибридной кукурузы динамичен и требует поиска новых линий и совершенствования традиционных схем селекции и семеноводства.

Успех улучшения кукурузы путем селекции определяется, в основном, генофондом самоопыленных линий, обладающих комплексом полезных хозяйственных признаков и свойств, в первую очередь высокой урожайности [3]. Важное значение для повышения эффекта гетерозиса при скрещивании имеет подбор исходного материала, который должен соответствовать селекционным требованиям [4]. Решения проблемы расширения

генофонда кукурузы возможно за счет привлечения в селекционные программы экзотических рас кукурузы из Бразилии, Мексики, Перу и других стран [5, 6].

Идентификация новых самоопыленных линий заключается в определении их фенотипа, уровня продуктивности, наличия ценных хозяйственных признаков и гетерозиса, который наблюдается при использовании их в скрещиваниях [7].

Повышению эффективности гибридизации может способствовать использование в качестве компонентов скрещивания линий с высокой комбинационной способностью по основным хозяйственным признакам [8, 9].

Подбор самоопыленных линий с высокой комбинационной способностью имеет важное значение, так как позволяет сконцентрировать усилия на работе с перспективными формами [10]. В гетерозисной селекции кукурузы для определения комбинационной способности исследователи отдают предпочтение методу тесткросса, основанному на системе скрещиваний изучаемых линий с несколькими тестерами [11]. Важное значение имеет правильный выбор тестера. Использование в качестве тестеров форм с высокой комбинационной способностью обеспечивают большую вероятность создания гибридов, способных конкурировать со стандартом [12].

Цель наших исследований – изучение комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы селекции Института растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН, созданных на основе генетически разнообразного исходного материала для использования лучших из них в селекции высокогетерозисных гибридов.

Основная часть

Исследования проведены на протяжении 2014–2015 гг. на полях научного севооборота Института растениеводства им. В. Я. Юрьева в условиях восточной части Лесостепи Украины. Агротехника общепринятая для данной зоны. Погодные условия в период вегетации кукурузы были достаточно контрастными. В 2014 г. метеорологические условия в первой половине вегетации сложились благоприятно для роста и развития растений кукурузы. Так, в мае–июне превышение среднесуточной температуры воздуха от средней многолетней составило 63,3 % и 1,0 %, а количество осадков – 106,8 % и 264,0 % соответственно, что способствовало дружным всходам и интенсивному росту растений на первых этапах. В июле–августе повышенный температурный режим на фоне дефицита влаги в период цветения женских и мужских соцветий оказали неблагоприятное влияние на опыление початков. Теплая и сухая погода в сентябре способствовала быстрому созреванию и низкой уборочной влажности зерна. В 2015 году на протяжении всего периода вегетации кукурузы также наблюдалось превышение среднесуточной температуры воздуха от 5,4 % до 43,1 %. Особенно неблагоприятным было воздействие высокой температуры в сочетании с дефицитом осадков (40 %) в июле и полным их отсутствием в августе в критические периоды развития растений кукурузы: цветение, опыление и налив зерна. В сентябре сохранялась жаркая и сухая погода, превышение температуры от средней многолетней составило 42,8 %, а дефицит осадков – 84,0 %.

В наших исследованиях для определения комбинационной способности (КС) линий использовали систему тесткроссных скрещиваний. Материалом служили 32 новые самоопыленные линии кукурузы, созданные на основе исходного материала различного происхождения и генетической структуре: две линии – на основе элитных зарубежных линий (УХЛ 288, Харьковская 625); три линии – сортов (ДС 81, УХЛ 405, УХС 6); девять – коммерческих гибридов с закрытой родословной (ХА 308, ХА 309, ХА 401, ХА 405, ХА 406, ХА 409, ХА 412, ХА 415, УХЛ 404); четыре – сложного гибрида с участием линии УХ 408 (УХС 58, УХС 58-1, УХС 1008, УХС 57); две – сложного гибрида с участием синтетика BS 16 (УХС 37, УХС 37-1); две – сложного гибрида с участием МО 17 (УХК 438, УХЛ 402); десять линий созданные с участием экзотической зародышевой плазмы (УХС 56, УХС 10, УХС 11, УХЛ 403, Харьковская 688, Харьковская 248, УХЛ 400, УХС 103, ПР 8, УХЛ 401).

В качестве тестеров использовали линии разных гетерозисных плазм – ХА 408 (Айодент), ХА 402 (Рейд), Харьковская 8 (синтетик BS 16). Скрещивания проводили под индивидуальными изоляторами в селекционном питомнике. Полученные гибриды изучали в течение двух лет на делянках площадью 9,8 м² в трехкратной повторности с рендомизацией по повторениям. В качестве стандартов были использованы районированные гибриды разных групп спелости: Днепроvский 181 СВ – раннеспелый, Вымпел МВ – среднеранний, Донор МВ – среднеспелый [13], [14]. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010, Statistica 10. Для анализа параметров комбинационной способности линий по признакам «продуктивность растения», «масса 1000 зерен», «количество зерен на початке», «уборочная влажность зерна» использовали методику П. П. Литуна, М. В. Проскурнина [15].

Анализ результатов испытания тесткроссов, на основе показателей эффектов ОКС исследуемых признаков, свидетельствует о значительной дифференциации линий по уровню КС. Распределение линий на группы ценности проводили с учетом НСР_{0,05}. К группе с высокой (В) КС были отнесены линии, эффекты которых существенно превышали НСР, низкой (Н) – ниже НСР, средней (С) – на уровне НСР (табл. 1).

Проведенные исследования показывают, что эффекты ОКС у линий в значительной мере изменялись в зависимости от погодных условий года. По признаку «продуктивность растения» в группу с высокой ОКС вошло наименьшее количество линий – 12,5 % в 2014 г. и 18,8 % в 2015 г. Большая часть линий – 68,8 % в 2014 году и 56,3 % в 2015 была отнесена к группе со средней ОКС. Аналогичное распределение линий по группам ценности наблюдалось по признаку «масса 1000 зерен».

Таблица 1. Дифференциация линий кукурузы на группы в зависимости от уровня ОКС по ценным хозяйственным признакам

Признак	Количество линий по группам ОКС											
	высокая				средняя				низкая			
	2014 г.		2015 г.		2014 г.		2015 г.		2014 г.		2015 г.	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Продуктивность растения	4	12,5	6	18,8	22	68,8	18	56,3	6	18,8	8	25,0
Масса 1000 зерен	5	15,6	7	21,9	23	71,9	18	56,3	4	12,5	7	21,9
Количество зерен на початке	10	31,3	7	21,9	12	37,5	18	56,3	10	31,3	7	21,9
Уборочная влажность зерна	7	21,9	3	9,4	16	50,0	25	78,1	9	28,1	4	12,5

В группу с высокой ОКС по признаку «количество зерен на початке» вошло десять линий в 2014 году и семь линий в 2015, что составило 31,3 % и 21,9 % соответственно. По признаку «уборочная влажность зерна» ценными являются линии, которые были отнесены в группу с низкой ОКС. Их количество в 2014 году составило 28,1 %, а в засушливом 2015 – снизилось до 12,5 %.

Анализ показателей комбинационной способности линий позволил выделить ценные образцы со стабильно высокими эффектами ОКС по изучаемым признакам, а также линии, которые изменяли ранг по ОКС в зависимости от погодных условий года. В группу с высокой ОКС вошли линия ПР 8 – по признаку «масса 1000 зерен»; линии 56, УХЛ 401, УХС 11 – по признаку «количество зерен на початке», созданные с использованием экзотического материала. Также стабильно высокие эффекты ОКС имели линии ХА 406 (на основе коммерческого гибрида с закрытой родословной) по признаку «количество зерен на початке» и УХС 58-1 (на основе сложного гибрида с участием линии УХ 408) по «массе 1000 зерен». Выделены ценные линии УХЛ 402 (получена с синтетика на основе МО 17), УХС 57 (на основе сложного гибрида с участием линии УХ 408) по признаку «уборочная влажность зерна». Эти линии имели стабильно низкие эффекты ОКС в годы изучения. В нашем опыте линий со стабильно высокими эффектами ОКС по «продуктивности растения» не выявлено.

Так как продуктивность является структурно сложным признаком, то при изучении КС необходимо учитывать характер изменчивости ее составляющих признаков – массы 1000 зерен, количества зерен на початке, уборочной влажности зерна. Нами выделено восемь

инбредных линий, которые вошли в группу с высокой ОКС по нескольким признакам (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика линий разного происхождения с высокой ОКС, 2014–2015 гг.

Название линии	Происхождение	Группа ОКС			
		продуктивно- сть растения	масса 1000 зерен	количество зерен на початке	уборочная влажность зерна
УХС 6	Местный сорт из Венгрии	С-В	В-С	С	С-Н
УХЛ 402	Сложный гибрид с участием МО 17	С-В	С	С	Н
УХЛ 401	Местный сорт из Венгрии	С-В	С-В	В	С
ПР 8	С участием экзотической зародышевой плазмы	С	В	С	В-С
ХА 309	Коммерческий гибрид с закрытой родословной	В-С	С-В	С-Н	С
ХА 406	Коммерческий гибрид с закрытой родословной	Н-В	В	С-Н	С
ХА 308	Коммерческий гибрид с закрытой родословной	С	С-В	Н-С	С
Харьковская 625	СО 140 / F 522	В-С	С	В-С	С
УХС 58	Сложный гибрид с участием линии УХ 408	С-В	Н	В	С

Примечание. Группы ОКС: В – высокая, С – средняя, Н – низкая.

Линия УХЛ 401, созданная на основе местного сорта из Венгрии, сменила среднюю группу ОКС на высокую по продуктивности и массе 1000 зерен в засушливом 2015 году, но имела стабильно высокую группу по количеству зерен на початке. Линия Харьковская 625, в родословную которой вошли линии СО 140 и F 22, имела более высокий ранг ОКС по изучаемым признакам в менее засушливый 2014 год, а в 2015 году характеризовалась средними показателями ОКС.

Изучение характера изменчивости комбинационной способности по продуктивности и ее главным составляющим позволяет вести целенаправленный подбор родительских форм для скрещивания с учетом экологической ориентации гибридов. Для зон с благоприятными метеорологическими условиями следует подбирать в селекционные программы линии с высоким уровнем комбинационной способности, проявившейся в наших условиях в менее засушливый 2014 год; для зон с нестабильным влагообеспечением – использовать линии, которые имели стабильно высокие эффекты ОКС в 2014–2015 гг.

Изучаемые линии различались не только по ОКС и реакции на условия выращивания, но и по СКС. Линии, которые имели стабильно высокие эффекты СКС в оба года изучения, отнесены в группу с высокой СКС, линии со стабильно низкими и средними эффектами отнесены к группам с низкой и средней СКС соответственно. Линии, которые изменили свой ранг в зависимости от погодных условий года, отнесены в группу с изменчивой ОКС.

В группу с высокой СКС по признаку «продуктивность растения» с тестером УХ 408 вошли четыре линии – Харьковская 688, УХС 57, ХА 401, ХА 405 (рис. 1); с тестером УХ 402 две – ХА 409, ХА 412 (рис. 2) и три линии с тестером Харьковская 8 – УХС 11, ХА 308, ХА 406 (рис. 3). Наибольшее количество линий по всем признакам и трем тестерам вошли в среднюю группу СКС. Следует отметить, что наибольшей частотой линий с высокой СКС по изучаемым признакам характеризовался тестер Харьковская 8.



Рис. 1. Распределение линий кукурузы по группам ценности со стабильными эффектами СКС по хозяйственным признакам с тестером ХА 408, 2014–2015 гг.



Рис. 2. Распределение линий кукурузы по группам ценности со стабильными эффектами СКС по хозяйственным признакам с тестером ХА 402, 2014–2015 гг.

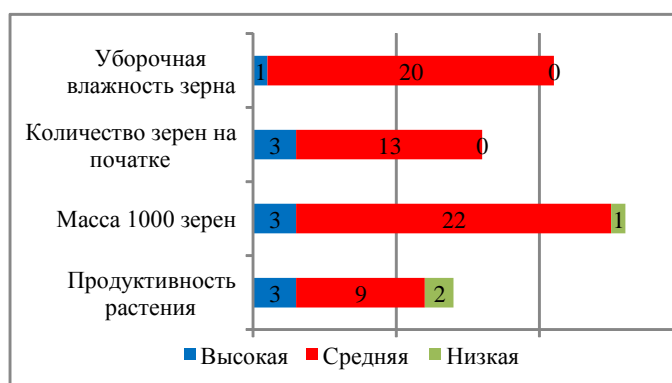


Рис. 3. Распределение линий кукурузы по группам ценности со стабильными эффектами СКС по хозяйственным признакам с тестером Харьковская 8, 2014–2015 гг.

Нами был проведен анализ изменчивости ОКС и СКС по продуктивности и ее основным компонентам в зависимости от условий года, учитывая вклад генотипов линий, тестеров и их взаимодействия в общую изменчивость признака (табл. 3). Вклад генотипа линий был значительным – от 31,38 до 55,12 %, независимо от условий года и признака. Взаимодействие генотипов линий и тестеров, в целом, было выше влияния тестеров. Это свидетельствует о том, что поведение линий в опыте по всем перечисленным признакам оценивалось достоверно и тестеры были подобраны правильно, позволяя раскрыть генотип линий.

Таблица 3. Вклад генотипов линий, тестеров и их взаимодействия в общую изменчивость

Признак	Вклад в общую изменчивость, %					
	линий		тестеров		взаимодействие линий и тестеров	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Продуктивность растения	31,38	51,67	8,76	4,27	59,86	44,06
Масса 1000 зерен	41,89	43,04	3,28	3,03	54,83	53,93
Количество зерен на початке	51,97	52,61	9,45	4,16	38,59	43,23
Уборочная влажность	55,12	36,47	31,21	11,29	13,67	52,24

В связи с тем, что годы исследований характеризовались недостатком влаги и повышенной температурой воздуха, высокие показатели урожайности отдельных тест-гибридов свидетельствуют об их засухоустойчивости. Компенсаторные эффекты на разных уровнях организации сложных количественных признаков этих тест-гибридов в зависимости от воздействия стрессового фактора позволили сохранить высокую урожайность. Выделено шесть высокоурожайных гибридных комбинаций с тестером ХА 402 и шесть – с тестером ХА 408, урожайность зерна лучших тест-гибридов составила 8,3–9,3 т/га. Уровень урожайности тест-гибридов оценивался по сравнению со стандартом в зависимости от группы спелости. В раннеспелой группе максимальное превышение стандарта отмечено у тест-гибрида, полученного от скрещивания линии УХС 58-1, созданной на основе сложного гибрида с участием линии УХ 408, с тестером ХА 402 и составило 1,6 т/га (23,3 %). В среднеспелой группе превышение составило 0,6 – 1,4 т/га (7,5 – 17,7 %). Важно отметить, что в среднеспелой группе шесть тест-гибридов получены от скрещивания линий, созданных на основе коммерческих гибридов с закрытой родословной с тестерами ХА 408, ХА 402.

Тест-гибриды УХЛ 405 / ХА 408, УХС 6 / УХ 402 получены от скрещивания сестренских линий, созданных на основе местного сорта из Венгрии, вошли в разные группы спелости и отличались урожайностью на 0,2 т/га.

Заключение

В результате исследований выделены линии с высокой ОКС по комплексу ценных хозяйственных признаков: УХС 6, УХЛ 402, УХС 6, УХЛ 401, УХЛ 402, ПР 8 ХА 309, ХА 406, ХА 308 ХА 406, Харьковская 625, УХС 58. Анализ показателей комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы различного происхождения по продуктивности и ее основным составляющим позволило нам наметить конкретные пути дальнейшего использования изучаемого материала: в зонах с нестабильным влагообеспечением использовать линии, которые имели стабильно высокие эффекты ОКС

в 2014–2015 гг., а именно – ПР 8 по признаку «масса 1000 зерен», УХС 56, УХЛ 401, УХС 11 – по признаку «количество зерен на початке», которые были созданы с использованием экзотического материала; ХА 406 (на основе коммерческого гибрида с закрытой родословной) – по признаку «количество зерен на початке»; УХС 58-1 (на основе сложного гибрида с участием линии УХ 408) – по массе 1000 зерен. Выделены ценные линии УХЛ 402 (получена с синтетика на основе МО 17), УХС 57 (на основе сложного гибрида с участием линии УХ 408) по признаку «уборочная влажность зерна», которые имели стабильно низкие эффекты ОКС в годы изучения.

Выделены высокоурожайные гибридные комбинации среднеранней и среднеспелой групп, которые превышали стандарты на 20,3–24,6 % и 8,6–17,7 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федько, М. М. Комбінаційна здатність інбредних ліній кукурудзи (*ZEA MAIZE L.*) / М. М. Федько, Н. А. Боженко, О. Р. Юхимович, О. О. Гаврюшенко // Зрошуване землеробство: Збірник наукових праць. – Херсон: Айлант. – 2012. – Вип. 57. – С. 200–2007.
2. Гурьева, И. А. Комбинационная способность линий и сортов кукурузы в тестерных скрещиваниях / И. А. Гурьева // Селекция и семеноводство. – Киев, 1977. – Вып. 34. – С. 43–49.
3. Мустьяца, С. И. Создание, оценка, классификация и использование самоопыленных линий скороспелой кукурузы / С. И. Мустьяца, П. А. Борозан, С. Г. Брума, Г. В. Русу // Материалы научно-практической конференции «Институт растениеводства «Порумбень» – 40 лет научной деятельности» – Paskani, 2014. – С. 70–98.
4. Супрунов, А. И. Успехи в селекции кукурузы / А. И. Супрунов // Земледелие. – 2014. – № 3. – С. 5–6.
5. Гурьев, Б. П. Селекционное использование позднеспелых экзотических форм кукурузы / Б. П. Гурьев, И. А. Гурьева // Селекция и семеноводство. – 1980. – Вып. 44. – С. 8–16.
6. Козубенко, Л. В. Генетико-селекционные аспекты гетерозисной селекции кукурузы / Л. В. Козубенко, Н. М. Чуликов, Т. П. Камышан // Труды по фундаментальной и прикладной генетике. – Х.: Штрих, 2001. – С. 183–196.
7. Hallaur, A. R. Quantitative genetics in maize breeding / A. R. Hallaur, J. B. Miranda // Iowa State Univ. Press, Amess, IA.,–1981.–468 p.
8. Горбачева, А. Г. Изучение комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы селекции института / А. Г. Горбачева, Е. Г. Корниенко, Орлянский Н. Н. // Материалы научно-практической конференции «Селекция, семеноводство, производство зерна кукурузы». – Пятигорск, 2002. – С. 45–54.
9. Ketthaisong, D. Combining ability analysis in complete diallel cross of waxy corn for starch pasting viscosity characteristics / D. Ketthaisong, B.Suriharn, R. Tangwongchai, K. Lertrat // Scientia Horticulturae Volume 175, 15 August 2014, -P. 229–235.
10. Сотченко, В. С. Изучение новых самоопыленных линий кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино – Балкарской республики / В. С. Сотченко, А. Г. Горбачева // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Майкоп, 1999. – С. 107–111.
11. Сотченко, В. С. Сравнительная оценка методов изучения комбинационной способности линий кукурузы / В. С. Сотченко: автореф. дис. кан-та с.-х. наук. – Ленинград, 1970. – 24 с.
12. Костюченко, В. И. Оценка общей и специфической комбинационной способности линий в топкросных скрещиваниях / В. И. Костюченко, Б. П. Соколов, В. А. Гонтаровский // Вестник с.-х. науки. –1976. – № 1. – С. 31–37.
13. Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи / Гур'єва І. А., Рябчун В. К, Літун П. П., Степанова В. П, Вакуленко С. М, Кузьмишена Н. В., Коломацька В. П, Белкін О. О. – Харків, 2003. – 43 с.
14. Класифікатор-довідник виду *Zea mays L.* / – Харків, 1994. – 73 с.
15. Литун, П. П. Генетика количественных признаков. Генетические скрещивания и генетический анализ: учебное пособие / П. П. Литун, Н. В. Проскурнин // ХГАУ им. В. В. Докучаева. – Харьков, 1992. – 100 с.