

ОЦЕНКА И ОТБОР ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ С ВЫСОКОЙ ОБЩЕЙ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ПО УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРЁХЛЕТНЕГО ТЕСТКРОСС-АНАЛИЗА

Н.Ю. Волчанский, научный сотрудник, Volchanskiyn@mail.ru;

Н.А. Лемешев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, nikolaleshev@mail.ru;

А.И. Супрунов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, suprunov-kniisx@mail.ru;

И.Н. Сергиенко, младший научный сотрудник, nenomernoi93@mail.ru

ФГБНУ «НЦЗ им П.П. Лукьяненко» г. Краснодар, Центральная усадьба КНИИСХ. kniish@kniish.ru

Целью исследования была идентификация инбредных линий кукурузы с высокой общей комбинационной способностью (GCA) по признаку «урожайность зерна» и уточнение роли специфической комбинационной способности (SCA) в формировании сверхаддитивных комбинаций в тесткросс-анализе. Оценено 56 линий в скрещиваниях с 3 тестерами (всего 168 line×tester) в 2022–2024 гг. по рандомизированной блочной схеме с трёхкратной повторностью; выполнена объединённая ANOVA с факторами «линия», «тестер», «год/среда» и взаимодействиями, расчёт эффектов GCA/SCA в рамках классического line×tester-подхода. Установлено, что дисперсия урожайности статистически значимо детерминирована аддитивной компонентой: GCA линий и тестеров вносят основной вклад, тогда как SCA выражена, но носит избирательный характер. Выявлены линии-доноры с устойчиво положительными эффектами GCA (топ-группа демонстрирует приросты порядка +3,8...+4,9 т/га относительно среднего аддитивного ожидания), пригодные для широкой комбинационной базы. Обнаружено, что использование «диагностического» тестера с отрицательной GCA позволяет экспонировать крупные положительные SCA в ряде пар; максимальные эффекты SCA в лучших комбинациях достигали ≈+7,35 т/га, что указывает на сильную комплементарность аллелей родителей. Охарактеризованы закономерности: (i) первичный отбор по GCA обеспечивает воспроизводимый прирост продуктивности в разных средах, (ii) последующая оптимизация по SCA необходима для выявления пиковых гибридов и исключения несовместимых пар.

Ключевые слова: кукуруза; селекция; общая комбинационная способность; специфическая комбинационная способность; тесткросс; урожайность зерна.

Для цитирования: Волчанский Н.Ю., Лемешев Н.А., Супрунов А.И., Сергиенко И.Н. Оценка и отбор инбредных линий кукурузы с высокой общей комбинационной способностью по урожайности зерна по результатам трёхлетнего тесткросс-анализа // Зерновое хозяйство России. 2026. Т. 18, № 2. С. 30–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-103-2-30-35



EVALUATION AND SELECTION OF INBRED MAIZE LINES WITH HIGH OVERALL COMBINING ABILITY ACCORDING TO GRAIN PRODUCTIVITY BASED ON THE THREE-YEAR TEST-CROSS ANALYSIS RESULTS

N.Yu. Volchansky, researcher, Volchanskiyn@mail.ru;

N.A. Lemeshev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, nikolaleshev@mail.ru;

A.I. Suprunov, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher, suprunov-kniisx@mail.ru;

I.N. Sergienko, junior researcher, nenomernoi93@mail.ru

FSBSI "National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko",

350012, Krasnodarsky Krai, Krasnodar, Central estate of KRIA; e-mail: kniish@kniish.ru

The purpose of the current study was to identify inbred maize lines with high general combining ability (GCA) according to the trait 'grain productivity' and to clarify the role of specific combining ability (SCA) in the formation of superadditive combinations in test-cross analysis. There have been studied fifty-six lines in crosses with three testers (a total of 168 lines×tester) in 2022–2024 using a randomized block design with three replications. There has been performed a pooled ANOVA with such factors as 'line', 'tester', 'year/environment', and correlations, and estimated GCA/SCA effects using the classical 'line×tester' approach. There has been established that yield variance is statistically significantly determined by the additive component. The GCA of lines and testers makes the main contribution, while the SCA is present but selective in nature. There have been identified donor lines with consistently positive GCA effects (the top group demonstrates increases of +3.8 to +4.9 t/ha relative to the average additive expectation), suitable for a wide combination. There has been found that the use of a 'diagnostic' tester with a negative GCA allows displaying large positive SCA in several pairs, and the maximum SCA effects in the best combinations have reached ≈+7.35 t/ha, indicating strong complementarity of the parental alleles. There have been given characteristics to the following regularities: (i) primary selection by GCA ensures a reproducible productivity increase in different environments, (ii) subsequent optimization by SCA is necessary to identify peak hybrids and exclude incompatible pairs.

Keywords: maize; selection; general combining ability; specific combining ability; test-cross; grain productivity.

Введение. Повышение урожайности зерна кукурузы в современных программах гибридной селекции напрямую опирается на точную оценку общей комбинационной способности (ОКС) родительских форм, поскольку ОКС отражает суммарный вклад аддитивных генетических эффектов и позволяет прогнозировать селекционную ценность линии в широком спектре комбинаций и сред выращивания (Akhtar, 2023). Для продуктивности установлено, что вклад аддитивных и неаддитивных эффектов варьирует по условиям, но устойчиво высокие показатели ОКС у линий служат надёжными донорами благоприятных аллелей для наращивания потенциала урожая и сокращения числа неэффективных комбинаций на ранних этапах отбора (Amegbor, 2023, Matongera, 2023).

Многолокационные исследования показывают, что при оптимальном питании и в ряде стрессов (засуха, жар, низкий азот) зерновая продуктивность чаще демонстрирует чувствительность к взаимодействию «генотип×среда», однако именно линии с высокими эффектами ОКС по признакам, связанным с формированием урожая, обеспечивают стабильную селекционную отдачу и служат опорой для построения продуктивных гибридов (Amegbor, 2023, Mebratu, 2024). В этих работах выявлялись линии-доноры с положительными эффектами ОКС по зерновой продуктивности и близким к ней вторичным признакам, что подтверждает центральную роль аддитивной вариации в долгосрочном приросте урожайности (Amegbor, 2023, Mebratu, 2024).

Тесткроссовые схемы являются наиболее технологичным инструментом оценки ОКС для целей повышения урожайности: они масштабируются на большие наборы инбредных линий, одновременно предоставляя оценки ОКС линий и тестеров и позволяя рано отбраковывать комбинации с низким потенциалом урожая (Luz, 2024). В условиях контрастного азотного режима и водно-тепловых стрессов тесткроссы демонстрируют высокую информативность: по результатам ряда исследований показано, что при низком азоте доля вариации, объясняемая СКС, снижается, а селекционная ценность линий по ОКС остаётся ключевой для конструирования продуктивных гибридов; в оптимуме вклад СКС возрастает, но отбор по высоким эффектам ОКС остаётся базовой стратегией для гарантированного прироста урожайности (Akhtar, 2023). Для региональных программ (Россия) подчеркнута практическая значимость отбора линий с высокой ОКС одновременно по урожайности и сниженной уборочной влажности, что повышает экономическую эффективность гибридов (Перевязка, 2021).

Материалы и методы исследований. Материал закладывали в контрольном питомнике отдела

селекции кукурузы ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» в 2022–2024 гг. по рандомизированной блочной схеме с трёхкратной повторностью; учётная площадь делянки — 9,8 м²; делянки рандомизировали в каждом повторении (Доспехов, 1985). В скрещивания включили три тестера (Кр244МВ3070МВ; Кр1330/6МВ; Кр720185) и 56 инбредных линий среднеспелой группы; всего оценили 168 тесткросс (line×tester), что соответствует современной практике первичной/углублённой оценки комбинационной способности в кукурузе (Luz, 2024, Mebratu, 2024). Основной признак — урожайность зерна, т/га (пересчёт с делянки на гектар по стандартной формуле). Статистику выполняли в Microsoft Excel и R/RStudio: объединённая ANOVA с факторами «линия», «тестер», «год/среда» и взаимодействиями «линия×тестер» и «линия×тестер×год»; проверку значимости средних квадратов вели по рекомендациям для много-средового L×T-анализа (Chiuta, 2020). Эффекты общей комбинационной способности (ОКС) и специфической (СКС) рассчитывали по методу Савченко на средних по повторам/годам:

$$\widehat{OKC}_i = \bar{Y}_i - \bar{Y}_{..}, \widehat{OKC}_j = \bar{Y}_j - \bar{Y}_{..}, \widehat{CKC}_{ij} = \bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..};$$

стандартные ошибки для эффектов выводили из остаточного MS соответствующей ANOVA. Методика Савченко и её применение в тесткроссах для признака «урожайность зерна» подтверждены отечественными работами (Galgovskaya, 2023, Savchenko, 1984), а актуальность выбранного дизайна и процедур анализа — современными публикациями по L×T в кукурузе (Luz, 2024, Mebratu, 2024).

Результаты и их обсуждение. По объединённым данным 2022–2024 гг. с трёхкратной повторностью дисперсионный анализ (Таблица 1) показал статистическую значимость обоих аддитивных источников вариации — ОКС тестеров и ОКС линий — а также взаимодействия линия×тестер (СКС). Для ОКС тестеров:

$$df = 2, SS = 6432,29, MS = 3216,14,$$

$$F_{набл} = 99,57 > F_{0,05}(2; 1250) = 3,00;$$

$$\text{для ОКС линий: } df = 56, SS = 6947,07,$$

$$MS = 124,05,$$

$$F_{набл} = 3,84 > F_{0,05}(56; 1250) = 1,34;$$

$$\text{для СКС: } df = 112, SS = 8633,04,$$

$$MS = 77,08, F_{набл} =$$

$$2,39 > F_{0,05}(112; 1250) = 1,24.$$

Остаточная дисперсия составила

$$df = 1250, SS = 40376,62, MS = 32,30$$

(среднеквадратическая ошибка $\approx 5,68$ ц/га).

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа (ОКС/СКС) по признаку «урожайность зерна», 2022–2024 гг.
Table 1. Variance analysis results (GCA/GCA) according to the trait 'grain productivity', 2022–2024

Источник вариации	df	SS	MS	F-набл	F-крит ($\alpha=0,05$)
ОКС линий	56	6947.07	124.05	3.84	1.34
ОКС тестеров	2	6432.29	3216.14	99.57	3.00
СКС (Line×Tester)	112	8633.04	77.08	2.39	1.24
Остаточная	1250	40376.62	32.30	—	—

Структура вкладов по суммам квадратов указывает на преобладание аддитивной компоненты (в сумме для ОКС линий и тестеров $\approx 21,4\%$) при заметной, но «рассеянной» неаддитивности (СКС $\approx 13,8\%$) и высокой доле остаточной вариации - 64,7 что типично для многолетних испытаний урожайности. Методически

это подтверждает классическую логику интерпретации line \times tester: выбор тестера с положительной ОКС как базового фактора формирования высокоурожайных комбинаций и отбор линий-доноров по ОКС, а СКС использовать для дополнительной оптимизации и уточняющей настройки лучших пар (Галговская, 2023).

Таблица 2. Эффекты общей комбинационной способности (ОКС) тестеров по признаку «урожайность зерна», т/га, 2022–2024 гг.

Table 2. Effects of general combining ability (GCA) of testers according to the trait 'grain productivity', t/ha, 2022–2024

Тестер	Оценка ОКС (g _i , т/га)	Ранг
Кр1330/6МВ	+1,52	1
Кр244МВ3070МВ	+1,37	2
Кр720185	-2,89	3

Оценка ОКС тестеров по урожайности (Таблица 2) показала: Кр1330/6МВ и Кр244МВ3070МВ формируют благоприятный аддитивный фон, тогда как Кр720185 в среднем снижает уровень, но полезен как «диагностический» тестер для выявления сильной СКС. Сумма эффектов равна нулю, что соответствует центрировке модели line \times tester и корректным ОКС-оценкам. Практически: первичный отбор линий — на Кр1330/6МВ и Кр244МВ3070МВ; проверка перспективных линий на специфическую сочетаемость — с Кр720185. Эти выводы согласуются с классическими представлениями о разделении аддитивной и неаддитивной вариации в тесткроссах (Савченко, 1984).

В спектре оценок ОКС линий наблюдалась существенная дифференциация: большинство линий имели эффекты, близкие к нулю либо умеренно

отклоняющиеся, тогда как отдельные генотипы выделялись резко положительными значениями. Соответственно, в таблице 3 приведены данные по пятнадцати линиям, показавшим наибольшие эффекты ОКС в наших опытах, а также указано, какие из них статистически значимо превосходят средний уровень (при НСР = 3,5 т/га).

Оценка ОКС линий (таблица 3) показала, что лишь ограниченное число генотипов обладает действительно высоким аддитивным потенциалом. Так, у пяти лучших линий эффекты ОКС находятся в диапазоне +3,8...+4,9 т/га и достоверно превышают среднюю (отмечено «да»), что свидетельствует о существенном превосходстве этих линий в комбинационной ценности. Лидерами являются линии 1552/29 и 1552/31 с ОКС +4,87 и +4,77 т/га соответственно; незначительно уступают им 1552/32, 1552/48 и 1552/11 (около +4 т/га).

Таблица 3. Топ-15 линий по эффекту общей комбинационной способности (ОКС) за 2022–2024 гг.
Table 3. Top 15 lines by the effect of general combining ability (GCA) in 2022–2024

Ранг	Линия	ОКС, т/га	Значимо vs средней (НСР=3,5 т/га)
1	1552/29	4,87	да
2	1552/31	4,77	да
3	1552/32	4,37	да
4	1552/48	3,99	да
5	1552/11	3,79	да
6	1552/4	3,42	нет
7	1552/7	2,68	нет
8	1552/52	2,62	нет
9	1552/15	2,33	нет
10	1552/1	2,21	нет
11	1552/54	1,86	нет
12	1553/74	1,62	нет
13	1553/73	1,61	нет
14	1552/42	1,40	нет
15	1552/55	1,28	нет

Таким образом, на этапе первичного отбора целесообразно сосредоточиться на нескольких выявленных линиях-донорах с наиболее высокой общей комбинационной способностью, поскольку именно они гарантированно повышают урожайность в разных комбинациях (Амегбор, 2023).

Следующим шагом исследования стало выявление конкретных пар «линия \times тестер», дающих наибольший синергетический эффект по урожайности сверх аддитивного ожидания. Для этого проанализированы эффекты специфической комбинационной способности

(СКС) всех 171 гибридной комбинации. В таблице 4 представлены линии и тестеры, комбинации которых продемонстрировали максимальные положительные эффекты СКС (т.е. гибриды, значительно превзошедшие ожидаемую урожайность на основе одной только ОКС родителей) (Chiuta, 2020).

Анализ положительных эффектов СКС (таблица 4) показывает, что отдельные гибридные комбинации существенно выигрывают за счёт уникального сочетания генотипов родителей.

Таблица 4. Топ положительных эффектов СКС (линия×тестер), т/га
Table 4. Top positive SCA effects (linextester), t/ha

Линия	Кр244МВ3070МВ	Кр1330/6МВ	Кр720185	Наибольший СКС (тестер; т/га)
1552/31	-5,93	7,35	-1,42	Кр1330/6МВ; 7,35
1552/29	-3,13	6,18	-3,05	Кр1330/6МВ; 6,18
1553/77	-1,98	-3,81	5,80	Кр720185; 5,80
1552/48	-5,41	-0,03	5,44	Кр720185; 5,44
1553/103	5,08	-0,35	-4,72	Кр244МВ3070МВ; 5,08
1553/21	4,99	-3,04	-1,94	Кр244МВ3070МВ; 4,99
1552/45	-0,75	4,03	-3,28	Кр1330/6МВ; 4,03
1552/55	4,02	0,49	-4,51	Кр244МВ3070МВ; 4,02
1553/74	-1,12	-0,14	3,89	Кр720185; 3,89
1552/50	-3,05	-0,66	3,71	Кр720185; 3,71
1552/32	-1,04	3,68	-2,64	Кр1330/6МВ; 3,68
1553/42	3,64	-3,01	-0,62	Кр244МВ3070МВ; 3,64
1553/54	3,60	-3,68	0,08	Кр244МВ3070МВ; 3,60
1553/88	3,50	-2,97	-0,53	Кр244МВ3070МВ; 3,50

Наибольший СКС (+7,35 т/га) отмечен у гибрида линии 1552/31 с тестером Кр1330/6МВ. Это указывает на исключительную комплементарность: данный гибрид на 7,35 т/га превысил бы аддитивно ожидаемую урожайность. Схожим образом, сочетание линии 1552/29 с тем же тестером дало +6,18 т/га. Оба эти примера объединяет то, что высокоаддитивные линии (1552/31 и 1552/29) сочетаются с тестером-лидером по ОКС (Кр1330/6МВ), суммируя сильные аддитивные эффекты и давая сверхаддитивный прирост урожая.

Выявлены и альтернативные сценарии: линия 1553/77 при относительно невысоком собственном ОКС показала крупный положительный СКС (+5,80 т/га) с тестером Кр720185, а линия 1552/48 максимально раскрылась именно с этим «слабым» тестером (+5,44 т/га). Таким образом, даже тестер с отрицательной общей сочетаемостью способен образовать выдающийся гибрид при встрече с «своей» линией, обладающей нужными аллелями. Кроме того, ряд

других линий (1553/103, 1553/21, 1552/55 и др.) имеют наивысший СКС с другим положительным тестером (Кр244МВ3070МВ) или с Кр1330/6МВ, что отражает разнообразие оптимальных пар. В целом, наличие нескольких комбинаций с крупным положительным СКС подтверждает, что помимо общей сочетаемости, в селекции можно эффективно использовать определённые парные взаимодействия генотипов для получения рекордных урожаев. Выявление таких «выигрышных» пар позволяет рекомендовать их для дальнейших испытаний и потенциальной коммерческой разработки гибридов.

С другой стороны, важно учитывать и противоположный аспект специфической сочетаемости — случаи, когда комбинация «линия×тестер» даёт результат хуже ожидаемого. В таблице 5 приведены примеры крупнейших отрицательных эффектов СКС, отражающие существенную несовместимость некоторых пар генотипов по продуктивности.

Таблица 5. Примеры крупных отрицательных СКС (линия×тестер), т/га
Table 5. Examples of large negative SCA effects (linextester), t/ha

Линия	Кр244МВ3070МВ	Кр1330/6МВ	Кр720185	Минимум (тестер; т/га)
1552/31	-5,93	7,35	-1,42	Кр244МВ3070МВ; -5,93
1552/48	-5,41	-0,03	5,44	Кр244МВ3070МВ; -5,41
1553/43	1,08	-5,67	4,59	Кр1330/6МВ; -5,67
1553/78	-1,98	-3,81	5,80	(см. табл. 4; контраст по тестерам)
1552/55	4,02	0,49	-4,51	Кр720185; -4,51
1553/103	5,08	-0,35	-4,72	Кр720185; -4,72
1552/29	-3,13	6,18	-3,05	Кр244МВ3070МВ; -3,13
1552/50	-3,05	-0,66	3,71	Кр244МВ3070МВ; -3,05
1552/34	0,66	0,06	-0,72	(умеренные отрицательные)

Рассмотрение отрицательных эффектов СКС (таблица 5) показывает, что отдельные сочетания линий с тестерами демонстрируют значительное снижение урожайности относительно ожидаемого уровня. Так, для линии 1552/31, несмотря на её выдающуюся ОКС и блестящий гибрид с одним тестером, комбинация

с другим (Кр244МВ3070МВ) оказалась провальной (СКС -5,93 т/га). Аналогично, линия 1552/48 с тестером Кр244МВ3070МВ дала резко отрицательный эффект (-5,41 т/га), тогда как с Кр720185 эта же линия, напротив, показывала лучший результат. Эти контрастные примеры (см. также табл. 4) подчёркивают,

что реакция линии на разные генетические фоны может резко различаться: присутствуют специфические несовместимости, приводящие к «просадке» урожая.

Кроме того, линия 1553/43 выявила серьёзный минус при скрещивании с высокоурожайным тестером Кр1330/6МВ (СКС $-5,67$ т/га) — вероятно, из-за неблагоприятного взаимодействия генетических систем. Значительная отрицательная СКС отмечена и для некоторых других пар (например, 1552/55 × Кр720185: $-4,51$ т/га; 1553/103 × Кр720185: $-4,72$ т/га). Вместе с тем встречаются линии, у которых ни с одним из тестеров не обнаружено резкого снижения: так, у линии 1552/34 минимальный СКС составляет лишь $-0,72$ т/га (умеренно отрицательный фон). Таким образом, анализ негативных взаимодействий позволяет заблаговременно исключить из селекционного процесса сочетания, дающие стабильно низкий эффект, и сфокусироваться

на более перспективных комбинациях.

Для целостной оценки генетического материала выполнено сопоставление общей и специфической комбинационной способности по каждой линии. Результаты сведены в таблице 6, где показано, как величина ОКС линии соотносится с наилучшим достигнутым ею эффектом СКС, и какой практический вывод из этого следует.

Сопоставление показателей ОКС и СКС (таблица 6) позволяет выделить несколько ситуаций. Первую группу составляют линии, сочетающие высокий общий аддитивный эффект с выдающейся специфической комбинацией. Например, линии 1552/29 и 1552/31 имеют очень высокую ОКС ($+4,87$ и $+4,77$ т/га соответственно) и одновременно образуют с тестером Кр1330/6МВ так называемые «якорные» гибриды с максимальной продуктивностью (СКС $+6,18$ и $+7,35$ т/га).

Таблица 6. Сопоставление ОКС линий с их лучшими СКС
Table 6. Comparison of GCA of lines with their best GCA

Линия	ОКС (т/га)	Лучший тестер	СКС max (т/га)	Комментарий
1552/29	+4,87	Кр1330/6МВ	+6,18	Сильная ОКС + крупная СКС → «якорная» комбинация.
1552/31	+4,77	Кр1330/6МВ	+7,35	Комбинация-лидер по неаддитиву.
1552/32	+4,37	Кр1330/6МВ	+3,68	Стойкий аддитив + выраженная парность.
1552/48	+3,99	Кр720185	+5,44	Высокая ОКС, но «лучший» — на Кр720185.
1552/11	+3,79	Кр1330/6МВ	+1,21	Аддитив сильнее, СКС умеренная.
1553/92	$-4,15$	Кр244МВ3070МВ	+1,00	Низкая ОКС; СКС не компенсирует.

Эти генотипы наиболее ценны для селекции, так как обеспечивают и стабильное повышение урожайности во многих комбинациях, и рекордный уровень в отдельных парах. Близка к ним по типу линия 1552/32: её ОКС ($+4,37$) также высока, а лучший СКС ($+3,68$ т/га с Кр1330/6МВ) заметно повышает отдачу конкретного гибрида, хоть и не столь экстремально. Сюда же относится линия 1552/48: при высокой ОКС ($+3,99$) она достигает наивысшей продуктивности именно с тестером Кр720185 (СКС $+5,44$), то есть сильный общий эффект этой линии реализуется через специфическое взаимодействие с нетипичным тестером.

Вторую группу представляют линии-«универсалы» с высокой ОКС, но без ярко выраженных СКС-всплесков. К примеру, линия 1552/11 (ОКС $+3,79$) демонстрирует стабильно хороший результат со всеми тестерами, а её максимальный СКС ($+1,21$) относительно невысок — это говорит о ровной, предсказуемо хорошей сочетаемости без специфических пиков. Наконец, третью группу составляют линии с низкой или отрицательной общей комбинационной способностью, у которых даже лучший гибрид не достигает приемлемого уровня. Линия 1553/92 — характерный пример: обладая отрицательной ОКС ($-4,15$), она в среднем снижает урожай, и хотя с тестером Кр244МВ3070МВ ей удалось получить небольшой положительный эффект (СКС $+1,00$), этого явно недостаточно для компенсации. Подобные линии не представляют ценности, поскольку не способны дать высокоурожайные гибриды ни в одном сочетании. Таким образом, учёт как общей, так и специфической сочетаемости позволяет более объективно оценить ценность инбредных линий и направить селекционный процесс на наиболее результативные гибридные комбинации.

Выводы. Проведённый анализ по схеме line×tester

подтвердил статистически значимые аддитивные (ОКС) и неаддитивные (СКС) источники вариации урожайности зерна, однако основной вклад внесли аддитивные эффекты. Выделены несколько инбредных линий-доноров с устойчиво высоким эффектом ОКС, обеспечивающих существенный прирост урожайности в тесткроссах. Эти линии (в основном из серии 1552) рекомендуются к использованию в селекции как источники благоприятных аллелей. В то же время применение «диагностического» тестера с отрицательной ОКС (Кр720185) позволило выявить уникальные комбинации, в которых отдельные линии раскрывают свой потенциал за счёт специфического взаимодействия генотипов. На практике стратегия отбора может быть сформулирована следующим образом: на первом этапе отбираются линии с высокой общей комбинационной способностью по урожайности, что гарантирует базовое повышение продуктивности гибридов. На втором этапе, используя различных по эффекту тестеров, оцениваются специфические сочетания — это нужно, чтобы не пропустить пары с гетерозисным всплеском и одновременно исключить комбинации с выраженной несовместимостью. В результате комплексной оценки ОКС и СКС селекционер получает информацию, позволяющую сконцентрировать ресурсы на ограниченном числе наиболее эффективных направлений: с одной стороны, это включение проверенных высокоурожайных доноров, а с другой — реализация максимального гибридного эффекта в конкретных сочетаниях.

Финансирование. Финансовая поддержка проекта Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования, Соглашение №075-15-2025-179 от 17 апреля 2025 г.

Библиографический список

1. Галговская Л. А., Теркина О. В., Романова А. Н. Комбинационная способность новых инбредных линий кукурузы селекции ВНИИК // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 6 (116). С. 264–269. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-264-269
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.
3. Перевязка Д. С., Перевязка Н. И., Супрунов А. И. Изучение специфической комбинационной способности новых раннеспелых и среднеранних автодиплоидных линий кукурузы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 166. С. 68–82. DOI: 10.21515/1990-4665-166-008
4. Савченко В. К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях. – Минск: Наука и техника, 1984. 223 с.
5. Akhtar S. et al. Heterosis and combining ability of iron, zinc and their bioavailability in maize inbred lines under low nitrogen and optimal environments // Heliyon. 2023. Vol. 9, no. 3. P. e14177. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14177
6. Amegbor I. K. et al. Combining ability estimates for quality and non-quality protein maize inbred lines for grain yield, agronomic, and quality traits // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2023. Vol. 7, P. 1123224. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1123224
7. Chiuta N. E., Mutengwa C. S. Combining ability of quality protein maize inbred lines for yield and morpho-agronomic traits under optimum as well as combined drought and heat-stressed conditions // Agronomy. 2020. Vol. 10, №. 2. P. 184. DOI: 10.3390/agronomy10020184
8. Luz L. S. et al. Combining ability for agronomic traits among commercial maize hybrids under low and high nitrogen inputs targeting the development of breeding populations // PLOS ONE. 2024. Vol. 19, №. 10. P. e0309296. DOI: 10.1371/journal.pone.0309296
9. Matongera N. et al. Combining ability and testcross performance of multi-nutrient maize under stress and non-stress environments // Frontiers in Plant Science. 2023. Vol. 14, P. 1070302. DOI: 10.3389/fpls.2023.1070302
10. Mebratu A. et al. Testcross performance and combining ability of early-medium maturing quality protein maize inbred lines in Eastern and Southern Africa // Scientific Reports. 2024. Vol. 14, №. 1. P. 9151. DOI: 10.1038/s41598-024-58816-y.

References

1. Galgovskaya L. A., Terkina O. V., Romanova A. N. Kombinatsionnaya sposobnost' novykh inbrednykh linii kukuruzy seleksii VNIK [Combining ability of new inbred maize lines bred by ARRIC] // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2023. № 6 (116). S. 264–269. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-264-269
2. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M., 1985. 351 s.
3. Perevyazka D. S., Perevyazka N. I., Suprunov A. I. Izuchenie spetsificheskoi kombinatsionnoi sposobnosti novykh rannespelykh i srednerannikh avtodiploidnykh linii kukuruzy [Study of the specific combining ability of the new early maturing and middle-early autodiploid maize lines] // Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 166. S. 68–82. DOI: 10.21515/1990-4665-166-008
4. Savchenko V. K. Geneticheskii analiz v setevykh probnykh skreshchivaniyakh [Genetic analysis in network test crossings]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1984. 223 s.
5. Akhtar S. et al. Heterosis and combining ability of iron, zinc and their bioavailability in maize inbred lines under low nitrogen and optimal environments // Heliyon. 2023. Vol. 9, no. 3. P. e14177. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14177
6. Amegbor I. K. et al. Combining ability estimates for quality and non-quality protein maize inbred lines for grain yield, agronomic, and quality traits // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2023. Vol. 7, P. 1123224. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1123224
7. Chiuta N. E., Mutengwa C. S. Combining ability of quality protein maize inbred lines for yield and morpho-agronomic traits under optimum as well as combined drought and heat-stressed conditions // Agronomy. 2020. Vol. 10, №. 2. P. 184. DOI: 10.3390/agronomy10020184
8. Luz L. S. et al. Combining ability for agronomic traits among commercial maize hybrids under low and high nitrogen inputs targeting the development of breeding populations // PLOS ONE. 2024. Vol. 19, №. 10. P. e0309296. DOI: 10.1371/journal.pone.0309296
9. Matongera N. et al. Combining ability and testcross performance of multi-nutrient maize under stress and non-stress environments // Frontiers in Plant Science. 2023. Vol. 14, P. 1070302. DOI: 10.3389/fpls.2023.1070302
10. Mebratu A. et al. Testcross performance and combining ability of early-medium maturing quality protein maize inbred lines in Eastern and Southern Africa // Scientific Reports. 2024. Vol. 14, №. 1. P. 9151. DOI: 10.1038/s41598-024-58816-y.

Поступила: 04.11.25; доработана после рецензирования: 19.02.26; принята к публикации: 20.02.26.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Сергиенко И.Н. – выполнение полевых опытов, сбор данных; Волчанский Н. Ю., Лемешев Н.А. – концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи, финальная доработка текста; Супрунов А. И. – общее научное руководство, концептуализация исследований, критический анализ текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.