

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕHOBOДСТВО И БИOTEХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ/PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.10>

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ В ТЕСТЕРНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ

Научная статья

Зайцев С.А.^{1,*}, Башинская О.С.², Бабушкин Д.Д.³, Лёвкина А.Ю.⁴, Светлов В.В.⁵

¹ORCID : 0000-0002-6829-1970;

²ORCID : 0000-0002-9553-9994;

³ORCID : 0000-0003-3520-9376;

⁴ORCID : 0000-0002-6245-7116;

⁵ORCID : 0000-0003-0270-1970;

^{2,3,4,5} Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (zea_mays[at]mail.ru)

Аннотация

Метод тесткроссов имеет особое значение на первом этапе селекции, когда селекционеру приходится работать с большим числом линий и для диаллельных скрещиваний потребовался бы трудно осуществимый объем работы. Очень важно, чтобы метод первичной оценки линий был надежным, так как линии, отобранные на основании этого испытания, используются для дальнейшей селекции. В статье демонстрируются результаты анализа комбинационной способности исходного материала кукурузы по морфометрическим параметрам. Результаты исследования позволяют рекомендовать для включения в селекционный процесс на увеличение признаков линии с высокими эффектами ОКС: по высоте растения – Х 46, Vz 6, ХЛГ 1325, ХЛГ 1372, Кин 073, ЮВ 106, по высоте заложения початка – ХЛГ 1325, Кин 073, ЮВ 106. Кроме того, отмечено изменение степени проявления параметров комбинационной способности в зависимости от условий выращивания.

Ключевые слова: кукуруза, линия, гибрид, параметр, комбинационная способность, выборка.

AN EVALUATION OF COMBINATORY ABILITY OF SOURCE MATERIAL BY MORPHOMETRIC PARAMETERS IN TEST CROSSES

Research article

Zaitsev S.A.^{1,*}, Bashinskaya O.S.², Babushkin D.D.³, Lyovkina A.Y.⁴, Svetlov V.V.⁵

¹ORCID : 0000-0002-6829-1970;

²ORCID : 0000-0002-9553-9994;

³ORCID : 0000-0003-3520-9376;

⁴ORCID : 0000-0002-6245-7116;

⁵ORCID : 0000-0003-0270-1970;

^{2,3,4,5} Russian Scientific Research and Design Technology Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russian Federation

* Corresponding author (zea_mays[at]mail.ru)

Abstract

The testcross method is of particular importance in the first stage of selection, when the selector has to work with numerous lines and a difficult amount of work would be required for diallel crosses. It is very important that the method of initial line evaluation is reliable, as the lines selected on the basis of this test are used for further selection. In this article, the results of analysing the combinatory ability of maize source material based on morphometric parameters were demonstrated. The results of the research allow to recommend for inclusion in the selection process for increase of traits of lines with high effects of OCS: for plant height – X 46, Vz 6, HLG 1325, HLG 1372, Kin 073, SE 106, for cob height – HLG 1325, Kin 073, SE 106. In addition, a change in the degree of manifestation of combinability parameters depending on the growing conditions was observed.

Keywords: maize, line, hybrid, parameter, combinability, sampling.

Введение

В целях сокращения числа гибридных комбинаций и уменьшения объема работы при оценке родительских форм по признаку общей комбинационной способности вместо диаллельных скрещиваний испытуемых форм друг с другом возможно скрещивание их с общими тестерами. Такой метод оценки общей комбинационной способности селективируемого материала получил наименование тесткросс [1], [2]. Исследования указывают, что линии, выделенные на основании испытания тесткроссов, дают и лучшие межлинейные комбинации. Дальнейшей проверкой было показано, что линии, обнаружившие низкую комбинационную способность в тесткроссах, действительно дают результаты ниже среднего и при испытании их в виде простых гибридов [3].

Метод тесткроссов имеет особое значение на первом этапе селекции, когда селекционеру приходится работать с большим числом линий и для диаллельных скрещиваний потребовался бы трудно осуществимый объем работы. Очень важно, чтобы метод первичной оценки линий был надежным, так как линии, отобранные на основании этого

испытания, используются для дальнейшей селекции [4]. Как показывают результаты экспериментальной проверки, тесткросс является быстрым и вполне удовлетворительным методом предварительной оценки самоопыленных линий при условии правильного выбора тестера [5]. Установлено, что скрещивание анализируемых форм (линий) не с одним, а с двумя или тремя тестерами повышает точность оценки в значительно большей степени, чем увеличение числа повторностей опыта. Таким путем устраняется маскирующее действие доминантного и эпистатического эффектов. Наибольший гетерозисный эффект проявляют сорта и линии, характеризующиеся высокой общей комбинационной способностью, поиск таких сортов и линий имеет важное значение в селекции сельскохозяйственных растений [6]. Оценку комбинационной способности особенно важно проводить на начальных этапах селекционного процесса, при подборе родительских пар.

Целью наших исследований было оценить общую и специфическую комбинационную способность инбредных линий кукурузы по морфометрическим параметрам на основе тестовых скрещиваний по схеме полных топкроссов и выявить лучшие родительские линии для использования в селекции.

Материал и методика

Исследования проводились в 2020-2022 гг. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в соответствии с методикой. Климат региона характеризуется как резко континентальный. ГТК составил – 0,56-1,05. Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный среднесильный тяжелосуглинистый. В эксперимент включены простые гибриды (30 комбинации), полученные по полной топкроссной схеме скрещиваний. В качестве тестеров использованы линии РСК 7, Б 293 и синтетическая популяция РНИИСК 1, характеризующаяся широкой генетической основой. Подбор тестеров обусловлен тем, что они характеризуются различным происхождением и, соответственно, генотипическим разнообразием, что позволяет более полноценно оценить проявление параметров комбинационной способности. Учетная площадь делянки 7,7 м². Густота стояния растений (50 тыс. растений/га). Агротехника в опыте – зональная, разработанная в ФГНУ РосНИИСК «Россорго». Для проведения учетов, наблюдений и определения комбинационной способности использовались соответствующие методики [7], [8], [9].

Результаты

Полученные значения указывают на нормальность распределения выборки и достоверные различия между гибридами по содержанию крахмала в зерне (таблица 1). Интервал варьирования высоты растения за изучаемый период изменялся от низких до высоких значений и составил: в 2020 г. – 149,4-222,8 см, в 2021 г. – 149,7-205,7 см, в 2022 г. – 154,0-261,8 см. Коэффициент вариации указывают на слабые различия гибридов в 2020 и 2021 годах и среднюю степень вариации в 2022 г. Интервал варьирования высоты заложения початка в изучаемый период времени составил в 2020 г. – 44,6-104,3 см, в 2021 г. – 37,3-82,7 см, в 2022 г. – 36,6-110,6, см. Коэффициенты вариации указывают на среднюю степень различия гибридов по высоте заложения початка в 2020-2021 гг. и высокие различия в 2022 г.

Результаты дисперсионного анализа по комбинационной способности схемы топкроссов, представленные в рисунке 1, свидетельствуют о существенных различиях между исследуемыми гибридами по морфометрическим признакам в 2020-2022 годах. Установлена достоверность различий по эффектам ОКС материнских и отцовских форм. Сопоставление эффектов ОКС и СКС линий и тестеров свидетельствует о том, что по всем изучаемым признакам аддитивные эффекты вносят большую изменчивость в генотипическую вариацию. На основании сопоставления отношений ОКС линий к СКС выявлено преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными.

Таблица 1 - Параметры статистической оценки морфометрических параметров

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.10.1>

Параметр	Высота растения			Высота заложения початка		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Среднее значение, см	179,8	178,3	208,4	65,8	61,1	69,2
min, см	149,4	149,7	154,0	44,6	37,3	36,6
max, см	222,8	205,7	261,8	104,3	82,7	110,6
НСР ₀₅	13,2	11,5	13,5	5,2	13,6	12,3
Ошибка средней	1,6	1,2	2,42	1,2	1,0	1,5
Дисперсия	226,4	129,0	542,2	133,9	95,0	195,3
Стандартное отклонение	15,1	11,4	23,3	11,6	9,7	14,0
Коэффициент вариации, %	8,4	6,4	11,2	17,6	16,0	20,2
Коэффициент	0,049 ns	0,178 ns	-0,236 ns	0,244 ns	-0,009 ns	0,097 ns

Параметр	Высота растения			Высота заложения початка		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
нт асимметрии						
Ошибка коэффициента асимметрии	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Коэффициент эксцесса	-0,375 ns	0,003 ns	-0,286 ns	-0,624 ns	-0,363 ns	0,094 ns
Ошибка коэффициента эксцесса	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495

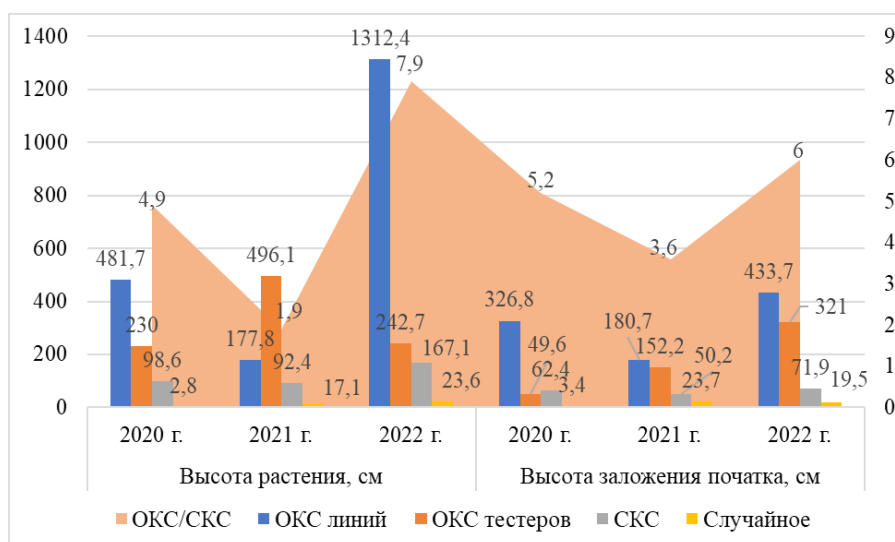


Рисунок 1 - Средние квадраты дисперсионного анализа комбинационной способности
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.10.2>

Расчет комбинационной способности линий выявил варьирование значений эффектов ОКС в годы исследования (таблица 2). По высоте растения колебание показателя составили: в 2020 г. – 24,2-22,9, в 2021 г. – 16,0-11,5. В 2022 г. – 47,1-38,5; по высоте заложения початка – в 2020 г. – 16,8-24,6, в 2021 г. – 14,5-14,6, в 2022 г. – 27,5-24,4. При этом анализ данных указывает на то, что степень силы проявления эффектов ОКС и дисперсии СКС, в некоторой степени изменяется под воздействием условий выращивания. Данное положение совпадает с аналогичными исследованиями с другими исследованиями [10], [11]. Оценка показателей общей комбинационной способности исследуемых образцов позволяет выделить материнские формы с высокими значениями эффектов ОКС: по высоте растения – Х 46, Вз 6, ХЛГ 1325, ХЛГ 1372, Кин 073, ЮВ 106, а также по высоте заложения початка – ХЛГ 1325, Кин 073, ЮВ 106.

Таблица 2 - Эффекты ОКС линий по морфометрическим параметрам

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.10.3>

Линия	Высота растения, см			Высота заложения початка, см		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
к-3647	-24,2	-13,6	-47,1	-16,8	-7,3	-27,5
к-12633	16,9	-1,1	-7,9	-7,8	-4,8	-11,9
к-16285 Х 46	15,0	3,0	18,9	-1,1	-1,7	0,2
к-17239 ВЗ 6	3,7	10,9	18,5	2,8	8,4	10,4

Линия	Высота растения, см			Высота заложения початка, см		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
к-19071 ЮВ24	-13,1	1,7	5,6	-0,1	5,0	10,3
к-19072 ЮВ 25	-21,7	-0,7	9,7	-8,3	3,3	6,6
к-19464 Ом 12	2,7	-6,2	-0,4	-13,2	-14,5	0,3
к-20095 КС 25	-17,1	-12,3	-31,7	-14,8	-13,3	-18,0
к-20735 ХЛГ 182	-5,0	4,2	-25,3	-5,1	0,5	-14,3
к-21188 ХЛГ 898	0,9	0,4	-34,9	-8,2	-7,2	-19,5
к-21214 ХЛГ 948	10,5	7,4	-6,9	7,6	4,5	-0,3
к-21286 ХЛГ 1325	22,9	4,4	21,9	24,6	11,7	19,7
к-21301 ХЛГ 1372	13,8	0,8	17,3	16,3	1,4	3,6
к-21522 Кин 073	19,3	5,5	16,9	17,7	6,8	12,9
к-22050 ЮВ 106	10,6	1,8	29,7	17,2	9,7	24,4

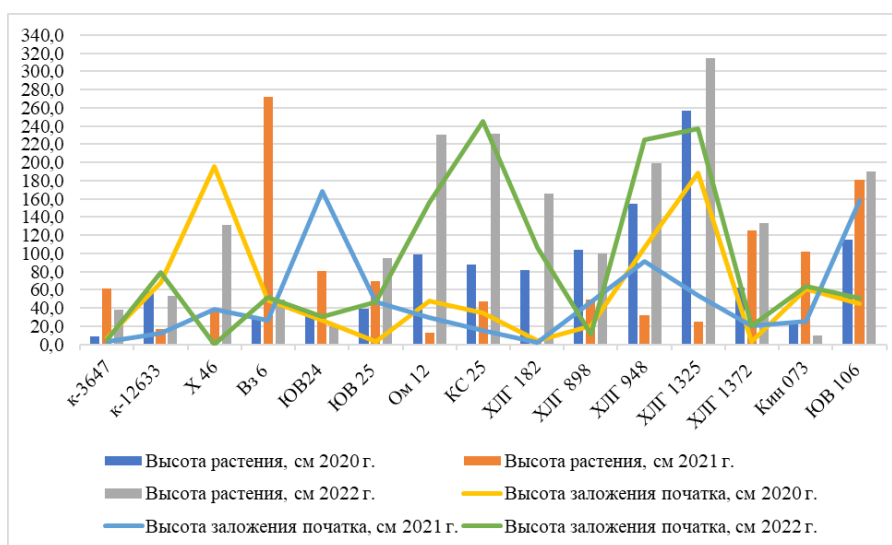


Рисунок 2 - Дисперсия СКС линий по морфометрическим параметрам
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.10.4>

Эффекты специфической комбинационной способности связаны с генетическим разнообразием конкретного селекционного материала, отраженным в эффектах генов, и могут меняться в зависимости от условий выращивания. Данный параметр характеризует отдельные комбинации и измеряется величиной отклонения признака в конкретном скрещивании на основании среднего качества изучаемых родительских форм (таблица 4). За 2020-2022 гг. высоким эффектом СКС по высоте растения характеризовались следующие комбинации: КС 25 / РСК7 (7,2-18,2), ХЛГ 898 / РСК7 (0,5-9,3), Кин 073 / РСК7 (0,8-11,7), ЮВ 106 / Б 293 (4,6-15,4), ХЛГ 1325 / РНИИСК 1 (5,5-28,3).

Таблица 3 - Эффекты СКС гибридов по высоте растения

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.10.5>

Линия	Тестер								
	РСК7, см			Б 293, см			РНИИСК 1, см		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
к-3647	1,3	8,8	3,0	-3,3	-6,2	4,1	2,0	-2,5	-7,1
к-12633	-8,5	-3,7	-8,4	2,1	4,3	3,5	6,4	-0,7	4,9
к-16285 Х 46	0,2	-6,8	13,2	0,1	5,6	-6,1	-0,3	1,2	-7,1
к-17239 Вз 6	6,2	11,3	-6,0	-3,5	11,0	-1,7	-2,7	-22,3	7,7
к-19071 ЮВ24	-2,4	9,2	2,9	-4,3	-0,5	-5,1	6,7	-8,8	2,2
к-19072 ЮВ 25	-0,9	7,2	4,2	6,6	-9,1	6,9	-5,7	1,9	-11,1
к-19464 Ом 12	-11,4	-3,3	-13,7	4,5	3,8	-12,9	6,9	-0,6	26,6
к-20095 КС 25	10,8	7,2	18,2	-6,2	-6,5	7,7	-4,6	-0,8	-25,9
к-20735 ХЛГ 182	-4,7	1,7	12,6	10,4	-2,6	0,5	-5,7	1,0	-13,1
к-21188 ХЛГ 898	9,3	0,5	9,3	-10,9	-7,2	-10,6	1,6	6,8	1,3
к-21214 ХЛГ 948	17,8	-6,2	15,8	-4,7	1,5	-4,5	-13,0	4,8	-11,3
к-21286 ХЛГ 1325	-18,2	-1,2	-28,8	-1,3	-4,2	0,5	19,5	5,5	28,3
к-21301 ХЛГ 1372	-5,8	5,4	21,1	-3,2	7,4	-9,8	9,0	-12,9	-11,3
к-21522 Кин 073	5,7	11,7	0,8	-1,7	-5,3	-3,5	-4,0	-6,3	2,7
к-22050 ЮВ 106	7,6	-6,3	9,1	4,6	15,4	10,6	-12,2	-9,2	-19,7

В селекции на увеличение высоты заложения початка и, соответственно, пригодность к механизированному возделыванию предпочтение отдается, прежде всего, гибридам с высокими и стабильными показателями эффектов СКС (таблица 4). По высоте заложения початка к таким комбинациям следует отнести следующие: КС 25 / РСК 7 (4,5-

16,0), ХЛГ 898 / РСК 7 (2,9-7,7), Кин 073 / РСК 7 (5,5-8,3), Х 46 / Б 293 (0,4-11,3), Б407 / Б293 (1,2-9,1), к-12633 / РНИИСК 1 (3,0-10,1), ХЛГ 1325 / 8,2-18,2).

Таблица 4 - Эффекты СКС гибридов по высоте заложения початка

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.10.6>

Линия	Тестер								
	РСК7, см			Б 293, см			РНИИСК 1, см		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
к-3647	-2,9	1,8	-2,4	2,2	-1,6	1,8	0,7	-0,2	0,5
к-12633	-4,8	0,7	-6,6	-4,7	-3,7	-3,6	9,5	3,0	10,1
к-16285 Х 46	4,3	-5,1	-0,8	11,3	6,9	0,4	-15,6	-1,8	0,5
к-17239 Вз 6	7,2	2,1	-2,4	-0,5	3,8	-5,6	-6,7	-5,9	8,1
к-19071 ЮВ24	-3,1	14,9	5,0	-2,9	-8,8	0,8	6,0	-6,1	-5,9
к-19072 ЮВ 25	-1,1	6,9	5,2	2,1	-0,1	2,6	-1,0	-6,8	-7,7
к-19464 Ом 12	4,7	-6,0	-10,2	3,2	4,6	-3,8	-7,9	1,4	13,9
к-20095 КС 25	5,0	4,5	16,0	1,5	-2,3	-0,6	-6,5	-2,2	-15,3
к-20735 ХЛГ 182	1,5	1,7	11,9	0,9	-1,1	-5,1	-2,4	-0,6	-6,8
к-21188 ХЛГ 898	4,7	7,7	2,9	-4,2	-5,4	-3,7	-0,5	-2,3	0,8
к-21214 ХЛГ 948	10,4	-11,0	16,1	-0,1	5,3	-2,5	-10,3	5,7	-13,6
к-21286 ХЛГ 1325	-13,6	-2,2	-18,5	-0,2	-6,0	0,3	13,8	8,2	18,2
к-21301 ХЛГ 1372	1,2	2,8	5,0	-1,9	2,4	-4,0	0,7	-5,2	-0,9
к-21522 Кин 073	8,3	5,7	5,5	-1,1	-4,1	3,7	-7,2	-1,6	-9,2
к-22050 ЮВ 106	7,3	-10,2	-1,6	-5,8	14,0	7,8	-1,5	-3,8	-6,1
к-23914	-2,4	-4,6	-4,0	9,1	2,9	1,2	-6,7	1,7	2,9

Линия	Тестер								
	РСК7, см			Б 293, см			РНИИСК 1, см		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Б407									

Заклучение

В результате исследования экспериментальных гибридов, созданных на основе коллекционного материала ФГБНУ ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР), выявлена селекционная и комбинационная ценность линий по таким параметрам как высота растения и высота заложения початка. Результаты исследования позволяют рекомендовать для включения в селекционный процесс на увеличение признаков линии с высокими эффектами ОКС: по высоте растения – Х 46, Вз 6, ХЛГ 1325, ХЛГ 1372, Кин 073, ЮВ 106, по высоте заложения початка – ХЛГ 1325, Кин 073, ЮВ 106. Кроме того, отмечено изменение степени проявления параметров комбинационной способности в зависимости от условий выращивания.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Зайцев С.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы на содержание крахмала / С.А. Зайцев, В.В. Бычкова, Д.П. Волков и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2023. — 4. — с. 48-56. — DOI: 10.26898/0370-8799-2023-4-5.
2. Гончаренко А.А. Оценка комбинационной способности инбредных линий озимой ржи по методу топкросса / А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, Т.В. Семенова и др. // Российская сельскохозяйственная наука. — 2023. — 1. — с. 3-8.
3. Орлянский Н.А. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы европейской кремнистой плазмы. / Н.А. Орлянский, Н.А. Орлянская // АПК России. — 2020. — 4. — С. 629-635.
4. Новичихин А.П. Изучение комбинационной способности новых раннеспелых линий кукурузы. / А.П. Новичихин, Н.А. Лемешев, А.В. Гульняшкин // Рисоводство. — 2019. — 1. — С. 54-57.
5. Капустян М.В. Анализ комбинационной способности новых линий кукурузы различного происхождения в тестерных скрещиваниях. / М.В. Капустян, Л.Н. Чернобай, Е.В. Сикалова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — 3. — С. 62-66.
6. Кильчевский А.В. Генетические основы селекции растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. — Минск: Беларуская навука, 2020. — 663 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — Москва: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Госагропром СССР. Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. — М., 1989. — 194 с.
9. Федин М.А. Статистические методы генетического анализа / М.А. Федин, Д.Я. Силис, А.В. Смирнов. — Москва: Колос, 1980. — 208 с.
10. Драгавцев В.А. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений. / В.А. Драгавцев, П.П. Литун, Н.М. Шкель и др. // Доклады АН СССР. — 1984. — 3. — С. 720-723.
11. Зайцев С.А. Применение диаллельного анализа при изучении комбинационной способности кукурузы. / С.А. Зайцев // Аграрный научный журнал. — 2020. — 8. — С. 16-19.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zajtsev S.A. Otsenka kombinatsionnoj sposobnosti linij kukuruzy na sodержание krahmala [Assessment of the Combining Ability of Corn Lines for Starch Content] / S.A. Zajtsev, V.V. Bychkova, D.P. Volkov et al. // Siberian Bulletin of Agricultural Science. — 2023. — 4. — p. 48-56. — DOI: 10.26898/0370-8799-2023-4-5. [in Russian]
2. Goncharenko A.A. Otsenka kombinatsionnoj sposobnosti inbrednyh linij ozimoy rzhi po metodu topkrossa [Assessment of the Combining Ability of Inbred Lines of Winter Rye Using the Topcross Method] / A.A. Goncharenko, A.V. Makarov, T.V. Semenova et al. // Russian Agricultural Science. — 2023. — 1. — p. 3-8. [in Russian]
3. Orlyanskij N.A. Ocenka kombinacionnoj sposobnosti novy'x linij kukuruzy' evropejskoj kremnistoj plazmy' [Assessment of the Combining Ability of New European Siliceous Plasma Corn Lines]. / N.A. Orlyanskij, N.A. Orlyanskaya // Agroindustrial Complex of Russia. — 2020. — 4. — P. 629-635. [in Russian]
4. Novichixin A.P. Izuchenie kombinacionnoj sposobnosti novy'x rannespely'x linij kukuruzy' [Study of the Combining Ability of New Early Maturing Corn Lines]. / A.P. Novichixin, N.A. Lemeshev, A.V. Gul'nyashkin // Rice Farming. — 2019. — 1. — P. 54-57. [in Russian]

5. Kapustyan M.V. Analiz kombinacionnoj sposobnosti novy'x linij kukuruzy' razlichnogo proisxozhdeniya v testerny'x skreshhivaniyax [Analysis of the Combining Ability of New Corn Lines of Different Origins in Test Crosses]. / M.V. Kapustyan, L.N. Chernobaj, E.V. Sikalova // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. — 2018. — 3. — P. 62-66. [in Russian]
6. Kil'chevskij A.V. Geneticheskie osnovy' selekcii rastenij [Genetic Basis of Plant Breeding] / A.V. Kil'chevskij, L.V. Xoty'leva. — Minsk: Belaruskaya navuka, 2020. — 663 p. [in Russian]
7. Dospexov B.A. Metodika polevogo opy'ta [Field Experiment Methodology] / B.A. Dospexov. — Moscow: Agropromizdat, 1985. — 351 p. [in Russian]
8. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Vyp. 2. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury [Methodology for State Variety Testing of Agricultural Crops. Vol. 2. Grains, Cereals, Legumes, Corn and Forage Crops] // Gosagroprom SSSR. Gosudarstvennaya komissiya po sortoispytaniyu sel'skohozyajstvennyh kul'tur [State Agricultural Industry of the USSR. State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops]. — M., 1989. — 194 p. [in Russian]
9. Fedin M.A. Statisticheskie metody' geneticheskogo analiza [Statistical Methods of Genetic Analysis] / M.A. Fedin, D.Ya. Silis, A.V. Smiryaev. — Moscow: Kolos, 1980. — 208 p. [in Russian]
10. Dragavcev V.A. Model' e'kologo- geneticheskogo kontrolya kolichestvenny'x priznakov rastenij [Model of Ecological-Genetic Control of Quantitative Traits of Plants]. / V.A. Dragavcev, P.P. Litun, N.M. Shkel' et al. // Reports of the USSR Academy of Sciences. — 1984. — 3. — P. 720-723. [in Russian]
11. Zajcev S.A. Primenenie diallel'nogo analiza pri izuchenii kombinacionnoj sposobnosti kukuruzy' [Application of Diallelic Analysis in Studying the Combining Ability of Corn]. / S.A. Zajcev // Agricultural Scientific Journal. — 2020. — 8. — P. 16-19. [in Russian]