СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ/PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8

ИЗУЧЕНИЕ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ГЕНОТИПОВ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ ПО ЭЛЕМЕНТАМ СТРУКТУРЫ ПОЧАТКА

Научная статья

Гусева С.А.[1, *], Волков Д.П.[2], Бочкарева Ю.В.[3], Башинская О.С.[4], Бабушкин Д.Д.[5], Титов В.Н.[6]

[1] ORCID : 0000-0001-7006-0429;
[2] ORCID : 0009-0003-2830-5324;
[3] ORCID : 0000-0003-0328-4654;
[4] ORCID : 0000-0002-9553-9994;
[5] ORCID : 0000-0003-3520-9376;

[1] Российский научно-исследовательский институт кукурузы и сорго, Саратов, Российская Федерация
[2] РосНИИСК «Россорго», Саратов, Российская Федерация
[3] Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Российская Федерация
[4, 5] Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Российская Федерация
[6] Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Саратов, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (s.guseva76[at]mail.ru)

Аннотация

В данной работе представлены результаты изучения комбинационной ценности генотипов сахарной кукурузы по длине початка и количеству зерен на початке – признаков, определяющих урожайность культуры. Также была подтверждена взаимосвязь изучаемых признаков результатами проведенного корреляционного анализа (r=0,73). Было установлено, что при увеличении длины початка на один сантиметр, количество зерна на нем увеличилось на 34,65 шт.

По длине початка в 2021 году высокой комбинационной способностью характеризовался образец к-3151, а в 2022 году – образцы к-4462 и к-23867. В 2021 году у этих родительских форм выявлялись средние показатели. Высокие эффекты ОКС по признаку «количество зерна на одном початке» в 2021 г. выявили у генотипа к-4411, а в 2022 г. - к-4462 и к-23867. Образцы с высокой дисперсией СКС – к-3151 и к-4452.

У некоторых тесткроссов значения эффектов СКС значимо изменялись по годам, у других в разные годы отмечались высокие или средние результаты с разными материнскими формами. Тем не менее два года опыта позволили выявить генотип к-3151, у которого показатели дисперсии СКС по обоим изучаемым признакам были высокими или выше среднего, а по длине початка – как показатели эффектов ОКС, так и дисперсии СКС. Следует также выделить тестерный гибрид Цукерка/к-3151, эффекты СКС которого по количеству зерна на початке были оба года достаточно высокими.

Среди тестеров по крупности початка следует выделить образец к-103, демонстрировавшего два года лучшие показатели эффектов ОКС, а в 2021 г. – дисперсии СКС, а по числу зерен с початка – генотип Цукерка (лучшие эффекты ОКС в течение двух лет). У материнских компонентов скрещивания Забава и к-103 в разные годы отмечали высокую дисперсию СКС.

По отношению средних квадратов изменчивости общей и специфической комбинационной способности зафиксировали преобладание аддитивного действия генов по количеству зерна на початке, а по длине соцветия – нестабильное его проявление по годам.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, комбинационная способность, дисперсия СКС, эффекты ОКС, аддитивный эффект генов, длина початка, количество зерен на початке.

A STUDY OF COMBINATORY ABILITY OF SUGARCANE MAIZE GENOTYPES IN TERMS OF COB STRUCTURE ELEMENTS

Research article

Guseva S.A.[1, *], Volkov D.P.[2], Bochkareva Y.V.[3], Bashinskaya O.S.[4], Babushkin D.D.[5], Titov V.N.[6]

[1] ORCID : 0000-0001-7006-0429;
[2] ORCID : 0009-0003-2830-5324;
[3] ORCID : 0000-0003-0328-4654;
[4] ORCID : 0000-0002-9553-9994;
[5] ORCID : 0000-0003-3520-9376;

[1] Russian Research Institute of Corn and Sorghum, Saratov, Russian Federation
[2] RosNIISK Rossorgo, Saratov, Russian Federation
[3] Russian Scientific Research and Technological Design Institute of sorghum and corn, Saratov, Russian Federation
[4, 5] Russian Scientific Research and Design Technology Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russian Federation
[6] Plekhanov Russian University of Economics, Saratov, Russian Federation

* Corresponding author (s.guseva76[at]mail.ru)

Abstract

This work presents the results of studying the combinational value of sugarcane maize genotypes in terms of cob length and number of kernels on the cob – the traits that determine the crop yield. The correlation between the studied traits was also confirmed by the results of correlation analysis (r=0.73). It was found that when cob length increased by one centimetre, the number of grains on the cob increased by 34.65 pieces.

In terms of cob length, sample k-3151 was characterized by high combinatorial ability in 2021, and samples k-4462 and k-23867 in 2022. In 2021, average performance was detected in these parental forms. High OCS effects for the trait "number of grains on one cob" in 2021 were detected in genotype k-4411, and in 2022 in k-4462 and k-23867. The samples with high variance of SCS are k-3151 and k-4452.

In some test crosses, the values of SCS effects varied significantly by year, while others showed high or average results with different maternal forms in different years. Nevertheless, two years of experience allowed to identify genotype k-3151, which had high or above average values of SCS variance for both studied traits, and for cob length, both values of SCS effects and SCS variance. The tester hybrid Zuckerka/k-3151 should also be singled out, whose SCS effects on the number of grains on the cob were quite high in both years.

Among the testers for cob size, the sample k-103 should be singled out, which showed the best values of QS effects for two years and in 2021 – of SCS dispersion, and for the number of grains per cob - the genotype Zuckerka (the best QS effects for two years). The maternal components of Zabava and k-103 crosses had high SCS dispersion in different years.

According to the ratio of mean squares of variability of general and specific combinatory ability, the prevalence of additive effect of genes on the number of grains on the cob was recorded, and on the inflorescence length – its unstable manifestation by years.

Keywords: sugarcane maize, combinatorial ability, OCS effects, SCS variance, additive effect of genes, cob length, number of grains on the cob.

Введение

Для создания высокогетерозисных гибридов по различным хозяйственно-ценным признакам необходимо изучение исходного материала, одним из основных методов которого является определение его комбинационной способности. По существу селекция на гетерозис и является селекцией на комбинационную способность, являющуюся, в свою очередь, генетически обусловленным признаком. Существуют понятия общей комбинационной способности (ОКС) и специфической (СКС). ОКС детерминирует среднюю ценность родительской формы в большом числе гибридных комбинаций и основана на аддитивном действии генов. СКС характеризует отдельный гибрид в определенной комбинации скрещивания с лучшей или худшей стороны, чем предполагалось при изучении ОКС, определяется отклонением величины признака для этой комбинации от суммы ОКС двух родителей и является результатом действия доминирования и эпистаза [1], [2], [3], [4].

Считается, что у компонентов скрещивания с высокими эффектами ОКС и низкой дисперсией СКС, гибриды будут обладать схожим уровнем признака, и их рекомендуют к использованию в селекции сортов-популяций. Сочетание в одном образце высокого уровня ОКС и СКС предполагает возможность получения высокогетерозисных гибридных комбинаций, а также сортов [5], [6].

Многие исследователи выявили вариабельность общей и специфической КС от погодных, агротехнических и других условий окружающей среды. Предполагают, что СКС более подвержена действиям абиотических и биотических факторов, то есть более вариабельна нежели ОКС. Поэтому при изучении комбинационной ценности важно выявить компоненты скрещиваний, обладающие стабильно высокими показателями по нужным селекционеру признакам [7], [8], [9].

Длина женского соцветия кукурузы и количество зерен на нем являются важными количественными признаками, детерминирующими урожайность данной культуры. Многие селекционеры отметили положительную, но низкую фенотипическую взаимосвязь длины початка и урожайности (r=0,30). Это связано с его изменчивостью и зависимостью от внешних факторов, как и большинства других количественных признаков, из которых в конечном итоге складывается урожайность. Тем не менее установлена и зависимость этого признака от генетической структуры, что указывает на эффективность отбора в данном направлении. О взаимосвязи с другими элементами структуры початка существуют противоречивые мнения [10], [11], [12]. В исследованиях селекционеров ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», в условиях 2020 и 2021 гг. была выявлена достаточно сильная значимая взаимосвязь длины початка с количеством зерен на початке (r=0,63 и r=0,70 соответственно) [13].

На количество зерен на початке также сильно влияют условия выращивания. Тем не менее положительная корреляционная зависимость признака была установлена лишь с количеством рядов зерен на початке. Взаимосвязь с остальными признаками была несущественной [12], [14]. Было также отмечено действие сверхдоминирования в контроле длины женского соцветия любой разновидности кукурузы, а также контроль самого признака 2-4 генами или блоками генов и неравномерность распределения доминантных и рецессивных аллелей.

Методы и принципы исследования

Метод топкроссов (тестерных скрещиваний) широко используется для изучения комбинационной ценности исходного материала. Его суть состоит в скрещивании исследуемых генотипов как минимум с двумя общими тестерами (линия, гибрид или сорт).

Гибриды F1 и компоненты скрещиваний высевали на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2021-2022 гг. в трёх повторностях. Площадь делянки – 7,7 м^2, размещение делянок – рендомизированное. Предшественник – черный пар. Посев осуществляли селекционной сеялкой СКС-6-10 и затем проводили послепосевное прикатывание кольчатыми катками. Густота стояния растений устанавливалась вручную (5,5 раст./м^2). Почва опытного поля – южный чернозём слабовыщелоченный, среднесуглинистый по механическому составу. В слое 0-40 см содержание: гумуса –

3,0-3,7%, нитратного азота 3,6-4,5 мг на 100 г почвы, доступного фосфора (по Мачигину) – 3,3-4,0 мг, растворимого калия (по Масловой) – 16-22 мг.

Оценку селекционно-ценных признаков сортообразцов и гибридов F1 проводили по Методике государственного сортоиспытания [15]. Чистоту исходного материала в эксперименте ежегодно поддерживали в условиях строгой изоляции.

Комбинационную способность компонентов скрещиваний определяли по методу топкросса в обработке В.К.Савченко [16]. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по методике Б.А.Доспехова с помощью программы «AGROS 2.09» [17].

В схему скрещиваний включены: опылители – коллекционные сортообразцы (коллекция Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)), содержащие генотипы разных эколого-графических регионов (США, Франция, Канада, Германия, Великобритания), а также сортообразцы Российской селекции, в том числе включенные в Государственный реестр селекционных достижений: Алина, Услада, Лакомка, Ранняя лакомка, Цукерка, Забава, РССК 87-5 и РССК 87-1. В качестве тестеров были использованы сорта Цукерка, Забава, к-103.

Результаты и обсуждение

В годы исследований, в период интенсивного роста и заложения репродуктивных органов среднее количество осадков в мае 2021 и 2022 гг. составили 17,8 и 18,3 мм, а в июне 2,0 и 11,7 мм, а средняя температура воздуха - 20,4 и 20,8°С; 11,7 и 13,0°С соответственно. То есть в июне 2021 г. отмечены низкое количество осадков и оптимальная температура воздуха, а в 2022 г. – невысокая температура сочеталась с относительно высоким для данной зоны количеством осадков.

При более раннем изучении коллекционных образцов сахарной кукурузы в 2020 и 2021 гг. селекционерами нашего института были установлены значимые, достаточно сильные взаимосвязи между размером початка и количеством зерна на нём (r=0,63 и r=0,69 соответственно). В 2022 г. результаты корреляционного анализа были следующие: r=0,73±0,01, t= 7,17 ($t_{крит.}$=2,06). Установлено, что при увеличении длины початка на один сантиметр, количество зерна на нем увеличивается на 34,65 шт. (рисунок 1)

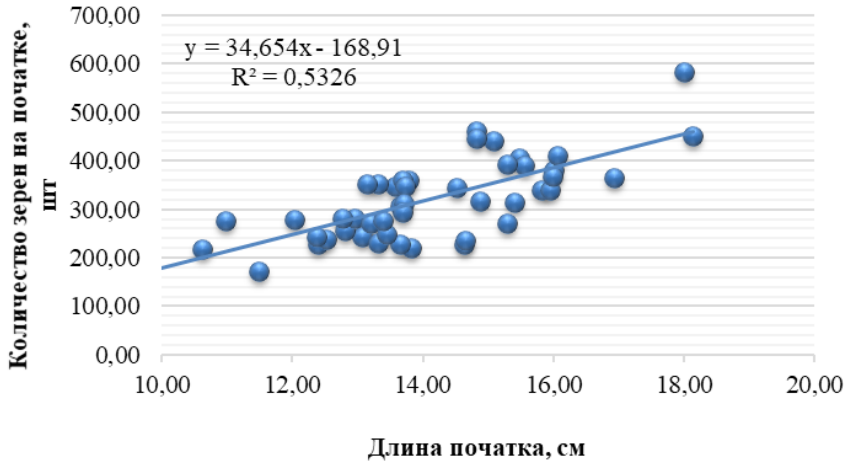

Рисунок 1 - График линейной корреляции количества зерен на початке и длины початка
DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.1

Примечание: 2022 г

В годы проведения эксперимента гидротермические коэффициенты периода вегетации сахарной кукурузы слабо отличались и составили: 2021 г. – 0,62; 2022 г. – 0,75 (вторая декада мая-вторая декада сентября). Тем не менее погодные условия значимо различались по годам. В мае 2021 и 2022 гг. (период интенсивного роста и заложения репродуктивных органов) среднее количество осадков составило 17,8 и 18,3 мм, в июне - 2,0 и 11,7 мм, а средняя температура воздуха - 20,4 и 20,8°С; 11,7 и 13,0°С соответственно. То есть в начале лета 2021 г. были зафиксированы низкое количество осадков и оптимальная температура воздуха, а в 2022 г. – невысокая температура сочеталась с относительно высоким для данной зоны количеством осадков. В 2021 г. основное количество осадков выпало в июле.

В 2021 году вариабельность длины соцветия составила 9,3…15,2 см у опылителей и 11,02…17,7 у полученных гибридов F1 (рисунок 2). На представленном графике видно, что у большинства изучаемых форм размер початка компонентов и комбинаций скрещивания отличаются незначительно, кроме сортообразца к-23867 и гибридов, полученных с его участием. У родительских форм к-4411 и к-5811 и их комбинаций скрещивания с тремя тестерами длина соцветия практически идентична. Тем не менее, можно выделить тесткроссы, значимо превосходящих опылителей по данному признаку: к-103/Услада, к-103/к4604, к-103/к-3151.

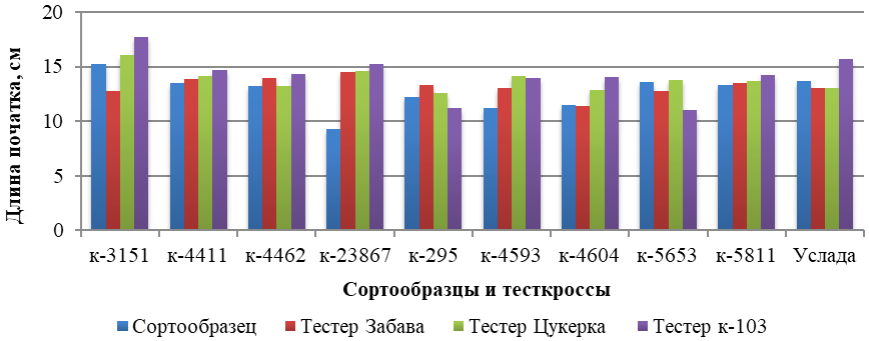

Рисунок 2 - Оценка длины початка сортообразцов коллекционного питомника сахарной кукурузы и гибридов F1, полученных с их участием

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.2

Примечание: 2021 г

По длине початка в 2022 г. экстремумы средних значений составили (min=10,03 см; max=14,72 см) у сортообразцов и (min=11,36 см; max=18,24 см) у тесткроссов (рисунок 3). В условиях года у большинства гибридов F1 было зафиксировано их превосходство над родительскими формами, а максимальное значение отмечено у образца к-4452 с тестером Забава. Высокие показатели также выявили у гибридов: к-103/к-5653, к-103/к-23867, Забава/к-4462, а также скрещивания тестера к-103 с образцами: к-4411, к-1585, к-3151, к-23867 и к-5653.

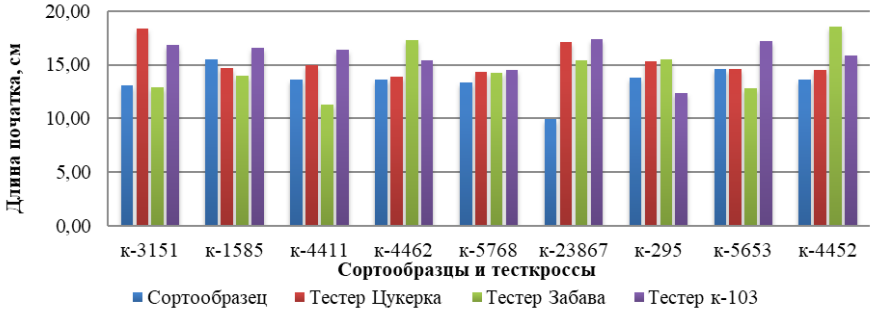

Рисунок 3 - Оценка длины початка сортообразцов коллекционного питомника сахарной кукурузы (опылителей) и гибридов F1, полученных с их участием

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.3

Примечание: 2022 г

Размах варьирования количества зерна на початке у сортообразцов в 2021 году составил 161,21-372,03 шт. (рисунок 4). Высокие показатели выявили у образцов: к-4462, к-3151, Услада, низкие – к-295, к-5653, к-23867. У гибридов F1 лимиты средних значений составили: min=228,24 и max=433,11. Максимальное значение установили у комбинации скрещивания Цукерка/к4471. Хорошие результаты были получены также у потомства материнской формы с сортообразцами к-3151, к-23867, к-4411. С тестером Забава высокие данные получены у экспериментальных гибридов с коллекционными образцами к-4411, к-23867, к-4471, а с к-103 – к-31-51, к-4411, к-4462, Услада.

У образцов к-295, к-5653, к-4462 и Услада гетерозисные комбинации зафиксированы с тестером к-103, а у к-4411 со всеми тремя тестерами гибриды были практически идентичны.

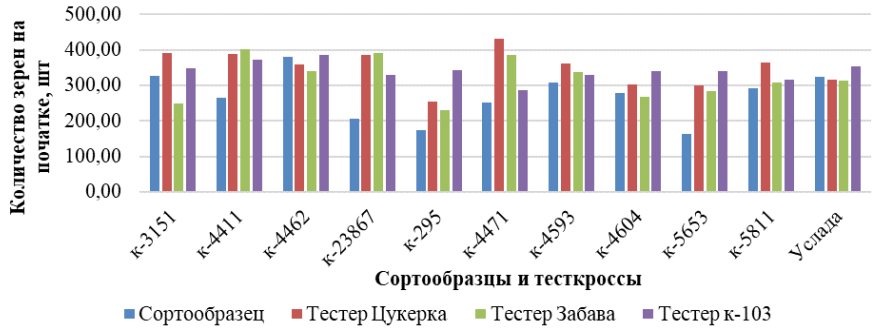

Рисунок 4 - Оценка количества зерен на початке сортообразцов коллекционного питомника сахарной кукурузы и гибридов F1, полученных с их участием

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.4

Примечание: 2021 г

Число зерен на початке изменялось в 2022 г. от 175,29 до 381,73 шт. у сортообразцов и от 230,11 до 430,13 шт. у тесткроссов (рисунок 5). Почти все гибридные комбинации превосходили родительские формы, за исключением скрещиваний тестеров с образцом к-1585. Высокие значения отметили у гибридов: Забава/к-4462, Цукерка/к-23867, Забава/к-4452. Неплохие результаты также были установлены у потомственных форм: к-103/к-4452, к-103/к-23867, Цукерка/к-3151, Цукерка/к-4411. У тесткроссов с опылителем к-1585 превосходства гибридов над родительской формой не выявлено.

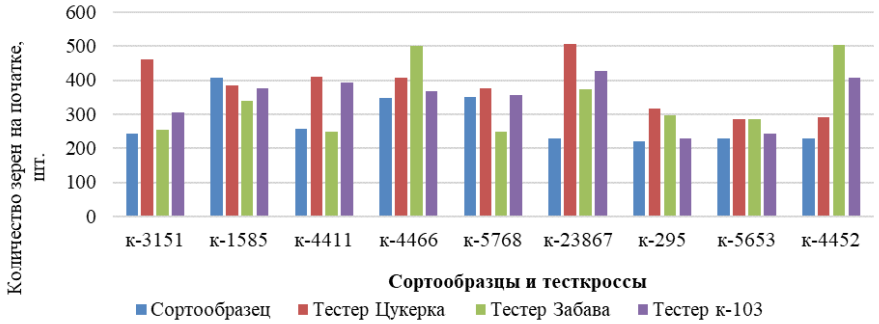

Рисунок 5 - Оценка количества зёрен на початке сортообразцов коллекционного питомника сахарной кукурузы и гибридов F1, полученных с их участием

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.5

Примечание: 2022 г

За два года исследования гибриды с тремя тестерами были получены только с образцами: к-3151, к-4411, к-4462, к-23867, к-295, к-5653. При их сравнении можно отметить снижение вариабельности числа зерен на початке у опылителей в условиях 2022 г. по сравнению с 2021 г. (на графике они более выровнены и количество зерна у большинства немного превышает 200 единиц), а размах варьирования значений признака у тесткроссов увеличился.

Для полной характеристики изучаемых генотипов по способности передавать генетический потенциал признаков потомству провели анализ (расчет) комбинационной способности.

По результатам дисперсионного анализа за два года опыта, можно предположить о высокой значимости генотипических различий (Fфакт.> Fтеор.) экспериментальных гибридов по длине початка и количеству зерна на початке (таблица 1).

Таблица 1 - Дисперсионный анализ комбинационной способности

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.6

Параметр	SS	df	ms	F
Длина початка, 2021 г.				
ОКС линий	19,72	10	1,97	5,03*

Параметр	SS	df	ms	F
ОКС тестеров	7,77	2	3,88	9,90*
СКС	36,58	20	1,83	4,66*
Случайное	25,11	64	0,39	-
Длина початка, 2022 г.				
ОКС линий	19,50	8	2,44	8,22*
ОКС тестеров	6,17	2	3,09	10,41*
СКС	60,02	16	3,75	12,66*
Случайное	15,41	52	0,29	-
Количество зерна на початке, 2021 г.				
ОКС линий	32723,00	10	3272,30	6,43*
ОКС тестеров	5887,09	2	2943,54	5,78*
СКС	34486,41	20	1724,32	3,39*
Случайное	32549,97	64	508,59	-
Количество зерна на початке, 2022 г.				
ОКС линий	81889,75	8	10236,22	12,80*
ОКС тестеров	9946,52	2	4973,26	6,22*
СКС	85629,22	16	5351,82	6,69*
Случайное	41579,28	52	799,60	-

*Примечание: * - значимо на 5% уровне*

В 2021 году эффекты ОКС по длине початка варьировали от -1,19 до 1,58 (таблица 2). Высокой комбинационной способностью характеризовался образец к-3151. Дисперсия СКС изменялась от 0,09 до 8,88. Высокий показатель установлен у генотипа к-4471, средний – к-3151 и к-4593. В условиях 2021 года у генотипа к-3151 зафиксировали максимальный эффект ОКС и среднюю дисперсию СКС. Эффекты СКС изменялись от -3,32 до 2,44. Оба этих крайних показателя отметили у тесткроссов с опылителем к-4471 (обладателя максимальной дисперсии СКС).

Среди тестеров максимальные значения эффектов ОКС и дисперсии СКС выявили у генотипа к-103, минимальные – Забава.

Таблица 2 - Оценка комбинационной способности сортообразцов сахарной кукурузы в тестерных скрещиваниях по длине початка

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.7

Сортообразец	Эффекты ОКС	Эффекты СКС			Дисперсия СКС
		Цукерка	Забава	К-103	
к-3151	1,58	0,43	-2,09	1,66	3,67
к-4411	0,34	-0,27	0,42	-0,16	0,14
к-4462	0,85	-0,28	0,34	-0,07	0,10
к-23867	-0,38	-1,08	0,39	0,69	0,90
к-295	-1,19	0,30	-0,43	0,13	0,14
к-4471	0,43	2,44	0,88	-3,32	8,88
к-4593	0,16	-0,59	1,66	-1,08	2,13
к-4604	-0,25	0,33	-0,06	-0,27	0,09
к-5653	-1,16	-0,03	-0,72	0,75	0,54
к-5811	-0,22	-0,04	-0,29	0,33	0,10
Услада	-0,14	-1,22	-0,10	1,32	1,62
$НСР_{0,05}$	0,79	0,95	0,93	1,30	-
Эффекты ОКС и дисперсия СКС тестеров					
Эффекты ОКС		0,11	-0,64	0,53	-
Дисперсия СКС		0,95	0,92	1,79	-

Примечание: 2021 г

По длине початка в 2022 году крайние значения эффектов ОКС составили -1,07…1,36 (таблица 3). Высокий уровень отметили у компонентов скрещивания: к-3151, к-23867 и к-4452. У генотипов к-3151 и к-4452 также выявили высокую дисперсию СКС, вариабельность которой составила 0,22…6,39. К-295 и к-4411 характеризовались достаточно низким эффектом ОКС и высокой вариансой. Следует отметить, что у генотипа к-3151 оба года отмечали высокие или выше среднего значения эффектов ОКС и дисперсии СКС, но с разными тестерами. Можно рекомендовать его использование в селекции сортов-популяций и высокогетерозисных гибридов. Показатели эффектов СКС изменялись от -2,61 до 2,88. Высокие значения отметили у комбинаций скрещивания: Забава/к-4452, Забава/к-4462, Цукерка/к-3151. Вариабельность тестеров составила -0,60…3,94 (оба показателя зафиксировали у образца Забава). Тестер Забава оба года эксперимента отличался низкой ОКС.

Таблица 3 - Оценка комбинационной способности сортообразцов сахарной кукурузы в тестерных скрещиваниях по длине початка

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.8

Сортообразец	Эффекты ОКС	Эффекты СКС			Дисперсия СКС
		Цукерка	Забава	К-103	
к-3151	0,79	2,31	-2,55	0,24	5,93
к-1585	-0,19	-0,44	-0,53	0,97	0,71
к-4411	-1,07	0,68	-2,28	1,60	4,12
к-4462	0,25	-1,67	2,36	-0,69	4,41
к-5768	-0,92	-0,07	0,50	-0,43	0,22
к-23867	1,36	0,43	-0,63	0,20	0,31
к-295	-0,85	0,90	1,71	-2,61	5,27
к-5653	-0,41	-0,29	-1,47	1,76	2,66
к-4452	1,03	-1,84	2,88	-1,04	6,39
$НСР_{0,05}$	0,97	1,39	2,14	1,49	-
Эффекты ОКС и дисперсия СКС тестеров					
Эффекты ОКС		0,04	-0,60	0,56	-
Дисперсия СКС		1,66	3,94	1,90	-

Примечание: 2022 г

Эффекты ОКС по признаку «количество зерна на одном початке» в 2021 г. варьировали от -60,67 (к-295) до 50,58 (к-4411), а дисперсии СКС – от 332,05 (к-4462) до 5508,76 (к-4471) (таблица 4). У образца к-4471 отметили максимальную дисперсию и средние эффекты ОКС. Средние значения по обоим параметрам также зафиксировали у генотипов к-23867 и к-4471 (ОКС), а также к-3151 и к-295 (СКС). Среди тестеров высокие эффекты ОКС демонстрировал образец Цукерка, а высокую вариансу – к-103.

Таблица 4 - Оценка комбинационной способности сортообразцов сахарной кукурузы в тестерных скрещиваниях по количеству зерна на початке

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.9

Сортообразец	Эффекты ОКС	Эффекты СКС			Дисперсия СКС
		Цукерка	Забава	К-103	
к-3151	-6,58	48,28	-63,42	15,14	3291,48
к-4411	50,58	-12,22	32,00	-19,78	782,48
к-4462	24,58	-15,94	-3,94	19,88	332,52
к-23867	32,56	3,40	39,88	-43,28	1737,87
к-295	-60,67	-34,70	-27,79	62,49	2940,36
к-4471	30,66	48,90	36,50	-85,40	5508,76
к-4593	6,17	3,94	12,07	-16,01	208,71
к-4604	-32,14	-15,10	-17,70	32,80	808,56
к-5653	-28,46	-21,98	-7,14	29,12	690,98
к-5811	-8,00	20,77	-3,63	-17,14	369,05

Сортообразец	Эффекты ОКС	Эффекты СКС			Дисперсия СКС
		Цукерка	Забава	К-103	
Услада	-8,69	-25,35	3,16	22,19	572,43
$НСР_{0,05}$	8,74	8,19	9,18	12,43	-
Эффекты ОКС и дисперсия СКС тестеров					
Эффекты ОКС		14,04	-17,96	3,92	-
Дисперсия СКС		814,19	929,08	1705,36	-

Примечание: 2021 г

В 2022 году эффекты ОКС по количеству зерна на початке варьировали от -84,25 до 80,12, а лучшую комбинационную ценность демонстрировали образцы к-4462 и к-23867 (таблица 5). В 2021 году у этих родительских форм фиксировали средние показатели. Изменчивость дисперсии СКС составила 288,54…16363,64. Образцы с высокой дисперсией – к-3151 и к-4452. Лучшим среди тестеров по параметрам ОКС в 2022 году являлся сортообразец Цукерка, а СКС – Забава. Также выделили тестерные гибриды с высокими показателями эффектов ОКС: Забава/к4452, Забава/к-4462, Цукерка/к-3151. У некоторых комбинаций значения эффектов СКС значимо различались по годам, у других в разные годы отмечались хорошие или средние результаты с разными тестерами. Тем не менее, два года опыта позволили выявить генотип к-3151, у которого показатели дисперсии СКС по обоим изучаемым признакам были высокими или выше среднего, а по длине початка – как показатели ОКС так и СКС. Следует также выделить тестерный гибрид Цукерка/к-3151, эффекты СКС которого по количеству зерна на початке были оба года достаточно высокими.

Таблица 5 - Оценка комбинационной способности сортообразцов сахарной кукурузы в тестерных скрещиваниях по количеству зерна на початке

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.10

Сортообразец	Эффекты ОКС	Эффекты СКС			Дисперсия СКС
		Цукерка	Забава	К-103	
к-3151	-15,38	93,25	-69,19	-24,06	7031,06
к-1585	11,59	-8,20	-11,33	19,53	288,54
к-4411	-4,38	33,01	-85,60	52,59	5591,98
к-4462	70,42	-44,86	92,58	-47,72	6430,64
к-5768	-27,62	22,58	-61,53	38,95	2906,28
к-23867	80,12	44,57	-46,63	2,06	2082,76
к-295	-75,26	8,81	32,58	-41,39	1426,10
к-5653	-84,25	-13,71	30,36	-16,65	693,42
к-4452	44,75	-135,44	118,77	16,67	16363,64
$НСР_{0,05}$	11,79	27,97	21,66	9,43	-
Эффекты ОКС и дисперсия СКС тестеров					
Эффекты ОКС		26,93	-16,39	-10,54	-
Дисперсия СКС		4121,35	5358,09	1224,15	-

Примечание: 2022 г

По отношению средних квадратов изменчивости общей и специфической комбинационной способности (msОКС/msСКС) оценивают преобладание в генетическом контроле аддитивных или неаддитивных эффектов генов (таблица 6). При этом если полученное частное больше единицы, считается превалирование аддитивных эффектов генов над неаддитивными (доминантными и эпистатическими). По количеству зерна на початке зафиксировали преобладание аддитивного действия генов, а по длине соцветия – нестабильное его проявление по годам.

Таблица 6 - Отношение средних квадратов изменчивости

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.8.11

Признак	msOKC/msCKC	
	2021	2022
Длина початка	1,078	0,650
Количество зерна на початке	1,898	1,913

Примечание: 2021-2022 гг

Заключение

Установлена значимая взаимосвязь между размером женского соцветия сахарной кукурузы и количеством зерен на нём.

Два года опыта позволили выявить генотип к-3151, у которого показатели дисперсии СКС по обоим изучаемым признакам были высокими или выше среднего, а по длине початка – как показатели ОКС, так и СКС. Также по длине соцветия в 2022 году высокими эффектами ОКС характеризовались образцы к-4462 и к-23867. В 2021 году у этих родительских форм выявлялись средние показатели. Высокие эффекты ОКС по признаку «количество зерна на одном початке» в 2021 г. выявили у генотипа к-4411, а в 2022 г. -–к-4462 и к-23867. Образцы с высокой дисперсией СКС – к-3151 и к-4452. Среди тесткроссов был выделен Цукерка/к-3151, эффекты СКС которого по количеству зерна на початке были оба года достаточно высокими. Среди тестеров по крупности початка следует выделить образец к-103, демонстрировавшего два года лучшие показатели эффектов ОКС, а в 2021 г. – дисперсии СКС, а по числу зерен с початка – генотип Цукерка (лучшие эффекты ОКС в течение двух лет). У материнских компонентов скрещивания Забава и к-103 в разные годы отмечали высокую дисперсию СКС.

Отношение средних квадратов изменчивости общей и специфической комбинационной способности зафиксировали преобладание аддитивного действия генов по количеству зерна на початке, а по длине соцветия – нестабильное его проявление по годам.

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. Абдуллаев Ф.Х. Генетико-статистические методы в создании исходного материала кукурузы / Ф.Х. Абдуллаев. — Ташкент: Lambert Academic Publishing, 2016. — 180 с.

2. Sprague G.F. General and Combining Ability in Single Crosses of Corn. Agronomy / G.F.Sprague L.A.Tatum. — DOI: 10.2134/agronj1942.00021962003400100008x

3. Орлянский Н.А. Определение селекционной ценности самоопыленных линий кукурузы / Н.А. Орлянский, А.Н. Орлянская // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. — Краснодар, 2009. — С. 82-88.

4. Кривошеев Г.Я. Общая и специфическая комбинационная способность само-опыленных линий кукурузы по признаку урожайность зерна / Г.Я. Кривошеев, Н.А. Шевченко // Научный журнал КубГАУ. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 104(10)

5. Чилашвили И.М. Изучение комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края / И.М., Чилашвили, А.И. Супрунов, А.Ю. Слащев // Зерновое хозяйство России. — 2015 — № 4 — С. 46-49.

6. Лемешев Н.А. Оценка новых линий кукурузы на комбинационную способность по признаку «уборочная влажность зерна» / Н.А.Лемешев, А.П.Новичихин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2019. — № 77. — С.117-121.

7. Muntean L. Combining Ability for Yield in Maize Synthetic Populations Obtained from lGCAl Populations / L. Muntean, I. Hasl, V. Has // Romanian Agricultural Research. — 2014. — № 31. — P. 3-8.

8. Кривошеев Г.Я. Комбинационная способность раннеспелых самоопыленных линий кукурузы и тестеров в системе топкроссных скрещиваний / Г.Я. Кривошеев, А.С. Игнатьев, Н.А. Шевченко // Научный журнал КубГАУ. — 2015 — №114.

9. 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.

10. Варламов Д.В. Результаты изучения экологической адаптивности новых раннеспелых гибридов кукурузы / Д.В. Варламов, А.В. Гульняшкин, С.С. Анашенков // Зерновое хозяйство России. — 2014. — №4. — С. 31-35.

11. Elmore R. To be Determined: Ear Row Numbers and Kernels per Row in Corn / R. Elmore, L. Abendroth // Integrated Crop Management — № 496(13) — 2006.

12. Веденеев Г.И. Генетический контроль количественных признаков у кукурузы. Сообщение III. Число рядов зерен на початке и число зерен в ряду початка / Г.И. Веденеев // Генетика. — 1987. — Т. VIII. — С. 123-134.

13. Гусева С.А. Использование биометрических методов для оценки модельной популяции сахарной кукурузы / С.А. Гусева, О.С. Башинская, О.С. Носко [и др.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2022. — № 8(28). — DOI: 10.23649/jae.2022.28.8.006.

14. Bertoia L.M. Maize Forage Aptitude: Combining Ability of Inbred Lines and Stability of Hybrids / L.M. Bertoia, M.B. Aulicino // The Crop Journal. — 2014. — Vol. 2. — Iss. 6. — P. 407-418.

15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть / Госсорткомиссия. — М., 2019. — 329 с.

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М.: Книга по требованию, 2012. — 352 с.

17. Савченко В.К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях / В.К. Савченко. — Минск: Наука и техника, 1984. — 223 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abdullaev F.X. Genetiko-statisticheskie metody' v sozdanii isxodnogo materiala kukuruzy' [Genetic and Statistical Methods in the Creation of Corn Source Material] / F.X. Abdullaev. — Tashkent: Lambert Academic Publishing, 2016. — 180 p. [in Russian]

2. Sprague G.F. General and Combining Ability in Single Crosses of Corn. Agronomy / G.F.Sprague L.A.Tatum. — DOI: 10.2134/agronj1942.00021962003400100008x

3. Orljanskij N.A. Opredelenie selekcionnoj cennosti samoopylennyh linij kukuruzy [Determination of the Breeding Value of Self-pollinated Lines of Corn] / N.A. Orljanskij, A.N. Orljanskaja // Genetika, selekcija i tehnologija vozdelyvanija kukuruzy [Genetics, Selection and Technology of Corn Cultivation]. — Krasnodar, 2009. — P. 82-88. [in Russian]

4. Krivosheev G.Ja. Obshhaja i specificheskaja kombinacionnaja sposobnost' samo-opylennyh linij kukuruzy po priznaku urozhajnost' zerna [General and Specific Combining Ability of Self-pollinated Corn Lines Based on Grain Yield] / G.Ja. Krivosheev, N.A. Shevchenko // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Scientific Journal of KubSAU]. — Krasnodar: KubSAU, 2014. — № 104(10) [in Russian]

5. Chilashvili I.M. Izuchenie kombinacionnoj sposobnosti novyh samoopylennyh linij kukuruzy v uslovijah central'noj zony Krasnodarskogo kraja [Study of the Combining Ability of New Self-pollinated Lines of Corn in the Conditions of the Central Zone of the Krasnodar Territory] / I.M., Chilashvili, A.I. Suprunov, A.Ju. Slashhev // Zernovoe hozjajstvo Rossii [Grain Farming in Russia]. — 2015 — № 4 — P. 46-49. [in Russian]

6. Lemeshev N.A. Ocenka novyh linij kukuruzy na kombinacionnuju sposobnost' po priznaku «uborochnaja vlazhnost' zerna» [Evaluation of New Lines of Corn for Combining Ability Based on the Attribute “Harvest Moisture Content of Grain”] / N.A.Lemeshev, A.P.Novichihin // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. — 2019. — № 77. — P.117-121. [in Russian]

7. Muntean L. Combining Ability for Yield in Maize Synthetic Populations Obtained from lGCAl Populations / L. Muntean, I. Hasl, V. Has // Romanian Agricultural Research. — 2014. — № 31. — P. 3-8.

8. Krivosheev G.Ja. Kombinacionnaja sposobnost' rannespelyh samoopylennyh linij kukuruzy i testerov v sisteme topkrossnyh skreshhivanij [Combination Ability of Early Ripening Self-pollinated Corn Lines and Testers in a Topcross System] / G.Ja. Krivosheev, A.S. Ignat'ev, N.A. Shevchenko // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Scientific Journal of KubSAU]. — 2015 — №114. [in Russian]

9. Kapustjan M.V. Analiz kombinacionnoj sposobnosti novyh linij kukuruzy razlichnogo proishozhdenija v testernyh skreshhivanijah [Analysis of the Combining Ability of New Corn Lines of Different Origins in Test Crosses] / M.V. Kapustjan, L.N.Chernobaj, E.V. Sikalova // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy]. — 2018. — № 3. [in Russian]

10. Varlamov D.V. Rezul'taty izuchenija jekologicheskoj adaptivnosti novyh rannespelyh gibridov kukuruzy [Results of Studying the Ecological Adaptability of New Early Maturing Corn Hybrids] / D.V. Varlamov, A.V. Gul'njashkin, S.S. Anashenkov // Zernovoe hozjajstvo Rossii [Grain Farming in Russia]. — 2014. — №4. — P. 31-35. [in Russian]

11. Elmore R. To be Determined: Ear Row Numbers and Kernels per Row in Corn / R. Elmore, L. Abendroth // Integrated Crop Management — № 496(13) — 2006.

12. Vedeneev G.I. Geneticheskij kontrol' kolichestvennyh priznakov u kukuruzy. Soobshhenie III. Chislo rjadov zeren na pochatke i chislo zeren v rjadu pochatka [Genetic Control of Quantitative Traits in Maize. Message III. The Number of Rows of Grains on the Cob and the Number of Grains in a Row of the Cob] / G.I. Vedeneev // Genetika [Genetics]. — 1987. — Vol. VIII. — P. 123-134. [in Russian]

13. Guseva S.A. Ispol'zovanie biometricheskih metodov dlja ocenki model'noj populjacii saharnoj kukuruzy [Using Biometric Methods to Assess the Model Population of Sweet Corn] / S.A. Guseva, O.S. Bashinskaja, O.S. Nosko [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2022. — № 8(28). — DOI: 10.23649/jae.2022.28.8.006. [in Russian]

14. Bertoia L.M. Maize Forage Aptitude: Combining Ability of Inbred Lines and Stability of Hybrids / L.M. Bertoia, M.B. Aulicino // The Crop Journal. — 2014. — Vol. 2. — Iss. 6. — P. 407-418.

15. Metodika gosudarstvennogo sortoispytanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Vypusk pervyj. Obshhaja chast' [Methodology for state variety testing of agricultural crops. First issue. General part] / State Variety Commission. — M., 2019. — 329 p. [in Russian]

16. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dospehov. — M.: Kniga po trebovaniju, 2012. — 352 p. [in Russian]

17. Savchenko V.K. Geneticheskij analiz v setevyh probnyh skreshhivanijah [Genetic Analysis in Network Test Crosses] / V.K. Savchenko. — Minsk: Science and Technology, 1984. — 223 p. [in Russian]