



УДК:633.15

DOI 10.25230/conf12-2023-221-226

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ В ТОПКРОССНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА

Рожков П.Ю., Зайцев С.А., Алимбеков М.Я.

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт
сорго и кукурузы «Россорго»
zea_mays@mail.ru

В статье излагаются результаты исследования содержания масла в зерне гибридных комбинаций кукурузы. В результате изучения экспериментальных гибридов, созданных на основе коллекционного материала ВИР, выявлена селекционная и комбинационная ценность линий по содержанию масла в зерне и его сбору с гектара. Приводятся результаты по сбору масла с единицы площади. В эксперимент включены простые гибриды (30 комбинаций), полученные по полной топкроссной схеме скрещиваний.

Ключевые слова: кукуруза, линия, гибрид, комбинационная способность, масло, содержание, дисперсия.

Введение. Самоопыленные линии являются основой построения селекционного процесса. Селекционная ценность используемых линий определяет количественные и качественные показатели создаваемых гибридов, которые должны отвечать конкретным требованиям современного аграрного производства [1]. Кукуруза – одна из основных культур, использующихся в производстве продуктов питания, как для человека, так и для животных. Посевные площади, занятые под кукурузой, постоянно расширяются. Так, в 2022 году площадь, занятая под посевами кукурузы на зерно равнялась 183,9 тыс. га, что составляет 18 % от всех яровых зерновых и зернобобовых культур. Высокая урожайность кукурузы по сравнению с яровыми зерновыми и зернобобовыми культурами способствует тому, что доля зерна кукурузы (678,1 тыс. тонн) в общем валовом сборе яровых культур (2174,0 тыс. тонн) в 2022 году достигла 31 % по Саратовской области. Высокая значимость масла кукурузы в питании и экономике предьявляет к селекционным организациям уделять значительное внимание количественному содержанию жиров и их сбору с единицы площади [2]. Важное экономическое и пищевое значение представляет производство масла из зерна кукурузы. Поэтому необходимо выявление линий, способных давать гибриды с высокими показателями масличности зерна и сбором масла с единицы площади [3].

Оценка комбинационной способности занимает ведущее место в гетерозисной селекции сельскохозяйственных культур [4–6]. Имея результаты ее оценки, селекционер может сосредоточить свои усилия на работе с перспективными формами. Под термином «комбинационная способность» понимается способность линии давать при скрещивании с другими линиями, простыми гибридами или сортами гетерозисное потомство, обладающее повышенной жизнеспособностью и урожайностью [7]. Оценка комбинационной способности на более позднем этапе селекции обычно проводится на основе испытания гибридов в схеме



диаллельных скрещиваний [8]. Однако, эта схема скрещиваний требует получения большого числа гибридов и является трудновыполнимой при большом числе изучаемых линий [9]. При выделении лучших образцов из большой выборки более приемлемым является метод топкросса. В таком случае, вместо взаимного скрещивания линий друг с другом применяется два-три общих родителя с широкой генетической основой (линия, сорт, синтетическая популяция). Это необходимо для того, чтобы полнее охватить генетическую изменчивость, заключенную между линиями, и выявить лучшие комбинации по отдельным признакам. Скрещивание линий с тестером позволяет получить информацию как об их общей комбинационной способности (ОКС), так и о специфической комбинационной способности (СКС) не прибегая к диаллельному скрещиванию, если в качестве тестера использовать несколько хороших инбредных линий [10].

Следует разделять понятие комбинационной способности на два вида – общую (ОКС) и специфическую (СКС). ОКС представляет собой среднюю величину признака, которая наблюдается по всем гибридным комбинациям с участием изучаемых линий. СКС отражает отклонение признака у той или иной конкретной комбинации от средней величины [11]. Если величина гетерозиса в гибридной комбинации линии с тестером значительно выше, чем это можно было предполагать на основании общей комбинационной способности линии, то можно судить о высокой специфической комбинационной способности. Высокие эффекты СКС можно получить при скрещивании линий не только с высокой, но и с низкой ОКС [12].

Целью наших исследований было оценить общую и специфическую комбинационную способность инбредных линий кукурузы на основе тестовых скрещиваний по схеме полных топкроссов и выявить лучшие родительские линии для использования в селекции на повышение сбора масла с единицы площади.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2022 году на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в соответствии с методикой [13]. Климат региона характеризуется как резко континентальный. ГТК варьирует от 0,56 до 1,05. Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный среднесиловой 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. Повторность – трехкратная. Учетная площадь делянки 7,7 м²; длина делянки 5,5 м. 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 [14, 15]. На начальном этапе в селекционном питомнике использован метод статистической обработки данных. Обработка данных проводилась с помощью компьютерной программы Agros-2.09.

Результаты и обсуждение. Полученные данные указывают на достоверные различия между гибридами по содержанию масла в зерне и его сбором с 1 га (табл. 1). Интервал варьирования содержания масла в зерне изменялся от средних (4,4 %) до высоких (6,6 %) показателей. Коэффициенты асимметрии, полученные в 2022 году, указывают на практически симметричное распределение таких признаков как «содержание масла» и «сбор масла» и на их левостороннюю скошенность. Однако коэффициент вариации (7,9 %) указывает на слабые различия гибридов в выборке по содержанию масла в зерне. Поскольку, общий сбор жира с единицы площади во многом зависит от общей урожайности, то наблюдается высокое различие гибридных комбинаций по выходу жира ($CV = 31,3 \%$).



Таблица 1. Параметры статистической оценки гибридов кукурузы

Саратов, 2022 г.

Параметр	Урожайность зерна, т/га	Содержание масла, %	Сбор масла, кг/га
Среднее значение	4,40	5,1	193,9
Ошибка средней	0,14	0,04	6,29
Дисперсия	1,75	0,17	3678,2
Стандартное отклонение	1,32	0,41	60,7
Коэффициент вариации	30,1	7,9	31,3
Коэффициент асимметрии	0,243 ns	0,185 ns	0,329 ns
Ошибка коэффициента асимметрии	0,25	0,25	0,25
Коэффициент эксцесса	-0,904 ns	-0,408 ns	-0,813 ns
Ошибка коэффициента эксцесса	0,495	0,495	0,495
min	2,14	4,4	91,1
max	7,24	6,2	323,4
HCP ₀₅	93	0,16	6,70

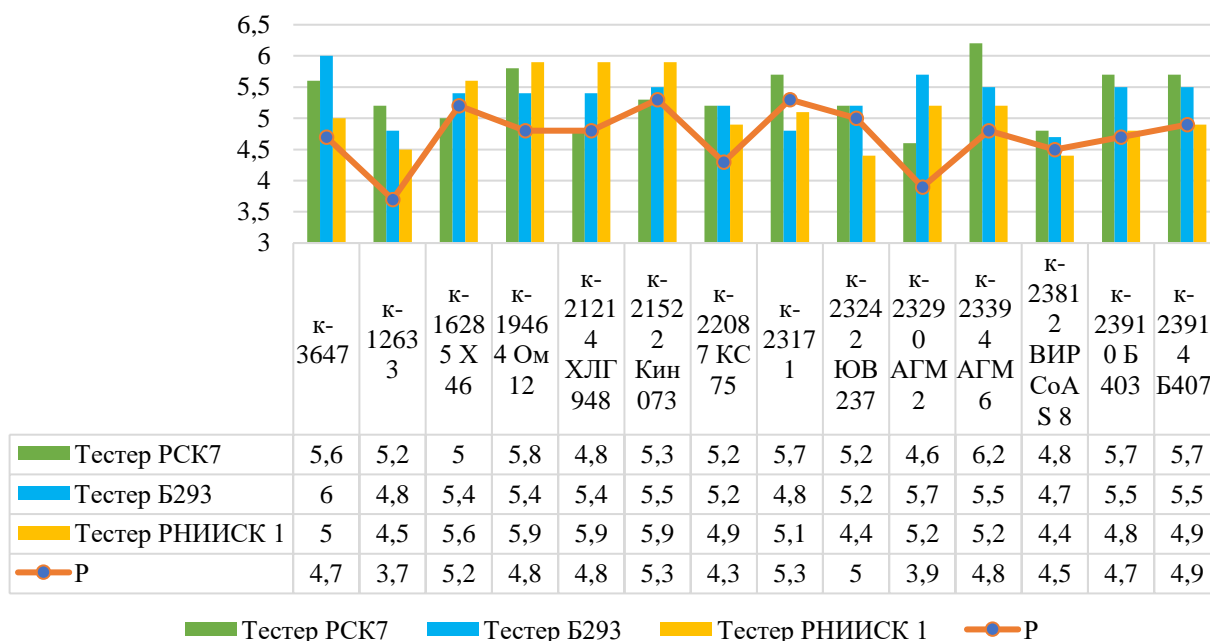


Рисунок – Содержание масла в зерне кукурузы, %, 2022 г.

Анализ урожайности зерна и биохимического состава позволил выявить сбор масла с 1 га (табл. 2). Интервал варьирования по сбору масла составлял 91,1–323,4 кг/га. У лучших комбинаций сбор масла в среднем составлял: с включением тестера РСК 7 138,6–322,8 кг/га, с тестером Б293 – 110,2–321,1 кг/га, с тестером РНИИСК 1 – 128,2–323,4 кг/га. Наибольший сбор масла получен в следующих комбинациях: к-12633 × РНИИСК 1 (276,6 кг/га), к-16285 X 46 × Б 293 (295,9 кг/га), к-22087 КС 75 × РСК 7 (261,2 кг/га), к-22087 КС 75 × Б 293 (306,8 кг/га), к-23171 × РСК 7 (322,8 кг/га), к-23171 × Б 293 (299,2 кг/га), к-23242 ЮВ 237 × Б 293 (321,1 кг/га), к-23394 АГМ 6 × РСК 7 (282,4 кг/га) и к-23910 Б 403 × РСК 7 (282,3 кг/га) (табл. 2).



Таблица 2. Урожайность зерна и выход жира с зерном гибридов кукурузы

Саратов, 2022 г.

Линия	Урожайность зерна, т/га			Сбор масла, кг/га		
	Тестер					
	РСК7	Б293	РНИИСК 1	РСК7	Б293	РНИИСК 1
к-3647	3,98	2,41	3,22	190,7	123,5	139,2
к-12633	5,02	5,95	7,12	223,1	245,1	276,6
к-16285 Х 46	5,34	6,39	4,67	230,2	295,9	223,1
к-19464 Ом 12	3,72	4,51	3,55	185,5	210,6	180,1
к-21214 ХЛГ 948	4,35	4,03	4,03	181,4	186,0	203,0
к-21522 Кин 073	4,00	5,89	6,35	180,4	278,1	323,4
к-22087 КС 75	5,85	6,86	4,99	261,2	306,8	210,5
к-23171	6,58	7,24	5,78	322,8	299,2	250,9
к-23242 ЮВ 237	5,04	7,12	3,41	223,8	321,1	128,2
к-23290 АГМ 2	3,52	4,48	4,41	138,6	218,4	195,8
к-23394 АГМ 6	5,32	4,52	4,06	282,4	214,1	180,2
к-23812 ВИРСoAS 8	5,45	2,71	4,65	225,0	110,2	177,0
к-23910 Б 403	5,88	5,63	3,19	286,3	267,9	133,1
к-23914 Б407	3,31	2,83	4,00	162,0	133,3	169,7
Среднее значение	4,35	4,54	4,30	194,3	200,8	186,4

Размах изменчивости эффектов ОКС линий по содержанию в зерне жира варьировал от -0,50 до 0,57. Высокое значение эффекта ОКС наблюдалось у линий: к-3647 (0,40), к-19464 Ом 12 (0,57), к-21522 Кин 073 (0,44), к-23394 АГМ 6 (0,50), к-21214 ХЛГ 948 (0,24) и к-23914 Б407 (0,24) (табл. 3).

Таблица 3. Эффекты ОКС и дисперсия СКС линий по содержанию и сбору масла

Саратов, 2022 г.

Линия	Содержание масла %		Сбор масла, кг/га	
	эффект ОКС	дисперсия СКС	эффект ОКС	дисперсия СКС
к-3647	0,40	0,22	-42,7	1374,0
к-12633	-0,30	0,08	54,4	1018,1
к-16285 Х 46	0,20	0,13	55,9	1152,7
к-19464 Ом 12	0,57	0,08	-1,8	101,9
к-21214 ХЛГ 948	0,24	0,37	-3,7	309,3
к-21522 Кин 073	0,44	0,13	66,8	5772,0
к-22087 КС 75	-0,30	0,02	65,6	1679,1
к-23171	0,07	0,17	97,1	1026,7
к-23242 ЮВ 237	-0,20	0,17	30,5	7968,6
к-23290 АГМ 2	0,04	0,35	-9,6	1611,6
к-23394 АГМ 6	0,50	0,21	31,7	2480,0
к-23812 ВИРСoAS 8	-0,50	0,02	-23,1	3819,9
к-23910 Б 403	0,20	0,17	35,2	6041,4
к-23914 Б407	0,24	0,13	-38,9	676,7
Среднее значение	0,0	0,14	0,0	1911,3
min	-0,50	0,00	-88,4	2,7
max	0,57	0,37	97,1	7968,6

Дисперсия СКС линий по содержанию масла в зерне изменялась в интервале: от 0,00 до 0,37. Наибольшее значение дисперсии СКС отмечено у линий: к-3647 (0,22), к-21214 ХЛГ 948 (0,37), к-23290 АГМ 2 (0,35), к-23394 АГМ 6 (0,21). Отношение средних квадратов отклонений ОКС/СКС составило 1,5. Из чего можно сделать вывод о преобладании аддитивного взаимодействия генов при формировании и содержания масла в зерне (табл. 3).



Размах изменчивости эффектов ОКС по сбор масла с гектара варьировал от -88,4 до 97,1. Высокое значение эффекта ОКС отмечено у линий: к-12633 (54,4), к-16285 X 46 (55,9), к-21522 Кин 073 (66,8), к-22087 КС 75 (65,6) и к-23171 (97,1). Наибольшее значение положительной дисперсии СКС отмечено у следующих линий: к-23242 ЮВ 237 (7968,6), к-21522 Кин 073 (5772,0), к-23910Б 403 (6041,4) и к-23812 ВИРС_oAS 8 (3819,9) Отношение средних квадратов отклонений ОКС/СКС составило – 3,66, что свидетельствует о влиянии аддитивных эффектов генов на сбор масла с единицы площади (табл. 3).

Заключение. В результате изучения экспериментальных гибридов кукурузы, созданных на основе коллекционного материала ВИР, выявлена селекционная и комбинационная ценность линий по содержанию масла в зерне и его сбору с гектара. Результаты исследования позволяют рекомендовать для включения в селекционный процесс линии, характеризующиеся высоким эффектом ОКС по содержанию масла в зерне: к-3647 (0,40), к-19464 Ом 12 (0,57), к-21522 Кин 073 (0,44), к-23394 АГМ 6 (0,50), к-21214 ХЛГ 948 (0,24) и к-23914 Б407 (0,24), а также гибридные комбинации, формирующие наибольший сбор масла с единицы площади: к-12633 × РНИИСК 1 (276,6 кг/га), к-16285 X 46 × Б 293 (295,9 кг/га), к-22087 КС 75 × РСК 7 (261,2 кг/га), к-22087 КС 75 × Б 293 (306,8 кг/га), к-23171 × РСК 7 (322,8 кг/га), к-23171 × Б 293 (299,2 кг/га), к-23242 ЮВ 237 × Б 293 (321,1 кг/га), к-23394 АГМ 6 × РСК 7 (282,4 кг/га) и к-23910 Б 403 × РСК 7 (282,3 кг/га). Правильно подобранные и вовлечённые в селекционный процесс родительские линии кукурузы позволят создавать новые генотипы с высоким содержанием масла в зерне и повышенным его сбором с единицы площади.

Литература

1. Кильчевский А.В. Генетико-экологические аспекты селекции растений // В книге: Генетические основы селекции растений. в 4 томах. Минск, 2018. С. 6–49.
2. Сотченко Ю.В., Сотченко Е.Ф., Мартиросян В.В., Жиркова Е.В., Галговская Л.А., Теркина О.В. Исследование химического состава зерна перспективных самоопыленных линий кукурузы // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 3 (23). С. 220–225.
3. Радочинская Л.В., Петряков А.П. Результаты селекции при создании раннеспелых высокомасличных гибридов кукурузы // АгроСнабФорум. 2018. № 6 (162). С. 38–39.
4. Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Цыганкова Н.В., Крахмалева О.А. Селекция инбредных линий озимой ржи (*Secale cereale* L.) на общую и специфическую комбинационную способность и ее связь с селекционными признаками // Сельскохозяйственная биология, 2019. Т. 54, № 1, с. 38–46.
5. Зайцев С.А. Применение диаллельного анализа при изучении комбинационной способности кукурузы // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 16–19.
6. Козлова И.В. Изучение комбинационной способности линий томата по признакам продуктивности и ее составляющим // Рисоводство. 2021. № 1 (50). С. 59–64.
7. Чилашвили И.М., Супрунов А.И., Слащев А.Ю. Изучение комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края // Зерновое хозяйство России. 2015. № 4. С. 46–49.
8. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гудова Л.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях по высоте прикрепления початка // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 50–55.
9. Губин С.В., Логинова А.М., Гетц Г.В. Изучение комбинационной способности инбредных линий кукурузы в нерегулярных скрещиваниях // Кукуруза и сорго. 2021. № 2. С. 18–25.
10. 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.

11. Вольф В.Г., Литун П.П. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков, 1980. 75 с.

12. Турбин Н.В., Хотылева Л.В., Тарутина Л.А. Диаллельный анализ в селекции растений. Минск: Изд-во «Наука и техника», 1974. 181 с.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

14. 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.

15. Федин М.А., Силис Д.Я., Смирязев А.В. Статистические методы генетического анализа. М.: Колос, 1980. 208.

EVALUATION OF THE COMBINATIONAL ABILITY OF CORN LINES IN TOP-CROSS CROSSINGS ON GRAIN QUALITY

Rozhkov P.Yu., Zaitsev S.A., Alimbekov M.Ya.

Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”

The article presents the results of a study of the oil content in the grain of corn hybrid combinations. As a result of the study of experimental hybrids developed on the basis of the VIR collection material, the breeding and combination values of the lines were revealed in terms of oil content in grain and its yield per hectare. The results of oil yield per a unit area are given. The experiment included simple hybrids (30 combinations) developed by a complete topcross cross scheme.

Key words: corn, line, hybrid, combination ability, oil, content, dispersion.