

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ НА СОДЕРЖАНИЕ КРАХМАЛА

✉ Зайцев С.А., Бычкова В.В., Волков Д.П., Башинская О.С., Матюшин П.А.

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт

сорго и кукурузы

Саратов, Россия

✉ e-mail: zea_mays@mail.ru

Представлены результаты исследования содержания крахмала в гибридных комбинациях кукурузы. В результате изучения экспериментальных гибридов, созданных на основе коллекционного материала ВИР, выявлена селекционная и комбинационная ценность линий по содержанию в зерне и выходу крахмала с 1 га. Приведены результаты по сбору крахмала с единицы площади. В эксперимент включены простые гибриды (30 комбинаций), полученные по полной топкроссной схеме скрещиваний. В исследовании в качестве тестеров использованы линии РСК 7, Б 293 и синтетическая популяция РНИИСК 1. Интервал варьирования содержания крахмала в зерне за изучаемый период изменялся от низких значений до среднего показателя. В 2020 г. он составил от 60,9 до 65,2%, в 2021 г. – от 59,3 до 66,1%. Выделены линии с высоким эффектом общей комбинационной способности по содержанию крахмала в зерне (Х 46, Вз 6, Ом 12, ЮВ 106), а также гибридные комбинации ЮВ 25 / РСК 7 (63,3–64,2%), КС 75 / РСК 7 (62,7–64,4), ХЛГ 948 / РСК 7 (63,5–64,1), Кин 073 / РСК 7 (63,4–63,8), ЮВ 106 / РСК 7 (63,6–66,1), КС 25 / Б 293 (63,0–63,5), ХЛГ 182 / Б 293 (63,5–63,6), КС 75 / Б 293 (63,1–63,5), ХЛГ 182 / РНИИСК 1 (62,9–63,6%). Выявлены экспериментальные гибриды, формирующие наибольший выход крахмала с единицы площади: ХЛГ 182 / РСК 7 (3,12–3,58 т/га), ЮВ 106 / РСК 7 (2,77–3,11), Х 46 / Б 293 (3,22–3,39), Ом 12 / Б 293 (2,72–3,85 т/га).

Ключевые слова: гибрид, общая комбинационная способность, специфическая комбинационная способность, тестер, скрещивание, дисперсия

EVALUATION OF COMBINATION ABILITY OF CORN LINES FOR STARCH CONTENT

✉ Zaitsev S.A., Bychkova V.V., Volkov D.P., Bashinskaya O.S., Matyushin P.A.

Russian Research Institute for Sorghum and Maize "Rossorgo"

Saratov, Russia

✉ e-mail: zea_mays@mail.ru

The results of the study of starch content in corn hybrid combinations are presented. As a result of the study of experimental hybrids created on the basis of VIR collection material, the breeding and combinational value of the lines in terms of grain content and starch yield per 1 ha was revealed. The results of starch harvesting per unit area are given. The experiment includes simple hybrids (30 combinations) obtained using the full topcross crossing scheme. In the study, the RCK 7, B 293 lines and the synthetic population of RNIISK 1 were used as testers. The interval of variation of starch content in the grain during the study period varied from low values to the average indicator. It was 60.9% to 65.2% in 2020, and 59.3% to 66.1% in 2021. The lines with high effect of total combining ability by starch content in the grain (X 46, Bz 6, Om 12, UV 106), and hybrid combinations of UV 25 / PCK 7 (63, 3-64.2%), KC 75 / PCK 7 (62.7-64.4), HLG 948 / PCK 7 (63.5-64.1), Kin 073 / PCK 7 (63.4-63.8), UV 106 / PCK 7 (63.6-66, 1), KC 25 / B 293 (63.0-63.5), HLG 182 / B 293 (63.5-63.6), KC 75 / B 293 (63.1-63.5), HLG 182 / RNISK 1 (62.9-63.6%) were identified. The experimental hybrids that form the highest yield of starch per unit area were identified: HLG 182 / RCK 7 (3,12-3,58 t/ha), UV 106 / RSK 7 (2,77-3,11), X 46 / B 293 (3,22-3,39), Om 12 / B 293 (2,72-3,85 t/ha).

Keywords: hybrid, general combining ability, specific combining ability, tester, crossing, dispersion

Для цитирования: Зайцев С.А., Бычкова В.В., Волков Д.П., Башинская О.С., Матюшин П.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы на содержание крахмала // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 48–56. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-5>

For citation: Zaitsev S.A., Bychkova V.V., Volkov D.P., Bashinskaya O.S., Matyushin P.A. Evaluation of combination ability of corn lines for starch content. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 48–56. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Самоопыленные линии являются основой построения селекционного процесса [1]. Селекционная ценность используемых линий определяет количественные и качественные показатели создаваемых гибридов, которые должны отвечать конкретным требованиям современного аграрного производства [2]. Важное экономическое и пищевое значение представляет производство крахмала из зерна кукурузы [3]. В связи с этим необходимо выявление линий, способных давать гибриды с высокими содержанием крахмала в зерне и выходом его с единицы площади [4, 5].

Оценку комбинационной способности на более позднем этапе селекции обычно проводят на основе испытания гибридов в схеме диаллельных скрещиваний [6, 7]. Однако эта схема требует получения большого числа гибридов и является трудновыполнимой при большом количестве изучаемых линий [8]. При выделении лучших образцов из большой выборки более приемлем метод топкросса [9]. В этом случае вместо взаимного скрещивания линий друг с другом применяют два-три общих родителя с широкой генетической основой (линия, сорт, синтетическая популяция) [10, 11]. Это необходимо для того, чтобы полнее охватить генетическую изменчивость, заключенную между линиями, и выявить лучшие комбинации по отдельным признакам [12]. 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 хо-

роших инбредных линий [13]. Если величина гетерозиса в гибридной комбинации линии с тестером значительно выше, чем это можно предполагать на основании общей комбинационной способности линии, то возможно судить о высокой специфической комбинационной способности. Высокие эффекты СКС можно получить при скрещивании линий не только с высокой, но и с низкой ОКС [14, 15].

Цель исследования – 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 выхода крахмала.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2020, 2021 гг. на опытном поле Российского научно-исследовательского и проектно-технологического института сорго и кукурузы (РосНИИСК «Россорго») в соответствии с методикой¹. Климат региона характеризуется как резко континентальный. ГТК в годы исследований составил 0,56–1,05. Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный средне-мощный тяжелосуглинистый. В эксперимент включены простые гибриды (30 комбинаций), полученные по полной топкроссной схеме скрещиваний. В качестве тестеров использованы линии РСК 7, Б 293 и синтетическая популяция РНИИСК 1, отличающаяся широкой генетической основой. Подбор тестеров обусловлен тем, что они характеризуются различным происхождением и соответственно генотипическим разнообразием, что позволяет более полно оценить проявление

¹Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

параметров комбинационной способности. Повторность трехкратная. Площадь учетной делянки 7,7 м², длина делянки 5,5 м. Густота стояния растений 50 тыс. растений/га. Агротехника в опыте зональная, разработанная в РосНИИСК «Россорго». Для проведения учетов, наблюдений и определения комбинационной способности использованы соответствующие методики^{2, 3}. Обработку данных проводили с помощью компьютерной программы Agros-2.09.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Крахмал – основной биохимический показатель, характеризующий качество зерна, предназначенного для использования в производстве пищевого крахмала. Расширение пищевого использования зерна кукурузы вызвано необходимостью создания и изучения исходного материала для селекции гибридов с высоким содержанием крахмала, пригодных для применения в крахмалопродукционной промышленности [16]. Кроме того, основное количество энергии при кормлении сельскохозяйственных животных получают за счет углеводов.

Полученные данные указывают на достоверные различия между гибридами по содержанию крахмала в зерне (см. табл. 1). Интервал варьирования содержания крахмала в зерне за изучаемый период изменялся от низких значений до среднего показателя и составил в 2020 г. от 60,9 до 65,2%, в 2021 г. – от 59,3 до 66,1%. Коэффициент асимметрии указывает на практически симметричное распределение признака в 2020 г. и на правостороннюю скошенность в 2021 г. Однако коэффициенты вариации указывают на незначительные различия гибридов по содержанию крахмала в зерне.

Оценка биохимического состава зерна позволила выявить содержание крахмала в зерне (см. табл. 2). Считается, что выращивание кукурузы на корм оправдано при содержании крахмала в целых растениях не менее 35–40% [17]. Количество крахмала в зерне варьирова-

Табл. 1. Параметры статистической оценки гибридов по содержанию крахмала в зерне

Table 1. Parameters of statistical evaluation of hybrids by starch content in grain

Параметр	2020 г.	2021 г.
Среднее значение, %	63,1	62,2
Min, %	60,9	59,3
Max, %	65,2	66,1
НС _{p05}	2,57	2,41
Ошибка средней	0,14	0,20
Дисперсия	0,85	1,58
Стандартное отклонение	0,92	1,37
Коэффициент вариации	1,46	2,20
Коэффициент асимметрии	0,084 ns	0,397 ns
Ошибка коэффициента асимметрии	0,354	0,354
Коэффициент эксцесса	–0,167 ns	0,419 ns
Ошибка коэффициента эксцесса	0,693	0,693

ло в зависимости от состава комбинаций и в среднем составило у гибридов с включением тестеров: РСК 7 62,3–62,8%, Б 293 – 62,5–63,2, РНИИСК 1 – 61,8–63,3%. Наибольшее содержание крахмала отмечено в следующих комбинациях: ЮВ 25 / РСК 7 (63,3–64,2%), КС 75 / РСК 7 (62,7–64,4), ХЛГ 948 / РСК 7 (63,5–64,1), Кин 073 / РСК 7 (63,4–63,8), ЮВ 106 / РСК 7 (63,6–66,1), КС 25 / Б 293 (63,0–63,5), ХЛГ 182 / Б 293 (63,5–63,6), КС 75 / Б 293 (63,1–63,5), ХЛГ 182 / РНИИСК 1 (62,9–63,6%).

Интервал варьирования выхода крахмала с единицы площади за изучаемый период составил от 1,74 до 3,85 т/га. Коэффициенты асимметрии указывают на правостороннюю скошенность признака в выборке в 2020, 2021 гг. (0,311–0,709), коэффициенты вариации – на среднюю степень различия гибридов по выходу крахмала с 1 га (13,8%).

Оценка урожайности зерна и биохимического состава позволила выявить выход крахмала из зерна с 1 га (см. рис. 1). Сбор крахмала с зерном варьировал в зависимости от состава комбинаций и в среднем составил у гибридов

²Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Госагропром СССР. Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. М., 1989. Вып. 2. 194 с.

³Федин М.А., Силис Д.Я., Смирнов А.В. Статистические методы генетического анализа. М.: Колос, 1980. 208 с.

Табл. 2. Содержание крахмала в зерне гибридов кукурузы, %

Table 2. Starch content in corn hybrids grain, %

Линия	Тестер					
	РСК7		Б293		РНИИСК 1	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
к-16285 X 46	62,0	62,6	63,0	62,6	62,0	61,8
к-17239 Вз 6	62,0	61,6	62,5	62,5	64,3	62,2
к-19071 ЮВ 24	62,0	61,8	62,0	61,7	64,8	60,2
к-19072 ЮВ 25	63,3	64,2	62,9	61,9	64,3	62,6
к-19464 Ом 12	63,2	61,1	64,4	62,1	62,1	62,4
к-20095 КС 25	62,7	64,4	63,5	63,0	63,8	61,3
к-20735 ХЛГ 182	63,1	60,6	63,5	63,6	62,9	63,6
к-21188 ХЛГ 898	63,4	61,6	64,0	63,1	62,7	62,3
к-21214 ХЛГ 948	63,5	64,1	65,2	62,3	62,6	60,2
к-21286 ХЛГ 1325	60,9	60,6	63,0	60,7	64,4	63,2
к-21301 ХЛГ 1372	63,2	61,1	63,1	63,3	64,4	60,0
к-21522 Кин 073	63,8	63,4	62,2	64,5	63,0	62,2
к-22050 ЮВ 106	63,6	66,1	63,3	60,4	61,5	61,5
к-22087 КС 75	62,8	59,3	63,1	63,5	62,3	61,7
к-22090 КС 101	62,3	61,7	62,8	61,9	64,4	61,3
Среднее значение	62,8	62,3	63,2	62,5	63,3	61,8

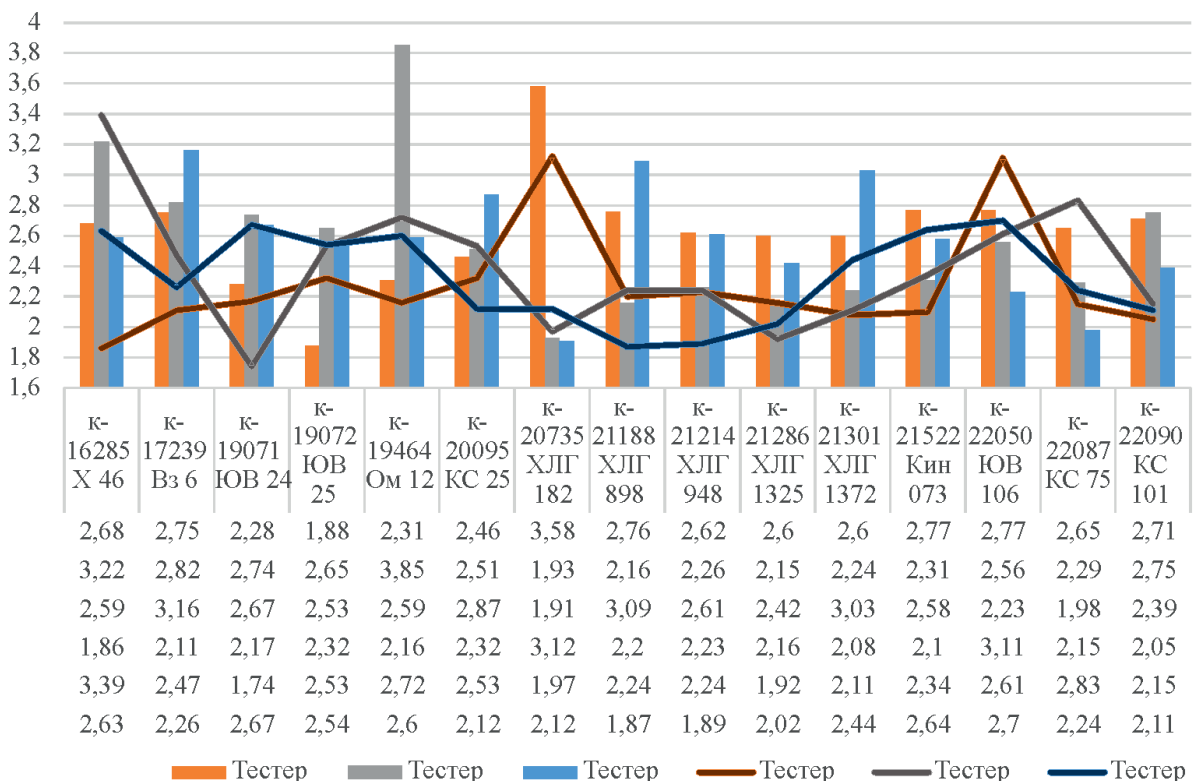


Рис. 1. Выход крахмала зерна у гибридов кукурузы с 1 га (2020, 2021 гг.), т/га

Fig. 1. Grain starch yield of corn hybrids from 1 ha (2020, 2021), t/ha

с включением тестера: РСК 7 2,28–2,63 т/га, Б 293 – 2,39–2,56, РНИИСК 1 – 2,32–2,58 т/га. Наибольший выход крахмала получен в следующих комбинациях: ХЛГ 182 / РСК 7 (3,12–3,58 т/га), ЮВ 106 / РСК 7 (2,77–3,11), Х 46 / Б 293 (3,22–3,39), Ом 12 / Б 293 (2,72–3,85 т/га). Размах изменчивости эффектов ОКС по содержанию в зерне крахмала варьировал в 2020 г. от –0,89 до 0,54, в 2021 г. от –1,25 до 0,88 (см. табл. 3). Высокое значение эффекта ОКС отмечено у линий в 2020 г. – ЮВ 25, ХЛГ 948, ХЛГ 1372, в 2021 г. – ЮВ 25, КС 25, Кин 073.

Дисперсия СКС линий по содержанию в зерне крахмала в 2020 г. изменялась от 0,09 до 3,06, в 2021 г. – от 0,14 до 9,81. Наибольшее значение положительной дисперсии СКС в 2020 г. отмечено у сортообразцов к-17239 ВЗ 6, к-19071 ЮВ 24, к-19464 Ом 12, к-21214 ХЛГ 948, к-21286 ХЛГ 1325; в 2021 г. – к-20095 КС 25, к-20735 ХЛГ 182, к-21214 ХЛГ 948, к-21301 ХЛГ 1372, к-22050 ЮВ 106, к-22087 КС 75. Отношение средних квадратов отклонений ОКС / СКС в 2020 г. составило 2,38, в 2021 г. – 1,16. Можно сделать вывод о преобладании аддитивного взаимодействия генов при формировании и содержании крахмала.

Размах изменчивости эффектов ОКС по выходу крахмала с 1 га в 2020 г. варьировал от –0,34 до 0,26, в 2021 г. – от –0,33 до 0,44 (см. рис. 2). Высокое значение эффекта ОКС в 2020 г. наблюдали у линий Х 46, ВЗ 6, Ом 12, в 2021 г. – Х 46, ЮВ 106. Дисперсия СКС линий изменялась в 2020 г. от 0,03 до 0,82, в 2021 г. – от 0,01 до 0,53. Наибольшее значение положительной дисперсии СКС в 2020 г. отмечено у сортообразцов к-19464 Ом 12, к-20735 ХЛГ 182; в 2021 г. – к-16285 Х 46, к-20735 ХЛГ 182, к-19071 ЮВ 24. Отношение средних квадратов отклонений ОКС / СКС в 2020 г. составило 1,16, в 2021 г. – 2,90, что указывает на влияние аддитивных эффектов генов на количество собранного крахмала.

Эффекты общей и специфической комбинационной способности связаны с генетическим разнообразием конкретного селекционного материала, отраженным в эффектах

Табл. 3. Эффекты ОКС и дисперсия СКС линий по признаку «содержание крахмала в зерне», %

Table 3. Effects of GCA and variance of SCA lines according to the "starch content in grain", %

Линия	Эффект ОКС		Дисперсия СКС	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
к-16285 Х 46	–0,89	–0,15	0,33	0,32
к-17239 ВЗ 6	–0,29	–0,38	1,44	0,14
к-19071 ЮВ 24	–0,29	–1,25	2,59	1,00
к-19072 ЮВ 25	0,27	0,42	0,52	1,64
к-19464 Ом 12	0,01	–0,62	1,32	0,31
к-20095 КС 25	0,10	0,42	0,31	2,80
к-20735 ХЛГ 182	–0,06	0,12	0,09	2,61
к-21188 ХЛГ 898	0,14	–0,15	0,42	0,46
к-21214 ХЛГ 948	0,54	–0,28	1,74	4,30
к-21286 ХЛГ 1325	–0,46	–0,98	3,06	1,90
к-21301 ХЛГ 1372	0,34	–1,02	0,51	2,90
к-21522 Кин 073	–0,23	0,88	0,66	1,44
к-22050 ЮВ 106	–0,43	0,18	1,31	9,81
к-22087 КС 75	–0,49	–0,98	0,16	4,08
к-22090 КС 101	–0,06	–0,85	1,18	0,15

генов. Эффекты генов могут меняться в зависимости от условий выращивания. Таким образом, параметры ОКС и СКС также подвержены экологической изменчивости⁴. Параметр характеризует отдельные комбинации и измеряется величиной отклонения признака в конкретном скрещивании на основании среднего качества изучаемых родительских форм. За 2020, 2021 гг. высоким эффектом СКС по содержанию крахмала в зерне характеризовались следующие гибриды: Кин 073 / РСК7, ЮВ 106 / РСК7, Х 46 / Б 293, Ом 12 / Б 293, ХЛГ 182 / Б 293, ХЛГ 898 / Б 293, КС 75 / Б 293, ХЛГ 1325 / РНИИСК 1 (см. табл. 4).

Высоким эффектом СКС по выходу крахмала с 1 га в 2020, 2021 гг. характеризовались следующие гибриды: ХЛГ 182 / РСК 7, ЮВ 106 / РСК 7, Х 46 / Б 293, Ом 12 / Б 293, ХЛГ 1372 / РНИИСК 1, ЮВ 24 / РНИИСК 1 (см. рис. 3).

⁴Смирнов А.В., Кильчевский А.В. Генетика популяций и количественных признаков. М.: КолосС, 2007. 272 с.

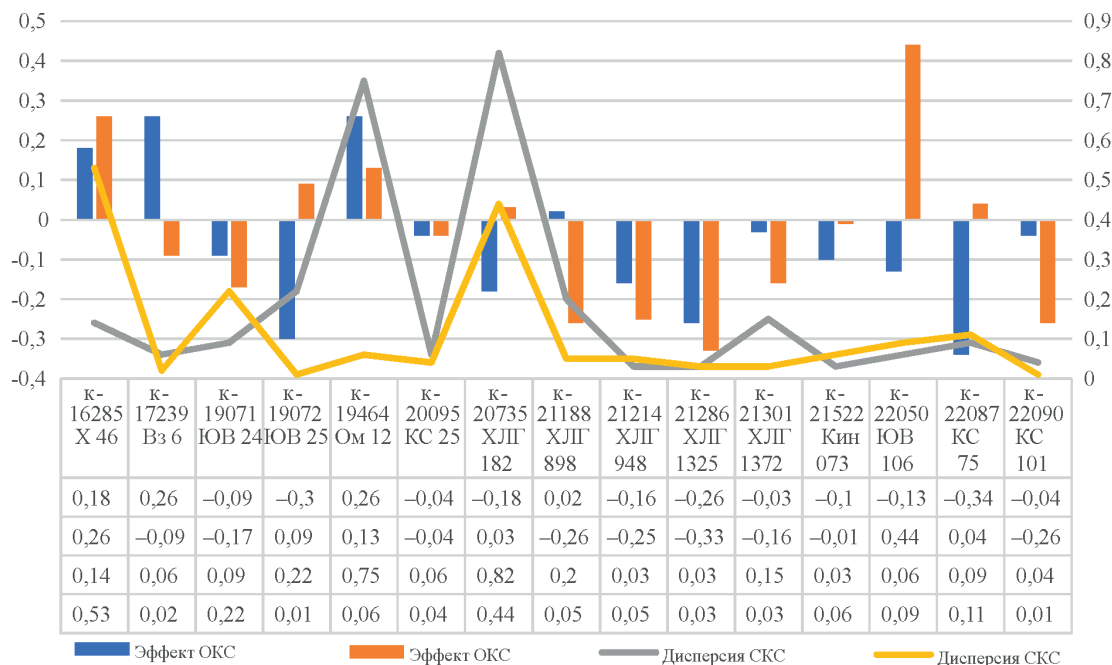


Рис. 2. Эффекты ОКС и дисперсии СКС линий по признаку «выход крахмала с 1 га», т/га

Fig. 2. Effects of GCA and variance of SCA lines according to the "starch yield per 1 ha", t/ha

Табл. 4. Эффекты СКС гибридов по признаку «содержание крахмала в зерне», %

Table 4. Effects of SCA of hybrids according to the "starch content in grain", %

Линия	Тестер					
	РСК7		Б 293		РНИИСК 1	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
к-16285 X 46	-0,32	0,40	0,66	0,24	-0,34	-0,64
к-17239 ВЗ 6	-0,92	-0,36	-0,44	0,37	1,36	-0,01
к-19071 ЮВ 24	-0,92	0,70	-0,94	0,44	1,86	-1,14
к-19072 ЮВ 25	-0,18	1,44	-0,61	-1,03	0,79	-0,41
к-19464 Ом 12	-0,02	-0,63	1,16	0,21	-1,14	0,42
к-20095 КС 25	-0,62	1,64	0,16	0,07	0,46	-1,71
к-20735 ХЛГ 182	-0,05	-1,86	0,33	0,97	-0,27	0,89
к-21188 ХЛГ 898	0,05	-0,60	0,63	0,74	-0,67	-0,14
к-21214 ХЛГ 948	-0,25	2,03	1,43	0,07	-1,17	-2,11
к-21286 ХЛГ 1325	-1,85	-0,77	0,23	-0,83	1,63	1,59
к-21301 ХЛГ 1372	-0,35	-0,23	-0,47	1,81	0,83	-1,58
к-21522 Кин 073	0,82	0,17	-0,81	1,11	-0,01	-1,28
к-22050 ЮВ 106	0,82	3,57	0,49	-2,29	-1,31	-1,28
к-22087 КС 75	0,08	-2,07	0,36	1,97	-0,44	0,09
к-22090 КС 101	-0,85	0,20	-0,37	0,24	1,23	-0,44

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования экспериментальных гибридов, созданных на основе коллекционного материала ВИР, выявлена селекционная и комбинационная ценность линий по содержанию в зерне и выходу крахмала с 1 га. Выделены линии с высоким эффектом ОКС по содержанию крахмала в зерне (Х 46, ВЗ 6, Ом 12, ЮВ 106), а так-

же гибридные комбинации ЮВ 25 / РСК 7 (63,3–64,2%), КС 75 / РСК 7 (62,7–64,4%, ХЛГ 948 / РСК 7 (63,5–64,1), Кин 073 / РСК 7 (63,4–63,8), ЮВ 106 / РСК 7 (63,6–66,1), КС 25 / Б 293 (63,0–63,5), ХЛГ 182 / Б 293 (63,5–63,6), КС 75 / Б 293 (63,1–63,5), ХЛГ 182 / РНИИСК 1 (62,9–63,6%). Результаты исследования позволили выявить экспериментальные гибриды, формирующие

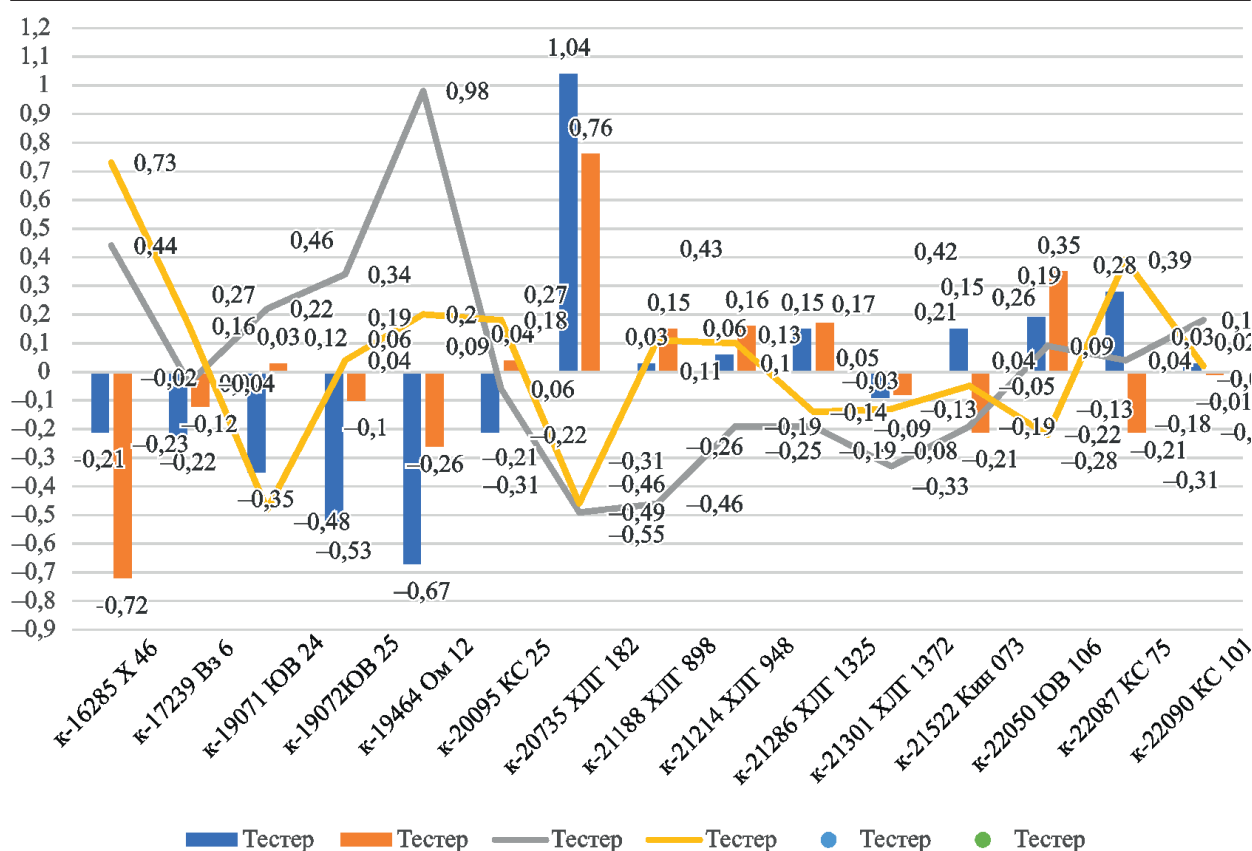


Рис. 3. Эффекты СКС гибридов по признаку «выход крахмала с 1 га» (2020, 2021 гг.), т/га

Fig. 3. Effects of SCA hybrids according to the "starch yield per 1 ha" (2020, 2021), t/ha

наибольший выход крахмала с единицы площади: ХЛГ 182 / РСК 7 (3,12–3,58 т/га), ЮВ 106 / РСК 7 (2,77–3,11), Х 46 / Б 293 (3,22–3,39), Ом 12 / Б 293 (2,72–3,85 т/га).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сотченко Д.Ю., Войтов А.С., Сотченко Д.Ю., Таов А.А. Исходный материал для создания раннеспелых гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2020. № 4. С. 3–9. DOI: 10.25715/y6169-7739-5229-с.
2. Потапов А.П., Дейнекина О.А., Киктев Д.А. Оценка перспективных гибридов кукурузы в условиях каменной степи // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 10-1 (37). С. 157–159. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11627.
3. Хатефов Э.Б., Аннаев С.П., Коцева А.Р. Создание и оценка новых источников амилопектинового крахмала на основе линий восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina*) из коллекции ВИР // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 57–62. DOI: 10.17513/use.37037.
4. Гоникова М.Р., Хорева В.И., Гольдштейн В.Г., Носовская Л.П., Адикаева Л.В., Хатефов Э.Б. Изучение хозяйственно ценных признаков и технологических свойств коллекции *Zea mays* L. ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 4. С. 56–64. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-56-64.
5. Хатефов Э.Б., Матвеева Г.В., Хачидогов А.В., Кагермазов А.М., Казмахов А.В. Ресурсный потенциал коллекции кукурузы вир как источник амилопектинового крахмала // АПК России. 2018. Т. 25. № 2. С. 244–248.
6. Зайцев С.А. Применение диаллельного анализа при изучении комбинационной способности кукурузы // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 16–19. DOI: 10.28983/asj.y2020i8pp16-19.
7. Гуторова О.В., Зайцев С.А. Комбинационная способность линий кукурузы и генетический контроль морфометрических параметров // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22. № 2.

- С. 187–192. DOI: 10.18500/1816-9775-2022-22-2-187-192.
8. 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. DOI: 10.25715/e9803-6233-3213-р.
9. Гончаренко А.А., Ермаков С.А., Макаров А.В., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Крахмалева О.В. Изучение комбинационной способности инбредных линий озимой ржи по методу топкросса // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 1–8.
10. 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.
11. Перевязка Н.И., Перевязка Д.С., Супрунов А.И. Изучение общей комбинационной способности новых ультранеспелых и раннеспелых линий кукурузы // Научный журнал КубГАУ. 2021. № 173. С. 258–267. DOI: 10.21515/1990-4665-173-019.
12. Орлянская Н.А., Орлянский Н.А., Чеботарёв Д.С. Оценка комбинационной способности самоопыленных семей кукурузы (s5) смешанной генетической плазмы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 2 (66). С. 28–35.
13. Мухордова М.Е. Генетический анализ длины колоса в диаллельных скрещиваниях мягкой озимой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (159). С. 18–23.
14. 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. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.38rus.
15. Капустян М.В., Чернобай Л.Н., Сикалова Е.В. Анализ комбинационной способности новых линий кукурузы различного происхождения в тестерных скрещиваниях // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 62–66.
16. Хатефов Э.Б., Анпаев С.П., Коцева А.Р. Создание и оценка новых источников амилопектинового крахмала на основе линий восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina*) из коллекции ВИР // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 57–62. DOI: 10.17513/use.37037.
17. Зезин Н.Н., Грудин В.Ф., Салтанова Р.Д. Корма из кукурузы на Среднем Урале // Кормопроизводство. 2017. № 5. С. 24–27.

REFERENCES

1. Sotchenko D.Yu., Voitov A.S., Sotchenko D.Yu., Taov A.A. Basic material for creation of early ripening corn hybrids. *Kukuruzna i sorgo = Maize and Sorghum*, 2020, no. 4, pp. 3–9. (In Russian). DOI: 10.25715/y6169-7739-5229-c.
2. Potapov A.P., Deinekina O.A., Kiktev D.A. Evaluation of promising corn hybrids in conditions of the stone steppe. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk = International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2019, no. 10-1 (37), pp. 157–159. (In Russian). DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11627.
3. Hatefov E.B., Appaev S.P., Kotseva A.R. Creation and evaluation of new sources of amylopectin starch based on waxy corn (*Zea mays ceratina*) lines from the VIR collection. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in current natural sciences*, 2019, no. 1, pp. 57–62. (In Russian). DOI: 10.17513/use.37037.
4. Gonikova M.R., Khoreva V.I., Goldstein V.G., Nosovskaya L.P., Adikaeva L.V., Hatefov E.B. Study of economically valuable traits and technological properties in maize from the *Zea mays* L. collection of VIR. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2020, vol. 181, no. 4, pp. 56–64. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-56-64.
5. Hatefov E.B., Matveeva G.V., Khachidogov A.V., Kagermazov A.M., Kazmakhov A.V. Resource potential of the corn collection of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources as a source of amylopectin starch. *APK Rossii = Agro-industrial complex of Russia*, 2018, vol. 25, no. 2, pp. 244–248. (In Russian).
6. Zaitsev S.A. The use of diallel analysis in the study of the combination ability of corn. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2020, no. 8, pp. 16–19. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i8pp16-19.
7. Gutorova O.V., Zaitsev S.A. Combination ability of corn lines and genetic control of mor-

- phometric parameters. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya* = *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 187–192. (In Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2022-22-2-187-192.
8. Gubin S.V., Loginova A.M., Getz G.V. Study of the combination ability of corn inbred lines in irregular crossings. *Kukuruza i sorgo* = *Maize and Sorghum*, 2021, no. 2, pp. 18–25. (In Russian). DOI: 10.25715/e9803-6233-3213-p.
 9. Goncharenko A.A., Ermakov S.A., Makarov A.V., Semenova T.V., Tochilin V.N., Krakhmaleva O.V. The study of the combining ability of the inbred lines of winter rye according to top-crossing method. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* = *Grain Economy of Russia*, 2017, no. 5 (53), pp. 1–8. (In Russian).
 10. Chilashvili I.M., Suprunov A.I., Slashchev A.Yu. Study of combining ability of new self-pollinated lines of maize in central part of Krasnodar Krai. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* = *Grain Economy of Russia*, 2015, no. 4, pp. 46–49. (In Russian).
 11. Perevyazka N.I., Perevyazka D.S., Suprunov A.I. Studying the general combination ability of new ultra-early ripe and early ripe corn lines. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* = *Scientific Journal of KubSAU*, 2021, no. 173, pp. 258–267. (In Russian). DOI: 10.21515/1990-4665-173-019.
 12. Orlyanskaya N.A., Orlyansky N.A., Chebotarev D.S. Evaluation of the combination ability of self-pollinated maize families (s5) of mixed genetic plasma. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2022, vol. 17, no. 2 (66), pp. 28–35. (In Russian).
 13. Muhordova M.E. Genetic analysis of spike length in diallelic crosses of soft winter wheat. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2018, no. 1 (159), pp. 18–23. (In Russian).
 14. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N., Tsygankova N.V., Krakhmaleva O.A., Selection of winter rye (*Secale cereale* L.) inbred lines for general and specific combining ability and its relationship with breeding traits. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* = *Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 1, pp. 38–46. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.38rus.
 15. Kapustyan M.V., Chernobay L.N., Sikalova E.V. Analysis of the combination ability of new maize lines of different origin in tester crosses. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* = *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2018, no. 3, pp. 62–66. (In Belarus).
 16. Hatefov E.B., Appaev S.P., Kotseva A.R. Sources of amylopectin starch created based on waxy corn (*Zea mays ceratina*) lines from the VIR collection. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* = *Advances in current natural sciences*, 2019, no. 1, pp. 57–62. (In Russian). DOI: 10.17513/use.37037.
 17. Zezin N.N., Gridin V.F., Saltanova R.D. Feed from corn in the Middle Urals *Kormoproizvodstvo* = *Fodder production*, 2017, no. 5, pp. 24–27. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Зайцев С.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 410050, Саратов, ул. 1-й Институтский проезд, 4; e-mail: zea_mays@mail.ru

Бычкова В.В., старший научный сотрудник

Волков Д.П., старший научный сотрудник

Башинская О.С., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Матюшин П.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Sergey A. Zaitsev**, Candidate of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** 4, 1-st Institutsky Proezd, Saratov, 410050, Russia; e-mail: zea_mays@mail.ru

Vera V. Bychkova, Senior Researcher

Dmitry P. Volkov, Senior Researcher

Oxana S. Bashinskaya, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Petr A. Matyushin, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.07.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 03.10.2022
Дата публикации / Published 22.05.2023