

Оценка исходного материала и наследование хозяйственно ценных признаков зернового сорго

С.И. Капустин, к.с.-х.н., А.Б. Володин, к.с.-х.н., ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ; А.С. Капустин, к.с.-х.н., ФГАОУ ВО Северо-Кавказский ФУ

Увеличение продуктивности сорго в настоящее время связано с получением новых гетерозисных гибридов, имеющих большой потенциал урожайности и высокое качество зерна [1–3]. В генотипе важно собрать больше желательных признаков [4]. При изучении проявления гетерозиса по урожайности зерна у сорго установлено, что некоторые комбинации могут превышать родительские формы на 40–70% и более [5, 6]. В исследованиях К. Pal, S.K. Singh [7], М.П. Жуковой, А.Б. Володина, С.И. Капустина [8, 9] определена величина гетерозиса по отношению к лучшему родителю и к их среднему значению. По урожайности зерна максимальный эффект гетерозиса установлен при межвидовых скрещиваниях. В сравнении со средними значениями родителей он достигал 110–150%. Образцы кафрского сорго целесообразно использовать для создания стерильных аналогов, т.е. материнских форм. По реакции на ЦМС они обладают в основном закрепительной способностью. ЦМС передаётся образцам – закрепителям стерильности методом насыщающих скрещиваний с отбором типичных растений для данных опылителей, но стерильных по пыльце. При создании отцовских форм стерильных гибридов лучше применять линии или сорта гвинейского, хлебного, китайского и особенно негритянского видов сорго [10, 11]. При подборе пар для гибридизации необходима информация о хозяйственно ценных свойствах родительских форм, их комбинационной способности и закономерностях наследования количественных признаков [12–14].

Цель исследования: изучение наследуемости и уровня гетерозиса основных количественных признаков у новых гибридов зернового сорго, полученных на стерильной основе.

Материал и методы исследования. Объектом исследования являлись 169 гибридов (F_1) сорго, полученных на стерильной основе. Лучшие комбинации представлены в таблицах 1, 2. Стандартом зернового сорго служил сорт Зерста 97. В качестве материнских форм высевали 6 ЦМС линии собственной селекции. Как отцовские формы использовали 22 высокоурожайных восстановителей фертильности селекции Северо-Кавказского ФНАЦ, а также из других российских и иностранных селекционеров. Для уточнения показателей наследуемости предметом изучения были продолжительность вегетационного периода, высота растений, урожайность зерна, размер метёлки и величина её выхода из раструба верхнего листа, масса 1000 зёрен и др.

В 2017–2018 гг. исследование линий, сортов и популяций гибридов сорго осуществляли на опытном поле и лабораторной базе ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ, расположенном в г. Михайловске Ставропольского края. Почвенный покров – мицеллярно-карбонатный, малогумусный, среднесуглинистый чернозём. Глубина гумусового горизонта опытного поля 100–120 см, содержание гумуса в пахотном слое 3,2%. Обеспеченность почв подвижными элементами минерального питания средняя.

Среднегодовое количество осадков в зоне исследований составляло 550 мм, за период май – сентябрь – 329 мм. Сумма эффективных температур выше +10°C – 3300–3600°C, ГТК – 0,9–1,1. Количество осадков за май – сентябрь в 2017 г. составляло 315 мм, в том числе за май – июнь – 245 мм. В 2018 г. за вегетационный период выпало 131 мм, из которых 78 мм в июле. Среднесуточная температура воздуха за май – сентябрь в 2017 г. имела значение 20,1°C, в 2018 г. – 21,0°C при норме 18,4°C. Количество дней с относительной влажностью воздуха ниже 30% в изучаемые годы равнялось 59 и 77.

Изучение линий, сортов и гибридов сорго осуществляли методом лабораторных и полевых опытов в соответствии с методическими указаниями по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур [15]. Посев селекционных питомников проводили во второй декаде мая, густоту стояния формировали вручную, из расчёта 150 тыс. растений на 1 га. Обработку почвы, уход за посевами выполняли по авторской методике [16]. Статистический анализ полученных данных проведён по Б.А. Доспехову [17].

Результаты исследования. У стерильных линий наименьшая продолжительность периода всходы – вымётывание (60–63 дн.) установлена у А-1012, А-3615, А-3529 (табл. 1). Значительная продолжительность этого периода была у сорта Коричневозёрное 11С (66 дн.). Отцовские формы, опыление которыми способствует получению высокого уровня гетерозиса зерна в сравнении с стерильными линиями, имели более значительную продолжительность периода всходы – вымётывание – 67–71 дн. Во избежание доминирования позднеспелости формы отбирали с различиями 3–5 дн. У комбинации Коричневозёрное 11С × Л. 3631/93 в сравнении со средней по родительским формам (69 дн.) истинный гетерозис показывает уменьшение продолжительности периода всходы – вымётывание на 4 дн., или на 5,8%. У остальных гибридов, представленных в таблице, истинный гетерозис увеличил изучаемый период на 3–11 дн., или на 7–16,9%.

1. Проявление эффекта гетерозиса в период всходы – выметывание, высота растений, высота всходов – выметывание, длина листа (среднее за 2017–2018 гг.)

Линия, сорт, гибрид	Период всходы – выметывание				Высота растений				Длина листа			
	истинный гетерозис		на 30-й день вегетации		истинный гетерозис		созревание семян		среднее		истинный гетерозис	
	сут.	%	сут.	%	см	%	см	%	см	%	см	%
	среднее		среднее		среднее		среднее		среднее		среднее	
A-1012	60	-	40	-	117	-	-	-	58	-	-	-
A-3615	62	-	42	-	103	-	-	-	61	-	-	-
A-3529	63	-	42	-	107	-	-	-	60	-	-	-
Коричневозёрное 11С	66	-	40	-	124	-	-	-	63	-	-	-
Ерген	68	-	35	-	116	-	-	-	70	-	-	-
ПОСС 42	67	-	40	-	139	-	-	-	69	-	-	-
Л.3631/93	71	-	49	-	119	-	-	-	68	-	-	-
Зерста 97, St	64	-	38	-	141	-	-	-	68	-	-	-
A-1012 × Ерген	71	+7	39	+10,9	145	+2,6	+28	23,9	75	+11	+17,2	
A-3615 × Ерген	76	+11	39	+16,9	139	0	+29	+20,9	68	+2	+3,0	
A-3529 × Ерген	72	+6	38	+9,1	136	-2,6	+26	+23,6	68	+3	+4,6	
Коричневозёрное 11С × Ерген	77	+10	40	+14,9	152	+5,3	+32	+21,1	73	+6	+8,9	
A-1012 × ПОСС 42	70	+6	47	+9,4	146	+17,9	+18	+14,1	73	+9	+14,1	
A-3615 × ПОСС 42	75	+10	40	+15,4	139	-2,4	+18	+14,9	78	+13	+20,0	
Коричневозёрное 11С × Л.3631/93	65	-4	43	-5,8	144	-2,3	+22	+18,0	67	+2	+3,1	
A-3529 × Наран	67	+3	42	+4,7	133	+5,0	+34	+28,5	66	+2	+3,1	

2. Показатели гетерозиса урожайности зерна, длины метёлки, массы 1000 зёрен (среднее за 2017–2018 гг.)

Линия, сорт, гибрид	Урожайность зерна				Длина метёлки				Выход метёлки из раструба верхнего листа				Масса 1000 зёрен											
	гибрида, линии, сорта, т/га	средняя родительских форм, т/га	истинный гетерозис т/га	%	среднее, см	истинный гетерозис см	%	среднее, см	истинный гетерозис см	%	среднее, г	истинный гетерозис г	%	среднее, г	истинный гетерозис г	%								
																	сут.	%	сут.	%	сут.	%	сут.	%
																	среднее		среднее		среднее		среднее	
A-1012	2,61	-	-	-	22	-	-	18	-	-	24,0	-	-	24,0	-	-								
A-3615	2,63	-	-	-	23	-	-	10	-	-	23,0	-	-	23,0	-	-								
A-3529	2,53	-	-	-	25	-	-	3	-	-	23,1	-	-	23,1	-	-								
Коричневозёрное 11С	2,29	-	-	-	22	-	-	19	-	-	21,6	-	-	21,6	-	-								
Ерген	5,28	-	-	-	30	-	-	6	-	-	24,2	-	-	24,2	-	-								
ПОСС 42	5,51	-	-	-	22	-	-	8	-	-	24,1	-	-	24,1	-	-								
Л.3631/93	5,34	-	-	-	29	-	-	10	-	-	23,6	-	-	23,6	-	-								
Зерста 97, St	4,63	-	-	-	23	-	-	11	-	-	23,3	-	-	23,3	-	-								
A-1012 × Ерген	6,09	3,95	2,14	54,2	29	+3	+11,5	22	+10	+83,3	23,6	-0,5	-2,1	23,6	-0,5	-2,1								
A-3615 × Ерген	5,61	3,96	1,69	42,7	27	+1	+3,8	9	+1	+12,5	24,4	+0,8	+3,4	24,4	+0,8	+3,4								
A-3529 × Ерген	6,02	3,91	2,11	54,0	30	+2	+7,1	9	+4	+80,0	24,6	+1,0	+4,2	24,6	+1,0	+4,2								
Коричневозёрное 11С × Ерген	5,88	3,79	2,09	55,1	31	+5	+19,2	23	+10	76,9	23,8	+0,9	+3,9	23,8	+0,9	+3,9								
A-1012 × ПОСС 42	6,01	4,08	1,93	47,3	29	+7	+31,8	15	+2	+15,4	25,6	+1,5	+6,2	25,6	+1,5	+6,2								
A-3615 × ПОСС 42	5,90	4,07	1,83	44,9	27	+4	+17,4	12	+3	+33,4	24,4	+0,8	+3,4	24,4	+0,8	+3,4								
Коричневозёрное 11С × Л.3631/93	6,13	3,82	2,31	60,5	33	+4	+13,8	15	+1	+7,1	24,3	-0,3	-1,2	24,3	-0,3	-1,2								
A-3529 × Наран	5,69	4,02	1,67	41,5	31	+5	+19,2	9	+2	+28,6	24,2	-0,9	-3,9	24,2	-0,9	-3,9								
НСР _{0,05} , т/га	0,23																							

Высота растений гибридов зависит от генотипов исходных родительских форм. На 30-й день вегетации у стерильных линий самая большая высота растений установлена у А-3615 и А-3529 (по 42 см). В фазе созревания семян линии Коричневозёрное 11С и А-1012 имели высоту 124 и 117 см. У остальных форм она колебалась в пределах 103–107 см, высота растений отцовских форм составляла 116–139 см. У большинства полученных гибридов этот признак имел значения 133–152 см. Стандартный сорт Зерста 97 в этот период имел высоту растений 141 см. В сравнении со средними значениями родительских форм истинный гетерозис по высоте растений в период созревания семян установлен практически у всех представленных гибридов (18–34 см; 14,1–28,5%). Самые большие значения наблюдались при опылении пылью Ерген (26–32 см; 21,1–23,9%) и Наран (34 см; 28,5%). У стерильных линий максимальный истинный гетерозис по высоте растений установлен у линии А-3529 (26–34 см; 23,6–28,5%).

Длина листа у стандартного сорта составляла 68 см. При этом истинный гетерозис повышения длины листа у полученных гибридов в сравнении со средними показателями этого признака у родительских форм колебался от 2 до 13 см (3,0–20,0%). Высокие показатели гетерозиса данного признака фиксировались у гибридов с участием стерильной линии А-1012 и отцовских форм Ерген и ПОСС 42. Опыление пылью Ерген остальных стерильных линий повышало длину листа на 2–6 см (3,0–8,9%).

Лучшей перспективой в производстве обладают гибриды сорго с крупной, прямостоячей, рыхлой, хорошо выдвинутой из раструба верхнего листа метёлкой. У стерильных линий небольшая длина метёлки установлена у А-3529 (25 см). У остальных этот признак составил 22–23 см. Самый значительный выход ножки метёлки (18–19 см) наблюдался у А-1012 и Коричневозёрное 11С. Отцовские формы Ерген и Л. 3631/93 отличались значительной длиной метёлки (29–30 см), а их выход из раструба верхнего листа варьировал в пределах 6–10 см. Длина метёлки 30 см и более получена у гибридных комбинаций с участием стерильных линий Коричневозёрное 11С (31–33 см) и А-3529 (30–31 см). Выход ножки метёлки имел у гибридов Коричневозёрное 11С×Ерген (23 см) и А-1012×Ерген (22 см). Гетерозис составил соответственно по 10 см (76,9–83,3%). По сочетанию длины метёлки и выхода ножки метёлки из раструба верхнего листа перечисленные комбинации имеют преимущество в сравнении с другими гибридами (табл. 2). Высоких различий варьирования гетерозиса массы 1000 зёрен в изучаемые годы не установлено.

Главным признаком использования гибридов в производстве является величина урожайности зерна. У стерильных линий наибольшие значения этого признака были у А-3615 (2,63 т/га) и А-1012

(2,61 т/га). У остальных форм значение признака варьировало в пределах 2,29–2,53 т/га. У отцовских форм самый высокий урожай зерна установлен у приведённых в таблице 2 сортов и линий Ерген, ПОСС 42 и Л.3631/93 (5,28–5,51 т/га). Анализ полученных гибридов и их родительских форм позволяет сделать заключение, что по урожайности зерна они проявили истинный гетерозис и у лучших комбинаций на 2,09–2,31 т/га (54,0–60,5%) превысили средний урожай своих родителей. Самый высокий урожай зерна в пересчёте на 13% влажности получен у гибридов Коричневозёрное 11С×Л.3631/93 (6,13 т/га), А-1012×Ерген (6,09 т/га), А-3529×Ерген (6,02 т/га), А-1012×ПОСС 42 (6,01 т/га), Коричневозёрное 11С×Ерген (5,88 т/га) (табл. 2).

Наименьшие показатели уборочной влажности зерна в конце созревания (2 октября) у материнских форм установлены у линий Коричневозёрное 11С (12,8%) и А-3529 (13,7%). У А-1012 и А-3615 они составляли 15,1 и 16,0%. Отцовские формы Ерген и Л.3631/93 имели аналогичные признаки на уровне 13,6 и 12,3%. Линии Коричневозёрное 11С и Л.3631/93 отличались высоким темпом суточного снижения влажности зерна в конце созревания (0,5–0,6%). У полученного гибрида также прослеживался этот признак. Уборочная влажность зерна 2 октября составляла 11,9%. У стандартного сорта Зерста 97 она имела значение 15,6%; А-1012×Ерген – 16,7%; Коричневозёрное 11С×Ерген – 14,1%; А-3529×Наран – 14,0%.

Выводы. В среднем за 2017–2018 гг. наиболее высокий урожай зерна получен у гибридов Коричневозёрное 11С×Л.3631/93 (6,13 т/га), А-1012×Ерген (6,09 т/га), А-3529×Ерген (6,02 т/га), А-1012×ПОСС 42 (6,01 т/га), Коричневозёрное 11С×Ерген (5,88 т/га). Уровень гетерозиса при этом составил 1,93–2,31 т/га (47,3–60,5%).

У представленных гибридов длина метёлки составила 29–33 см. Выход метёлки из раструба верхнего листа самые большие значения (22–23 см) имел А-1012×Ерген и Коричневозёрное 11С×Ерген. У комбинации Коричневозёрное 11С×Л.3631/93, кроме самой высокой урожайности зерна, установлена его низкая влажность (11,9%), большая длина метёлки (33 см) и уменьшение на 4 дня периода всходы – вымётывание в сравнении со средними данными его родительских форм.

Стерильные линии Коричневозёрное 11С, А-1012, А-3529 обладают высоким эффектом гетерозиса по урожайности зерна, длине метёлки и её выхода из раструба верхнего листа с незначительным гетерозисом по продолжительности периода всходы – вымётывание.

Литература

1. Володин А.Б., Капустин С.И., Капустин А.С. Эффективность новых сортов и гибридов зернового сорго в условиях Ставропольского края // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства: матер. междунар. науч.-практич. конф. Солёное-Займище, 2017. С. 858–862.

2. Капустін А.С., Капустін С.І., Барановський О.В. та ін. Рослинництво за кліматичних умов південного сходу України. Луганськ: ЛНАУ, 2012. 564 с.
3. Li X., Fridman E., Tesso T.T., Yu J., Phillips R.L. Dissecting repulsion linkage in the dwarfing gene Dw3 region for sorghum plant height provides insights into heterosis // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2015. № 112 (38). P. 11823–11828.
4. Reddy B.V.S., Ramesh S., Ortiz R. Genetic and cytoplasmic nuclear male sterility in sorghum plant breeding // New jersey wiley and sons inc. 2005. № 25. P. 139–169.
5. Метлин В.В. Изучение наследования количественных признаков у сорго / В.В. Метлин, П.И. Костылев, Л.М. Костылева [и др.] // Проблемы селекции, семеноводства, технологии возделывания и переработки сорго: тез. докл. на науч.-практич. конф. Саратов, 1995. С. 25–26.
6. Багринцева Н.А., Вахопский Э.К. Исходный материал для селекции зернового сорго // Современные методы адаптивной селекции зерновых и кормовых культур: матер. междунар. конф. Самара, 2003. С. 199–202.
7. Pal K., Singh S.K., Kumar B., Singh C. Studies on heterosis and inbreeding depression in forage sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) // Biochemical and Cellular Archives. 2017. № 17 (1). P. 117–128.
8. Жукова М.П., Володин А.Б. Результаты селекции сорго на гетерозис // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 4 (24). С. 163–168.
9. Kapustin S.I., Volodin A.B., Kravtsov V.V., Lebedeva N.S., Kapustin A.S. The combinational capacity of the lines and the level of heterosis in the hybrids of grain sorghum // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. № 9 (4). P. 1547–1556.
10. Володин А.Б., Капустин С.И., Капустин А.С. Селекция гибридного сорго в Ставропольском крае // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 4 (12). С. 50–56.
11. Володин А.Б., Капустин С.И. Подбор и создание исходного материала сорго для селекции в условиях недостаточного увлажнения // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. 2016. № 8. С. 28–35.
12. Малиновский Б.Н. Гетерозис у сорго и его использование в селекции // Гетерозис в растениеводстве. Л.: Колос, 1968. С. 292–301.
13. Kapustin S.I., Volodin A.B., Kapustin A.S., Vlasova O.I., Donets I.A., Golub A.S. The use of sorghum-sudanense hybrids in the North Caucasus // Research journal of Pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2019. № 10 (2). P. 646–653.
14. Капустин С.И., Володин А.Б., Капустин А.С. Морфобиологические особенности и селекционная ценность стерильных линий сорго // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (48). С. 29–33.
15. Шмаряев Г.Е., Ярчук Т.П., Якушевский Е.С. и др. Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур. Л.: ВИР, 1968. 51 с.
16. Кулинцев В.В. Возделывание сорго и однолетних кормовых культур на семена: монография / В.В. Кулинцев, С.И. Капустин, А.Б. Володин [и др.]. Ставрополь: Сервис-школа, 2019. 128 с.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 335 с.