

УДК 633.174.1:631.527

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-29-33

С.И. Капустин, А.Б. Володин, А.С. Капустин

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ СТЕРИЛЬНЫХ ЛИНИЙ СОРГО

Ключевые слова: сорго; стерильная линия; рост; развитие; урожайность зерна; зеленая масса.

Введение. В условиях нарастающей аридности климата в районах Северного Кавказа резко снижается производство зеленых и сочных кормов, что делает неустойчивым и трудозатратным получение животноводческой продукции. Так, в Ставропольском крае обеспеченность животных кормами составляет 70 % научно обоснованной нормы кормления. Поэтому с учетом наличия животных и особенностей почвенно-климатических зон развитие кормопроизводства должно быть сосредоточено на улучшении и рациональном использовании кормовых угодий, совершенствовании видовой и сортовой структуры посевов кормовых культур [1]. Одной из таких культур в силу своих биологических особенностей является сорго. Оно обладает высокой засухоустойчивостью, универсальностью использования и по этим показателям превосходит другие зернокармливые культуры [2–4]. Однако в хозяйствах урожайность сорго не всегда адекватна ожидаемому результату. Внедрение этой культуры сдерживается отсутствием необходимого набора сортов и гибридов, хорошо адаптированных к местным условиям и обладающих рентабельным семеноводством [5–7]. Рекомендованные к использованию сорта сахарного сорго представлены в основном формами, отличающимися позднеспелостью. Новые гибриды обеспечивают более высокую урожайность и выравненность растений. В основе их создания лежит использование явления гетерозиса. Главным звеном в селекции на гетерозис является подбор генетически ценного исходного материала с высокой комбинационной способностью по комплексу хозяйственно ценных признаков [8]. При изучении гетерозиса из всей совокупности признаков необходимо выделить продолжительность вегетационного периода, высоту растений, продуктивность, ЦМС [9]. Расширение исследований в различных почвенно-климатических условиях с привлечением генетически различных образцов позволило получить большой селекционный материал и использовать его для создания высокогетерозисных гибридов и сортов. Однако многие вопросы требуют дальнейшего изучения, в том числе параметры качества получаемой продукции и снижение уборочной влажности зерна.

Целью исследований являлось изучение морфологических признаков и хозяйственно-

биологических свойств новых и перспективных стерильных линий, выделение лучших для последующего использования в селекции сорго.

Условия, материалы и методы исследования. Исследования проводили в 2016–2017 гг. на опытном поле Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, расположенном в г. Михайловске Ставропольского края. Почвенный покров представлен мицеллярно-карбонатным среднесуглинистым черноземом. Глубина гумусового горизонта 100–120 см с содержанием гумуса в пахотном слое 3,2 %. Обеспеченность почвы подвижными формами минерального питания средняя.

2016 год характеризовался как умеренно-влажный. Показатели осадков и тепла за период вегетации соответствовали многолетним значениям. За период май – сентябрь 2017 г. выпало 315 мм осадков, что было на 70 мм выше, чем в предыдущем году. Интенсивность их оказалась неравномерной. Наибольшее количество осадков выпало в мае (163 мм) и июне (82 мм), а наименьшее – в августе (12 мм) и сентябре (15 мм). Вторая половина вегетации характеризовалась интенсивным притоком тепла. Среднесуточная температура воздуха в июле составила 23,7 °С, августе 24,2 °С, сентябре 19,2 °С, что выше нормы соответственно на 3,3; 3,1 и 4,1 °С. Сумма эффективных температур за вегетационный период превысила норму на 264 °С. Количество дней с относительной влажностью воздуха ниже 30 % за август – сентябрь – 43. Незначительное количество осадков и высокий температурный режим в июле – сентябре 2017 г. привели к воздушной, а затем почвенной засухам и образованию в середине августа многочисленных трещин на поверхности почвы. Несмотря на это, высокие запасы влаги в первой половине вегетации обеспечили формирование растениями сорго высокого урожая зеленой массы, особенно у раннеспелых форм. Засуха в августе – сентябре привела к снижению урожайности зерна сорго в сравнении с 2016 годом.

В коллекционном питомнике учетная площадь делянок 5 м², повторность трехкратная, срок посева 18–25 мая, предшественник – озимая пшеница. Агротехнику в опыте использовали согласно рекомендациям по возделыванию сорго на зерно, силос и зеленый корм в Ставропольском крае [10]. Морфологические, феноло-

гические наблюдения, учеты и измерения осуществляли в соответствии с методикой государственного сортоиспытания с.-х. культур [11], методическими указаниями по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур [12], методикой оценки и наблюдений широкого унифицированного классификатора СЭВ [13]. Статистический анализ полученных данных производили по Доспехову Б.А. [14].

Результаты исследования. При подборе пар для гибридизации важно иметь информацию о хозяйственно ценных признаках и свойствах исходного материала, чтобы более целенаправленно использовать его в селекции. Материалом наших исследований были 8 линий с цитоплазматической мужской стерильностью, которые созданы в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Работа по выведению стерильных аналогов и аналогов-восстановителей фертильности основана на том, что ЦМС передается образцам-закрепителям стерильности методом насыщающих скрещиваний с отбором типичных растений для данных опылителей, но стерильных по пыльце. Так были получены следующие стерильные линии:

– Зерста 90С выведена насыщающим скрещиванием стерильной линии зернового сорго А803 закрепителем стерильности Зерста 90;

– А63 – стерильная линия сахарного сорго – создана методом отбора элитного растения из сорта сахарного сорго Ставропольское 63. При проверке растений на ЦМС выявили закрепитель стерильности. Методом топкросса создана стерильная линия А63;

– Зерста 38А получена методом насыщающих скрещиваний стерильной линии А803 закрепителем стерильности 4338/83, который отобран из сорта зернового сорго Надежда Ставрополя;

– Княжна (А3622) выведена методом насыщающих скрещиваний стерильной линии Зерста 38А закрепителем стерильности 3622/90;

– А3615 создана насыщающим скрещиванием стерильной линии Зерста 38А закрепителем стерильности Л3615/90;

– А3529 выведена насыщающим скрещиванием стерильной линии зернового сорго А771 закрепителем стерильности 3529/88, который в свою очередь получен путем отбора и самоопыления из гибридной популяции Скороспелое 89 и Сарваши.

Таблица 1 Хозяйственно-биологические признаки и свойства стерильных линий сорго (среднее за 2016–2017 гг.)

Линия	Продолжительность периода, дней		Высота растений, см		Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га		Уборочная влажность зерна, %	Содержание в зерне белка, %
	всходы – цветение	всходы – полная спелость	на 30 день вегетации	в фазу спелости семян		зеленой массы	спелого зерна		
А63	68	106	42	135	25,4	22,7	3,36	24,0	6,07
Княжна	64	98	38	188	25,2	22,5	3,65	14,0	7,19
Зерста 38А	69	101	40	116	24,8	14,1	3,01	24,4	9,26
Зерста 90С	70	104	46	177	26,9	25,1	3,31	23,3	9,22
Коричневозерное 11С	67	102	38	135	21,8	15,8	2,71	13,2	9,01
А1012	64	99	40	127	25,8	15,9	2,99	19,7	8,51
А3529	67	102	44	116	23,2	14,9	2,88	15,7	9,68
А3615	66	99	39	109	23,8	13,5	3,10	19,0	7,25
НСР0,05 т/га	–	–	–	–	–	0,8	0,19	–	–

Из данных таблицы 1 следует, что стерильные линии различались по скороспелости. Продолжительность вегетационного периода от всходов до цветения колебалась от 64 до 70 дней. В 2017 году этот показатель был на 5–7 дней меньше, чем в умеренно влажном 2016 году. Обуславливается это очень сухой и жаркой погодой в июле-сентябре. В целом продолжительность периода всходы – полная спелость зерна в 2017 году составила 94–100 дней, что на 8–12 дней меньше, чем в 2016 году. За два года исследований самыми скороспелыми были линии Княжна (98 дней), А1012 и А3615 (по 99 дней). Наибольшая продолжительность вегетационного периода отмечена у А63 (106 дней) и Зерста 90С (104 дня). С практической стороны важно, что по числу дней вегетации исследуемые линии были дифференцированы на ранние

и среднеспелые группы и их биологические особенности наиболее полно соответствовали ресурсам региона, что свидетельствует о возможности устойчивого созревания и получения семян.

Изучаемые стерильные линии отличаются хорошей выравненностью растений по высоте и одновременным наступлением спелости зерна в период созревания. В среднем за два года наиболее интенсивный первоначальный рост растений (на 30-й день вегетации) был отмечен у линий Зерста 90С (46 см), А3529 (44 см) и А63 (42 см). В 2017 году эти показатели были на 13–17 см больше, чем в 2016 году, что свидетельствует о важности благоприятных погодных условий для развития растений сорго в начальный период вегетации. В фазу спелости зерна линии Зерста 90С и Княжна имели высоту растений 177–188 см, у остальных форм зернового

направления она колебалась в пределах 109–135 см. Линии характеризовались высокой устойчивостью к полеганию даже при длительном перестое, отсутствием обломов веточек метелок, осыпания и прорастания зерна на корню и высокой технологичностью при уборке. Результаты оценки стерильных линий по устойчивости к свойственным для сорго вредителям и болезням показали, что в изучаемые годы повреждение растений тлей у всех линий было минимальным (1 балл). Поражение бактериозом и головней было тоже незначительным и максимальным оказалось у Зерста 90С и А63. Наибольшие показатели продуктивной кустистости (3 балла) установлены у линий Княжна, А63, Зерста 38А, А3615 и А3529.

При полном развитии растения линий имели прямостоячую форму, плотность соцветия от сжатого (А63) до развесистого (Зерста 38А, А3529). Степень обнаженности зерновки от колосковых чешуй – от полностью закрытой (А63) до сильно открытой (А1012). Зерновка белая (Княжка, А3615, Зерста 38А) или бурая (А63, Зерста 90С).

Самые большие значения длины метелки имели линии Зерста 38А (30,2 см) и Княжна (28,5 см). У остальных форм она варьировала в пределах 18,0–24,7 см. Наибольшая ширина метелки установлена у Зерста 90С (9,0 см) и Княжна (8,3 см). Её выдвинутость из пазухи верхнего листа максимальной оказалась у Коричневозерного 11С (14,2 см) и А1012 (15,8 см). Этот признак важен для качественной уборки зерна. У линий Зерста 90С, Княжна, Зерста 38А и А3615 он колебался от 5,1 до 10,5 см.

Количество листьев на одном растении у линии Зерста 38А составило 10 штук, у Зерста 90С и А3529 – по 9 штук. Остальные линии имели по 7–8 листьев. Самые высокие значения длины листа (70–74 см) установлены у А3615, Княжна, Зерста 90С, Зерста 38А и Коричневозерное 11С. У остальных форм она варьировала в пределах 62–68 см. Максимальная ширина листа (7,0–7,5 см) получена у линий А63, Княжна, Зерста 38А, Коричневозерное 11С и А3529. Самая значительная толщина стебля (1,60–1,67 см) установлена у Зерста 90С, Зерста 38А, А63, Коричневозерное 11С и А3529.

Наибольший урожай зеленой массы получен у линий Зерста 90С (25,1 т/га), Княжна (22,5 т/га) и А63 (22,7 т/га). У остальных форм он колебался в пределах 13,5–15,9 т/га. При определении процентного содержания стеблей, метелок и листьев в общем урожае зеленой массы установлено, что наибольшее количество стеблей (61,3–61,5 %) было у линий Зерста 90С и Княжна. В структуре урожая вес метелок у линий А3615 составил 34,9 %, А3529 – 34,8 %, Зерста 90С – 32,6 %. У остальных линий процентное содер-

жание метелок в зеленой массе было существенно ниже и варьировало от 19,5 % до 27,7 %. Содержание листьев в зеленой массе имело наибольшее значение у Зерста 38А (20,1 %), А3529 (19,5 %), А63 и Зерста 38А (19,2 %). Изучаемые признаки учитывались при определении назначения стерильных линий в качестве материнской формы гибридов сорго зернового или силосного направления, а также качества зеленой массы.

Неотъемлемой частью оценки исходного материала стерильных линий для селекции гибридов зернового сорго является урожайность зерна. Безусловно, она влияет и на рентабельность семеноводства. Величина данного признака хотя и колебалась по годам, но сильно не зависела от погодных условий, что обуславливалось засухоустойчивостью культуры. Снижение урожайности семян в засушливом 2017 году в сравнении с более влагообеспеченным 2016 годом было незначительным и составило всего 0,09–0,34 т/га или 5–9 %. При этом урожайность более скороспелых линий А3529, А3615 была практически одинаковой. Максимальная урожайность семян получена у линий Княжна (3,65 т/га), А63 (3,36 т/га), Зерста 90С (3,31 т/га). Средняя урожайность линий А1012, Коричневозерное 11С, А3529 колебалась в пределах 2,71–2,99 т/га.

Не менее важный элемент продуктивности сорго – масса 1000 зерен. В среднем за годы исследований она была равна 21,8–26,9 г. Несмотря на то, что данный признак варьировал по годам, самые крупные семена (более 25,2 г) имели линии Зерста 90С, А63, Княжна, А1012.

Оценка качества зерна по содержанию белка показала, что изменение его количества зависело от погодных условий и выявило значительное варьирование этого признака в зависимости от сортовых особенностей линий. Так были выделены линии, характеризующиеся содержанием белка более 9 % независимо от факторов среды: Зерста 90С (9,22 %), А 3529 (9,68 %), Зерста 38А (9,26 %), Коричневозерное 11С (9,01 %). Несомненно, они имеют наибольший интерес для селекции зернового сорго, как источники высокого качества зерна.

Необходимость сушки убранных семян вызывает повышение затрат на производство гибридных семян сорговых культур. Наименьшие показатели уборочной влажности зерна в конце третьей декады сентября были отмечены у линий Княжна (14,0 %), Коричневозерное 11С (13,2 %), А3529 (15,7 %). Высокая влажность зерна получена у Зерста 38А (24,4 %), А63 (24,0 %), Зерста 90С (23,3 %). У А3615 этот показатель составил 19,0 %, А1012 – 19,7 %. При анализе процесса суточного снижения влажности зерна установлено, что у А1012 и Княжна в начале созревания зерна оно был выше и дохо-

дило до 0,7 %, а у А3529 – до 0,9 %. Эти стерильные линии выделялись стабильно быстрым снижением уборочной влажности и в конце вегетации. Линии А3615 и Зерста 90С также теряют больше влаги в начале созревания, чем в конце, но интенсивность суточного снижения влажности у них меньше и составляет 0,3–0,5 %. Линии Зерста 38А и Коричневозерное 11С, наоборот, интенсивнее уменьшают содержание влаги в семенах во второй период созревания. У Коричневозерного 11С суточная отдача влаги увеличилась до 0,8 % и влажность зерна в конце сентября была наименьшей и составила 13,2 %.

Вывод. Стерильные линии, созданные в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», представляют существенное генетическое разнообразие по многим признакам, в том числе по темпу начального роста и высоте растений, устойчивости к болезням и вредителям, урожайности зерна и зеленой массы, структуре и качеству урожая, что дает возможность их широкого применения в практической селекции сорго зернового, сахарного и сорго-суданковых гибридов. При продолжительности вегетационного периода 98–106 дней они наиболее полно соответствуют почвенно-климатическим ресурсам региона.

Библиографический список

1. Алабушев, А.В. Сорго (селекция, семеноводство, технология, экономика) [Текст] / А.В. Алабушев, В.Г. Гурский, Н.И. Коломиец и др. Ростов-на-Дону: Книга, 2003. 256 с.
2. Шепель, Н.А. Сорго [Текст] / Н.А. Шепель. Волгоград: Комитет по печати, 1994. 338 с.
3. Ковтунова, Н.А. Рекомендации по возделыванию сорго сахарного [Текст] / Н.А. Ковтунова, С.И. Горпиниченко, Г.М. Ермолина и др. Зерноград: Книга, 2013. 24 с.
4. Малиновский, Б.Н. Сорго на Северном Кавказе [Текст] / Б.Н. Малиновский. Ростов-на-Дону: Ростовский университет, 1992. 267 с.
5. Горпиниченко, С.Н. Сорго – культура для аридных территорий [Текст] / С.Н. Горпиниченко, П.Н. Ляшов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. Перспективы развития аридных территорий РФ через интеграцию и практику. М., 2008. С. 232–236.
6. Володин, А.Б. Морфобиологическая характеристика сортообразцов сахарного сорго и использование их в селекции [Текст] / А. Б. Володин, С.И. Капустин, А.С. Капустин // Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве: материалы конференции. Владикавказ, 2017. С. 60–64.
7. Алабушев, А.В. Основные направления селекционной работы по сахарному сорго [Текст] / А.В. Алабушев, Н.А. Ковтунова, Е.А. Шишова // Кормопроизводство. 2015. № 11. С. 33–36.
8. Володин, А.Б. Подбор и создание исходного материала сорго для селекции в условиях недостаточного увлажнения [Текст] / А.Б. Володин, С.И. Капустин // Бюллетень СНИИСХ. 2016. № 8. С. 28–35.
9. Ковтунова, Н.А. Использование сорго и основные направления селекционной работы ВНИИЗК им. И.Г. Калиниченко [Текст] / Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 3 (7). С. 60–67.
10. Володин, А.Б. Рекомендации по возделыванию сорго на зерно, силос и зеленый корм в Ставропольском крае [Текст] / А.Б. Володин, С.И. Капустин, Ю.П. Даниленко. Саратов: Амрит, 2015. 32 с.
11. Федин, М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [Текст] / М.А. Федин. М.: МСХ СССР, 1985. 267 с.
12. Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур (просо, гречиха, рис) [Текст] / Сост. Г.Е. Шмараев, Т.Я. Ярчук, Е.С. Якушевский и др. Л.: ВИР, 1968. 51 с.
13. Якушевский, Е.С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *SORGHUM MOENCH* [Текст] / Е.С. Якушевский, С.Г. Варадинов, В.А. Корнейчук и др. Л.: ВИР, 1982. 34 с.
14. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. М.: Колос, 1985. 335 с.

Сведения об авторах

1. **Капустин Сергей Иванович**, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сорго, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 356241, Ставропольский край, Шпаковский район, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, e-mail: sniish.mail.ru.
2. **Володин Александр Борисович**, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сорго, кандидат сельскохозяйственных наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 356241, Ставропольский край, Шпаковский район, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, e-mail: sniish.mail.ru.

3. **Капустин Андрей Сергеевич**, начальник отдела научно-технической информации, наукометрии и экспортного контроля управления науки и технологии, кандидат сельскохозяйственных наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, Россия, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, e-mail: Akapustin@ncfu.ru.

В статье уточнены хозяйственно-ценные признаки и выделены 8 стерильных линий сорго с различной длиной вегетационного периода, быстрым темпом начального роста, выравниваемостью растений по высоте, изучены параметры их семенной продуктивности. Наименьшие показатели длины вегетационного периода (98–90 дней) имеют линии Княжна, А1012 и А3615. Среднеспелыми формами являются А3529, Коричневозерное 11С, Зерста 38А (101–102 дня). В фазе созревания зерна линии Княжна и Зерста 90С имели высоту растений 177–188 см, у остальных форм зернового направления она колебалась в пределах 109–135 см. Наибольшие показатели длины метелки (28,5–30,2 см) имели Княжна и Зерста 38А. Выдвинутость метелки

максимальной оказалась у А1012 (15,8 см) и Коричневозерное 11С (14,2 см). Самый высокий урожай зерна в пересчете на 13 % влажность установлен у линий Княжна (3,65 т/га), А63 (3,36 т/га) и Зерста 90С (3,31 т/га). Остальные формы обеспечили получение 2,71–3,10 т/га зерна. Уточнены линии, имеющие самые крупные семена (масса 1000 зерен более 26,2 г) и содержание белка в зерне более 9 %. Эти формы представляют интерес для селекции зернового сорго, как источники высокого качества зерна. Наименьшая уборочная влажность зерна (13,2–14,0 %) установлена у линий Княжна, Коричневозерное 11 С. Быстрое суточное снижение уборочной влажности зерна имеют также А1012 и А3529.

S. Kapustin, A. Volodin, A. Kapustin

MORPHOBIOLOGICAL FEATURES AND SELECTION VALUE OF STERILE SORGHUM LINES

Key words: *sorghum; sterile line; growth; development; grain yield; green mass.*

Authors' personal details

1. **Kapustin Sergey**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center», Senior Researcher of the Laboratory of Selection and Primary Seed Sorghum, 356241, Stavropol Territory, Shpakovsky district, city of Mikhailovsk, st. Nikonova, 49, e-mail: sniish.mail.ru.

2. **Volodin Alexander**, Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budget Scientific Institution «North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center», Leading Researcher of the Laboratory of Selection and Primary Seed Sorghum, 356241, Stavropol Territory, Shpakovsky District, city of Mikhailovsk, st. Nikonova, 49, e-mail: sniish.mail.ru.

3. **Kapustin Andrey**, Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North-Caucasian Federal University», Head of the Department of Scientific and Technical Information, Science Metrology and Export Control of the Department of Science and Technology, 355009, Russia, Stavropol Territory, Stavropol, Pushkin str., 1, e-mail: Akapustin@ncfu.ru.

In article economic-valuable signs are clarified and 8 sterile lines of sorghum with various length of vegetative period, fast rate of initial growth, leveling of plants on height are allocated, parameters of their seed efficiency are studied. The lowest lengths of the growing season (98–90 days) have the lines of Princess, А1012 and А3615. The medium-ripened forms are А3529, Brown Cirrus 11С, Zersta 38А (101–102 days). In the phase of maturation of grain, the lines of the Princess and Zersta 90С had a plant height of 177–188 cm, in the remaining forms of the grain direction it fluctuated within the range of 109–135 cm. The greatest indicators of the length of the panicles (28,5–30,2 cm) were Princess and Zersta 38А. The maxi-

mum width of the panicle was found to be А1012 (15,8 cm) and Brown 11С (14,2 cm). The highest grain yield in terms of 13 % moisture in the sterile lines presented is found in Knyazhna (3,65 t/ha), А63 (3,36 t/ha) and Zerst 90С (3,31 t/ha). The remaining forms ensured the production of 2,71–3,10 t/ha of grain. The lines with the largest seeds (mass of 1000 grains over 26,2 g) and protein content in grain more than 9 % are specified. These forms are of interest for selection of grain sorghum, as sources of high quality of grain. The lowest grain harvesting moisture (13,2–14,0 %) was established at the Knyazhna and Koryachnevornoe 11 С lines. А 1012 and А 3529 also have a rapid daily decline in grain harvesting moisture.

© Капустин С.И., Володин А.Б., Капустин А.С.