

УДК 633.174/175:631.527

EDN OJTQPT

Капустин С. И.<sup>1,2</sup>, Володин А. Б.<sup>1</sup>, Капустин А. С.<sup>3</sup>**ГЕТЕРОЗИСНАЯ СЕЛЕКЦИЯ СОРГО-СУДАНКОВЫХ ГИБРИДОВ**<sup>1</sup> ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»;<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»;<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

**Реферат.** Внедрение в производство новых адаптированных к засушливым условиям сорго-суданковых гибридов способствует стабилизации продуктивности зеленой и сухой массы по годам, что определяет актуальность исследований. Цель исследований – уточнение схемы селекции исходного материала, создание новых сорго-суданковых гибридов и их родительских форм, оценка количественных признаков урожайности зеленой массы, скороспелости, показателей габитуса растений, уровня истинного гетерозиса у новых комбинаций, возможности рентабельного семеноводства. Материалом изучения являлись две стерильные линии (Зерста 90С, А-63), три сорта суданской травы (Спутница, Ника, София) и пять, полученных на их основе, новых сорго-суданковых гибридов (Кирым, Тонус, Боярин, Гусар, Лидер). Стандарт – гибрид Гвардеец. Исследования проводили в 2015–2021 гг. Методами насыщающих скрещиваний и топкросса в Северо-Кавказском федеральном научном аграрном центре созданы стерильные линии Зерста 90С и А-63, методами семейно-группового и индивидуального отбора получены фертильные отцовские формы-восстановители – новые сорта суданской травы Спутница Ника, София. Наименьший период всходы–выметывание получен у гибридов, созданных с участием сортов суданской травы София (55,5–59,0 дней) и Спутница (56,7–61,3 дней). В среднем за 2015–2021 гг. максимальная урожайность зеленой массы за два укоса установлена у гибридов Кирым (50,3 т/га), Боярин (49,1 т/га), Гусар (48,4 т/га). Уровень истинного гетерозиса зеленой массы наиболее высокие значения имел у новых комбинаций Кирым, Тонус, Боярин и Лидер (17,5–20,3 т/га или 61,5–72,0 %). В период созревания семян наибольшая высота растений установлена у гибридов Боярин (273 см), Гусар (272 см) и Кирым (269 см). Уровень истинного гетерозиса высоты растений у этих гибридов составил соответственно 77,5 см, 75,0 см и 59,5 см (39,6 %, 38,1 % и 28,4 %). У этих вариантов получена максимальная толщина стебля (1,38–1,40 см). Самые высокие показатели длины листа (75–77 см) и облиственности растений (33,0–34,1 %) у гибридов Гвардеец и Кирым, где в качестве материнской формы использована стерильная линия Зерста 90С.

**Ключевые слова:** сорго (*Sorghum Moench*), селекция, гетерозис, стерильная линия, сорт, суданская трава (*Sorghum sudanense L.*), гибрид, урожайность, высота растений.

**Для цитирования:** Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Гетерозисная селекция сорго-суданковых гибридов // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3(31). С. 75–83. EDN: OJTQPT.

**For citation:** Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Heterosis breeding of sorghum-sudan grass hybrids // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 3(31). P. 75–83. EDN: OJTQPT.

**Введение**

Часто повторяющиеся в степной зоне, особенно во второй половине лета засушливые явления делают неустойчивым получение продукции животноводства [1, 2]. Поэтому развитие кормопроизводства сосредоточено на совершенствовании структуры посевов кормовых культур, имеющих высокую засухоустойчивость и

стабильность урожаев по годам [3]. Сорго-суданковые гибриды соответствуют этим критериям. Они имеют высокую облиственность, хорошее качество сена и зеленой массы, побегообразование на протяжении вегетации. Поэтому после скашивания растения восстанавливают срезанные побеги и при благоприятных условиях дают два–три укоса [4–7]. В засушливых регионах Юга России благодаря своему потенциалу эта культура эффективно использует инсоляцию и фотосинтетические ресурсы, при правильном возделывании в любой год обеспечивает стабильные урожаи. Сорго-суданковые гибриды обладают высокой отавообразовательной способностью, высокими темпами первоначального роста, не повреждаются тлей и бактериальной пятнистостью, дают нежную зеленую массу, с содержанием листьев до 35 %, которая содержит до 11 % протеина в расчете на сухое вещество. Листья – наиболее ценная часть растений при использовании на сено, зеленый корм, силос. Площадь поверхности одного листа составляет 200–500 см<sup>2</sup>. Серо-зеленая окраска центральной жилки листа свидетельствует о сочности сердцевины стебля.

Для создания высокогетерозисных гибридов целесообразно подбирать родительские формы с высокой комбинационной способностью [8, 9]. Селекция с помощью маркеров генетически снижает содержание синильной кислоты в растениях сорго-суданковых гибридов [10, 11]. С использованием методов трансгенной селекции возможно усиление засухоустойчивости [12]. У гибридов усиливается процесс фотосинтеза в листьях [13]. Межвидовые сорго-суданковые гибриды благодаря генетической неоднородности родительских форм обладают высоким уровнем истинного гетерозиса по урожайности зеленой массы и сена, превосходя средний уровень их гомозиготных родительских инбредных форм [14–16].

Селекционерами ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» создан исходный материал и получены новые сорго-суданковые гибриды, имеющие хорошо развитую корневую систему, глубиной более 2 м, сочностебельный, цилиндрический стебель, который при благоприятных условиях достигает высоты более 2,5–3 м, растения отличаются высокой энергией кущения [2, 4, 6, 7].

**Цель исследований** – уточнение схемы селекции исходного материала, оценка количественных признаков урожайности зеленой массы, скороспелости и высоты растений, уровня истинного гетерозиса у лучших новых сорго-суданковых гибридов, приспособленных к выращиванию в засушливых условиях Центрального Предкавказья.

**Задача исследований:** создать новые сорго-суданковые гибриды и их родительские формы, пригодные для практического использования, с высокими показателями продуктивности, качества сена и зеленой массы, содержанием аминокислот, облиственности растений, рентабельным семеноводством.

#### **Материалы и методы исследований**

Методом полевых и лабораторных опытов в 2015–2021 гг. в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Михайловск Ставропольского края) осуществили создание и изучение селекционного материала сорго-суданковых гибридов. Почва опытного поля – мицеллярно-карбонатный, среднесуглинистый чернозем с глубиной гумусного профиля 100–120 см и содержанием гумуса в пахотном слое 3,2 %. Наличие подвижных элементов минерального питания в почве среднее. Среднегодовое количество осадков – 550 мм, из которых 329 мм за период май–сентябрь. Среднемесячная температура воздуха за этот период составляет 18,4 °С, но в годы исследований она была выше и составила: 19,5 °С в 2016 г.; 20,1–20,6 °С – в 2015, 2017, 2019 и 2021 гг.; 20,8–21,0 °С в 2018 и 2020 гг. Количество осадков за май–сентябрь в 2015, 2018, 2019 и 2020 гг. было меньше нормы и варьировало в пределах 214–240 мм. В 2016 и 2021 гг. осадков выпало значительно

больше нормы – соответственно 385 и 449 мм. Такие разнообразные климатические условия позволили выявить и всесторонне изучить морфобиологические свойства и признаки создаваемых гибридов и их родительских форм.

Материалом изучения являлись две стерильные линии (Зерста 90С, А-63), три сорта суданской травы (Спутница, Ника, София), созданные в Северо-Кавказском ФНАЦ. Семена сорго и суданской травы высевали сеялкой РС-1М на глубину 3–4 см с междурядьями 70 см. Высевали питомники самоопыленных линий, исходного материала, селекционный и оценки новых гибридов по 1–2 ряда площадью 5–10 м<sup>2</sup>.

Выведение стерильных аналогов основано на том, что ЦМС передается образцам-закрепителям стерильности методом насыщающих скрещиваний с отбором типичных растений для данных опылителей, но стерильных по пыльце. Так получены стерильные линии, используемые при создании сорго-суданковых гибридов:

– Зерста 90С выведена насыщающим скрещиванием стерильной линии зернового сорго а-803 закрепителем стерильности Зерста 90.

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

– Княжна (А-3622) выведена методом насыщающих скрещиваний стерильной линии Зерста 38А закрепителем стерильности В-3622.

Методом насыщающих скрещиваний получены также стерильные линии Зерста 38А, А-3615, А-3529 и ряд других. Они имеют хорошую выравненность растений по высоте, одновременное наступление спелости зерна, устойчивы к полеганию, обеспечивают высокую урожайность зерна, что важно для рентабельного семеноводства.

В проведенных исследованиях в качестве отцовских форм-восстановителей фертильности используются новые сорта суданской травы – Спутница, Ника, София и др. Они выведены методом индивидуального и семейно-группового отбора продуктивных и скороспелых растений высокой интенсивности начального роста из линий суданской травы 7473 и других. Новые сорта суданской травы обладают высокой комбинационной способностью.

В питомнике гибридизации проводили создание новых сорго-суданковых гибридов с последующим отбором лучших вариантов с высокой продуктивностью зеленой массы, большим содержанием протеина, жира, БЭВ, аминокислот и рентабельным семеноводством. Подбор стерильных и фертильных образцов осуществляли по признаку совпадения фаз развития и наличия хозяйственно ценных признаков и свойств. Ежегодно выполняли по 90–120 скрещиваний с последующим изучением в следующем году полученных под пергаментными изоляторами семян. Путем визуального наблюдения и учетов фенотипических и морфологических признаков для уменьшения нагрузки на другие питомники при оценке новых гибридов осуществляли жесткую выбраковку менее ценных образцов.

В годы проведения исследований в коллекционном питомнике ежегодно высевали в среднем 122 образца, из которых устанавливали варианты с интенсивным первоначальным ростом растений, высотой растений, высокой облиственностью, урожайностью зеленой массы. Задачей гибридного питомника является выделение линий из изучаемых гибридов с помощью самоопыления и отбора лучших растений. В селекционном питомнике (96 образцов) доводили до константного состояния варианты с высокой оценкой их на комбинационную способность и реакцию на ЦМС. При этом образцы (23), которые выделяли как закрепители стерильности, высевали в питомник стерильных линий.

Создание высокогетерозисных сорго-суданковых гибридов предусматривает подбор родительских форм с высокой комбинационной способностью. Исследования по селекции новых гибридов осуществляются по полной схеме селекционного процесса, предусматривающего отбор нового исходного материала, получение стерильных линий сорго и восстановителей фертильности – новых сортов суданской травы. Эта схема предусматривает питомники исходного материала, включающего коллекционные и гибридные образцы, создание самоопыленных и стерильных линий, гибридизацию, государственное испытание полученных гибридов [17].

В ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» по вышеуказанной схеме селекционного процесса созданы стерильные линии Зерста 90С, А-63, а также восстановители фертильности – новые сорта суданской травы Спутница, Ника, София. Результаты исследований свидетельствуют, что эти родительские формы в наибольшей степени обеспечили высокие показатели истинного гетерозиса и продуктивности у полученных на их основе сорго-суданковых гибридов.

Самые лучшие и перспективные гибриды (13 образцов) в сравнении со стандартом Гвардеец оценивали в трехрядковых питомниках предварительного и конкурсного испытания в трех и четырехкратной повторности площадью по 30 м<sup>2</sup>. Стандарт располагали через 15 номеров. Наблюдения и учеты проводили в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур на протяжении трех лет [18]. Оценку качества зеленой массы и наличие аминокислот в абсолютно сухом веществе осуществляли в сертифицированной научной лаборатории «Корма и обмен веществ» ФГОУ ВО «Ставропольского ГАУ». Показатели истинного гетерозиса определяли на основании усреднённых данных родительских форм и превышения над ними у полученных гибридов F<sub>1</sub>. Статистическую обработку морфологических и урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа [19]. Сорго-суданковые гибриды Гвардеец и Боярин в 2021 и 2022 гг. внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ, новый гибрид Гусар в 2021 г. передан на Государственное сортоиспытание, остальные комбинации выделены в конкурсное испытание.

### Результаты и их обсуждение

Наименьший период всходы–выметывание отмечен у гибридов, созданных с участием сортов суданской травы София (55,5–59,0 дней) и Спутница (56,7–61,3 дней). Большинство новых сорго-суданковых гибридов относятся к среднеранним и среднеспелым. Период «всходы – выметывание» у них составляет соответственно 53–59 и 60–64 дней.

Высота растений на 30 день вегетации – важный показатель получения высокого урожая зеленой массы первого и второго укосов. Максимальные значения этого признака (82,0–89,7 см) зафиксированы у гибридов Гвардеец и Боярин, созданных с участием отцовского сорта Спутница. Эти комбинации отличаются высоким первоначальным темпом роста и хорошей отавностью. В период созревания семян наибольшая высота растений установлена у гибридов Боярин (273 см), Гусар (272 см), Кирилл (269 см), стандарта Гвардеец (262,0 см). Уровень истинного гетерозиса высоты растений у этих гибридов составил соответственно 77,5 см, 75,0 см, 59,5 см, 54,0 см (39,6 %; 38,1 %, 28,4 %, 25,9 %). Кроме этого, у них была максимальная толщина стебля (1,38–1,40 см). Самая высокая длина листа (75–77 см) и облиственность растений (33,0–34,1 %) была у гибридов Гвардеец и Кирилл, где в качестве материнской формы использована стерильная линия Зерста 90С (таблица 1).

Сорго-суданковые гибриды на зеленый корм убирали за семь–десять дней до начала выбрасывания метелок в период с лучшим соотношением высокой урожайности и качественных показателей (повышенное содержание протеина, каротина, высокая переваримость и низкое содержание клетчатки).

Таблица 1 – Хозяйственно-биологические признаки сорго-суданковых гибридов (среднее за 2015-2021 гг.)

| Линия, сорт, гибрид                    | Входы–выметывание, сут | Высота растений, см  |                      | Средняя высота родительских форм, см | Уровень гетерозиса высоты растений |      | Толщина стебля, см | Длина листа, см | Облиственность растений, % (II укос) |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------|--------------------|-----------------|--------------------------------------|
|  |                        | на 30 день вегетации | при созревании семян |                                      | см                                 | %    |                    |                 |                                      |
| стерильные линии                       |                        |                      |                      |                                      |                                    |      |                    |                 |                                      |
| Зерста 90С                             | 65                     | 46                   | 169                  | -                                    | -                                  | -    | 1,47               | 72              | 21,2                                 |
| А-63                                   | 63                     | 39                   | 144                  | -                                    | -                                  | -    | 1,43               | 62              | 21,0                                 |
| суданская трава                        |                        |                      |                      |                                      |                                    |      |                    |                 |                                      |
| Спутница                               | 56                     | 68                   | 247                  | -                                    | -                                  | -    | 1,04               | 72              | 34,0                                 |
| Ника                                   | 57                     | 72                   | 250                  | -                                    | -                                  | -    | 1,08               | 74              | 36,8                                 |
| София                                  | 53                     | 70                   | 234                  | -                                    | -                                  | -    | 0,97               | 67              | 39,9                                 |
| сорго-суданковые гибриды               |                        |                      |                      |                                      |                                    |      |                    |                 |                                      |
| (Зерста 90С × Спутница) Гвардеец (St.) | 56,7                   | 89,7                 | 262                  | 208,0                                | 54,0                               | 25,9 | 1,35               | 75              | 33,0                                 |
| (Зерста 90С × Ника) Кирим              | 61,5                   | 74,0                 | 269                  | 209,5                                | 59,5                               | 28,4 | 1,38               | 77              | 34,1                                 |
| (Зерста 90С × София) Тонус             | 55,5                   | 79,5                 | 251                  | 201,5                                | 49,5                               | 24,6 | 1,35               | 70              | 32,4                                 |
| (А-63 × Спутница) Боярин               | 61,3                   | 82,0                 | 273                  | 195,5                                | 77,5                               | 39,6 | 1,39               | 69              | 32,4                                 |
| (А-63 × Ника) Гусар                    | 68,5                   | 72,0                 | 272                  | 197,0                                | 75,0                               | 38,1 | 1,40               | 68              | 33,1                                 |
| (А-63 × София) Лидер                   | 59,0                   | 70,0                 | 242                  | 189,0                                | 53,0                               | 28,0 | 1,33               | 64              | 32,3                                 |

В степной зоне возделывание на сено предусматривает рядовой, а на зеленый корм – широкорядный способ посева.

Урожайность зеленой массы изучаемых сорго-суданковых гибридов (таблица 2) зависела от высоты растений и продолжительности вегетационного периода. Наибольшие ее показатели наблюдали у комбинаций Кирим (50,3 т/га), Боярин (49,1 т/га), Гусар (48,8 т/га). У стандарта Гвардеец величина этого признака составила 46,6 т/га. Уровень истинного гетерозиса зеленой массы максимальные значения имел у гибридов Кирим, Тонус, Боярин и Лидер (17,5–20,3 т/га или 61,5–72,0 %) и 15,7 т/га (50,8 %) у стандарта Гвардеец.

В среднем за 2015–2021 гг. урожайность зеленой массы второго укоса была на 0,8–2,3 т/га выше, чем при первом скашивании и зависела от сроков выпадения осадков в летний период. Урожайность спелого зерна стерильных материнских линий Зерста 90С и А-63 составили 3,34–3,41 т/га, что обеспечило рентабельное семеноводство изучаемых гибридов.

Новый сорго-суданковый гибрид Боярин имеет прямостоячую форму куста, стебель тонкий, полусочный, длина листа до 70 см, ширина до 8 см. Гибрид холодостойкий, имеет высокую пластичность к условиям выращивания. Устойчив к прикорневому полеганию и ломкости стебля. В 1 кг сухого корма содержится 10 % переваримого протеина, 29 % клетчатки, 2,1 % жира, что больше, чем у стандартного гибрида Гвардеец на 0,3 % переваримого протеина, 1,4 % клетчатки, 0,2 % жира. В соке зеленой массы 5–7 % растворимых сахаров. Гибрид интенсивного типа.

Таблица 2 – Урожайность и уровень гетерозиса сорго-суданковых гибридов и их родительских форм (среднее за 2015–2021 гг.)

| Линия, сорт, гибрид                    | Урожайность зеленой массы, т/га |      |                   | Средняя урожайность родительских форм, т/га | Уровень гетерозиса зеленой массы |      | Урожайность сухой массы, т/га | Урожайность спелого зерна, т/га |
|--|---------------------------------|------|-------------------|---|----------------------------------|------|-------------------------------|---------------------------------|
|  | укос                            |      | сумма двух укосов |   | т/га                             | %    |                               |                                 |
|  | I                               | II   |                   |   |                                  |      |                               |                                 |
| стерильные линии                       |                                 |      |                   |   |                                  |      |                               |                                 |
| Зерста 90С                             | -                               | -    | 23,7              | -   | -                                | -    | -                             | 3,34                            |
| А-63                                   | -                               | -    | 22,5              | -   | -                                | -    | -                             | 3,41                            |
| НСР <sub>05</sub> , т/га               |                                 |      | 1,7               |   |                                  |      |                               | 0,21                            |
| суданская трава                        |                                 |      |                   |   |                                  |      |                               |                                 |
| Спутница                               | 20,4                            | 17,8 | 38,2              | -   | -                                | -    | 8,54                          | 1,80                            |
| Ника                                   | 22,1                            | 19,8 | 41,9              | -   | -                                | -    | 9,24                          | 2,01                            |
| София                                  | 16,1                            | 17,8 | 33,9              | -   | -                                | -    | 7,79                          | 1,57                            |
| сорго-суданковые гибриды               |                                 |      |                   |   |                                  |      |                               |                                 |
| (Зерста 90С × Спутница) Гвардеец (St.) | 22,7                            | 23,9 | 46,6              | 30,9  | 15,7                             | 50,8 | 9,62                          | 2,73                            |
| (Зерста 90С × Ника) Кирым              | 24,0                            | 26,3 | 50,3              | 32,8  | 17,5                             | 53,4 | 10,54                         | 2,81                            |
| (Зерста 90С × София) Тонус             | 23,1                            | 23,9 | 47,0              | 28,8  | 18,2                             | 63,2 | 10,15                         | 2,29                            |
| (А-63 × Спутница) Боярин               | 25,2                            | 23,9 | 49,1              | 30,4  | 18,7                             | 61,5 | 9,96                          | 2,78                            |
| (А-63 × Ника) Гусар                    | 23,5                            | 25,3 | 48,8              | 32,2  | 16,6                             | 51,6 | 10,06                         | 2,86                            |
| (А-63 × София) Лидер                   | 23,3                            | 25,2 | 48,5              | 28,2  | 20,3                             | 72,0 | 10,55                         | 2,54                            |
| НСР <sub>05</sub> , т/га               | 1,5                             | 1,5  | 2,2               |   |                                  |      | 0,43                          |                                 |

Селекция новых сорго-суданковых гибридов в настоящее время в значительных объемах осуществляется в АНЦ «Донской» (г. Зерноград) [3, 5, 20] и НИИ кукурузы и сорго (г. Саратов) [8]. Закономерности создания новых гибридов в условиях Ставропольского края согласуются с методами их получения в этих учреждениях.

### Выводы

В Северо-Кавказском ФНАЦ методами насыщающих скрещиваний и топкросса созданы стерильные линии Зерста 90С и А-63, методами семейно-группового и индивидуального отбора получены фертильные отцовские формы-восстановители – новые сорта суданской травы Спутница, Ника, София. Сорта суданской травы созданы в 2015–2019 гг.

В среднем за 2015–2021 гг. максимальная урожайность зеленой массы установлена у гибридов Кирым (50,3 т/га), Боярин (49,1 т/га), Гусар (48,8 т/га), что выше показателей стандарта на 3,7 т/га, 2,5 т/га и 2,5 т/га. Самый высокий уровень истинного гетерозиса зеленой массы отмечен у новых комбинаций Кирым, Тонус, Боярин и Лидер (17,5–20,3 т/га, или 61,5–720 %).

В период созревания семян наибольшая высота растений установлена у гибридов Боярин (273 см), Гусар (272 см) и Кирым (269 см), что на 7,0–11,0 см больше значений стандарта. Уровень истинного гетерозиса высоты растений у этих гибридов составил соответственно 77,5; 75,0 и 59,5 см (39,6; 38,1; и 28,4 %).

### Литература

1. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Эффективность использования однолетних яровых кормовых культур в засушливых условиях Центрального Предкавказья // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3 (11). С. 72–79.
2. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С., Стройный А. М. Продуктивность суданской травы в Центральном Предкавказье // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 1 (17). С. 62–70. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-62-70.
3. Шишова Е. А., Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е. Создание и хозяйственно-биологическая характеристика сорго-суданковых гибридов // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2 (62). С. 27–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.
4. Шепель Н. А. Селекция и семеноводство гибридного сорго. Ростов-на-Дону: Ростовский университет, 1985. 256 с.
5. Алабушев А. В., Анипенко Л. Н., Гурский Н. Г., Коломиец Н. Я., Костылев П. И., Мангуш П. А., Алабушева О. И. Сорго (селекция, семеноводство, технология, экономика). Самара: Книга, 2003. 368 с.
6. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Process of the selection of sorghum-sudank hybrids in arid conditions steppe zone // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2020. No. 10 (2). P. 331–336. DOI: 10.31407/ijees10.2.
7. Жукова М. П., Володин А. Б., Капустин С. И., Капустин А. С., Донец И. А. Комплексная оценка новых сортов суданской травы и сорго-суданковых гибридов // Вестник АПК Ставрополя. № 3 (27). 2017. С. 33–37.
8. Kibalnik O. P. Combining ability of CMS-lines of grain sorghum based on A1, A2, A3, A4, 9E and M-35- 1A types of cytoplasmic male sterility // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. Vol. 21. Iss. 6. P. 651–656. DOI: 10.18699/VJ17.282.
9. Lu X.-P., Liu D.-D., Wang S.-Y., Han P.-A., Lü E.-S. Genetic effects and heterosis prediction model of *Sorghum bicolor* × *S. sudanense* grass // Acta Agronomica Sinica (China). 2014. Vol. 40. Iss. 3. P. 466–475 DOI: 10.3724/SP.J.1006.2014.00466.
10. Yu X.-X., Liu Z.-H., Yu Z., Shi Y., Li X.-Y. Development of SSR markers linked to low hydrocyanic acid content in sorghum-sudan grass hybrid based on BSA method // Protein and Peptide Letters. 2016. Vol. 23. Iss. 5. P. 417–423. DOI: 10.2174/0929866523666160322153559.
11. Shkodina E. P., Balun O. V., Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Ecological variety trial of annual forage crops in the Novgorod region // International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES). 2022. Vol. 12. Iss. 2. P. 337–344. DOI: 10.31407/ijees12.204.
12. Zhu Y., Wang X., Huang L., Yao L., Peng D. Transcriptomic identification of drought-related genes and SSR markers in sudan grass based on RNA-seq // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. No. 687. DOI: 10.3389/fpls.2017.00687.
13. Han P.-A., Lu X.-P., Mi F.-G., Zhang R.-X., Li M.-N., Xue C.-L., Dong J., Cong M.-L. Analysis of heterosis in sorghum-sudangrass hybrid seedlings based on proteomics // Acta Agronomica Sinica (China). 2016. Vol. 42. Iss. 5. P. 696–705. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2016.00696.
14. Han P., Lu X., Mi F., Dong J., Xue C., Li J., Han B., Zhang X. Proteomic analysis of heterosis in the leaves of sorghum-sudangrass hybrids // Acta Biochimica et Biophysica Sinica. 2015. Vol. 48. Iss. 2. P. 161–173. DOI: 10.1093/abbs/gmv126.
15. Драпенко М. А. Использование цитоплазматической мужской стерильности для получения гетерозисных семян сорго и сорго-суданковых гибридов // Сборник трудов ВАСХНИЛ: Гетерозис в растениеводстве. Л.: Колос, 1968. С. 280–291.
16. Шепель Н. А. Эффективность гетерозиса при межвидовой гибридизации сорговых // Сборник трудов ВАСХНИЛ: Гетерозис в растениеводстве. Л.: Колос, 1968. С. 268–279.
17. Володин А. Б., Капустин С. И., Капустин А. С. Схема селекции и уровень гетерозиса гибридов сорго сахарного // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1 (25). С. 64–72. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-64-72.
18. Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: МСХ СССР, 1985. 267 с.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 335 с.
20. Шишова Е. А. Изучение исходного материала суданской травы для создания новых сорго-суданковых гибридов. Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Краснодар: Федеральный научный центр риса, 2021. С. 3–22.

### References

1. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Annual spring fodder crops use efficiency in dry areas of the central Ciscaucasia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3 (11). P. 72–79.
2. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S., Stroyny A. M. Productivity of sudangrass in central Ciscaucasia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 1 (17). P. 62–70. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-62-70.

3. Shishova E. A., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E. Development and economic-biological characteristics sorghum-sudan hybrids // Grain Economy of Russia. 2019. No. 2 (62). P. 27–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.
4. Shepel N. A. Selection and seed production of hybrid sorghum. Rostov-on-Don: Rostov University, 1985. 256 p.
5. Alabushev A. V., Anipenko L. N., Gursky N. G., Kolomiets N. Ya., Kostylev P. I., Mangush P. A., Alabusheva O. I. Sorghum (selection, seed production, technology, economics). Samara: Kniga, 2003. 368 p.
6. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Process of the selection of sorghum-sudank hybrids in arid conditions steppe zone // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2020. No. 10 (2). P. 331–336. DOI: 10.31407/ijees10.2.
7. Zhukova M. P., Volodin A. B., Kapustin S. I., Kapustin A. S., Donets I. A. Complex assessment of new varieties sudangrass and sorghum-sudan hybrids // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2017. No. 3 (27). P. 33–37.
8. Kibalnik O. P. Combining ability of CMS-lines of grain sorghum based on A1, A2, A3, A4, 9E and M-35- 1A types of cytoplasmic male sterility // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. Vol. 21. Iss. 6. P. 651–656. DOI: 10.18699/VJ17.282
9. Lu X.-P., Liu D.-D., Wang S.-Y., Han P.-A., Lü E.-S. Genetic effects and heterosis prediction model of *Sorghum bicolor* × *S. sudanense* grass // Acta Agronomica Sinica (China). 2014. Vol. 40. Iss. 3. P. 466–475. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2014.00466.
10. Yu X.-X., Liu Z.-H., Yu Z., Shi Y., Li X.-Y. Development of SSR markers linked to low hydrocyanic acid content in sorghum-sudan grass hybrid based on BSA method // Protein and Peptide Letters. 2016. Vol. 23. Iss. 5. P. 417–423. DOI: 10.2174/0929866523666160322153559.
11. Shkodina E. P., Balun O. V., Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Ecological variety trial of annual forage crops in the Novgorod region // International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES). 2022. Vol. 12. Iss. 2. P. 337–344. DOI: 10.31407/ijees12.204.
12. Zhu Y., Wang X., Huang L., Yao L., Peng D. Transcriptomic identification of drought-related genes and SSR markers in sudan grass based on RNA-seq // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. No. 687. DOI: 10.3389/fpls.2017.00687.
13. Han P.-A., Lu X.-P., Mi F.-G., Zhang R.-X., Li M.-N., Xue C.-L., Dong J., Cong M.-L. Analysis of heterosis in sorghum-sudangrass hybrid seedlings based on proteomics // Acta Agronomica Sinica (China). 2016. Vol. 42. Iss. 5. P. 696–705. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2016.00696.
14. Han P., Lu X., Mi F., Dong J., Xue C., Li J., Han B., Zhang X. Proteomic analysis of heterosis in the leaves of sorghum-sudangrass hybrids // Acta Biochimica et Biophysica Sinica. 2015. Vol. 48. Iss. 2. P. 161–173. DOI: 10.1093/abbs/gmv126.
15. Dranenko M. A. The use of cytoplasmic male sterility to obtain heterotic seeds of sorghum and sorghum-sudan grass hybrids // Collection of scientific works of V.I. Lenin Academy of Agricultural Sciences (VASKhNIL): Heterosis in crop production. Leningrad: Kolos, 1968. P. 280–291.
16. Shepel N. A. The effectiveness of heterosis in interspecific hybridization of sorghum // Collection of scientific works of V.I. Lenin Academy of Agricultural Sciences (VASKhNIL): Heterosis in crop production. Leningrad: Kolos, 1968. P. 268–279.
17. Volodin A. B., Kapustin S. I., Kapustin A. S. Breeding scheme and heterosis level of sugar sorghum hybrids // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 1 (25). P. 64–72. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-64-72.
18. Fedin M. A. Methods of state variety testing of agricultural crops. Moscow: USSR Ministry of Agriculture, 1985. 267 p.
19. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1985. 335 p.
20. Shishova E. A. Studying the source material of sudan grass to create new sorghum-sudan grass hybrid. Abstract diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Krasnodar: Federal Research Center for Rice, 2021. P. 3–22.

UDC 633.174/175:631.527

Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A.S.

### **HETEROSIS BREEDING OF SORGHUM-SUDAN GRASS HYBRIDS**

**Summary.** *Introduction of new sorghum-sudan grass hybrids adapted to arid conditions contributes to stabilization of green and dry mass productivity over the years. This fact determines the relevance of the current research. The aim of the study was to clarify the scheme of source material selection, create new sorghum-sudan grass hybrids and their parental forms, evaluate the quantitative characteristics of such indicators as the yield of green mass, early maturity, plant habitus and level of true heterosis in new combinations, as well as possibility of profitable seed production. Two sterile lines ('Zersta 90C', 'A-63'), three Sudan grass varieties ('Sputnitsa', 'Nika', 'Sofia') and five new*



*sorghum-sudan grass hybrids obtained on their basis ('Kirim', 'Tonus', 'Boyarin', 'Gusar', 'Lider') served as the material of the study; standard – hybrid 'Gvardeyets'. Studies were carried out in 2015–2021. In the North Caucasus Federal Agricultural Research Center, by the methods of saturating crosses and topcross, sterile lines 'Zersta 90C and A-63 were created; by the methods of family-group and individual selection – fertile paternal restorative forms, namely new varieties of Sudan grass 'Sputnitsa', 'Nika', 'Sofia'. Hybrids created with the participation of Sudan grass varieties 'Sofia' and 'Sputnitsa' had the shortest interphase period of "germination-heading" – 56.7–61.3 and 55.5–59.0 days, respectively. On average, for the years from 2015 to 2021, the maximum yield of green mass after two cuttings was noted in hybrids 'Kirim' (50.3 t/ha), 'Boyarin' (49.1 t/ha), 'Gusar' (48.4 t/ha). The highest values of the level of true heterosis of this trait had new combinations 'Kirim', 'Tonus', 'Boyarin' and 'Lider' (17.5–20.3 t/ha or 61.5–72.0 %). During the period of seed ripening, the most significant plant height was typical for hybrids 'Boyarin' (273 cm), 'Gusar' (272 cm) and 'Kirim' (269 cm). The level of true heterosis of this studied trait was 77.5, 75.0 and 59.5 cm or 39.6 %, 38.1 % and 28.4 %, respectively. Moreover, the maximum thickness of the stem was also obtained in these variants (1.38–1.40 cm). The leaf length (75–77 cm) and plants leafiness (33.0–34.1 %) had the highest values in hybrids 'Gvardeets' and 'Kirim', in creation of which sterile line 'Zersta 90C' was used as the maternal form.*

**Keywords:** *sorghum (Sorghum Moench), breeding, heterosis, sterile line, variety, Sudan grass (Sorghum Sudanense L.), hybrid, yield, plant height.*

Капустин Сергей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сорго, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; доцент кафедры общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства им. профессора Ф. И. Бобрышева, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»; 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12; e-mail: sniish@mail.ru.

Володин Александр Борисович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства сорго, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sniish@mail.ru.

Капустин Андрей Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник центра развития публикационной активности и патентно-лицензионной работы управления науки и технологии, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»; 355017, Россия, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1; e-mail: akapustin@ncfu.ru.

Kapustin Sergey Ivanovich, Cand. Sc. (Agr.), associate professor, senior researcher of the Laboratory of selection and primary seed sorghum breeding FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Center"; 49, Nikonova str., Mihailovsk, 356241, Russia; associate professor of the Department of general agriculture, plant growing, breeding and seed production named after Professor F.I. Bobryshev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University"; 12, Zootehnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia; e-mail: sniish@mail.ru.

Volodin Aleksandr Borisovich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, head of the Laboratory of selection and primary seed sorghum breeding FSBSI "North Caucasus Federal Agricultural Research Center"; 49, Nikonova str., Mihailovsk, 356241, Russia; e-mail: sniish@mail.ru.

Kapustin Andrey Sergeevich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Center for the development of publishing activity and patent licensing of science and technology; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North-Caucasus Federal University"; 1, Pushkin str., Stavropol, 355017, Russia; e-mail: akapustin@ncfu.ru.

*Дата поступления в редакцию – 11.05.2022.*

*Дата принятия к печати – 27.06.2022.*