

# СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И БИОЛОГИЯ

## AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

DOI: 10.12731/wsd-2018-1-12-29

УДК 633.174:631.52

### ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ САХАРНОГО СОРГО ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

*Вертикова Е.А., Кузнецова А.Н.*

*Расширение площадей под посев сахарного сорго в Нижнем Поволжье сдерживается отсутствием сортов и гибридов, хорошо адаптированных к условиям региона. С целью изучения исходного материала для создания высокопродуктивных конкурентоспособных сортов в течение трёх лет проводили комплексную оценку 85 селекционных линий сахарного сорго. В качестве стандарта использовали районированный сорт Волжское 51.*

*В результате проведенных исследований установили, что селекционные линии сахарного сорго Л-16, Л-25 и Л-42 можно выделить как скороспелые. Линии Л-84 и Л-115 имели высоту растения в среднем на 12,5% выше, чем сорт Волжское 51. По содержанию жира в зеленой массе селекционные линии достоверно не отличались от сорта-стандарта, за исключением линии Л-8 и Л-115, которые уступили сорту Волжское 51. Линии Л-3, Л-5, Л-8, Л-84 достоверно превысили сорт-стандарт Волжское 51 по процентному содержанию сахара в соке в фазу выметывания.*

*По урожайности зеленой массы линии сахарного сорго Л-3, Л-13, Л-26, Л-60, Л-84, Л-109, Л-115, Л-1106 превысили сорт-стандарт на 16,5-36,4%. По урожайности сухого вещества только линии Л-23 и Л-109 значимо превысили сорт Волжское 51 в среднем на 26,6%. Селекционная линия Л-1898/2 имела значение признака «масса 1000 зерен» на*

13,4% выше, чем сорт-стандарт. Все изучаемые линии по урожайности зерна превысили сорт-стандарт в среднем на 50,7%, за исключением линии Л-25, которая не отличалась от стандарта.

Таким образом, по результатам научных исследований выявили перспективные линии, которые существенно превысили сорт-стандарт Волжское 51 по комплексу хозяйственно-ценных признаков и свойств. Селекционные линии сахарного сорго: Л-109, Л-1106, Л-1327, Л-1898/2 и Л-84 рекомендованы для дальнейшего испытания. Лучшие селекционные линии целесообразно включить в скрещивания для получения гибридов зернового и кормового сорго.

**Ключевые слова:** сахарное сорго; селекционные линии; продуктивность; сорт; урожайность зерна; селекционный процесс; биохимические показатели.

## THE STUDY OF BREEDING LINES OF SWEET SORGHUM FOR COMPLEX FEATURES IN THE LOWER VOLGA REGION

*Vertikova E.A., Kuznetsova A.N.*

*The expansion of the areas under sowing of sweet sorghum in the Lower Volga region is constrained by lack of varieties and hybrids well adapted to the conditions of the bathrooms in the region. With the purpose of studying initial material for creation of highly productive, competitive varieties for three years, conducted a comprehensive assessment of the 85 breeding lines of sugar-tion of sorghum. As a standard we used regionalized variety Volzhskoe 51.*

*The result of the research found that, selectional lines of sweet sorghum L-16, L-25 and L-42 you can select precocious. L-84 and L-115 had plant height by an average of 12.5% higher than the cultivar Volzhskoe 51. The fat content in herbage breeding line did not differ significantly from varieties of the standard, except for the line L-8 and L-115, which gave the variety Volzhskoe 51. Line L-3, L-5, L-8, L-84 significantly exceeded the grade standard of the Volzhskoe 51 according to the percentage sugar content in the juice in the phase of its emergence.*

*Yield of green mass of sugar sorghum lines L-3, L-13, L-26, L-60, L-84, L-109, L-115, L-1106 exceeded the grade standard 16,5-by 36,4%. Yield of dry matter only lines L-23 and L-109 significantly exceeded the cultivar Volzhskoe*

51 average of 26.6%. Selection-tion line L-1898/2 had the value of the trait «weight of 1000 grains» by 13,4% higher than sort-standard. All studied lines for grain yield exceeded the grade-a standard average of 50,7%, with the exception of line L-25, which did not differ from the standard.

Thus, the results of scientific research have identified prospective lines, which significantly exceeded the grade standard of the Volga 51 in the complex of economically valuable features and properties. Breeding lines of sweet sorghum: L-109, L-1106 L-1327, L-1898/2 and L-84 is recommended for further testing. The best breeding line to consider crossing for obtaining hybrids of grain and forage sorghum.

**Keywords:** sweet sorghum; breeding line; productivity; variety; grain yield; selection process; biochemical parameters.

Сельскохозяйственное производство Саратовской области функционирует в условиях нарастающей аридности климата. Повторяющиеся засухи резко снижают производство зеленых и сочных кормов, что сказывается на получении продукции животноводства [12]. Внедрение наиболее засухоустойчивых культур в структуру посевов позволит повысить экономическую эффективность данной отрасли. Одной из таких культур является сорго, которое характеризуется высокой засухоустойчивостью, жаростойкостью, способностью формировать высокую урожайность зерна и зелёной массы даже при недостатке влаги и повышенном температурном режиме [5].

Сорго сахарное – *Sorghumsaccharatum* (L.) Pers – уникальная сельскохозяйственная культура отличающаяся теплолюбивостью высочайшей засухоустойчивостью (недаром её называют «*Верблюдом Растительного мира*»), низкой требовательностью к структуре и плодородию почв [14].

Способность растений сахарного сорго аккумулировать большое количество растворимых сахаров (гибридные сорта, выведенные отечественными селекционерами, содержат в стеблях до 22% сахара) делает его потенциальным источником сырья для пищевой промышленности. В районах с жарким и сухим климатом решить проблему сахара за счет сахарной свеклы трудно, а иногда и невозможно. Сахарное сорго как засухоустойчивая, жаровыносливая и высокоурожайная культура в этих условиях является незаменимым сахароносом [3].

Сорго, благодаря высокой засухоустойчивости, невысокой требовательности к питательным веществам и почвам, может выращиваться с критически складывающимися климатическими условиями [18]. Конкурентные преимущества сорго перед другими с.-х. культурами: высокая

урожайность; меньше нормы высева (в 2–3 раза) и затраты на покупку семян; высокая экологическая пластичность; универсальность использования [6].

Согласно данным ФАО, крупнейшим производителем сорго в 2009 году были Соединённые Штаты Америки (9,7 млн. тонн). За ними в числе основных производителей сорго следуют Индия, Нигерия, Судан и Эфиопия. Также много сорго выращивают в следующих странах: Австралия, Бразилия, Китай, Буркина-Фасо, Аргентина, Мали, Камерун, Египет, Нигер, Танзания, Чад, Уганда, Мозамбик, Венесуэла и Гана. В России в 2014 году произвели 207 тыс. тонн сорго [4].

В системе мероприятий, направленных на увеличение эффективности производства мяса, в частности, говядины, важное место отводится укреплению кормовой базы и организации полноценного кормления животных.

Сорговые культуры, а это сорта сахарного сорго являются весьма перспективными и позволяют укрепить кормовую базу и разнообразить кормление животных путем реализации вторичных продуктов переработки сахарного сорго на сироп (витаминно-белковый кормовой концентрат), причем универсальность их использования в различных областях агропромышленного комплекса и отменное качество гарантирует предприятию стабильную, а отсутствие конкуренции (одно предприятие в России) и высокую себестоимость сахара, большую прибыль [4].

Совершенствование механизмов регулирования сельскохозяйственной продукции, модернизация мощностей перерабатывающей промышленности и продуктов ее переработки позволит рассмотреть целесообразность строительства новых заводов по переработке сорго всех видов и, в первую очередь сахарного, по производству глюкозо-фруктозных сиропов, витаминно-кормовой муки из зерен сорго (ГФС), из стеблей сахарного сорго – сироп, получивший название соргового меда, который может использоваться как самостоятельный продукт или замена меда в ряде напитков и кондитерских изделий, а также производство сахарозо-глюкозо-фруктового сиропа (СГФ), напитков и настоек с добавлением различных экстрактов лекарственных растений, сырьем для спиртового производства, заменой крахмальной патоки ввиду низкой себестоимости (в 5 раз дешевле) [9].

Широкое внедрение сахарного сорго сдерживается отсутствием необходимого набора сортов и гибридов, хорошо адаптированных к местным условиям [7]. Рекомендованные к использованию сорта сахарного сорго, в настоящее время представленные в основном сортами инорайонной селекции, отличаются познеспелостью, что усложняет организацию промышлен-

ленного семеноводства [19]. Все это вызывает необходимость создания принципиально нового исходного материала, отвечающего климатическим условиям зоны сухих степей Нижнего Поволжья.

### **Материал и методы исследований**

В качестве изучаемого материала использовали 85 селекционных линий сахарного сорго, полученных в процессе плановых скрещиваний и отбора на кафедре «Растениеводство, селекция и генетика» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ под руководством доцента канд. с.-х наук Е.В. Морозова.

Селекционные линии сахарного сорго сравнивали с лучшим районированным сортом Волжское 51.

Полевые и лабораторные эксперименты проводили по методике Б.А. Доспехова [10]. Опытные делянки учётной площадью 5,0 м<sup>2</sup>, размещали рендомизированно, в четырехкратной повторности в соответствии с методикой лаборатории сорго ВНИИР им. Н.И. Вавилова. Биологический контроль за ростом и развитие, продолжительностью фенологических фаз, количественные учеты хозяйственно-ценных признаков проводили на основании «Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moensh*» [20]. Вегетационный период оценивали, отмечая появление всходов, начало кущения, выход последнего листа, выметывание, начало и конец цветения, фазы спелости зерна. Этапы органогенеза оценивали по методике Ф.М. Кумерман [16]. Наряду с учётом урожайности зеленой массы и семян измеряли высоту главного стебля, его толщину, длину и ширину 4-го сверху листа и метелки главного побега, длину и число междоузлий стебля, рассчитывали общую и продуктивную кустистость. Определяли массу зерна с одной метелки, массу 1000 зерен.

Биохимический состав зеленой массы и зерна оценивали по общепринятым методикам [11] в лаборатории ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Определяли протеин по Кьельдалю (ГОСТ 10846-81), «сырой» жир по методу Сосклета (ГОСТ 13496.15-97), крахмал по ГОСТ 10845-98, золу методом сухого озоления, «сырую» клетчатку по ГОСТ 13496.2-91, танины по методике Сусловой Т.А. Определяли содержание моно- и дисахаров в соке стеблей сахарного сорго в лабораторных условиях по методике Бертрана, в полевых суммарный состав – портативным рефрактометром RL-2. Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью прикладных компьютерных программ «Agros», версии 2.09 статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции.

Полевые исследования проводили на опытном поле УНПЦ «Поволжье» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ в 2015–2017 годах.

Наиболее благоприятные погодные условия для возделывания сахарного сорго отмечены в 2016 году. В 2015 году растения страдали от недостатка влаги, особенно в фазу всходов, но хорошо переносили высокие температуры в дальнейшем, что указывает на высокую засухоустойчивость сахарного сорго и его преимущества по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Вегетационный период 2017 году в целом характеризовался как благоприятный. Однако, в сентябре-октябре наблюдалось избыточное количество осадков, что повлияло на сохранность урожая семян позднеспелых сортообразцов.

### Результаты исследований и их обсуждение

Комплексное изучение селекционного материала показало значительные различия между линиями по хозяйственно-ценным признакам и свойствам.

В результате изучения установлено, что у сорта Волжское 51 фаза «всходы-цветение» наступала на 79 сутки. Селекционные линии Л-3, Л-8, Л-16, Л-25, Л-26, Л-42, Л-109, Л-1106 и Л-1327 зацветали статистически достоверно раньше, чем сорт-стандарт. Для наступления цветения селекционными линиями: Л-13, Л-23, Л-60, Л-84, Л-1898/2 потребовалось значительно больше времени, чем сорту Волжское 51 (табл. 1).

Важным направлением в селекции сахарного сорго является, селекции на скороспелость, чем меньше вегетационный период, тем более скороспелые сорта или линии [17]. Фаза полной спелости у сорта-стандарта Волжское 51 наступает на 113 сутки. Селекционные линии: Л-13, Л-26 и Л-60 статически достоверно превысили сорт-стандарт и, следовательно, были самыми позднеспелыми (табл. 1).

Таблица 1.

**Характеристика лучших селекционных линий сахарного сорго по морфологическим признакам в среднем за три года, 2015–2017 гг.**

| Сорт, линия      | Сутки от всходов |             | Высота, см    |                | Кустистость |              |
|------------------|------------------|-------------|---------------|----------------|-------------|--------------|
|                  | до цветения      | до спелости | через 30 дней | при созревании | общая       | продуктивная |
| Волжское 51 (st) | 79               | 113         | 38,0          | 201,3          | 1,2         | 1,1          |
| Л-3              | 68               | 107         | 36,1          | 197,5          | 1,3         | 1,1          |
| Л-5              | 80               | 109         | 37,4          | 211,2          | 1,0         | 1,0          |
| Л-8              | 65               | 99          | 39,2          | 178,1          | 1,5         | 1,4          |

Окончание табл. 1.

|                    |        |        |       |       |         |         |
|--------------------|--------|--------|-------|-------|---------|---------|
| Л-13               | 85     | 117    | 35,5  | 188,1 | 1,2     | 1,1     |
| Л-16               | 62     | 94     | 36,0  | 190,1 | 1,7     | 1,5     |
| Л-23               | 82     | 112    | 35,7  | 168,2 | 2,1     | 1,1     |
| Л-25               | 62     | 92     | 37,3  | 162,4 | 1,0     | 1,0     |
| Л-26               | 73     | 118    | 38,0  | 185,5 | 1,3     | 1,3     |
| Л-42               | 69     | 94     | 37,9  | 197,1 | 1,6     | 1,4     |
| Л-60               | 85     | 115    | 38,2  | 188,1 | 1,8     | 1,6     |
| Л-84               | 82     | 103    | 40,5  | 224,0 | 1,8     | 1,4     |
| Л-109              | 71     | 108    | 41,4  | 218,2 | 1,4     | 1,4     |
| Л-115              | 80     | 107    | 39,9  | 231,2 | 1,2     | 1,0     |
| Л-1106             | 74     | 106    | 37,5  | 207,2 | 1,8     | 1,4     |
| Л-1327             | 64     | 105    | 40,8  | 200,2 | 1,5     | 1,1     |
| Л-1898/2           | 90     | 106    | 43,1  | 160,8 | 2,1     | 1,6     |
| F <sub>факт.</sub> | 54,61* | 93,91* | 7,60* | 4,92* | 111,60* | 106,13* |
| HCP <sub>05</sub>  | 1,30   | 1,10   | 1,60  | 19,90 | 0,20    | 0,10    |

Линии сахарного сорго Л-16, Л-25 и Л-42 можно выделить как скоропелые линии, так как их вегетационный период длится 91–95 суток, что статистически достоверно ниже, чем у сорта-стандарта.

Современные сорта и гибриды должны быть приспособлены к условиям высокотехнологичного сельскохозяйственного производства с применением машин для посева, обработки и уборки [13]. К моменту созревания сорт-стандарт Волжское 51 имел высоту 201,3 см. Селекционные линии Л-84 и Л-115 статистически достоверно превысили стандарт в среднем на 12,5% по изучаемому признаку. Линии: Л-8, Л-23, Л-25 и Л-1898/2 имели значение признака статистически достоверно ниже, чем сорт-стандарт на 2,4–11,8%. Остальные селекционные линии статистически имели высоту растения на уровне сорта-стандарта (табл. 1).

Кустиность растения оказывает непосредственное влияние на формирование урожайности зеленой массы сахарного сорго [15]. Общая кустиность сорта-стандарта Волжское 51 составляет 1,2. Линии сахарного сорго статистически достоверно превысили сорт-стандарт на 25–75% по признаку «общая кустиность». Остальные селекционные линии статистически достоверно не отличались от сорта-стандарта по изучаемому признаку.

Продуктивная кустиность сорт Волжское 51 составила 1,1. Селекционные линии: Л-8, Л-16, Л-26, Л-42, Л-60, Л-84, Л-109, Л-1106 и Л-1898/2 имели значение изучаемого признака существенно выше, чем сорт-стандарт. Остальные линии достоверно не отличались от сорта Волжское 51.

Важнейший признак сельскохозяйственной продукции – ее качество. Это сложный признак, включающий различные свойства, начиная от биохимического состава, который определяет питательную ценность того или иного продукта, его вкусовые качества, а также транспортабельность, пригодность для хранения [1].

Селекционные линии значительно различаются между собой не только по морфологическим признакам и продолжительности вегетационного периода, но и по содержанию основных питательных веществ (табл. 2). Зеленая масса сахарного сорго используется в основном для приготовления кормов и частично скармливается животным в свежем виде [2]. При оценке качества зелёной массы в первую очередь учитываются такие показатели как содержание сырого протеина, углеводов и жиров. В зеленой массе селекционных линий Л-5, Л-109 и Л 1327 содержалось сырого протеина статистически достоверно больше (11,4–11,9%), чем у сорта-стандарта Волжское 51 (9,7%).

По содержанию жира линии Л-8 и Л-115 статистически достоверно уступили стандарту. Остальные селекционные линии имели значение признака на уровне сорта Волжское 51 (табл. 2). В состав жира кроме жира входят: воск, хлорофилл, смолы, красящие вещества, органические кислоты, фосфатиды, стеринны и другие соединения, необходимые для выполнения жизненно важных функций организма.

Таблица 2.

**Биохимическая характеристика зеленой массы лучших селекционных линий сахарного сорго (фаза выметывания), 2015–2017 гг.**

| Сорт, линия      | Сухое вещество, % | Протеин, % | Жир, % | Клетчатка, % | Зола, % | Каротин, мг/кг | Сахар в соке, % |
|------------------|-------------------|------------|--------|--------------|---------|----------------|-----------------|
| Волжское 51 (st) | 20,80             | 9,70       | 1,8    | 32,10        | 6,90    | 32,80          | 4,10            |
| Л-3              | 23,70             | 9,90       | 1,60   | 29,40        | 6,90    | 29,30          | 4,00            |
| Л-5              | 19,40             | 11,40      | 1,90   | 30,70        | 7,00    | 26,80          | 5,10            |
| Л-8              | 18,80             | 10,10      | 1,30   | 27,60        | 6,10    | 37,00          | 3,90            |
| Л-13             | 24,10             | 8,30       | 1,50   | 25,70        | 5,80    | 30,90          | 4,70            |
| Л-16             | 24,50             | 9,10       | 1,60   | 27,00        | 6,30    | 34,30          | 4,00            |
| Л-23             | 20,10             | 9,00       | 1,70   | 31,90        | 6,80    | 32,40          | 4,30            |
| Л-25             | 26,70             | 6,40       | 1,70   | 29,80        | 7,20    | 33,90          | 3,90            |
| Л-26             | 21,30             | 6,60       | 1,60   | 28,70        | 6,50    | 29,80          | 4,20            |

Окончание табл. 2.

|                    |        |        |       |        |       |       |        |
|--------------------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| Л-42               | 24,10  | 7,30   | 1,80  | 27,50  | 6,90  | 32,40 | 4,30   |
| Л-60               | 22,00  | 6,80   | 1,50  | 26,40  | 5,70  | 30,10 | 3,70   |
| Л-84               | 27,20  | 7,90   | 1,60  | 27,00  | 6,50  | 31,40 | 4,80   |
| Л-109              | 27,50  | 11,90  | 1,70  | 27,30  | 7,70  | 38,30 | 4,50   |
| Л-115              | 17,90  | 8,40   | 1,30  | 26,60  | 5,80  | 35,00 | 4,00   |
| Л-1106             | 25,90  | 6,00   | 1,90  | 29,50  | 5,90  | 32,20 | 3,80   |
| Л-1327             | 26,50  | 11,60  | 1,50  | 27,30  | 7,80  | 40,20 | 4,80   |
| Л-1898/2           | 25,10  | 7,10   | 1,60  | 29,00  | 6,40  | 31,80 | 4,10   |
| F <sub>факт.</sub> | 71,04* | 29,37* | 5,75* | 11,46* | 9,71* | 7,32* | 39,36* |
| НСР <sub>05</sub>  | 1,05   | 1,14   | 0,33  | 1,35   | 0,50  | 0,41  | 0,44   |

Содержание сырой клетчатки в зеленой массе варьировало в пределах от 25,7% до 32,1%. Все изучаемые линии имели значение признака значительно ниже, чем сорт-стандарт Волжское 51. Только линия Л-23 существенно не отличалась от стандарта по изучаемому признаку. Оценка селекционных линий по содержанию каротина в зеленой массе показала, что достоверно превысили сорт-стандарт линии: Л-5, Л-16, Л-25, Л-109, Л-115 и Л-1327. Линия Л-23 имела значение признака на уровне сорт Волжское 51. Остальные линии имели данный показатель на уровне сорта-стандарта.

Одним из этих признаков является содержание сахара [2]. Процентное содержания сахара в соке сорта-стандарта Волжское 51 в фазу выметывания составляет 4,1%. Линии Л-3, Л-5, Л-8, Л-84 статистически достоверно превысили сорт-стандарт Волжское 51 по изучаемому признаку. Остальные линии сахарного сорго по признаку «содержание сахара в соке» статистически достоверно не отличались от сорта-стандарта (табл. 2).

Изучение биохимических составляющих зеленой массы селекционных линий свидетельствует о значительном полиморфизме сахарного сорго, позволяющем выделить лучшие по комплексу биохимических показателей для дальнейшей селекции сахарного сорго разных направлений использования [13].

Характеристика семенной продуктивности имеет важное значение при подборе селекционных линий для формирования рабочей коллекции исходного материала сахарного сорго. Урожайность зеленой массы сорта-стандарта Волжское 51 и составляет 27,48 т/га (табл. 3). Линии сахарного сорго Л-3, Л-13, Л-26, Л-60, Л-84, Л-109, Л-115, Л-1106 превышают сорт-стандарт по признаку изучаемому признаку на 16,5–36,4%. Линии Л-8, Л-25, Л-42, Л-1327 имели значение признака статистически достоверно ниже стандарта в среднем на 36,6%. Остальные селекционные ли-

нии статистически не отличались от стандарта по признаку «урожайность зеленой массы» (табл. 3).

Урожайность сухого вещества является одним из важных показателей в животноводстве при заготовлении кормов. В результате исследований сорт-стандарт Волжское 51 имел урожайность сухого вещества 10,9 т/га. Селекционные линии Л-23 и Л-109 статистически достоверно превысили сорт-стандарт Волжское 51 в среднем на 26,6% по изучаемому признаку. Остальные селекционные линии имели значение признака «урожайность сухого вещества» на уровне сорта-стандарта.

Масса 1000 зерен у сорта-стандарта Волжское 51 составила 23,20 г. Линия Л-1898/2 значимо превысила сорт-стандарт на 13,4% по признаку данному признаку. Линии Л-8, Л-16, Л-25, Л-26, Л-42, Л-60, Л-109, Л-1327 статистически достоверно уступили сорту-стандарту на 12,5% – 46,5%. Остальные селекционные линии имели значение признака на уровне сорта-стандарта Волжское 51 (табл. 3).

Таблица 3.

**Оценка продуктивности лучших селекционных линий сахарного сорго  
в среднем за три года, 2015–2017 гг.**

| Сорт, линия        | Урожайность<br>зеленой мас-<br>сы, т/га | Урожайность<br>сухого веще-<br>ства, т/га | Масса<br>1000 зерен,<br>г | Урожай-<br>ность зерна,<br>т/га |
|--------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Волжское 51 (st)   | 27,48                                   | 10,9                                      | 23,20                     | 2,80                            |
| Л-3                | 32,03                                   | 11,70                                     | 23,50                     | 4,38                            |
| Л-5                | 28,05                                   | 12,00                                     | 24,10                     | 3,83                            |
| Л-8                | 24,00                                   | 11,70                                     | 20,30                     | 4,32                            |
| Л-13               | 46,03                                   | 11,80                                     | 25,60                     | 3,85                            |
| Л-16               | 27,00                                   | 12,30                                     | 20,30                     | 3,28                            |
| Л-23               | 34,03                                   | 13,40                                     | 24,00                     | 3,72                            |
| Л-25               | 22,50                                   | 10,50                                     | 12,40                     | 2,83                            |
| Л-26               | 32,50                                   | 10,80                                     | 18,10                     | 3,12                            |
| Л-42               | 11,00                                   | 11,00                                     | 14,10                     | 3,70                            |
| Л-60               | 36,50                                   | 10,90                                     | 16,50                     | 3,80                            |
| Л-84               | 37,50                                   | 12,30                                     | 25,00                     | 4,12                            |
| Л-109              | 44,00                                   | 14,20                                     | 17,40                     | 4,20                            |
| Л-115              | 36,00                                   | 10,70                                     | 24,02                     | 4,12                            |
| Л-1106             | 40,00                                   | 10,90                                     | 22,08                     | 5,32                            |
| Л-1327             | 20,50                                   | 10,80                                     | 20,00                     | 4,03                            |
| Л-1898/2           | 29,00                                   | 12,60                                     | 26,30                     | 4,47                            |
| F <sub>факт.</sub> | 21,61*                                  | 18,73*                                    | 4,17*                     | 90,79*                          |
| НСР <sub>05</sub>  | 2,21                                    | 1,82                                      | 2,81                      | 0,18                            |

Урожайность зерна в зависимости от генотипических особенностей изучаемого материала варьировала от 2,60 до 5,32 т/га, Урожайность зерна сорта Волжское 51 составила 2,80 т/га. Все линии сахарного сорго, за исключением линии Л-25 превысили сорт-стандарт в среднем на 50,7%. Селекционная линия Л-25 статистически достоверно не отличалась от сорта-стандарта по данному признаку (табл. 3).

Сахарное сорго использовать на фураж не рекомендуется, но при уборке на силос или зеленый корм следует учитывать количество и качество зерна (табл. 4).

Таблица 4.

**Биохимические показатели зерна лучших селекционных линий сахарного сорго в среднем за три года, 2015–2017 гг.**

| Сорт, линия        | Сухое вещество, % | Протеин, % | Жир, % | Клетчатка, % | Зола, % | Крахмал, % |
|--------------------|-------------------|------------|--------|--------------|---------|------------|
| Волжское 51 (ст)   | 89,56             | 12,14      | 3,89   | 9,00         | 2,56    | 50,84      |
| Л-3                | 88,72             | 12,43      | 3,66   | 6,24         | 2,35    | 61,98      |
| Л-5                | 90,58             | 13,12      | 3,08   | 10,57        | 3,41    | 47,33      |
| Л-8                | 88,90             | 12,85      | 3,53   | 6,64         | 2,23    | 57,02      |
| Л-13               | 90,33             | 14,15      | 3,75   | 7,34         | 3,42    | 67,23      |
| Л-16               | 90,25             | 12,45      | 3,76   | 1,64         | 2,73    | 69,31      |
| Л-23               | 89,28             | 13,15      | 4,47   | 9,14         | 1,97    | 49,62      |
| Л-25               | 89,00             | 15,40      | 3,90   | 8,20         | 3,10    | 50,23      |
| Л-26               | 90,00             | 14,45      | 4,38   | 2,57         | 2,12    | 60,26      |
| Л-42               | 89,41             | 13,55      | 4,98   | 7,56         | 2,56    | 54,91      |
| Л-60               | 87,92             | 12,65      | 3,88   | 6,59         | 2,68    | 59,44      |
| Л-84               | 88,66             | 11,98      | 4,01   | 7,13         | 2,97    | 61,35      |
| Л-109              | 90,02             | 12,79      | 5,00   | 9,94         | 1,85    | 63,98      |
| Л-115              | 90,25             | 9,85       | 4,99   | 5,78         | 2,36    | 62,34      |
| Л-1106             | 91,00             | 14,32      | 3,48   | 10,17        | 2,88    | 54,76      |
| Л-1327             | 89,53             | 13,35      | 4,67   | 9,14         | 2,93    | 49,62      |
| Л-1898/2           | 89,45             | 15,11      | 4,48   | 5,16         | 2,00    | 67,13      |
| F <sub>факт.</sub> | 31,25*            | 8,68*      | 69,31* | 362,12*      | 71,61*  | 158,35*    |
| НСР <sub>05</sub>  | 0,67              | 0,54       | 0,23   | 0,55         | 2,21    | 0,55       |

При уборке сахарного сорго на силос в фазу восковой или полной спелости в кормовой массе содержится до 15% семян. Зерновки сортов традиционного фенотипа имеют коричневую окраску и плотно охвачены колосковыми чешуйками, препятствующими усвоению семян. Новые селекционные сорта и линии отличаются более светлой окраской семян,

которые не охвачены жесткими кожистыми пленками и содержат мало танинов в зерно, что позволяет использовать его на корм сельскохозяйственных животных и птицы, так как содержит большое количество ценных питательных веществ.

Содержание протеина у изучаемых селекционных линий варьировало от 87,92% (Л-60) до 91,0% (Л-1106), крахмала – от 47,33% (Л-5) до 67,13% (Л-1898/2). По содержанию жира различия составили 1,52% (от 3,48 у Л-1106 до 5,00% у линии Л-109). Содержание клетчатки зависело от соотношения основных компонентов зерновки, обусловленного генотипом и его плёнчатостью. Минимальным количеством клетчатки в зерне отличались селекционные линии Л-16 и Л-26, которые хорошо обмолачивались.

### **Выводы**

В результате проведенных исследований выявили перспективные линии, которые существенно превысили сорт-стандарт Волжское 51 по комплексу хозяйственно-ценных признаков и свойств. Селекционные линии сахарного сорго: Л-109, Л-1106, Л-1327, Л-1898/2 и Л-84 рекомендованы для дальнейшего испытания.

Лучшие селекционные линии рекомендовано использовать на завершающих этапах селекционного процесса, а также включить в скрещивания для получения гибридов зернового и кормового сорго.

### **Список литературы**

1. Буенков А.Ю. Влияние агротехнических приёмов на формирование урожая и расчетное накопление водорастворимых сахаров у сорго сахарного // Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжья. Материалы Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Саратов, 2010. С. 171–174.
2. Буенков А.Ю. Высокоэффективный агробиологический приём повышения сахаристости у сорго сахарного // Актуальные проблемы ботаники и экологии 21–25 сентября 2010 г. Материалы Международной конференции молодых ученых. Симферополь, 2010. С. 332–333.
3. Буенков А.Ю. Особенности возделывания сахарного сорго в засушливых условиях нижнего Поволжья / А.Ю. Буенков, О.В. Колов, Д.С. Семин // Материалы IX Международной научно-методической конференции. Мичуринск, 2010. С. 294–298.
4. Вертикова А.С. Экономическое обоснование эффективности возделывания сахарного сорго в условиях Саратовской области / А.С. Вертикова, Н.В. Провидонова, Е.А. Вертикова // Аграрный научный журнал. 2016. № 6. С. 82–86.

5. Вертикова Е.А. Селекция зернокармливых культур в условиях Поволжья // В мире научных открытий. 2016. № 9(81). С. 74–93.
6. Вертикова Е.А. Перспективы возделывания сахарного сорго на территории Саратовской области / Е.А. Вертикова, М.П. Фролов // В сборнике: Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. 2016. С. 20–23.
7. Вертикова Е.А. Селекционная ценность перспективных линий сахарного сорго в условиях Саратовской области / Е.А. Вертикова, Е.В. Морозов // Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 127-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова «Вавиловские чтения – 2014». ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». 2014. С. 102–103.
8. Вертикова Е.А. Селекционные исследования линий сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья / Е.А. Вертикова, Е.В. Морозов, С.С. Хлобыстов, Е.С. Литвинова / Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 128-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова «Вавиловские чтения – 2015». ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2015. С. 103–106.
9. Вертикова Е.А. Перспективы внедрения новых сортов сахарного сорго в условиях импортозамещения / Е.А. Вертикова, Е.В. Морозов, Е.С. Литвинова / Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию создания кафедры «Землеустройство и кадастры» и 70-летию со дня рождения основателя кафедры, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Туктарова Б.И. 2015. С. 427–430.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др. Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. С. 128–132.
12. Жужукин В.И. Новые сорта зернокармливых культур / В.И. Жужукин, М.Ф. Шор, Ю.В. Лобачев, Е.В. Морозов // Кормопроизводство. 2008. № 4. С. 22–24.
13. Колов О.В. Разработка агробиологических приёмов повышения накопления сахаров у сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья / О.В. Колов, А.Г. Ишин, Г.И. Костина, В.С. Горбунов, А.Ю. Буенков, И.Г. Ефремова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. Т.2. Москва, 2009. С. 435–438.

14. Корзун О.С. Возделывание просовидных культур в республике Беларусь / О.С. Корзун, Т.А. Анохина, Р.М. Кадыров, С.В. Кравцов // Монография. Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет». 2011. С. 188.
15. Кузнецова А.Н. Оценка селекционных линий сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья / А.Н. Кузнецова, Е.А. Вертикова / Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 130-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова «Вавиловские чтения -2017». ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2017. С. 71–72.
16. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. М.: Высшая школа, 1984. 240 с.
17. Лобачев Ю.В. Результаты селекции кормовых культур в условиях Поволжья / Ю.В. Лобачёв, Е.А. Морозов, Е.А. Вертикова // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 5–2. С. 68–69.
18. Лобачев Ю.В. Результаты селекции сортов зернокармального направления // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 11-1. С. 10 а.
19. Лобачёв Ю.В. Результаты современного этапа селекционной работы в Саратовском ГАУ / Ю.В. Лобачёв, Е.А. Вертикова, Л.Г. Курасова, Е.В. Морозов, О.В. Ткаченко // Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова «Вавиловские чтения – 2016». ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. 2016. С. 123–124.
20. Якушевский Е.С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench / Е.С. Якушевский, Г. Вардинов, В.А. Корнейчук, Л. Баняи; Всесоюз. науч.-исслед. инст. раст-ва им. Н.И. Вавилова (ВИР). Ленинград. 1982. 35 с.
21. Jeffery S., Verheijen F.G.A., M. van der Velde, Bastos A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis // *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 144, Issue 1, November 2011, pp. 175–187. DOI: 10.1016/j.agee.2011.08.015.
22. Wilfried H. Eppendorfer, SoRen W. Bille and Sumitra Patipanawattana Protein quality and amino acid-protein relationships of maize, sorghum and rice grain as influenced by nitrogen, phosphorus, potassium and soil moisture stress // *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 36, Issue 6, June 1985, pp. 453-462. DOI: 10.1002/jsfa.2740360606.
23. Bonface G. Mukabane, George Thiongo, Benard Gathitu, Hunja Murage, Nelson O. Ojjo, Willis O. Owino Evaluating the Potential of Juice from Some Sweet

Sorghum Varieties Grown In Kenya to Crystallize // Food Science and Quality Management, Volume 30, 2014, pp. 31–39.

### References

1. Buenkov A.Ju. Vlijanie agrotehnicheskikh prijemov na formirovanie urozhaja i raschetnoe nakoplenie vodorastvorimyh saharov u sorgo saharogo [Influence of agrotechnical methods on the formation of yield and the calculated accumulation of soluble sugars from sweet sorghum]. *Molodye uchenye – agropromyshlennomu kompleksu Povolzh'ya. Materialy Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov* [Young scientists – agro-industrial complex of the Volga region. Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists], Saratov, 2010, pp. 171–174.
2. Buenkov A.Ju. Vysokojeffektivnyj agrobiologicheskij prijom povysheniya saharistosti u sorgo saharogo [Agrobiological highly effective method of increase of sugar content from sweet sorghum]. *Aktual'nye problemy botaniki i ekologii 21–25 sentyabrya 2010 g. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh* [Actual problems of botany and ecology September 21–25, 2010 Proceedings of the International Conference of Young Scientists], Simfiropol', 2010, pp. 332–333.
3. Buenkov A.Ju., Kolov O.V., Semin D.S. Osobennosti vozdeleyvaniya saharogo sorgo v zasushlivykh usloviyakh nizhnego Povolzh'ja [Features of cultivation of sweet sorghum in the arid conditions of the lower Volga region] *Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Materials of the IX International Scientific and Methodical Conference], Michurinsk, 2010, pp. 294–298.
4. Vertikova A.S., Providonova N.V., Vertikova E.A. Jekonomicheskoe obosnovanie jeffektivnosti voz-deleyvaniya saharogo sorgo v usloviyakh Saratovskoj oblasti. [Economic justification of efficiency of cultivation of sugar sorghum in the conditions of Saratov region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2016. № 6, pp. 82–86.
5. Vertikova E.A. Selekcija zernokormovykh kul'tur v usloviyakh Povolzh'ja [Breeding grain forage crops in the conditions of the Volga region]. *V mire nauchnykh otkrytij*. 2016. № 9(81), pp. 74–93.
6. Vertikova E.A., Frolov M.P. Perspektivy vozdeleyvaniya saharogo sorgo na territorii Saratovskoj oblasti [Prospects of cultivation of sugar sorghum in the Saratov region]. *Innovatsionnye tekhnologii sozdaniya i vozdeleyvaniya sel'skokhozyay-stvennykh rasteniy Sbornik materialov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative technologies for the creation and cultivation of agricultural plants Collected materials of the III International Scientific and Practical Conference], Saratov, 2016, pp. 20–23.

7. Vertikova E.A., Morozov E.V. Selekcionnaja cennost' perspektivnyh linij sahnarnogo sorgo v usloviyah Saratovskoj oblasti [Breeding value of promising lines of sweet sorghum in the conditions of Saratov region]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 127-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova «Vavilovskie chteniya – 2014»* [Collection of articles of the international scientific-practical conference dedicated to the 127th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov “Vavilov Readings – 2014”], Saratov, 2014, pp. 102–103.
8. Vertikova E.A., Morozov E.V., Hlobystov S.S., Litvinova E.S. Selekcionnye issledovanija linij sahnarnogo sor-go v usloviyah Nizhnego Povolzh'ja [Research breeding lines of sweet sorghum in the Lower Volga region]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 128-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova «Vavilovskie chteniya – 2015»* [Collection of articles of the international scientific-practical conference dedicated to the 128th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov “Vavilov Readings – 2015”], Saratov, 2015, pp. 103–106.
9. Vertikova E.A., Morozov E.V., Litvinova E.S. Perspektivy vnedrenija novyh sortov sahnarnogo sorgo v usloviyah importozameshhenija [Prospects of introduction of new varieties of sweet sorghum in terms of import]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konfe-rentsii, posvyashchennoy 15-letiyu sozdaniya kafedry “Zemleustroystvo i ka-dastry” i 70-letiyu so dnya rozhdeniya osnovatelya kafedry, doktora sel'sko-khozyaystvennykh nauk, professora Tuktarova B.I.* [Collection of articles of the international scientific and practical conference devoted to the 15th anniversary of the foundation “Land management and Cadastres” and the 70th anniversary of the founder of the department, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Tuktarov B.I.]. 2015, pp. 427–430.
10. Dospheov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij)* [Methodology of field experiment (with bases of statistical processing of research results)]. Agropromizdat, 1985. 351 p.
11. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Jarosh N.P. et al. *Metody biohimicheskogo issledovanija rastenij* [Methods for biochemical study of plants]. Leningrad, 1987, pp. 128–132.
12. Zhuzhukin V.I., Shor M.F., Lobachev Ju.V., Morozov E.V. Novye sorta zernokormovyh kul'tur [New varieties of crops zernotorgovaj]. *Kormoproizvodstvo*, №4, 2008, pp. 22–24.
13. Kolov O.V., Ishin A.G., Kostina G.I., Gorbunov V.S., Buenkov A.Ju., Efremova I.G. Razrabotka agrobiologicheskikh prijomov povyshenija nakoplenija saharov u sahnarnogo sorgo v usloviyah Nizhnego Povolzh'ja [The development of agrobiological methods of increasing accumulation of sugars from sweet sorghum

- in the Lower Volga region]. *Novye i netradicionnye rastenija i perspektivy ih ispol'zovanija* [New and non-traditional plants and prospects for their use]. V. 2. M., 2009, pp. 435–438.
14. Korzun O.S., Anohina T.A., Kadyrov R.M., Kravcov S.V. *Vozdelyvanie proso-vidnyh kul'tur v respublike Belarus'* [The cultivation of millet crops in the Republic of Belarus]. Grodno, 2011. P. 188.
  15. Kuznecova A.N., Vertikova E.A. Ocenka selekcionnyh linij sahnarnogo sorgo v uslovijah Nizhnego Povolzh'ja [Evaluation of breeding lines of sweet sorghum in the Lower Volga region]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 130-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova «Vavilovskie chteniya – 2017»* [Collection of articles of the international scientific and practical conference dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov “Vavilov Readings – 2017”]. Saratov, 2017, pp. 71–72.
  16. Kuperman F.M. *Morfofiziologija rastenij. Morfofiziologicheskiy analiz jetapov organogeneza razlichnyh zhiznennyh form pokrytosemnykh rastenij* [Morphophysiology plants. Morphophysiological analysis of the stages of organogenesis of various life forms of angiosperms]. Moscow, 1984, 240 p.
  17. Lobachev Ju.V., Morozov E.A., Vertikova E.A. Rezul'taty selekcii kormovykh kul'tur v uslovijah Povolzh'ja [Results of cultivation of forage crops in conditions of the Volga region]. *Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obra-zovanija*, 2014, № 5–2, pp. 68–69.
  18. Lobachev Ju.V. Rezul'taty selekcii sortov zernokormovogo napravlenija [The results of breeding varieties zernotorgovaj directions]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, 2013, № 11-1. P. 10 a.
  19. Lobachjov Ju.V., Vertikova E.A., Kurasova L.G., Morozov E.V., Tkachenko O.V. Rezul'taty sovremennogo jetapa selekcionnoj raboty v Saratovskom GAU [The results of the current stage of selection work in the Saratov State University of Agriculture]. *Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 129-y godovshchine so dnya rozhdeniya akademika N.I. Vavilova «Vavilovskie chteniya – 2016»* [Collected articles of the international scientific and practical conference dedicated to the 129th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov. Vavilov “Vavilov Readings – 2016”], Saratov, 2016, pp. 123–124.
  20. Yakushevskiy E.S., Varadinov G., Korneychuk V.A., Banyai L. *Shirokiy unifikirovannyj klassifikator SEV vzdelyvaemykh vidov roda Sorghum Moench* [A wide unified classification of the CMEA of cultivated species of the genus Sorghum Moench]. Leningrad. 1982. 35 p.
  21. Jeffery S., Verheijen F.G.A., M. van der Velde, Bastos A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using

- meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 144, Issue 1, November 2011, pp. 175–187. DOI: 10.1016/j.agee.2011.08.015.
22. Wilfried H. Eppendorfer, SoRen W. Bille and Sumitra Patipanawattana Protein quality and amino acid-protein relationships of maize, sorghum and rice grain as influenced by nitrogen, phosphorus, potassium and soil moisture stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 36, Issue 6, June 1985, pp. 453–462. DOI: 10.1002/jsfa.2740360606
23. Bonface G. Mukabane, George Thiongo, Benard Gathitu, Hunja Murage, Nelson O. Ojijo, Willis O. Owino. Evaluating the Potential of Juice from Some Sweet Sorghum Varieties Grown In Kenya to Crystallize. *Food Science and Quality Management*, Volume 30, 2014, pp. 31–39.

#### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Вертикова Елена Александровна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Растениеводство, селекция и генетика»  
*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*  
*Театральная площадь, 1А, г. Саратов, 413100, Российская Федерация*  
*vertikowa.elena@yandex.ru*

**Кузнецова Анастасия Николаевна**, аспирант, доцент кафедры «Растениеводство, селекция и генетика»  
*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*  
*Театральная площадь, 1А, г. Саратов, 413100, Российская Федерация*

#### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Vertikova Elena Aleksandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant professor of the chair “Plant growing, breeding and genetics”  
*Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov*  
*1A, Theater Square, Saratov, 413100, Russian Federation*  
*vertikowa.elena@yandex.ru*

**Kuznetsova Anastasia Nikolaevna**, Postgraduate Student, Associate Professor of the Department “Plant growing, breeding and genetics”  
*Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov*  
*1A, Theater Square, Saratov, 413100, Russian Federation*