

Любовь Федоровна Сыркина

Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Самарская обл., г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, e-mail: L.syrkina.05@mail.ru

Юлия Юрьевна Никонорова

Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, младший научный сотрудник аналитической лаборатории зерна, кормов и почвы, Россия, Самарская обл., г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

**СОРГО ЗЕРНОВОЕ КАК ВОЗМОЖНЫЙ ИСТОЧНИК СЫРЬЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ
НА КРАХМАЛ И СПИРТ**

Сорго обширно используется в пищевой промышленности как сырье для производства крахмалопаточной продукции и спирта. Главное назначение сорговой культуры в России – корм для сельскохозяйственных животных. Использование зерна сорго в качестве сырья для производства крахмала, спирта и биоэтанола на сегодняшний день изучено мало. Основное преимущество зернового сорго – это высокое содержание крахмала (70–80 %) и белка (12–14 %) микро- и макроэлементов, аминокислот, витаминов, что делает его ценным сырьем для пищевой промышленности. Цель исследований – выявить новые высокоурожайные сорта сорго, пригодные для производства крахмала и спирта. В статье представлена характеристика новых сортов зернового сорго по содержанию крахмала в пределах 70,10–78,60 % у изученных сортов Премьера, Славянка, Рось, Кинельское 63, а также у перспективных сортов, находящихся в конкурсном сортоиспытании (сорт Державное) и в контрольном питомнике (Л-28/14, Л-246/17, Л-267/17). Также проведен сравнительный анализ зерновых и зернобобовых культур по химическому составу и проанализирован биохимический состав зерна сортов сорго зернового за 2017–2019 гг., а с помощью теоретического расчета получен выход спирта из изучаемых сортов. Наибольший выход спирта (49,5 дал с 1 тонны сырья) у перспективного сорта Л-28/14, так как у него очень высокое содержание крахмала (77,43 %) и высокая урожайность (4,11 т/га).

Ключевые слова: сорго, зерно, сорт, урожайность, крахмал, спирт.

Lyubov F. Syrkina

Volga Region Research and Development Institute of Selection and Seed Farming named after P.N. Konstantinov – Branch RAS Samara Federal Research Center, leading staff scientist of the laboratory of selection and seed farming of cereals and sorgo crops, candidate of agricultural sciences, Russia, Samara Region, Kinel, S. Ust-Kinelsky, e-mail: L.syrkina.05@mail.ru

Yulia Yu. Nikonorova

Volga Region Research and Development Institute of Selection and Seed Farming named after P.N. Konstantinov – Branch RAS Samara Federal Research Center, junior staff scientist of analytical laboratory of grain, forages and soil, Russia, Samara Region, Kinel, S. Ust-Kinelsky, e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

GRAIN SORGHUM AS A POSSIBLE SOURCE OF RAW MATERIAL FOR ITS PROCESSING INTO STARCH AND ALCOHOL

Sorghum is extensively used in the food industry, as raw material for the production of starch production and alcohol. The main purpose of sorghum culture in Russia is forage for farm animals. Sorghum grain use as raw materials for the production of starch, alcohol and bioethanol, is not enough studied today. The main advantage of grain sorghum is a high content of starch (70–80 %) and protein (12–14 %) micro- and macroelements, amino acids, vitamins making it valuable raw material for the food industry. The aim of the research was to identify new high-yielding varieties of sorghum suitable for the production of starch and alcohol. The characteristic of new varieties of sorghum grain was presented in the study according to the content of starch within 70.10–78.60 % of the studied varieties Premiere, Slavyanka, ROS, Kinel 63, as well as promising varieties in competition testing – the variety Sovereign, and in controlling the nursery – L-28/14, L-246/17, L 267/17. A comparative analysis of grain and leguminous crops by chemical composition was also carried out and biochemical composition of grain of sorghum varieties for 2017–2019 was analyzed, and the yield of alcohol from the studied varieties was obtained using theoretical calculation. The highest yield of alcohol 49.5 gave 1 ton of raw materials in the promising variety L-28/14, since this variety has very high starch content – 77.43 % and a high yield of 4.11 t/hectare.

Keywords: sorghum, grain, variety, yield, starch, alcohol.

Введение. Растениеводство на сегодняшний день переходит на новый качественный и экономический уровень продуктивности, рентабельности и экологической безопасности, это в первую очередь связано с использованием современных ресурсосберегающих технологий.

Для восстановления и подъема экономики Россия увеличивает объем производства биопродуктов. В развитии этой отрасли должны использоваться прогрессивные технологии переработки и воспроизводства крахмалосодержащего сырья на крахмал и спирт [1].

В условиях развития сельского хозяйства огромные перспективы в этом направлении открываются перед использованием такой культуры, как сорго.

Сорго (Sorghum) – эта засухоустойчивая культура, в условиях дефицита влаги на сегодняшний день может обеспечивать высокие урожаи зерна (до 7–8 т/га и выше). К тому же изучение химического состава зерна сорго показывает, что его с успехом можно использовать для производства спирта. Содержание углеводов (крахмал) составляет 70–80 % [2].

Сорговый крахмал содержит меньше жира, привкус менее выраженный по сравнению с другими крахмалосодержащими культурами [1].

Также крахмал из сорго является хорошим альтернативным сырьем для производства спирта, особенно в Средневолжском регионе страны.

В Среднем Поволжье для производства спирта в основном используется как зерно пшеницы, так и другие виды сырья. Но пшеница – основная хлебная культура в Российской Федерации, и уменьшение доли ее использования для производства спирта является актуальной задачей [1].

Спирт является основой производства алкогольной продукции. Широко используется спирт в медицине, парфюмерной, лакокрасочной промышленности и других отраслях [3].

В технологии производства безотходных продуктов очень важно определить каждые компоненты крахмалосодержащего сырья, их связи и формы с крахмалом и как они в последующем будут разрушаться для наибольшего выхода крахмала, а далее и для получения из него спирта [1].

Из анализа химического состава основных видов зерновых и зернобобовых культур (табл. 1) видно, что кукуруза и сорго обладают довольно высоким содержанием крахмала в зерне, только лишь рис превосходит эти культуры [4–6].

**Основные виды зерновых и зернобобовых культур
и их химический состав, % к СВ**

Показатель	Кукуруза	Сорго	Ячмень	Рожь	Пшеница	Рис	Горох
Крахмал	67-76	58-76	56-68	57-66	58-76	64-77	50
Протеины	9-13	10-14	11-13	7-13	10-25	9	25-32
Клетчатка	2-3	1-3	2-6	2-3	2-3	10	5-7
Пентозаны	4-5	2	9-12	9-11	5-8	1	-
Сахара	3-5	3-5	3-5	3-6	3-4	4	-
Жиры	4-7	3-6	1-2	1-2	1-2	2	1 - 3

Таким образом, зерно сорго является одним из лучших видов сырья при производстве этилового спирта [3], поэтому изучение использования его в качестве источника сырья для переработки на крахмал и спирт весьма актуально.

Цель исследования. Выявление новых высокоурожайных сортов сорго зернового, пригодных для производства крахмала и спирта.

Методы, условия и материалы. Исследования проводили в 2017–2019 гг. на базе Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН в соответствии с методикой государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [9].

Почва опытного участка: чернозем типичный малогумусный (в среднем 5–6 %), легкоглинистый, среднемощный. В почве среднее содержание фосфора – 61,4–77,0 мг/кг, количество обменного калия очень высокое – от 374,0 до 423,0 мг/кг, низкое и среднее содержание легкогидролизуемого азота – 28,5–49,4 мг/кг. Почва слабокислая, водородный показатель – 5,4. За вегетационный период (июнь – август) сумма активных температур варьировала от 1814 °С (2019 г.) до 1919 °С (2018 г.). По показателю величины гидротермического коэффициента 2018 и 2019 гг. следует считать как острозасушливые [10–13]. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Климатические характеристики вегетационного периода (июнь – август 2017–2019 гг.)

Год	∑ активных температур, °С	∑ осадков, мм	ГТК
2017	1798,0	153,5	1,01
2018	1919,0	104,5	0,51
2019	1814,0	72,0	0,40

Объектом исследований служили сорта сорго зернового селекции Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН: перспективные и внесенные в Государственный реестр РФ. Предмет исследований: изучение химического состава зерна сорго (крахмала, протеина и сырого жира), а также теоретическое обоснование выхода спирта.

Содержание крахмала определяли поляриметрическим методом растворения крахмала по нормативному документу ГОСТ 10845-98 [8].

Содержание белка определяли методом минерализации органического вещества серной кислотой по ГОСТ 10846-91 [14].

Содержание жира определяли по ГОСТ 29033-91 методом извлечения сырого жира из продукта растворителями [15].

Обработка данных осуществлялась на компьютере по методике Б.А. Доспехова с использованием программы MS Excel [16].

Результаты и их обсуждение. Сорта сорго зернового пригодны для производства крахмала и спирта – это содержание в зерне наибольшего количества крахмала, а также низкое содержание жира и белка (не более 12,5 %).

Исследуемые образцы содержали крахмал в пределах 70,10–78,60 %. У перспективных сортов сорго зернового Л-28/14, Л-246/17, Л-267-17 содержание крахмала очень высокое (более 75 %) согласно широкому унифицированному классификатору и международному классификатору СЭВ и составило – 78,60 %; 76,53; 77,43 %, а у сортов Славянка, Премьера, Рось, Державное – высокое

(71–75 %); у сорта Кинельское 63 – среднее (66–70 %). Низкое (60–65 %) и очень низкое содержание крахмала (менее 60 %) среди изученных образцов не выявлено [17].

Внесенные в государственный реестр по РФ сорта сорго зернового селекции Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН характеризуются высоким содержанием крахмала в зерне: Премьера, Славянка, Рось и Державное (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика зерна сортов сорго зернового, 2017–2019 гг.

Сорт	Цвет зерновки	Содержание, %			Период вегетационных дней
		крахмала	сырого протеина	сырого жира	
Премьера	Бурый	72,39	9,27	3,03	94
Славянка	Коричневый	71,65	11,80	3,17	86
Рось	Белый	72,55	11,84	3,77	95
Кинельское 63	Оранжевый	70,10	9,28	3,18	96
Державное	Красный	73,34	12,37	3,04	88
Л-28/14	Белый	78,60	10,10	2,78	87
Л-246/17	Розовый	76,53	10,46	3,13	90
Л-267-17	Белый	77,43	11,90	3,64	90

У перспективного сорта Л-28/14 наименьшее содержание сырого жира – 2,78 %, а у сортов Премьера – 3,03 % и Державное – 3,04 %.

Зерно сорго зернового, предназначенное на пищевые цели, изучают на химический состав, определяют пигментную окраску оболочек семян. В пищевой промышленности предпочитают использовать светлоокрашенные сорта, так как пигмент не окрашивает продукцию.

Белозерные линии 28/14 и 267/17 и сорт Рось содержат (%): крахмал – 72,55–78,60; сырой жир – не превышает 3,77; сырой протеин – 10,10–11,90. Кроме того, урожайность у них 0,39–1,28 т/га, и

они существенно превосходят стандарт Премьера, относятся к раннеспелой группе, что позволяет проводить уборку в полной спелости зерна без досушки (табл. 4).

Спирт из семян сорго может быть использован во всех сферах применения этилового спирта. Если брать его техническое применение, то это такие сферы, как лакокрасочная промышленность, медицина, производство биотоплива, бытовой химии и др. Произведен теоретический расчет выхода спирта из зернового сорго изучаемых сортов.

Таблица 4

Расчетные показатели выхода спирта из зернового сорго

Сырье	Урожайность, т/га	Количество сбраживаемых углеводов, т/га	Выход спирта, дал/га	Выход спирта, дал на 1 т сырья
Премьера	2,83	2,05	129	45,6
Славянка	2,91	2,08	131	45,0
Рось	3,22	2,34	147	45,6
Кинельское 63	3,41	2,39	151	44,3
Державное	3,74	2,74	173	46,3
Л -28/14	3,72	2,92	184	49,5
Л-246/17	4,24	3,24	204	48,1
Л - 267-17	4,11	3,18	200	48,7
НСР ₀₅	0,35	–	–	–

Теоретически из 100 кг крахмала должно получиться 71,6 л спирта, практический выход составляет не более 63 л, так как 0,5–1,0 % крахмала остается нерастворенным, 2–4 не сбраживается и 6 % превращается в побочные продукты [18].

Максимальный теоретический выход спирта с единицы площади обеспечивают новые высокоурожайные сорта Л-28/14, Л-246/17, Л-267/17, соответственно 184, 204, 200 дал/га. Эти же сорта обеспечивают наибольший выход спирта на 1 т сырья (48,1–49,5 дал).

Выводы. Новые белозерные сорта сорго зернового с высоким содержанием крахмала и урожайностью показывают целесообразность селекционной работы по созданию новых сортов для пищевого назначения. Сорта сорго зернового с белозерной окраской, возделываемые в селекции Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН, по биохимическому составу соответствуют требованиям, предъявляемым к сырью для производства крахмала, особенно перспективные линии 28/14 и 267/17. Согласно теоретическому расчету, максимальный выход спирта из 1 тонны сырья составил 49,5 дал.

Литература

1. Ягофаров Д.Ш., Канарский А.В., Сидоров Ю.Д. [и др.]. Применение крахмалосодержащего сырья в биотехнической промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 12. С. 208–211.
2. Балакай С.Г. Сорго – культура больших возможностей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. 2012. № 1. С. 8.
3. Муслимов М.М., Муслинов М.Г. Спирт из семян сорго // Современные проблемы АПК и перспективы его развития: сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Махачкала, 2017. С. 45–50
4. Андреев Н.Р., Карпов В.Г. Структура, химический состав и технологические признаки основных видов крахмалосодержащего сырья // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 1999. № 7. С.30–33
5. Трегубов Н.Н., Жарова Е.Я., Жушман А.И. [и др.]. Технология крахмала и крахмалопродуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 472 с.
6. Козьмина Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Колос, 1976. 520 с.
7. Алабушев А.В., Ковтунов В.В., Лушпина О.А. Сорго зерновое – перспективное сырье для производства крахмала // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 64–66.
8. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Министерство сельского хозяйства СССР, 1985. 263 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 308 с.
10. Сыркина Л.Ф., Антимонов А.К., Антимонова О.Н. [и др.]. Современные сорта и технология возделывания зернового сорго в Самарской и Оренбургской областях: практ. рекомендации. Кимель: Изд-во СНЦ, 2019. 41 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М.: Мин-во сельского хозяйства СССР, 1985. 263 с.
12. Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур (просо, гречиха, рис) / Всесоюз. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова. Л., 1968. 51 с.
13. Венцкевич Г.З. Сельскохозяйственная метеорология. М.; Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1952. 406 с.
14. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. М., 1998.
15. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М., 1991.
16. ГОСТ 29033-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира. М., 1991.
17. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum moench* / Науч.-техн. совет членов СЭВ по коллекциям диких и культурных видов растений и др. Л.: ВИР, 1982. 34 с.
18. Сборник нормативов для спиртовых и ликеро-водочных заводов. СН 10-12446-99 (утв. Минсельхозом РФ 24.11.99). М., 1999.

Literatura

1. *Jagofarov D.Sh., Kanarskij A.V., Sidorov Ju.D.* [i dr.]. Primenenie krahmalosoderzhashhego syr'ja v biotekhnicheskoy promyshlennosti // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2012. T. 15. № 12. S. 208–211.
2. *Balakaj S.G.* Sorgo – kul'tura bol'shikh vozmozhnostej // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii: jelektron. periodich. izd. 2012. № 1. S. 8.
3. *Muslimov M.M., Muslinov M.G.* Spirt iz semjan sorgo // Sovremen-nye problemy APK i perspektivy ego razvitija: sb. nauch. tr. Vseros. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. Mahachkala, 2017. S. 45–50
4. *Andreev N.R., Karpov V.G.* Struktura, himicheskij sostav i tehnologicheskie priznaki osnovnyh vidov krahmalosoderzhashhego syr'ja // Hranenie i pererabotka sel'skohozhajstvennogo syr'ja. 1999. № 7. S.30–33
5. *Tregubov N.N., Zharova E.Ja., Zhushman A.I.* [i dr.]. Tehnologija krahmala i krahmaloproduktov. M.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1981. 472 s.
6. *Koz'mina N.P.* Biohimija zerna i produktov ego pererabotki. M.: Kolos, 1976. 520 s.
7. *Alabushev A.V., Kovtunov V.V., Lushpina O.A.* Sorgo zernovoe – perspektivnoe syr'e dlja proizvodstva krahmala // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2016. T. 30. № 7. S. 64–66.
8. *Fedin M.A.* Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'sko-hozhajstvennyh kul'tur. M.: Ministerstvo sel'skogo hozhajstva SSSR, 1985. 263 s.
9. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985. 308 s.
10. *Syrkina L.F., Antimonov A.K., Antimonova O.N.* [i dr.]. Sovremennye sorta i tehnologija vozdelevaniya zernovogo sorgo v Samarskoj i Orenburskoj oblastjakh: prakt. rekomendacii // Izd-vo SNC. Kinel', 2019. 41 s.
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozhajstvennyh kul'tur. Zernovye, krupjanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury. M.: Min-vo sel'skogo hozhajstva SSSR, 1985. 263 s.
12. Metodicheskie ukazaniya po izucheniju kollekcionnyh obrazcov kukuruzy, sorgo i krupjanyh kul'tur (proso, grechiha, ris) / Vsesojuz. in-t rastenievodstva im. N.I. Vavilova. L., 1968. 51 s.
13. *Venckevich G.Z.* Sel'skohozhajstvennaja meteorologija. M.; L.: Gidrometeorologicheskoe izd-vo, 1952. 406 s.
14. GOST 10845-98. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredelenija krahmala. M., 1998.
15. GOST 10846-91. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredelenija belka. M., 1991.
16. GOST 29033-91. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredelenija zhira. M., 1991.
17. *Shirokij unificirovannyj klassifikator SJeV i mezhdunarodnyj klassifikator SJeV vozdelevajemyh vidov roda Sorghum moensh / Nauch.-tehn. sovet chlenov SJeV po kollekcijam dikih i kul'turnyh vidov rastenij i dr. L.: VIR, 1982. 34 s.*
18. Sbornik normativov dlja spirtovyh i likerovodochnyh zavodov. SN 10-12446-99 (utv. Minsel'hozom RF 24.11.99). M., 1999.