

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.62:631.527:664.1

DOI: 10.31367/2079-8725-2026-102-1-67-73

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОРГО САХАРНОГО В БИОЭНЕРГЕТИКЕ

Н. А. Ковтунова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

В. В. Ковтунов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

С.В. Брагинец^{1,2}, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, профессор кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», vniizk30@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7137-5692;

А. Е. Романюкин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;

Е.А. Шишова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, shischovae@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622.

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3, email: vniizk30@mail.ru,

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет,

344003, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, зд. 1.

Программы селекции сорго сахарного, ориентированные на производство биоэнергии, преследуют две цели: повысить количество сахаров в сочных стеблях растений и увеличить урожайность биомассы. Цель исследований: изучить влияние происхождения, метеоусловий и основных хозяйственно-ценных признаков на показатель «содержание сахаров в соке стеблей», выявить сорта, перспективные для использования в качестве источника биоэтанола. Селекционная работа с культурой сорго проводилась в 2015-2024 гг. в Ростовской области в АНЦ «Донской». В качестве объектов исследований использованы 200 образцов коллекции сорго сахарного различного эколого-географического происхождения и 20 сортов конкурсного испытания. Опыты выполнены в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Согласно корреляционно-регрессионного анализа содержание сахаров в соке стеблей имеет сильную отрицательную связь с количеством осадков за вегетационный период ($r=-0,9667\pm 0,09$) и среднюю положительную с суммой активных температур за этот же период ($r=0,5256\pm 0,3$). При увеличении значения ГТК увеличивается доля образцов с очень низким показателем, снижается доля образцов с высоким значением и, в конечном итоге, сводится к нулю – с очень высоким значением. Наибольшие средние групповые значения отмечены у образцов из Болгарии, Австралии, Аргентины, Мазамбик, Венгрии, Германии, Югославии (данные ВИР) – 18-20%. Выделены сорта с высоким содержанием сахаров в соке стеблей (более 15,0%) при урожайности зеленой массы на уровне или выше стандарта (34-35 т/га): РС-124/19, ДК-3868, СК-44/1634, КЛ-388, рекомендуемые для получения сахаристых веществ, а так же для использования в биоэнергетике.

Ключевые слова: сорго, сахар в соке стеблей, этанол, зеленая масса, корреляция.

Для цитирования: Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Брагинец С.В., Романюкин А.Е., Шишова Е.А. Перспективы использования сорго сахарного в биоэнергетике // Зерновое хозяйство России. 2026. Т. 18, №1. С.67-73. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-102-1-67-73



PROSPECTS FOR THE USE OF SWEET SORGHUM IN BIOENERGY

N.A. Kovtunova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

V.V. Kovtunov^{1,2}, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

S.V. Braginets^{1,2}, Doctor of Technical Sciences, leading researcher of the department of processing of plant products, professor of the department of technologies and equipment for processing of AIC products, vniizk30@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7137-5692;

A.E. Romanyukin¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;

E.A. Shishova¹, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, shischovae@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622.

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; email: vniizk30@mail.ru;

²FSBEI HE "Donskoy State Technical University",

344003, Rostov region, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 1.

Sweet sorghum breeding programs aimed at bioenergy production pursue the goals to increase the sugar content of plant stems and improve biomass productivity. The purpose of the current work was to study the influence of origin, weather conditions, and key agronomic traits on 'sugar percentage in stem juice' and to identify promising varieties for use as a source of bioethanol. Sorghum breeding work was conducted in the ARC "Donskoy" in the Rostov region from 2015 to 2024. There have been used 200 sweet sorghum samples of various ecological and geographical origins and 20 competitively tested varieties. The trials were conducted in accordance with the Methodology for the State Variety Testing of Agricultural Crops. According to correlation and regression analysis, the sugar percentage in stem juice has a strong negative correlation with the amount of precipitation during the vegetation period ($r = -0.9667 \pm 0.09$) and a moderate positive correlation with the sum of active temperatures over the same period ($r = 0.5256 \pm 0.3$). When the HTC value increases, the proportion of samples with very low values increases, the proportion of samples with high values decreases, and those with very high values reaches zero. The highest average group values have been observed in the samples from Bulgaria, Australia, Argentina, Mozambique, Hungary, Germany, and Yugoslavia (VIR data) with 18-20%. There have been identified the varieties RS-124/19, DK-3868, SK-44/1634, and KL-388 with a high sugar percentage in stem juice (over 15.0%) and green mass productivity at or above the standard (34-35 t/ha), which can be recommended for obtaining sugary substances, as well as for use in bioenergy.

Keywords: *sorghum, sugar in stem juice, ethanol, green mass, correlation.*

Введение. Большая часть мирового производства биоэтанола осуществляется в США и Бразилии. В Бразилии этанол получают путем брожения сахарозы, которая накапливается в стеблях сахарного тростника, в США – из кукурузы, в зерне которой находится 85% крахмала (Ritter et al., 2008). Однако, высокие затраты при выращивании сахарного тростника и усиление аридности климата привели к поиску альтернативных источников для использования в биоэнергетике. Сорго сахарное показало свою эффективность в качестве сырья для производства этанола благодаря быстрой скорости роста, раннему созреванию, эффективному использованию влаги, устойчивости к бедным и засоленным почвам, широкой адаптивности (Римарева и др., 2021; Бойко и др., 2022). Его экономическое превосходство объясняется не только низкими затратами на производство, но и высокой производительностью этанола, объясняющейся высокой урожайностью зеленой массы, содержанием сахаров в соке стеблей, экстрактивностью сока стеблей (Кибальник и др., 2022; Кибальник и др., 2024). Сорго сахарное может давать до 8000 л этанола с га, что в 2 раза выше, чем выход этанола из кукурузы и на 30% выше, чем из сахарного тростника (Kasegn et al., 2024).

Будучи растениями с типом фотосинтеза C_4 , сорго обладает способностью к быстрому фотосинтезу и накоплению в стебле высокой концентрации сбраживаемых сахаров, в основном сахарозы. Распределение углеводов — это процесс, при котором продукты фотосинтеза транспортируются из листьев через мелкие жилки в запасующие ткани. Производство углеводов может увеличиться за счёт повышения светопоглощения путём увеличения количества листьев или общей площади листьев, а также за счёт повышения способности растения к фотосинтезу и фиксации CO_2 . В сахарном сорго фотоассимиляты используются для роста и развития растения на начальной вегетативной фазе. После этого междоузлия удлиняются, и в стебле начинается накопление сахара, при этом наибольшая концентрация сахаров находится в нижней части растений (Tovignan et al., 2020). В зрелых междоузлиях стебля сахарного сорго содержится больше сахарозы, чем в более молодых. Оптимальной стадией сбора урожая биомассы сорго сахарного считается период, когда накапливается от 15,5% сахаров, это является главным требованием для получения сока высокого

качества для брожения и, следовательно, для получения максимального количества этанола с га (Ковтунова и Ковтунов, 2019).

Следует отметить, что у сорго сахарного углеводы накапливаются в стебле, при этом образуется мало семян. У сорго зернового происходит наоборот, углеводы (крахмал) накапливаются в зерне. Однако в исследованиях Ritter et al. (2008) урожайность зерна слабо коррелировала с содержанием сахаров, что позволяет предположить, что накопленный сахар не сильно влияет на конечную урожайность.

Программы селекции сорго сахарного, ориентированные на производство биоэнергии, преследуют две цели: повысить количество сахаров в сочных стеблях растений и увеличить урожайность биомассы. В связи с этим, изучение разнообразия селекционного материала сорго сахарного по данным показателям и выявление зависимостей от внешних условий очень важны для селекционной программы, так как позволяет выявить лучшие родительские формы для создания новых линий и сортов, ориентированных на получение биоэтанола.

Цель исследований: изучить влияние происхождения, метеоусловий и основных хозяйственно-ценных признаков на показатель «содержание сахаров в соке стеблей», выявить сорта, перспективные для использования в качестве источника биоэтанола.

Материалы и методы исследований. Селекционная работа с культурой сорго проводилась в 2016-2024 гг. в Ростовской области в АНЦ «Донской». Почва данного региона – обыкновенный карбонатный чернозем (содержание гумуса в пахотном слое 3,6%). Климат умеренно-континентальный. Лето характеризуется высокими температурами воздуха, суховеями и неравномерным распределением осадков. Данная территория относится к зоне недостаточного увлажнения. В годы исследований наблюдались контрастные по влагообеспеченности условия. Для изучения изменчивости признака «содержание сахаров в соке стеблей» нами были взяты отдельные годы с различным уровнем ГТК с интервалом 0,10-0,18 (2016, 2018, 2019, 2022, 2023, 2024 гг.) (табл. 1). Такой диапазон позволяет охватить различные условия – от сильной засухи до недостаточной увлажненности и провести всестороннюю оценку.

Таблица 1. Уровень влагообеспеченности в отдельные годы исследований (2016-2024 г.)

Table 1. Moisture availability in some years of study (2016-2024)

ГТК	Год исследования	Уровень влагообеспеченности
0,24	2024	сильная засуха
0,34	2018	
0,52	2022	средняя засушливость
0,70	2019	
0,81	2023	недостаточное увлажнение
0,98	2016	

В качестве объектов исследований использованы 200 образцов коллекции сорго сахарного различного эколого-географического происхождения и 20 сортов конкурсного испытания. В качестве стандарта использован внесенный в Государственный реестр селекционных достижений сорт Южное (патент 11815).

Опыты выполнены в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989), Методическим указаниям по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур ВНИИР (1968). Посев проведен в оптимальные сроки (I-II декады мая) широкорядным способом с междурядьем 70 см. Площадь деланки в коллекционном питомнике 5 м², повторность двукратная; в питомнике конкурсного испытания – 25 м², повторность четырёхкратная, расположение деланок – систематическое. Норма высева 200 тыс. всхожих зерен на 1 га. Убора зеленой массы сорго сахарного проведена в фазу молочно-восковой спелости. Одновременно с уборкой биомассы определено содержание сахаров в соке стеблей оптическим методом (рефрактометром). Оценка по данному показателю проведена согласно «Широкого унифицированного

классификатора СЭВ и Международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench*» (1982) согласно следующей градации: очень высокое – более 19%, высокое – 15,1-19,0%, среднее – 11,1-15,0%, низкое – 8,0-11,0% и очень низкое – менее 8%.

Статистический анализ полученных данных проведен по методикам, изложенных Б.А. Доспеховым (2014), с использованием компьютерных программ Excel и Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. При классификации образцов коллекции по содержанию сахаров установлено, что в годы с наибольшим увлажнением ГТК=0,81 и 0,98 (2023 и 2016 гг.) пик кривой распределения находился в интервале 8,1-11,0% сахаров, то есть большая часть коллекции (47 и 45% соответственно) относилась к формам с низким содержанием сахаров. В годы с сильной засухой (ГТК=0,24 и 0,34) пик кривой распределения образцов по содержанию сахаров в соке стеблей приходился на интервал 15,1-19,0%, то есть 49 и 42% коллекции характеризовались высокой сахаристостью (рис. 1).

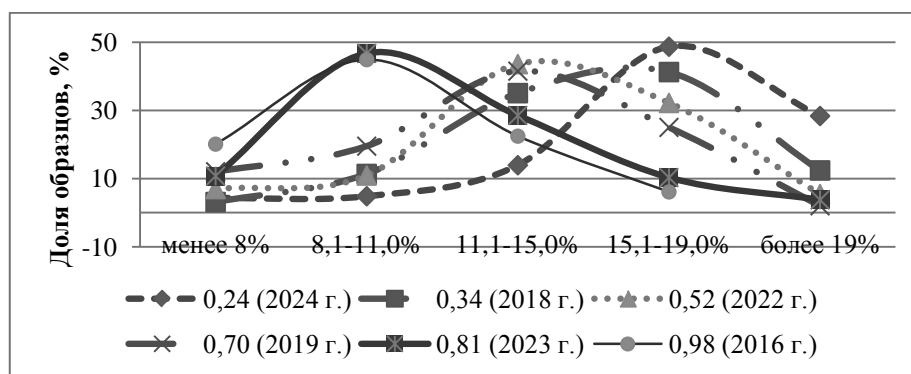


Рис. 1. Распределение образцов коллекции по содержанию сахаров в соке стеблей в зависимости от уровня влагообеспеченности (2016-2024 гг.)

Fig. 1. Distribution of collection samples according to sugar percentage in stem juice depending on moisture availability (2016-2024)

Следует отметить, что при увеличении значения ГТК увеличивается доля образцов с очень низким показателем, снижается доля образцов с высоким значением и, в конечном итоге, сводится к нулю – с очень

высоким значением. На рис. 2 отчетливо прослеживается тенденция снижения содержания сахаров при повышении количества осадков и снижении суммы активных температур.

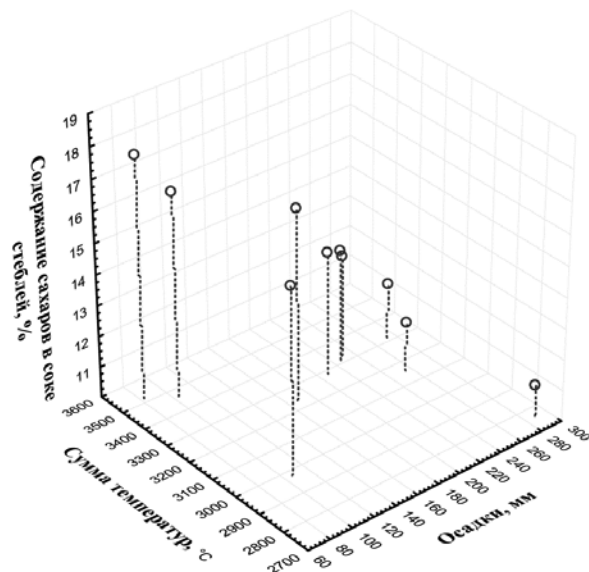


Рис. 2. Зависимость содержания сахаров от совместного воздействия осадков и температуры (2015-2024 гг.)

Fig. 2. Dependence of sugar percentage on the combined effects of precipitation and temperature (2015-2024)

Эти данные подтверждаются корреляционно-регрессионным анализом: содержание сахаров в соке стеблей имеет сильную отрицательную связь с количеством осадков за вегетационный период ($r=-0,97\pm 0,09$) и среднюю положительную с суммой активных температур за этот же период ($r=0,52\pm 0,3$) (рис. 3).

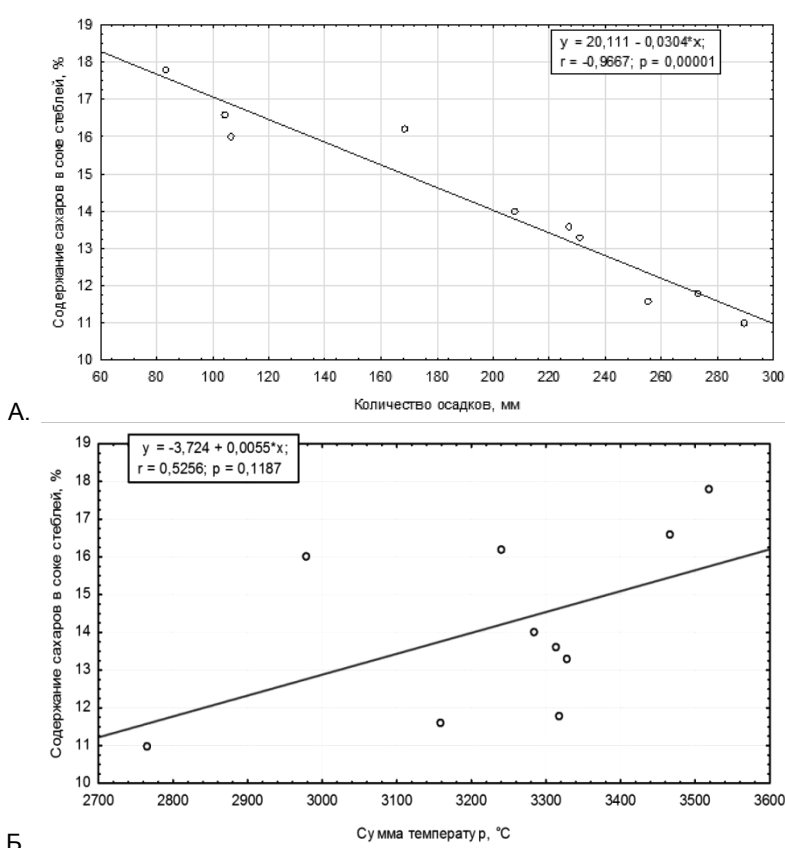


Рис. 3. Корреляционно-регрессионная связь содержания сахаров в соке стеблей с А. количеством осадков, Б. суммой активных температур за период «май-сентябрь», 2015-2024 гг.

Fig. 3. Correlation and regression relationship between sugar percentage in stem juice and А. precipitation amount, В. the sum of active temperatures in May-September, 2015-2024

Эти данные согласуются с исследованиями Calviño, Messing (2012), согласно которым стресс от засухи у сорго приводит к повышению сахаров в соке стеблей, и резкому снижению крахмала, что приводит к щуплости и низкой урожайности зерна. По данным Sun et al. (2024) в стрессовых условиях растения направляют ограниченные ресурсы на выживание, в результате чего снижается урожайность, однако, водный стресс на содержание сахаров влияния не оказывает.

На содержание сахаров в соке стеблей влияют факторы, связанные с происхождением линий, сортов, образцов. Изучаемая коллекция представлена образцами из различных стран Европы, Африки, Северной и

Южной Америки, Австралии и т.д. Большая часть коллекции – это образцы из России (95 шт.), США (25 шт.), Бразилии (10 шт.), Австралии (10 шт.). Наибольшие средние значения за 2022-2024 гг. отмечены у образцов из Болгарии, Австралии, Аргентины, Мазамбик, Венгрии, Югославии (данные ВИР) – 18-20%. Медианы в пределах 12-14% отмечены у групп образцов из Германии, Казахстана, Франции, Судана, Украины. Образцы из России представляют большую часть коллекции (85 образцов) и имеют размах варьирования по данному показателю 9,5 - 21,5 %, при среднем значении 17,0% (рис. 4).

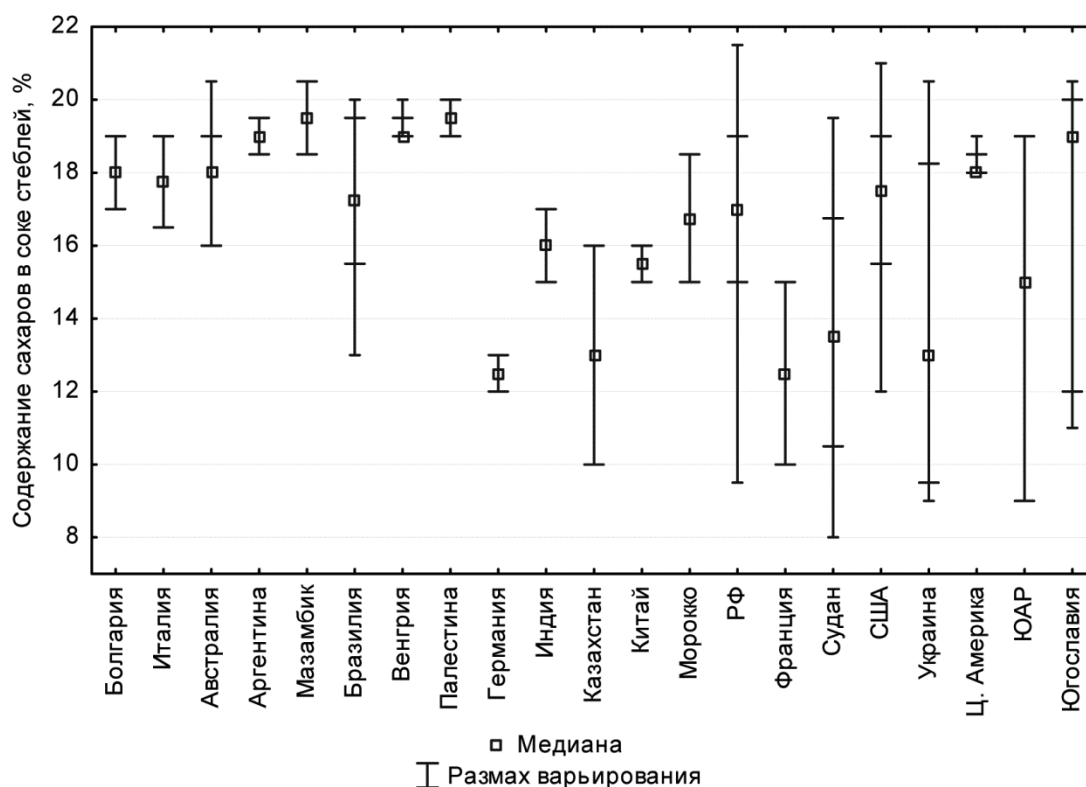


Рис. 4. Медианы и размах варьирования содержания сахаров в соке стеблей в зависимости от происхождения (2022-2024 гг.)

Fig. 4. Median and range variations of sugar percentage in stem juice due to origin (2022-2024)

В ходе корреляционного анализа установлено, что содержание сахаров в соке стеблей сорго сахарного имеет среднюю положительную связь с высотой растений ($r=0,34\pm 0,04$) и продолжительностью периода вегетации ($r=0,15\pm 0,03$). Это согласуется с данными Ritter et al. (2008), Tovignan et al. (2020) согласно которым более высокие, позднеспелые растения имеют

большую биомассу стеблей и больше времени для накопления сахаров.

В питомнике конкурсного испытания в «АНЦ «Донской» выделены сорта с высоким содержанием сахаров в соке стеблей (более 15,0%) при урожайности зеленой массы на уровне или выше стандарта (34-35 т/га) (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика сортов сорго сахарного с высоким содержанием сахаров в соке стеблей, перспективных для получения биотоплива (2022-2024 гг.)

Table 2. Characteristics of promising sweet sorghum varieties with high sugar percentage in stem juice for biofuel production (2022-2024)

Сорт	Содержание сахаров, %	Вегетационный период, дни	Высота растений, см	Площадь листовой поверхности, кв. см	Количество листьев, шт.	Урожайность зеленой массы, т/га
Южное, ст.	14,8	103	187	248	8	32
РС-124/19	17,3	102	187	253	9	34
ДК-3868	15,4	106	177	227	10	35
СК-44/1634	15,5	104	187	211	10	34
КЛ-388	16,5	106	194	276	10	35
НСР ₀₅	2,2	5	15	40	1	3

Они относятся к среднеспелой группе созревания, растения являются высокорослыми (187-194 см), хорошо облиственными (9-10 листьев на растении), с площадью листовой поверхности 211-276 см². Выделенные сорта рекомендуются для получения сахаристых веществ, а так же перспективны для использования в биоэнергетике.

Выводы. Согласно корреляционно-регрессионного анализа содержание сахаров в соке стеблей имеет сильную отрицательную связь с количеством осадков за вегетационный период ($r = -0,97 \pm 0,09$) и среднюю положительную с суммой активных температур за этот же период ($r = 0,52 \pm 0,3$). При увеличении значения ГТК увеличивается доля образцов с очень низким показателем, снижается доля образцов с высоким значением и, в конечном итоге,

сводится к нулю – с очень высоким значением. Наибольшие средние групповые значения отмечены у образцов из Болгарии, Австралии, Аргентины, Мазамбик, Венгрии, Германии, Югославии (данные ВИР) – 18-20%. Выделены сорта с высоким содержанием сахаров в соке стеблей (более 15,0%) при урожайности зеленой массы на уровне или выше стандарта (34-35 т/га): РС-124/19, ДК-3868, СК-44/1634, КЛ-388, рекомендуемые для получения сахаристых веществ, а так же для использования в биоэнергетике.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № FNFN 0505-2025-0010).

Библиографический список

- Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Володин А.Б., Нижельский Т.Н. Потенциал продуктивности сорго сахарного в южной лесостепи Западной Сибири // Кормопроизводство. 2022. № 4. С. 29-33
- Кибальник О.П., Каменева О.Б., Ларина Т.В., Семин Д.С., Ефремова И.Г. Изучение фракционного состава сахаров в соке стебля сахарного сорго в засушливых условиях России // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 1(21). DOI: 10.23649/jae.2022.1.21.15
- Кибальник О.П., Партоев К., Сатторов Б.Н., Кубарев Е.Н. Экологическое испытание сортов сахарного сорго в засушливых условиях России и Таджикистана // Аграрная Россия. 2024. № 9. С. 23-26. DOI: 10.30906/1999-5636-2024-9-23-26
- Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Использование сорго сахарного в качестве источника питательных веществ для человека (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. №(3). С. 3-9. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-3-9
- Римарева Л.В., Сербя Е.М., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Павлова А.А., Погоржельская Н.С. Комплексное использование сока стеблей сахарного сорго для получения этанола и кормовой белково-аминокислотной добавки // Пищевая промышленность. 2021. № 5. С. 56-61. DOI: 10.52653/PPI.2021.5.5.013
- Calviño M, Messing J. Sweet sorghum as a model system for bioenergy crops. Curr Opin Biotechnol. 2012. №23(3). Pp. 323-9. DOI: 10.1016/j.copbio.2011.12.002
- Kasegn M.M., Simachew A., Redda Y.T. Evaluation of sugar content and bioethanol production of Ethiopian local varieties "Nech Tinkish" and "Hawaye" sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.)). Biotechnol Environ/ 2024. №1, 2. DOI: 10.1186/s44314-024-00001-6
- Ritter K.B., Jordan D.R., Chapman S.C., Godwin I.D., Mace E.S., McIntyre C.L. Identification of QTL for sugar-related traits in a sweet x grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) recombinant inbred population // Molecular Breeding. 2008. №22(3). Pp. 367-384. DOI: 10.1007/s11032-008-9182-6
- Sun W., He Z., Liu B., Ma D., Si R., Li R., Wang S., Malekian A. Changes in Photosynthetic Efficiency, Biomass, and Sugar Content of Sweet Sorghum Under Different Water and Salt Conditions in Arid Region of Northwest China // Agriculture. 2024. №14. P. 2321. DOI: 10.3390/agriculture141223
- Tovignan T.K., Adoukonou-Sagbadja H., Diatta C., Clément-Vidal A., Soutiras A., Cisse N., Luquet D. Terminal drought effect on sugar partitioning and metabolism is modulated by leaf stay-green and panicle size in the stem of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) // CABI Agric Biosci. 2020. № 1.P.4. DOI: 10.1186/s43170-020-00003-w

References

- Boiko V.S., Timokhin A.Yu., Volodin A.B., Nizhel'skii T.N. Potentials pro-dukktivnosti sorgo sakharnogo v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Productivity potential of sweet sorghum in the southern forest-steppe of Western Siberia]// Kormoproizvodstvo. 2022. № 4. S. 29-33
- Kibal'nik O.P., Kameneva O.B., Larina T.V., Semin D.S., Efremova I.G. Izuchenie fraktsionnogo sostava sakharov v soke steblya sakharnogo sorgo v zasushlivykh usloviyakh Rossii [The study of the fractional composition of sugars in

sweet sorghum stem juice under arid conditions in Russia] // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 1(21). DOI: 10.23649/jae.2022.1.21.15

3. Kibal'nik O.P., Partoev K., Sattorov B.N., Kubarev E.N. Ekologicheskoe ispytanie sortov sakharnogo sorgo v zasushlivykh usloviyakh Rossii i Tadzhikistana [Ecological testing of sweet sorghum varieties under arid conditions in Russia and Tajikistan]// Ag-rarnaya Rossiya. 2024. № 9. S. 23-26. DOI: 10.30906/1999-5636-2024-9-23-26

4. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V. Ispol'zovanie sorgo sakharnogo v kachestve istochnika pitatel'nykh veshchestv dlya cheloveka (obzor literatury) [The use of sweet sorghum as a source of nutrients for humans (a literature review)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. №(3). S. 3-9. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-3-9

5. Rimareva L.V., Serba E.M., Overchenko M.B., Ignatova N.I., Pavlova A.A., Pogorzhel'skaya N.S. Kompleksnoe ispol'zovanie soka steblei sakharnogo sorgo dlya polu-cheniya etanola i kormovoi belkovo-aminokislotoi dobavki [Integrated use of sweet sorghum stem juice to produce ethanol and a protein-amino acid feed additive] // Pishchevaya promyshlennost'. 2021. № 5. S. 56-61. DOI: 10.52653/PPI.2021.5.5.013

6. Calviño M, Messing J. Sweet sorghum as a model system for bioenergy crops. Curr Opin Biotechnol. 2012. №23(3). Pp. 323-9. DOI: 10.1016/j.copbio.2011.12.002

7. Kasegn M.M., Simachew A., Redda Y.T. Evaluation of sugar content and bioeth-anol production of Ethiopian local varieties "Nech Tinkish" and "Hawaye" sweet sorghum (Sorghum bicolor (L.)). Biotechnol Environ/ 2024. №1, 2. DOI: 10.1186/s44314-024-00001-6

8. Ritter K.B., Jordan D.R., Chapman S.C., Godwin I.D., Mace E.S., McIntyre C.L. Identification of QTL for sugar-related traits in a sweet x grain sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) recombinant inbred population // Molecular Breeding. 2008. №22(3). Pp. 367-384. DOI: 10.1007/s11032-008-9182-6

9. Sun W., He Z., Liu B., Ma D., Si R., Li R., Wang S., Malekian A. Changes in Photosynthetic Efficiency, Biomass, and Sugar Content of Sweet Sorghum Under Different Wa-ter and Salt Conditions in Arid Region of Northwest China // Agriculture. 2024. №14. P. 2321. DOI: 10.3390/agriculture141223

10. Tovignan T.K., Adoukonou Sagbadja H., Diatta C., Clément Vidal A., Soutiras A., Cisse N., Luquet D. Terminal drought effect on sugar partitioning and metabolism is modulated by leaf stay-green and panicle size in the stem of sweet sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) // CABI Agric Biosci. 2020. № 1.P.4. DOI: 10.1186/s43170-020-00003-w

Поступила:17.06.25; доработана после рецензирования: 04.08.25; принята к публикации:08.09.25.

Критерии авторства. Авторы подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Брагинец С.В. – концептуализация исследований, подготовка рукописи, Романюкин А.Е., Шишова Е.А. – закладка и выполнение полевых опытов

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.