

Богатов И.М., магистр сельскохозяйственных наук, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0001-6667-281X>

НАО «Кокшетауский университет имени Шокана Уалиханова», г. Кокшетау, ул. Абая 76, 020000, Казахстан, ibogapov@shokan.edu.kz

Мемешов С.К., кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-0749-5689>

НАО «Кокшетауский университет имени Шокана Уалиханова», г. Кокшетау, ул. Абая 76, 020000, Казахстан, memeshov@mail.ru

Кибальник О.П., кандидат биологических наук, <https://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», г. Саратов, 1-й Институтский проезд, 4, 410050, Россия, kibalnik79@yandex.ru

Сагалбеков У.М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-2959-3802>

НАО «Кокшетауский университет имени Шокана Уалиханова», г. Кокшетау, ул. Абая 76, 020000, Казахстан, sagalbekov52@mail.ru

Bogatov I.M., Master of Agricultural Sciences, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0001-6667-281X>

NJSC «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, 76 Abay str., 020000, Kazakhstan, ibogapov@shokan.edu.kz

Memeshov S.K., Candidate of Agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-0749-5689>

NJSC «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, 76 Abay str., 020000, Kazakhstan, memeshov@mail.ru

Kibalnik O.P., Candidate of Biological Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

FSBSI «Russian Research and Design Technological Institute for Sorghum and Corn», Saratov, 1st Institute passage, 4, 410050, Russia, kibalnik79@yandex.ru

Sagalbekov U.M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2959-3802>

NJSC «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, 76 Abay str., 020000, Kazakhstan, sagalbekov52@mail.ru

НАКОПЛЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ САХАРОВ РАСТЕНИЯМИ КОРМОВОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА WATER-SOLUBLE SUGAR ENRICHMENT BY FORAGE SORGHUM PLANTS IN NORTHERN KAZAKHSTAN

Аннотация

В статье представлены результаты исследований по изучению качественных характеристик и количественного накоплению водорастворимых сахаров в соке стеблей разных сортов и гибридов сахарного сорго в условиях сопочно-равнинной степи Северного Казахстана.

Сахарное сорго является малораспространенной культурой в Северном Казахстане. Способность формировать высокие урожаи биомассы в условиях засухи и неприхотливость к почвенному плодородию вызывает интерес к интродукции сахарного сорго в этот регион. Для исследований сформирована коллекция раннеспелых сортов и гибридов сахарного сорго.

Методом рефрактометрии определена общая сахаристость. Выявлены сорта с более высоким содержанием водорастворимых сахаров в соке главного стебля: Севилья – 15,67%, Капитал – 15,46%, и Сахара – 14,96%. Наибольшее расчетное накопление сахаров с единицы площади за 2022 г. отмечено у сорта Сахара, который составил 1,26 т/га сахаров, при урожае стеблей 11,53 т/га, близкие значения были у сортов Капитал и Волжское 51. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии изучен фракционный состав сахаров. Наибольшее содержание сахарозы 11,54% с низким фруктозы 0,68% и глюкозы 2,58% выявлено у сорта Капитал, схожие значения зафиксированы у сортов Севилья и Сахара. У стандарта и образцов Калибр и Волонтер фракционный состав оказался противоположным: накопление глюкозы оказалось больше сахарозы, также отмечено высокое содержание фруктозы. В зависимости от содержащихся в составе сока ди- и моносахаридов, сортообразцы дифференцированы по направлениям их дальнейшей переработки.

ANNOTATION

This article shows the results of the study the qualitative characteristics and quantitative enrichment of water-soluble sugars in stem plant of different varieties and hybrids of sugar sorghum in the mud volcanic steppe of Northern Kazakhstan.

Sugar sorghum is a rare culture in Northern Kazakhstan. High biomass yielding ability under drought and easy soil fertility has generated interest in introducing sugar sorghum into the region. A collection of short-season varieties and hybrids of sugar sorghum has been formed to study.

The total sugar is formed by refractometry. Varieties with a higher content of water-soluble sugar in king plant were identified: Seville – 15.67%, Capital – 15.46%, and Sahara – 14.96%. The greatest estimated sugar enrichment per unit area for 2022 was recorded in the Sahara variety, which totalled 1.26 t/ha sugars, at the harvest of stems – 11.53 t/ha, similar values were in the Capital and Volzhskoe 51 varieties. The fractional sugar composition was studied using high-efficiency liquid chromatography. The highest sucrose concentration of 11.54% with low fructose 0.68% and glucose 2,58% is found in Capital, similar values are found in Seville and Sahara. The standard variety and Caliber and Volunteer samples had the opposite fractional composition: glucose enrichment was more sucrose, also high fructose content was formed. Depending on the di- and monosaccharides contained in plant, the varieties are differentiated in the directions of their further processing.

Ключевые слова: сахарное сорго, общее содержание сахаров, сахароза, глюкоза, фруктоза, жидкостная хроматография.

Key words: sugar sorghum, total sugar, sucrose, glucose, fructose, liquid chromatography.

Введение. Сахарное сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – быстрорастущее растение с C4 типом фотосинтеза, обладающее высокой его эффективностью при низких концентрациях углекислого газа в условиях стресса [1]. Культура происхождения из тропических зон, но обладает широкой экологической пластичностью к различным условиям окружающей среды [2]. Тенденция многолетней динамики климатических характеристик указывают на аридизацию климата Северного Казахстана: наблюдается рост положительных температур и уменьшение количества осадков [3, 4]. Генетически обусловленная способность формировать высокие урожаи в условиях засухи [5], неприхотливость к почвенному плодородию [6], вызывает интерес к интродукции сахарного сорго.

Сахарное сорго является культурой многоцелевого использования [7]. Биомассу растения используют в кормопроизводстве (силос, сено, зеленый конвейер) [8]. В последние годы, возрастает интерес как к энергетической и пищевой культуре. По литературным данным концентрация водорастворимых сахаров в соке стеблей составляет до 23% [9], что делает сахарное сорго перспективным источником сырья для получения биоэтанола [2, 10]. Биоэтанол используется как моторное топливо [11]. Специалисты во всем мире считают, что его производство альтернативой источникам не возобновляемой энергии, которую получают из недр в виде полезных ископаемых [12]. Согласно исследованиям A.S. Bennett и R.P. Anex [13] из сахарного сорго можно производить до 8000 литров этанола с 1 гектара, что примерно в два раза превышает потенциальный выхода этанола из кукурузы. Водорастворимые сахара, экстрагируемые из растений, также используют и на пищевые цели: сладкие сиропы [14], напитки [15], кондитерские и хлебобулочные изделия [16]. Качественный состав сахаров отличается от содержащихся в сахарном тростнике и сахарной свекле, у которых в своем составе в основном сахароза. Сахарное сорго также содержит растворимый крахмал, глюкозу и фруктозу [17]. Сорговый сироп характеризуется хорошими антиоксидантными свойствами, что позволяет использовать его в диетическом и детском питании [18].

Содержание сахаров зависит от условий выращивания и генетических особенностей сортов [19, 20]. Селекция и семеноводство сорговых культур ведется на юго-востоке Казахстана в Алматинской области [21], и основано на позднеспелых сортообразцах, которые отличаются массивным габитусом и большей продуктивностью [22]. Однако, позднеспелые сортообразцы в северных регионах не успевают вызревать до осенних заморозков. Раннеспелые сортообразцы в условиях Северного Казахстана изучены недостаточно, что делает представленную работу актуальной. В этой связи, целью исследования является изучение качественных и количественных показателей сахаров в соке стеблей раннеспелых сортов и гибридов сахарного сорго, и определение отрасли их использования в условиях Северного Казахстана.

Материалы и методы исследований. Исследование проводились в 2020-2022 гг. на опытном поле Кокшетауского университета им. Ш.Уалиханова, расположенного в Акмолинской области, Зерендинском районе, с. Васильковка. Территория опытного участка относится к сопочно-равнинной степи. Полевые опыты заложены в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур Республики Казахстан [23]. Опыт однофакторный, повторность трехкратная, размещение делянок площадью 28 м² рендомизированное. Почва представлена черноземом обыкновенным среднегумусным, среднесуглинистым с мощностью пахотного горизонта 20-22 см. Характеризуется низким содержанием фосфора и повышенным содержанием калия, что является типичным для основных почв сельскохозяйственной зоны. Содержание легкогидролизуемого азота 153,0 мг/кг; фосфора 16,7 мг/кг, калия 666,0 мг/кг, гумуса 4,6%. Реакция почвенной среды pH = 7,5-7,6. Посев проведен в третьей декаде мая. Способ посева широкорядный с междурядьями 70 см, норма высева 200 тысяч штук семян на 1 га.

Объект исследований: сорта и гибриды сахарного сорго с периодом вегетации до 120 дней. В качестве стандарта взят гибрид сахарного сорго Славянское Приусадебное (далее СП) включенный в Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Акмолинской области (далее Госреестр) в 2018 году, оригинатор «Всероссийский НИИ сорго и сои» г. Ростов-на-Дону, РФ. Для испытания подобраны сорта Капитал, Волонтер, Чайка, Сахара, Флагман, Севилья, Волжское-51, и гибрид Калибр, созданные ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» (г. Саратов, РФ). На сегодняшний день в Госреестре по Акмолинской области казахстанские сорта или гибриды не зарегистрированы.

Определение общего количества сахаров проводили методом рефрактометрии на приборе ИРФ-454Б2М (ОКП 443721). Пробы отбирались по 3 образца в каждой повторности перед уборкой. Отжим сока стеблей производился из 4-5 междоузлия главного стебля.

Содержание глюкозы, фруктозы и сахарозы определяли методом жидкостной хроматографии. Определение концентрации соединений проводили методом абсолютной калибровки по площади пиков путем сравнения площади пика аналита с площадью пика стандартного образца анализа известной концентрации. Калибровочные графики, которые показывают линейную зависимость площади пика от концентрации моносахаридов, приведены на рисунке 1.

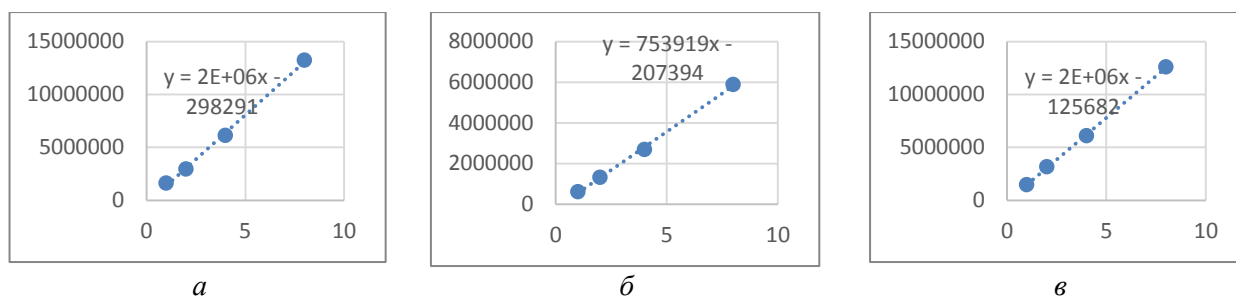


Рисунок 1 – Калибровочные графики жидкостной хроматографии:
а – фруктоза; б – глюкоза; в – сахароза

Использовался хроматограф Shimadzu LC-20AD Prominence, с рефрактометрическим детектором. В качестве элюента использовалась смесь CH₃CN - H₂O (80% : 20%), скорость потока составляла 0,5 мл/мин, объем вводимой пробы - 10 мкл, температура колонки - 40°C, колонка Nucleodur, 5 μm, 110 Å, 4,6×150 mm (Macherey-Nagel). Использовался изократический режим.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с помощью программного комплекса AgCStat, встроенного в Microsoft Excel. Значимые различия между вариантами определены однофакторным дисперсионным анализом с указанием наименьшей существенной разницы (НСР₀₅) на 5%-ном уровне значимости. Вариабельность значений изучаемых признаков определена расчетом коэффициента вариации V (%) и ошибки средней.

Метеорологические условия. Вегетационный период 2020 и 2021 гг. по общепринятым критериям является засушливыми, что подтверждается значением гидротермического коэффициента (ГТК), составляющего 0,43 и 0,53, соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия 2020-2022 гг.

	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Осадки, мм	89,6	109,7	218,8
Сумма активных температур >10°C	2063,8	2065,1	2125,2
ГТК	0,43	0,53	1,0
Даты учета	24.V-9.IX	26.V-20.IX	24.V-23.IX

Сумма активных температур (выше 10°C) за период «посев-уборочная спелость», составила 2063,8 °С в 2020 г. и 2065,1 в 2021 г., что является ниже среднегодовалого уровня. Период вегетации 2022 года отличается от предыдущих более равномерным и обильным выпадением осадков (ГТК 1,0). Первый кратковременный заморозок наступил 23 сентября, что значительно увеличило вегетационный период.

Результаты и их обсуждение. Содержание сахаров в соке сортообразцов сорго по средним значениям отмечено от 11,48 до 15,48%, где наибольшее накопление у сорта Севилья, а наименьшее у стандарта СП. Разница между ними составила +3,98% (таблица 2). По среднему содержанию сахаров в соке стеблей выделились сорта: Севилья – 15,67% Капитал – 15,46% и Сахара – 14,96%. У Волжского 51, Калибра, Флагмана, Волонтера и Чайки значения оказались близкими и варьировали в интервале 12,12...13,61%. Наибольший размах изменчивости показателя по годам отмечен у сорта Флагман от 11,53% в 2022 г. до 15,09% в 2020 г.

Таблица 2 – Содержание сахаров в соке стеблей сортов и гибридов сорговых культур, % (2020-2022)

Сортообразец	Год исследований			Среднее	Отклонение от стандарта
	2020 г.	2021 г.	2022 г.		
СП (ст)	12,36	12,76	9,33	11,48	
Капитал	16,12	15,67	14,60	15,46	+3,98
Волонтер	13,64	12,57	12,67	12,96	+1,48
Чайка	12,39	13,84	10,13	12,12	+0,64
Сахара	14,31	16,67	13,90	14,96	+3,48
Калибр	12,49	14,98	12,43	13,30	+1,82
Флагман	15,09	14,80	11,53	13,81	+2,33
Севилья	14,24	17,11	15,67	15,67	+4,19
Волжское 51	13,11	14,96	12,77	13,61	+2,13
Среднее	13,75	14,82	12,56	13,71	
F_{05}	2,24	1,49	1,84	6,14	
HCP_{05}	2,74	8,85	10,69	1,73	

Сравнивая наши исследования с литературными данными, отмечено достаточно низкое аккумулярование сахаров. Вероятно, это связано с дефицитом активных температур, который является лимитирующим фактором для теплолюбивых культур в северных регионах. Согласно исследованиям S.I. Karustin с коллегами [19], между содержанием сахаров и температурой воздуха наблюдается положительная корреляция.

Свежеотжатый сок из стеблей сорго исследуемой коллекции имел от светло-зеленой до светло-желтой окраски (рисунок 1), в зависимости от сорта и степени спелости.



Рисунок 2 – Отжим сока из стеблей сорта Волонтер, 2021 г.

Кроме концентрации, также важно учитывать накопление сахаров с единицы посевной площади. На рисунке 3 представлен расчетный валовый выход сахаров за 2022 г. Наибольший выход с 1 га отмечен у сорта Сахара, который составил 1,26 т/га сахаров, при урожае стеблей 11,53 т/га. Также, близкие к Сахаре были значения у сортов Капитал и Волжское 51. У стандарта СП, характеризующегося урожайностью стеблей с 1 га на уровне сорта Сахара, сбор сахаров меньше на 65,9%. Благодаря высокому выходу сахаров с единицы площади, данные сорта рекомендуются использовать для силосования в смеси с трудносилосующимися культурами, а также для получения сахаросодержащей продукции и этанола. Аналогичные исследования в условиях Саратовской области указывают на более высокой сбор сока и сахаров с 1 га [24].

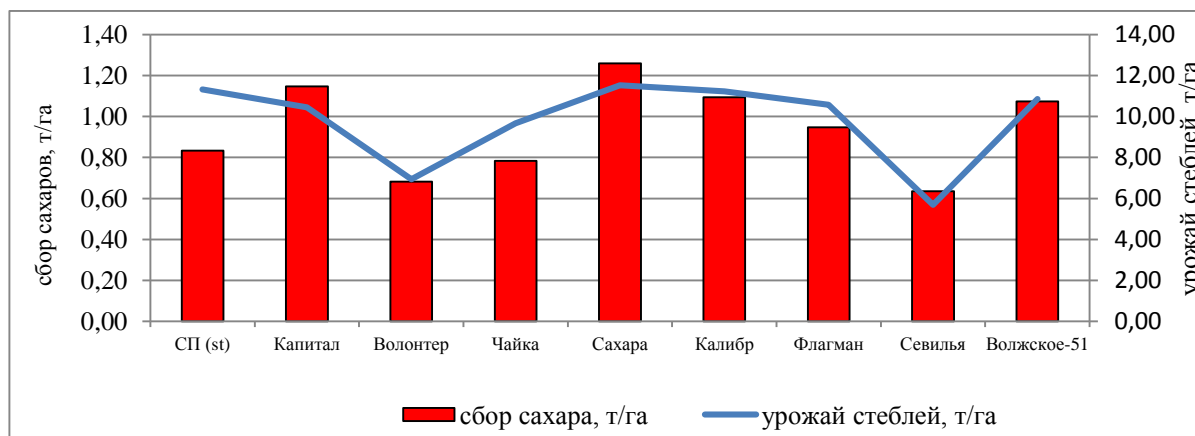


Рисунок 3 – Урожай стеблей сорго и расчетный выход водорастворимых сахаров с единицы площади, 2022 г.

В зависимости от содержащихся в составе сока ди- и моносахаридов, сорта можно разделить в зависимости от направлений их дальнейшей переработки. Для производства глюкозно-фруктозных и высокофруктозных пищевых сиропов лучше использовать сорта с высоким содержанием или балансом данных моносахаридов. Сорта с преобладающим содержанием сахарозы больше подходят для переработки на биоэтанол или кристаллический сахар, так как для этой области производства наличие моносахаридов не так важно.

Высокоэффективную жидкостную хроматографию сока из стеблей сахарного сорго провели у сортообразцов: Волонтер, Севилья, Капитал, Сахара; Калибр и СП. Наибольшее содержание сахарозы 11,54% в сочетании с низкой концентрацией фруктозы 0,68% и глюкозы 2,58% выявлено у сорта Капитал. Преобладающее содержание дисахарида в соке позволяет рекомендовать данный сорт для переработки на биоэтанол. На рисунке 4 представлена хроматограмма сока сорта Капитал и стандарта СП. Также преимущественным содержанием сахарозы выделились сорта Севилья и Сахара.

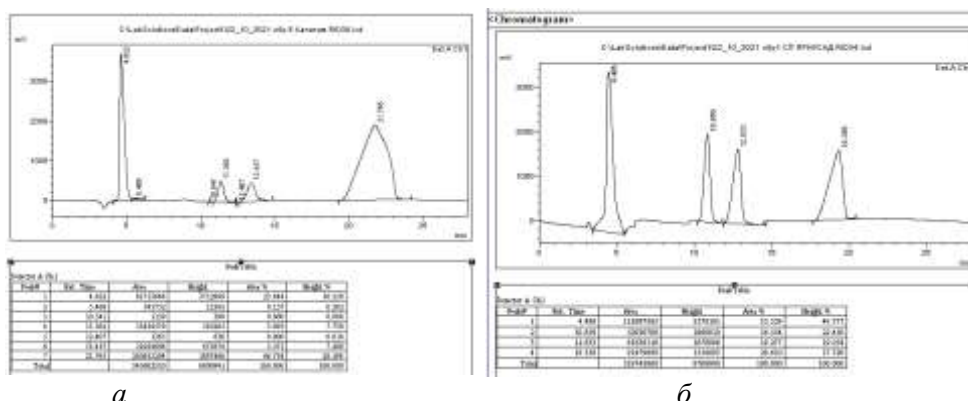


Рисунок 4 – Высокоэффективная жидкостная хроматограмма: а - сорт Капитал; б – гибрид СП (St)

У стандарта СП фракционный состав оказался противоположным: моносахаридов почти в 2 раза больше сахарозы; глюкозы было больше на 72,8%, также отмечено высокое содержание фруктозы – 2,66% (рисунок 5). Близкими к стандарту значения установлены у гибрида Калибр и сорта Волонтер, у которых также сахарозы меньше, чем глюкозы и фруктозы. С таким составом сахаров данные сорта можно рекомендовать для производства сиропов. Значения признаков сильно вариабельны: 42,3% по сахарозе, 44,5% по фруктозе и 44,9% по глюкозе.

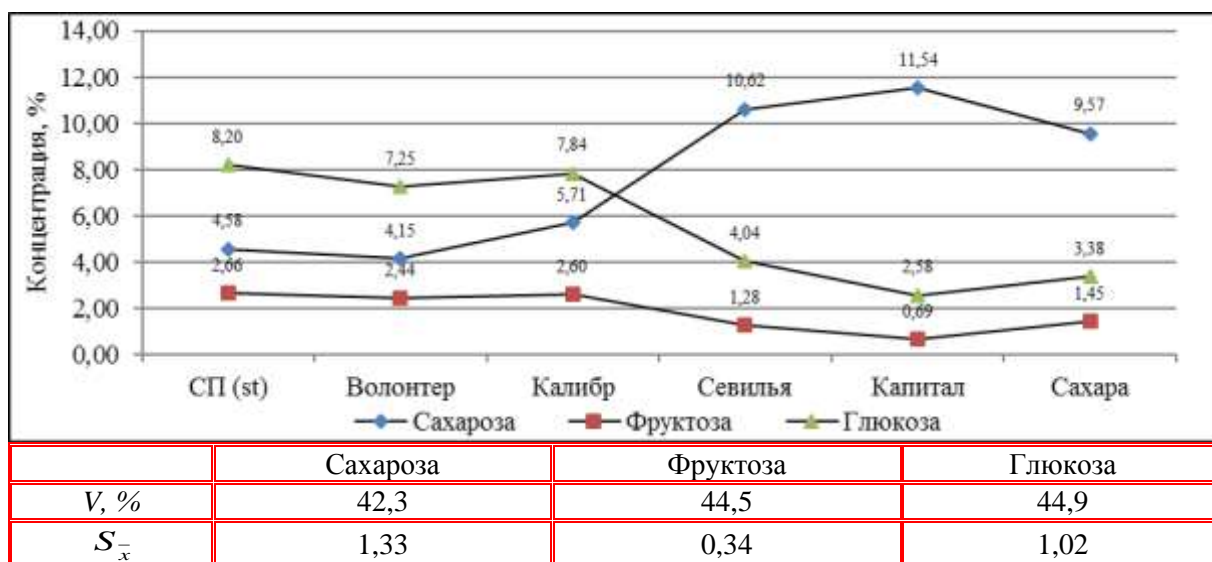


Рисунок 5 – Фракционный состав сахара в соке сортов и гибридов сахарного сорго, 2022 г.

Заключение. В результате определения общей сахаристости методом рефрактометрии определены сорта, характеризующиеся более высоким содержанием водорастворимых сахаров в соке главного стебля: Севилья – 15,67% Капитал – 15,46%, и Сахара – 14,96%. Рассчитан валовый выход сока и сахаров с единицы площади, лучшие значения определены у сортов Сахара, Капитал и Волжское 51. Изучение фракционного состава методом высокоэффективной жидкостной хроматографии образцов сорго позволило определить направления их дальнейшей переработки. Высокое содержание сахарозы на фоне низких моносахаридов отмечено у образцов Капитал, Севилья, Сахара, что больше подходит для производства кристаллического сахара и биоэтанола. Больше моносахаридов содержалось в общем количестве сахаров у образцов СП, Калибр и Волонтер, что предпочтительно для производства более полезных пищевых сиропов. Благодаря изученному аккумулярованию сахаров, сорговые культуры рекомендуется использовать для силосования в смеси с трудносилосующимися культурами, а также для получения сахаросодержащей продукции и этанола в условиях Северного Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Byrt, C.S. C4 Plants as biofuel feedstocks: optimising biomass production and feedstock quality from a lignocellulosic perspective free access [Text] / C.S. Byrt, C.P.L. Grof, R.T. Furbank // *Journal of integrative plant biology*. – 2011. – Vol. 53. – Issue 2. – P. 120-135.
- 2 Zegada-Lizarazu, W. Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices [Text] / W. Zegada-Lizarazu, A. Monti // *Biomass and Bioenergy*. – 2012. – Vol. 40. – P. 1-12.
- 3 Мезенцева, О.В. Оценка многолетней динамики климатических характеристик, способствующих аридизации степной зоны Северного Казахстана [Текст] / О.В. Мезенцева, А.А. Кусаинова / *Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. – Екатеринбург. – 2021 – С. 75-80.
- 4 Karatayev, M. Monitoring climate change, drought conditions and wheat production in Eurasia: the case study of Kazakhstan [Text] / M. Karatayev, M. Clarke, V. Salnikov, R. Bekseitova, M. Nizamova // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8. – Issue 1. – P. e08660.
- 5 Tovignan, T.K. 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) [Text] / T.K. Tovignan, H. Adoukonou-Sagbadja, C. Diatta, A. Clément-Vidal, A. Soutiras, N. Cisse, D. Luquet // *CABI Agriculture and Bioscience*. – 2020. – Vol. 1. – P. 1-11.
- 6 Babenko, M. Estimation of the productive potential dependance of sweet sorghum hybrids on soil nutrition management [Text] / M. Babenko, M. Kharytonov, N. Martynova, V. Kozechko, H. Roubik // *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*. – 2023. – Vol. 21. – Issue 2. – P. 131-136.
- 7 Rutz, D. Socio-economic impacts of sweet sorghum value chains in temperate and tropical regions [Text] / D. Rutz, R. Janssen, C. Khawaja // *Socio-Economic Impacts of Bioenergy Production*. – 2014. – P. 111-130.
- 8 Shkodina, E. Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region [Text] / E. Shkodina, O. Balun, S.I. Kapustin, A.B. Volodin, A.S. Kapustin // *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2019. – Vol. 6. – Issue 7. – P. 13810-13815.
- 9 Vinutha, K.S. Sweet sorghum research and development in India: status and prospects [Text] / K.S. Vinutha, L. Rayaprolu, K. Yadagiri, A.V. Umakanth, J.V. Patil, P. Srinivasa Rao // *Sugar Tech*. – 2014. – Vol. 16. – P. 133-143.
- 10 Cifuentes, R. The potential of sweet sorghum as a source of ethanol and protein [Text] / R. Cifuentes, R. Bressani, C. Rolz // *Energy for Sustainable Development*. – 2014. – Vol. 21. – P. 13-19.
- 11 Rass-Hansen, J. Bioethanol: fuel or feedstock? [Text] / J. Rass-Hansen, H. Falsig, B. Jorgensen, C.H. Christensen // *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*. – 2007. – Vol. 82. – Issue 4. – P. 329-333.
- 12 Ezejiyor, T.I.N. Waste to wealth-value recovery from agro-food processing wastes using biotechnology: a review [Text] / T.I.N. Ezejiyor, U.E. Enebaku, C. Ogueke // *British Biotechnology Journal*. – 2014. – Vol. 4. – Issue 4. – P. 418.
- 13 Bennett, A.S. Production, transportation and milling costs of sweet sorghum as a feedstock for centralized bioethanol production in the upper Midwest [Text] / A.S. Bennett, R.P. Anex // *Bioresource technology*. – 2009. – Vol. 100. – Issue 4. – P. 1595-1607.
- 14 Eggleston, G. Macronutrient and mineral contents in sweet sorghum syrups compared to other commercial syrup sweeteners [Text] / G. Eggleston, A. Triplett, K. Bett-Garber, S. Boue, P. Bechtel // *Journal of Agriculture and Food Research*. – 2022. – Vol. 7. – P. 100276.
- 15 Mazumdar, S.D. Innovative use of Sweet sorghum juice in the beverage industry [Text] / S.D. Mazumdar, A. Poshadri, P. Srinivasa Rao, C.H. Ravinder Reddy, B.V.S. Reddy // *International Food Research Journal*. – 2012. – Vol. 19. – Issue 4. – P. 1361-1366.
- 16 Ratnavathi, C.V. Alternative uses of sorghum-Methods and feasibility: Indian perspective [Text] / C.V. Ratnavathi, P.K. Biswas, M. Pallavi, M. Maheswari, B.V. Kumar, N. Seetharama // *Alternative Uses of Sorghum and Pearl Millet in Asia*. – 2003. – P. 188-200.

17 Appiah-Nkansah, N.B. A review of sweet sorghum as a viable renewable bioenergy crop and its techno-economic analysis [Text] / N.B. Appiah-Nkansah, J. Li, W. Rooney, D. Wang // *Renewable Energy*. – 2019. – Vol. 143. – P. 1121-1132.

18 Sadikova, Sh. The use of fructic syrup in the expansion of the range of baby food [Text] / Sh. Sadikova, K. Dodaev // *Journal of critical reviews*. – 2020. – Vol. 7. - Issue 15. – P. 1766-1770.

19 Kapustin, S.I. Evaluation of the quality of sweet sorghum fodder [Text] / S.I. Kapustin, A.B. Volodin, A.S. Kapustin, N.V. Samokish // *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*. – 2022. – Vol. 53. – Issue. 5. – P. 1184-1189.

20 Reddy, P.S. Genotype by sowing date interaction effects on sugar-on-sugar yield components in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) [Text] / P.S. Reddy, B.V.S. Reddy, P.S. Rao // *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. – 2014. – Vol. 46. – Issue 2. – P. 305-312.

21 Zhapayev, R. Screening of sweet and grain sorghum genotypes for green biomass production in different regions of Kazakhstan [Text] / R. Zhapayev, K. Toderich, G. Kunypiyeva, M. Kurmanbayeva, M. Mustafayev, Z. Ospanbayev, A. Kusmangazinov // *Journal of Water and Land Development*. – 2023. - Vol. 56 (I–III). – P. 118–126.

22 Baiseitova, G. Biological characteristics and productivity of sweet sorghum varieties in the arid conditions of Southeastern Kazakhstan [Text] / G. Baiseitova, G. Moraru, B. Sarsenbayev, E. Kirshibayev, S. Kenenbayev // *OnLine Journal of Biological Science*. – 2021. - Vol. 21. - Issue 2. – P. 245-252.

23 Методика проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений [Текст] / Утверждена приказом Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от «13» мая 2011 года № 06-2/254. – 126 с.

24 Кибальник, О.П. Сахарное сорго для возделывания в засушливых регионах РФ [Текст] / О.П. Кибальник, И.Г. Ефремова, Д.С. Семин, С.С. Куколева // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. – 2022. – №. 29 (192). – С. 66-75.

REFERENCES

1 Byrt, C.S. C4 Plants as biofuel feedstocks: optimising biomass production and feedstock quality from a lignocellulosic perspective free access [Text] / C.S. Byrt, C.P.L. Grof, R.T. Furbank // *Journal of integrative plant biology*. – 2011. – Vol. 53. – Issue 2. – P. 120-135.

2 Zegada-Lizarazu, W. Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices [Text] / W. Zegada-Lizarazu, A. Monti // *Biomass and Bioenergy*. – 2012. – Vol. 40. – P. 1-12.

3 Mezenceva, O.V. Ocenka mnogoletnej dinamiki klimaticeskikh harakteristik, sposobstvuyushchih aridizacii stepnoj zony Severnogo Kazahstana [Tekst] / O.V. Mezenceva, A.A. Kusainova / *Klimaticheskie izmeneniya i sezonnaya dinamika landshaftov: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. – Ekaterinburg. – 2021 – S. 75-80.

4 Karatayev, M. Monitoring climate change, drought conditions and wheat production in Eurasia: the case study of Kazakhstan [Text] / M. Karatayev, M. Clarke, V. Salnikov, R. Bekseitova, M. Nizamova // *Heliyon*. – 2022. – Vol.. 8. – Issue 1. – P. e08660.

5 Tovignan, T.K. 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) [Text] / T.K. Tovignan, H. Adoukonou-Sagbadja, C. Diatta, A. Clément-Vidal, A. Soutiras, N. Cisse, D. Luquet // *CABI Agriculture and Bioscience*. – 2020. – Vol. 1. – P. 1-11.

6 Babenko, M. Estimation of the productive potential dependance of sweet sorghum hybrids on soil nutrition management [Text] / M. Babenko, M. Kharytonov, N. Martynova, V. Kozechko, H. Roubik // *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*. – 2023. – Vol. 21. – Issue 2. – P. 131-136.

7 Rutz, D. Socio-economic impacts of sweet sorghum value chains in temperate and tropical regions [Text] / D. Rutz, R. Janssen, C. Khawaja // *Socio-Economic Impacts of Bioenergy Production*. – 2014. – R. 111-130.

8 Shkodina, E. Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region [Text] / E. Shkodina, O. Balun, S.I. Kapustin, A.B. Volodin, A.S. Kapustin // *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2019. – Vol. 6. – Issue 7. – P. 13810-13815.

- 9 Vinutha, K.S. Sweet sorghum research and development in India: status and prospects [Text] / K.S. Vinutha, L. Rayaprolu, K. Yadagiri, A.V. Umakanth, J.V. Patil, P. Srinivasa Rao // Sugar Tech. – 2014. – Vol. 16. – P. 133-143.
- 10 Cifuentes, R. The potential of sweet sorghum as a source of ethanol and protein [Text] / R. Cifuentes, R. Bressani, C. Rolz // Energy for Sustainable Development. – 2014. – Vol. 21. – P. 13-19.
- 11 Rass-Hansen, J. Bioethanol: fuel or feedstock? [Text] / J. Rass-Hansen, H. Falsig, B. Jorgensen, C.H. Christensen // Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology. – 2007. – Vol. 82. – Issue 4. – P. 329-333.
- 12 Ezeji-for, T.I.N. Waste to wealth-value recovery from agro-food processing wastes using biotechnology: a review [Text] / T.I.N. Ezeji-for, U.E. Enebaku, C. Ogueke // British Biotechnology Journal. – 2014. – Vol. 4. – Issue 4. – P. 418.
- 13 Bennett, A.S. Production, transportation and milling costs of sweet sorghum as a feedstock for centralized bioethanol production in the upper Midwest [Text] / A.S. Bennett, R.P. Anex // Bioresource technology. – 2009. – Vol. 100. – Issue 4. – P. 1595-1607.
- 14 Eggleston, G. Macronutrient and mineral contents in sweet sorghum syrups compared to other commercial syrup sweeteners [Text] / G. Eggleston, A. Triplett, K. Bett-Garber, S. Boue, P. Bechtel // Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – Vol. 7. – R. 100276.
- 15 Mazumdar, S.D. Innovative use of Sweet sorghum juice in the beverage industry [Text] / S.D. Mazumdar, A. Poshadri, P. Srinivasa Rao, C.H. Ravinder Reddy, B.V.S. Reddy // International Food Research Journal. – 2012. – Vol. 19. – Issue 4. – R. 1361-1366.
- 16 Ratnavathi, C.V. Alternative uses of sorghum-Methods and feasibility: Indian perspective [Text] / C.V. Ratnavathi, P.K. Biswas, M. Pallavi, M. Maheswari, B.V. Kumar, N. Seetharama // Alternative Uses of Sorghum and Pearl Millet in Asia. – 2003. – R. 188-200.
- 17 Appiah-Nkansah, N.B. A review of sweet sorghum as a viable renewable bioenergy crop and its techno-economic analysis [Text] / N.B. Appiah-Nkansah, J. Li, W. Rooney, D. Wang // Renewable Energy. – 2019. – Vol. 143. – P. 1121-1132.
- 18 Sadikova, Sh. The use of fructic syrup in the expansion of the range of baby food [Text] / Sh. Sadikova, K. Dodaev // Journal of critical reviews. – 2020. – Vol. 7. - Issue 15. – R. 1766-1770.
- 19 Kapustin, S.I. Evaluation of the quality of sweet sorghum fodder [Text] / S.I. Kapustin, A.B. Volodin, A.S. Kapustin, N.V. Samokish // Iraqi Journal of Agricultural Sciences. – 2022. – Vol. 53. – Issue. 5. – R. 1184-1189.
- 20 Reddy, P.S. Genotype by sowing date interaction effects on sugar-on-sugar yield components in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) [Text] / P.S. Reddy, B.V.S. Reddy, P.S. Rao // SABRAO Journal of Breeding and Genetics. – 2014. – Vol. 46. – Issue 2. – P. 305-312.
- 21 Zhapayev, R. Screening of sweet and grain sorghum genotypes for green biomass production in different regions of Kazakhstan [Text] / R. Zhapayev, K. Toderich, G. Kunypiyaeva, M. Kurmanbayeva, M. Mustafayev, Z. Ospanbayev, A. Kusmangazinov // Journal of Water and Land Development. – 2023. - Vol. 56 (I-III). – P. 118-126.
- 22 Baiseitova, G. Biological characteristics and productivity of sweet sorghum varieties in the arid conditions of Southeastern Kazakhstan [Text] / G. Baiseitova, G. Moraru, B. Sarsenbayev, E. Kirshibayev, S. Kenenbayev // OnLine Journal of Biological Science. – 2021. - Vol. 21. - Issue 2. – P. 245-252.
- 23 Metodika provedeniya sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh rastenij [Tekst] / Utverzhdena prikazom Ministra sel'skogo hozyajstva Respubliki Kazahstan ot «13» maya 2011 goda № 06-2/254. – 126 s.
- 24 Kibal'nik, O.P. Saharnoe sorgo dlya vozdelevaniya v zasushlivykh regionah RF [Tekst] / O.P. Kibal'nik, I.G. Efremova, D.S. Semin, S.S. Kukoleva // Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy. – 2022. – №. 29 (192). – S. 66-75.

ТУЙЫН

Мақалада 2020-2022 жж. Солтүстік Қазақстанның төбе-жазық даласы жағдайында қант құмайының әр түрлі сорттары мен будандарының сабақтарының шырынында суда еритін қанттардың сапалық сипаттамаларын және сандық жинақталуын зерттеу бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген.

Қант құмайы Солтүстік Қазақстанда аз таралған дақыл болып табылады. Құрғақшылық жағдайында биомассаның жоғары өнімділігін қалыптастыру қабілеті және топырақ құнарлылығының қарапайымдылығы осы аймаққа қант құмайының енгізілуіне қызығушылық

тудырады. Зерттеу үшін қант құмайының ерте пісетін сорттары мен будандарының жиынтығы құрылды.

Рефрактометрия әдісімен жалпы қанттылық анықталды. Негізгі сабақтың шырынында суда еритін қант мөлшері жоғары сорттар анықталды: Севилья – 15,67%, Капитал – 15,46% және Сахар – 14,96%. 2022 жылы аудан бірлігінен қанттың ең көп есептелген жинақталуы Сахар сорттында байқалды, ол 1,26 т/га қантты құраса, сабақтарының өнімділігі 11,53 т/га, Капитал және Волжское 51 сорттарында жақын мәндер болды. Жоғары тиімді сұйық хроматография әдісімен қанттардың фракциялық құрамы зерттелді. Сахарозаның ең жоғары мөлшері 11,54% төмен фруктоза 0,68% және глюкоза 2,58% Капитал сорттында анықталды, Севилья мен Сахар сорттарында ұқсас мән тіркелді. Стандарт үлгілерде калибр және ерікті фракциялық құрам керісінше болды: глюкозаның жиналуы сахарозадан көп болды, фруктозаның жоғары мөлшері де байқалды. Шырын құрамындағы ди - және моносахаридтерге байланысты сорт үлгілері оларды одан әрі өңдеу бағыттары бойынша сараланады.