

СКРИНИНГ СОРТОВ САХАРНОГО СОРГО НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Г. Т. КУНЬПИЯЕВА, Р. К. ЖАПАЕВ, Ж. О. ОСПАНБАЕВ, Е. К. ЖУСУПБЕКОВ

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства»,
п. Алмалыбак, Республика Казахстан, 040909,
e-mail: kunypiyeva_gulya@mail.ru, r.zharayev@mail.ru, zhmagali@mail.ru,
erbol.zhusupbekov@mail.ru,

М. Г. МУСТАФАЕВ, А. С. ДОСЖАНОВА

Институт Почвоведения и Агротехнологии НАН Азербайджан,
г. Баку, Азербайджан, AZ1073, e-mail: meliorasiya58@mail.ru, ainurdoszhanova@mail.ru

(Поступила в редакцию 27.10.2021)

Работа выполнена в рамках финансирования Комитета науки МОН РК по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» проекту ИРН AP08956469 «Селекция сорговых культур (суданская трава, сорго зерновое, сорго сахарное) для производства зеленой массы, зернофуража в условиях юга, юго-востока Казахстана».

Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян у сортов Силосное 88, Оранжевое 160, Ставропольское 36 и Казахстанское 20 оказались достаточно высокими и составили 93–99 %. Фенологические наблюдения за ростом и развитием сортов показали, что наиболее скороспелыми в условиях юго-востока Казахстана оказались сорта Ставропольское 36 и Силосное 88 (период вегетации – 133–136 дней), а остальные изучаемые сорта продемонстрировали более поздние сроки наступления фаз выметывания, цветения, молочной, молочно-восковой и полной спелости (период вегетации – 137–141 дней). Густота стояния растений и полевая всхожесть изучаемых сортов сахарного сорго составили в пределах 62,1–134,0 тыс. растений на гектар и 44,4–95,4 %. Наиболее высокие показатели по густоте стояния растений и полевой всхожести отмечены у сорта Силосное 88 и Оранжевое 160 по результатам скрининга сортов сахарного сорго на урожайность зеленой массы (565–711 ц/га) показали, что наиболее высокие результаты продемонстрировали сорта Оранжевое 160, Казахстанское 20 и Казахстанское 16, а наиболее высокую массу семян с метелки формировали сорта Узбекистан 18 и Казахстанское 20–54,9 г и 43,7 г.

Ключевые слова: сорго, сорт, всхожесть, высота растений, зеленая масса, сахар, урожайность

The work was carried out within the framework of funding of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under the budget program 217 «Development of Science», subprogram 102 «Grant financing of scientific research» to the project IRN AP08956469 «Selection of sorghum crops (Sudan grass, grain sorghum, sugar sorghum) for the production of green mass, grain fodder in conditions of the south, southeast of Kazakhstan».

The germination energy and laboratory germination of seeds of varieties Silosnoe 88, Orange 160, Stavropolskoe 36 and Kazakhstanskoe 20 turned out to be quite high and amounted to 93–99 %. Phenological observations of the growth and development of varieties showed that Stavropolskoe 36 and Silosnoe 88 (vegetation period – 133–136 days) turned out to be the fastest ripening varieties in the conditions of southeastern Kazakhstan, and the rest of the examined varieties demonstrated later beginning of phases of ear formation, flowering, milk, milky-wax and full ripeness (growing season – 137–141 days). The plant density and field germination of the studied varieties of sugar sorghum were within 62.1–134.0 thousand plants per hectare and 44.4–95.4 %. The highest rates of plant density and field germination were noted for varieties Silosnoe 88 and Orange 160. The results of screening of sugar sorghum varieties according to green mass yield (56.5–71.1 t / ha) showed that the highest indicators were demonstrated by varieties Orange 160, Kazakhstanskoe 20 and Kazakhstanskoe 16, and the highest weight of seeds per panicle was formed by varieties Uzbekistan 18 and Kazakhstanskoe 20–54.9 g and 43.7 g.

Key words: sorghum, variety, germination, plant height, green mass, sugar, yield.

Введение

Изменение климата, деградация природных ресурсов, опустынивание, нехватка воды и засуха угрожают продовольственной и энергетической безопасности Казахстана. В связи с этим необходимо производство крайне засухоустойчивых высокоурожайных культур, таких как сорго, способные расти по всей стране. Их широкомасштабное внедрение в производство является наиболее эффективным решением проблемы [1].

Сорго – одно из самых засухоустойчивых растений С4, известно как уникальная, универсальная и потенциально энергетическая культура [2], потребляет гораздо меньше влаги, чем кукуруза, хорошо переносит жару, устойчива к повреждению поздними заморозками. Роль этой культуры возрастает в годы с крайне неблагоприятными погодными условиями [3, 4]. Кроме того, сорго в настоящее время считается пятой по важности зерновой культурой в мире после пшеницы, кукурузы, риса и ячменя [5], и оно может быть адаптировано к большинству умеренных и тропических климатов в качестве однолетних культур [6, 7, 8].

Острозасушливые годы, как правило, подрывают экономику хозяйств на ряд лет, поэтому нет стабильности в ведении сельского хозяйства. В связи с этим возникла необходимость в изучении и широкого внедрения в производство такой засухоустойчивой культуры, как сахарное сорго. В условиях юга и юго-востока Казахстана проведены испытания отечественных и зарубежных генотипов сорговых культур и выделены перспективные линии для создания сортов [9, 10, 11], а также изучены влияние минеральных удобрений на содержание сахара и продуктивности культур [12, 13], а в условиях орошения пустынной зоны юго-востока Казахстана разработана технология возделывания сорго [14]. Однако, до настоящего времени сахарное сорго не получили широкого применения в данном регионе. В связи с этим одним из путей решения проблемы является скрининг высокопродуктивных сортов сахарного сорго, обладающих высокой урожайностью зеленой массы, неограниченными возможностями многоцелевого назначения и адаптированных к неблагоприятным факторам внешней среды.

Основная часть

Стресс-факторами для сорговых культур являются короткий безморозный период, дефицит активных положительных температур и недостаточная влагообеспеченность. Поэтому оценку исходного материала по способности с наибольшей эффективностью использовать благоприятные факторы внешней среды и одновременно противостоять экологическим стрессорам – главное условие выделения новых сортов, характеризующихся снижением затрат на каждую единицу урожая [15]. В качестве объектов исследования использованы сорта сахарного сорго: Казахстанское 16, Казахстанское 20, Оранжевое 160, Узбекистан 18, Силосное 88 и Ставропольское 36. Основными критериями выбора этих сортов были высокая продуктивность зеленой массы и содержание сахаров в соке. Для полного созревания сахарного сорго необходима сумма положительных температур за вегетационный период от 3000 до 3500 °С, в зависимости от сорта и условий выращивания, которая соответствует условиям юго-востока Казахстана.

Территория, на которой расположен опытный участок в Жамбылском районе Алматинской области, входит в подзону светло-каштановых почв. Светло-каштановые карбонатные почвы располагаются на увалистых размытых равнинах предгорий, занимая абсолютные отметки от 700–800 м до 900–1000 м над уровнем моря. Грунтовые воды находятся на глубине более 10 м и на почвообразовательный процесс какого-либо влияния не оказывают. Содержание основных питательных элементов составляет в слое 0–20 и 20–40 см: N–NO₃ – 2,0 и 1,9, P₂O₅ – 51,7 и 15,8 и K₂O – 270 и 230 мг/кг почвы соответственно.

Закладка полевых опытов, фенологические наблюдения, определение урожайности зеленой массы, структурных элементов проводили по общепринятым в Казахстане методикам. Посев проводили в оптимальные сроки в первой декаде мая; глубина заделки семян – 4 см; норма высева – 140 тыс. семян на 1 га; площадь делянки для каждого образца – 7 м²; повторность опытов трехкратная. Способ посева – широкорядный с шириной междурядий 70 см. В качестве минерального удобрения применяли аммофос из расчета 60 кг действующего вещества и аммиачную селитру из расчета 120 кг действующего вещества на 1 га. На опытных участках проведены два вегетационных полива.

Сахарное сорго, как культура С4, способна производить высокую биомассу в стрессовых условиях. Его высокая эффективность использования азота позволяет ему производить в два–три раза больше биомассы за один урожай, чем более широко используемые силосные культуры, такие как кукуруза [16]. По сравнению с исходными кормовыми культурами сахарное сорго обладает такими преимуществами, как высокая устойчивость к температуре и засухе, высокая урожайность, низкие требования к плодородию почвы, а также хорошие вкусовые качества и усвояемость [17].

В лабораторных условиях определена масса 1000 зерен изучаемых сортов сахарного сорго: Казахстанское 16–19,0 г; Казахстанское 20–18,5 г; Узбекистан 18–23,8 г; Оранжевое 160–16,2 г; Ставропольское 36–21,6 г; Силосное 88–21,0 г. Всхожесть семян изучаемых сортов показали достаточно высокую энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян, которая составила в пределах 89–97 %, а лабораторная всхожесть семян в пределах 89–98 % (табл. 1). Как видно из данных табл. 1, энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян у сортов Силосное 88, Оранжевое 160, Ставропольское 36 и Казахстанское 20 оказались достаточно высокими и составили 93–99 %. Однако, высокая лабораторная всхожесть не гарантирует получению дружных всходов. Полевая всхожесть зависит во многом от сроков уборки культур, условий хранения и погодных условий. Некоторые авторы отмечают, что при холодной затяжной весне, семена прорастают при пониженных температурах и их полевая всхожесть падает [18]. При посеве всех видов сорговых культур следует учитывать, что полевая всхожесть семян, как правило, ниже лабораторной на 25–30 % [19].

Многолетними исследованиями установлено, что оптимальная глубина заделки семян сорго составляет 4–5 см. Однако, при выборе правильной глубины заделки семян при посеве необходимо учитывать не только энергию прорастания и механический состав почвы, но также влажность почвы и температуру воздуха. Заделка семян должна выполняться на такую глубину, где достаточно влаги для прорастания и энергичного начального роста [14]. С учетом вышеперечисленных факторов семена заделывались на оптимальную глубину 3–4 см.

Таблица 1. Масса 1000 зерен, энергия прорастания и лабораторная всхожесть сахарного сорго

Название сорта	Масса 1000 зерен, г	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Казахстанское 16	19,0	90	92
Казахстанское 20	18,5	97	99
Узбекистан 18	23,8	89	89
Оранжевое 160	16,2	94	94
Ставропольское 36	21,6	97	97
Силосное 88	21,0	93	98

По густоте стояния растений и полевой всхожести изучаемых сортов сахарного сорго колебалась в пределах 62,1–134,0 тыс. растений на гектар и 44,4–95,4 % соответственно. Наиболее высокие показатели по густоте стояния растений и полевой всхожести отмечены у сорта Силосное 88 и Оранжевое 160 (табл. 2).

Таблица 2. Густота стояния растений и полевая всхожесть сортов сахарного сорго

Название сорта	Густота стояния растений, тыс. шт/га	Полевая всхожесть, %
Казахстанское 16	123,2	88,0
Казахстанское 20	124,0	88,9
Узбекистан 18	62,1	44,4
Оранжевое 160	130,0	92,6
Ставропольское 36	122,0	87,0
Силосное 88	134,0	95,4

Одним из основных критериев при отборе сортов для возделывания является продолжительность вегетационного периода. Были изучены основные фазы роста и развития растений сахарного сорго, при этом отмечено, что фазы роста, предшествующие фазе выхода в метелку, у всех шести изучаемых сортов сорго наступали одновременно. Начиная со стадии выхода в метелку и, вплоть до стадии полной спелости зерна, показатели различались, в зависимости от изучаемых сортов сахарного сорго. Длительность вегетационного периода колебалась в пределах 133–141 дней (табл. 3).

Таблица 3. Продолжительность фаз развития и вегетационного периода у сортов сахарного сорго

Фазы развития	Сорта сахарного сорго					
	Казахстанское 16	Казахстанское 20	Узбекистан 18	Оранжевое 160	Ставропольское 36	Силосное 88
Посев	10,05	10,05	10,05	10,05	10,05	10,05
Полные всходы	20,05	20,05	20,05	20,05	20,05	20,05
Кушение	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06
Выход в трубку	25,06	25,06	25,06	25,06	25,06	25,06
Выметывание	02,08	02,08	02,08	06,08	25,07	20,07
Цветение	07,08	10,08	10,08	12,08	29,07	02,08
Молочная спелость	28,08	28,08	28,08	28,08	18,08	28,08
Молочно-восковая спелость	10,09	12,09	14,09	12,09	28,08	08,09
Полная спелость	24,09	25,09	28,09	25,09	20,09	23,09
Вегетационный период, дней	137	138	141	138	133	136

Как видно из данных фенологических наблюдений за ростом и развитием шести сортов сахарного сорго, приведенных в табл. 3, наиболее скороспелыми оказались сорта Ставропольское 36 и Силосное 88, период вегетации, которых составили 133–136 дней, а остальные изучаемые сорта продемонстрировали более поздние сроки наступления фаз выметывания, цветения, молочной, молочно-восковой и полной спелости (период вегетации – 137–141 дней).

Величина биомассы в посевах сахарного сорго от всходов до фазы выхода в трубку – незначительная. В дальнейшем прирост увеличилась, достигая максимума в период выхода в метелку – молочная спелость. Высота растений в проведенных нами опытах различалась, в зависимости от биологических особенностей сортов, и составила в среднем 123–240 см. Высота растений сортов сахарного

сорго в фазах молочной и восковой спелости колебались в пределах 203–240 см, а зеленая масса 177,8–711,1 ц/га (табл. 4). При этом высокую урожайность зеленой массы формировали сорта Оранжевое 160, Казахстанское 20 и Казахстанское 16.

Таблица 4. Урожайность зеленой биомассы сахарного сорго в условиях орошения юго-востока Казахстана

Название сорта	Фаза развития в период учета	Высота растений, см	Зеленая масса, ц/га
Казахстанское 16	Молочная спелость	200	565,7
Казахстанское 20	Молочная спелость	225	609,5
Узбекистан 18	Молочная спелость	218	361,1
Оранжевое 160	Молочная спелость	211	711,1
Ставропольское 36	Восковая спелость	203	177,8
Силосное 88	Молочная спелость	240	391,1
НСР ₀₅			120,8

Процесс интенсивного накопления сахаров в соке стеблей сахарного сорго происходит, обычно, до фазы молочной спелости. Пик прироста содержания сахаров приходится на фазу молочной спелости, а затем, к периоду восковой спелости, содержание сахаров, как правило, снижается, что вероятно связано с преобладанием в этот период диссимиляционных процессов, в связи с затратами энергии на формирование и созревание зерна. Это отмечено практически на всех сортах сахарного сорго [20].

В результате исследований выявили широкую вариабельность генотипов исследуемых признаков. Во все годы выращивания и во всех регионах самые высокие значения выхода экстрагируемого сока стеблей, выхода биоэтанола и содержания сахара в соке были зарегистрированы для BSS55 (22 740 л/га) и BSS46 (1569,6 л/га) [21].

Наиболее высокие показатели по накоплению сахаров (10,4 и 9,5 т/га) были отмечены у сортов Оранжевое 160 и Казахстанское 20, хотя они и уступали по выходу сока с 1 кг стеблей (528,6 и 472,7 мл) сорту Узбекистан 18 (585,2 мл).

Высокое содержание сахаров, а также такие ценные биологические свойства сахарного сорго, как способность отрастать после скашивания и сохранять сочность стеблей, а также сохранение зеленого цвета листьев до полной спелости зерна позволяют использовать эту культуру для силосования как отдельно, так и в смеси с травами, в том числе и дикорастущими [22].

Как было отмечено ранее, продолжительность вегетационного периода сорго зависит от температуры, длины светового дня и др. Анализ структурных элементов урожая зерна показал, что наиболее высокую массу семян с метелки формировали сорта Узбекистан 18 и Казахстанское 20–54,9 г и 43,7 г соответственно (табл. 5).

Таблица 5. Структурные элементы урожая зерна сортов сахарного сорго в условиях юго-востока Казахстана

Название сорта	Масса 1000 зерен, г	Озерненность метелки, шт	Вес зерен с метелки, г
Казахстанское 16	26,6±0,31	1117,7±127,85	29,7±3,49
Казахстанское 20	22,5±0,29	1942,4±110,9	43,7 ±3,00
Узбекистан 18	27,1±2,00	2026,8±375,38	54,9±8,46
Оранжевое 160	20,7±0,13	1304,5±76,16	27,0±1,43
Ставропольское 36	24,1±0,22	1058,9±32,39	25,5±0,73
Силосное 88	21,1±0,39	1506,2±46,23	31,8±1,45

Примечание – НСР₀₅ – наименьшая существенная разница с 95%-ным уровнем вероятности

Заключение

Таким образом, при сравнении результатов можно сделать следующее заключение, что в условиях юго-востока Казахстана по показателям продуктивности зеленой массы наиболее высокие результаты показали сорта Оранжевое 160, Казахстанское 20 и Казахстанское 16. Фенологические наблюдения за ростом и развитием сортов показали, что наиболее скороспелыми в условиях юго-востока Казахстана оказались сорта Ставропольское 36 и Силосное 88 (период вегетации – 133–136 дней), а остальные изучаемые сорта оказались позднеспелыми, вегетационный период которых составил 137–141 дней. Кроме того, наиболее высокую массу семян с метелки формировали сорта Узбекистан 18 и Казахстанское 20–54,9 г и 43,7 г соответственно. Наибольшие значения расчетного накопления сахаров были отмечены у сортов Оранжевое 160 и Казахстанское 20–10,4 и 9,5 т/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Climate change and crop production // CABI Climate Change Series, UK, 2011, 292 p.
2. Appiah-Nkansah NB, Li J, Rooney W, Wang D A review of sweet sorghum as a viable renewable bioenergy crop and its techno-economic analysis. renewable energy. Volume 143. 2019, P. 1121–1132.
3. Schally Von Mag. Di Harald, Wiedner Di Gunther. Sorghumhirst Eine Kultur von morgen? 2011, №10. Fortsschr. Landwirt. P. 42–43.

4. Комаров, Н. М., Соколенко Н. И., Золбина Н. Л. Перспективные сорта зерновых и кормовых культур селекции Ставропольского НИИСХ. Достижения науки и техники АПК. – 2013, №6. – С. 6–9.
5. Luna, D. F., Pons, A. B. S., Bustos, D., & Taleisnik, E. Early responses to Fe-deficiency distinguish Sorghum bicolor genotypes with contrasting alkalinity tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 2018. 155, 165–176.
6. Shukla S., Felderhoff T., Saballos A., Vermerris W. (2017) The relationship between plant height and sugar accumulation in the stems of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Field Crops Research* 203 181–191.
7. Bellmer, D. D., Huhnke, R. L., Whiteley, R., Godsey, C., 2010. The untapped potential of sweet sorghum as bioenergy feed stock. *Biofuels*. 2010. 1(4), 563–573.
8. Khalil, S.R.A., Abdelhafez, A.A., Amer, E. A. M. Evaluation of bioethanol production from juice and bagasse of some sweet sorghum varieties. *Ann. Agric. Sci.* 2015. 60(2), 317–324.
9. Zhapayev R., Omarova A., Nikishkov A., Yushenko D., Iskandarova K., Paramonova I., Nekrasova N., Toderich K., Akhmetova A., Zelenskiy Y., Karabayev M. Sorghum yield potential assessment in different agro-ecological zones of Kazakhstan (for feed and biofuel) // Тез. II междунар. биолог. конгр. «Глобальные изменения климата и Биоразнообразие», 11–13 ноября 2015. – Алматы, Казахстан, – 2015. – С. 217.
10. Zhapayev, R. K., Toderich K. N., Tautenov I. A., Umirzakov S. I., Bekzhanov S., Nurgaliev N., Nurzhanova Sh. J., Tajekeeva A. K., Iskandarova K. A., Karabayev M. K. Forage Production and Nutritional Value of Sorghum and Pearl Millet on Marginal Lands on Priaralie // *Journal of Arid Land Studies*. Vol. 25. #3. 2015. – P. 169–172.
11. Kunyupiyeva G., Zhapayev R., Karabayev M. Environmental testing of sorghum genotypes of different ecological and geographical origin in the conditions of south-eastern, northern and western Kazakhstan // International scientific–practical conference «Organic agriculture – the basis of production of ecologically friendly products». 28–29 June, 2018. Almaty, Kazakhstan. p. 108.
12. Nokerbekova N., Zavalin A., Suleimenov Ye., Zhapayev R. The Nutrition Influence of Nitrogen Fertilizers on the Sugar Content of Sweet Sorghum Plants in the Southeast of Kazakhstan // *Russian Agricultural Sciences*, 2018, Vol. 44, No. 1, pp. 25–30.
13. Nokerbekova N., Suleimenov Ye., Zhapayev R. Influence of Fertilizing with Nitrogen Fertilizer on the Content of Amino Acids in Sweet Sorghum Grain // *Agriculture and Food Sciences Research*, 2018, Vol.5, No.2, pp. 64–67.
14. Рахимбеков Т. С., Каракальчев А. С. Интенсивная технология выращивания сорго на орошаемых землях Казахстана. – Алматы: Кайнар, 1991. – 32 с.
15. Каменева, О. Б., Буенков А. Ю. Особенности вегетационного периода сортообразцов сахарного сорго в условиях Саратовской области // *Агро XXI*. -2011. – №7–9. – С. 14–15.
16. Xie, Q., Xu, Z. H. Sustainable agriculture: from sweet sorghum planting and ensiling to ruminant feeding. *Mol. Plant*. – 2019. 12, 603–606. doi: 10.1016/j.molp.2019.04.001.
17. Chen, M., Yang, Z., Liu, J., Zhu, T., Wang, B. Adaptation mechanism of salt excluders under saline conditions and its applications. *Int. J. Mol. Sci.* 2018. 19, 3668. doi: 10.3390/ijms19113668.
18. Гарбур, И. В. Совершенствование метода определения посевных качеств семян / И. В. Гарбур, П. Г. Шарова // *Селекционно-генетические исследования кукурузы и сорго в Молдавии: сб. науч. трудов*. – Кишинев, 1989. – С. 139–142.
19. Повышение содержания сахаров у сорго сахарного в засушливых условиях Нижнего Поволжья / В. С. Горбунов [и др.] // *Кукуруза и сорго*. – 2012. – №4. – С. 3–7.
20. Уровень и динамика накопления сахаров в растениях сорго / Б. Н. Малиновский [и др.] // *Доклады ВАСХНИЛ*. – 1984. – №3. – С. 7–8.
21. Guden B., Erdurmus C., Erdal S., and Uzun B., «Evaluation of sweet sorghum genotypes for bioethanol yield and related-traits, «Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 2020 (15) (PDF) Bioethanol Production from Stalk Residues of Chiquere and Gebabe Varieties of Sweet Sorghum.
22. Продуктивность местных и интродуцированных из Индии сортов сахарного сорго в условиях Каракалпакстана / Т. Бегдулаева [и др.] *Вестник Каракалпакского отделения академии наук Республики Узбекистан*. – 2009. – №2. – С. 20–22.