

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ САХАРНОГО И ТРАВЯНИСТОГО СОРГО В ЗОНЕ ЗАСУШЛИВОЙ ЧЕРНОЗЕМНОЙ СТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

В.С. ЕСКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORSID ID 0000-0003-2059-5067

В.В. ГУСЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0001-3858-1088

М.М. ХАЛИКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0002-4229-2518

Р.А. ЭЛЕНБЕРГЕР, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0009-4060-4435

Н.В. БАХАРЕВА, научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-3556-4274

А.В. ХРАМОВ, научный сотрудник, ORCID ID 0009-0009-0636-0481

К.А. НАБАБКИНА, младший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0001-6483-6999

ФГБНУ ФАНЦ ЮГО-ВОСТОКА, Г. САРАТОВ, E-mail: yeskovavs@mail.ru

Сорго, несомненно, относится к таким сельскохозяйственным культурам, которые адаптируются к стрессовым факторам неблагоприятной среды при их возделывании. Адаптационные особенности и продуктивный потенциал характеризуют экологическую пластичность и стабильность урожая в конкретных условиях возделывания. Зона засушливой черноземной степи играет важную роль в агропромышленном секторе Поволжья. Сорго – засухоустойчивая и продуктивная сельскохозяйственная культура, которая способна формировать стабильный урожай в условиях часто повторяющихся засух. Большое значение в наше время приобретает соотношение потенциальной продуктивности и адаптивной способности кормовых культур. Поэтому перед селекционерами стоит задача выведения не только высокопродуктивных, но и экологически устойчивых сортов и гибридов. В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по изучению продуктивности сорговых культур, их стрессоустойчивости, а также параметров адаптивности сортов сахарного и травянистого сорго. Исследования проведены в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в лаборатории селекции и семеноводства кормовых культур и кукурузы. По результатам исследований выявлены наиболее перспективные высокопродуктивные линии, гибриды и сорта с достойными адаптивными свойствами. Наиболее стабильным и пластичным показал себя сорго – суданковый гибрид Листовой ($V=7\%$; $Нот=9$; $У2-У1=-1,7$; $Sc=10,2$). Из сортов сахарного сорго отличился сорт Рубеж ($V=12\%$; $Нот=3,8$; $У2-У1=-2,2$; $Sc=5,6$). ССГ Листовой и сорт сахарного сорго Рубеж проявили себя, как более адаптивные носители генотипов сорговых культур. Для использования их в производственных условиях сельхозпроизводитель должен учитывать не только высокий потенциал урожайности, но и статистические показатели адаптивности.

Ключевые слова: травянистое и сахарное сорго, сорта, гибриды, урожайность, параметры адаптивности.

Для цитирования: Ескова В.С., Гусев В.В., Халикова М.М., Эленбергер Р.А., Бахарева Н.В., Храмов А.В., Набабкина К.А. Оценка урожайности и параметров адаптивности сахарного и травянистого сорго в зоне засушливой черноземной степи Поволжья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):102-107. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-102-107

EVALUATION OF THE YIELD AND ADAPTABILITY PARAMETERS OF SUGAR AND GRASS SORGHUM IN THE ZONE OF THE ARID CHERNOZEM STEPPE OF THE VOLGA REGION

V.S. Eskova, V.V. Gusev, M.M. Khalikova, R.A. Elenberger, N.V. Bakhareva, A.V. Khramov,
K.A. Nababkina

FSBSI FEDERAL CENTER OF AGRICULTURE RESEARCH OF THE SOUTH –
EAST REGION, SARATOV

Abstract: *Sorghum undoubtedly belongs to such agricultural crops that adapt to the stress factors of an unfavorable environment during their cultivation. Adaptive features and productive potential characterize the ecological plasticity and stability of the crop in specific conditions of cultivation. The arid chernozem steppe zone plays an important role in the agro-industrial sector of the Volga region. Sorghum is a drought-resistant and productive agricultural crop that is able to form a stable crop in conditions of often recurring droughts. Of great importance in our time is the ratio of potential productivity and adaptive capacity of fodder crops. Therefore, breeders are faced with the task of breeding not only highly productive, but also environmentally sustainable varieties and hybrids. The article presents the results of research work on the study of the productivity of sorghum crops, their stress resistance, as well as the parameters of adaptability of varieties of sugar and grass sorghum. The studies were carried out at the FSBSO "Federal Center of Agriculture Research of the South- East Region" (Saratov) in the laboratory of selection and seed production of fodder crops and corn. According to the results of the research, the most promising highly productive lines, hybrids and varieties with decent adaptive properties were identified. Sorghum-Sudan hybrid Listovoy (V=7%; Hom=9; Y2-Y1=-1.7; Sc=10.2) proved to be the most stable and plastic. Of the sweet sorghum varieties, the Rubezh variety distinguished itself (V=12%; Hom=3.8; Y2-Y1=-2.2; Sc=5.6). SSG Listovoy and sweet sorghum variety Rubezh proved to be the most adaptive to the cultivation conditions in this ecological niche. When selecting the most promising genotypes of sorghum fodder crops for their use under production conditions, the agricultural producer must take into account not only the high yield potential, but also the statistical indicators of adaptability.*

Keywords: Grass and sugar sorghum, varieties and hybrids, yield, adaptability parameters.

Введение. Использование адаптивности, оценка стрессоустойчивости, генетической гибкости, гомеостатичности, а также селекционной ценности сортов и гибридов сорговых культур позволяют установить достоверность наблюдаемых различий и получить необходимую информацию для подбора перспективных генотипов при формировании высокопродуктивных агроценозов и их дальнейшего производственного использования [1]. Новые сорта, несомненно, должны обладать определенным продуктивным и адаптивным потенциалом, необходимым для селекции в условиях рискованного земледелия засушливой черноземной степи Поволжья.

Цель исследований – оценка адаптивных свойств сортов, линий и гибридов травянистого и сахарного сорго. Установление степени влияния их на урожайность, используя статистический анализ данных в условиях засушливой черноземной степи Поволжья.

Материал и методы исследований

Исследования были проведены в 2019-2021 гг. в питомниках – селекционном, питомнике отбора, питомнике предварительного размножения перспективных линий и гибридов, конкурсного сортоиспытания на полях кормового и селекционного севооборотов ФАНЦ Юго-Востока. Почвы опытных участков – южные чернозёмы, мало-гумусные и слабо-гумусированные, облегчённого механического состава [2]. Содержание гумуса в почве 2,5-5,6%. Климат отличается резкой континентальностью. Для него характерно жаркое и сухое лето и холодная, малоснежная зима, короткая, засушливая весна и сухое жаркое лето. Средняя температура самого холодного месяца в году (февраль) составляет – 11,4°C, а самого жаркого (июль) – +21,4°C. Продолжительность безморозного периода составляет 161 день, с колебаниями по годам от 119 до 195 дней. По средним многолетним

данным за период с мая по сентябрь здесь выпадает 170 мм осадков, а за год – 391мм. ГТК равен 0,6 – 0,8 [3, 2, 4].

Объекты исследований – Суданская трава Саратовская 1183, сорго-суданковые гибриды (ССГ Хопер, Болдинский, Листовой, Азимут) и сахарное сорго (Саратовское 90, Крепыш, Рубеж, линия 415 – 12, 708-16).

Полевые опыты закладывали в соответствии с требованиями методики полевого опыта (Б.А. Доспехов, 2014). Посев проводили во второй–третьей декаде мая. Перед посевом проводили две культивации: первая – на глубину 15 см, вторая – на глубину заделки семян [6]. Во время вегетационного периода вели фенологические наблюдения. Учет урожайности биологической массы проводили в периоде начала выметывания метелок у суданской травы и ССГ до молочно – восковой – восковой спелости зерна у растений сахарного сорго. Измеряли количество сухого вещества: проводили пробоотбор, образцы измельчали, выделяли среднюю пробу, высушивали, а затем определяли химический состав образцов в химико-аналитической лаборатории. Математическая и статистическая обработки данных проведены по методике Б.А. Доспехова [6] с использованием компьютерной программы Excel, стрессоустойчивость и генетическую гибкость по уравнениям А.А. Rosiette, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко [7], параметры гомеостатичности (H_{om}) – по В.В. Хангильдину [4], коэффициент вариации (V) – по Б.А. Доспехову [6, 8].

Результаты и их обсуждения

Результаты научных экспериментов по изменению урожайности надземной массы и параметров адаптивности в почвенно-климатических условиях эксперимента представлены в таблице и на рисунках 1 и 2.

Установлено, что урожайность травянистого сорго по годам изменялась в пределах от 10,7 до 17,3 т/га, при среднем значении 12,6 т/га, сахарного – от 4,8 до 10,7 т/га, при среднем значении 7,86 т/га соответственно. Изменчивость урожайности как травянистого так и сахарного сорго по годам высокая. Возможно, это связано с неблагоприятными условиями для роста и развития растений и формирования урожайности. В среднем за годы исследований более высокая урожайность была отмечена у суданской травы Саратовская 1183 (13,1 т/га), у сорго-суданкового гибрида Болдинский (14,3 т/га), у линии 415-12 сахарного сорго – 8,7 т/га и у линии 708-16 – 8,4 т/га соответственно.

В условиях резко континентального климата одним из важных показателей сортов – их стрессоустойчивость, уровень которой устанавливается по разности между минимальной и максимальной урожайностью. Эти значения со знаком минус и чем меньше их величина, тем выше устойчивость сорта к факторам – стресса, тем шире параметры приспособления генотипа к условиям внешней среды [3]. ССГ Листовой и сахарное сорго Рубеж показали самую высокую устойчивость к стрессу – это – 1,7 т/га и – 2,2 т/га соответственно. Самую низкую – ССГ Болдинский (-5,1 т/га) и сахарное сорго Саратовское 90 (-4,4 т/га).

Генетическая гибкость любого генотипа выражается величиной, показывающей наибольший уровень средней урожайности в экстремальных условиях среды [3]. Самое высокое значение этого показателя было отмечено у ССГ Болдинский (14,7 т/га) и у линии сахарного сорго 708-16 (8,6 т/га). Самое низкое у ССГ Листовой и сахарного сорго Крепыш – 11,5 и 6,9 т/га соответственно.

По мнению Хангильдина В.В. (1984) лимитирующим фактором урожайности является не потенциальная продуктивность, а устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды, т.е. гомеостатичность (H_{om}) и именно низкий гомеостаз ведет к снижению биологической продуктивности растений [4].

Таблица

Урожайность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость, гомеостатичность и селекционная ценность линий, сортов и гибридов сорго (2019-2021 гг.)

Сорт, гибрид	Сухое вещество, т/га				Показатели			
	2019	2020	2021	сред- нее	стрессо- устойчи- вость, т/га $Y_{\min}-Y_{\max}$	генетическая гибкость т/га $\frac{(Y_{\min}+Y_{\max})}{2}$	гомеоста- тичность (H_{om})	селекци- онная ценность (S_c)
Суданская трава и сорго-суданковые гибриды (ССГ)								
Суд.трава Саратовская 1183	11,1	14,1	14,2	13,1	-3,2	12,6	2,8	10,2
ССГ Хопер	11,8	13,9	11,4	12,3	-2,6	12,7	4,3	10,1
ССГ Болдинский	13,6	17,3	12,2	14,3	-5,1	14,7	1,3	10,1
ССГ Листовой	10,7	12,4	12,3	11,8	-1,7	11,5	9,0	10,2
ССГ Азимут	10,9	13,3	11,0	11,7	-2,4	12,1	4,3	9,6
НСР ₀₅	2,2				-			
Сахарное сорго								
Саратовское 90	6,1	10,5	8,0	8,2	-4,4	8,3	1,0	4,8
Крепыш	4,8	9,1	5,5	6,5	-4,3	6,9	0,8	3,4
Рубеж	6,3	7,7	8,5	7,5	-2,2	7,4	3,8	5,6
415-12	6,2	10,4	9,6	8,7	-4,2	8,3	1,2	5,2
708-16	6,6	10,7	7,9	8,4	-4,1	8,6	1,2	5,2
НСР ₀₅	1,8				-			

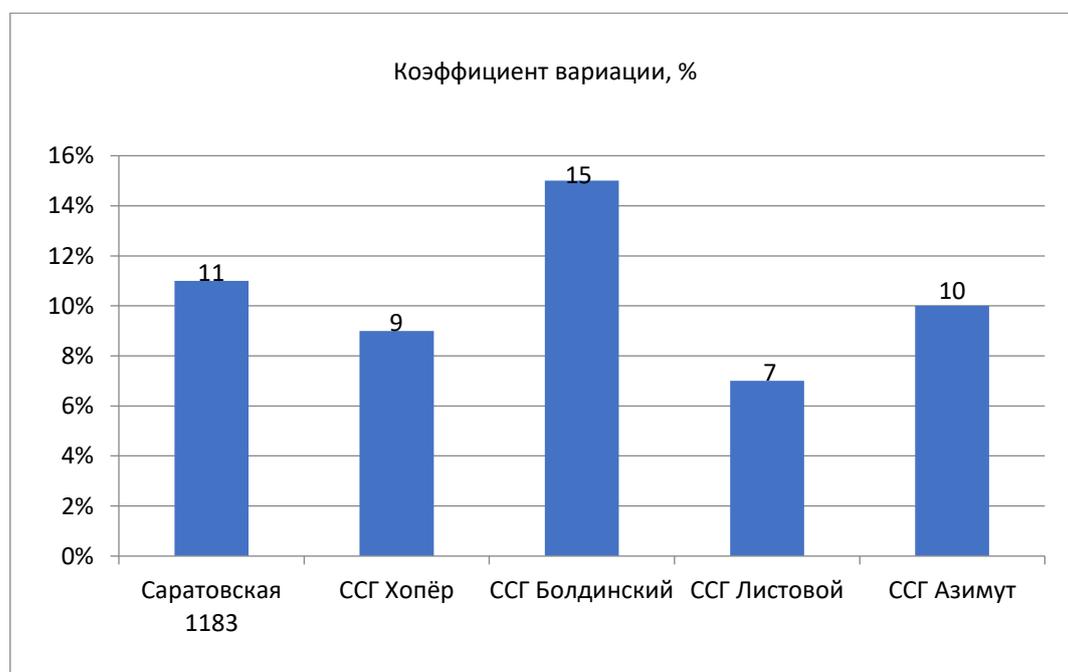


Рис. 1. Коэффициент вариации травянистого сорго, %

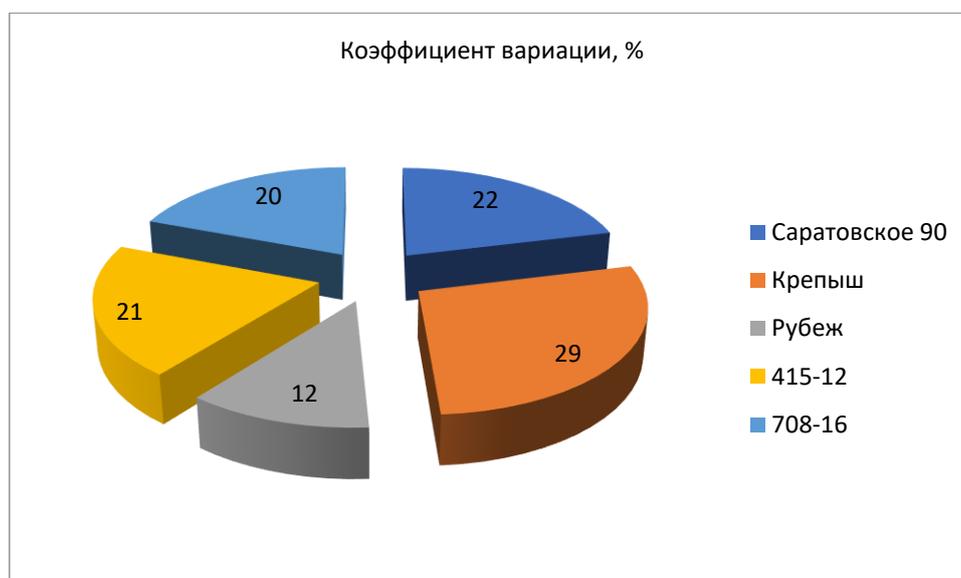


Рис.2. Кoeffициент вариации сахарного сорго, %

Наибольшая величина гомеостатичности наблюдалась у сорго-суданкового гибрида Листовой (9) и у сахарного сорго Рубеж (3,8). Низкую гомеостатичность показали ССГ Болдинский (1,3) и сахарное сорго Крепыш (0,8). Причем этот сорт и гибрид отличались повышенным уровнем потенциальной продуктивности.

Оценка селекционной ценности (S_c) предусматривает трансформацию фактического среднего урожая сорта в условный, с поправкой на гомеостатичность. Максимальная селекционная ценность отмечалась у суданской травы Саратовская 1183, у ССГ Листовой (10,2) и у сахарного сорго Рубеж (5,6). Минимальной – у ССГ Азимут (9,6) и у сахарного сорго Крепыш (3,4) соответственно (таблица).

В наших расчетах коэффициент вариации (V) демонстрировал степень варьирования урожайности по годам и реакции на условия возделывания (рис. 1,2). За период исследований (2019-2021 гг.) наименьшая величина коэффициента, а значит, высокая экологическая стабильность была отмечена у ССГ Листовой (7%) и у сахарного сорго Рубеж (12%).

Устойчивость признака в изменяющихся условиях среды, отражает связь гомеостатичности и коэффициента вариации. В течение исследуемого периода наибольшую стабильность у травянистого сорго проявил ССГ Листовой. Об этом свидетельствуют наименьшее значение коэффициента вариации (7%) и высокая гомеостатичность (9). Из сортов и линий сахарного сорго выделился сорт Рубеж с коэффициентом $V=12\%$ и гомеостатичностью равной 3,8. Наименьшей стабильностью обладал ССГ Болдинский ($V=15\%$; $H_{om}=1,3$) и сорго сахарное Крепыш ($V=29\%$; $H_{om}=0,8$).

Заключение

На основании проведенных исследований были выделены сорта и гибриды сорго, обладающие высокой адаптивностью с позиции экологической пластичности, стабильности, гомеостатичности и селекционной ценности в условиях черноземной степи Поволжья. Наиболее стабильным и пластичным показал себя сорго-суданковый гибрид Листовой, это подтверждают низкий коэффициент вариации (7%), высокая гомеостатичность (9) и стрессоустойчивость (-1,7 т/га). Также максимально высоким был показатель - селекционная ценность и составил 10,2.

Из сортов сахарного сорго отличился сорт Рубеж ($V=12\%$; $H_{om}=3,8$; $Y_2-Y_1=-2,2$; $S_c=5,6$). Этот сорт новый, оригинатор - ФАНЦ Юго-Востока, сорт допущен к использованию с 2020 года.

Таким образом, сорго суданковий гибрид Листовой и сорт сахарного сорго Рубеж показали себя как наиболее адаптивные к условиям возделывания в изучаемой зоне. При

подборе наиболее перспективных генотипов сорговых кормовых культур должны учитываться не только высокий потенциал урожайности, но и различные статистические показатели адаптивности.

Литература

1. Верхоламочкин С.В. Формирование высокопродуктивных посевов сорго кормового в условиях Центрального региона России: дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, – 2022. – 130 с.
2. Гусев В.В., Ларина В.В., Храмов А.В., Никитин Т.Ю. Семеноводство сахарного сорго – особенности технологии возделывания. // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2009. – № 3 (16). – С. 84-88.
3. Бахарева Н.В., Гусев В.В., Халикова М.М., Храмов А.В., Ескова В.С., Мустафина Т.Ш., Дустанов И.В. Новые сорта и гибриды травянистого сорго и их хозяйственно-полезные признаки. // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 1. – С. 7-12.
4. Хангильдин В.В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико – селекционных исследованиях // Генетико – цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. – 1984. – № 1. – С. 67-76.
5. Гусев В.В., Халикова М.М., Ескова В.С., Бахарева Н.В., Храмов А.В., Мустафина Т.Ш., Воронцова О.А. Сорговые культуры в кормопроизводстве // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2018. – № 1 (18). – С. 59-62.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, – 2014. – 351 с.
7. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49-53.
8. Верхоламочкин С.В., Бельченко С.А., Васкина Т.И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [*sorghumbicolor*(l)moench] в условиях юго-западной части Центральной России. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №3. – С. 27-38.

References

1. Verkholamochkin S.V. Formation of highly productive forage sorghum crops in the conditions of the central region of Russia: dis. ... candidate of Agricultural Sciences. Bryansk, 2022. 130 p.
2. Gusev V.V., Larina V.V., Khramov A.V., Nikitin T.Yu. Seed production of sugar sorghum – features of cultivation technology // *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*. 2009. No. 3(16). pp. 84-88.
3. Bakhareva N.V., Gusev V.V., Khalikova M.M., Khramov A.V., Eskova V.S., Mustafina T.S., Dustanov I.V. New varieties and hybrids of herbaceous sorghum and their economically useful signs // *Successes of modern natural science*. 2023. No. 1. pp. 7-12.
4. Hangildin, V.V., Biryukov S. V. The problem of homeostasis in genetic breeding research // *Genetic and cytological aspects in the selection of agricultural plants*. 1984. No. 1. pp. 67-76.
6. Gusev V.V., Khalikova M.M., Eskova V.S., Bakhareva N.V., Khramov A.V., Mustafina T.S., Vorontsova O.A. Sorghum crops in fodder production // *Agrarian Bulletin of the South-East*. 2018. No. 1(18). pp. 59-62.
6. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2014. 351 p.
7. Goncharenko A.A. On adaptability and ecological sustainability of varieties of grain crops // *Vestnik RASHN*. 2005. No. 6. pp. 49-53.
8. Verkholamochkin S.V., Belchenko S.A., Vaskina T.I. Agroecological testing of varieties and hybrids of forage sorghum [*sorghum bicolor* (l) moench] in the conditions of the south-western part of central Russia // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021. No. 3. pp. 27-38.