

Сельскохозяйственный журнал. 2024. №1 (17). С.43-50  
Agricultural journal. 2024; № 17 (1). P.43-50

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья

УДК 633.17:631.674.3:519.237.5

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/005.1.17.2024

## **КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ ОБРАЗЦОВ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ**

**Светлана Сергеевна Куколева, Оксана Павловна Кибальник, Виктория Игоревна Степанченко, Елена Сергеевна Немкина**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», Россия, г. Саратов, E-mail: lily74-88@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлена оценка засухоустойчивых сортообразцов суданской травы в условиях искусственно-смоделированного стресса, в результате которых целесообразно использовать в селекции новых сортов с высоким адаптивным потенциалом, приспособленных к возделыванию в засушливых регионах РФ. Исследования проводили в лаборатории ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». В опыте по набуханию семян использовались раствор сахарозы ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) с осмотическим давлением 19 атмосфер и раствор нитрата калия ( $KNO_3$ ) – 72 атмосферы, а при создании осмотического стресса использовали различные концентрации сахарозы: 8,3% (6 атм.), 12,4% (9 атм.), 16,5% (12 атм.), 20,7% (15 атм.), 24,8% (18 атм). В настоящее время актуальными исследованиями являются изучение корреляций между различными хозяйственно ценными признаками суданской травы, поскольку это позволяет оптимизировать селекционную работу на ранних ее этапах. Для более продуктивного процесса создания исходного материала в селекции необходимо выявить корреляции между признаками, выделить наиболее сильные связи и на основе полученных данных провести дальнейшую работу. Проанализированные коэффициенты корреляции основных физиологических и селекционных признаков свидетельствуют о целесообразности подбора исходного материала, характеризующегося высокой урожайностью, набуханием семян (в гипертонических растворах), устойчивостью к стрессовым воздействиям (осмотики разной концентрации). Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с помощью программ «AGROS 2.09» корреляционным анализом. При анализе урожайности и физиологических признаков, рассматриваемых в опытах, определена отрицательная корреляционная связь между длиной проростка с сахарозой 18 атм. и урожайностью семян  $r = -0,65 - -0,60$ .

**Ключевые слова:** корреляции признаков, суданская трава, засухоустойчивость, сахароза, набухание семян, проросток, корешок.

**Для цитирования:** Куколева С.С., Кибальник О.П., Степанченко В.И., Немкина Е.С. Корреляционная взаимосвязь образцов суданской травы при оценке засухоустойчивости // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 1(17). С.43-50.

DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/005.1.17.2024

Agronomy, forestry and water industry

Original article

**CORRELATION OF SUDAN GRASS SAMPLES IN THE EVALUATION OF DROUGHT RESISTANCE**

**Svetlana S. Kukoleva, Oksana P. Kibalnik, Viktoriia I. Stepanchenko, Elena S. Nemkina**  
Federal State Budgetary Scientific Institution of “Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn”, Russia, Saratov, E-mail: lily74-88@mail.ru

**Abstract.** The article presents an evaluation of drought-resistant samples of Sudan grass under conditions of artificially simulated stress, which is advisable to use in breeding new varieties with high adaptive potential, which are adapted for cultivation in arid regions of the Russian Federation. The research was carried out in the laboratory of the FSBSI Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn “Rossorgo”. In the seed imbibition experiment, a sucrose solution ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) with the osmotic pressure of 19 atmospheres and a potassium nitrate solution ( $KNO_3$ ) with the osmotic pressure of 72 atmospheres were used. Different concentrations of sucrose were used to create osmotic stress: 8,3% (6 atm), 12,4% (9 atm), 16,5% (12 atm), 20,7% (15 atm), 24,8% (18 atm). Currently, the latest researches involve studying the correlations between various economically valuable traits of Sudan grass, as this allows optimizing breeding work at its early stages. In order to enhance the productivity of creating initial breeding material, it is necessary to identify correlations between traits, highlight the strongest connections, and carry out further work based on the obtained data. The analyzed correlation coefficients of the main physiological and breeding traits indicate the expediency of selecting initial material, which is characterized by high yield, seed imbibition (in hypertonic solutions), and resistance to stressful conditions (osmotic stress of different concentrations). Statistical processing of experimental data was performed with the use of “AGROS 2,09” program through correlation analysis. When analyzing yield and physiological traits in the experiments, a negative correlation was found between the length of seedling with 18 atm sucrose and seed yield  $r = -0,65 - -0,60$ .

**Key words:** correlation of traits, Sudan grass, drought resistance, sucrose, seed swelling, seedling, root.

**For citation:** Kukoleva S.S, Kibalnik O.P., Stepanchenko V.I., Nemkina E.S. Correlation of Sudan grass samples in the evaluation of drought resistance // Agricultural journal. 2024. № 17 (1). P. 43-50. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/005.1.17.2024

**Введение.** Большое разнообразие сельскохозяйственных культур недостаточно устойчивы к засухе, что значительно сказывается на возможности получения высоких урожаев в аридных зонах нашей страны. В этом смысле оценка его устойчивости к засухе имеет большое значение при выборе исходного генетического материала для изучения [1-2].

Применение в селекции достижений физиологии растений возможно на основе всестороннего изучения закономерностей роста и развития, протекания физиологических процессов, особенностей метаболизма растений в естественных и искусственных условиях [3-6]. Наиболее распространенным лабораторным методом, изученным селекционерами, является проращивание семян различных сельскохозяйственных культур в гипертонических растворах с высокой концентрацией и способность развиваться в них проростков и корешков, поскольку известна положительная корреляция между засухоустойчивостью и способностью семян прорасти в растворах осмотиков [7]. Поэтому в селекционной практике изучение устойчивости растений к воздействию различных абиотических стрессоров особенно актуально [8].

Изучение корреляции между признаками дает возможность провести предварительную оценку растений и более объективно выявить формы с высокими хозяйствен-

но ценными признаками, а их комплексная оценка даст возможность отобрать лучший исходный материал для дальнейшей селекции [9]. Селекционерами проводились исследования по определению корреляционных взаимосвязей между хозяйственно-ценными признаками у сахарного сорго, зернового сорго, сорго-суданковых трав для выявления наиболее прочных зависимостей [10-12]

**Цель исследований.** Изучить сопряженность случайных корреляций между селекционными признаками образцов суданской травы, установить их силу и направленность, выявить признаки, существенно связанные друг с другом.

**Материал и методы исследований.** Объектами для проведения исследований служили сорта и линии суданской травы (всего 9) – Аллегория, Зональская 6, Амбиция, Лаура, Л-30/17, Эмма, Л-96-3св/14, Мечта Поволжья, Фаина.

Определение особенностей набухания семян сорговых культур проводили гласно общепринятой методике [13]. Семена засухоустойчивых сортов в чистой воде поглощали воды меньше, а в растворах осмотиков больше, чем неустойчивые. Осмотиками в нашем опыте служили раствор сахарозы ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) с осмотическим давлением 19 атмосфер и раствор нитрата калия ( $KNO_3$ ) – 72 атмосферы. Таким образом, схема опыта включила 3 варианта: 1 – контроль (раствор дистиллированной воды), 2 – раствор сахарозы (19 атм.), 3 – раствор нитрата калия (72 атм.). Степень поглощения воды и опытных растворов семенами изучали в динамике и контролировали через промежутки времени: 1 час, 2 часа, 4 часа, 6 часов, 24 и 48 часов. Набухание семян определено по следующей формуле:

$$A = (M_1 - M_2) \times 100 / M_2,$$

где  $M_1$  и  $M_2$  – массы набухшего и исходного образцов.

Анализ оценки засухоустойчивости образцов суданской травы проводили согласно методике проращивания семян в растворе сахарозы различной концентрации [14]. Семена изучаемых культур закладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу по 50 штук в трехкратной повторности и проращивали на дистиллированной воде в термостате при температуре 23°C. Для проведения исследований использовали 50 штук трехсуточных проростков. Образцы контрольной группы проростков оставляли на дистиллированной воде, опытную группу проростков переносили на раствор сахарозы. В каждую контрольную чашку Петри добавляли по 5 мл  $H_2O$ , а в опытную – 5 мл раствора  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . При моделировании осмотического стресса испытывали различные концентрации сахарозы: 8,3% (6 атм.), 12,4% (9 атм.), 16,5% (12 атм.), 20,7% (15 атм.), 24,8% (18 атмосфер). Проростки экспонировали в течение 4-х суток в термостате ТС-80М. У 7-суточных проростков определяли величину морфометрических показателей: длина проростка и длина корешка для оценки влияния различных концентраций препарата на повышение устойчивости изучаемых культур к осмотическому стрессу.

Также оценивали интегральный параметр реакции растений на стресс по индексу root-shoot ratio – RSR, рассчитанному как соотношение между сухой массой корешков и проростков [15-16]. Взаимосвязь признаков проводили методом корреляционного анализа с использованием статистического пакета программ «AGROS 2.09» [17].

**Результаты исследований и их обсуждение.** В селекционной работе особое внимание уделяется разработке модели сортов и гибридов конкретного назначения. При оценке больших матриц данных требуется расчет с использованием корреляционного анализа. Корреляционный анализ показал наличие сильных взаимосвязей между несколькими признаками, значимых на 5%-м и 1%-м уровне (таблица). Группировка коэффициентов корреляции помогает оценить характер взаимодействия показателей, находящихся в матрице экспериментальных данных.

Корреляционные связи между физиологическими признаками и урожайностью образцов суданской травы

Таблица

Table

Correlations between physiological traits and yield of Sudan grass samples

Признаки	Набухание			Контроль			Сахароза 6 атм.			Сахароза 9 атм.			Сахароза 12 атм.			Сахароза 15 атм.			Сахароза 18 атм.			Урожайность	
	H <sub>2</sub> O	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	KNO <sub>3</sub>	П	К	RSR	П	К	RSR	П	К	RSR	П	К	RSR	П	К	RSR	П	К	RSR	семян	биомассы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	1,00																						
2	0,68*	1,00																					
3	0,80**	0,87**	1,00																				
4	-0,22	0,14	0,26	1,00																			
5	0,02	-0,45	-0,25	-0,21	1,00																		
6	0,20	-0,04	0,09	-0,29	0,58	1,00																	
7	0,42	-0,14	0,01	-0,50	0,20	0,56	1,00																
8	-0,08	-0,06	-0,06	0,23	0,54	0,65	0,16	1,00															
9	-0,39	-0,12	0,00	0,46	0,39	0,23	-0,59	0,39	1,00														
10	0,17	-0,22	-0,28	-0,74*	0,28	0,56	0,80**	0,23	-0,43	1,00													
11	-0,52	-0,51	-0,27	0,29	0,04	-0,11	-0,27	-0,14	0,41	-0,48	1,00												
12	-0,55	-0,14	-0,05	0,62	-0,12	-0,29	-0,75*	-0,18	0,72*	-0,75*	0,60	1,00											
13	0,12	-0,45	-0,35	-0,44	0,67	0,64	0,77*	0,51	-0,29	0,73	-0,18	-0,63	1,00										
14	-0,23	-0,58	-0,49	-0,21	0,39	0,54	0,67	0,39	-0,23	0,54	0,10	-0,29	0,83**	1,00									
15	-0,60	-0,13	-0,37	0,55	-0,19	-0,33	-0,47	0,18	0,17	-0,36	-0,04	0,45	-0,18	0,14	1,00								
16	0,24	-0,32	-0,33	-0,51	0,56	0,33	0,65	0,27	-0,50	0,65	-0,42	-0,71*	0,89**	0,64	-0,08	1,00							
17	0,12	-0,48	-0,35	-0,32	0,60	0,47	0,75*	0,47	-0,35	0,62	-0,10	-0,65	0,96**	0,78*	-0,19	0,87**	1,00						
18	-0,51	-0,41	-0,31	0,16	-0,14	-0,17	-0,17	-0,32	0,32	-0,02	0,23	0,57	-0,30	-0,01	0,22	-0,38	-0,35	1,00					
19	0,27	-0,39	-0,29	-0,68*	0,52	0,50	0,85**	0,12	-0,50	0,81**	-0,28	-0,69*	0,90**	0,72*	-0,36	0,89**	0,84**	-0,16	1,00				
20	-0,08	-0,63	-0,48	-0,42	0,72*	0,62	0,66	0,36	-0,09	0,68*	-0,07	-0,34	0,90**	0,85**	-0,09	0,78*	0,81**	0,09	0,87**	1,00			
21	-0,36	-0,37	-0,37	0,39	0,43	-0,14	-0,31	0,24	0,26	-0,31	0,04	0,35	0,19	0,29	0,71*	0,33	0,19	0,08	0,03	0,32	1,00		
22	-0,17	0,27	-0,13	0,03	-0,24	-0,51	-0,61	-0,20	-0,08	-0,36	-0,30	0,15	-0,36	-0,33	0,60	-0,00	-0,39	-0,23	-0,34	-0,39	0,43	1,00	
23	-0,53	-0,02	-0,28	0,33	-0,33	-0,44	-0,60	0,17	0,28	-0,31	0,15	0,22	-0,46	-0,43	0,35	-0,47	-0,35	0,03	-0,65	-0,56	-0,08	0,31	1,00

Примечание: П – длина проростка; К – длина корешка; RSR – соотношение массы корешка и проростка

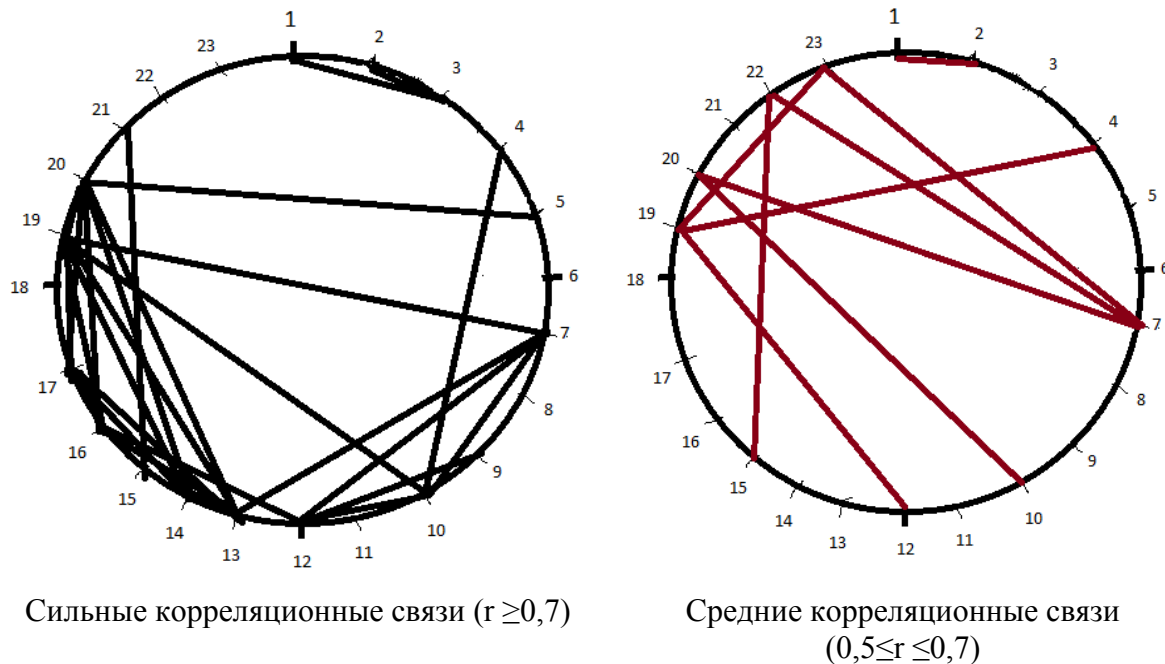


Рисунок 1 – Корреляционные связи между физиологическими признаками и урожайностью образцов суданской травы

Figure 1 – Correlations between physiological traits and yield of Sudan grass samples

*Примечание:* 1- набухание на растворе дистиллированной воды; 2 – набухание на растворе  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ; 3 - набухание на растворе  $KNO_3$ ; 4 – длина проростка на контроле; 5 – длина корешка на контроле; 6 – величина RSR на контроле; 7 - длина проростка на растворе сахарозы 6 атм; 8 - длина корешка на растворе сахарозы 6 атм; 9 - величина RSR на растворе сахарозы 6 атм; 10 - длина проростка на растворе сахарозы 9 атм; 11 - длина корешка на растворе сахарозы 9 атм; 12 - величина RSR на растворе сахарозы 9 атм; 13 - длина проростка на растворе сахарозы 12 атм; 14 - длина корешка на растворе сахарозы 12 атм; 15 - величина RSR на растворе сахарозы 12 атм; 16 - длина проростка на растворе сахарозы 15 атм; 17 - длина корешка на растворе сахарозы 15 атм; 18 - величина RSR на растворе сахарозы 15 атм; 19 - длина проростка на растворе сахарозы 18 атм; 20 - длина корешка на растворе сахарозы 18 атм; 21 - величина RSR на растворе сахарозы 18 атм; 22 – урожайность зерна ; 23 – урожайность биомассы.

Сильные и средние корреляционные связи наблюдались у сортов и селекционных линий суданской травы (рисунок 1; таблица 1): набухание в растворе дистиллированной воды с набуханием в растворе  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ( $r=0,68$ ) и  $KNO_3$  ( $r=0,80$ ); набухание в растворе  $C_{12}H_{22}O_{11}$  с набуханием в растворе  $KNO_3$  ( $r=0,87$ ) и длиной корешка в сахарозе 18 атм. ( $r=-0,63$ ); длина проростка на контроле с длиной проростка в опыте с сахарозой 9 атм. ( $r=-0,74$ ) и 18 атм. ( $r=-0,68$ ); длина корешка на контроле с длиной корешка в опыте с сахарозой 18 атм. ( $r=0,72$ ); длина проростка в варианте с сахарозой 6 атм. с длиной проростка в растворе сахарозы 9 атм. ( $r=0,80$ ), 12 атм. ( $r=0,77$ ), 18 атм. ( $r=0,85$ ), величиной RSR в растворе сахарозы 9 атм. ( $r=-0,75$ ), длиной корешка в растворе сахарозы 15-18 атм. ( $r=0,66-0,75$ ), урожайностью зерна ( $r=-0,61$ ) и биомассы ( $r=-0,60$ ); величина RSR на растворе сахарозы 6 атм. с величиной RSR в растворе сахарозы 9 атм. ( $r=0,72$ ); длина проростка в растворе сахарозы 9 атм. с величиной RSR (сахароза 9 атм.) ( $r=-0,75$ ), длиной проростка ( $r=0,81$ ) и корешка ( $r=0,68$ ) в растворе сахарозы 18 атм.; величина RSR в сахарозе 9 атм. с длиной проростка в сахарозе 15-18 атм. ( $r=-0,71 - -0,69$ ); длина про-

ростка (сахароза 12 атм.) с длиной корешка в сахарозе 12-18 атм ( $r=0,83-0,96$ ), длиной проростка в сахарозе 15-18 атм ( $r=0,90$ ); длина корешка (сахароза 12 атм.) с длиной корешка в растворе сахарозы 15-18 атм. ( $r=0,72-0,78$ ), длиной проростка в растворе сахарозы 18 атм. ( $r=0,85$ ); величина RSR (сахароза 12 атм.) с величиной RSR в растворе сахарозы 18 атм. ( $r=0,71$ ) и урожайностью зерна ( $r=0,60$ ); длина проростка в растворе сахарозы 15 атм. с длиной корешка в растворе сахарозы 15 атм. ( $r=0,87$ ), длиной проростка ( $r=0,89$ ) и корешка ( $r=0,78$ ) в растворе сахарозы 18 атм.; длина корешка в растворе сахарозы 15 атм. с длиной проростка в растворе сахарозы 18 атм. ( $r=0,84$ ), длиной корешка в растворе сахарозы 18 атм. ( $r=0,81$ ); длина проростка в растворе сахарозы 18 атм. с длиной корешка в растворе сахарозы 18 атм. ( $r=0,87$ ) и урожайностью биомассы ( $r=0,65$ ).

**Заключение.** В результате корреляционного анализа по селекционным признакам выявлены сортообразцы суданской травы (Зональская 6, Мечта Поволжья, Эмма, Л-96-Зсв/14) характеризующиеся высокой урожайностью биомассы (10,78-13,95 т/га), набухаемостью семян в гипертонических растворах (63,6-100,1%), устойчивых к стрессам (осмотики разной концентрации), которые можно использовать в качестве исходного материала при создании засухоустойчивых форм этой культуры. При анализе сопряженности урожайности и физиологических признаков, рассматриваемых на ранних стадиях развития образцов суданской травы, определена корреляционная связь между показателем RSR (соотношение между сухой массой корешков и проростков) в опыте с сахарозой 12 атм. и урожайностью семян  $r=0,60$ .

#### Список источников

1. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры. – Л., 1984. 272 с.
2. Levitt J. Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing and high temperatures stresses. New York. 1980. 426 p.
3. Amelework B., Shimelis H., Tongoona P., Laing M. Physiological mechanisms of drought tolerance in sorghum, genetic basis and breeding methods: a review // African Journal Agricultural Research. 2015. V.10 (31). P. 3029-3040.
4. Chaves M.M., Flexas J., Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell // Annals of Botany. 2009. V.103. P. 551-560.
5. Terletskaya N.V., Shcherban A.B., Nesterov M.A., Perfilev, Salina E.A., Altayeva N.A., Blavachinskaya I.V. Drought Stress Tolerance and Photosynthetic Activity of Alloplasmic Lines *T. dicoccum* × *T. aestivum* // International Journal of Molecular Sciences. 2020. V.21. P. 3356.
6. Emendack Y., Burke J., Sanchez J., Laza H.E., Hayes C. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance // Australian Journal of Crop Science. 2018. V. 12(01). P. 135-150.
7. Куколева С.С., Кибальник О.П., Степанченко Д.А. Оценка засухоустойчивости образцов суданской травы // Journal of Agriculture and Environment. 2021. № 4 (20). DOI: 10.23649/jae.2021.4.20.1
8. Родина Т.В., Асташов А.Н., Сафронов А.А. Оценка засухоустойчивости пайзы по набуханию семян в условиях осмотического стресса // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 3 (47). С. 108-113. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-108-113
9. Алабушев А.В., Сухенко Н.Н., Лушпина О.А., Ковтунов В.В. Корреляционные связи количественных признаков сорго зернового // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 128. С. 932-941. DOI: 10.21515/1990-4665-128-062
10. Кибальник О.П., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Кибальник С.В. Корреляционные взаимосвязи хозяйственно-ценных признаков образцов сахарного сорго в засушливых условиях Нижне-

- го Поволжья // *Аграрная наука*. 2023. № 7. С. 92-96. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-92-96
11. Старчак В.И., Жужукин В.И., Жук Е.А., Бычкова В.В. Оценка корреляционных взаимосвязей морфофизиологических признаков зернового сорго селекции ФГБНУ РосНИИСК "Россорго" // *Аграрный научный журнал*. 2020. № 6. С. 38-42. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp38-42
  12. Юсова О.А., Николаев П.Н. Качественные показатели зеленой массы сорго-суданковых трав // *Аграрная наука - сельскому хозяйству*. Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах. Барнаул, 2023. С. 324-326.
  13. Методика диагностики устойчивости растений (засухо-, жаро-, соле- и морозоустойчивости) / Сост.: Удовенко Г.В., Олейникова Т.В., Кожушко Н.Н. и др. – Л. 1970. 74 с.
  14. Определение засухоустойчивости зерновых культур по депрессии роста проростков в растворах осмотиков/ под ред. Н.Н. Кожушко, В.М. Царевская. – Л.: Рио ВИР, 1988. – 10 с.
  15. Agen G.I., Franklin O. Root-shoot ratio, optimization and nitrogen productivity // *Annals of Botany*. 2003. V. 92. P. 795-800.
  16. Методические указания по определению относительной засухоустойчивости образцов зернобобовых культур способом проращивания семян в растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением (горох, вика, фасоль, соя, чечевица, нут, чина, бобы, люпин) / Сост.: Н.Н. Кожушко. – Л. 1978. 12 с.
  17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.. 2011. 352 с.

#### **References**

1. Korovin A.I. Plants and extreme temperatures. – L., 1984. 272 p.
2. Levitt J. Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing and high temperatures stresses. – New York. 1980. 426 p.
3. Amelework B., Shimelis H., Tongoona P., Laing M. Physiological mechanisms of drought tolerance in sorghum, genetic basis and breeding methods: a review // *African Journal Agricultural Research*. 2015. V.10 (31). P. 3029-3040.
4. Chaves M.M., Flexas J., Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell // *Annals of Botany*. 2009. V.103. P. 551-560.
5. Terletsкая N.V., Shcherban A.B., Nesterov M.A., Perfilov, Salina E.A., Altayeva N.A., Blavachinskaya I.V. Drought Stress Tolerance and Photosynthetic Activity of Alloplasmic Lines *T. dicoccum* × *T. aestivum* // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2020. V.21. P. 3356.
6. Emendack Y., Burke J., Sanchez J., Laza H.E., Hayes C. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance // *Australian Journal of Crop Science*. 2018. V. 12(01). P. 135-150.
7. Kukoleva S.S., Kibalnik O.P., Stepanchenko D.A. Evaluation of drought resistance of Sudan grass samples // *Journal of Agriculture and Environment*. 2021. No. 4 (20). DOI: 10.23649/jae.2021.4.20.1
8. Rodina T.V., Astashov A.N., Safronov A.A. Evaluation of drought resistance of *Echinochloa frumentacea* by swelling of seeds under osmotic stress // *Leguminous and groat crops*. 2023. No. 3 (47). P. 108-113. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-108-113
9. Alabushev A.V., Suhenko N.N., Lushpina O.A., Kovtunov V.V. Correlations of quantitative characteristics of grain sorghum // *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2017. No. 128. P. 932-941. DOI: 10.21515/1990-4665-128-062
10. Kibalnik O.P., Semin D.S., Efremova I.G., Kibalnik S.V. Correlation relationships of economically valuable characteristics of sugar sorghum samples in arid conditions of the Lower Volga region // *Agrarian Science*. 2023. No.7. P. 92-96. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-92-96
11. Starchak V.I., Zhuzhukin V.I., Zhuk E.A., Bychkova V.V. Evaluation of correlational relationships of morphophysiological features of grain sorghum selection of FSBSI Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn "Rossorgo" // *Agrarian Scientific Journal*.

2020. No. 6. P. 38-42. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp38-42
12. Yusova O.A., Nikolaev P.N. Qualitative indicators of the herbage of Sorghum-Sudan grasses // Agrarian science for agriculture. Collection of materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference. In 2 books. Barnaul, 2023. P. 324-326.
  13. Methods of diagnostics of plant resistance (drought, heat, salt and frost resistance) / Comp.: Udovenko G.V., Oleinikova T.V., Kozhushko N.N. et al. – L. 1970. 74 p.
  14. Determination of drought resistance of grain crops by the growth depression of seedlings in osmotic solutions/ ed. N.N. Kozhushko, V.M. Tsarevskaya. – L.: Rio VIR, 1988. 10 p.
  15. Agen G.I., Franklin O. Root-shoot ratio, optimization and nitrogen productivity // Annals of Botany. 2003. V. 92. P. 795-800.
  16. Methodological guidelines for determining the relative drought resistance of samples of leguminous crops by germinating seeds in sucrose solutions with high osmotic pressure (peas, vetch, wild beans, soybeans, lentils, chickpeas, peavines, beans, lupine) / Comp.: N.N. Kozhushko. – L. 1978. 12 p.
  17. Dospikhov B.A. Method of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). – M.: 2011. 352 p.

#### Сведения об авторах

Светлана Сергеевна Куколева, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, тел. +79179848027, e-mail: lily74-88@mail.ru ORCID 0000-0002-0582-9024

Оксана Павловна Кибальник, кандидат биологических наук, главный научный сотрудник, тел. +79271191840, e-mail: kibalnik79@yandex.ru ORCID: 0000-0002-1808-8974

Виктория Игоревна Степанченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, тел. +79085539717, e-mail: viktorija\_starchak@rambler.ru ORCID: 0000-0001-7312-4547

Елена Сергеевна Немкина, младший научный сотрудник, тел. +79379789878, e-mail: elennem2017@mail.ru ORCID: 0009-0001-6067-3755

#### Information about the authors

S.S. Kukoleva, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, tel. +79179848027, e-mail: lily74-88@mail.ru ORCID 0000-0002-0582-9024

O.P. Kibalnik, Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher, tel. +79271191840, e-mail: kibalnik79@yandex.ru ORCID 0000-0002-1808-8974

V.I. Stepanchenko, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, tel. +79085539717, e-mail: viktorija\_starchak@rambler.ru ORCID 0000-0001-7312-4547

E.S. Nemkina, Junior Researcher, tel. +79379789878, e-mail: elennem2017@mail.ru ORCID 0009-0001-6067-3755

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Authors' contribution:** All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 09.01.2024; одобрена после рецензирования 15.01.2024; принята к публикации 17.03.2024.

The article was submitted 09.01.2024; approved after reviewing 15.01.2024; accepted for publication 17.03.2024.