

Научная статья
УДК 633.174:631.527:631.671.3
DOI:10.36508/journal.2023.82.24.006

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО

Степанченко Виктория Игоревна¹, Куколева Светлана Сергеевна², Степанченко Денис Александрович³

^{1,2,3}Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно – исследовательский и проектно- технологический институт сорго и кукурузы», г. Саратов, Россия

viktoria_starchak@rambler.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье дается оценка взаимосвязей хозяйственно-ценных и физиологических признаков зернового сорго. Были изучены параметры набухания на разных растворах осмотиков, проведена оценка засухоустойчивости, рассчитан интегральный параметр реакции растений на стресс по индексу *root-shoot ratio* – RSR, приведена урожайность зерна и биомасса сорго. Выявлены сильные и средние корреляционные связи.

Методология. Изучение корреляции между хозяйственно-ценными свойствами зернового сорго является актуальным, т.к. позволяет оптимизировать работу над селекцией сорго на ранних этапах развития и роста. Учеными института был проведен опыт по набуханию семян сорго в дистиллированной воде, растворах сахарозы разной концентрации: 8,3% (6 атм.), 12,4% (9 атм.), 16,5% (12 атм.), 20,7% (15 атм.), 24,8% (18 атм.). В опыте задействован раствор сахарозы – 72 атмосферы с осмотическим давлением 19 атмосфер и нитрат калия – 72 атмосферы.

Результаты. Рассчитанные 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). У образцов зернового сорго выявлена взаимосвязь урожайности зерна с величиной средней потери влаги листьями в процессе увядания за 1 час в сутки – 0,67.

Заключение. При анализе сопряженности урожайности и физиологических признаков, рассматриваемых на ранних стадиях развития образцов зернового сорго определена отрицательная корреляционная связь между длиной проростка в опыте с сахарозой 18 атм. и урожайностью семян $r = -0,65$ – $-0,60$.

Ключевые слова: зерновое сорго, оценка, засухоустойчивость, осмотик, урожайность, корреляция.

Original article

EVALUATION OF THE INTERRELATIONSHIPS OF ECONOMICALLY VALUABLE AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GRAIN SORGHUM

Stepanchenko Victoria I.¹, Kukoleva Svetlana S.², Stepanchenko Denis A.³

^{1,2,3}Federal State Budgetary Scientific Institution "Russian Scientific Research and Design and Technological Institute of Sorghum and Corn", Saratov, Russia

viktorija_starchak@rambler.ru

Abstract.

Problem and purpose. *The article presents evaluation of the interrelationships of economically valuable and physiological characteristics of grain sorghum. The parameters of swelling on different osmotic solutions were studied, drought resistance was evaluated, the integral parameter of plant response to stress was calculated according to the root-shoot ratio – RSR index, grain yield and sorghum biomass were given. Strong and medium correlations were revealed.*

Methodology. *The study of the correlation between the economic and valuable properties of grain sorghum was relevant, because it allowed optimizing the work on sorghum breeding at the early stages of development and growth. Scientists of the Institute conducted an experiment on the swelling of sorghum seeds in distilled water, sucrose solutions of different concentrations: 8.3% (6 atm.), 12.4% (9 atm.), 16.5% (12 atm.), 20.7% (15 atm.), 24.8% (18 atm.). The experiment involved a sucrose solution – 72 atmospheres with an osmotic pressure of 19 atmospheres and potassium nitrate – 72 atmospheres.*

Results. *The calculated correlation coefficients of the main physiological and breeding characteristics indicated the expediency of selecting a starting material characterized by high yield, swelling of seeds (in hypertonic solutions), resistance to stress effects (osmotics of different concentrations). In the samples of grain sorghum, the correlation of grain yield with the value of the average moisture loss of leaves during wilting for 1 hour per day was revealed – 0.67.*

Conclusion. *When analyzing the conjugacy of yield and physiological characteristics considered at the early stages of the development of grain sorghum samples, a negative correlation was determined between the length of the seedling in the experiment with sucrose 18 atm. and the seed yield $r = -0.65 - -0.60$.*

Key words: *grain sorghum, evaluation, drought resistance, osmotic, yield, correlation.*

Введение

Селекционная деятельность, в настоящее время, направлена на изучение устойчивости к различным абиотическим факторам сельскохозяйственных культур. Селекционеры изучают воздействие абиотических факторов, поскольку уже на протяжении нескольких лет отмечается изменение климата [1,13]. Частые засухи, суховеи, недостаток осадков, перепады температур воздуха, повторяемость засух и суховеев, недостаточное выпадение осадков, изменение температуры воздуха и многие другие факторы погоды зачастую неблагоприятно влияют на развитие растениеводства. С учетом нестабильных погодных условий селекционеры должны брать за основу – создание и расширение ассортимента устойчивых к климатическим перепадам сортов. Нижнее Поволжье характеризуется резко континентальным климатом и поэтому важно максимально приблизиться к созданию высокопродуктивных и засухоустойчивых культур зернового сорго.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись сорта и линии зернового сорго селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (всего 11) – Магистр, РСК Кахолонг, РСК Коралл, Пищевое 614, Кремовое, РСК Партизан, РСК Оникс, РСК Инфинити, Л-65/14, Л-50/14, Л-251/14.

Определение особенностей набухания семян сорго проводили согласно методике опыта в лаборатории научно-исследовательского института [5]. 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 изменению массы и выражено в процентах к исходной массе:

$$A = (M_1 - M_2) \times 100 / M_2, \quad (1)$$

где M_1 и M_2 – массы набухшего и исходного образцов.

Оценку засухоустойчивости определяли согласно методике проращивания семян на растворе сахарозы различной концентрации [6, 8]. Семена сорго закладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу по 50 штук в трехкратной повторности и проращивали на дистиллированной воде в термостате при температуре 21-23°C. Контрольную группу проростков оставляли на дистиллированной воде, опытную переносили на водный раствор сахарозы: в каждую чашку Петри добавляли по 5 мл раствора $C_{12}H_{22}O_{11}$ или H_2O в зависимости от условий опыта. 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 при оптимальной температуре 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.

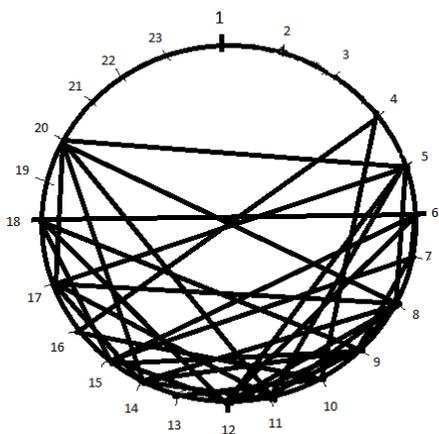
Также оценивали интегральный параметр реакции растений на стресс по индексу root-shoot ratio – RSR, рассчитанному как соотношение между сухой массой корешков и проростков [7].

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с помощью программ «AGROS 2.09».

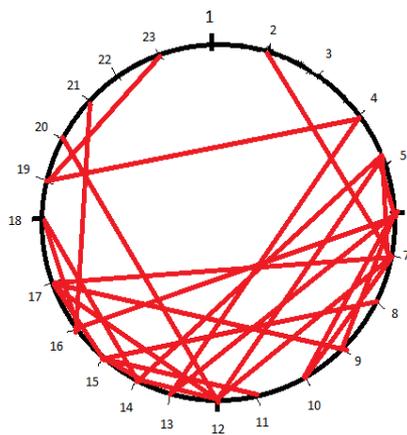
Результаты исследований и их обсуждение

В процессе селекционной работы особое внимание уделяется формированию модели сортов и гибридов для конкретных целей. При оценке больших матриц данных возникает необходимость обсчета корреляционным анализом [9, 12]. Корреляционный анализ показал наличие сильных взаимосвязей между несколькими признаками, значимых на 5%-м и 1%-м уровне. Группирование коэффициентов корреляции позволяет оценить общий характер взаимодействия показателей, включенных в матрицу экспериментальных данных.

Сильные корреляционные связи у зернового сорго были выявлены между признаками (рисунок 1): длина проростков в контроле ($r=0,86$) с длиной проростка в растворе сахарозы 9 и 15 атм. ($r=0,80$); длина корешков в контроле с длиной корешка в растворе сахарозы 6-18 атм. ($r=0,78-0,86$); величина RSR (контроль) с длиной проростка в растворе сахарозы 6 атм. ($r=-0,83$), тогда как с увеличением давления 9-15 атм. коэффициент корреляции составил 0,82-0,88; длина проростка в варианте с сахарозой 6 атм. отрицательно коррелировала с величиной RSR (сахарозы 6 и 12 атм.) (-0,70 и -0,73); длина корешка (сахароза 6 атм.) с величиной RSR (сахароза 6-9 атм.) – 0,70-0,80; величина RSR в растворе сахарозы 6 атм. с длиной корешка в растворе сахарозы 9 атм. ($r=0,76$), 12 атм. ($r=0,75$), величиной RSR на растворе сахарозы 9 атм. ($r=0,79$), 12 атм. ($r=0,91$) и 15 атм. ($r=0,71$); длина проростка в растворе сахарозы 9 атм. с длиной проростка в растворе сахарозы 12 атм. ($r=0,75$) и 15 атм. ($r=0,73$); длина корешка в сахарозе 9 атм. с величиной RSR в сахарозе 9 атм. ($r=0,70$), длиной корешка в растворе сахарозы 12-18 атм. ($r=0,90-0,92$); величина RSR в растворе сахарозы 9 атм. с величиной RSR в растворе сахарозы 12-15 атм. ($r=0,83-0,93$); длина корешка в растворе сахарозы 12 атм. с длиной корешка в растворе сахарозы 15-18 атм. ($r=0,84-0,92$); величина RSR в растворе сахарозы 12 атм. с величиной RSR в растворе сахарозы 15 атм. ($r=0,87$).



Сильные корреляционные связи
($r \geq 0,7$)



Средние корреляционные связи ($0,5 \leq r \leq 0,7$)

Рис. 1. Корреляционные связи между физиологическими признаками и урожайностью образцов зернового сорго

Fig. 1. Correlations between physiological characteristics and yield of grain sorghum 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.

Приложение 1 – Корреляционные связи между физиологическими признаками и урожайностью образцов зернового сорго, 2023 г.

Признаки	Набухание			Контроль			Сахароза 6 атм.			Сахароза 9 атм.			Сахароза 12 атм.			Сахароза 15 атм.			Сахароза 18 атм.			Урожайность	
	H ₂ O	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	KNO ₃	П	К	RSR	П	К	RSR	П	К	RSR	П	К	RSR	П	К	RSR	П	К	RSR	семян	био-массы
	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	0,24	1,00																					
3	0,58	0,33	1,00																				
4	-0,33	0,16	-0,11	1,00																			
5	-0,14	-0,27	-0,32	0,12	1,00																		
6	-0,06	-0,22	-0,21	-0,57	0,65*	1,00																	
7	0,28	0,68*	0,35	0,46	-0,64*	-0,83**	1,00																
8	0,10	-0,25	-0,21	0,02	0,79**	0,52	-0,55	1,00															
9	-0,15	-0,31	-0,44	-0,25	0,56	0,69*	-0,70*	0,80**	1,00														
10	-0,19	0,17	-0,18	0,86**	-0,18	-0,65*	0,60*	-0,26	-0,37	1,00													
11	-0,03	-0,27	-0,31	0,17	0,80**	0,49	-0,50	0,92**	0,76**	-0,07	1,00												
12	0,02	-0,01	-0,10	-0,40	0,65*	0,88**	-0,65*	0,70*	0,79**	-0,58	0,70*	1,00											
13	-0,06	0,10	-0,19	0,65*	-0,24	-0,62*	0,56	-0,17	-0,27	0,75**	-0,04	-0,56	1,00										
14	0,17	-0,28	-0,30	-0,08	0,66*	0,49	-0,46	0,88**	0,75**	-0,25	0,92**	0,67*	0,01	1,00									
15	-0,15	-0,19	-0,30	-0,44	0,53	0,83**	-0,73*	0,67*	0,91**	-0,57	0,68*	0,93**	-0,53	0,66*	1,00								
16	-0,41	0,07	-0,21	0,80**	-0,10	-0,63*	0,38	-0,15	-0,23	0,73*	-0,15	-0,57	0,47	-0,37	-0,47	1,00							
17	0,01	-0,42	-0,36	-0,01	0,86**	0,55	-0,63*	0,91**	0,69*	-0,27	0,92**	0,64*	-0,14	0,92**	0,61*	-0,27	1,00						
18	0,26	-0,10	-0,15	-0,48	0,46	0,82**	-0,54	0,53	0,71*	-0,40	0,59	0,83**	-0,30	0,65*	0,78**	-0,66*	0,51	1,00					
19	-0,10	-0,06	0,42	0,67*	0,06	-0,43	0,21	0,13	-0,15	0,38	0,18	-0,21	0,35	-0,01	-0,26	0,50	0,02	-0,38	1,00				
20	0,14	-0,35	-0,02	0,12	0,78**	0,45	-0,48	0,82**	0,57	-0,17	0,90**	0,62*	-0,07	0,84**	0,52	-0,23	0,87**	0,53	0,37	1,00			
21	0,21	0,01	-0,10	-0,40	0,14	0,23	-0,13	0,32	0,23	-0,52	0,34	0,38	-0,16	0,58	0,36	-0,62*	0,49	0,24	-0,32	0,30	1,00		
22	-0,31	-0,21	-0,40	0,36	0,02	-0,30	0,15	-0,37	-0,51	0,50	-0,28	-0,59	0,37	-0,34	-0,60	0,32	-0,12	-0,45	-0,17	-0,33	-0,23	1,00	
23	-0,03	0,39	-0,36	-0,13	-0,06	-0,02	0,16	-0,12	-0,10	-0,04	-0,32	-0,16	0,05	-0,19	-0,17	0,12	-0,15	-0,20	-0,60*	-0,53	0,08	0,36	1,00

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

Рассчитанные коэффициенты корреляции основных физиологических и селекционных признаков свидетельствуют о целесообразности подбора исходного материала, характеризующегося высокой урожайностью, набуханием семян (в гипертонических растворах) [11].

Заключение

При анализе сопряженности урожайности и физиологических признаков, рассматриваемых на ранних стадиях развития образцов зернового сорго определена отрицательная корреляционная связь между длиной проростка в опыте с сахарозой 18 атм. и урожайностью семян $r = -0,65 - -0,60$.

Следует отметить, что при адаптировании метода проращивания семян в растворах осмотиков для сорго необходимо продолжить исследования по подбору концентраций сахарозы на основе изучения вариантов с различным гипертоническим давлением (от 6 до 18 атмосфер), что позволит определить целесообразность применения оптимальных концентраций и рекомендовать их для дальнейших испытаний на выделение засухоустойчивых генотипов.

Библиографический список

1. Куколева, С.С. Изучение влияния осмотического стресса на засухоустойчивость образцов суданской травы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» / С.С. Куколева, О.П. Кибальник, Т.В. Ларина // Сельскохозяйственный журнал, 2022. – №3 (15). – С. 12-21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vliyaniya-osmoticheskogo-stressa-na-zasuhoustoychivost-obraztsov-sudanskoj-travy-selektcii-fgbnu-rosniisk-rossorgo>
2. Родина, Т.В. Оценка засухоустойчивости образцов пайзы (*Echinochloa frumentacea*) в лабораторных условиях /Т.В. Родина, Н.Р. Тамбовцева, А.А. Сафронов // Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Инновационные направления научных исследований для интенсификации сельскохозяйственного производства». – Белгород: КОНСТАНТАпринт. 2022. – С. 303-309. URL: [https://yandex.ru/search/?text=Родина%2CT.В.+Оценка+засухоустойчивости+образцов+пайзы+\(Echinochloa+frumentacea\)+в+лабораторных+условиях+%2FT.В.+Родина%2C+Н.Р.+Тамбовцева%2C+А.А.+Сафронов+%2F%2F+Всерос.+науч.-практ.+конф.+с+межд.+участием+«Инновационные+направления+&lr=11&clid=2073074](https://yandex.ru/search/?text=Родина%2CT.В.+Оценка+засухоустойчивости+образцов+пайзы+(Echinochloa+frumentacea)+в+лабораторных+условиях+%2FT.В.+Родина%2C+Н.Р.+Тамбовцева%2C+А.А.+Сафронов+%2F%2F+Всерос.+науч.-практ.+конф.+с+межд.+участием+«Инновационные+направления+&lr=11&clid=2073074)
3. Кондаков, К.С. Методологические аспекты в определении засухоустойчивости сорговых культур / К.С. Кондаков, О.П. Кибальник, И.Г. Ефремова, Д.С. Семин, Д.А. Степанченко, Ю.Н. Панченко, Т.Х. Аюпов // II Межд. науч.-практ. конф. «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата». – Саратов, 2022. – С. 92-96. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49229480>
4. Куколева, С.С. Оценка засухоустойчивости образцов суданской травы / С.С. Куколева, О.П. Кибальник, Д.А. Степанченко // Journal of Agriculture and Environment, 2021.- № 4 (20). – p.22-28. DOI: 10.23649/jae.2021.4.20.1
5. Зинатуллина, А.Е. К вопросу о комплексной оценке засухоустойчивости пшеницы в полевых и лабораторных условиях / А.Е. Зинатуллина // Экобиотех, 2022. - Том 5. - № 3. - С. 108-117. URL: <http://ecobiotech->

journal.ru/2022/pdf/ecbtch2203108.pdf

6. Егоров, Ю.В. Метод определения засухоустойчивости зерновых культур shape * MERGEFORMAT / Ю.В. Егоров, А.В.Кириченко, Р.И. Зайцнва, Н.М. Комаров // Евразийский союз ученых, 2019. - №3(60). – С. 37-45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-opredeleniya-zasuhoustoychivosti-zernovyh-kultur-shape-mergeformat>

7. 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, beans, soybeans, lentils, chickpeas, chinas, beans, lupin) / Comp.: N.N. Kozhushko. – L. 1978. – 12 p. URL: <https://jae.cifra.science/media/articles/5685.pdf>

8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)/ Б.А. Доспехов. – М., 2011. – 352 с. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B5KiBwgHRtwjekJrRjdZcnJuNEk/preview?resourcekey=0-T95jYNweQc3qAO6mEEbnfg>

9. Старчак В.И., Оценка корреляционных взаимосвязей морфофизиологических признаков зернового сорго селекции ФГБНУ РосНИИСК "Россорго" / В.И. Старчак, В.И. Жужукин, Е.А. Жук, В.В. Бычкова // Аграрный научный журнал, 2020. № 6. С. 38-42. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp38-42

10. 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. URL: https://www.researchgate.net/publication/280803602_Physiological_mechanisms_of_drought_tolerance_in_sorghum_genetic_basis_and_breeding_methods_A_review

11. 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. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18662937/>

12. Terletsкая 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. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32397492/>

13. Садовая, И.И. Инновационный прием в технологии возделывания зерновых культур в звеньях севооборотов/ И.И.Садовая, О.А. Захарова //Вестник РГАТУ, 2023. - №2. – С. 66-73. Doi:10.36508/rsatu.2023.76.15.010.

References

1. Kukoleva, S.S. *Izuchenie vliyaniya osmoticheskogo stressa na zasuhoustojchivost' obrazcov sudanskoj travy selekcii FGBNU RosNIISK «Rossorgo»* / S.S. Kukoleva, O.P. Kibal'nik, T.V. Larina // *Sel'skohozyajstvennyj zhurnal*, 2022. – №3 (15). – S. 12-21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vliyaniya-osmoticheskogo-stressa-na-zasuhoustoychivost-obraztsov-sudanskoj-travy-selekcii-fgbnu-rosniisk-rossorgo>

2. Rodina, T.V. *Ocenka zasuhoustojchivosti obrazcov pajzy (Echinochloa frumentacea) v laboratornyh usloviyah* /T.V. Rodina, N.R. Tambovceva, A.A.

- Safronov // *Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhd. uchastiem «Innovacionnye napravleniya nauchnyh issledovanij dlya intensivizatsii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva»*. – Belgorod: KONSTANTAp rint. 2022. – S. 303-309. URL: [https://yandex.ru/search/?text=Rodina%2CT.V.+Ocenka+zasuhostojchivosti+obrazcov+pajzy+\(Echinochloa+frumentacea\)+v+laboratornyh+usloviyah+%2FT.V.+Rodina%2C+N.R.+Tambovceva%2C+A.A.+Safronov+%2F%2F+Vseros.+nauch.-prakt.+konf.+s+mezhd.+uchastiem+«Innovacionnye+napravleniya+&lr=11&clid=2073074](https://yandex.ru/search/?text=Rodina%2CT.V.+Ocenka+zasuhostojchivosti+obrazcov+pajzy+(Echinochloa+frumentacea)+v+laboratornyh+usloviyah+%2FT.V.+Rodina%2C+N.R.+Tambovceva%2C+A.A.+Safronov+%2F%2F+Vseros.+nauch.-prakt.+konf.+s+mezhd.+uchastiem+«Innovacionnye+napravleniya+&lr=11&clid=2073074)
3. Kondakov, K.S. Metodologicheskie aspekty v opredelenii zasuhoustojchivosti sorgovyh kul'tur / K.S. Kondakov, O.P. Kibal'nik, I.G. Efremova, D.S. Semin, D.A. Stepanchenko, Yu.N. Panchenko, T.H. Ayupov // *II Mezhd. nauch.-prakt. konf. «Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v usloviyah aridizatsii klimata»*. – Saratov, 2022. – S. 92-96. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49229480>
4. Kukoleva, S.S. Ocenka zasuhoustojchivosti obrazcov sudanskoj travy / S.S. Kukoleva, O.P. Kibal'nik, D.A. Stepanchenko // *Journal of Agriculture and Environment*, 2021. - № 4 (20). – r.22-28. DOI: 10.23649/jae.2021.4.20.1
5. Zinatullina, A.E. K voprosu o kompleksnoj ocenke zasuhoustojchivosti pshenicy v polevyh i laboratornyh usloviyah / A.E. Zinatullina // *Ekobiotech*, 2022. - Tom 5. - № 3. - S. 108-117. URL: <http://ecobiotech-journal.ru/2022/pdf/ecbtch2203108.pdf>
6. Egorov, Yu.V. Metod opredeleniya zasuhoustojchivosti zernovyh kul'tur shape * MERGEFORMAT / Yu.V. Egorov, A.V. Kirichenko, R.I. Zajcnva, N.M. Komarov // *Evrazijskij soyuz uchenyh*, 2019. - №3(60). – S. 37-45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-opredeleniya-zasuhoustoychivosti-zernovyh-kultur-shape-mergeformat>
7. 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, beans, soybeans, lentils, chickpeas, chinas, beans, lupin) / *Comp.*: N.N. Kozhushko. – L. 1978. – 12 p. URL: <https://jae.cifra.science/media/articles/5685.pdf>
8. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) / B.A. Dospekhov. – M., 2011. – 352 s. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B5KiBwgHRtwjekJrRjdZcnJuNEk/preview?resourcekey=0-T95jYNweQc3qAO6mEEbnfg>
9. Starchak V.I., Ocenka korrelyacionnyh vzaimosvyazej morfofiziologicheskikh priznakov zernovogo sorgo selekcii FGBNU RosNIISK "Rossorgo" / V.I. Starchak, V.I. Zhuzhukin, E.A. Zhuk, V.V. Bychkova // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2020. № 6. S. 38-42. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp38-42
10. 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. URL: https://www.researchgate.net/publication/280803602_Physiological_mechanisms_of_drought_tolerance_in_sorghum_genetic_basis_and_breeding_methods_A_review
11. 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. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18662937/>*
12. Terletsкая 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. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32397492/>*
13. Sadovaya, I.I. *Innovacionnyj priem v tekhnologii vzdelyvaniya zernovyh kul'tur v zven'yah sevooborotov/ I.I.Sadovaya, O.A. Zaharova //Vestnik RGATU, 2023. - №2. – S. 66-73. Doi:10.36508/rsatu.2023.76.15.010.*