

## ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ПАЙЗЫ ПО НАБУХАНИЮ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА

**Т.В. РОДИНА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-6670-417X

E-mail: rodina008@mail.ru

**А.Н. АСТАШОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-2744-9428

**А.А. САФРОНОВ**, ORCID ID: 0000-0002-3471-8331

ФГБНУ РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СОРГО И КУКУРУЗЫ «РОССОРГО», Г. САРАТОВ

*В статье рассмотрены особенности набухания семян пайзы в растворах осмотиков (сахароза и нитрат калия) в сравнении с контрольным вариантом (дистиллированная вода). Образцы пайзы, характеризующиеся относительной засухоустойчивостью в условиях искусственно смоделированного стресса, целесообразно использовать в селекции новых сортов с высоким адаптивным потенциалом, приспособленных к возделыванию в засушливых регионах РФ. В среднем за трехлетний период исследований дисперсионным многофакторным анализом установлено значимое влияние генотипа пайзы, условий года получения семян и продолжительности эксперимента на интенсивность набухания семян в гипертонических растворах и дистиллированной воде. Процессы водопоглощения семенами всех изученных образцов характеризовались различной степенью интенсивности: в первые 1-2 часа и последние 24-48 часов эксперимента происходило более интенсивное набухание семян; в промежутке времени 4-6 часов скорость поглощения воды значительно не менялась. К относительно засухоустойчивым отнесены сорта пайзы – Ода, Удаляя, Эврика. Наиболее интенсивное набухание обнаружено у семян у пайзы в лабораторном эксперименте 2023 г. – 140,1%. Кроме того, у большинства изучаемых сортов пайзы как в среднем за годы изучения, так и по годам исследований набухание семян снижалось в гипертоническом растворе нитрата калия, что может свидетельствовать о специфическом воздействии раствора.*

**Ключевые слова:** пайза, набухание, засухоустойчивость, осмотики, сахароза, нитрат калия.

**Для цитирования:** 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):108-113. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-108-113

## ASSESSMENT OF THE DROUGHT RESISTANCE OF PAIZA BY SEED SWELLING UNDER OSMOTIC STRESS

**T.V. Rodina, A.A. Astashov, A.A. Safronov**

RUSSIAN RESEARCH, DESIGN AND TECHNOLOGY INSTITUTE OF SORGHUM AND CORN FEDERAL STATE GOVERNMENT-FUNDED SCIENTIFIC INSTITUTION, SARATOV, RUSSIA

**Abstract:** *The article presents the features of the swelling of paiza seeds in solutions of osmotic agents (sucrose and potassium nitrate) in comparison with the control variant (distilled water). Paiza samples, characterized by relative drought resistance under conditions of artificially*

*simulated stress, should be used in breeding new varieties with high adaptive potential, adapted to cultivation in arid regions of the Russian Federation. On average, over a three-year period of research, a significant effect of the paisa genotype, the conditions of the year and the duration of the experiment on the intensity of seed swelling in hypertonic solutions and distilled water was established by a multivariate analysis of variance. The processes of water absorption by the seeds of all the studied samples were characterized by varying degrees of intensity: in the first 1-2 hours and the last 24-48 hours of the experiment, the seeds swelled more intensively; in the time interval of 4-6 hours, the rate of water absorption did not change significantly. Paisa varieties - Oda, Udalaya, Evrika - are classified as relatively drought-resistant. The most intense swelling was found in paisa seeds in a laboratory experiment in 2023 – 140.1%. In addition, in most of the studied varieties of paisa, both on average over the years of study and over the years of research, the swelling of seeds decreased in a hypertonic solution of potassium nitrate, which may indicate a specific effect of the solution.*

**Keywords:** paiza, swelling, drought resistance, osmotics, sucrose, potassium nitrate.

Климатические условия Нижнего Поволжья характеризуются нестабильной по годам и периодам вегетации растений суммой осадков и температурой воздуха. Благоприятные годы сменяются засушливыми и острозасушливыми. Засуха, как абиотический фактор, влияет на урожайность всех сельскохозяйственных культур, при этом потери урожая, вызванные недостатком влаги, ежегодно приводят к глобальным экономическим убыткам во всем мире [1]. В литературе отмечается влияние засухи на морфологические, физиологические и биохимические процессы в сельскохозяйственных растениях [1, 2]. Кроме того, урожайность зависит от интенсивности засухи, ее продолжительности и фенологической фазы развития культуры. В связи с этим в селекционной практике изучение устойчивости растений к воздействию различных абиотических стрессоров особенно актуально [3-6].

Пайза считается сравнительно засухоустойчивой кормовой культурой, которая эффективно использует воду благодаря хорошо развитой корневой системе и формирует высокие урожаи высококачественной надземной биомассы и зерна [7]. Разработка устойчивых к различным стрессам (особенно к засухе) сортов пайзы имеет особое значение для сельскохозяйственной науки с последующим внедрением в производство.

Атмосферную и почвенную засуху трудно контролировать и требуется время, чтобы этот тип водного стресса оказал явное воздействие на растения. Как отмечают многие исследователи, моделирование осмотического стресса в лабораторных условиях с помощью гипертонических растворов является эффективным методом выявления образцов для диагностики устойчивости растений, в том числе и пайзы, к абиотическим стрессорам с целью включения в селекционный процесс на повышение засухоустойчивости [8, 9,10].

При этом сведения по данному направлению фрагментарны и не достаточно полно изучены. Включение исходного материала в практическую селекцию на повышение засухоустойчивости кормовых культур является актуальным.

**Цель исследований** – оценка сортов и образцов семян пайзы по засухоустойчивости на начальных этапах онтогенеза с помощью осмотиков.

#### **Методика исследований**

В качестве объектов исследования выделены образцы пайзы (6 сортов и 1 отбор) – Готика, Красава, Удаляя, Пальмира, Эврика, Ода, О-1.

Определение набухания семян пайзы проводили в растворах с повышенным осмотическим давлением, имитирующим недостаток влаги по методике Удовенко Г.В. (1970), согласно которой 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. Опыт проводили в трехкратной повторности: подготовленные семена одной репродукции закладывали в предварительно хорошо вымытые

чашки Петри на фильтровальную бумагу (по 100 штук в каждой) и добавляли по 5 мл раствора, далее отправляли в растительный шкаф при оптимальной для прорастания семян температуре 23°C. Схема опыта включила 3 варианта: 1 – контроль (дистиллированная вода), 2 – раствор сахарозы, 3 – раствор нитрата калия. 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. Перед каждым взвешиванием семена извлекали из чашек Петри, просушивали на фильтровальной бумаге, а затем взвешивали на лабораторных электронных весах с высокой точностью (до 0,0001 г). Степень набухания семян ( $M$ ) определено по изменению массы и выражено в процентах к исходной массе:

$$M = (m_1 - m_2) \times 100 / m_2,$$

где  $m_1$  – масса семян после набухания в определенный момент времени, г;  $m_2$  – масса сухих семян, г.

Годы получения семян использованные в эксперименте: в лабораторном опыте 2021 года использовали семена урожая 2020 г., при проведении опыта в 2022 году семена урожая 2021 г., а в 2023 году – семена полученные в 2022 г. Метеорологические условия за вегетационный период пайзы в годы получения урожая семян были следующие: гидротермический коэффициент в 2020 и 2022 году составил 0,77 и 0,75 соответственно, что характеризует период как засушливый, а 2021 год оценивается значением 0,62, – очень засушливый.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена по методике Б.А. Доспехова (2014) дисперсионным трехфакторным анализом (фактор А – сортоопыт, фактор В – условия года, фактор С – время экспозиции) с помощью программы «Agros 2.09».

#### **Результаты исследований**

Способность сухих семян поглощать воду из окружающей среды называется набуханием. Оно обусловлено гидротацией, т.е. присоединением воды к гидрофильным соединениям – белкам, нуклеиновым кислотам, клетчатке, пектинам и т.д. Совершенно сухие семена притягивают воду с огромной силой, а по мере насыщения семян водой эта сила снижается.

Лабораторный метод по определению набухания семян пайзы в растворах с повышенным осмотическим давлением, искусственно имитирующим недостаток воды, позволил выделить перспективные образцы для дальнейших исследований и формирования нового генофонда. На рисунке 1 отражены основные результаты проведения эксперимента: так например, наибольшая сосущая сила семян изучаемых сортов пайзы в осмотических растворах по сравнению с контролем зафиксирована в первые часы экспозиции. Стоит отметить, что в среднем по опыту за годы проведения исследований через 24 часа эксперимента сорт пайзы Пальмира в растворе сахарозы и нитрата калия превышал показатели контрольного варианта, а сорта пайзы Ода, Удалая и Красава – только в растворе сахарозы. Однако через 48 часов опыта показатели контроля превысили значения в растворе сахарозы: от 8,2% (Удалая) до 19,8% (Красава).

Процессы водопоглощения семенами всех изученных образцов пайзы характеризовались различной степенью интенсивности: в первые 1-2 часа эксперимента происходило более интенсивное набухание семян; в промежутке времени 4-6 часов у всех сортообразцов отмечен лаг-период, в течение которого скорость поглощения воды значительно не менялась, тогда как в течение следующих 24 и 48 часов наблюдалось повторное увеличение темпов водопоглощения. Стоит отметить, что у сорта пайзы Ода с первого часа экспозиции и до 24 часов проведения опыта в осмотическом растворе сахарозы отмечено набухание семян, превышающее показатели контрольного варианта, однако через 48 часов показатели контроля превысили значения полученные в растворе осмотика на 22,0%.

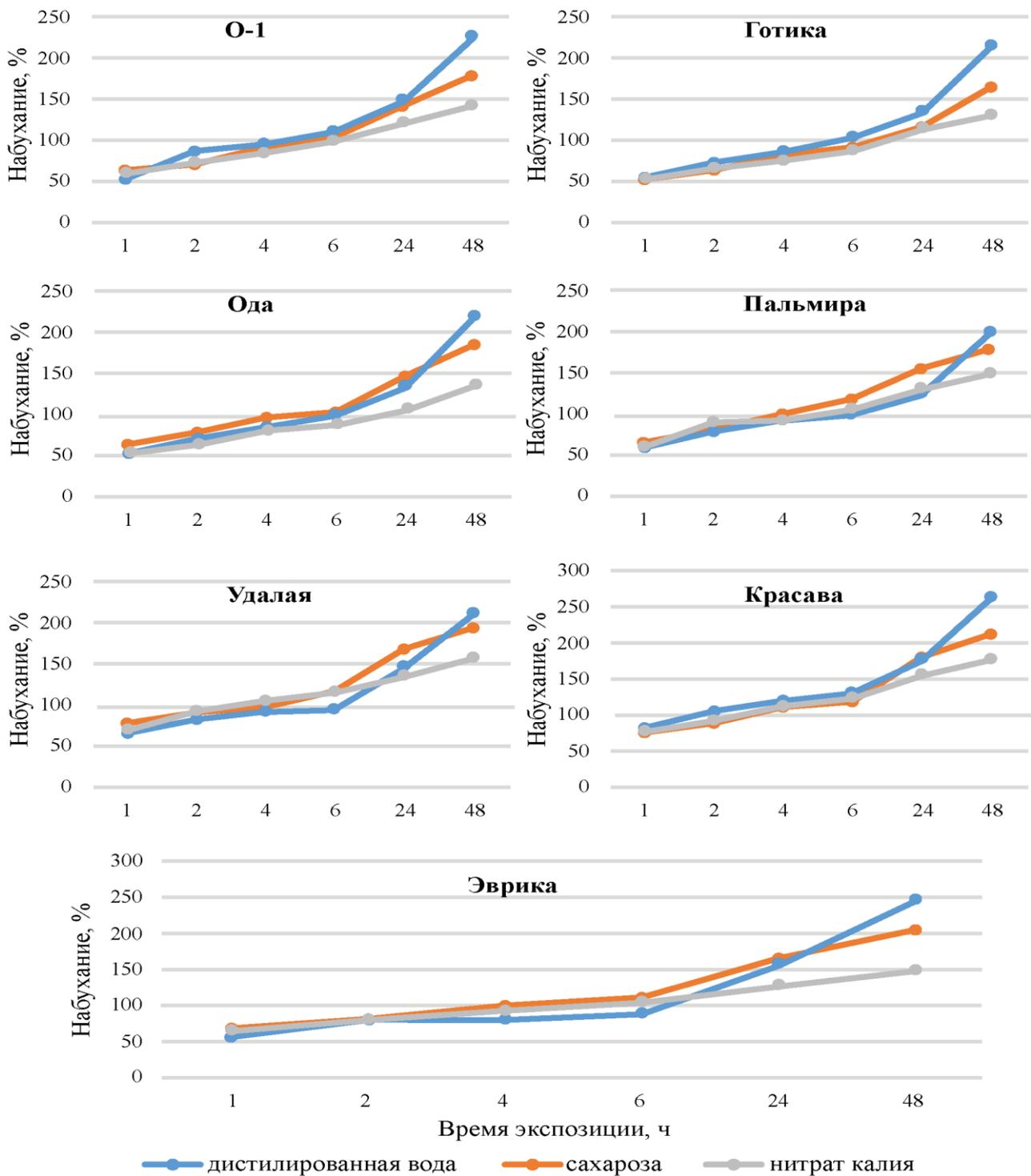
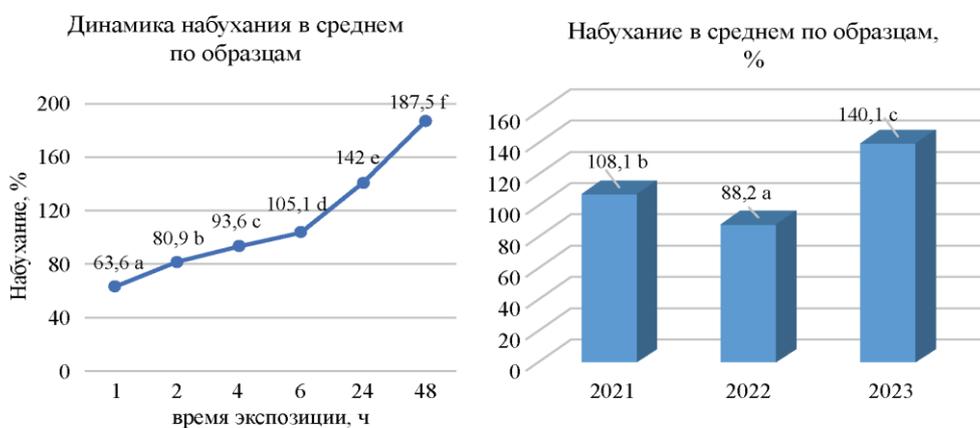
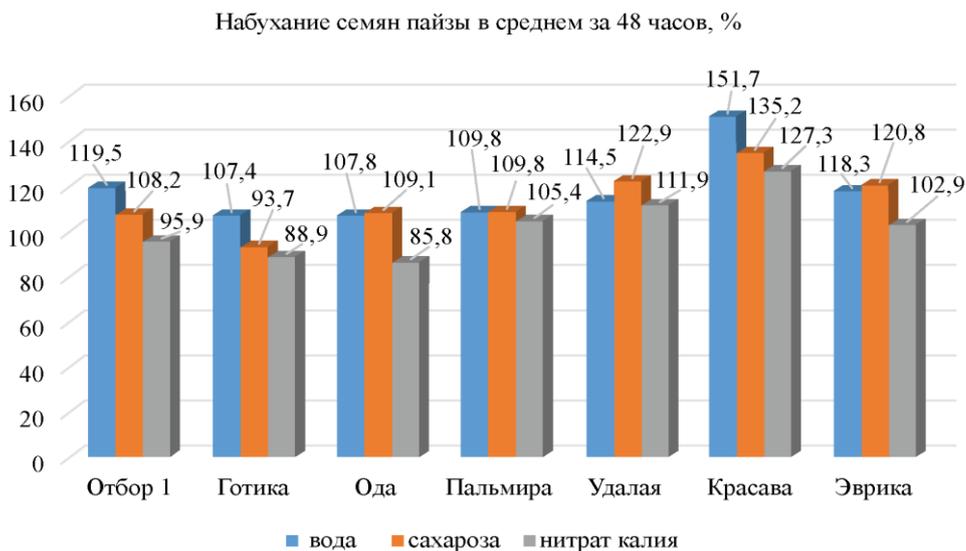


Рис. 1. Динамика набухания семян образцов пайзы (%), среднее 2021-2023 г.

Согласно данным, представленным на рисунке 2 выявлено, что в среднем по опыту сорта пайзы Ода, Пальмира и Удаляя превысили показатели в дистиллированной воде и данные сорта отмечены как засухоустойчивые.



Примечание: Fфакт (A) = 40,79\*; Fфакт (B) = 842,94\*; Fфакт (C) = 1260,98\*; Fфакт (AB) = 8,79\*; Fфакт (AC) = 6,27\*; Fфакт (BC) = 49,29\*; Fфакт (ABC) = 1,69\*; HCP05 (A) = 6,63; HCP05 (B) = 2,51; HCP05 (C) = 3,55; HCP05(AB) = 11,48; HCP05 (AC) = 16,24; HCP05 (BC) = 6,14; HCP05 (ABC) = 28,13

*Рис. 2. Влияние генотипа, условий года и продолжительности эксперимента на интенсивность набухания семян пайзы в условиях модельной засухи (среднее за 2021-2023 гг.)*

Обнаружено, что у всех изучаемых сортов пайзы, как в среднем за годы изучения, так и по годам исследований набухание семян снижалось в гипертоническом растворе нитрата калия, что может свидетельствовать о специфическом воздействии раствора.

Анализ проведенных исследований за 2021-2023 гг. позволил выделить засухоустойчивые сорта пайзы – Ода, Удалая и Эврика, у которых набухание в гипертоническом растворе сахарозы оказалось выше контроля на 1,2, 7,3 и 2,1% соответственно, а показатели в растворе нитрата калия снизились относительно показателей полученных в дистиллированной воде на 20,4; 2,3 и 13,0%. Сорт пайзы Пальмира также отнесен к засухоустойчивым, так как набухание в гипертонических растворах сахарозы и нитрата калия оказалось на уровне показателей контроля. Стоит отметить, что условия года получения семян оказали значимое влияние на интенсивность набухания семян пайзы: семена урожая 2021 г. показали наименьшее набухание в среднем по опыту в 2022 г. – 88,2%, тогда как семена урожая 2022 г. характеризовались более высоким значением показателя в опыте 2023 г. – 140,1%.

### Заключение

Опыт по изучению набухания семян пайзы в гипертонических растворах позволил дать косвенную оценку образцов по их засухоустойчивости и выделить перспективные сорта для

дальнейших исследований в создании нового генофонда. Экспериментальным путем выделены наиболее засухоустойчивые сорта пайзы – Ода, Удалая, Пальмира у которых в осмотических растворах набухание семян превысило показатели контрольного варианта.

### Литература

1. Ионова Е.В. Засуха и засухоустойчивость зерновых колосовых // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 2. – С. 37-41.
2. 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.
3. Starch granules of the sugar-pathway were eliminated under the stress of PEG-drought compared with Soil-drought / Maohua Dai et al. // Industrial Crops & Products. 2023. V. 193. 116158. DOI:10.1016/j.indcrop.2022.116158
4. Бычкова О.В., Хлебцова Л.П. Физиологическая оценка засухоустойчивости яровой твердой пшеницы // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 1 (1-2). – С. 107-116.
5. 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.
6. Kibalnik O.P., Sazonova I.A., Bochkareva Yu.V., Bychkova V.V., Semin D.S. Influence of Abiotic Stresses on Morphophysiological Characteristics and Biological Value of Grain Sorghum bicolor (L.) Moench // International Journal of Plant Biology. – 2023. V. 14. – P.150-161. DOI:10.3390/ijpb14010013
7. Асташов А.Н., Родина Т.В., Бочкарева Ю.В., Сафронов А.А., Плаксина В.С. Агробиологическая оценка коллекционных сортообразцов пайзы (*Echinochloa Frumentacea*) в условиях Нижнего Поволжья [Электрон. Ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 6. DOI: <https://doi.org/10.51419/202126638>.
8. Алабушев А.В., Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Газе В.Л. Оценка засухоустойчивости озимой мягкой пшеницы в условиях модельной засухи // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 35-37.
9. Родина Т.В., Тамбовцева Н.Р., Сафронов А.А. Оценка засухоустойчивости образцов пайзы (*Echinochloa frumentacea*) в лабораторных условиях // Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Инновационные направления научных исследований для интенсификации сельскохозяйственного производства». Белгород: КОНСТАНТАпринт. – 2022. – С. 303-309.
10. Самофалова Л.А., Сафронова О.В. Методологические подходы к проращиванию семян сельскохозяйственных культур, тестирование успеха прорастания // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 3 (23). – С. 68-74.

### References

1. Ionova E.V. Drought and drought resistance of grain ears // *Grain farming of Russia*. 2011; (2):37-41. (In Russ.)
2. 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). Pp. 135-150.
3. Starch granules of the sugar-pathway were eliminated under the stress of PEG-drought compared with Soil-drought / Maohua Dai et al. // *Industrial Crops & Products*. 2023. V. 193. 116158. DOI:10.1016/j.indcrop.2022.116158
4. Bychkova O.V., Khlebova L.P. Physiological assessment of drought resistance of spring durum wheat // *Acta Biologica Sibirica*. 2015; 1 (1-2):107-116. (In Russ.)
5. 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). Pp. 3029-3040.
6. Kibalnik O.P., Sazonova I.A., Bochkareva Yu.V., Bychkova V.V., Semin D.S. Influence of Abiotic Stresses on Morphophysiological Characteristics and Biological Value of Grain Sorghum bicolor (L.) Moench // *International Journal of Plant Biology*. 2023. V. 14. Pp.150-161. DOI:10.3390/ijpb14010013
7. Astashov A.N., Rodina T.V., Bochkareva Yu.V., Safronov A.A., Plaksina V.S. Agrobiological assessment of collection varieties of paiza (*Echinochloa Frumentacea*) in the conditions of the Lower Volga region [Electron. Resource] // *AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal*. 2022; 6. DOI: <https://doi.org/10.51419/202126638>. (In Russ.)
8. Alabushev A.V., Ionova E.V., Likhovidova V.A., Gaze V.L. Assessment of drought resistance of winter soft wheat in conditions of model drought. 2019; (7):35-37. (In Russ.)
9. Rodina T.V., Tambovtseva N.R., Safronov A.A. Assessment of drought resistance of paiza (*Echinochloa frumentacea*) samples in laboratory conditions // All-Russian Scientific and practical conference with inter. participation in "Innovative areas of scientific research for the intensification of agricultural production". Belgorod: CONSTANTAprint. 2022:303-309. (In Russ.)
10. Samofalova L.A., Safronova O.V. Methodological approaches to germination of seeds of agricultural crops, testing the success of germination // *Zernobobovye i krupnyye kul'tury*. 2017; 3(23):68-74. (In Russ.)