

УДК 633.174:631.52[631.559+631.671.3]

UDC 633.174:631.52[631.559+631.671.3]

4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки, сельскохозяйственные науки)

4.1.2 Plant breeding, seed production and biotechnology (biological sciences, agricultural sciences)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНОВОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ НИЖНЕВОЛЖСКОГО РЕГИОНА РФ

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF GRAIN SORGHUM DROUGHT RESISTANCE IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION IN THE RUSSIAN FEDERATION

Кибальник Оксана Павловна
к.б.н., главный научный сотрудник
РИНЦ SPIN-код: 9632-2976
e-mail: kibalnik79@yandex.ru

Kibalnik Oksana Pavlovna
Cand.Biol.Sci., Chief Researcher
RSCI SPIN-code: 9632-2976
e-mail: kibalnik79@yandex.ru

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Россия

Federal State Budgetary Research Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

Семин Дмитрий Сергеевич
к.с.-х.н., главный научный сотрудник
e-mail: sds-balashov@yandex.ru
ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Россия

Semin Dmitry Sergeevich
Cand.Agric.Sci., Chief Researcher
e-mail: sds-balashov@yandex.ru
Federal State Budgetary Research Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

Ефремова Ирина Григорьевна
к.с.-х.н., ведущий научный сотрудник
РИНЦ SPIN-код: 3195-5883
e-mail: efremova-irina1946irina@yandex.ru
ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Россия

Efremova Irina Grigorevna
Cand.Agric.Sci., Leading Researcher
RSCI SPIN-code: 3195-5883
e-mail: efremova-irina1946irina@yandex.ru
Federal State Budgetary Research Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

Цель исследований – реакция образцов зернового сорго на воздействие засухи в естественных полевых и смоделированных лабораторных условиях для селекции на повышение устойчивости к стрессу. Решены следующие задачи – выделение наиболее засухоустойчивых образцов зернового сорго по результатам комплексной оценки показателей набухания семян в осмотических растворах, изменчивости урожайности в различные годы, индекса засухоустойчивости. Опыты проведены в лаборатории, а также на участке экспериментального поля ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (г. Саратов, Россия) в течение 2016-2022 гг., значительно различающихся по уровню влагообеспеченности (ГТК=0,50-1,01). В результате проведенных лабораторных исследований установлена различная генотипическая реакция на потребление семенами растворов осмотиков в течение 48 часов эксперимента. В среднем за период исследований два сорта Магистр и Кулон характеризовались относительной засухоустойчивостью: набухание семян в гипертоническом растворе (сахароза) оказалось на уровне контроля (дистиллированная вода): 61,8-65,1% и 65,3-66,7%, соответственно.

The purpose of the research is the reaction of grain sorghum samples to the effects of drought in natural field and simulated laboratory conditions for breeding to increase resistance to stress. The following tasks have been solved – the selection of the most drought-resistant samples of grain sorghum based on the results of a integrated assessment of the indicators of seed swelling in osmotic solutions, yield variability in different years, and the drought resistance index. The experiments were carried out in the laboratory, as well as on the experimental field site of Institute (Saratov, Russia) during 2016-2022, significantly differing in the level of moisture availability (GTC = 0.50-1.01). As a result of laboratory studies, a different genotypic reaction to the consumption of osmotic solutions by seeds during 48 hours of the experiment was established. On average, during the research period, two varieties Magistr and Kulon were characterized by relative drought resistance: the swelling of seeds in hypertonic solution (sucrose) was at the control level (distilled water): 61.8-65.1% and 65.3-66.7%, respectively. The presented laboratory results are consistent with field diagnostics. In these varieties, the index drought resistance turned out to be the lowest – 0.73-1.23. At the same time, the variety

Приведенные лабораторные результаты согласуются с полевой диагностикой. У данных сортов индекс засухоустойчивости оказался наименьшим – 0,73-1,23. При этом, у сорта Магистр также отмечена средняя вариабельность урожайности зерна по годам исследований – 14,6%. Создание новых засухоустойчивых продуктивных сортов и гибридов сорго предполагает использование перспективных образцов: сорта Пищевое 614 и линии Л-65/14, выделившихся по набуханию семян в первые 24 ч эксперимента

Ключевые слова: СОРТ, ЛИНИЯ, ЗЕРНОВОЕ СОРГО, НАБУХАНИЕ СЕМЯН, ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА

called Magistr also showed an average variability in grain yield over the years of research – 14.6%. The creation of new drought-resistant productive sorghum varieties and hybrids involves the use of promising samples: Pischevoe variety 614 and line L-65/14, distinguished by the swelling of seeds in the first 24 hours of the experiment

Keywords: VARIETY, LINE, GRAIN SORGHUM, SEED SWELLING, DROUGHT RESISTANCE, GRAIN YIELD

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-191-007>

Введение. Основным ограничителем продуктивности мирового сельского хозяйства является действие абиотических стрессоров (продолжительные почвенные и воздушные засухи, засоление, переувлажнение и т.д.), в результате которых теряется до 50-82% потенциального урожая полевых культур. В современной селекции сельскохозяйственных культур особое внимание уделяется устойчивости к засухе. Воздействие данного абиотического стресс-фактора приводит к существенному снижению урожая многих сельскохозяйственных культур [1-3]. В настоящее время данная проблема обусловлена глобальным изменением климата, которое сопровождается частой засухой и выпадением недостаточного количества осадков для нормального роста и развития растений. В связи с этим актуальным является создание и внедрение засухоустойчивых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, способных при аномальных условиях формировать стабильный урожай зерна. К таким культурам относится сорго. Использование различных способов повышения устойчивости растений к стрессорам, включая селекцию, интродукцию, агротехнические исследования и эффективные методы диагностики, является наиболее важной задачей.

<http://ej.kubagro.ru/2023/07/pdf/07.pdf>

Однако выведение таких сортов и гибридов невозможно без подбора методик, изучения, оценки и анализа исходного материала по определенным признакам засухоустойчивости, формированию урожайности. В литературе есть сведения по комплексному проведению полевых и лабораторных исследований засухоустойчивости зерновых и овощных культур [1-3]. По сорговым культурам, возделываемым в регионах России с неустойчивым увлажнением, исследований по данному направлению проведено недостаточно.

Цель исследований: реакция образцов зернового сорго на воздействие засухи в естественных полевых и смоделированных лабораторных условиях для селекции на повышение устойчивости к стрессу.

Задачи исследований:

- оценка набухания семян сорго в осмотических растворах;
- анализ вариабельности урожайности образцов сорго в различные по метеоусловиям сезоны вегетации;
- определение индекса засухоустойчивости образцов сорго;
- выделение наиболее устойчивых образцов сорго по комплексу изученных показателей.

Материалы и методы. Материалом исследований служили сорта и линии зернового сорго (всего 9) – Магистр, РСК Коралл, Пищевое 614, Кремовое, Принц, Кулон, Л-65/14, Л-50/14, Л-251/14.

Определение специфики набухания семян сорго проводили согласно поглотительной способности семян в растворах осмотиков сахарозы (19 атм.) и нитрата калия (72 атм.) [4]. Набухание семян определяли по изменению их массы и выражали в процентах от исходного значения.

Для проведения полевых исследований сорта и селекционные линии зернового сорго высевались в селекционном севообороте ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Кассетной сеялкой проведён широкорядный посев

с густотой стояния растений 80-100 тыс. шт./га с шириной междурядий 70 см в трехкратной повторности на делянках площадью 30,8 м². Оценка урожайности зерна растений проведена при созревании семян в конце вегетации.

Индекс засухоустойчивости определяли согласно формуле:

$$DSI = (1 - Y/U_p) / (1 - X/X_p), \text{ где}$$

U_p – урожай зерна без стресса; Y – урожай зерна в условиях стресса;

X_p – урожайность в среднем по всем образцам без стресса;

X – урожайность в среднем по всем образцам при стрессе.

Статистика результатов исследований проведена согласно дисперсионного трехфакторного анализа (фактор А – сортоопыт, фактор В – условия года, фактор С – время экспозиции) программой Агрос 2.09.

Погодно-климатические условия в течение вегетации 2016-2022 гг. зернового сорго значительно различались и характеризовались гидротермическим коэффициентом (ГТК) от 0,50 в очень засушливых 2016 и 2019 гг. до 1,01 в 2017 г. с достаточным увлажнением. Засушливые условия вегетации наблюдались в 2018 г. ГТК составил 0,68, в 2020 г. – 0,77, в 2021 г. – 0,62, в 2022 г. – 0,75.

Результаты и исследований. Засухоустойчивость – это свойство растения осуществлять рост, развитие и воспроизведение без снижения урожайности в условиях стресса. Изменчивость системы растительного организма, способного адаптироваться к внешним факторам среды является важнейшим общебиологическим свойством, в том числе способность использования влаги в условиях ее дефицита, в том числе на начальных этапах роста и развития [1, 3].

Показатель набухания семян в осмотических растворах у большинства образцов оказался ниже контрольного варианта (дистиллированная вода), о чем свидетельствует различная генотипическая реакция на потребление растворов. В среднем за 2021-2023 гг. два сорта

следует отнести к относительно засухоустойчивым – Магистр и Кулон, у которых величина набухания семян в гипертоническом растворе оказалась на уровне контроля: 61,8-65,1% в сахарозе и 65,3-66,7% в дистиллированной воде, соответственно (рисунок 1).

На интенсивность набухания семян условия года оказали достоверное влияние. Так, семена урожая 2020 г. показали наименьшее набухание в среднем по опыту в 2021 г. – 48,0%, тогда как семена урожая 2021 г. характеризовались более высоким значением показателя в опыте 2022 г. – 74,8%.

Поглощение растворов семенами в первые часы эксперимента и последующие была неодинаковой. Зафиксирована высокая интенсивность в начальном (1-2 ч) и конечном периодах опыта (24-48 ч): 42,5-49,3% и 75,7-92,9%, соответственно. Спустя 4 и 6 часов происходило значительное замедление увеличения массы зерновок – 54,9-59,2%.

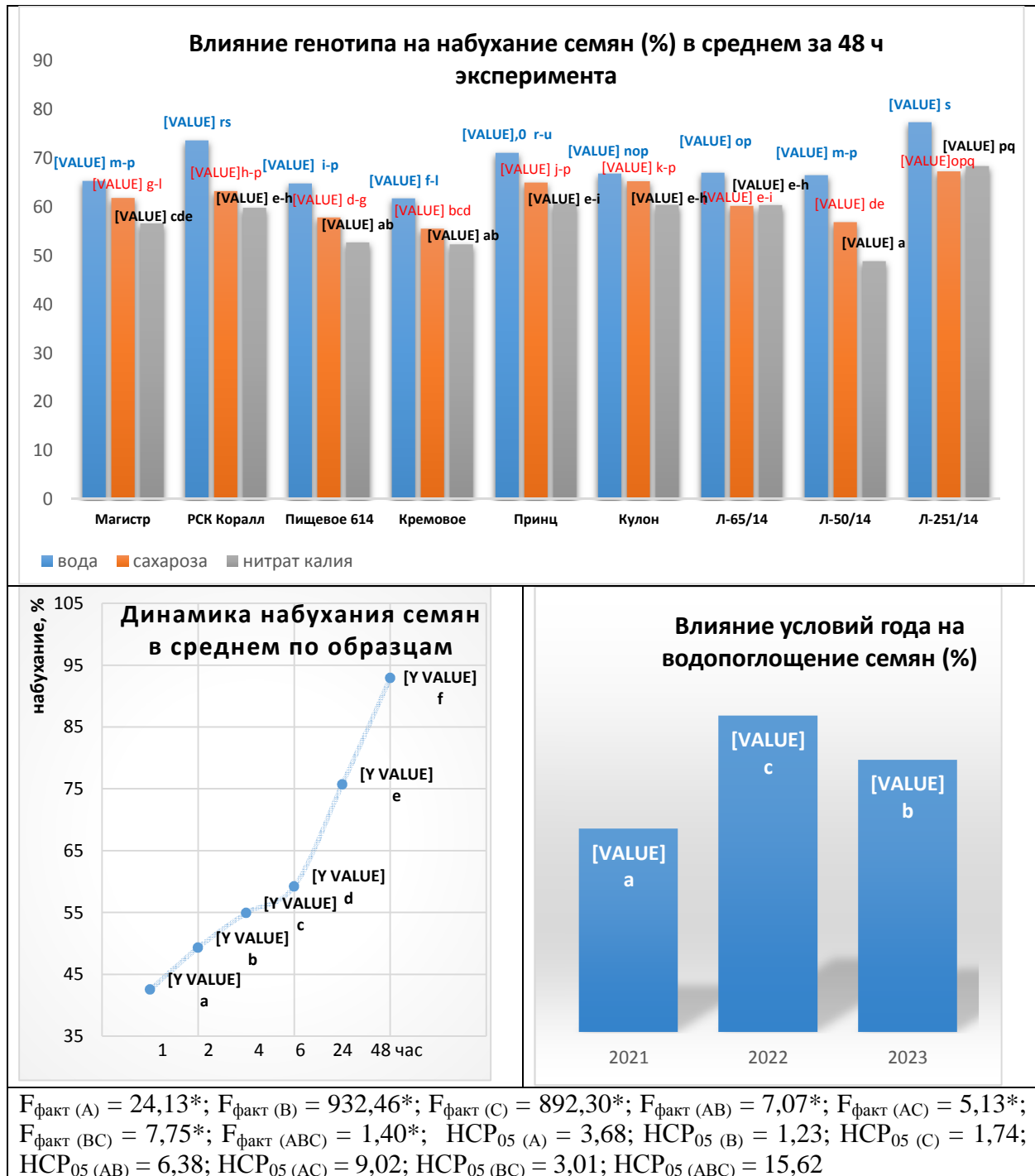


Рисунок 1 – Влияние генотипа, условий года и продолжительности эксперимента на интенсивность набухания семян зернового сорго в условиях модельной засухи (среднее за 2021-2023 гг.)

Изучение динамики водопотребления семян выявило следующие особенности: в течение 24 ч более интенсивное набухание семян происходило в растворе сахарозы или было на уровне дистиллированной воды у сортов Кулон, Магистр, Пищевое 614, Принц и линии Л-65/14, и

только в период с 24 по 48 часы эксперимента снижалось по сравнению с показателями в варианте с дистиллированной водой (рисунок 2).

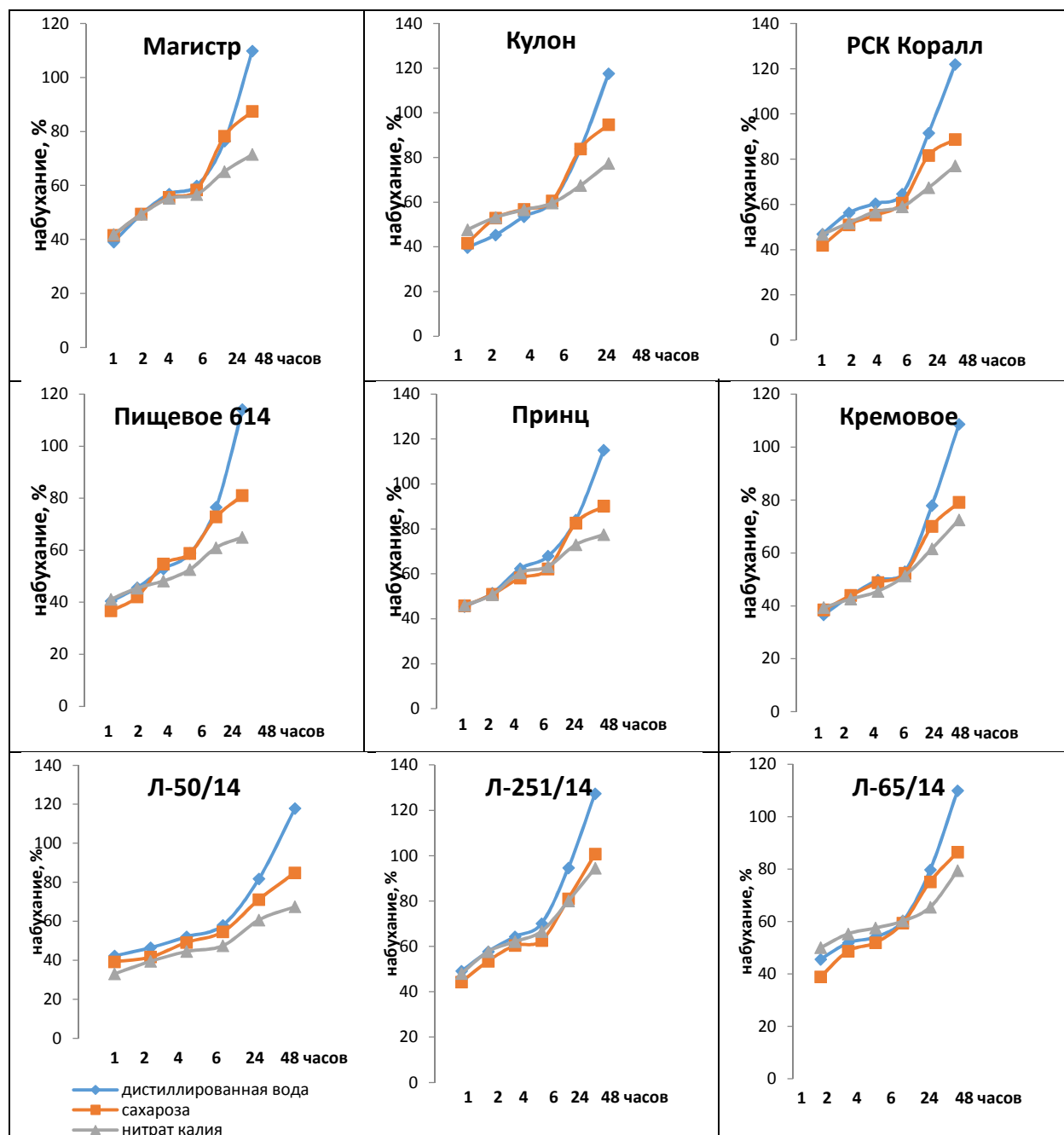


Рисунок 2 – Набухания семян сортов и линий зернового сорго в течение 48 часов (среднее за 2021-2023 гг.).

Особенность процесса набухания сорта Кремовое и линий Л-50/14, Л-251/14 состояла в том, что водопоглощение семенами в гипертонических растворах происходило интенсивнее в первые 6 часов опыта, а затем в условиях модельной засухи оно снижалось. Следует отметить, что у

большинства изучаемых образцов в среднем за 2021-2023 гг. показатели набухания семян оказались ниже в растворе нитрата калия. Только у сорта Кулон и линии Л-65/14 в первые 1-4 ч интенсивность набухания в нитрате калия оказывалась выше контрольного варианта.

Исследователями отмечена сопряженность результатов лабораторных опытов с урожайностью выделяемых генотипов в полевых условиях [1-3]. Для комплексной оценки образцов сорго нами изучена изменчивость урожайности и индекс засухоустойчивости на основе многолетних испытаний, отличающихся гидротермическими условиями. В среднем за 2016-2022 гг. урожайность зерна составила 4,11-5,45 т/га (таблица). Наибольшей продуктивностью характеризовались сорт РСК Коралл и линии Л-65/14, Л-50/14 – 5,04-5,45 т/га.

Таблица – Зерновая продуктивность образцов зернового сорго в зависимости от условий вегетации (т/га), среднее за 2016-2022 гг.

Образец	Годы исследований							Средняя	V, %	DSI
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022			
Магистр	4,23	5,82	4,00	5,62	4,60	4,43	4,61	4,76	14,6	0,73
РСК Коралл	3,55	5,23	6,80	4,63	6,80	3,86	4,39	5,04	26,2	1,00
Пищевое 614	3,01	5,42	5,60	3,63	3,70	4,00	3,52	4,13	24,0	1,77
Кремовое	3,65	6,45	3,60	3,64	4,40	4,60	4,58	4,42	22,7	1,95
Принц	2,48	6,63	5,00	5,20	3,42	2,72	3,34	4,11	37,1	1,91
Кулон	4,12	6,15	5,70	4,84	3,02	3,64	4,42	4,56	24,3	1,23
Л-65/14	4,70	6,78	7,00	4,62	6,20	3,86	4,96	5,45	22,2	1,41
Л-50/14	4,82	6,63	7,40	3,82	5,60	3,82	5,24	5,33	25,2	1,59
Л-251/14	4,82	6,21	2,00	3,25	4,80	3,94	4,75	4,25	31,7	1,59
Средние	3,93	6,15	5,23	4,36	4,73	3,87	4,42	4,67		
F ₀₅								6,49*		
НСР ₀₅								0,36		

Проведено определение коэффициента варьирования (V) зерновой продуктивности образцов по годам исследований, который показал наименьшее значение – 14,6% у сорта Магистр. Среднее варьирование урожайности зерна за годы исследований установлено у сортов Кулон (24,3%), РСК Коралл (26,2%), Пищевое 614 (24,0%), Кремовое (22,7%) и

линии Л-65/14 (22,2%). Только сорт Принц и линия Л-251/14 характеризовались более значительным изменением урожайности зерна ($V=31,7-37,1\%$).

Расчеты индекса засухоустойчивости образцов зернового сорго показали изменчивость в пределах 0,73-1,95: низкая величина индекса характерна для наиболее засухоустойчивых форм, к которым отнесены сорта Магистр ($DSI = 0,73$), РСК Коралл ($DSI = 1,00$), Кулон ($DSI = 1,23$). Другие сорта и линии зернового сорго отличились меньшей засухоустойчивостью: варьирование индекса составило от 1,41 (линия Л-65/14) до 1,95 (сорт Кремовое).

Заключение. Применение комплексной диагностики образцов зернового сорго в полевых и лабораторных условиях позволило более точно диагностировать засухоустойчивость изучаемых генотипов. В среднем за период лабораторных исследований два сорта следует отнести к относительно засухоустойчивым – Магистр и Кулон, у которых набухание в гипертоническом растворе оказалось на уровне контроля: 61,8-65,1% в сахарозе и 65,3-66,7% в дистиллированной воде. Установлено, что условия года оказали значимое влияние на интенсивность набухания семян. Полученные сведения подтверждаются полевыми исследованиями, согласно которым сорта Магистр и Кулон характеризовались невысоким индексом засухоустойчивости (0,73-1,23). Кроме того, перспективными в дальнейшей селекции по созданию новых засухоустойчивых продуктивных сортов и гибридов зернового сорго являются сорт Пищевое 614 и линия Л-65/14, проявившие устойчивость к искусственной засухе в первые 24 ч лабораторного эксперимента, а также сорт РСК Коралл с $DSI = 1,00$. Таким образом, выявлена определенная связь между лабораторной оценкой засухоустойчивости образцов на этапе набухания семян и результатами полевых испытаний по урожайности зерна.

Список источников

1.Газе, В.Л. Оценка засухоустойчивости образцов ярового ячменя в начальный период развития на осмотическом растворе / В.Л. Газе, И.А. Лобунская, П.И. Костылев [и др.] // Зерновое хозяйство России. 2022. – Т.14. – №4. – С. 34-38. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-34-38

2.Гериева, Ф.Т. Оценка и подбор жаро- и засухоустойчивых форм картофеля для почвенно-климатических условий Северного Кавказа/ Ф.Т. Гериева, И.А. Лекова, Б.В. Бекмурзов // Вестник КрасГАУ. – 2022. – №9. – С. 41-46. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-41-46

3.Манукян, И.Р. Оценка засухоустойчивости сортов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа / И.Р. Манукян, М.А. Басиева, Е.С. Мирошникова // Научная жизнь. – 2019. – Т.14. – вып.5. – С. 586-594. DOI: 10.26088/INOV.2019.93.31113

5.Методика диагностики устойчивости растений (засухо-, жаро-, соле- и морозоустойчивости) / Сост.: Г.В. Удовенко [и др.]. Л., 1970.

References

1. Gaze, V.L. Otsenka zasuhouatoichivosti obraztsov yarovogo yachmenya v nachal'nyi period rasvitiya na osmoticheskom rasvore / V.L. Gaze, I.A. Lobunskaya, P.I. Kostylev [i d.r.] // Zernovoe hozyaistva Rossii. – 2022. – T.14. – №4. – P. 34-38. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-34-38

2. Gerieva, F.T. Otsenka i podbor zharo- i zasuhouatoichivyyh form kartofelya dlya pochvenno-klimaticheskikh uslovii Severnogo Kavkaza/ F.T. Gerieva, I.A. Lekova, B.V. Bekmurzov // Vestnik KrasGAU. – 2022. – №9. – P. 41-46. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-41-46

3. Manukyan, I.R. Otsenka zasuhouatoichivosti sortov ozimoi pshenitsi v usloviyah predgornoj zony Tsentral'nogo Kavkaza / I.R. Manukyan, M.A. Basieva, E.S. Miroshnikova // Nauchnaya zhizn'. – 2019. – T.14. – V. – 5. – P. 586-594. DOI: 10.26088/INOV.2019.93.31113

4. Metodika diagnostiki ustoichivosti rastenii (zasuho-, zharo-, sole- i morozoustoichivosti) / sost.: G.V. Udovenko [et al.]. L., 1970.