

Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 3 (15). С. 12-21  
Agricultural journal. 2022; 15 (3). P.12-21

Агрономия, лесное и водное хозяйство

Научная статья

УДК 633.174.1:631.671.3

DOI 10.25930/2687-1254/002.3.15.2022

### **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ РОСНИИСК «РОССОРГО»**

**Светлана Сергеевна Куколева, Оксана Павловна Кибальник,  
Татьяна Витальевна Ларина**

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.** Успех селекции при создании засухоустойчивых образцов во многом зависит от правильной оценки степени устойчивости. В основе метода определения засухоустойчивости образцов суданской травы в лабораторных условиях лежит неодинаковая способность семян прорасти в условиях искусственно моделируемой с помощью растворов осмотиков. Исследования проводили в лаборатории ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». При проведении диагностики устойчивости растений суданской травы к стрессовым воздействиям руководствовались методикой, основанной на положительной связи между повышенными осмотическими показателями и засухоустойчивостью. Семена суданской травы проращивали в растворе сахарозы разной концентрации. Анализ засухоустойчивости проводили по длине проростков и корешков сортообразцов суданской травы. Наиболее засухоустойчивыми отмечены образцы суданской травы линий Лаура, Фаина, Л-96-3/14 и сортов Мечта Поволжья, Аллегория, Зональская 6. Содержание абсолютно сухого вещества в контрольном варианте у проростков составило – 6,83–8,14 %, у корешков – 7,28–9,88 %; в опытном варианте у проростков – 8,05–27,07 %, у корешков – 12,84–38,71 %. Перераспределение интенсивности роста корешков и проростков у образцов суданской травы показало, что приток ассимилянтов в основном усиливался в сторону проростков в контрольном варианте  $RSR = 0,19–0,26$ . При проращивании семян в различных концентрациях сахарозы наблюдается сильное варьирование значений  $RSR = 0,33–0,89$  и перераспределение ассимилянтов меняется в сторону накопления массы корешков по сравнению с проращиванием в дистиллированной воде. При подборе оптимальной концентрации сахарозы установлено, что наибольшее значение линейных показателей и индекса перераспределения интенсивности роста корешков и проростков в среднем по группе образцов суданской травы выявлено в варианте с концентрацией 12 атм; линейных показателей у группы образцов – 9 и 12 атм. Увеличение концентрации раствора сахарозы оказывает ингибирующее воздействие на величину проростка и корешка. При этом отмечается значительный рост содержания абсолютно сухого вещества.

**Ключевые слова:** суданская трава, засухоустойчивость, сахароза, проросток, корешок

Для цитирования: Куколева С.С., Кибальник О.П., Ларина Т.В. Изучение влияния осмотического стресса на засухоустойчивость образцов суданской травы селекции ФГБНУ РОСНИИСК «РОССОРГО» // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 3 (15). С.12-21. DOI 10.25930/2687-1254/002.3.15.2022

Agronomy, forestry and water industry

Original article

**STUDY OF THE EFFECT OF OSMOTIC STRESS ON THE DROUGHT TOLERANCE OF SUDAN GRASS SAMPLES OF THE FSBSI “RUSSIAN RESEARCH, DESIGN AND TECHNOLOGICAL INSTITUTE OF SORGHUM AND CORN” SELECTION**

**Svetlana S. Kukoleva, Oksana P. Kibalnik, Tatiana V. Larina**

FSBSI “Russian research, design and technological institute of sorghum and corn”, Saratov, Russia, E-mail: lily74-88@mail.ru

**Abstract.** The success of selection in development of drought-tolerant samples largely depends on the correct evaluation of the tolerance degree. The method of determining the drought tolerance of Sudan grass samples in laboratory conditions is based on the unequal ability of seeds to germinate under artificially modeled conditions with the help of osmotic solutions. The studies were carried out in the laboratory of the FSBSI “Russian research, design and technological institute of sorghum and corn”. During the diagnostic of the Sudan grass tolerance to stress, they were guided by a technique based on a positive connection between increased osmotic indices and drought tolerance. Sudan grass seeds were germinated in sucrose solutions of different concentration. Drought tolerance was analysed by the length of seedlings and roots of Sudan grass varieties. The most drought-tolerant samples of Sudan grass are lines Laura, Faina, L-96-3/14 and varieties Mechta Povolzhia, Allegoriia, Zonalskaia 6. The content of absolute dry matter in the control variant: seedlings made 6.83-8.14%, roots – 7.28-9.88%; in the experimental variant in seedlings – 8.05-27.07%, roots – 12.84-38.71%. The redistribution of the growth intensity of the roots and seedlings in samples of Sudan grass showed that the influx of assimilants mainly increased towards seedlings in the control variant  $RSR=0.19-0.26$ . When seeds are germinated in different concentrations of sucrose, there is a strong variation in the values of  $RSR = 0.33-0.89$  and the redistribution of assimilants changes towards the accumulation of roots mass in comparison to germination in distilled water. In the selection of optimal concentration of sucrose, it was found that the highest value of linear indicators and the redistribution index of the growth intensity of roots and seedlings on average for a group of samples of Sudan grass was revealed in the variant with a concentration of 12 atm; linear indicators in a group of samples – 9 and 12 atm. An increase in the concentration of sucrose solution has an inhibitory effect on the size of the seedling and root; moreover there is a significant increase in the content of absolute dry matter.

**Keywords:** Sudan grass, drought tolerance, sucrose, seedling, root

**For citation:** Kukoleva S. S., Kibalnik O. P., Larina T. V. Study of the effect of osmotic stress on the drought tolerance of Sudan grass samples of the FSBSI “Russian research, design and technological institute of sorghum and corn” selection //Agricultural journal. 2022; 15 (3). P. 12-21. DOI 10.25930/2687-1254/002.3.15.2022

**Введение.** Засухоустойчивость определяется как способность растений переносить обезвоживание. Согласно этому определению засухоустойчивыми можно называть растения, способные в процессе онтогенеза приспосабливаться к воздействию засухи и осуществлять в этих условиях нормальный рост, развитие и воспроизведение благодаря наличию ряда свойств, возникающих в процессе эволюции под влиянием условий существования [1].

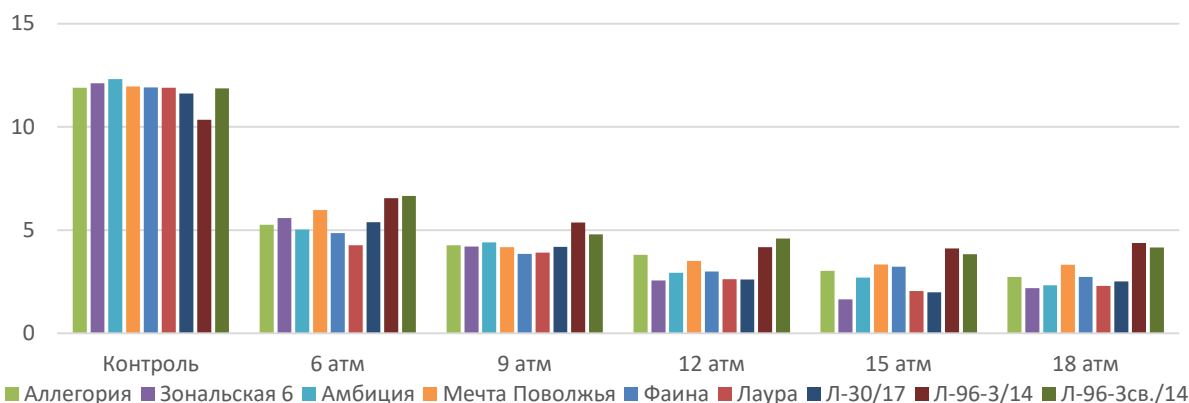
Наиболее критичный период жизни растений – процесс прорастания семян, обеспечивающий выживаемость растений и в конечном итоге сказывающийся на продуктивности культуры [2]. Существует несколько методов, позволяющих оценить засухоустойчивость сельскохозяйственных культур [3; 4]. Наиболее приемлемым способом оценки засухоустойчивости растений является способ проращивания семян в растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением, имитирующих засуху в лабораторных условиях [5; 6]. Для сорговых культур конкретной концентрации сахарозы не установлено, поэтому с целью выявления ее оптимального значения в лаборатории ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» проводили исследования по выделению исходного материала для дальнейшей селекции на повышение стрессоустойчивости в условиях смоделированной засухи [7].

**Цель исследований** – выделить засухоустойчивые образцы суданской травы в условиях засушливых регионов РФ для использования в селекции на повышение засухоустойчивости.

**Материал и методы исследований.** Оценку засухоустойчивости образцов суданской травы селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» проводили в 2022 г. на проростках образцов суданской травы Зональская 6, Лаура, Фаина, Мечта Поволжья, Аллегория, Амбиция, Л-30/17, Л-96-3/14, Л-96-3св/14 согласно методике, предложенной Н.Н. Кожушко и В.М. Царевской [8]. Отобранные семена закладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу по 50 штук в трехкратной повторности и проращивали трое суток на дистиллированной воде в термостате при температуре 21–23 °С. Затем их перенесли на раствор сахарозы с различным осмотическим давлением (6, 9, 12, 15, 18 атмосфер). Контрольную группу проростков оставляли на дистиллированной воде и проращивали в термостате ТС-80М в течение 48 часов [9]. У изучаемых образцов определяли содержание абсолютно сухого вещества (АСВ), соотношение сухой массы корней и проростков (индекс Root-Shoot Ratio (RSR)). Полученные данные подвергли статистической обработке дисперсионным анализом с помощью программы AGROS 2.09.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Длина проростков в контрольном варианте составила 10,3–12,3 см, а в растворах сахарозы разной концентрации – 1,6–6,6 см. На рисунке 1 отражены особенности развития проростков в растворе сахарозы. Отмечено, что с увеличением концентрации осмотика уменьшается линейная величина проростка, по сравнению с контрольным вариантом. При этом значимые различия между испытываемыми образцами по длине проростка установлены в каждом варианте опыта ( $F_{\text{факт.}} \geq F_{\text{теор.}}$ ), за исключением показателей в контроле.

Наибольшей длиной корешка (7,9–8,4 см) в контрольном варианте выделились образцы Аллегория, Лаура, Л-96-3св/14, Л-96-3/14. Диапазон варьирования значений длины корешка в растворах сахарозы составил 1,8–5,9 см.

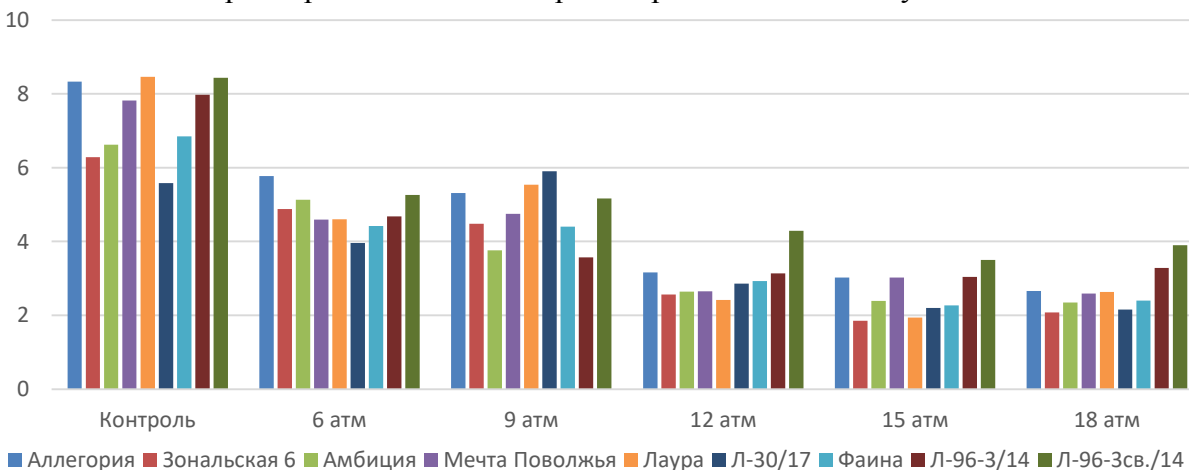


|                    | Контроль | 6 атм | 9 атм | 12 атм | 15 атм | 18 атм |
|--------------------|----------|-------|-------|--------|--------|--------|
| $F_{\text{факт.}}$ | 1,17     | 6,44* | 2,83* | 4,41*  | 5,22*  | 4,6*   |
| $HCP_{05}$         | —        | 0,86  | 0,78  | 0,98   | 1,04   | 1,06   |

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .

Рисунок 1. Длина проростков образцов суданской травы (см)

На рисунке 2 прослеживается динамика влияния концентрации растворов: чем выше концентрация в растворе, тем ниже величина первичного корешка. Различия между образцами установлены в контрольном варианте и с использованием концентраций сахарозы 9–18 атм. В варианте с концентрацией 6 атм образцы суданской травы по интенсивности корнеобразования достоверно не различались между собой.

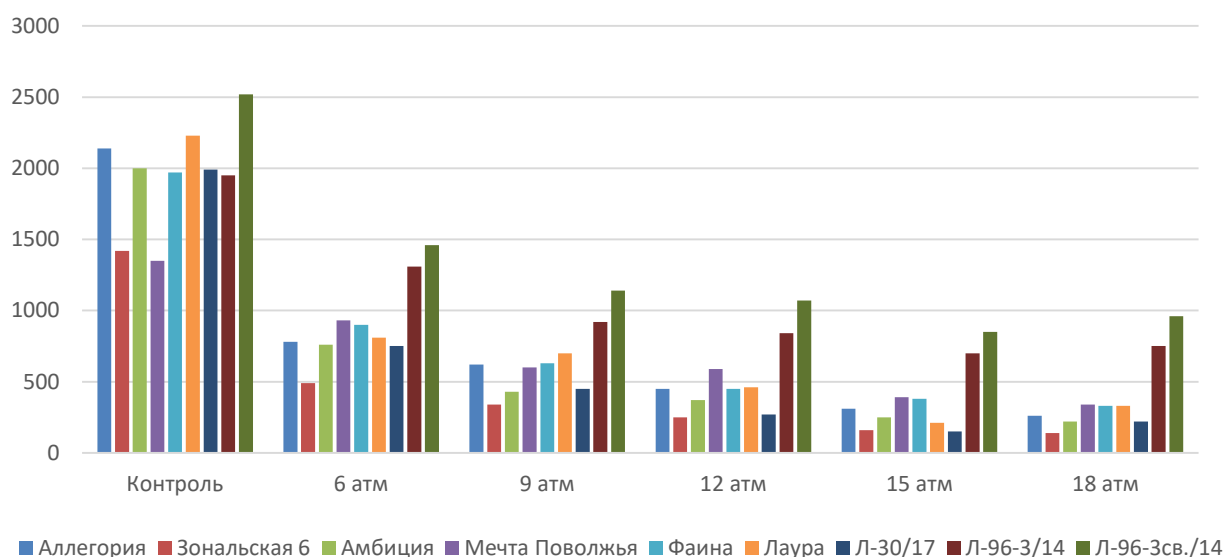


|                    | Контроль | 6 атм | 9 атм | 12 атм | 15 атм | 18 атм |
|--------------------|----------|-------|-------|--------|--------|--------|
| $F_{\text{факт.}}$ | 3,19*    | 0,95  | 3,45* | 3,65*  | 3,57*  | 4,1*   |
| $HCP_{05}$         | 1,78     | —     | 1,15  | 0,81   | 0,85   | 0,80   |

Примечание: см. рисунок 2.

Рисунок 2. Длина корешка образцов суданской травы (см)

Сырой вес проростков в контрольном варианте начитывал 1350–2520 мг, в растворах сахарозы – 140–1460 мг. На рисунке 3 также отражено влияние концентрации растворов сахарозы. Установлено, что с увеличением атмосферного давления осмотика уменьшается сырой вес корешков. Наибольшим весом отличились линии суданской травы Л-96-3/14, Л-96-3св./14.

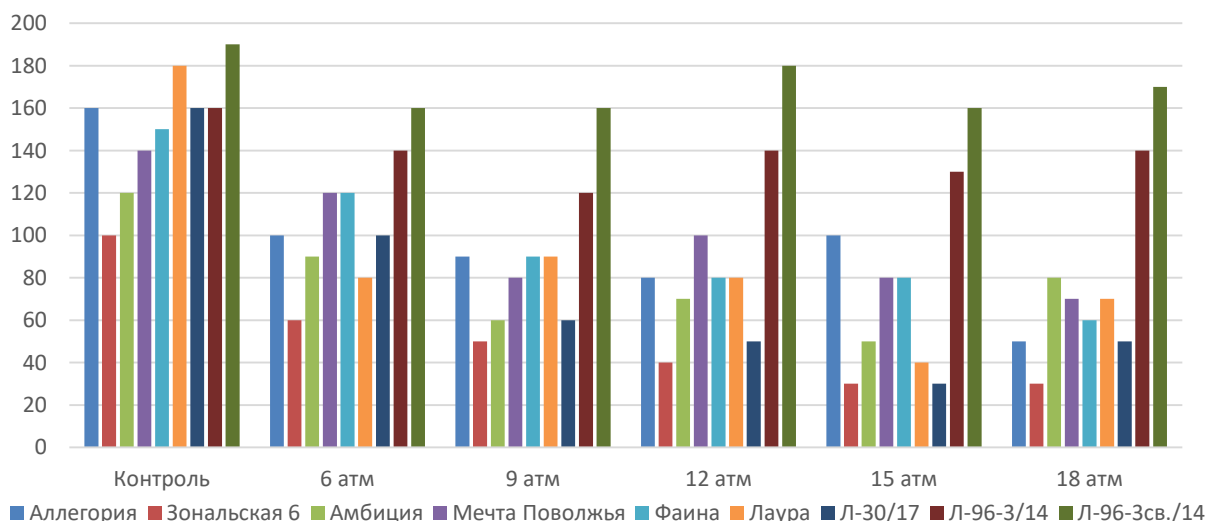


$$F_{\text{факт.}} = 18,929^*; \text{НСР}_{05} = 0,394$$

Примечание: см. рисунок 2.

Рисунок 3. Сырой вес проростков образцов суданской травы (мг)

На рисунке 4 показан вес сухих проростков образцов суданской травы в вариантах опыта. Уменьшение показателей от контроля до высокой концентрации (18 атм) осмотика наблюдается у сорта Зональская 6 и линий Фаина, Л-30/17.



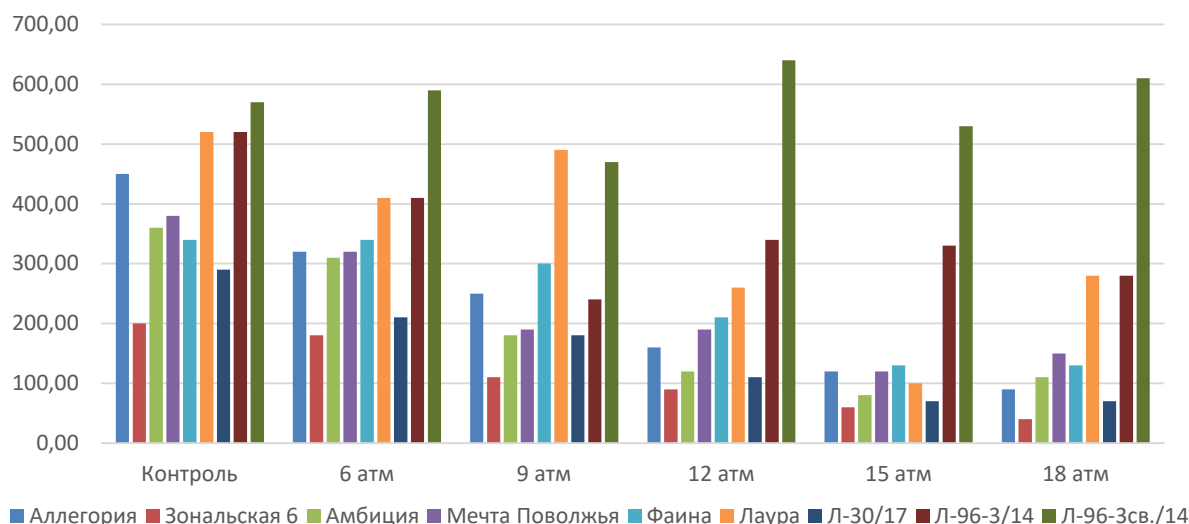
$$F_{\text{факт.}} = 2,463^*; \text{НСР}_{05} = 0,083$$

Примечание: см. рисунок 2.

Рисунок 4. Сухой вес проростков образцов суданской травы (мг)

Однако у некоторых образцов (Амбиция, Мечта Поволжья, Лаура, Л-96-3/14, Л-96-3св./14) в варианте с концентрацией 12 атм происходит увеличение сухого веса. При этом высокие показатели выявлены у линий суданской травы Л-96-3/14, Л-96-3св./14. Диапазон варьирования массы сухих корешков в опыте равен 30–190 мг.

На представленном графике (рисунок 5) наблюдается уменьшение сырого веса корешков с ростом концентрации сахарозы у образцов Аллегория, Зональская 6, Фаина, Л-30/17, а у линии Л-96-3св./14, наоборот, вес увеличивается. Значения признака варьируют в диапазоне 0,07–0,64 г.

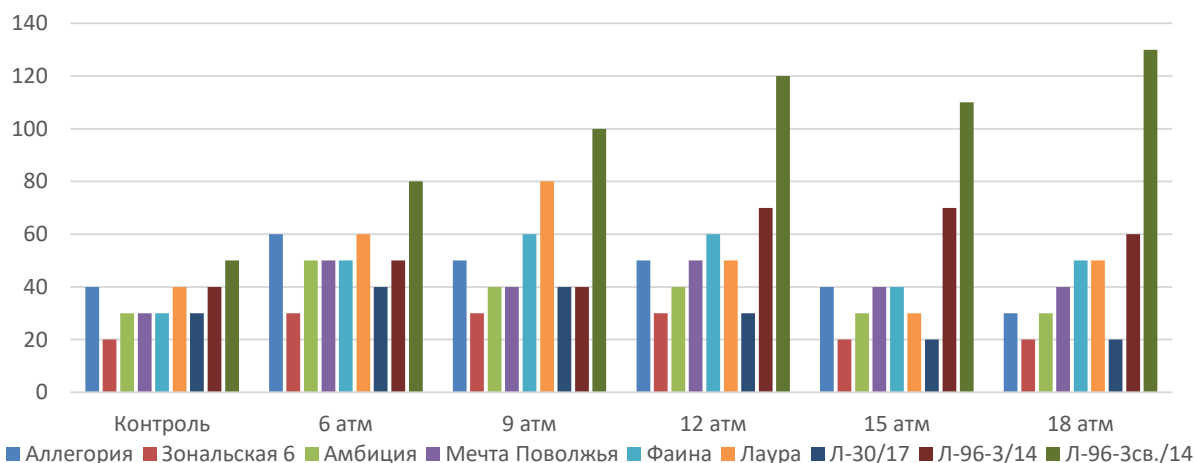


$$F_{\text{факт.}} = 10,902^*; HCP_{05} = 0,138$$

*Примечание: см. рисунок 2.*

Рисунок 5. Сырой вес корешков образцов суданской травы (мг)

Интервал варьирования веса сухих корешков – 20–130 мг (рисунок 6).



$$F_{\text{факт.}} = 7,058^*; HCP_{05} = 0,026$$

*Примечание: см. рисунок 2.*

Рисунок 6. Сухой вес корешков образцов суданской травы (мг)

Сухая масса у всех образцов с увеличением концентрации уменьшалась, за исключением линий Л-96-3/14, Л-96-3св./14, у которых показатели веса сухих корешков увеличились.

Дополнительно определены показатели АСВ и индекс RSR, установлена дифференцированная реакция образцов на физиологическую засуху. При этом в контрольном

варианте содержание абсолютно сухого вещества проявлялось равномерно между проростками и корешками: варьирование составило 6,83–8,14 % и 7,28–9,88 % соответственно. У сорта Аллегория и линии Л-96-3/14 выявлены несущественные различия между значениями АСВ = 7,28–7,52 % и АСВ = 8,14–8,18 % соответственно. При увеличении концентрации сахарозы наблюдается значительный рост содержания сухого вещества корешков, по сравнению с проростками: в опыте 6 атм АСВ = 12,84–19,98 % и 8,05–13,59 %; 9 атм – 16,53–29,41 % и 11,44–14,90 %; 12 атм – 19,72–32,39 % и 16,76–19,50 %; 15 атм – 21,60–38,71 % и 18,22–23,61 %; 18 атм – 20,71–35,99 % и 18,31–25,57 % соответственно. Согласно рисунку 7 постоянство вариабельности значений АСВ отмечено в опыте с концентрациями 9–12 атм. При этом изменчивость содержания АСВ корешков растет с увеличением концентрации, а у проростков наблюдается волнообразное варьирование с пиком снижения при 9–12 атм.

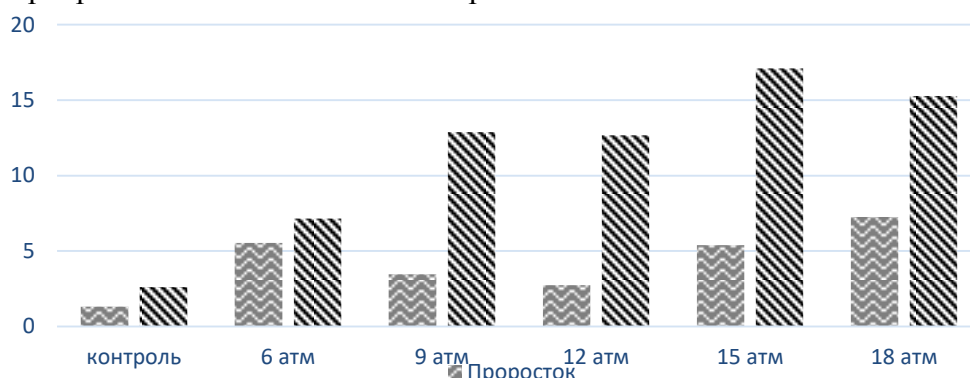


Рисунок 7. Размах изменчивости показателей содержания абсолютно сухого вещества проростков и корешков образцов суданской травы (%)

Таблица

Содержание абсолютно сухого вещества в проростках и корешках образцов суданской травы

| Образец                                                                                                                      | Варианты опыта       |                |                  |              |              |             |              |              |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                                                                                                                              | контроль             |                |                  | 6 атм        |              |             | 9 атм        |              |             |
|                                                                                                                              | АСВ <sup>1</sup> , % |                | RSR <sup>2</sup> | АСВ, %       |              | RSR         | АСВ, %       |              | RSR         |
|                                                                                                                              | П <sup>3</sup>       | К <sup>4</sup> |                  | П            | К            |             | П            | К            |             |
| Аллегория                                                                                                                    | 7,52                 | 7,28           | 0,25             | 12,99        | 17,92        | 0,60        | 14,90        | 22,15        | 0,56        |
| Амбиция                                                                                                                      | 7,52                 | 9,34           | 0,25             | 12,71        | 16,53        | 0,56        | 11,44        | 24,13        | 0,67        |
| Зональская 6                                                                                                                 | 7,12                 | 9,88           | 0,20             | 12,00        | 14,54        | 0,50        | 14,73        | 29,41        | 0,60        |
| Мечта Поволжья                                                                                                               | 6,83                 | 7,56           | 0,21             | 12,54        | 16,68        | 0,42        | 13,75        | 22,12        | 0,50        |
| Фаина                                                                                                                        | 7,51                 | 8,92           | 0,20             | 13,59        | 15,81        | 0,42        | 14,52        | 19,34        | 0,67        |
| Лаура                                                                                                                        | 7,91                 | 8,29           | 0,22             | 8,05         | 13,80        | 0,75        | 13,68        | 16,53        | 0,89        |
| Л-30/17                                                                                                                      | 7,92                 | 8,99           | 0,19             | 12,99        | 19,98        | 0,40        | 14,62        | 24,45        | 0,67        |
| Л-96-3/14                                                                                                                    | 8,14                 | 8,18           | 0,25             | 10,59        | 12,84        | 0,36        | 12,65        | 17,93        | 0,33        |
| Л-96-3св/14                                                                                                                  | 7,68                 | 9,39           | 0,26             | 11,18        | 14,44        | 0,50        | 13,99        | 19,46        | 0,62        |
|                                                                                                                              |                      |                |                  |              |              |             |              |              |             |
| <b>Среднее</b>                                                                                                               | <b>7,57</b>          | <b>8,65</b>    | <b>0,23</b>      | <b>11,85</b> | <b>15,84</b> | <b>0,50</b> | <b>13,81</b> | <b>21,72</b> | <b>0,61</b> |
| F <sub>факт.</sub> (П) = 33,59*; HCP <sub>05</sub> (П) = 2,60; F <sub>факт.</sub> (К) = 18,61*; HCP <sub>05</sub> (К) = 5,53 |                      |                |                  |              |              |             |              |              |             |

*Продолжение таблицы*

| Образец                                                                                                                      | Варианты опыта |              |             |              |              |             |              |              |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                                                                                                                              | 12 атм         |              |             | 15 атм       |              |             | 18 атм       |              |             |
|                                                                                                                              | ACB, %         |              | RSR         | ACB, %       |              | RSR         | ACB, %       |              | RSR         |
|                                                                                                                              | П              | К            |             | П            | К            |             | П            | К            |             |
| Аллегория                                                                                                                    | 17,69          | 29,37        | 0,62        | 20,79        | 31,61        | 0,40        | 20,77        | 31,33        | 0,60        |
| Амбиция                                                                                                                      | 18,94          | 32,39        | 0,57        | 22,10        | 32,54        | 0,60        | 20,76        | 31,71        | 0,37        |
| Зональская 6                                                                                                                 | 18,39          | 27,67        | 0,75        | 23,61        | 38,71        | 0,67        | 27,07        | 34,54        | 0,67        |
| Мечта<br>Поволжья                                                                                                            | 17,80          | 27,67        | 0,50        | 20,97        | 30,23        | 0,50        | 21,70        | 36,16        | 0,57        |
| Фаина                                                                                                                        | 18,71          | 27,59        | 0,75        | 20,94        | 27,34        | 0,50        | 21,00        | 30,18        | 0,83        |
| Лаура                                                                                                                        | 19,50          | 20,20        | 0,62        | 21,99        | 24,18        | 0,75        | 25,57        | 23,67        | 0,71        |
| Л-30/17                                                                                                                      | 19,02          | 27,55        | 0,60        | 22,00        | 30,46        | 0,67        | 22,88        | 35,99        | 0,40        |
| Л-96-3/14                                                                                                                    | 17,29          | 21,67        | 0,50        | 18,22        | 22,37        | 0,54        | 18,41        | 23,59        | 0,43        |
| Л-96-3св/14                                                                                                                  | 16,76          | 19,72        | 0,67        | 19,42        | 21,60        | 0,69        | 18,31        | 20,71        | 0,76        |
|                                                                                                                              |                |              |             |              |              |             |              |              |             |
| <b>Среднее</b>                                                                                                               | <b>18,34</b>   | <b>25,98</b> | <b>0,62</b> | <b>21,12</b> | <b>28,78</b> | <b>0,59</b> | <b>21,83</b> | <b>32,38</b> | <b>0,59</b> |
| F <sub>факт.</sub> (П) = 33,59*; HCP <sub>05</sub> (П) = 2,60; F <sub>факт.</sub> (К) = 18,61*; HCP <sub>05</sub> (К) = 5,53 |                |              |             |              |              |             |              |              |             |

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; <sup>1</sup>ACB – абсолютно сухое вещество; <sup>2</sup>RS;

<sup>3</sup>П – проросток; <sup>4</sup>К – корешок

Рассматривая средние значения содержания ACB проростков и корешков по группе образцов в опыте наибольшие показатели отмечены в вариантах с высокими концентрациями – 21,12–21,83 % и 28,78–32,38 % соответственно. Наименьший рост содержания абсолютно сухого вещества проростков в варианте проращивания с концентрацией 12 атм, по сравнению с контролем, отмечен у образцов Аллегория, Мечта Поволжья, Л-96-3/14 и Л-96-3св/14; корешков – Лаура, Л-96-3/14 и Л-96-3св/14.

Перераспределение интенсивности роста корешков и проростков у образцов суданской травы показало, что приток ассимилянтов в основном усиливался в сторону проростков. Об этом свидетельствуют значения RSR = 0,19–0,26 в контрольном варианте; 0,36–0,75 (6 атм); 0,33–0,89 (9 атм); 0,50–0,75 (12 атм); 0,40–0,75 (15 атм); 0,37–0,83 (18 атм). Следует отметить, что в условиях смоделированной засухи возрастает показатель RSR. Данные таблицы показывают, что при проращивании семян в различных концентрациях сахарозы наблюдается сильное варьирование значений RSR в сравнении с проращиванием в дистиллированной воде. Наименьшая изменчивость показателя в опыте отмечена в варианте с 12 атм. Очевидно, в стрессовых условиях изменяется перераспределение ассимилянтов уже в сторону накопления массы корешков и проявляется большая жизнеспособность образцов. Наименьшее варьирование индекса (размах в пределах 0,15–0,20) в опытных вариантах с разными концентрациями сахарозы установлено у сортов Аллегория, Зональская 6 и Мечта Поволжья. Также следует отметить, что наибольшее значение индекса в среднем по группе образцов выявлено в варианте с концентрацией 12 атм.

**Закключение.** Относительную засухоустойчивость образцов суданской травы определили лабораторным методом проращивания семян в растворах сахарозы. В результате проведенных исследований выделены наиболее засухоустойчивые образцы суданской травы линий Лаура, Фаина, Л-96-3/14 и сортов Мечта Поволжья, Аллегория, Зональская 6. Также следует отметить, что наибольшее значение индекса перераспределения интенсивности роста корешков и проростков в среднем по группе образцов суданской травы выявлено в варианте с концентрацией 12 атм.

## Список источников

1. Шамова М.Г., Набатова Н.А., Псарева Е.А. Влияние концентрации раствора осмотика на прорастание семян озимой ржи в лабораторных условиях // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы V Международной научно-практической конференции. – Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 161–164.
2. Физиологическая оценка устойчивости овса / Л.О. Петункина, С.В. Свиркова, Н.А. Маевская, А.А. Старцев // Вестник КемГУ. 2012. № 4 (52), Т 1. С. 20–23.
3. Golubanova I. Effects of drought stress in genotypes *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] by using sucrose in laboratory condition // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 26 (No 1). 2020. P. 61-69.
4. Kibalnik O.P., Efremova I.G., Kukoleva S.S. Stress immunity of CMS lines of *Sorghum bicolor* (L.) Moench at the basis of different cytoplasmic sterility types // PlantGen2021. The 6<sup>th</sup> International scientific conference “Plant Genetics, genomics, Bioinformatics, and Biotechnology. Novosibirsk, 2021. P.111.
5. Амунова О.С., Волкова Л.В. Генетико-статистический анализ комбинационной способности сортов яровой пшеницы по устойчивости к засухе в ювенильный период развития // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (3). С. 253–262.
6. Калинина А.В., Даштоян Ю.В. Влияние осмотического стресса на рост проростков яровой мягкой пшеницы // Аграрный вестник Юго-Востока. 2019. № 3. С. 10–13.
7. Куколева С.С., Кибальник О.П., Степанченко Д.А. Анализ засухоустойчивости образцов суданской травы в растворах осмотиков // Материалов II Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата». Саратов: ООО «Амирит». 2022. С. 107–111.
8. Кожушко Н.Н., Царевская В.М. Определение засухоустойчивости зерновых культур по депрессии роста проростков в растворах осмотиков // Л.: Рио ВИР, 1988. 10 с.
9. Федулов Ю.П. Методы определения устойчивости растений: курс лекций // Краснодар: КубГАУ, 2015. 39 с.

## References

1. Shamova M.G., Nabatova N.A., Psareva E.A. Influence of the concentration of the osmotic solution on the germination of winter rye seeds in laboratory conditions // Methods and technologies in plant breeding and crop production: materials of the 5<sup>th</sup> International scientific and practical conference. – Kirov: FARC of the North-East, 2019. pp. 161-164.
2. Petunkina L.O., Svirnova S.V., Maevskaia N.A., Startsev A.A. Physiological assessment of oat stability // The Bulletin of Kemerovo State University. 2012. No. 4 (52), Vol. 1. pp. 20-23.
3. Golubanova I. Effects of drought stress in genotypes *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] by using sucrose in laboratory condition // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 26 (No 1). 2020. pp. 61-69.
4. Kibalnik O.P., Efremova I.G., Kukoleva S.S. Stress immunity of CMS lines of *Sorghum bicolor* (L.) Moench on the basis of different cytoplasmic sterility types // PlantGen2021. The 6th International scientific conference “Plant Genetics, genomics, Bioinformatics, and Biotechnology. Novosibirsk, 2021. 111 p.
5. Amunova O.S., Volkova L.V. Genetic and statistical analysis of the combining ability of spring wheat varieties for drought resistance in the juvenile period of development // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21 (3). pp. 253-262.

6. Kalinina A.V., Dashtoyan Y.V. Effect of osmotic stress on the seedlings growth of spring soft wheat (*T. aestivum* L.) // Agrarian Reporter of South-East. 2019. No. 3. pp. 10-13.
7. Kukoleva S.S., Kibalnik O.P., Stepanchenko D.A. Analysis of drought tolerance of Sudan grass samples in osmotic solutions // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Scientific support of sustainable development of the agro-industrial complex in conditions of arid climate." Saratov: "Amirit" LLC. 2022, pp. 107-111.
8. Kozhushko N.N., Tsarevskaya V.M. Determination of drought tolerance of grain crops by the depression of seedling growth in osmotic solutions // L.: Rio VIR, 1988. 10p.
9. Fedulov Y.P. Methods for determining plant resistance: course of lectures // Krasnodar: Kuban SAU, 2015. 39 p.

**Информация об авторах:**

С.С. Куколева – научный сотрудник, тел.: +79179848027, e-mail: lily74-88@mail.ru  
О.П. Кибальник – кандидат биологических наук, главный научный сотрудник,  
тел.: +79271191840, e-mail: kibalnik79@yandex.ru  
Т.В. Ларина – научный сотрудник, тел.: +79271640901, e-mail: larinatv@gmail.com

**Information about the author**

S.S. Kukoleva – Researcher, e-mail: lily74-88@mail.ru, tel. +79179848027  
O.P. Kibalnik – Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher, e-mail: kibalnik79@yandex.ru, tel. +79271191840  
T.V. Larina – Researcher, e-mail: larinatv@gmail.com, tel. +79271640901

**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 12.08.2022; одобрена после рецензирования 31.08.2022; принята к публикации 17.09.2022.

The article was submitted 12.08.2022; approved after reviewing 31.08.2022; accepted for publication 17.09.2022.