

Ефремова И.Г., Куколева С.С., Семин Д.С., Ларина Т.В., Немкина Е.С. Лабораторная диагностика засухоустойчивости образцов суданской травы методом набухания семян в растворах осмотиков

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

УДК 633.174:631.671.3

**Лабораторная диагностика засухоустойчивости образцов суданской
травы методом набухания семян в растворах осмотиков**

Ефремова И.Г., Куколева С.С., Семин Д.С., Ларина Т.В., Немкина Е.С.

*Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго
и кукурузы*

Аннотация

Результаты исследований характера и интенсивности набухания семян образцов суданской травы в гипертонических растворах осмотиков и дистиллированной воде в 2021-2023 гг. позволили установить значимое влияние генотипа, условий года и продолжительности эксперимента. Семена изученных образцов отличились различной интенсивностью водопоглощения в течение периода опыта. В среднем за годы исследований установлена высокая интенсивность процесса набухания семян в начальный (в 1-й и 2-й часы – 47,9-55,6%) и конечный период опыта (24 и 48 часов – 86,4-105,1%, соответственно), со значительным замедлением увеличения массы зерновок в период лаг-фазы – 4-6 часов от начала эксперимента (62,6-67,9%). Наиболее интенсивное набухание обнаружено у семян суданской травы в лабораторном эксперименте 2022 года: среднее значение по образцам в изучаемых вариантах составило 78,0%; в 2021 году – 74,2%, в 2023 году – 60,5%. К относительно засухоустойчивым в условиях искусственно смоделированного стресса отнесены сорта суданской травы Аллегория, Амбиция, селекционные линии Фаина и Л-30/17, которые используются в селекции новых сортов и гибридов с высоким адаптивным потенциалом, приспособленных к возделыванию в засушливых регионах РФ.

Ключевые слова: ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ, СУДАНСКАЯ ТРАВА, ИСКУССТВЕННО СМОДЕЛИРОВАННЫЙ СТРЕСС, НАБУХАНИЕ СЕМЯН

Введение

В селекции сельскохозяйственных культур изучение устойчивости растений к воздействию различных абиотических стрессоров особенно актуально в настоящее время в

связи с глобальными изменениями климата. Частая повторяемость засух и суховеев, недостаточное выпадение количества осадков, изменение температуры воздуха и многие другие показатели препятствуют устойчивому развитию растениеводства. Учитывая изменения климатических условий, необходимо расширять ассортимент культур, способных формировать стабильные урожаи в засушливых условиях. Особую значимость для сельскохозяйственной науки и практики приобретает выведение засухоустойчивых гибридов и сортов сорговых культур.

Одним из важных биологических и хозяйственно ценных признаков культурных растений является способность использовать влагу в условиях ее дефицита, особенно на первых этапах роста и развития [1]. Предпосылкой адаптации должно быть наличие в генотипе такой нормы реакции к изменяющимся факторам среды, которая обусловила бы различные фенотипические модификации организма, обеспечивающие его жизнеспособность в новых условиях. Способность семян прорасти в условиях недостатка влаги является важным биологическим свойством и определяется высокой сосущей силой семян, что отражает наследственно закрепленную потребность в воде для начала прорастания. Учеными установлена высокая положительная корреляция между способностью семян прорасти при недостатке влаги и степенью засухоустойчивости образцов различных культур [2].

Для ускорения селекционного процесса необходимы надежные методы оценки исходного материала по конкретным признакам устойчивости к абиотическим факторам. 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]. Использование селекционных, интродукционных, агротехнических способов повышения устойчивости растений к стрессам является важнейшей задачей и невозможно без применения наиболее эффективных методов диагностики устойчивости [4], что нашло отражение в исследованиях по оценке лабораторной засухоустойчивости зернового сорго [5-6], суданской травы при изучении влияния осмотического стресса на засухоустойчивость образцов [7].

Лабораторный метод по определению характера набухания семян в растворах с повышенным осмотическим давлением, искусственно имитирующим недостаток воды,

позволяет выделить перспективные образцы для дальнейших исследований и формирования нового генофонда. В ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» при создании новых сортов и гибридов сорговых культур привлекаются образцы разного эколого-географического происхождения. Включение исходного материала в практическую селекцию на повышение засухоустойчивости является актуальным.

Целью исследования являлось определение характера набухания семян образцов суданской травы в растворах осмотиков для диагностики засухоустойчивости растений с целью использования исходного материала при создании новых сортов и гибридов, устойчивых к засушливым регионам возделывания. Проведена сравнительная оценка относительной засухоустойчивости образцов суданской травы урожая 2020-2022 гг. методом набухания семян в осмотических растворах сахарозы и нитрата калия.

Материалы и методы

Объектами исследований являются образцы суданской травы – сорта Зональская 6, Мечта Поволжья, Аллегория, Амбиция, Эмма, селекционные линии Фаина, Лаура, Л-30/17, Л-96-3св./14 селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго».

Определение особенностей набухания семян образцов суданской травы проводили согласно методике [8] опыта в 2021-2023 гг. 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 (дистиллированная вода), 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:

$$A = (M_1 - M_2) \times 100 / M_2, \text{ где } M_1 \text{ и } M_2 \text{ – массы набухшего и исходного образцов.}$$

Статистическая обработка результатов исследований выполнена дисперсионным трехфакторным анализом (фактор А – сортоопыт, фактор В – условия года, фактор С – время экспозиции) с помощью программы Агрос 2.09 [9].

Результаты исследований

Оценка степени набухания семян 9 образцов суданской травы проведена в растворах осмотиков по сравнению с дистиллированной водой. Степень и характер набухания семян сортов и линий суданской травы в растворах осмотиков в 2023 году обнаружили определенную генотипическую дифференциацию: в среднем за 48 часов эксперимента в контрольном варианте опыта набухание варьировало от 44,1% (сорт Лаура) до 79,4% (сорт Зональская б); в растворе сахарозы от 46,4% (сорт Лаура) до 84,7% (сорт Мечта Поволжья); в нитрате калия – от 42,4% (сорт Лаура) до 71,9% (сорт Мечта Поволжья) (табл. 1).

Таблица 1. Степень набухания семян суданской травы в растворах осмотиков (%), 2023 г.

Образец	Вариант опыта	Время экспозиции, час						Среднее
		1	2	4	6	24	48	
Зональская б	H ₂ O	46,0	60,2	71,3	80,0	100,8	118,2	79,4 pqr
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	48,3	69,5	71,5	77,5	98,9	107,1	78,8 opqr
	KNO ₃	43,8	53,0	69,0	73,2	79,5	92,0	68,4 ijkl
Мечта Поволжья	H ₂ O	30,4	50,5	62,4	68,2	102,7	118,4	72,1mnop
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	58,2	64,3	74,2	79,3	109,4	122,7	84,7 r
	KNO ₃	46,6	52,4	62,4	65,6	96,1	108,0	71,9 k-p
Аллегория	H ₂ O	16,4	22,7	31,4	37,7	74,2	94,1	46,1 ab
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	17,6	29,6	35,4	47,7	69,3	88,4	48,0 ab
	KNO ₃	19,2	24,2	36,9	49,3	56,4	76,2	43,7 ab
Амбиция	H ₂ O	32,5	47,4	70,1	78,0	107,6	123,1	76,5 m-q
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	45,2	54,5	68,2	79,0	111,8	134,2	82,1 qr
	KNO ₃	29,2	49,5	56,2	67,8	79,2	89,2	61,8 f-i
Фаина	H ₂ O	17,4	33,7	42,2	56,5	91,1	108,6	58,3 e-g
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	25,8	41,5	47,4	59,0	90,5	107,7	62,0 g-i
	KNO ₃	26,7	38,5	44,8	49,9	63,9	83,2	51,2 bcd
Лаура	H ₂ O	16,0	22,1	29,3	37,9	67,1	92,3	44,1 ab
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	27,4	34,2	39,6	41,7	63,8	71,9	46,4 ab
	KNO ₃	21,2	36,0	40,9	43,6	51,6	61,2	42,4 a
Эмма	H ₂ O	41,4	47,9	62,6	70,6	88,0	114,2	70,8 j-n
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	43,9	54,3	65,1	69,6	95,9	130,4	76,5 n-q
	KNO ₃	43,1	50,3	55,6	61,1	82,6	106,2	66,5 h-l
Л-30/17	H ₂ O	14,3	18,2	33,9	44,3	71,8	96,5	46,5 ab
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	32,7	38,3	44,3	49,2	76,0	97,6	56,4 c-g
	KNO ₃	19,9	30,0	39,3	44,1	54,1	76,4	44,0 ab
Л-96-3св./14	H ₂ O	26,1	34,1	38,6	50,1	87,2	129,8	61,0 e-i
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	20,5	30,6	38,3	43,5	72,9	83,4	48,2 ab
	KNO ₃	21,9	29,9	37,4	41,0	61,7	66,8	43,1 ab

$F_{\text{факт(A)}}=33,13^*$; $F_{\text{факт(B)}}=499,58^*$; $F_{\text{факт(AB)}}=1,61^*$; $HCP_{05(A)}=6,83$; $HCP_{05(B)}=3,22$; $HCP_{05(AB)}=16,73$

Примечание: * $p \leq 0,05$. Данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

В результате испытаний выявлены сорта, у которых водопотребление в растворах осмотиков оказалось на уровне контроля (или превысило его): Зональская 6, Амбиция, Аллегория, Мечта Поволжья, Эмма, линии Фаина, Лаура, Л-30/17. Достоверное увеличение степени набухания семян в растворе сахарозы по сравнению с контрольным вариантом в среднем за время проведения опыта выявлено у сорта Мечта Поволжья и линии Л-30/17 (84,7 и 56,4% соответственно, против 72,1 и 46,5% в контроле).

Сорт Эмма также проявил относительную засухоустойчивость в обоих вариантах опыта. В течение 48 ч опыта интенсивное набухание семян происходило в нитрате калия: от 43,1% до 106,2%, что в среднем за этот период составило 66,5%; в сахарозе от 43,9% до 130,4%, в среднем – 76,5%; в дистиллированной воде: от 41,4% до 114,2%, в среднем – 70,8%. Наряду с этими относительно засухоустойчивыми образцами суданской травы, у линии Л-96-3св./14 набухание в осмотиках оказалось значительно ниже, чем в дистиллированной воде.

Сравнительные трехлетние исследования в течение 2021-2023 гг. характера и динамики набухания семян образцов суданской травы в растворах осмотиков позволили выявить генотипические особенности и различия образцов, а также установить наиболее достоверную картину степени их относительной засухоустойчивости.

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа степени набухания семян образцов суданской травы в опытах 2021-2023 гг. свидетельствуют об относительной засухоустойчивости сортов Аллегория, Амбиция, линий Фаина и Л-30/17 (рис. 1).

Выделенные образцы характеризовались достоверной степенью набухания семян в растворе сахарозы на уровне контроля (дистиллированная вода). Набухание семян в растворе нитрата калия в среднем за период эксперимента оказалось существенно ниже величины признака по сравнению с контрольным вариантом: разница между вариантами оказалась больше наименьшей существенной разницы ($НСР_{05(A)} = 2,89$). Рассматривая динамику набухания семян суданской травы в течение 48-и часового эксперимента, установлена высокая интенсивность процесса в начальный (в 1-й и 2-й часы – 47,9-55,6%) и конечный период опыта (24 и 48 часов – 86,4-105,1%, соответственно), а лаг-фаза со значительным замедлением роста массы зерновок наступала в период 4-6 часов от начала эксперимента (62,6-67,9%). Подобная закономерность процесса набухания семян отмечена в предыдущих наших исследованиях [5].

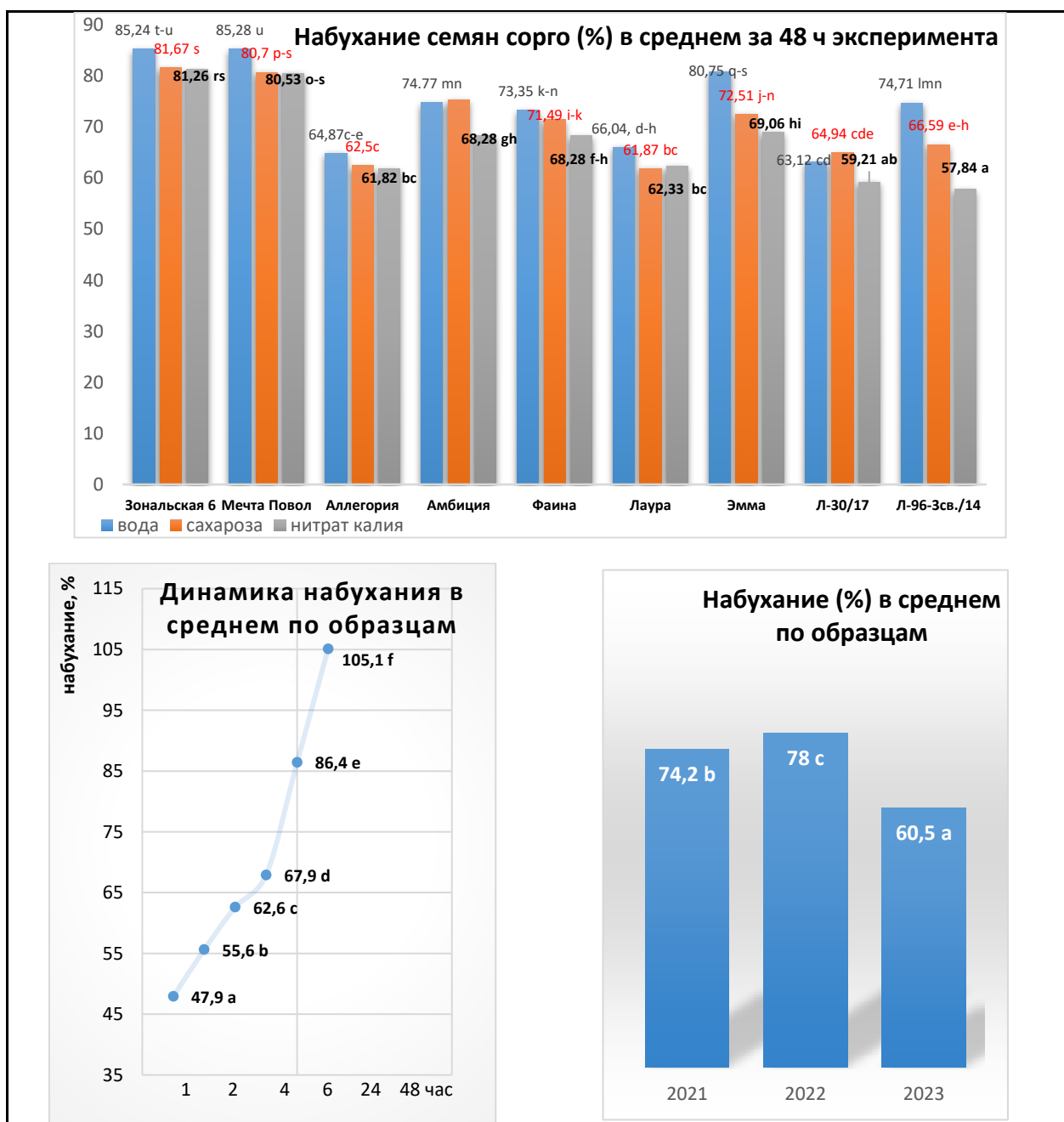


Рис. 1. Динамика и характер набухания семян суданской травы в растворах осмотиков, в среднем за 2021-2023 гг.

Примечание: Fфакт (A) = 63,31*; Fфакт (B) = 707,80*; Fфакт (C) = 1866,08*; Fфакт (AB) = 19,37*; Fфакт (AC) = 7,98*; Fфакт (BC) = 27,26*; Fфакт (ABC) = 1,71*; HCP05 (A) = 2,89; HCP05 (B) = 0,96; HCP05 (C) = 1,36; HCP05 (AB) = 5,01; HCP05 (AC) = 7,08; HCP05 (BC) = 2,36; HCP05 (ABC) = 12,27.

Трехлетние наблюдения обнаружили существенную разницу набухания семян в среднем по образцам в годы исследований: в 2021 г. набухание составило 74,2%, в 2022 г. – 78,0%, наименьшая величина показателя выявлена в 2023 г. – 60,5%.

Для выявления генотипических различий и особенностей набухания семян образцов суданской травы исследована динамика процесса у каждого образца в течение 2-х суток эксперимента в среднем за 2021-2023 гг. Общей особенностью засухоустойчивых образцов сорта Амбиция и линии Л-30/17 явилось схожее увеличение массы зерновок в контрольном варианте и растворе сахарозы после 6-ти часов и до конца эксперимента (рис. 2).

Так, сорт Амбиция показал уровень набухания семян в контрольном варианте 71,46%, в растворе сахарозы 72,24%, который при 24-часовой экспозиции поднялся до 94,33 и 91,58%, а при завершении опыта по прошествии 2-х суток набухание возросло соответственно до 114,95 и 111,52%. Аналогичный характер набухания семян в период 6-48 часов опыта выявлен у линии суданской травы Л-30/17, которая характеризовалась дружным и близким увеличением массы зерновок в контрольном варианте и растворе осмотика сахарозы. Величина набухания семян этой линии составила в контроле (6 часов опыта) 61,14%, после 48-часового процесса – 101,49%, а в опытном варианте с сахарозой – 59,53 и 97,28%, соответственно. У этих же образцов отмечено большее набухание семян в обоих опытных вариантах с начала и до 6 часов эксперимента, особенно значительно у линии Л-30/17, которая характеризовалась схожим увеличением массы зерновок в обоих опытных вариантах, превысившим динамику роста набухания в дистиллированной воде (рис. 2).

У линии суданской травы Фаина в среднем за период эксперимента показатели водопотребления в опыте с сахарозой и контрольном вариантах существенно не различались (71,49-73,34%). При этом, в период первых 6 часов более интенсивное набухание протекало в обоих опытных вариантах, а последующие 24-48 ч – в дистиллированной воде (120,3%).

Сорт Аллегория проявил засухоустойчивость в варианте с сахарозой: водопотребление семян в опытном варианте составило 62,50%, тогда как в контрольном – 64,87%. Данные значения в пределах ошибки опыта и достоверно не различаются между собой.

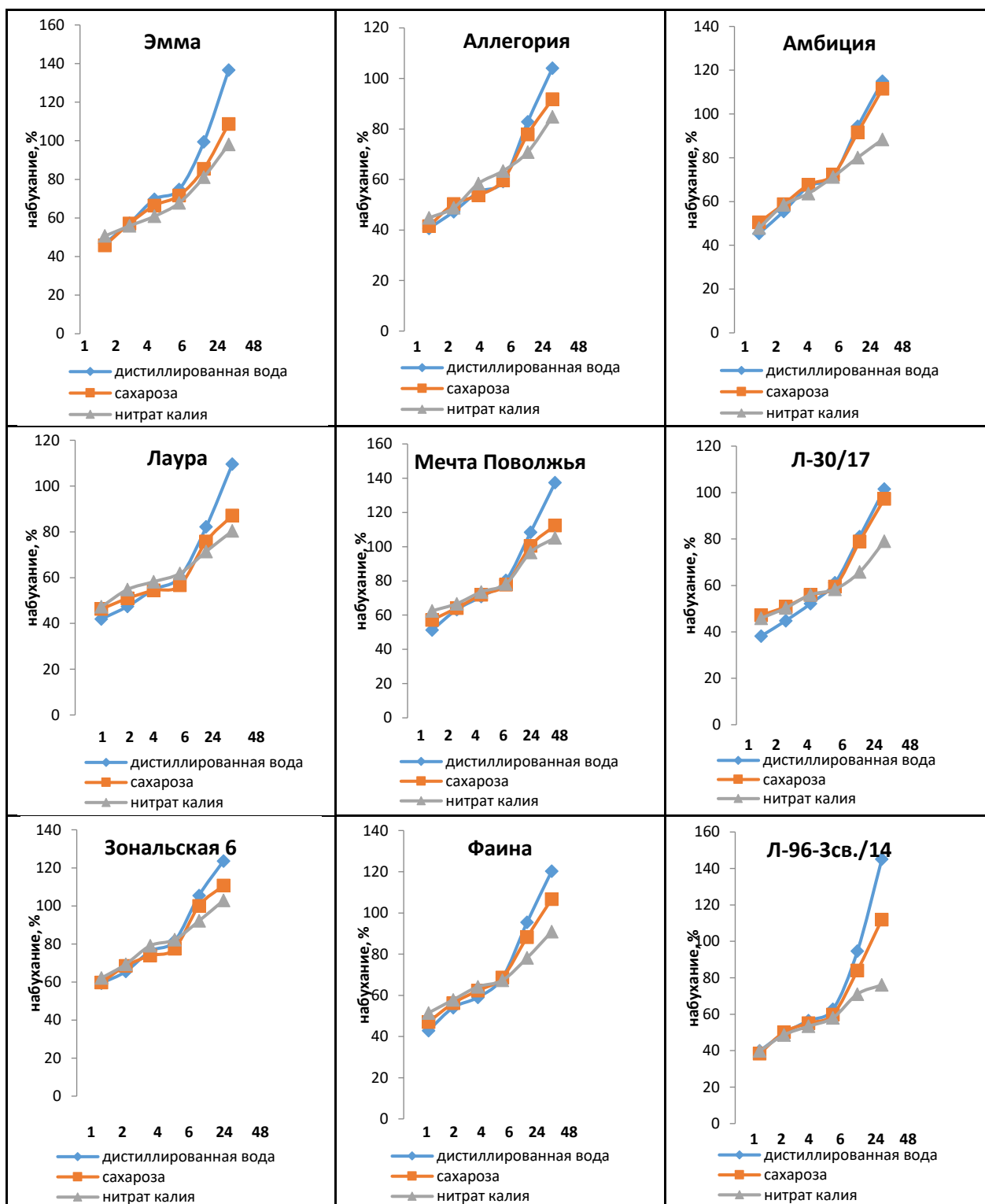


Рис. 2. Динамика набухания семян сортов и линий суданской травы, в среднем за 2021-2023 гг.

У других сортов и линий суданской травы среднее водопотребление семян на протяжении 24-х часового эксперимента в опытных вариантах существенно уступало варианту с дистиллированной водой. Хотя следует отметить, что набухание семян в первые шесть часов опыта характеризовалось близкими значениями в опытных и контрольном варианте у всех сортов и линий. Существенные различия наступали через сутки и двое суток от начала опыта, что определило среднюю величину набухания семян за весь период эксперимента и принадлежность образца к относительно засухоустойчивым формам. У большинства изучаемых сортов и линий суданской травы как в среднем за годы изучения, так и по годам исследований набухание семян снижалось в гипертоническом растворе нитрата калия, что свидетельствует о специфическом воздействии раствора осмотика. Результаты лабораторной диагностики устойчивости семян суданской травы к засушливым явлениям методом использования осмотических растворов свидетельствуют об относительной засухоустойчивости сортов Аллегория, Амбиция, линий Фаина и Л-30/17 в начальные фазы развития растений.

Выводы

1. Использование в качестве осмотика раствора сахарозы в опыте по набуханию семян суданской травы позволило достоверно выявить влияние генотипа на процесс набухания зерновок и определить принадлежность образца к относительно засухоустойчивым формам. Набухание семян всех образцов в растворе нитрата калия уступало контрольному варианту в течение опыта, что свидетельствует о специфическом воздействии этого осмотика.

2. В результате трехлетних исследований установлена высокая интенсивность процесса набухания семян образцов суданской травы в начальный (в 1-й и 2-й часы – 47,9-55,6%) и конечный период опыта (24 и 48 часов – 86,4-105,1%, соответственно), а лаг-фаза со значительным замедлением увеличения массы зерновок наступала в период 4-6 часов от начала эксперимента (62,6-67,9%).

3. Наиболее интенсивное набухание обнаружено у семян суданской травы в лабораторном эксперименте 2022 года: среднее значение по образцам в изучаемых вариантах составило 78,0%; в 2021 году – 74,2%, в 2023 году – 60,5%.

4. К относительно засухоустойчивым отнесены сорта суданской травы Аллегория, Амбиция, селекционные линии Фаина и Л-30/17. Эти образцы, характеризующиеся относительной засухоустойчивостью в условиях искусственно смоделированного стресса, используются в селекции новых сортов и гибридов с высоким адаптивным потенциалом, приспособленных к возделыванию в засушливых регионах РФ.

Список использованных источников:

1. Жанг Д.Х., Тохтарь В.К. Исследование засухоустойчивости перспективных для интродукции видов *Momordica charantia* L. и *M. balsamina* L. (Cucurbitaceae) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2011. – № 9 (104). – С. 43-47.
2. Бычкова О.В., Хлебова Л.П. Физиологическая оценка засухоустойчивости яровой твердой пшеницы // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 1-2. – С. 107-116.
3. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры. – Л., 1984. – 272 с.
4. Кондаков К.С., Кибальник О.П., Ефремова И.Г., Семин Д.С. и др. Методические аспекты в определении засухоустойчивости сорговых культур // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сборник материалов II Международной научно-практической конференции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». – Саратов: Амирит. – 2022. – С. 92-96.
5. Кибальник О.П., Бычкова В.В., Калмыков Н.В. Особенности набухания семян сорго зернового в селекции на повышение засухоустойчивости // Агробиотехнология-2021: материалы Международной научной конференции. – Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2021. – С. 333-338.
6. Карпунина Л.В., Калмыков Н.В., Бычкова В.В., Кибальник О.П., Каменева О.Б., Урядова Г.Т. Влияние экзополисахарида *Streptococcus thermophilus* на стрессоустойчивость сорго // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 5. – С. 27-30.
7. Куколева С.С., Кибальник О.П., Ларина Т.В. Изучение влияния осмотического стресса на засухоустойчивость образцов суданской травы селекции «Россорго» // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 3 (15). – С. 12-21.
8. 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.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М., 2011. – 352 с.

Цитирование:

Ефремова И.Г., Куколева С.С., Семин Д.С., Ларина Т.В., Немкина Е.С. Лабораторная диагностика засухоустойчивости образцов суданской травы методом

Ефремова И.Г., Куколева С.С., Семин Д.С., Ларина Т.В., Немкина Е.С. Лабораторная диагностика засухоустойчивости образцов суданской травы методом набухания семян в растворах осмотиков

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
набухания семян в растворах осмотиков [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 4. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/4/st_403.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202134403>.