

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫЩЕННОСТИ РАСТВОРА САХАРОЗЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ В УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Т.Н. Попова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции люцерны, tat.sel.alfalfa@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4387-538X
«Ершовская ОСОЗ – филиал ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»,
413503, Саратовская обл., г. Ершов, п. Тулайково, ул. Центральная, д. 14 А

Для нормального роста и развития люцерны необходима высокая обеспеченность влагой. Максимально стабильная кормовая продуктивность получается на орошаемых и пойменных землях. В то же время избыток воды может оказать и отрицательное влияние (в особенности на урожай семян). Семена люцерны способны поглощать большое количество воды – не меньше веса их сухого вещества. При недостатке почвенной влаги, низкой температуре почвы и глубокой заделке семян появление всходов замедляется. Основная цель – анализ влияния раствора сахарозы различной насыщенности на всхожесть семян и определение нужной насыщенности, которую лучше всего использовать для оценки относительной засухоустойчивости сортов люцерны в условиях осмотического стресса. Работа проведена в «Ершовской ОСОЗ – филиале ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в 2021–2022 годах. Опытным путем рассмотрено влияние разной насыщенности раствора на всхожесть семян люцерны сортов Артемиды, Узень, Виринея, Натали и Сирена. В результате исследования выявлено, что в зависимости от сортов и насыщенности раствора прорастание семян варьировало от 4 до 100 %. Сорт Узень показал максимальную всхожесть семян – 75,2 % и минимальное снижение всхожести при повышении осмотического давления относительно других сортов. При самой высокой насыщенности раствора сахарозы (16,6 %) лучшие показатели были у сортов Виринея и Артемиды. В нашем опыте выявлено, что для определения относительной засухоустойчивости сортов люцерны наиболее эффективно использовать растворы сахарозы с концентрацией 7,4 и 16,6 % для более достоверного результата работы.

Ключевые слова: люцерна, сорт, всхожесть, засухоустойчивость, насыщенность, сахароза.

Для цитирования: Попова Т.Н. Определение насыщенности раствора сахарозы для оценки засухоустойчивости сортов люцерны в условиях Саратовского Заволжья // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 6. С. 19–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-19-23.



ESTIMATION OF SUCROSE SOLUTION SATURATION TO ASSESS THE DROUGHT RESISTANCE OF ALFALFA VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE SARATOV TRANS-VOLGA REGION

T. N. Popova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for alfalfa breeding, tat.sel.alfalfa@yandex.ru, ORCID ID 0000-0002-4387-538X
Ershovskaya ESIA – the branch of the FSBSI FARC of the South-East,
413503, Saratov region, Ershov, v. of Tulaykovo, Tsentralnaya Str., 14 A

For normal alfalfa growth and development, a high supply of moisture is of great importance. The most stable fodder productivity is obtained on irrigated and floodplain lands. Though, water excess can also have a negative effect, especially on seed productivity. Alfalfa seeds can absorb large amounts of water, no less than their dry matter weight. Under a soil moisture shortage, low soil temperature and deep seeding, sprout emergence slows down. The main purpose of the current work was to analyze the effect of sucrose solutions of various saturations on seed germination and determine the desired saturation, which would be best used to estimate the relative drought resistance of alfalfa varieties under conditions of osmotic stress. The work was carried out at the “Ershovskaya ESIA, the branch of the FSBSI FARC of the South-East” in 2021–2022. There has been conducted trials to consider the effect of different solution saturations on the germination of alfalfa seeds of the varieties ‘Artemida’, ‘Yuzen’, ‘Virineya’, ‘Natali’ and ‘Sirena’. As a result of the study, there was shown that, depending on the varieties and saturation of the solution, seed germination varied from 4 to 100 %. The variety ‘Yuzen’ showed maximum seed germination of 75.2 % and a minimal decrease in germination with increasing osmotic pressure relative to other varieties. At the highest sucrose solution saturation (16.6 %), the best figures were produced by the varieties ‘Artemida’ and ‘Virineya’. Our trial has identified that to determine the relative drought resistance of alfalfa varieties, it was most effective to use sucrose solutions with a concentration of 7.4 and 16.6% for a more reliable result.

Keywords: alfalfa, variety, germination, drought resistance, saturation, sucrose.

Введение. Отрицательное влияние на урожай растений оказывают такие стрессовые факторы, как засуха, жара, холод и другие неблагоприятные условия окружающей среды. Все это приводит к значительным потерям урожая сельскохозяйственных культур и приносит заметный ущерб агропромышленному комплек-

су. В настоящее время внедрение в производство засухоустойчивых сортов является одним из главных способов борьбы с засухой.

Под засухоустойчивостью сорта принято понимать способность растений при относительно небольшом количестве почвенной и воздушной влаги давать максимально высо-

кие показатели урожайности с хорошим их качеством. Засухоустойчивость – явление очень сложное и зависящее от комплекса факторов, именно поэтому задача селекционера состоит в том, чтобы вывести сорта, которые обладали бы всем спектром этих факторов, определяющих засухоустойчивость.

Люцерне необходимо большое количество влаги. Для получения 1 кг продукции расходуется 643–771 кг воды, что практически в 2 раза больше, чем для клевера и зерновых. Транспирационный коэффициент люцерны довольно высокий и зависит от условий произрастания. (Жаринов и Ключ, 1990). Несмотря на это, люцерна считается довольно засухоустойчивым растением, так как обладает мощной корневой системой, которая способна проникать в глубокие слои почвы и имеет меньшую испаряемость через листья (Попова, 2022).

Люцерна, будучи требовательной к почвенной влаге, весьма устойчива к атмосферной засухе. Урожай зеленой массы и сена зависит от обеспеченности почвенной влагой. При возделывании люцерны на семена излишняя влажность ведет к снижению урожая семян (Епифанова и Тимошкин, 2018).

Характерной особенностью Заволжья является резко континентальный климат. Атмосферные осадки выпадают неравномерно, поэтому засуха бывает как краткосрочной (рано весной, в начале, середине, конце лета, осенью), так и долгосрочной, часто сочетаясь с жарой и суховеями.

В предыдущих проведенных нами работах (2014 г.) отмечена значительная связь между урожаем зеленой массы люцерны и суммой осадков за период апрель–август в годы укоса, а также за период ноябрь–август (коэффициент корреляции составил 0,55 и 0,57 соответственно, связь значимая положительная). Установлена также отрицательная незначимая связь между урожайностью семян и количеством осадков за период цветение – плодобразование (коэффициент корреляции равнялся – 0,23). Определенная нами отрицательная реакция современных сортов люцерны на увеличение дефицита воды указывает на актуальность селекции этой культуры на повышение к абиотическим стрессорам или засухоустойчивости (Lindenmayer et al., 2011).

Для сокращения селекционного процесса определение относительной засухоустойчивости проводят с помощью лабораторных физиологических методов оценки (Газе и др., 2018). К прямым методам относится полевая оценка степени снижения урожая одних сортов в сравнении со стандартами и другими засухоустойчивыми сортами в засушливые годы. Для такой оценки специальные опыты не закладываются. К второстепенным способам оценки засухоустойчивости относится метод проращивания семян на растворах сахарозы с разными насыщенностями (то есть с повышением осмотического давления). Сорта, которые

дали хорошие всходы и развили крепкую первичную корневую систему в условиях осмотического стресса, в дальнейшем могут показать высокую засухоустойчивость в естественных полевых условиях (Кожушко, 1988; Парфенова и др., 2018). Данный метод помогает выделить перспективный генетический материал с устойчивостью к засухе на первичных этапах органогенеза. Насыщенность раствора должна быть такой, чтобы разница в устойчивости изучаемых сортов имела наибольшее отклонение друг от друга (Костылев и др., 2020; Кокина и др., 2018). Правильно подобранная насыщенность дает гарантию для более точного представления об относительной засухоустойчивости растений (Marthandan et al., 2020).

Цель исследования: анализ влияния раствора сахарозы различной насыщенности на всхожесть семян и определение нужной концентрации, которую лучше всего использовать для оценки относительной засухоустойчивости сортов люцерны.

Материалы и методы исследований. Опыты проводили в лаборатории селекции и семеноводства люцерны «Ершовской ОСОЗ – филиала ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в 2021–2022 годах. Для изучения и оценки засухоустойчивости 5 сортов люцерны синей селекции Ершовской ОСОЗ.

Для исследования по оценке засухоустойчивости использовали методику Н. Н. Кожушко. В данной методике не представлена информация о концентрациях раствора, применяемых на люцерне. В работе автором был использован термин «насыщенность раствора» и для проведения опыта взяты следующие насыщенности – 1,4; 4,4; 7,4; 10,5 и 16,6 %.

Повторность опыта двукратная. Количество семян в каждой повторности – 50 шт., опыты закладывали в чашках Петри на фильтровальной бумаге.

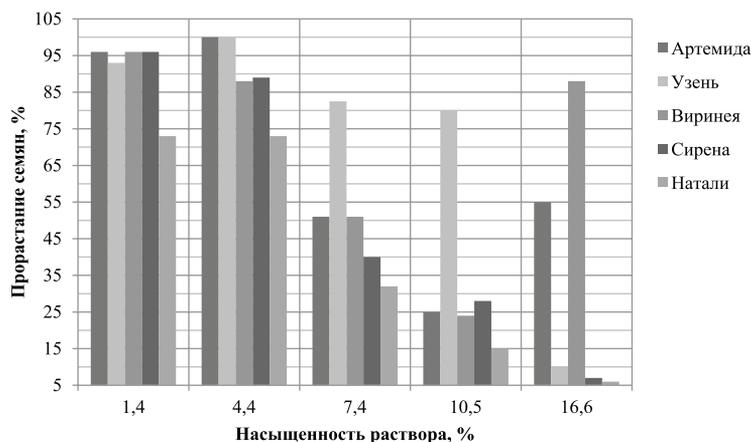
В каждой повторности опыта в чашки Петри добавляли растворы сахарозы с насыщенностью 1,4; 4,4; 7,4; 10,5 и 16,6 %, при которых создавалось осмотическое давление 3, 6, 9, 12 и 18 атмосфер (атм.) соответственно. Контрольный вариант проращивали с добавлением дистиллированной воды. По истечении 7 дней опыта проводили подсчет всхожести семян (В, %). Для расчета считали количество проросших семян, затем среднее количество проросших семян в растворе сахарозы (с) выражали в процентах от числа семян, проросших в контроле (к), то есть $V = (с/к) \times 100$ %. Установлено, что чем больше всхожесть семян в растворе сахарозы, тем более засухоустойчивы сорта (Парфенова и др., 2018).

Показатель силы влияния фактора рассчитывали по формуле $\eta_x^2 = (\text{сумма квадратов отклонения факториальная} / \text{сумма квадратов общая}) \times 100$ %. Он оценивает относительную долю влияния изучаемого фактора в общем суммарном статистическом влиянии всех факторов, определяющих развития данного результирующего признака.

Результаты и их обсуждение. Для начала мы определили общую полевую засухоустойчивость. Ее определяли по степени снижения урожайности в засушливый год в сравнении с благоприятным годом. Для оценки использовали индекс засухоустойчивости Р. Фишера по формуле $S = (1 - Y_d/Y_p) / D$, где S – индекс засухоустойчивости; Y_d – урожайность при засухе; Y_p – потенциальная урожайность; $D = 1$ (средний Y_d всех генотипов / средний Y_p всех генотипов). Годы для расчета: 2020 г. – засухоустойчивый, 2022 г. – благоприятный. По кормовой продуктивности наиболее высокий ин-

декс был у сорта Сирена – $S = 0,43$, по семенам выделились сорта Натали и Виринея – $S = 0,64$ и $0,66$ соответственно.

По итогам проведенной работы по проращиванию семян сортов люцерны при различной насыщенности раствора сахарозы получено, что зависимость от условий и сортов всхожесть семян менялось от 4 до 100 %. Практически у всех сортов процент всхожести семян снижался при увеличении насыщенности раствора сахарозы и при повышении осмотического давления (см. рис.).



Всхожесть семян люцерны при разной насыщенности раствора сахарозы, %
Alfalfa seed germination under different sucrose solution saturation, %

Двухфакторный дисперсионный анализ показал наличие статистически значимых различий в опыте по всем компонентам (табл. 1).

В наибольшей мере фактор В (сорт) влиял на процент всхожести семян, так как сила влия-

ния составила 58,06 %, тогда как силы влияния взаимодействия факторов и насыщенность раствора сахарозы составили 14,77 и 25,38 % соответственно.

Таблица 1. Показатели двухфакторного дисперсионного анализа
Table 1. Indicators of the two-factor analysis of variance

Дисперсия	Сумма квадратов отклонения	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт.}}$	HCP_{05}	Сила влияния фактора η_x^2 (%)
Общая	56168,727	49	–	–	–	–
Блоки	1,280	1	1,28	0,03	–	–
Варианты	55159,727	24	2298,322	54,737*	13,348	–
Насыщенность раствора сахарозы (А)	8294,119	4	2073,530	49,383*	5,97	14,77
Сорт (В)	32612,318	4	8153,080	194,175*	5,97	58,06
АВ	14253,289	16	890,831	21,216*	13,348	25,38
Остаток	1007,72	24	41,988	–	–	1,79

Дисперсионный анализ по каждой концентрации отдельно выявил, что наибольшее изменение показателя всхожести было при насыщенности раствора сахарозы 16,6 %, создающей осмотическое давление 18 атм.

При этом отмечены статистически значимые различия: $F_{\text{факт.}} = 239,98^*$, $HCP_{05} = 9,35$; максимальный показатель вариации признака ($R = 88$ %); показатель стандартного отклонения равнялся $S_x = 2,38$ % (табл. 2).

Таблица 2. Дисперсионный анализ данных при различных концентрациях раствора сахарозы
Table 2. Analysis of variance of data under a various sucrose solution concentration

Концентрация раствора сахарозы, %	$X_{\text{ср}}$	R	S_x	$F_{\text{факт.}}$	HCP_{05}
1,4	90,5	33	5,86	3,01	–
4,4	89,9	29	1,66	46,47*	6,51
7,4	53,1	65	5,26	19,89*	20,65
10,5	34,3	73	4,50	33,33*	17,67
16,6	33,0	88	2,38	239,98*	9,35
Среднее по опыту	60,2	57,6	9,45	2,29	–

Примечание. * – статистически значимые различия.

Всхожесть семян при насыщенности 7,4 % (9 атм.) также имела статистически значимые различия $F_{\text{факт.}} = 19,89^*$, $НСР_{05} = 20,65$ и был отмечен максимальный показатель стандартного отклонения ($S_x = 5,26\%$). При анализе данных был сделан предварительный вывод, что при оценке относительной засухоустойчивости сортов люцерны наиболее эффективно использовать растворы сахарозы насыщенностью 7,4 и 16,6 % (9 и 18 атм.).

Сорт Узень показал максимальную всхожесть – 75,2 % (среднее значение по всем насыщенностям) и минимальное снижение всхожести при повышении осмотического давления относительно других образцов. Самый низкий показатель по прорастанию семян в среднем по всем концентрациям был у сорта Натали – 39,8 %.

Наше исследование позволило выделить две насыщенности сахарозы, при которых наиболее верно можно выделить наилучшие образцы по относительной засухоустойчивости. Для выводов по засухоустойчивости сортов мы возьмем самую высокую насыщенность –

16,6 %. Самая высокая всхожесть семян оказалась у сорта Вириная – 88 % и у сорта Артемида – 55 %. Минимальная всхожесть была у сортов Натали и Сирена (6 и 7 % соответственно).

Выводы. Таким образом, проведенный лабораторный опыт проращивания семян люцерны при различных насыщенностях раствора сахарозы показал нам относительно ясную картину устойчивости сортов к засухе. Установлено, что при увеличении насыщенности раствора отмечается снижение всхожести семян люцерны. Выявлены наиболее оптимальные насыщенности для оценки засухоустойчивости – это 7,4 и 16,6 % (8 и 16 атм.). При них установлены максимальные показатели вариации признака и стандартного отклонения (88 и 5,26 %). При наивысшем осмотическом давлении 18 атм. (насыщенность 16,6 %) наибольшую всхожесть показали сорта Вириная (88 %) и Артемида (55 %). В последующих наших исследованиях оценки засухоустойчивости сортов люцерны будут использоваться растворы сахарозы насыщенностью 7,4 и 16,6 %.

Библиографические ссылки

- Газе В. Л., Лиховидова В. А., Ионова Е. В. Определение уровня засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы прямым и косвенными методами // Зерновое хозяйство России. 2018. № 2. С. 25–29. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-56-2-25-28
- Жаринов В. И., Ключ В. С. Люцерна. Киев: Урожай, 1990. 320 с.
- Епифанова И. В., Тимошкин О. А. Оценка образцов люцерны на засухоустойчивость в условиях Среднего Поволжья // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 4. С. 48–51. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-14062
- Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям / Методическое руководство. Ленинград: ВИР, 1988. С. 10–24.
- Кокина Л. П., Щенникова И. Н., Зайцева И. Ю. Оценка коллекционных образцов ячменя на устойчивость к осмотическому стрессу // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 66, № 5. С. 40–44. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.40-44
- Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги // Аграрная наука. 2020. № 11–12. С. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59
- Парфенова Е. С., Шамова М. Г., Псарева Е. А. Оценка относительной засухоустойчивости сортов озимой ржи способом проращивания на растворе сахарозы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 11. С. 347–351. DOI: 10.17513/mjpf.12503
- Попова, Т. Н. Анализ перспективных популяций люцерны по кормовой продуктивности в условиях Заволжья Саратовской области // Зерновое хозяйство. Т. 14, № 4. 2022. С. 5–8. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-5-8
- Lindenmayer R. B., Hansen N. C., Brummer J., Pritchett J. G. Deficit Irrigation of Alfalfa for Water-Savings in the Great Plains and Intermountain West: A Review and Analysis of the Literature // Agronomy Journal. 2011. Vol. 103, Article number: 45.
- Marthandan V., Geetha R., Kumutha K., Renganathan VG., Karthikeyan A., Ramalingam J. Seed Priming: A Feasible Strategy to Enhance Drought Tolerance in Crop Plants // International Journal of Molecular Sciences. 2020. Vol. 21(21), Article number: 8258. DOI: 10.3390/ijms20133137

References

- Gaze V. L., Likhovidova V. A., Ionova E. V. Opredelenie urovnya zasukhoustoichivosti obraztsov ozimoi myagkoi pshenitsy pryamym i kosvennymi metodami [Estimation of the drought resistance level of winter bread wheat samples by direct and indirect methods] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 2. S. 25–29. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-56-2-25-28
- Zharinov V. I., Klyui V. S. Lyutserna [Alfalfa]. Kiev: Urozhai, 1990. 320 s.
- Epifanova I. V., Timoshkin O. A. Otsenka obraztsov lyutserny na zasukhoustoichivost' v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Estimation of alfalfa samples for drought resistance in the conditions of the Middle Volga region] // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2018. № 4. S. 48–51. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-14062
- Kozhushko, N. N. Otsenka zasukhoustoichivosti polevykh kull'tur. Diagnostika ustoichivosti rastenii k stressovym vozddeistviyam [Estimation of drought resistance of field crops. Diagnostics of plant resistance to stress effects] / Metodicheskoe rukovodstvo. Leningrad: VIR, 1988. S. 10–24.
- Kokina L. P., Shchennikova I. N., Zaitseva I. Yu. Otsenka kollektсионnykh obraztsov yachmenya na ustoichivost' k osmoticheskomu stressu [Estimation of collection barley samples

for resistance to osmotic stress] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018. Т. 66, № 5. S. 40–44. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.40-44

6. Kostylev P.I., Krasnova E.V., Aksenov A.V. Otsenka zasukhoustoichivosti obratsov risa po izmeneniyu urozhainosti pri nekhvatki vlagi [Estimation of drought resistance of rice samples based on productivity changes under moisture stress] // *Agrarnaya nauka*. 2020. № 11–12. S. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59

7. Parfenova E. S., Shamova M. G., Psareva E. A. Otsenka otnositel'noi zasukhoustoichivosti sortov ozimoi rzhi sposobom prorashchivaniya na rastvore sakharozy [Estimation of the relative drought resistance of winter rye varieties by germination in a sucrose solution] // *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2018. № 11. S. 347–351. DOI: 10.17513/mjpf.12503

8. Popova, T. N. Analiz perspektivnykh populyatsii lyutserny po kormovoi produktivnosti v usloviyakh Zavolzh'ya Saratovskoi oblasti [Analysis of promising alfalfa populations according to feed productivity in the conditions of the Volga region of the Saratov region] // *Zernovoe khozyaistvo*. Т. 14, № 4. 2022. S. 5–8. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-5-8

9. Lindenmayer R. B., Hansen N. C., Brummer J., Pritchett J. G. Deficit Irrigation of Alfalfa for Water-Savings in the Great Plains and Intermountain West: A Review and Analysis of the Literature // *Agronomy Journal*. 2011. Vol. 103, Article number: 45.

10. Marthandan V., Geetha R., Kumutha K., Renganathan V.G., Karthikeyan A., Ramalingam J. Seed Priming: A Feasible Strategy to Enhance Drought Tolerance in Crop Plants // *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 21(21), Article number: 8258. DOI: 10.3390/ijms20133137

Поступила: 05.05.23; доработана после рецензирования: 11.09.23; принята к публикации: 22.09.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Попова Т. Н. – исследования, анализ и написание статьи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.