

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 582.592.71

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ ЗАСОЛЕНИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

Таскина К., Федорова В., Гуляева Е.Н., Марковская Е.Ф.

Во время выращивания культурные растения обычно подвергаются различным экологическим стрессам, что ограничивает их рост, урожайность и сортовые качества. Среди них наиболее серьезными являются засуха и засоление [13]. Засоление проявляется как серьезная проблема в 75 странах мира [8]. По оценкам, более 20% всех обрабатываемых земель по всему миру содержат уровни солей, достаточно высокие, чтобы оказывать негативное воздействие на сельскохозяйственные растения [14]. Даже при слабом засолении потери урожайности достигают 20%, на сильно засоленных землях они составляют 70 – 80%. Отрицательное влияние засоления проявляется в ухудшении многих свойств и функций растений, что в итоге приводит к снижению их продуктивности [5].

Различные виды растений отличаются разной чувствительностью к засолению. Например, растения-галофиты могут выдерживать достаточно высокие значения солёности в почве, тогда как гликофиты полностью погибают [8]. Однако показатель солеустойчивости растения не является фиксированной характеристикой в растениях и может варьироваться в зависимости от стадии роста даже внутри вида. Наиболее чувствительной стадией в жизненном цикле растений является стадия прорастания семян, так как к стрессовым факторам наиболее чувствительны ранние этапы жизненного цикла [16]. Солеустойчивость растения во время прорастания, имеет ключевое значение для дальнейшего развития растения в условиях засоления [17]. В сельскохозяйственных культурах, которые относительно солеустойчивы, например сорта пшеницы (*Triticum aestivum* L.), прорастание семян является основным фактором, ограничивающим рост и урожайность этих сортов на засоленной территории [11].

Ряд исследований прорастания семян, как гликофитов, так и галофитов в условиях засоления показали, что семена большинства видов достигают максимальной всхожести в дистиллированной воде и очень чувствительны к повышенной солёности на этапах прорастания и рассады [18], [15],[17]. Например, даже прорастание семян приморских галофитов происходит в ранневесенний период под действием таяния снега, больших ливневых стоков, а также благодаря влиянию речных вод в эстуарных частях акватории [10], [20], когда концентрация соли в почве снижена. Исследование динамики прорастания семян галофитов в условиях засоления проводилась многими авторами [12], [19], но в большинстве случаев исследования проводится с

использованием только лишь одной соли (NaCl), в то время как в естественных приморских территориях растения испытывают воздействие морской воды, химический состав которой гораздо сложнее. Химический состав морской воды при максимальной солёности (35 ‰) стандартно включает около 78 % соли NaCl, около 9 % MgCl₂, около 6,5 % MgSO₄, около 3,5 % - CaSO₄, около 2 % - KCl и остальные соединения (гидрокарбонаты и др.) составляет менее 1 % [6]. Работы по действию морской воды как на всхожесть семян растений галофитов в естественных условиях обитания [2, 3, 9], так и для сельскохозяйственных культур [1, 4] единичны.

В имеющихся методических разработках предлагается несколько вариантов проращивания растений с использованием фильтровальной бумаги: проращивание семян между бумагой в чашках Петри (МБ) и проращивание семян в рулонах (Р) (ГОСТ 12038-84). Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести ((с изменениями 1,2), 1990). Эти методы распространены и стандартно используются для определения всхожести семян, однако фактор солёности в них отсутствует. Необходимо также отметить, что в природных условиях семена находятся в засоленной почве, и встает вопрос об адекватности использования в таких опытах метода рулонной культуры, который является более простым и менее контактным по сравнению с методом выращивания в чашках Петри. В задачи данного исследования входило сравнение биометрических показателей *Triticum aestivum* L. при выращивании на фильтровальной бумаге в чашках Петри и рулонной культуры в условиях засоления NaCl и морской соли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования служили семена пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) сем. Злаковые (Poaceae).

Схема постановки опытов: *Серия 1.* Выращивание семян пшеницы в чашках Петри и рулонной культуре в течение 8 дней в растворе NaCl. *Серия 2.* Выращивание семян пшеницы в рулонной культуре в течение 8 дней в двух вариантах: раствор NaCl и морской соли.

Методы выращивания растений: *Метод 1.* Проращивание семян между бумагой (МБ). Семена, в количестве 10 штук, раскладывают в чашках Петри между слоями увлажненной фильтровальной бумаги: два-три слоя на дне растительни, одним

слоем прикрывают семена. Количество раствора, по 10 мл. Чашки ежедневно проветривались. *Метод 2.* Проращивание семян в рулонах (Р). На двух слоях увлажненной бумаги размером 12x30 см (± 2 см) раскладывают одну пробу семян, в количестве 10 штук, зародышами вниз по линии, проведенной на расстоянии 2-3 см от верхнего края листа. Сверху семена накрывают полоской увлажненной бумаги такого же размера, затем полосы неплотно свертывают в рулон и помещают в вертикальном положении в стеклянные стаканы объемом 400 мл. В каждом стакане по 200 мл раствора.

Оценка нормально проросших семян. К числу нормально проросших семян относят семена, имеющие: - хорошо развитые корешки (или главный зародышевый корешок), имеющие здоровый вид; - хорошо развитые и неповрежденные подсемядольное колено (гипокотиль) и надсемядольное колено (эпикотиль) с нормальной верхушечной почечкой; первичные листочки, занимающие не менее половины длины колеоптиля - у злаковых. Проросшие растения должны иметь не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени и росток размером не менее половины его длины с просматривающимися первичными листочками, занимающими не менее половины длины колеоптиля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОСУЖДЕНИЕ

Таблица 1. Биометрические показатели пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L) в чашках Петри и рулонной культуре в растворе NaCl

Показатель	Контроль		0,5‰		1‰		5‰		10‰	
	Ч.П.	Р.К.	Ч.П.	Р.К.	Ч.П.	Р.К.	Ч.П.	Р.К.	Ч.П.	Р.К.
Всхожесть	93 \pm 9*	73 \pm 4*	90 \pm 0*	80 \pm 6*	90 \pm 0*	80 \pm 6*	90 \pm 6*	80 \pm 6*	96 \pm 4	76 \pm 4
Сухая масса	0,0257 \pm 0,0061*	0,0339 \pm 0,0011*	0,0307 \pm 0,0016*	0,0352 \pm 0,0013*	0,0316 \pm 0,0017*	0,0342 \pm 0,0024*	0,0326 \pm 0,0016*	0,0383 \pm 0,0024*	0,0372 \pm 0,0023*	0,0398 \pm 0,0040*
Сырая масса	0,2346 \pm 0,013*	0,2141 \pm 0,0151*	0,2265 \pm 0,0109*	0,2238 \pm 0,0099*	0,2648 \pm 0,01	0,2061 \pm 0,018	0,2589 \pm 0,0026	0,2228 \pm 0,007	0,1986 \pm 0,0109*	0,2019 \pm 0,0066*
Длина эпикотилия	8,86 \pm 3,87*	11,6 \pm 4,92*	9,07 \pm 3,26*	10,97 \pm 3,81*	10,14 \pm 2,98*	9,92 \pm 3,53*	8,59 \pm 3,74*	9,86 \pm 3,57*	6,73 \pm 1,96*	7,2 \pm 2,76*
Длина корня	7,93 \pm 3,32	8,77 \pm 3	9,71 \pm 13,91	9,2 \pm 2,57	10,18 \pm 3,18	8,47 \pm 2,53	8,89 \pm 3,9	8,08 \pm 2,65	6,05 \pm 1,79	7,39 \pm 2,28

* - различия значимы

При исследовании показателей сырой массы и длины надземных органов и корневой системы на 3-е сутки не наблюдается достоверных отличий между двумя методами. В более поздние сроки (8 суток проращивания) масса и размеры подземных и надземных органов была выше при рулонном методе выращивания. Таким образом, можно предположить, что при более длительном выращивании разница в скорости роста проростков у сравниваемых методов будет только увеличиваться. Более быстрый рост в рулонных культурах связан с более

в результате первой серии экспериментов при сопоставлении данных по проращиванию семян пшеницы двумя разными способами не наблюдалось существенных различий по всхожести семян (табл.1). Однако показатель всхожести семян при концентрации NaCl 0, 0,5, 1 и 5 ‰ (промилле) в чашках Петри был несколько выше и находился в пределах 73-93%. Однако проращивание семян в чашках Петри при концентрации NaCl 10‰ оказалось более эффективным, поскольку всхожесть увеличилась на 20% по сравнению с рулонным методом. По-видимому, это связано с более благоприятным водно-воздушным режимом в чашках Петри.

При исследовании сухой и сырой массы статистически значимых различий обнаружено не было (табл.1) между двумя методами культивирования не зависимо от концентрации NaCl. Можно говорить только о некоторой тенденции к увеличению сырой массы, при культивировании в чашках Петри в концентрации NaCl 1 и 5 ‰. При анализе длины корня и длины эпикотилия в чашках Петри и в рулонных культурах наблюдается тенденция к стимуляции роста от нулевой солености к 1 ‰ и последующее ингибирование при 10 ‰. Длина эпикотилия у рулонных культур показала тенденцию к ингибированию уже в самой невысокой концентрации поваренной соли равной 0,5 промилле. Характер реакций на повышенное содержание соли выявленных в процессе исследования, соответствует литературным данным [7].

благоприятными условиями для возможности реализации геотропической реакции осевых структур проростка.

Таким образом, для экспериментов требующих более длительные сроки культивирования целесообразно использовать метод рулонных культур, так как он позволяет не только учитывать количество проросших семян, но и более корректно сравнивать длину эпикотилия и корешков. Данный

метод наиболее информативен для морфофизиологической оценки за счет получения линейно выровненных проростков.

Полученный в первой серии опытов результат позволил нам провести вторую серию экспериментов по сравнению действия разных концентраций двух растворов солей (NaCl и морской соли) на прорастание семян пшеницы рулонным методом. Достоверных отличий при сравнении всхожести семян обработанных морской и поваренной солью при концентрациях 0,5, 1, 5 % не обнаружено. Как

следует из данных таблицы 2, концентрации NaCl и морской соли 0,5, 1, 5 % оказывает стимулирующий эффект на всхожесть семян пшеницы. При повышении концентрации солей до 10 % всхожесть семян достоверно снижается по сравнению с контролем (66% против 73%). Также необходимо отметить, что при концентрации 10 % всхожесть семян пророщенных на морской соли снижается на 10% по сравнению со всхожестью семян пророщенных на NaCl.

Таблица 2. Биометрические показатели пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L) в рулонной культуре в растворах NaCl и морской соли

Показатель	Контроль		0,5%		1%		5%		10%	
	М.С.	NaCl	М.С.	NaCl	М.С.	NaCl	М.С.	NaCl	М.С.	NaCl
Всхожесть	73±4*	73±4*	83±4*	80±6*	90±0*	80±6*	80±6*	80±6*	66±11*	76±4*
Сухая масса	0,0339± 0,0011*	0,0339± 0,0011*	0,0329± 0,0013*	0,0352± 0,0013*	0,0336± 0,0103*	0,0342± 0,0024*	0,0283± 0,0112*	0,0383± 0,0024*	0,0391 ±0,0125*	0,0398± 0,0040*
Сырая масса	0,2141± 0,0151*	0,2141± 0,0151*	0,2190± 0,0059*	0,2238± 0,0099*	0,2235± 0,0188*	0,2061± 0,018*	0,2174± 0,0073*	0,2228± 0,007*	0,1673± 0,0115*	0,2019± 0,0066
Длина эпикотилия	11,6± 4,92	11,6± 4,92	12,95± 2,51	10,97± 3,81	13,58± 1,63	9,92± 3,53	10,87± 4,18	9,86± 3,57	6,90± 3,91	7,2± 2,76
Длина корня	8,77± 3	8,77± 3	9,27± 0,89	9,2± 2,57	9,67± 0,84	8,47± 2,53	8,60± 3,02	8,08± 2,65	6,55± 3,07	7,39± 2,28

* - различия значимы

При сравнении данных по сырой массе, длине эпикотилия и корней у проростков, выращенных на морской соли и NaCl при концентрации 0,5 % не обнаружено достоверных отличий. При действии более высоких концентрациях солей (1 и 5%) размеры и масса проростков была ниже при обработке NaCl, при 10 % ситуация менялась на противоположную и более сильное ингибирующее действие оказывала уже морская соль. При сравнении исследованных концентраций солей с контролем установлено, что небольшие концентрации NaCl и морской соли оказывают стимулирующий эффект на размеры проростка, концентрация солей 5 % не оказывала значимого эффекта на проростки, а действие солей в концентрации 10 % угнетало рост проростков.

Таким образом, можно констатировать, что водные растворы NaCl и морской соли определенных низких концентраций (0,5 и 1 %) не только не оказывают угнетающего воздействия на деление клеток и рост растений, но могут стимулировать данные процессы, а 1 % раствор морской соли также оказывает значительное позитивное влияние на всхожесть семян пшеницы, что требует дальнейших исследований с использованием биохимических методов. Кроме того, низкие концентрации морской соли оказывают более мягкое воздействие на проростки пшеницы по сравнению с NaCl, но при концентрации морской соли 10 % и выше действие морской соли становится более агрессивным. Полученные результаты свидетельствуют о разных механизмах действия солей при низких и высоких концентрациях. Это может быть связано с тем, что при низких концентрациях и кратковременных воз-

действиях в большей степени действие соли связано с осмотическим эффектом, для которого менее значим качественный состав действующего раствора, что и приводит к сходным результатам. При высокой концентрации и увеличении продолжительности опыта в действие солевого раствора включаются физиологические эффекты, для которых ведущим фактором является химический состав солевого раствора. Это приводит к дифференцированным ответам растительного организма в зависимости от солей. Таким образом, полученные данные показали, что, по-видимому, реакция растений разной степени солеустойчивости в ответ на действие растворов NaCl и морской соли может различаться и это можно исследовать на различных видах культурных и дикорастущих растений, относящихся к разным экологическим группам.

Список литературы

1. Белозерова А.А., Боле Н.А. Изучение реакции яровой пшеницы на засоление по изменчивости морфометрических параметров проростков // Фундаментальные исследования. 2014. № 12 (2) С. 300-306.
2. Воронкова Н.М., Холина А.Б. Видовая специфика реакции семян прибрежных растений на колебания солёности морской воды // Экология. 2010. № 3. С. 163-167.
3. Воронкова Н.М., Бурковская Е.В., Безделева Т.А., Бурундукова О.Л. Морфологические и биологические особенности растений в связи с адаптацией к условиям морских побережий // Экология. 2008. № 1. С. 3-9.

4. Гордеева И.В., Татауров В.П. Сравнительный анализ воздействия кратковременного и длительного стресса на всхожесть и морфометрические параметры *Secale cereal* и *Triticum Durum* // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 09 (63). С. 6-10.
5. Куркиев К.У., Алиева З.М., Даибова Д.М., Гаджиалиева Э.А., Кагирова Н.К. Устойчивость сортов озимой мягкой пшеницы к солевому стрессу // Вестник социально-педагогического института. 2015. №4 (16). С. 15-21.
6. Кутилин В.С., Денисов В.И., Федоров Ю.А. Справочное пособие «Физическая география материков и океанов». - Ростов-на-Дону, 2004.
7. Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. Л.: Колос, 1977. 214 с.
8. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. М., 2000. 399 с.
9. Шамсутдинова Э.З., Орловский Н.С., Шамсутдинов Н.З. Прорастание семян однолетнего кормового галофита – сведы разнолистной (*Suaeda heterophylla* Kar. Et Kir.) под действием хлоридного и сульфатного засоления // Кормопроизводство. 2015. №12. С. 39-43.
10. Шляхов С.А., Костенков Н.М. Почвы Тихоокеанского побережья России, их классификация, оценка и использование. Владивосток: Дальнаука, 2000. 183 с.
11. *Almansouri, M., J.M. Kinet and S. Lutts.* Effect of salt osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // *Plant and Soil*. 2001. P. 243-254.
12. *Barbour M.G.* Is any angiosperm an obligate halophyte? // *Amer. Midi. Nat.* 1970. № 84. С. 105–120.
13. *Bohnert H.J., Nelson D.E., Jensen R.G.* Adaptations to environmental stresses // *Plant Cell*. 1995. №7 P. 1099–1111.
14. *Flowers TJ, Yeo AR.* Breeding for salinity resistance in crop plants—where next? // *Australian Journal of Plant Physiology*. 1995. № 22. P. 875–884.
15. *Ghoulam, C. and Fares, K.* Effect of Salinity on Seed Germination and Early Seedling Growth of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) // *Seed Science and Technology*. 2001. № 29. P. 357-367.
16. *Harper J.L.* Population biology of plants. San Diego: Acad. Press, 1977. 892 p.
17. *Khan, M.A. and I.A. Ungar.* Alleviation of salinity-enforced dormancy in *Atriplex griffithii* Moq. var. *stocksii* Boiss // *Seed Science & Technology*. 2000. №28. P. 29-37.
18. *Khan MA, Gulzar S.* Light, salinity, and temperature effects on the seed germination of perennial grasses // *Am J Bot.* 2003. V.90. № 1. P. 131-134.
19. *Sekmen A. H., Ozdemir F., Turkan I.* Effect of Salinity, light, and temperature on seed germination in a Turkish endangered halophyte, *Kalidiopsis wagenitzii* (Chenopodiaceae) // *Israel J. Plant Sci.* 2004. V. 52. № 1. P. 21-30.
20. *Ungar I. A.* Halophyte seed germination // *The Botanical Review*. 1978. V.44. № 2. P. 233-264.