

УДК 581.142:581.143:632.122.1.

ЛАБОРАТОРНАЯ ДИАГНОСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ К ХЛОРИДНОМУ ЗАСОЛЕНИЮ

© 2016 З.А. Омарова, М.Р. Абсалудинова

Дагестанский государственный университет, г. Махачкала

Статья поступила в редакцию 25.05.2016

Исследована эффективность использования экспресс-лабораторного метода диагностики влияния хлоридного засоления. С этой целью изучено действие разных концентраций NaCl (от 100 до 300 мМ) и полиэтиленгликоля (от 5 до 15 атм.) на прорастание и начальные этапы формирования проростков ячменя. Метод позволяет оценить состояние проростков ввиду изменчивости данного явления в онтогенезе растений.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., засоление, NaCl, прорастание, семена, всхожесть, биомасса, корень, побег, коэффициент полярности

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – одна из важнейших зерновых культур, которая издревле возделывается для кормовых целей, изготовления пива и выпечки хлеба, а в последнее время ещё и как продукт с повышенным содержанием жиров и антиоксидантов. Площади посевов ячменя по России на 2007 г. составляла 9 млн. га [3]. Около 10% поверхности суши в России относится к категории засоленных и содержит более 0,25% солей. В Дагестане засолено более 70% орошаемых земель, а деградация почвенного покрова, процессы засоления, антропогенного опустынивания и недостатка водных ресурсов имеют тенденцию к усилению. Повышенное содержание ионов в почве отражается на продуктивности растений из-за нарушения разных процессов метаболизма и анатомических изменений [7, 8]. Одним из подходов к преодолению негативного влияния комплекса лимитирующих факторов среды, специфичных для зоны конкретного районирования, является подбор сортов, устойчивых к повышенному содержанию солей в почве, особенно сортов местной селекции. Неравномерность уровня засоления почв затрудняет

отбор солеустойчивых форм по урожайности растений в полевых условиях [12]. Для ускорения селекционной оценки устойчивости сортов полевые методы диагностики все чаще дополняются лабораторными по наследственным особенностям прорастания семян и состоянию ранних этапов развития проростков [7, 9], значимых для урожайности в условиях стресса.

Цель работы: проведение диагностики устойчивости к хлоридному засолению сортов ячменя по прорастанию семян и начальным этапам формирования проростков.

В этих целях изучалась эффективность использования экспресс-лабораторного метода оценки влияния хлоридного засоления. Метод позволяет оценить состояние проростков ввиду изменчивости данного явления в онтогенезе растений [1, 6, 7].

Материалы и методы исследования. Нами впервые исследованы ранние этапы онтогенеза сортообразцов ячменя из коллекции Дербентской ОС ВИР при засолении среды NaCl (табл. 1).

Таблица 1. Сорта исследованного ячменя

	№ каталога ВИР	Разновид- ность	Название	Происхождение
1.	K-21905	<i>pallidum</i>	Завет 3	Краснодарский край
2.	K-15240	<i>pallidum</i>	Дагестанский 239	Дагестан
3.	K-22055	<i>nutans</i>	Темп	Краснодарский край

Для имитаций условий засоления использовались растворы NaCl с концентрациями от 0,1 моль/л до 0,3 моль/л (с градиацией 0,05). Отбирали неповрежденные семена каждого сорта ячменя и равномерно раскладывали по 50 шт. в чашки Петри на увлажненную 8 мл соответствующего раствора фильтровальную бумагу. Чашки помещали в климатическую камеру ($t = 20-21^{\circ}\text{C}$, отн.влажн. – 82%, освещ. – 3 Лс, 16 ч день) на 7 сут. Эксперимент проводили в четырех биологических повторностях. Контролем служили семена, пророщенные в дистиллированной воде. На 7 сут определяли всхожесть семян (%), количество зародышевых корней, длину наибольшего из них и надземной части проростков, а также сырую биомассу надземной части и корней каждого проростка [7]. Опыт проводили в четырехкратной биологической повторности.

Растения в условиях засоления одновременно испытывают действие двух неблагоприятных факторов – дефицит воды, связанный со снижением водного потенциала засоленного почвенного раствора, и токсическое действие самих ионов [10, 11]. Для конкретизации влияния этих факторов одновременно проращивали семена и культивировали проростки в растворах полиэтиленгликоля-400 (ПЭГ-400), соответствующих по величине осмотического давления растворам NaCl (0,1 моль/л NaCl – 5 атм.) и в таких же условиях. Осмотическое давление растворов NaCl определяли по формуле закона осмотического давления для электролитов [2]. Экспериментальные данные обработаны на персональном компьютере с программным обеспечением Microsoft Office 2007, Excel 2007. В таблицах представлены средние значения по 4 биологическим повторностям ($\bar{x}$) и их ошибки (m).

Обсуждение результатов исследований. При оценке солеустойчивости растений анализируют состояние всхожести семян [7]. В эксперименте отмечено

Омарова Зумруд Абакаровна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры физиологии растений. E-mail:
z_abakarova@mail.ru
Абсалудинова Мадина Рафилаевна, магистрант

значительное снижение всхожести семян на провокационном фоне относительно контроля у всех исследуемых сортов ячменя (табл. 2). У сортов «Завет 3» и «Дагестанский 239» семена не прорастают в растворах NaCl с осмотическим давлением выше 10 атм., у сорта «Темп» выше 12,5 атм. С повышением концентрации ПЭГ – 400 также имело место снижение всхожести

семян. Состояние всхожести семян в растворах ПЭГ-400 аналогично показателям в растворах NaCl с теми же значениями осмотического давления, за исключением сорта «Завет 3» (табл. 2). Известно, что при высокой концентрации солей химическая специфичность засоления сглаживается, и решающая роль принадлежит осмотическому фактору [6].

Таблица 2. Всхожесть (%) семян сортов ячменя в растворах NaCl и ПЭГ - 400

Сорт ячменя	Осмотическое давление растворов NaCl, атм. (в скобках дана концентрация в моль/л)					
	0 (0)	5 (0,1)	7,5 (0,15)	10 (0,2)	12,5 (0,25)	15 (0,3)
К-21905 Завет 3	39±2,8	18±0,3	10±0,3	5±0,2	0±0,0	0±0,0
К-15240 Дагестанский 239	42±1,3	16±0,5	12±0,4	6±0,3	0±0,0	0±0,0
К-22055 Темп	41±1,4	17±0,5	11±0,6	6±0,2	4±0,5	0±0,0
	Осмотическое давление растворов ПЭГ - 400, атм.					
	0	5	7,5	10	12,5	15
К-21905 Завет 3	37±1,4	20±0,5	14±0,3	7±0,6	4±0,4	0±0,0
К-15240 Дагестанский 239	40±1,4	15±0,6	11±0,7	6±0,3	0±0,0	0±0,0
К-22055 Темп	43±2,8	18±0,3	14±0,3	5±0,3	6±0,7	0±0,0

Снижение всхожести семян ячменя с повышением концентрации соли наиболее ярко проявлялось по длине побега и корня, количеству корней у всходов (табл. 3). В целом такая же картина характерна для растворов ПЭГ-400. Но есть и некоторые отличия. В растворах ПЭГ-400 всходы ячменя растут лучше, чем в растворах NaCl, из-за высокой токсичности последних, в частности в меньшей степени, по сравнению с NaCl снижались накопление биомассы корневой системы и прирост в длину зародышевых корней у проростков.

Известно, что в условиях засоления, особенно хлоридного, происходит нарушение процессов обмена, накопление аммиака и, других токсичных продуктов азотного обмена, повреждение поверхностных слоев цитоплазмы, нарушение проницаемости мембран, утрата способности к избирательному накоплению веществ, разобщение окислительного фосфорилирования, что приводит к наступлению «энергетического голода», уменьшению общей и рабочей адсорбирующей поверхности корней [4-6].

Таблица 3. Влияние растворов NaCl на образование зародышевых корней и надземную сферу у всходов сортов ячменя. Контроль H₂O (0 атм.)

NaCl, моль/л	Зародышевые корни			Надземная система	
	количество, шт.	длина, см	биомасса, мг	длина, см	биомасса, мг
К-21905 Завет 3					
0	4,9±0,11	6,2±0,18	79±4,2	7,8±0,21	96±3,6
0,1	2,8±0,33	3,1±0,17	41±2,8	3,6±0,13	39±1,3
0,15	2,5±0,39	2,4±0,83	33±2,8	2,9±0,33	31±2,1
0,2	2,4±0,58	2,2±0,33	23±2,1	2,1±0,32	20±2,6
0,25	0	0	0	0	0
К-15240 Дагестанский 239					
0	5,3±0,32	6,8±0,31	77±3,2	7,8±0,33	86±3,2
0,1	3,4±0,28	4,2±0,21	35±2,1	4,7±0,23	44±1,9
0,15	3,5±0,33	3,3±0,33	32±3,1	3,4±0,33	28±1,1
0,2	2,8±0,31	2,6±0,31	25±3,4	2,9±0,47	23±4,2
0,25	0	0	0	0	0
К-22055 Темп					
0	4,6±0,12	5,3±0,23	52±4,3	7,5±0,47	79±3,2
0,1	3,4±0,25	3,2±0,12	34±1,3	3,6±0,33	36±2,1
0,15	2,8±0,23	3,1±0,22	26±3,3	3,2±0,28	28±3,3
0,2	2,6±0,63	2,5±0,33	24±2,5	2,3±0,33	20±1,3
0,25	2,2±0,41	2,2±0,21	21±4,2	1,9±0,33	19±3,7

Достоверная оценка солеустойчивости культур только по результатам прорастания их семян в растворах солей невозможна, так как она меняется с возрастом растений. Сведения о влиянии засоления на формирование целостной корневой системы у растений получены на ограниченном числе культур и носят противоречивый характер. В частности, у ячменя установлено уменьшение количества боковых корней и их длины, общего числа корневых волосков, тогда как у проростков кукурузы и ответ на угнетение главного корня увеличивались число придаточных корней и их суммарная длина при значительном снижении сухой массы [4, 5]. В надземной части проростков в большей степени действию солей подвержены клетки проводящей

системы, по которым раствор солей поднимается к надземным органам, для натриево-хлоридного засоления характерны короткие побеги, быстро заканчивающие свой рост. Отсюда вытекает необходимость сравнения сортов не просто по биомассе проростков после культивирования в растворах NaCl и ПЭГ-400, а по соотношению биомассы побега и корня растений, характер изменения которого должен быть направлен на оптимизацию использования ресурсов. У проростков изученных нами сортов ячменя в сравнении с корнями преобладает угнетение накопления сырой биомассы побегов. Эта же картина наблюдается и в растворах ПЭГ-400 (табл. 4).

Таблица 4. Влияние растворов ПЭГ – 400 на образование зародышевых корней и надземную сферу всходов сортов ячменя сорта. Контроль H₂O (0 атм)

NaCl, моль/л	Зародышевые корни			Надземная система	
	количес- во, шт.	длина, см	биомас- са, мг	длина, см	биомас- са, мг
К-21905 Завет 3					
0	5,2±0,33	5,7±0,30	78±4,6	7,9±0,32	94±3,7
0,1	3,5±0,12	3,5±0,12	35±1,8	3,7±0,12	36±2,7
0,15	3,3±0,36	3,0±0,32	32±2,8	3,6±0,12	32±2,3
0,2	2,4±0,63	2,6±0,33	27±2,7	2,3±0,33	24±2,7
0,25	2,3±0,50	2,2±0,14	23±1,6	2,0±0,52	21±3,7
К-15240 Дагестанский 239					
0	5,3±0,33	7,2±0,52	77±5,6	8,1±0,47	87±3,7
0,1	3,5±0,26	4,2±0,33	37±3,3	4,1±0,20	49±1,9
0,15	3,2±0,32	3,3±0,20	29±3,2	3,3±0,33	36±3,4
0,2	2,5±0,42	2,1±0,31	24±3,1	2,1±0,47	22±2,5
0,25	0	0	0	0	0
К-22055 Темп					
0	5,3±0,29	5,1±0,23	48±5,3	7,7±1,34	77±6,9
5	4,2±0,12	3,8±0,47	31±1,9	3,8±0,23	36±2,1
7,5	3,4±0,29	3,2±0,25	28±2,5	3,4±0,25	31±2,5
10	2,8±0,63	2,3±0,33	23±2,1	2,6±0,46	23±1,3
12,5	2,4±0,46	2,2±0,46	21±6,9	2,3±0,33	19±3,7

Таблица 5. Влияние осмотического давления растворов NaCl и ПЭГ – 400 на коэффициент полноты (биомасса надземной части/биомасса корней) сортов ячменя

Осмотическое давление, атм	NaCl					
	К-21905 Завет 3		К-15240 Даге- станский 239		К-22055 Темп	
	А	Б	А	Б	А	Б
0	1,22	1,12	1,12	1,11	1,51	1,44
5	1,16	1,12	1,05	1,09	1,08	1,03
7,5	0,95	0,91	1,14	1,12	1,05	1,12
10	0,91	1,12	0,96	0,91	0,91	1,05
12,5	0	0	0	0	0,96	1,03
ПЭГ – 400						
0	1,20	1,12	1,13	1,12	1,59	1,23
5	1,03	0,92	1,32	1,22	1,16	1,12
7,5	1,03	0,96	1,23	1,12	1,14	1,12
10	0,90	1,02	0,95	0,90	1,04	1,03
12,5	0,91	0,90	0	0	0,91	1,03

Примечание: сырая (А) и сухая (Б) биомасса

Выводы: полученные результаты свидетельствуют о сложной природе солеустойчивости селекционного материала. Степень угнетения ростовых параметров проростков ячменя находится в прямой зависимости от концентрации NaCl. Наиболее чувствительным к засолению из исследованных сортов ячменя является «Дагестанский 239», а наименее чувствительным – «Темп».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Давыдова, Г.В. Каталог мировой коллекции ВИР. Ячмень. Выпуск 605. Характеристика селекционных и местных сортов на солеустойчивость / Г.В. Давыдова, В.С. Коваль, М.В. Лукьянова. – Л.: ВИР, 1991. 32 с.
2. Делаф, А.А. Курс физики: Учебное пособие для вузов / А.А. Делаф, Б.М. Яворский. – М.: Высшая школа, 1989. С. 113.
3. Йонева, Ж. Биометрические показатели и осмотический потенциал органов растений в условиях хлоридного засоления / Ж. Йонева, А.Е. Петров-Спиридонов // Известия ТСХА. 1985. Вып. 3. С. 120-125.
4. Ионова, Е.В. Корневая система и сухая масса растений ярового ячменя в условиях модельной засухи («засушник») / Е.В. Ионова, Е.Г. Филиппов, Н.Н. Анисимова // Зерновое хозяйство России. 2010. № 3(9). – С. 3.
5. Минаев, С.В. Исследование реакции проростков огурца и пшеницы на хлоридное засоление / С.В. Минаев, С.Е. Солдатов, В.В. Таланова, А.Ф. Титов // Биологические исследования растительных и животных систем. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1992. С. 17-23.
6. Николаевский, В.С. Физиолого-биохимические механизмы повреждения и устойчивости растений / В. С. Николаевский и др. – Новосибирск, 1981. 165 с.
7. Удовенко, Г.В. Механизмы адаптации растений к засолению почвы: физиологические и генетические аспекты солеустойчивости растений // Проблемы солеустойчивости растений. – Ташкент: ФАН, 1989. С. 113-142.
8. Чухлебова, Н.С. Особенности микроскопического строения вегетативных органов кукурузы при засолении почвы / Н.С. Чухлебова, А.А. Беловолова // Применение удобрений, микроэлементов и регуляторов роста в сельском хозяйстве. – Сборник научных трудов. – Ставрополь, 1993. С. 45-47.
9. Шевелуха, В.С. Способы отбора высокопродуктивных растений ячменя на первом этапе органоогенеза. Методические указания / В.С. Шевелуха, М.А. Прыгун, С.И. Гриб. – М., 1985. 32 с.
10. Chen, Z. Screening plants for salt tolerance by measuring K⁺: case study for barley / Z. Chen, I. Newman, M. Zhou et al. // Plant Cell Environ. 2005. V. 28. P. 1230-1246.
11. Davenport, R. Control of sodium transport in durum wheat / R. Davenport, R.A. James, A. Zakrisson-Plogander et al. // Plant Physiol. 2005. V.137. P. 807-818.
12. Munns, R. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals / R. Munns, R.A. James, A. Lauchess // J. Exp. Bot. 2006. V.57. P. 1025-1043.

LABORATORY DIAGNOSTICS OF BARLEY GRADE RESISTANCE TO CHLORIDE SALINIZATION

© 2016 Z.A. Omarova, M.R. Absaludinova

Dagestan State University, Makhachkala

Efficiency of use the express laboratory method of diagnostics the influence of chloride salinization is investigated. Action of different concentration of NaCl (from 100 to 300 mm) and polyethyleneglycol (from 5 to 15 atm) on germination and initial stages of formation the barley sprouts is studied. The method allows to estimate stability of barley grades at a stage of sprouting seeds and sprouts to salinization of NaCl.

Key words: *Hordeum vulgare L.*, salinization, NaCl, germination, seed, viability, biomass, root, sprout, polarity coefficient