

З.А. Омарова

Влияние хлорида натрия на морфометрические признаки проростков у сортов озимой мягкой пшеницы

Дагестанский государственный университет; Россия, 367001, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 43а; z_abakarova@mail.ru

Изучена специфика реакции озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сортов Афина, Гром и Таня на засоление среды хлоридом натрия для оценки генетического потенциала проростков с применением дисперсионного анализа. Показана эффективность использования методов лабораторной диагностики адаптивного и продуктивного потенциала сортов в случае низкого уровня хлорида натрия в среде (100 и 150 мг/л). Исследование демонстрирует возможность оценки солеустойчивости сортов озимой мягкой пшеницы на ранних этапах онтогенеза при проращивании семян и культивировании проростков в условиях, стимулирующих дружные всходы, прирост линейных размеров и биомассы проростков. Это позволило сопоставить проростки одного морфологического возраста, что затруднительно, при высоком содержании NaCl в среде. Дисперсионный анализ позволил расположить морфометрические параметры проростков в следующий убывающий ряд по чувствительности к NaCl: длина 1 листа > длина самого развитого корня = сырая биомасса корней > сырая биомасса надземной части >> высота coleoptily = количество корней. Изменчивость 8-сут. проростков по признакам *высота coleoptily* и *количество корней* в этих условиях оказалась настолько низкой, что делает неэффективным их применение в качестве тест-критериев для сравнительной оценки устойчивости сортов. Сорты проявляют специфичность в реакции на NaCl: у сорта Таня способствует накоплению сухой биомассы корней, у сортов Афина и Гром – надземной сферы. Оценка устойчивости к NaCl по совокупности морфометрических параметров позволяет расположить изученные сорта последовательно в ряд: с. Таня >> с. Афина > с. Гром.

Ключевые слова: *озимая мягкая пшеница, сорта, солеустойчивость, NaCl, показатели устойчивости*

Введение

Засоление почв – серьезная сельскохозяйственная проблема, особенно в сухих и жарких регионах, где к естественному накоплению солей в почве добавляется вторичное засоление при орошении. Для решения проблемы преодоления негативного комплексного влияния лимитирующих факторов среды, сугубо специфичных для зоны конкретного районирования, важно создание устойчивых сортов местной селекции [1].

Важнейшим элементом характеристики общебиологических свойств любого организма как саморегулирующей системы является норма реакции к внешним воздействиям [2–5]. Для прямой и косвенной оценки солеустойчивости растений разработано большое количество методов, которые учитывают степень изменения различных параметров в условиях засоления по сравнению с контролем. При этом часто прибегают к лабораторным методам оценки энергии прорастания (ЭП) и всхожести семян и т. д. [4]. Рекомендуют дополнить их данными по определению количества, массы и длины надземной и подземной частей проростков и молодых растений с отбором в качестве тестов чувствительных морфометрических параметров [6–9].

В настоящее время для различных агроклиматических зон наукой и практикой в основном установлен соответствующий набор солеустойчивых видов. На сортовом уровне подобных исследований проведено незначительное количество, и в литературе мало данных по изучению солеустойчивости сортов сельскохозяйственных культур [9], в том числе озимой мягкой пшеницы. Исследования, проведенные на твердой пшенице, показали ее различную устойчивость к высокому содержанию NaCl, и что устойчивость к засолению меняется по фазам развития растения. Сильная корреляция ювенильной и полевой солеустойчивости сортообразцов указывает о возможности отбора ценных генотипов уже на ранних стадиях онтогенеза [10]. В серии опытов показано, что при 0,3% почвенном хлоридном засолении происходит значительное изменение в параметрах продуктивности сортов твердой и мягкой пшеницы [11].

Выяснилось, что сорта мягкой пшеницы оказались относительно солеустойчивее, чем сорта твердой пшеницы. Лабораторная диагностика солеустойчивости растений яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к различным типам засоления показала, что засоление субстрата приводит к значительному снижению всхожести семян, длины и массы побегов, длины и массы корней, площади листьев [3, 9, 12].

Задачи, материал и методика

Нами изучено влияние хлористого натрия на ранние этапы онтогенеза озимой мягкой пшеницы из коллекции Дербентской ОС ВИР для выяснения следующих вопросов:

1. Оценка энергии прорастания (ЭП) и всхожести семян трех сортообразцов;
2. Изучение морфометрических параметров 8-сут. проростков (размеры, сырая и сухая биомасса корней и надземной части);
3. Выявление более устойчивого из сортов озимой мягкой пшеницы Афина, Гром и Таня с применением дисперсионного анализа.

Сорта Афина, Гром и Таня выведены в Краснодарском НИИСХ им. П.П. Лукьяненко и допущены для возделывания в Северо-Кавказском регионе [13].

Семена пшеницы (по 25 шт в аналитической повторности) замачивали в ч. Петри на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой (контроль), 100 и 150 мг/л NaCl и культивировали в климатической камере ($t = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажность = 80 %, L – 3 тыс люкс, 16-сут. световой день). Замену фильтровальной бумаги и растворов (по 8 мл) производили на каждые 3 сутки. Энергию прорастания определяли на 3, всхожесть – на 7 сутки. У 8-сут. проростков пшеницы определяли морфометрические показатели: сырую и сухую биомассу и размеры надземной и подземной частей, длину coleoptilia, количество корней. В работе представлены средние значения по результатам 3-х биологических повторностей. Статистическую обработку данных и дисперсионный анализ проводили с использованием стандартной программы Microsoft Excel [14].

Результаты и обсуждение

Семена пшеницы сортов Афина, Гром и Таня имеют высокие показатели энергии прорастания и всхожести (табл. 1). При этом некоторые различия по вариантам и между сортами не являются достоверными, семена всех сортообразцов соответствуют ГО-СТу [15].

Таблица 1

Влияние NaCl на энергию прорастания (ЭП) и всхожесть (В) семян

NaCl, мг/л	ЭП, %	В, %
с. Афина		
0 (контроль)	96 ± 2,3	97 ± 1,3
100	99 ± 1,3	99 ± 1,3
150	95 ± 1,3	99 ± 1,3
с. Гром		
0	95 ± 2,7	96 ± 2,3
100	97 ± 1,3	97 ± 1,3
150	97 ± 2,7	99 ± 1,3
с. Таня		
0	91 ± 3,5	99 ± 1,3
100	91 ± 3,5	99 ± 1,3
150	96 ± 2,3	100 ± 0,0

Прирост линейных размеров надземной сферы проростков оценивали по размерам 1 листа и колеоптиля, корней – по самому развитому корню. Содержание в среде 100 и 150 мг/л NaCl способствует приросту линейных размеров 1 листа (117 и 125 % к контролю соответственно) и корня (125 и 122 %) проростков, и практически не влияет на состояние колеоптиля у проростков с. Афина (табл. 2).

Таблица 2

Влияние NaCl на прирост линейных размеров проростков пшеницы сортов Афина, Гром и Таня (I–III)

Сорта	Длина, см		Высота колеоптиля, см
	1 листа	Развитого корня	
H₂O (контроль)			
I	8,8 ± 0,14	8,8 ± 0,17	3,2 ± 0,03
II	9,0 ± 0,11	9,0 ± 0,14	3,2 ± 0,03
III	10,4 ± 0,30	10,9 ± 0,29	2,4 ± 0,05
100 мг/л NaCl			
I	10,3 ± 0,14	11,0 ± 0,23	3,3 ± 0,03
II	10,4 ± 0,14	10,8 ± 0,15	3,3 ± 0,03
III	10,5 ± 0,27	10,9 ± 0,24	2,4 ± 0,05
150 мг/л NaCl			
I	11,0 ± 0,25	10,7 ± 0,22	3,1 ± 0,04
II	11,2 ± 0,19	10,4 ± 0,19	3,1 ± 0,03
III	11,5 ± 0,21	11,7 ± 0,21	2,3 ± 0,03

Показатели прироста у с. Гром близки к таковым у с. Афина и составляют для 1 листа 115 и 124 % от контроля в 100 и 150 мг/л NaCl соответственно и 120 и 116 % для самого большого корня (табл. 2). Размеры колеоптиля по вариантам и сортам достоверно не отличаются. Повышение уровня NaCl в среде способствует приросту 1 листа и подавлению корней как у с. Афина, так и у с. Гром.

Линейные размеры проростков с. Таня, культивируемых в 100 мг/л NaCl не отличаются от контрольных, а в 150 мг/л NaCl, составляют для 1 листа 111 %, а для корня 107 % (табл. 2).

Таблица 3

Влияние NaCl на накопление сырой биомассы и количество корней у проростков пшеницы сортов Афина, Гром и Таня (I–III)

Сорта	Биомасса, мг		Количество К, шт.
	НЧ	К	
H ₂ O (контроль)			
I	71,5 ± 1,54	45,1 ± 1,13	5,2 ± 0,06
II	73,4 ± 1,36	46,5 ± 1,03	5,1 ± 0,03
III	73,4 ± 2,29	54,1 ± 1,97	4,8 ± 0,09
100 мг/л NaCl			
I	79,4 ± 1,50	58,7 ± 1,47	5,1 ± 0,05
II	80,2 ± 1,53	60,2 ± 1,45	5,1 ± 0,06
III	75,0 ± 2,16	50,9 ± 1,70	5,4 ± 0,68
150 мг/л NaCl			
I	88,0 ± 2,16	58,9 ± 1,65	5,3 ± 0,06
II	87,6 ± 1,74	59,4 ± 1,56	5,3 ± 0,05
III	87,9 ± 1,98	52,9 ± 1,56	4,9 ± 0,06

Накопление сырой биомассы проростков с. Афина составляет для надземной сферы 111 и 130 % от контроля в вариантах со 100 и 150 мг/л соответственно, для корней – 123 и 131 %, что в целом коррелирует с приростом линейных размеров. Повышение уровня NaCl в среде (100–150 мг/л) способствует накоплению сырой биомассы надземной сферы в большей степени, чем корней (ср. табл. 2 и 3). Результаты сортов Афина и Гром по приросту сырой биомассы на среде с NaCl очень близки (табл. 3). Среднее количество корней по вариантам с NaCl не отличается от контрольных значений ни у с. Афины, ни у с. Гром. В целом прирост сырой биомассы корней сортов Афина и Гром с повышением содержания NaCl в среде отстает от прироста сырой биомассы надземной сферы.

У с. Таня сырая биомасса надземной сферы в 100 мг NaCl соответствует контрольной, в 150 мг/л NaCl превышает контроль на 20 %, а корней составляет 94 и 98 % от контроля соответственно (табл. 3). Прирост биомассы по накоплению сухого вещества у сортов Афина и Гром коррелирует с таковым по сырой биомассе. У с. Таня сухая биомасса корней на 13 и 25 % в вариантах со 100 и 150 мг/л NaCl выше, а сырая биомасса, наоборот, ниже контроля (ср. табл. 3 и 4). Таким образом, NaCl способствует накоплению сухой биомассы корней у с. Таня (возможно из-за увеличения их числа) и надземной сферы у сортов Афина и Гром. Этот вывод подтверждает величина коэффициента полярности (КП) у сортов по вариантам (табл. 4).

Таблица 4

Влияние NaCl на накопление сухой биомассы у проростков сортов пшеницы

NaCl, мг/л	Биомасса, мг		КП (НЧ/К)
	НЧ	К	
с. Афина			
0 (контроль)	9,1 ± 0,20	7,0 ± 0,39	1,42
100	10,6 ± 1,02	7,5 ± 0,62	1,52
150	12,2 ± 0,17	8,3 ± 0,06	1,45
с. Гром			
0	9,6 ± 0,38	7,4 ± 0,49	1,35
100	10,8 ± 0,74	7,7 ± 0,26	1,47
150	11,7 ± 0,36	8,0 ± 0,29	1,43
с. Таня			
0	10,3 ± 0,57	7,2 ± 0,21	1,39
100	10,4 ± 0,27	8,1 ± 0,25	1,29
150	12,4 ± 0,17	9,0 ± 0,28	1,35

Примечание: НЧ – надземная часть проростков, К – корневая система.

Для конкретизации адаптивного потенциала оценивали реакцию сортов по степени возрастания значения NaCl в общей дисперсии морфометрических параметров проростков. Результаты свидетельствуют о большей степени возрастания изменчивости линейных размеров длины 1 листа на среде с NaCl по сравнению с длиной самого большого корня и большей изменчивости сырой биомассы корней по сравнению с надземной сферой (табл. 5).

Таблица 5

Дисперсионный анализ оценки влияния NaCl на морфометрические показатели проростков

Источник вариации	SS	df	MS	F _f	P-значение	F _{fкрит.}	η – сила влияния фактора, %
с. Афина							
Длина 1 листа							
A	202,15	2	101,10	36,2	3 × 10 ⁻¹⁴	3,04	24,9
Z	608,40	218	2,80				75,1
Y	810,55	220					
Длина самого развитого корня							
A	214,50	2	107,25	23,70	5 × 10 ⁻¹⁰	3,04	17,9
Z	986,57	218	4,53				82,1
Y	1201,07	220					
Длина coleoptilya							
A	0,65	2	0,32	3,21	0,04	3,04	2,9
Z	21,95	218	0,10				97,1
Y	22,60	220					

Количество корней							
A	0,97	2	0,49	2,02	0,14	3,04	1,8
Z	52,60	218	0,24				98,2
Y	53,57	220					
Сырая биомасса надземной части							
A	10056,76	2	5028,38	19,06	2×10^{-8}	3,04	14,9
Z	57509,77	218	263,81				85,1
Y	67566,5	220					
Сырая биомасса корней							
A	9263,33	2	4631,67	25,31	1×10^{-10}	3,04	18,8
Z	39895,47	218	183,01				81,2
Y	49158,81	220					
с. Гром							
Длина 1 листа							
A	181,67	2	90,83	49,00	3×10^{-18}	3,04	31,5
Z	394,83	213	1,85				68,5
Y	576,50	215					
Длина самого развитого корня							
A	160,24	2	80,12	28,07	2×10^{-11}	3,04	20,9
Z	607,93	213	2,85				79,1
Y	768,17	215					
Длина coleoptilya							
A	0,71	2	0,36	5,19	0,01	3,04	4,6
Z	14,65	213	0,07				95,4
Y	15,36	215					
Количество корней							
A	1,1	2	0,56	3,13	0,05	3,04	2,9
Z	38,2	213	0,18				97,1
Y	39,33	215					
Сырая биомасса надземной части							
A	7314,94	2	3657,47	17,95	6×10^{-8}	3,04	14,4
Z	43408,60	213	203,80				85,6
Y	50723,54	215					

Сырая биомасса корней							
A	8380,86	2	4190,43	25,88	9×10^{-11}	3,04	19,6
Z	34486,25	213	161,91				80,4
Y	42867,11	215					
с. Таня							
Длина 1 листа							
A	48,73	2	24,37	5,29	0,01	3,04	4,6
Z	1013,40	220	4,61				95,4
Y	1062,13	222					
Длина самого развитого корня							
A	31,68	2	15,84	3,22	0,04	3,04	2,8
Z	1085,66	221	4,91				97,2
Y	1117,34	223					
Длина coleoptilya							
A	0,05	2	0,03	0,24	0,79	3,04	0,2
Z	23,39	220	0,11				99,8
Y	23,446	222					
Количество корней							
A	18,12	2	9,06	0,78	0,46	3,04	0,7
Z	2581,43	221	11,68				99,3
Y	2599,55	223					
Сырая биомасса надземной части							
A	8633,89	2	4316,95	13,24	4×10^{-6}	3,04	10,7
Z	71758,30	220	326,17				89,3
Y	80392,19	222					
Сырая биомасса корней							
A	381,00	2	190,50	0,76	0,47	3,04	0,7
Z	55427,25	221	250,80				99,3
Y	55808,25	223					

Примечание: А – источник вариации между вариантами по уровню засоления: 0 (H₂O – контроль), 100 и 150 мг/л NaCl; Z – источник вариации внутри групп; Y – итога (общая дисперсия)

Значение NaCl в величине дисперсии по признакам *высота coleoptilya* и *количество корней* наименьшее, что делает эти критерии неэффективными для сравнительной оценки устойчивости сортов.

Таким образом, по результатам дисперсионного анализа изученные морфометрические параметры проростков озимой мягкой пшеницы можно расположить в следующий убывающий ряд по степени чувствительности к NaCl: длина 1 листа > длина самого большого корня = сырая биомасса корней > сырая биомасса надземной части > высота coleoptilya = количество корней. По возрастанию устойчивости к NaCl изученные сорта можно расположить в следующий ряд: с. Гром – с. Афина – с. Таня.

Наше исследование показало возможность оценки солеустойчивости сортов озимой мягкой пшеницы на ранних этапах онтогенеза при проращивании семян и культивировании проростков в условиях содержания в среде NaCl в количестве, не угнетающем прорастание семян и не снижающем всхожесть, а напротив, стимулирующем прирост линейных размеров и биомассы.

Вывод

1. Наличие в среде NaCl в низкой концентрации (100 и 150 мг/л) не угнетает прорастание семян и ростовые процессы у проростков. Это позволяет сопоставлять проростки одного морфологического возраста, что затруднительно, при воздействии высокого уровня NaCl в среде.

2. Сорта проявляют специфичность в реакции на содержание в среде NaCl: у сорта Тая способствует накоплению сухой биомассы корней, у сортов Афина и Гром – надземной сферы.

3. Повышение содержания NaCl в среде (100 мг/л → 150 мг/л) способствует накоплению сырой биомассы надземной сферы в большей степени, чем корней.

4. По результатам однофакторного дисперсионного анализа изученные морфометрические параметры проростков трех сортов озимой мягкой пшеницы можно расположить в следующий убывающий ряд по степени чувствительности к NaCl: длина 1 листа > длина самого большого корня = сырая биомасса корней > сырая биомасса надземной части >> высота coleoptily = количество корней.

5. По устойчивости к NaCl изученные сорта можно расположить в следующий ряд: с. Тая >> с. Гром > с. Афина.

Литература

1. Шихмурадов А.З. Связь длины вегетационного периода с элементами продуктивности у сортообразцов твердой пшеницы / А.З. Шихмурадов, К.У. Куркиев, М.А. Ахмедов // Проблемы развития АПК региона. – Махачкала, 2015. – № 3 (23). – С. 55–59.

2. Гриненко В.В. Экологические аспекты устойчивости растений к стрессам. Проблемы и пути повышения устойчивости растений к болезням и экстремальным условиям среды в связи с задачами селекции. – Л.: ВИР, 1981. – Ч. 1. – С. 5–6.

3. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция) – Пушкино: Отд. НТИ Пущ. науч. Центра РАН, 1994. – 148 с.

4. Удовенко Г.В. Влияние экстремальных условий среды на структуру урожая сельскохозяйственных растений / Г.В. Удовенко, Э.А. Гончарова. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 215 с.

5. Швелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе – М.: Колос, 1992. – С. 594.

6. Балнокин Ю.В. Ионный гомеостаз и солеустойчивость растений – М.: Наука, 2012. – 99 с.

7. 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.

8. Удовенко Г.В. Оценка солеустойчивости растений / Г.В. Удовенко, В.Н. Синельникова, Г.В. Давыдова // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство); под ред. Удовенко Г.В. – Л., 1988. – С. 85–97.

9. Хусаинов А.Т. Влияние степени сульфатного засоления на ростовые процессы генотипов яровой мягкой пшеницы / А.Т. Хусаинов, Г.Т. Сыздыкова, Ю.А. Андреева // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 1. – С. 23–26.

10. Шихмурадов А.З. Биоресурсный потенциал и эколого-генетические аспекты устойчивости представителей рода *Triticum* L. к солевому стрессу: дис. ... докт. биол. наук. – Владикавказ, 2014. – 265 с.

11. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): В 2 т. – М.: РУДН, 2001. – Т. 1. – 780 с; Т. 2. – 785 с.
12. Белозерова А.А. Изучение реакции яровой пшеницы на засоление по изменчивости морфометрических параметров проростков / А.А. Белозерова, М.А. Боме // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12 (2). – С. 300–306;
13. Официальный сайт ФГБНУ Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко // <http://www.kniish.ru/sorta117585361.html>.
14. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1988. – 294 с.
15. Открытая база ГОСТов // <http://standartgost.ru>.

Поступила в редакцию 15 ноября 2016 г.

UDC 581.143.28

DOI: 10.21779/2542-0321-2016-31-4-97-105

The influence of Sodium chloridum on morphometric signs of sprouts at grades of winter weak wheat

Z.A. Omarova

*Dagestan State University; Russia, 367001, Makhachkala, M. Gadzhiyev st., 43a;
z_abakarova@mail.ru*

The specifics of reaction of winter weak wheat (*Triticum aestivum* L.) grades Athena, Grom and Tanya on salinization of the environment Sodium chloridum for assessment of genetic potential of sprouts with application of a dispersion analysis are studied in the article. The effectiveness of the use of laboratory diagnostics methods of adaptive and productive potential of grades in case of low level of Sodium chloridum in the environment (100 and 150 mg/l) is shown. The research shows a possibility of resistance assessment to salinization of grades of winter weak wheat at early stages of an ontogenesis at a germination of seeds and cultivation of sprouts in the conditions stimulating simultaneous germination of seeds, an increase of the linear dimensions and biomass of sprouts. It allows to compare sprouts of one morphological age that is difficult, at the high content of NaCl in the environment. A dispersion analysis allowed to dispose morphometric parameters of sprouts in the following decreasing row on sensitivity to NaCl: Length of 1 leaf > Length of the most developed root = Crude biomass of roots > Crude biomass of an elevated part >> Height koleoptiles = Quantity of roots. The variability of 8 days of sprouts on signs height koleoptiles and quantity of roots in these conditions turned out so low that does inefficient their application as test criteria for comparison purposes to stability of grades. Grades show specificity in reaction to NaCl: at Tan's grade accumulation of dry biomass of roots is promoted, at grades by Athena and the Thunder - an elevated part of sprouts. Assessment of resistance to NaCl on set of morphometric parameters allows to row the studied grades sequentially: Tan's grade >> a grade Athena > a grade Grom.

Keywords: winter weak wheat, grades, salt tolerance, NaCl, indexes of stability.

Received 15 November, 2016