

УДК 581.192.6:633.1

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДА НАТРИЯ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЛИНА И НАТРИЯ У СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

© 2020 г. Н. А. Хабиева^{1,2,*}, З. М. Алиева², К. У. Куркиев³

¹ Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН
367000 Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45, Республика Дагестан, Россия

² Дагестанский государственный университет
367000 Махачкала, ул. Гаджиева, 43-а, Республика Дагестан, Россия

³ Дагестанская опытная станция — филиал Федерального исследовательского центра
“Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова”
368612 с. Вавилово, Дербентский р-н, Республика Дагестан, Россия

*E-mail: nadira.xabieva@mail.ru

Поступила в редакцию 18.03.2019 г.

После доработки 15.05.2019 г.

Принята к публикации 10.11.2019 г.

Изучено влияние хлоридного засоления на энергию прорастания и всхожесть семян, ростовые показатели, содержание пролина и ионов натрия у озимого тритикале (*×Triticosecale* Wittm.) сортотипов Алмаз, Сотник и ПРАГ530л-1934. Энергию прорастания и всхожесть семян определяли, проращивая их в растворах NaCl (85–350 мМ) и дистиллированной воде (контроль). Ростовые показатели (высоту надземной части, длину и количество корней, сырую и сухую биомассу), содержание пролина и ионов натрия определяли у проростков в вариантах 85 и 165 мМ NaCl. В условиях засоления отмечено подавление роста и накопления биомассы, в большей степени выраженное у корней по сравнению с надземной частью проростков. При оценке ростовых показателей самым чувствительным оказался сортотип Алмаз, более устойчивыми — сортотипы Сотник и ПРАГ530л-1934. Чувствительный сортотип Алмаз характеризовался большим содержанием натрия и менее интенсивной аккумуляцией пролина в условиях засоления.

Ключевые слова: *Triticosecale*, сортотип, засоление, устойчивость, пролин.

DOI: 10.31857/S0002188120020064

ВВЕДЕНИЕ

Проблема солеустойчивости растений давно привлекает внимание исследователей. Засоленными, по средним оценкам, являются до 25% возделываемых почв, а в некоторых регионах, в частности, в Дагестане — до 38%. Наблюдается и постоянный рост уровня вторичного засоления, которое развивается при нерациональном орошении [1, 2]. В условиях засоления отмечено изменение комплекса физиолого-биохимических параметров, что приводит к подавлению роста и продуктивности растений. По степени и направленности этих изменений судят об солеустойчивости растений, разрабатывая на их основе различные методы ее диагностики.

Засоление вызывает в растениях осмотический стресс и ионный дисбаланс, связанный с избыточным содержанием ионов. Повышение содержания Na⁺ в цитоплазме растительных клеток

определяет токсические эффекты, а системы транспорта Na⁺, поддерживающие его низкое содержание в цитоплазме при засолении, играют ключевую роль в устойчивости растений [3]. Одним из критериев оценки солеустойчивости растений служит накопление пролина, уровень которого при стрессе значительно возрастает. Проллин — один из самых типичных осмолитов — наиболее изученный протектор и осморегулятор. Интенсивное накопление в тканях пролина рассматривается как критерий солеустойчивости генотипов или как показатель их адаптивности к стрессовому воздействию [4].

Изучение солеустойчивости особенно актуально для широко возделываемых злаковых культур. Многочисленные работы посвящены изучению солеустойчивости пшеницы [5–8], ячменя [9, 10], ржи [11]. В то же время солеустойчивость такой ценной и перспективной культуры, как

тритикале (*Triticosecale* Wittm.), имеющего высокую продуктивность и устойчивость к стрессам, остается малоизученной. В Дагестане озимое тритикале выращивают в низменных районах, где засоленность почвы достаточно высока, что делает актуальным изучение его солеустойчивости и выявление устойчивых сортообразцов. Однако исследования, посвященные этой проблеме, пока немногочисленны [12–15].

В связи с этим цель работы — изучение сравнительной солеустойчивости проростков сортообразцов озимого тритикале с применением различных морфометрических и физиологических методов оценки.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования были выбраны 3 сортообразца озимого тритикале ($\times$ *Triticosecale* Wittm.) — Алмаз, Сотник и ПРАГ530л-1934 из коллекции Дагестанской опытной станции ВИР им. Н.И. Вавилова. Для оценки прорастания семян их проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге [16], смоченной растворами хлорида натрия и дистиллированной водой (контроль). В связи с ограниченностью исследований солеустойчивости тритикале для оценки сортообразцов проростки культивировали в широком диапазоне концентраций NaCl (85–350 мМ). Объем выборки составлял 50 семян в трехкратной повторности в каждом варианте. Чашки Петри помещали на 7 сут в климатическую камеру (San-yo MLR-352H, Япония) для моделирования условий: температура $24 \pm 1^\circ\text{C}$, освещение — 3000 лк и влажность 80%. Энергию прорастания (на 3-и сут) и всхожесть (на 7-е сут) определяли согласно ГОСТ 12038–84. Число, длину и массу корней, длину и массу надземной части определяли на 7-е сут в вариантах засоления 85 и 165 мМ NaCl. Сырую и сухую (после фиксации материала при 105°C в течение 3 ч и доведения до постоянного веса) биомассу растительного материала оценивали гравиметрическим методом.

Содержание свободного пролина определяли по методу [17], в модификации Калинкиной с соавт. [18]. Навеску растительного материала массой 100 мг растирали в 5 мл дистиллированной воды. Брили по 5 проб, каждую в 3-х повторностях. Содержимое пробирки кипятили в течение 10 мин и охлаждали, затем центрифугировали 20 мин при 6 тыс. об./мин. К 2 мл надосадочной жидкости добавляли 2 мл нингидринового реактива (1.25 г нингидрина, 20 мл 6 М H_3PO_4 , 30 мл ледяной уксусной кислоты) и 2 мл ледяной уксусной кислоты. Полученный раствор тщательно пе-

ремешивали, инкубировали в течение 1 ч на кипящей водяной бане и охлаждали на ледяной бане. В контрольном образце экстракт заменяли 2 мл дистиллированной воды. Оптическую плотность полученных окрашенных растворов измеряли на спектрофотометре (Beckman Coulter DU-730, США) при длине волны 520 нм. Содержание пролина рассчитывали по калибровочной кривой. Для анализа брали по 5 проростков из 3-х чашек Петри каждого варианта.

Определение содержания ионов Na^+ в надземной части и корнях проводили в водной вытяжке [19]. Для определения содержания ионов Na^+ надземную часть и корни высушивали при температуре 105°C , измельчали в ступке до порошкообразного состояния и разводили 10 мл дистиллированной воды. Измерения проводили в 3-х повторностях для 4-х проб на атомно-адсорбционном спектрометре (МГА-915 МД, Россия).

Статистическая обработка данных. Обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Excel 2007. Для сравнения независимых выборок использовали параметрический *t*-критерий Стьюдента ($p < 0.05$). В таблицах и рисунках приведены средние арифметические и их стандартные ошибки.

Исследование выполнено на базе биологического факультета и Центра коллективного пользования “Аналитическая спектроскопия” Дагестанского государственного университета. Часть исследования проведена на Дагестанской опытной станции ВИР им. Н.И. Вавилова в рамках работы по теме НИР 0662–2019–0006.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты лабораторных опытов показали, что интенсивность снижения энергии прорастания и всхожести семян в условиях засоления зависела от сортообразца и от концентрации соли. В диапазоне концентраций 85–250 мМ NaCl большую чувствительность проявил сортообразец Алмаз, чем образцы Сотник и ПРАГ530л-1934. Всхожесть и энергия прорастания семян у этого сортообразца при засолении снижались на 10–25%, тогда как у образцов Сотник и ПРАГ530л-134 — на 5–10%. Выраженное снижение энергии прорастания и всхожести семян у всех сортообразцов наблюдали, начиная с концентрации 250 мМ. При проращивании семян тритикале в этом варианте энергия прорастания в среднем составляла 70, всхожесть — 55%. При действии высокой концентрации NaCl (350 мМ) более сильное уменьшение всхожести также отмечено у сортообразца Алмаз (рис. 1).

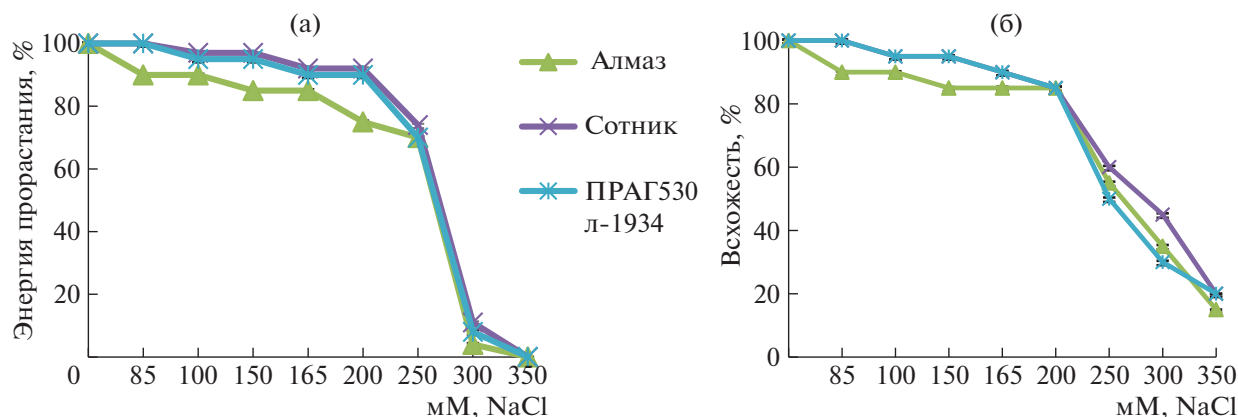


Рис. 1. Влияние засоления NaCl на энергию прорастания (а) и всхожесть (б) семян сортообразцов озимого тритикале.

Одним из наиболее чувствительных и интегральных физиологических процессов, отражающих состояние растений в условиях стресса, является их рост [20]. В растворе NaCl с концентрацией 85 мМ выраженных различий между сортообразцами по ростовым показателям не наблюдали. Только у сортообразца Сотник длина корня уменьшалась в меньшей степени. Ростовые показатели под влиянием 165 мМ хлорида натрия в меньшей степени ингибировались у проростков сортообразцов ПРАГ530л-1934 и Сотник: длина корня составила у них 43% по сравнению с контролем, высота надземной части – 46 и 44% соответственно. Наиболее сильное ингибирование роста в этом случае наблюдали у сортообразца

Алмаз: длина корня составляла 30, высота надземной части – 32% к контролю (табл. 1).

Снижение сырой биомассы корней и надземной части в условиях засоления в большей степени было выражено также у образца Алмаз. Например, в варианте 165 мМ NaCl сырая биомасса корней и надземной части у проростков этого сортообразца снижалась в 2.4 и 2.0 раза, Сотник – в 2.4 и 1.8 раза, ПРАГ530л-1934 – в 2.3 и 1.4 раза по сравнению с контролем (табл. 2). По такому показателю, как накопление сухой биомассы в условиях засоления, преимущество имел сортообразец Сотник: в варианте 85 мМ NaCl накопление биомассы надземной части снизилось у него на 5%, в варианте 165 мМ NaCl – на 24% по сравнению с контролем, тогда как снижение этого пока-

Таблица 1. Влияние засоления NaCl на ростовые показатели сортообразцов озимого тритикале

Вариант	Длина корня, мм	Количество корней, шт.	Длина надземной части, мм
Сортообразец Алмаз			
Контроль	73.0 ± 0.4	5.8 ± 0.1	80.0 ± 0.3
85 мМ NaCl	47.4 ± 0.3*	5.7 ± 0.2	66.4 ± 0.3*
165 мМ NaCl	22.0 ± 0.2*	5.6 ± 0.1	25.4 ± 0.2*
Сортообразец Сотник			
Контроль	117 ± 0.4	5.8 ± 0.1	115 ± 0.3
85 мМ NaCl	94.0 ± .3	5.5 ± 0.1	97.1 ± 0.4
165 мМ NaCl	50.0 ± 0.3	5.0 ± 0.1	50.3 ± 0.2
Сортообразец ПРАГ530л-1934			
Контроль	112 ± 0.5	6.2 ± 0.1	113 ± 0.3
85 мМ NaCl	74.3 ± 0.3	6.1 ± 0.1	95.3 ± 0.4
165 мМ NaCl	48.0 ± 0.3	6.3 ± 0.1	52.0 ± 0.2

Примечание: Представлены средние 3-х опытов, каждый вариант которых включал 25 растений, и их стандартные ошибки (при $p < 0.05$). То же в табл. 2.

Таблица 2. Влияние засоления NaCl на сырую и сухую биомассу корней и надземной части проростков озимого тритикале

Вариант	Сырая биомасса		Сухая биомасса			
	надземная часть	корень	надземная часть		корень	
	мг		мг	% к контролю	мг	% к контролю
Сортообразец Алмаз						
Контроль	66.1 ± 3.0	73.1 ± 3.4	6.1	100	7.9	100
85 мМ NaCl	53.2 ± 3.0	45.4 ± 2.0	4.5	74	4.8	61
165 мМ NaCl	32.4 ± 2.0	30.0 ± 2.0	3.6	59	3.3	42
Сортообразец Сотник						
Контроль	86.3 ± 4.4	108 ± 3.3	5.9	100	12.4	100
85 мМ NaCl	72.3 ± 4.3	78.1 ± 3.4	5.6	95	8.5	69
165 мМ NaCl	46.3 ± 2.1	45.0 ± 2.5	4.5	76	6.3	51
Сортообразец ПРАГ530л-1934						
Контроль	75.0 ± 4.8	98.1 ± 5.3	7.7	100	12.0	100
85 мМ NaCl	65.2 ± 3.8	83.2 ± 4.3	5.8	75	10.3	86
165 мМ NaCl	54.0 ± 3.5	42.0 ± 2.7	4.5	58	5.0	42

Таблица 3. Влияние засоления NaCl на содержание свободного пролина в листьях озимого тритикале

Вариант	Сортообразцы					
	Алмаз		Сотник		ПРАГ530л-1934	
	мкмоль/г	% к контролю	мкмоль/г	% к контролю	мкмоль/г	% к контролю
Контроль	0.8 ± 0.0	100	0.8 ± 0.0	100	1.5 ± 0.0	100
85 мМ NaCl	2.3 ± 0.0	280	3.1 ± 0.1	390	9.7 ± 0.0	647
165 мМ NaCl	11.0 ± 0.3	1100	15.2 ± 0.1	1900	21.8 ± 2.3	1450

Примечание. Представлены средние 3-х опытов, каждый вариант которых включал 15 растений, и их стандартные ошибки (при $p < 0.05$).

зателя у сортообразца Алмаз составило 26 и 41%, у ПРАГ530л-1934 — 25 и 42% соответственно. В варианте засоления 85 мМ NaCl биомасса корня у сортообразца ПРАГ530л-1934 снижалась в меньшей степени, чем у образца Сотник.

Следует отметить, что у всех изученных сортообразцов корневая система проявила большую чувствительность к засолению, чем надземная часть проростков: рост и накопление биомассы корней в условиях всех вариантов засоления снижались в большей степени (табл. 1, 2). При этом достоверных различий в количестве корней выявлено не было.

В литературе встречаются многочисленные сведения о более интенсивном накоплении пролина как в устойчивых, так и в чувствительных сортах [4, 9, 21]. В наших опытах в условиях низ-

кого уровня засоления (85 мМ NaCl) содержание свободного пролина в большей степени повышалось в растениях сортообразцов ПРАГ530л-1934 (с 1.5 до 9.7 мкмоль/г) и Сотник (с 0.8 до 3.1 мкмоль/г, или в 3.8 раза), в меньшей степени — в растениях сортообразца Алмаз (с 0.8 до 2.3 мкмоль/г, или в 2.8 раза) (табл. 3). При концентрации 165 мМ NaCl абсолютные величины и интенсивность накопления пролина были наиболее высокими в сортообразце ПРАГ530л-1934 (с 1.5 до 21.8 мкмоль/г). Таким образом, более высокая пролинообразующая способность листьев в условиях как более слабого, так и сильного уровня засоления была больше у образцов ПРАГ530л-1934 и Сотник. Эти сортообразцы проявили большую устойчивость при оценке роста и накопления биомассы проростков. Полученные данные

Таблица 4. Влияние засоления NaCl на содержание ионов натрия в проростках сортообразцов тритикале

Образец	Вариант	Корни		Надземная часть		Соотношение содержания Na ⁺ корни/надземная часть
		мг/кг	% к контролю	мг/кг	% к контролю	
Алмаз	Контроль	0.9 ± 0.08	100	0.2 ± 0.01	100	4.5
	85 мМ NaCl	49.5 ± 0.4	5400	17.5 ± 0.9	7950	2.8
	165 мМ NaCl	61.0 ± 1.2	6600	19.0 ± 0.1	8600	3.2
Сотник	Контроль	0.6 ± 0.08	100	0.09 ± 0.005	100	6.7
	85 мМ NaCl	29.0 ± 1.1	4750	6.0 ± 0.7	6700	4.8
	165 мМ NaCl	34.5 ± 1.5	5600	6.6 ± 0.2	7300	5.2
ПРАГ530л-1934	Контроль	0.59 ± 0.2	100	0.11 ± 0.1	100	5.4
	85 мМ NaCl	26.0 ± 1.0	4400	6.3 ± 0.9	5700	4.1
	165 мМ NaCl	29.0 ± 4.0	4900	7.9 ± 0.6	7200	3.6

Примечание. Представлены средние 3-х опытов, каждый вариант которых включал 4 пробы (6–7 растений каждая), и их стандартные ошибки (при $p < 0.05$).

согласуются с литературными сведениями о том, что в листьях более чувствительных к стрессу сортов содержание пролина повышается в меньшей степени по сравнению с устойчивыми [9].

Известно, что процессы поступления ионов Na⁺ в растение и его распределение в клетках и тканях строго контролируются на разных уровнях организации — от клеточного до организменного [3, 22, 23]. Низкая концентрация Na⁺ в цитоплазме и компартментация его в вакуоли поддерживается различными транспортными белками плазмалеммы и тонопласта [24, 25]. У высших растений клеточные механизмы дополняются механизмами дальнего транспорта. Большинство гликофитов стремится ограничить накопление Na⁺ в метаболически активных надземных органах путем торможения его транспорта из корней в побеги, накопления в старых листьях и стеблях, рециркуляции из побега в корни, компартментации избытка ионов в вакуолях и в свободном пространстве клеток корня или стебля [22, 24, 26]. В целом более высокое накопление ионов натрия характерно для чувствительных сортов [26, 27]. Устойчивые сорта часто характеризуются высокой эффективностью барьерной функцией корней и поддерживают относительно низкий уровень натрия в надземной части [26, 28–30]. Однако такая картина отмечена не для всех видов и сортов [31, 32].

В наших опытах в условиях засоления содержание ионов натрия значительно повышалось в проростках всех сортообразцов уже в варианте 85 мМ NaCl (табл. 4). В наибольшей степени его

содержание при засолении возрастало как в корнях, так и в надземной части у чувствительного сортообразца Алмаз. У проростков этого образца в варианте 85 мМ NaCl в надземной части содержание NaCl составило 17.5, в корнях — 49.0 мг/кг. Проростки образцов Сотник и ПРАГ530л-1934 характеризовались более низким и почти одинаковым содержанием Na⁺ и в надземной части (6.0 и 6.3 мг/кг), и в корнях (29 и 26 мг/кг).

Увеличение концентрации раствора соли существенно не влияло на дальнейшее повышение содержания ионов Na⁺ в тканях надземной части проростков у всех сортообразцов — его уровень в варианте 165 мМ возрастал по сравнению с вариантом 85 мМ на 0.6–1.6 мг/кг. Повышение интенсивности засоления в большей степени влияло на содержание ионов Na⁺ в корнях. В этом случае проявилась и сортовая специфика: содержание ионов Na⁺ в сортообразце ПРАГ530л-1934 возрастало на 7.0, Сотник — на 5.5 мг/кг, максимальным было в чувствительном сортообразце Алмаз — на 11.5 мг/кг по сравнению с вариантом слабого засоления.

Большее содержание ионов Na⁺ во всех сортообразцах при засолении наблюдали в корнях, меньшее — в надземной части. При этом наиболее интенсивным его накоплением как в условиях слабого, так и сильного засоления, характеризовался чувствительный сортообразец Алмаз. У него в большей степени возрастала и интенсивность накопления Na⁺ по сравнению с контролем. Например, в надземной части этот показатель вырос у сортообразца Алмаз в варианте 85 мМ NaCl в 79,

в корнях — в 53 раза. Наименьшее накопление было отмечено у образца ПРАГ530л-1934, у которого показатель возрастал в 57 раз в надземной части, в 44 раза — в корнях.

Различия в накоплении натрия между сорта-образцами были более выражены в надземной части проростков по сравнению с корнями: в варианте засоления 85 мМ NaCl у чувствительного сортаобразца Алмаз в надземной части проростков содержание натрия (17.5 мг/кг) превышало показатели устойчивых образцов ПРАГ530л-1934 (6.0 мг/кг) и Сотник (6.3 мг/кг) в 2.8 и 2.9 раза, в корнях — соответственно в 1.7 и 1.9 раза. Подобную закономерность наблюдали и при более сильном засолении.

Варьировало также у сортаобразцов соотношение содержания Na^+ в корнях к содержанию Na^+ в надземной части. Например, в условиях слабого засоления (85 мМ NaCl) в корнях проростков сортаобразца Сотник натрия накапливалось в 5 раз больше, чем в надземной части (29 и 6 мг/кг соответственно), у образца ПРАГ530л-1934 — в 4.1 раза (26 и 6.3 мг/кг), у образца Алмаз — в 2.8 раза (49.5 и 17.5 мг/кг соответственно). В условиях более интенсивного засоления (165 мМ NaCl) наиболее высоким соотношением содержания натрия в корнях к содержанию в надземной части также характеризовался сортаобразец Сотник, у которого оно возрастало в 5.2 раза, меньшим — Алмаз (3.2 раза). Таким образом, независимо от уровня засоления чувствительный сортаобразец Алмаз характеризовался меньшим соотношением накопления натрия в корнях по сравнению с надземной частью. Это согласуется с литературными данными [26] и может свидетельствовать о меньшей эффективности барьерной функции корней, связанной, в частности, с возможностью локализации засоляющих ионов в клеточных компартментах клеток корня [24].

Таким образом, сортаобразцы тритикале Сотник и ПРАГ530л-1934 отличались меньшим накоплением натрия в тканях надземной части по сравнению с чувствительным сортаобразцом Алмаз, а также большим соотношением содержания натрия в корнях к его содержанию в надземной части проростков. Наиболее интенсивное повышение содержания натрия, как и пролина, наблюдали у более чувствительного сортаобразца Алмаз, характеризующегося более выраженным подавлением роста и накоплением биомассы проростков, менее — у сортаобразцов Сотник и ПРАГ530л-1934.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что засоление, вызванное действием растворов NaCl, в большей степени подавляло рост и накопление биомассы надземной части и корней сортаобразца тритикале Алмаз, в меньшей степени — сортаобразцов Сотник и ПРАГ530л-1934. Рост и накопление биомассы корней в условиях засоления снижались в большей степени, чем надземной части проростков. По накоплению свободного пролина в условиях засоления выделились сортаобразцы ПРАГ530л-1934 и Сотник, меньше всего его содержание возрастало в проростках образца Алмаз. И у более устойчивых (Сотник, ПРАГ530л-1934) и у чувствительного (Алмаз) сортаобразцов отмечено более интенсивное накопление натрия в корнях по сравнению с надземной частью проростков. Сортоспецифика была выражена в изменении общего содержания натрия в проростках при разных уровнях засоления: максимальным оно было у чувствительного сортаобразца. Также она проявилась в различиях величины соотношения содержания Na^+ в корнях к его содержанию в надземной части: в большей степени этот показатель увеличивался у устойчивых сортаобразцов тритикале. Наиболее интенсивное повышение содержания натрия как в корнях, так и в надземной части наблюдали у более чувствительного сортаобразца Алмаз, характеризующегося более выраженным подавлением роста и накопления биомассы проростков, меньшим — у сортаобразцов ПРАГ530л-1934 и Сотник, проявивших большую солеустойчивость по морфометрическим показателям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строгонов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений. М.: АН СССР, 1962. 366 с.
2. Ковда В.А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. М.: Наука, 2008. 415 с.
3. Баллокин Ю.В. Ионный гомеостаз и солеустойчивость растений. 70-е Тимирязевское чтение. М.: Наука, 2012. 102 с.
4. Кузнецов Вл.В., Шевыкова Н.И. Проллин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. 1999. Т. 46. № 2. С. 321–336.
5. Ахиярова Г.Р., Сабиржанова И.Б., Веселов Д.С., Фрике В. Участие гормонов в возобновлении роста побегов пшеницы при кратковременном засолении NaCl // Физиология растений. 2005. Т. 52. № 6. С. 891–896.
6. Шихмуратов А.З. Биоресурсный потенциал и эколого-генетические аспекты устойчивости представителей рода *Triticum* L. к солевому стрессу: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Владикавказ: Горский ГАУ, 2014. 37 с.

7. Луценко Э.К., Галактионова М.В. Влияние солевого стресса на некоторые цитофизиологические и биохимические показатели проростков пшеницы // Сел.-хоз. науки и агропром. комплекс на рубеже веков. 2013. № 1. С. 17–20.
8. Хусаинов А.Т., Сыздыкова Г.Т., Андреева Ю.А. Влияние степени сульфатного засоления на ростовые процессы генотипов яровой мягкой пшеницы // Аграрн. вестн. Урала. 2014. № 1 (119). С. 23–26.
9. Терлецкая Н.В. Неспецифические реакции зерновых злаков на абиотические стрессы *in vivo* и *in vitro*. Алматы: Ин-т биол. и биотехнол. растений КН МОН РК, 2012. 208 с.
10. Веселов Д.С., Шарипова Г.В., Кудоярова Г.Р. Сравнительное изучение реакции растений ячменя (*Hordeum vulgare*) и пшеницы (*Triticum durum*) на кратковременное и длительное действие натрий-хлоридного засоления // Агрохимия. 2007. № 7. С. 41–48.
11. Напреенко Н.В. Влияние засоления на рост и развитие зерновых культур // Мат-лы XI Международ. научн. конф. “Почва, урожай и экология”. Горки, 2010. С. 139–141.
12. Жуков Н.Н. Исследование физиолого-биохимических механизмов солевого стресса у тритикале на ранних этапах онтогенеза: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пушино: Ин-т фундамент. пробл. биол. РАН, 2013. 22 с.
13. Хабиева Н.А., Куркиев К.У. Морфо-физиологические изменения у проростков озимого тритикале (*Triticosecale*) в условиях хлоридного засоления // Усп. совр. науки. 2017. Т. 2. № 10. С. 144–148.
14. Хабиева Н.А. Рост и интенсивность перекисного окисления липидов у проростков озимого тритикале (*Triticosecale*) при засолении среды // Вестн. Дагестан. гос. ун-та. Сер. 1. Естеств. науки. 2016. Том 31. Вып. 1. С. 114–118.
15. Куркиев К.У., Алиева З.М., Темирбекова С.К., Хабиева Н.А. Устойчивость мягкой пшеницы и тритикале к высокому уровню хлоридного засоления // Достиж. науки и техн. АПК. 2017. Т. 31. № 2. С. 26–28.
16. Удовенко Г.В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Метод. рук-во. Л.: ВИР, 1988. 227 с.
17. Bates L.S., Waldran R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies // Plant Soil. 1973. № 39. Р. 205–208.
18. Калинкина Л.Г., Назаренко Л.В., Гордеева Е.Е. Модифицированный метод выделения свободных аминокислот для определения на аминокислотном анализаторе // Физиология растений. 1990. Т. 37. № 3. С. 617–621.
19. Халилова Л.А. Пути транспорта Cl^- в системе целого растения у галофита *Suaeda altissima* (L.) Pall.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИФР РАН, 2008. 25 с.
20. Шевелуха В.С. Рост как показатель адаптивных возможностей растений и посевов и использование его характеристик в селекции и растениеводстве // Регуляция адаптивных реакций сельскохозяйственных растений. Кишинев: Штинница, 1987. С. 3–11.
21. Dashek W.V., Erickson S., Sharon S. Isolation, assay, biosynthesis, translocation, and function of proline in plant cells and tissues // Botan. Rev. 1981. V. 47. № 3. Р. 349–381.
22. Tester M., Davenport R. Na^+ -Tolerance and Na^+ -transport in higher plants // Annal. Bot. 2003. № 91. Р. 503–527.
23. Керимов Ф.А., Кузнецов Вл.В., Шамина З.Б. Органический и клеточный уровни солеустойчивости двух сортов хлопчатника (133, ИНЭБР–85) // Физиология растений. 1993. Т. 40. № 1. С. 128–131.
24. Кривошеева А.Б. Получение и анализ солеустойчивости трансгенных растений арабидопсиса и картофеля, экспрессирующих гетерологические гены вакуолярных антипортеров HvNHX2 или HvNHX3: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИФР РАН, 2015. 22 с.
25. Rodríguez-Rosales M.P., Galvez F.J., Huertas R., Aranda M.N., Baghour M., Cagnac O., Venema K. Plant NIIIX cation/proton antiporters // Plant Signal. Behavior. 2009. V. 4. Р. 265–276. <https://doi.org/10.4161/psb.4.4>
26. Омельченко А.В., Кабузенко С.Н., Белоусов А.А., Сериков В.А. Локализация натрия в компартментах корней и наземной части гибридов кукурузы нового поколения в связи с их солеустойчивостью // Уч. зап. Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. биология, химия. 2009. Т. 22 (61). № 4. С. 112–121.
27. Ибрагимова У.Ф., Азизов И.В., Мамедова М.Г. Реакция сортов твердой и мягкой пшеницы на хлоридное засоление // Физиол. Раст. и генетика. 2013. Т. 45. № 5. С. 399–407.
28. Мохамед А.М., Ралдугина Г.Н., Холодова В.П., Кузнецов Вл.В. Аккумуляция осмолитов растениями различных 338 генотипов рапса при хлоридном засолении // Физиология растений. 2006. Т. 53. № 5. С. 732–738.
29. An Ping, Shinobu Inanaga, Jun Li Xiang, Engrinya Eneji A., Wen Nan Zhu Interactive effects of salinity and air humidity in two tomato cultivars differing in salt tolerance // J. Plant Nutr. 2005. V. 28. № 3. Р. 459–473.
30. Yasar F., Uzal O., Tufenkci S., Yildiz K. Ion accumulation in different organs of green bean genotypes grown under salt stress // Plant Soil Environ. 2006. V. 52. Р. 476–480.
31. Кабузенко С.Н., Омельченко А.В., Михальская Л.Н., Швартау В.В. Накопление и локализация ионов натрия и калия в растениях кукурузы в условиях почвенного засоления // Вестн. Днепропетровск. ун-та. Биол., экол. 2013. № 21 (1). С. 28–32.
32. Cuin T.A., Betts S.A., Chalmardrier R., Shabala S. A root's ability to retain K^+ correlates with salt tolerance in wheat // J. Exp. Bot. 2008. V. 59 (10). Р. 2697–2706. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2486465/>

Effect of Sodium Chloride on the Growth of Seedlings and the Content of Proline and Sodium in Varieties of Winter Triticale

N. A. Khabieva^{a,b,#}, Z. M. Alieva^b, and K. U. Kurkiev^c

^a *The Caspian Institute of Biological Resources DNC RAS
ul. M. Hajiyeva 45, Makhachkala 367000, Republic of Dagestan, Russia*

^b *Dagestan State University
ul. M. Hajiyeva 43a, Makhachkala 367000, Republic of Dagestan, Russia*

^c *Dagestan Experimental Station – Branch of the Federal Research Center
“N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources”
Derbent district, s. Vavilovo 368612, Republic of Dagestan, Russia*

[#] *E-mail: nadira.xabieva@mail.ru*

The influence of chloride salinization on the germination energy and germination of seeds, growth parameters, the content of Proline and sodium ions in winter triticale (*×Triticosecale* Wittm.) varietal Diamond, Sotnik and PRAG530I-1934. Germination energy and germination of seeds were determined by germinating them in NaCl solutions (85–350 mm) and distilled water (control). Growth parameters (height of the above-ground part, length and number of roots, raw and dry biomass), content of proline and sodium ions were determined in seedlings in variants 85 and 165 mm NaCl. Under the conditions of salinization, the suppression of growth and accumulation of biomass was noted, more pronounced at the roots compared to the above-ground part of the seedlings. When assessing growth indicators, the most sensitive was the variety Diamond, more stable – varieties Sotnik and PRAG530I-1934. Sensitive variety Diamond was characterized by a high sodium content and less intensive accumulation of proline under salinity conditions.

Key words: *Triticosecale*, varietal, salinity, stability, proline.