

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДНОГО И СУЛЬФАТНОГО ЗАСОЛЕНИЯ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТОВ ЖИГУЛЕВСКАЯ И ТЕРЦИЯ

NFLUENCE OF CHLORIDE AND SULPHATIC SALINIZATION ON PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF SPROUTS OF SPRING-SOWN SOFT FIELD OF GRADES ZHIGULYOVSK AND THIRD

T. Lushnikova

Summary. The plants which are grown up in the conditions of chloride and sulphatic salinization are characterized by smaller intensity of course of physiological processes. Sodium chloride in comparison with sodium sulfate more has the inhibiting effect on physiological processes of sprouts of wheat. Grade wheat sprouts the Third are steadier against effect of salts.

Keywords: wheat, salinization, breath, growth.

Лушниковая Татьяна Александровна

*К.б.н., ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Курган, Россия
ta-lushnikova@yandex.ru*

Аннотация. Растения, выращенные в условиях хлоридного и сульфатного засоления, характеризуются меньшей интенсивностью протекания физиологических процессов. Хлорид натрия по сравнению с сульфатом натрия в большей степени оказывает ингибирующее действие на физиологические процессы проростков пшеницы. Проростки пшеницы сорта Терция являются более устойчивым к действию солей.

Ключевые слова: пшеница, засоление, дыхание, рост.

Введение

Одной из самых острых проблем современности является деградация почв. Засоленные почвы занимают около 25% поверхности суши, включая половину всех орошаемых земель, причем площади засоленных территорий постепенно увеличиваются. Засоление является фактором, лимитирующим продуктивность сельскохозяйственных культур, который оказывает глубокое воздействие на все стороны жизнедеятельности растений. При этом изменяются структура и функции растений [6, 8]. В связи с этим вопрос о изучении солеустойчивости культурных растений является актуальным.

Цель исследования

Изучить влияние хлоридного и сульфатного засоления на физиологические процессы проростков яровой мягкой пшеницы сортов Жигулевская и Терция.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в условиях лабораторных опытов на яровой мягкой пшенице сортов Терция и Жигулевская. Проростки пшеницы выращивались рулонным способом. Этот метод широко используется в диагностике растений на абиотическую устойчивость.

И. А. Косаревой и Г. В. Давыдовой (Всероссийский институт растениеводства) он модифицирован для диагностики на солеустойчивость и апробирован на ряде культур (пшеница, ячмень, овес, кукуруза, свекла). Метод основан на учете торможения роста частей проростков в условиях солевого стресса (растворы хлорида и сульфата натрия с $P_{осм} = 0,1$ МПа и $P_{осм} = 0,3$ МПа) относительно контрольных условий (без засоления). На протяжении опыта проводилось измерение биометрических показателей: линейных размеров и массы проростков пшеницы, оценка показателей процесса дыхания (интенсивность дыхания соотношение путей дыхательного метаболизма, сопряженность процессов окисления и фосфорилирования). Биологическая повторность в опытах 6 кратная, аналитическая — 3 кратная. Полученные результаты подвергались статистической обработке [2].

Результаты исследования и их обсуждение

1. влияние хлоридного и сульфатного засоления на показатели прорастания пшеницы

В литературе имеются указания, что проростки растений являются наиболее чувствительными к действию засоления [4, 9]. В этой связи нами были проведены исследования по изучению влияния различного уровня хлоридного и сульфатного засоления на энергию про-

Таблица 1. влияние хлоридного и сульфатного засоления на энергию прорастания зерновок пшеницы

Сорт	Вариант				
	вода	Раствор NaCl с P _{осм}		Раствор Na ₂ SO ₄ с P _{осм}	
		0,1 МПа	0,3 МПа	0,1 МПа	0,3 МПа
Жигулевская	90%	63%	5%	68%	26%
Терция	88%	60%	9%	65%	47%

Таблица 2. влияние хлоридного и сульфатного засоления на всхожесть зерновок пшеницы

Сорт	Вариант				
	вода	Раствор NaCl с P _{осм}		Раствор Na ₂ SO ₄ с P _{осм}	
		0,1 МПа	0,3 МПа	0,1 МПа	0,3 МПа
Жигулевская	95%	75%	7%	83%	42%
Терция	91%	76%	12%	86%	67%

Таблица 3. Солеустойчивость образцов пшеницы сортов Жигулевская и Терция по всхожести

Сорт	Вариант			
	Раствор NaCl с P _{осм}		Раствор Na ₂ SO ₄ с P _{осм}	
	0,1 МПа	0,3 МПа	0,1 МПа	0,3 МПа
Жигулевская	0,79	0,07	0,87	0,44
Терция	0,84	0,13	0,95	0,74

растания и всхожесть зерновок пшеницы сортов Жигулевская и Терция. Показатель энергия прорастания учитывался на третий день, а показатель всхожесть — на шестой день выдерживания зерновок в растворах солей. Проведенные исследования показали, что в условиях сульфатного и еще больше хлоридного засоления значительно снизились всхожесть и энергия прорастания семян (таблица 1, 2). При этом негативное действие солей натрия на данные показатели прорастания зерновок усиливалось с повышением осмотического давления растворов.

Частично, ингибирование прорастания семян может быть связано с нарушением нормального протекания фазы набухания семян. Из-за высокого осмотического давления (более низкого водного потенциала) в окружающей среде вода не поступала в зерновки в нужном количестве, что и задерживало прорастание зерновок пшеницы. Кроме того, в литературе отмечается, что в условиях засоления задерживается прорастание семян из-за снижения активности гидролитических ферментов в эндосперме. Также по данным литературы известно, что хлоридное засоление оказывает большее негативное воздействие на физиологические процессы растений по сравнению с сульфатным засолением [10, 11]. Аналогичное действие хлорида натрия по сравнению с сульфатом натрия на показатели прорастания зерновок проявилось и в наших опытах. Так, всхожесть зер-

новок пшеницы сорта Жигулевская при их экспозиции в растворе сульфата натрия с осмотическим давлением 0,1 МПа составила 83%, тогда как в растворе с хлоридом натрия с таким же осмотическим давлением — 75%. Сходна картина отмечалась при анализе всхожести зерновок пшеницы сорта Терция при их экспозиции в исследуемых растворах солей натрия. Выдерживание зерновок пшеницы изучаемых сортов в растворе хлорида натрия с осмотическим давлением 0,3 МПа еще более значительно снизило их прорастание.

Из данных таблицы 3 видно, что зерновки пшеницы сорта Терция по показателю всхожести обладают большей солеустойчивостью и по сравнению с зерновками пшеницы сорта Жигулевская. При этом устойчивость пшеницы изучаемых сортов к сульфатному засолению выше по сравнению с их устойчивостью к хлоридному засолению.

2. влияние хлоридного и сульфатного засоления на показатели водного обмена проростков пшеницы

Большое значение для жизнедеятельности растений в условиях засоления имеет изменение водно-осмотического режима. У растений, выращиваемых на засоленном субстрате, во всех органах увеличивается осмотический потенциал клеточного сока, что обусловлено накоплением в клетках повышенных количеств осмоти-

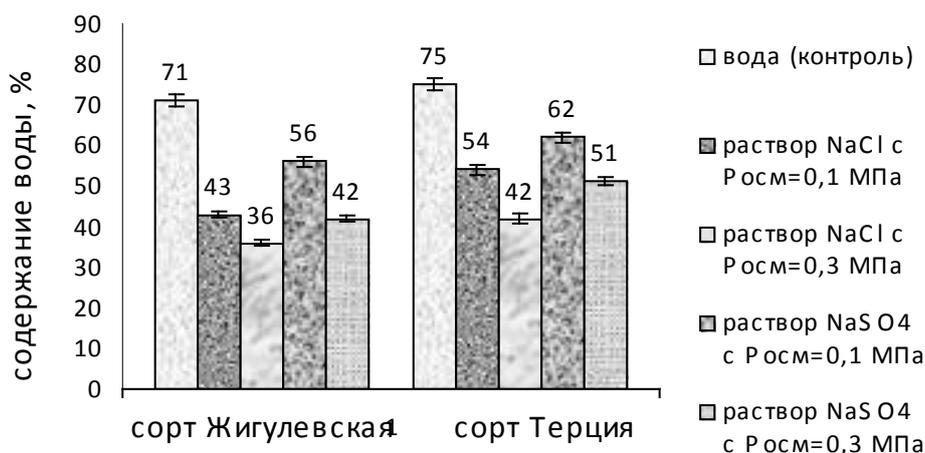


Рис. 1. влияние хлоридного и сульфатного засоления на содержание воды в 7-дневных проростках пшеницы

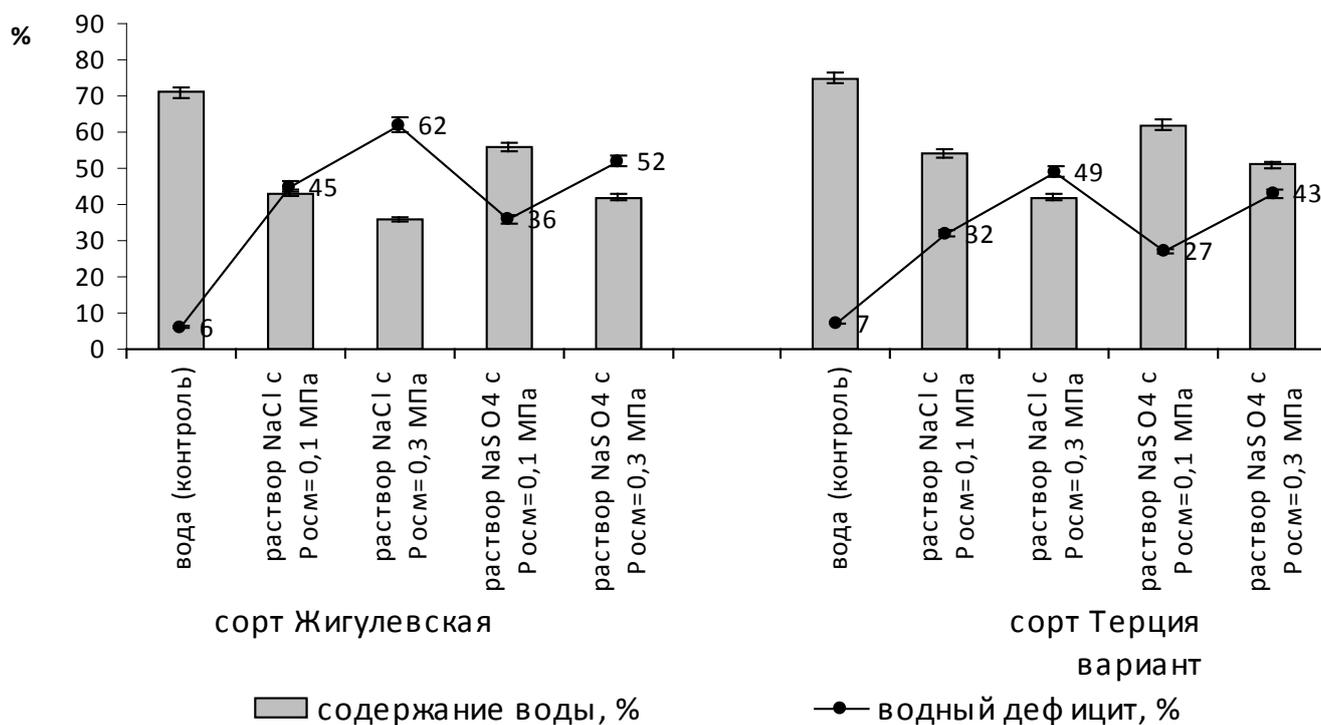


Рис. 2. влияние хлоридного и сульфатного засоления на водный дефицит в побегах 7-дневных проростков пшеницы

чески активных солей, низкомолекулярных органических соединений и снижением содержания воды в клетках органов растений [4, 7].

Проведенными исследованиями показали (рисунок 1), что во всех вариантах опыта в условиях засоления содержание воды в проростках пшеницы изучаемых со-

ртов значительно снизилось. Содержание воды в побегах проростков пшеницы сорта Жигулевская снизилось в несколько большей степени, чем в побегах проростков пшеницы сорта Терция. Известно, что снижение содержания воды в клетках способствует повышению концентрации клеточного сока и как следствие возрастанию его осмотического потенциала. Многие авторы придержива-

Таблица 4. влияние хлоридного и сульфатного засоления на интенсивность дыхания ($\text{mgCO}_2/\text{г}\cdot\text{ч}$) проростков пшеницы при инфильтрации Na-F

Вариант	Сорт пшеницы					
	Жигулевская			Терция		
	Инфильтрация		Доля гликолиза, %	Инфильтрация		Доля гликолиза, %
	H ₂ O	NaF		H ₂ O	NaF	
Вода (контроль)	8,42 ± 0,35	3,62 ± 0,05	57	10,12 ± 0,45	3,54 ± 0,11	65
Раствор NaCl с $P_{\text{осм}}=0,1$ МПа	4,48 ± 0,21	3,36 ± 0,11	25	5,89 ± 0,17	4,01 ± 0,15	32
Раствор NaCl с $P_{\text{осм}}=0,3$ МПа	2,75 ± 0,09	2,42 ± 0,09	12	3,96 ± 0,12	3,09 ± 0,07	22
Раствор Na_2SO_4 с $P_{\text{осм}}=0,1$ МПа	5,34 ± 0,18	3,74 ± 0,14	30	7,54 ± 0,22	4,15 ± 0,17	45
Раствор Na_2SO_4 с $P_{\text{осм}}=0,1$ МПа	3,51 ± 0,08	2,84 ± 0,11	19	5,45 ± 0,21	3,71 ± 0,10	32

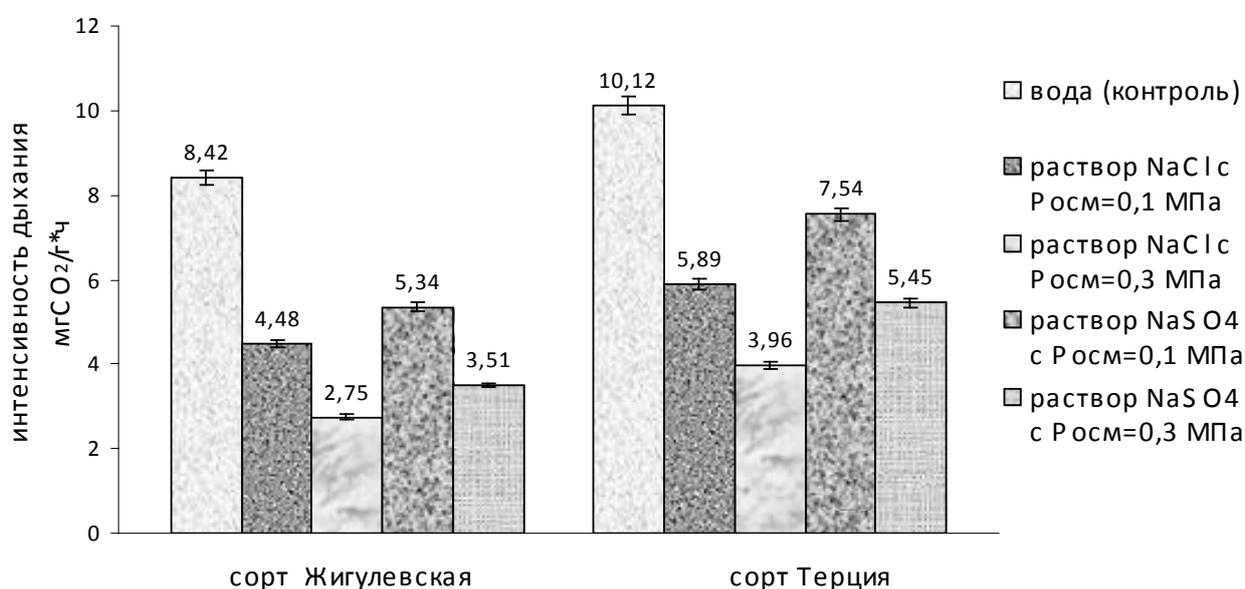


Рис. 3. влияние хлоридного и сульфатного засоления на дыхание побегов 7-дневных проростков пшеницы

ются мнения, что повышение осмотического потенциала клеточного сока растений является защитно-приспособительной реакцией в условиях засоления [4, 6, 11].

Для оценки напряженности водного режима используется такой его показатель как водный дефицит. Проведенные исследования показали (рисунок 2), что на фоне снижения содержания воды в побегах 7-дневных проростков пшеницы в условиях засоления в них наблюдается усиление водного дефицита.

Интересно отметить, что в условиях хлоридного и сульфатного засоления проростки пшеницы сорта Жигулевская отличались более высокими значениями водного дефицита по сравнению с проростками пшеницы сорта Терция.

3. влияние хлоридного и сульфатного засоления на дыхание проростков пшеницы

Особую роль в процессе адаптации растений к неблагоприятным условиям играет дыхание, как процесс являющийся главным источником энергии для различных нужд в процессе жизнедеятельности растений [1].

Анализ данных рисунка 3 показал, что интенсивность дыхания у 7-дневных проростков выращенных на растворах солей достоверно снизилась. При этом важно отметить, что при одинаковом значении осмотического давления растворов солей натрия, в наибольшей степени интенсивность дыхания побегов проростков пшеницы снизилась после их выдерживания на растворе хлорида натрия, по сравнению с раствором сульфата натрия.

Таблица 5. влияние хлоридного и сульфатного засоления на интенсивность дыхания ($\text{mgCO}_2/\text{г.ч}$) проростков пшеницы при инфильтрации NaN_3

Вариант	Сорт пшеницы					
	Жигулевская			Терция		
	Инфильтрация		Доля ингибирования дыхания, %	Инфильтрация		Доля ингибирования дыхания, %
H_2O	NaN_3	H_2O		NaN_3		
Вода (контроль)	$8,42 \pm 0,35$	$6,74 \pm 0,32$	80	$10,12 \pm 0,45$	$7,59 \pm 0,36$	75
Раствор NaCl с $P_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$4,48 \pm 0,21$	$2,06 \pm 0,20$	46	$5,89 \pm 0,17$	$3,42 \pm 0,17$	58
Раствор NaCl с $P_{\text{осм}} = 0,3$ МПа	$2,75 \pm 0,09$	$0,77 \pm 0,10$	28	$3,96 \pm 0,12$	$1,54 \pm 0,11$	39
Раствор Na_2SO_4 с $P_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$5,34 \pm 0,18$	$3,04 \pm 0,18$	57	$7,54 \pm 0,22$	$4,83 \pm 0,24$	64
Раствор Na_2SO_4 с $P_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$3,51 \pm 0,08$	$1,19 \pm 0,11$	34	$5,45 \pm 0,21$	$2,45 \pm 0,13$	45

Также из анализа рисунка 3 видно, что с повышением осмотического давления влияние растворов солей на снижение интенсивности дыхания усиливалось.

Для определения соотношения путей окисления глюкозы в дыхательном обмене нами был использован метод специфических ингибиторов. В качестве ингибитора процесса гликолиза использовали фторид натрия (NaF), подавляющего активность ключевого фермента этого процесса — фосфопируватдегидратазы [12]. Процент подавления фторидом натрия дыхания принимали за долю гликолиза, остаточное дыхание служило показателем участия пентозофосфатного пути. Данные по влиянию фторида натрия на дыхание растений представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что доля ингибирования фторидом натрия дыхания у проростков пшеницы, выращенных в условиях как хлоридного так и сульфатного засоления увеличилась по сравнению с подавлением интенсивности дыхания под действием фторида натрия у проростков пшеницы, выращенных на воде. Это говорит о том, что засоление оказывает влияние на соотношение дыхательных путей, ослабляя долю дихотомического пути и усиливая долю пентозофосфатного пути. С повышением осмотического давления растворов солей натрия доля дихотомического (гликолитического) пути дыхания снижалась во всех вариантах опыта. При этом доля гликолиза в большей степени снижалась при выдерживании проростков пшеницы изучаемых сортов на растворах хлорида натрия, чем на растворах сульфата натрия. Важно отметить, что проростки пшеницы сорта Терция оказались более устойчивыми к засолению по сравнению с проростками пшеницы сорта Жигулевская во всех вариантах опыта.

Одновременно с изучением действия солей натрия на соотношение дыхательных путей нами изучалось их влияние на распределение потока электронов между цитохромоксидазным и альтернативными путями [3]. В качестве ингибитора цитохромоксидазного пути ис-

пользовали азид натрия (NaN_3), подавляющего активность цитохромоксидазы.

Рассмотрение данных (таблица 5) показывает, что азид натрия в наибольшей степени проингибировал интенсивность дыхания у проростков растений пшеницы, выращенных на воде (80% у проростков пшеницы сорта Жигулевская и 75% у проростков сорта Терция). Это служит указанием на высокую активности цитохромоксидазного пути транспорта электронов в контрольном варианте. Выращивание проростков пшеницы в условиях хлоридного и сульфатного засоления уменьшило степень ингибирования интенсивности дыхания под действием азид натрия во всех опытных вариантах. Это свидетельствует о том, в условиях засоления усиливается поток электронов по альтернативному пути дыхательной цепи митохондрий. Интересно отметить, что активность цитохромоксидазного пути транспорта электронов в побегах 7-дневных проростках пшеницы сорта Терция во всех опытных вариантах была выше, чем в побегах 7-дневных проростках пшеницы сорта Жигулевская, что говорит о большей устойчивости пшеницы сорта Терция к засолению.

Известно, что при действии стрессоров нарушается сопряженность процессов окисления дыхательного субстрата и синтеза АТФ в ходе дыхания. Для оценки энергетической эффективности процесса дыхания 2,4-динитрофенол (ДНФ), который разобщая процессы окисления и фосфорилирования, снимает дыхательный контроль, что приводит к резкому увеличению потребления кислорода. По уровню повышения интенсивности дыхания под действием динитрофенола можно судить о степени сопряженности процессов окисления и фосфорилирования, а, следовательно, об энергетической эффективности дыхания. Проведенные исследования показали, что в присутствии ДНФ усиливается поглощение кислорода проростками пшеницы (таблица 6). Высокая стимуляция интенсивности дыхания под влиянием динитрофенола свидетельствует о тесной сопряженности процессов окисления и фосфорилирования. Важно отметить, что

Таблица 6. влияние хлоридного и сульфатного засоления на интенсивность дыхания ($\text{mgCO}_2/\text{г.ч}$) проростков пшеницы при инфильтрации ДНФ

Вариант	Сорт пшеницы					
	Жигулевская			Терция		
	Инфильтрация		Доля стимуляции интенсивности дыхания, %	Инфильтрация		Доля стимуляции интенсивности дыхания, %
H_2O	ДНФ	H_2O		ДНФ		
Вода (контроль)	$8,42 \pm 0,35$	$13,22 \pm 0,28$	57	$10,12 \pm 0,45$	$16,70 \pm 0,42$	65
Раствор NaCl с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$4,48 \pm 0,21$	$5,91 \pm 0,10$	32	$5,89 \pm 0,17$	$8,36 \pm 0,12$	42
Раствор NaCl с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,3$ МПа	$2,75 \pm 0,09$	$3,25 \pm 0,08$	18	$3,96 \pm 0,12$	$4,83 \pm 0,09$	22
Раствор Na_2SO_4 с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$5,34 \pm 0,18$	$7,58 \pm 0,12$	42	$7,54 \pm 0,22$	$11,61 \pm 0,22$	54
Раствор Na_2SO_4 с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$3,51 \pm 0,08$	$4,53 \pm 0,07$	29	$5,45 \pm 0,21$	$7,36 \pm 0,20$	35

Таблица 7. влияние хлоридного и сульфатного засоления на длину самого длинного корня у 7-дневных проростков пшеницы

Вариант	Сорт пшеницы			
	Жигулевская		Терция	
	длина самого длинного корня			
	см	%	см	%
Вода (контроль)	$4,5 \pm 0,15$	100%	$5,2 \pm 0,16$	100%
Раствор NaCl с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$1,1 \pm 0,04$	24%	$2,3 \pm 0,09$	52%
Раствор NaCl с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,3$ МПа	$0,5 \pm 0,02$	11%	$1,2 \pm 0,03$	29%
Раствор Na_2SO_4 с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$2,3 \pm 0,09$	51%	$3,5 \pm 0,08$	68%
Раствор Na_2SO_4 с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$1,1 \pm 0,03$	24%	$2,0 \pm 0,07$	37%

Таблица 8. влияние хлоридного и сульфатного засоления на длину побега у 7-дневных проростков пшеницы 8

Вариант	Сорт пшеницы			
	Жигулевская		Терция	
	длина побега			
	см	%	см	%
Вода (контроль)	$6,2 \pm 0,21$	100%	$7,9 \pm 0,35$	100%
Раствор NaCl с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$3,2 \pm 0,12$	44%	$4,5 \pm 0,18$	57%
Раствор NaCl с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,3$ МПа	$1,8 \pm 0,05$	23%	$3,4 \pm 0,08$	43%
Раствор Na_2SO_4 с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,1$ МПа	$4,2 \pm 0,10$	67%	$5,9 \pm 0,14$	75%
Раствор Na_2SO_4 с $\text{P}_{\text{осм}} = 0,3$ МПа	$2,3 \pm 0,09$	39%	$3,8 \pm 0,09$	48%

в условиях засоления доля стимуляции интенсивности дыхания проростков опытных вариантов под влиянием динитрофенола снизилась по сравнению с контролем. Это говорит об уменьшении сопряженности процессов окисления и фосфорилирования в электрон-транспортной цепи митохондрий в условиях засоления. Сравнение степени повышения интенсивности дыхания под действием динитрофенола в условиях хлоридного и сульфатного засоления показало, что в условиях сульфатного засоления доля стимуляции интенсивности дыхания

была достоверно выше, чем в условиях хлоридного засоления (таблица 6). Это говорит о том, что в условиях сульфатного засоления сопряженность процессов окисления и фосфорилирования была выше, чем в условиях хлоридного засоления.

Таким образом, анализ полученных данных показал, что в условиях засоления не только уменьшается интенсивность дыхания, но и снижается доля дихотомического пути окисления углеводов, энергетическая эффектив-

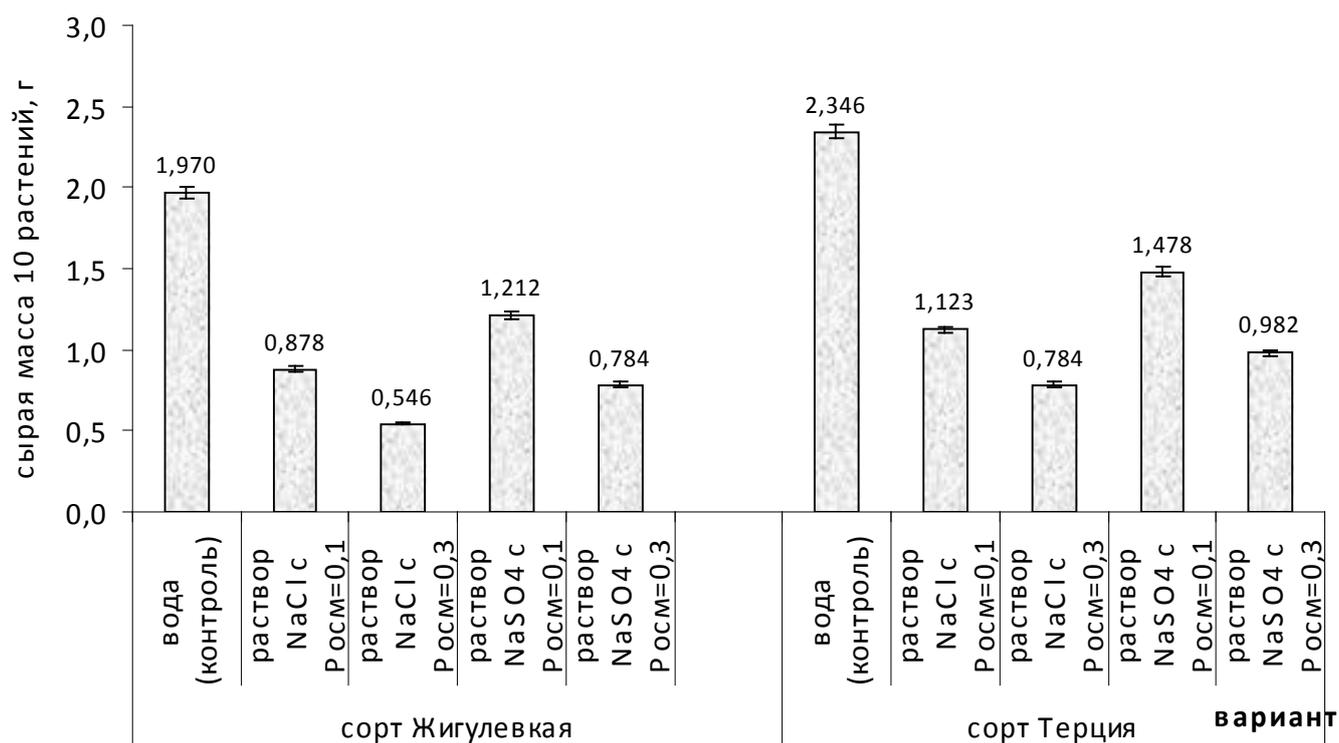


Рис. 4. влияние хлоридного и сульфатного засоления на сырую массу 7-дневных проростков пшеницы

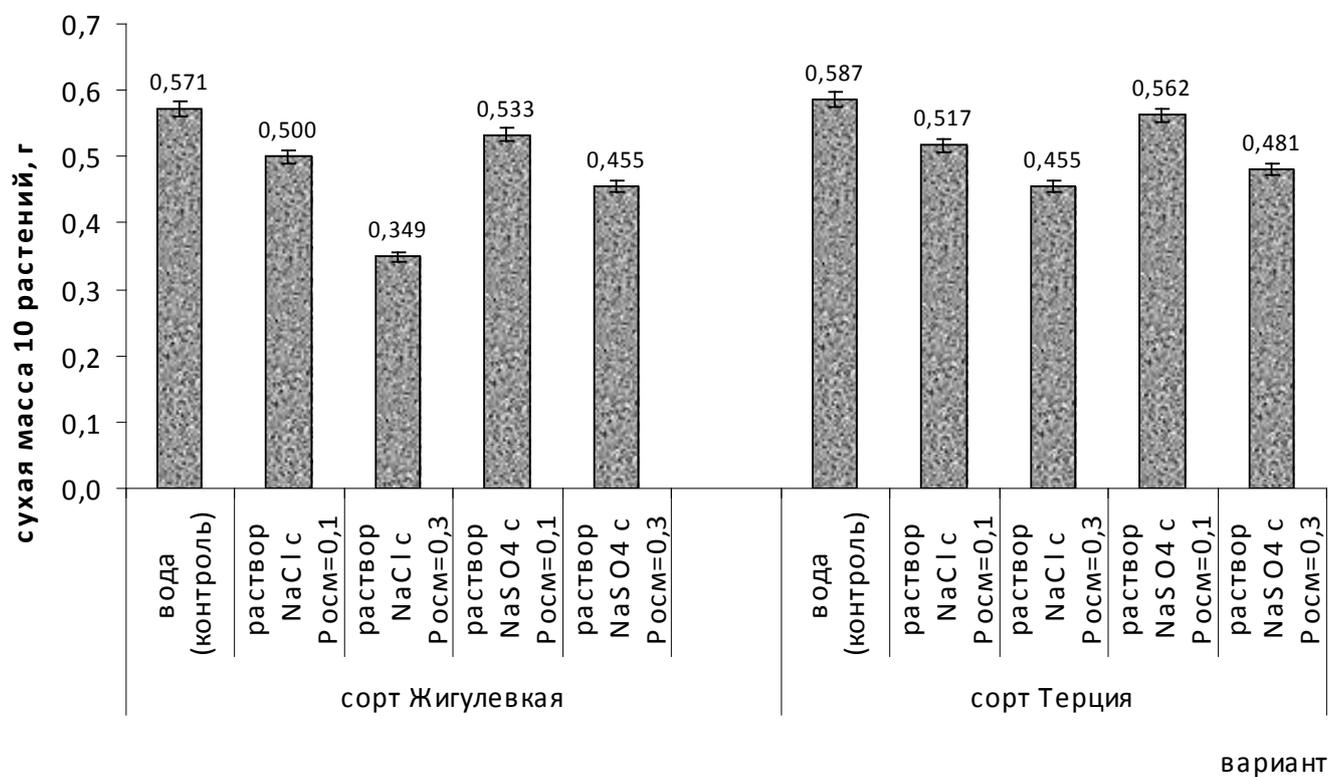


Рис. 5. влияние хлоридного и сульфатного засоления на сухую массу 7-дневных проростков пшеницы

ность дыхания, повышается активность альтернативной оксидазы. Эти изменения в энергетическом обмене растений способствуют их адаптации к условиям засоления. При этом, важно отметить, что при одинаковом значении осмотического давления растворов хлорида и сульфата натрия, первый в наибольшей степени оказал влияние на показатели дыхания проростков пшеницы. Также с повышением осмотического давления растворов хлорида и сульфата натрия, их действие на изученные показатели дыхания усиливалось.

4. влияние хлоридного и сульфатного засоления на показатели роста проростков пшеницы

В качестве показателей роста проростков пшеницы нами анализировались длины побегов и самого длинного корня, сырая и сухая масса проростков пшеницы. Проведенные исследования показали, что в условиях засоления значительно тормозился рост органов проростков пшеницы изучаемых сортов. При этом степень угнетения роста проростков растений находится в прямой зависимости от природы засоления. Так хлоридное засоление по сравнению с сульфатным оказало более значительное угнетающее действие на изменение длины coleoptилей и корней проростков пшеницы (таблица 7, 8). Важно отметить, что степень подавления роста органов проростков, зависела и от сортовых особенностей растений пшеницы. Так, если длина побегов у 7-дневных проростков пшеницы сорта Жигулевская под влиянием раствора сульфата натрия с осмотическим давлением 0,3 МПа уменьшилась на 61%, то у 7-дневных проростков пшеницы сорта Терция подавление этого показателя роста составило 52%. Аналогичное влияние на подавление процессов роста органов проростков пшеницы изучаемых сортов оказал и хлорид натрия.

В литературе отмечается, что обычно соли сильнее угнетают рост корней, чем надземных органов, т.к. корни в отличие от побегов постоянно находятся в контакте с засоленной почвой. Соли повреждают клетки зоны растяжения и зоны корневых волосков — главных зон поглощения солей и поступления воды [5]. Сходная картина наблюдалась и в нашем исследовании. Так, например, у 7-дневных растений пшеницы сорта Жигулевская длина coleoptилей под влиянием раствора хлорида на-

трия с осмотическим давлением 0,3 МПа уменьшилась на 77%, тогда как длина корней — на 89%.

Выращивание проростков пшеницы сортов Жигулевская и Терция на растворах солей значительно снизило их сырую и сухую массу (рисунок 4, 5). При этом важно отметить, что при одинаковом значении осмотического давления растворов хлорида и сульфата натрия, в наибольшей степени снизил сырую и сухую массу растений пшеницы именно хлорид натрия. Это еще раз подтверждает положение, что хлориды оказывают наиболее токсическое влияние по сравнению с сульфатами.

Также из анализа рисунков 4 и 5 видно, что с увеличением концентрации растворов соли (повышение осмотического давления) токсическое действие солей на накопление сырой и сухой массы усиливается.

Выводы

Таким образом, анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Растения, выращенные в условиях хлоридного и сульфатного засоления, характеризуются меньшей интенсивностью протекания физиологических процессов. У них снижаются энергия прорастания, всхожесть, интенсивность дыхания, его энергетическая эффективность, доля дихотомического пути окисления углеводов, повышается активность альтернативной оксидазы, тормозятся процессы роста.

2. При одинаковом значении осмотического давления растворов хлорида и сульфата натрия, хлорид в большей степени оказывает большее ингибирующее действие на показатели всхожести зерновок, дыхания и роста проростков пшеницы.

3. С повышением осмотического давления растворов солей натрия, их влияние на показатели физиологических процессов усиливается.

4. Проростки пшеницы сорта Терция обладают большей устойчивостью к засолению по сравнению с пшеницей сорта Жигулевская.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головки Т. К. Дыхание растений (физиологические аспекты). СПб.: Наука, 1999, 204 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Колос, 1965, 423 с.
3. Иванова Т. И., Кирпичникова О. В., Юдина О. С., Семихатова О. А. Дыхание и его регуляция у некоторых представителей травянистых растений лесной зоны // Физиология растений, 1996, Т. 430, № 6, С. 826–832.
4. Йонева Ж., Петров-Спиридонов А. Е. Биометрические показатели и осмотический потенциал органов растений в условиях хлоридного засоления. // Известия ТСХА, выпуск 3, 1985, С. 120–125.

5. Кабузенко С. Н., Горшенков А. В., Володькина Л. С. Влияние хлоридного засоления и цитокинина на митотическую активность корней пшеницы и кукурузы // Физиол. и биохимия культурных растений, 1995, Т. 27, № 12, С. 31–35.
6. Касумов Н. А. Физиолого-биологические аспекты механизма действия солей на растительный организм. — Баку, 1983, 142 с.
7. Клышев Л. К. Биохимические и молекулярные аспекты исследования солеустойчивости растений. // Проблемы солеустойчивости растений, 1989, 195 с.
8. Лосева А. С., Петров-Спирidonov А. Е. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. — М.: Изд-во МСХА, 1983, 47 с.
9. Минаев С. В., Солдатов С. Е., Таланова В. В., Титов А. Ф. Исследование реакции проростков огурца и пшеницы на хлоридное засоление. // Биологические исследования растительных и животных систем. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1992, С. 17–23.
10. Таланова В. В., Титов А. Ф., Минаева С. В., Солдатов С. Е. Раздельное и комбинированное действие засоления и закаливающих температур на растения. // Физиология растений, 1993, Т. 40, Вып. 4, С. 584–588.
11. Удовенко Г. В. Солеустойчивость культурных растений. — Л., 1977, 216 с.
12. Шугаев А. Г. Некоторые особенности структурной организации и окислительной активности дыхательной цепи митохондрий растения. Успехи современной биологии, 1991, Т. 111, Вып. 2, С. 178–189.

© Лушникова Татьяна Александровна (ta-lushnikova@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

