

ВЛИЯНИЕ НАТРИЕВО-ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

Д. Е. Воеводина, *А. В. Осипова

Торайгыров университет, г. Павлодар, Казахстан

*aanastasiyaaa@internet.ru

Аннотация

Впервые проведено комплексное исследование, посвященное сравнительному анализу адаптивных реакций основных возделываемых сортов яровой пшеницы области «Уралосибирская» и «Омская-35» на территории Павлодарской области к условиям натриево-хлоридного засоления на ранних этапах онтогенеза. В ходе исследования была проведена оценка влияния разных концентраций натриево-хлоридного засоления на ранние стадии развития яровой пшеницы, включая фитосанитарные и биометрические характеристики. Установлено, что натриево-хлоридное засоление оказывает ингибирующее влияние на ранние этапы роста и развития семян яровой пшеницы. Исследование вносит вклад в формирование представлений о физиологической и морфологической адаптации разных сортов яровой пшеницы к солевому стрессу, вызванному повышенным содержанием хлорида натрия в почве. Полученные данные по влиянию засоления на семена яровой пшеницы могут быть использованы сельскохозяйственными организациями разных форм собственности Павлодарской области для оптимизации технологии посева зерновых колосовых культур с правильно выстроенным алгоритмом работы в области агротехнологических методов защиты культуры и экономией ресурсов сельхозтоваропроизводителей.

Ключевые слова: засоление почв, натриево-хлоридное засоление, яровая пшеница, зерновые культуры, пшеничный агроценоз.

Введение. Одной из наиболее актуальных проблем для сельского хозяй-

ства является засоление почв – процесс накопления в почве растворимых солей, количество которых превышает допустимую норму. Засоленные почвы распространены на всех континентах, но чаще встречаются в аридных и полуаридных областях. На сегодняшний день засоленные почвы охватывают 20 % орошаемых земель мира. Они преимущественно распространены в Центральной Азии. Значительная часть засоленных почв СНГ расположена в Казахстане [1]. Они занимают 16,7 % общей площади сельскохозяйственных земель, что составляет 35,5 млн. га. Солонцовые почвы занимают площадь 58,2 млн га или 27,1 %. Избыток концентрации ионов солей в грунте оказывает пагубное влияние на сельскохозяйственные и лесохозяйственные культуры. Продуктивность почвы зависит от содержания солей, образованных при соединении ионов натрия (Na^{2+}), хлора (Cl^-) и других. В результате реакций между этими веществами в слое почвы, где располагаются корни растений, образуются соли: хлориды ($NaCl$, $MgCl_2$, $CaCl_2$), сульфаты (Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $CaSO_4$), бикарбонаты ($NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$) и сода (Na_2CO_3) [2, 3]. Эти соли в почве могут находиться в разных состояниях: часть растворена в воде и существует в виде ионов, часть присутствует в виде твердых кристаллов, другие связываются с частицами почвы.

По характеру воздействия на онтогенез растений соли подразделяются на токсичные и нетоксичные. В. А. Ковда выделяет следующие циклы накопления солей, которые приводят к образованию засоленных почв: континентальные циклы, которые связаны с перемещением и на-

коплением различных солей на больших континентальных равнинах, впадинах и других территориях; приморские циклы, связанные с накоплением морских солей, особенно NaCl на прибрежных территориях; дельтовые циклы имеют большое распространение, т.к. дельты рек использовались для орошения, характеризуются поступлением солей как с суши (через реки и подземные воды), так и с моря (через приливы, ветра и другие явления); артезианские циклы, связанные с выходом на поверхность растворов солей по тектоническим трещинам или разломам; антропогенные циклы, которые возникли из-за деятельности человека [4].

Растения поглощают натрий в разной степени. Исходя из этого они подразделяются на группы с высокой степенью поглощения (томаты, шпинат, свекла), средней (овес, картофель) и низкой (пшеница, ячмень) [5]. Наиболее пагубное воздействие оказывают ионы Na^+ и Cl^- [6]. Натрий и хлор в малых дозах оказывают положительное влияние на онтогенез растений, однако высокая концентрация солей катионов натрия и анионов хлора оказывает негативное влияние на метаболизм растений. Избыток натрия нарушает водный баланс клеток растений, синтез важных белков, мешает усвоению макро- и микроэлементов, вследствие чего тормозит ростовые процессы. Это приводит к снижению урожайности и выживаемости сельскохозяйственных культур.

Территория Казахстана находится в зоне с недостаточным количеством осадков, центральные и южные регионы относятся к засушливым регионам. На сегодняшний день площадь орошаемых земель приравнивается к 1,6 млн га., а к 2030 г. будет составлять 2,5 млн га. Помимо неправильного орошения, влияют такие проблемы, как обмеление водоемов (снижение уровня грунтовых вод, осушение болот и рек, в результате чего на поверхности происходит накопление солей), чрезмерное внесение минеральных удобрений (особенно хлоридов и сульфатов), загрязнение почв, посыпание дорог солью во время гололеда. Немаловажным является техногенное загрязнение почв. В результате развития про-

мышленной деятельности человека в почву привносятся загрязняющие вещества, участвующие в ее засолении. Тяжелые металлы (свинец, ртуть, фтор, мышьяк) оседают на землю вместе с пылью, накапливаются в почве и образуют комплексные соединения. Это происходит из-за выбросов с предприятий промышленности, автомобильного транспорта, при сжигании топлива (сжигание нефтепродуктов, газа, угля и т.д.). Эти проблемы в комплексе приводят к серьезному ухудшению качества земель, используемых в сельском хозяйстве. Высокая концентрация солей нарушает структуру почвы, вызывая неблагоприятные последствия, влияющие на рост и развитие культурных растений.

В связи с этим перед нами была поставлена цель – изучить влияние натриево-хлоридного засоления на фитосанитарное состояние и посевные качества семян яровой пшеницы, определив фитосанитарное состояние семян яровой пшеницы с учетом влияния натриево-хлоридного засоления, биометрические показатели яровой пшеницы на ранних этапах онтогенеза под воздействием засоления разной степени и проводя анализ посевных качеств семян яровой пшеницы с учетом действия натриево-хлоридного засоления на прорастание и морфогенез проростков пшеницы.

Материалы и методы. В качестве объекта исследований использованы семена яровой пшеницы сорта «Уралосибирская» (I репродукция) и «Омская-35» (I репродукция), пророщенные в водном растворе хлорида натрия при разных концентрациях (0,5‰, 1 ‰, 5 ‰, 10 ‰). Исследования проведены на базе Лаборатории биологических исследований Торайгыров университета. В рамках настоящей работы интерес представляло изучение воздействия водных растворов хлорида натрия (NaCl) различных концентраций на прорастание и морфогенез проростков яровой пшеницы и поиск оптимальной величины концентрации раствора соли. В ходе проведения эксперимента использовался метод рулонов по А. Т. Тороповой и метод влажных камер, где семена прора-

щивались в контролируемых условиях [7]. Для исследования действия растворов различных концентраций соли отбиралось по 130 здоровых образцов семян двух сортов, проанализированных макроскопическим методом. Семена подвергались предварительной стерилизации в течение 15 минут в растворе перманганата, после чего промывались в дистиллированной воде. Для каждого опыта простилизованные семена в количестве 100 штук (по 15–20 семян в чашке Петри, по 100 семян на фильтрованной бумаге) были разложены равномерно по центру, бороздкой вниз, зародышем к основанию сгиба, на влажную фильтрованную бумагу. Фильтрованная бумага вымочена до насыщения раствором хлорида натрия с разными концентрациями (0,5 %, 1 %, 5 %, 10 %). В качестве контроля были взяты семена каждого сорта, выращенные на фильтрованной бумаге, вымоченной в дистиллированной воде. Расстояние между семенами составляло 1–1,5 см. Подготовленные семена накрывали второй полоской фильтрованной бумаги и сворачивали в рулон. Готовый рулон помещали вертикально в полиэтиленовый пакет и оставляли для культивирования в термостат при температуре 22–25 °С. Определение всхожести и энергии прорастания семян проводилось в стерильных чашках Петри. Для контрольного варианта опыта фильтрованная бумага была увлажнена дистиллированной водой. Для создания натриево-хлоридного засоления использовался раствор NaCl различных концентраций (0,5 %, 1 %, 5 %, 10 %). Для каждого варианта опыта объем выборки составлял 100 семян в двухкратной повторности. Готовые чашки Петри инкубировали в термостате при температуре 22–25 °С. Энергию прорастания, всхожесть семян, зародышевые органы (длина корня, длина стебля, длина колеоптиле) проростков и качество семенного материала оценивалось на 3 и 7-е стуки после герминации в условиях солевого стресса. Оценка посевных показателей семян проводилась в соответ-

ствии с требованиями ГОСТ Р 52325-2005, 12038-84, 12036-85 [8–10]. Диагностика зараженности семян фитопатогенами и грибными инфекциями проведена в соответствии с ГОСТ 12044-93 [11]. Идентификация патогенов проводилась по методике Н. М. Пидопличко [12]. Статистическая обработка данных выполнена в соответствии с методикой Б. А. Доспехова [13]. Дисперсионный и корреляционный анализ экспериментальных данных проводились с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Результаты фитосанитарной экспертизы семян яровой пшеницы сорта «Уралосибирская» и «Омская-35» (I репродукция) в водных растворах NaCl при разных концентрациях представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

В контрольных условиях показатель всхожести семян сорта «Уралосибирская» достигает 93 %. В условиях действия слабого засоления наблюдается увеличение количества всхожих семян. При концентрации соли 0,5 % отмечается стимулирующий эффект. Показатель увеличивается до 99 %. При увеличении концентрации до 1 % также наблюдается увеличение параметра по отношению к контролю. Под действием более высоких концентраций раствора NaCl показатель всхожести начинает снижаться. При концентрации соли 5 % отмечается снижение всхожести до 90 %. Минимальное значение фиксируется при концентрации соли 10 %, составляя 87 %. Показатель энергии прорастания в контрольных условиях и под воздействием низких концентраций соли 0,5–1 % остается неизмененным – 100 %. При увеличении концентрации раствора соли процент проросших семян снижается, достигая 95 % при концентрации 5 % и 94 % при 10 %. В условиях действия слабого засоления при концентрации от 0,5 % до 1 % наблюдается увеличение процента всхожести, что говорит о возможном стимулирующем действии низких концентраций соли на прорастание семян.

Таблица 1. Результаты фитоэкспертизы семян яровой пшеницы сорта «Уралосибирская» и «Омская-35» в растворе NaCl

Показатель, %	Контроль	0,5 %	1 %	5 %	10 %	Контроль	0,5 %	1 %	5 %	10 %
<i>Уралосибирская</i>						<i>Омская-35</i>				
Всхожесть	93	99	97	90	87	95	95	95	95	95
Энергия прорастания	100	100	100	95	94	98	98	98	98	98
Семена, зараженные патогенами	67	47	37	29	27	69	69	69	69	69
<i>B. sorokiniana</i>	10	3	1	2	1	4	4	4	4	4
<i>Fusarium spp.</i>	28	20	12	8	9	3	3	3	3	3
<i>Alternaria spp.</i>	16	12	13	11	12	51	51	51	51	51
<i>Penicillium spp.</i>	3	2	1	1	1	5	5	5	5	5
Бактериоз	10	10	10	7	4	6	6	6	6	6
HCP _{0,5}	9,63	7,54	6,10	4,32	5,06	21,41	21,41	21,41	21,41	21,41

В тех же условиях низкие концентрации раствора соли не оказали влияния на энергию прорастания семян. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что слабый солевой стресс может оказывать положительный или нейтральный эффект. Однако высокая концентрация соли оказывает негативное воздействие на всхожесть и энергию прорастания семян пшеницы. Общее количество зараженных семян, выращенных в условиях отсутствия засоления, составляет 67 %. По мере увеличения концентрации соли наблюдается снижение фитопатогенной нагрузки на семена. Фитопатогены рода *B. Sorokiniana* в контрольном варианте опыта составляют 10 % от общего количества. Начиная от 0,5 %, наблюдается четкая тенденция к снижению процента зараженности семян, достигая уже 3 %. В условиях действия высокой концентрации соли процент семян, инфицированных гельминтоспориозной корневой гнили составляет 1 %. Количество семян, зараженных возбудителями фузариозной корневой гнили (*Fusarium spp.*), уменьшается с увеличением засоления по отношению к контролю в 3 раза. Показатель инфицирования микотоксином *Alternaria spp.* также имеет склонность к постепенному снижению по мере

увеличения засоления. Однако этот фитопатоген демонстрирует относительную толерантность к натриево-хлоридному воздействию даже в условиях высокой концентрации соли, составляя 12 % при 10 %. Наилучший результат составляет 11 % при концентрации NaCl 5 %. Представители рода *Penicillium spp.* присутствуют в незначительном количестве. В контрольных условиях наблюдается всего 3 % инфицированных семян, в условиях действия слабого засоления – 2 %. Начиная от 1 % показатель понижается до 1 %. В контрольных условиях опыта бактериоз составляет 10 %, сохраняя свою численность в условиях действия слабого засоления, что говорит о его устойчивости к небольшим концентрациям соли от до 1 %. Частота встречаемости бактериоза уменьшается при концентрации раствора соли выше 5 %, достигая 7 %. Наименьший процент инфицированных бактериозом семян составляет 4 % при концентрации хлорида натрия 10 %. Обобщая полученные данные, можно отметить, что фитопатогены из рода *Fusarium spp* и *Alternaria spp.* наиболее толерантны к действию засоления, однако по сравнению с контролем количество патогенов уменьшается при концентрации от 5 % и выше.

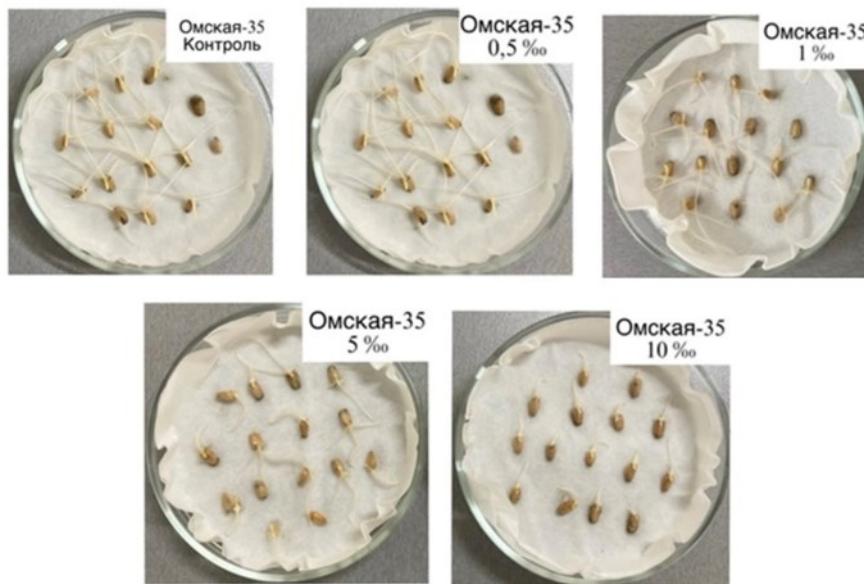


Рисунок 1. Прорастание семян яровой пшеницы сорта «Омская-35» в зависимости от концентрации NaCl

Исходя из вышеперечисленных данных, можно сделать вывод, что по мере увеличения концентрации солености раствора, особенно выше 5 %о, наблюдается снижение количества зараженных семян, что может указывать на биоцидное действие соли (рисунок 2).

Исследуемые семена сорта «Омская-35» сохраняют высокий показатель всхожести во всех вариантах опыта (рисунок 1).

В контрольном варианте всхожесть семенного материала составляет 95 %. Максимальное значение всхожести семян достигает 100 % при низкой концентрации раствора NaCl (0,5 %о). С увеличением концентрации соли от 5 %о наблюдается постепенное снижение показателя всхожести, достигая минимального значения 93 % при 10 %о. Энергия прорастания в контрольном варианте опыта составляет 98 %. Наблюдается незначительный рост показателя при низкой концентрации натриево-хлоридного раствора: 99 % при 0,5 %о. Под действием более высокой концентрации NaCl (1%) энергия прорастания семян была идентичной контролю. Концентрация раствора NaCl от 5 % и выше снижает показатель энергии прорастания семян до 90 % при 5 %о и до 88 % при 10 %о.

Общее количество семян, подвергшихся заражению патогенами, составляет 69 % в контрольных условиях. В условиях слабого засоления (0,5 %о) отмечается небольшое снижение количества зараженных семян. По мере увеличения концентрации соли наблюдается значительное снижение фитопатогенной нагрузки на семенной материал: 51 % при 1 %о, 47 % при 5 %о и 20 % при 10 %о, что указывает на негативное влияние хлорида натрия на развитие фитопатогенов. Возбудители гельминтоспориозной корневой гнили (*B. Sorokiniana*) присутствуют в незначительном количестве во всех вариантах опыта. Количество зараженных семян, выращенных в контрольных условиях, составляет 4 %. При увеличении концентрации NaCl отмечается тенденция к уменьшению численности патогенов. Фитопатогены из рода *Penicillium spp.* также встречаются в незначительных количествах и имеют тенденцию к снижению с увеличением концентрации хлорида натрия. Показатель зараженности возбудителями фузариозной корневой гнили остается почти неизменным во всех вариантах опыта (2–3 %). Однако при концентрации соли 5 %о количество инфицированных семян возрастает до 6 %. Среди всех фитопатогенов доминируют возбудители из рода *Alternaria spp.*

Таблица 2. Биометрические показатели яровой пшеницы сорта «Уралосибирская» и «Омская-35» на ранних этапах онтогенеза

Показатель, см	Контроль	0,5 %	1 %	5 %	10 %	Контроль	0,5 %	1 %	5 %	10 %
Уралосибирская						Омская-35				
Длина корня	12,4	14,1	13,7	11,5	9,4	13,4	12,7	11,9	9,1	6,5
Длина колеоптиля	5,7	5,8	5,7	5,2	5,2	4,6	5,3	5,7	5,7	5,3
Длина проростка	16,3	18,4	19,3	15,3	10,2	13,5	16,1	16,5	12,5	4,4
HCP _{0,5}	8,04	9,61	10,2	7,65	4,03	7,66	8,28	8,13	5,10	1,58

Они являются более устойчивыми к условиям солевого стресса. Количество зараженных семян в контрольном варианте опыта составляет 51 %. Отмечается подавление роста патогенов при увеличении концентрации соли до 15 % при 10 %. В контрольном варианте опыта семена, инфицированные бактериозом, составляют 6 %. В условиях слабого солевого стресса от 0,5 % до 1 % показатели практически не изменяются, что говорит об устойчивости бактериоза к слабой солевой нагрузке. Отмечается снижение зараженности бактериозом от 5 %. В условиях высокого солевого стресса, при концентрации натриево-хлоридного раствора 10 %, показатель бактериоза достигает 1%, что меньше в 6 раз по отношению к контролю (рисунок 2).

Темпы развития зародышевых органов яровой пшеницы сортов «Уралосибирская» и «Омская-35» (I репродукция) при воздействии солевых растворов разной концентрации представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Оценка биометрических показателей сорта «Уралосибирская» указывает на негативное влияние натриево-хлоридного раствора на ростовые процессы семенного материала. Длина корня в контрольном варианте составляет 12,4 см. При увеличении концентрации соли до 1 % наблюдается незначительное увеличение роста (14,1 см) по отношению к контролю. Максимальный результат отмечается при концентрации соли 0,5 %,

составляя 14,1 см. Начиная от 1 %, происходит снижение роста. Минимальное значение данного показателя составляет 9,4 см при концентрации 10 %. Длина колеоптиля претерпевает незначительные изменения. Длина в контрольном варианте составляет 5,7 см. При концентрации 0,5 % можно заметить небольшое увеличение показателя до 5,8 см. Начиная от 5 %, отмечается уменьшение размеров до 5,2 см. Длина проростка в контрольном варианте составляет 16,3 см, при увеличении концентрации соли от 0,5 % до 1 % наблюдается стимулирование роста: 18,4 см и 19,3 см соответственно. При увеличении концентрации до 10 % значение показателя снижается до 10,2 см. На основании полученных данных можно сделать вывод, что высокие концентрации натриево-хлоридного раствора оказывают ингибирующее воздействие на ростовые процессы корневой системы, колеоптиля и проростка семян яровой пшеницы. В условиях действия слабого засоления (0,5–1 %) результаты превышают контрольные значения, что говорит о стимулирующем эффекте низких концентраций соли. Начиная от 5 % проявляется фитотоксичность, показатели уменьшаются. Наиболее выраженное угнетение наблюдается при концентрации хлорида натрия от 10 %. Более чувствительными к воздействию соли оказались корневая система и проросток.

По отношению к контролю длина корня уменьшилась в 1,3 раза, а длина проростка в 1,5 раза. Степень снижения показателя длины колеоптиля была менее выраженной. Таким образом, сорт семян «Уралосибирская» продемонстрировал относительную устойчивость к слабому солевому стрессу и высокую чувствительность к повышенным концентрациям соли (рисунок 2).

При анализе результатов ростовых показателей сорта «Омская-35» был обнаружен небольшой стимулирующий эффект в условиях умеренного солевого стресса (0,5–1 %). Последующее повышение концентрации хлорида натрия оказывает пагубное воздействие на рост вегетативных органов проростков. В контролльном варианте длина корня составляет 13,4 см. В условиях засоления отмечается уменьшение длины по отношению к контролю. Под действием низких концентраций соли (до 1 %) наблюдается умеренное снижение показателя до 11,9 см. При увеличении концентрации NaCl от 5 % длина корня значительно уменьшается до 9,1 см, до 6,5 см при 10 %. Хлорид натрия не оказывает стимулирующего действия на показатель длины корня. В условиях отсутствия солевого стресса длина колеоптиля составляет 4,6 см. Повышение концентрации соли от 0,5 до 5 % оказывает положительный эффект. Длина колеоптиля увеличивается до 5,3 см. при концентрации раствора 0,5 %, а при 1–5 % показатель повышается до 5,7 см. С увеличением концентрации до 10 % длина уменьшается до 5,3 см, что говорит о негативном эффекте высокой солевой нагрузки. Длина проростка в контролльном варианте достигает 13,5 см. Концентрация соли 0,5 % и 1 % оказывают стимулирующий эффект. Длина проростка увеличивается до 16,1 см и 16,5 см соответственно. Под действием концентрации NaCl 5 % наблюдается торможение роста, длина составляет 12,4 см. При повышении концентрации до 10 % отмечается значительное уменьшение длины проростка до 4,4 см (рисунок 2).

При проведении сравнительного анализа прорастания двух сортов яровой пшеницы «Уралосибирская» и «Омская-

35» в условиях натриево-хлоридного засоления различных концентраций учитывались биометрические показатели и фитосанитарное состояние исследуемых семян. В результате исследования фитосанитарного состояния семян было отмечено, что в контролльном варианте опыта общий уровень инфицированности семян обоих сортов имеет высокие показатели: «Уралосибирская» – 67 %, «Омская-35» – 69 %. Большее количество семян сорта «Уралосибирская» подвержены заражению фитопатогенами из рода *B. Sorokiniana*, *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.* Семена сорта «Омская-35» в основном подвержены заражению патогенами из рода *Alternaria spp.* Количество семян, зараженных патогенами из рода *B. Sorokiniana*, *Fusarium spp.*, было незначительным. В условиях засоления наблюдается тенденция к снижению показателя зараженности фитопатогенами. У семян сорта «Омская-35», на фоне засоления NaCl, количество зараженных образцов сокращалось более выражен, чем у семян сорта «Уралосибирская». Общая зараженность под воздействием концентрации соли 5 % снизилась до 47 %, при концентрации 10 % – до 20 % у семян сорта «Омская-35», у семян сорта «Уралосибирская» при 5 % – до 29 %, при 10 % – до 27 %. Так, при концентрации раствора 5 % – 10 % гельминтоспориозная корневая гниль (*B. Sorokiniana*) отсутствовала у семян «Омская-35», у семян «Уралосибирская» выявлена в двух образцах. Наиболее толерантными к солевому стрессу оказались возбудители альтернариоза (*Alternaria spp.*): при концентрации NaCl 10 % у образцов сорта «Уралосибирская» количество зараженных семян снизилось до 12 % (16 % в контролльном варианте), у Омской-35 – до 15 % (51 % в контролльном варианте). Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что в условиях солевого стресса фитопатогенная нагрузка имеет тенденцию к снижению. Особенно выражено снижение бактериальной и грибковой зараженности при высоких концентрациях натриево-хлоридного засоления (5–10 %).

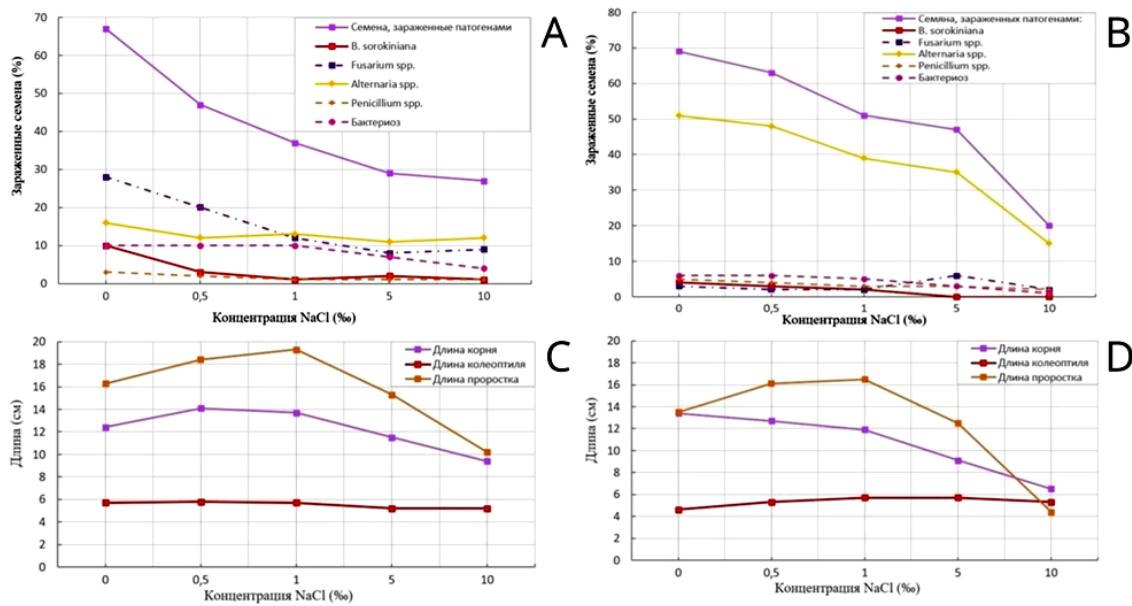


Рисунок 2. Фитосанитарная экспертиза семян яровой пшеницы сортов Уралосибирская и Омская-35 (I репродукция) в водных растворах NaCl при разных концентрациях и их биометрические показатели на ранних этапах онтогенеза (а – зараженность семян яровой пшеницы сорта Уралосибирская в зависимости от концентрации NaCl, б – зараженность семян яровой пшеницы сорта Омская-35 в зависимости от концентрации NaCl, с – биометрические показатели сорта Уралосибирская, д – биометрические показатели сорта Омская-35)

Исследуемые семена сорта «Омская-35» показали более выраженную чувствительность патогенной микрофлоры к условиям натриево-хлоридного засоления. Проводя оценку физиологических показателей, было отмечено, что различия в энергии прорастания и всхожести между сортами «Уралосибирская» и «Омская-35» в контролльном варианте опыта были незначительными. Контрольные параметры энергии прорастания и всхожести семян сорта «Уралосибирская» составляют 100 % и 93 % соответственно. Сорт «Омская-35» также демонстрирует высокие показатели энергии прорастания (98 %) и всхожести (95 %). Низкая концентрация соли (0,5–1 %) оказала стимулирующее влияние на энергию прорастания и всхожесть семян обоих сортов. Так, при концентрации NaCl 0,5 % показатель всхожести у сорта «Уралосибирская» возрастает до 99 %, при концентрации 1 % – до 97 %, у «Омской-35» при 0,5 % отмечается рост показателя до 100 %, при 1 % – до 96 %. Энергия прорастания у сорта «Уралосибирская» остается неиз-

менной в условиях действия слабого засоления, у семян сорта «Омская-35» наблюдается увеличение показателя до 99 % при концентрации соли 0,5 %. Под действием более высоких концентраций, начиная от 5 %, наблюдается снижение показателей. У сорта «Уралосибирская» показатель энергии прорастания уменьшается до 95 % при концентрации соли 5 %, до 94 % при 10 %. У семян сорта «Омская-35» наблюдается более выраженное снижение показателя энергии прорастания: 90 % при 5 % и 88 % при 10 %. Следует отметить, что семена сорта «Уралосибирская» демонстрируют большую устойчивость к действиям повышенных концентраций NaCl по сравнению с семенами сорта «Омская-35», что подтверждается более высокими физиологическими показателями энергии прорастания и всхожести.

Проанализировав данные показателей длины корня, было отмечено, что в контролльных условиях сорт «Омская-35» продемонстрировал более развитую корневую систему, составляя 13,4 см,

тогда как у сорта «Уралосибирская» длина корня достигала 12,4 см. В условиях слабого засоления (0,5–1 %) сорт «Уралосибирская» выделяется незначительным увеличением показателей. При концентрации соли 0,5 % длина корня увеличивается до 14,1 см, а при 1 % – до 13,7 см, что говорит о стимулирующем эффекте слабой концентрации NaCl. У сорта «Омская-35», в тех же условиях, наблюдается сокращение длины корня по сравнению с контролем: 12,7 см при концентрации NaCl 0,5 % и 11,9 см при 1 %. В условиях сильного засоления, начиная от 5 %, наблюдается явное отставание в росте и развитии корневой системы у обоих сортов по отношению к контролю. При повышении концентрации соли до 10 % длина корня у сорта «Уралосибирская» уменьшается до 9,4 см, а у сорта «Омская-35» – до 6,5 см, что говорит о большей устойчивости корневой системы проростков сорта «Уралосибирская» к солевому стрессу.

Показатели длины колеоптиля у сорта «Уралосибирская» в контрольном варианте и в условиях солевого стресса (концентрация NaCl до 1 %) варьируются в пределах сходного значения. Так, в контрольных условиях и в условиях слабого засоления (1 %) длина колеоптиля составляет 5,7 см, при концентрации 0,5 % отмечается рост показателя до 5,8 см. У семян сорта «Омская-35» в контрольном варианте опыта зафиксировано не меньшее значение – 4,6 см. В условиях солевого стресса также наблюдается стимулирование роста длины колеоптиля. Под действием более высоких концентраций, начиная от 5 %, у семян сорта «Уралосибирская» происходит снижение показателя до 5,2 см. Такой же результат остается при концентрации соли 10 %. У семян сорта «Омская-35» наблюдается стимулирующий эффект под действием концентрации NaCl до 5 %. Максимальная длина колеоптиля отмечается при концентрациях 1 % – 5 %, составляя 5,7 см. При дальнейшем увеличении концентрации до 10 % наблюдается снижение показателя длины колеоптиля у обоих сортов. Так, у сорта «Омская-35» длина колеоптиля составляет 5,3 см, превы-

шая значение контроля. У семян сорта «Уралосибирская», напротив, наблюдается уменьшение показателя по отношению к контролю – он составляет 5,2 см. Таким образом, можно сделать вывод, что при высоком уровне засоления семена сорта «Омская-35» имеют тенденцию к увеличению длины колеоптиля, тогда как у сорта «Уралосибирская» наблюдается угнетение роста в условиях высокой концентрации NaCl. Возможно, семена сорта «Омская-35» выработали адаптивную реакцию, обеспечивающую поддержание роста в неблагоприятных условиях, что говорит о большей устойчивости к солевому стрессу.

При анализе показателей длины проростков, было отмечено, что сорт «Уралосибирская» демонстрирует более высокий результат в условиях отсутствия солевого стресса. Длина проростка в контрольном варианте составляет 16,3 см, у сорта «Омская-35» показатель ниже – 13,6 см. В условиях слабого засоления с концентрацией соли 0,5–1 % наблюдается умеренное стимулирование ростовых показателей двух сортов. Более выражен рост проростка у сорта «Омская-35» при концентрации соли 1 %, где отмечается максимальное значение длины проростка – 16,5 см. У сорта «Уралосибирская» также фиксируется максимальный показатель при тех же условиях, составляя 19,3 см. При увеличении концентрации соли от 5 % до 10 % у обоих сортов прослеживается явное торможение роста проростка. У сорта «Уралосибирская» отмечается постепенное снижение показателя. При концентрации соли 5 % длина проростка составляет 15,3 см, а при 10 % уменьшается до 10,2 см. У сорта «Омская-35» наблюдается резкое уменьшение длины проростка: при концентрации NaCl 5 % показатель достигает 12,5 см, при 10 % – 4,4 см, что говорит о более выраженном угнетении роста в условиях высокого уровня засоления. Под действием высоких концентраций NaCl сорт «Уралосибирская» демонстрирует относительно стабильную устойчивость к солевому стрессу, в отличие от сорта «Омская-35».

Вероятно, что подобный эффект обусловлен активной регуляцией осмотического давления или активацией ферментативной антиоксидантной системы, защищающей клетки от повреждения в условиях окислительного стресса (рисунок 3).

Проанализировав результаты, полученные при сравнительном анализе фитосанитарных и биометрических показателей семян яровой пшеницы сортов «Уралосибирская» и «Омская-35», можно сделать вывод о присутствии разной сортовой реакции на воздействие натриево-хлоридного засоления различных концентраций. Таким образом, полученные фитосанитарные данные показывают, что в условиях натриево-хлоридного засоления фитопатогенная нагрузка стремительно снижается. Исследование фитосанитарного состояния семян обоих сортов показало, что сорт «Омская-35» демонстрирует более выраженную тенденцию к снижению общего количества инфицированных семян в условиях

солевого стресса. По отношению к контролю, количество зараженных семян сорта «Омская-35» снизилось в 3,5 раза, у сорта «Уралосибирская» – в 2,5 раза. Полученный результат свидетельствует о том, что семена сорта «Омская-35» имеют потенциальную устойчивость к фитопатогенам в условиях низкого и высокого натриево-хлоридного засоления. В ходе сравнительного анализа биометрических показателей было установлено, что в условиях действия натриево-хлоридного раствора от 0,5 % до 1 % у обоих сортов наблюдается стимулирующий эффект на рост и развитие корневой системы, проростка и колеоптиля. Фитотоксичность солевого раствора на исследуемые семена пшеницы проявилась под действием более высоких концентраций соли, начиная от 5 %. Однако следует отметить, что высокие концентрации хлорида натрия на сорт «Уралосибирская» оказались в меньшей степени, чем на сорт «Омская-35».

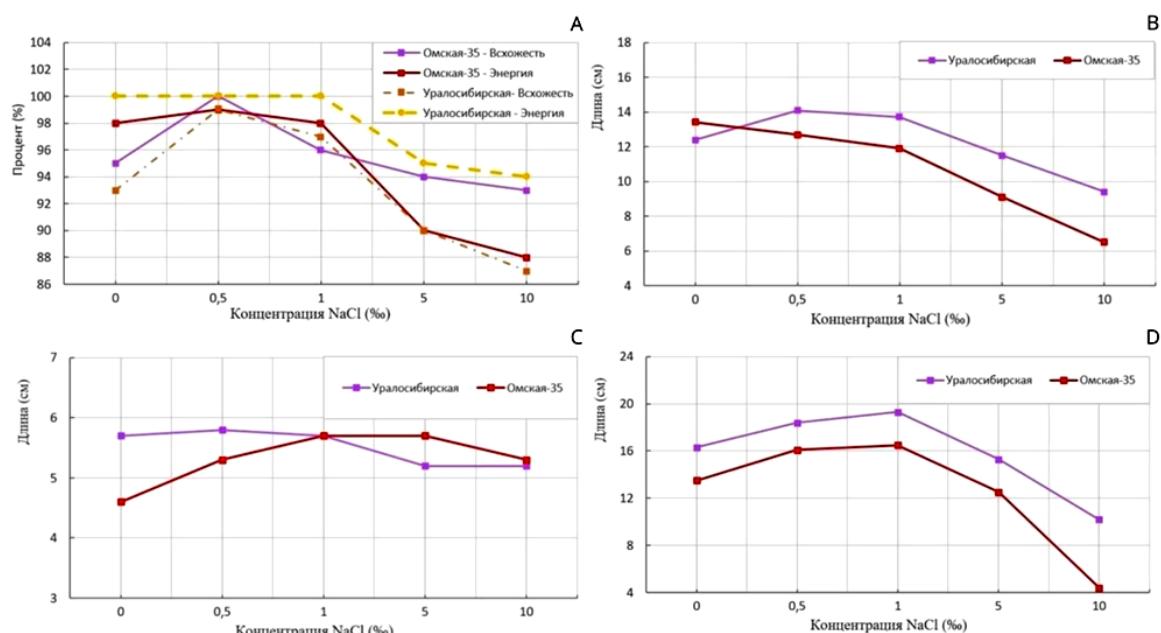


Рисунок 3. Сравнительный анализ сортов пшеницы «Уралосибирской» и «Омской-35» (а – всхожесть и энергия прорастания семян яровой пшеницы сортов «Уралосибирская» и «Омская-35» в зависимости от концентрации $NaCl$, б – длина корня семян яровой пшеницы сортов «Уралосибирская» и «Омская-35» в зависимости от концентрации $NaCl$, в – длина колеоптиля семян яровой пшеницы сортов «Уралосибирская» и «Омская-35» в зависимости от концентрации $NaCl$, г – длина проростка семян яровой пшеницы сортов «Уралосибирская» и «Омская-35» в зависимости от концентрации $NaCl$)

Семена сорта «Уралосибирская» продемонстрировали менее резкое снижение показателей под воздействием высоких концентраций соли, что говорит о более эффективной адаптационной реакции в условиях солевого стресса. Исходя из этого, можно сделать вывод, что оба сорта проявляют устойчивость к воздействию слабых концентраций солей. В некоторых случаях наблюдается стимуляция биометрических показателей. При этом, в условиях высокой концентрации хлорида натрия наблюдается лишь замедление и торможение ростовых показателей обоих сортов. Это говорит о том, что при выборе сорта семян яровой пшеницы для возделывания в условиях вторичного засоления почв важно учитывать фитосанитарный и физиологический потенциал растений. Физиологическая устойчивость к солевому стрессу более выражена у семян сорта «Уралосибирская». Даже в условиях действия высокой концентрации хлорида натрия сорт демонстрирует меньшее снижение биометрических показателей и более стабильные результаты энергии прорастания и всхожести проростков. Следует отметить, что при этом сорт «Омская-35» выделяется большим снижением общего количества инфицированных фитопатогенами семян в условиях солевого стресса. Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что сорт семян «Уралосибирская» является более устойчивым к воздействию натриево-хлоридного засоления, что указывает на его потенциальную пригодность для выращивания в засоленных почвах.

Выводы. В ходе исследования была проведена оценка влияния разных концентраций натриево-хлоридного засоления на ранние стадии развития яровой пшеницы, включая фитосанитарные и биометрические характеристики. Полученные данные позволили установить прямую зависимость между уровнем натриево-хлоридного засоления и степенью угнетения основных физиологических параметров проростков сортов «Уралосибирская» и «Омская-35». Установлено, что натриево-хлоридное засо-

ление оказывает ингибирующее влияние на ранние этапы роста и развития семян яровой пшеницы. Водный раствор хлорида натрия в области низких концентраций проявил небольшой стимулирующий эффект на ростовые процессы обоих сортов. В условиях действия повышенной концентрации натриево-хлоридного раствора существенно снижалась всхожесть семян, энергия прорастания, подверглись угнетению зародышевые органы растения. При проведении сравнительного анализа фитосанитарного состояния и биометрических показателей двух сортов яровой пшеницы были установлены индивидуальные сортовые реакции к условиям солевого стресса. На основе результатов сравнительного анализа было выявлено, что семена сорта «Уралосибирская» оказались более устойчивыми к действию натриево-хлоридного засоления по сравнению с семенами сорта «Омская-35», что выражается в меньшем и менее резком снижении биометрических показателей, таких как длина корневой системы, длина колеоптиля, длина проростка и удовлетворительном фитосанитарном состоянии в условиях натриево-хлоридного засоления. Семена сорта «Омская-35» продемонстрировали более выраженное угнетение и торможение ростовых показателей, что указывает на его меньшую пригодность для возделывания в условиях повышенной солевой нагрузки. Полученные данные могут быть использованы при выборе сортов для возделывания в регионах, подверженных вторичному засолению почв, а также при разработке селекционных программ, направленных на повышение устойчивости яровой пшеницы к условиям натриево-хлоридного засоления.

Список использованных источников

1. Исанова Г. Т., Абдулвали Ц., Мамутов Ж. У., Калдыбаев А. А., Сапаров Г. А., Базарбаева Т. А. Засоленные почвы и определение провинции соленакопления на территории Казахстана // Аридные экосистемы. – 2017. – № 4 (73).

2. Ковда В.А. Основы учения о почвах. – М.: Наука. Кн. II. – 1973. – 467 с.

3. Пачепский Я.А. и др. Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв. – М.: Наука, 1890. – 304 с.

4. Ковда В.А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. – М.: Наука, 2008. – 71 с.

5. Головатый С.Е., Ковалевич З. С., Лукашенко Н.К. Влияние содержания натрия и хлора на урожайность яровых зерновых культур / Почвоведение и агрохимия № 4 (8), 2010. – С. 148–156.

6. Демиденко Г.А. Влияние натриево-хлоридного засоления на развитие и рост пшеницы // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 2 (137). – С. 22–24.

7. Чулкина В. А., Торопова Е. Ю., Стецов Г.Я., Кириченко А.А. и др. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем / под ред. проф. Е. Ю. Тороповой. – Барнаул, 2017. – 210 с.

8. ГОСТ 12036-85 Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2011. – 13 с.

9. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 32 с.

10. ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. – М.: Стандартинформ, 2009. – 22 с.

11. ГОСТ 12044-93: Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. – М.: Стандартинформ, 2011. – 59 с.

12. Пидопличко Н. М. Грибы паразиты культурных растений. Определитель. Т. 2. Грибы несовершенные. – Киев: Наукова думка, 1977. – 300 с.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 4-е, доп. и перераб. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

14. Белозерова А.А., Боме Н.А. Изучение реакции яровой пшеницы на засоление по изменчивости морфометрических параметров проростков // Фундаментальные исследования, 2014, № 12. – 300–306 с.

15. Бесалиев И.Н., Панфилов А.Л., Регер Н. С. Особенности формирования морфологических признаков проростков и активность ферментов яровой мягкой пшеницы на фоне индуцированного солевого стресса // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104. – № 3. – 138–146 с.

16. Зайцева Р. И., Желнакова Л.И., Никитина Н.С. Характеристика солестойчивости кормовых культур в начальной фазе вегетации при засолении чернозема хлоридом натрия // Бюллеть Почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2009. – Вып. 63. – С. 25–40.

17. Ионова Е. В., Филиппов Е. Г., Анисимова Н. Н. Корневая система и сухая масса растений ярового ячменя в условиях модельной засухи («засушник») // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 3(9). – 3 с.

18. Йонева Ж., Петров-Спиридовонов А. Е. Биометрические показатели и осмотический потенциал органов растений в условиях хлоридного засоления // Известия ТСХА. – 1985. – Вып. 3. – С. 120–125.

19. Кононенко Н. В., Диловарова Т. А., Канавский Р. В., Лебедев С. В., Баранова Е. Н., Федореева Л. И. Оценка морфологических и биохимических параметров устойчивости различных генотипов пшеницы к хлоридному засолению // Вестник Российской университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2019. – Т. 14. – № 1. – С. 18–39.

20. 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. –

T. 40. – № 4. – С. 584–588.

21. Хусаинов А. Т., Сыздыкова Г. Т., Андреева Ю. А. Влияние степени сульфатного засоления на ростовые процессы генотипов яровой мягкой пшеницы // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 1 (119). – С. 23–26.

22. Якубова М. М., Рахимова М. М., Хамрабаева З. М. и др. Особенности воздействия некоторых координационных соединений на физиологобиохимические показатели проростков пшеницы // Материалы IX Международной научной конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений». – Минск: Колорград, 2018. – 159 с.

23. Khan M. A., Ungar I. A. Alleviation of salinity-enforced dormancy in *Atriplex griffithii* Moq. var. *stocksii* Boiss // Seed Science & Technology. – 2000. – № 28. – P. 29–37.

24. Maas E. V., Lesch S. M., Francois L. E., Grieve C. M. Tiller development in salt-stressed wheat // Crop science. – 1994. – Vol. 34. – No. 6. – P. 1594–1603.

References

1. Isanova G. T., Abuduvayli Ts., Mamutov Zh. U., Kaldybaev A. A., Saparov G. A., Bazarbayeva T. A. Zasolennye pochvy i opredelenie provintsii solenakopleniya na territorii Kazakhstana [Saline soils and determination of salt accumulation provinces in Kazakhstan] // Aridnye ekosistemy. – 2017. – № 4 (73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zasolennye-pochvy-i-opredelenie-solenakopleniya-na-territorii-kazahstana> [in Russian].
2. Kovda V. A. Osnovy ucheniya o pochvakh [Fundamentals of soil science]. – Moscow: Nauka, 1973. – Book II. – 467 p. [in Russian].
3. Pachapinskiy Ya. A. i dr. Modelirovaniye protsessov zasoleniya i osolonshevaniya pochv [Modeling processes of soil salinization and solonetz formation]. – Moscow: Nauka, 1890. – 304 p. [in Russian].
4. Kovda V.A. Problemy opustynivaniya i zasoleniya pochv aridnykh regionov mira [Problems of desertification and soil salinization in arid regions of the world]. – Moscow: Nauka, 2008. – 71 p. [in Russian].
5. Golovatyi S. E., Kovalevich Z. S., Lukashenko N. K. Vliyanie soderzhaniya natriya i khlora na urozhaynost' yarovykh zernovykh kultur [Influence of sodium and chlorine content on the yield of spring cereal crops] / S. E. Golovatyi, Z. S. Kovalevich, N. K. Lukashenko // Pochvovedenie i agrokhimiya. – 2010. – № 4 (8). – P. 148–156. [in Russian].
6. Demidenko G. A. Vliyanie natrievokhloridnogo zasoleniya na razvitiye i rost pshenitsy [Effect of sodium chloride salinization on wheat development and growth] // Vestnik KrasGAU. – 2018. – № 2 (137). – P. 22–24. [in Russian].
7. Chulkina V. A., Toropova E. Yu., Stetsov G. Ya., Kirichenko A. A. i dr. Fitosanitarnaia diagnostika agroekosistem / Pod red. prof. E. Yu. Toropovoy [Phytosanitary diagnostics of agroecosystems / Ed. by Prof. E. Yu. Toropova]. – Barnaul, 2017. – 210 p. [in Russian].
8. GOST 12036-85. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody analiza. – Moscow: Standartinform, 2011. – 13 p. [in Russian].
9. GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vschozhesti. – Moscow: Standartinform, 2011. – 32 p. [in Russian].
10. GOST R 52325–2005. Semena selskokhozyaystvennykh rastenii. Sortovye i posevnye kachestva [Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing qualities]. – Moscow: Standartinform, 2009. – 22 p. [in Russian].
11. GOST 12044-93. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami. – Moscow: Standartinform, 2011. – 59 p. [in Russian].
12. Pidoplichko N. M. Griby-parazity kul'turnykh rasteniy. Opredelitel'. T. 2. Griby nesovershennye [Fungal parasites of cultivated plants. Vol. 2. Imperfect fungi]. – Kiev: Naukova dumka, 1977. – 300 p. [in Russian].
14. Belozerova A.A., Bome N. A. Izuchenie reaktsii yarovoy pshenitsy na zasolenie po izmenchivosti morfometricheskikh

kikh parametrov prorostkov // *Fundamental'nye issledovaniya*. – 2014. – № 12. – P. 300–306. [in Russian].

15. Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S. Osobennosti formirovaniya morfologicheskikh priznakov prorostkov i aktivnost' fermentov yarovoy myagkoy pshenitsy na fone indutsirovannogo solevogo stressa // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. – 2021. – Vol. 104. – № 3. – P. 138–146. [in Russian].

16. Zaitseva R. I., Zhelnakova L. I., Nikitina N. S. Kharakteristika soleustoichivosti kormovykh kultur v nachal'noy faze vegetatsii pri zasolenii chernozema khloridom natriya [Characteristics of salt resistance of forage crops at the early vegetative stage under sodium chloride salinization of chernozem] // *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva*. – 2009. – Issue 63. – P. 25–40. [in Russian].

17. Ionova E. V., Filippov E. G., Anisimova N. N. Kornevaya sistema i sukhaya massa rasteniy yarovogo yachmenya v usloviyakh model'noy zasukhi ("zasushnik") [Root system and dry mass of spring barley plants under model drought conditions] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. – 2010. – № 3(9). – 3 p. [in Russian].

18. Ioneva Zh., Petrov-Spiridonov A. E. Biometricheskie pokazateli i osmoticheskiy potentsial organov rasteniy v usloviyakh khloridnogo zasoleniya [Biometric indicators and osmotic potential of plant organs under chloride salinization] // *Izvestiya TSKHA*. – 1985. – Issue 3. – P. 120–125. [in Russian].

19. Kononenko N. V., Dilovarova T. A., Kanavskiy R. V., Lebedev S. V., Baranova E. N., Fedoreeva L. I. Otsenka morfologicheskikh i biokhimicheskikh parametrov ustoichivosti razlichnykh genotipov pshenitsy k khloridnomu zasoleniyu [Assessment of morphological and biochemical parameters of resistance in various wheat genotypes to chloride salinization] // *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*. – 2019. – Vol. 14. – № 1. – P. 18–39. [in Russian].

20. Talanova V.V., Titov A.F., Minaeva S. V., Soldatov S. E. Razdelnoe i kombinirovannoe deystvie zasoleniya i zakalivayushchikh temperatur na rastenia / [Separate and combined effect of salinity and hardening temperatures on plants] // *Fiziologiya rasteniy*. – 1993. – Vol. 40. – № 4. – P. 584–588. [in Russian].

21. Khusainov A.T., Syzdykova G.T., Andreeva Yu.A. Vliyanie stepeni sulfatnogo zasoleniya na rostovye protsessy genotipov yarovoy myagkoy pshenitsy [Effect of sulfate salinity levels on growth processes of spring soft wheat genotypes] // *Agrarnyy vestnik Urala*. – 2014. – № 1 (119). – P. 23–26. [in Russian].

22. Yakubova M.M., Rakhimova M. M., Khamrabayeva Z.M. i dr. Osobennosti vozdeystviya nekotorykh koordinacionnykh soedineniy na fiziologo-biokhimicheskie pokazateli prorostkov pshenitsy [Features of the effect of certain coordination compounds on the physiological and biochemical parameters of wheat seedlings] // Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rasteniy». – Minsk: Kolorgrad, 2018. – P. 159. [in Russian].

23. Khan M.A., Ungar I.A. Alleviation of salinity-enforced dormancy in *Atriplex griffithii* Moq. var. *stocksii* Boiss // *Seed Science and Technology*. – 2000. – Vol. 28. – P. 29–37. [in English].

24. Maas E. V., Lesch S. M., Francois L.E., Grieve C.M. Tiller development in salt-stressed wheat // *Crop science*. – 1994. – Vol. 34. – No. 6. – P. 1594–1603. [in English].

**Материал поступил в редакцию
15.05.2025**

**Натрий-хлоридті тұзданудың
жаздық бидай тұқымдарының өнүгі
мен онтогенездің бастапқы
кезеңдеріндегі биометриялық
көрсеткіштерге әсері**

Аңдатта

Алғаш рет Павлодар облысы аумағында «Уралосибирская» және «Омская-35» сорттарының негізгі егілемтін көктемегі бидайының онтогенездің алғашқы кезеңдеріндегі натрий хлорид тұздануы шарттарына бейімделу реакцияларын салыстырмалы талдауға арналып кешенді зерттеу жүргізілді. Зерттеу барысында әртүрлі

концентрациядагы натрий хлоридімен тұзданудың көктемгі бидайдың бастапқы даму кезеңдеріне, соның ішінде фитосанитарлық және биометриялық көрсеткіштерге әсері бағаланды. Натрий хлоридімен тұздану көктемгі бидай тұқымдарының өсуі мен дамуының ерте кезеңдеріне тәжеуши әсер ететіні анықталды. Зерттеу топырақтағы натрий хлорид мөлшерінің жоғарылауымен тұдырылатын тұз стрессіне қарсы әртүрлі көктемгі бидай сорттарының физиологиялық және морфологиялық бейім-делу құбылыстары туралы түсінік-терді дамытуға үлес қосады. Тұзданудың көктемгі бидай ұрықтарына әсері туралы алын-ған деректер Павлодар облысының әртүрлі менишік формасындағы ауылшаруашылық үйімдарына дәнді дақылдардың егу технологиясын, мәдениетті қорғаудың агротехно-логиялық әдістерін дұрыс құрастыру алгоритмін және ауылшаруашылық өнім өндірушілерінің ресурстарын үнем-деуді оңтайландыру мақсатында қолда-нылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: топырақты тұздану, натрий хлорид тұздануы, көктемгі бидай, дәнді дақылдар, бидай агроценозы.

Материал баспаға 15.05.25 түсіні

The effect of sodium chloride salinization on seed germination and biometric parameters of spring wheat at early ontogenetic stages

Summary

For the first time, a comprehensive study has been conducted focusing on the comparative analysis of the adaptive responses of the main cultivated varieties of spring wheat in the Pavlodar region—Uralsk-Siberian and Omsk-35—to sodium chloride salinization during the early stages of ontogenesis. During the study, the effect of different concentrations of sodium chloride salinization on the early stages of spring wheat development was assessed, including phytosanitary and biometric characteristics. It was found that sodium chloride salinization has an inhibitory effect on the early stages of growth and development of spring wheat seeds. The research contributes to the understanding of the physiological and morphological adaptation mechanisms of various spring wheat varieties under salt stress caused by elevated sodium chloride levels in the soil. The data obtained on the impact of salinity on spring wheat seeds can be utilized by agricultural organizations of various ownership forms in the Pavlodar region to optimize sowing technologies for cereal crops. This includes the development of effective agro-technological protection methods and resource-saving strategies for agricultural producers.

Keywords: soil salinization, sodium chloride salinization, spring wheat, cereal crops, wheat agroecosystem.

Material received on 15.05.25

Вклад авторов.

Д. Е. Воеводина провела общий анализ, занималась экспериментальной частью исследования

А. В. Осипова участвовала в корректуре, редактировании рукописи для публикации

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.