

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра микробиологии и физиологии растений

УСТОЙЧИВОСТЬ ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ
ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 241 группы

Направление подготовки магистратуры 06.04.01 Биология

Биологического факультета

Ханыевой Арзув

Научный руководитель:

доцент, канд. биол. наук

06.06.25

В.В. Коробко

Зав. кафедрой:

профессор, док. биол. наук

06.06.25

С.А. Степанов

Саратов 2025

Актуальность темы.

Пшеница – это важнейшая зерновая культура, на долю которой приходится почти 30% мирового производства зерна, и которая обеспечивает продовольствием более половины мирового населения. Одной из задач современной селекции является получение продуктивных видов сельскохозяйственных растений, характеризующихся устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Благодаря внесению генетического материала дикорастущих видов в геном культурных растений можно существенно расширить разнообразие селекционного материала [1-2]. Интрогрессивная селекция в современном растениеводстве позволяет получать растения, способные с большей эффективностью переносить влияние неблагоприятных факторов среды [2-4]. Чужеродные гены встраиваются в геном реципиента большими фрагментами и, могут привести к проявлению у гибридов не только новых, способствующих широкому использованию свойств, но и нежелательных качеств [3]. Поэтому адаптационные возможности интрогрессивных линий сельскохозяйственных растений должны быть изучены в лабораторных условиях.

Цели и задачи исследования.

Целью работы является изучение устойчивости проростков интрогрессивных линий *Triticum aestivum* L. к засолению и осмотическому стрессу.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи.

1. Провести сравнительный анализ морфогенеза проростков сорта Саратовская 76 (сорт-стандарт) и изученных интрогрессивных линий мягкой пшеницы.
2. Выявить особенности роста и развития проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы в условиях осмотического стресса.
3. Установить влияние разнокачественного засоления на морфогенез проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы.

Материалы и методы исследований. Исследования были проведены в 2023 и 2025 гг на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета.

Объектами исследования служат пять интрогрессивных линий и сорт Саратовская 76, который является стандартом. Характеристика линий и родословная линий предоставлены нам сотрудниками лаборатории генетики и цитологии ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока».

Для исследования использованы семена 2022 года репродукции, с хорошей всхожестью ($\approx 90\%$). Проращивание зерновок осуществляют в чашках Петри. Для изучения солеустойчивости в качестве субстрата использованы изоосмотические растворы хлорида и сульфата натрия (концентрации растворов соответствовали осмотическому давлению 7 атм). Контролем служат растения, культивированные на дистиллированной воде. Культивирование опытных и контрольных проростков проводилось в климатостате при температуре $+19^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$. На 10 сутки проведен количественный учет роста и определены следующие параметры: абсолютно сухая масса надземной части побега и корневой системы, длина главного и боковых зародышевых корней, суммарная длина корневой системы, длина первого листа, количество корней. На основании данных абсолютно сухой массы корней и побега рассчитан показатель корнеобеспеченности.

Для исследования влияния осмотического стресса в каждую чашку Петри наливали 10 мл дистиллированной воды (контроль) или раствора ПЭГ 6000 в концентрации, соответствующей определенному осмотическому давлению 3 и 5 атм ($n=20$, 3 повторности). Для изучения роста и развития проростков на 7 сутки проводили количественный учет роста: определяли абсолютно сухую массу надземной части побега и корневой системы, длину главного и боковых зародышевых корней, суммарную длину корневой системы, длину первого листа, количество корней. На основании полученных данных рассчитывали показатель корнеобеспеченности. Корневой индекс определяли, как среднее значение длины самых длинных корней, отнесенное к аналогичному в

контроле. Контролем служат растения, культивированные на дистиллированной воде. Культивирование опытных и контрольных проростков проводилось в климатостате при температуре $+19^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Структура и объём работы. Диплом изложен на 45 страницах и содержит такие структурные элементы: Содержание, Введение, Основная часть, Заключение, Выводы, Список использованных источников и Приложения. В свою очередь основная часть содержит такие главы:

1. Селекционная ценность и изучение адаптивного потенциала интрогрессивных линий пшеницы.

2. Материалы и методы исследования.

3. Изучение влияния неблагоприятных условий на рост и развитие проростков, в которой представлены результаты изучения особенностей морфогенеза проростков интрогрессивных линий при культивировании на воде, а также влияния осмотического стресса и засоления на морфогенез проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы.

Научная новизна. Впервые изучено влияние осмотического стресса и разнокачественного засоления на морфогенез проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы - L657, L664, L971, L995/1, L1110.

Научная значимость. Объекты нашего исследования - интрогрессивные линии мягкой пшеницы- получены сравнительно недавно. Исследование морфогенеза проростков этих линий при действии различных абиотических факторов, в том числе засоления и осмотического стресса, необходимо для изучения возможности их использования в селекционной работе и для культивирования в различных условиях.

Положения, выносимые на защиту:

1) По длине первого листа статистически значимых различий между проростками изученных линий -L664, L995/1, L1110, L971, L657- и сорта-стандарта не выявлено. Морфометрические показатели корневой системы проростков линии L657 достоверно отличаются от сорта-стандарта: они уступают сорту-стандарту по длине корневой системы, главного корня и

корней верхнего и нижнего яруса, по показателю корнеобеспеченности, а по количеству корней превосходят его.

2. Культивирование в условиях осмотического стресса не оказывает влияния на длину корневой системы проростков изученных линий, за исключением линии L995/1, общая длина корневой системы которых ниже, чем у сорта-стандарта (Саратовская 76), и минимальна среди изученных линий.

3. Замещение 6D хромосомы мягкой пшеницы на 6A хромосому *T.dicocum* у линии L657 определяет высокое значение показателя корнеобеспеченности растений проростков этой линии в условиях хлоридного и сульфатного засоления по сравнению с сортом-стандартом и другими изученными нами линиями.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Особенности морфогенеза проростков интрогрессивных линий.

Проведен морфометрический анализ семидневных проростков сорта Саратовская 76 и изученных интрогрессивных линий (таблица 1).

Таблица 1 – Некоторые особенности морфогенеза проростков интрогрессивных линий *T. aestivum* L. в контрольном варианте опыта

Сорт/линия	Длина первого листа, мм	Количество корней, шт.	Длина корневой системы, мм
Саратовская 76	84±15	4,2±0,4	315±49
L995/1	88±11	4,4±0,4	249±31
L657	81±8	5,2±0,2*	128±18*
L664	70±20	4,9±0,5	131±64*
L971	89±25	4,9±0,5	217±80
L1110	96±10	4,9±0,1*	369±45
Cv, %	11	7	41

Примечание: *-различия между сортом Саратовская 76 и линейей достоверны при $p \leq 0,05$.

Проведенное исследование среди изученных интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы позволило выявить линию, проростки которой по всем

анализируемым параметрам корневой системы и достоверно отличаются от сорта-стандарта – это линия L657. Проростки этой линии по всем морфометрическим данным корневой системы и по показателю корнеобеспеченности уступают сорту-стандарту, а по количеству корней превосходят его.

Проростки других изученных линий статистически достоверно отличаются от сорта-стандарта по некоторым морфометрическим показателям корневой системы: у семидневных проростков линии L1110 формируется большее по сравнению с сортом-стандартом количество корней, проростки линии L971 имеют меньшую длину главного корня, проростки линий L995/1, L664 меньшую длину корней нижнего яруса, а проростки линии L664 – верхнего. Общая длина корневой системы проростков интрогрессивных линий статистически не отличается от аналогичного значения сорта-стандарта, за исключением проростков линии L664.

По длине первого листа статистически значимых различий между проростками изученных линий и сорта-стандарта не выявлено.

Влияние осмотического стресса на морфогенез проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы.

При действии осмотического стресса, соответствующего осмотическому давлению 5 атм, наименьшую длину имеет лист проростков L995/1 (5 ± 1 мм) и L664 (9 ± 2 мм); различия между сортом Саратовская 76 и линиями достоверны при $p \leq 0,05$. Длина первого листа проростков других линий варьирует от 16 ± 6 мм до 27 ± 8 мм и достоверно не отличается от показателя проростков сорта-стандарта (29 ± 7 мм).

Осмотический стресс статистически значимое негативное влияние оказывает на количество корней проростков линий L1110, L995/1, L657, при этом сравнение анализируемого показателя развития корневой системы с показателями проростков сорта-стандарта в аналогичных условиях демонстрирует отсутствие различий статистически достоверных.

При осмотическом стрессе, вызванном раствором ПЭГ в концентрации соответствующей осмотическому давлению 5 атм, длина корневой системы проростков изученных линий статистически не отличается от аналогичного значения сорта – стандарта, за исключением линии L995/1, общая длина корней проростков которой достоверно ниже, чем у сорта Саратовская 76, и минимальна среди изученных линий. Варьирование значений общей длины корневой системы проростков в данном варианте опыта значительно. Отметим, что сравнение результатов морфометрического анализа в контрольных вариантах и при давлении раствора 5 атм, показало, что длина корневой системы всех объектов исследования при давлении раствора 5 атм статистически значимо отличается от аналогичного показателя контрольных проростков.

Проведен сравнительный анализ длины зародышевых корней проростков – главного, нижнего и верхнего ярусов. Статистически значимыми отличиями от сорта-стандарта по длине главного корня и корней нижнего яруса характеризуется только линия L995/1. У семидневных проростков данной линии главный корень и корни нижнего яруса имеют минимальную среди всех объектов длину, а корни верхнего яруса у проростков данной линии не сформировались. Этот факт определяет значительную достоверную разницу по длине данного морфометрического признака у проростков линии L995/1 и сорта Саратовская 76.

Рассчитан показатель корневого индекса проростков. У проростков линий L657, L664, L1110, L995/1 наблюдается статистически значимое снижение корневого индекса в условиях осмотического стресса. Сравнительный анализ анализируемого параметра развития проростка показал, что только две из этих линий статистически отличаются от значения сорта-стандарта в аналогичных условиях – это линии L1110, L995/1.

Значение корнеобеспеченности проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы варьирует от 0,8 до 1,2 отн.ед. при концентрации ПЭГ, соответствующей осмотическому давлению 3 атм и от 0,9 до 2,6 при 5 атм.

Влияние разнокачественного засоления на корнеобеспеченность проростков мягкой пшеницы.

Соотношение массы корневой системы и побега проростков сорта-стандарта в контрольном варианте опыта составило 0,79 отн.ед., что превышает значения анализируемого показателя проростков интрогрессивных линий, за исключением линии L971, проростки которой характеризуются наибольшим значением (1,84 отн.ед.) показателя корнеобеспеченности в контрольных вариантах опыта.

При культивировании растений на растворе хлорида натрия меньшую по сравнению с сортом Саратовская 76 корнеобеспеченность имели проростки линии L995/1 (0,59 отн.ед.), тогда как анализируемый показатель развития проростка других линий превышал или соответствовал значениям сорта-стандарта (0,65 отн.ед.). Максимальными значениями корнеобеспеченности в условиях хлоридного засоления обладали проростки линий L657 и L664 (0,93 отн.ед. и 0,86 отн.ед. соответственно).

Сравнение экспериментальных данных с контрольными значениями позволило выявить положительное влияние хлоридного засоления на относительное массовое соотношение корней и побега у двух этих линий. В условиях сульфатного засоления проростки линии L664 имели минимальное значение показателя корнеобеспеченности среди изученных линий, а линии L657 - максимальное; тогда как в условиях смешанного засоления корнеобеспеченность растений линии L657 существенно - на 0,25 отн.ед. - ниже аналогичного значения сорта-стандарта (0,79 отн.ед), а линии L664 - соответствует ему.

Следует отметить, что данные линии были получены с использованием одного и того же донора - АД *T.dic/Ae.spelt**5C29. Сравнительный анализ полученных данных, позволяет сделать предположение, что замещение 2А хромосомы пшеницы на 2А хромосому *T.dicoccum* (Schränk.) Schuebl. или транслокация T2AS.2A^{dic}L, возможно являются причинами более высокого значения показателя корнеобеспеченности растений линии L664 по сравнению

со стандартом при хлоридном засолении и низкого - при сульфатном. Можно предположить, что замещение 6D хромосомы мягкой пшеницы на 6A хромосому *T.dicoccum* у линии L657 определяет высокое значение показателя корнеобеспеченности растений проростков этой линии в условиях хлоридного и сульфатного засоления по сравнению с сортом-стандартом и другими изученными нами линиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время создание новых сортов пшеницы, как сельскохозяйственно значимых растений, является маркер-ориентированным и базируется на знании о генах или группах генов, отвечающих за целевые признаки растений. Принимая это во внимание для составления научной базы данных нужно проводить мониторинг ответной реакции растений на различные значимые для селективной работы стресс-факторы. В результате этого возможно выделение сортов, которые будут иметь высокую устойчивость к разным факторам на генетическом уровне, и в проводить работу по определению генов, отвечающих за данные показатели. В связи с этим тестирование устойчивости интрогрессивных линий пшеницы, полученных путем внедрения генов дикорастущих устойчивых видов в генотип используемых сортов, является актуальным и необходимым этапом селекционной работы.

ВЫВОДЫ

1) Сравнительный анализ роста и развития проростков сорта Саратовская 76 (сорт-стандарт) и интрогрессивных линий L664, L995/1, L1110, L971, L657 показал, что по длине первого листа статистически значимых различий между проростками изученных линий и сорта-стандарта не выявлено.

2) Среди изученных интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы выявлена линия L657, морфометрические показатели проростков которой достоверно отличаются от сорта-стандарта: они уступают сорту-стандарту по длине корневой системы, главного корня и корней верхнего и нижнего яруса и по показателю корнеобеспеченности, а по количеству корней превосходят его.

Проростки других изученных линий статистически достоверно отличаются от сорта-стандарта только по некоторым морфометрическим показателям корневой системы.

3) Сравнительный анализ длины первого листа проростков сорта-стандарта и исследуемых линий показал, что в условиях осмотического стресса анализируемый параметр проростков изученных интрогрессивных линий ниже значения у проростков сорта Саратовская 76, но эти различия статистически достоверными не являются.

4) Культивирование в условиях осмотического стресса не оказывает существенного влияния на длину корневой системы проростков изученных линий. Исключение составили проростки линии L995/1, общая длина корневой системы которых достоверно ниже, чем у сорта-стандарта (Саратовская 76), и минимальна среди изученных линий, что обусловлено тем, что главный корень и корни нижнего яруса имеют минимальную среди всех объектов исследования длину, а корни верхнего яруса у проростков данной линии в условиях осмотического стресса не сформировались.

5) У проростков линий L657, L664, L995/1 наблюдается статистически значимое снижение корневого индекса и повышение показателя корнеобеспеченности в условиях осмотического стресса. Осмотический стресс оказывает негативное по сравнению с контролем влияние на количество корней проростков линий L1110, L995/1, L657, при этом сравнение анализируемого показателя развития корневой системы проростков этих линий с показателями проростков сорта-стандарта в аналогичных условиях демонстрирует отсутствие статистически достоверных различий.

6) Линия L657 имеет высокое значение показателя корнеобеспеченности проростков в условиях хлоридного и сульфатного засоления по сравнению с сортом-стандартом и другими изученными нами линиями. Мы предполагаем, что это может быть связано с замещением 6D хромосомы мягкой пшеницы на 6A хромосому *T.dicoccum* у этой линии. Среди линий, имеющих интрогрессию генетического материала *T. timopheevii* в 2A

хромосому, высоким показателем корнеобеспеченности в условиях сульфатного засоления характеризуются проростки линии L1110, что, возможно, связано с наличием у растений этой линии, в отличие от других еще и транслокации T7DS-7DL-7Ae#1L.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Даштоян, Ю. В. Влияние засоления на морфогенез проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops columnaris*/ Ю. В. Даштоян, А.В. Калинина, В.В. Коробко // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. - 2023. - Т. 23, вып. 3. - С. 308-317.

2 Genetic classification of *Aegilops columnaris* Zhuk. ($2n=4x=28$, $UcUcXcXc$) chromosomes based on FISH analysis and substitution patterns in common wheat $\times$ *Ae. columnaris* introgressive lines / E.D. Badaeva [et al.] // Genome. - 2018.- Vol. 61, № 2. - P. 131-143.

3 Коробко, В.В. Корнеобеспеченность проростков интрогрессивных линий мягкой пшеницы в условиях засоления / В.В. Коробко, Ю.В. Даштоян, А.В. Калинина // Экспериментальная биология растений и климатические вызовы [Текст: электронный ресурс]: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием / Под ред. М.Г. Малевой, И.С. Киселевой, Г.Г. Борисовой. - Екатеринбург : Изд-во АМБ, 2024. – С. 62-63. – URL: <https://ekbofr2024-insma.urfu.ru/ru> (дата обращения 11.10.2024). – Загл. с экрана. – Яз. русс.

4 Изучение хозяйственно ценных и адаптивных признаков у линий яровой мягкой пшеницы, созданных с участием синтетических форм пшеницы / А.Е. Дружин [и др.] // Аграрный вестник Юго-Востока. - 2019. - № 3. - С. 7-10.

