

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.479.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11 июня 2024 г. № 12

О присуждении Бережневой Зое Александровне, гражданке РФ, ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Роль генов экспансинов и ксилоглюканэндотрансгликозилаз в регуляции роста корней при абиотическом стрессе» по научной специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений принята к защите 04 апреля 2024 года (протокол № 9) диссертационным советом 24.2.479.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32), приказ № 493/нк от 22.03.2023 г.

Соискатель, Бережнева Зоя Александровна, 10 февраля 1991 года рождения, в 2014 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный университет» по направлению подготовки 020400 Биология с присвоением квалификации «Магистр». В 2021 г. окончила аспирантуру по очной форме обучения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального

исследовательского центра Российской академии наук по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории геномики растений Института биохимии и генетики – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории геномики растений Института биохимии и генетики – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Кулуев Булат Разяпович, доктор биологических наук, заведующий лабораторией геномики растений Института биохимии и генетики – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Голденкова-Павлова Ирина Васильевна – доктор биологических наук (03.00.15 – Генетика), доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, лаборатория функциональной геномики, руководитель, ведущий научный сотрудник;

2. Ермошин Александр Анатольевич – кандидат биологических наук (03.01.05 – Физиология и биохимия растений), доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Уральский федеральный университет им. первого Президента

России Б.Н. Ельцина, Институт естественных наук и математики, кафедра экспериментальной биологии и биотехнологий, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН), г. Владивосток, в своем положительном отзыве, подписанном Киселевым Константином Вадимовичем – кандидатом биологических наук, руководителем лаборатории биотехнологии, ведущим научным сотрудником ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН и утвержденном директором ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, д.б.н., чл.-корр. РАН Гончаровым Андреем Анатольевичем, указала, что в диссертационной работе З.А. Бережневой использован большой объем экспериментального материала, проведено множество экспериментов по анализу роста и развития корневой системы в трансгенных растениях табака, сверхэкспрессирующих гены *EXP* и *XET* под абиотическими стрессовыми воздействиями (засоление, загрязнение тяжелыми металлами, гипотермия). Более того, авторами сделаны гистологические исследования трансгенных корней, показана их антиоксидантная способность. Работа содержит уникальные фундаментальные результаты по физиологии и биохимии растений. Некоторые результаты по устойчивости к засолению или загрязнению почвы тяжелыми металлами представляют практический интерес для получения более устойчивых сортов растений. Полученные соискателем результаты важны для развития фундаментальных представлений о росте и развитии корневой системы растений, участия в этих процессах разных генов *EXP* и *XET*. Полученные научные результаты и выводы являются обоснованными и достоверными. Это обусловлено адекватностью выбранных методических подходов, правильностью использования этих методов, хорошей выборкой экспериментальных данных, детальным описанием полученных данных. Работа выполнена на хорошем методическом уровне.

Основные результаты диссертации опубликованы в иностранных и отечественных реферируемых высокорейтинговых изданиях и доложены на многих конференциях. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертационной работы. Все использованные в работе данные получены самим автором или при непосредственном участии автора на всех этапах выполнения представленной работы.

По актуальности темы, научному уровню, теоретической и практической значимости результатов диссертационная работа отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 23.09.2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по научной специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений.

Соискатель имеет 21 публикацию по теме диссертации, из них 3 научных статьи в рецензируемых отечественных научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, и включенные в Перечень ВАК, 2 научных статьи в журналах, которые индексируются в международной базе данных Web of Science и 1 научная статья в журнале, индексируемом в базе данных РИНЦ.

Общий объем публикаций по теме диссертации 7,5 п.л., авторский вклад – 2,48 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Основные научные работы по теме диссертации:

1. Kuluev B.R., Avalbaev A.M., Mikhaylova E.V., Nikonorov Y.M., Berezhneva Z.A., Chemeris A.V. Expression profiles and hormonal regulation of tobacco expansin genes and their involvement in abiotic stress response // Journal of Plant Physiology. – 2016. – V. 206. – P. 1-12.

2. Kuluev B.R., Mikhaylova E.V., Berezhneva Z.A., Nikonorov Y.M., Postrigan B.N., Kudoyarova G.R., Chemeris A.V. Expression profiles and hormonal

regulation of tobacco *NtEXGT* gene and its involvement in abiotic stress response // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2017. – V. 111. – P. 203-215.

3. Кулуев Б.Р., Бережнева З.А., Князев А.В., Никоноров Ю.М., Чемерис А.В. Участие генов ксилоглюканэндотрансгликозилаз *PtXTH1* и *PnXTH1* в регуляции роста и адаптации растений к стресс-факторам // *Физиология растений*. – 2018. – Т. 65, № 1. – С. 34-45.

4. Кулуев Б.Р., Бережнева З.А., Михайлова Е.В., Чемерис А.В. Рост трансгенных растений табака с измененной экспрессией генов экспансинов при действии стрессовых факторов // *Физиология растений*. – 2018. – Т. 65, №2. – С. 121-132.

5. Бережнева З.А., Мусин Х.Г., Кулуев Б.Р. Рост корней трансгенных растений табака со сверхэкспрессией генов экспансинов и ксилоглюканэндотрансгликозилаз в условиях кадмиевого стресса // *Физиология растений*. – 2022. – Т. 69, № 5. – С. 522-530.

6. Бережнева З.А., Кулуев Б.Р. Рост корней трансгенных растений табака с конститутивной экспрессией гена экспансина *PnEXPA3* при действии стрессовых факторов // *Биомика*. – 2020. – Т. 12, № 4. – С. 545-551.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток. Отзыв положительный. Вопросы и замечания: 1. При знакомстве с диссертацией и списком опубликованных работ становится понятно, что авторы первоначально исследовали экспрессию генов *EXP* и *XET* в табаке под действием абиотических стрессов и фитогормонов. На мой взгляд, нужно было представить эти результаты, потому что они улучшили бы логичность и понимание выбора данных генов. 2. Авторам следовало бы более подробно описать процедуру получения трансгенных растений, особенности их отбора и хранения. 3. Известно, что при трансформации генетическими конструкциями, содержащими трансгены, которые схожи с генами

трансформируемого растения, может происходить ослабление функционирования трансгена и схожего гена растений (сайленсинг трансгенов). Исследовали ли экспрессию эндогенных генов *EXP* и *XET* в трансгенных растениях табака? 4. Хотелось бы отметить, что, на мой взгляд, сочетание буквенного обозначения и «звездочек» не понятно, например, как в рис. 3.31. Тогда желательно указывать под какой буквой рисунка использовано какое представление статистических данных. Более того, в случае «звездочек» всегда нужно указывать с чем сравниваются пробы. 5. На странице 61 подробно описано использование маркеров длины ДНК, но на рис. 3.1 они отсутствуют. Более того, нет дорожек, в которых были бы представлены результаты амплификации «отрицательных контролей» – пробы ПЦР в которые не добавлены исследуемые кДНК. Небольшие замечания: 6. Стр. 56: «20 мг ЭДТА на 10 мл H₂O для получения 5 mM ЭДТА». ЭДТА имеет молярную массу 292.2 г/М, значит на 10 мл растворителя что бы получить 5 mM раствор нужно взять около 15 мг (точнее 14.5 мг) ЭДТА, а не 20 мг. 7. Стр. 59: «кДНК строили с использованием», лучше заменить на «кДНК синтезировали с использованием». 8. Стр. 61: «инкубировали при 55-65°C», желательно указать более точно используемый температурный режим. 9. Стр. 62: «Далее центрифугировали при 14.5 тыс. об/мин» – необходимо указать марку центрифуги и используемого ротора. 10. Стр. 63: «добавляли 2-3 мкл РНК» – необходимо указать концентрацию и общий объем реакции. 11. Стр. 63: «по методу $2^{-\Delta\Delta C_T}$ (Livak et al. 2001)», заменить на «по методу $2^{-\Delta\Delta C_T}$ (Livak and Schmittgen, 2001)».

2. Официального оппонента, доктора биологических наук, доцента, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, руководителя лаборатории функциональной геномики Голденковой-Павловой Ирины Васильевны. Отзыв положительный. Вопросы и замечания: 1. Вопросы и замечания о выбранных для экспериментов линиях трансгенных растений:

(а) в чем сходство и отличие белковых продуктов генов экспансинов и ксилотрансфераз, гены которых экспрессированы в растениях? (Такая информация, на наш взгляд, была бы крайне полезной, в том числе и для обсуждения полученных результатов в диссертационной работе);

(б) следовало привести схему Т-ДНК векторной конструкции, которая использована для создания трансгенных растений;

(в) оценено ли у первичных трансформантов количество копий перенесенной Т-ДНК? Вполне возможно, что установленные отличия по ряду показателей могут быть результатом интеграции более, чем одной Т-ДНК последовательности в геном растений.

(г) почему не оценены показатели относительного уровня транскрипции целевых генов с использованием метода количественной ПЦР (qPCR), по крайней мере, в линиях трансгенных растений, которые использованы для сравнительного анализа ростовых показателей корней, оценки антиоксидантной системы? Они могли бы помочь в интерпретации данных в отличиях между линиями по исследованным компонентам антиоксидантной системы и морфологическим показателям корней.

2. Диссертант указывает «Перед началом эксперимента проводили измерение длины корней табака, а по окончании 10 дней эксперимента определяли прирост корней при норме и при действии различных стресс-факторов, по сравнению с изначальной длиной (раздел 2.11. Оценка параметров роста корней трансгенных растений табака на вертикально-ориентированных чашках Петри)», возникает вопрос – что считалось началом эксперимента – растения какого возраста? 3. В диссертации указано «Для последующих экспериментов было взято по 3 линии со сверхэкспрессией генов *NtEXPA1*, *NtEXPA5* и *NtEXGT*, 4 линии – с *AtEXPA10*, 6 линий – с *PtrXTH1* и 8 линий – с *PnEXPA3*», в дальнейшем данные по всем видам исследований представлены только для 4 линий трансгенных растений, экспрессирующих *PtrXTH1*. С чем связан выбор только 4 из 6 линий, поскольку они были отобраны по относительно

высокому уровню транскрипции целевых генов в корнях трансгенных растений? 4. На основании каких соображений (литературные данные или предварительная оценка) имитировали условия засоления с использованием в среде 50 мМ и 100 мМ NaCl? 5. В разделе «Положения выносимые на защиту» диссертант указывает «Сверхэкспрессия генов экспансинов в корнях способствует увеличению общей антиоксидантной способности, активности глутатион-S-трансферазы и аскорбатпероксидазы в условиях кадмиевого стресса». При этом, данные закономерности выявлены только для трансгенных растений, экспрессирующих в корнях гены *NtEXPA1* и *NtEXPA5* (они клонированы из растений табака!), но не для генов гетерологичного происхождения – *PnEXPA3* и *AtEXPA10*. Связано ли происхождение последовательности гена с его проявлением в растениях? Сходный вопрос и по генам ксилоглюканэндотрансгликозилаз, экспрессия которых в корнях трансгенных растений способствует увеличению общей антиоксидантной способности и активности аскорбатпероксидазы в условиях кадмиевого стресса – линии растений, экспрессирующие гены ксилоглюканэндотрансгликозилаз *NtEXGT* и *PtrXTH1*, которые имеют разное происхождение, и по некоторым исследуемым компонентам антиоксидантной системы и других потенциальных защитных систем различаются. С чем связаны эти вариации, по мнению диссертанта? Это осталось в работе без пояснения или обсуждения. Хотелось бы знать мнение диссертанта по этим вопросам.

По разделам диссертационной работе Зои Александровны Бережневой имеется ряд замечаний и пожеланий, которые могут быть учтены в дальнейших работах соискателя. По части «Обзор литературы»:

- В Обзоре литературы хорошо было бы привести рисунки и/или таблицы, в которых представляется суммированная информация по каждому из разделов.

- Обзор содержит слишком много детализированной информации, которая не относится к основным вопросам темы работы, в том числе и информацию, которая взята из известных учебников и учебных пособий.

Принципиальных замечаний по разделу «Материалы и методы» нет, однако есть ряд вопросов и пожеланий, которые могут быть учтены в дальнейших работах соискателя:

- Более рациональным было бы привести характеристику трансгенных растений, использованных в работе, чем перечисление реактивов, составов использованных стандартных растворов, в том числе буферных, зачастую приведенных без указания pH и ссылок на первоисточники. Эта информация была бы более уместной в Приложении к работе, что допускается при оформлении диссертационных работ.

Имеются по этому разделу замечания редакционного характера:

- «Промотор вируса цветной капусты 35S CaMV» более корректно – промотор 35S РНК CaMV вируса мозаики цветной капусты;

- «Рестрикционные эндонуклеазы» более профессионально – эндонуклеазы рестрикции;

- Соискатель указывает «Реакция проходила в 30 мкл раствора для проведения ПЦР с добавлением 0.1 мкг ДНК и 1 единицы HS-Taq ДНК-полимераз», но не указано добавление праймеров и в какой концентрации они были использованы.

- Подраздел 2.12. Фиксация и микроскопический анализ корней – более профессионально было бы озаглавить «Фиксация и анализ корней методом микроскопии».

- Подробное описание большинства методов, использованных для анализа состояния компонентов антиоксидантной системы трансгенных растений табака – определение супероксиддисмутазы, каталазы, аскорбатпероксидазы, гваяколпероксидазы, глутатион-S-трансферазы, восстановленного и окисленного глутатиона, содержания пролина, водорастворимых сахаров, общего растворимого белка – просто дать ссылки,

если метод использован как описано в первоисточнике, и/или указать модификацию, если таковая была использована.

Ко всем разделам диссертационной работы:

- В тексте имеются некоторые стилистические погрешности неточности и неудачные выражения, и не вполне профессиональное использование некоторых терминов и обозначений. Например, диссертант часто использует термин «сверхэкспрессия», тем не менее не ясно какие конкретно значения можно отнести к сверхэкспрессии, лучше было использовать высокий уровень экспрессии.

- Частая подмена термина «транскрипция» на термин «экспрессия». Транскрипция – это, безусловно, важный этап экспрессии генов, и ее эффективность вносит значительный вклад, однако транскрипция не единственный биологический процесс, определяющий преобразование наследственной информации от гена в функциональный продукт, прежде всего белок. Экспериментально доказано, что регуляция экспрессии проходит и на уровне трансляции.

3. Официального оппонента, кандидата биологических наук, доцента, доцента кафедры экспериментальной биологии и биотехнологий Института естественных наук и математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Уральский федеральный университет им. первого Президента Б.Н. Ельцина Ермошина Александра Анатольевича. Отзыв положительный. Имеются замечания: 1. В обзоре литературы можно не описывать строение и функции корня, которые являются общеизвестными. Данная часть обзора не влияет на понимание дальнейшего содержимого обзора и сути экспериментальной работы. Отсутствуют рисунки, схемы и таблицы. 2. Раздел с методами написан излишне подробно, при этом в описании методов есть неточности и недочеты, повторы, тогда как дизайн эксперимента описан поверхностно. 3. В результатах не всегда однозначно понятно, между какими вариантами показаны достоверные отличия. 4. Выбор опытных концентраций стрессоров

и изучаемых трансгенных линий недостаточно обоснован. 5. В работе не проведено сравнение уровня экспрессии гена со степенью выраженности наблюдаемых морфологических и физиологических отличий. Вопросы: 1. Что автор подразумевает, когда говорит о повышенном содержании транскриптов исследованных генов? Повышенных относительно чего? – экспрессии референсного гена в корне, экспрессии трансгена в корне относительно стебля или экспрессии в данной линии, относительно другой линии, с наименьшей экспрессией? 2. Можно ли выявить корреляцию между относительным уровнем экспрессии генов и приростом корней в норме и в условиях действия стрессовых факторов? 3. В заключении автор говорит, что полученные данные расширяют представление о взаимодействии компонентов клеточной стенки с антиоксидантной системой (АОС) корней. Что подразумевается под компонентами клеточной стенки? Каким образом полученные результаты говорят о взаимодействии АОС с компонентами клеточной стенки? – в работе не представлены данные об изменении в химическом составе компонентов клеточной стенки или её физических свойств. Не проведено разделения ферментов АОС на цитозольные и апопластные, ассоциированные с клеточной стенкой.

4. Кандидата биологических наук, доцента кафедры биотехнологии Института агробиотехнологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» Поливановой Оксаны Борисовны. Отзыв положительный. Вопросов и замечаний нет.

5. Кандидата сельскохозяйственных наук, доцента кафедры растениеводства, селекции растений и биотехнологии факультета агротехнологий и лесного хозяйства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет» Дмитриева Алексея Михайловича. Отзыв положительный. Вопросов и замечаний нет.

6. Кандидата биологических наук, доцента кафедры инженерной защиты окружающей среды Института гражданской защиты Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный университет» Исламовой Надежды Александровны. Отзыв положительный. Имеются вопросы и замечания: 1. Чем обоснована схема экспериментов: концентрации хлорида натрия, кадмия и величина пониженной температуры? 2. В работе рассматривались два вида генов, есть ли различия между их влиянием на обеспечение улучшенных параметров роста корней при воздействии абиотических стресс-факторов? Трансгенные растения с высоким содержанием транскриптов каких генов имеют преимущество?

7. Доктора биологических наук, доцента, руководителя научно-исследовательской лаборатории молекулярной систематики фототрофных микроорганизмов им. Л.С. Хайбуллиной, профессора кафедры биоэкологии и биологического образования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» Гайсиной Лиры Альбертовны. Отзыв положительный. Имеются вопросы и замечания: 1. В какой фазе вегетации находились растения табака во время измерения их корневой системы? 2. Почему были выбраны такие концентрации NaCl, CdAc и градусы гипотермии? 3. Опечатка на стр. 12 «часть линий... имела...».

8. Кандидата биологических наук, старшего научного сотрудника лаборатории экологической физиологии растений Института биологии – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельского научного центра Российской академии наук» Репкиной Натальи Сергеевны. Отзыв положительный. Имеются вопросы и замечания: 1. Из автореферата непонятно, с чем связан выбор нескольких видов растений для клонирования? Судя по представленным рисункам, ген экспансина, клонированный из *Populus nigra* L., чаще оказывал положительное влияние на прирост корней,

можно ли заключить, что в перспективе при клонировании генов экспансинов именно данный вид растений более перспективный? С чем может быть связаны отличия в ответных реакциях у разных линий трансгенного табака?

9. Кандидата биологических наук, ведущего научного сотрудника, руководителя группы репродуктивной биологии растений Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» Захаровой Екатерины Владимировны и кандидата биологических наук, доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории клеточной инженерии растений Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» Халилуева Марата Рушановича. Отзыв положительный. Имеются вопросы и замечания: 1. В работе сказано, что исследование проводилось на проростках и корнях проростков, но не указана фаза вегетации растений. 2. Автор использует довольно старые ссылки во введении. 3. Опечатка на стр. 12 «часть имела...».

10. Кандидата биологических наук, заведующего учебно-исследовательской лабораторией молекулярно-генетического анализа плодовых растений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет» Шамшина Ивана Николаевича. Отзыв положительный. К работе есть незначительные замечания: 1. Не указана фаза развития растений табака, при которой проведена оценка содержания транскриптов исследуемых генов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, наличием публикаций по проблематике, связанной с темой диссертации, компетенциями в вопросах, имеющих отношение к теме работы. Ведущая организация и оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований были:

- проведены комплексные исследования влияния конститутивной экспрессии генов *EXPs* и *XTHs* на рост корней при действии абиотических стресс-факторов и на различные компоненты антиоксидантной системы.

- доказано, что при высоком уровне экспрессии генов *EXPs* и *XTHs* происходит увеличение размеров клеток корней, как при нормальных условиях, так и при действии стрессовых факторов.

- выявлены изменения в антиоксидантной системе у исследуемых трансгенных растений табака, по сравнению с диким типом, в частности активности антиоксидантных ферментов (пероксидазы, глутатион-S-трансферазы, аскорбатпероксидазы, каталазы), а также по содержанию пролина, окисленного и восстановленного глутатиона как при нормальных условиях, так и при действии ацетата кадмия.

Таким образом, в работе впервые показано, что антистрессовое действие *EXPs* и *XTHs* в корнях может быть обусловлено не только влиянием на рост корневых клеток посредством стимуляции растяжения в условиях кадмиевого стресса, но и на элементы антиоксидантной системы.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования заключается в том, что знания о взаимодействии генов, белковые продукты которых участвуют в регуляции и осуществлении роста растительных организмов, а также данные об их рецепции, особенностях сигналинга и регуляции экспрессии могут способствовать разработке стратегии создания хозяйственно-ценных растений с увеличенной корневой системой, способных расти лучше при действии стрессовых факторов, таких как засоление, гипотермия и загрязнение кадмием. Исследованные гены и их ортологи могут быть использованы в качестве мишени для генно-инженерных манипуляций с целью создания потенциально высокоурожайных и стрессоустойчивых сельскохозяйственных культур. Испытанные в работе трансгенные растения табака могут быть предложены в качестве модельных для последующих

исследований функций экспансинов и ксилоглюканэндотрансгликозилаз. Результаты исследования доказывают перспективность применения полученных ранее генно-инженерных конструкций с генами *EXPs* и *XTHs* для создания трансгенных растений с потенциально улучшенным ростом корней, повышенной урожайностью и стрессоустойчивостью.

Достоверность полученных результатов и выводов проведенных исследований подтверждена использованием современных методов физиологии и биохимии растений. Для интерпретации результатов была проанализирована литература по теме диссертационного исследования. Полученные результаты соответствуют или дополняют уже имеющиеся данные из отечественной и зарубежной литературы. При анализе данных проводился статистический анализ результатов, полученных в ходе экспериментов. Для сравнения достоверности различий между диким типом и трансгенными линиями использовался тест Duncan для независимых выборок в программе Statistica 10.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в том, что направление исследований в диссертационной работе, цели и задачи определены Бережневой З.А. Автором самостоятельно изучена литература по теме диссертационной работы, а также написана рукопись диссертации. Диссертантом выполнены эксперименты по оценке содержания транскриптов изучаемых генов, по морфометрии корней, по микроскопии и сбору результатов по оценке антиоксидантной системы корней трансгенных растений табака с повышенной экспрессией генов экспансинов и ксилоглюканэндотрансгликозилаз. Бережневой З.А. самостоятельно проведена статистическая обработка. Также автор сама готовила материалы для публикаций по теме диссертационной работы.

В ходе защиты диссертации было высказано критическое замечание, касающиеся выбора вида и напряженности действия на изучаемые растения абиотических стрессовых факторов (засоление, гипотермия и загрязнение

кадмием). Соискатель Бережнева З.А. привела собственную аргументацию для ответа на данные замечания: выбор дизайна исследования и факторов стресса связан с использованием ранее этих физиологических моделей для оценки других генно-инженерных конструкций которые проводились научным руководителем и затем в лаборатории геномики растений Института биохимии и генетики УФИЦ РАН, а выбор значений концентрации хлорида натрия, кадмия и величины пониженной температуры был сделан в предварительных опытах на растениях табака дикого типа.

Диссертационный совет на заседании 11.06.2024 г. принял решение: за решение научной задачи, имеющей существенное значение для понимания вклада генов экспансинов и ксилоглюканэндотрансгликозилаз в регуляцию и обеспечение роста корней, стрессоустойчивости и оценки их влияния на компоненты антиоксидантной системы корней трансгенных растений табака при воздействии абиотических стресс-факторов, что доказывает перспективность применения полученных генно-инженерных конструкций с генами *EXPs* и *XTHs* для создания трансгенных растений с улучшенным ростом корней и повышенной стрессоустойчивостью, присудить Бережневой Зое Александровне ученую степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов биологических наук по научной специальности, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Фархутдинов Рашит Габдулхаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Григориади Анна Сергеевна

11 июня 2024 г.