АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060700 – «Биология»

Муталханов Мейрамбек Султанбекович

«Изучение цитоэмбриологических и биохимических закономерностей накопления и анализ натурального каучука в популяциях тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse)»

Общая характеристика работы: Работа посвящена изучению географического распространения популяции тау-сагыза в горной зоне Каратау, физико-химическому анализу натурального каучука, изучению морфологических, биохимических и цитоэмбриологических (количество хромосом) закономерностей его накопления, молекулярно-филогенетической идентификации тау-сагыза и изучению влияния биогумуса на рост и развития растений.

Актуальность темы исследования: Каучук является полимерным материалом стратегического значения и широко применяется в производстве автомобильных шин, медицинских изделий, конвейерных лент, герметиков, амортизаторов и других изделий, используемых в условиях динамических нагрузок. Каучуки подразделяются на натуральные и синтетические, в промышленности производится более 200 их видов. В 2025 году рынок синтетического каучука достиг 34,8 млрд долларов США, что составляет около 60 % от более чем 25 млн тонн ежегодного производства эластомеров. Однако полная замена натурального каучука на синтетический в ряде стратегически важных отраслей остаётся технологически невозможной из-за его уникальных физико-химических и механических свойств. Натуральный каучук (*цис*-1,4-полиизопрен) является полимером, получаемым из латексообразующих растений, и характеризуется высокой эластичностью, прочностью и устойчивостью к механическим воздействиям. Годовой объём его мирового производства составляет около 11–15 млн тонн. Основным коммерческим источником натурального каучука является *Hevea brasiliensis*, обеспечивающее более 90 % мирового производства. Однако, использование *Hevea brasiliensis*, тропического дерева, с высокой уязвимостью к фитопатогенам, создаёт существенные риски для стабильности рынка получения натурального каучука и его глобальных поставок. В связи с ограниченностью сырьевой базы, особую актуальность приобретает поиск альтернативных каучуконосных растений, способных синтезировать *цис*-1,4-полиизопрен. Одним из перспективных видов является *Scorzonera tau-saghyz* – многолетний полукустарник семейства *Asteraceae*, растущий в Центральной Азии. В его корнях накапливается каучук, не уступающий по качеству каучуку из гевеи. В настоящее время тау-сагыз является редким и исчезающим видом растений с узким ареалом произрастания, включённый в Красную книгу Республики Казахстан. Однако, низкий процент всхожести семян, гибель проростков в молодом возрасте, использование малоэффективных приемов агротехники выращивания, стали основными факторами, мешающими организации массового производства корней тау-сагыза на плантациях. Кроме того, открытие получения синтетического каучука в середине прошлого века, привело к тому, что все колхозы, занимающиеся выращиванием отечественных каучуконосов (тау-сагыз и кок-сагыз), были закрыты.

В связи с этим весьма актуальным является поиск научных приемов повышения всхожести семян тау-сагыза и его дальнейшего развития на плантациях, в том числе и новые агротехнические средства возделывания, которые позволяют обеспечивать устойчивое получение натурального каучука в необходимых объемах как в Казахстане, так и в мировом масштабе.

Цель: Изучение географического распространения популяции тау-сагыза в горах Каратау, и их морфолого-генетические особенности. Разработка эффективных методов выделения натурального каучука из корней тау-сагыза и оценка его физико-химических свойств. Молекулярно-филогенетическая идентификация, выявление факторов, влияющих на накопление каучука, включая физиолого-биохимические параметры и условия культивирования растений.

Задачи:

1. Определить географическое распространения популяции тау-сагыза в горной зоне Каратау, разработать метод выделения натурального каучука из сухих корней тау-сагыза и провести его физико-химический анализ.
2. Изучить морфологические, цитоэмбриологические и биохимические закономерности накопления натурального каучука в корнях тау-сагыза.
3. Провести молекулярно-филогенетическую идентификацию дикой популяции тау-сагыза, произрастающих в горах Каратау.
4. Изучить влияния сухого вермикомпоста и вермикомпостного чая на рост и развитие тау-сагыза в лабораторных условиях.

Объекты исследования: образцы из популяций *Scorzonera tau-saghyz*(тау-сагыз) произрастающие в горах Каратау.

Методы исследования:

В работе были использованы полевые, морфологические, цитологические, молекулярно-генетические, биохимические и физико-химические методы исследования. Выделение и анализ натурального каучука проводили с применением экстракционных и хроматографических методов.

Научная новизна исследования:

Впервые на основе изучения географического распространения популяции установлено, что *Scorzonera tau-saghyz* характеризуется выраженной экологически обусловленной внутрипопуляционной вариабельностью.

Установлена высокая внутрипопуляционная изменчивость по содержанию в корнях каучука, что выявляет перспективных высокопродуктивные формы для селекции. Впервые проведён элементный анализ каучука из корней тау-сагыза, включающий определение макро (Ca, K, Mg) и микроэлементов (Zn, Fe). Методами эксклюзионная хроматография по размеру, термогравиметрический анализ, инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье, и дифференциальный термогравиметрический анализ, ядерный магнитный резонанс, установлены молекулярная масса 1223.9 Mw (кг/моль) и *цис*-1,4-полиизопреновая структура. Показано перспективность водной экстракции каучука из сухих корней, как экологически безопасного и дешевого метода по сравнению с гексановой экстракцией. Установлено, что уровень накопления каучука в корнях в период фазы цветения растений, не зависит от содержания фотосинтетических пигментов. Показано, что тау-сагыз характеризуется диплоидным числом хромосом (2n = 14)

Обнаруженные SNP-полиморфизмы в ITS1-регионе кДНК, валидированные методом dCAPS, свидетельствуют о наличии генетической неоднородности популяций *Scorzonera tau-saghyz*. Выявленная начальная дифференциация может

представлять практический интерес для селекционных программ, направленных на отбор генотипов с улучшенными агрономическими признаками, включая всхожесть семян и устойчивость к стрессовым условиям.

Впервые доказана эффективность применения вермикомпоста и вермикомпостного чая для повышения всхожести семян, росту и накоплению биомассы растений.

Научная и практическая значимость работы:

Полученные результаты создают основу для совершенствования технологий получения натурального каучука и имеют важное значение в разработке альтернативных источников, способных частично заменить гевею.

Основные положения, выносимые на защиту:

1 Популяции тау-сагыза, произрастающие в горной зоне Каратау РК, характеризуются выраженной экологически обусловленной внутрипопуляционной вариабельностью, проявляющейся в изменчивости корневой системы, каудекса, вегетативных и генеративных органов (семена). В латексе и каучуке тау-сагыза содержится, статистически доказанное, повышенное, по сравнению с кок-сагызом, количество следующих макроэлементов (Ca, K, Mg) и микроэлементов (Zn, Fe). Методами SEC, ЯМР, FT-IR, TGA, DTGA и установлены высокая молекулярная масса 1223.9 Mw (кг/моль) каучука и *цис*-1,4-полиизопреновая структура.

2 Установлено диплоидное число хромосом тау-сагыза составляет (2n = 14). Уровень накопления каучука в корнях в период (фазы цветения (май)) не зависит от содержания фотосинтетических пигментов (хлорофилл–*a*, хлорофилл–*b* и каротиноиды). Биосинтез каучука в корнях начинается в начале периода летней спячки (июль-август).

3 SNP-полиморфизмы ITS1-региона кДНК, определены с помощью молекулярных маркеров dCAPS и отражают начальный уровень генетической дифференциации популяций *Scorzonera tau-saghyz*.

4 Эффективность применения вермикомпоста и вермикомпостного чая проявляется в повышение всхожести семян на (68,3 ± 4,68%). В контрольной группе масса надземной части *S. tau-saghyz* в среднем составляла 83,3 ± 6,3 мг, тогда как в эксперименте она была в три раза больше, в среднем 252 ± 18,1 мг. В контрольной группе средняя масса надземной части растения составляла 220 мг; в эксперименте она составляла 476 мг, что в 2,19 раза больше.

Личный вклад автора

Диссертационная работа является завершенным научным трудом. Автор принимал участие во всех этапах - анализе литературных данных, постановке цели и задач исследования, выборе методов, проведении полевых и экспериментальных работ, обработке и обсуждении результатов, подготовке предложений и написании рукописи.

Связь работы с планом государственных программ

Научные исследования диссертационной работы выполнены в рамках научно-исследовательского проекта грантового финансирования: AP05134291 «Секвенирование генома (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse) и ассоциативное картирование генома по признаку содержания каучука». Научный руководитель д.б.н., проф. Богуспаев.К.К.

Апробация научной работы:

Основные результаты исследований и достижения диссертационной работы были изложены на международных научных конференциях и опубликованы в изданиях:

- Международная конференция студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» (2018 г., Алматы, Казахстан);
- Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологической генетики и экспериментальной биологии» (Казахстан, Алматы, 25 января 2018);
- Международная конференция студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» (6 - 9 апрель 2020г., Алматы, Казахстан);
- Международная научно-практическая конференция " Современные проблемы биотехнологии: от лабораторных исследований к производству» (4-5 июнь, 2021 Алматы, Казахстан);
- Сборники материалов круглого стола "Междисциплинарное исследование генетических процессов: настоящее и будущее" (2023, Алматы, Казахстан);
- Международная научно-практическая конференция «Биотехнология окружающей среды и аспекты, и инновации биоэнергетики» (12-13 февраля 2021 г. Алматы, Казахстан);
- Международная конференция студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» (10-11апрель 2019 ж., Алматы, Казахстан);
- Международный симпозиум "Астана Биотех 2018" (2018, Астана, Казахстан).

Публикации: Основное содержание работы диссертации освещено в 18 печатных работах, в том числе 5 статей в Международных журналах базы Scopus с высоким импакт-фактором, 3 национальных патента на интеллектуальную собственность. В научных журналах из списка комитета по контролю в сфере образования и науки опубликованы 2 статьи, а также 8 тезисов на международных конференциях и симпозиумах. Автор самостоятельно изучал литературные данные по изучаемым проблемам, проводил определение целей и задач исследования, экспериментальные исследования, статистическую обработку и анализ результатов исследования, написание диссертации.

Полученные в работе результаты позволяют сделать следующие выводы:

1 Исследованы особенности распространения популяций *Scorzonera tau-saghyz* в горной системе Каратау, экологические условия местообитаний и агрохимические свойства почв. Установлена экологически обусловленная изменчивость морфологических признаков вида. Разработаны методы механической водной и гексановой экстракции натурального каучука из высушенных корней. Методами FTIR, SEC, ЯМР, TGA и DTGA подтверждены *цис*-1,4-полиизопреновая структура и высокая молекулярная масса натурального каучука (Mw = 1223,9 кг/моль), а также определено содержание макро- (Ca, K, Mg) и микроэлементов (Zn, Fe).

2 Изучены морфологические, цитогенетические и биохимические закономерности накопления натурального каучука в корнях *Scorzonera tau-saghyz*. Установлено диплоидное число хромосом (2n=14). Содержание каучука в корнях варьировало от 8,3 до 38,7% сухой массы и зависело от морфологических особенностей растений и экологических условий. Статистически значимой связи между содержанием фотосинтетических пигментов и накоплением каучука не выявлено.

3 На основе последовательностей ITS1 проведена молекулярно-филогенетическая идентификация популяций *Scorzonera tau-saghyz*. SNP-полиморфизмы подтверждены методом dCAPS, выявлены начальная генетическая дифференциация популяций и более высокий уровень генетической изменчивости восточной популяции Каратау.

4 Экспериментально доказано положительное влияние вермикомпоста и вермикомпостного чая на всхожесть семян и рост проростков *Scorzonera tau-saghyz*. Их применение способствует повышению всхожести, усилению роста корневой и надземной частей, накоплению биомассы и может быть использовано при разработке технологий культивирования данного вида.

Структура диссертации:

Диссертационная работа состоит из 122 страниц компьютерного текста, знаков и аббревиатур, введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, результатов исследования и их обсуждения, заключения и источников использованной литературы. Работа включает 14 таблиц, 43 рисунков и 1 приложения.