

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Мещановой Анны Геннадьевны
«Технология изготовления биологически активных препаратов на основе
тополя бальзамического, обладающих стимулирующей активностью»,
представленной на соискание степени
доктора философии (PhD) по образовательной программе
8D07102- Химическая технология органических веществ

Актуальность темы. Современное сельское хозяйство сталкивается с множеством вызовов, включая необходимость повышения урожайности, устойчивости растений к стрессовым факторам и снижения негативного воздействия агрохимикатов на окружающую среду. В этом контексте использование биологически активных препаратов на основе растительного сырья становится всё более актуальным. Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), известный своими уникальными химическими и биологическими свойствами, представляет собой перспективный источник для создания таких препаратов.

Одной из ключевых проблем сельского хозяйства Северного Казахстана является влияние неблагоприятных климатических условий на производство зерновых культур. Яровые зерновые подвержены экстремальным природным факторам. В период всходов посевов возможно влияние низких температур, во время кущения и выхода в трубку наблюдается засуха, на следующих этапах – выпадение избыточных осадков и наступлению холодов. В таких условиях возникает риск полегания посевов и снижение урожайности из-за создания благоприятной среды для развития инфекционных заболеваний.

Использование биостимуляторов различной природы рассматривается как перспективное направление устойчивого земледелия, способствующее повышению урожайности без негативного воздействия на окружающую среду. Растения являются ценным источником биологически активных веществ (БАВ), таких как витамины, алкалоиды, гликозиды, сапонины, дубильные вещества, полисахариды (пектины, инулин, клетчатка, крахмал), флавоноиды, смолы, эфирные и жирные масла, органические кислоты, фитонциды, пигменты и другие соединения, обладающие стимулирующим действием.

Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо разработать эффективные, экологически безопасные и экономически оправданные решения, что является задачей современного сельского хозяйства и биотехнологии. В этом контексте изучение влияния природных биостимуляторов на рост и развитие растений приобретает особую значимость. Применение биостимуляторов на основе растительных экстрактов становится все более популярным благодаря их природному происхождению, отсутствию негативного воздействия на окружающую среду и возможности использования возобновляемого сырья.

Растительные экстракты давно зарекомендовали себя как эффективные стимуляторы роста растений, иммуномодуляторы и средства защиты от патогенов. Тополь бальзамический, благодаря высокому содержанию биологически активных веществ - флавоноидов, фенольных соединений, дубильных веществ и эфирных масел - имеет значительный потенциал для применения в сельском хозяйстве. Эти вещества могут стимулировать рост растений, улучшать их устойчивость к неблагоприятным условиям и защищать от болезней и вредителей. В то же время отходы деревоперерабатывающей промышленности тополя остаются практически неиспользованными, что представляет собой перспективный источник доступного сырья для производства биостимуляторов.

Актуальность изучения технологий изготовления препаратов на основе тополя бальзамического определяется необходимостью поиска эффективных, безопасных и экологически устойчивых решений для сельского хозяйства.

Изучение новых методов извлечения БАВ, таких как баротермический, а также исследование воздействия полученных препаратов на основе тополя бальзамического на семена различных сельскохозяйственных культур, имеет значительный потенциал для практической реализации в аграрной сфере. Разработка технологий, использующих отходы промышленности, соответствует принципам устойчивого развития и снижает себестоимость получаемых препаратов.

Таким образом, исследование, направленное на разработку технологии производства биостимуляторов на основе экстрактов тополя бальзамического, отвечает современным требованиям сельского хозяйства, биотехнологии и экологии, что делает данную тему актуальной и значимой. Важным аргументом в пользу получения биологически активных веществ из тополя является экологичность такого решения, поскольку в процессе лесозаготовок образуется много неиспользованных отходов (кора, ветки, древесина, листья, почки).

Объекты исследования:

Вегетативная часть тополя бальзамического (кора, ветки, древесина, листья, почки).

Цель диссертационной работы: разработать технологию производства новых фитопрепаратов на основе биологически активных веществ *Populus balsamifera* L., обладающих ростостимулирующей активностью.

Задачи исследования:

1. Провести сравнительный анализ качественного состава густых субстанций, полученных из почек тополя экстракционным и баротермическим методами;
2. Провести сравнительный анализ качественного и количественного состава основных групп БАВ в экстрактах, полученных из почек, листьев, сережек, веточек тополя бальзамического;
3. Разработать способ получения сухого экстракта из вегетативной части тополя бальзамического;

4. Установить ростостимулирующую активность препаратов тополя бальзамического (из почек тополя и его вегетативной части) по отношению к семенам различных сельскохозяйственных культур.

Методы исследования:

Комплекс физико-химических методов исследования включал: баротермический способ получения густой субстанции, экстракцию, различные виды хроматографии, ИК-спектроскопию (ИК-спектрометр Varian 660), УФ-спектроскопию (Spectruquant Prove 300, Merck), ВЭЖХ-МАСС-спектрометрию (жидкостный хроматограф Agilent 1100 Series LC/MSD), качественные реакции на компоненты экстракта, концентрирование экстрактов на ротационном испарителе ИР-1ЛТ.

Способ получения густой субстанции из почек тополя, обладающей ростостимулирующей активностью, баротермическим методом позволяет, в отличие от метода экстракции, получать ценные вещества без использования органических растворителей, включает в себя такие преимущества, как безопасность продукта, отсутствие необходимости использования легковоспламеняющихся дорогостоящих растворителей, пожаробезопасность. Метод является экономически эффективным, так как существенно сокращает время извлечения БАВ. Баротермическая установка на основе медицинского автоклава позволяет получать густую субстанцию в промышленном масштабе.

Способ получения экстракта тополя бальзамического (включая почки, листья, кору и ветки) с ростостимулирующей активностью основан на измельчении растительного сырья, экстракцию этанолом, фильтрацию и упаривание для получения концентрированного продукта.

Эффективность экстракта обусловлена наличием биологически активных соединений, таких как флавоноиды, кумарины, сапонины, полисахариды и аминокислоты, которые способствуют стимуляции роста растений.

Научная новизна работы и теоретическая значимость диссертации:

1. Отработаны методики спектрометрического количественного определения флавоноидов в почках тополя *Populus Balzamifera*. Определено содержание флавоноидов в почках тополя в зависимости от времени их сбора. Наибольшая концентрация флавоноидов зафиксирована в почках, собранных в марте, и составляет 10,62% от массы сухого сырья.

2. Разработаны оптимальные условия получения максимального выхода густой субстанции баротермическим способом: давление 1,8 атм, подача сырья - высота слоя до 7 см, время обработки сырья - не более 2 часов. Впервые составлены оптимизированные технологические блок-схемы получения густой субстанции из почек тополя бальзамического экстракционным и баротермическим способом. Проведена стандартизация готового продукта (субстанции из почек тополя).

3. Разработаны оптимизированные схемы исследования вещества, включающие баротермический и экстракционный способы. Экстракция флавоноидов из смолки тополя осуществляется с использованием хлористого метилена, а последующая обработка этилацетатом позволяет эффективно выделить гиббереллины, обладающие ростостимулирующей активностью.

Рассчитана концентрация флавоноидов, выделенных баротермическим и экстракционным способами, в пересчёте на кверцетин 0,0038 г/мл и 0,0036 г/мл соответственно. Определены основные компоненты густого экстракта и их количественное содержание: 2',6'-дигидрокси-4'-метоксихалкон - 2,67 %, 3,4-дигидро-2',6'-дигидрокси-4'-метоксихалкон - 2,33 %, пинобаксин - 1,91 %, хризин - 0,76 %, пиностробин - 0,04 %, пиноцембрин - 0,61 %, тектохризин - 0,54 % и галангин - 0,18 % от сухого материала.

4. Впервые проведен сравнительный анализ экстрактов из почек, листьев, веточек, сережек и отходов деревопереработки тополя бальзамического. Определен качественный и количественный состав основных групп биологически активных веществ (флавоноиды, танины, кумарины, сапонины, аминокислоты, полисахариды) в исследуемых экстрактах, а также в суммарных экстрактивных веществах, выделенных из них. Впервые установлена оптимальная длительность экстракции для данных экстрактов. Проведен сравнительный анализ ИК-спектров полученных экстрактов. Проведен анализ содержания хлорофиллов в полученных экстрактах.

5. Впервые осуществлен подбор эффективных технологических параметров и разработаны технологический процесс и стандарт организации получения сухого экстракта из растительного материала *Populus Balsamifera L.* в лабораторных условиях.

6. Впервые составлены технологические регламенты и рассчитано экономическое обоснование производства сухого экстракта из *Populus Balsamifera L.* Определено, что цех, спроектированный для производства сухой субстанции из растительного сырья *Populus balsamifera L.* с расчетной мощностью 1792 кг в год, обеспечит прибыль в размере 12 479 933 тенге и окупится в течение 3,5 лет. Разработаны Стандарт организации СТ ТОО 110540015567-01-2024, технологический процесс ТП. СЭ. 000.001 и проведено экономическое обоснование производства сухого экстракта.

7. Изучена радиопротекторная активность выпаренного экстракта тополя. Установлено, что густой экстракт, нанесенный на защитные экраны, изготовленные на основе бумаги, оказывает значительный радиозащитный эффект. При нанесении экстракта тополя толщиной 0,5 мм мощность проникающего излучения составляет 78 %; при нанесении экстракта тополя толщиной 1 мм - 48 %.

8. Проведено изучение ростостимулирующей активности экстракта, полученного из почек тополя и отходов деревоперерабатывающей промышленности. Изучено влияние густой субстанции почек тополя бальзамического на прорастание семян томатов и рост рассады, эффективность действия стимулятора роста на семенную продуктивность льна северного, эффективность действия стимулятора роста на семенную продуктивность льна северного. Впервые исследована ростостимулирующая активность экстракта из отходов деревоперерабатывающей промышленности на семенах пшеницы. Изучено влияние экстракта, полученного из отходов деревоперерабатывающей промышленности на физиолого-биохимические показатели и продуктивность сои, сахарной свеклы, огурцов.

Технический результат

1. Разработка эффективной технологии извлечения БАВ

Оптимизация методов выделения биологически активных веществ (БАВ) из тополя бальзамического с применением экстракционных и баротермических методов.

2. Снижение себестоимости производства

Использование отходов деревоперерабатывающей промышленности в качестве сырья для получения экстрактов, что обеспечивает экологичность и экономическую эффективность технологии.

3. Повышение эффективности биостимуляторов

Создание фитопрепаратов с высокой ростостимулирующей активностью, подтвержденной при тестировании на семенах различных сельскохозяйственных культур.

4. Комплексное использование сырья

Проведение сравнительного анализа экстрактов из вегетативной части растения (почки, кора, листья, сережки) для их рационального использования.

5. Экологическая безопасность

Предложение безопасного способа утилизации древесных отходов через их переработку в полезные продукты, что снижает нагрузку на окружающую среду.

Практическое применение результатов

Разработка универсальных фитопрепаратов на основе тополя бальзамического, предназначенных для широкого применения в сельском хозяйстве, с акцентом на повышение всхожести семян и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Технический результат обеспечивает научно обоснованную базу для внедрения разработанных фитопрепаратов в аграрную практику и способствует расширению ассортимента экологически чистых биостимуляторов.

Личный вклад автора заключается в выборе направления и постановке исследований, теоретическом обосновании задач, осуществлении экспериментальной работы, обработке материалов, интерпретации и обсуждении полученных результатов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Проведен сравнительный анализ получения густой субстанции из почек тополя бальзамического баротермическим и экстракционным способом, анализ качественного и количественного содержания основных групп БАВ в полученных субстанциях. Установлены оптимальные условия получения максимального выхода густой субстанции баротермическим способом: давление 1,8 атм, высота слоя - 7 см, время обработки сырья - 2 часа.
2. Выделены флавоноиды, содержащихся в смолке тополя путем разделения густых субстанций на индивидуальные компоненты, с последующей спектральной идентификацией. Определены основные компоненты густого экстракта и их количественное содержание: 2',6'-дигидрокси-4'-метоксихалкон

- 2,67 %, 3,4-дигидро-2',6'-дигидрокси-4'-метоксихалкон - 2,33 %, пинобаксин - 1,91 %, хризин - 0,76 %, пиностробин - 0,04 %, пиноцембрин - 0,61 %, тектохризин - 0,54 % и галангин - 0,18 % из сухого материала.

3. Разработан технологический процесс и стандарт организации получения сухого экстракта из отходов деревоперерабатывающей промышленности *Populus Balzamifera*.

4. Проведено изучение ростостимулирующей активности фитопрепаратов, полученных из почек тополя и отходов деревоперерабатывающей промышленности.

Апробация работы. Основные положения диссертации представлены на международных научно-практических конференциях: «Молодежь и наука-2022», посвященной 85-летию Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева (Петропавловск, 2022), X Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы математики и естественных наук», посвященной 75-летию доцента Р.А. Акбердина (Петропавловск-Барнаул-Сургут-Новосибирск, 2022), IV Международная научно-практическая интернет-конференция «Вопросы развития сфер образования, науки и культуры: теория, практика, опыт» (Нур-Султан, 2022), VIII Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации» (Москва, 2022), X Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации» (Москва, 2022), XLV Международная научно-практическая конференция «Eurasia Science» (Москва, 2022), International Scientific Conference on Actual Problems of the Chemistry of Natural Compounds Dedicated to the 80th Anniversary of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, 2023), Jubilee International conference «70 YEARS UCTM» (Sofia, 2023), 16th World Congress on Polyphenols Applications (Malta, 2023).

Получены акты испытаний по результатам опытных работ по оценке эффективности воздействия природного стимулятора роста, развития и защиты растений от заболеваний - экстракта тополя на процесс выращивания пшеницы твердой жемчужина Сибири, пшеницы мягкой Омская - 35 в Карагандинской области, Нуринский район, Жараспайский сельский округ, село Жараспай.

По результатам опытных работ по оценке эффективности воздействия природного стимулятора роста, развития и защиты растений от заболеваний - экстракта тополя на процесс выращивания пшеницы мягкой Новосибирской, льна в Северо-Казахстанской области, район Г. Мусрепова, село Ялты.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 8 разделов, заключения, списка использованных источников из 241 наименований, содержит 220 страниц текста, 37 рисунков и 63 таблицы.

Во введении обоснована актуальность темы. Отмечено, что разработка технологии получения биологически активных препаратов на основе бальзамического тополя из отходов древесины семейства Ивовые позволит расширить ассортимент стимуляторов роста. Определены цель, задачи, объект

и предмет исследования, раскрывается научная новизна, практическая значимость работы, приведены методы исследования.

В первом разделе описан химический состав растений *POPULUS BALZAMIFERA* L., изучен теоретический материал по выделению БАВ из растительного сырья и применение растительных экстрактов в качестве биостимуляторов.

Второй раздел включает в себя описание методики спектрометрического количественного определения флавоноидов в почках тополя *Populus Balzamifera*. Установлено содержание флавоноидов в почках тополя в зависимости от времени сбора.

В третьем разделе представлены оптимальные условия получения максимального выхода густой субстанции баротермическим способом. Приведены оптимизированные технологические блок-схемы получения густой субстанции из почек тополя бальзамического экстракционным и баротермическим способом.

В четвертом разделе представлены результаты изучения качественного состава веществ, полученных из почек тополя экстракционным и баротермическим методами, приведены результаты анализа состава экстрактов методом ИК спектрометрии и хроматографии.

В пятом разделе представлен сравнительный анализ экстрактов из почек, листьев, веточек, сережек и отходов деревопереработки тополя бальзамического. Приведены результаты анализа качественного и количественного состава основных групп биологически активных веществ (флавоноиды, танины, кумарины, сапонины, аминокислоты, полисахариды) в исследуемых видах экстрактов и выделенных из них суммы экстрактивных веществ.

В шестом разделе представлен анализ осуществления подбора эффективных технологических параметров и разработки технологической схемы получения сухого экстракта из растительного материала *Populus Balzamifera* в лабораторных условиях. Приведены технологические регламенты и рассчитано экономическое обоснование производства выделения суммарных сухого экстракта из *Populus Balzamifera*.

Седьмой раздел включает в себя изучение радиопротекторной активности выпаренного экстракта тополя. Представлены результаты, что густой экстракт, нанесенный на защитные экраны, изготовленные на основе бумаги, оказывает значительный радиозащитный эффект.

В восьмом разделе представлено изучение ростостимулирующей активности экстракта, полученного из почек тополя и отходов деревоперерабатывающей промышленности. Изучено влияние густой субстанции почек тополя бальзамического на прорастание семян томатов и рост рассады, эффективность действия стимулятора роста на семенную продуктивность льна северного, эффективность действия стимулятора роста на семенную продуктивность льна северного. Приведены исследования ростостимулирующей активности экстракта из отходов деревоперерабатывающей промышленности на семенах пшеницы.

В заключении представлены основные выводы по результатам проведенного комплекса экспериментальных исследований.

Личный вклад автора. Личный вклад автора заключается в проведении теоретических и экспериментальных исследований, обосновывающих основные положения, выносимые на защиту, также автору принадлежит значимая роль при обобщении и анализе полученных результатов.

Описание вклада докторанта в подготовку научных публикаций. Диссертант является автором–корреспондентом (corresponding author) всех научных статей, изданных по результатам проведенных исследовательских работ. По результатам диссертационной работы опубликовано 19 научных трудов, в том числе 8 статей, 9 докладов на международных и республиканских конференциях, получено 2 патента РК.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.х.н., профессору кафедры «Химия и химические технологии» Северо-Казахстанского университета имени М. Козыбаева, Полякову Владилену васьильевичу и зарубежному научному консультанту д.х.н, профессору Института химии и химико-фармацевтических технологий Алтайского государственного университета, г. Барнаул, Базарновой Наталье Григорьевне за неоценимую поддержку и консультации в ходе диссертационных исследований.