АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе **Марат Адель Канаткызы** на тему:
«Разработка биотехнологии получения почвенной добавки на основе бурого угля для повышения урожайности картофеля», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05105 – Биотехнология»

Общая характеристика работы. Данное научное исследование посвящено разработке органоминеральной почвенной добавки, представляющей важное значение для земледелия, и оценке возможности её применения для стимулирования роста и повышения урожайности картофеля. В работе изучены физико-химические свойства композитной смеси на основе летучей золы угля и гуминовой кислоты, а также её влияние в сочетании с ризобактериями на механическую структуру почвы, химические параметры и микробиологическую активность. В ходе исследования была установлена эффективность применения композита для повышения плодородия почвы, а также дана оценка его влияния на рост, развитие и качественные показатели картофеля. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и внедрении в аграрную практику органоминеральных почвенных добавок, направленных на оптимизацию качества почвы и повышение продуктивности земледелия.

Актуальность темы. В настоящее время ухудшение экологического состояния почв в мире и растущий спрос на продукцию сельского хозяйства требуют поиска новых, эффективных и экологически безопасных методов восстановления плодородия почв. Для многих регионов Казахстана особенно актуальны такие проблемы, как эрозия почв, снижение содержания органического вещества и ухудшение их физико-химических свойств.

Угольная промышленность Казахстана широко развита, ежегодно предприятия вырабатывают значительные объёмы летучей золы и угольных отходов. Большая часть этих отходов в настоящее время используется неэффективно, что приводит к возникновению экологических проблем. Вместе с тем переработка таких промышленных отходов с целью использования их в сельском хозяйстве в качестве почвенных добавок обладает значительным потенциалом. Летучая зола угля и гуминовые кислоты, выделенные из угля, способны улучшать физико-химические свойства почв, повышать их плодородие, благоприятно влиять на рост и развитие растений, а также усиливать активность почвенной микробиоты. Так, в составе летучей золы содержатся необходимые для растений элементы, такие как калий, кальций, магний и фосфор. Зола способствует снижению кислотности почв, улучшает их структуру и стимулирует микробиологическую активность.

Гуминовые кислоты – это группа высокомолекулярных органических соединений (65–70 %), образующихся в результате разложения остатков растений и животных. Они улучшают структуру почвы, регулируют обмен питательных веществ, повышают буферные свойства почв, снижают

токсичность тяжёлых металлов и уменьшают поступление вредных веществ в растения. Содержание гуминовых кислот в буром угле может составлять от 30 до 80 %.

Комплексное применение летучей золы угля и гуминовых кислот может стать эффективным, экологически чистым и доступным источником почвенных добавок для сельского хозяйства. Особенно перспективно использование такой технологии при возделывании картофеля, который является одной из важнейших сельскохозяйственных культур продовольственного рынка Казахстана.

Ризобактерии – это группа полезных микроорганизмов, обитающих в ризосфере растений, которые способствуют их росту, фиксируют азот, переводят фосфор и калий в доступные для растений формы, подавляют развитие фитопатогенных микроорганизмов и повышают устойчивость растений к стрессовым условиям. Комплекс на основе летучей золы угля, гуминовых кислот и ризобактерий способствует восстановлению экосистемы почвы и активизации микробиоценоза.

Применение почвенной добавки на основе летучей золы, гуминовых кислот и ризобактерий с целью повышения урожайности и качества картофеля, а также оптимизации биологических и физико-химических свойств почвы представляет собой актуальную задачу для науки и практики сельского хозяйства. Настоящее исследование направлено на решение одной из экологических проблем угледобывающей отрасли Казахстана и на разработку эффективных методов восстановления плодородия почв.

Целью данного исследования является разработка композитной почвенной добавки на основе летучей золы угля, гуминовой кислоты и ризобактерий, а также исследование её влияния на физико-химические и биологические свойства почвы, а также на рост и урожайность картофеля.

Задачи исследования:

1. Подготовить и провести характеристику исходных материалов, включая угольную летучую золу и гуминовую кислоту, выделенную из бурого угля.
2. Выделить и идентифицировать ризобактерии, определить их азотфиксирующую и фосфоросолюбилизирующую активность.
3. Получить композитную почвенную добавку на основе угольной летучей золы и гуминовой кислоты и исследовать её физико-химические свойства, включая элементный состав, рентгеноструктурный анализ, сканирующую электронную микроскопию, а также изучить её сорбционные свойства.
4. Изучить изменения физико-химических и микробиологических свойств почвы под действием композитной добавки и ризобактерий, включая содержание питательных элементов, ферментативную активность и численность микроорганизмов.
5. Оценить воздействие композитной добавки и ризобактерий на рост и урожайность картофеля.

Объекты исследования. Образцы летучей золы были получены на угольной электростанции в Аксу (Павлодарская область, Казахстан, координаты: 52°07'04.9"N 76°52'30.7"E).

Гуминовая кислота была выделена из бурого угля, добытого в открытых шахтах Экибастузского бассейна (координаты: 51°41'08.0"N 75°27'26.0"E).

Культуры ризобактерий были выделены из корней растений, произраставших на угольно-загрязненных участках в районе Экибастуза.

Методы исследования. В исследовании использовались как традиционные, так и современные микробиологические методы. В частности, для идентификации штаммов ризобактерий применен метод молекулярно-генетической идентификации с использованием секвенирования гена 16S рРНК по Сэнгеру. Свойства летучей золы угля, бурого угля и почвенной композитной добавки исследовались с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), термогравиметрического и дифференциального сканирующего калориметрического анализа, рентгенофлуоресцентного анализа, рентгенодифракции, метода Брунауэра-Эммета-Теллера, элементного анализа и порозиметрического анализа по Брунауэру. Физические (влажность, плотность, водопроницаемость, пористость) и химические (pH, содержание азота, фосфора и калия) характеристики почвенных образцов определялись наряду с ферментативной активностью. Для картофеля определялись биохимические показатели: содержание крахмала, витамина С, восстанавливающих и общих сахаров, количество нитратов, а также содержание белка и влажность.

Научная новизна. Впервые разработана композитная добавка на основе угольной летучей золы, гуминовой кислоты и ризобактерий и проведено всестороннее исследование её комплексного воздействия на почву и картофель. Научно обосновано положительное влияние компонентов композита на физико-химические свойства почвы и на биологическую активность её микробиоты. Предложенный комплексный подход может стать важным инструментом для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Исследование закладывает основы для разработки экологически безопасных и эффективных технологий переработки угольных отходов и формирования устойчивой научно-практической базы.

Теоретическая и практическая значимость. Исследование научно обосновывает роль композитной добавки на основе летучей золы, гуминовой кислоты и ризобактерий в улучшении агрохимических свойств почвы. Полученные данные расширяют теоретические представления о механизмах действия органоминеральных почвенных добавок и важны для развития биотехнологий в сельском хозяйстве и для учёта эколого-экономических аспектов использования почв. С практической точки зрения определены возможности использования угольных отходов для создания экологически безопасных, дешёвых и эффективных почвенных добавок.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Проведенное исследование демонстрирует, что летучая зола обладает высокой способностью к взаимодействию с гуминовой кислотой, что

сопровождается увеличением её адсорбционной активности при нейтральном pH. При этом гуминовая кислота, адсорбированная на летучей золе, способна к постепенному высвобождению (десорбции), что целесообразно учитывать при разработке биофункциональных почвенных добавок.

2. В условиях смарт-сельского хозяйства наряду с эффективными органоминеральными добавками, обогащёнными макро- и микроэлементами, необходимы методы биостимуляции роста растений, основанные на использовании источников биологически активных соединений. Ризобактерии известны как биоинокулянты и являются важной составляющей почвенного микробиома. Применение ризобактерий при создании композитов на основе угольной летучей золы и гуминовой кислоты способствует сохранению и улучшению плодородия почвы. В рамках данного исследования были выделены и использованы два штамма ризобактерий: *Pseudomonas koreensis* и *Achromobacter* sp., способные к фиксации азота и мобилизации фосфатов, что усиливает биологическую активность почв.

3. В качестве сырья использована угольная летучая зола, полученная при сжигании угля Екибастузского угольного месторождения (Аксуская ТЭЦ, Павлодарская область), а также гуминовая кислота, выделенная из этого же угля. Превращение золы и органических компонентов в почвенную добавку обеспечивает экологический эффект (снижение риска загрязнения среды) и агрономическую ценность, способствуя росту растений.

Связь с программами научных исследований. Работа выполнена в рамках проектов, финансируемых Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (AP13268305) и Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764907).

Личный вклад диссертанта. Все этапы работы – создание композита, определение его свойств, анализ почвы и микробиоты, мониторинг роста картофеля, обработка результатов и разработка выводов – выполнены автором самостоятельно. Методы и достоверность полученных данных всесторонне проанализированы и научно обоснованы.

Апробация работы. Отдельные разделы работы обсуждались на научных семинарах кафедры. Замечания и предложения учтены при доработке диссертационного исследования.

Публикации:

Основные результаты работы были опубликованы в 5 научных трудах, из которых 3 статьи вошли в авторитетную международную базу данных Scopus: *Biology* (71%, SJR 0.815), *ES Materials & Manufacturing* (98%, SJR 0.621), *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics* (55%, SJR 0.230). 2 научных тезиса были опубликованы в материалах конференций.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 115 страницах, содержит 26 рисунков и 23 таблицы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, результатов, выводов и приложений. Список литературы включает 320 источников.

Выводы:

1. В результате физико-химической характеристики исходных материалов установлено, что угольная летучая зола (УЗ Аксуской ТЭЦ) содержит в составе основные компоненты: SiO_2 – 59,74% и Al_2O_3 – 27,44%, а её частицы имеют размеры: d_{10} – 4,3 μм, d_{50} – 31,5 μм и d_{90} – 86,0 μм. Гуминовая кислота выделенная из бурого угля, содержит 75,1% гумусовых веществ и характеризуется наличием функциональных групп (C=O, C-O, COOH и др.), подтверждённых ИК-спектроскопией. Установленные свойства подтверждают пригодность материалов для создания почвенных композитов.

2. Из ризосферы растений, произрастающих в углезагрязненных районах Экибастузского месторождения (Павлодарская область, Республика Казахстан), были выделены и идентифицированы ризобактерии: – *Pseudomonas koreensis* Pas1 и *Achromobacter* sp. Jps2. Определено, что они обладают азотфиксирующей и фосфоросолюбилизирующей активностью, что позволяет использовать их как биофункциональные компоненты в составе почвенных добавок.

3. Получена композитная почвенная добавка на основе угольной летучей золы и гуминовой кислоты. Проведена комплексная характеристика физико-химических свойств: элементный состав, рентгеноструктурный анализ, сканирующая электронная микроскопия. Исследование сорбционных свойств по изотермам Фрейндлиха показало высокую аффинность к гуминовым кислотам, что подтверждает её эффективность в качестве сорбционного и структурного компонента для улучшения почв.

4. Совместное внесение композита К-Г (летучая зола + гуминовая кислота, 1 г/кг) в виде сухой добавки и ризобактерий в виде суспензии (1×10^8 КОЕ/кг, 1:50 w/w) способствовало улучшению физико-химических свойств почвы. Влагоудерживающая способность увеличилась с 45,3 % до 54,2%, водопроницаемость – с $1,93\times10^{-5}$ см/с$^{-1}$ до $3,35\times10^{-5}$ см/с$^{-1}$, а содержание P_2O_5 выросло на 10 %, а K_2O – на 23 % по сравнению с контролем. Ферментативная активность по дегидрогеназе повысилась с 16,2 до 28,1 мкг TPF г$^{-1}$ · сут$^{-1}$, по полифенолоксидазе – с 32,3 до 38,9 мг пурпурогаллина г$^{-1}$ · 2 ч$^{-1}$

5. Применение композита и ризобактерий оказало положительное влияние на рост и урожайность картофеля. В зависимости от варианта применения высота растений увеличилась в среднем на 18,35%. Использование композита обеспечило повышение общей массы клубней в среднем на 8,16 %. Применение угольных мелиорантов также способствовало улучшению качественных показателей клубней: содержание крахмала увеличилось с 16,55±0,01% (в контроле) до 16,65%±0,01%, а содержание витамина С – с 13,750,01%% до 16,250,01%%. Обработка почвы способствовала активизации морфофизиологических процессов картофеля, что привело к улучшению фенологических показателей и, как следствие, к повышению урожайности.