

АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе Акильдиновой Айнура Кайратбековны
«Применение плазмы барьерного разряда для модификации функциональных диэлектрических и биологических материалов»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D072300-Техническая физика»

Общая характеристика работы. Диссертационная работа посвящена исследованию газоразрядной плазмы барьерного разряда и ее применения для модификации функциональных диэлектрических и биологических материалов.

Актуальность темы.

Диэлектрический барьерный разряд (ДБР) – это разряд, который зажигается в узком газовом зазоре между плоскими или коаксиальными электродами, один из которых или оба покрыты диэлектриком. Особенностью данного вида разряда является то, что он генерируется при атмосферном давлении и в комнатных условиях, не нуждаясь в массивном вакуумном оборудовании. Это делает предпочтительным использование диэлектрического барьерного разряда для генерации плазмы атмосферного давления в таких сферах, где необходимо покрытие и обработка больших площадей и материалов. Также к достоинству диэлектрического барьерного разряда можно отнести получение низкотемпературной, так называемой "холодной" плазмы атмосферного давления. Плазма атмосферного давления, генерируемая диэлектрическим барьерным разрядом, широко исследуется в течение последних лет, что связано с ее применением во многих областях, например, в медицине, агропромышленности, для очищения воды, обработки поверхности различных материалов и в нанотехнологии.

Одним из видов разряда, генерирующих низкотемпературную плазму атмосферного давления, является диэлектрический барьерный разряд. Технологическое применение диэлектрического барьерного разряда является весьма обширным. Особенно можно выделить применение данного вида разряда в нанотехнологии, медицине и агропромышленности, что связано с возможностью обработки термочувствительных образцов, таких как полимеры, наноматериалы и биологические организмы.

Развитие агропромышленности в мире связано с новыми технологиями, необходимыми для выращивания и хранения сельскохозяйственных культур. Как известно, защита от болезней и вредителей, стимуляция роста семян – важная часть технологии выращивания агрокультур. Предпосевная обработка семян – один из важнейших элементов технологии выращивания агрокультур, позволяющий повышать их всхожесть и защищать от вредителей. Кроме того, предпосевная обработка семян предупреждает появление и распространение ряда заболеваний в период роста и развития растений. В настоящее время возрастает роль физических методов предпосевной

обработки семян, что обусловлено острой необходимостью получения экологически безопасной продукции и снижения пестицидной нагрузки.

Одним из перспективных физических методов предпосевной обработки семян является обработка низкотемпературной плазмой атмосферного давления. Плазменная обработка является альтернативой химической предпосевной обработке семян и обеспечивает экологически чистый метод устранения вредителей семян. Для обработки семян используется широкий спектр источников плазмы, таких как радиочастотные разряды, объемный диэлектрический барьерный разряд (ОДБД), диэлектрический копланарный поверхностный барьерный разряд (ДКПБР) и тд. На сегодняшний день из многочисленных видов физических методов предпосевной обработки семян ряд ученых выделяет обработку семян агрокультур плазмой диэлектрического барьерного разряда, так как данный тип разряда генерируется при атмосферном давлении, обладает высокой биологической активностью плазмы и имеет газокинетическую температуру около 300 К, что дает возможность исключить термальный эффект при обработке плазмой данного разряда семян агрокультур. В данном случае, не ионизирующее излучение низкой энергии и многочисленные реактивные частицы, в том числе активные формы кислорода и азота, генерируемые плазмой, могут быть использованы, чтобы вызвать желательные изменения в широком спектре развития физиологических процессов в растениях, повышение устойчивости семян к стрессу и болезням, изменение структуры семенного слоя, повышающее проницаемость семенного слоя и стимулирующее прорастание семян.

Согласно исследованиям ряда ученых плазма диэлектрического копланарного поверхностного барьерного разряда может влиять на всхожесть семян агрокультур следующим образом: обеззараживание семян путем дезактивации вредоносных микроорганизмов и бактерий, что может значительно улучшить качество посева, внесение изменений в структуру поверхности семян, повышение гидрофильности, тем самым способствовать поглощению воды семенем; изменение химического состава обработанных образцов путем внедрения радикалов; стимуляция роста семян за счет выработки ферментативных антиоксидантов, необходимых для устойчивости в различных стрессовых условиях. Растительные организмы вырабатывают особые вещества, называемые ферментами или энзимами. Эти вещества обладают способностью вызывать и ускорять химические реакции, происходящие в живых организмах. Учеными исследуется один из видов ферментов, именуемый каталаза, так как он расщепляет перекиси с образованием молекулярного кислорода, то есть, разлагает вредные для организма перекиси, тем самым защищая организм от внешних расстройств. Также существует несколько видов ферментов, катализирующих реакции гидролиза, иначе гидролазы. К ним относится фермент альфа-амилаза, под действием которого происходит гидролиз крахмала с образованием декстринов и мальтозы, что влияет на дальнейший рост растений.

Идея данной работы заключается в исследовании плазмы диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении применительно к технологии модификации диэлектрических и биологических материалов, путем изучения динамики макрочастиц, биологического отклика образцов на воздействие плазмы, изучения дезинфицирующих свойств и влияния на смачиваемость зерен.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами фундаментальных научно-исследовательских работ (НИР): «Разработка научно-технологических основ повышения роста растений и урожайности зерновых культур с помощью обработки холодной плазмой атмосферного давления» 2018-2020 гг., шифр ИРН АР05134280, «Исследование свойств и влияния холодной плазмы атмосферного давления на поверхности материалов» 2015-2017 гг., шифр 3220/ГФ4.

Цель работы – исследование свойств плазмы барьерного разряда применительно к технологии предпосевной обработки семян зерновых культур и технологии обработки проточной воды для различных приложений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- изучить электрические и оптические свойства, микроразрядную структуру плазмы барьерного разряда; изучить динамику и взаимодействие отдельных сферических макрочастиц, функциональных диэлектрических и биологических материалов с плазмой поверхностного барьерного разряда;
- исследовать влияние плазмы барьерного разряда на биологические материалы, в частности на посевные качества, активность гидролизного фермента альфа-амилазы зерен пшеницы и ее применение в технологии предпосевной обработки семян;
- исследовать влияние обработки плазмой барьерного разряда на заражение бактериями и микроскопическими грибами семян пшеницы; исследовать воздействие плазмы атмосферного давления на характеристики проточной воды.

Объектами исследования являются плазма поверхностного барьерного разряда при атмосферном давлении и функциональные диэлектрические, биологические материалы.

Предмет исследования – статическая и динамическая вольт-амперные характеристики диэлектрического копланарного поверхностного барьерного разряда, эмиссионные спектры разряда, структура ДКПБР, влияние обработки плазмой атмосферного давления на динамику макрочастиц функциональных диэлектрических материалов, влияние на биологические материалы, в частности на семена и их прорастание, биохимический состав и на дезинфекцию поверхности семян.

Методы исследования. При решении задач, необходимых для достижения поставленной цели, использовались следующие методы: методы оптической диагностики плазмы, такие как оптико-эмиссионная спектроскопия, методы диагностики электрических характеристик разряда,

методы диагностики поверхностных характеристик образцов сельскохозяйственных культур, в том числе электронная микроскопия, измерение смачиваемости образцов путем измерения контактного угла; методы измерения процента прорастания, параметров роста, метод измерения постоянной массы путем использования аналитического баланса; методы анализа биохимических свойств образцов сельскохозяйственных культур.

Новизна работы. Новизна и оригинальность работы заключается в том, что в ней впервые

- изучено взаимодействие отдельных сферических макрочастиц различных функциональных диэлектрических материалов с микроразрядными каналами поверхностного разряда и их динамика в процессе перемещения частиц по поверхности разрядной ячейки, предположено наличие электрогидродинамического эффекта, который может вызывать эффективный перенос долгоживущих реактивных форм кислорода и азота (RONS), что приводит к разрушению поверхностных тонких слоев материалов;

- исследовано влияние газоразрядной плазмы атмосферного давления на биологические материалы, в частности на активность фермента альфа-амилазы семян пшеницы на ранней стадии прорастания и проанализирована связь между временем обработки плазмой, активностью альфа амилазы и биометрическими параметрами проростков, применительно к технологии предпосевной обработки; показана связь между улучшением биометрических параметров проростков за счет биохимических изменений в семенах из-за воздействия активных форм азота и кислорода плазмы.

- продемонстрировано, что оптимальное время обработки плазмой для максимальной всхожести семян не коррелирует с необходимым временем обработки для полного уничтожения патогенных микроорганизмов на их поверхности.

Научно-практическая значимость работы. Полученные в диссертационной работе результаты представляют ценность для развития физики низкотемпературной плазмы и использования низкотемпературной плазмы атмосферного давления в агропромышленности.

Значимость полученных результатов подтверждается публикациями в международных рецензируемых изданиях и участием на регулярных международных конференциях, а также постоянным интересом к проводимым исследованиям со стороны международных академических кругов.

Положения, выносимые на защиту:

1. С включением плазмы барьерного разряда ускорение перемещения макрочастиц вдоль наклонной поверхности установки при мощности 260 Вт снизилось при угле наклона 5° на 36-47%, 10° на 13-30%, 15° на 2-6%, 20° на 3-9% в зависимости от материала макрочастиц.

2. Обработка семян пшеницы плазмой барьерного разряда в течение 5-15 с при мощности 260 Вт приводит к увеличению всхожести семян на 20%

за счет повышения активности гидролизного фермента альфа - амилаза до 1,0 мМЕ - мг⁻¹ белка из-за активного воздействия реактивных форм кислорода и азота.

3. Воздействие плазмой барьерного разряда при мощности 260 Вт на семена пшеницы длительностью до 300 с увеличивает смачиваемость поверхности зерен и уменьшает количество патогенных грибов и бактерий.

Личный вклад автора заключается в том, что значительный объем выполненных работ, в том числе разработка, сборка, наладка и модернизация экспериментальных установок, подбор метода исследования, проведение экспериментов и анализ полученных данных выполнены автором самостоятельно. Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научными руководителями.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

В диссертационной работе использовались известные и апробированные экспериментальные методы, такие как методы исследования электрических свойств плазмы (осциллографирование тока и напряжения), оптические методы диагностики (оптико-эмиссионная спектроскопия, высокоскоростная фотосъемка). Также достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждаются публикациями в журналах дальнего зарубежья с высоким импакт-фактором и в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, и в трудах международных научных конференций ближнего и дальнего зарубежья.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 14 печатных работ: 3 в журналах из Перечня ККСОН МОН РК для опубликования основных результатов диссертации на соискание ученой степени PhD и 3 статьи в журналах дальнего зарубежья с импакт-фактором, входящих в международный информационный ресурс Web of Science (Clarivate Analytics, США) и Scopus (Elsevier, Нидерланды); 7 работ в материалах Международных научных конференций и 1 инновационный патент.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 3 разделов, заключения и списка использованных источников из 141 наименований, содержит 93 страницы основного компьютерного текста, включая 50 рисунков и 10 таблиц.