

ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ Ag, Ti, Au, Zn, Fe, Se ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ В МЕДИЦИНСКИХ И АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Фоминов Д.Э. (ИТМО), Щербинина К.Э. (ИТМО)

Научный руководитель – ассистент, м.н.с. Карлагина Ю.Ю. (ИТМО)

Введение. Использование шовных материалов для соединения тканей сопряжено с риском развития воспалительных процессов, вызванных бактериальной инфекцией. Наиболее распространенным методом профилактики таких заражений является применение антибиотических препаратов. Однако рост числа бактерий, устойчивых к антибиотикам [1], [2], а также нежелательные побочные эффекты, такие как аллергические реакции и токсические эффекты [3] повышают необходимость использования альтернативных методов. Одним из таких методов является использование шовного материала с антибактериальными (а/б) свойствами. Существующие способы придания таких свойств (использование биоактивных ингредиентов, покрытий, пропиток) имеют ряд недостатков: низкая эффективность подобных нитей и необходимость их вторичного использования, их слабая прочность и гибкость [4]. В связи с этим встает вопрос о необходимости разработки новых методов придания а/б свойств. Вышеозвученная проблема также актуальна и для агропромышленного комплекса, где последнее время наблюдается снижение эффективности использования традиционных удобрений. Чрезмерное их употребление не только ведет к "привыканию" растений, что снижает урожайность и несет дисбаланс минеральных элементов, но и к загрязнению окружающей среды, эвтрофикации водных экосистем и нарушению биоразнообразия в почве. Кроме того, длительное и интенсивное применение минеральных удобрений является причиной деградации почвенного покрова и накопления в нем токсичных соединений [5].

В работе предлагается использовать наночастицы (НЧ) спектра металлов, противомикробное действие которых доказано [6], для придания антибактериальных свойств медицинскому шовному материалу, и НЧ, стимулирующие рост растений и благоприятно влияющие на бактерицидные свойства [7] для оптимизации посевных характеристик семян сельскохозяйственных культур. Глобально, можно выделить три этапа на пути реализации данной идеи: I - разработка способа генерации НЧ металлов в жидкости и поиск оптимальных параметров лазерного воздействия для перфорации семян; II - исследование а/б свойств материала-основы для шовного материала и анализ влияния коллоидов на скорость всхожести замоченных в них семян; III - разработка технологии создания резорбируемого шовного материала с а/б свойствами и методики использования коллоидных растворов в предпосевной, посевной и послепосевной обработке. В данном докладе будут представлены результаты работы по первому этапу проекта.

Таким образом, целью данной работы является поиск диапазона режимов лазерного воздействия для генерации коллоидов Ti, Ag, Au, Zn, Fe, Se в дистиллированной воде и физиологическом растворе и их применение в предпосевной обработке семян пшеницы. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: 1) синтезировать раствор НЧ металлов методом лазерной абляции в дистиллированной воде; 2) изучить возможность синтеза раствора НЧ металлов этим же способом в физиологическом растворе; 3) исследовать свойства полученных коллоидов в зависимости от параметров лазерного излучения и среды абляции; 4) оценить влияние полученных коллоидов на энергию прорастания (дружность всходов) и скорость всхожести семян, предварительно обработанных лазерным излучением.

Основная часть. В качестве источника излучения использовался лазерный комплекс на базе Yb-волоконного лазера ($\lambda = 1,06$ мкм). Материалами для абляции были выбраны следующие металлы: серебро (99,9%, 999 проба), цинк (99,97%), золото (999 проба), железо (99,9%), титан

BT1-0 (99,2-99,7%), селен (99,9%). Размер образцов соответствовал размеру кювет, в которых проходила лазерная абляция. Перед абляцией материал подвергался механической полировке с помощью мини-дрели и полировочных паст LUXOR, а также проходил очистку в ультразвуковой ванне Сапфир в дистиллированной воде в течение 20 минут. В качестве среды абляции использовались дистиллированная вода и физиологический раствор (водный раствор NaCl 0,9%). Характеризация полученных растворов наночастиц проводилась методом динамического рассеивания света, методом сканирующей электронной микроскопии и методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии с предварительным капельным осаждением коллоидов на кремниевые пластины. Эксперименты по оценке всхожести культур проводились на семенах пшеницы мягкой (яровой) *Triticum aestivum* L. сорта "Каменка", выложенных на фильтровальную бумагу. Проращивание семян проводилось при температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге по ГОСТ 12038-84.

Заключение. Проведены экспериментальные исследования по определению оптимальных режимов лазерного излучения для генерации НЧ металлов, таких как Ti, Ag, Au, Zn, Fe, Se в жидкой среде. Изучено влияние параметров лазерного излучения (плотность мощности, длительность импульса, время воздействия) на свойства коллоидных растворов (размер НЧ, концентрация). Для каждого материала подобраны режимы лазерного воздействия, обеспечивающие генерацию НЧ в соответствии с требуемыми характеристическими параметрами. Определен режим лазерного воздействия, позволяющий осуществлять перфорацию семян, что благоприятно влияет на скорость всхожести семян пшеницы. Исследовано влияние коллоидов на этот процесс. Полученные результаты являются важными, так как именно они определяют возможность проведения основного исследования согласно цели всего проекта.

Работа выполнена в рамках НИР магистров и аспирантов Университета ИТМО №624128 "Перспективные лазерные технологии для науки, промышленности и биомедицины".

Список используемых источников:

1. Syukri D. M. et al. Antibacterial functionalization of nylon monofilament surgical sutures through in situ deposition of biogenic silver nanoparticles //Surface and Coatings Technology. – 2021. – Т. 413. – С. 127090.
2. Syukri D. M. et al. Antibacterial-coated silk surgical sutures by ex situ deposition of silver nanoparticles synthesized with Eucalyptus camaldulensis eradicates infections //Journal of Microbiological Methods. – 2020. – Т. 174. – С. 105955.
3. Кабешев Б. О., Бонцевич Д. Н., Васильков А. Ю. Антибактериальный шовный материал //Хирургия. Восточная Европа. – 2012. – №. 3. – С. 294-296.
4. Li Y. et al. Advances, challenges, and prospects for surgical suture materials //Acta Biomaterialia. – 2023.
5. Kanningini A. G. et al. Metal nanoparticles in agriculture: A review of possible use //Coatings. – 2022. – Т. 12. – №. 10. – С. 1586.
6. Sánchez-López E. et al. Metal-based nanoparticles as antimicrobial agents: an overview //Nanomaterials. – 2020. – Т. 10. – №. 2. – С. 292.
7. Paramo L. A. et al. Nanoparticles in agroindustry: Applications, toxicity, challenges, and trends //Nanomaterials. – 2020. – Т. 10. – №. 9. – С. 1654.