

УДК 632.981

## АНАЛИЗ И ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУР СЕРЕБРА КАК МЕТОД БОРЬБЫ С МИКОЛОГИЧЕСКИМИ АГЕНТАМИ РАСТЕНИЙ

Сергеенков С.В. (ЦМИТ Нанолаб), Салахов А.А. (ЦМИТ Нанолаб)

Научный руководитель – Рябиков В.В.

(АНО ДО «Кванториум НЭЛ»)

**Введение.** Во все времена существовала проблема заражения растений фитопатогенными культурами грибов. Примерами могут служить такие микроскопические грибы. На данный момент в промышленных масштабах, проблему заболеваний решают применением фунгицидов [1, 2]. К сожалению, многие фунгициды при неправильном применении оказываются малоэффективными или высокотоксичными. Также их применение в некоторых случаях негативно влияет на пчелиные семьи: пчёлы могут погибнуть, их мёд при использовании определённых фунгицидов становится токсичным [3].

Аналогичные проблемы возникают при черенковании растений. И если у некоторых растений период укоренения очень мал и проблема не способна проявить себя, то при размножении длительно укореняемых культур всплывает на поверхность.

**Основная часть.** Один из вариантов решения проблемы — создание фунгицида, применимого на различных этапах развития растения, основанного на действии ионов серебра на фитопатогенные культуры, с применением солей или иных источников ионов серебра. Недостаток такого решения – токсичность ионов серебра [45]. Предлагаемый способ решения проблемы – покрытие их веществом, ограничивающим растворение серебра в растворе, но при этом проницаемое для видов – мишеней. Такими оболочками были выбраны полимеры (в первую очередь, целлюлоза). Дело в том, что многие фитопатогенные грибы, выделяют ферменты, способные катализировать разрушение целлюлозы. Подбирая правильную толщину защитного слоя, возможно добиться такого эффекта, что при появлении клеток грибов – мишеней, выделяющих ферменты, катализирующие разложения защитного слоя частица серебра попадает в окружающую среду, где растворяется [6] и взаимодействует с видом-мишенью сначала приостанавливая рост, а затем и вовсе убивая клетку. Такому воздействию будут подвержены такие микроскопические грибы, как: *Ustilago nigra* Tarpe, *Uncinula necator*, *Erysiphe graminis*, *Erysiphe communis*, *Erysiphe cichoracearum*, *Septoria lycopersici*.

Для синтеза наночастиц серебра применялся цитратный метод Туркевича [7], модернизированный для работы с серебром. Полученные частицы анализировались путём снятия оптического и электронного спектра в диапазоне от 190 до 1000 нм. Пик поглощения пришёлся на 435 – 445 нм, что соответствует размеру частиц 60-80 нм.

Создание целлюлоз-серебрянных агломератов проводилось путём осаждения целлюлозы из раствора в гидроокиси натрия при изменении рН в присутствии наночастиц. Для этого раствор алкалицеллюлозы смешивался с раствором наночастиц, после чего добавлялась уксусная кислота, нейтрализующая едкий натр. Полученные агломераты исследовались методами оптической светлоразночной микроскопии. Их размер составил 10-20 мкм.

Для изучения свойств как полученных препаратов, так и чистых наночастиц, готовился гель, содержащий загуститель (карбоксиметилцеллюлозу), индолил-3-масляная кислоту и непосредственно сам препарат. В качестве экспериментальной культуры выбраны черенки батата – наиболее неприхотливой в укоренении культуры. Все черенки после окунания в препарат помещались в воду и на солнечный свет. Затемнение корневой зоны отсутствовало.

Для проверки воздействия препаратов на культуры разработан эксперимент с дифференциальным нанесением препаратов на питательную среду с нанесёнными спорами фитопатогена. Использовалась культура рода *Penicillium*, питательная среда – картофельно-глюкозный агар.

**Выводы.** В результате месячного наблюдения за поведением корневой массы экспериментальных черенков отмечено, что «чистые» ионы серебра в виде  $\text{AgNO}_3$  даже в присутствии фитогормона подавляют развитие корневой массы, что подтверждает токсичность ионов серебра и неприменимость подобных препаратов в качестве фунгицидных на растениях. Образцы, обработанные препаратом, содержащем агломераты показали средний результат, сравнимый с контрольным образцом. Наилучший результат показала группа, обработанная раствором, содержащим наночастицы серебра, что может свидетельствовать о вторичных механизмах синтеза ауксинов под действием коллоидного серебра. Данное утверждение планируется проверить экспериментом с большей выборкой.

В результате проверки эффективности препаратов на чистых культурах плесневых грибов обнаружено, что ни наночастицы серебра, ни агломераты, не оказывают достаточно эффективного влияния на культуру. Вероятно, это связано с достаточно крупным размером используемых частиц – 60-80 нм. Для ускорения процесса окислительного растворения наночастиц возможно их уменьшение до размеров 15-20 нм.

В рамках этой работы проведён анализ существующих методов борьбы с фитопатогенными грибами, описаны механизмы воздействия серебра на них. Синтезирована суспензия гибридных агломератов, которые возможно применять для борьбы с грибковыми инфекциями на растениях, а также защиты микрорастений от грибковой культуры. Разработанный препарат после доработки возможно применять не только в растениеводстве. Также возможно его использование в грибоводстве, для борьбы с патогенной для культурных грибов микрофлорой.

Крайне низкая эффективность наночастиц серебра в отношении культуры плесневых грибов может быть объяснена крупным размером полученных частиц. При уменьшении размерностей частиц увеличится площадь взаимодействия с окружающей средой и, как следствие, повысится эффективность растворения. Частицы таких размеров возможно получить иными методами, к примеру, методом боргидридного синтеза.

#### **Список использованных источников:**

1. Тузов, В. К. Методы борьбы с болезнями и вредителями леса / В. К. Тузов, Э. М. Калиниченко, В. А. Рябинков. — Москва, 2003
2. Репин, Н. А. Характеристика фунгицидов различного состава / Н. А. Репин. — Владимир : Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
3. Гранкин Н.Н. / Влияние пестицидов на пчелиные семьи // Орловский государственный университет имени И. С. Тургеневаг. Орёл, Россия
4. Букина Ю. А., Сергеева Е. А. / Антибактериальные свойства и механизмы бактерицидного действия наночастиц серебра
5. Петрицкая Е.Н., Абаева Л.Ф., Рогаткин Д.А., Литвинова К.С., Бобров М.А. / К вопросу о токсичности наночастиц серебра при пероральном введении коллоидного раствора // Альманах клинической медицины No 25'2011
6. Хо, Чи-Мин, Самми Кинг-Ун Яу, Чун-Нам Лок, Ман-Хо Со и Чи-Мин Че / Окислительное растворение наночастиц серебра биологически соответствующими окислителями: кинетические и механические исследования // Chem. Asian J. Chemistry - An Asian Journal 5.2 (2010): 285-93
7. Сидельников, В. С. Получение наночастиц серебра для использования их в электрохимическом анализе: специальность 18.03.01 «Химическая технология»: БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА / Сидельников Владимир Сергеевич; «Национальный исследовательский томский политехнический университет», Институт природных ресурсов. — Томск, 2017. — 54 с.