ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ НА МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Коява Э.Ю.,
магистрант ТГУ им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация
Научный руководитель – Захарова О.В., канд. биол. наук, доцент

В связи с быстро растущим спросом на инженерные наночастицы (НЧ) и их применением в сельском хозяйстве, биотехнологиях, медицине и других областях [1], актуальным является изучение их экологической безопасности. Среди наиболее часто используемых можно выделить НЧ на основе меди [2], которые в основном предлагаются как противомикробные агенты, в том числе в составе пестицидов [3]. Наиболее популярными тест-объектами, при оценке безопасности НЧ, являются микроорганизмы [4]. Микроорганизмы играют важную роль в экосистемах, участвуя в разложении органических веществ, а также взаимодействуя с другими организмами [5]. В нашем исследовании в качестве модельного объекта были выбраны дрожжи *Saccharomyces cerevisiae,* не обладающие патогенными свойствами. Таким образом, целью данной работы была оценка влияния НЧ CuO на рост колоний микроскопических грибов *S. cerevisiae*.

Материал и методы. Для культивирования дрожжей использовали агар Чапека-Докса модифицированный (Condalab, Испания) с добавлением дисперсий НЧ. В работе применяли НЧ CuO, полученные методами химического осаждения – CuO(ХО) [6], электрического взрыва проводника – CuO(ЭВ) (ООО "Передовые порошковые технологии", Россия) и ещё один коммерческий образец, приобретённый в компании Sigma-Aldrich – CuO(КО) (США). НЧ CuO(ХО) имели хлопьевидную морфологию, диаметр отдельных частиц от 50 до 200 нм, толщина 10-20 нм. Образец CuO(ЕЕ), состоял в основном из сферических частиц диаметром 20-90 нм. CuO(КО) имели стержнеобразную морфологию длиной 100-200 нм и диаметром 30 × 70 нм.

Для приготовления дисперсий отвешивали навеску НЧ (0.1 г) и всыпали её в ёмкость с дистиллированной водой (100 см^3) и обрабатывали ультразвуком в течение 10 минут. Из полученной суспензии (1 г/дм^3) путём разбавления готовили суспензии с концентрациями 100 и 10 г/дм^3. Также в работе оценивали влияние стабилизатора. Использовали неионогенное ПАВ Тритон Х-100 (Yacoo Science Co., Китай). Приготовление суспензий осуществляли по ранее упомянутой схеме, но уже с использованием дистиллированной воды, содержащей 0,0005% Тритон Х-100. Внесение НЧ в культивационную среду осуществляли путём частичной замены (10 см^3 на 1 дм^3) дистиллированной воды на дисперсии НЧ. Итоговые рабочие концентрации: 1, 10 и 100 мг/дм^3. Для оценки влияния ПАВ на микроорганизмы тестировали раствор Тритон Х-100 в концентрации, содержащейся в питательной среде – 0,00005%. Определение количества клеток проводили методом Коха [7]. Подсчёт колоний проводили с использованием автоматического счётчика колоний Scan-500 версия 8.0.7.0. (InterSCIENCE, Франция).

Результаты и их обсуждение. Проведённое исследование показало, что для всех типов НЧ в максимальной концентрации (100 мг/дм^3) наблюдалось ингибирование роста *S. cerevisiae*. Титр КОЕ/мл CuO(ХО), CuO(ЭВ) и CuO(КО) составил 2,64*10^8, 2,47*10^8 и 2,41*10^8, соответственно. Индекс роста для концентрации НЧ 10 мг/дм^3 CuO(ХО) составил 46,5%, CuO(ЭВ) – 71,4%, CuO(КО) – 63,4%. Таким образом, показатель фунгицидной эффективности CuO(ХО) 10 мг/дм^3 составил 53,5% CuO(ЭВ) 10 мг/дм^3 – 28,7%, CuO(КО) 10 мг/дм^3 – 36,6% по отношению к контролю. При минимальной концентрации (1 мг/дм^3) рост колоний составил 81,1% в случае с CuO(ЭВ), CuO(ХО) – 84,7% и CuO(КО) – 78,65%. В вариантах с концентрацией 100 мг/дм^3 дисперсии НЧ CuO, стабилизированных Тритоном, выявлено антимикотическое действие НЧ. Так, например, в варианте с НЧ CuO(КО) КОЕ/см^3 – 1,51*10^8. Низкий показатель роста микроорганизмов установлен в варианте

CuO(ХО) 10 мг/дм^3, стабилизированных Тритон Х-100 – 37,7%. При 10 мг/дм^3 CuO(ЭВ) и CuO(КО), стабилизированных Тритоном, также отмечено снижение роста *S. cerevisiae*, на 80,4% и 76,9%, соответственно. При минимальной концентрации (1 мг/дм^3) НЧ титр КОЕ/мл составил CuO(ХО) – 4,56*10^8, CuO(ЭВ) – 4,58*10^8, CuO(КО) – 4,68*10^8. При использовании раствора Тритона Х-100 индекс роста *S. cerevisiae* составил 88% (КОЕ/мл 5,07*10^8), значение фунгицидной эффективности – 12%. Как видно из представленных результатов, наибольший противомикробное действие оказали НЧ CuO(КО), что вероятно связано с их стержнеобразной формой и маленьким диаметром [8].

Заключение. Таким образом, для всех вариантов НЧ CuO отмечено дозозависимое подавление роста *S. cerevisiae*, достигавшее максимума (более 50%) при 100 мг/дм^3. Использование стабилизатора Тритон Х-100 усиливало фунгицидные свойства НЧ. Наиболее выраженным эффектом (73,8%) обладали НЧ CuO(КО) 100 мг/дм^3, стабилизированные Тритоном. Помимо этого, в ходе эксперимента были определены морфолого-физиологические признаки *S. cerevisiae*, образовавшие на твёрдой питательной среде точечные, бесцветные, округлые, гладкие колонии, однородной структуры и плотной консистенции.

Исследования по получению и исследованию дисперсий наночастиц CuO были поддержаны Российским научным фондом, грант № 24-16-20039. Исследование фунгицидных свойств наночастиц CuO выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема 1023080200005-3-1.6.19).

1. Shitova, E.S., Makarov, F.V., Pertsev, A.A. et al. Review of the promising applications of nanoparticles in various industries // Nanoindustry. 2023, № 16, no. 1. P. 30–40.

2. Lan, X., Duan, Zh., Wang, Y., Xu, J. Развитие методов синтеза катализаторов на основе меди для реакции дегидрирования (обзор) // Нефтехимия. 2019, Т. 59, № 6-1. С. 609–617.

3. Цицуашвили, В.С., Минкина, Т.М., Невидомская, Д.Г., Раджпут, В.Д. и др. Воздействие наночастиц меди на растения и почвенные микроорганизмы (обзор литературы) // Вестник аграрной науки Дона. 2017, № 3(39). С. 93–100.

4. Павлинова, А.С., Авдейчева, М.И. Биологические методы исследования токсичности наночастиц металлов. Материалы XI Международной студ. науч. конференции «Студенческий научный форум». URL: https://scienceforum.ru/2019/article/2018012337 (дата обращения: 23.02.2025).

5. Jobard, M., Rasconi, S., Sime-Ngando, T. Diversity and functions of microscopic fungi: A missing component in pelagic food webs // Aquat. Sci. 2010, № 72:255-26. P. 255–268.

6. Eslami, A., Modanlou, N., Hosseini, S., Abbasi, M. Synthesis and Characterization of CuO Nanoparticles by the Chemical Liquid Deposition Method and Investigation of its Catalytic Effect on the Thermal Decomposition of Ammonium Perchlorate // Cent. Eur. J. Energ. Mater. 2017, № 14. P. 152–168.

7. Смирнова, Н.Н. Основы микробиологии и биотехнологии // Учебное пособие по выполнению лабораторных работ для студентов по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность». Набережные Челны: НЧИ К(П)ФУ, 2018. С. 144.

8. Lee, J. H., J. E. Ju, B. I. Kim, P. J. Pak, E. K. Choi, H. S. Lee, and N. Chung. "Rod-Shaped Iron Oxide Nanoparticles Are More Toxic Than Sphere-Shaped Nanoparticles to Murine Macrophage Cells." Environ Toxicol Chem 33, no. 12 (2014): 2759–66.

ЗООГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КАРАБИДОКОМПЛЕКСОВ РЕКИ ПЛИСА

Кудрявцев А.С.,
студент 4 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь
Научный руководитель – Солодовников И.А., канд. биол. наук, доцент

Одной из основных групп почвенной мезофауны являются жуки-жужелицы семейства Carabidae, чутко реагирующие на любые изменения среды. Эти жесткокрылые являются прекрасными индикаторами почвенно-растительных условий локальной природной среды в местах исследования. А их относительно хорошая изученность географического распространения жужелиц и наличие среди них большого числа нелетающих видов, имеющих ограниченные ареалы, делает жужелиц очень удобным объектом для зоогеографических построений [1]. Нами рассмотрены зоогеографическая структура карабидокомплексов в прибрежных биоценозах реки Плиса. Цель проведения исследования заключается в выявлении и типизации ареалов видов жужелиц береговых