

## ВЛИЯНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ СЕЛЕНА И СЕРЕБРА НА РАСТЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ *IN VITRO*

О.А. Ножкина<sup>1</sup>, А.И. Перфильева<sup>1</sup>, А.Г. Павлова<sup>2</sup>, И.А. Граскова<sup>1</sup>, Б.Г. Сухов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,  
Иркутск, e-mail: alla.light@mail.ru

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, pavlovaantonina2013@yandex.ru

<sup>3</sup>ФГБУН Иркутский институт химии СО РАН, Иркутск, e-mail: boris\_sukhov@mail.ru

Нами синтезирован ряд наноконпозитов различного состава. Наночастицы селена или серебра упакованы в следующие полимерные матрицы природного происхождения: природный полисахарид из Лиственницы Сибирской – арабиногалактан, крахмал, гуминовые вещества (пеллоиды, угли, сланцы). По результатам ранее проведенных экспериментов был выявлен бактериостатический и бактерицидный эффект исследуемых наноконпозитов (Папкина и др., 2015, Perfileva et al., 2017; Перфильева и др., 2018). Для возможности применения наноконпозитов в целях оздоровления картофеля от патогенных бактерий нами были проведены исследования на растениях картофеля *in vitro*. На первом этапе был изучен наноконпозит селена и арабиногалактана с содержанием селена 1,23%, полученный из неорганического предшественника. Не было выявлено негативного эффекта наноконпозита селена и арабиногалактана на прирост и активность пероксидазы картофеля (Parkina et al., 2015). Далее мы исследовали влияние наноконпозитов серебра и гуминовых веществ на вегетацию и жизнеспособность картофеля.

Эксперименты проводили на картофеле *in vitro* сорта Лукьяновский. Микроклональное размножение пробирочных растений осуществляли с помощью черенкования на агаризованной питательной среде Мурасиге-Скуга (4,2 г/л) с добавлением 30 г/л сахарозы, 1 мл/л пиридоксина, 1 мл/л тиамина и 1 мл/л феруловой кислоты, рН 5,8–6,0. Черенки культивировали при 26 °С, освещенности 5–6 кЛк. Черенкование проводили через 20 дней.

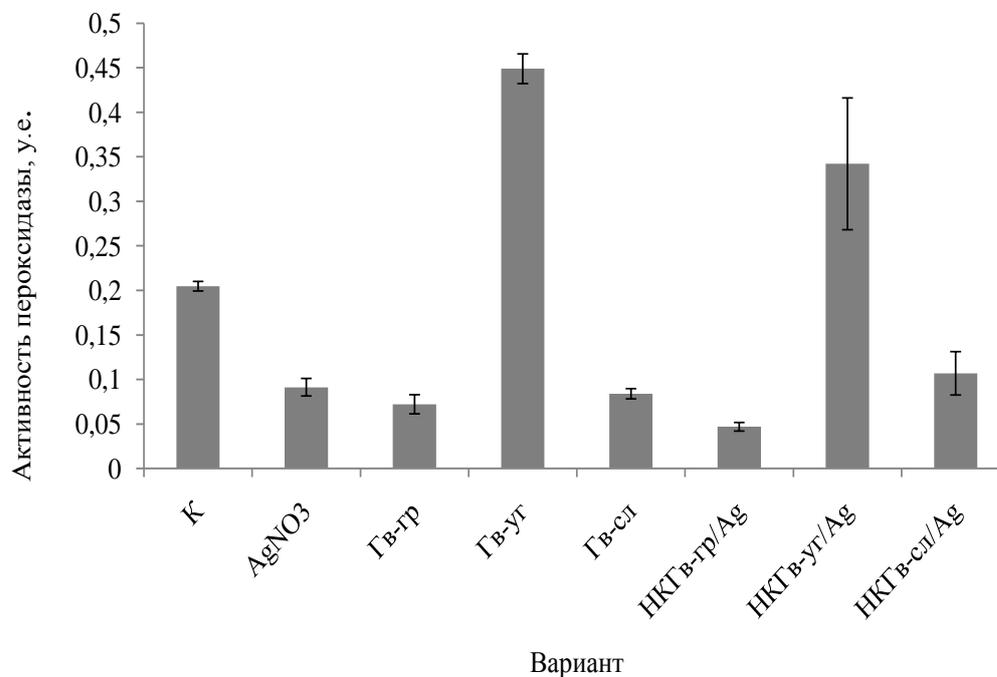
Гуминовые вещества выделяли щелочной экстракцией из объектов монгольских месторождений: ГВ-гр – из пелоидов озера Гурван-Нуур, ГВ-уг – из бурых углей Багануур, а также ГВ-уг – из сланцевых месторождений Монголии. НК серебра на основе гуминовых веществ, выделенных из лечебных грязей, сланцев и углей, получали следующим способом: к водно-щелочному раствору гуминовых веществ (0,45 г в 30 мл 0,2 % NaOH) добавили раствор AgNO<sub>3</sub> (0,1 г в 5 мл воды). Смесь перемешивали при нагревании на водяной бане при температуре 90°С в течение 15 минут. НК высаживали в этиловый спирт, промывали несколько раз. Выход наноконпозита составил: 78 и 99 % с содержанием серебра 9,8 и 12 %.

Для изучения влияния наноконпозитов на растения, картофель *in vitro* выращивали в факторостатных условиях в течение двух недель, затем в среду роста вносили водный раствор наноконпозитов и их предшественников (ГВ и AgNO<sub>3</sub>). Далее растения инкубировали 10 дней, отслеживая прирост побегов, пигментацию растений, длину междоузлий, размеры корней и активность пероксидазы во всех органах - листьях, корнях и стеблях. Активность растворимой и слабосвязанной пероксидазы определяли по методу Бояркина (Бояркин, 1951).

Полученные результаты были статистически обработаны с использованием пакета программ Microsoft Excel.

При исследовании влияния НК на растения было выявлено, что AgNO<sub>3</sub>, ГВ-гр, ГВ-сл, НК ГВ-гр/Ag, НК ГВ-сл/Ag более чем в 2 раза снижали активность пероксидазы в тканях картофеля (рис. 1). Из литературы известно, что молекулы гуминовых веществ

содержат множество активных центров, что может приводить к инактивации металлоферментов и их ингибированию. Например, гуминовые препараты, полученные из сажистых углей ингибировали процесс прорастания семян *Phacelia tanacetifolia* Benth. при всех исследуемых концентрациях (Неверова и др., 2013). Установлено также ингибирующее действие гуминовых кислот торфов Среднего Приобья на активность липазы, предлагается рассматривать такой эффект как меру биологической активности гуминовых веществ (Сартаков и др., 2011).



**Рис. 1.** Влияние нанокмпозитов серебра (НК ГВ-гр/Ag, НК ГВ-сл/Ag и НК ГВ-уг/ГВ) в различных матрицах, а также их предшественников (ГВ-гр, ГВ-уг, ГВ-сл и AgNO<sub>3</sub>) на активность пероксидазы в тканях картофеля *in vitro* по сравнению с контролем (К).

Результаты показали, что AgNO<sub>3</sub> негативно влиял на биометрические показатели растений. ГВ-гр не влияли на прирост растений, при этом снижали количество листьев на них. ГВ-уг снижали прирост растений и количество листьев. Это свидетельствует о негативном влиянии углей на картофель, наличии стрессового состояния. ГВ-сл на прирост растений в начале периода наблюдения не оказывали влияние, за тем снижали этот показатель, при этом стимулировали образование листьев у картофеля. Нанокмпозит на основе пеллоидов НК ГВ-гр/Ag характеризовался небольшим снижением прироста растений, количество листьев было на уровне контроля. Обработка картофеля НК ГВ-уг/Ag приводила к снижению прироста по сравнению с контролем, количество листьев было как у необработанных растений. Нанокмпозит на основе сланцев НК ГВ-сл/Ag понижал пророст растений картофеля, однако стимулировалось образование листьев по сравнению с контрольными растениями.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов с рядом веществ – как нанокмпозитов, так и их предшественников, были выявлены агенты обладающие антибактериальной активностью и отсутствием негативного влияния на растения картофеля. Положительным влиянием на растения характеризовались ГВ-сл нанокмпозит из них НК ГВ-сл/Ag. Также не оказывал выраженного негативного эффекта на картофель НК ГВ-гр/Ag. Представленные данные свидетельствуют о возможности использования нанокмпозитов с наночастицами серебра и селена для обработки культурных растений против бактериальных заболеваний.

*Результаты получены с использованием коллекции ЦКП «Биоресурсный центр Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН». Работа выполнена*

при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-416-380001 p\_a).

#### Литература

Неверова О.А., Егорова И.Н., Жеребцов С.И., Исмагилов З.Р. Влияние гуминовых препаратов на процесс прорастания и активность амилолитических ферментов семян *Phacelia tanacetifolia* Benth // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8624>.

Папкина А.В., Перфильева А.И., Живетьев М.А., Боровский Г.Б., Граскова И.А., Лесничая М.В., Клименков И.В., Сухов Б.Г., Трофимов В.А. Влияние нанокompозита селена и арабиногалактана на жизнеспособность фитопатогена *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* // Доклады академии наук. – 2015. – Т. 461, № 2. – С. 239–241.

Перфильева А.И., Ножкина О.А., Граскова И.А., Сидоров А.В., Лесничая М.В., Александрова Г.П., Долмаа Г., Клименков И.В., Сухов Б.Г. Синтез нанобиокompозитов селена и серебра и их влияние на фитопатогенную бактерию *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* // Известия РАН. Серия химическая. – 2018. – № 1. – С. 157–163.

Сартаков М.П., Леонов В.В., Югорский Г.У. Биологическая активность гуминовых кислот торфов Среднего Приобья // Известия Оренбург. гос. аграрного ун-та. – 2011. – Т. 3. – № 31-1. – С. 303–304.

PaPKina A.V., Perfileva A.I., Zhivet'yev M.A., Borovskii G.B., Graskova I.A., Klimenkov I.V., Lesnichaya M.V., Sukhov B.G., Trofimov V.A. Complex Effects of Selenium-Arabinogalactan Nanocomposite on both Phytopathogen *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* and Potato Plants // Nanotechnologies in Russia. – 2015. – V. 10, № 5–6. – P. 484–491.

Perfileva A.I., Moty'leva S.M., Klimenkov I.V., Arsent'ev K.Yu., Graskova I.A., Sukhov B.G., Trofimov V.A. Development of Antimicrobial Nano-Selenium Biocomposite for Protecting Potatoes from Bacterial Phytopathogens // Nanotechnologies in Russia. – 2017. – V. 12, № 9–10. – P. 553–558.

Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы // Биохимия. – 1951. – Т. 16. – С. 352–355.