

Новые подходы для профилактики бактериальных заболеваний сельскохозяйственных растений с использованием инновационных наноструктурируемых биосовместимых веществ

А.И. Перфильева

Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук,

Иркутск, Россия

* alla.light@mail.ru

Комплексы, состоящие из наночастиц (НЧ) и полимерных молекул, – наноконпозиты (НК) применяются в различных отраслях народного хозяйства. Наноконпозиты имеют небольшие размеры НЧ, увеличенное количество НЧ на единицу полимерной матрицы, что приводит к высокой удельной поверхности и, соответственно, повышению биологической активности.

Цель: Изучить биологическую активность химически синтезированных наноконпозитов на основе НЧ металлов и халькогенов для разработки новых ростостимуляторов растений.

Материалы и методы: В исследовании применялся ряд агротехнических, физиолого-биохимических, микробиологических методов, а также методы микроскопии.

Результаты: Синтезированы и исследована биологическая активность ряда различных НК на основе НЧ Se, НЧ Ag, НЧ Mn, НЧ Cu, упакованных в природные полимерные матрицы (каррагинан, Ag, крахмал, гуминовые вещества). Выявлено, что эти агенты в конечной концентрации 0,000625% НЧ снижают жизнеспособность фитопатогенной бактерии *Clavibacter sepedonicus* (Cms), вызывающей кольцевую гниль картофеля, а также фитопатогенной бактерии *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* (Pcc), поражающей широкий круг культурных растений. Согласно полученным данным НК на основе НЧ Se, Ag, Cu, Mn оказывали бактерицидный, бактериостатический и антибиопленочный эффекты на исследуемые фитопатогенные бактерии. НК на основе НЧ Se прикрепляются к клеточной стенке Cms, вызывая нарушение трансмембранного потенциала клетки, ведущего к гибели бактерий. НК на основе НЧ Mn способны вызывать деформацию бактериальной клетки и разрывы ее клеточной стенки. Кроме того, селенсодержащие НК были эффективны против фитопатогенных грибов р. *Phytophthora*, они оказывали выраженное фунгицидное воздействие на гриб. Показано, что в применяемых концентрациях, обладающих антимикробным эффектом, НК стимулируют рост и развитие картофеля *in vitro*, как здорового, так и зараженного Cms. Влияние НК проявляется как в эффекте на биометрические характеристики растений *in vitro*, так и на биохимический статус растений (содержание пигментов, количество АФК, активность АОФ и интенсивность ПОЛ). Выявлен эффект нанопрайминга селенсодержащих НК на прорастание семян культурных растений (соя, горох, картофель). Продемонстрировано, что селенсодержащие НК способны оказывать эффект нанопрайминга на семена сои, инфицированные Pcc, что выражается в повышении всхожести семян, увеличении биометрических характеристик проростков, а также влияет на антиоксидантный статус растений, снижая количество АФК и продуктов ПОЛ в тканях проростков сои. В условиях полевого эксперимента, проводимого в течение пяти сезонов (2020–2024 гг.), продемонстрировано отсутствие негативного влияния селенсодержащих НК на продуктивность картофеля, в отдельные годы отмечена стимуляция биометрических показателей продуктивности картофеля после предпосадочной обработки клубней НК Se. В качестве экологического аспекта применения НК было исследовано накопление элемента, находящегося в НК в виде НЧ, в избыточном количестве в тканях растений после их обработки НК в эффективной концентрации (0,000625–0,00625% НЧ в конечном растворе) и влияние НК на жизнеспособность почвенных, преимущественно ризосферных бактерий. Было показано, что после обработки растений картофеля *in vitro* селенсодержащими НК Se в их тканях не накапливался. Аналогичный эффект был выявлен и при воздействии марганецсодержащих НК на картофель *in vitro* и медьсодержащих НК. Предварительные эксперименты показали, что селенсодержащие НК не угнетали жизнеспособность почвенных микроорганизмов *Acinetobacter guillouiae*, *Rhodococcus erythropolis* и *Pseudomonas oryzae*. Неоднозначным был эффект серебросодержащих НК на рост и развитие *Rhodococcus erythropolis* и *Pseudomonas oryzae*, в некоторых случаях НК даже стимулировали прирост бактерий.

Выводы: Селенсодержащие НК обладали антимикробным действием и одновременно фитопротекторным эффектом, что открывает перспективы исследования этих веществ для применения в агрохимии.

Финансирование: Исследование поддержано грантом Российского научного фонда № 25-24-20046 «Оценка влияния халькоген- и металлсодержащих наноконпозитов на уровень экспрессии патоген-зависимых (PR) генов культурных растений Сибирского региона при заражении фитопатогенной бактерией *Pectobacterium carotovorum*» (exvclcf7mzae3wdl45fs5duask1y3gjfp.pdf).