**ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНОГО СЕРЕБРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ**

С.Н. Еланский, д.б.н., ведущий научный сотрудник Биологического факультета Московского государственного университета (МГУ) имени М.В.Ломоносова

М.А. Побединская, ведущий инженер Биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

Ю.А. Крутяков, к.х.н., старший научный сотрудник Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

П.М. Жеребин, главный технолог группы компаний «Агрохимпром»

А.Н. Денисов, председатель совета директоров группы компаний «Агрохимпром»

Автор для переписки: С.Н.Еланский, e-mail snelansky@gmail.com

В последние годы проблема эффективной борьбы с возбудителями болезней растений становится все более актуальной. Это связано с появлением и развитием новых штаммов грибов и бактерий, обладающих резистентностью к используемым коммерческим пестицидам. Многие современные органические химические пестициды способны воздействовать лишь на узкий спектр клеточных мишеней патогена. Поэтому микроорганизмы с высокой фенотипической и генотипической изменчивостью имеют возможность вырабатывать механизмы ферментативной или иной дезактивации воздействующих на них молекул и в результате естественного отбора вытеснять штаммы, чувствительные к действию пестицидов. Интенсивное использование пестицидов приводит к загрязнению ими почвы, воды, воздуха и сельскохозяйственной продукции. Вместе с подземными и поверхностными водами поллютанты могут распространяться далеко за пределы зоны их применения и попадать в пищевые цепи. В результате пестициды и продукты их распада, часто токсичные, оказываются на столе человека.

Необходима разработка совершенно нового типа препаратов, отличающихся высокой эффективностью против широкого спектра грибных и бактериальных патогенов, малой вероятностью появления устойчивых штаммов, низкой токсичностью для людей и животных, быстрой разлагаемостью на нетоксичные компоненты в природе и безопасностью для окружающей среды.

Специалистами Группы Компаний «АгроХимПром» совместно с сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова разработаны эффективные средства защиты растений на основе модифицированных частиц коллоидного серебра, практически безвредные для человека и животных, быстро разлагающиеся на нетоксичные компоненты и при этом высоко эффективные против грибов и бактерий одновременно. Высокая эффективность этих препаратов позволяет использовать их в очень малых дозах; остаточное количество серебра существенно меньше его фоновой концентрации в большинстве почв. Множественность путей воздействия на целевые организмы препятствует возникновению резистентных штаммов. В небольших концентрациях ионы серебра способны, связываясь с регуляторными белками, стимулировать иммунную систему растений и повышать их устойчивость к заболеваниям и негативным воздействиям окружающей среды. Варьирование химического состава наночастиц от металла до композита, содержащего металл и его соль, а также подбор стабилизаторов позволяют в широком диапазоне управлять стабильностью дисперсий, скоростью высвобождения физиологически активных ионов из частиц металла или соли, транспортом наночастиц в живых организмах, и, как следствие, биологическим действием предлагаемых систем.

Одним из первых созданных ГК «АгроХимПром» средств защиты растений на основе наносеребра является стимулятор роста с фунгистатическим и бактерицидным эффектом «Зеребра® агро» (в.р.). Действующим началом «Зеребра® агро» являются наночастицы серебра (диаметром 7-15 нм), поверхность которых специальным образом модифицирована биологически активными заряженными полимерными молекулами полигексаметилен бигуанида. В невысоких концентрациях (100-200 мл на тонну семенного материала) «Зеребра® агро» достоверно повышает всхожесть и энергию прорастания семян, способствует интенсивному росту корневой системы, увеличивает урожайность.

Фунгицидный препарат «Зерокс®» (в.р.), также разработанный специалистами ГК «АгроХимПром» совместно с сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова, предназначен для обработки клубней картофеля перед закладкой на хранение, во время хранения (с помощью аэрозольного генератора) и при посадке. Его действующим веществом выступают частицы наноразмерного серебра, модифицированные биоразлагаемым и абсолютно безопасным для людей, животных, насекомых и растений амфотерным поверхностно-активным веществом. Препарат «Зерокс®» проявляет высокую антибактериальную активность в сочетании с фунгицидным эффектом. «Зерокс®» активен в отношении основных грибов-патогенов картофеля *Phytophthora infestans, Rhizoctonia solani, Colletotrichum coccodes, Helminthosporium solani, Sclerotinia sclerotioides* (табл. 1), а также бактериальных патогенов, в том числе токсигенных и условно-патогенных для человека.

Таблица 1. Воздействие препарата Зерокс на рост колоний фитопатогенных грибов на питательной среде

|  |  |
| --- | --- |
| **Исследуемый организм** | **Отношение диаметров колонии на среде с добавлением препарата Зерокс и в контроле при разных концентрациях фунгицида (по д.в.), %** |
| **0,0 мг/л****(контроль)** | **0,1 мг/л**  | **1,0 мг/л** | **10,0 мг/л** | **100,0 мг/л** |
| *Phytophthora infestans* | 100 | 90\* | 55 | 33 | 0 |
| *Rhizoctonia solani* | 100 | 95 | 78 | 2 | 0 |
| *Fusarium solani* | 100 | 91 | 91 | 41 | 33 |
| *Colletotrichum coccodes* | 100 | 100 | 94 | 23 | 0 |
| *Helminthosporium solani* | 100 | 97 | 83 | 50 | 10 |
| *Alternaria alternata* | 100 | 93 | 107 | 52 | 41 |
| *Alternaria solani* | 100 | 92 | 92 | 35 | 22 |
| *Sclerotinia sclerotiorum* | 100 | 93 | 73 | 0 | 0 |

*\* замер исследуемых колоний гриба проводили при достижении ими диаметра в контроле от 0,5 до 0,75 от размера чашки Петри*

Для определения бактерицидного эффекта были протестированы 6 видов фитопатогенных бактерий из коллекции ВНИИ фитопатологии: *Pectobacterium carotovorum* (мягкая гниль картофеля и овощей), *Dickeya dianthicola* (черная ножка и мягкая гниль картофеля), *Agrobacterium tumefaciens* (корневой рак плодовых, декоративных культур и винограда), *Xanthomonas vesicatoria* (черная бактериальная пятнистость томата), *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (бактериальный рак томата и картофеля), *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (сосудистый бактериоз капусты и рапса). Эксперименты с бактериями проведены А.Н. Игнатовым [1].

Инкубирование в растворе препарата «Зерокс®» с концентрацией 100 мг/л (по д.в. – модифицированному коллоидному серебру в пересчете на металл) в течение 30 мин. полностью ингибировало рост колоний тестируемых бактерий, а в варианте с 10 мг/л их число сокращалось на 45-85% (табл. 2). Число колоний *Dickeya dianthicola* и *Agrobacterium tumefaciens* заметно снижалось даже после инкубации c «Зерокс®» в концентрации 1 мг/л (по д.в.).

Таблица 2. Ингибирование роста фитопатогенных бактерий после инкубации в растворе препарата Зерокс в течение 30 мин.

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид** | **Число колоний на среде с добавлением препарата Зерокс и в контроле при разных концентрациях фунгицида (по д.в.), %** |
| **0,0 мг/л****(контроль)** | **1 мг/л**  | **10 мг/л** | **100 мг/л** |
| *Pectobacterium carotovorum* | 100 | 87 | 45 | 0 |
| *Dickeya dianthicola* | 100 | 61 | 23 | 0 |
| *Agrobacterium tumefaciens* | 100 | 75 | 15 | 0 |
| *Xanthomonas vesicatoria* | 100 | 90 | 38 | 0 |
| *Clavibactermichiganensis* | 100 | 92 | 38 | 0 |
| *Xanthomonas campestris* | 100 | 97 | 55 | 0 |

 Препарат «Зерокс®» очень стабилен, самостоятельно редиспергируется в растворе после циклов замораживание-размораживание и высыхание-разведение. Препарат безвреден для людей и животных, что делает возможным его применение для защиты продовольственного и технического картофеля при хранении; он может применяться и для обработки фасуемого картофеля при предпродажной подготовке. При обработке семенных клубней он может быть использован в смеси с разрешенными химическими препаратами для усиления фунгицидного и инсектицидного эффектов. Кроме того, «Зерокс®» может использоваться в качестве эффективного протравителя семян злаковых растений перед посадкой. Рекомендуемая для практического применения концентрация коллоидного серебра в рабочей жидкости – 100 мг/л – позволяет успешно контролировать развитие практически всех возбудителей грибных и бактериальных болезней картофеля. В настоящее время препарат «Зерокс®» проходит регистрацию в качестве фунгицида.

Цитированная литература.

1. Е. Д. Мыца, С. Н. Еланский, Л. Ю. Кокаева, М. А. Побединская, А. Н. Игнатов, М. А. Кузнецова, Б. Е. Козловский, А. Н. Денисов, П. М. Жеребин, Ю. А. Крутяков. Новый препарат Зерокс – оценка фунгицидного и бактерицидного эффекта *in vitro* // *Достижения науки и техники АПК*. — 2014. — Т. 28 (12). — С. 16–19.