

**ПРЕПАРАТ «ЗЕРОКС» НА ОСНОВЕ ХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО
ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО СЕРЕБРА КАК ЭЛЕМЕНТ ЭФФЕКТИВНОЙ
БОРЬБЫ С БАКТЕРИАЛЬНЫМИ И ГРИБНЫМИ ЭПИФИТОТИЯМИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННО ЗНАЧИМЫХ РАСТЕНИЙ**

П.М. Жеребин¹, А.Н. Игнатов², С.Н. Еланский¹, М.А. Побединская¹, Г.В. Лисичкин¹,
А.Н. Денисов³, Ю.А. Крутяков¹

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1,
e-mail: yurii@petrol.chem.msu.ru

² ГНУ ВНИИ фитопатологии ФАНО России, 143050, Московская область, Одинцовский район, п/о Большие Вяземы

³ Группа компаний «АгроХимПром», 656065, Барнаул, ул. Попова, д. 98а

**«ZEROKS»- SILVER-BASED PREPARATE FOR AN EFFECTIVE CONTROL OF
BACTERIAL AND FUNGAL EPIDEMIC DISEASES OF AGRICULTURAL PLANTS**

P.M. Zherebin¹, A.N. Ignatov², S.N. Elansky¹, M.A. Pobedinskaya¹, G.V. Lisichkin¹,
A.N. Denisov³, Y.A. Krutyakov¹

¹ Moscow State University, 119991, Moscow, Lenin Hills, d. 1, e-mail: yurii@petrol.chem.msu.ru

² Russian Research Institute of Phytopathology 143050, Moscow region, Odintsovo district, p/b Bolshie Vyazemy

³ Group of companies «AgroChimProm», 656065, Barnaul, ul. Popova, d. 98a

Summary

Antifungal Activity of «Zeroks®» against P. infestans is over Mancozeb activity and is comparative to such widely used fungicides as chlorothalonil and fluazinam. Fungicidal effect of «Zeroks®» against pathogens of genus Alternaria was higher than for mancozeb, and much higher than that of chlorothalonil. The results show good prospects for the use of «Zeroks®» as a contact fungicide with broad spectrum of activity.

Не секрет, что в последние годы проблема эффективной борьбы с бактериальными и грибными фитопатогенами становится все более актуальной. Это связано с появлением и развитием новых штаммов грибов и бактерий, обладающих множественной резистентностью к большинству используемых коммерческих пестицидов. Благодаря тому, что, как правило, органические химические пестициды способны воздействовать лишь на узкий спектр клеточных мишеней патогена, 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.

Очень часто появление штаммов с множественной устойчивостью к пестицидам обусловлено недостаточным внесением последних, либо несоблюдением кратности обработок в целях экономики. Такой подход рано или поздно неизбежно приводит к увеличению пестицидной нагрузки на сельскохозяйственные культуры до предельно разрешенных максимальных значений (а иногда и больше), что в будущем не может не иметь негативных последствий для конечных потребителей продукции. Увеличение пестицидной нагрузки связано еще и с тем, что, как правило, патогенные возбудители бактериозов не восприимчивы

к действию фунгицидов, и внесение бактерицидов становится неизбежным дополнением к внесенным фунгицидам. Отдельно следует отметить, что особую настороженность вызывает информация о все чаще встречающихся случаях выявления на территории РФ генно-модифицированных высоко-вирулентных микроорганизмов с множественной устойчивостью неизвестного происхождения.

В свете сказанного, основные усилия исследователей в области разработки новых средств защиты растений должны быть направлены на создание экологически безопасных препаратов, способных одновременно поражать множество клеточных мишеней бактериальных и грибных фитопатогенов, лишая, тем самым микроорганизмы с высокой фенотипической изменчивостью возможности вырабатывать механизмы ферментативной дезактивации действующих веществ, входящих в состав средств защиты растений.

Последнее десятилетие ознаменовано бурными исследованиями в области получения наночастиц серебра (высокодисперсного серебра), химического модифицирования их поверхности, изучением биологических свойств, механизмов воздействия на клетки бактерий и грибов, растений и животных. Исторически сложилось так, что серебро традиционно использовалось только в медицине по причине его высокой стоимости, а для борьбы с бактериальными и грибковыми

вредителями в сельском хозяйстве использовались препараты меди. Соли меди действительно эффективны, однако дозы их внесения достаточно велики для их естественного выведения из плодородного слоя грунта, что приводит к неизбежному накоплению металла в почве и растениях. По этой причине во многих европейских странах отказываются от препаратов меди. С другой стороны прогресс в области синтеза и модифицирования наночастиц серебра позволил создать препараты наносеребра, обладающие превосходными физико-химическими характеристиками, совместимостью с большинством традиционных пестицидов в баковых смесях и, что самое важное, высокой биологической эффективностью в борьбе с основными фитопатогенами в концентрациях, значительно меньших таковых для большинства используемых фунгицидов и бактерицидов.

Специалистами Химического и Биологического факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова при поддержке Группы Компаний «АгроХимПром» создаются и изучаются препараты на основе коллоидного серебра, поверхностно модифицированного различными биологически активными ПАВ и полимерами, пригодные для использования в сельском хозяйстве в качестве стимуляторов роста растений, эффективных контактных фунгицидов и бактерицидов для листовых обработок, протравителей зерна и клубней как перед посадкой, так и перед закладкой на хранение.

Одним из знаковых препаратов, разработанных коллективом МГУ имени М.В. Ломоносова при поддержке ГК «АгроХимПром» является контактный бактерицид и фунгицид «Зерокс®» (ВКР), действующим началом которого выступают частицы наноразмерного серебра, специальным образом модифицированные биоразлагаемым и абсолютно безопасным поверхностно-активным веществом. В соответствии с программой регистрационных испытаний пестицида «Зерокс®» (ВКР), утвержденной МСХ РФ, в 2014 г. проводятся регистрационные полевые испытания препарата на различных культурах.

Хорошо известно, что из-за трудно контролируемого развития грибных и бактериальных болезней растений подчас теряется значительная часть урожая. Химические пестициды, применяемые для обработки семян, а также вегетирующих растений или клубней картофеля перед закладкой на хранение, весьма токсичны для людей и животных и, как правило, не оказывают воздействия на возбудителей бактериальных гнилей, что позволяет им легко перезаражать клубни и зерно при хранении. Поэтому назрела необходимость в разработке безопасного для людей и животных препарата,

обладающего как бактерицидными, так и фунгицидными свойствами. Многочисленные попытки использования для этих целей биопрепаратов и экстрактов растений не показали эффективности и коммерческой рентабельности в применении. «Зерокс®» проявил высокую антибактериальную активность в сочетании с фунгицидным эффектом. «Зерокс®» активен в отношении основных грибов-патогенов растений – *Phytophthora infestans*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria solani*, *Colletotrichum* sp., *Helminthosporium solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, а также в отношении всех бактериальных патогенов, в частности *Ralstonia* spp., *Erwinia* spp., *Corynebacterium sepedonicum*, *Pectobacterium carotovorum*, *Dickeya dianthicola*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Xanthomonas vesicatoria*, *Clavibacter michiganensis*, *Xanthomonas campestris* и многие другие. Препарат очень стабилен, самостоятельно редуцируется в растворе после циклов замораживание – размораживание и высыхание – разведение. Препарат безвреден для людей и животных, практически безвреден для насекомых, что делает возможным его применение, например, для защиты продовольственного и технического картофеля. При обработке семенных клубней он может быть использован в смеси с высокоэффективными химическими фунгицидами для усиления фунгицидного эффекта. Кроме того, «Зерокс®» может использоваться в качестве эффективного протравителя семян злаковых растений перед посадкой.

Полученные экспериментальные результаты показывают подавление радиального прироста колоний всех исследованных видов грибов при добавлении «Зерокса®» в концентрации (по серебру) более 10 мг/л (табл. 1). Высокая эффективность отмечена против возбудителей болезней картофеля: ризоктониоза (*R. solani*), фитофтороза (*P. infestans*), антракноза (*C. coccodes*), серебристой парши (*H. solani*), альтернариоза (*A. solani*), а также *S. sclerotiorum*. Фунгицидный эффект в отношении *A. alternata* и *F. solani* был слабее (табл. 1).

Согласно результатам проведенного опыта по влиянию препарата «Зерокс®» на непрямое прорастание зооспорангиев *P. Infestans* было показано, что препарат достоверно снижал прорастание зооспорангиев. Так, в контроле среднее число проросших (пустых) зооспорангиев в поле зрения микроскопа при увеличении $\times 150$ составило от 54 до 80 шт., в вариантах с применением «Зерокса®» 25 мг/л (по серебру) – от 0.2 до 12; при 100 мг/л – от 0.3 до 2.3. Максимальное среднее число проросших зооспорангиев в опыте с препаратом Ширлан составило 0.3. Таким образом, «Зерокс®» снижал прорастаемость зооспорангиев

Таблица 1.

Воздействие Зерокса на рост колоний фитопатогенных грибов на питательной среде

Исследуемый организм	Концентрация серебра в среде, мг/л					ЕС ₅₀ [*] , мг/л
	0.0 (контроль)	0.1	1.0	10.0	100.0	
<i>P. infestans</i>	100	90**	55	33	0	3.1
<i>R. solani</i>	100	95	78	2	0	4.3
<i>F. solani</i>	100	91	91	41	33	8.3
<i>C. coccodes</i>	100	100	94	23	0	6.6
<i>H. solani</i>	100	97	83	50	10	10
<i>A. alternata</i>	100	93	107	52	41	28
<i>A. solani</i>	100	92	92	35	22	7.7
<i>S. sclerotiorum</i>	100	93	73	0	0	3.9

Прим.:

*концентрация фунгицида (в данном случае серебра), снижающая радиальный прирост колонии гриба на питательной среде с добавлением фунгицида в 2 раза относительно бесфунгицидного контроля,

**приведено отношение диаметра колонии на среде с добавлением фунгицида к диаметру на среде без фунгицида (в %). Замер диаметров исследуемых колоний проводился в момент, когда диаметр колонии гриба на бесфунгицидном контроле составлял около 0.75 диаметра чашки Петри.

P. infestans на уровне фунгицида «Ширлан», хотя концентрации «Зерокса[®]» были ниже, чем «Ширлана». Представленные данные показывают перспективность применения «Зерокса[®]» в качестве контактного фунгицида против *P. infestans*. Таким образом, проведенные эксперименты подтвердили высокую фунгицидную активность препарата «Зерокс[®]». Результаты оценки фунгицидного эффекта «Зерокса[®]» по порядку величин совпадали с данными, полученными при оценке фунгицидной эффективности наночастиц серебра в других лабораториях мира. Так, в наших исследованиях эффективная концентрация ЕС50 «Зерокса[®]» для большинства исследованных видов грибов

варьировала от 3.1 до 10 мг/л; максимального значения она достигала для *A. alternata* – 28 мг/л.

Анализ литературных данных показывает, что фунгицидная активность «Зерокса[®]» в отношении *P. infestans* превышает активность манкоцеба и находится на уровне таких широко используемых в практике фунгицидов, как флуазинам и хлороталонил. Фунгицидный эффект препарата «Зерокс[®]» в отношении возбудителей альтернариоза выше, чем у самого популярного в России фунгицида манкоцеб, и намного выше, чем у хлороталонила. Полученные результаты показывают хорошие перспективы использования «Зерокса[®]» в качестве контактного фунгицида широкого спектра действия.

БАКТЕРИОЗЫ КАРТОФЕЛЯ КАК ФИТОСАНИТАРНАЯ ПРОБЛЕМА СЕМЕНОВОДСТВА

М.И. Жукова, Г.М. Середя

Институт защиты растений, Минский район, Беларусь

e-mail: belizr@tut.by

POTATO BACTERIOSISES AS A PHYTOSANITARY PROBLEM OF SEED PRODUCTION

M.I. Zhukova, G.M. Sereda

Institute of plant protection, Minsk region, Belarus

Summary

In the article the potato bacteriosises are marked as a phytosanitary problem in seed material production. The results of studying the bacterial diseases incidence on cultivated in Belarus potato varieties decreasing seed funds sowing qualities and their storage ability are presented. A high level of latent infection by phytopathogenic bacteria is shown what demands both deeper studying of this form of phytopathogens existence and search of their effective control means while producing elite on the improved basis.