

Новый препарат Зерокс на основе коллоидного серебра: результаты лабораторных испытаний

С. Н. Еланский¹, М. А. Побединская¹, Л. Ю. Кокаева¹, И. А. Кутузова¹, И. С. Проничева¹,
Е. Д. Мыца¹, А. И. Климов¹, М. А. Кузнецова², Б. Е. Козловский², П. М. Жеребин³,
А. Н. Денисов³, Ю. А. Крутяков^{1,3}

¹ – Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, elansky@yahoo.com

² – Всероссийский НИИ фитопатологии Россельхозакадемии, Московская область

³ – Группа компаний «АгроХимПром», Барнаул

Практически все химические средства защиты растений токсичны для человека и животных; они (или продукты их распада) накапливаются в органах возделываемых растений, в почве, попадают в воду и воздух, в результате чего вызывают нежелательные экологические последствия, наносят вред здоровью человека и животных. Поэтому особое внимание уделяется созданию безвредных для людей, животных и растений экологически безопасных средств защиты растений.

Серебро влияет на широкий спектр биологических процессов в микроорганизмах. Использование наноразмерных частиц позволяет существенно увеличить площадь их поверхности, взаимодействующей с патогенами. Широкий спектр действия серебра позволяет использовать препараты на его основе против большого числа разнообразных патогенных организмов, не опасаясь появления устойчивых штаммов.

Ранее широкое распространение препаратов на основе серебра и его частиц сдерживалось их высокой стоимостью. В наше время прогресс в области синтеза и модифицирования наночастиц серебра позволил создать препараты, обладающие высокой эффективностью в очень малых концентрациях, что делает их использование рентабельным и позволяет минимизировать экологические риски при их применении.

Специалистами МГУ имени М. В. Ломоносова и Группы компаний «АгроХимПром» была проведена работа по созданию ряда препаратов на основе коллоидного серебра. Наиболее удачным был признан препарат Зерокс, действующим веществом которого являются наноразмерные частицы коллоидного серебра, поверхностно модифицированные безвредным для людей, животных и окружающей среды биоразлагаемым амфотерным поверхностно-активным веществом.

В настоящей работе представлены результаты оценки фунгицидного эффекта препарата Зерокс против возбудителей болезней картофеля в лабораторных условиях. В качестве тест-объектов использовали изоляты грибов, выделенные авторами из пораженных растений картофеля: *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes, *Helminthosporium solani* Durieu & Mont., *Rhizoctonia solani* J.G.Kühn, *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. и *A. solani* Sorauer, оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, а также выделенный из пораженной моркови *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Для экспериментов брали по одному изоляту каждого вида.

Во всех экспериментах использовался препарат Зерокс в виде коллоидного раствора наночастиц серебра в концентрации 3 г/л (по действующему веществу – модифицированному коллоидному серебру в пересчете на металл).

Оценку фунгицидных свойств проводили на агаризованной гороховой среде с добавлением Зерокса в концентрациях 0,1; 1; 10 и 100 мг/л (по действующему веществу). Агаровый блок диаметром 5 мм помещали в центр чашки Петри, после чего ее заклеивали парафином. Чашки инкубировали при температуре 23-25°C и естественном освещении. Замер диаметров исследуемых колоний проводили в момент, когда диаметр колонии гриба на бесфунгицидном контроле составлял от 0,5 до 0,75 диаметра чашки Петри. Каждый изолят сажали на 3 чашки Петри с одинаковой концентрацией Зерокса. Из усредненных значений диаметров колоний рассчитывали отношения размеров колоний на среде с фунгицидом к размеру колоний на среде без фунгицида. Для каждого изолята определяли показатель эффективной концентрации ЕС₅₀, т.е. концентрацию фунгицида, необходимую для замедления скорости радиального прироста колонии в 2 раза.

Для изучения влияния препарата Зерокс на прорастание зооспорангиев *P. infestans* зооспорами (непрямое прорастание) брали раствор Зерокса в концентрациях 25 мг/л и 100 мг/л по действующему веществу (ДВ). Для сравнения использовали препарат Ширлан (действующее вещество флуазинам) в концентрации 1 мл/л (500 мг/л по ДВ), что соответствует утвержденной концентрации препарата в рабочей жидкости (РЖ) при обработке вегетирующих растений. В опыте изучали прорастание зооспорангиев четырех изолятов *P. infestans*, выделенных с пораженных листьев картофеля. Суспензию зооспорангиев *P. infestans* получали путем их смыва с 8-дневной культуры патогена дистиллированной водой, предварительно охлажденной до +10°C. Далее суспензию смешивали с равным объемом раствора препарата удвоенной концентрации, получая в итоге заданную концентрацию. Подсчет проросших (пустых) зооспорангиев проводили через 3 часа. В каждом варианте просматривали по 600 зооспорангиев (6 повторностей по 100 шт). По результатам просмотра определяли процент проросших зооспорангиев.

Таблица 1.

Воздействие Зерокса на рост колоний фитопатогенных грибов на питательной среде.

Исследуемый организм	Концентрация серебра в среде, мг/л					EC ₅₀ , мг/л
	0 (контроль)	0,1	1	10	100	
<i>P. infestans</i>	100	90*	55	33	0	3,1
<i>R. solani</i>	100	78	2	0	0	0,4
<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

Примечание: * – 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 от 0,5 до 0,75 диаметра чашки Петри.

Таблица 2.Влияние Зерокса на непрямое прорастание (выход зооспор) зооспорангиев *P. infestans*.

Вариант	Среднее число проросших (пустых) зооспорангиев в поле зрения микроскопа при увеличении x150				
	Штамм 1	Штамм 2	Штамм 3	Штамм 4	Среднее
Контроль (вода)	69	80	60	54	65,8
Серебро (Зерокс) 25 мг/л	0,5	0,7	12	0,2	3,4
Серебро (Зерокс) 100 мг/л	0,5	0,3	2,3	0,3	1,4
Флуазинам (Ширлан) 500 мг/л.	0,3	0	0	0	0,1
НСР _{0,95}	5,3	5,0	5,4	5,2	5,2

Результаты и обсуждение.**Лабораторная оценка фунгицидных свойств препарата Зерокс.**

Полученные результаты показывают подавление радиального прироста колоний всех исследованных видов грибов при добавлении препарата Зерокс в концентрации (по серебру) более 10 мг/л (таблица 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 (таблица 1).

Влияние Зерокса на непрямое прорастание зооспорангиев *P. infestans*.

Согласно результатам проведенного опыта (таблица 2), препарат Зерокс достоверно снижал прорастание зооспорангиев. Так, в контроле среднее число проросших (пустых) зооспорангиев в поле зрения микроскопа при увеличении x150 составило от 54 до 80 шт., в вариантах с применением препарата Зерокс 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 *P. infestans* на уровне Ширлана, хотя концентрации Зерокса были ниже. Представленные данные показывают пер-

спективность применения Зерокса в качестве контактного фунгицида против *P. infestans*.

Проведенные в нашей лаборатории 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 EC₅₀ препарата Зерокс для большинства исследованных видов грибов варьировала от 0,4 до 10 мг/л; максимального значения она достигала для *A. alternata* – 28 мг/л. В работах других авторов приведены близкие по значению показатели EC₅₀ для немодифицированных наночастиц серебра: *A. alternata* (EC₅₀=38 мг/л), *A. solani* (около 10 мг/л), *Fusarium* (от 9 до 55 мг/л у разных видов), *Pithium* (около 2 мг/л), *Colletotrichum* (от 8 до 100 мг/л у разных видов) (Lamsal et al., 2011; Kim et al., 2012). Эффективные концентрации EC₅₀ для наночастиц серебра в отношении склероциеобразующих видов *S. sclerotiorum* (7 мг/л) и *R. solani* (6 мг/л) (Min et al., 2009) превышали EC₅₀ для Зерокса в отношении этих же видов (3,9 и 0,4 мг/л соответственно).

В целом, представленные в процитированных работах эффективные концентрации EC₅₀ близки к определенным нами для препарата Зерокс, но в большинстве случаев в несколько раз превышают их. По-видимому, поверхностная модификация на-

Таблица 3.

Сравнение эффективности фунгицидных препаратов, используемых в защите вегетирующих растений картофеля от фитофтороза и альтернариоза.

Исследуемый организм	Эффективная концентрация фунгицида ЕС ₅₀ , мг/л по ДВ				
	Серебро (Зерокс)	Манкоцеб (Манкоцеб)	Дифеноконазол (Скор)	Хлороталонил (Браво)	Флуазинам (Ширлан)
<i>P. infestans</i>	3,1	7,8	–	3,0	3,3
<i>A. solani</i>	7,7	15,5	< 0,1	486,8**	–
<i>A. alternata</i> *	28	128,4	< 0,1	628,2**	–

Примечание:

* – в данной таблице под *A. alternata* понимаются все мелкоспоровые виды рода *Alternaria*, исследованные в работе Побединской и др., 2012;

** – в данном эксперименте исследовали рост на концентрациях до 1000 мг/л.

ночастиц увеличивает фунгицидный эффект, что мы и наблюдаем в случае Зерокса.

Ранее в нашей лаборатории было проведено сравнение эффективности коммерческих фунгицидных препаратов, используемых в защите вегетирующих растений картофеля от фитофтороза и альтернариоза (Еланский и др., 2012; Побединская и др., 2012). Усредненные показатели для всех исследованных в этих работах штаммов *P. infestans*, *A. solani* и *A. alternata* приведены в таблице 3.

Анализ приведенных 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 Зерокса в отношении возбудителей альтернариоза выше, чем у самого популярного в России фунгицида манкоцеб, и намного выше, чем у хлороталонила. Однако он существенно ниже, чем у такого общепризнанно эффективного фунгицида, как дифеноконазол.

Полученные результаты показывают хорошие перспективы использования Зерокса в качестве контактного фунгицида. В то же время препарат Зерокс является практически безвредным для животных и растений, и в рекомендованных дозах не опасен для окружающей среды. Он может быть рекомендован для использования в тех областях, где недопустимо

использование токсичных химических препаратов. Сферами его применения могут быть, например, обработка картофеля (в том числе продовольственного и технического) и корнеплодов перед закладкой на хранение и во время хранения, выращивание экологически чистого картофеля, обработки растений в теплицах и на частных огородах (ЛПХ).

Литература

- Lamsal K., Kim S.W., Jung J.H., Kim Y.S., Kim K.S., Lee Y.S. Application of silver nanoparticles for the control of *Colletotrichum* species in vitro and pepper anthracnose disease in field// *Mycobiology*. – 2011. – V.39(3). – P.194-199.
- Kim S.W., Jung J.H., Lamsal K., Kim Y.S., Min J.S., Lee Y.S. Antifungal effect of silver nanoparticles (AgNPs) against various plant pathogenic fungi// *Mycobiology*. – 2012. V. 40(1). – P.53-58.
- Min J.S., Kim K.S., Kim S.W., Jung J.H., Lamsal K., Kim S.B., Jung M., Lee Y.S. Effect of colloidal silver nanoparticles on sclerotium-forming phytopathogenic fungi// *Plant Pathol J.* – 2009. – V.25. – P. 376-380.
- Еланский С.Н., М.А. Побединская, Е.Д. Мыца, М.П. Пляневич. Устойчивость возбудителя фитофтороза картофеля и томата к фунгицидам// *Микология и фитопатология*. – 2012. – Т.46. – В.5. – С. 340-344.
- Побединская М.А., П.Н. Плуталов, С.С. Романова, Л.Ю. Кокаева, А.В. Николаев, А.В. Александрова, С.Н. Еланский Устойчивость возбудителей альтернариоза картофеля и томата к фунгицидам// *Микология и фитопатология*. – 2012. – Т.46. – В.6. – С. 401-408.

Урожайность и качество семенного картофеля в зависимости от комплекса агроприемов, ограничивающих распространение вирусной инфекции

О. Н. Жукова, А. В. Николаев, Н. П. Сезонова, Г. И. Кораблева

ГНУ Костромской НИИСХ ФАНО, г. Кострома
e-mail: nikolaev7344@gmail.com

Россия уже много лет входит в число мировых лидеров по посевным площадям и валовому производству картофеля, но по урожайности этой культуры она значительно отстает от ведущих в отрасли картофелеводства стран мира (Анисимов, 2004).

Одним из факторов, определяющих хронически низкий уровень урожайности картофеля, является

использование низкокачественного семенного материала, зараженного инфекционными фитопатогенами. Практически повсеместное распространение имеют вирусные болезни с тенденцией возрастания их вредности в основных картофелепроизводящих регионах. В настоящее время в России для решения этой проблемы актуальным является осво-