

## ПРЕПАРАТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ КОЛЛОИДНОЕ СЕРЕБРО, ПРОТИВ РИЗОКТОНИОЗА, АЛЬТЕРНАРИОЗА И ФИТОФТОРОЗА КАРТОФЕЛЯ

М.К. ДЕРЕВЯГИНА, С.В. ВАСИЛЬЕВА, В.Н. ЗЕЙРУК, Г.Л. БЕЛОВ

(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха»)

*В статье представлены результаты четырехлетних испытаний препаратов с наночастицами серебра Зерокс, Зеромикс, Зеребра Агро на сортах с различной степенью устойчивости к основным болезням картофеля, позволившие сделать вывод об их эффективности при защите картофеля от ризоктониоза и альтернариоза, сравнимой с эффективностью химических протравителей (Максим и Селест Топ) и фунгицидами при обработке вегетирующих растений (Абига Пик и Ридомил Голд МЦ).*

*Биологическая эффективность в отношении фитофтороза на неустойчивом сорте Ильинский препаратов с наночастицами серебра уступала по эффективности Абига Пик в среднем на 49,8%.*

*Биологическая эффективность Зеребра Агро в отношении этой болезни на сорте Сантэ в эпифитотийный год была невысокой (24,6%), в неэпифитотийный год – высокой (65,7%) и ненамного уступала химическим фунгицидам (30,4 и 78,1% соответственно годам) как в эпифитотийный, так и в неэпифитотийный годы.*

*В 2018 г., когда эффективность препаратов являлась высокой в отношении всех основных заболеваний картофеля, прибавка урожая была существенно выше контроля. В эталонном варианте она превышала контроль на 26,4%, в варианте с Зеребра Агро – на 27,1%. Существенной разницы между эталоном и Зеребра Агро не обнаружено.*

**Ключевые слова:** картофель, наночастицы серебра, Зерокс, Зеромикс, Зеребра Агро, биологическая эффективность.

### Введение

Картофель является одной из основных продовольственных и технических культур во многих странах мира. В России эта культура занимает более 2,1 млн га, а валовой сбор его составляет 30,2 млн т. При этом средняя урожайность в стране составляет около 14–17 т/га, тогда как потенциальная возможность этой культуры позволяет получать урожаи в 30–40 т/га и выше. В странах с развитым картофелеводством: Китае, США, Германии, Нидерландах – урожайность культуры достигает 23–46 т/га. Для удовлетворения потребностей страны Россия ежегодно импортирует 500 тыс. т картофеля [9]. По данным Федеральной таможенной службы, объем импорта свежего картофеля в Российской Федерации в 2013 г. составлял 448 тыс. т, в 2014 г. – 690 тыс. т, в 2015 г. – 544 тыс. т, что соответствует 1,5–2,2% от валового производства картофеля в России [16]. Следует отметить, однако, что в сезоне 2017 г. Россия закупила всего 12 тыс. т семян, что существенно меньше в сравнении с предыдущими периодами [8].

В условиях ухудшения экологической ситуации немаловажное значение приобретает биологизация сельскохозяйственного производства. Поэтому в современных технологиях производства картофеля, наряду с традиционными органическими удобрениями и средствами защиты, необходимо применять регуляторы роста растений

и фунгициды нового поколения. Это оптимизирует питание, стимулирует рост и развитие растений, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам среды и ряду патогенов, что способствует повышению продуктивности картофеля и экологической безопасности агроценозов, а также является одним из основных факторов в обеспечении высоких урожаев [1, 7].

В конкретных условиях возделывания сорта по-разному реагируют на различные регуляторы роста, поэтому изучение эффективности применения фиторегуляторов в разных регионах России является актуальной задачей современного картофелеводства и имеет большое практическое значение [4, 14, 15]. В последние годы наблюдается массовое развитие заболеваний растений, вызываемых обладающими повышенной устойчивостью к фунгицидам штаммами патогенных грибов и фитопатогенными бактериями, на которые доступные на российском рынке пестициды практически не действуют. Необходима разработка нового типа препаратов, отличающихся высокой эффективностью против широкого спектра грибных и бактериальных патогенов, малой вероятностью появления устойчивых штаммов, низкой токсичностью для людей и животных, безопасностью для окружающей среды. Перспективным действующим веществом для подобных препаратов является коллоидное серебро, сочетающее высокую бактерицидную и фунгицидную активность и не вызывающее резистентность патогенов [5, 17].

Были созданы новые препараты Зерокс, Зеромикс, Зеребра Агро широкого спектра действия против фитопатогенных грибов, оомицетов и бактерий, действующим веществом которых служат наноразмерные частицы серебра. В ряде работ отмечается их высокая эффективность против широкого круга патогенов. В основном опыты проводили в условиях *in vitro* [14]. Однако на практике весьма сложно учесть потенциальную возможность тех или иных заболеваний, поэтому необходимо применять препараты, эффективные в отношении различных видов возбудителей заболеваний, и поэтому так важно знать об эффективности препаратов в эпифитотийные и неэпифитотийные годы с целью их грамотного подбора при практическом использовании.

**Целью наших исследований** явилось изучение эффективности перспективных препаратов, содержащих коллоидное серебро, на картофеле, в условиях Московской области, на сортах с различной степенью устойчивости к основным болезням картофеля.

### Условия и методы исследований

Опыты по изучению препаратов с наночастицами серебра были проведены в условиях почвенно-климатической зоны подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области Российской Федерации – экспериментальное поле ВНИИКХ (п. Красково Люберецкого района Московской обл.).

Исследования проводились на дерново-подзолистой супесчаной почве со следующей агрохимической характеристикой:  $pH_{KCl} = 4,9$ ;  $N_g = 3,6$  мг-экв/100 г почвы;  $S = 2,5$  мг-экв/100 г почвы;  $V = 41,0\%$ ; высокое содержание подвижного фосфора (342 мг/кг почвы) и ниже среднего содержание обменного калия (64 мг/кг почвы); низкая гумусированность – 1,7% гумуса.

В исследованиях использовали картофель сортов:

– Ильинский, среднеранний, столовый, урожайность высокая. Сорт устойчив к раку, относительно устойчив к ризоктониозу, среднеустойчив к парше обыкновенной, вирусам, восприимчив по ботве к фитофторозу;

– Сантэ, среднеранний, универсального использования. Урожайность высокая. Сорт устойчив к раку картофеля, к золотистой картофельной цистообразующей

нематоде, вирусным болезням, восприимчив к ризоктониозу, фомозу, относительно устойчив к фитофторозу;

– Удача, раннеспелый, столовый. Урожайность высокая. Устойчив к раку, фитофторозу, морщинистой мозаике, черной ножке, мокрой гнили, среднеустойчив к ризоктониозу, парше обыкновенной.

Посадочный материал: клубни, отобранные от одной прогретой и перебранной семенной партии картофеля. Масса посадочных клубней – 70–80 г, глазки наклонились.

Использовали следующие препараты:

– Зерокс, Зеромикс, Зеребра Агро – фунгициды нового поколения, действующим веществом которых являются наночастицы серебра.

– Максим – протравитель, фунгицид контактного действия. Активный компонент препарата – флудиоксонил.

– Селест Топ – протравитель фунгицидно-инсектицидного действия. Препарат представляет собой смесь трех действующих веществ: инсектицид тиаметоксам и два фунгицида – флудиоксонил (действующее вещество протравителя Максима) и дифеноконазол.

– Абига Пик – фунгицид контактного действия, содержит хлорокись меди.

– Ридомил Голд Мц – фунгицид системного и контактного действия. Действующее вещество: манкоцеб + мефеноксам.

Средняя температура воздуха за вегетационные периоды составила: 2014 г. – 18,4°C; 2015 г. – 17,5°C; 2017 г. – 16,2°C; 2018 г. – 18,7°C при норме 16,5°C. Всего осадков за вегетационные периоды выпало: 2014 г. – 206,5 мм, или 79,1% от нормы; 2015 г. – 302,45 мм, или 116,1% от нормы; 2017 г. – 378,4 мм, или 145,3% от нормы; 2018 г. – 205,9 мм, или 79,04% от нормы (260,5 мм). Сумма эффективных температур (выше 10°C) в 2014 г. составила 2216°C; в 2015 г. – 2072,4°C; в 2017 г. – 1833,4°C; в 2018 г. – 2318,03°C. ГТК составил в 2014 г. 0,93 (засушливый); в 2015 г. – 1,46 (влажный); в 2017 г. – 2,06 (очень влажный); в 2018 г. – 0,89 (засушливый).

Опыт проводили в соответствии со стандартными методиками [10, 11, 13] и ГОСТ 33996–2016 [2].

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [3].

Площадь опытных делянок: в полевом 25 м<sup>2</sup> (100 клубней картофеля), повторность трехкратная.

Размещение рендомизированное.

Опрыскивание посадочных клубней и вегетирующих растений на опытных делянках проводили ранцевой аппаратурой «KWAZAR» с нормой расхода рабочей жидкости из расчета 10 л на 1 т и 300 л на 1 га.

Биологическую эффективность препаратов рассчитывали из данных последнего учета распространенности болезней по формуле:

$$БЭ = \frac{P_k - P_b}{P_k} \times 100,$$

где БЭ – биологическая эффективность препарата, %; P<sub>к</sub> – распространение болезни в контроле; P<sub>в</sub> – распространение болезни в варианте.

Опыты проводили по схемам, представленным в таблицах 1, 2.

Обработки были закончены за 20 дней до уборки.

Искусственное заражение листьев в лабораторных условиях проводили методом «отделенных листьев» [12].

Таблица 1

**Схема опыта в 2014 г. (сорт Удача), в 2015 г. (сорт Ильинский),  
в 2017 г. (сорт Сантэ)**

Вариант	Срок применения препарата, расход		
	Клубни перед посадкой, т	Смыкание ботвы в рядах, га	Последующие, шестикратно с интервалом 7 дней, га
Зерокс	Зерокс, 0,3 л	Зерокс, 3,0 л	Зерокс, 3,0 л
Зеромикс	Зеромикс, 0,3 л	Зеромикс, 3,0 л	Зеромикс, 3,0 л
Зеребра Агро	Зеребра Агро, 0,15 л	Зеребра Агро, 0,1 л	Зеребра Агро, 0,1 л
Эталон	Максим, 0,4 л	Абига Пик, 3,0 кг	Абига Пик, 3,0 кг
Контроль	Вода, 10 л	Вода, 300 л	Вода, 300 л

Таблица 2

**Схема опыта в 2018 г. на сорте Сантэ**

Вариант	Срок применения препарата, расход				
	Клубни перед посадкой, т	Смыкание ботвы в рядах, га	Через 14 дней, га	Через 14 дней, га	Последующие, двукратно с интервалом 7 дней, га
Зеребра Агро	Зеребра Агро, 0,15 л	Зеребра Агро, 0,1 л	Зеребра Агро, 0,1 л	Зеребра Агро, 0,1 л	Зеребра Агро, 0,1 л
Эталон	Селест Топ, 0,4 л	Ридомил Голд МЦ, 2,5 кг	Ридомил Голд МЦ, 2,5 кг	Абига Пик, 3,0 кг	Абига Пик, 3,0 кг
Контроль	Вода, 10 л	Вода, 300 л	Вода, 300 л	Вода, 300 л	Вода, 300 л

**Обсуждение результатов**

Из данных таблицы 3 следует, что препараты с наночастицами серебра способствуют снижению распространения ризоктониоза по сравнению с контролем, уступая по эффективности химическому эталону. Так, в 2014 г. на сорте Удача при значительной распространенности болезни (в контроле было поражено 11,9% растений картофеля) биологическая эффективность Зерокса и Зеромикса составила 15,1 и 15,8% соответственно. Биологическая эффективность эталонного варианта была немного выше и составила 20,0%. В 2015 г. на сорте Ильинский при слабом развитии болезни (в контроле было поражено 1,7% растений) биологическая эффективность препаратов с наночастицами серебра была выше прошлогодней (58,8%), однако эталон в этот год превосходил их по эффективности в 1,7 раза.

Таблица 3

**Биологическая эффективность Зерокса и Зеромикса против ризоктониоза, %**

Вариант	2014 г., сорт Удача	2015 г., сорт Ильинский
Зерокс	15,1	58,8
Зеромикс	15,8	58,8
Эталон	20,0	100,0
Контроль	(11,9% поражено растений)	(1,7% поражено растений)
НСР <sub>05</sub>	3,4	7,1

Абсолютно идентичные данные были получены в 2017–2018 гг. при изучении другого препарата с наночастицами серебра Зеребра Агро на сорте Сантэ. Из таблицы 4 следует, что в 2017 г. при сильном распространении болезни (в контроле поражено 20,0% растений) биологическая эффективность была низкой (17,0%), эффективность эталона была еще ниже и составила 13,0%. В 2018 г. при очень низкой степени поражения растений картофеля ризоктониозом (в контроле поражено 5,5% растений) резко возросла биологическая активность препарата Зеребра Агро и эталона (87,3%). Таким образом, за 4 года исследований препаратов с наночастицами серебра было доказано, что эффективность их возрастает по мере снижения развития ризоктониоза и практически не отличается от эталонных фунгицидов.

Таблица 4

**Биологическая эффективность Зеребра Агро против ризоктониоза (с. Сантэ), %**

Вариант	2017 г.	2018 г.
Зеребра Агро	17,0	87,3
Эталон	13,0	87,3
Контроль	(20,0% поражено растений)	(5,5% поражено растений)
НСР <sub>05</sub>	1,0	2,3

В таблице 5 представлены данные биологической эффективности препаратов Зерокса и Зеромикса при последнем учете в отношении другой болезни картофеля – альтернариоза. В 2014 г. на сорте Удача и в 2015 г. на сорте Ильинский нами отмечалось эпифитотийное развитие болезни. Эффективность препаратов с наночастицами серебра была очень низкой: 9,5–10,6% в 2014 г. и 4,5–5,3% в 2015 г. Эффективность препаратов эталонного варианта была несколько выше: 14,9% в 2014 г. и 16,5% в 2015 г., однако не была достаточно высокой для подавления болезни.

В таблице 6 представлены данные биологической активности Зеребра Агро на сорте Сантэ по отношению к той же болезни. Распространение болезни в 2017 г. в конце вегетации составило 37,3% в контроле. Эффективность Зеребра Агро была на этом сорте довольно высокой (42,9%) и практически не уступала эталону (55,2%). В 2018 г. при эпифитотийном распространении болезни (в контроле 78,8% растений

было поражено альтернариозом) эффективность Зеребра Агро составила 51,1% и была так же, как в прошлом году, на уровне эталона (43,1%).

Таблица 5

**Биологическая эффективность Зерокса и Зеромикса против альтернариоза, %**

Вариант	2014 г., сорт Удача	2015 г., сорт Ильинский
Зерокс	9,5	5,3
Зеромикс	10,6	4,5
Эталон	14,9	16,5
Контроль	(90,5% поражено растений)	(55,2% поражено растений)
НСР <sub>05</sub>	3,9	3,0

Таблица 6

**Биологическая эффективность Зеребра Агро против альтернариоза (с. Сантэ), %**

Вариант	2017 г.	2018 г.
Зеребра Агро	42,9	51,1
Эталон	55,2	43,1
Контроль	(37,3% поражено растений)	(78,8% поражено растений)
НСР <sub>05</sub>	8,4	17,1

Таким образом, в случае сильного поражения картофеля альтернариозом на неустойчивых сортах ни наночастицы серебра, ни химические препараты общепринятых схем явились неспособными защитить растения от болезни. На относительно устойчивом сорте Сантэ эффективность наночастиц серебра была высокой и не уступала эталонному варианту.

Погодные условия 2014 г. не способствовали развитию фитофтороза, тем более на сорте Удача. За весь вегетационный период не было обнаружено ни единого растения, пораженного этой болезнью. В связи с этим в лабораторных условиях было проведено искусственное заражение листьев картофеля, взятых с растений в полевом опыте через 4 дня после 5-й обработки препаратами, инфекционными структурами возбудителя *Ph. infestans*. Данные учетов представлены в таблице 7 и на рисунке 1.

Из данных таблицы 7 следует, что наименьшее поражение листьев отмечено в эталонном варианте. Средний балл составил 6,3 (чем меньше поражение, тем выше балл), то есть при наличии инфекции и благоприятных условий для развития фитофтороза даже после 5 обработок препаратами на устойчивом сорте болезнь может развиваться. Однако погода в полевых условиях и последующие обработки могут внести коррективы в течение болезни. Поэтому в 2015 г. нами были проведены опыты по определению эффективности препаратов на неустойчивом к фитофторозу сорте Ильинский (табл. 8).

**Эффективность Зерокса и Зеромикса при искусственном заражении листьев инфекционными структурами *Ph. infestans* (2014 г., с. Удача)**

Вариант	Балл поражения		
	1-й учет	2-й учет	Среднее
Зерокс	5,2	4,5	4,9
Зеромикс	5,6	3,8	4,7
Эталон	6,9	5,7	6,3
Контроль	5,9	5,5	5,7
НСР <sub>05</sub>			0,3



Зерокс



Зеромикс



Эталон



Контроль

**Рис. 1.** Искусственное заражение инфекционными структурами *Ph. infestans* в вариантах с обработкой посадочных клубней и растений картофеля препаратами и в контрольном варианте в полевом опыте, 2-й учет

Погода способствовала развитию болезни в 2015 г. В конце вегетации 74,5% растений было поражено фитофторозом в контрольном варианте. Биологическая эффективность Зерокса и Зеромикса составила 4,3 и 2,1%, то есть практически эффективность отсутствовала. Защитный эффект химического препарата Абига Пик был гораздо выше и составил 53,0%.



**Биологическая эффективность Зерокса и Зеромикса против фитотроза, %**

Варианты	2015 г., сорт Ильинский
Зерокс	4,3
Зеромикс	2,1
Эталон	53,0
Контроль	(74,5% поражено растений)

В 2017 эпифитотийном году на относительно устойчивом сорте Сантэ эффективность препарата Зеребра Агро составила 24,6%, немногим уступая эталону (30,4%). Данные представлены в таблице 9.

**Биологическая эффективность Зеребра Агро против фитотроза, % (с. Сантэ)**

Варианты	2017 г.	2018 г.
Зеребра Агро	24,6	65,7
Эталон	30,4	78,1
Контроль	(46,0% поражено растений)	(7,3% поражено растений)
НСР <sub>05</sub>	3,3	2,5

В 2018 г. на этом же сорте, но при неблагоприятных для фитотрозы условиях (в контроле поразилось 7,3% растений), эффективность препарата Зеребра Агро возросла до 65,7%. В эталонном варианте эффективность была выше на 12,4% и составила 78,1%.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что на устойчивых и относительно устойчивых сортах препараты с наночастицами серебра по эффективности ненамного уступают химическим препаратам. В годы эпифитотий общепринятая схема применения фунгицидов является более эффективной, чем препараты с наночастицами серебра, но также далека от идеала.

Из анализа данных по урожайности (табл. 10–11) следует, что существенной прибавка урожая по сравнению с контролем была только в 2018 г. на сорте Сантэ в варианте с Зеребра Агро, составив 27,1%. В остальные годы урожайность была на уровне контроля как в вариантах с наночастицами серебра, так и в эталонном варианте. В разные годы препараты эффективно снижали развитие одной болезни и не снижали развитие другой. Так, в 2015 г. было отмечено снижение ризоктониоза в эталонном варианте и в вариантах с Зероксом и Зеромиксом. Однако в отношении альтернариоза и фитотроза эффективность их была низкой.

Только в 2018 г. отмечена значительная биологическая эффективность Зеребра Агро и эталонных препаратов в отношении ризоктониоза, альтернариоза и фитотроза. Именно это и повлияло на прибавку урожая в 2018 г.



**Влияние Зерокса и Зеромикса на урожайность картофеля**

Вариант	2014 г., с. Удача		2015 г., с. Ильинский	
	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю
Зерокс	10,6	90,8	24,5	85,5
Зеромикс	12,6	108,1	25,3	88,6
Эталон	12,6	105,1	23,4	81,9
Контроль	11,7	100,0	28,6	100,0
НСР <sub>05</sub>	3,7		6,0	

Таблица 11

**Влияние Зеребра Агро на урожайность картофеля, с. Сантэ**

Вариант	2017 г.		2018 г.	
	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю
Зеребра Агро	18,7	103,3	17,8	127,1
Эталон	17,8	98,3	17,7	126,4
Контроль	18,1	100,0	14,0	100,0
НСР <sub>05</sub>	1,4		3,8	

**Выводы**

Четырехлетние испытания препаратов с наночастицами серебра позволяют сделать вывод об их эффективности при защите картофеля от ризоктониоза и альтернариоза, сравнимой с эффективностью химических протравителей (Максим и Селест Топ) и фунгицидами при обработке вегетирующих растений (Абига Пик и Ридомил Голд МЦ).

Биологическая эффективность в отношении фитофтороза на неустойчивом сорте Ильинский препаратов с наночастицами серебра уступает по эффективности Абига Пик в среднем на 49,8%.

Биологическая эффективность Зеребра Агро в отношении этой болезни на сорте Сантэ в эпифитотийный год была невысокой (24,6%), в неэпифитотийный год – высокой (65,7%), ненамного уступая химическим фунгицидам (30,4 и 78,1% соответственно годам) как в эпифитотийный, так и в неэпифитотийный годы.

Обработки картофеля препаратами чаще были убыточными, так как урожайность после их применения повышалась несущественно по сравнению с контролем. Только в 2018 г., когда эффективность препаратов была высокой в отношении всех основных заболеваний картофеля, прибавка урожая была существенно выше контроля. В эталонном варианте она превышала контроль на 26,4%, в варианте с Зеребра Агро – на 27,1%. Существенной разницы между эталоном и Зеребра Агро не обнаружено.

## Библиографический список

1. *Анисимов Б.В. и др.* Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б.В. Анисимов, Г.Л. Белов, Ю.А. Варицев и др. – М.: Картофелевод, 2009. – 272 с.
2. ГОСТ 33966–2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества». – М.: Стандартинформ, 2017. – 31 с.
3. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М., 1985. – 351 с.
4. *Еланский С.Н.* Применение препаратов на основе коллоидного серебра для защиты картофеля / С.Н. Еланский, М.А. Побединская, Ю.А. Крутяков, П.М. Жеребин, А.Н. Денисов // Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля: Материалы Международной научно-практической конференции. – Серия «Картофелеводство» / Под ред. С.В. Жеворы. – М., 2016. – С. 257–261.
5. *Жеребин П.М.* «Зерокс»: новый бактерицид и фунгицид широкого спектра действия на основе коллоидного серебра / П.М. Жеребин, Ю.А. Крутяков, А.А. Кудринский, А.И. Климов, С.Н. Еланский, М.А. Побединская, А.Н. Игнатов // Молодой ученый. – 2015. – № 9.2. – С. 25–26. URL: <https://moluch.ru/archive/89/18398/> (дата обращения: 04.02.2019).
6. *Жукова О.Н.* Влияние комплекса агроприемов на урожай и выход семенных клубней / О.Н. Жукова, А.В. Николаев, Б.В. Анисимов // Картофель и овощи. – 2003. – № 6. – С. 24.
7. *Захаренко В.А.* Мировые тенденции и развитие научного обеспечения биологической защиты растений в России / В.А. Захаренко // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений, перспективы и роль в фитосанитарном оздоровлении агроценозов и получении экологически безопасной сельскохозяйственной продукции», 23–25 сентября 2008 г., Краснодар. – Краснодар, 2008. – С. 32–52.
8. *Красильников А.* Предварительные итоги / А. Красильников // Картофельная система. – 2018. – № 3. – С. 14–15.
9. *Матюк Н.С.* Приемы возделывания и уборки полевых культур / Н.С. Матюк, В.Д. Полин, И.В. Горбачев, О.А. Савоськина. – М.: МСХА, 2005. – 98 с.
10. Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур. – М., 1965.
11. Методика исследований по культуре картофеля. – М., 1967.
12. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. – М., 1995.
13. Методические указания по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов и регуляторов роста растений. – М., 2005.
14. *Мыца Е.Д.* Новый препарат Зерокс – оценка фунгицидного и бактерицидного эффекта *in vitro* / 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 // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – Т. 28. – № 12. – С. 16–19.
15. *Николаев А.В.* Влияние обработки клубней регуляторами роста на пораженность вирусными болезнями и урожайность семенного картофеля / А.В. Николаев, Г.Е. Черемин, И.Г. Любимская, С.С. Кузнецов, О.П. Прокофьева // Защита картофеля. – 2016. – № 2 – С. 10–15.
16. *Чугунов В.С.* Импорт картофеля в России в 2014–2015 годах / В.С. Чугунов, О.Н. Шатилова, Л.Б. Ускова, Б.В. Анисимов // Картофель и овощи. – 2016. – № 5. – С. 29–31.

17. Jo, Y.K. Antifungal activity of silver ions and nanoparticles on phytopathogenic fungi / Y.K. Jo, S.W. Kim, J.H. Jung // *Plant Dis.* – 2009. – V. 93. – P. 1037–1043.

18. Kim S.W. Antifungal effect of silver nanoparticles (AgNPs) against various plant pathogenic fungi / S.W. Kim, J.H. Jung, K. Lamsal, Y.S. Kim, J.S. Min, Y.S. Lee // *Micobiology.* – 2012. – V. 40 (1). – P. 53–58.

## USE OF PREPARATIONS CONTAINING COLLOID SILVER IN POTATO DISEASE CONTROL

M.K. DEREVYAGINA, S.V. VASILYEVA, V.N. ZEYRUK, G.L. BELOV

(Lorch Potato Research Institute, Moscow region, Russia)

*The paper presents the results of four-year trials of preparations with silver nanoparticles Zerox, Zeromiks, and Zerebra Agro on varieties with varying degrees of resistance to the main potato diseases. The four-year trials made it possible to conclude that preparations with silver nanoparticles were effective in protecting potatoes from rhizoctoniosis and alternariosis, comparable to the effectiveness of chemical treaters (Maxim and Celeste Top) and fungicides used in the treatment of vegetative plants (Abiga Peak and Ridomil Gold MC).*

*The biological effectiveness of preparations with silver nanoparticles was lower than that of Abig Peak by an average of 49.8% against late blight on the unstable Ilyinsky variety.*

*The biological effectiveness of Zerebra Agro was low (24.6%) in relation to late blight on the Sante variety in the epiphytotic year. It was high (65.7%) in the non-epiphytotic year, and it was not much worse than chemical fungicides (30.4 and 78.1%, respectively) in both the epiphytotic and non-epiphytotic years.*

*In 2018, when the effectiveness of the preparations was high for all major potato diseases, the yield increase was significantly higher than the check. In the standard version, it exceeded the check by 26.4%, in the variant with Zerebra Agro – by 27.1%. No significant difference was found between the standard variant and Zerebra Agro.*

**Key words:** potatoes, silver nanoparticles, Zerox, Zeromix, Zerebra Agro, biological effectiveness

### References

1. Anisimov B.V., Belov G.L., Varitsev Yu.A. et al. Zashchita kartofelya ot boleznay, vreditel'ey i sornyakov [Protection of potatoes from diseases, pests and weeds]. M.: Kartofelevod, 2009: 272. (In Rus.)

2. GOST 33966–2016 “Kartofel’ semenny. Tekhnicheskie usloviya i metody opredeleniya kachestva” [Seed potatoes. Technical conditions and methods for determining quality]. – M.: Standartinform. 2017: 31. (In Rus.)

3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. – M., 1985: 351. (In Rus.)

4. Elanskiy S.N., Pobedinskaya M.A., Krutyakov Yu.A., Zherebin P.M., Denisov A.N. Primenenie preparatov na osnove kolloidnogo serebra dlya zashchity kartofelya. Razvitiye novykh tekhnologiy selektsii i sozdanie otechestvennogo konkurentosposobnogo semenogo fonda kartofelya [Use of preparations based on colloidal silver for potato protection. Development of new breeding technologies and establishment of a competitive domestic potato seed stock]. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ser. “Kartofelevodstvo”. – Ed. by S.V. Zhevora. M., 2016: 257–261. (In Rus.)

5. Zherebin P.M., Krutyakov Yu.A., Kudrinskiy A.A., Klimov A.I., Elanskiy S.N., Pobedinskaya M.A., Ignatov A.N. “Zerox”: noviy bakteritsid i fungitsid shirokogo spektra deystviya na osnove kolloidnogo serebra [“Zerox”: a new bactericide and broad-spectrum fungicide based on colloidal silver] // Molodoy uchenyy. 2015; 9.2: 25–26. URL <https://moluch.ru/archive/89/18398/> (access date: 04.02.2019). (In Rus.)

6. Zhukova O.N., Nikolaev A.V., Anisimov B.V. Vliyanie kompleksa agropriemov na urozhay i vykhod semennykh klubney [Influence of complex agricultural practices on the yield and the amount of seed tubers] // Kartofel' i ovoshchi. 2003; 6: 24. (In Rus.)

7. Zakharenko V.A. Mirove tendentsii i razvitie nauchnogo obespecheniya biologicheskoy zashchity rasteniy v Rossii. Biologicheskaya zashchita rasteniy – osnova stabilizatsii agroekosistem [World trends and scientific support for biological plant protection in Russia. Biological plant protection as the basis for stabilizing agroecosystems]. Materialy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Biologicheskaya zashchita rasteniy, perspektivy i rol' v fitosanitarnom ozdorovlenii agrotsenozov i poluchenii ekologicheskii bezopasnoy sel'skokhozyaystvennoy produktsii: September 23–25, 2008, Krasnodar, 2008: 32–52. (In Rus.)

8. Krasil'nikov A. Predvaritel'ne itogi. Kartofel'naya sistema [Preliminary results. Potato growing system]. 2018; 3: 14–15. (In Rus.)

9. Matyuk N.S., Polin V.D., Gorbachev I.V. Savos'kina, O.A. Priemy vozdeleyvaniya i uborki polevykh kul'tur [Techniques for the cultivation and harvesting of field crops]. M.: MSKHA, 2005: 98. (In Rus.)

10. Metodicheskie ukazaniya po gosudarstvennym ispytaniyam fungitsidov, antibiotikov i protraviteley semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Guidelines for state testing of fungicides, antibiotics and seed dressings for agricultural crops]. M., 1965. (In Rus.)

11. Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelya [Research methodology for potato growing]. M., 1967. (In Rus.)

12. Metodika issledovaniy po zashchite kartofelya ot bolezney, vreditel'ey, sornyakov i immunitetu [Research methodology for potato protection from diseases, pests, weeds and ensuring its immunity]. – M., 1995. (In Rus.)

13. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu registratsionnykh ispytaniy agrokhimikatov i regulyatorov rosta rasteniy [Guidelines for the registration tests of agrochemicals and plant growth regulators]. – M., 2005. (In Rus.)

14. Mytsa E.D., Elanskiy S.N., Kokaeva L.Yu., Pobedinskaya M.A., Ignatov A.N., Kuznetsova M.A., Kozlovskiy B.E., Denisov A.N., Zherebin P.M., Krutyakov Yu.A. Noviy preparat Zerox – otsenka fungitsidnogo i bakteritsidnogo effekta in vitro [New preparation Zerox and the assessment of its fungicidal and bactericidal effect in vitro] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014; 28; 12: 16–19. (In Rus.)

15. Nikolaev A.V., Cheremin G.E., Lyubimskaya I.G., Kuznetsov S.S., Prokof'eva O.P. Vliyanie obrabotki klubney regulyatorami rosta na porazhennost' virusnymi boleznyami i urozhaynost' semennogo kartofelya [Effect of treating tubers with growth regulators on the incidence of viral diseases and the yield of seed potatoes]. Zashchita kartofelya, 2016; 2: 10–15. (In Rus.)

16. Chugunov V.S., Shatilova O.N., Uskova L.B., Anisimov B.V. Import kartofelya v Rossii v 2014–2015 godakh [Potato imports in Russia in 2014–2015]. Kartofel' i ovoshchi, 2016; 5: 29–31. (In Rus.)

17. Jo Y.K., Kim B.H., Jung G. Antifungal activity of silver ions and nanoparticles on phytopathogenic fungi // Plant Dis. 2009; 93: 1037–1043.

18. 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 // Microbiology. 2012; 40(1): 53–58.

**Деревягина Марина Константиновна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИКХ (140051, Московская область, Люберецкий р-н, поселок Красково, ул. Лорха, д.23, литер В; тел.: (498) 645-03-03; (916) 527-32-95; e-mail: vzeyruk@mail.ru).

**Васильева Светлана Викторовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИКХ (140051, Московская область, Люберецкий р-н, поселок Красково, ул. Лорха, д.23, литер В; тел.: (498) 645-03-03; e-mail: vzeyruk@mail.ru).

**Зейрук Владимир Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией защиты растений, ФГБНУ ВНИИКХ (140051, Московская область, Люберецкий р-н, поселок Красково, ул. Лорха, д.23, литер В; тел.: (498) 645-03-03; (929) 582-63-06; e-mail: vzeyruk@mail.ru).

**Белов Григорий Леонидович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИКХ (140051, Московская область, Люберецкий р-н, поселок Красково, ул. Лорха, д.23, литер В; тел.: (498) 645-03-03; e-mail: vzeyruk@mail.ru).

**Marina K. Derevyagina**, PhD (Bio), Key Research Associate, Lorch Potato Research Institute (140051, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, 23 Lorkha Str., B; phone: (498) 645-03-03; (916) 527-32-95; e-mail: vzeyruk@mail.ru)

**Svetlana V. Vasilyeva**, PhD (Bio), Key Research Associate, Lorch Potato Research Institute (140051, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, 23 Lorkha Str., B; phone: (498) 645-03-03; (916) 527-32-95; e-mail: vzeyruk@mail.ru)

**Vladimir N. Zeyruk**, DSc (Ag), Head of the Plant Protection Laboratory, Lorch Potato Research Institute (140051, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, 23 Lorkha Str., B; phone: (498) 645-03-03; (916) 527-32-95; e-mail: vzeyruk@mail.ru)

**Grigoriy L. Belov**, PhD (Bio), Senior Research Associate, Lorch Potato Research Institute (140051, Moscow Region, Lyubertsy District, Kraskovo, 23 Lorkha Str., B; phone: (498) 645-03-03; (916) 527-32-95; e-mail: vzeyruk@mail.ru)