

ХОЗЯЙСТВЕННАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСЕННЕЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

¹Г.Л. Белов, д.с.-х.н., ¹В.Н. Зейрук, д.с.-х.н., ¹С.В. Мальцев, д.с.-х.н., ¹Ю.Г. Кашина,
²А.С. Еланский, ²Е.М. Чудинова, к.б.н., ³П.Н. Балабко, д.б.н., ^{2,3}С.Н. Еланский, д.б.н.

¹ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха, e-mail: belov.grischa2015@yandex.ru

²Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, e-mail: chudiel@mail.ru

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: snelansky@mail.ru

Представлены экспериментальные данные о влиянии осеннего протравливания семенного картофеля химическими и биологическими препаратами на общие потери урожая, пораженность клубней болезнями и прибавку урожайности в последствии. Включение в технологию длительного хранения семенного картофеля осенней обработки биопрепаратом Картофин (*Bacillus subtilis* штамм И5-12/23) обеспечило снижение потерь количества пораженных болезнями клубней по сравнению с контролем на 3,2%, при этом общие потери массы клубней сократились на 5,1%. Обработка клубней химическими препаратами Кагатник ВРК (триэтаноламинная соль бензойной кислоты, 300 г/л), Синклер СК (флудиоксонил, 75 г/л), Имикар КС (имидаклоприд, 280 г/л + тиабендазол, 80 г/л), Максим КС (флудиоксонил, 25 г/л) снизила количество больных клубней после периода хранения в среднем на 2,7; 3,8; 2,9 и 3,7%; общие потери массы клубней сократились соответственно на 1,7; 6,0; 4,5 и 4,6%. Обработка семенных клубней препаратами Картофин, Кагатник, Имикар, Синклер, Максим увеличила урожайность в следующем сезоне на 4,2; 4,1; 5,7; 8,5 и 5,1 т/га, снизила развитие ризоктониоза соответственно на 3,5; 6,3; 9,5; 8,7 и 9,5%. Весной, после периода хранения, из пораженных клубней были выделены чистые культуры фитопатогенных грибов. Анализ восприимчивости чистых культур фитопатогенных грибов к фунгицидам показал, что исследуемые штаммы *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Plectosphaerella cucumerina*, *Colletotrichum coccodes*, *Clonostachys solani* в целом были восприимчивы к бензойной кислоте и флудиоксонилу. Повышенная устойчивость к бензойной кислоте отмечена у *C. coccodes*; высокая восприимчивость к флудиоксонилу – у *F. solani* и *C. solani*. Штаммы *Helminthosporium solani*, выделенные после периода хранения из клубней, обработанных перед закладкой на хранение тиабендазол-содержащим препаратом, оказались устойчивыми к тиабендазолу и имели мутацию устойчивости в 198 кодоне гена бета-тубулина. В то же время штаммы, выделенные из других вариантов опыта, были высоковосприимчивы к тиабендазолу. Полученная информация свидетельствует о высокой вероятности появления мутантных устойчивых к тиабендазолу штаммов *H. solani* при хранении обработанных этим фунгицидом клубней. Полученные результаты показывают, что действие защитно-стимулирующих веществ, используемых для обработки клубней перед закладкой на хранение, позволяет снизить потери от гнилей при хранении, а в последствии вызывает повышение урожайности клубней и их качества.

Ключевые слова: картофель, хранение картофеля, фунгициды, биофунгициды, обработка клубней картофеля фунгицидами.

ECONOMIC AND BIOLOGICAL EFFICIENCY OF AUTUMN PROCESSING OF POTATO TUBERS

¹Dr.Sci. G.L. Belov, ¹Dr.Sci. V.N. Zeyruk, ¹Dr. Sci. S.V. Maltsev, ¹Yu.G. Kashina,
²A.S. Elansky, ²Ph.D. E.M. Chudinova, ³Dr.Sci. P.N. Balabko, ^{2,3}Dr. Sci. S.N. Elansky

¹Russian Potato Research Centre, e-mail: belov.grischa2015@yandex.ru

²Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, e-mail: chudiel@mail.ru

³Lomonosov Moscow State University, e-mail: snelansky@mail.ru

The article presents experimental data on the effect of autumn treatment of seed potato with chemical and biological preparations on overall yield losses, the incidence of tubers with diseases and the increase in yield in the aftereffect. The inclusion of autumn treatment with the biological preparation Kartofin (*Bacillus subtilis* strain I5-12/23) into the technology for long-term storage of seed potato ensured a reduction in the number of disease-

affected tubers compared to the control by 3.2%, while the total weight loss of tubers decreased by 5.1%. Treatment of tubers with chemical preparations Kagatnik (triethanolamine salt of benzoic acid 300 g/l), Sinclair (fludioxonil 75 g/l), Imikar (imidacloprid 280 g/l + thiabendazole 80 g/l), Maxim (fludioxonil, 25 g/l) reduced the number of diseased tubers after the storage period by an average of 2.7; 3.8; 2.9 and 3.7%; the total weight loss of tubers decreased respectively by 1.7; 6.0; 4.5 and 4.6%. Treatment of seed tubers with Kartofin, Kagatnik, Imikar, Sinclair, Maxim increased the yield in the next season by 4.2; 4.1; 5.7; 8.5 and 5.1 t/ha and reduced the development of rhizoctoniosis respectively by 3.5; 6.3; 9.5; 8.7 and 9.5%. In the spring, after a storage period, pure cultures of phytopathogenic fungi were isolated from the affected tubers. Analysis of the susceptibility of pure cultures of phytopathogenic fungi to fungicides showed that the studied strains of *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Plectosphaerella cucumerina*, *Colletotrichum coccodes*, *Clonostachys solani* were generally susceptible to benzoic acid and fludioxonil. Increased resistance to benzoic acid has been observed in *C. coccodes*; high susceptibility to fludioxonil – in *F. solani* and *C. solani*. *Helminthosporium solani* strains isolated after a storage period from tubers treated with a thiabendazole-containing preparation before storage turned out to be highly resistant to thiabendazole and had a resistance mutation in codon 198 of the beta-tubulin gene. At the same time, strains isolated from other variants of the experiment were highly susceptible to thiabendazole. The information obtained indicates a high probability of the emergence of mutant strains of *H. solani* resistant to thiabendazole during storage of tubers treated with this fungicide. The results obtained show that the effect of protective and stimulating substances used to treat tubers before storage allows to reduce losses from rot during storage, and it causes an increase in the yield of tubers and their quality in the aftereffect.

Keywords: potato, potato storage, fungicides, biofungicides, treatment of potato tubers with fungicides.

Хранение картофеля представляет собой сложный технологический процесс, который в зависимости от назначения клубней длится от 2-3 до 8-11 месяцев. В течение этого времени в клубнях происходят сложные биохимические преобразования, в насыпи часто развиваются фитопатогенные микроорганизмы, клубни отдельных сортов с коротким периодом покоя нередко начинают прорастать уже в декабре-январе, а при несоблюдении технологии хранения и еще раньше. Результат хранения зависит от сорта, технологий и условий выращивания, уборки и послеуборочной доработки клубней, т.е. от исходного качества клубней, способа хранения и конструкции хранилища, системы контроля и управления температурно-влажностными режимами в насыпи картофеля и в помещении с учетом специфических климатических условий различных зон. В последние годы достигнуты заметные успехи в организации хранения картофеля, однако потери все еще остаются большими [1, 2].

Успешно противодействовать отрицательному влиянию гнилей при хранении можно только соблюдая комплекс профилактических и защитных мероприятий. В связи с ужесточением в последние годы экологических требований к производству сельскохозяйственной продукции активизирована разработка систем и мероприятий, способствующих снижению пестицидной нагрузки на агробиоценоз и выращиванию экологически безопасной продукции. Возникла необходимость пересмотра стратегий применения фунгицидов и поиска новых научно-обоснованных технологий с учетом необходимости сочетания эффективности защитных мероприятий с интересами безопасности здоровья человека и отсутствия ущерба для окружающей среды [3, 4].

Цель исследования – установить хозяйственную и биологическую эффективность осенней обработки клубней картофеля.

Методика. Исследования по влиянию химических и биологических препаратов на лежкость, рост, развитие и урожайность картофеля в последствии проводили на Экспериментальной Базе «Коренево» Московской области. Закладку опыта провели 13.11.2019 г., 13-15.09.2020-22 гг. Весенний клубневой анализ делали 05-06.04.2020 г., 25-26.04.2021-23 гг.

В исследованиях использовали:

- Картофель сорта Сантэ среднеранний, универсального использования. Урожайность высокая. Сорт устойчив к раку картофеля, к золотистой картофельной цистообразующей нематод, вирусным болезням, умеренно восприимчив по ботве и клубням к фитофторозу. Среднеустойчив к обыкновенной парше, восприимчив к ризоктониозу и фомозу.

- Биопрепарат Картофин получен путем микробиологического синтеза на основе культуры *Bacillus subtilis* штамм И5-12/23 (титр 3×10^9 КОЕ/мл). Действующим началом препарата являются живые споры и комплекс антибиотиков, выделяемых бактерией.

- Химические препараты: Кагатник, ВРК; Синклер, СК; Имикар, КС; Максим, КС (табл. 1). В состав препарата Имикар входит инсектицид Имидаклоприд. Проведенные ранее эксперименты показали, что имидаклоприд в используемых в работе концентрациях не оказывает влияния на рост фитопатогенных грибов. Расход рабочей жидкости во всех случаях был 10 л/т.

- хранилище закроного типа вместимостью 500 т картофеля с высотой насыпи 2,5 м, вентиляция активная. После закладки вариантов в картофелехра-

1. Описание препаратов, используемых в исследовании

Вариант	Годы исследований	Действующее вещество, концентрация	Используемая в работе норма расхода препарата, мл/кг	Расход действующего вещества*, мг/кг
Контроль (вода)	2019-2023		10 мл/кг	–
Картофин		<i>Bacillus subtilis</i> штамм И5-12/23	0,0075 мл/кг	2,25 x 10 ⁷ КОЕ/кг
Кагатник	2019-2022	Триэтаноламинная соль бензойной кислоты, 300 г/л	0,25 мл/кг	75 мг/кг
Синклер	2019-2020, 2022-2023	Флудиоксонил, 75 г/л	0,3 мл/кг	22,5 мг/кг
Имикар	2021-2023	Имидаклоприд, 280 г/л + тиабендазол, 80 г/л	0,7 мл/кг	Тиабендазол, 56 мг/кг
Максим (эталон)	2019-2023	Флудиоксонил, 25 г/л	0,2 мл/кг	5 мг/кг

* нормы расхода препарата соответствуют разрешенным согласно «Каталога пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ в 2023 г.».

нилище температура в сентябре – октябре (лечебный период) составляла 13-14°C, в ноябре 10°C, с декабря по март от 1,5 до 4°C, в апреле от 4 до 6°C, а в остальной период 5-7°C. Относительная влажность воздуха 85-95%.

Опыты проводили в соответствии со стандартными методиками, изложенными в изданиях [5-8]. Эксперименты по хранению проводили в четырехкратной повторности, масса клубней в повторности 5 кг. После обработки клубней препаратами или водой их помещали в сетках в насыпь картофеля на глубине 40-45 см от поверхности насыпи клубней.

Оценку эффективности изучаемых препаратов проводили по следующим показателям:

- распространенность болезней клубней картофеля при хранении по счету и по массе согласно ГОСТ 33996-2016 Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества [7].

- убыль массы по показателям: абсолютная гниль, технические отходы, естественная убыль согласно «Технологии хранения картофеля» [1].

Исследования по последствию препаратов проводили в полевых мелкоделяночных опытах. Площадь опытных делянок 25 м² (8,3 x 3 м), повторность трехкратная. Размещение рандомизированное. Схема посадки 75 x 30 см (4 борозды по 25 клубней). Биологическую эффективность снижения распространенности болезней рассчитывали по формуле: БЭ = 100(Р-О) / Р, где БЭ – эффективность снижения распространенности болезни, выраженная в процентах; Р – распространенность болезни в контроле, %; О – распространенность болезни в варианте, %.

Почва опытного поля дерново-подзолистая супесчаная со следующими агрохимическими показателями: высокая обменная и гидролитическая кислотность (рН_{KCl} = 4,6-5,0; Нг = 3,3-4,1 мг-экв/100 г почвы); суммы поглощенных оснований и степени насыщенности ими ниже среднего (S = 2,2-3,9 мг-экв/100 г почвы; V = 34,9-52,7%); высокое содержание подвижного фосфора (265-378 мг/кг почвы), среднее (127-154 мг/кг почвы) и ниже среднего

(105-115 мг/кг) содержание обменного калия; гумус (1,7-1,9%).

Метеорологические условия отличались значительной вариабельностью: были как относительно благоприятные (2020, 2023 г.), так и значительно менее удачные (2021, 2022 г.) с точки зрения оптимальных условий произрастания картофеля.

Выделение чистых культур грибов проводили следующим образом: клубни тщательно отмывали от остатков почвы, после чего от них стерильным скальпелем отрезали кусочки кожуры с поражениями и закладывали в стерильные влажные камеры. Инкубировали при комнатной температуре 3-7 суток. Из пораженных внутренних тканей с однородным поражением вырезали стерильным скальпелем кусочки и закладывали на питательную среду с антибиотиком. Для выделения чистых культур использовали чашки Петри с картофельно-глюкозным агаром (КГА) и добавлением антибиотика (бензилпенициллина натриевая соль 1 млн. ед/л).

Видовую принадлежность грибов определяли культурально-морфологическими и молекулярно-генетическими (секвенирования видоспецифичных участков ДНК) методами. В первом случае для оценки размеров и морфологии спор, органов полового и бесполого спороношения, структуры мицелия использовали световой микроскоп Leica DM2500 с цифровой камерой ICC50 HD и бинокулярный микроскоп Leica M80 с цифровой камерой IC80HD (Leica Microsystems, Германия). Определение проводили по имеющимся у авторов определениям, статьям, справочной литературе.

Для уточнения видовой принадлежности определяли последовательность нуклеотидов ядерных рибосомных генов (ITS1-5,8S-ITS2) с помощью праймеров ITS5/ITS4 [9]. Анализ последовательностей ДНК гена бета-тубулина (для идентификации мутаций устойчивости к тиабендазолу) проводили с помощью праймеров SS-f и SS-r [10], как описано в работе Kutuzova et al. [11]. Нарращивание мицелия, выделение ДНК, ПЦР, визуализацию ампликонов,

выделение из геля и секвенирование, статистическую обработку и поиск соответствия в базе Genbank проводили как описано в работе Полуэктова и др. [12]. Грибы рода *Fusarium* определяли до Комплекса Видов (Species Complex, SC).

Устойчивость штаммов грибов к фунгицидным препаратам оценивали в чашках Петри с КГА с добавлением соответствующего фунгицида в концентрациях 0,1; 1,0; 10,0; 100,0 мг/л по действующему веществу. Посев проводили в середину чашки агаровым блоком (4 x 4 мм), вырезанным из предварительно наросшего в другой чашке Петри мицелиального газона. Посев проводили на среду без фунгицида (в качестве контроля) и на среду с разными концентрациями фунгицида. Далее инкубировали при комнатной температуре. Диаметры колоний учитывали в момент, когда диаметр колонии в контроле достигал 75% чашки Петри. Эксперименты выполняли в трех повторностях. Данные повторностей для каждого изолята усредняли. По результатам анализов рассчитывали показатель ЕС₅₀, равный концентрации фунгицида, снижающей в 2 раза скорость радиального прироста колонии относительно бесфунгицидного контроля.

Тестирование биологического препарата на основе бактерий *Bacillus subtilis* осуществляли на картофельно-глюкозном агаре. На расстоянии 30 мм от края чашки Петри широким штрихом на всю ширину чашки высевали штамм *B. subtilis* из биопрепарата. В эту же чашку на расстоянии 30 мм от штамма *B. subtilis* помещали исследуемый штамм гриба. Эффективность препарата оценивали по отношению радиального прироста колонии гриба в направлении бактерии к максимальному радиальному приросту в других направлениях. Замер диаметров проводили в тот момент, когда край колонии гриба в направлении противоположном или перпендикулярном направлению к тестируемой бактерии достигал края чашки Петри.

Результаты. Перед обработкой и закладкой картофеля на хранение с целью определения фитопатологического состояния клубней проводили клубневой анализ в соответствии с ГОСТ 33996-2016. Аналогичный клубневой анализ проводили также после окончания хранения. Перед применением химических и биологических активных препаратов обрабатываемые клубни картофеля имели следующую фитопатологическую характеристику по распространенности болезней и повреждениям клубней (табл. 2).

Результаты фитопатологического анализа, проведенного весной, после периода хранения показали, что обработка клубней всеми изучаемыми химическими и биологическими препаратами сократила количество больных клубней картофеля и улучшила их лежкость в хранилище по сравнению с контрольным вариантом (табл. 3). Так, обработки клубней химическими препаратами позволили снизить количество больных клубней на 2,7% (Кагатник) и 3,8% (Синклер).

Биопрепарат Картофин показал более низкую эффективность по сравнению с химическими фунгицидами Синклер и Максим, действующим веществом которых был флудиоксонил. Так, количество пораженных болезнями клубней после обработки снизилось по сравнению с контролем на 3,2%, а общие потери по массе клубней сократились на 5,1%. Естественная убыль массы оказалась также ниже контроля на 3,0%. В то же время биопрепарат оказался эффективнее препаратов Кагатник и Имикар. В отношении потерь массы только препарат Синклер оказался эффективнее биопрепарата.

Из тестируемых клубней были выделены в чистые культуры штаммы *Cephalotrichum asperulum* (J.E. Wright & S. Marchand) Sand.-Den., Guarro & Gené, *Clonostachys solani* (Harting) Schroers & W. Gams, *Fusarium solani* SC, *F. oxysporum* SC, *Geotrichum candidum* Link, *Helminthosporium solani*

2. Результаты клубневого анализа картофеля сорта Сантэ, используемого для закладки опыта на хранение (среднее 2019-2023 гг.)

Поражено клубней болезнями, %				Повреждения вредителями, %	Механические повреждения, %
всего	парша обыкновенная	ризиктониоз	сухая гниль		
2,7	1,6	0,9	0,2	0,3	3,4

3. Результаты весеннего клубневого анализа (в среднем за 2019-2023 гг.)

Вариант	Поражено клубней болезнями, %		Потери по массе, %				
	сухая гниль	мокрая гниль	всего	естественная убыль	технические отходы	абсолютная гниль	ростки
Контроль (вода)	6,8	0,3	17,4	9,2	7,2	0,3	0,7
Картофин	3,9	0,0	12,3	6,2	5,1	0,0	1,0
Кагатник	4,3	0,1	15,7	8,7	4,4	1,8	0,8
Имикар	4,2	0,0	12,9	7,2	5,4	0,0	0,3
Синклер	3,2	0,1	11,4	5,6	4,4	0,1	1,3
Максим	3,3	0,1	12,5	7,1	4,3	0,1	1,0
НСР ₀₅	0,2		0,4	0,3	0,2		

Durieu & Mont., *Plectosphaerella cucumerina* (Lindf.) W. Gams, *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn. Выделенные штаммы были протестированы на восприимчивость к бензойной кислоте (препарат Кагатник), флудиоксонилю (Максим и Синклер), тиабендазолу (Имикар) и *Bacillus subtilis* (Картофин). По 5 штаммов *H. solani* были выделены после периода хранения из клубней, обработанных водой (Контроль) и Имикаром (д.в. тиабендазол). Все они были протестированы на восприимчивость к тиабендазолу.

Существенных различий в пораженности клубней картофеля болезнями при разных обработках не выявлено. При визуальном осмотре на большинстве клубней, обработанных водой (контроль), Картофином, Максимом, Кагатником наблюдались поражения серебристой паршой, также отмечены клубни с сухой фузариозной гнилью, мокрой бактериальной гнилью (табл. 3), ризоктониозом. На клубнях, обработанных Кагатником и Имикаром, поражение серебристой паршой было обнаружено только на половине клубней. Количество клубней, пораженных черной пятнистостью, варьировало незначительно. В образцах, обработанных Имикаром, наблюдались клубни с сухой фузариозной гнилью и обнаружены раневые паразиты *Penicillium* sp. и *Cephalotrichum asperulum*. Из клубней, обработанных препаратом Максим, были выделены штаммы *Geotrichum candidum* с повышенной устойчивостью к флудиоксонилю.

Оценка устойчивости к бензойной кислоте показала, что большинство протестированных грибов были умеренно восприимчивы к этому фунгициду. Для грибов *Plectosphaerella cucumerina*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *R. solani* показатель EC_{50} не

превышал 100 мг/л. Повышенную устойчивость показал *C. coccodes* (табл. 4). EC_{50} бензойной кислоты для *C. coccodes* составил 250 мг/л.

Флудиоксонил (препараты Максим и Синклер) не оказывал существенного влияния на рост грибов *Fusarium oxysporum* и *P. cucumerina* ($EC_{50} > 10$ мг/л), однако достаточно хорошо сдерживал рост *F. solani* ($EC_{50} = 1,6$ и $5,4$ мг/л для двух исследованных штаммов), оказывал сильное ингибирующее воздействие на *Clonostachys solani* и *Rhizoctonia solani* ($EC_{50} < 0,5$ мг/л) (табл. 5). *C. coccodes* показал себя высоковосприимчивым к флудиоксонилю ($EC_{50} = 0,8$ мг/л). Однако при длительном культивировании на среде с флудиоксонилом изоляты *C. coccodes* не погибали, и через 15-20 суток некоторые штаммы образовывали быстро растущие сектора. Мицелий, взятый из сектора и перенесенный на чашку с вновь разлитой средой с фунгицидом, рос намного быстрее, чем исходный изолят.

Тиабендазол (препарат Имикар) оказался эффективным в отношении всех исследованных грибов. В то же время были выявлены высокоустойчивые штаммы *Helminthosporium solani*, способные к росту на среде, содержащей 100 мг/л препарата. Все высокоустойчивые штаммы были выделены из картофеля, обработанного перед закладкой на хранение тиабендазол-содержащим препаратом Имикар. Ранее были выделены подобные устойчивые к тиабендазолу штаммы из клубней картофеля, причем все устойчивые штаммы несли мутации в 198 или 200 кодонах гена бета – тубулина [11]. Генетический анализ устойчивых штаммов, выделенных в процессе работы, также показал наличие мутации в 198 кодоне. В то же время штаммы, выделенные из

4. Тестирование устойчивости к бензойной кислоте (препарат Кагатник)

Вид гриба	Концентрация в среде по ДВ, мг/л	Среднее значение и стандартное отклонение диаметра колонии на 7 сутки инкубации, мм	EC_{50} , мг/л
<i>Plectosphaerella cucumerina</i>	0 (контроль)	49±5	50
	10	51±4	
	100	16±2	
	1000	0	
<i>Fusarium oxysporum</i> SC	0 (контроль)	87±5	45
	10	87±3	
	100	33±6	
	1000	0	
<i>Fusarium solani</i> SC	0 (контроль)	48±4	96
	10	48±4	
	100	25±3	
	1000	0	
<i>Rhizoctonia solani</i>	0 (контроль)	72±6	37
	10	42±5	
	100	22±4	
	1000	0	
<i>Colletotrichum coccodes</i>	0 (контроль)	69±5	250
	10	66±2	
	100	52±8	
	1000	0	

5. Тестирование устойчивости к флудиоксонилу (препараты Максим и Синклер)

Вид гриба	Концентрация в среде по ДВ, мг/л	Среднее значение и стандартное отклонение диаметра колонии на 7 сутки инкубации, мм	ЕС ₅₀ , мг/л
<i>Plectosphaerella cucumerina</i>	0 (контроль)	44±7	>10
	0,1	34±6	
	1	36±1	
	10	34±3	
<i>Fusarium oxysporum</i> SC	0 (контроль)	69±4,5	>10
	0,1	38±10	
	1	63±3	
	10	57±3	
<i>Fusarium solani</i> SC штамм 1	0 (контроль)	54±1	1,6
	0,1	43±5	
	1	28±3	
	10	14±1	
<i>Fusarium solani</i> SC штамм 2	0 (контроль)	65±4,5	5,4
	0,1	51±10	
	1	49±2	
	10	15±1	
<i>Colletotrichum coccodes</i>	0 (контроль)	69±5	0,8
	0,1	41±5	
	1	28±3	
	10	9±2	
<i>Rhizoctonia solani</i>	0 (контроль)	72±6	0,1
	0,1	37±4	
	1	15±1	
	10	0	
<i>Clonostachys solani</i>	0 (контроль)	73±7	0,3
	0,1	53±4	
	1	1,8±0,3	
	10	1,0±0,1	

других вариантов опыта (в которых клубни не обрабатывали Имикаром), были высоковосприимчивы к тиabendазолу. Полученная информация свидетельствует о высокой вероятности появления мутантных устойчивых к тиabendазолу штаммов *H. solani* при хранении обработанных этим фунгицидом клубней.

Бактериальный препарат Картофин (*Bacillus subtilis*) показал хорошие результаты по сдерживанию роста мицелия изучаемых грибов (табл. 7).

Учитывая то, что в опыте по хранению использовали семенной картофель, необходимо было оценить влияние химических и биологических препаратов на семенные и продуктивные качества в последствии. Для изучения этого вопроса был заложен полевой опыт с использованием всех вариантов анализируемых семенных клубней.

Погодные условия 2020-2023 гг. способствовали развитию ризоктониоза. Процент пораженных растений в фазе полных всходов в контроле на сорте Сантэ в среднем за 4 года составил 15,3% (табл. 8). Последствие применения химических препаратов снизило процент пораженных растений ризоктониозом на 6,3-9,5%, биопрепарата Картофин – на 3,5%.

Учеты урожайности (табл. 8) показали, что наиболее высокие показатели отмечены в вариантах с применением химических препаратов – от 14,6%

(Имикар) до 40,2% (Синклер) по сравнению с контролем. Осеннее применение биопрепарата Картофин в последствии увеличило общую урожайность и урожайность товарных клубней на 23,6 и 33,8% соответственно. Пораженность ризоктониозом была ниже всего после обработок препаратами, содержащими флудиоксонил и тиabendазол. В опытах с чистыми культурами грибов эти фунгициды показали очень высокую эффективность в отношении *R. solani*.

Клубневой анализ образцов урожая опытных делянок через 1,5 месяца после уборки показал, что применение биопрепарата Картофин снизило процент поражения клубней болезнями в среднем на 0,93%, в основном за счет снижения пораженности ризоктониозом (табл. 9). Наименьшее количество клубней было поражено в варианте, где применяли химический фунгицид Синклер – 2,7%.

Урожайность стандартного картофеля (табл. 9) в контроле составила 13,9 т/га, в вариантах – 18,0-22,1 т/га. Максимальная прибавка получена в варианте с препаратом Синклер (8,2 т/га).

Препараты Синклер и Максим содержат одно и то же действующее вещество – флудиоксонил. Однако как по урожаю в последствии, так и по снижению количества больных клубней и потери массы после периода хранения препарат Синклер по-

6. Тестирование устойчивости к тиабендазолу (препарат Имикар)

Вид гриба	Концентрация в среде по ДВ, мг/л	Среднее значение и стандартное отклонение диаметра колонии на 7 сутки инкубации, мм	ЕС ₅₀ , мг/л
<i>Plectosphaerella cucumerina</i>	0 (контроль)	32±5	4,8
	1	30±4	
	10	0	
	100	0	
<i>Fusarium oxysporum</i> SC	0 (контроль)	69±1	5
	1	70±1	
	10	0	
	100	0	
<i>Fusarium solani</i> SC штамм 1	0 (контроль)	53±3	4,9
	1	48±1	
	10	0	
	100	0	
<i>Fusarium solani</i> SC штамм 2	0 (контроль)	65±5	0,8
	1	29±3	
	10	0	
	100	0	
<i>Rhizoctonia solani</i>	0 (контроль)	72±6	1,5
	0,1	45±5	
	1	38±4	
	10	5±1	
<i>Colletotrichum coccodes</i>	0 (контроль)	69±5	0,7
	1	16±2	
	10	0	
	100	0	
<i>Helminthosporium solani</i> 1*	0 (контроль)	14±2	1,2
	1	8±1	
	10	0	
	100	0	
<i>Helminthosporium solani</i> 2**	0 (контроль)	12±2	>100
	1	9±1	
	10	9±1	
	100	7±1	

* 1 – штаммы выделены из картофеля, обработанного водой (контроль) перед закладкой на хранение, усреднено для 5 штаммов;

** 2 – штаммы выделены из картофеля, обработанного Имикаром (д.в. – тиабендазол), усреднено для 5 штаммов.

7. Тестирование устойчивости к биопрепарату Картофин

Вид гриба	Отношение радиуса колонии гриба в сторону с бактериями к радиусу гриба в противоположную сторону	Эффективность препарата
<i>Fusarium oxysporum</i>	0,39	+
<i>Alternaria alternata</i>	0,41	+
<i>Rhizoctonia solani</i>	0,27	+
<i>Fusarium solani</i>	0,33	+

8. Влияние препаратов на распространение ризоктониоза на растениях картофеля и на урожайность в среднем за 2020-2023 гг.

Вариант	Доля растений, пораженных ризоктониозом		Урожайность картофеля	
	%	БЭ*, %	т/га	% к контролю
Контроль	15,3	-	17,6	100,0
Картофин	11,8	22,9	21,8	123,6
Кагатник	9,0	41,0	22,6	128,4
Синклер	6,6	56,9	24,7	140,2
Имикар	5,8	62,1	20,2	114,6
Максим	5,8	62,1	22,8	129,4
НСП ₀₅	1,1		0,7	

* БЭ – биологическая эффективность.

**9. Влияние применения препаратов в последствии
на качество урожая следующего сезона в среднем за 2020-2023 гг.**

Вариант	Больных клубней, %					Урожайность стандартного картофеля*	
	всего	в т.ч.				т/га	% к контролю
		сухой гнилью	ризиктониозом	паршой обыкновенной	фитофторозом		
Контроль	5,5	3,1	1,9	1,0	0,0	13,9	100,0
Картофин	4,9	3,0	0,8	1,1	0,0	18,6	133,8
Кагатник	6,7	4,6	0,2	1,8	0,0	18,0	129,5
Синклер	2,7	0,9	0	1,7	0,2	22,1	160,0
Имикар	7,8	6,8	0,6	0,7	0,0	19,6	141,0
Максим	5,5	4,5	0,3	0,7	0,0	19,0	136,9
НСР ₀₅	0,3	0,2				0,6	

* стандартными считали здоровые неповрежденные клубни с максимальным диаметром средней части более 30 мм.

казал лучшие результаты. Вероятно, это связано с более высокой дозой флудиоксонила, попадавшей на клубни при использовании Синклера (табл. 1). Однако применение Синклера привело к повышенному появлению ростков у клубней (табл. 3).

Таким образом, действие и последствие защитно-стимулирующих веществ, используемых

для обработки клубней перед закладкой на хранение, выражается в показателях снижения потерь от гнилей при хранении, а в последствии – пораженности ризиктониозом и повышения урожайности клубней и их качества.

Исследование выполнено при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 23-16-00048).

Литература

1. Зейрук В.Н. Разработка и совершенствование технологического процесса защиты и хранения картофеля в Центральном регионе РФ: автореф. дисс. д.с.-х.н. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – 44 с.
2. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В., Прямов С.Б. Хранение картофеля. – М.: Агроспас, 2013. – 144 с.
3. Новикова И.И., Бойкова И.В., Павлюшин В.А., Зейрук В.Н., Васильева С.В., Азизбекян Р.Р., Кузнецова Н.И. Перспективы использования биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для защиты картофеля от болезней при хранении // Вестник защиты растений, 2013, № 4. – С. 12-21.
4. Зейрук В.Н., Белов Г.Л., Васильева С.В., Деревягина М.К. Защита картофеля при хранении // Достижения науки и техники АПК, 2022, Т. 36(2). – С. 27-31
5. Пшеченков К.А., Мальцев С.В., Сазонова З.В. Методические рекомендации по технологии хранения различных сортов картофеля. – М.: ВНИИКС, 2015. – 44 с.
6. Жевора С.В., Федотова Л.С., Старовойтов В.И., Зейрук В.Н., Коршунов А.В., Пшеченков К.А., Тимошина Н.А., Мальцев С.В., Старовойтова О.А., Васильева С.В., Шабанов А.Э., Деревягина М.К., Белов Г.Л., Киселев А.И., Князева Е.В. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. – М.: ФГБНУ ВНИИКС, 2019. – 120 с.
7. Межгосударственный стандарт ГОСТ 33996-2016 Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. – М.: Стандартинформ, 2016. – 41 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
9. White T.J., Bruns T., Lee S.J.W.T., Taylor J.W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Taylor J., Innis M.A., Gefland D.H., Sninsky J.J. (eds). PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications. – NY (USA): Academic Press, 1990. – P. 315-322.
10. McKay G.J., Cooke L.R. A PCR-based method to characterize and identify benzimidazole resistance in *Helminthosporium solani* // FEMS Microbiology Letters, 1997, V. 152. – P. 371-378.
11. Kutuzova I.A., Kokaeva L.Yu., Pobedinskaya M.A., Krutyakov Yu.A., Skolotneva E.S., Chudinova E.M., Elansky S.N. Resistance of *Helminthosporium solani* strains to the fungicides applied for tuber treatment // Journal of Plant Pathology, 2017, V. 99(3). – P. 635-642.
12. Полуэктова Е.В., Берестецкий А.О., Кутузова И.А., Кокаева Л.Ю., Ярмеева М.М., Хуснетдинова Т.И., Балабко П.Н., Курчаев М.Л., Еланский С.Н. Биологические свойства и чувствительность к фунгицидам штаммов *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes различного географического происхождения // Проблемы агрохимии и экологии, 2021, № 3-4. – С. 45-54.