

УДК 632.937.21

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ НА ОСНОВЕ МИКРОБОВ-АНТАГОНИСТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ ПРИ ВЕГЕТАЦИИ И ХРАНЕНИИ

И.И. Новикова¹, И.В. Бойкова¹, В.А. Павлюшин¹,
В.Н. Зейрук², С.В. Васильева², М.К. Деревягина²

¹Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

²Всероссийский НИИ картофельного хозяйства им. Лорха, Московская обл.

Испытания препаративных форм биопрепарата Картофин (СК и СП) на основе отселектированного штамма *V. subtilis*-И5-12/23 в отношении комплекса болезней картофеля в период вегетации и при длительном хранении клубней на сорте Сантэ показали высокую биологическую эффективность против возбудителей грибных и бактериальных болезней. В период вегетации эффективность препарата в отношении фитофтороза, ризоктониоза и сухой гнили составляла от 37.5 до 100%. Хозяйственная эффективность применения препаративных форм биопрепарата Картофин (СК и СП) на посадках картофеля увеличилась на 18.4–22.5%, в химическом стандарте – на 24.0% по сравнению с контролем. По показателям биологической и хозяйственной эффективности наиболее рациональным оказалось применение биопрепарата Картофин, СП при норме расхода 3 г/т для предпосадочной обработки клубней и 60 г/га для опрыскивания растений в период вегетации. Биопрепарат Картофин, СК с концентрацией в рабочей жидкости 3–5 г/л (5 л/т) существенно снизил количество пораженных клубней, сократил абсолютную гниль, технические отходы и естественную убыль массы в процессе хранения картофеля. Биологическая эффективность применения биопрепарата Картофин, СК при обработке клубней перед закладкой в хранилище составила 78.9–86.9%, химического стандарта Максим, СК – 52.1% по отношению к контролю. Хозяйственная эффективность биопрепарата составила 107.5–109.4%. По своей эффективности биологический препарат Картофин, СК не уступал химическому стандарту – фунгициду Максим, СК. На основании анализа результатов проведенных исследований биологический препарат Картофин в двух препаративных формах (СК и СП) можно рекомендовать для защиты картофеля от болезней в период вегетации и при длительном хранении урожая.

Ключевые слова: микробы-антагонисты, биопрепараты, препаративные формы, фитопатогенные грибы и бактерии, биологическая эффективность, болезни клубней, фитофтороз, ризоктониоз, сухая гниль, кольцевая гниль, урожайность.

Уровень эффективности картофелеводства определяется рядом мероприятий, который включает подбор оптимального сорта на основе использования современной системы семеноводства, комплекс методов повышения плодородия почвы, систему агроклиматических приёмов возделывания культуры и хранения продукции. Помимо этого, получение высоких урожаев полноценных и здоровых клубней невозможно без современной системы хранения и защиты картофеля от возбудителей грибных и бактериальных болезней.

Технологию производства картофеля можно представить в виде двух блоков. Блок полевых работ, который включает выращивание и уборку, и блок хранения.

В течение длительного времени хранения в клубнях и их насыпи происходят сложные физиолого-биохимические процессы, в силу которых изменяются химический состав клубней, газовый состав среды и относительная влажность воздуха. Повышается восприимчивость картофеля к патогенам, усиливается поражение клубней болезнями в виде сухих и мокрых гнилей. Это связано с тем, что, с одной стороны, по биохимическому составу клубни представляют благодатную среду для микроорганизмов, а с другой, защитные реакции картофеля в послеуборочный период значительно снижены. В условиях хранения в контейнерах или насыпью клубни настолько плотно соприкасаются между собой, что возникновение малейшего очага инфекции несет угрозу всей сохраняемой продукции. Развитию вредоносных бактерий и микроскопических грибов способствует отсутствие или слабая система вентиляции при хранении картофеля, а также использование сортов, не обладающих генетической устойчивостью к возбудите-

лям болезней. Часто на клубнях наблюдается одновременное развитие нескольких инфекций, что приводит к появлению смешанных гнилей. Видовой состав возбудителей клубневых инфекций в различных районах возделывания картофеля варьирует, на сегодняшний день он составляет свыше 30 видов грибов и бактерий. Наибольшее снижение урожая и ухудшение его товарных качеств отмечено при поражении клубней возбудителями фитофтороза, сухой фузариозной гнили, фомоза, резиновой гнили, кольцевой и мокрой гнили. Эволюционная изменчивость, пластичность и приспособляемость к новым субстратам, сложный видовой состав возбудителей клубневых гнилей создают трудности при их диагностике, усложняют выведение устойчивых сортов [Коломиец и др., 2014].

Снижение влияния этих отрицательных факторов и на этой основе обеспечение высокого исходного качества картофеля, сведение до минимума потерь – основные задачи современной технологии длительного хранения. Результат хранения зависит от многих факторов: сорта, технологии и условий выращивания, уборки и послеуборочной доработки клубней и их загрузки в хранилище, а также от способа и места хранения, конструкции хранилища, системы контроля и управления режимами температуры и влажности в насыпи картофеля и в помещении с учетом специфических условий различных климатических зон.

Ежегодные потери урожая при хранении вследствие развития той или иной клубневой инфекции составляют от 15–20 до 80–100%. В настоящее время достигнуты определенные успехи в организации хранения картофеля, однако длительно поддерживать исходное качество клубней все еще не удается [Коломиец и др., 2014].

Наиболее успешно противодействовать отрицательному влиянию гнилей при хранении можно, только соблюдая комплекс профилактических и защитных мероприятий, центральное место среди которых занимает в настоящее время химический метод защиты. Однако в связи с ужесточением в последние годы экологических требований к производству сельскохозяйственной продукции активизирована разработка систем и мероприятий, способствующих снижению пестицидной нагрузки на агробиоценозы. Возникла необходимость пересмотра стратегий применения фунгицидов и разработки новых научно обоснованных технологий защиты растений с учетом необходимости сочетания эффективности защитных мероприятий с интересами безопасности здоровья человека и отсутствия ущерба для окружающей среды [Павлюшин, 2008; Азизбекян, 2012; Азизбекян и др., 2012; Новикова и др., 2013].

В стране и за рубежом проводятся исследования, направленные на сокращение естественных и сверхнормативных потерь картофеля при длительном хранении путём обработки клубней ингибиторами обмена веществ, а также другими биологическими и химическими защитно-стимулирующими веществами [Зейрук и др., 2014; Пшеченков и др., 2007; Будай и др., 2007]. Использование отдельных из них оказалось эффективным в конце вегетации, иных – перед размещением клубней на хранение, остальных – в процессе его выполнения. В частности, высокую эффективность в этих исследованиях показали препараты Экстрасол, Вист, Спраут-стоп и отдельные карбоновые кислоты [Шуклина, 2003].

Для обеспечения экономической безопасности сельскохозяйственного производства требуется сокращение объёма использования химических средств защиты. В качестве альтернативы им особого внимания заслуживает применение новых экологически безопасных препаратов с принципиально новыми механизмами действия, создающих условия для повышения устойчивости картофеля к болезням в период вегетации и снижению пораженности патогенами клубней в период длительного хранения.

Попытки использования микробов-антагонистов в защите картофеля от фитопатогенов предпринимались давно [Сатарова, Каменёк, 2009; Ревина и др., 2011; Зайцева, 2014]. Одними из наиболее эффективных и широко применяемых (около 90–95% рынка биопестицидов) средств борьбы с болезнями являются препараты на основе грам-положительных спорообразующих бактерий сем. *Bacillaceae*, обладающих способностью формировать при споруляции разнообразные биологически активные соединения различной химической природы. Микроорганизмы, принадлежащие к роду *Bacillus*, наиболее широко

используются в качестве продуцентов биологически активных веществ, в частности, биофунгицидов, коммерческое использование которых растёт с каждым годом. Их применяют для борьбы с широким спектром болезней сельскохозяйственных культур различной этиологии [Логинов и др., 2007, 2011; Чеботарь и др., 2009]. Механизм их защитного воздействия на сельскохозяйственные культуры многогранен. Они не только выделяют антибиотики, подавляющие конкурирующих за среду обитания фитопатогенов, но также стимулируют рост и развитие растений за счет продуцирования веществ-иммунизаторов, усиливают фиксацию растениями атмосферного азота, растворяют труднодоступные для растений минеральные соединения почвы (в первую очередь, фосфаты) [Четвериков и др., 2009; Соколова и др., 2011].

В последние годы в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения на территории РФ», включен целый ряд новых биопрепаратов для защиты сельскохозяйственных культур от болезней разной этиологии (Алирин-Б, Гамаир, Витаплан, Трихоцин, Стернифаг, Глиокладин), разработанных специалистами ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений и ООО «Агробиотехнология» [Новикова, 2013 а, б]. Однако в настоящее время зарегистрированные биологические средства защиты картофеля против болезней в период хранения отсутствуют. Нами разработан отечественный биопрепарат на основе отселектированного штамма *B. subtilis* И5-12/23, способного восполнить дефицит экологически безопасных средств защиты картофеля от болезней. Проведен поиск штаммов спорообразующих бактерий, обладающих высокой фунгицидной и бактерицидной активностью против возбудителей болезней картофеля. На основе отобранного штамма получены опытные партии оптимизированных сухой (СП) и жидкой (СК) препаративных форм путем глубокой ферментации с использованием вспомогательных компонентов, изучена их антагонистическая активность в отношении болезней картофеля в условиях лабораторных, модельных и полевых опытов, проведено испытание биологической эффективности в условиях картофелехранилища.

Цель настоящего исследования – оценка эффективности жидкой и сухой препаративных форм нового биопрепарата на основе штамма *Bacillus subtilis* И5-12/23 против грибных и бактериальных болезней картофеля (фитофтороз, ризоктониоз, альтернариоз, серебристая парша, мягкая и кольцевая гниль) в период вегетации и при хранении клубней.

Материалы и методы

Изучение биологической эффективности образцов жидкой и сухой препаративных форм на основе отселектированного штамма *B. subtilis* И5-12/23 осуществляли в соответствии со стандартными методиками, изложенными в следующих пособиях: «Методика исследований по культуре картофеля», М., 1967; «Методика полевого опыта», М., 1985; «Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур», М., 1965; «Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитета», М., 1995; «Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве». Санкт-Петербург, 2009.

Закладку опыта в хранилище произвели 07.10.2014 г. Весенний клубневой анализ проводили 01–02.04.2015 г. с учетом динамики развития заболеваний в насыпи клубней в картофелехранилище в основной период хранения. Для проведения опытов были отобраны клубни с признаками болезней. Закладка образцов клубней картофеля на длительное хранение с целью оценки биологической эффективности образцов биопрепаратов в отношении комплекса болезней была проведена в картофелехранилище N 1 ФГБНУ ВНИИКХ (Московская область, Люберецкий район, п. Красково, микрорайон Коренёво).

В опыте использовали клубни сорта Сантэ (среднеранний, универсального использования). Урожайность высокая. Сорт

устойчив к раку картофеля (возб. *Synchytrium endobioticum*), золотистой картофельной цистообразующей нематодой (*Globodera rostochiensis*), вирусным болезням, восприимчив по ботве к фитофторозу. Среднеустойчив к обыкновенной парше, восприимчив к ризоктониозу и фомозу. Отбор материала для проведения опытов был проведен через 3 дня после уборки урожая. Перед обработкой и закладкой на хранение проводили клубневой анализ с целью определения фитопатологического состояния картофеля. Титр жизнеспособных клеток в препаративных формах составлял 10^{11} КОЕ/мл, г. Перед закладкой на хранение клубни

обрабатывали рабочей жидкостью образцов биопрепаратов при норме расхода 3 и 5 г/л. В стандарте клубни обрабатывали препаратом Максим, КС (0.2 л/т), в контроле – водой. Расход рабочей жидкостью – 5 л/т. Масса образца клубней картофеля составляла 5 кг. Повторность опыта – 10-кратная. Общая масса клубней каждого варианта – 50 кг. Место размещения образцов: в насыпи картофеля на глубине 20–30 см от поверхности.

Схема проведения полевых испытаний препаративных форм в период вегетации картофеля представлена в табл. 1.

Таблица 1. Схема опыта по испытанию Картофина, СК и СП в полевом опыте

Препаративная форма	Клубни перед посадкой, 07.05	Срок применения препарата, норма расхода препарата вегетирующих растений, 1 га			Цветение	
		Полные всходы, 15.06	Смыкание ботвы в рядках и через 10–12 дней	Бутонизация 29.06	начало 02.07	конец 13.07
Картофин, СК	3 г/л, 5 л/т	5 г/л, 400 л/га	–	5 г/л, 400 л/га	–	5 г/л, 400 л/га
Картофин, СП	3 г/т, 5 л/т	60 г, 400 л/га		60 г, 400 л/га		60 г, 400 л/га
Химический стандарт	Максим, КС 0.4 л	–	Ридомил Голд МЦ, 2.5 кг	Ридомил Голд МЦ, 2.5 кг	Абига-Пик, КС 3.0 кг	Абига-Пик, КС 3.0 кг
Вода (контроль)	10 л	300 л	300 л	300 л	300 л	300 л

Площадь опытных делянок: 25 м² (100 клубней картофеля), повторность четырёхкратная. Размещение рендомизированное. В качестве химического стандарта использовали фунгициды Максим, КС, Ридомил Голд МЦ, Абига-Пик, КС в соответствии с принятыми регламентами применения. Необходимые наблюдения и учеты осуществляли на 50 постоянных учетных растениях картофеля в каждой повторности.

Оценку эффективности изучаемых препаратов проводили по следующим показателям:

- всхожесть клубней;
- биометрические показатели роста и развития растений;
- распространенность и развитие болезней на растениях;
- масса урожая и его товарность;
- распространенность болезней на клубнях урожая картофеля;
- выход урожая здорового семенного картофеля товарной фракции.

Распространенность и развитие болезней учитывали стандартными методами. Биологическую эффективность препаратов рассчитывали по формуле:

$$БЭ = (a - б) / a \times 100, \text{ где}$$

БЭ – снижение распространенности или развития болезни к контролю, %;

a – распространенность или развитие болезни в контроле;

б – то же в опытном варианте.

Условия проведения полевых испытаний

Агротехнические показатели

Почва опытного поля дерново-подзолистая супесчаная. Предшественник: однолетние травы на зеленый корм. Фон удобрений: органические удобрения под картофель не вносили, минеральные удобрения вносили под нарезку гребней из расчета

$N_{100}P_{110}K_{130}$. Обработка почвы: дискование в два следа с последующей зяблевой вспашкой (1-я декада октября 2014 г.), весенняя культивация (3-я декада апреля 2015 г.), предпосадочная нарезка гребней (6 мая 2015 г.). Посадка картофеля клоновой сажалкой с шириной междурядий 75 см и густотой посадки 400 шт. на 100 м² (8 мая).

Уход за растениями: междурядные обработки – две довсходовые (15 мая и 24 мая) и одна послевсходовая (5 июня); опрыскивание растений: гербицидом Титус (0.03 кг/га) + Тренд (0.2 кг/га) 27 мая и 17 июня; инсектицидом Актара, ВДГ (0.06 кг/га) 24 июня штанговой аппаратурой ОН-600 с нормой расхода рабочей жидкости 300 л/га.

Предуборочное скашивание ботвы: БД – 4 – 7 – 11 августа.

Уборка урожая: картофелекопалелем КТН-2Б с подбором клубней вручную 19 августа.

Метеорологические показатели

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2015 г. в целом были удовлетворительными для роста и развития растений картофеля; относительно благоприятными для развития фитофтороза и благоприятными для развития альтернариоза. Прохладная и затяжная весна способствовала развитию ризоктониоза. Первая половина июня была очень сухая и жаркая, а вторая – влажная и жаркая. Среднесуточная температура воздуха была 18.7°C, что выше климатической нормы на 1.6°C. Погода в июле была теплая и влажная. Среднесуточная температура воздуха была в пределах климатической нормы – 18.8°C. Погода в августе была теплая и очень сухая. Среднесуточная температура воздуха была выше нормы на 1.0°C и составляла 18.1°C. Осадков за месяц выпало всего 10.5 мм при норме 64.2 мм, т.е. меньше в 6.1 раза.

Результаты и обсуждение

Биологическая активность и эффективность биопрепарата Картофин, СК в период хранения

Перед обработкой и закладкой картофеля на хранение с целью определения фитопатологического состояния клубней проводили клубневой анализ (табл. 2).

По окончании периода хранения 01.04.2015 года были определены потери картофеля при хранении и распространение болезней на клубнях методом клубневого анализа (табл. 3). Из полученных в результате клубневого анализа данных видно, что обработка клубней изучаемым препаратом Картофин, СК оказала положительное

влияние на состояние картофеля по окончании периода хранения не только по сравнению с контрольным вариантом, но и с химическим стандартом. Количество здоровых клубней вследствие применения биопрепарата достигало 97.9–98.7%, в то время как в контроле этот показатель составил 90.0%. Обработка биопрепаратом позволила снизить количество больных клубней при применении химического препарата Максим, СК на 5.2%, при применении Картофина, СК в концентрации 3 г/л – на 8.7%, при применении Картофина, СК в концентрации 5 г/л – на 7.9% по сравнению с контролем. Полученные результаты

Таблица 2. Результаты клубневого анализа картофеля, используемого для закладки опыта на хранение

Проанализировано клубней, всего, шт.	Поражено клубней, всего, %	паршой обыкновенной	ризоктониозом	кольцевой гнилью	черной ножкой	в том числе				
						мокрой бактериальной гнилью	Сухой гнилью	резиновой гнилью	с.-х. вредителями	мех. повреждения
200	14.0	1.0	1.5	4.0	0	0.5	1.0	0	2.0	3.5

Таблица 3. Результаты весеннего клубневого анализа

Вариант	Поражение клубней, %									Биологическая эффективность, %	Хозяйственная эффективность, %
	здоровые	по количеству клубней				всего	по массе				
		всего	больные в том числе поражены				абсолютная гниль	технический отход	естественная убыль		
Контроль (вода)	90.02	9.98	0	0.80	9.18	11.87	2.70	6.42	2.75	-	-
Обработка клубней биопрепаратом с концентрацией рабочей жидкости 3 г/л	98.69	1.31	0	0	1.31	4.35	0	2.55	1.8	86.87	107.52
Обработка клубней биопрепаратом с концентрацией рабочей жидкости 5 г/л	97.89	2.11	0	0.19	1.92	2.75	0.3	1.00	1.45	78.86	109.39
Максим (хим. стандарт)	95.22	4.78	0	1.52	3.26	9.46	2.02	4.09	3.35	52.10	102.41
НСР ₀₅		4.9				3.0	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$		

Примечание. Биологическая эффективность рассчитана по количеству пораженных клубней в варианте.

подтвердили полученные ранее данные об эффективности биопрепарата в отношении возбудителей кольцевой и сухой гнилей картофеля в процессе длительного хранения клубней. В условиях хранения картофеля в 2014–2015 гг. по эффективности снижения количества пораженных болезнями клубней биопрепарат Картофин, СК в обеих концентрациях рабочего раствора превышал данный показатель эффективности препарата Максим, СК (химический стандарт).

По показателю «убыль массы, всего» эффективность биологического препарата Картофин, СК превышала эффективность химического эталона Максим на 5.1–6.7% в зависимости от концентрации применяемого рабочего раствора биопрепарата.

Различия между вариантами с применением Картофина, СК и Максима, СК по количеству больных клубней находятся в пределах математической ошибки опыта, что свидетельствует о высокой эффективности биопрепарата. Разницы в показателях «абсолютная гниль» и «технические отходы» между вариантами опыта находятся в пределах математической ошибки. Биологическая эффективность применения биопрепарата Картофин, СК составила 78.9–86.9%, химического эталона Максим, СК – 52.1% по отношению к контролю. Хозяйственная эффективность, полученная в результате применения изучаемого биопрепарата, составила 107.52–109.39%.

Таким образом, на основании проведенных анализов следует отметить, что биопрепарат Картофин, СК в концентрации рабочей жидкости 3–5 г/л (5 л/т) дал положительные результаты как по снижению количества пораженных клубней, так и по сокращению абсолютной гнили, технических отходов и естественной убыли по массе в процессе хранения картофеля в 2014–2015 гг. По своей эффективности биологический препарат Картофин, СК не уступал химическому эталону – фунгициду Максим, СК.

Биологическая эффективность Картофина, СК и Картофина, СП в период вегетации картофеля в полевом мелкоделяночном опыте

Всхожесть клубней

Полученные данные свидетельствуют, что на момент первого учета 1.06 количество всходов от семенных клубней с предпосадочной обработкой биологическим препаратом Картофин, составило 81.3–83.7% растений, а в контроле 77.7%. Таким образом, препарат в обеих товарных формах оказал равнозначное влияние на увеличение всхожести картофеля по сравнению с контролем на начальном этапе. Результаты проведенных второго и третьего учетов динамики всхожести подтвердили результаты первого учета: препарат Картофин не оказывал отрицательного влияния на всхожесть растений картофеля, в то время как химический протравитель Максим в условиях весны 2015 года существенно задерживал всхожесть по сравнению с контролем даже по показателям третьего учета (9 июня). Отмеченные различия в показателях всхожести нивелировались только к фазе бутонизации (табл. 4).

Таблица 4. Влияние препарата картофин на всхожесть, шт / % к контролю

Варианты	Количество всходов к количеству высаженных клубней по срокам учетов, %		
	01.06	04.06	09.06
Картофин, СК	83.7 / 107.7	93.7 / 97.9	96.0 / 100.0
Картофин, СП	81.3 / 104.6	94.7 / 98.9	95.7 / 99.7
Химический стандарт	50.0 / 64.3	68.7 / 71.8	70.3 / 73.2
Вода (контроль)	77.7 / 100.0	95.7 / 100.0	96.0 / 100.0

Фенология развития растений

Различий в сроках прохождения растениями картофеля основных фенологических фаз развития между исследуемым биологическим препаратом в сухой и жидкой товарных формах и контролем не выявлено. В агроклиматиче-

ских условиях 2015 года растения всех вариантов опыта развивались нормально, в соответствии с биологическими характеристиками сорта.

Биометрические показатели роста и развития растений.

Результаты определения биометрических показателей растений картофеля в мелкоделяночном полевом опыте представлены в табл. 5 и 6. Из этих данных следует, что применение биопрепарата Картофин в 2015 году не оказало существенного влияния на высоту растений и число основных стеблей по сравнению с контролем. Тем не менее, следует отметить, что при применении сухой формы Картофина высота растений составила 44.1 см, что на 10.3% выше контроля, на 9.3–9.6 см выше химического эталона и жидкой формы Картофина соответственно.

Таблица 5. Влияние препарата Картофин на рост и развитие картофеля

Вариант	Показатели, среднее, в пересчете на один куст			
	высота растений см	% к контролю	число основных стеблей шт.	% к контролю
Картофин, СК	40.3	100.7	3.5	71.4
Картофин, СП	44.1	110.3	4.8	97.9
Химический стандарт	40.4	101.0	4.7	95.9
Вода (контроль)	40.0	100.0	4.9	100.0
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$	

Показатели массы ботвы, числа и массы клубней, сформировавшихся к моменту фазы цветения картофеля на вариантах с применением биопрепарата Картофин в обеих товарных формах и химическом стандарте несколько превышают эти показатели в контроле (особенно в варианте с сухой формой биопрепарата Картофин, СП: увеличение количества клубней – на 32.2%, их массы – на 15.0%, массы ботвы – на 55.1% по отношению к контролю), однако математический анализ полученных данных не подтвердил существенных различий между вариантами (табл. 6).

Таблица 6. Влияние препарата Картофин на рост и продуктивность растений картофеля

Вариант	Количество клубней		Масса клубней		Масса ботвы	
	шт	% к контролю	г	% к контролю	г	% к контролю
Картофин, СК	14.2	99.3	573.3	102.2	513.3	144.2
Картофин, СП	18.9	132.2	645.5	115.0	641.1	155.1
Химический стандарт	16.9	118.2	610.0	108.7	533.3	129.0
Вода (контроль)	14.3	100.0	561.1	100.0	413.3	100.0
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$	

Эффективность Картофина, СП и Картофина, СК в отношении распространенности и развития болезней картофеля в период вегетации.

Погодные условия 2015 года были благоприятными для развития основных болезней картофеля. Первые две декады мая 2015 года способствовали активному развитию ризоктониоза. Процент пораженных растений в вариантах опыта составил 3.0–16.5% (табл. 7). По результатам проведенного анализа отмечено ингибирующее влияние

биопрепарата Картофин на возбудителя этого заболевания. Снижение распространенности черной парши наблюдалось при применении обеих товарных форм биопрепарата, однако более высокий эффект получен при использовании сухой товарной формы. Здесь по сравнению с контролем снижение распространенности болезни достигало 6.1%, а при жидкой форме – 3.9%. Однако действие биопрепарата Картофин существенно уступало по эффективности химическому стандарту. Напротив, отмечена высокая биологическая эффективность биопрепарата Картофин в обеих препаративных формах в отношении базидиальной стадии гриба *Hypochnus solani* Prill. et Delacr. (более широко распространено название несовершенной стадии гриба – *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn). Распространенность «белой ножки» составляла 3.5–4.1%, а в контроле достигала 16.7%. Эффективность препаративных форм достигала 75–80% и была выше, чем у химического стандарта. Базидиальная стадия не является обязательной в цикле развития патогена: базидиоспоры образуются при высокой влажности на мицелии, находящемся на стебле вблизи поверхности земли; но она имела широкое распространение в агрометеорологических условиях вегетационного периода 2015 года. Эффективность препаративных форм Картофина, таким образом, существенно снизила запас инфекции возбудителя в почве.

Таблица 7. Эффективность препаративных форм Картофина в отношении распространенности ризоктониоза

Вариант	Черная парша		Белая ножка
	шт.	% к контролю	P, %
Картофин, СК	6.1	12.6	4.1
Картофин, СП	5.0	10.5	3.5
Химический стандарт	1.5	3.0	5.7
Вода (контроль)	8.0	16.5	16.7

Примечание: P – степень распространенности, %.

В последние годы в картофелеводстве возросла в значительной степени вредоносность альтернариоза. Погода июля-августа 2015 года была благоприятной для поражения ботвы картофеля этим заболеванием. Результаты проведенных в течение вегетационного периода учетов свидетельствуют о снижении распространенности и степени развития ранней сухой пятнистости вследствие действия биопрепарата Картофин, что особенно заметно при втором и третьем учетах. Так, при использовании сухой формы биопрепарата распространенность заболевания (учет 22.07) снизилась на 8.3%, а степень развития – на 1.4% по сравнению с контролем, а 28.07 эти показатели составили, соответственно, 11.3% и 3.9% (табл. 8). По сравнению со стандартом эффективность биопрепарата Картофин находилась на одном уровне.

Высокая биологическая эффективность препаративных форм Картофина отмечена в отношении распространенности и развития наиболее вредоносной болезни картофеля – фитофтороза (табл. 9). Так, при первом учете (28.07) на вариантах с применением биопрепарата отмечено снижение распространенности заболевания на 6.6% (сухая форма) и 8.0% (жидкая форма) по сравнению с контролем. Степень развития болезни снизилась в 1.5–2.0 раза, и биологическая эффективность составляла 50%.

Таблица 8. Влияние препаративных форм Картофина на распространенность и развитие альтернариоза

Вариант	6.07		22.07		28.07	
	P	R	P	R	P	R
Картофин, СК	16.5	2.4	70.3	17.8	71.7	25.6
Картофин, СП	15.9	2.3	64.8	16.1	72.4	20.9
Химический стандарт	16.8	2.4	74.3	14.7	77.2	22.1
Вода (контроль)	19.3	2.7	71.1	17.5	83.7	24.8

Примечание: P – степень распространенности, %;
R – степень развития болезни, %.

Результаты второго учета подтвердили эффективность биопрепарата по сравнению с контролем. Однако следует отметить, что по своей эффективности против фитофтороза биопрепарат несколько уступал химическому эталону.

Урожайность картофеля

Учеты общей урожайности и урожайности товарной фракции (клубни, размером более 30 мм) не выявили статистически достоверных различий между вариантами опыта (табл. 10), однако следует отметить тенденцию увеличения урожайности клубней картофеля в вариантах

Таблица 10. Влияние биопрепарата Картофин на продуктивность растений картофеля, 2015 г.

Вариант	Урожайность				Фракционный состав, %		
	Всего		В том числе товарных клубней		30–60 мм	>60 мм	<30 мм
	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю			
Картофин, СК	28.3	122.5	25.3	119.3	51.8	37.6	10.6
Картофин, СП	29.8	129.0	27.1	127.8	52.5	38.5	9.0
Химический стандарт	30.4	131.6	27.3	128.8	61.0	28.7	10.2
Вода (контроль)	23.1	100.0	21.2	100.0	44.0	47.8	8.2

Влияние препаративных форм Картофина на пораженность клубней и выход урожая здорового картофеля

Клубневой анализ средних образцов урожая опытных делянок через месяц после уборки показал, что биопрепарат Картофин существенно снизил пораженность клубней

Таблица 9. Эффективность препаративных форм Картофина в отношении распространенности и развития фитофтороза

Вариант	28.07		5.08	
	P	R	P	R
Картофин, СК	8.3	1.2	23.4	6.5
Картофин, СП	9.7	1.6	29.7	7.3
Химический стандарт	7.9	1.7	19.8	4.4
Вода (контроль)	16.3	2.5	35.5	8.9

Примечание: P – степень распространенности, %;
R – степень развития болезни, %.

с применением биопрепарата Картофин (до уровня химического стандарта).

Анализ данных фракционного состава показал, что обработки химическими препаратами увеличили выход семенной фракции картофеля на 17.0% по сравнению с контролем, а биопрепарат – на 7.8–8.5% по сравнению с контролем, что объясняется увеличением количества клубней крупной фракции на 8.9–9.8% на вариантах с применением биопрепарата Картофин.

картофеля сухими гнилями и ризоктониозом до уровня химического эталона. В условиях 2015 года на клубнях картофеля не было выявлено поражения клубней фитофторозом, паршой обыкновенной и кольцевой гнилью (табл. 11).

Таблица 11. Влияние биопрепарата Картофин на качество урожая картофеля

Варианты	Больных клубней, %					Урожайность стандартного картофеля товарной фракции	
	Всего	В том числе				т/га	% к контр.
		сухая гниль	парша обыкновенная	кольцевая гниль	ризоктониоз		
Картофин, СК	5.7	0.7	0.0	0.0	5.0	23.9	127.8
Картофин, СП	5.3	0.7	0.0	0.0	4.6	25.7	137.4
Химический стандарт	3.7	0.2	0.0	0.0	3.5	26.3	140.6
Вода (контроль)	12.0	4.0	0.0	0.0	8.0	18.7	100.0
НСР ₀₅						3.18	

Урожайность стандартного картофеля товарной фракции на вариантах с применением биопрепарата составила 23.9 т/га (Картофин, СК) и 25.7 т/га (Картофин, СП), что превысило данный показатель в контроле на 5.2 т/га и 7.0 т/га, соответственно. Урожайность стандартного картофеля товарной фракции в химическом эталоне составила 26.3 т/га, что выше контрольного варианта на 7.6 т/га. Математический анализ данных в опыта подтвердил существенные различия вариантов.

По результатам проведенного осеннего клубневого анализа биологическая эффективность препарата Картофин против возбудителей сухих гнилей и ризоктониоза лишь незначительно уступала химическому эталону (табл. 12).

Таблица 12. Биологическая эффективность препаративных форм Картофина в отношении болезней клубней

Варианты	Биологическая эффективность, %				
	сухая гниль	фитофтороз	парша обыкновенная	кольцевая гниль	ризоктониоз
Картофин, СК	82,5	100,0	100,0	100,0	37,5
Картофин, СП	82,5	100,0	100,0	100,0	42,5
Химический стандарт	95,0	100,0	100,0	100,0	56,3
Вода (контроль)	-	-	-	-	-

Таким образом, по результатам испытаний биологической эффективности препаративных форм биопрепарата Картофин, проведенных в агроклиматических и фитосани-

тарных условиях вегетационного периода 2015 г. на сорте картофеля Сантэ, можно сделать следующие выводы:

1. Препаративные формы биопрепарата Картофин (СК и СП) на основе отобранного штамма *B. subtilis*-И5-12/23 показали в полевых условиях высокую биологическую эффективность против возбудителей грибных болезней картофеля: фитофтороза, ризоктониоза и сухой гнили (от 37.5% до 100%). Бактериальные болезни в вегетационный период 2015 года отсутствовали как в опытных вариантах, так и в контроле.

2. Хозяйственная эффективность применения препаративных форм биопрепарата Картофин (СК и СП) на посадках картофеля увеличилась на 18.4–22.5%, в химическом стандарте – на 24.0% по сравнению с контролем. По показателям биологической и хозяйственной эффективности наилучшим оказалось применение биопрепарата Картофин, СП при норме расхода 3 г/т для предпосадочной обработки клубней и 60 г/га для опрыскивания растений в период вегетации.

Работа выполнена по государственному контракту N16.МО4.12.0014 «Разработка технологий получения и применения биопрепаратов для защиты картофеля от грибных и бактериальных болезней»

Plant Protection News, 2015, 4(86), p. 12–19

BIOLOGICAL EFFICIENCY OF PREPARATIVE FORMS BASED ON THE MICROBES-ANTAGONISTS FOR POTATO PROTECTION AGAINST DISEASES AT VEGETATION AND STORAGE

I.I. Novikova¹, I.V. Boikova¹, V.A. Pavlyushin¹,
V.N. Zeiruk², S.V. Vasilyeva², M.K. Derevyagina²

¹ All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

² Lorkh All-Russian Institute of Potato Culture, Moscow Region, Russia

Suspension concentrate (SC) and moistened powder (MP) of bioformulation Kartofin based on the *B. subtilis* selected strain I5-12/23 were tested against potato disease complex at vegetation and tuber long storage. The tests on the Sante variety showed their high biological efficiency against fungal and bacterial diseases. During the vegetation period, the biological efficiency against phytophthorosis, rhizoctoniosis and dry rot ranged from 37.5% to 100%. Economic efficiency of Kartofin forms application on potato plantings increased to 18.4–22.5%, in the chemical standard – to 24.0% in comparison with untreated fields. According to indicators of biological and economic efficiency, the biopreparation Kartofin (MP) application appeared the most effective at rate 3 g/t for tuber preplanting treatment and 60 g/hectare for spraying during plant vegetation. Bioformulation Kartofin (SC) in working liquid at 3–5 g/l (5 l/t) significantly reduced the quantity of damaged tubers, totally rotten tubers, technical waste and natural weight losses during the storage of potatoes. Biological efficiency of Kartofin (SC) application for tuber treatment before storage was 78.9–86.9%, of the Maxim (SC), chemical standard, – 52.1% in comparison with untreated tubers. The total bioformulation economic efficiency was 107.5–109.4%. Kartofin (SC) did not concede the chemical standard – Maxim (SC) by the fungicidal efficiency. The results confirm recommendation to use the biopreparation Kartofin in two preparative forms (SC and MP) for potato protection against diseases at vegetation and long crop storage.

Keywords: microbial antagonist; biopreparation; preparative form; phytopathogenic fungus; phytopathogenic bacteria; biological efficiency; tuber disease; phytophthorosis; rhizoctoniosis; dry rot; ring rot; potato.

Библиографический список (References)

- Азизбеян Р.Р. Эффективность применения спорообразующих бактерий при защите картофеля от болезней. //Тез. докладов международной научно-практической конференции «Инновационные биотехнологии в странах Евразии», 11–13 октября 2012, СПб.: 2012. С. 54–55.
- Азизбеян, Р.Р. Спорообразующие бактерии – продуценты биологических фунгицидов. Материалы Международной научно-практической конференции «Современные мировые тенденции в производстве и применении биологических и экологических малоопасных средств защиты растений». Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем / Азизбеян Р.Р., Кузин А.И., Кузнецова Н.И. Николаенко М.А. // выпуск 7, Краснодар, 2012 (25–27 сентября). Тезисы докладов, С. 160–162.
- Будай, С.И. Минимизация потерь при длительном хранении после обработки картофеля ингибитором обмена веществ / Будай С.И., Зезюлина Г.А. // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 2. 2007. N 3 (57). С. 113–117.
- Зайцева Т.В. Использование биопрепаратов для контроля серебрястой парши на картофеле // Защита и карантин растений. 2014. N 8. С. 33–34.
- Зейрук В.Н., Кузьмичев А.А., Глез В.М., Деревягина М.К., Васильева С.В., Абашкин О.В. Фитосанитарное состояние и мероприятия по борьбе с основными болезнями и вредителями в период вегетации и хранения картофеля // ВНИИКХ Россельхозакадемии. М.: 2014. 22 с.
- Коломиец Э.И., Бусько И.И., Ананьева И.Н., Абакшонков В.С. Биологическая эффективность препарата Бактосол против клубневых гнилей картофеля при хранении. <http://www.agrobelarus.ru/content/>, 2014.
- Логонов О.И., Васильева Н.С., Силшцев Н.Н. Получение сухой препаративной формы биопрепарата сельскохозяйственного назначения «Елена» У// Башкирский химический журнал. 2007. Т. 12. N 2. С. 45–47.
- Новикова И.И. Эффективность препаративных форм на основе микробов-антагонистов в системах защиты растений от болезней // Мате-

- риалы 3-го Всероссийского съезда по защите растений, СПб., 2013 а. С. 378–384.
- Новикова И.И. Биологическое разнообразие микроорганизмов – основа для создания новых полифункциональных биопрепаратов для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем // Материалы 3-го Всероссийского съезда по защите растений, СПб., 2013 б. С. 372–378.
- Павлюшин В.А. Основные блоки фитосанитарного оздоровления агроэкосистем. Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. // Материалы докладов 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. 2008. С. 56–60.
- Пшеченков, К.А. Период покоя клубней и определяющие его факторы / К.А. Пшеченков, В.Н. Зейрук, С.В. Мальцев // Защита и карантин растений. 2007. № 8. С. 54–55.
- Т.А.Ревина, И.А.Парфёнов, Е.Л.Гвоздева, Н.Г.Герасимова, Т.А.Валуева. Ингибитор химотрипсина и трипсина из клубней картофеля // Прикл. биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. № 3. С. 373–385.
- Сатарова Т.Г., Каменёк Л.К. Препарат для защиты клубней картофеля во время хранения // Защита и карантин растений. 2009. № 2. С. 50–52.
- М.Г.Соколова, Г.П.Акимова, О.Б.Вайшля. Влияние на растения фитогормонов, синтезируемых ризосферными бактериями // Прикл. биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. № 3. С. 373–385.
- В.К.Чеботарь, Н.М.Макарова, А.И.Шапошников, Л.В.Кравченко. Антифунгальные и фитостимулирующие свойства ризосферного штамма *Bacillus subtilis* Ч-13 – продуцента биопрепаратов // Прикл. биохимия и м/б. 2009. Т. 45. № 4. С. 465–471.
- С.П.Четвериков, Л.Р.Сулейманова, О.Н.Логинов. Комплексообразование триглицеридпептидов псевдомонад с корневыми экссудатами растений как механизм воздействия на фитопатогены. // Прикл. биохимия и м/б. 2009. Т. 45. № 5. С. 565–572.
- Шуклина Т.Г. Эффективность новых фунгицидов в борьбе с фитофторозом картофеля в зависимости от сортовой устойчивости: автореф. канд. ... дис. М.: 2003. 18 с.

Translation of Russian References

- Azizbekyan R.R. Efficiency of application the spore-former bacteria for potato protection against diseases. In: Tez. dokladov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Innovatsionnye biotekhnologii v stranakh EvrAzes», 11–13 oktyabrya 2012, St. Petersburg, 2012. p.54–55. (In Russian).
- Azizbekyan R.R., Kuzin A.I., Kuznetsova N.I. Nikolaenko M.A. Spore-former bacteria – producers of biological fungicides. In: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sovremennye mirovye tendentsii v proizvodstve i primeneniі biologicheskikh i ekologicheskikh maloopasnykh sredstv zashchity rastenii». Biologicheskaya zashchita rastenii – osnova stabilizatsii agroekosistem, vypusk 7, Krasnodar, 2012 (25–27 sentyabrya). Tezisy dokladov, p.160–162. (In Russian).
- Budai S.I., Zezyulina G.A. Minimization of losses at long storage after processing of potatoes metabolism inhibitor. In: Vesnik Grodzenskaga dzyarzhaynaga universiteta imya Yanki Kupaly. Seryya 2. 2007. № 3 (57). P. 113–117. (In Russian).
- Chebotar' B.K., Makarova N.M., Shaposhnikov A.I., Kravchenko L.V. Antifungal and phytostimulating properties of rhizosphere strain of *Bacillus subtilis* Ch-13 – a producer of biological products. In: Prikl. biokhimiya i m/b. 2009, V. 45, № 4, P. 465–471. (In Russian).
- Chetverikov C.P., Suleimanova L.R., Loginov O.N. A complex formation of triglyceride peptide of pseudomonades with plant root exudates as the mechanism of impact on phytopathogens. In: Prikl. biokhimiya i m/b. 2009. V. 45 – № 5. P. 565–572. (In Russian).
- Kolomiets E.I., Bus'ko I.I., Anan'eva I.N., Abakshonok B.C. Biological efficiency of preparation Baktosol against potato tuber rot at storage. <http://www.agrobelarus.ru/content/>, 2014. (In Russian).
- Loginov O.I., Vasil'eva N.S., Silshetsev H.H. Preparation of dry form of biological product for agricultural purpose «Elena U». Bashkirskii khimicheskii zhurnal. 2007.-V. 12, № 2. P. 45–47. (In Russian).
- Novikova I.I. Biological diversity of microorganisms – a basis for creation of new multifunctional biological products for phytosanitary optimization of agroecosystems. In: Materialy 3-go Vserossiiskogo s'ezda po zashchite rastenii, St. Petersburg, 2013 b. (In Russian).
- Novikova I.I. Efficiency of preparation forms based on microbial antagonists in systems of plant protection against diseases. In: Materialy 3-go Vserossiiskogo s'ezda po zashchite rastenii, St. Petersburg, 2013 a. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Main units of phytosanitary improvement of agroecosystems. In: Biological protection of plants – a basis of stabilization of agroecosystems. In: Materialy dokladov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Biologicheskaya zashchita rastenii, perspektivy i rol' v fitosanitarnom ozdorovlenii agrotsenozov i poluchenii ekologicheskii bezopasnoi sel'skokhozyaistvennoi produktsii». 23–25 sentyabrya 2008 g., Krasnodar, 2008, p. 56–60. (In Russian).
- Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N., Mal'tsev S.V. Dormant period of tubers and factors defining it. In: Zashchita i karantin rastenii. 2007. № 8. P. 54 – 55. (In Russian).
- Revin T.A., Parfyonov I.A., Gvozdeva E.L., Gerasimova N.G., Valueva T.A. Inhibitor of chymotrypsin and trypsin from potato tubers. In: Prikl. biokhimiya i mikrobiologiya. 2011, v. 47, № 3. P. 373–385. (In Russian).
- Satarova T.G., Kamenyok L.K. Preparation for potato tuber protection at storage. Zashchita i karantin rastenii. 2009. № 2. P. 50–52. (In Russian).
- Shuklina T.G. Efficiency of new fungicides in potato blight control depending on variety resistance. PhD Thesis. Moscow, 2013. 180 p. (In Russian).
- Sokolova M.G., Akimova G.P., Vaishlya O.B. Influence of phytohormones synthesized by rhizosphere bacteria on plants. In: Prikl. biokhimiya i mikrobiologiya. 2011, v. 47, № 3, p. 373–385. (In Russian).
- Zaitseva T.V. Use of biological products for control of silvery scab on potatoes. Zashchita i karantin rastenii. 2014. № 8. P. 33–34. (In Russian).
- Zeiruk V.N., Kuz'michev A.A., Glez V.M., Derevyagina M.K., Vasil'eva S.V., Abashkin O.V. Phytosanitary state and actions against the main diseases and pests during vegetation and storage of potatoes. Moscow: VNIKKh Rossel'khozakademii, 2014, 22 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

*Новикова Ирина Игоревна. Ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, e-mail: irina_novikova@inbox.ru

Бойкова Ирина Васильевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: irina_boikova@mail.ru

Павлюшин Владимир Алексеевич. Директор института, академик РАН ФГБНУ ВНИИКХ им. А.Г.Лорха, 140051, Московская область, Люберецкий район, п. Красково – 1, ул. Лорха, д. 23

Зейрук Владимир Николаевич. Зав. отделом, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: vzeiruk@mail.ru

Васильева Светлана Викторовна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

Деревагина Марина Константиновна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Novikova Irina Igorevna. Leading Researcher, DSc in Biology, e-mail: irina_novikova@inbox.ru

Boykova Irina Vasilievna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: irina_boikova@mail.ru

Pavlyushin Vladimir Alekseevich, Director of VIZR, Academician Lorkh All-Russian Institute of Potato Culture, 140051, Moskovskaya obl., Ljuberetsky rajon, p. Kraskovo – 1, ul. Lorkha, d.23

Zeiruk Vladimir Nikolayevich. Head of department, DSc in Agriculture, e-mail: vzeiruk@mail.ru

Vasilyeva Svetlana Viktorovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture

Derevyagina Marina Konstantinovna. Leading Researcher, PhD in Biology