СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ, 2015, том 50, № 5, с. 694-704

УДК 631.1/.6+637.4]:632.937(470.23) doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.694rus

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ПРОТИВ ОСНОВНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ОВОЩНЫХ, ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР И КАРТОФЕЛЯ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.А. ДОБРОХОТОВ[1], А.И. АНИСИМОВ[1], С.Д. ГРИШЕЧКИНА[2], Л.Г. ДАНИЛОВ[3], Г.Р. ЛЕДНЁВ[3], К.Н. ФУРСОВ[1]

Использование микробиологических препаратов для защиты растений от вредных организмов в мировой практике постоянно расширяется. Однако в государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов представлено небольшое число микробиологических препаратов, которые разрешены к применению в Российской Федерации для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. Перечень биопрепаратов для ягодных растений очень ограничен, а на землянике их регистрация в РФ отсутствует. В настоящей работе на примере Ленинградской области рассмотрены вопросы применения микробиологических и других экологически малоопасных препаратов для борьбы с основными вредителями овощных (капуста, морковь, брюква), ягодных (черная смородина, красная малина, садовая земляника) культур и картофеля. Опыты проводили в 2005-2014 годах. Уточнялись нормы, сроки, кратность обработок биопрепаратами. Использовали биопрепараты, созданные на основе бактерии *Bacillus thuringiensis* Berliner разных штаммов (битоксибациллин, лепидоцид, бацикол), энтомопатогенной нематоды (*Steinernema carpocapsae* Weiser) — немабакт и опытного образца на основе энтомопатогенного гриба *Metarhizium anisopliae* Metchn. Кроме микробиологических средств защиты, применяли агротехнические приемы. В основном изучали различные сроки посадки растений, пространственную изоляцию полей и распространение вредителей на больших площадях, способы обеспечения питания растений, их влияние на вредителей. В качестве эталона чаще всего применяли химический или биохимический препарат, разрешенный к применению на территории РФ. Рассчитывали биологическую эффективность (БЭ) исследуемых препаратов. Установлено, что микробиологические препараты часто уступают химическим эталонам по БЭ. Однако против капустной белянки битоксибациллин и лепидоцид обеспечивали БЭ 90-95 %. В борьбе с капустной молью БЭ этих препаратов составляла 60-80 %. Биологическая эффективность бацикола против крестоцветных блошек при 2-кратной обработке оказалась равной 60-80 %. При применении битоксибациллина и бацикола против личинок 1-го возраста колорадского жука БЭ достигала 100 %. Немабакт и опытный образец *M. anisopliae* снижали численность личинок жуков-щелкунов на 60-80 %. На землянике против малинно-земляничного долгоносика наибольшая БЭ, сравнимая с эффективностью препарата фитоверм, отмечена у бацикола. На садовой землянике установлена возможность совместного использования биопрепаратов разной направленности (биоинсектицидов и биофунгицидов) в баковых смесях. В сочетании с некоторыми репеллентами (Сочва, Дачник) и агротехническими мероприятиями биопрепараты могут обеспечивать надежную защиту овощных и ягодных культур, картофеля от основных вредителей, по крайней мере в условиях Ленинградской области.

Ключевые слова: Ленинградская область, овощные и ягодные культуры, картофель, вредные насекомые, микробиологические препараты, агротехнические приемы, биологическая эффективность.

В мировой практике использование микробиологических препаратов для защиты растений от вредных организмов постоянно расширяется. По расчетам экспертов, доля биопестицидов на рынке к 2020 году достигнет 20 %, составив 8 млрд долларов (1). По масштабам применения препараты на основе *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) занимают первое место в мире. Так, в 2009 году их использовали на площади 50 млн га, причем на долю США пришлось 33 млн га (2). Эти препараты эффективны против вредителей из разных классов, в том числе фитопатогенных нематод (3). Невысокая токсичность для нецелевых объектов и персистентность бактерий в окружающей среде, возможность включения генов бактерий, ответственных за синтез метаболитных токсичных белков, в геном растений способствуют продвижению трансгенных культур в сельском хозяйстве (4, 5).

В борьбе с личинками жуков-щелкунов важное значение имеют энтомопатогенные препараты на основе грибов *Metarhizium anisopliae* Metchn. и

Beauveria bassiana Balsamo (6, 7). Хотя в полевых опытах биологическая эффективность (БЭ) образцов только с *B. bassiana* была невысокой (8), при их совместном применении с биохимическим препаратом, созданным на основе почвенного актиномицета спиносада *Saccharopolyspora spinosa*, удалось достичь повышения БЭ (9). Быстрыми темпами развивается направление, связанное с энтомопатогенными нематодами (ЭПН). Пять коммерческих фирм в США и пять — в европейских странах производят препараты на основе ЭПН, эффективные против широкого круга вредителей (10).

В Ленинградской области сельскохозяйственные акционерные общества в основном используют химические средства защиты растений (СЗР) (11). Микробиологический метод применяют на ограниченных площадях, что объясняется более высокой стоимостью биопрепаратов, меньшей по сравнению с химическим методом биологической эффективностью, трудностью осуществления комплексной биологической защиты растений. В государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов представлено небольшое число микробиологических препаратов, которые разрешено применять на территории РФ для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. В 2014 году биологический метод составил всего 1,9 % от общего объема истребительных мероприятий (12).

Поиск эффективных микробиологических средств защиты растений — одно из главных направлений исследований в профильных научных институтах (13-15). Появление новых биопрепаратов на основе *B. thuringiensis* (бацикол) и энтомопатогенных нематод (немабакт, энтонем-F) еще в 2001 году позволило разработать комплексную биологическую защиту белокочанной капусты от крестоцветных блошек (род *Phyllotreta*), капустной мухи (*Delia brassicae* Bouche и *Delia floralis* Fallen), капустной моли (*Plutella xylostella* L.), капустной (*Pieris brassicae* L.) и репной (*Pieris rapae* L.) белянок. Однако рентабельность биометода была невысокой (52 %) в связи со стоимостью немабакта, применяемого против капустных мух (16). В 2005 году установлена высокая биологическая эффективность немабакта против капустных мух при опрыскивании рассады в кассетах перед высадкой в открытый грунт (17). Показана также возможность совместной обработки растений биопрепаратами разной направленности — биофунгицидами и биоинсектицидами (18).

Дальнейшие научные поиски были направлены на увеличение числа препаратов (репеллентов и биохимических инсектицидов) против основных вредителей овощных культур и картофеля, которые можно было использовать в органическом (экологическом) земледелии (19). Требовалось найти биопрепараты и разработать технологии их применения для борьбы с личинками жуков-щелкунов — проволочниками, которые наносят значительный вред картофельным полям на Северо-Западе России и в других странах (20). Некоторые авторы отмечают возможность использования посевов горчицы для борьбы с проволочниками, поскольку в растениях содержатся токсичные для них вещества глюкозинаты и изотиоционаты. При этом максимальная БЭ достигалась при заделке в почву 550 ц/га растительной массы горчицы (21).

Наибольшие потери урожая ягодных культур — красной малины и садовой земляники (до 80 %) происходят при выращивании по органической технологии (22). В интегрированной защите ягодников в северных странах Европы упор делается на применение привлекающих ловушек, пиретроидных препаратов, использование энтомопатогенных грибов, хищных насекомых. Препараты на основе Bt (например, Turex) используются лишь для борьбы с земляничной листоверткой *Acleris comariana* Lienig and Zeller (23, 24). Для защиты растений от малинно-земляничного долгоносика пригодны препара-

ты на основе инсектицидного растения азадирахтина (NeemAzal-T/S), а также биохимические препараты спиносад и новодор, созданный на основе *B. thuringiensis* ssp. *tenebrionis* (25). При этом отмечается, что профилактическая химическая обработка против долгоносика малоэффективна (26). Двукратная обработка пиретроидными препаратами перед раскрытием 50 % бутонов земляники препятствует увеличению их поврежденности цветоедом (27). Перечень биопрепаратов для ягодных культур очень ограничен, а на землянике их регистрация в РФ отсутствует. Поэтому было решено оценить эффективность микробиологических препаратов в борьбе с некоторыми насекомыми и клещами на землянике, черной смородине, малине (28-31). Весомый вклад в разработку методов мониторинга вредителей и борьбы с ними на плодово-ягодных культурах вносят финские ученые, исследующие пороги вредоносности. Так, для земляничного цветоеда порог численности, при котором необходима борьба с этими насекомыми на землянике, определяется как попадание 4-5 жуков-долгоносиков в миску при стряхивании со 100 растений (32).

Цель наших исследований заключалась в выявлении экологически безопасных приемов и средств защиты овощных культур, ягодников и картофеля, позволяющих заменить химические СЗР, получать продукцию без остаточных количеств пестицидов, улучшить биоценотическую регуляцию численности вредных видов. Для этого требовалось уточнить нормы, сроки, кратность обработок биопрепаратами, расширить список биофунгицидов, которые можно совмещать в баковых смесях с биоинсектицидами на овощных культурах и землянике.

Методика. В течение 2005-2014 годов на опытных участках Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ), Всероссийского ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ), Всероссийского НИИ защиты растений (ВИЗР), в садоводческих хозяйствах и личных подсобных хозяйствах (г. Санкт-Петербург и Ленинградская обл.) сравнивали эффективность микробиологических препаратов битоксибациллина (БТБ) в концентрациях 1-3 %, бацикола (3-5 %), лепидоцида (1 %), опытного образца биопрепарата, созданного на основе гриба *Metarhizium anisopliae* (титр конидий $2{,}3\times10^{10}$ в 1 г препарата) и немабакта (норма расхода 0,5 млн личинок на 1 м^2) между собой, с контролем (вариант без обработок против вредителей) и с эталоном, в качестве которого использовали химические (ариво) и биохимические (фитоверм, спинтор, вертимек) инсектициды. Призводитель БТБ и лепидоцида — ООО ПО «Сиббиофарм» (г. Бердск, Новосибирская обл.), немабакта и биопрепарата на основе гриба *M. anisopliae* — ВИЗР, фитоверма — ООО «Фармбиометод» (г. Москва); опытный образец бацикола получен во ВНИИСХМ. Обработки проводили из ручного опрыскивателя Solo («Solo Kleinmotoren GmbH», Германия) при норме расхода рабочей жидкости 400-500 л/га. Варианты опытов (препараты и концентрация) представлены в таблицах и на графиках.

Маршрутные обследования (мониторинг вредителей и энтомофагов, а также установление сроков начала защитных мероприятий) проводили в акционерных сельскохозяйственных обществах Ленинградской области («Приневское», «Шушары», «Детскосельский», «Тайцы»). Для овощных культур (белокочанная капуста сорта Краут кайзер в 2011 году, сорта Валентина в 2012 году, сортов СБ-3 и Престиж в 2013 и 2014 годах; морковь сорта Берликум роял; брюква сорта Новгородская; рапс сорта Лира) размер учетных делянок составлял 10-25 м^2. На капусте, брюкве, рапсе учеты делали на 25-30 растениях (5-6 проб, по 5 растений в пробе), моркови — на 5-10 растениях, для определения доли заселенных растений просматривали 100 расте-

ний. Учитывали все вредящие фазы развития насекомых (имаго, личинки).

Эффективность биопрепаратов на картофеле сорта Невский оценивали на садоводческом участке, расположенном в южной части Гатчинского района (Ленинградская обл.). Обработку против колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) осуществляли в период отрождения личинок 1-го возраста в конце июня (2001 год). Против проволочников картофель обрабатывали немабактом в период бутонизации—начала цветения, проливая гребни суспензией личинок энтомопатогенных нематод. Для опытного образца *M. anisopliae* испытывали три технологии применения: окунание клубней в суспензию конидий гриба (титр $4{,}6\times10^7$/мл рабочей жидкости), пролив поверхности гряды (титр конидий $1{,}7\times10^7$/мл рабочей жидкости) и пролив дна борозды (титр конидий — $1{,}7\times10^7$/мл рабочей жидкости). Численность личинок колорадского жука определяли на 10 растениях картофеля в каждом варианте, численность проволочников — методом почвенных раскопок (размер проб — 0,5 м×0,5 м и 0,5 м×1,0 м при глубине 0,3 м). В некоторых случаях (при низкой численности проволочников) выполняли сплошные раскопки (участок 1 м×1 м). Поврежденность клубней картофеля личинками щелкунов оценивали на 100 клубнях.

На картофеле, кроме эффекта микробиологических СЗР, изучали влияние осенней заделки растений горчицы белой в почву на численность проволочника и сочетания этого агротехнического приема с использованием биопрепаратов (*M. anisopliae* и немабакта). Горчицу высевали в конце июля, растения закапывали в почву в I декаде сентября.

Борьбу с вредителями на садовой землянике проводили в ЗАО «Тайцы» на промышленных посадках сорта Царскосельская; на садоводческих участках, расположенных в окрестностях г. Пушкина, на сортах Полка, Сюрприз Олимпиаде, Царскосельская; в южной части Гатчинского района Ленинградской области на сорте Зинга-Занга. На этом же участке объектом исследования была красная малина (сорт Новость Кузьмина), в учебно-опытном саду СПбГАУ — черная смородина (сорта Плотнокистная, Вологда, Ядреная и Памяти Александра Мамкина). На садовой землянике численности вредителей оценивали на делянках площадью 4-25 м^2, при малом размере делянок просматривая все растения, при большом — 20-25 растений. Подсчитывали бутоны, специфически повреждаемые малинно-земляничным долгоносиком и неповрежденные плодоэлементы на каждом растении. На красной малине, черной смородине подсчитывали абсолютное число насекомых и клещей в выборке из 10-30 листьев по каждому варианту опыта.

При наличии вредителей на растениях до обработки как в опытном, так и в контрольном вариантах использовали формулу [1]:

$$БЭ = \frac{O_и \times K - O \times K_и}{O_и \times K} \times 100\%, \qquad [1]$$

где *БЭ* — биологическая эффективность, %; $O_и$, O — плотность вредителей на опытном участке (исходная и на дату учета), экз/м^2, $K_и$, K — плотность вредителей на контрольном участке (исходная и на дату учета), экз/м^2, экз/растение. Эффективность препаратов также рассчитывали по снижению поврежденности клубней картофеля проволочниками и бутонов земляники малинно-земляничным долгоносиком по отношению к контролю по формуле [2], поскольку на момент обработки она была нулевой на всех участках:

$$Э = \frac{K - O}{K} \times 100\%, \qquad [2]$$

где *Э* — снижение поврежденности клубней, бутонов, %; *O*, *K* — поврежденность клубней, бутонов на опытном и контрольном участке на дату учета, %.

Находили средние значения по повторностям, стандартную ошибку среднего или процента. Значимость различий между вариантами оценивали по *t*-критерию Стьюдента.

Результаты. Против капустной белянки в Ленинградской области достаточную эффективность (90-100 %) показал лепидоцид в концентрации 1 %. Против капустной моли биологическая эффективность БТБ была несколько ниже, чем у лепидоцида, который уступал фитоверму (табл. 1).

1. **Биологическая эффективность** (%) **микробиологических препаратов против трех видов вредных насекомых на овощных культурах в зависимости от срока после обработки** (Ленинградская обл., учебно-опытный сад СПбГАУ, 2010-2011 годы)

Культура	Вредитель	Препарат, концентрация	Срок после обработки		
			1 нед	2 нед	3 нед
Капуста	Капустная моль (*Plutella xylostella* L.)	Битоксибациллин, 1 %	64,8(1)	75,6(1)	54,3(1)
		Лепидоцид, 1 %	67,7(1)	88,4(1)	75,8(1)
		Фитоверм, 0,2 %	71,2 (1)	91,8 (1)	100 (1)
	Крестоцветные блошки (род *Phyllotreta*)	Битоксибациллин, 1 %	23,4 (1)	0 (1)	0 (1)
		Битоксибациллин, 3 %	52*-70*(2)	52*-68*(2)	–
		Бацикол, 5 %	39-80*(2)	69*-72*(2)	0 (1)
		Фитоверм, 0,8 %	82,3*	72,5*	–
Брюква		Бацикол, 5 %	70,8*(1) (учет через 10 сут)		57,7*(1)
		Фитоверм, 0,8 %	80,4*(1) (учет через 10 сут)		63,8*(1)
		Арриво, 0,2 %	100*(1) (учет через 10 сут)		88,1*(1)
Рапс		Бацикол, 5 %	77,6*(1)	28,4*(1)	66,2*(1)
		Фитоверм, 0,8 %	85,6*(1)	40,7*(1)	48,7*(1)
		Арриво, 0,2 %	100*(1)	78,2*(1)	55,1*(1)
Морковь	Морковная листоблошка (*Trioza apicalis* Först.)	Битоксибациллин, 3 %	27_2,35_2,36_1*(3)	33_2*-82*(3)	41_2*-56_2*(2)
		Бацикол, 5 %	16,8_1(1)	47,2_1*(1)	–
		Фитоверм, 0,4 %	27_1-48_2(2)	36_2*-92_1*(2)	0_2(1)
		Вертимек, 0,4 %	79,2_2*	51,8_2*	66,8_2*
		Спинтор, 0,4 %	84,4_2*	60,3_2*	41,1_2
		Арриво, 0,2 %	55,7_2*	39,0_2*	41,1_2*

Примечание. Звездочками обозначены статистически подтвержденные значения (вероятность отличия от контроля больше 99 %); в скобках — число независимых повторностей. Одинаковыми индексами отмечены испытания, проведенные в сравнительных экспериментах в одно и то же время при сходных условиях. Для нескольких разновременных (по годам) или пространственно сильно разобщенных повторностей приведены интервалы. Прочерки означают, что учет не проводили.

Против крестоцветных блошек на капусте БТБ показал значимую эффективность только при рабочей концентрации 3 %, у бацикола (5 %) и фитоверма (0,8 %) БЭ была немного выше. На брюкве различия в БЭ у бацикола и фитоверма (в пользу последнего) оказались более достоверными, как и преимущество над ними у химического эталона арриво (0,2 %). В первые 2 нед после обработок сходные результаты в отношении крестоцветных блошек получили и на рапсе, но спустя 3 нед достоверно лучший эффект наблюдался при применении бацикола. Против морковной листоблошки БЭ БТБ варьировала, достигая 82,1 % через 2 нед после обработки. При этом эффективность бацикола была достоверно ниже. В целом, кроме 1-й нед после обработки, БТБ по эффективности в отношении морковной листоблошки оказался сопоставим с химическим эталоном арриво (0,2 %) и лучшими биохимическими препаратами. Необходимо отметить, что в Беларуси официально зарегистрирован против морковной листоблошки аналог бацикола — бацитурин, нарабатываемый на основе *B. thuringiensis* var. *darmstadiensis* (Bt H_{10}). Однократное применение двух образцов БТБ (12 кг/га) и бацикола (20 л/га) в 2011 году против крестоцветных блошек на белокочанной капусте сорта Краут Крайзер привело к существенному и сравнимому с эффектом эталонного препарата фитоверм (3,3 л/га) снижению численности вредителя через 1 нед после обработки (рис. 1, А). Однако в дальнейшем во всех вариантах опыта численность крестоцветных блошек стала возрастать. При 2-кратных обработках бациколом (всего 40 л/га) с интервалом 10 сут (2014 год) рост численности вредителя на двух исследованных сортах

капусты (СБ-3 и Престиж) удалось предотвратить (см. рис. 1, Б).

В производственных условиях для борьбы с листогрызущими чешуекрылыми вредителями можно использовать как микробиологические биопрепараты (БТБ, липидоцид), так и биохимический фитоверм, имеющий регистрацию на белокочанной капусте. Нами установлено, что гусеницы белянок, не погибшие от биопрепаратов, заселялись энтомофагом апантелесом (*Apanteles glomeratus* L.), а в конце августа ими питались хищные клопы (*Picromerus bidens* L.).

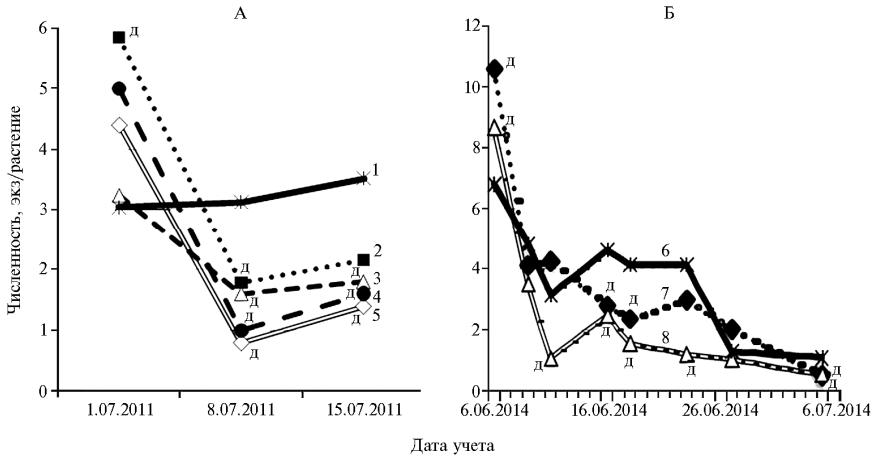

Рис. 1. Динамика численности крестоцветной блошки (*Phyllotreta undulata* Kutschera) при 1-кратной обработке капусты сорта Краут Кайзер фитовермом или микробиологическими препаратами (А) **и при 2-кратной обработке бациколом сортов капусты СБ-3 и Престиж** (Б): 1 — контроль (без обработки), 2 и 3 — битоксибациллин разных производителей, 4 — бацикол, 5 — фитоверм, 6 — контроль (без обработки, сорт Престиж), 7 — бацикол (на сорте СБ-3), 8 — бацикол (на сорте Престиж). Дозы и производители препаратов указаны в разделе «Методика»; буквой д обозначены значения, достоверно отличающиеся от контроля на дату учета ($p < 0,05$ по *t*-критерию Стьюдента) (учебно-опытный сад СПбГАУ, Ленинградская обл.).

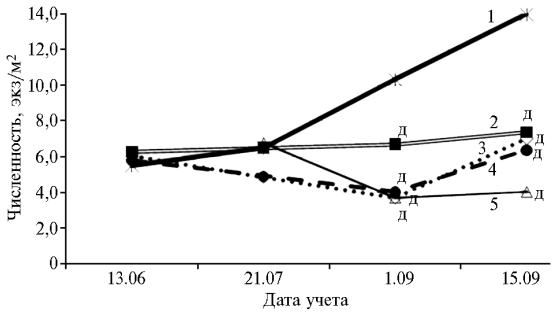

Рис. 2. Динамика численности проволочников при обработке картофеля сорта Невский немабактом и различных способах применения опытного образца *Metarhizium anisopliae*: 1 — контроль (без обработки), 2 и 3 — внесение *M. anisopliae* по дну борозды и по всей поверхности почвы, 4 — обработка клубней *M. anisopliae*, 5 — немабакт. Дозы и производители препаратов указаны в разделе «Методика». Буквой д обозначены значения, достоверно отличающиеся от контроля на дату учета ($p < 0,05$ по *t*-критерию Стьюдента) (садоводческий участок, Гатчинский р-н, Ленинградская обл., 2012 год).

На картофеле БЭ бацикола (5 %; 20 л/га, 2011 год) против личинок колорадского жука 1-го возраста составила 100 %, что было сравнимо с эталоном арриво (0,4 %; 1,6 л/га). В 2006 году аналогичные результаты получили и при обработке картофеля БТБ.

Наиболее сложна борьба с проволочниками. В 2012 году мы сравнили эффективность немабакта и трех вариантов обработок опытным образцом *M. anisopliae* (рис. 2). БЭ опытного образца *M. anisopliae* при внесении по всей поверхности почвы перед посадкой картофеля была наибольшей (54,2-67,5 %) и незначительно уступала таковой у немабакта. БЭ немабакта составила 65,8-72,4 %, что согласуется с появившимися позже данными для ЭПН (33).

Была показана перспективность применения *M. anisopliae* (рис. 3, А) и немабакта (см. рис. 3, Б) совместно с заделкой в почву зеленых растений горчицы белой (*Sinapis alba* L.) сорта Рапсодия. Такой способ оказался эффективнее использования только биопрепаратов или заделки в почву (перекопка) горчицы (34).

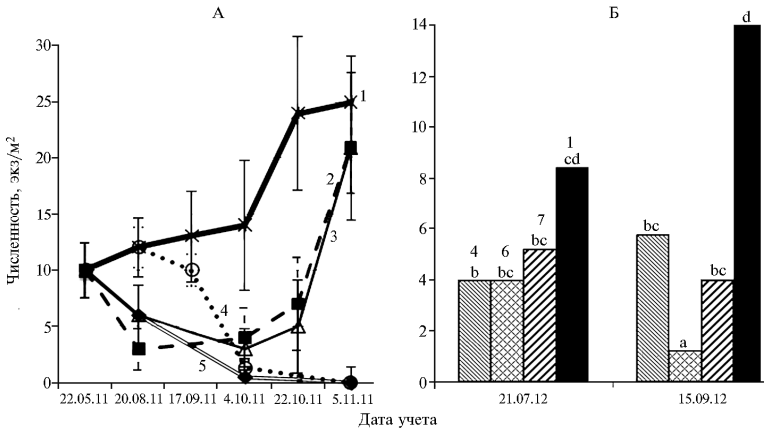

Рис. 3. Динамика численности проволочников на растениях картофеля сорта Невский при использовании *Metarhizium anisopliae* (А) **и немабакта** (Б) **совместно с заделкой растений горчицы белой *Sinapis alba* L.:** 1 — контроль (без обработки), 2 — репеллент Дачник, 3 — *Metarhizium anisopliae*, 4 — горчица, 5 — горчица + *Metarhizium anisopliae*, 6 — горчица + немабакт, 7 — немабакт. Дозы и производители препаратов указаны в разделе «Методика». Обозначены доверительные интервалы для вероятности 0,95; одинаковыми буквами отмечены достоверно не различающиеся значения (p > 0,05 по *t*-критерию Стьюдента) (садоводческий участок, Гатчинский р-н, Ленинградская обл.).

В 2013 году мы продолжили исследования по оценке различных технологий применения немабакта против проволочников (табл. 2), но значительных различий между вариантами не обнаружили.

2. Эффективность разных способов обработки немабактом против проволочников на картофеле сорта Невский (садоводческий участок, Гатчинский р-н, Ленинградская обл., 2013 год)

Показатель	А	Б	А + Б	Контроль (без обработки)
Численность проволочников перед посадкой ±SE, экз/м²	3,5±0,96[b]	3,0±0,65[b]	3,5±0,63[b]	3,0±1,29[ab]
Численность проволочников при уборке урожая ±SE, экз/м²	1,8±0,55[ab]	1,3±0,36[a]	1,1±0,32[a]	4,3±1,58[ab]
Биологическая эффективность, %	64,4	71,2	78,6	0
Поврежденность клубней ±SE, %	5,0±1,54[c]	8,0±1,57[d]	4,8±1,06[c]	16,0±3,67[e]
Снижение поврежденности клубней ±SE, %	69±26,4	50±15,1	70±22,5	0

Примечание. А — по дну борозды до посадки, Б — опрыскивание в период бутонизации; SE (standard error) — стандартная ошибка среднего или процента. Одинаковыми буквами обозначены достоверно не различающиеся значения (p > 0,05 по *t*-критерию Стьюдента).

Против малинного клеща на малине были эффективны БТБ и бацикол. На той же культуре в отношении обыкновенного паутинного клеща БТБ по БЭ был сравним с фитовермом (табл. 3). Установлена гибель земляничного прозрачного и паутинного клещей от БТБ на садовой землянике в открытом грунте. Однако лучшие результаты получены при сочетании опрыскивания биопрепаратами и выпусков хищного клеща амблисейуса (см. табл. 3).

При большой плотности малинно-земляничного долгоносика на садовой землянике высоко достоверную (p < 0,001) эффективность показал бацикол. Его БЭ при 2-кратной обработке была не ниже, чем при использовании актеллика. При низкой исходной плотности этого вредителя неплохую эффективность через 3 нед после обработки продемонстрировал

БТБ в концентрации 2,5-3 %. Этот вариант был сравним с фитовермом и актелликом, но несколько уступал спинтору и вертимеку (см. табл. 3).

3. Биологическая эффективность (%) микробиологических и химических препаратов против вредных насекомых на ягодных культурах в зависимости от срока после обработки (Ленинградская обл., 2009-2013 годы)

Вредитель	Препарат, концентрация	Срок после обработки		
		1 нед	2 нед	3 нед
Смородина черная (учебно-опытной сад СПбГАУ)				
Клещи семейства *Eriophyidae*	Битоксибациллин, 2 %	9_1-54_2^+(2)	16_2-30_1^+(2)	0_2-17_1^+(2)
	Фитоверм, 0,4 %	93_1*-100_2*(2)	71_2*-76_1*(2)	$60,8_2$*(1)
	Искра, 0,1 %	100_2*(1)	$54,6_2$*(1)	$32,1_2$(1)
Малина красная (Гатчинский р-н)				
Малинный клещ (*Eriophyes gracillis* Nal.)	Битоксибациллин, 3 %	47,9*(1)	59,6*(1)	58,8*(1)
	Бацикол, 3 %	96,3*(1)	–	89,8 (1)
Паутинный клещ (*Tetranychus urticae* Koch)	Битоксибациллин, 3 %	54*-68* (2)	94,6*-95,1*(2)	81*-89*(2)
	Фитоверм, 0,4 %	96,8*(1)	95,8*(1)	91,8*(1)
Земляника садовая (ЗАО «Тайцы»)				
Земляничный клещ (*Tarsonemus pallidus* Banks)	Битоксибациллин, 2-2,5 %	25-46$^+$ (2) 99,2^{++*}	70$^+$-86* (2)	63^{+*}-73 (2)
Малинно-земляничный долгоносик (*Anthonomus rubi* Hbst.)$^{+++}$	Битоксибациллин, 2,5-3 %	30_4-38_5 (2)	$32,5_4$ (1)	40_4*-54_5*(2)
	Бацикол, 5 % 2-кратно	$63,7_3$*(1)	$29,2_3$*(1) $47,0_3$*(1)	$22,2_3$*(1) $39,7_3$*(1)
	Фитоверм 0,4 %	$40,3_4$*	$29,3_4$	$43,5_4$*
	Актеллик, 0,1 %	56_5*-73_3*(2)	$51,0_3$*(1)	50_3*-51_5*(2)
	Спинтор 0,4 %	$58,2_5$(1)	–	$73,0_5$*(1)
	Вертимек 0,4 %	$50,8_5$*(1)	–	$59,7_5$*(1)
	Сочва, 1 %	$62,0_4$*(1)	$42,6_4$*(1)	$47,2_4$*(1)

Примечание. Звездочками обозначены статистически подтвержденные значения (вероятность отличия от контроля больше 99 %); в скобках приведено число независимых повторностей; «+» — вместе с амблисейусом, «++» — вместе с амблисейусом в теплице, «+++» — оценка по поврежденности плодоэлементов. Одинаковыми нижними индексами отмечены испытания, проведенные в сравнительных экспериментах в одно и то же время при сходных условиях. Для нескольких разновременных (по годам) или пространственно сильно разобщенных повторностей приведены интервалы. Прочерки означают, что учет не проводили.

4. Эффективность бацикола и фитоверма против малинно-земляничного долгоносика (*Anthonomus rubi* Hbst.) на разных сортах садовой земляники (*Fragaria ananassa*) (садоводческий участок, г. Санкт-Петербург—Пушкин, 2013 год)

Сорт	Среднее число бутонов на куст ±SE		Неповрежденных бутонов ±SE, %	БЭ, %
	поврежденных	всего		
Контроль (без обработки)				
Полка	$9,7\pm0,50^{f}$	$27,7\pm0,92^{jk}$	$65,1\pm2,14^{d}$	
Сюрприз Олимпиаде	$12,5\pm0,87^{g}$	$41,1\pm2,24^{h}$	$69,7\pm1,65^{cd}$	
Царскосельская	$10,8\pm1,18^{fg}$	$40,6\pm1,46^{h}$	$73,2\pm1,59^{c}$	
Бацикол (25 л/га)				
Полка	$4,2\pm0,50^{e}$	$24,2\pm1,52^{k}$	$82,5\pm1,82^{b}$	50,0
Сюрприз Олимпиаде	$4,4\pm0,47^{e}$	$33,1\pm1,23^{i}$	$86,6\pm1,40^{ab}$	55,7
Царскосельская	$3,5\pm0,49^{e}$	$31,0\pm1,09^{i}$	$88,7\pm1,52^{a}$	57,7
Фитоверм (3,3 л/га)				
Полка	$4,6\pm0,80^{e}$	$24,4\pm2,00^{k}$	$80,9\pm2,13^{b}$	45,4
Сюрприз Олимпиаде	$3,8\pm0,50^{e}$	$32,1\pm2,10^{ij}$	$88,3\pm1,38^{a}$	61,3
Царскосельская	$3,8\pm0,38^{e}$	$31,4\pm1,57^{i}$	$88,0\pm1,37^{a}$	55,0

Примечание. БЭ — биологическая эффективность. SE (standard error) – стандартная ошибка среднего или процента. Одинаковыми буквами обозначены достоверно не различающиеся значения в пределах столбца ($p > 0,05$ по *t*-критерию Стьюдента).

Низкая эффективность БТБ против малинно-земляничного долгоносика в начальные сроки после обработки при органической технологии выращивания земляники, вероятно, может быть компенсирована дополнительным использованием репеллента Сочва (образуется при пиролизе древесины) и препарата Дачник (нарабатывается из хвой пихты), показавших в борьбе с данным вредителем хорошие результаты на садовой землянике в ЗАО «Тайцы» (35).

Эффективной оказалась защита садовой земляники от малинно-земляничного долгоносика при 3-кратных обработках бациколом (табл. 4).

В наших опытах, проведенных на приусадебном участке, у фитоверма и бацикола отмечалась примерно одинаковая биологическая эффективность (55-60 %), хотя на сорте Полка она была несколько меньшей (45-50 %). На слабоустойчивом, а поэтому больше повреждаемом долгоносиком сорте Полка защитные мероприятия, проведенные в период выдвижения бутонов, позволили сохранить значительную часть урожая.

Таким образом, наши исследования показали возможность эффективного использования микробиологических средств защиты растений против основных вредных видов насекомых и клещей на овощных, ягодных культурах и картофеле в условиях Ленинградской области. Посредством подбора различных технологий, способов, сроков, кратности обработок удается добиться биологической эффективности биопрепаратов, сравнимой с химическими препаратами. В опытах на садовой землянике установлена возможность совместного использования биопрепаратов разной направленности (биоинсектицидов и биофунгицидов) в баковых смесях. В сочетании с некоторыми репеллентами, агротехническими мероприятиями биопрепараты могут обеспечивать надежную защиту овощных и ягодных культур, картофеля от вредных видов. На землянике требуется проведение дополнительного мониторинга для уточнения сроков и интервалов между обработками. В большинстве опытов, проведенных в последние годы, затраты на применение биопрепаратов окупались лучше, чем в начале первого десятилетия текущего века. Это объясняется более быстрым ростом цен на сельскохозяйственную продукцию по сравнению со стоимостью биопрепаратов. Необходимо включение некоторых испытанных микробиологических препаратов, в первую очередь бацикола, в план государственных регистрационных испытаний для использования на капусте, картофеле и садовой землянике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yul R.J., Choi J.Y., Li M.S., Jin B.R., Je Y.H. *Bacillus thuringiensis:* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. J. Microbiol. Biotechnol., 2007, 17(4): 547-559.
2. Sanahuja G., Banakar R.,Twyman R.M., Capel T., Christou P. *Bacillus thuringiensis:* a century of research, development and commercial applications. Plant Biotechnol. J., 2001, 9: 283-300 (doi: 10.1111/j.1467-7652.2011.00595.x).
3. Mohammed S.H., Saedy M.A., Enan M.R., Nasser E.I., Gareeb A.,Salah A.M. Biocontrol efficiency of *Bacillus thuringiensis* toxins against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. J. Cell Mol. Biol., 2008, 7(1): 57-66.
4. Promdonkoy B., Chewawiwat N., Tanapongpinat S., Luxananil P., Panyim S. Cloning and characterization of a cytolytic and mosguitolarvicidal delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *darmstadiensis*. Cur. Microbiol., 2003, 40: 94-98.
5. Douville M., Gagné F., Blaise C., André C. Occurrence and persistence of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and transgenetic Bt corn *cry 1Ab* gene from an aquatic environment. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2007, 66: 195-203 (doi: 10.1016/j.ecoenv.2006.01.002).
6. Reddy C.V.P., Tangtrakulwanich K., Wu S., Miller J., Ophus V.L., Prewett J., Jaronski S.T. Evaluation of the effectiveness of entomopathogens for the management of wireworms (*Coleoptera*: *Elateridae*) on spring wheat. J. Invert. Pathol., 2014, 120: 43-49 (doi: 10.1016/j.jip.2014.05.005).
7. Herk W.G., Vernon R.S. Mortality of *Metarhizium anisopliae* — infected wireworms (*Coleoptera*: *Elateridae*) and feeding on wheat seedlings are affected by wireworm weight. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia, 2011, 108: 38-40.
8. Sugian M. Biology, monitoring and management of economically important wireworm species (*Coleoptera*: *Elateridae*) in organic farming. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor der Agrarwissenschaften vorgelegt am 23. Zu Bonn, November 2012.
9. Ericsson J.D., Kabaluk J.T., Goettel M.S., Myers J.H. Spinosad interacts synergistically with the insect pathogen *Metarhisium anisopliae* against the exotic wireworms *Agriotes lineatus* and *Agriotes obscurus* (*Coleoptera: Elateridae*). J. Econ. Entomol., 2007, 100(1): 31-38 (doi: 10.1603/0022-0493(2007)100[31:SISWTI]2.0.CO;2).

10. Kaya H.K., Aguillera M.M., Alumai A., Choo H.Y., Torre M., Fodor A., Ganguly S., Hazir S., Lakatos T., Pye A., Wilson M., Yamanaka S., Yang H., Ehlers R.-U. Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or region of the world. Biol. Control, 2006, 38: 134-155 (doi: 10.1016/j.biocontrol.2005.11.004).
11. Павлова Е.А., Маслова И.В. Фитосанитарное состояние и анализ. Сельскохозяйственные вести, 2014, 1: 14-15.
12. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2014 году и прогноз появления вредных объектов в 2015 году. М., 2014.
13. Смирнов О.В. Патотипы *Bacillus thuringiensis* и экологическое обоснование их использования в защите растений. Автореф. докт. дис. СПб, 2000.
14. Данилов Л.Г. Биологические основы применения энтомопатогенных нематод (*Rhabditida*: *Steinernematidae*. *Heterorhabditidae*) в защите растений. Автореф. докт. дис. СПб, 2001.
15. Кандыбин Н.В., Патыка Т.И., Ермолова В.П., Патыка В.Ф. Микробиоконтроль численности насекомых и его доминанта *Bacillus thuringiensis*. СПб—Пушкин, 2009.
16. Доброхотов С.А., Пазына Л.Ф. Оценка комплексной биологической защиты капусты от вредителей. В сб.: Биологический метод в сельском хозяйстве Ленинградской области в 2002 году. СПб, 2002: 19-22.
17. Доброхотов С.А., Глущенко А.Б., Шаповал П.В. Борьба с капустными мухами с использованием немабакта. Защита и карантин растений, 2006, 10: 25-26.
18. Доброхотов С.А. О совместном применении биопрепаратов различного класса. Сельскохозяйственные вести, 2008, 1: 18-19.
19. Доброхотов С.А., Смирнов О.В., Гришечкина С.Д., Караев Д.О. Расширение спектра применения биопрепаратов в экологическом земледелии. Мат. 3-й Всерос. науч. конф. с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения». ч. 2. Аппатиты, 2010: 11-17.
20. Vojinovic M.Z. Biological control of oldseed rape pests with entoimopathogenic nematodes. Doctoral Thesis in Agricultural Zoology. Helsinki, 2010.
21. Andrews N., Ambrosino M., Fisher G., Rondon S.I. Wireworm. In: Biology and manegement in potatoes in the Pacific Northwest. Oregon, 2008.
22. Wibe A., Cross J., Borg-Karlsson A.K., Hall D.R., Trandem N., Sigsgaard L., Baroffio C., Ralle B., Fountain M.T. Management of strawberry blossom weevil and European tarnished plants bug in organic strawberry and raspberry using semiochemical traps — «Softpest Multitrap». NJF report, 2013, 9(8): 31-32.
23. Svensson B., Hakansson T., Kronhed A., Manduric S., Winter C., Jansson J. IPM in strawberries, part 1: IPM as a collaboration between farmers, advisor and researchers. NJF report, 2013, 9(8): 26.
24. Sigsgaard L., Eilenberg J., Enkegaard A., Esbjerd P., Hansen E.W., Brodsgaard H., Petersen B.D. Integrating biological control measures against strawberry pets. NJF report, 2009, 5(9): 12.
25. Ourednickova J. Efficacy of some selected products against the strawberry blossom weevil (*Anthonomus rubi* Herbst., 1795). Vedecke prace ovocnarske, 2011, 22: 213-222.
26. Aasen S.S., Tranden N. Strawberry blossom weevil *Anthonomus rubi* Herbst (Col.: *Curculionidae*): relationships between bug damage, weevil density, insecticide use, and yield. J. Pest. Sci., 2006, 79: 169-174 (doi: 10.1007/s10340-006-0131-z).
27. Berlung R. Organic production of strawberries. Focus on practical applications. Doctoral thesis. Alnarp, 2007.
28. Доброхотов С.А., Смирнов О.В., Лаптев Г.Ю., Гришечкина С.Д., Данилов Л.Г., Анисимов А.И. Биологическая защита земляники от вредителей. Сельскохозяйственные вести, 2008, 4: 24-25.
29. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Смирнов О.В. Биологическая защита земляники от земляничного прозрачного клеща. Сельскохозяйственные вести, 2009, 1: 38.
30. Доброхотов С.А. Биологическая защита черной смородины и земляники от вредителей. В сб. науч. тр. СПбГАУ: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. СПб, 2009: 86-88.
31. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Караев Д.О. Элементы защиты плодово-ягодных и овощных культур для органического земледелия на Северо-Западе России. Мат. межд. науч.-практ. конф. «Интегрированная система защиты растений: стратегия и тактика». Минск, 2011: 19-23.
32. Паррика П., Туовинен Т., Линдквист И., Рууттунен П. Защита растений в Финляндии. Ягоды и фрукты (Справочник). Миккели, Финляндия, 2012
33. Barsics F., Haubruge E., Verheggen F.J. Wireworms management: An overview of the existing methods, with particular regards to *Agriotes* spp. (*Coleoptera*: *Elateridae*). Open Access. Insects, 2013, 4: 117-152 (doi: 10.3390/insects4010117)
34. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Данилов Л.Г., Леднев Г.Р. Разработка мер борьбы с проволочниками на картофеле с использованием микробиологических препаратов и горчицы белой. Вестник защиты растений, 2014, 3: 25-33.
35. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Лаврова И.С. Оценка возможности ис-

пользования малоопасных препаратов в борьбе с землянично-малинным долгоносиком на садовой землянике. В сб. науч. тр. СПбГАУ: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. СПб, 2012: 99-102.

[1]ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
196601 Россия, г. Санкт-Петербург—Пушкин, Петербургское ш., 2,
e-mail: anisimov_anatoly@mail.ru;
[2]ФГБНУ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии,
196608 Россия, г. Санкт-Петербург—Пушкин, ш. Подбельского, 3;
[3]ФГБНУ Всероссийский НИИ защиты растений,
196608 Россия, г. Санкт-Петербург—Пушкин, ш. Подбельского, 3

Поступила в редакцию 8 мая 2015 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [*Agricultural Biology*], 2015, V. 50, № 5, pp. 694-704

THE MAIN PESTS MICROBIOLOGICAL CONTROL IN VEGETABLE, BACCATE CROPS AND POTATO IN LENINGRAD PROVINCE

S.A. Dobrokhotov[1], A.I. Anisimov[1], S.D. Grishechkina[2], L.G. Danilov[3], G.R. Lednev[3], K.N. Fursov[1]

[1]*Saint Petersburg State Agrarian University*, 2, Peterburgskoe sh., St. Petersburg, 196601 Russia, e-mail anisimov_anatoly@mail.ru;
[2]*All-Russian Research Institute for Agricultural Microbiology,* Federal Agency of Scientific Organizations, 3, sh. Podbel'skogo, St. Petersburg, 196608 Russia;
[3]*All-Russian Research Institute of Plant Protection,* Federal Agency of Scientific Organizations, 3, sh. Podbel'skogo, St. Petersburg, 196608 Russia
Received May 8, 2015 doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.694eng

Abstract

The using of microbiological preparations for plant protection steadily extends in the world. A short list of microbiological preparations that are authorized for applying on the territory of the Russian Federation for insect pest control on crops is presented in the State Catalog of pesticides and agrochemicals. However, the biological preparations allowed for berry crops is very limited in number, and for pine strawberry no one is indicated in the Russian Federation State Catalog. In the represented work the capability of microbiological and other ecologically friendly preparations to control main pests on vegetable (cabbage, carrot, swede), baccate (blackberry, red raspberry, strawberry) crops and potato are considered under the conditions of Leningrad Province. Experiments were carried out in 2005-2014. In the research, we specified norms, terms, frequency, and rate of treatment with microbiological preparations. The tested preparations are created on the basis of different *Bacillus thuringiensis* Berliner strains (Bitocsibacillin, Lepidocid, Batsikol), entomopathogenic eelworm *Steinernema carpocapsae* Weiser (Nemabakt), also the laboratory sample based on entomopathogenic fungi *Metarhizium anisoplia* Metchn. was used. Some agrotechnical methods for insect pests control were investigated too. We studied the effect of various terms of planting, field isolation and distribution of the insect pests on the large territories, and the number on insect pests as influenced by nutrient input during plant growth. In each experiment there was a control variant (without application of any preparations). A chemical or biochemical preparation allowed for use in the territory of the Russian Federation was mostly used as a standard for comparison. The biological efficiency (BE) of the investigated preparations was estimated. It was found out that rather often the microbiological preparations were inferior to the chemical standards by BE. However, Bitocsibacillin and Lepidocid developed and manufactured in the Russian Federation can provide the 90-95 % BE against the cabbage white butterfly. The BE of these preparations against cabbage moth ranged from 60 % to 80 %. The biological efficiency of Batsicol against cruciferous tiddlywinks was 60-80 % when double treatments were used. The BE reached 100 % in control of Colorado beetle larvae with Bitocsibacillin and Batsikol. BE of both Nemabakt and laboratory sample of *M. anisoplia* in wireworms control varied at 60-80 % levels. On pine strawberry against strawberry blossom weevil the highest BE, comparable with efficiency of Fytoverm preparation, was observed for Batsikol. It was shown that a combination of bioinsecticides and biofungicides can be helpful in pine strawberry pests control. Thus, together with some repellents and agrotechnical methods the biological preparations can provide reliable protection of vegetable and berry crops, and potato against the main insect pests, at least in the conditions of the Leningrad Province.

Keywords: Leningrad Province, vegetable and baccate crops, potato, insect pests, microbiological preparations, agrotechnical methods, biological efficiency.