

ТАТЬЯНА АЛЕКСЕЕВНА ДАНИЛОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела производства и переработки продукции растениеводства, Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения (Санкт-Петербург, Российская Федерация)  
*danilovata@bk.ru*

ЛЕОНИД ГРИГОРЬЕВИЧ ДАНИЛОВ

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологической защиты растений, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (Санкт-Петербург, Российская Федерация)  
*biodan@mail.ru*

СВЕТЛАНА МИХАЙЛОВНА СИНИЦЫНА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник отдела производства и переработки продукции растениеводства, Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения (Санкт-Петербург, Российская Федерация)  
*smsin@bk.ru*

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД ПРОТИВ ПРОВОЛОЧНИКОВ НА КАРТОФЕЛЕ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ

Представлены результаты испытаний биологических препаратов, изготавливаемых на основе энтомопатогенных нематод, – Энтонем-Р, Немабакт и Протонем – в качестве средства защиты картофеля от личинок жуков щелкунов-проводочников и возможности их использования в органическом земледелии Северо-Западного региона России, в том числе и Республике Карелия. Инвазионные личинки этих нематод, являющиеся основой данных препаратов, приспособлены к длительному существованию в почве без питания и совместимы со многими средствами защиты растений. Механизм, с помощью которого энтомопатогенные нематоды способны заражать и размножаться в насекомом-хозяине, включает в себя взаимную связь между нематодами и их симбиотическими бактериями. Высокая вирулентность нематодно-бактериальных комплексов против насекомых-вредителей и безопасность для человека, теплокровных животных, растений являются основой использования энтомопатогенных нематод в качестве эффективных агентов в биологической борьбе с проволочниками, которые относятся к наиболее распространенным вредителям на картофеле в регионе. Применение нематодных препаратов в защите картофеля от проволочников, несомненно, представляет научную и практическую значимость, поскольку создает реальные предпосылки для их применения в органическом земледелии, обеспечивая получение высококачественной экологически безопасной продукции. Результаты полевых и производственных испытаний показали высокую биологическую эффективность нематодных биопрепаратов (от 69,3 до 100 %) против проволочников на картофеле при норме расхода нематод 5 млрд/га инвазионных личинок, вносимых в почву при посадке клубней либо на поверхность почвы под растения в фазе бутонизации. При этом повреждение клубней проволочником в основном отмечается в слабой степени. Новый препарат Протонем, созданный на основе нематод вида *Steinernema feltiae protense*, не уступает по эффективности Немабакту и Энтонему-Р и даже при снижении рекомендованной нормы его расхода до 2,5 млрд инвазионных личинок на гектар имеет достаточно высокую биологическую эффективность – 96,4 %. Ключевые слова: проволочники, картофель, энтомопатогенные нематоды, Немабакт, Энтонем-Р, Протонем, органическое земледелие

В настоящее время в Северо-Западном регионе РФ в системе защиты картофеля от комплекса вредителей, таких как личинки жуков щелкунов – проволочники, колорадский жук, тли – переносчики вирусной инфекции, широко применяется прием обработки посадочного материала рядом инсектицидов на основе действующих веществ из класса неоникотиноидов. Однако, несмотря на достаточно высокую эффективность

этого приема, период защитного действия препаратов, в частности против такого вредителя, как проволочники, ограничивается первой половиной вегетации, практически до начала образования клубней нового урожая, после чего вредоносность фитофагов увеличивается за счет миграции, и период от формирования до уборки урожая остается незащищенным. Этую временную нишу и могут заполнять препараты на основе

энтомопатогенных нематод ЭПН. Нематоды заражают широкий круг насекомых-хозяев (свыше 1000 видов) на всех стадиях их развития, кроме яйца [9]. Широкий спектр хозяев нематод обусловлен высокопатогенными свойствами симбиотических бактерий, вводимых в гемолимфу хозяина после проникновения инвазионных личинок в тело насекомых. Бактерии быстро размножаются и производят различные продукты метаболизма, которые преодолевают иммунную систему насекомых, убивают их и подавляют рост различных грибковых и бактериальных возбудителей заболеваний [8]. Таким образом, нематодам не приходится преодолевать защитные реакции или приспособливаться к жизненному циклу насекомого. При этом высокая вирулентность нематодно-бактериального комплекса против насекомых-вредителей является основой использования ЭПН в качестве эффективных агентов в биологической борьбе [10].

В современных условиях ведения сельскохозяйственного производства особую актуальность приобретают биологизированные системы земледелия, базирующиеся на мероприятиях, при которых основными методами снижения численности вредителей являются экологические, способствующие размножению и повышению активности естественных врагов вредителей. В связи с этим за последнее время возрос интерес к энтомопатогенным нематодам из семейств *Steiner nematidae* (штейнернематиды) и *Heterorhabditidae* (гетерорабдитиды), которые рассматриваются как перспективные биологические агенты для регуляции численности вредных видов насекомых. Биологические препараты, изготавливаемые на основе ЭПН, в основном предназначены для борьбы с различными стадиями развития насекомых, обитающих в почве, и в том числе против различных видов проволочника на картофеле. В нематодных препаратах в качестве действующего начала выступают живые инвазионные личинки, которые, обитая в почве в отсутствие насекомого-хозяина, могут существовать в инактивированном состоянии без питания более двух лет, а также способны активно мигрировать на различную глубину под влиянием биотических и абиотических факторов среды [5].

В РФ на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР) совместно с ООО «Биодан» в течение 50 лет осуществляются исследования по изучению особенностей биологии, разработке технологий производства, применения и создания биопрепаратов на основе энтомопатогенных нематод – Энтонем-Ф (основа препарата – нематоды вида *Steinernema feltiae* штамм SRP 18-91) и Немабакт (основа препарата – вид нематод *S. carpocapsae* штамм «agriotos») [7], [14].

Успешно проходит государственные испытания новый подвид природного изолята *Steiner-*

*nema feltiae protense* из Республики Саха Якутии под названием Протонем [7]. Созданные биологические препараты являются новым видом продукта, допущены к использованию в сельскохозяйственном производстве и позволяют решать проблему защиты растений от насекомых-вредителей, обитающих в почве и на открытой поверхности.

Полевые и производственные испытания нематодных препаратов проведены в различных областях Северо-Западного региона РФ на отечественных и иностранных сортах картофеля. Опыты закладывались на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве средней степени окультуренности. Предшественником картофеля служили многолетние травы. Метеорологические условия в период проведения испытаний в 2010–2011 годах характеризовались повышенной теплообеспеченностью и недостатком влаги, которые привели к острой засушливости с середины вегетации растений. Ресурсы тепла и влаги в 2013 году отличались равномерным распределением при повышенных относительно средних многолетних параметрах тепло- и влагообеспеченности. Для 2015 года вышеизложенные показатели распределялись неравномерно и характеризовались прохладным началом вегетации на фоне необычайно продолжительной поздневесеннеей и раннелетней засухи. Наиболее эффективная норма расхода препаратов составляла 5 млрд инвазионных личинок нематод/га. В производственных условиях нематодные препараты применялись на общем фоне внесения инсектицидов согласно технологии возделывания картофеля против комплекса вредителей (ти, колорадский жук и проволочники) и болезней, а в полевых – без использования химических средств защиты. Для уточнения эффективности нематодных препаратов против проволочников гектарную норму вносили в разные сроки – в период посадки клубней и в фазу бутонизации (перед смыканием рядов). В контроле использовали воду без нематод из расчета 100 мл под одно растение. Перед проведением опытов учитывалась численность проволочников (наличие особей/м<sup>2</sup> до посадки картофеля) в сравнении с порогом вредоносности (не более 5–6 особей/м<sup>2</sup>). Численность личинок проволочников определяется методом почвенных раскопок на площадках размером 0,25 м<sup>2</sup> (50 × 50 см) и глубину до 25 см в каждом варианте. Учеты численности проволочников проводятся до внесения нематод и после в период уборки урожая. Поврежденность клубней картофеля личинками вредителя определяется в период уборки урожая путем отбора клубней (не менее 100 шт.) с каждого варианта и расчета процента поврежденных клубней по наличию в них одного или более ходов, проделываемых вредителем.

В зависимости от площади делянки для внесения нематод в почву использовались ранцевые

ручные опрыскиватели «Соло-465» насосного типа с объемом резервуара 6 л либо стандартная лейка с объемом резервуара 8 л. В производственных условиях препараты вносились опрыскивающей аппаратурой Rau с расходом рабочей жидкости 800 л/га.

В исследованиях были использованы общепринятые методы и методики проведения полевых биологических испытаний средств защиты растений в соответствии с ГОСТ 21507-81.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты лабораторно-полевых исследований [4] послужили основой для проведения полевых и производственных испытаний по оценке биологической эффективности и уточнению наиболее эффективного способа применения нематодных препаратов на различных сортах картофеля против личинок жуков-щелкунов (*Elateridae*) – проволочников в Ленинградской, Новгородской и Псковской областях Северо-Западного региона РФ.

Впервые в регионе полевые испытания *S. feltiae SRP18-91* (Энтонем-Ф) в нормах расхода 500 тыс. и 1 млн инвазионных личинок на 1 м<sup>2</sup> были проведены в 1998 году в Ленинградской области на высоком фоне численности проволочников. Площадь учетной делянки составляла 50 м<sup>2</sup> при 3-кратной повторности. Водная суспензия нематод была внесена способом полива под растения картофеля в фазу бутонизации, когда личинки проволочников концентрируются в его корневой зоне. Эффективность действия препарата в условиях умеренно теплого и влажного лета проявилась к началу формирования клубней; к концу вегетации картофеля поврежденных вредителем клубней при испытанных нормах расхода не отмечено, численность личинок проволочников была снижена на 95–100 % (табл. 1). Существенных различий в биологической эффективности нематод при двух нормах расхода не выявлено.

Таблица 1

Эффективность *S. feltiae SRP18-91* в борьбе с проволочниками на картофеле  
(Павловское поле ВИЗР, Ленинградская обл., 1998 год)

Вариант	Норма расхода, нематод/м <sup>2</sup> , млн	Количество личинок, экз./м <sup>2</sup>		Поврежденность клубней проволочником, %	Снижение относительно контроля, %	
		до обработки	через 2 месяца		численности личинок	поврежденности клубней
Нематоды	0,5	15,0	0,2	0	97,9	100
	1,0	13,9	0	0	100	100
Контроль	–	13,9	9,4	23,0	–	–

В 2010 году на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР) в Тосненском районе Ленинградской области на посадках семено-

го картофеля (сорт Елизавета) биологическая эффективность Немабакта составляла 77–83 %, а в 2011 году там же на сорте Памяти Осиповой – 75–79 % (табл. 2).

Таблица 2

Биологическая эффективность нематодных препаратов против проволочников на сортах семенного картофеля (опытное поле филиала ВИЗР, Ленинградская обл.)

Варианты опыта	Число поврежденных клубней, %			Снижение поврежденности клубней (% к контролю)	
	всего	в том числе			
		в слабой степени (1 ход на клубень)	в сильной степени (более 1 хода на клубень)		
Сорт Елизавета (опыт 2010 год)					
Немабакт при посадке клубней	3,00	2,25	0,75	83 ± 4,5(a)	
Немабакт в фазе бутонизации	3,5	2,75	0,75	77 ± 10,4(a)	
Контроль	17,0	4,25	12,7	–	
Сорт Памяти Осиповой (опыт 2011 год)					
Протонем при посадке клубней	0,25 ± 0,25	0,25	–	97,7 ± 1,34(a)	
Протонем в фазе бутонизации	0,5 ± 0,29	0,5	–	96,9 ± 1,82(a)	
Немабакт при посадке клубней	3,8 ± 0,38	2,5	1,25	79,3 ± 2,86(b)	
Немабакт в фазе бутонизации	4,5 ± 0,65	3,25	1,25	75,9 ± 1,8(b)	
Контроль	18,5 ± 1,75	7,8	10,8	–	

Примечание. Значение с разными буквенными индексами достоверно различалось ( $p \leq 0,005$ ).

Применение Протонема на картофеле сорта Памяти Осиповой как при посадке клубней, так и в фазе бутонизации обеспечило биологическую эффективность действия препарата на уровне 96,9–97,7 % [1]. При этом установлено, что Протонем обладает более высокой биологической эффективностью в качестве меры защиты семенного картофеля в отношении проволочников по сравнению с препаратом Немабакт.

С целью определения оптимальных норм применения нематодных препаратов учеными Великолукской государственной академии проведены полевые испытания Немабакта и Протонема на картофеле в качестве биологического приема защиты от проволочников. Эффективность препаратов оценивалась на сортах картофеля отечественной и зарубежной селекции – Наяда и Ред Скарлет при внесении их в виде водной суспензии в период посадки и в фазу бутонизации при различных нормах расхода инвазионных личи-

нок в расчете на 1 м<sup>2</sup> поверхности почвы [3]. Полученные результаты свидетельствуют о высокой защите картофеля от проволочников. При этом биологическая эффективность Немабакта при разных дозах внесения нематод в фазу бутонизации составляла 99,6, 94,60 и 91,1 %, а Протонема соответственно – 99,6, 96,4 и 89,2 %. Количество клубней, поврежденных проволочником в опыте, от 1,4 до 1,8 % (ГОСТ – 2 %). Однако с уменьшением дозы внесения нематодных препаратов до минимальной (125 тыс. инвазионных личинок в расчете на 1 м<sup>2</sup> поверхности почвы) происходило достоверное снижение биологической эффективности обоих препаратов.

В 2015 году в КХ «Витязь» Псковской области на семенных посадках картофеля в производственном опыте испытывалась рекомендованная норма применения нематодного препарата Энтонем-Ф (5 млрд нематод/га) при внесении в разные сроки: при посадке и в период бутонизации (табл. 3).

Таблица 3

Биологическая эффективность нематодного препарата Энтонем-Ф против проволочников на семенном картофеле (КХ «Витязь», Псковская обл., 2015 год)

Вариант опыта	Количество проволочников, экз./м <sup>2</sup> всего	Повреждено клубней, %		Биологическая эффективность, %	
		в т. ч. по степени повреждения	слабая (1 ход на клубень)	по снижению численности проволочников	по поврежденности клубней
		всего	сильная (более 1 хода на клубень)		
Сорт Ред Скарлетт					
Энтонем-Ф, одна обработка по гребню	0,2	0	0	0	95,0
Энтонем-Ф, одна обработка до смыкания рядов	0,2	0	0	0	95,0
Производственный контроль № 1 (0,5 га рядом с опытным вариантом)	1,8	5,8	4,7	1,1	–
Производственный контроль № 2 (в среднем по сорту)	4,0	14,4	12,0	2,4	–
Сорт Лабелла					
Энтонем-Ф, одна обработка по гребню	0,2	0	0	0	93,3
Энтонем-Ф, одна обработка до смыкания рядов	0	0	0	0	100
Производственный контроль № 1 (0,5 га рядом с опытным вариантом)	0,9	2,0	2,0	0	–
Производственный контроль № 2 (в среднем по сорту)	3,0	4,8	3,7	1,1	–

Анализ полученных результатов свидетельствует о высокой эффективности нематодного препарата Энтонем-Ф против проволочников на изучаемых сортах картофеля независимо от сроков его применения. На обработанной площади не было обнаружено ни одного поврежденного проволочниками клубня картофеля изучаемых сортов и очень низкая численность самих вредителей, в среднем – 0,2 особи/м<sup>2</sup>. Слабая поврежденность картофеля (особенно на сортах Лабелла – 2 % и Ред Скарлетт – 5,8 %) была отмечена также на площади производственного контроля. Вероятнее всего, это может быть следствием ми-

грации части нематод на близлежащую к делянкам площадь производственного контроля [3].

Таким образом, в условиях производственного опыта при применении препарата Энтонем-Ф в норме расхода 5 млрд нематод/га, независимо от срока его внесения (период от посадки до начала бутонизации картофеля), была получена высокая биологическая эффективность против проволочников (от 93,3 до 95,0 %).

Таким образом, проведенные полевые и производственные испытания на картофеле препаратов Немабакт и Энтонем-Ф против личинок жуков щелкунов-проводников свидетельствуют

о высокой биологической эффективности. Новый препарат Протонем не уступает по эффективности нематодным препаратам, допущенным к использованию на картофеле в качестве мер защиты. Кроме того, препараты Немабакт и Протонем показали достаточно высокую биологическую эффективность при снижении рекомендуемой нормы их расхода в 2 раза (из расчета 2,5 млрд/га инвазионных личинок).

Оценка биологической эффективности и уточнение наиболее эффективных способов применения нематод *S. feltiae protense* против личинок проволочников проведена также на картофеле сорта Невский в 2013 году в садоводческом массиве Новинка (Ленинградская

область) [6]. В результате испытаний подтверждена высокая биологическая эффективность (в среднем 74,3 %) этих нематод в борьбе с личинками жуков-щелкунов на картофеле (табл. 4). Причем наибольшая биологическая эффективность применения энтомопатогенных нематод (78,5 %) отмечалась при обработке дна борозды перед посадкой картофеля и опрыскивании растений в фазу бутонизации. На этом же варианте численность проволочников при уборке урожая снижалась на 70,3 % и достигала 1,08 экз./м<sup>2</sup> против 4,33 на контроле. При этом процент поврежденных клубней проволочником уменьшался в 3,4 раза по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 4

**Биологическая эффективность разных способов применения  
*Steinernema feltiae protense* в борьбе с проволочниками на картофеле сорта Невский  
(садоводство Новинка, Ленинградская обл., 2013 год)**

Показатель	Вариант опыта			
	обработка дна борозды перед посадкой картофеля	опрыскивание растений в фазу бутонизации	обработка дна борозды + опрыскивание в фазу бутонизации	контроль (без обработки)
Численность проволочников перед посадкой, экз./м <sup>2</sup>	3,5	3,0	3,5	3,0
Численность проволочников при уборке урожая, экз./м <sup>2</sup>	1,80	1,2	1,08	4,3
Биологическая эффективность, %	69,3	74,9	78,5	0
Процент поврежденных клубней	5	8	4,75	16
Снижение поврежденности клубней, %	68,8	50,0	70,3	0

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе полевых и производственных испытаний, проведенных в разные годы в Северо-Западном регионе РФ, отработаны оптимальные нормы расхода нематодных препаратов Немабакт и Энтонем-Ф (5 млрд/га инвазионных личинок) при внесении водной суспензии инвазионных личинок ЭПН в почву во время посадки картофеля либо в фазу бутонизации. Результаты полевых и производственных испытаний нематодных биопрепаратов показали высокую биологическую эффективность (от 69,3 до 100 %) против проволочников на картофеле. Установлено также, что служащие в качестве действующего

вещества нематоды в нематодных препаратах Энтонем-Ф (*S. feltiae* штамм SRP18-91), Немабакт (*S. carpocapsae* штамм «agriotos») и Протонем (*S. feltiae protense*) способны эффективно снижать численность личинок щелкунов-проводников, о чем свидетельствуют результаты многолетних их испытаний в условиях Северо-Западного региона России на различных сортах картофеля. При этом препараты, изготавливаемые на основе энтомопатогенных нематод, перспективны для использования в системах органического земледелия в качестве биологических мер защиты картофеля от личинок жуков щелкунов-проводников.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агансонова Н. Е., Данилов Л. Г. *Steinernema feltiae protense* subsp. N. – новый перспективный подвид для борьбы с проволочниками на картофеле // Защита и карантин растений. 2013. № 2. С. 30–31.
2. Васильева З. В., Николаева З. В., Павлов И. Н. Один из способов экологизации защиты картофеля от проволочников в условиях Псковской области // Наука об актуальных проблемах и перспективах инновационного развития регионального АПК: Материалы Международной науч.-практ. конф. (14–15 апреля 2016 г.). Великие Луки, 2016. С. 37–41.
3. Волгарев С. А., Данилов Л. Г., Иванова Г. П. Эффективная тактика защиты семенных посадок картофеля от проволочников // Защита и карантин растений. 2017. № 1. С. 27–29.
4. Данилов Л. Г. Восприимчивость щелкунов к заражению нематодами *Neoaplectana carpocapsae* Weiser, 1955, штамм «agriotos» // Бюллетень ВИЗР. 1974. № 30. С. 54–56.
5. Данилов Л. Г., Павлюшин В. А. Состояние, перспективы изучения и практического использования энтомопатогенных нематод (Steinernematidae) и их симбиотических бактерий (*Xenorhabdus*) против насекомых и возбудителей заболеваний растений // Вестник защиты растений. 2015. № 3. С. 10–15.

6. 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. С. 25–32.
7. Иванова Т. С., Данилов Л. Г., Ивакненко О. А. Новый подвид энтомопатогенных нематод семейства Steinernema feltiae protense subsp. N. (Nematoda: Steinernematidae) из Якутии // Паразитология. 2001. 35. № 4. С. 333–337.
8. Akhurst R. J. Morphological and functional dimorphism in *Xenorhabdus* spp. bacteria symbiotically associated with the insect pathogenic nematodes *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* // *J. Gen. Microbial.* 1980. Vol. 121. № 2. P. 303–309.
9. Nickle W. R. Taxonomy of nematodes that parasitize insects, and their use as biological control agents // *Biosystematics in Agric.*, Beltsville. Symp. 11. (J. A. Romberger, Eds.). Pub. Allenheld, Osmun and Compani, 1977. P. 37–51.
10. Smart G. C. Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects // *J. Nematol.* 1995. Vol. 27. № 4. P. 529–534.

Danilova T. A., North-West Centre of Interdisciplinary Research of Food Supply Problems (St. Petersburg, Russian Federation)

Danilov L. G., All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg, Russian Federation)

Sinitsyna S. M., North-West Centre of Interdisciplinary Research of Food Supply Problems (St. Petersburg, Russian Federation)

## PROSPECTS OF USING ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES AGAINST WIREWORMS ON POTATOES IN ORGANIC AGRICULTURE OF THE NORTHWEST REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

The article presents test results for biological preparations Entonem-F, Nemabact and Protonem, produced on the basis of entomopathogenic nematodes and used as a means of protecting potatoes from click beetle larvae or wireworms for the purposes of organic farming in the northwestern Russia, including the Republic of Karelia. Invasive larvae of the nematodes are microscopic worms adapted to long-term existence in the soil without food and compatible with many means of plant protection. The mechanism by which entomopathogenic nematodes are able to infect and reproduce in the host insect involves a mutual relationship between nematodes and their symbiotic bacteria. High virulence of nematode-bacterial complexes against insect pests and their safety for humans, warm-blooded animals and plants form the basis for using entomopathogenic nematodes as effective biological control agents against wireworms, which are the most common pests on potatoes in the region. The use of nematode preparations for protecting potatoes from wireworms is undoubtedly of scientific and practical importance, as it creates real prerequisites for using such preparations in organic farming, ensuring the production of high-quality environmentally safe products. The results of field and production tests showed high biological efficiency of nematode biopreparations (from 69.3 % to 100 %) against wireworms on potatoes at the nematode rate of 5 billion/ha of invasive larvae introduced into the soil when planting tubers or on the soil surface under the plants in the budding phase. With the use of nematode biopreparations generally weak damage to tubers by wireworms is observed. A new preparation called Protonem on the basis of nematodes of the species *Steinernema feltiae protense* is not inferior in efficiency to preparations Nemabact and Entonem-F and even with a decrease in the recommended supply to 2.5 billion invasive larvae per hectare has a considerably high biological efficiency of 96.4 %.

Key words: wireworms, potato, entomopathogenic nematodes, Entonem-F, Nemabact, Protonem, organic farming

## REFERENCES

1. Agananova N. E., Danilov L. G. Steinernema feltiae protense subsp. N as a new promising subspecies to deal with wireworms on potatoes. *Plant protection and quarantine.* 2013. No 2. P. 30–31. (In Russ.)
2. Vasil'eva Z. V., Nikolaeva Z. V., Pavlov I. N. One of the green methods of protecting potatoes from wireworms in the Pskov region. *Materials of the International Scientific-and Practical Conference "Science about current problems and prospects of the innovative development of regional agroindustrial complex" (April 14–15, 2016).* Velikie Luki, 2016. P. 37–41. (In Russ.)
3. Volgarev S. A., Danilov L. G., Ivanova G. P. Effective tactics of protection of seed potato plantings from wireworms. *Plant protection and quarantine.* 2017. No 1. P. 27–29. (In Russ.)
4. Danilov L. G. The susceptibility of beetles to infection by the Agriotes strain of the nematode *Neoaplectana carpocapsae* Weiser, 1955. *Bulletin of All-Russian Institute of Plant Protection.* 1974. No 30. P. 54–56. (In Russ.)
5. Danilov L. G., Pavlyushin V. A. Status, prospects of study and practical use of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae) and their symbiotic bacteria (*Xenorhabdus*) against insects and plant pathogens. *Herald of plant protection.* 2015. No 3. P. 10–15. (In Russ.)
6. Dobroxotov S. A., Anisimov A. I., Danilov L. G., Lednev G. R. Developing measures against wireworms in potatoes using microbial preparations and white mustard. *Herald of plant protection.* 2014. No 3. P. 25–32. (In Russ.)
7. Ivanova T. S., Danilov L. G., Ivakhnenko O. A. A new entomopathogenic nematode Steinernema feltiae protense subsp. n. (Nematoda: Steinernematidae) from Yakutia. *Parasitology.* 2001. Vol. 35. No 4. P. 333–337. (In Russ.)
8. Akhurst R. J. Morphological and functional dimorphism in *Xenorhabdus* spp. bacteria symbiotically associated with the insect pathogenic nematodes *Neoaplectana* and *Heterorhabditis*. *J. Gen. Microbial.* 1980. Vol. 121. № 2. P. 303–309.
9. Nickle W. R. Taxonomy of nematodes that parasitize insects, and their use as biological control agents. *Biosystematics in Agric.*, Beltsville. Symp. 11. (J. A. Romberger, Ed.). Pub. Allenheld, Osmun and Compani, 1977. P. 37–51.
10. Smart G. C. Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. *J. Nematol.* 1995. Vol. 27. № 4. P. 529–534.