

УДК 546.48 : [633.491 : 632.651]

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ИОНОВ КАДМИЯ НА ВЫЛУПЛЕНИЕ ЛИЧИНОК КАРТОФЕЛЬНОЙ ЦИСТООБРАЗУЮЩЕЙ НЕМАТОДЫ

Л. И. Груздева, Е. М. Матвеева, А. А. Сушук

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Экспериментально изучено влияние кадмия на становление паразито-хозяйинных отношений, в частности на процесс вылупления инвазионных личинок картофельной цистообразующей нематоды. Апробирован метод использования логистической модели, позволяющей выявлять влияние исследуемых веществ на все стадии процесса вылупления картофельной нематоды. Показано, что ионы кадмия ускоряют наступление периода активного вылупления личинок: в контроле 50% личинок, находящихся в цисте, вылупилась к 18 дню, в опытных вариантах – к 14 дню эксперимента. Сжатие во времени стадии активного вылупления личинок дает паразиту преимущество ускоренного проникновения в корни картофеля и способствует увеличению степени зараженности растений на загрязненных кадмием картофельных полях.

Ключевые слова: кадмий, картофельная цистообразующая нематода, вылупление.

L. I. Gruzdeva, E. M. Matveeva, A. A. Suschuk. EXPERIMENTAL STUDY OF EFFECTS OF CADMIUM IONS ON THE HATCHING PROCESS OF POTATO CYST NEMATODE LARVAE

The effect of cadmium on the establishment of host-parasite interactions, particularly, on the hatching of potato cyst nematode invasive juveniles was experimentally studied. Application of a logistic model allowed us to reveal the influence of the tested substances at all stages of the nematode hatching process. It was shown that cadmium ions speeded up the period of the most active juvenile emergence from cysts. In the control 50% of juveniles hatched by the 18th day, in the experiment they emerged early (by the 14th day). The parasite benefited from the shortening of this stage as it could sooner penetrate the host roots and raise the infestation level of the plants in the cadmium-contaminated fields.

Key words: cadmium, potato cyst forming nematode, juvenile hatching.

Введение

Одним из примеров влияния человека на естественные природные сообщества служит создание условий для широкого распространения патогенных организмов. Для Карелии таким инвазийным видом является картофельная

цистообразующая нематода *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975 – опасный вредитель картофеля. В настоящее время картофельная нематода (КЦН) отмечена в большинстве областей европейской части России. Несмотря на карантинные ограничения, этот паразит имеет тенденцию к прогрес-

сирующему распространению в зонах России, где выращивается картофель. В Республике Карелия она была выявлена впервые на приусадебных участках в 1976 г. [Соловьева и др., 1980]. За более чем 30 лет картофельная нематода продвинулась далеко на север, граница ее ареала от 62° достигла 67° с.ш. [Груздева, Матвеева, 2010].

Картофельная нематода является облигатным седентарным эндопаразитом корневой системы растений картофеля. Как узкоспециализированный паразит она характеризуется почти абсолютной зависимостью от растения-хозяина для прохождения жизненного цикла, который начинается с процесса вылупления личинок нематоды, их проникновения в корни картофеля, дальнейшего развития через ряд личиночных стадий до фазы самок, их оплодотворения и превращения в цисты. Последние, находясь в почве, являются стацией переживания неблагоприятных условий для вновь сформированных личинок нематоды. Массовый выход личинок из цист на начальном этапе становления паразито-хозяйинных отношений возможен только после стимуляции корневыми выделениями хозяина во время активного роста придаточных корней растений картофеля. В отсутствие культуры цисты могут сохранять жизнеспособность в течение длительного времени (10–15 лет), что является адаптивной стратегией паразита к переживанию неблагоприятных условий среды, которая осуществляется через облигатную и факультативную диапаузы.

Исследования по изучению фауны почвенных нематод картофельных полей Республики Карелия показали высокую численность инвазионных личинок нематоды в загрязненных тяжелыми металлами почвах [Груздева, Суцук, 2008]. Повышенное содержание тяжелых металлов (ТМ) в почве может быть обусловлено как естественными причинами (особенности геологического строения подстилающих пород), так и техногенным загрязнением среды. Примером естественного повышенного фона ТМ может служить о. Кижы. Почвы острова сформированы на шунгитовой морене и флювиогляциальных отложениях (озовые гряды), которые благодаря шунгитам и диабазам обогащены *Co*, *Ni*, *Cd*, *Cr*, *Zn*, *Pb*, *Cu* и другими микроэлементами [Морозова, 2005]. Исследования почв индивидуальных участков, расположенных вдоль авто- и железнодорожных магистралей на территории г. Петрозаводска, показали наличие в них широкого спектра металлов-загрязнителей: *Pb*, *Ni*, *Co*, *Zn*, *Mn*. Анализ золы сельскохозяйственных культур, выращенных на огородных участках в черте города, выявил значительные количества в них *Ni*, *Pb*, *Mn*, *Cr*, *Co*, *Zn*, *Sr* [Федорец, Медведева, 2005].

По рекомендации ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде) в программы мониторинга включены *Hg*, *Pb*, *Cd* как опасные для теплокровных организмов. Наиболее сильными фитотоксикантами считают: *Cd*>*Ni*>*Cu*>*Zn*>*Cr*>*Pb* (ряд по убыванию токсичности) [Лазарева, 1992]. В обобщенном виде ряд токсичности металлов для микроорганизмов выглядит следующим образом: *Hg*>*Ag*>*Cd*>*Pb*>*Cu*>*Co*>*Ni*>*Zn* [Евдокимова и др., 1984].

Цель исследования – выявление роли тяжелых металлов в становлении паразито-хозяйинных отношений и возможного механизма влияния техногенного загрязнения на уровень паразитарной инвазии на примере изучения процесса вылупления личинок картофельной нематоды в присутствии ионов кадмия. Работа такого плана проводится в России впервые.

Материалы и методы

Цисты *Globodera rostochiensis* Woll, патотип Ro1, были размножены в лабораторных условиях при заражении восприимчивого к нематоды сорта картофеля Невский и хранились в сухом песке при 4°C. Жизнеспособность яиц и личинок нематоды составила 92 %.

Влияние ионов кадмия на вылупление инвазионных личинок нематоды исследовали в лабораторных условиях с использованием сульфата кадмия $CdSO_4$. Концентрации соли подбирали опытным путем на модельных видах свободноживущих нематод. Использовали концентрации соли *Cd* – 1,5; 3 и 6 мг/л. Контроль – корневые диффузаты (КД) восприимчивого сорта картофеля как естественный фактор вылупления паразитической нематоды (контроль 1, КД) и дистиллированная вода (контроль 2, ДВ). В опыте применяли как чистые водные растворы *Cd*, так и смеси с КД в соотношении 1:1.

Процесс вылупления личинок изучали в дисках из органического стекла с лунками диаметром 20 мм и емкостью 1,5 мл, в которые вставлялись капроновые сетки с диаметром ячеек 0,18 мм. Цисты помещали в исследуемые растворы на глубину 1 мм. Диски выдерживали во влажной камере при комнатной температуре [Мяги, 1974]. Количество вылупившихся личинок определяли на часовом стекле под биноклем с интервалом в три дня.

Корневые диффузаты картофеля получали следующим способом: картофель выращивали в песчаной культуре 3 недели, затем начинали собирать КД с вегетирующих растений 1 раз в неделю в течение 5 недель. Для этого сосуды с растениями обильно поливали водой (пока вода не появится в поддоне), добавляли еще 50 мл воды и КД уже собирали в отдельный стакан [Matveeva,

2001]. Полученные таким образом КД хранили в закрытых стеклянных бутылках при 4°C.

В каждом варианте (из 8 в опыте) использовали по 1 цисте в 10-кратной повторности. Продолжительность эксперимента составила 38 дней. После этого цисты были вскрыты, количество невылупившихся личинок и яиц было подсчитано для определения максимального процента вылупления.

Результаты эксперимента обработаны статистически с использованием пакета программ Statistica 5 и сопоставлены с логистической (математической) моделью $y = c/(1+\exp(-b \times (t - m)))$, где y – общий процент вылупления, t – время. Модель описывается тремя параметрами: время, когда вылупилось 50 % личинок, находящаяся в цисте (m), темп (скорость) вылупления (b) и максимальный процент вылупившихся личинок (c) [Oude Voshaar, 1994, цит. по: Wesemael et al., 2006].

Результаты

Массовый выход личинок из цист наблюдался в корневых диффузатах картофеля (табл. 1). Добавление ионов кадмия не влияло на начало процесса вылупления, выход личинок из цист происходил одновременно в контроле 1, КД и опытных вариантах, однако к концу эксперимента в опытных вариантах отмечено снижение численности вылупившихся личинок. При этом более высокая (6 мг/л) концентрация ионов кадмия увеличивала выход личинок из цист по сравнению с другими исследованными концентрациями Cd.

Таблица 1. Вылупление личинок КЦН в растворах, содержащих корневые диффузаты и ионы кадмия

Вариант опыта	Начало вылупления, дни	Общая численность вылупившихся личинок	
		в абсолютных цифрах	в % к контролю
Контроль 1, КД	7	218±20,24	100
КД + 1,5 Cd	7	160±46,45	73,4
КД + 3 Cd	7	110±39,54*	50,5
КД + 6 Cd	7	198±51,22	90,8

* Здесь и в табл. 3 различия между вариантами опыта и контролем статистически достоверны ($P < 0,05$).

Сопоставляя данные по динамике вылупления личинок с логистической моделью, получили значения параметров модели (табл. 2) и эмпирическую кривую, характеризующую ход процесса вылупления личинок при наличии ионов кадмия (рис. 1).

Во всех вариантах эксперимента максимальный процент вылупившихся личинок составил 57–61 от общего количества яиц и личинок, содержащихся в цистах, скорость процесса вылупления была выше в вариантах с ионами кадмия, что сказывалось на значении m . В контроле 1, КД

период активного выхода личинок из цист, когда вылупляется более 50 % личинок нематод, наблюдался к 18 дню эксперимента. Соли кадмия ускоряли этот процесс на 4–5 дней по сравнению с контролем (см. рис. 1, табл. 2).

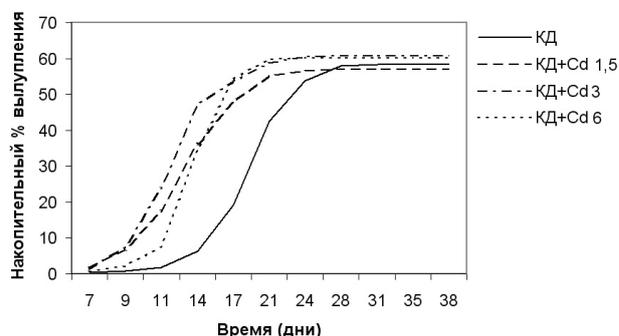


Рис. 1. Эмпирическая кривая, показывающая ожидаемый процент вылупления личинок нематоды в корневых диффузатах картофеля при наличии ионов кадмия

Таблица 2. Параметры логистической модели, описывающей процесс вылупления инвазионных личинок в присутствии корневых диффузатов картофеля и ионов кадмия

Вариант опыта	m , дни	b	c , %	R^2
Контроль 1, КД	18,6±1,08 ^a	0,57±0,06 ^a	58,8±3,14 ^a	0,930
КД + 1,5 Cd	13,4±1,17 ^b	0,64±0,07 ^{ab}	57,0±10,8 ^a	0,933
КД + 3 Cd	13,5±1,50 ^b	0,86±0,11 ^b	60,7±16,0 ^a	0,945
КД + 6 Cd	13,6±0,40 ^b	0,80±0,09 ^b	60,4±13,9 ^a	0,966

Примечания. Здесь и в табл. 4: логистическая (математическая) модель описывается уравнением $y = c/(1+\exp(-b \times (t - m)))$. КД – корневые диффузаты картофеля; 1,5, 3 и 6 Cd – концентрации ионов кадмия, мг/л. Параметр m – время в днях, когда достигнуто 50% вылупление личинок, содержащихся внутри цист, b – темп, или скорость процесса вылупления и c – максимальный процент вылупившихся личинок, R^2 – коэффициент детерминированности. Значения, имеющие разные буквенные обозначения, статистически достоверны ($P < 0,05$).

Исследование влияния ионов кадмия на процесс вылупления личинок КЦН в эксперименте без корневых диффузатов растения-хозяина как естественного фактора вылупления картофельной нематоды показало, что изученные концентрации кадмия стимулировали выход личинок из цист (табл. 3); численность личинок значительно превышала таковую в дистиллированной воде (контроль 2, ДВ).

Таблица 3. Вылупление личинок КЦН в дистиллированной воде и растворах соли кадмия различных концентраций

Вариант опыта	Начало вылупления, дни	Общая численность вылупившихся личинок	
		в абсолютных цифрах	в % к контролю
Контроль 2, ДВ	11	12±4,01	100
1,5 Cd	9	22±5,28	183,3
3 Cd	10	30±5,34*	248,6
6 Cd	9	31±13,5*	256,9

Параметры m и b логистической модели процесса вылупления личинок картофельной нематоды под воздействием ионов кадмия и без корневых диффузатов картофеля не различались между вариантами опыта, за исключением значений максимального процента вылупившихся личинок c , который был выше в вариантах с ионами кадмия (рис. 2, табл. 4).

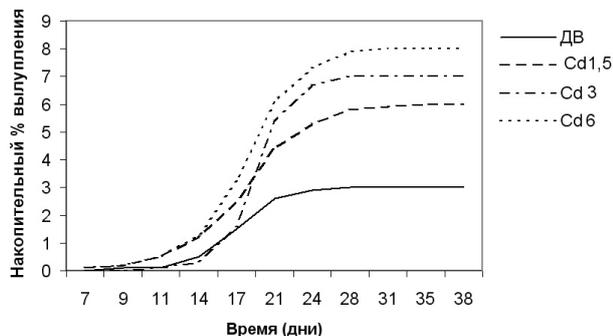


Рис. 2. Эмпирическая кривая, показывающая ожидаемый процент вылупления личинок нематоды в дистиллированной воде и растворах соли кадмия различных концентраций

Таблица 4. Параметры логистической модели, описывающей процесс вылупления инвазионных личинок без корневого диффузата в присутствии дистиллированной воды и ионов кадмия

Вариант опыта	m , дни	b	c , %	R^2
Контроль 2, ДВ	$18 \pm 0,75^a$	$0,41 \pm 0,02^a$	$3,4 \pm 0,91^a$	0,981
1,5 Cd	$18 \pm 0,42^a$	$0,37 \pm 0,02^a$	$6,9 \pm 1,22^b$	0,995
3 Cd	$21 \pm 0,96^a$	$0,49 \pm 0,06^a$	$9,3 \pm 1,47^b$	0,988
6 Cd	$21 \pm 1,20^a$	$0,37 \pm 0,01^a$	$6,0 \pm 1,01^b$	0,992

В целом изученные концентрации соли кадмия при наличии или отсутствии корневых диффузатов растения-хозяина показали стимулирующий эффект на процесс вылупления картофельной нематоды.

Обсуждение

Реальность настоящего времени такова, что наблюдается усиливающееся негативное воздействие человека на природу. Это проявляется в загрязнении почвы тяжелыми металлами, которые включаются в почвенные трофические цепи, а затем проникают и в растения, оказывая отрицательное влияние на их жизнедеятельность [Титов и др., 2007].

Изучение фауны почвенных нематод трансформированных биоценозов показало, что при загрязнении почвы тяжелыми металлами увеличивается количество паразитических нематод растений [Хотько и др., 1982; Yeates et al., 1994; Georgieva et al., 2002; Sánchez-Moreno, Navas, 2007; Pen-Mouratov et al.,

2008; Сущук и др., 2008; Matveeva et al., 2010; Suschuk, Gruzdeva, 2010].

Экспериментальные исследования в лабораторных, а ранее и в полевых условиях позволили установить связь между такими факторами, как загрязнение почвы тяжелыми металлами и ее инфицированность КЦН. Так, в пахотных почвах Кижы в условиях монокультуры картофеля отмечена высокая численность нематоды, степень зараженности почвы колебалась от 10 до 214 цист глободеры на 100 г почвы [Груздева, Сущук, 2008]. Определение концентрации ТМ в почве агроценозов показало, что при высоком заражении почвы КЦН (214 цист/100 г почвы) содержание Cd , Zn , Mn , Ni больше фонового уровня по Карелии [Федорец и др., 2007].

Пусковым моментом развития нематоды и начальным этапом становления паразито-хозяинных отношений является процесс вылупления, включающий в себя стимуляцию корневыми выделениями картофеля находящихся внутри цист яиц и личинок, выход личинок из цист, нахождение ими хозяина и проникновение в корни растения. При разработке видоспецифичных методов регуляции численности картофельной нематоды необходимо выявить как оптимальные, так и экстремальные условия для развития фитопаразита на всех стадиях жизненного цикла. Проведены исследования механизма вылупления инвазионных личинок как стартового процесса развития нематоды [Perry, 1986, 1998; Jones et al., 1998], химического состава корневых диффузатов картофеля [Evans, 1983; Perry, 1989], облигатной и факультативной диапауз, позволяющих паразиту переживать неблагоприятные условия среды [Antonioni, 1989; Jones et al., 1998]. Проводятся поиск веществ и оценка эффективности способов, регулирующих численность нематоды, в том числе и в ходе процесса вылупления глободеры [Тимофеев, Понин, 1973; Груздева и др., 1999; 2010; Matveeva, Груздева, 1999; Matveeva et al., 2002].

Для вылупления личинок картофельной нематоды, кроме абиотических условий (температура, влажность и др.), необходимыми специфические стимуляторы. Без них большинство личинок годами сохраняют жизнеспособность, находясь в неактивном состоянии. В отсутствие естественного фактора вылупления – корневых диффузатов картофеля – дистиллированная вода и ионы кадмия не прерывали диапаузу, в которой находились личинки в цисте, и наблюдалось лишь небольшое спонтанное вылупление нематоды (см. табл. 3), однако растворы соли кадмия более активно стимулировали вылупление нематоды, чем дистиллированная вода.

Известно, что для картофельной нематоды как узкоспециализированного эндопаразита корневые диффузаты картофеля являются наи-

более активными стимуляторами [Мяги, 1973; Evans, 1983; Матвеева, Груздева, 1999; Matveeva et al., 2002]. В настоящей работе самая высокая численность вылупившихся личинок также наблюдалась в варианте с корневыми диффузатами картофеля (см. табл. 1). Первичные данные эксперимента создают впечатление, что исследованные дозы Cd не оказывают сильного воздействия на процесс вылупления. Начало вылупления происходит одновременно в контроле и опытных вариантах. Вместе с тем использование логистической модели показало, что добавление ионов кадмия активизировало процесс вылупления, особенно на начальных этапах. Скорость процесса вылупления была выше в вариантах с ионами кадмия, что сказывалось на значении *m* (время в днях, когда наблюдается выход 50% от общего числа личинок, находящихся в цисте); оно значительно сокращалось в опытных вариантах по сравнению с контролем (см. рис. 1, табл. 2). Это создает возможность более раннего проникновения инвазионных личинок в корни картофеля при выращивании на почвах с повышенным содержанием кадмия, что увеличивает зараженность растения-хозяина. Установление данного факта имеет значение для практики возделывания картофеля на участках в черте города и вызывает необходимость предупреждения владельцев об опасности снижения продуктивности растений на загрязненных тяжелыми металлами почвах.

Выводы

Оценена роль ионов кадмия в становлении паразито-хозяйинных отношений между картофелем и картофельной цистообразующей нематодой: они стимулируют более ранний выход личинок из цист.

Определено влияние техногенного загрязнения на уровень паразитарной инвазии: более раннее вылупление личинок нематоды из цист в загрязненной кадмием почве дает им преимущество во времени для проникновения в корни растения картофеля.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» № 01200955238 и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» № П 1299.

Литература

Груздева Л. И., Матвеева Е. М. Расширение ареала картофельной цистообразующей нематоды на Северо-Западе России // Труды Центра парази-

тологии. Т. XLVI: Биоразнообразие и экология паразитов. М.: Наука, 2010. С. 71–80.

Груздева Л. И., Матвеева Е. М., Коваленко Т. Е., Лай Г. Н. О регуляции численности картофельной нематоды в агроценозах Карелии // Вестник РАСХН. 1999, вып. 2. С. 41–44.

Груздева Л. И., Матвеева Е. М., Коваленко Т. Е., Суцук А. А. Нематоды как индикаторы состояния и степени изменений почвенной экосистемы в условиях Северо-Запада России // Успехи совр. биол. 2010. Т. 130, № 1. С. 100–112.

Груздева Л. И., Суцук А. А. Влияние степени зараженности почвы картофельной цистообразующей нематодой на структуру сообществ почвенных нематод // Паразитология. СПб: Наука, 2008. Т. 42, № 6. С. 510–516.

Евдокимова Г. А., Кислых Е. Е., Мозгова Н. П. Биологическая активность почв в условиях аэротехногенного загрязнения на Крайнем Севере. Л.: Наука, 1984. 120 с.

Лазарева И. П. К вопросу о химическом загрязнении почв // Почвенные ресурсы Карелии, их рациональное использование и охрана (экологические проблемы). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1992. С. 102–131.

Матвеева Е. М., Груздева Л. И. Влияние коры хвойных деревьев на вылупление личинок картофельной нематоды // Вестник РАСХН. 1999, вып. 3. С. 34–36.

Морозова Р. М. К вопросу о загрязнении почв острова Кижы тяжелыми металлами // 10 лет экологическому мониторингу музея-заповедника «Кижы». Итоги, проблемы, перспективы (мат-лы науч.-практ. семинара). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2005. С. 66–75.

Мяги Э. А. Совместное действие специфического стимулятора с корневыми выделениями различных растений на вылупление личинок картофельной нематоды // Борьба с картофельной нематодой: мат-лы Всесоюз. симпозиума. Тарту. 1973. С. 60–62.

Мяги Э. А. Влияние некоторых биотических и абиотических факторов на вылупление личинок (*Heterodera rostochiensis* Woll.). Тарту, 1974. 157 с.

Соловьева Г. И., Потаевич Е. В., Кучко Л. А., Васильева А. П. Цистообразующая картофельная нематода и меры борьбы с ней. Петрозаводск: Карелия, 1980. 24 с.

Суцук А. А., Груздева Л. И., Иешко Е. П. Воздействие тяжелых металлов на фитопаразитических нематод // Тр. Карельского научного центра РАН. Биогеография. Современные проблемы паразитологии. Вып. 13. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. С. 84–88.

Тимофеев Н. Н., Понин И. Я. Снижение плотности популяции картофельной нематоды при внесении микродоз пикролоновой кислоты под кормовые травы // Борьба с картофельной нематодой: мат-лы Всесоюз. симпозиума. Тарту, 1973. С. 63.

Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.

Федорец Н. Г., Медведева М. В. Эколого-микробиологическая оценка состояния почв города Пет-

розаводска. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. 96 с.

Федорец Н. Г., Ткаченко Ю. Н., Ласточкина В. Г. и др. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях с огородов о. Кижы // Бюл. экологических исследований на территории Государственного музея-заповедника «Кижы», 2006 г. Петрозаводск: издательский центр музея-заповедника «Кижы». 2007. С. 17–25.

Хотько Э. И., Ветрова С. Н., Матвеевко А. А., Чумаков Л. С. Почвенные беспозвоночные и промышленное загрязнение. Минск: Наука и техника, 1982. 264 с.

Antoniu M. Arrested development in plant-parasitic nematodes // Helminthological Abstracts. Series B. 1989. Vol. 58. P. 1–19.

Evans K. Hatching of potato cyst nematodes in root diffusates collected from twenty-five potato cultivars // Crop protection. 1983. 2 (1). P. 97–103.

Georgieva S. S., McGrath S. P., Hooper D. J., Chambers B. S. Nematode communities under stress: the long-term effects of heavy metals in soil treated with sewage sludge // Applied Soil Ecology. 2002. Vol. 20. P. 27–42.

Jones P. W., Tylka G. L., Perry R. N. Hatching // Perry R. N. & Wright D. J. (eds). The physiology and biochemistry of free-living and plant-parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK. 1998. P. 181–202.

Matveeva E. M. Evaluation of a test for choice of potato cultivars with resistance to *Globodera pallida*. Master of Science in Nematology thesis. University of Gent. 2001. 91 p.

Matveeva E., Gruzdeva L., Kovalenko T. Potato cyst nematode control by wastes of logging and wood industry // The alternative control methods against plant pests and diseases. Lille, 2002. P. 162–169.

Matveeva E. M., Gruzdeva L. I., Suschuk A. A. Hatching of potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* in host root leachates under different invasion conditions // Aspects of Applied Biology 103, 3rd Symposium on Potato Cyst Nematodes. UK, 2010. P. 35–43.

Pen-Mouratov S., Shukurov N., Steinberger Y. Influence of industrial heavy metal pollution on soil free-living nematode population // Environmental Pollution. 2008. Vol. 152. P. 172–183.

Perry R. N. Physiology of hatching. // Lamberti F. & Taylor C. E. (eds). Cyst Nematodes. New York & London: Plenum Press, 1986. P. 119–131.

Perry R. N. Root diffusate and hatching factors // Aspects of Applied Biology. 1989. Vol. 22. P. 121–128.

Perry R. N. The physiology and sensory perception of potato cyst nematode, *Globodera* species // Marks R. J. & Brodie B. B. (eds). Potato cyst nematodes. Biology, Distribution and Control. CAB International, Wallingford, UK. 1998. P. 27–49.

Sánchez-Moreno S., Navas A. Nematode diversity and food web condition in heavy metal polluted soils in a river basin in southern Spain // European J. Soil Biol. 2007. Vol. 43. P. 166–179.

Suschuk A. A., Gruzdeva L. I. Soil nematode communities under heavy metal pollution // Abstracts of 30th International Symposium of the European Society of Nematologists. Vienna, September 19–23, 2010. P. 128.

Wesemael W. M. L., Perry R. N., Moens M. The influence of root diffusate and host age on hatching of the root-knot nematodes, *Meloidogyne chitwoodi* and *M. fallax* // Nematology. 2006. Vol. 8 (6). P. 895–902.

Yeates G. W., Orchard V. A., Speir T. W. et al. Impact of pasture contamination by copper, chromium, arsenic timber preservative on soil biological activity // Biol. Fertil. Soils. 1994. Vol. 18. P. 200–208.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Груздева Людмила Ивановна

ведущий научный сотрудник, к.б.н.
ИБ КарНЦ РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: gruzdeva@krc.karelia.ru
тел. (8142) 762706

Матвеева Елизавета Михайловна

старший научный сотрудник, к.б.н.
ИБ КарНЦ РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: matveeva@krc.karelia.ru
тел. (8142) 783622

Сушук Анна Алексеевна

младший научный сотрудник, к.б.н.
ИБ КарНЦ РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: anna_sushchuk@mail.ru
тел. (8142) 762706

Gruzdeva, Ludmila

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: gruzdeva@krc.karelia.ru
tel. (8142) 762706

Matveeva, Elizaveta

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: matveeva@krc.karelia.ru
tel. (8142) 783622

Suschuk, Anna

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: anna_sushchuk@mail.ru
tel. (8142) 762706