

кую численность облигатных паразитов растений в хвойных лесах Фенноскандии, что связано с доминированием мхов, лишайников, карликовых кустарничков в напочвенном покрове зрелых лесов. Ключевым моментом для увеличения численности облигатных корневых паразитов может быть травяной покров (Sohlenius, 1977; 1993; M.L. Magnusson, 1982; Ch. Magnusson, 1983).

Луговые биоценозы занимают незначительную (0.2 %) площадь на территории республики. Большинство естественных лугов являются вторичными. Нами обследованы 50 биотопов, в которых обитали нематоды 90 родов, 114 видов. Таксономическое разнообразие фауны нематод ( $H'$ ) выше, чем в лесных биоценозах, составляя 3.1–5.0. В сообществах нематод присутствуют представители с разнообразной трофикой: бактерио-, мико- и политрофы, хищные нематоды, облигатные и факультативные паразиты растений. Доля в фауне последних двух групп значительно (в 3–8 раз) возрастает по сравнению с лесными биоценозами.

В Западной Карелии наиболее полно нами исследованы северные луга заповедника Паанаярви. Отличительная особенность лугов этой зоны – высокое разнообразие фауны ( $H'=4.7–5.1$ ), доминирование трофической группы факультативных паразитов (42–60 %) и высокий уровень структурированности почвенной трофической сети ( $SI=80–83$ ). В почве лугов, образовавшихся на месте бывших хуторов, населенность нематодами была в 2 раза выше, чем в естественных местообитаниях. В Восточной Карелии в сообществах нематод представлены разнообразные трофические и функциональные группы при доминировании бактериотрофов. Фауна обладает высоким видовым разнообразием ( $H'=4.5–4.95$ ). В Южной части Карелии увеличиваются показатели, характеризующие пищевые ресурсы для почвенной биоты: индекс обогащенности почвенной трофической сети  $EI$  возрастает до 67 (против среднего значения 19 на севере). Доля паразитов растений возрастает до 24 % против 3–7 % в почве северных лугов.

Особый интерес представляют, на наш взгляд, данные, характеризующие фауну нематод луговых ценозов островов Белого моря, Онежского и Ладожского озер. По своему происхождению, природным условиям данные биоценозы являются уникальным примером формирования послеледниковой почвенной фауны биотопов, в разной степени затронутых хозяйственной деятельностью человека.

Фауна нематод островных лугов представлена 68 видами, из которых только 5 встречаются повсеместно. Северные луговые ценозы Соловецкого острова по фауне нематод значительно отличаются от лугов островов Онежского и Ладожского озер: показатель сходства фауны нематод между ними менее 40 %. В северных островных биоценозах установлен факт проявления супердоминирования ограниченного числа видов нематод. Изучение биотопической приуроченности отдельных родов или видов нематод в луговых ценозах различных широт позволило выявить, что на лугах островов Белого моря высокие значения индексов  $F$  и  $Q$  имеют паразиты растений (*Paratylenchus nanus* –  $F=0.83$ ;  $Q=0.84$ ; *Helicotylenchus* –  $F=0.7$ ;  $Q=0.73$ ) и нематоды, ассоциирующие с растениями (*Lelenchus* –  $F=0.93$ ;  $Q=0.9$ ). В почве лугов островов Онежского озера высокую биотопическую приуроченность показывают нематоды – бактериотрофы и микотрофы ( $F=0.84–0.9$ ,  $Q=0.8–0.9$  для родов *Anaplectus*, *Heterocephalobus*, *Diphtherophora*, *Ditylenchus*). В почве лугов Северного Приладожья высокие значения индексов  $F$  и  $Q$  имели представители трофической группы политрофов (*Dorylaimus*) и хищников (*Prionchulus*).

В настоящее время фауна почвенных нематод Карелии включает представителей 314 видов, относящихся к 130 родам. Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» № 02.740.11.0700

## ПОЧВЕННЫЕ НЕМАТОДЫ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ РУБКИ

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

Учреждение Российской академии наук Институт биологии Карельского научного центра РАН, ул. Пушкинская, д. 11, Петрозаводск, 185910, Россия, [gruzdeva@krc.karelia.ru](mailto:gruzdeva@krc.karelia.ru)

Вырубка – это кратковременный и очень динамичный этап развития лесного сообщества от момента рубки древостоя до стадии сомкнутого молодняка. В подзоне южной тайги этот период длится в среднем около 5 лет, в средней – 7–8 лет, в северной – до 15 и более лет (Крышень, 2005).

Удаление полога древостоя приводит к резкому изменению экологических условий существования сохранившейся и формирующейся растительности. Происходит смена биоценозов с образованием травяных сообществ с новым комплексом микрофлоры почвы, при сплошных вырубках формируется техногенный микрорельеф на месте фитогенного лесного (Уланова, 2007). Одновременно изменяются основные физические и химические свойства почвы, которые сказываются на функционировании почвенной экосистемы и составе фауны педобионтов, в частности, почвообитающих нематод, обильно населяющих лесную почву. В литературе имеются данные по численности и фауне нематод на различных стадиях сукцессии фитоценоза после рубки в Швеции (Sohlenius, 1993, 1997, 2002), Италии (Clausi, Vinciguerra, 1999), Германии (Hänel, 2001), Канаде (Panesar et al., 2000, 2001). В России такое исследование проведено впервые.

Целью настоящей работы является анализ фауны и структуры сообществ нематод в почвах сплошных вырубок с различной нарушенностью экотопов и при дальнейшем восстановлении фитоценозов.

### Материал и методы

Отбор почвенных проб проводили в 2003–2010 гг. на свежих вырубках (сразу после рубки древостоя) с выжиганием («кострище») и складированием сучьев и валежника, через 1 год после рубки леса и в лесных сообществах через 20–25 лет после рубки. В качестве контроля использовали почвенные образцы из вторичного леса (возраст 60–80 лет) и старовозрастных елового и соснового лесов (150–170 лет).

Нематод выделяли по модифицированному методу Бермана из навесок почвы в 30 г. Фиксатор – ТАФ (триэтаноламин + формалин + вода, в соотношении 2:7:91). Плотность популяций нематод рассчитывали на 100 г почвы. Устанавливали систематическую принадлежность 100 особей из пробы. Каждый таксон нематод относили к одной из шести эколого-трофических групп: бактериотрофы (Б), микотрофы (М), политрофы (П), хищники (Х), нематоды, ассоциирующие с растениями (Аср) и паразиты растений (Пр) (Yeates et al., 1993).

Анализ нематологического материала проводился по следующим параметрам: таксономическое разнообразие фауны нематод ( $H'$ ), численность нематод (экз./100 г почвы), эколого-трофическая структура, индекс зрелости сообществ ( $\Sigma MI$ ). В качестве показателей, характеризующих почвенные условия, использован индекс обогащения трофической сети (enrichment index,  $EI$ ), связанный с доступным органическим веществом, индекс структурирования (structure index,  $SI$ ), отражающий степень усложнения трофической сети, индекс преобладающего пути разложения органики в трофической сети – бактериального или грибного (channel index,  $CI$ ) (Ferris et al., 2001).

### Результаты и обсуждение

В развитии лесных сообществ с момента рубки выделяют несколько этапов: вырубки, молодняки, средневозрастные, спелые, субклимаксовые и климаксовые сообщества (Крышень, 2010).

Анализ фауны нематод на участке через месяц после сплошной рубки древостоя показал, что сообщества почвенных нематод мало отличаются от таковых более поздних стадий восстановления в силу того, что корни деревьев не изъят из почвы, и ризосфера корней сохраняет свои функции в течение определенного времени. Эколого-популяционные индексы имеют сходные значения с показателями сообществ нематод средневозрастных и спелых лесов (табл. 1). Представители всех 6 эколого-трофических групп обнаружены в фауне нематод. Небольшие изменения в сообществах нематод наблюдаются через год: снижаются общая численность нематод и индекс  $CI$ , отражающий усиление активности бактерий в разложении органического вещества и, соответственно, увеличение численности бактериотрофов и снижение численности нематод других эколого-трофических групп (табл. 1, рис. 1).

Наибольшие изменения в сообществах нематод происходят при нарушении территории во время сплошной рубки древостоя (сжигание и складирование сучьев и валежника): резко снижаются разнообразие фауны  $H'$  (1.18–1.9), количество родов нематод и индекс зрелости сообществ нематод  $\Sigma MI$  (1.75–2.1) (табл. 1, варианты 0, 0<sup>a</sup>, 0<sup>b</sup>). Индексы  $SI$ ,  $EI$  и  $CI$  имели большие отклонения от индексов, характеризующих сообщество нематод вырубки без экологических нарушений. Индекс структурирования  $SI$  был ниже более чем в 16 раз, что указывает на упрощение структуры сообщества и отсутствие родов нематод, имеющих более сложные трофические взаимоотношения в почвенной экосистеме. В почве «кострища» отмечены высокие значения индекса обогащения пищевой сети ( $EI=81$  против 19,3–25) и очень низкие значения индекса  $CI$ , что свидетельствует об усилении микробиологической активности, увеличении количества органического вещества в почве, активном участии бактерий в

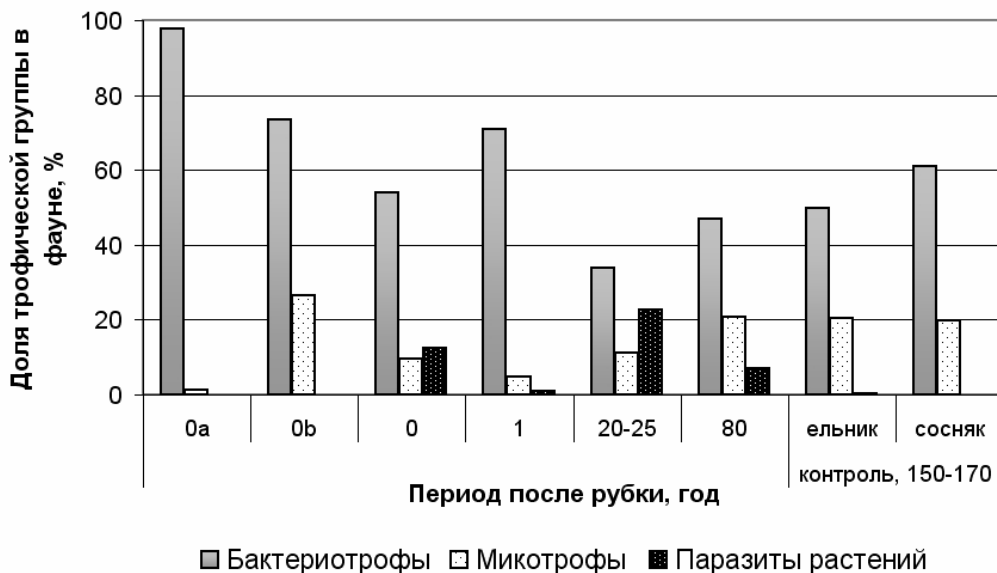
его разложению после стрессового воздействия огня. В почве под местом складирования сучьев и валежника, напротив, индекс *CI* был очень высоким, что является показателем активного участия грибов в процессе разложения органики, что типично для лесных биоценозов.

**Таблица 1.** Характеристика сообществ почвенных нематод вырубок разного возраста на территории Республики Карелия

Показатели	Сплошная рубка древостоя			Вырубка	Молодняк	Средневозрастные сообщества	Спелые сообщества	
	0	0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>				ельник	сосняк
Время, год	0	0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	1	20–25	60–80	150–170	
Кол-во родов	22	9	9	30	34	35	39	22
Числ-ть, экз./100 г почвы	2155	1505	1002	543	767	968	15750	7621
<i>MI</i>	2.64	2.1	1.75	2.69	2.65	2.88	3.04	2.4
<i>H'</i>	3.66	1.93	1.18	4.38	4.0	4.33	4.06	3.9
<i>CI</i>	24.2	0.7	82.6	8.4	19.2	11.6	44.5	34.0
<i>SI</i>	73.7	4.5	0.1	70.2	78.9	80.9	73.6	78.4
<i>EI</i>	19.3	80.9	24.7	44.6	48.7	41.9	34.5	57.1

Примечание: 0<sup>a</sup> – сплошная рубка древостоя со сжиганием сучьев, 0<sup>b</sup> – сплошная рубка со складированием сучьев и валежника

Эколого-трофическая структура сообществ нематод исследованных биотопов представлена 2 (из 6-ти) трофическими группами, которые участвуют в разложении органического вещества: бактериотрофы и микотрофы (рис. 1). При этом на «кострище» бактериотрофы составляли 97.7 % от общего количества нематод и включали виды, имеющие по *c-p* шкале Бонгера значение 1. Это свидетельствует о начальных этапах колонизации почвы, подверженной выжиганию. Под валежником (без дополнительного стрессового фактора) индексы немного выравниваются (*EI* снижается, *CI* повышается), что свидетельствует о наличии в почве грибной биомассы. В эколого-трофической структуре сообществ микотрофы стали более значимыми (26.6 %). На смену типичным колонизаторам (*c-p* 1) пришли виды-оппортунисты со значением 2 по *c-p* шкале Бонгера, что характеризует более высокую стадию сукцессии почвенной экосистемы.



**Рис. 1.** Нематоды трех эколого-трофических групп в почве вырубок разного возраста.

Со сменой этапа восстановления лесных сообществ после рубки увеличивались разнообразие фауны нематод, общая численность нематод, степень зрелости их сообществ (табл. 1). Преобладали бактериотрофы, но их доля снижалась на этапе молодняка и вновь возрастала в средневозрастных и спелых сообществах (рис. 1). Фитопаразитические нематоды, преимущественно эктопаразиты корневой системы, напротив, были многочисленны (до 22,5 %) в почве молодняков. В спелых лесных

сообщества облигатные паразиты растений встречались в небольшом количестве (0,2 %). В тоже время доля факультативных фитопаразитов (Asp) в фауне достигала 12,1–20,3 %. Это обусловлено изменением видового состава травяно-кустарничкового яруса. Вклад нематод-микотрофов в фауну с возрастом деревьев оставался на уровне 18–22 %.

#### **Выводы**

Вырубка леса с последующим выжиганием сучьев и складированием валежника неблагоприятно воздействует на популяции почвенных нематод, обедняя трофическую структуру их сообществ до 2 эколого-трофических групп (бактерио- и микотрофов).

С увеличением времени восстановления лесных сообществ (молодняки) отмечено увеличение разнообразия фауны нематод, снижение численности бактериотрофов, возрастание доли в фауне фитотрофов.

Через 60–80 лет восстановления фитоценозов после рубки древостоя сообщества почвенных нематод имеют сходные характеристики с сообществами спелых лесов, не подвергавшихся рубке.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» № 01200955238.*

### **НЕМАТОДНЫЕ СООБЩЕСТВА ВИДОВ РОДА *KALANCHOE* ADANS. КОЛЛЕКЦИИ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН УКРАИНЫ**

А. И. Губин

*Институт защиты растений УААН, Донецкий ботанический сад НАНУ, пр. Ильича, д. 110, 83059, г. Донецк, Украина, [helminetolog@mail.ru](mailto:helminetolog@mail.ru)*

В настоящий момент нематодные заболевания тропических и субтропических растений, содержащихся в теплицах и оранжереях, представляют собой одну из самых актуальных и малоизученных проблем для ботанических садов бывшего СССР. Как правило, в условиях защищенного грунта на небольшой площади содержится большое количество видов и сортов растений, многие из которых сильно страдают от фитопаразитов. Для большинства растений еще не описаны основные возбудители гельминтозов и симптомы развития заболеваний, что влечет за собой сложности в диагностике. Ситуацию усугубляет тот факт, что в условиях защищенного грунта ботанических садов многие виды растений содержатся всего лишь в нескольких экземплярах, и часто представляют особую научную ценность. Поскольку внешние признаки нематодозов обычно сходны с симптомами других заболеваний, для точной диагностики патогена необходимо использование методов нематологического мониторинга [4]. Однако, следует отметить, что для комплексной оценки фитопатологической ситуации необходимо уделять пристальное внимание не только фитопаразитическим видам, но и представителям прочих эколого-трофических групп нематод. Только такой подход позволит наиболее полным образом проанализировать сложившуюся ситуацию, выяснить роль нематод как возбудителей патологий, составить объективный прогноз и принять меры по осуществлению оздоровительных и профилактических мероприятий. Данная работа является продолжением серии исследований по изучению структуры нематодокомплексов тропических и субтропических растений защищенного грунта ботанических садов Украины [1, 2, 4, 5, 6, 9].

Целью работы было выяснение с помощью методов нематологического мониторинга структуры нематодных сообществ видов рода *Kalanchoe* Adans., описание симптомов нематодозов и определение порогов вредоносности для наиболее патогенных фитогельминтов в оранжереях Донецкого ботанического сада НАН Украины (ДБС).

Материалом для исследований послужили 22 вида и культивара рода *Kalanchoe*, в фондовых оранжереях ДБС (экспозиция «Растения аридных районов Земли»). Из них часть видов содержались в горшечной культуре, а другие произрастали в грунте. Обследование растений и взятие проб проводили в течение 2008–2010 гг.

Симптомы заболеваний выявляли методами визуального осмотра. Более детальное обследование отдельных надземных органов растений и корней проводили при помощи микроскопов МБС–9, МБИ–3, Krüss Optronics MBL 2150 и JNOEC SZM–45T2. Для выделения нематод из корней и ризо-