

УДК 631.467.2(470.22)

## ОСОБЕННОСТИ СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД В РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ ФИТОГЕННОГО ПОЛЯ ДЕРЕВА

© 2022 г. Д. С. Калинкина<sup>1</sup>, \*, А. А. Сущук<sup>1</sup>, Н. В. Геникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии Карельского научного центра РАН, ФИЦ “КарНЦ РАН”  
Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185910 Россия

<sup>2</sup>Институт леса Карельского научного центра РАН, ФИЦ “КарНЦ РАН”  
Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185910 Россия

\*E-mail: kalinkinads@gmail.com

Поступила в редакцию 21.04.2022 г.

После доработки 18.06.2022 г.

Принята к публикации 04.07.2022 г.

Представлены первичные данные об особенностях сообществ почвенных нематод во внутренних зонах фитогенного поля (приствольное повышение и подкрановое пространство) лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb. и ели обыкновенной *Picea abies* (L.) Н. Karst., а также в межкрановом пространстве между деревьями. С помощью общепринятых нематологических методов были изучены следующие параметры: таксономическое разнообразие, плотность популяций, эколого-трофическая структура сообществ нематод. В результате исследования показано повышение общей численности, а также абсолютной и относительной плотности нематод, трофически связанных с растениями (паразиты растений, нематоды, ассоциированные с растениями), в фитогенном поле лиственницы по сравнению с елью. В эколого-трофической структуре сообществ нематод для лиственницы показана смена группы-доминанта при продвижении от ствола к периферии (от бактериотрофов к микотрофам), для ели тенденция не выявлена, вышеупомянутые группы имели одинаково высокий процент в обеих зонах. Отмечено повышение общей численности нематод и относительного обилия политрофов в приствольных зонах обоих деревьев по сравнению с подкрановыми пространствами и межкрановой зоной. Таким образом, полученные результаты косвенно позволяют говорить о том, что отличительные черты, характеризующие сообщества почвенных нематод, связаны с микроклиматическими условиями в зонах фитогенных полей, обусловленных влиянием деревьев.

DOI: 10.31857/S0044459622040054

Деревья выполняют значительную средообразующую роль в экосистеме. Обладая сильным фитогенным полем, они воздействуют на все элементы прилегающего пространства (освещенность, количество осадков, почвенные характеристики, растительность, почвенные беспозвоночные и др.), создавая тем самым гетерогенную среду обитания для организмов. Почвенные животные в значительной степени связаны с составом, структурой и продуктивностью растительных сообществ, а также с физической средой, сформированной растительным компонентом (Безкоровайная и др., 2017).

Под фитогенным полем понимается часть пространства, в пределах которого среда обретает отличительные свойства, определяемые присутствием в ней растения (Уранов, 1965). Для многих древесных растений наблюдаются сходные тенденции изменения абиотических и биотических факторов в различных зонах фитогенного поля.

Так, для некоторых древесных пород показано, что температура и влажность почвы плавно понижаются по направлению от ствола дерева к периферии (Черняева, Викторов, 2016). Однако в зависимости от силы фитогенного поля деревья в разной степени трансформируют окружающую среду. Характер и степень влияния на прилегающее пространство обусловлены возрастными различиями, а также качеством и количеством опада (Ипатов, 2007). Например, для сосны обыкновенной показано, что сквозистость кроны увеличивается от ствола к краю кроны и отражается на количестве осадков и опада, а также на температурном режиме в подкрановом пространстве. Наиболее низкая температура наблюдается в приствольной зоне, она на 4–5°C ниже температуры на фоне. Также в приствольной зоне наблюдается снижение количества проникающих осадков по сравнению с фоновым и подкисление почвы (Журавлева и др., 2012). Для липы характерно снижение микробиологической активности под

кроной по сравнению с сосновым древостоем. Взрослые липы образуют сильное затенение, что препятствует развитию живого напочвенного покрова и приводит к снижению микробной массы (Ашек, Тиходеева, 2006). Лиственница и ель являются мощными эдификаторами, они обладают сильными фитогенными полями (Ипатов и др., 2009; Прокушкин, Зырянова, 2013). В подкороновом пространстве данных пород, где мало света и влаги, создаются неблагоприятные условия для растений напочвенного покрова. Показано, что радиус фитогенного поля ели составляет 2–3 м (Демьянов, 1990). Ель возрастом 100 лет не оказывает подкисляющего эффекта на почвы, а возрастом 50 лет, напротив, способствует ее подкислению. Это связывают с несформированной кроной у молодого дерева и, соответственно, меньшей аккумуляцией кальция в опадающей хвое, а также большей пропускной способностью кроны, что содействует вымыванию оснований из почвы (Лукина и др., 2010). Лиственница, в частности, формирует широко разветвленную поверхностную корневую систему и характеризуется специфическим фитогенным полем. Также для почвы, сформированной в фитогенных полях отдельных деревьев, показана изменчивость физико-химических свойств (Карпачевский и др., 1989). Помимо косвенного трансформирующего воздействия дерева-эдификатора на окружающую среду, существуют значительные прямые связи корней растений с почвой и почвенными организмами. Физиологические и биохимические механизмы у растения, например корневые выделения, воздействуют на почвенную фауну и изменяют ее численность, видовой состав и эколого-трофическую структуру сообществ (Иванов, 1973; Vonkowski et al., 2009; Ларикова, Волобуева, 2021).

Таким образом, вследствие трансформации факторов окружающей среды и изменения различных характеристик травяного покрова происходят перестройки в составе и структуре фауны почвенных беспозвоночных. Интерес ученых при изучении нематод главным образом сосредоточен на характеристике сообществ в однородных древостоях, лиственных и хвойных лесах. Исследованиями, проведенными в различных областях мира, показано, что в структуре сообществ почвенных нематод лесных экосистем преобладает группа бактериотрофов, высокая степень доминирования отмечена для микотрофов и нематод, ассоциированных с растениями, тогда как группа паразитов растений и хищников представлена слабо (Boag, 1974; Magnusson, 1983; Ruess, 1995; Alpehi, 1998; Yeates, 2007; Hanel, 2010; Hanel, Cerevkova, 2010; Renco et al., 2012; Kitagami, Matsuda, 2015; Sushchuk, Matveeva, 2021). Исследования сообществ почвенных нематод в различных зонах фитогенного поля дерева единичны. Так, в результате сравнения сообществ нематод в почве

подкоронового пространства пихты и на открытых участках показано изменение трофической структуры сообщества, в то время как для таксономического разнообразия и численности нематод различий отмечено не было (Shen et al., 2019). Влияние многих видов интродуцированных деревьев на сообщества почвенных нематод изучено в ботанических садах. В подкороновых пространствах деревьев обнаружено увеличение таксономического разнообразия паразитов растений, их численности и доли в сообществе по сравнению с естественными условиями произрастания (Калинкина и др., 2016, 2019; Сушук и др., 2016). Полевой эксперимент по опоясыванию елей, направленный на выявление воздействия корневых выделений дерева на почвенных нематод, показал снижение численности микотрофов, повышение бактериотрофов, при этом другие трофические группы, а также родовое богатство и численность не изменялись (Kudrin et al., 2021).

Согласно литературным данным, для других групп почвенных беспозвоночных также отмечаются микропространственные различия в численности, видовой и трофической структуре их сообществ, вызванные влиянием фитогенного поля дерева (Захаров и др., 1989; Таскаева, Долгин, 2010; Мазей и др., 2011; Гончаров и др., 2014, 2016).

Изучение сообществ почвенных нематод в зонах фитогенного поля различных видов деревьев позволит выявить природные закономерности формирования сообществ педобионтов. В связи с этим целью данной работы является изучение особенностей сообществ почвенных нематод в разных зонах фитогенного поля с акцентом на нематод, трофически связанных с растениями (паразиты растений и нематоды, ассоциированные с растениями), так как, предположительно, данные группы будут наиболее подвержены влиянию фитогенного поля.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на территории Лахденпохского района, вблизи пос. Элисенваара, Республика Карелия (61°27.421' с.ш., 29°39.228' в.д.) в июле 2015 г. Территория располагается на границе южной и средней подзон тайги и характеризуется умеренным климатом, теплым и влажным летом, холодной и облачной зимой, что обусловлено географической близостью Ладожского озера (Назарова и др., 2004; Гнатюк и др., 2011). Исследования выполнены в лиственничнике кисличном, возраст которого насчитывает 80 лет. Лиственничник кисличный создан культурами лиственницы и характеризуется преобладанием в напочвенном покрове *Oxalis acetosella* L. (30%), *Hepatica nobilis* Schreb. (20%), *Calamagrostis arundi-*

*nacea* (L.) Roth (10%) и *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt (10%). Почва в месте исследования подзолистая супесчаная на озерно-ледниковых отложениях и характеризуется следующими агрохимическими характеристиками с учетом генетических горизонтов A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>B: C (%) на глубине 0–1 см – 7.8, 1–2 см – 0.7, 2–17 см – 0.6; N (%) на глубине 0–1 см – 0.5, 1–2 см – 0.3, 2–17 см – 0.1; рН на глубине 0–1 см – 5.8, 1–2 см – 5.5, 2–17 см – 4.9 (Рыжкова и др., 2016). Почвенные образцы были отобраны по трансекте от лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb. к ели обыкновенной *Picea abies* (L.) H. Karst. на расстоянии от соседних деревьев, чтобы исключить их влияние. Расстояние между деревьями (стволами) насчитывало около 10 м. Исследованы следующие зоны фито-

генного поля деревьев: приствольное повышение (ПП\_1) и подкroновое пространство (ПП\_2), а также междононое пространство (МП, пространство между кронами деревьев). Зона ПП\_1 для обоих деревьев составляла 20–30 см, зона ПП\_2 для лиственницы – около 450 см, для ели – 300 см. МП насчитывало около 200–250 см. Напочвенный покров в зонах фитогенного поля деревьев представлен в табл. 1.

Отбор почвенных образцов массой 30 г производили в девяти повторностях для каждой исследованной зоны фитогенного поля с использованием почвенного бура ( $d = 2$  см) из верхнего слоя на глубину 10 см. Каждый почвенный образец был помещен в пластиковый пакет с замком (zip-lock) для предотвращения высыхания и в течение

**Таблица 1.** Состав травяно-кустарничкового яруса (проективное покрытие) в различных зонах фитогенного поля лиственницы и ели

	Лиственница		МП	Ель	
	ПП_1	ПП_2		ПП_1	ПП_2
Общее проективное покрытие, %	15	40	70	50	40
<b>Травяно-кустарничковый ярус, %</b>	15	40	70	50	40
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	3	5	20	2	7
<i>Campanula rotundifolia</i> L.	–	–	1	–	–
<i>Carex globularis</i> L.	–	–	–	–	3
<i>Deschampsia flexuosa</i> P. Beauv.	–	3	–	–	–
<i>Dryopteris cathusiana</i> (Vill)	2	10	10	–	–
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	0.5	0.5	1	0.5	–
<i>Fragaria vesca</i> L.	–	–	1	0.5	–
<i>Hepatica nobilis</i> Mill	0.5	5	15	15	15
<i>Luzula pilloza</i> (L.) Willd.	–	1	1	–	1
<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.	–	1	0.5	0.5	–
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	2	10	5	5	15
<i>Orthilia secunda</i> (L.) House	–	0.5	1	–	–
<i>Oxalis acetosella</i> L.	5	10	30	10	5
<i>Rubus saxatilis</i> L.	0.5	2	3	15	1
<i>Trientalis europaea</i> L.	3	2	1	–	3
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	–	–	2	–	–
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	–	–	1	–	–
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	–	–	0.5	–	–
<b>Мохово-лишайниковый ярус, %</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>Pleurozium schreberi</i> Willd. Ex Brid	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	–	–	–	–	0.5
<b>Возобновление древесных растений, %</b>	–	–	–	15	–
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	–	–	–	15	–
<b>Опад, %</b>	95	85	60	85	90

**Примечания.** Названия растений приводятся по: The Plant List, 2013 (<http://www.theplantlist.org/>). Здесь и в табл. 2, 3: ПП\_1 – приствольное повышение, ПП\_2 – подкroновое пространство, МП – междононое пространство.

48 ч доставлен в лабораторию паразитологии животных и растений ИБ КарНЦ РАН. В лабораторных условиях до экстракции почвенные пробы хранили при температуре 4°C не более одной недели. Для выделения подвижных форм нематод из почвы был использован вороночный метод Бермана. Экспозиция выделения нематод из почвы составляла 48 ч. В качестве фиксатора использовали ТАФ (триэтаноламин + формалин + вода, в соотношении 2 : 7 : 91) (Bezooijen, 2006). Идентификацию нематод (не менее 100 особей из каждой пробы) до рода (для половозрелых особей – до вида) проводили на временных глицериновых микроскопических препаратах с помощью светового микроскопа Olympus серии CX41 при увеличении в 400–800 раз. Таксономическая структура нематод приведена в соответствии с классификацией, предложенной Де Леем и Блэкстером (De Ley, Blaxter, 2004; Abebe et al., 2006). Оценены общая численность почвенных нематод и численность паразитов растений и нематод, ассоциированных с растениями в отдельности (экз./100 г почвы), таксономическое разнообразие, эколого-трофическая структура, индекс Шеннона на основе родов нематод ( $H'$ ) (Одум, 1975), индекс Чао второго уровня ( $Chao2$ ) (Chao, 1987; Hammer et al., 2001).

Каждый таксон нематод относили к одной из эколого-трофических групп: бактериотрофы (Б), микотрофы (М), политрофы (П), хищники (Х), паразиты растений (Пр) и нематоды, ассоциированные с растениями (Аср) (Yeates et al., 1993). Кроме того, при анализе разнообразия фауны учтена трофическая группа энтомопатогенных нематод, но группа была исключена из дальнейшего анализа сообществ, так как данные виды не принимают участия в почвенных процессах. Особое внимание в исследовании уделено нематодам, трофически связанным с растениями (паразиты растений и нематоды, ассоциированные с растениями).

Статистическая обработка проведена с использованием программы PAST 4.0 (Hammer et al., 2001). Формат представления данных в таблицах  $M \pm SD$  (среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение). Значимость различий оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна–Уитни (Mann–Whitney, U-test) для парных сравнений, вследствие несоответствия распределения признаков нормальному. Различия между группами считали достоверными при  $p < 0.05$ . Для выявления специфики сообществ почвенных нематод, сформировавшихся в различных зонах фитогенного поля дерева, использовали метод главных компонент и кластерный анализ. Тенденции изменения таксономической структуры сообществ изучали с помощью компонентного анализа.

Исходная матрица состояла из  $n$  объектов (зоны фитогенного поля), охарактеризованных по  $m$  признакам (средние значения относительного обилия таксонов, уровень плотности которых достигал 9%). Кластерный анализ проведен для иерархической классификации данных с использованием индекса сходства Жаккара. Исходная матрица состояла из  $n$  объектов (зоны фитогенного поля), охарактеризованных по  $m$  признакам (таксономическое разнообразие). Бутстреп-поддержка составляла 1000 итераций. Для выполнения исследования почвенных нематод использовано научное оборудование Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра “Карельский научный центр Российской академии наук”.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Таксономическое разнообразие

В результате проведенного исследования обнаружено 39 таксонов, принадлежащих к 25 семействам, 10 отрядам. Значительных различий в общем таксономическом разнообразии между зонами фитогенного поля отмечено не было (табл. 2). Количество родов нематод оставалось на уровне 24–26. Следующие 12 родов были обнаружены во всех точках: бактериотрофы (*Alaimus*, *Plectus*, *Rhabditis*, *Acroboloides*), микотрофы (*Tylencholaimus*, *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*), политрофы (*Eudorylaimus*), нематоды, ассоциированные с растениями (*Malenchus*, *Coslenchus*), паразиты растений (*Paratylenchus*), энтомопатогенные нематоды (*Steinernema*). Единично обнаружены таксоны *Mesodorylaimus*, *Ceratoplectus*, *Cephalobus* (приствольное повышение ели), *Seinura* (подкروновое пространство ели), *Tylocephalus* (межкروновое пространство), *Pratylenchus*, *Sphaeronema*, *Monhystrella* (подкروновое пространство лиственницы), *Bunonema* (приствольное повышение лиственницы). Группа паразитов растений во всех зонах фитогенного поля деревьев была представлена одним таксоном *Paratylenchus straeleni* de Conick, 1931, только в подкроновом пространстве лиственницы помимо вышеупомянутого вида были обнаружены еще два таксона – *Pratylenchus* sp., *Sphaeronema* sp. Нематоды, ассоциированные с растениями, напротив, характеризовались достаточно высоким разнообразием и насчитывали от трех до пяти таксонов. В зоне ПП 2 обоих деревьев обнаружено по пять таксонов данной эколого-трофической группы, количество таксонов снижается до трех в межкроновом пространстве. Расчет индекса  $Chao2$ , прогнозирую-

**Таблица 2.** Список таксонов нематод и их относительное обилие (%) в различных зонах фитогенного поля лиственницы и ели

Таксон	Лиственница		МП	Ель	
	ПП_1	ПП_2		ПП_1	ПП_2
Отряд Enoplida Filipjev, 1929					
Семейство Alaimidae Micoletzky, 1922					
<i>Alaimus primitivus</i> de Man, 1880	0.1	0.1	0.3	3.5	0.4
Отряд Triplonchida Cobb, 1920					
Семейство Prismatolaimidae Micoletzky, 1922					
<i>Prismatolaimus intermedius</i> Butschli, 1873	–	1.5	0.8	–	0.3
Отряд Dorylaimida Pearse, 1942					
Семейство Tylencholaimidae Filipjev, 1934					
<i>Tylencholaimus mirabilis</i> Butschli, 1873	9.4	24.5	29.1	11.3	42.2
<i>Tylencholaimus stecki</i> Steiner, 1914	–	1.0	6.3	21.8	0.4
Семейство Qudsianematidae Jairajpuri, 1963					
<i>Eudorylaimus</i> Andrassy, 1959	9.5	4.9	2.7	7.6	1.9
Семейство Aporcelaimidae Heyns, 1965					
<i>Aporcelaimellus</i> sp. Heyns, 1965	–	0.3	0.3	1.9	0.2
Семейство Dorylaimidae de Man, 1876					
<i>Mesodorylaimus bastiani</i> Andrassy, 1959	–	–	–	0.7	–
Отряд Mononchida Jairajpuri, 1963					
Семейство Mononchidae Jairajpuri, 1963					
<i>Clarkus papillatus</i> Bastian, 1970	0.1	0.3	–	0.8	0.2
Отряд Plectida Malakhov, 1982					
Семейство Metateratocephalidae Eroshenko, 1973					
<i>Metateratocephalus</i> Eroshenko, 1973	0.4	–	0.3	–	0.4
Семейство Teratocephalidae Andrassy, 1958					
<i>Teratocephalus</i> de Man, 1876	0.8	0.2	0.2	–	0.1
Семейство Plectidae Orley, 1880					
<i>Plectus</i> Bastian, 1865	22.5	8.4	16.4	19.5	34.2
<i>Plectus parietinus</i> Bastian, 1865	–	–	–	1.7	–
<i>Ceratoplectus armatus</i> Andrassy, 1984	–	–	–	0.7	–
<i>Wilsonema otophorum</i> Cobb, 1913	0.1	–	–	1.4	0.1
<i>Tylocephalus auriculatus</i> Crossman, 1933	–	–	0.5	–	–
Отряд Desmodorida De Coninck, 1965					
Семейство Desmodoridae Filipjev, 1922					
<i>Prodesmodora</i> Micoletzky, 1923	0.4	–	0.8	0.8	–
Отряд Rhabditida Chitwood, 1933					
Семейство Panagrolaimidae Filipjev, 1931					
<i>Panagrolaimus rigidus</i> Fuchs, 1930	0.7	0.2	0.7	–	0.3
Семейство Rhabditidae Orley, 1880					
<i>Rhabditis</i> Dujardin, 1845	1.1	0.5	2.7	2.2	0.8

Таблица 2. Окончание

Таксон	Лиственница		МП	Ель	
	ПП_1	ПП_2		ПП_1	ПП_2
Семейство Cephalobidae Filipjev, 1931					
<i>Cervidellus</i> Thorne, 1937	–	1.5	0.9	2.0	0.8
<i>Acrobelloides butschli</i> de Man, 1884	14.2	17.1	11.3	3.5	8.9
<i>Cephalobus persegnis</i> Butschli, 1973	–	–	–	0.8	–
<i>Eucephalobus oxyuroides</i> de Man, 1876	0.1	–	1	0.8	–
Семейство Seinuridae Husain, Khan, 1967					
<i>Seinura</i> Fuchs, 1931	–	–	–	–	0.2
Семейство Aphelenchoididae Skarbilovich, 1947					
<i>Aphelenchoides</i> Fischer, 1894	7.3	8.7	7.6	2.0	2.3
Семейство Anguinidae Nicoll, 1935					
<i>Ditylenchus</i> Filipjev, 1936	0.2	1.1	0.6	3.0	0.8
Семейство Tylenchidae Orley, 1880					
<i>Filenchus</i> Andrassy, 1954	–	0.3	–	2.1	0.4
<i>Malenchus</i> Andrassy, 1968	24.2	3.8	3.4	3.2	2.1
<i>Aglenchus agricola</i> Andrassy, 1954	–	0.1	–	0.4	0.2
<i>Coslenchus costatus</i> de Man, 1921	2.6	1.1	2.7	7.7	0.1
<i>Lelenchus leptosome</i> Andrassy, 1954	4.4	9.7	5.6	–	1.6
Семейство Steinernematidae Filipjev, 1934					
<i>Steinernema</i> Travassos, 1927	0.4	1.3	0.2	0.1	0.5
Семейство Tylenchulidae Skarbilovich, 1947					
<i>Paratylenchus straeleni</i> de Coninck, 1931	0.1	2.5	1.3	0.4	0.1
Семейство Pratylenchidae Thorne, 1949					
<i>Pratylenchus</i> Thorne, 1949	–	0.1	–	–	–
Семейство Sphaeronematidae Raski, Sher, 1952					
<i>Sphaeronema</i> Raski, Sher, 1952	–	0.5	–	–	–
Семейство Bunonematidae Micoletzky, 1922					
<i>Bunonema</i> Jagerskold, 1905	0.3	–	–	–	–
Отряд Triplonchida Cobb, 1919					
Семейство Diphtherophoridae Micolatzky, 1922					
<i>Diphtherophora</i> de Man, 1880	0.1	7.8	–	–	0.4
Отряд Chromadorida Chitwood, 1933					
Chromadoridae Filipjev, 1917	–	–	–	0.1	–
Отряд Monhysterida Filipjev, 1929					
Семейство Monhysteridae De Man, 1876					
<i>Monhystera stagnalis</i> Bastian, 1865	0.8	–	4	–	–
<i>Monhystrella</i> Cobb, 1918	–	2.5	–	–	–
Nematoda (поврежденные особи)	0.2	–	0.3	–	0.1
Общее количество родов: 38	25	25	24	24	26
Общее количество видов: 40	25	26	25	26	27

**Таблица 3.** Параметры сообществ почвенных нематод в различных зонах фитогенного поля лиственницы и ели

Показатель	Лиственница		МП <i>n</i> = 9	Ель	
	ПП_1 <i>n</i> = 9	ПП_2 <i>n</i> = 9		ПП_1 <i>n</i> = 9	ПП_2 <i>n</i> = 9
Таксономическое разнообразие					
Общее количество родов	25	25	24	24	26
Паразиты растений	1	3	1	1	1
Нематоды, ассоциированные с растениями	3	5	3	4	5
<i>H'</i>	2.14	2.43	2.38	2.60	1.63
<i>Chao2</i>	29.90	27.77	25.14	24.6	28.45
Численность, экз./100 г почвы					
Общая	2318 ± 277 <sup>c</sup>	1513 ± 265 <sup>bc</sup>	1283 ± 121 <sup>b</sup>	1618 ± 353 <sup>bc</sup>	733 ± 50 <sup>a</sup>
Паразиты растений	2 ± 2 <sup>a</sup>	47 ± 19 <sup>b</sup>	17 ± 8 <sup>ab</sup>	7 ± 6 <sup>a</sup>	1 ± 1 <sup>a</sup>
Нематоды, ассоциированные с растениями	725 ± 48 <sup>c</sup>	226 ± 66 <sup>b</sup>	151 ± 46 <sup>b</sup>	32 ± 72 <sup>a</sup>	216 ± 7 <sup>b</sup>
Эколого-трофическая структура, %					
Бактериотрофы	42.1 ± 19.1 <sup>ab</sup>	33.3 ± 6.5 <sup>a</sup>	40.4 ± 8.9 <sup>ab</sup>	37.1 ± 10.5 <sup>ab</sup>	46.9 ± 12.7 <sup>b</sup>
Микотрофы	17.0 ± 4.8 <sup>a</sup>	43.1 ± 9.2 <sup>b</sup>	43.6 ± 12.7 <sup>b</sup>	38.1 ± 15.7 <sup>b</sup>	46.1 ± 10.1 <sup>b</sup>
Политрофы	9.5 ± 8.5 <sup>ab</sup>	5.2 ± 4.8 <sup>ab</sup>	3.0 ± 3.0 <sup>a</sup>	10.2 ± 6.5 <sup>b</sup>	2.1 ± 1.6 <sup>a</sup>
Хищные нематоды	0.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.4 <sup>a</sup>
Нематоды, ассоциированные с растениями	31.2 ± 18.3 <sup>c</sup>	15.0 ± 7.3 <sup>b</sup>	11.7 ± 8.1 <sup>ab</sup>	13.4 ± 9.7 <sup>ab</sup>	4.4 ± 2.9 <sup>a</sup>
Паразиты растений	0.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.1 ± 2.2 <sup>b</sup>	1.3 ± 0.6 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.1 ± 0.1 <sup>a</sup>

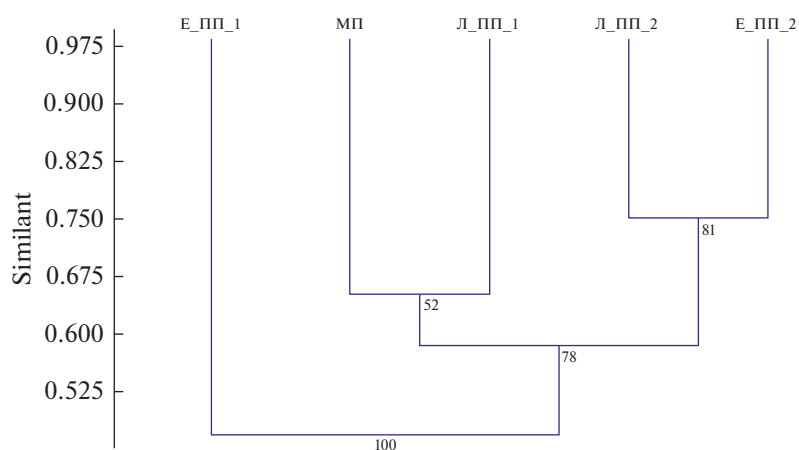
**Примечание.** Данные представлены в форме  $M \pm SD$  (среднее значение ± стандартное отклонение); использован U-критерий Манна–Уитни (Mann–Whitney, U-test); значения с разными буквенными обозначениями в строках статистически различаются ( $p < 0.05$ ). *H'* – индекс Шеннона, *Chao2* – индекс *Chao2*.

шего потенциальное видовое богатство, показал, что видовой состав изучен на высоком уровне (более чем на 83%). Индекс Шеннона имел средние значения, минимальным показателем оказался в подкороновом пространстве ели, что при отсутствии значительных различий по числу таксонов между выборками говорит о наименьшей выравненности фауны нематод в данной точке (табл. 3). Применение кластерного анализа с использованием общего таксономического разнообразия нематод позволило оценить сходство между различными зонами фитогенного поля дерева. Один кластер образуют пробы из подкороновых пространств лиственницы и ели, второй объединил приствольное повышение лиственницы и меж-

короновое пространство. Достоверно обособливается приствольное повышение ели (рис. 1).

#### Плотность популяций нематод

Наибольшая численность нематод отмечена для приствольного повышения лиственницы, наименьший показатель отмечен для подкоронового пространства ели (табл. 3). Род *Tylencholaimus* преобладал во всех исследованных точках отбора проб, в фитогенном поле лиственницы также многочисленными были бактериотрофы родов *Acrobeloides*, *Plectus* (приствольное повышение), а также нематоды, ассоциированные с растениями, родов *Malenchus* (приствольное повышение), *Lel-*



**Рис. 1.** Иерархическая кластеризация сообществ почвенных нематод из различных зон фитогенного поля лиственницы и ели на основе таксономического разнообразия, используя коэффициент Жаккара (Jaccard). Обозначения зон фитогенного поля: Л\_ПП\_1 – приствольное повышение лиственницы, Л\_ПП\_2 – подкروновое пространство лиственницы, МП – межкروновое пространство, Е\_ПП\_1 – приствольное повышение ели, Е\_ПП\_2 – подкروновое пространство ели. В узлах указана bootstrap-поддержка.

*enchus* (подкroновое пространство). Вышеупомянутый р. *Plectus* также характеризовался высокими значениями численности для фитогенного поля ели. Численность паразитов растений характеризовалась низкими значениями во всех исследованных точках, самые низкие значения показателя отмечены под елью по сравнению с МП и ПП\_2 лиственницы. В зоне ПП\_2 лиственницы численность паразитов была наибольшей, в 2.8 раза выше, чем в межкroновом пространстве. Группа нематод, ассоциированных с растениями, напротив, характеризовалась высокими значениями численности, особенно в фитогенном поле лиственницы.

#### Эколого-трофическая структура сообществ

В эколого-трофической структуре сообществ нематод в большинстве точек доминировали микотрофы и бактериотрофы, группа нематод, ассоциированных с растениями, также имела достаточно высокую долю, главным образом в зонах фитогенного поля лиственницы. Эти три эколого-трофические группы вместе составляли до 97% от видового состава фауны (табл. 3). Наблюдались некоторые отличия в позициях группы-доминанта: для лиственницы показана смена доминанта при продвижении от ствола к периферии (от бактериотрофов к микотрофам), для ели тенденция не выявлена, и вышеупомянутые группы имели одинаково высокий процент в обеих зонах. Среди микотрофов наиболее высоким относительным обилием характеризовались виды р. *Tylencholaimus* (от 9.4 до 42.6% состава фауны), сре-

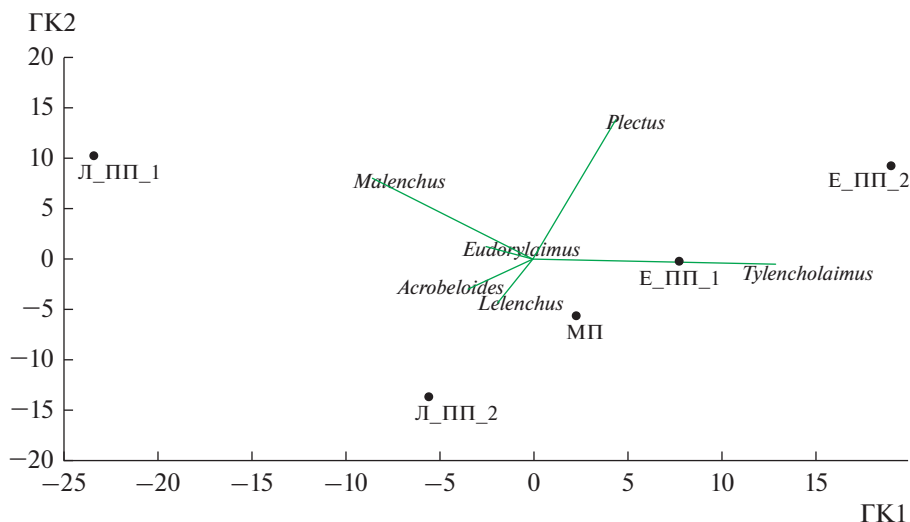
ди бактериотрофов – р. *Plectus*. Наиболее низкие показатели относительного обилия отмечены для хищников и паразитов растений. Для приствольных повышений лиственницы и ели характерно повышение доли политрофов и нематод, ассоциированных с растениями, по сравнению с другими точками. Межкroновое пространство характеризовалось неполночленной эколого-трофической структурой (полностью отсутствовала группа хищников).

Ординация биотопов методом главных компонент на основе видов с относительным обилием более 9% наглядно демонстрирует смену доминирующих таксонов в зонах фитогенного поля лиственницы и ели (рис. 2). Так, таксоны нематод, ассоциированных с растениями, – *Malenchus* и *Lelenchus*, а также бактериотроф р. *Acroboloides* тяготеют к зонам фитогенного поля лиственницы, р. *Tylencholaimus* – к ели.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

В целом, обнаруженное в результате исследования таксономическое разнообразие нематод является типичным для естественных хвойных биоценозов Республики Карелия. Однако, согласно варьирующим значениям индекса Шеннона (1.63–2.60) в сочетании со сходным количеством родов, фауна оценивается как имеющая низкую выравненность, т.е. с неравномерным распределением доминирования по численности между таксонами, что нехарактерно для бореальных лесов (Груздева и др., 2011; Matveeva, Sush-





**Рис. 2.** Ординация доминирующих таксонов нематод (виды с относительным обилием более 9%), обитающих в зонах фитогенного поля лиственницы и ели. Первая главная компонента (ГК1) объясняет 67.15% различий, вторая главная компонента (ГК2) – 26.18%. Обозначения зон фитогенного поля те же, что на рис. 1.

chuk, 2016). Среди паразитов растений отмечены три таксона, среди которых вид *P. straeleni*, обнаруженный во всех точках, является широко распространенным по всему миру, наиболее часто обнаруживается в лесных почвах и паразитирует на корнях деревьев и кустарников (Brzeski, 1998; Akyazi et al., 2015). Седентарный паразит р. *Sphaeronema*, найденный в подкroновом пространстве лиственницы, единично обнаруживается на территории республики. Согласно результатам кластерного анализа, основанного на таксономическом разнообразии нематод, высокий достоверный уровень обособленности отмечен для приствольного повышения ели, здесь обнаружено пять таксонов, которые не были найдены в других зонах, в каждой из которых найдено по одному—два специфических таксона. Для этой зоны также отмечается высокий индекс Шеннона, что с учетом низкого числа таксонов указывает на высокий уровень равномерности распределения видов по обилию, а наиболее низкое значение индекса *Chao2* среди исследованных зон свидетельствует о наименьшей степени выявленности таксономического разнообразия.

Численность нематод в приствольном повышении лиственницы характеризовалась наиболее высокими значениями по сравнению с другими точками, главным образом за счет группы нематод, ассоциированных с растениями, и бактериотрофов. Лиственница, по сравнению с елью, обладает более высокой сквозистостью кроны, существенно увеличивает плодородие почвы за счет

высокого содержания химических веществ в хвое, в частности азота, характеризуется высокой интенсивностью биологического круговорота биогенных элементов в подстилке, сформированной в ее подкroновом пространстве (Рыжкова и др., 2016). Кроме того, для лиственничной подстилки, по сравнению с другими породами, характерно высокое содержание почвенных микроорганизмов и беспозвоночных (Безкоровайная, Яшихин, 2003). В то же время низкие значения численности нематод под елью в зоне приствольного повышения, по-видимому, обуславливаются крайне низкой пропускной способностью кроны ели, крупные ели задерживают до 70% осадков (Ипатов и др., 2009). Для горизонтального размещения коллембол под елью показаны сходные закономерности – наибольшая численность беспозвоночных отмечена для прикомлевого участка у основания деревьев (Таскаева, Долгин, 2010). Подобная ситуация отмечена для ельника-кисличника в Подмосковье, где для прикомлевых участков показана наибольшая плотность и разнообразие микроартропод (Захаров и др., 1989). Полученные результаты авторы связывают со стабильным гидротермическим режимом в данной зоне. Кроме того, приствольные воды характеризуются более высоким содержанием органического углерода, ионов  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , а также более кислой реакцией почвенного раствора по сравнению с водами подкroнового пространства (Арчегова и др., 2015).

Полученные данные, характеризующие эколого-трофическую структуру сообщества нематод в исследованных точках, согласуются с литературными данными (Ruess, 1995; Alpei, 1998; Yeates, 2007; Hanel, 2010; Hanel, Cerevkova, 2010; Renco et al., 2012; Kitagami, Matsuda, 2015; Matveeva, Sushchuk, 2016; Shen et al., 2019). Все зоны фитогенного поля деревьев характеризовались сходным рядом доминирования, однако в некоторых случаях наблюдалась перестройка трофической структуры (смена группы доминанта). Среди нематод, трофически связанных с растениями, преимущество получают виды, ассоциированные с растениями, вследствие экологической пластичности и широкого спектра питания они могут питаться как на эпидермальных клетках корневых волосков, так и содержимым гифов грибов. Высокое относительное обилие данной трофической группы в сообществе в целом характерно для северных лесов (Hanel, 2004, 2010; Matveeva, Sushchuk, 2016). В литературных данных также отмечается некоторое возрастание доли ассоциированных с растениями нематод в почве под лиственницей (Voag, 1974). Такие микропространственные изменения в эколого-трофической структуре отмечаются для многих других почвенных беспозвоночных. Показано, что трофическая структура для многих групп беспозвоночных почвы значительно варьировала в межкрупном пространстве, в подкрупном эти различия были менее выражены (Гончаров и др., 2014). Так, при переходе от прикомлевых пространств через подкрупные к межкрупным изменяется состав субдоминирующих видов почвообитающих раковинных амёб (Мазей и др., 2011). Фитофаги среди почвенных беспозвоночных увеличивали плотность по направлению от ствола к краю кроны (Гончаров и др., 2016). Невысокая доля паразитов растений в сообществах нематод под лиственницей, а также под елью, не согласуется с данными, полученными нами ранее для деревьев, интродуцированных в ботанических садах Северо-Запада России (Калинкина и др., 2016, 2019; Сушук и др., 2016). Это, вероятно, связано с тем, что высаженные в Лахденпохском районе деревья росли и развивались спонтанно, не испытывая антропогенных воздействий (включая отсутствие планомерного ухода за посадками), и сформировали лесной массив с соответствующей напочвенной растительностью, не предпочтительной для нематод, трофически связанных с растениями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенного исследования получены первичные данные об особенностях сообществ почвенных нематод в зонах фитогенного поля двух видов деревьев — лиственницы сибирской и ели обыкновенной. В целом полученные данные, описывающие сообщества нематод в почве под деревьями, соотносятся с таковыми, характеризующими естественные хвойные леса по всему миру. Однако наблюдались некоторые отличия между фитогенными полями ели и лиственницы. Показано повышение общей численности, а также абсолютной и относительной плотности нематод, трофически связанных с растениями (паразиты растений, нематоды, ассоциированные с растениями), под лиственницей по сравнению с елью, в то же время под елью возрастает относительное обилие микотрофов и бактериотрофов в подкрупном пространстве, менее требовательных к условиям среды групп. Вероятно, большая сквозистость кроны лиственницы, а также богатый органическими и минеральными веществами опад создают более благоприятную среду для травянистых растений и, соответственно, для нематод, трофически связанных с растениями, чем в фитогенном поле ели.

При сравнении исследованных показателей внутри фитогенных полей отмечено повышение общей численности нематод и относительного обилия политрофов в приствольных зонах обоих деревьев по сравнению с подкрупными пространствами и межкрупной зоной. Хорошая воздухо- и водопроницаемость в данной зоне, а также сток приствольных вод, обладающих высоким содержанием питательных веществ, вероятно, привели к формированию таких закономерностей.

Таким образом, полученные результаты косвенно позволяют говорить о том, что отличительные черты, характеризующие сообщества почвенных нематод, связаны с микроклиматическими условиями в зонах фитогенных полей, обусловленных влиянием деревьев. Можно предположить, что пестрота экологических условий, формирующихся в зонах фитогенного поля дерева, отражается на реакции почвенных нематод под воздействием изменяющихся абиотических и биотических факторов среды.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания ИБ КарНЦ РАН (№ г.р. 122032100130-3).

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Рыжковой Н.И. за помощь при проведении полевых исследований.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Авторы подтверждают, что в работе с животными соблюдались применимые этические нормы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арчегова И.Б., Кузнецова Е.Г., Лиханова И.А., Панюков А.Н., Хабибуллина Ф.М., Виноградова Ю.А., 2015. Формирование лесных экосистем на посттехногенных территориях в таежной зоне / Под ред. Арчеговой И.Б. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. 140 с.
- Ашек Е.В., Тиходеева М.Ю., 2006. Исследование фитогенного поля *Tilia cordata* Mill. в посадках в заповеднике “Белогорье” Белгородской области // Вестн. СПбГУ. Сер. 3. Биол. Вып. 3. С. 64–73.
- Безкоровая И.Н., Яшихин Г.И., 2003. Влияние гидротермических условий почвы на комплексы беспозвоночных в хвойных и лиственных культурах // Экология. № 1. С. 56–62.
- Безкоровая И.Н., Егунова М.Н., Таскаева А.А., 2017. Почвенные беспозвоночные и их трофическая активность в 40-летних лесных культурах // Сиб. экол. журн. № 5. С. 609–620. <https://doi.org/10.15372/SEJ20170507>
- Гнатюк Е.П., Крышень А.М., Кузнецов О.Л., 2011. Биогеографическая характеристики приграничной Карелии // Тр. КарНЦ РАН. № 2. С. 12–22.
- Гончаров А.А., Храмова Е.Ю., Тиунов А.В., 2014. Микро-стациональные различия трофической структуры сообществ почвенных беспозвоночных в лесах Печоро-Илычского заповедника // Биология почв. № 5. С. 571–579. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14050074>
- Гончаров А.А., Короткевич А.Ю., Кузнецова Н.А., 2016. Влияние фитогенного поля дуба грузинского на структуру населения почвенных беспозвоночных // Мат-лы Всеросс. (с междунар. участием) науч. шк.-конф., посвященной 115-летию со дня рождения А.А. Уранова (10–14 мая 2016 г.). Пенза: Изд-во ПГУ. С. 324–326.
- Груздева Л.И., Матвеева Е.М., Сушук А.А., 2011. Разнообразии фауны нематод естественных биоценозов Карелии // Нематоды естественных и трансформированных экосистем. Сб. статей по мат-лам IX симп. Росс. об-ва с междунар. участием. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 54–56.
- Демьянов В.А., 1990. Ценогическая роль ели сибирской в сообществе лесного пояса на северо-западе плато Путорана // Тр. III молодежной конф. ботаников Ленинграда. С. 160–172.
- Журавлева Е.Н., Ипатов В.С., Лебедева В.Х., Тиходеева М.Ю., 2012. Изменение растительности на лугах под влиянием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вестн. СПбГУ. Сер. 3. Бот. Вып. 2. С. 3–12.
- Захаров А.А., Бызова Ю.Б., Уваров А.В., 1989. Почвенные беспозвоночные рекреационных ельников Подмосковья. М.: Наука. 224 с.
- Иванов В.П., 1973. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов. М.: Наука. 293 с.
- Ипатов В.С., 2007. Фитогенное поле одиночных деревьев некоторых пород в одном экотопе // Бот. журн. Т. 92. № 8. С. 1186–1191.
- Ипатов В.С., Журавлева Е.Н., Лебедева В.Х., Тиходеева М.Ю., 2009. Фитогенное поле *Picea abies*, *P. obovata* // Бот. журн. Т. 94. № 4. С. 558–568.
- Калинкина Д.С., Сушук А.А., Матвеева Е.М., 2016. Особенности сообществ почвенных нематод в условиях интродукции древесных растений // Экология. № 5. С. 360–367. <https://doi.org/10.1134/S1067413616050052>
- Калинкина Д.С., Сушук А.А., Матвеева Е.М., Зенкова И.В., 2019. Сообщества почвенных нематод подкоронового пространства деревьев, интродуцированных на территории Полярно-альпийского ботанического сада // Сиб. экол. журн. № 1. С. 71–85. <https://doi.org/10.15372/SEJ20190106>
- Карпачевский Л.О., Холопова Л.Б., Просвирина В.П., 1989. О динамике строения почвенного покрова в лесных биоценозах // Почвоведение. № 5. С. 94–103.
- Ларинова Ю.С., Волобуева О.Г., 2021. Современные представления об эколого-физиологической роли корневых экссудатов растений // Зернобобовые и крупяные культуры. № 4. С. 93–101. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-4-93-101>
- Лукина Н.В., Орлова М.А., Исаева Л.Г., 2010. Плодородие лесных почв как основа взаимосвязи почва-растительность // Лесоведение. № 5. С. 45–56.
- Мазей Ю.А., Блинохватова Ю.В., Ембулаева Е.А., 2011. Особенности микроространственного распределения почвообитающих раковинных амёб в лесах Среднего Поволжья // Аридные экосистемы. Т. 17. № 1 (46). С. 37–46.
- Назарова Л.Е., Сало Ю.А., Филатов Н.Н., 2004. Особенности изменений климата в водосборе Ладожского озера // Климат Карелии: Изменчивость и влияние на водные объекты / Отв. ред. Филатов Н.Н. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 160–170.
- Одум Ю., 1975. Основы экологии. М.: Мир. С. 186–187.
- Прокушкин С.Г., Зырянова О.А., 2013. О влиянии деревьев лиственницы Гмелина на послепожарное восстановление лесного фитоценоза в криолитозоне

- Средней Сибири // Сиб. экол. журн. № 5. С. 645–652.
- Рыжкова Н.И., Крышень А.М., Геникова Н.В., Преснухин Ю.В., Ткаченко Ю.Н., 2016. Сравнительный анализ структуры напочвенного покрова в культурах лиственницы и зональных ельниках на границе средней и южной подзон тайги // Тр. КарНЦ РАН. № 12. С. 25–38.  
<https://doi.org/10.17076/eco517>
- Суцук А.А., Калинкина Д.С., Платонова Е.А., 2016. Сообщества почвенных нематод в условиях интродукции древесных растений на территории Ботанического сада Петрозаводского государственного университета // Hortus Botanicus. Т. 11. С. 157–170.
- Таскаева А.А., Долгин М.М., 2010. Пространственное распределение коллембол и их динамика в среднетаежном ельнике черничном (Республика Коми) // Изв. Самар. науч. центра РАН. Т. 12. № 1. С. 103–107.
- Уранов А.А., 1965. Фитогенное поле // Проблемы соврем. ботаники. Т. 1. С. 251–254.
- Черняева Е.В., Викторов В.П., 2016. История и современное состояние изучения фитогенных полей // Соц.-экол. технологии. № 1. С. 89–105.
- Abebe E., Andrassy I., Traunspurger W., 2006. Freshwater Nematodes: Ecology and Taxonomy. Wallingford: CABI Publishing. 752 p.
- Akyazi F., Felek A.F., Cermak V., Cudejkova M., Foit J., et al., 2015. Description of *Paratylenchus (Gracilacus) straeleni* (De Coninck, 1931) Oostenbrink, 1960 (Nematoda: Criconelemaoidea, Tylenchulidae) from hazelnut in Turkey and its comparison with other world populations // Helminthologia. V. 52. № 3. P. 270–279.
- Alphei J., 1998. Differences in soil nematode community structure of beech forests: Comparison between a mull and a modern soil // Appl. Soil Ecol. V. 9. P. 9–15.
- Bezooijen J., 2006. Methods and Techniques for Nematology. Wageningen: Wageningen Univ. Press. 112 p.
- Boag B., 1974. Nematodes associated with forest and woodland trees in Scotland // Ann. Appl. Biol. V. 77. P. 41–50.
- Bonkowski M., Villenave C., Griffiths B., 2009. Rhizosphere fauna: The functional and structural diversity of intimate interactions of soil fauna with plant roots // Plant Soil. V. 321. P. 213–233.  
<https://doi.org/10.1007/s11104-009-0013-2>
- Brzeski M.W., 1998. Nematodes of *Tylenchina* in Poland and Temperate Europe. Warszawa: Museum and Institute of Zoology Polish Academy of Sciences. 397 p.
- Chao A., 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability // Biometrics. V. 43. P. 783–791.
- De Ley P., Blaxter M., 2004. A new system for Nematoda: Combining morphological characters with molecular trees, and translating clades into ranks and taxa // Nematology Monographs and Perspectives. V. 2. Leiden: E.J. Brill. P. 633–653.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D., 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontol. Electron. V. 4. № 1.  
[http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Hanel L., 2004. Response of soil nematodes inhabiting spruce forests in the Šumava Mountains to disturbance by bark beetles and clear-cutting // For. Ecol. Manag. V. 202. P. 209–225.
- Hanel L., 2010. An outline of soil nematode succession on abandoned fields in South Bohemia // Appl. Soil Ecol. V. 46. P. 355–371.
- Hanel L., Cerevkova A., 2010. Species and genera of soil nematodes in forest ecosystems of the Vihorlat Protected Landscape Area, Slovakia // Helminthologia. V. 47. № 2. P. 123–135.
- Kitagami Y., Matsuda Y., 2015. Community and trophic structure of soil nematode in Japanese coastal pine forest // Russ. J. Nematol. V. 23. № 2. P. 160.
- Kudrin A.A., Zuev A.G., Taskaeva A.A., Konakova T.N., Kolesnikova A.A. et al., 2021. Spruce girdling decreases abundance of fungivorous soil nematodes in a boreal forest // Soil Biol. Biochem. V. 155.  
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108184>
- Magnusson C., 1983. Abundance and trophic structure of pine forest nematodes in relation to soil layers and ground cover // Holarctic Ecol. V. 6. № 2. P. 175–182.
- Matveeva E.M., Sushchuk A.A., 2016. Features of soil nematode communities in various types of natural biocenoses: Effectiveness of assessment parameters // Biol. Bull. V. 43. № 5. P. 474–482.
- Renco M., Cermak V., Cerevkova A., 2012. Composition of soil nematode communities in native birch forests in Central Europe // Nematology. V. 14. № 1. P. 15–25.
- Ruess L., 1995. Nematode fauna in spruce forest soils: a qualitative/quantitative comparison // Nematologica. V. 41. P. 106–124.
- Shen Y., Yang W., Zhang J., Xu Z., Zhang L. et al., 2019. Forest gap size alters the functional diversity of soil nematode communities in alpine forest ecosystems // Forests. V. 10.  
<https://doi.org/10.3390/f10090806>
- Sushchuk A.A., Matveeva E.M., 2021. Soil nematodes of coniferous forests in the Finnish-Russian Friendship Nature Reserve // Nat. Conserv. Res. V. 6. P. 76–88.  
<https://doi.org/10.24189/ncr.2021.015>
- Yeates G.W., 2007. Abundance, diversity, and resilience of nematode assemblages in forest soils // Can. J. For. Res. V. 37. P. 216–225.
- Yeates G.W., Bongers T., Goede R.G.M., de Freckman D.W., Georgieva S.S., 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera: An outline for soil ecologists // J. Nematol. V. 25. № 3. P. 315–331.

**Features of soil nematode community in different zones of phytogeneous area of a tree****D. S. Kalinkina<sup>a, \*</sup>, A. A. Sushchuk<sup>a</sup>, and N. V. Genikova<sup>b</sup>**<sup>a</sup>*Institute of Biology, Karelian Research Centre, RAS  
Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, 185910 Russia*<sup>b</sup>*Forest Research Institute, Karelian Research Centre, RAS  
Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, 185910 Russia**\*e-mail: kalinkinads@gmail.com*

The first data on characteristics of soil nematode communities in the inner zones of the phytogeneous area (near-tree and under-tree zones) of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) and spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.), and in the external zone between trees are presented. Taxonomic diversity, abundance of nematodes and eco-trophic structure of communities are investigated using generally accepted methods in nematology. The results showed that the total abundance, as well as the absolute and relative density of plant parasites and plant-associated nematodes in the phytogeneous area of larch are higher compared to spruce. The change of the dominant group in the eco-trophic structure of nematode communities (from bacterial feeders to fungal feeders) from the trunk to the periphery is shown for larch, this trend is not detected for spruce: groups mentioned above have an equally high percentage in both zones. The total nematode abundance and relative density of omnivorous ones increased in near-tree zones of both trees compared to under-tree zones and external zone between trees. Thus, the results obtained indirectly suggest the presence of microclimatic differences between the phytogeneous areas of larch and spruce.