

Фауна паразитических нематод древесных растений заповедника «Уссурийский»

Т. В. Волкова, С. В. Клышевская*

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
Дальневосточное отделение Российской академии наук
г. Владивосток, 690022, Российская Федерация
E-mail: volkova@biosoil.ru

Аннотация

При инвентаризации фауны фитопатогенных корневых нематод древесных растений Уссурийского заповедника выявлено 44 вида из 7 семейств — Tylenchidae Örley, 1880, Telotylenchidae Siddiqi, 1960, Hoplolaimidae Filipjev, 1934, Pratylenchidae Thorne, 1949, Meloidogynidae Skarbilovich, 1959, Paratylenchidae Thorne, 1949, Criconeematidae Taylor, 1936.

Максимальная численность у вида *Rotylenchus ferox* — 7271 экз. на 200 см³ почвы. Эукономом и константом в фауне являются *Rotylenchus ferox* и *Criconemoides pleriannulatus* (встречаемость в 57 и 87 % проб соответственно). Эти же виды корневых нематод являются эудоминантами, численность которых составила 43 и 28 % от общей численности выявленных паразитов. Доминирует вид *Rotylenchus ferox*, наибольшая встречаемость у вида *C. pleriannulatus*. Для доминирующих видов основными растениями-хозяевами являются хвойные породы, но наилучшими — сосна корейская. По частоте встречаемости и численности опасными патогенами для древесных растений являются *Criconemoides pleriannulatus* и *Rotylenchus ferox*. Кислотность и содержание тяжёлых металлов в почвенных пробах не превышают ПДК.

Ключевые слова: Уссурийский заповедник, древесные растения, корневые нематоды, Tylenchida, фауна, доминирование, встречаемость, индексы биоразнообразия, тяжёлые металлы, кислотность почв.

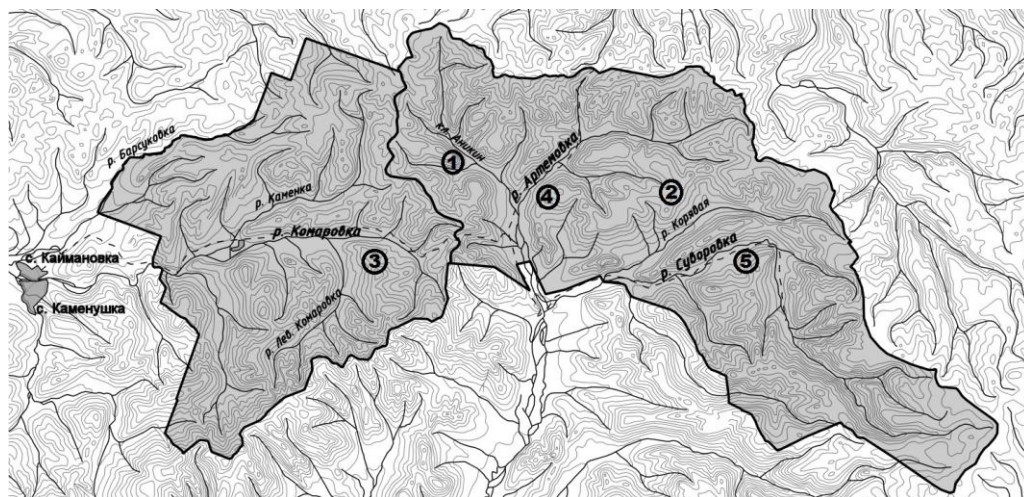
Введение. Многолетние фаунистические исследования по нематодам растений, проведённые сотрудниками лаборатории паразитологии, позволили накопить значительный материал по видовому разнообразию, численности и распространению их в лесных биоценозах центрального и северного Сихотэ-Алиня. В последние годы велись работы по изучению биоразнообразия нематод растений кедрово-широколиственных лесов юга Приморья. По результатам ранее проведённых фаунистических исследований на древесных растениях в естественных лесах, на плантациях и в лесных питомниках Дальнего Востока выявлено 69 видов фитопаразитических нематод, из которых 53 вида паразитируют на корневой системе хвойных и 46 видов на корнях широколиственных пород [Волкова, Казаченко, 2010].

*Сведения об авторах: Волкова Тамара Владимировна, канд. биол. наук, снс, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН; Клышевская Серафима Владимировна, нс, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, e-mail: klyshevskaya@biosoil.ru

Почвенные нематоды могут быть использованы как биоиндикаторы многих почвенных процессов. Ценность нематод складывается из того факта, что они быстро реагируют на разрушение почвы, могут быть собраны в течение всего года, нематодное сообщество отображает значительное разнообразие. Изменения в численности определённых видов, структуре функциональных групп отражает качество почвы.

Цель данной работы — проведение инвентаризации фауны нематод, паразитирующих на корневой системе древесных растений, установление их численности, выявление доминирующих видов в охраняемых лесах, экстраполяция биоразнообразия нематод заповедника, где оно близко к естественному, на более обширную территорию, оценка их потенциального разнообразия в хвойно-широколиственных лесах юга Приморья, а также сравнение с фаунами фитонематод лесных ценозов, подвергшихся антропогенному воздействию.

Задачи исследований: отбор нематологических проб ризосферы сосудистых растений, выделение из них корневых нематод, изготовление препаратов для микроскопирования, изучение морфологии нематод, определение видового состава и количественных характеристик фауны.



Примечание: цифры в кружочках — места отбора проб показаны цифрами: 1 — ключ Аникина; 2 — гора Грабовая; 3 — р. Барсуковка; 4 — гора Змеяная; 5 — р. Суворовка.

Рисунок 1 — Район исследований — Уссурийский заповедник

Figure 1 — Research Area — Ussuri Nature Reserve

Материал и методика. Район исследований — Уссурийский заповедник им. академика В. Л. Комарова. В заповеднике преобладает лесной тип растительности, более 90 % территории [Абрамов и др., 1996;

Федина, 2018; и др.]. Исследование структуры сообществ корневых нематод проводилось в поясе хвойно-широколиственных лесов заповедника, в трёх лесных формациях: кедрово-широколиственных лесах (с преобладанием сосны корейской), сосново-дубовых лесах (с преобладанием дуба монгольского) и в долинных хвойно-широколиственных лесах, сформированных в основном ильмом долинным, тополем Максимовича, ясенем маньчжурским, клёнами, пихтой белокорой и елью аянской.

В почвенных и растительных образцах определялось содержание тяжёлых металлов в 1 н HCl-вытяжке на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi – 05 M в аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН.

Материалом для исследований послужили полевые сборы в лесных формациях кедрово-широколиственных лесов Уссурийского заповедника в 2010–2017 гг. Было отобрано и обработано 138 почвенных проб из ризосферы 14 видов древесных растений. Выделение корневых нематод из почвы проводилось центрифужно-флотационным методом [Jenkins, 1964]. Материал фиксировался в 4 %-ном растворе формальдегида. Просветление нематод и изготовление постоянных препаратов фитонематод (с окантовкой парафином) проводилось по методике Сайнхорста [Seinhorst, 1959]. Объём каждой пробы ризосферы составлял 200 см³. Всего было выделено около 17 тыс. экз. корневых нематод.

При анализе фауны корневых нематод рассчитывали коэффициент постоянства (отношение процента числа проб, в которых данный вид обнаружен, к общему числу анализируемых проб). По четырём градациям этого коэффициента виды, составляющие фауну, подразделены на акцидентов (25 %) (АК), акцессоров (25–50 %) (АЦ), констант (50–70 %) (К) и эуконстант (75–100 %) (ЭК). По доле участия каждого вида в составе общей фауны корневых нематод они подразделены на эудоминантов (более 10 % от всех обнаруженных особей) (ЭД), доминантов (5,1–10 %) (Д), субдоминантов (2,2–5 %) (СД), рецедентов (1,1–2,1 %) (Р) и субрецедентов (менее 1,1 %) (СР) [Соловьёва, 1986]. Сходство фауны корневых нематод различных биотопов оценивали по пятибалльной шкале [Злотин, 1975]:

I — очень высокая общность, I более 30;

II — высокая общность, I=30–15;

III — средняя, I=15–5;

IV — низкая, I менее 5;

V — общие виды отсутствуют [Гиляров, 1965].

Разнообразие сообществ корневых нематод определяли с помощью индексов разнообразия Симпсона (D), Бергера-Паркера (d), Шеннона (H') и индекса выравненности Пилоу (e). Определение степени сходства фаун корневых нематод проводили на основе индекса Жаккара. Определяли нематод по определителям и каталогам [Ерошенко, Волкова, 2005; Siddiqi, 1986; и др.]

Результаты и обсуждение. Фауна корневых нематод в лесных биоценозах Уссурийского заповедника представлена 44 видами из 19 родов надсемейств Tylenchoidea, Dolichodoroidea, Hoplolaimoidea и Criconematoidea (табл. 1).

Таблица 1. Встречаемость и доминирование фитопаразитических нематод в кедрово-широколиственных лесах Уссурийского заповедника

Table 1. Occurrence and dominance of phytoparasitic nematodes in the cedar-deciduous forests of the Ussuri Nature Reserve

№ п/п	Виды нематод	Встречаемость		Доминирование	
		N1	%	N2	%
	Семейство Tylenchidae				
1	<i>Basiria graminophila</i> Siddiqi, 1959	3	2,17	10	0,06
2	<i>Boleodorus flexuosus</i> Eroshenko, 1982	1	0,72	4	0,02
3	<i>Cephalenchus hexalineatus</i> (Geraert, 1962)	11	7,97	22	0,13
4	<i>C. leptus</i> (Siddiqi, 1963)	16	11,59	145	0,85
5	<i>Coslenchus costatus</i> (de Man, 1921)	7	5,07	27	0,16
6	<i>Filenchus criniformicaudatus</i> (Kazach., 1975)	63	45,65	357	2,10
7	<i>F. infirmis</i> (Andrassy, 1954)	1	0,72	3	0,01
8	<i>F. hamatus</i> (Thorne & Malek, 1968)	3	2,17	14	0,08
9	<i>F. retusus</i> (Kazachenko, 1975)	37	26,81	260	1,53
10	<i>Fs sandneri</i> Wasilewska, 1965	3	2,17	10	0,06
11	<i>F. thornei</i> (Andrassy, 1954)	48	34,78	295	1,74
12	<i>F. teres</i> (Eroshenko, 1971)	4	2,89	5	0,03
13	<i>F. vulgaris</i> Brzeski, 1969	20	14,49	192	1,13
14	<i>Malenchus bryanti</i> Knobloch, 1976	3	2,17	3	0,01
15	<i>M. bryophilus</i> (Steiner, 1914)	28	20,29	70	0,41
16	<i>M. pressulus</i> (Kazachenko, 1975)	3	2,17	11	0,06
	Семейство Telotylenchidae				
17	<i>Geocenamus tenuidens</i> Thorne & Malek, 1968	2	1,45	4	0,02
18	<i>G. longus</i> (Wu, 1969)	1	0,72	6	0,04
19	<i>M. falcatus</i> Eroshenko, 1981	19	13,77	322	1,90
20	<i>Trophurus ussuriensis</i> Eroshenko, 1981	6	4,35	32	0,19
	Семейство Hoplolaimidae				
21	<i>Rotylenchus capitatus</i> (Erosh., 1981)	2	1,45	70	0,41
22	<i>R. ferox</i> (Eroshenko, 1981)	79	57,25	7271	42,82
23	<i>Helicotylenchus anhelicus</i> Sher, 1966	2	1,45	33	0,19
24	<i>H. clarkei</i> Sher, 1966	2	1,45	49	0,29
25	<i>H. digonicus</i> Perry, 1959	7	5,07	41	0,24
26	<i>H. interrogativus</i> Eroshenko, 1981	2	1,45	2	0,01
	Семейство Pratylenchidae				
27	<i>Pratylenchoides epacris</i> Eroshenko, 1978	6	4,35	33	0,19
	Семейство Meloidogynidae				
28	<i>Meloinema maritima</i> Eroshenko, 1990	16	11,59	35	0,20
	Семейство Paratylenchidae				
29	<i>Paratylenchus veruculatus</i> Wu, 1962	1	0,72	1	0,01
	Семейство Criconematidae				

№ п/п	Виды нематод	Встречаемость		Доминирование	
		N1	%	N2	%
30	<i>Criconema orientale</i> (Andrassy, 1979)	7	5,07	14	0,08
31	<i>C. varicaudata</i> (Eroshenko, 1980)	7	5,07	210	1,24
32	<i>Criconemoides informis</i> Taylor, 1936	32	23,19	1153	6,79
33	<i>C. justus</i> (Eroshenko, 1981)	10	7,25	278	1,64
34	<i>C. morgensis</i> (Hofmann & Menzel, 1914)	1	0,72	15	0,08
35	<i>C. pleriannulatus</i> Ebsary, 1979	120	86,96	4792	28,22
36	<i>C. sabulosus</i> (Eroshenko, 1981)	2	1,45	2	0,01
37	<i>Macroposthonia calvata</i> (Erosh., 1981)	5	3,62	679	4,00
38	<i>Ogma abies</i> (Andrassy, 1979)	3	2,17	3	0,02
39	<i>O. allantoideum</i> (Eroshenko, 1980)	12	8,70	240	1,41
40	<i>O. centonis</i> (Eroshenko, 1980)	3	2,17	39	0,23
41	<i>O. horridum</i> (Eroshenko, 1980)	18	13,04	230	1,35
42	<i>O. octangulare</i> (Cobb, 1914)	9	6,52	49	0,29
43	<i>O. querci</i> Choi & Geraert, 1975	5	3,62	79	0,46
44	<i>O. velutina</i> (Eroshenko, 1980)	6	4,35	30	0,18

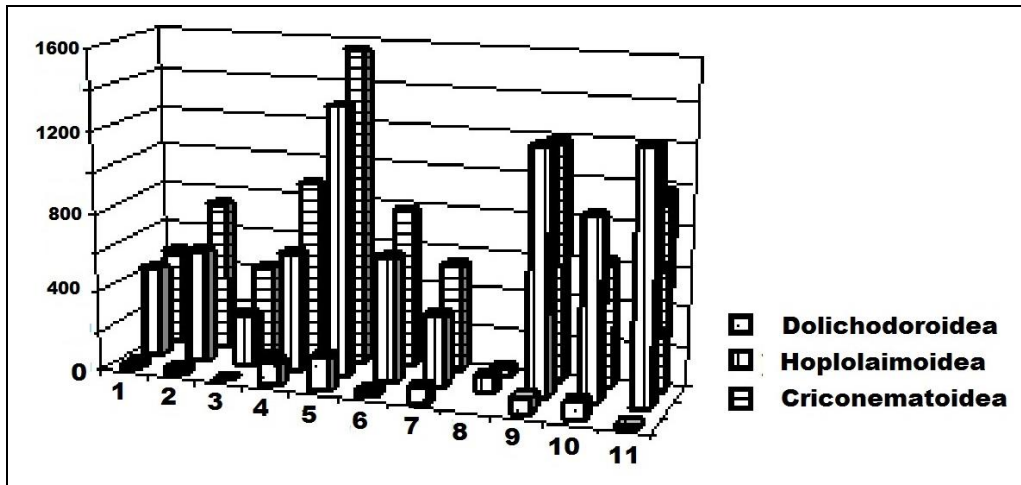
Примечание: N1 — количество проанализированных проб, всего 138; N2 — количество выделенных нематод, всего 16 982.

Эуконстантом и константом в фауне являются *Rotylenchus ferox* и *Criconemoides pleriannulatus* (встречаемость в 57 и 87 % проб соответственно). Эти же виды корневых нематод являются эудоминантами, численность которых составила 43 и 28 % от общей численности выявленных паразитов. Три вида — *Filenchus criniformicaudatus* и *F. thornei*, *F. retusus* являются акцессорами (встречаемость 46, 35 и 27 % соответственно). Остальные виды относятся к акцидентам, встречаемость которых в пробах составила менее 25 %. Группа доминирующих видов (эудоминанты и доминанты) составляет 77 % от общего количества паразитов корневой системы обследованных растений в Уссурийском заповеднике.

Фауна нематод хвойных пород мало чем отличается от фауны широколиственных: на тех и других породах отмечено по 22 вида. Фауна корневых нематод древесных растений была изучена на 14 видах хвойных и широколиственных пород, относящихся к 11 семействам. Наибольшее количество гопплолаймид и криконематид отмечено на корнях деревьев семейства ореховых (Juglandaceae), наименьшее — на семействе буковых (Fagaceae) (рис. 2).

Семейство Tylenchidae. Выявлено 16 видов из 7 родов. Наиболее распространены три вида — *Filenchus criniformicaudatus*, *F. thornei* и *F. retusus*. Большинство видов этого семейства предпочитают питаться на микоризе, нарушая симбиотические связи корней с микоризообразующими грибами, но известно, что представители родов *Tylenchus*, *Boleodorus*, *Basiria* паразитируют и на тонких сосущих корешках растений. Встречаются представители этого семейства в пробах в

небольших количествах, что соответствует численности тиленхид в ненарушенных природных экосистемах.



Примечание: 1 — *Pinus koraiensis*; 2 — *Picea sp.+Abies sp.*; 3 — Betulaceae; 4 — Aceraceae; 5 — Juglandaceae; 6 — Rutaceae; 7 — Ulmaceae; 8 — Fagaceae; 9 — Oleaceae; 10 — Salicaceae; 11 — Tiliaceae.

Рисунок 2 — Распределение корневых нематод в ризосфере древесных растений

Figure 2 — Distribution of root nematodes in the rhizosphere of woody host plants

Семейство Telotylenchidae. Выявлено 4 вида из 3 родов, встречаются в ризосфере растений редко, в единичных экземплярах, за исключением *Merlinius falcatus*, который часто встречается в ризосфере лиственных пород, отмеченного в 15 % отобранных проб, субдоминанта по численности выделенных особей, но численность этого паразита обычно не превышает 10–20 особей на 100 куб. см почвы. Питаются на тонких сосущих корешках растений.

Семейство Hoplolaimidae. Гоплолаймиды представлены 6 видами из 2 родов. Как и долиходориды, питаются на тонких корешках. Встречаются в пробах редко и в небольших количествах, за исключением одного вида — *Rotylenchus feroxis*, который встречается практически повсеместно (в 57 % отобранных проб) и доминирует над другими видами эктопаразитов — более 40 % от общей численности выделенных нематод.

Семейство Pratylenchidae. Отмечен один вид. Встречается редко. Полуэндопаразит корневой системы. Как представители рода *Pratylenchus*, может паразитировать в тканях корня, вызывая их некроз и отмирание при большой численности.

Семейство Meloidogynidae. Отмечен один вид. Паразит растений специфического патогенного эффекта. Передний отдел тела самок (головной конец и длинная шейка) внедрён глубоко в корень, задний

конец тела, имеющий вздутую сферическую форму, выступает наружу. Под воздействием ферментов пищеводных желёз нематод растворяются стенки клеток, близлежащих к головному концу, и образуются гигантские клетки, куда происходит отток питательных веществ. При сильном поражении растений наблюдается угнетение их роста.

Семейство Criconematidae. Наибольшим числом видов представлена фауна кольчатых эктопаразитов сем. Criconematidae. Большинство из них имеют дискретное распространение, за исключением *Criconemoides pleriannulatus*, частота встречаемости которого в пробах составляет 75 %. Выявлено 16 видов из 4 родов. Группа так называемых кольчатых фитонематод. В своём большинстве имеют сосисковидную форму и широкие кутикулярные кольца. Большинство видов семейства паразитируют на корнях древесных растений и при большой численности вызывают патологические изменения корневой системы. Большинство видов встречаются в пробах редко. Доминирующим видом по встречаемости и численности в пробах является *Criconemoides pleriannulatus*. Второй доминант по численности — *Criconemoides informis* — имеет очаговое распространение, встречается редко, но в значительных количествах (табл. 2).

Таблица 2. Встречаемость и доминирование корневых паразитических нематод в различных лесных формациях хвойно-широколиственных лесов
Table 2. Occurrence and dominance of root parasitic nematodes in various forest formations of coniferous-deciduous forests

Виды нематод	Лесные формации											
	хвойно-широколиственные леса				сосново-дубовые леса				долинные широколиственные леса			
	встречаемость		доминирование		встреч.		доминир.		встреч.		доминир.	
	N1	%	N2	%	N1	%	N2	%	N1	%	N2	%
<i>Basiria graminophila</i>									3	7,69	10	0,15
<i>Boleodorus flexuosus</i>	1	1,31	4	0,02								
<i>Cephalenchus hexalineatus</i>	6	7,89	11	0,13	5	21,74	11	0,84				
<i>C. leptus</i>	8	10,63	90	0,85	4	17,39	30	2,30	4	10,26	25	0,37
<i>Coslenchus costatus</i>	4	5,26	17	0,16					3	7,69	10	0,15
<i>Criconema orientale</i>	6	7,89	12	0,14	1	4,35	2	0,151				
<i>C. varicaudata</i>	3	3,95	91	1,1					4	10,26	119	1,75
<i>Criconemoides informis</i>	24	31,58	989	11,92					8	20,51	164	2,41
<i>C. justus</i>					7	30,43	66	5,05	3	20,5	212	3,12
<i>C. morgensis</i>									1	7,69	15	0,22
<i>C. pleriannulatus</i>	70	92,11	3302	39,42	19	82,61	145	11,09	31	79,49	1345	19,78
<i>C. sabulosus</i>									2	5,13	2	0,03
<i>Filenchus criniformicaudatus</i>	28	36,84	151	2,08	20	86,96	96	7,35	15	38,46	110	1,62

<i>F. infirmis</i>	1	1,31	3	0,01								
<i>F. hamatus</i>	2	2,63	10	0,08					1	2,56	4	0,06
<i>F. retusus</i>	12	15,79	80	1,52	12	52,17	75	5,74	13	33,33	105	1,54
<i>F. sandneri</i>									3	7,69	10	0,15
<i>F. thornei</i>	12	15,79	90	1,72	10	43,48	85	6,50	26	66,67	120	1,76
<i>F. teres</i>	4	5,26	5	0,03								
<i>F. vulgaris</i>	7	9,21	43	1,12	6	26,09	61	4,67	7	17,95	88	1,29
<i>Geocenamus longus</i>									1	2,56	6	0,09
<i>G. tenuidens</i>									2	5,13	4	0,06
<i>Helicotylenchus anhelicus</i>									2	5,13	33	0,49
<i>H. clarkei</i>	2	2,63	49	0,59								
<i>H. digonicus</i>	3	3,95	25		2	8,70	7	0,54	2	5,13	9	0,13
<i>H. interrogativus</i>	2	2,63	2	0,02								
<i>Malenchus bryanti</i>	3	3,95	3	0,01								
<i>M. bryophilus</i>	20	26,32	35	0,39	4	17,39	17	1,30	4	10,26	18	0,25
<i>M. pressulus</i>	2	2,63	9	0,10					1	2,56	2	0,03
<i>Meloinema maritima</i>	2	2,63	2	0,02	1	4,35	1	0,08	13	33,33	32	0,47
<i>Merlinius falcatus</i>	3	3,95	3	0,04					16	41,02	319	4,69
<i>Mesocriconema calvatum</i>	3	3,95	508	5,73					2	5,13	171	2,51
<i>Ogma abies</i>	3	3,95	3	0,04								
<i>O. allantoidesum</i>	1	1,31	1	0,01					11	28,21	239	3,51
<i>O. centonis</i>					3	13,04	39	2,98				
<i>O. horridum</i>	6	7,90	50	0,56	4	17,39	22	1,68	8	20,51	158	2,32
<i>O. octangulare</i>	4	5,26	24	0,27					5	12,82	25	0,37
<i>O. querci</i>	2	2,63	78	0,94					1	2,56	1	0,01
<i>O. velutina</i>									6	17,95	30	0,44
<i>Paratylenchus veruculatus</i>									1	2,56	1	0,01
<i>Pratylenchoides epacris</i>	3	3,95	22	0,25	1	4,35	1	0,08	2	5,13	10	0,14
<i>Rotylenchus capitatus</i>									2	5,13	70	1,03
<i>R. feroxcis</i>	63	82,89	3192	35,98	6	26,08	777	59,45	10	25,64	3302	48,55
<i>Trophurus ussuriensis</i>									6	17,95	32	0,47
ВСЕГО	76		8871		23		1307		39		6801	

Примечание: N1 — количество проб; N2 — количество нематод

В ризосфере хвойных (сосна корейская, ель корейская, пихта белокорая) было выявлено 22 вида нематод. Только на хвойных породах выявлены: *Boleodorus flexuosus*, *Filenchus infirmus*, *Geocenamus tenuidens*, *Helicotylenchus clarkei*, *H. interrogativus*, *Mesocriconema curvatum*, и *Paratylenchus veruculatus*. Только на широколиственных породах обнаружены: *Basiria graminophila*, *Criconemoides sabulosus*, *Helicotylenchus anhelicus*, *Hexadorus longus*, *Mesocriconema calvatum*. По численности популяций для видов *Criconemoides informis*, *Criconemoides pleriannulatus* и *Rotylenchus feroxcis* основным растением-хозяином является сосна корейская. *R. feroxcis* встречается на корнях практически всех обследованных древесных растений, но крупные популяции вида отмечены, кроме кедра, на пихте белокорой, ясене маньчжурском и тополе Максимовича. Наиболее многочисленными популяциями представлены *Rotylenchus feroxcis*, у которого максимальное количество на 1 почвенную пробу составило 1200 экземпляров, и *Criconemoides pleriannulatus* — максимальное количество в пробе

достигало 278 экземпляров. На растениях семейства кленовых отмечено 15 видов нематод. По численности преобладал *R. ferox*. На берёзовых выявлено 13 видов нематод с доминирующим видом *Criconemoides plerianulatus*. На корнях ясеня маньчжурского и тополя Максимовича отмечено по 12 видов нематод, на бархате амурском 7 видов, на липе амурской и дубе монгольском — по 5 видов.


В хвойно-широколиственных лесах плотность заселения корневыми нематодами составила 583 экз./л, сосново-дубовых лесах — 284 экз./л, долинных широколиственных — 872 экз./л.


На рисунке 3 показано, что высокая общность таксономического разнообразия отмечается в пробах, отобранных в верховьях р. Барсуковки и ключа Аникина ($I=20,51$), средняя общность — фауны нематод склонов г. Грабовой с другими формациями; при сравнении других формаций отмечается низкая общность.

	А	Б	В	Г	Д
А	X	5.88	20.51	4.44	3.37
Б		X	7.55	5.88	6.44
В			X	4.22	4.26
Г				X	4.04
Д					X

Примечание: А — ключ Аникина, Б — гора Грабовая, В — р. Барсуковка, Г — гора Змеиная, Д — р. Суворовка.

Условные обозначения:

 высокая общность
 $I=30-15$

 средняя общность
 $I=15-5$

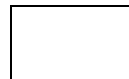
 низкая общность
 I — менее 5

Рисунок 3 — Диаграмма сходства фауны нематод на древесных растениях в пяти формациях кедрово-широколиственных лесов Уссурийского заповедника

Figure 3 — A diagram of the similarity of the nematode fauna on woody plants in five formations of cedar-deciduous forests of the Ussuriysky Nature Reserve

Для корневых нематод лесных формаций Уссурийского заповедника на основе таблицы 2 рассчитаны индексы Симпсона (D), Бергера-Паркера (d), Шеннона (H'), Пилоу (e) (табл. 3).

Таблица 3. Индексы разнообразия в различных биотопах

Table 3. Indices of diversity of the nematode in different biotopes

Биотопы	Индексы разнообразия					
	$1/D$	$1/d$	H'	e	S^*	N^{**}
Кедрово-широколиственные леса	3.09	2.54	1.37	0.493	31	8871
Сосново-дубовые леса	1.50	1.23	0.75	0.361	16	1307
Долинные широколиственные леса	3.04	1.91	1.66	0.537	34	6801

Примечание: S^* — число видов; N^{**} — количество особей.

При сравнении фауны корневых нематод исследуемых биотопов видно, что индекс разнообразия Симпсона выше в кедрово-

широколиственном лесу, то есть в кедрово-широколиственном лесу возрастает значимость некоторых видов. Так, в фауне этого леса доминируют по численности два вида, в фауне других двух биотопов — по одному. Это видно и по индексу Бергера-Паркера ($1/d$), который также выше в кедрово-широколиственном лесу.

Другим основным компонентом разнообразия являются индекс разнообразия Шеннона (H') и выравненность распределения особей между видами — индекс Пилоу (e), где чем ниже показатель индекса, тем больше относительное обилие доминирующих видов в данных ценозах. В частности, популяции с невысокой численностью видов и относительно низким разнообразием по сравнению с другими ценозами отмечены среди корневых нематод в сосново-дубовом лесу. Напротив, фауна корневых нематод в кедровых и долинных широколиственных лесах отличается более высоким разнообразием видов, и при этом относительное обилие доминирующих видов незначительно. Так, в кедрово-широколиственном лесу доминантные виды *Criconemoides pleriannulatus* и *Rotylenchus feroxcis* составляют около 40 % каждый от общей выявленной корневой фауны нематод, следующий за ними вид *C. informis* — 12 %. Относительное обилие самого массового вида в долинно-широколиственном лесу *R. feroxcis* более 50 %. В сосново-дубовом лесу отмечены самые низкие показатели индексов разнообразия, при этом обилие единственного доминантного вида *R. feroxcis* составило более 80 %. На основе индекса Жаккара, по степени сходства фауны корневых нематод построена дендрограмма (рис. 4).

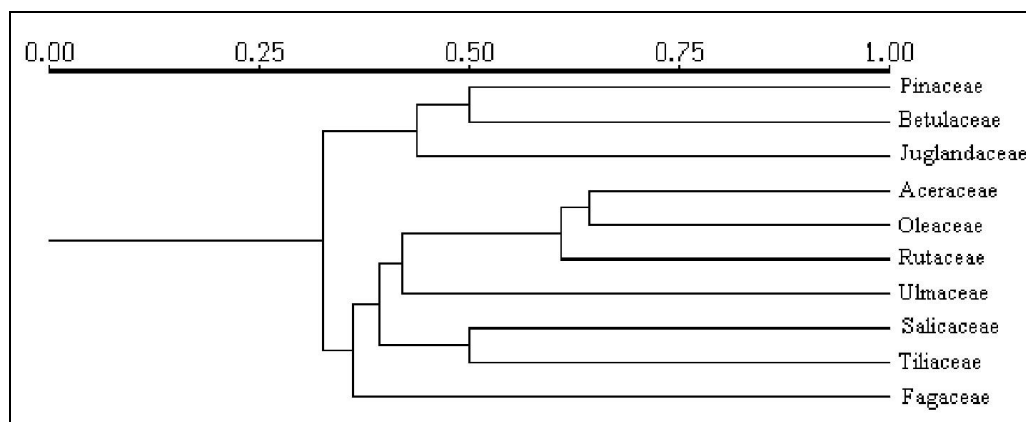


Рисунок 4 — Дендрограмма сходства фаун растений-хозяев в естественном лесу
Figure 4 — Dendrogram of similarity of fauna of host plants in a natural forest

Семейства растений-хозяев, имеющих близкую фауну корневых нематод, объединены на дендрограмме в отдельные группы. В один кластер объединены семейства кленовые, липовые, рутовые и ильмовые, в другой —

хвойные, берёзовые и ореховые. Подобной степенью схожести обладают ивовые и липовые. Очень малую схожесть фауны нематод с другими растениями-хозяевами имеет дуб монгольский (семейство буковые).

Содержание микроэлементов и тяжёлых металлов в исследованных почвенных образцах не превышает установленные нормативы (ПДК). Кислотность почвенной среды (Н') находится в интервалах от среднекислой до слабокислой (табл. 4).

Таблица 4. Кислотность и содержание тяжёлых металлов в почвенных пробах
Table 4. Acidity and micronutrient content in soil samples

№ пробы п/п	pH	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb	Co	Ni
1	5,5	4620	119	1,5	1,8	0,2	5,5	2,0	1,7
2	5,9	6300	129	2,4	4,0	0,2	5,8	5,1	5,0
3	5,7	2592	208	3,05	7,8	0,2	2,5	1,71	1,87
4	6,2	3797	247	2,48	3,0	0,3	5,0	2,88	2,72
5	4,9	1622	57	2,81	16,83	0,1	3,7	1,30	2,04
6	5,1	1167	40	1,6	3,6	<0,1	<0,1	0,3	0,2
ПДК		6000	400	3,0	23	1,0	32,0	5,0	46

Примечание: 1 и 2 — в пробы в долинно-широколиственных лесах; 3 и 4 — в кедрово-широколиственных; 5 и 6 — в сосново-дубовых; содержание микроэлементов в почвенных пробах в мг/кг.

Содержание тяжёлых металлов в исследованных почвенных образцах не превышает установленные нормативы (ПДК), поэтому данные состояния почв заповедника могут быть взяты за эталон при исследовании территорий, подвергающихся антропогенному воздействию в виде техногенных и интенсивных сельскохозяйственных нагрузок.

Закключение. Качественный состав нематодных сообществ в ризосфере древесных растений в Уссурийском заповеднике отличается большим таксономическим разнообразием. Большинство выявленных видов встречаются в пробах в небольшой численности и существенного вреда растениям не приносят.

Значение нематодных болезней растений в естественных лесных биоценозах изучено ещё очень слабо. Мы практически ничего не знаем о реальных потерях биомассы растений от паразитических нематод в природных биоценозах и поэтому не можем в полной мере оценить их экономическую значимость. Но по частоте встречаемости и численности некоторые из выявленных видов можно отнести к группе опасных патогенов для древесных растений, так как не исключена возможность роста численности их популяций в опасных пределах из-за нарушения

экологического равновесия в лесных биоценозах. Такими видами являются *Criconemoides pleriannulatus* и *Rotylenchus feroxis*.

Кедрово-широколиственные, сосново-дубовые и долинные широколиственные леса обнаруживают среднюю и низкую степень сходства фауны корневых нематод.

Плотность заселения ризосферы древесных растений хвойно-широколиственных лесов Уссурийского заповедника корневыми нематодами лежит в пределах 340–3300 экз./л прикорневой почвы. Наибольшая встречаемость отмечена для *Criconemoides pleriannulatus* и *Rotylenchus feroxis*. По численности популяций для доминирующих видов основными растениями-хозяевами являются хвойные породы, но наилучшими — сосна корейская.

Почвы Уссурийского заповедника можно использовать как эталонные при изучении территорий, подвергающихся антропогенному загрязнению.

Литература

- Абрамов В. К., Петропавловский Б. С., Харкевич С. С. Уссурийский заповедник им. В. Л. Комарова // Вестник ДВО РАН, 1996. № 1. С. 70–78.
- Волкова Т. В., Казаченко И. П. Каталог фитонематод (Nematoda, Tylenchida) Дальнего Востока России. — Владивосток: Дальнаука, 2010. 121 с.
- Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. — Москва: Наука, 1965. 278 с.
- Ерошенко А. С., Волкова Т. В. Нематоды растений Дальнего Востока России. Отряды Tylenchida и Aphelenchida. — Владивосток: Дальнаука. 2005. 226 с.
- Злотин Р. И. Жизнь в высокогорьях. — Москва: Наука, 1975. 240 с.
- Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — Москва: Наука, 1982. 281 с.
- Соловьева Г. И. Экология почвенных нематод. — Ленинград: Наука, 1986. 247 с.
- Федина Л. А. Уссурийский заповедник: 85 лет на охране наземной биоты Восточной Азии: краткий очерк // Биота и среда заповедных территорий. 2018. № 3. С. 82–96.
- Jenkins W. R. A rapid centrifugation-flotation technique for separating of nematodes from soil // Plant Dis. Rptr. 1964. V. 48. P. 632.
- Seinhorst J. W. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin // Nematologica. 1959. V. 4. P. 67–69.
- Siddiqi M. R. Tylenchida. Parasites of plants and insects // Sant Albans, Common. Agric. Bureaux. 1986. 645 p.
- Siddiqi M. R., 1986, *Tylenchida: Parasites of plants and insects*. — Sent Albans, United Kingdom: Commonwealth Agricultural Bureaux, 645 p.

The plant parasitic root-nematodes in Ussuri Nature Reserve

T. V. Volkova, S. V. Klyshevskaya

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity

Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

Vladivostok, 690022, Russian Federation

E-mail: volkova@biosoil.ru

Abstract

Plant nematodes fauna is shown by ecological-faunistic analyses in coniferous broadleaved in Ussuriisky reserve on Russian Far East. 44 species from Tylenchoidea, Hoplolaimoidea, Criconematoidea are determined. *Rotylenchus feroxcis*, *Criconemoides pleriannulatus* and *C. informis* are dominant. Приводятся данные об уровне кислотности и содержании тяжелых металлов в почвах заповедника. Data on the level of acidity and the content of heavy metals in the reserve's soils are provided.

Keywords: root nematodes, Tylenchida, fauna, woody plants, dominance, occurrence, Ussurisk Nature Reserve, biodiversity indices, heavy metals, soil acidity.

References

- Abramov V. K., Petropavlovskiy B. S., Kharkevich S. S., 1996, Ussuriyskiy zapovednik im. V. L. Komarova [The Ussuri Nature Reserve named after V. L. Komarov], *Bulletin of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, no. 1, pp. 70–78 [in Russian].
- Fedina L. A., 2018, Ussuri Nature Reserve: 85 years preserves the terrestrial biota of East Asia: Short Essay, *Biodiversity and Environment of Protected Areas*, no. 3, pp. 82–96 [in Russian].
- Volkova T. V., Kazachenko I. P., 2010, *Katalog fitonematod (Nematoda, Tylenchida) Dal'nego Vostoka Rossii* [Catalog of plant nematodes (Nematoda, Tylenchida) of the Russian Far East], 121 p., Dal'nauka, Vladivostok [in Russian].
- Gilyarov M. S., 1965, *Zoologicheskii metod diagnostiki pochv* [Zoological method of soil diagnostics], 278 p., Nauka, Moscow [in Russian].
- Eroshenko A. S., Volkova T. V., 2005, *Nematody rasteniy Dal'nego Vostoka Rossii. Otryady Tylenchida i Aphelenchida* [Nematodes of plants of the Far East of Russia. Troops Tylenchida and Aphelenchida], 226 p. Dal'nauka, Vladivostok [in Russian].
- Zlotin R. I., 1975, *Zhizn' v vysokogor'yakh* [Life in the highlands], 240 p., Nauka, Moscow [in Russian].
- Solovyova G. I., 1986, *Ekologiya pochvennykh nematod* [Ecology of soil nematodes], 247 p., Nauka, Leningrad [in Russian].
- Jenkins W. R., 1964, A rapid centrifugation-flotation technique for separating of nematodes from soil, *Plant Disease Report*, vol. 48, p. 692.
- Seinhorst J. W., 1959, A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin, *Nematologica*, vol. 4, pp. 67–69.
- Siddiqi M. R., 1986, *Tylenchida: Parasites of plants and insects*, 645 p. Commonwealth Agricultural Bureaux, Sent Albans, United Kingdom.