

湘中山地土壤线虫(Nematoda)生态地理群的研究^{*}

王振中 张友梅 伍惠生

(湖南师范大学地理系) (中国科学院水生生物研究所)

摘 要 作者对湖南南岳衡山和长沙岳麓山土壤线虫进行了两年多的定位研究,共获得18511条土壤线虫标本,经分类鉴定,计有24个种,分属6目10科18属。

关键词 土壤线虫;土壤动物;土壤结构;土壤剖面;地理分布

分类号 Q958.2

线虫属线形动物门(Nemathelminthes)线虫纲(Nematoda)动物,生活在土壤中的线虫种类多、数量大、分布广,线虫数量约占土壤动物总量的20%左右,是土壤动物群落中的优势类群,在土壤生态系统中起着重要的作用。定位研究湘中山地土壤线虫的区系特征,探讨土壤线虫的生态地理规律,线虫的分布与森林环境,植被类型,土壤特性,气候变化和地形的关系等,对全面研究森林生态系统,线虫在物质与能量迁移转化中的作用以及对林业资源的合理开发利用都具有重要意义。

1 研究方法

1.1 定位调查

在衡山地区根据植物群落,土壤类型和海拔高度的不同,设置五个取样区:马尾松林区(红壤,海拔300m)、柳杉林区(黄红壤,海拔550m)、针阔混交林区(山地黄壤,海拔800m)、常绿阔叶林区(山地黄棕壤,海拔1050m)以及山顶灌草丛群落区(山地生草黄棕壤,海拔1250m)。岳麓山相对高差只有235m,生物气候条件的垂直差异不明显,故定位调查点的确定主要考虑林相变化的影响,设置四个取样区:针叶林区、针阔混交林区、常绿阔叶林区和灌草丛群落区。

1.2 取样方法和土壤线虫的采集

逐月在每个取样区选择具有代表性的样点进行多点取样,首先拣去地表新鲜凋落物,挖掘土壤剖面,并按0~5cm、5~10cm、10~15cm三个层段,分别用25cm³土壤环刀各取一个土样,带回室内用湿漏斗法(Baermann funnel)分离采集土壤线虫,在显微镜下进行计数和鉴定^[1~10]。

1.3 土壤特性的观测与分析

系统地测定了土壤温度和土壤含水量的月变化,同时分析了土壤的机械组成(甲种比重计法)、土壤容重(环刀法)、土壤有机质含量(丘林法)以及土壤pH值(酸度计法)。

* 国家自然科学基金资助项目;胡觉莲、龙克文、郑云有等同志参加部分工作。
收稿日期:1991-08-10

2 研究结果与分析

2.1 土壤线虫的种类组成及多度

经过两年多(1987年6月~1989年9月)的定位研究,共采集972个土样,分离采集土壤线虫18511条,经过分类鉴定有24个种,分属于6目10科18属(表1)。

表1 衡山和岳麓山土壤线虫名录

目	科	属	种
垫刃目 Tylenchida	异皮科 Heteroderidae	胞囊属 Heterodera 根结线虫属 Meloidogyne	胞囊线虫 <i>Heterodera</i> sp. 根结线虫 <i>Meloidogyne</i> sp. 1 根结线虫 <i>Meloidogyne</i> sp. 2
	枪形科 Hoplolaimidae	枪形属 Hoplolaimidae	枪形线虫 <i>Hoplolaimus</i> sp.
	轮形科 Criconematidae	轮形属 Criconemoides 环齿属 Criconema	轮形线虫 <i>Criconemoides</i> sp. 环齿线虫 <i>Criconema</i> sp.
小桿目 Rhabditida	小桿科 Rhabditidae	同桿属 Rhabditella	艾士同桿线虫 <i>Rhabditella axei</i>
窄咽目 Araeolaimida	绕线科 Plectidae	绕线属 Plectus	短尾绕线虫 <i>Plectus granulatus</i> 小形绕线虫 <i>Plectus pusillus</i>
	驼线科 Camacolaimidae	环绕属 Aphanolaimus	四毛环线虫 <i>Aphanolaimus attentus</i>
单宫目 Monhysterida	单宫科 Monhysteridae	单宫属 Monhystera	丝状单宫线虫 <i>Monhystera filiiformis</i>
矛线目 Dorylaimida	矛线科 Dorylaimidae	矛线属 Dorylaimus 中矛属 Mesodorylaimus 剑属 Xiphinema	翼状矛线虫 <i>Dorylaimus alaenus</i> 裸中矛线虫 <i>Mesodorylaimus nudus</i> 美国剑线虫 <i>Xiphinema americanum</i> 以佰立剑线虫 <i>Xiphinema ebriense</i>
	单齿科 Mononchidae	单齿属 Monochus	乳突单齿线虫 <i>Monochus papillatus</i> 单齿线虫 <i>Monochus</i> sp. 齿锯齿线虫 <i>Prianchulus muscorum</i>

目	科	属	种
		链齿属	链齿线虫
		<i>Mylonchulus</i>	<i>Mylonchulus sp.</i>
		基齿属	基齿线虫
		<i>Iotonchus</i>	<i>Iotonchus sp.</i>
			库曼线虫
			<i>Coomanusus sp.</i>
毛管目	索科	多索属	长沙多索线虫
<i>Trichosyringida</i>	<i>Mermithidae</i>	<i>Agameris</i>	<i>Agameris Changshaensis</i>
			545
			多索线虫
			<i>Agameris sp.</i>
		两索属	两索线虫
		<i>Amphimeris</i>	<i>Amphimeris sp.</i>

鉴定结果表明,衡山和岳麓山地区的土壤线虫种类组成非常近似,衡山发现有 22 个种,岳麓山有 24 个种,除衡山具有的种类外,尚发现有艾士同桿线虫(*Rhabditella axei*)和两索线虫(*Amphimeris*)。同时,两地线虫种类多度也十分相近,如优势种类(占线虫采集量 10% 以上或每月采集量超过 500 条的种类)均为短尾绕线虫(*Plectus granulatus*)、小形绕线虫(*Plectus pusillus*)、美国剑线虫(*Xiphinema americanum*)和长沙多索线虫(*Agameris Changshaensis*)。稀有种(占采集量 1% 以下的种类)为轮形线虫(*Criconemoides*)、环齿线虫(*Criconeema*)、四毛环线虫(*Aphanolaimus attentus*)和艾士同桿线虫(*Phabditella axei*)。其它均为常见种(占线虫总采集量 1%~10% 的种类)。

2.2 土壤理化特性对线虫生态分布的影响

2.2.1 土壤物理性质及其影响

土壤线虫的生存与繁殖同土壤本身的物理特性有密切关系,一般说来在疏松、多孔、容重小的土壤中线虫相对较丰富,根据衡山和岳麓山的土壤线虫密度与土壤容重的相关分析,其相关系数分别为 -0.8747 和 -0.8695,相关级别均属显著。两地土壤线虫密度和土壤总孔隙度的相关系数分别为 0.8590 和 0.8696,相关亦十分显著。从土壤类型来看,两地基带红壤由于人为影响严重,造成土壤侵蚀、植被稀疏、土壤紧实、质地粘重,致使土壤线虫密度降低。有些线虫学家的研究结果表明^[1],线虫的幼虫必须通过土壤孔隙移动,当土粒直径与线虫长度的比例为 1:3 左右时,线虫的活动最强。土壤孔隙的大小和数量与土壤颗粒的大小和质地有密切关系,如果孔隙小得线虫不能通过,线虫势必会减少。当然,线虫的活动也改变着土壤的结构。作者进行了多索线虫(*Agameris*)和两索线虫(*Amphimeris*)的室内培养,发现每年的 3 月到 12 月上旬,线虫经常从土层中钻出而在土表移动,经过很短的时间后,复钻入土中。显然,由于线虫在土层中极为频繁的移动,给土壤增加了许多小孔隙,疏松了土壤,促进了土壤的透气性。

2.2.2 土壤主要化学特性及其影响

衡山和岳麓山地区的地带性常绿阔叶林,凋落物量分别为 9335.04kg/ha 和 7143.57kg/ha,均高于针叶林和针阔叶混交林;相应有机质含量分别为 9.43% 和 6.47%,亦高于其它林相下发育的土壤(表 2)。在两地土壤线虫的定位调查结果表明,线虫的生态分布与森林凋落物量和有机质含量均呈正相关,衡山土壤线虫密度与凋落物量和有机质含量的相关系数值分别为 0.9213 和 0.9133;岳麓山土壤线虫密度与森林凋落物和

有机质含量的相关系数值分别为 0.9469 和 0.7167, 相关级别均为显著。

土壤 pH 值在 4.0~8.0 范围内, 对线虫的活动是适宜的, 即在植物生长的适宜 pH 范围内线虫很活跃(Wallace 1971), 随着土壤酸度的增加线虫的活动则受到一定的抑制, 岳麓山地区针叶林下的土壤 pH 值为 3.87, 土壤线虫则有明显减少的趋势。

表 2 土壤特性与土壤线虫分布

样区	土壤类型	森林凋落物(kg/ha)	有机质(%)	pH	土壤容重(g/cm ³)	总孔隙度(%)	土壤颗粒组成(%)			土壤线虫	
							粒径(mm)				
							砂粒 1~0.05	粉砂粒 0.05~0.01	粘粒 <0.01	数量	密度
衡山	1 红壤	2095.65	1.59	5.08	1.403	47.06	36.65	35.82	30.52	1895	105
	2 山地红壤	3982.00	3.60	5.06	0.736	72.23	32.29	41.92	25.79	2265	126
	3 山地黄壤	7919.20	8.60	6.60	0.837	64.64	27.29	42.60	30.32	2451	136
	4 山地黄棕壤	9335.04	9.34	4.51	0.670	74.72	33.69	33.31	33.64	2673	149
	5 山地生草黄棕壤	6815.91	7.14	5.83	0.780	70.50	18.20	38.41	43.39	2636	146
岳麓山	1 红壤	3017.51	3.65	3.87	1.389	47.58	45.29	19.22	35.49	851	47
	2 红壤	5902.95	5.29	4.57	1.225	53.77	43.46	19.52	33.02	1487	83
	3 红壤	7143.57	6.47	4.30	0.980	63.02	42.61	20.35	37.04	2365	131
	4 红壤	5802.9	8.78	4.18	0.871	67.13	53.01	16.93	30.06	1885	105

2.3 土壤线虫的季相变化

线虫生存繁衍的重要环境因素是土壤温度和土壤湿度, 前者决定于纬度、海拔高度、地理位置和季节变化, 后者决定于大气降水和林间的小气候等, 土壤水热条件的周期性变化对线虫的生态分布有着明显的影响。

2.3.1 土壤温度的变化及其影响 线虫和其它土壤动物一样对温度变化是非常敏感的, 当温度超过其生存繁殖的适温界限时, 线虫数量则大大减少, 不少研究表明土壤线虫生存繁殖的最适温度为 20℃~25℃ (Bird 和 Wallace, 1965), 低于 5℃ 或高于 30℃ 则受到明显抑制, 根据对衡山和岳麓山全年土温的观测, 可以清楚地看出土温的周期性变化对线虫消长的影响; 2 月低温期, 衡山月均土温为 3.04℃, 其中山顶样区土温为 0.6℃, 岳麓山月均土温为 1.8℃, 其中山顶样区土温 1.5℃。8 月高温期, 衡山月均土温为 26.9℃, 山顶样区土温 29℃; 岳麓山月均土温为 26.8℃, 山顶样区土温 27.5℃, 从土壤线虫的数量变化来看, 2、8 两月虫口密度均明显减少, 2 月份两地线虫的数量分别占全年采集量的 7.5% 和 7.6%; 8 月份分别占全年采集量的 5.9% 和 3.1%, 其中以 8 月高温期土壤线虫减少最明显(表 3)。

2.3.2 土壤湿度的变化及其影响 由于土壤水分不论在时间和空间上都经常发生变化, 故有人把土壤中的动物分为水生动物、湿生动物和干生动物三类, 一般认为土壤线虫属于水生动物, 它必须在土壤液态水中生活, 只有当土壤空气湿度接近 100% 时, 有充足的水分在土壤颗粒上形成膜状水, 幼虫才能通过土粒之间的孔隙而自由地移动(Wallace, 1964), 这也正是研究区内 8 月高温干旱期土壤线虫减少的重要原因, 8 月衡山和岳麓山土壤平均含水量分别为 7.43% 和 9.32%, 土壤线虫仅占全年采集量的 5.9% 和 3.1%, 而 11 月则是土壤线虫的增殖高峰期, 两地的土壤线虫分别占全年采集量的 15.8% 和 20.51%; 此期间土壤含水量也比较适

中,分别为 22.99%和 19.31%。但在 6 月的丰水期,衡山和岳麓山的土壤含水量分别达到 23.45%和 22.07%,而土壤线虫的数量分别仅占全采集量的 4.78%和 5.76%,土壤线虫毕竟不是淡水线虫,因而土壤水分含量过高或长期处于过饱和状态,土壤线虫的生长发育受到阻碍,数量减少,这主要是由于水多缺氧造成的。据实验,当土壤含氧量由 21%减少到 10%时,线虫的数量减少 72%,这正是土壤通气状况影响线虫发育的证明(Van Gundy,1961)。

表 3 土壤线虫的季节变化

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
衡	土壤温度(°C)	1	9.5	4.5	7.5	12.5	23	23.5	25	29	31	21	21	17
		2	9.0	3.7	6.0	10.5	21	23.5	29	28	28	16	19	15
		3	8.9	3.5	4.5	10.0	18.5	22	26	28	25	15	12	13.5
		4	7.0	2.9	0.5	7.50	12.5	20.5	24	25.5	21	14	10	11
		5	7.0	0.6	0	8.5	15.0	15.5	16.5	24	19.5	14	5	12
山	土壤含水量(%)	1	11.53	14.89	11.50	17.21	18.89	16.36	14.69	6.63	11.47	17.89	11.96	7.65
		2	13.22	17.84	20.95	17.85	25.22	18.10	17.08	21.81	3.28	15.27	16.75	13.78
		3	19.61	32.23	31.42	31.87	24.00	25.61	22.91	16.58	16.97	20.92	22.69	19.06
		4	35.40	35.61	32.65	41.36	35.17	33.92	29.87	28.43	24.69	35.27	31.88	30.70
		5	15.91	30.81	31.84	32.06	31.86	23.26	17.99	13.71	25.51	31.38	31.65	31.03
岳	线虫数量(条)	1	160	158	33	202	95	158	105	53	508	101	227	95
		2	188	126	117	275	262	68	95	93	413	171	328	138
		3	296	196	74	180	232	140	73	119	263	239	364	276
		4	310	331	57	211	86	54	112	190	385	253	446	236
		5	338	79	143	195	87	150	24	254	473	154	521	218
麓	土壤温度(°C)	1	4.5	1.5	6.5	14.5	20.5	22.5	25.5	26.5	21.5	23	17	10.5
		2	4.5	1.5	6.0	14.5	20	21.5	25.0	26.5	22.0	21	16.5	9.5
		3	3.5	2.0	5.5	14.5	19.5	20.5	24.5	27.0	21.5	20	16.5	9.5
		4	3.5	2.0	5.5	15.5	19.5	20.0	24.5	27.5	21.5	19	16	8.5
山	土壤含水量(%)	1	13.89	16.92	16.93	17.82	20.08	18.07	16.20	8.09	14.75	18.25	16.13	11.27
		2	18.32	20.85	19.43	20.12	16.13	19.75	17.37	10.32	15.64	17.19	17.42	12.34
		3	23.74	21.65	20.97	23.7	19.27	24.47	20.97	13.13	21.67	18.91	26.26	17.91
		4	21.86	20.75	19.10	21.00	24.02	25.90	19.12	5.77	13.62	25.05	17.70	12.20
山	线虫数量(条)	1	53	39	55	82	16	72	37	28	99	62	187	121
		2	82	168	248	69	147	61	53	53	183	54	245	124
		3	136	139	240	126	279	114	133	111	153	174	463	297
		4	187	159	247	84	121	133	66	10	63	237	456	122

2.4 海拔高度对线虫生态分布的影响

根据衡山和岳麓山的定位调查结果,除多索线虫外,其它种类线虫的生态分布在中低山区未见有显著的垂直分异。在岳麓山各调查区和海拔 600m 的衡山半山亭调查区,均采集到较多的多索线虫(*Agamermis sp.*)和长沙多索线虫(*Agamermis Changshaensis*)。在海拔 800m 的衡

山广济寺调查区也采集到一些多索线虫,而在海拔 1290m 的最高峰(祝融峰)则未发现有多索线虫,这与作者曾在桂东县山地的调查结果是一致的。

两索线虫(*Amphimermis* sp.)是平原地区的优势种和丘陵地区的常见种,作者提取了大量的低山(海拔为 400m 左右)地区土壤样品,未发现有两索线虫,表明两索线虫主要分布在海拔 100m 以内的土壤中,这也是作者在岳麓山采集到较多的两索线虫标本,而在南岳衡山则未发现有两索线虫的原因。

2.5 土壤线虫在土体剖面中的分异

土壤线虫在土壤剖面中的垂直分异大体与植物根系的分布状况相一致,即随着土层深度的增加而减少,直至消失。因而大多数线虫主要栖息在土壤表层(腐殖质层),由于山地土壤土层深厚,1m 左右的土层中仍有线虫分布^[12~13]。本工作主要研究 0~15cm 土层中的线虫空间分布,但仍然可以看出线虫分布的垂直差异,定位研究结果表明:衡山的五个取样区中 0~5cm 土层的线虫占线虫总数的 59.40%,5~10cm 占 26.60%,10~15cm 占 14.00%;岳麓山的四个取样区中 0~5cm 土层的线虫占总数的 50.27%,5~10cm 占 33.82%,10~15cm 占 25.77%。两地线虫均随土层深度的增加而减少,表明线虫的这一表聚现象与土壤有机质的垂直递减规律相一致(表 4)。

表 4 土壤线虫在土体剖面中的垂直分布

土层深度 (cm)	衡 山 岳 麓 山																	
	马尾松林		柳杉林		混交林		常绿林		灌草丛		针叶林		混交林		常绿林		灌草丛	
	线虫数	有机质(%)	线虫数	有机质(%)	线虫数	有机质(%)	线虫数	有机质(%)	线虫数	有机质(%)	线虫数	有机质(%)	线虫数	有机质(%)	线虫数	有机质(%)	线虫数	有机质(%)
0~5	1315	3.15	1400	7.25	1222	10.87	1591	13.09	1498	7.93	490	5.57	676	8.03	1237	9.43	909	13.11
5~10	394	1.06	570	2.35	796	8.23	722	7.93	723	6.82	248	3.65	562	4.41	773	6.07	645	7.23
10~15	186	0.55	304	1.21	433	6.71	360	7.00	415	6.59	113	1.73	249	3.44	355	3.93	322	6.00

参 考 文 献

- 1 王 珏等.白色六索线虫一新亚种中华亚科(*Hexamerims albicans sinensis* sp. nov.). 华中师范大学自然科学学报,1988,22(1):71~74
- 2 王 珏等.小地老虎寄生六索线虫二新种.动物分类学报,1990,15(1):10~17
- 3 任惠芳等.人工释放中华卵索线虫防治麦田一代粘虫试验.生物防治通报,1989,5(1):24~26
- 4 伍惠生.聚乙烯醇封固鱼类寄生虫和小型节肢动物方法.动物学杂志,1980,15(1):52~53
- 5 伍惠生等.两索线虫属 *Amphimermis* 和复索线虫属 *Complexomerms* 在索科线虫中分类位置的探讨.动物分类学报,1983,8(3):331~332
- 6 毕志树等.植物线虫学.北京:农业出版社,1965.
- 7 汪义慰等.粘虫寄生六索线虫(*Hexamerms* sp.)的生物学研究.华中师范学院学报,1981(3):100~105
- 8 汪义慰等.小地老虎寄生六索线虫一新种.华中师范大学自然科学学报,1986,20(2):189~193

- 9 姜德全. 四川捕食性线虫(单齿科)的记述. *四川动物*, 1988, 7(3): 4~6
- 10 Wu H W and Hoeppli R. Free-living Nematodes from Fookien and Chekiang. *Archiv F Schiff Trop Hyg Patho and Ther Exot Krank*. 1929, 33(1): 35~43
- 11 Taylor A L and Sasser J N. 植物根结线虫. 北京: 科学出版社, 1983.
- 12 王振中等. 衡山自然保护区森林土壤动物群落研究. *地理学报*, 1989, 44(2): 205~213
- 13 张一, 陈鹏. 吉林省东部山地主要土壤类型及土壤动物. *东北师范大学自然科学学报*, 1984(2): 83~92

STUDY TOWARDS THE ECO-GEOGRAPHIC COMMUNITY OF
MOUNTAIN SOIL NEMATODA IN THE MIDDLE OF HUNAN

Wang Zhenzhong Zhang Youmei

(Department of Geography, Hunan Normal University)

Wu Huisheng

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract By made two-year fixed position research on the soil nematoda of the Hengshan Mountain in Nanyue and the Yuelushan Mountain in Changsha. We've got 18511 nematoda specimens. As far as classification is concerned, there're 24 kinds, divided into 6 orders, belonging to 10 families and 18 genuses. Nematoda occupies a dominant position in soil animal community. Nematoda's eco-distribution is deeply affected by vegetation types and cover degree, soil properties, mountain climate, slope directions and microterrian. There clearly exists the law that increase of the depth is accompanied by a progressive decrease of vertical distribution of nematoda in soil.

Key words soil nematoda; soil animal; soil structure; soil profile; geography distribution