

金华北山阔叶林大型土壤动物群落的初步研究

郑 祥 鲍毅新^{*} 孔军苗 葛宝明

(浙江师范大学化学与生命科学学院 浙江金华 321004)

摘要 2003年10~11月,对金华北山落叶阔叶林和常绿阔叶林大型土壤动物进行了调查,共获得大型土壤动物1445只,隶属3门,7纲,18目。其中近孔寡毛目(线蚓科)、鞘翅目为优势类群,正蚓目、弹尾目、膜翅目、双翅目、蜘蛛目、蜱螨目为常见类群。通过对两个样地大型土壤动物的对比分析,落叶阔叶林和常绿阔叶林的大型土壤动物优势类群、常见类群组成成分及类群数基本相同,群落多样性和均匀性指数差异不大。在垂直分布上,两者的变化基本一致,类群数和个体数量随土层的加深呈递减趋势,且表聚现象明显。土壤养分和pH值与大型土壤动物群落组成和结构密切相关。

关键词 阔叶林; 大型土壤动物; 群落结构

中图分类号 Q959

土壤动物在分解生物残体、改变土壤理化性质、促进土壤物质循环和能量转化过程中起着重要作用,同时土壤生态因子也决定了土壤动物的生存与活动。近年来国内外学者已从生理学、生态学、分子生物学等方面来研究土壤动物与土壤生境的密切关系,使土壤动物的研究提升到了新的高度,内容涉及土壤动物与微生物相互作用对土壤理化性质的作用;生境状况、环境压力、食物资源等对土壤动物耐受力的影响;土壤动物作为指示生物在土壤质量评价体系中的重要作用等等^[1~4]。随着生态科学的研究日趋深入,土壤动物在生态系统中的作用也愈加明显。我国在热带、亚热带、温带地区陆续开展了一系列研究^[5~9],但对亚热带阔叶林生境中土壤动物的研究较少。本文对金华北山阔叶林生境中大型土壤动物群落结构特征、垂直分布进行了初步研究,为更好地认识亚热带森林生态系统的结构和功能提供科学依据,也为亚热带土壤动物群落的研究提供基础资料。

1 自然概况与调查方法

1.1 自然概况

金华北山位于29°13'N, 118°52'E, 主峰大盘尖海拔1312 m。全区以流纹岩为主,局部为裸露的石灰岩。土壤以中亚热带山地红、黄壤为主, pH 5.0~6.5, 红壤主要分布在海拔500 m以下的地段, 黄壤

主要分布在海拔500~1000 m之间的地段,海拔1000 m以上的地段分布着山黄泥土或山香灰土。北山属亚热带湿润季风气候,年平均降雨量为1500~1800 mm,年平均气温15.1℃,7月均温26.4℃,1月均温3.6℃,极端最高温41.3℃,极端最低温-9.5℃。本区地带性植被属于亚热带常绿阔叶林,主要乔木有木荷(*Schima superba*)、苦槠(*Castanopsis sderophylla*)、枫香(*Liquidambar formosana*)等;灌木层主要有格药柃(*Eurya maricata*)、杜鹃(*Rhododendron simsii*)、马银花(*Rhododendron ovatum*)等;草本植物以鳞毛蕨(*Dryopteridaceae*)、马兰(*Kalimeris indica*)、芒草(*Miscanthus sinensis*)等为主^[10]。

1.2 研究方法

2003年10月和11月分别在金华北山进行了大型土壤动物调查。由于调查工作在秋冬季进行,落叶阔叶林和常绿阔叶林在景观特征上已有明显的差别。在金华北山海拔600~650 m一带,选择分别代表落叶阔叶林和常绿阔叶林两种森林类型的样地各1个。每次在各样地取2个样方,每个样方面积为50 cm×50 cm,分3个土壤层(I: 0~5 cm; II: 5~10 cm; III: 10~15 cm),用手拣法取得大型土壤动物,用70%酒精杀死固定,带回室内分类鉴定。本文大型土壤动物的分类鉴定采用青木淳一^[11]和尹文英^[12]的大类别(纲、目或科)分类方法。

* 通讯作者

1.3 数据分析

土壤动物的多度按以下标准划分：个体数量占总捕获量 10 %以上者为优势类群，占 1 %~9.9 %者为常见类群，不足 1 %者为稀有类群。

采用以下公式测定土壤动物群落结构的指标。

Shannon-Wiener 多样性指数公式：

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i (p_i = n_i / N) ;$$

均匀性指数公式： $e = H'/\ln s$

Simpson 优势度指数公式： $c = \sum (n_i / N)^2$

相似性指数公式： $S = C / (A + B - C)$

公式中 H' 为多样性指数， e 为均匀性指数， c 为优势度指数， S 为相似性指数， A 、 B 为两群落的类群数， C 为两群落共有的类群数， n_i 为该区内第 i 个类群的个体数量， N 为样区内所有物种的个体数量， s 为样区内类群数目。

2 结果与分析

2.1 大型土壤动物群落组成及数量

在 2 个样地共取 8 个样方，采集土样 24 个，土样容积 $3 \times 10^5 \text{ cm}^3$ ，获得各类大型土壤动物 1445 只，隶属 3 门，7 纲，18 目（表 1）。其中优势类群为近孔寡毛目（线蚓科）(53.98 %)、鞘翅目 (17.37 %)，常见类群为正蚓目 (1.66 %)、弹尾目 (5.88 %)、膜翅目 (5.05 %)、双翅目 (2.35 %)、蜘蛛目 (4.98

%)、蜱螨目 (3.04 %)，其余类群占个体总数的 1.00 %以下（表 2）。可见金华北山大型土壤动物群落异质性很高，大部分动物仅属于很少的几个类群，以上 2 个优势类群和 6 个常见类群个体数量占大型土壤动物总捕量的 94.31 %，它们构成了金华北山阔叶林大型土壤动物群落的主体，对群落特征起着决定性作用。稀有类群虽然仅拥有很少的个体，但其中个体较大的类群，如地蜈蚣目、石蜈蚣目、圆马陆目等却是碎裂植物残体的主力，在物质循环过程中也发挥着重要作用。

2.2 大型土壤动物群落结构的重要指标

土壤动物的类群数、个体数、密度以及多样性、均匀性、优势度是反映土壤动物群落结构和功能差异性的主要指标。多样性、均匀性与优势度都取决于群落类群数和各类群的个体数。多样性指数大，说明群落物种丰富，结构复杂，类群数量分布均匀。优势度反映群落优势集中的程度，优势度指数越大，多样性与均匀性指数越低。

由表 3 可知，落叶阔叶林大型土壤动物群落的 H' 和 e 值都略高于常绿阔叶林，而 c 值则相反。这表明常绿阔叶林大型土壤动物群落相对较单一，个体数偏少，种类分布均匀性差，优势类群突出；而落叶阔叶林，大型土壤动物群落相对较复杂，类群数和个体数较多，分布均匀性较完善。但两者的这种差异并不明显，从群落的相似性指数 S (0.7778) 也反映两种林型大型土壤动物组成和结构比较相近。

表 1 北山阔叶林大型土壤动物类群

Table 1 Soil macrofauna groups in broadleaf forest in Mountain Bei

门	纲	目		
软体动物门 Mollusca	腹足纲 Gastropoda	柄眼目	Stylommatophora	
环节动物门 Annelida	寡毛纲 Oligochaeta	近孔寡毛目	Oligochaeta	正蚓目 Lumbricida
节肢动物门 Arthropoda	蛛形纲 Arachnoidea	蜘蛛目	Araneae	蜱螨目 Acarina
	唇足纲 Chilopoda	石蜈蚣目	Lithobiomorphy	地蜈蚣目 Geophilomorpha
	综合纲 Symphyla	综合目	Symplyla	
	倍足纲 Diplopoda	圆马陆目	Sphaerotherida	
	昆虫纲 Insecta	鞘翅目	Coleoptera	弹尾目 Collembola
		膜翅目	Hymenoptera	半翅目 Hemiptera
		同翅目	Homoptera	双翅目 Diptera
		直翅目	Orthoptera	双尾目 Diplura
		鳞翅目	Lepidoptera	

表2 北山两种林型大型土壤动物组成和数量
Table 2 Composition and population of soil macrofauna in two different types of forests in Mountain Bei

类群	落叶阔叶林		常绿阔叶林		个体总数(只)	频度(%)	多度
	个体数(只)	占总数(%)	个体数(只)	占总数(%)			
近孔寡毛目	412	51.63	368	56.88	780	53.98	+++
正蚓目	20	2.51	4	0.62	24	1.66	++
柄眼目	8	1.00	4	0.62	12	0.83	+
鞘翅目	141	17.67	110	17.00	251	17.37	+++
弹尾目	62	7.77	23	3.55	85	5.88	++
膜翅目	28	3.51	45	6.96	73	5.05	++
半翅目	0	0.00	4	0.62	4	0.28	+
同翅目	5	0.63	5	0.77	10	0.69	+
双翅目	21	2.63	13	2.01	34	2.35	++
直翅目	4	0.50	0	0.00	4	0.28	+
双尾目	5	0.62	0	0.00	5	0.35	+
鳞翅目	5	0.63	2	0.31	7	0.48	+
蜘蛛目	46	5.76	26	4.02	72	4.98	++
蜱螨目	13	1.62	31	4.79	44	3.04	++
石蜈蚣目	7	0.88	3	0.46	10	0.69	+
地蜈蚣目	7	0.88	6	0.93	13	0.90	+
综合目	7	0.88	0	0.00	7	0.48	+
圆马陆目	7	0.88	3	0.46	10	0.69	+
合计	798	100	647	100	1445	100	-

优势类群 (+++); 常见类群 (++) ; 稀有类群 (+)。

表3 金华北山大型土壤动物群落结构重要指标值
Table 3 Main indexes of community structure of soil macrofauna in Mountain Bei

指标	落叶阔叶林	常绿阔叶林
类群数(目)	17	15
个体数(只)	798	647
密度(只/m ²)	266.00	215.67
多样性(H')	1.7463	1.5596
均匀性(e)	0.6122	0.5720
优势度(c)	0.3082	0.3577
相似性(S)	0.7778	

2.3 大型土壤动物的生态分布

2.3.1 水平分布 从两个样地大型土壤动物类群数量组成来看, 其优势类群和常见类群的组成成分和数量基本相同, 但个体数分布各有不同。落叶阔叶林和常绿阔叶林的优势类群均为近孔寡毛目(线蚓科)和鞘翅目, 两类群的数量分别占各自样地总量的 69.30 % 和 73.88 %。落叶阔叶林样地常见类群 7 类, 个体数占该样地总量的 24.81 %; 除柄眼

目、正蚓目外, 常绿阔叶林样地 5 类常见类群与落叶阔叶林一致, 个体数占该样地总量的 21.33 %。从优势类群和常见类群的组成上看两者基本一致, 反映了两样地的大型土壤动物组成和结构具有相似的特性。

但通过对两个样地大型土壤动物的调查统计, 落叶阔叶林样地有大型土壤动物 17 个类群(目), 个体总数 798 只, 占两样地总个体数的 55.22 %, 平均密度为 266.00 只/m²; 常绿阔叶林样地有 15 个类群, 个体总数 647 只, 占两样地总个体数的 44.78 %, 平均密度 215.67 只/m²。不管是类群数还是个体数, 落叶阔叶林样地均高于常绿阔叶林。笔者认为, 常绿阔叶林凋落物较少, 食物多样性和可利用性的限制可能是造成该样地群落丰富度相对较低的一个重要原因。大型土壤动物水平分布的异质性在一定程度上也反映了不同林型大型土壤动物群落结构的各自特点。

2.3.2 垂直分布 由于土壤各层内有机质和营养元素的含量、理化特性和水热条件有差异, 从而

导致土壤动物在各层分布的差异^[13]。金华北山阔叶林中大型土壤动物类群数和个体数的差异明显体现在垂直结构上。由表4可知，两个样地无论在类群数还是个体数上均为I层>II层>III层，I层个体数占总数的65.61%，II层占26.02%，III层占8.37%。这同大多数优势类群和常见类群有明显的表聚性有关^[14, 15]。在落叶阔叶林和常绿阔叶林样地，I层土壤动物的个体数分别占各自样地总捕获量的68.67%和61.82%。但不同类群的丰富度随土层加深而递减的程度则不同。膜翅目在II层其个体数最高，其他各优势类群和常见类群个体主要都集中在I层（图1），其中近孔寡毛目、鞘翅目、蜘蛛目表聚现象最明显。通过对比分析，落叶阔叶林大型土壤动物类群数和个体数比常绿阔叶林更集中于表层，而

常绿阔叶林大型土壤动物类群数随土层垂直变化相对缓和些。许多学者的研究表明，土壤动物的数量分布常与土壤有机质的含量呈正相关^[12-19]。秋冬季节北山落叶阔叶林表层丰富的有机质含量是其大型土壤动物表聚现象更为突出的重要原因。

表4 金华北山两种林型大型土壤动物群落的垂直结构

Table 4 Vertical distribution of soil macrofauna in different soil layers in Mountain Bei

土层	落叶阔叶林		常绿阔叶林	
	类群数	个体数	类群数	个体数
I	16	548	14	400
II	8	180	8	196
III	4	70	6	51

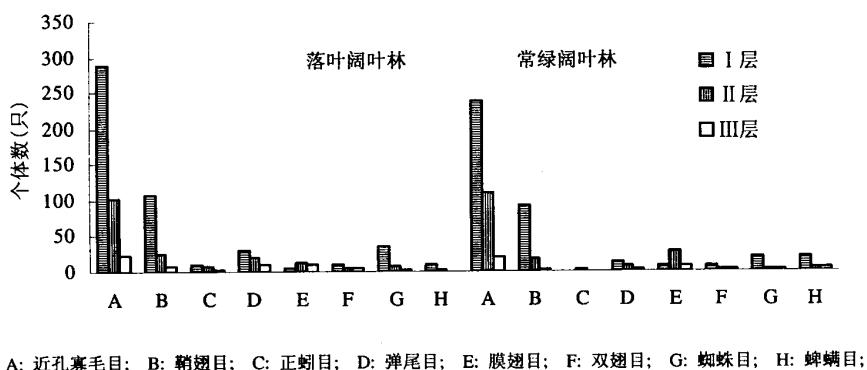


图1 优势类群和常见类群的垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of dominant genera and common genera of soil macrofauna

2.4 大型土壤动物与土壤养分的关系

土壤有机质和N、P、K含量是阔叶林土壤肥力的重要指标。一般情况下，土壤养分含量越高，土壤动物的类群数和个体数越多。分析表明（表5），落叶阔叶林有机质和N含量较高，因此大型土壤动物的类群数和个体数高于常绿阔叶林。土壤含K量较高，落叶阔叶林速效K为75 mg/kg，常绿阔叶林为60 mg/kg。速效K的含量对大型土壤动物分布影

响较大。土壤含P量偏低，两个样地速效P均为6 mg/kg，样地土壤动物与速效P含量关系不密切。可见阔叶林内土壤养分与土壤动物有着密切的关系。养分丰富，土壤动物的多样性指数和均匀性指数高，其类群数和个体数也多。土壤pH值是土壤动物分布的限制因素。大多数土壤动物适宜在微酸性和中性条件下生存。北山红黄壤pH值一般在5.0~6.5之间。调查表明，落叶阔叶林pH值略高于常绿阔

表5 土壤特性和大型土壤动物的关系

Table 5 Relationship between soil properties and soil macrofauna

样地	类群数 (目)	个体数 (只)	密度 (只/m ²)	有机质 (g/kg)	全N (g/kg)	速效P (mg/kg)	速效K (mg/kg)	pH
落叶阔叶林	17	798	266.00	16.3	2.62	6	75	6.0
常绿阔叶林	15	647	215.67	11.9	1.76	6	60	5.5

叶林, 其大型土壤动物组成较为丰富。

3 结论

(1) 我国亚热带地区气候温和、雨量充沛、植被丰盛、土壤肥沃, 因而土壤动物无论是在种类还是在数量上都很丰富^[6]。从金华北山阔叶林两个样地中, 我们共收集到大型土壤动物 1445 只, 隶属 3 门, 7 纲, 18 目。其中近孔寡毛目(线蚓科)、鞘翅目为优势类群, 正蚓目、弹尾目、膜翅目、双翅目、蜘蛛目、蜱螨目为常见类群, 它们构成了金华北山阔叶林大型土壤动物的主体。其他 10 类为稀有类群。在落叶阔叶林和常绿阔叶林, 大型土壤动物优势类群和常见类群基本相同, 稀有类群有一定差异。这在一定程度上反映了常见类群与大气候条件密切相关, 稀有类群与小生境有关, 其常成为不同生境的指示动物^[16]。

(2) 大型土壤动物的类群和数量, 由于受外界的环境条件影响较大, 地区差异特别显著。从我国亚热带的浙江天目山^[6, 17]、湖南衡山^[6, 18]、岳麓山^[6, 19]大型土壤动物的研究来看, 以及对比国外的相关资料^[9], 均有显著的不同, 难以作比较。金华北山属典型的亚热带常绿阔叶林区, 其落叶阔叶林和常绿阔叶林大型土壤动物类群(目)数分别为 17 类和 15 类, 平均密度分别为 266.00 只/m²、215.67 只/m², 丰富的大型土壤动物对北山阔叶林生态系统的物质循环和能量流动起着重要的促进作用。

(3) 森林生长的营养来源主要依赖于有机物质的分解与转化。有机物质主要以凋落物的形式进入土壤, 在土壤动物和微生物的共同作用下将凋落物进行分解, 转化成植物可利用的矿质营养和简单盐类。在秋冬季, 落叶阔叶林的凋落物多, 土壤有机质和 N、K 含量明显高于常绿阔叶林, 因而大型土壤动物相对较丰富。常绿阔叶林大型土壤动物相对较少, 与林地有机质来源少, 有机物质多样性低, 有机 C 分解缓慢等有密切关系。

(4) 金华北山落叶阔叶林和常绿阔叶林大型土壤动物在垂直分布上基本一致, 表聚现象均很明显, 绝大部分土壤动物类群数和个体数随土层的加深呈递减趋势。大型土壤动物这种垂直分布的差异主要是因为表层通气良好, 水分稳定, 有丰富的分解碎屑和植物残体, 给土壤动物提供丰富的食物来源; 下层土壤湿度变幅明显, 释放的营养元素少, 不利

于土壤动物的富集。

参考文献

- 1 Pandhurst C, Doube BN. Biological Indicators of soil Health. London: CAB International, 1997
- 2 Torstensson L, Pell M, Stenberg B. Soil quality assessment of cultivated land requires a strategy. Ambio, 1998, 27 (1): 28~30
- 3 尹文英. 中国土壤动物. 北京: 科学出版社, 2000
- 4 王振中, 张友梅, 邢协加. 土壤环境变化对土壤动物群落影响的研究. 土壤学报, 2002, 39 (6): 892~897
- 5 廖宗惠, 李健雄, 杨悦屏, 张振才. 海南尖峰岭热带林土壤动物群落一群落结构的季节变化及其气候因素. 生态学报, 2003, 23 (1): 139~147
- 6 尹文英, 杨逢春, 王振中. 中国亚热带土壤动物. 北京: 科学出版社, 1992
- 7 王振中, 李忠武, 张友梅. 庐山人工针叶林土壤动物群落调查. 湖南师范大学自然科学报, 1998, 21 (4): 83~88
- 8 傅必谦, 陈卫, 董晓晖, 邢忠民, 高武. 北京松山四种大型土壤动物群落组成和结构. 生态学报, 2002, 22 (2): 215~223
- 9 许振文, 刘刚, 左伟. 长白山余脉土们岭土壤动物调查与分析. 土壤, 2003, 35 (2): 156~159
- 10 郭水良. 浙江金华北山木本植物种群生态位研究. 植物研究, 1998, 18 (3): 311~320
- 11 青木淳一. 土壤动物学. 东京: 北隆馆, 1973
- 12 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社, 1998
- 13 李景科. 土壤动物区系—生态地理研究. 吉林: 东北师范大学出版社, 1993
- 14 刘红, 袁兴中. 泰山土壤动物群的生态分布. 生态学杂志, 1999, 18 (2): 13~16
- 15 杨效东, 张建候. 西双版纳人工群落林土壤动物的旱季群落结构. 动物学研究, 1997, 18 (4): 403~409
- 16 刘红, 袁兴中. 中国东部山地森林土壤动物多样性. 山地学报, 2000, 18 (3): 221~225
- 17 张贞华, 沈海铭, 邵玲珑. 西天目山南坡土壤动物及其对环境的影响. 杭州大学学报, 1986, 13 (增刊): 54~63
- 18 王振中, 张友梅. 衡山自然保护区森林土壤中动物群落研究. 地理学报, 1989, 44 (2): 205~213
- 19 王振中, 张友梅, 胡觉莲. 长沙岳麓山森林生态系统中土壤动物群落结构的研究. 湖南师范大学自然科学学报, 1990, 13 (3): 268~270

SOIL MACROFAUNA IN BROADLEAF FOREST IN MOUNTAIN BEI OF JINHUA

ZHENG Xiang BAO Yi-xin KONG Jun-miao GE Bao-ming

(College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004)

Abstract From October to November 2003, soil macrofauna in deciduous broadleaf and evergreen broadleaf forests in Mountain Bei of Jinhua were investigated and 1445 individuals were collected. They belong to 3 phyla, 7 classes, and 18 orders, among which the Oligochaeta (Enchytraeidae) and Coleoptera, were the dominant genera (orders) and Lumbricida, Collembola, Hymenoptera, Diptera, Araneae and Acarina were common genera. Comparison between the two different types of forests in soil macrofauna showed that there was not much difference between the two in composition and population of the dominant genera and common genera of soil macrofauna and not in diversity and homogeneity index of soil macrofauna communities, either. In vertical distribution of soil macrofaunas, the two showed a similar trend, i.e. soil macrofauna were decreasing in numbers of genera and individuals with the increase in soil depth, and tended to assemble in the surface layer. The composition and structure of soil macrofauna were closely related to soil nutrients and pH. This investigation was aimed to reveal composition and distribution of soil macrofauna and promote research on the soil macrofauna and their functions within the ecological system in Mountain Bei of Jinhua. The findings would provide a scientific basis for further research in subtropical regions.

Key words Broadleaf forest, Soil macrofauna, Community structure