

文章编号:1000-5641(2006)02-0112-09

浙江天童栲树林土壤动物群落 结构及其季节变化

易 兰, 由文辉

(华东师范大学 环境科学系, 上海 200062)

摘要: 2003 年 9 月~2004 年 7 月,对浙江天童栲树林中的土壤动物群落按凋落物层和 0~15 cm 土层,进行了四季调查。凋落物层包括新鲜凋落物层、腐叶层和腐殖土层。共获得大型、中型和湿生土壤动物 32 657 只,分属于 10 纲 27 个类群。大型土壤动物以鞘翅目、膜翅目和蜚蠊目为优势,中型土壤动物则以蟬蟎目和弹尾目为主,湿生土壤动物以线虫为主。对调查结果的分析表明:(1)凋落物层中的类群数和密度均高于 0~15 cm 土层;(2)土壤动物在凋落物层中的垂直分布不同于 0~15 cm 土层,类群数表现为向下增加的趋势,底部腐殖土层最多,为 18 类;大量的土壤动物个体集中分布在中间腐叶层和底部腐殖土层,腐叶层较多,两层共占总数的 77.04%;(3)密度-类群 DG 指数反映出土壤动物群落多样性的季节变化为:秋季>春季>冬季>夏季;(4)优势类群的垂直分布随季节发生有规律的变化,从而影响整个群落垂直分布的季节变化。

关键词: 土壤动物; 凋落物层; 垂直分布; 季节变化; 密度-类群 DG 指数; 天童

中图分类号: Q958, S718 **文献标识码:** A

Community Structure and Seasonal Change of Soil Animals in *Castanopsis Fargesii* Forest at Tiantong, Zhejiang Province

YI Lan, YOU Wen-hui

(Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: A four-season investigation was conducted on the soil animals in the litter layers and soil layers depth of 0~15 cm of *Castanopsis fargesii* forest at Tiantong, Zhejiang province during September, 2003 and July, 2004. The litter layer includes fresh litter layer (L), fermentation layer (F) and humus layer (H). Soil animals amount to a total of 32, 657 in number, including macrofauna, mesofauna and wet types, falling into 10 classes and 27 groups respectively. For soil macrofauna, the dominant groups are Coleoptera, Hymenoptera and Blattoptera, while for mesofauna, they are Acarina and Collembola and for wet type ones, Nematoda. The results of the investigation indicate that: (1) the group numbers and density are all greater in the litter than in the soil depth of 0~15 cm; (2) the vertical distribution of soil animals in the litter differs

收稿日期:2005-03

基金项目:国家自然科学基金(30130060);教育部 211 重点学科建设项目

第一作者:易兰(1970-),女,博士,助教。

通讯作者:由文辉,男,教授。

from that in the soil, the group numbers in the former tend to increase gradually from top to bottom, with those in bottom humus layer the largest; altogether 18 groups are found in it; large numbers of individuals are seen in the middle fermentation layer and in the bottom humus layer, with those in the former greater, both accounting for 77.04 % of the total; (3) the DG index (density-group index) reveals a seasonal change of soil animal community diversity as autumn > spring > winter > summer; (4) the vertical distribution of dominant groups varies with seasons in a regular manner, thus influencing the seasonal change of the vertical distribution of the entire community.

Key words: soil animal; litter layers; vertical distribution; seasonal change; density-group index; Tiantong

土壤动物数量巨大,种类极其丰富,是生态系统重要的组成部分,在系统养分循环和能量流动中发挥着重要的作用,对土壤动物多样性的研究长期以来一直受到学者们的关注^[1~6].我国自 20 世纪 80 年代以来,对热带、南亚热带、中亚热带以及温带土壤动物群落多样性开展了调查研究^[7~13],并取得了丰硕成果.浙江天童国家森林公园保存着发育良好的常绿阔叶林植被,栲树林是其代表之一,被列为宁波鄞县重点保护的古木林.但是,关于其中土壤动物的研究迄今未见有正式报道.2003 年 9 月~2004 年 7 月,对栲树林中的土壤动物群落进行了详细的四季调查,目的在于了解土壤动物群落的类群组成、数量、空间结构特征、季节变化和多样性状况,对于全面认识这片古木林的生物多样性,保持生态系统的平衡,维护和管理好这一自然资源,具有一定的实际意义.

1 研究地概况和研究方法

1.1 样地概况

天童国家森林公园位于浙江宁波东部(29°48' N, 121°47' E),属典型的亚热带季风气候.地带性植被为中亚热带北缘常绿阔叶林^[14],栲树林是其代表之一.位于公园内听涛亭后约 300 m 处,海拔 196 m,坡向 SW10°,坡度 26°.林内以栲树(*Castanopsis fargesii*)占优势,大多为枝叶茂盛的百年古木,乔木层还杂有木荷(*Schima superba*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、君迁子(*Diospyros lotus*)等;灌木层主要是连蕊茶(*Camellia fraterna*)和柃木(*Eurya spp.*)为主;草本层以里白(*Diplopterygium glaucum*)和狗脊(*Woodwardia japonica*)为主.凋落物层平均厚达 6 cm,最厚可达 12 cm,腐殖土层(H 层)和腐叶层(F 层)较厚,一般为 4~5 cm.

1.2 采样,分离和鉴定

根据土壤的断面结构^[7,15],对凋落物层和以下的真土层^[15]分别进行采样.

1.2.1 凋落物层

本文指土壤断面结构中的新鲜凋落物层(L 层)、腐叶层(F 层)和腐殖土层(H 层),也称为 A₀层.每个季节在样地内选 3 个点,样点间相距 5 m 以上,按以上 3 层采样,每层取样面积为 20×20 cm²;L 层(Fresh litter layer),叶片新鲜完好,尚未分解,没有破损;F 层(Fermentation layer),凋落物呈半分解状态,多见有霉斑,叶片大多粘连在一起,肉眼还能辨认出植物残体的组织结构,该层没有无机质土壤混入;H 层(Humus layer),凋落物已完全分解,难以辨认原来植物的结构特征,并含有少量无机质土壤.样品用布袋带回天童生态站立即运用塔式干法电热分离装置^[15~16]在 60 W 白炽灯下进行 24 h 分离,未进行湿生类型的分离.

1.2.2 土层

指土壤断面结构中自 A_0 层以下的土层。每个季节选 3 个点, 样点间相距 5 m 以上, 每个点分别进行大型、湿生和干生土壤动物的调查; 大型土壤动物, 在采完凋落物的样点下面, 挖取直径为 30 cm, 深 20 cm 的土样, 就地手捡放入 75 % 酒精中带回; 湿生土壤动物, 在采完大型土壤动物的旁边, 用直径为 3.6 cm 的不锈钢采样器按 0~5 cm, 5~10 cm, 10~15 cm 采集土样, 每个点每层 50 mL, 每层共 150 mL, 带回天童生态站, 每层取出 25 mL 土样, 立即运用 Baermann 湿漏斗法^[8,15~16] 进行 24 h 分离, 每 4 h 放一次样, 当时进行活体镜检计数; 干生土壤动物, 用直径为 5 cm 的不锈钢采样器按 0~5 cm, 5~10 cm, 10~15 cm 采集土样, 每个点每层 100 mL, 每层共 300 mL, 带回天童生态站立即用 Tullgren 装置^[8,15~16] 进行 24 h 分离, 标本用 75 % 酒精保存。

以上所有样品均在双筒解剖镜下镜检计数^[17~19]。

1.3 土壤动物群落多样性的计算公式

(1) 密度-类群指数^[20]: $DG = (g/G) \times \sum (D_i C_i / D_{i\max} C)$, 式中: g 为要测度的某群落的实有类群数, G 为总类群数, D_i 为第 i 类群的密度, $D_{i\max}$ 为各群落中第 i 类群的最大密度, C_i / C 为第 i 个类群在 C 个群落中出现的比率;

(2) Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = - \sum n_i / N \ln(n_i / N)$, 式中: n_i 为第 i 个类群的个体数; N 为群落中所有类群的个体总数;

(3) Pielou 均匀度^[21]: $J_{us} = H' / \ln S$, 式中: S 为类群数;

(4) Simpson 优势度指数^[22]: $C = \sum P_i^2$ 式中: $P_i = n_i / N$ 。

2 结果与分析

2.1 群落组成和数量

栲树林四季共捕获土壤动物 32 657 只, 分属于 10 纲 27 个类群(表 1), 优势类群为蜚蠊目、线虫和弹尾目, 三者共占总数的 93.89 %, 蜚蠊目最多, 是线虫的 1.33 倍、弹尾目的 4.42 倍; 常见类群为线蚓和双翅目, 其余 22 类为稀有类群, 仅占总数的 2.54 %。以上 5 个类群构成了栲树林土壤动物群落的主体。

表 1 栲树林土壤动物群落四季组成和密度

Tab. 1 Composition and density (ind/m²) of soil animal communities in four seasons at *Castanopsis fargesii* forest

类群	春	夏	秋	冬	占总密度/%	多度
蜚蠊目 <i>Acarina</i>	60 304.80	86 499.01	75 940.40	33 520.48	47.51	+++
线虫纲 <i>Nematoda</i>	21 290.32	39 032.26	127 741.94	4 193.55	35.64	+++
弹尾目 <i>Collembola</i>	9 352.82	19 041.67	15 658.76	13 860.59	10.74	+++
线蚓科 <i>Enchytraeidae</i>	4 549.46	2 429.45	3 870.97	1 935.48	2.37	++
双翅目 <i>Diptera</i>	1 736.16	3 075.00	1 144.63	508.33	1.20	++
膜翅目 <i>Hymenoptera</i>	438.98	780.03	2 086.75	997.46	0.80	+
轮虫纲 <i>Rotatoria</i>	967.74	2258.06	0.00	0.00	0.60	+
原尾目 <i>Protura</i>	166.67	250.00	1 266.67	66.67	0.32	+
综合目 <i>Symphyla</i>	150.00	133.33	472.32	208.33	0.18	+
鳞翅目 <i>Lepidoptera</i>	50.00	233.33	383.33	191.67	0.16	+
鞘翅目 <i>Coleoptera</i>	97.49	403.13	9.43	206.13	0.13	+
涡虫纲 <i>Turbellaria</i>	645.16	0.00	0.00	0.00	0.12	+

续表 1

类 群	春	夏	秋	冬	占总密度/%	多度
同翅目 <i>Homoptera</i>	9.43	0.00	169.49	191.67	0.07	+
啮目 <i>Psocoptera</i>	0.00	202.82	0.00	0.00	0.04	+
蜘蛛目 <i>Araneae</i>	42.77	8.33	33.33	41.67	0.02	+
伪蝎目 <i>Pseudoscorpiones</i>	16.67	0.00	33.33	75.00	0.02	+
蜚蠊目 <i>Blattoptera</i>	50.00	0.00	23.58	9.43	0.02	+
缨翅目 <i>Thysanoptera</i>	33.33	8.33	0.00	25.00	0.01	+
倍足纲 <i>Diplopoda</i>	16.67	0.00	33.33	8.33	0.01	+
半翅目 <i>Hemiptera</i>	0.00	33.33	9.43	9.43	0.01	+
四蝎棧目 <i>Tetramerocerata</i>	0.00	0.00	33.33	8.33	0.01	+
石蜈蚣目 <i>Lithobiomorpha</i>	16.67	0.00	0.00	13.05	0.01	+
等足目 <i>Isopoda</i>	0.00	0.00	21.38	4.72	0.005	+
后孔寡毛目 <i>Oligochaeta opisthopora</i>	0.00	0.00	16.67	8.33	0.005	+
地蜈蚣目 <i>Geophilomorpha</i>	4.72	0.00	0.00	0.00	0.001	+
直翅目 <i>Orthoptera</i>	4.72	0.00	0.00	0.00	0.001	+
双尾目 <i>Diplura</i>	4.72	0.00	0.00	0.00	0.001	+
总密度(ind./m ²)	99 949.30	154 388.10	228 949.08	56 083.66	539 370.14	
占全年总密度/%	18.53	28.62	42.45	10.40		
类群数	22	15	19	21	27	

注:表中数据包括凋落物层和 0~15 cm 土层大型、干生中型和湿生类型

+++ : 优势类群(>10%), ++ : 常见类群(1%~10%), + : 稀有类群(<1%)

2.1.1 凋落物层

共获得土壤动物 31 560 只,分属于 7 纲 21 个类群. 优势类群为蜚蠊目和弹尾目,二者共占 95.64%, A/C(蜚蠊目与弹尾目数量比)为 4.23; 常见类群只有双翅目,占 2.14%; 稀有类群很多,共 18 类,仅占 2.22%, 主要是原尾目、膜翅目、鳞翅目和综合目.

2.1.2 0~15 cm 土壤层

共获得大型土壤动物 12 个类群 47 只, 优势类群为鞘翅目、膜翅目和蜚蠊目,三者占大型总数的 65.12%, 鞘翅目最多,占 32.56%, 其余均为常见类群, 主要是半翅目、同翅目、蜘蛛目和等足目. 干生中型土壤动物 398 只,共 8 类, 优势类群为蜚蠊目和弹尾目,二者占干生总数的 92.96%, A/C 为 5.38, 常见类群为膜翅目和双翅目,占 5.28%, 其余为稀有类群. 湿生土壤动物 4 类 652 只, 92.12% 为线虫, 6.03% 为线蚓, 有少量轮虫和涡虫.

2.2 群落空间结构和季节变化

2.2.1 类群数和数量的垂直分布

根据凋落物层和 0~15 cm 土层 1 a 的汇总数据, 对干生和湿生类型(不包括大型)的垂直分布进行分析, 结果表明(图 1), 土壤动物群落在空间上存在明显的成层现象, 凋落物层中的类群数和密度均高于 0~15 cm 土层, 而且垂直分布存在差异: (1) 类群数在凋落物层的分布表现为向下增加的趋势, 底部腐殖土层最多, 为 18 类, 上部新鲜凋落物层为 11 类; 在 0~15 cm 土层则向下减少, 0~5 cm 表土层较多, 有 7 类. (2) 个体数量在凋落物层的分布主要集中在中间腐叶层和底部腐殖土层, 两层共占总数的 77.04%, 腐叶层稍多, 上部新鲜凋落物层最少; 在 0~15 cm 土层, 干生和湿生土壤动物的数量分布符合普遍的规律, 均表现为向下减少的趋势, 湿生土壤动物的减少速率最大, 有 83.31% 的个体集中分布在 0~5 cm 表土层.

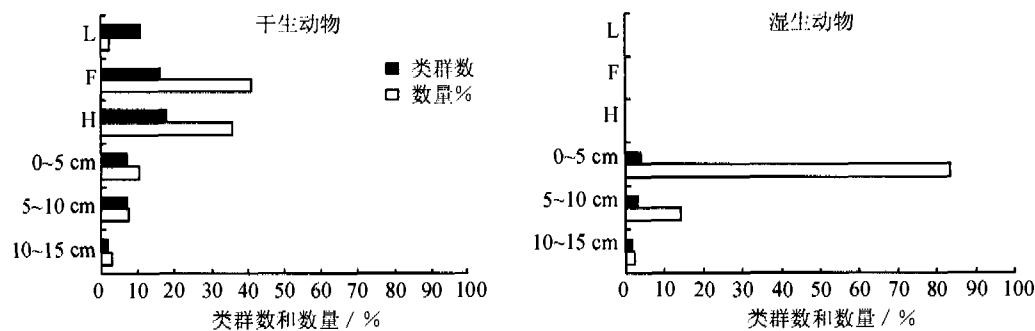


图 1 干生和湿生土壤动物的垂直的分布

Fig. 1 Vertical distribution of dry and wet types of soil animals

2.2.2 类群组成的季节变化

由表 1 可知,不同季节土壤动物群落的类群组成是不同的. 蜱螨目始终是四季中的优势类群,弹尾目和线虫则随季节发生变化. 线虫在冬季较少,只是常见类群,其它三季均为优势类群;弹尾目只在夏季和冬季为优势类群,春秋季节较少. 此外,主要发生在春季的其它类群有:线蚓、蜘蛛目、蜚蠊目、缨翅目和石蜈蚣目,夏季则为:双翅目、鞘翅目、啮目和半翅目;集中发生在秋季的类群较多,它们是:膜翅目、原尾目、综合目、鳞翅目、同翅目、倍足纲、等足目和后孔寡毛目;冬季主要是伪蝎目、同翅目、蜘蛛目、缨翅目和石蜈蚣目.

2.2.3 多样性的季节变化

由表 2 可知,应用不同的多样性指数对栲树林四季土壤动物群落多样性的测度结果是不同的. 类群数的变化为:春季>冬季>秋季>夏季. Shannon-Wiener 指数 H' 与密度-类群指数 DG 所反映的变化趋势是相反的, H' 指数的高峰在夏季,低谷在秋季,而 DG 指数刚好相反,高峰出现在秋季,低谷则在夏季;对于春冬季节的多样性,二者的测度结果表现出一致性. 均匀度与优势度呈很好的负相关,与 Shannon-Wiener 指数 H' 呈正相关. Shannon-Wiener 指数 H' 较侧重于各类群在群落中数量分布的均匀性,四季中夏季优势类群和常见类群最多,Simpson 优势度指数最低,各类群在群落中的数量分配比其它几个季节均匀,Pielou 均匀度最高,所以其 Shannon-Wiener 指数 H' 也达到最高. 但是,它却没有很好反映出类群数这一重要信息,夏季类群数是四季中最低的. Shannon-Wiener 指数在进行土壤动物群落多样性四季变化的比较时有其局限性,它只宜于说明群落本身多样性可能达到什么程度^[20]. 相比较而言,廖崇惠等 1997 年进行改进后的密度-类群 DG 指数能够较好地反映不同季节土壤动物群落多样性的变化. 秋季类群数比夏季高,且其密度在四季中最高,占四季总数的 42.45%,是夏季的 1.5 倍;春季尽管类群数最多,但其密度仅是秋季的 0.4 倍,冬季类群数与春季接近,密度最低,只占总数的 10.40%. 密度-类群 DG 指数综合考虑了多方

表 2 四季土壤动物群落多样性指数的比较

Tab. 2 Comparison of soil animal communities diversity indices in four seasons

多样性指数	春	夏	秋	冬
类群数	22	15	19	21
香农指数 H'	1.21	1.22	1.08	1.19
密度-类群指数 DG	6.99	4.55	8.82	6.36
Pielou 均匀度 J_{ws}	0.39	0.45	0.37	0.39
Simpson 优势度指数 C	0.42	0.39	0.43	0.43

面的因素,最终得出土壤动物群落多样性的四季变化为:秋季>春季>冬季>夏季。

2.2.4 垂直分布的季节变化

2.2.4.1 干生中型土壤动物

由表 3 可知,干生中型土壤动物类群数和密度的垂直分布随季节而发生变化。凋落物层由于温湿度的变化较剧烈,对土壤动物垂直分布的影响较大,春夏季节腐叶层类群数和密度都最高,50%以上的个体都集中分布在该层,尤其夏季最多,这两个季节新鲜凋落物层中土壤动物的密度都非常低。秋冬季节气温转凉,许多土壤动物向下层移动,腐殖土层的类群数和密度都为最大,尤其冬季,许多类群都下移到该层,类群数高达 15。而在 0~15 cm 土层,垂直分布的变化较小,除了夏季中间土层密度较高外,其它三个季节均为 0~5 cm 表土层最高。

表 3 干生中型土壤动物类群数和密度垂直分布的季节变化

Tab.3 Seasonal changes of vertical distribution of group number and density of dry type soil mesofauna

	季 节	新鲜凋落	腐叶层	腐殖土层	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	合计
		物层	(F)	(H)	土层	土层	土层	
类 群 数	春	7	11	8	3	2	0	15
	夏	7	10	6	3	3	1	13
	秋	7	11	10	6	5	0	14
	冬	4	4	15	2	3	2	16
数 量 %	春	0.51	50.50	38.00	9.83	1.17	0.00	100
	夏	0.84	56.02	9.64	9.64	16.52	7.34	10
	秋	6.55	31.58	52.12	8.54	1.22	0.00	100
	冬	1.45	13.16	59.57	16.64	8.15	1.02	100

2.2.4.2 湿生土壤动物

湿生土壤动物的类群数很少这里不作分析,由于线虫的数量占绝对优势(92.12%),其数量的季节变化完全可以代表湿生土壤动物的变化(图 2);春、夏、秋三季均为 0~5 cm 表土层最高,向下递减,尤其秋季,所有的线虫都分布在表土层;冬季部分线虫向 5~10 cm 土层移动,表现为中间土层数量最多,占总数的 61.54%。

2.3 主要类群的垂直分布和季节变化

2.3.1 蜱螨目,弹尾目,双翅目和线虫的垂直分布

蜱螨目、弹尾目、双翅目和线虫为栲树林中的主要类群,对它们的垂直分布进行分析,结果显示(图 3),它们在 0~15 cm 土层中均集中分布在 0~5 cm 的表土层,向下减少,尤其是线虫,84.56% 的个体都分布在该层。在凋落物层的分布(不包括线虫)则有所不同:61.36% 的双翅目分布在中间腐叶层,蜱螨目和弹尾目都集中分布在中间腐叶层和底部腐殖土层,蜱螨目在中间腐叶层稍多,占该类群总数的 41.90%,弹尾目则在底部腐殖土层为多,占 43.76%。三类群在上部新鲜凋落物层的分布均较少。

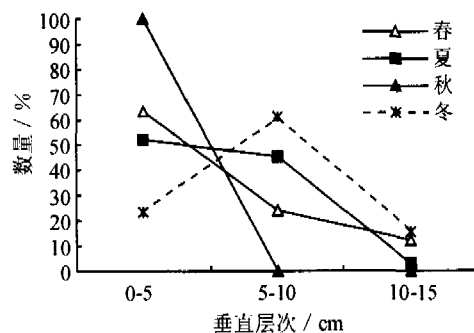


图 2 线虫数量垂直分布的季节变化

Fig.2 Seasonal change of vertical distribution of density percentage of Nematoda

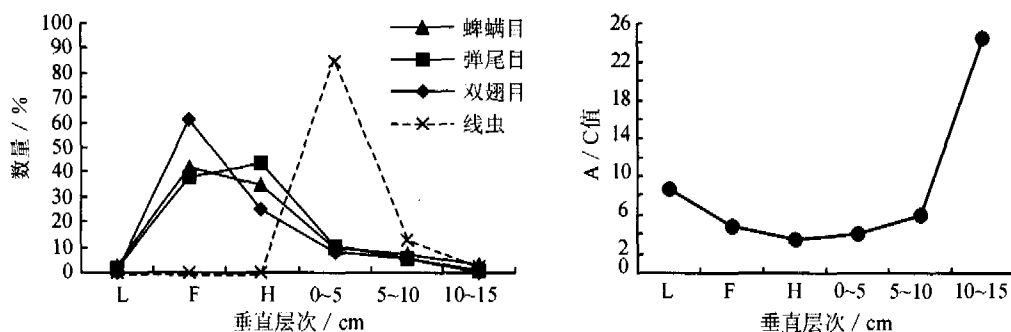


图 3 主要类群的垂直分布

Fig. 3 Vertical distribution of main animal groups

A/C 值表示跳虫和弹尾目的数量比例,分析发现它在凋落物层和 0~15 cm 土层中的变化是不同的.在凋落物层表现为向下递减的趋势,而在 0~15 cm 土层中则表现为向增加的趋势(图 2);L 层最高,达到 8.61,也就是说,在新鲜凋落物层,尽管土壤动物的数量不多,但跳虫的数量远远大于弹尾目,占该层总数的 82.92%,为该层唯一的优势类群,弹尾目只占 9.63%;F 层的 A/C 下降为 4.90,说明弹尾目的数量上升,占该层总数的 16.14%,与跳虫一起成为该层的优势类群;H 层的 A/C 最低,为 3.51,弹尾目的数量继续上升,占该层总数的 21.36%.在 0~5 cm 表土层,A/C 为 4.05,跳虫占该层总数的 73.89%,5~10 cm 土层跳虫的数量为弹尾目的 5.95 倍,10~15 cm 土层土壤动物类群数急剧较少,只捕获到跳虫和弹尾目,在该层跳虫数量大大超过弹尾目,占该层总数高达 96.08%.

2.3.2 跳虫,弹尾目和双翅目的季节变化

随季节的变化,土壤动物会在凋落物层和土层中上下移动,改变各自的栖息场所.由图 4 可知,春季跳虫、弹尾目和双翅目均大量分布在腐叶层和腐殖土层,春季跳虫在腐叶层居多,占 54.22%,69.50%的跳虫则集中在腐殖土层,双翅目在这两层中的数量接近;夏季三者均向腐叶层集中,51.68%的跳虫、70.02%的跳虫和 92.14%的双翅目都分布在该层,跳虫有部分向 5~10 cm 土层移动,占 20.77%,跳虫和双翅目在夏季的土层中未有发现;秋季跳虫和跳虫都向腐殖土层移动,50%以上的个体都分布在该层,双翅目幼虫则与它们不同,秋季分别向腐叶层和 0~5 cm 表土层集中,表土层最多,占总数的 44.42%;冬季 71.37%

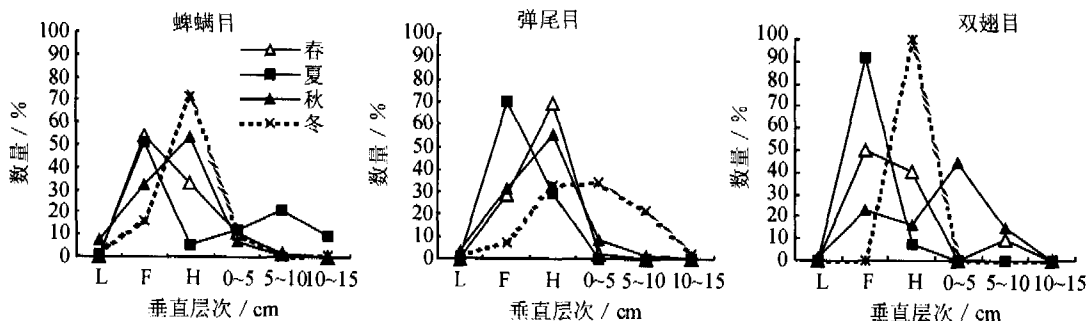


图 4 主要类群垂直分布和季节变化

Fig. 4 Vertical distribution of main animal groups Seasonal change of vertical distribution of density soil animal groups

的螨和所有的双翅目都分布在腐殖土层,跳虫则有许多向 0~5 cm 表土层移动,数量与腐殖土层接近。

3 讨 论

3.1 为了解天童栲树林土壤动物群落多样性的水平,特将其与已经进行调查研究的关于中亚热带其它地区、南亚热带和热带典型植被中土壤动物群落的多样性进行比较,结果显示(表 4):天童常绿阔叶林代表之一的栲树林中土壤动物群落的类群数比同处于中亚热带的衡山和天目山高,与南亚热带的鼎湖山接近,其 Shannon-Wiener 指数 H' 也为中亚热带三者中最高,小于南亚热带的鼎湖山和热带的尖峰岭。A/C 值显示,天童栲树林中蝉螨目远比弹尾目的数量多,其它地区二者的比例都比天童小。蝉螨目在各群落中所占的比例表明,天童与天目山较接近,远高于鼎湖山和尖峰岭。

表 4 天童栲树林土壤动物群落与热带、南亚热带和中亚热带其它地区的比较

Tab. 4 Soil animal community in *Castanopsis fargesii* forest at Tiantong in comparison with those in tropics, south subtropics and central subtropics

	热带尖峰岭	南亚热带	中亚热带		
	18°33' N 山地雨林	鼎湖山 23°08' N 季风常绿阔叶林	天童 29°48' N 常绿阔叶林	衡山 27°11' N 常绿阔叶林	天目山 32°20' M 夏绿、常绿阔叶林
类群数	27	22	23	17	18
H'	1.82	1.5	1.25	0.93	0.64
A/C	1.41	1.43	4.42	/	1.61
蝉螨目所占 比例/%	44.22	29.61	77.52	63.56	78.90

注:表中资料不包括湿生类型的数据,仅手拣法和干漏斗收集的类型,均为四季汇总资料,其它数据来自尹文英等^[7]

3.2 不同层次的凋落物处于不同的分解程度,它们为土壤动物提供了不同质地和质量的食物源及栖息小环境,这决定了土壤动物类群和个体数量在凋落物中的垂直分布。栲树林中的凋落物层较厚,其中的土壤动物存在明显的垂直分层现象,大量的土壤动物聚集在半分解的腐叶层和完全分解的腐殖土层中。

3.3 土壤动物群落的季节变化主要表现在类群数、个体数及各类群栖息深度的变化,这种变化体现了各类群在生物生态学上的差异及其对环境的适应。不同季节,栲树林中土壤动物群落组成及多样性存在差异,这种差异会对不同季节凋落物的分解产生一定的影响。主要类群在四季均有发生,它们的密度变化对群落的数量垂直分布产生很大的影响。群落类群数的季节变化和垂直分布则主要受稀有类群的影响。

3.4 在进行四季土壤动物群落多样性的比较时,密度-类群 DG 指数比 Shannon-Wiener 指数 H' 能更好地反映实际情况。

致谢: 唐祥云和郑大海同学参与了野外采样和部分室内工作,徐晓军和刘宝兴参与了部分野外工作,王希华老师提供了植被资料,在此一并表示感谢!

[参 考 文 献]

- [1] Andre H M, Ducarme, Lebrun P. Soil biodiversity: myth, reality or conning? [J]. Oikos, 2002, 96: 3~24.
[2] Huhta V. Soil macroarthropod communities in planted birch stands in comparison with natural forests in central Finland[J]. Applied Soil Ecolog, 2002, 20:199~209.

- [3] Jones T H, Bradford M A. Assessing the functional implications of soil biodiversity in ecosystems[J]. *Ecological Research*, 2001, 16: 845~858.
- [4] De Ruitera P C, Neutela A M, Moore J C. Biodiversity in soil ecosystems: the role of energy flow and community stability[J]. *Applied Soil Ecology*, 1998, 10: 217~228.
- [5] Schaefer M, Schauer mann J. The soil fauna of beech forests; a comparison between a mull and a moder soil[J]. *Pedobiologia*, 1990, 34: 299~314.
- [6] Debauche H R. The structural analysis of animal communities of the soil. In: Murphy, P. W. (Ed.), *Progress in Soil Zoology*[M]. London: Butterworths, 1962.
- [7] 尹文英, 张荣祖, 殷绥公, 等. 中国土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [8] 尹文英, 杨逢春, 王振中, 等. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [9] 殷秀琴, 吴东辉, 韩晓梅. 小兴安岭土壤动物群落多样性的研究[J]. *地理科学*, 2003, 23(3): 316~322.
- [10] 廖崇惠, 李健雄, 杨悦屏, 等. 海南尖峰岭热带林土壤动物群落—群落结构的季节变化及其气候因素[J]. *生态学报*, 2003, 23(1): 139~147.
- [11] 柯欣, 徐建明, 谢荣栋, 等. 浙江衢州中型土壤动物群落结构及其季节性变化[J]. *动物学研究*, 2003, 24(2): 86~93.
- [12] 杨效东, 沙丽清. 西双版纳"龙山"片断热带雨林中小型土壤动物群落组成与多样性研究[J]. *应用生态学报*, 2001, 12(2): 261~265.
- [13] 傅荣恕, 尹文英. 伏牛山地区土壤动物群落的初步研究[J]. *动物学研究*, 1999, 20(5): 396~398.
- [14] 宋永昌, 王祥荣. 浙江天童国家森林公园的植被和区系[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1995.
- [15] 忻介六. 土壤动物知识[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [16] 张荣祖, 王振中, 廖崇惠, 等. 土壤动物研究方法手册[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [17] 尹文英, 胡圣豪, 沈韞芬, 等. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [18] 郑乐怡, 归鸿. 昆虫分类(上、下)[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 1999.
- [19] 钟觉民. 幼虫分类学[M]. 北京: 农业出版, 1990.
- [20] 廖崇惠, 李健雄, 黄海涛. 南亚热带森林土壤动物群落多样性研究[J]. *生态学报*, 1997, 17(5): 549~555.
- [21] 陈廷贵, 张金屯. 十五个物种多样性指数的比较研究[J]. *河南科学*, 1999, 17(专辑): 55~58.
- [22] 丁钦岩著. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994.