

文章编号: 1001-1498(2007)05-0609-06

# 江西大岗山杉木凋落层土壤动物群落动态及多样性\*

林英华<sup>1</sup>, 刘海良<sup>2</sup>, 张夫道<sup>3</sup>, 白秀兰<sup>1</sup>, 王兵<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091;

2. 长白山国家级自然保护区管理局, 吉林 安图 133613; 3. 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081)

**摘要:**为获得更接近自然状态下森林凋落层土壤动物群落,于2002年1月至12月,采用凋落袋法(网孔5、1、1/300 mm)对江西大岗山杉木纯林和混交林(杉木2:鹅掌楸1)凋落层土壤动物群落及其凋落叶分解过程中的动态变化进行研究。在168只凋落袋中,共采集到土壤动物4321只,隶属3门11纲30目,其中大型土壤动物优势类群有膜翅目、后孔寡毛目、鞘翅目和双翅目;中小型土壤动物优势类群有弹尾目和螨目。凋落层的土壤动物以杂食性、植食性和捕食性为主。土壤动物数量在两种林型的1—3月份数量均呈递增趋势,土壤动物类群在杉木纯林1—5月份以及杉木混交林4—7月份呈递增趋势,两种林型土壤动物类群数和个体数在 $\alpha=0.05$ 差别不显著,其个体数和类群数大小均为杉木混交林>杉木纯林。在三种类型凋落袋中,土壤动物总类群数和个体总数均为网孔1>5>1/300。土壤动物多样性指数随时间推移,基本呈递增的趋势;优势度在纯林中呈递减的趋势。两种林型森林凋落物土壤动物群落异质性较高。后孔寡毛目在杉木混交林凋落物中集聚的时间最长,鞘翅目集聚的时间最短,分别为8.42和6.45个月;膜翅目在杉木纯林凋落物中集聚的时间最长,弹尾目集聚的时间最短,分别为9.90和7.91个月。

**关键词:**土壤动物群落;动态;集聚;杉木林;江西

中图分类号: S791.27

文献标识码: A

## Dynamics and Diversity of Soil Fauna Community in Litter Layer of Chinese Fir Forest in Dagangshan Mountain

LI N Ying-hua<sup>1</sup>, LIU Hai-liang<sup>2</sup>, ZHANG Fu-dao<sup>3</sup>, BAI Xiu-lan<sup>1</sup>, WANG Bing<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF; Key Laboratory of Forest Protection, State Forestry

Administration, Beijing 100091, China; 2. Administration Bureau of National Nature Reserve of Changbai Mountains, Antu 133613, Jilin, China;

3. Research Institute of Soil and Fertilizer, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Soil fauna community and its dynamics during leaf litter decomposition were investigated by litterbag method (from Jan. to Dec., 2002) in Chinese fir pure and mixed forest (Chinese fir: Chinese tulip tree = 2:1) at Dagangshan, Jiangxi Province. 4321 individuals were collected from 168 litterbags, which belonged to 3 Phyla, 11 Classes, 30 Orders, the most dominant taxa of macrofauna was Hymenoptera, Oligochaeta, Coleoptera and Diptera; of meso and microfauna were Collembola and Acariforms. Most were Omnivores, Phytophage and Predators in forest litter. The number of individuals of two type of forest was trended towards increasing during Jan. to Mar., while the number of soil fauna group was trended towards increasing during Jan. to May in Chinese fir forest and Apr. to Jul. in mixed forest, the difference of individual and community number between two types of forest was not significant at  $\alpha=0.05$ . Both the individual and group of soil fauna were in mixed forest > Chinese fir forest. Both soil fauna individual and group were in the order from high to low 5 mm > 1 mm > 1/300 mm in three mesh size of litterbags. The diversity of soil fauna community was trended towards increasing, and dominance of Chinese fir forest

收稿日期: 2006-06-17

基金项目: 科技部社会公益研究专项资金项目资助项目(编号2000-177)

作者简介: 林英华(1966—),女,黑龙江绥化人,博士,副研究员。主林从事动物生态学与土壤环境研究。

\*本研究得到了中国林业科学研究院大岗山生态定位站全体人员的大力支持,在此一并致谢。

was trended towards decreasing with the lapse of time. Soil fauna community was more heterogeneous at different forests. The colonized time of O1 Opisthoptera and Coleoptera were 8.42 and 6.45 months at mixed forest respectively, while Hymenoptera and Collembola were 9.48 and 7.91 months respectively at Chinese fir forest.

**Key words:** soil fauna community; dynamics; accumulating; Chinese fir forest; Jiangxi

森林凋落物层是生态系统的重要组成部分,凋落物分解和养分释放是生物地球化学循环的纽带。土壤动物主要通过消化和粉碎落叶并刺激微生物来调控分解过程<sup>[1]</sup>,并且其群落结构由于落叶在分解过程中质量的损失、组成、化学成分以及微生物等的改变而发生相应改变<sup>[2]</sup>。

目前凋落物分解往往针对某单一树种,通过某一树种凋落物的分解过程分析土壤动物作用或群落演替<sup>[3-6]</sup>。森林生态系统中,凋落物是各树种或者与下木和草本植物凋落物的混合物,不同种类或不同质地的凋落物混合在一起分解产生相互作用<sup>[7]</sup>。关于江西大岗山杉木林凋落物的研究较少,对土壤动物在凋落物分解中作用与演替的相关研究未见报道。因此本文通过杉木林以及杉木混交林凋落叶分解试验,对凋落叶袋内土壤动物群落组成和动态的变化进行研究,对于正确理解土壤动物群在杉木凋落物分解过程中的地位和作用具有重要的意义。

## 1 自然概况与研究方法

### 1.1 自然概况

江西大岗山位于江西省分宜县境内,114°30'~114°45' E, 27°30'~27°50' N,属亚热带湿润气候区,年均温度 15.8℃,年均日照时数 1 656.9 h,年均降水量 1 590.9 mm,其中 4—6 月份降水量占全年的 45%,无霜期 265 d。土壤属地带性低山丘陵红壤、黄壤类型及其亚类,成土母质为残积型或坡积型。地带性植被为亚热带常绿阔叶林,代表种青冈栎 [*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst]、刺栲 [*Castanopsis hystrix* A. DC.]、大叶锥栗 [*Castanea henryi* (Skan) Rehd et Wils]、甜槠 [*Castanopsis eyrei* (Champ.) Tutch]、苦槠 [*Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott]、木荷 [*Schinus superba* Gardn et Champ.]、红楠 [*Machilus thunbergii* Sieb et Zucc.] 等。植被类型主要有常绿针叶林(杉木林、马尾松 [*Pinus massoniana* Lamb.] 林、常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林、毛竹 [*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Lehaie] 林、油茶 [*Camellia oleifera* Abel.] 林等。

### 1.2 研究方法

为获得更接近自然状态下森林凋落层土壤动物群

落,于 2001 年 10 月分别采集杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 纯林和杉木混交林中的两个优势种(杉木、鹅掌楸 [*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.] = 2:1) 的自然凋落叶,称取 15 g (鲜质量,在计算时换算为干质量) 分别放入 3 种网孔 (5、1、1/300 mm) 尼龙袋中 (15 cm × 20 cm),将网袋按照间距 1 m 并排埋入落叶层下,共计 168 袋,于次年 1 月至 12 月间,每月采集一次样品,其中 5、1 各 3 袋,1/300 mm (对照) 1 袋。利用改良干漏斗 (Modified Tullgum) 和手捡法进行分离土壤动物并进行鉴定。

由于分类的限制,土壤动物类群按照大类进行分类<sup>[8]</sup>;土壤动物体型大小依据在食物分解过程中作用<sup>[9]</sup>进行分类。

### 1.3 数据处理

群落多样性指数采用香农-威纳多样性指数 (Shannon-Weaver index)、Pielou 指数和辛普森优势度指数 (Simpson index),即

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln p_i \quad J_s = H / \ln S \quad C = \left( \frac{n_i}{N} \right)^2$$

群落相似性采用 Jaccard ( $q$ ) 指数,  $q = c / (a + b - c)$  式中  $a$ 、 $b$  分别为群落 A、群落 B 的类群数,  $c$  为两类群的共有类群数。

土壤动物在落叶分解过程中的集聚时间采用演替

指数表示,  $T_i = \sum_{i=1}^s n_i \cdot m_i / N$ ,  $S_{dv} = \sqrt{\sum_{i=1}^s n_i \cdot (m_i - T_i)^2 / N}$ , 式中  $T_i$  演替指数,  $n_i$  为第  $i$  次采集时的个体数,  $m_i$  为开始到第  $i$  次采集时的月数,  $S_{dv}$  为标准差,  $N$  为总个体数。

各类群数量等级划分:个体数量占全部捕获量 10% 以上为优势类群,介于 1% ~ 10% 的为常见类群,介于 0.1% ~ 1% 为稀有类群,0.1% 以下的为极稀有类群。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤动物群落组成

在两种林型 168 只分解袋中,共采集到土壤动物 4 321 只,隶属 3 门 11 纲 30 目,见表 1,其中大型土壤动物 26 类,占所鉴定个体数的 21.35%,其优势类群 4 类,即,分别膜翅目、后孔寡毛目、鞘翅目和双翅目,分别占大型土壤动物的 10.61%、12.74%、15.53% 和

27. 82%; 常见类群 12 类, 盲蛛目、圆马陆目、柄眼目、啮虫目、蜈蚣目、双尾目、伪蝎目、等足目、球马陆目、蜘蛛目、同翅目、近孔寡毛目, 分别占大型土壤动物的 1. 12%、1. 12%、1. 23%、1. 45%、1. 56%、1. 79%、2. 01%、2. 01%、2. 12%、3. 19%、4. 13%、6. 82%。中小型土壤动物 4 类, 占所鉴定个体数的 78. 65%, 其土壤动物总数的优势类群 2 类, 即弹尾目和蛴螬目, 分别占中小型土壤动物的 38. 87% 和 60. 82%; 其他均在 0. 10% 以下, 为稀有或极稀有类群。

表 1 大岗山森林凋落物层土壤动物群落结构

类群	体型	杉木	混交林	频度	多度	食性
1后孔寡毛目 O1 opisthoptora	大型	31	83	12. 74	***	S
2近孔寡毛目 O1 plesiopora	大型	17	44	6. 82	**	S
3柄眼目 Stykmatophora	大型	6	5	1. 23	**	Ph
4蜘蛛目 Araneae	大型	21	14	3. 91	**	Pr
5猛水蚤目 Hapacticoda	大型	2		0. 22		Pr
6伪蝎目 Pseudoscorpiones	大型	9	9	2. 01	**	Pr
7盲蛛目 Opiliones	大型	7	3	1. 12	**	Pr
8蛴螬目 Acariforms	中小型	1 037	969	60. 82	***	O
9等足目 Isopoda	大型	7	11	2. 01	**	S
10圆马陆目 Sphaerotheriida	大型	4	6	1. 12	**	Ph
11球马陆目 Glomerida	大型	9	10	2. 12	**	Ph
12眼马陆总目 Ommotophora	大型	2	1	0. 34		Ph
13地蜈蚣目 Geophilomopha	大型	1	2	0. 34		Pr
14石蜈蚣目 Lithobionmopha	大型	1		0. 11		Pr
15蜈蚣目 Scolopendromopha	大型	7	7	1. 56	**	Pr
16综合目 Symphyla	中小型	1		0. 03		Pr
17四螯虫目 Tetrametocera	大型		1	0. 11		?
18弹尾目 Collembola	中小型	622	660	38. 87	***	O
19双尾目 Diplura	大型	2	14	1. 79	**	D
20蜚蠊目 Blattoptera	大型	4	1	0. 56		O
21革翅目 Deramp tera	大型		3	0. 34		O
22半翅目 Hemiptera	大型	1	4	0. 56		Ph
23啮虫目 Psocoptera	大型	7	6	1. 45	**	Ph
24缨翅目 Thysanoptera	大型	1	4	0. 56		Ph
25鞘翅目 Coleoptera	大型	27	112	15. 53	***	O
26鳞翅目 Lepidoptera	大型	6	2	0. 89		Ph
27双翅目 Diptera	大型	119	130	27. 82	***	O
28同翅目 Homoptera	大型	22	15	4. 13	**	O
29膜翅目 Hymenoptera	大型	48	47	10. 61	***	O
30等翅目 Isoptera	中小型	9		0. 27		D
倍足类 Diplopoda		12	43			
幼虫		18	55			
(小计) 大型		361	534			
中小型		1 669	1 629			
类群		28	27			
(总计)		2 060	2 261			

注: Ph:植食, D:枯食, F:菌食, Pr:捕食, S:腐食, O:杂食; \* \* \* 优势类群, \* \* 常见类群。

森林凋落物层动物营养功能类群主要以杂食性、植食性和捕食性为主, 均占 26. 67%, 枯食类所占的比例最少 (为 6. 67%)。

所采集到的 28 类优势类群和常见类群均分布于两种林型中, 因此可以认为, 优势类群和常见类群为大岗山森林凋落层的主要土壤动物类群, 在森林

生态系统中发挥着重要作用, 稀有和极稀有类群则是对森林环境变化中的敏感类群, 仅在某一时期及土壤条件适宜时, 其数量会逐渐增加, 并成为某一时期的常见类群。土壤动物以中小型动物为主。

## 2.2 土壤动物群落变化规律

### 2.2.1 土壤动物数量和类群变化

在两种林型中, 混交林土壤动物个体数量大于杉木纯林, 但类群数两者相同, 杉木纯林和杉木混交林土壤动物数量和类群逐月变化如表 2。从表 2 可见, 土壤动物随时间推移, 类群和数量增加趋势不明显。在全年 12 个月份中, 土壤动物个体数杉木纯林 1 月份最低, 1—3 月份数量出现递增, 5—8 月份数量出现递减; 杉木混交林 7 月份最低, 1—3 月份数量出现递增, 5—7 月份数量出现递减。土壤动物类群数两种林型 1 月份均为最低, 杉木纯林 1—5 月份类群数呈递增趋势, 而杉木混交林则 4—7 月份类群数呈递增趋势, 但在  $\alpha = 0. 05$  时, 两种林型土壤动物类群数和个体数差别不显著。

三种类型网袋内土壤动物类群和个体数量变化趋势如表 3, 其土壤动物总类群数和个体总数均为  $1 > 5 > 1/300 \text{ mm}$ , 但不同林型土壤动物类群和个体数量出现的最大值和最小值的时间不同。两种林型中土壤动物类群数出现最大值的时间较分散, 而土壤动物个体数出现最大的时间相对比较集中, 其中混交林在 2 至 3 月份土壤动物个体数出现最大值, 杉木纯林则分别在 2 月、3 月和 5 月份出现最大值; 两种林型土壤动物个体数均在 1 月份最少。

### 2.2.2 土壤动物多样性变化

土壤动物多样性指数 ( $H'$ )、均匀性指数 ( $J'$ ) 以及优势度 ( $C'$ ) 随月份和林型的变化如表 2 所示, 土壤动物多样性指数随时间推移呈增长趋势, 其中土壤动物多样性指数在纯林中 1—4 月份呈递增的趋势明显, 5—8 月份则递减, 9—12 月份仍为递减; 混交林基本呈递增趋势。均匀性指数在纯林中基本上呈递增趋势, 混交林变化较大; 优势度在纯林随月份增加基本呈递减的趋势, 混交林 1—5 月份呈递增趋势, 5 月份达到最大值, 6—8 呈递减趋势, 9—12 月份差异较大。多样性指数仅反映土壤动物群落结构变化且与类群数 ( $r_{\text{纯}} = 0. 680 4, r_{\text{混}} = 0. 675 1, p < 0. 01$ ) 及均匀性 ( $r_{\text{纯}} = 0. 416 4, p < 0. 05$ ) 的变化相一致。

Jaccard ( $q$ ) 指数为 0. 634 9, 表明在两种林型中, 森林凋落物土壤动物群落的组成具有很高的异质性, 反映出不同植被覆盖物对土壤生态系统内部环

境,进而对土壤动物群落的影响。

表 2 土壤动物群落变化

月份	纯林					混交林				
	个体数	类群数	多样性	均匀性	优势度	个体数	类群数	多样性	均匀性	优势度
1	52	7	1.953 7	1.004 0	0.166 4	159	7	1.211 2	0.622 5	0.016 0
2	271	13	2.434 9	0.949 3	0.140 2	318	17	2.967 0	1.047 2	0.064 9
3	274	14	2.817 5	1.067 6	0.086 6	647	16	3.295 2	1.188 5	0.062 3
4	164	16	2.824 3	1.018 7	0.087 0	123	13	3.025 8	1.179 7	0.065 9
5	202	24	3.221 4	1.013 6	0.073 8	217	19	3.088 5	0.971 8	0.076 7
6	164	19	3.258 7	0.010 6	0.061 6	135	20	3.533 5	1.179 5	0.044 5
7	162	19	3.161 3	1.073 6	0.062 5	120	22	3.589 2	1.161 2	0.033 9
8	138	15	3.023 6	1.116 5	0.074 1	121	21	3.753 0	1.232 7	0.030 5
9	173	22	3.694 9	1.195 4	0.033 0	126	24	3.500 2	1.101 4	0.041 7
10	162	17	1.633 1	0.576 4	0.033 0	191	20	1.567 4	0.523 2	0.025 2
11	123	16	3.401 3	1.226 7	0.044 9	236	23	3.623 6	1.155 7	0.040 6
12	181	24	3.569 5	1.123 2	0.037 8	150	21	3.445 4	1.131 7	0.042 0

表 3 不同类型分解袋土壤动物动态变化

月份	类群数						个体数					
	纯林			混交林			纯林			混交林		
	5 mm	1 mm	1/300 mm	5 mm	1 mm	1/300 mm	5 mm	1 mm	1/300 mm	5 mm	1 mm	1/300 mm
1	2	6	1	5	6	2	2	50	1	33	16	6
2	7	9	2	10	11	6	195	57	16	145	138	35
3	12	6	5	6	12	4	154	103	17	83	426	78
4	13	9	3	8	11	5	61	76	27	49	58	17
5	12	22	7	9	18	7	39	140	22	27	157	34
6	11	17	5	17	15	5	41	101	22	58	61	16
7	9	17	4	12	10	9	45	73	44	52	57	17
8	9	9	3	17	11	11	58	45	35	36	46	39
9	13	14	8	11	11	9	79	66	28	42	66	36
10	14	13	6	10	17	9	61	84	17	61	112	28
11	7	12	7	13	20	6	38	55	29	47	118	71
12	14	15	5	7	18	5	74	100	7	27	101	22

2.2.3 土壤动物优势群落在落叶分解中的变化与集聚时间 土壤动物优势群落在两种林型落叶分解过程中的变化如表 4。由表 4 可见,弹尾目、蜚蠊目、双翅目多在 2—3 月份大量集聚,但两种林型、不同月份土壤动物集聚量略有差异。在杉木纯林,弹尾目和双翅目数量随月份变化趋势基本相同,蜚蠊目

在随月份递增数量逐渐减少,鞘翅目、膜翅目、后孔寡毛目变化幅度无明显的规律性;在混交林,弹尾目、蜚蠊目、双翅目和鞘翅目 4 类土壤动物在 1—3 月份数量递增趋势,双翅目和鞘翅目 4—6 月份呈递减趋势,膜翅目、后孔寡毛目变化幅度较大。

表 4 主要土壤动物类群月变化

月份	纯林个体数							混交林个体数						
	弹尾目	蜚蠊目	双翅目	鞘翅目	膜翅目	后孔寡毛目	弹尾目	蜚蠊目	双翅目	鞘翅目	膜翅目	后孔寡毛目		
1	13	34	2	2	1	1	11	36	4	3	1	4		
2	130	126	6	4	1	1	161	124	21	4	1	2		
3	115	109	30	3	1	1	216	225	49	68	3	1		
4	20	118	5	3	1	4	17	54	11	16	1	15		
5	50	113	6	5	1	9	30	108	7	7	20	24		
6	39	86	9	2	10	5	23	62	6	5	1	14		
7	64	73	16	4	4	1	15	60	7	2	19	2		
8	27	71	8	2	20	3	33	51	15	5	4	4		
9	25	96	11	5	6	7	27	58	17	2	5	11		
10	43	84	11	14	4	7	84	82	7	7	1	13		
11	35	69	14	2	2	2	54	120	11	8	2	3		
12	77	71	15	2	2	2	48	63	15	4	1	3		

在全年两种林型凋落物分解过程中,6种优势土壤动物类群,即弹尾目、蜚蠊目、鞘翅目、双翅目、膜翅目和后孔寡毛目集聚的时间及其变化范围如表 5,其中后孔寡毛目在杉木混交林凋落物中集聚的时间最长,鞘翅目集聚的时间最短,分别为 8.42 和 6.45 个月;膜翅目在杉木纯林凋落物中集聚的时间最长,弹尾目集聚的时间最短,分别为 9.90 和 7.91 个月。

表 5 主要土壤动物集聚时间 月

类群	混交林		纯林	
	集聚时间	标准差	集聚时间	标准差
弹尾目	7.41	3.54	7.91	3.54
蜚蠊目	7.95	3.32	8.18	3.18
双翅目	7.78	3.40	8.96	3.24
鞘翅目	6.45	2.65	9.48	3.59
膜翅目	8.32	1.56	9.90	1.36
后孔寡毛目	8.42	2.57	9.35	2.36

### 3 讨论

本文共选取三种类型的尼龙网袋(5、1、1/300 mm)对大岗山森林凋落层的土壤动物群落以及动态变化状况进行研究。研究表明土壤动物总类群数和个体总数均为  $1 > 5 > 1/300$  mm,这与作者以往的研究结果不同<sup>[10]</sup>,即土壤动物数量和类群的变化与网袋网孔的大小有关,孔径增大,便于大型土壤动物进出网袋而促进凋落物分解<sup>[11]</sup>。但在本研究中,大孔(5 mm)凋落袋内土壤动物总类群数和个体总数低于中孔径凋落袋(1 mm),其原因是因为大孔凋落袋内养分迅速分解释放出来的同时,一些凋落叶碎屑可能从孔隙漏出或被土壤动物带走,这样凋落叶的分解率可能被高估,而忽略了凋落物分解中释放养分流失状况,从而对大孔袋内土壤动物个体数量和类群变动状况的分析产生影响;相对而言,进出中孔袋(1 mm)的土壤动物以中小型为主,凋落叶碎屑从孔隙漏出或被土壤动物带走的可能性相对减弱,其数量,尤其是弹尾类、蜚蠊类的数量增加,因此中孔袋内所收集的土壤动物个体数量和类群相对较多,其分解过程是凋落物本身易溶物质自然淋失、微生物的活动以及与环境因子共同作用的结果。中小型土壤动物在凋落叶分解中的作用已经得到公认。而孔径 1/300 mm 的凋落袋内由于其孔径过小,土壤动物的进出受到限制,导致其数量和类群数降低。

土壤动物类群在落叶上集聚时间长短是对落叶

分解过程中食物源变化的反映。从弹尾目、蜚蠊目、鞘翅目、双翅目、膜翅目和后孔寡毛目 6 类土壤动物优势类群集聚的时间看,杉木纯林凋落物分解的早期主要为弹尾目、蜚蠊目和双翅目等类群,集聚的时间为 7~9 个月,而后期主要是鞘翅目、膜翅目和后孔寡毛目等类群,集聚的时间在 9~10 个月;混交林凋落物分解的早期主要为弹尾目、蜚蠊目、双翅目和鞘翅目等类群,集聚的时间为 6~8 个月,而后期主要是膜翅目和后孔寡毛目等类群,集聚的时间在 8~9 个月。杉木纯林凋落物集聚的时间长于混交林,这是由于杉木、鹅掌楸混交林比杉木纯林的土壤微生物活跃,有机物质分解转化快<sup>[12]</sup>,而落叶分解过程是通过土壤动物形成的食物网中完成,分解过程中一些物种的出现或消失,是由于取食行为发生变化的结果,这样引起参与分解过程的食物网中的土壤动物群落结构发生改变,从而引起土壤动物类群在不同凋落物上的集聚时间产生变化<sup>[13]</sup>,实质就是食物源的改变引起了土壤动物结构变化。

在陆地凋落物分解过程中,土壤动物群落改变与落叶中养分浓度损失有关<sup>[14]</sup>。在杉木纯林和杉木混交林凋落物分解过程中,土壤动物数量和类群数变化趋势不一致,在分解的前两个月两者均表现增长趋势,后呈现出阶段性变化,混交林土壤动物个体总数明显大于纯林土壤动物的个体总数,且 1—3 月和 6—11 月个体数量高于纯林,这与凋落袋内凋落物分解的速度和所释放出的营养物质浓度有关,杉木叶含难分解的木质素高而易分解的物质含量(可溶性物质、半纤维素和粗蛋白质)低而不易分解<sup>[15,16]</sup>,不利于养分释放,而鹅掌楸叶为纸质,养分含量丰富、不含脂类物质而易分解,有助于养分释放;在两者混合后,其分解速率比单一种类凋落物加快(约增长在 5.0% 左右),释放的养分浓度较高而有利于土壤动物、土壤微生物生长和发育,这与 Gartner TB 等人的研究<sup>[14]</sup>,即节肢动物在 3 种混合物凋落物内数量大于单种混合物的研究相一致。

凋落物的分解过程是生物因子和非生物因子共同作用结果,其分解率和分解时间取决于落叶生物特性、土壤、气候以及土壤生物的影响。凋落物的分解是在多种因素作用下进行的,除了受化学组成影响外,环境因子也是主要控制因素。研究表明<sup>[17]</sup>,凋落物分解速率与土壤水分、地表温度和土壤 pH 值呈指数正相关,与相对湿度呈线性正相关,其对凋落物分解的重要性依次为:土壤水分、土壤 pH 值、

地表温度、相对湿度。大岗山位于亚热带湿润气候区,气象要素主要受大气下垫面林型和林地郁闭度影响,本研究中,杉木林郁闭度低于杉木、鹅掌楸混交林,因而杉木混交林内湿度和温度较高而利于落叶分解。何宗明等<sup>[18]</sup>认为福建杉木叶第 1 年的分解率为 53.66%,分解 95%所需要的时间为 3.89 年,如果按此时间计算,本文仅是第 1 年凋落叶分解过程的土壤动物的数量和类群,凋落物的分解量应在 50%左右,因此无法确定是否反映全部参与凋落物分解过程的土壤动物群落,这有待于今后更深入的研究。

### 参考文献:

- [1] Maraun M, Scheu S. Changes in microbial biomass, respiration and nutrient status of beech (*Fagus sylvatica*) leaf litter processed by millipedes (*Glaneris marginata*) [J]. *Oecologia*, 1996, 107: 131 ~ 140
- [2] Takeda H. A 5 year study of pine needle litter decomposition in relation to mass loss and faunal abundance [J]. *Pedobiologia*, 1988, 32: 304 ~ 317
- [3] 张雪萍,张毅,侯威岭,等. 小兴安岭针叶凋落物的分解与土壤动物的作用 [J]. *地理科学*, 2000, 20(6): 552 ~ 556
- [4] 柯欣,赵立军,尹文英. 青冈林土壤动物群落结构在落叶分解过程中的演替变化 [J]. *动物学研究*, 1999, 20(3): 207 ~ 213
- [5] 林英华,杨德付,张夫道,等. 栎林凋落层土壤动物群落结构及其在凋落物分解中的变化 [J]. *林业科学研究*, 2006, 19(3): 331 ~ 336
- [6] Hasegawa M. Changes in Collembola and Cryptostigmata communities during the decomposition of pine needles [J]. *Pedobiologia*, 1997, 41: 225 ~ 241
- [7] 廖利平, Lindley D K, 杨永辉. 森林叶凋落物混合分解的研究 I 缩微 (Microcosm) 实验 [J]. *应用生态学报*, 1997, 8(5): 459 ~ 464
- [8] 尹文英. 中国土壤动物检索图检 [M]. 北京: 科学出版社, 1998
- [9] Swift M J, Heal O W, Anderson J M. Decomposition in terrestrial ecosystems [M]. Univ Calif Press, Berkeley, 1979
- [10] 林英华, 孙家宝, 郑桂华, 等. 帽儿山土壤动物在凋落叶分解过程中的动态和作用 [J]. *东北林业大学学报*, 2005, 33(6): 33 ~ 36
- [11] Bradford M A, Tordoff G M, Eggers T, et al. Microbiota, fauna, and mesh size interactions in litter decomposition [J]. *Oikos*, 2002, 99: 317 ~ 323
- [12] 杜国坚, 黄天平, 张荣庆, 等. 杉木混交林土壤微生物及生化特征和肥力 [J]. *浙江林学院学报*, 1995, 12(4): 347 ~ 352
- [13] Ulrich Imler. Changes in the fauna and its contribution to mass loss and N release during leaf litter decomposition in two deciduous forests [J]. *Pedobiologia*, 2000, 44, 105 ~ 118
- [14] Gartner T B, Cardon Z G. Decomposition dynamics in mixed species leaf litter [J]. *Oikos*, 2004, 104: 230 ~ 246
- [15] 李昌华. 杉木人工林和阔叶杂木林土壤养分平衡因素差异的初步研究 [J]. *土壤学报*, 1981, 18(3): 255 ~ 261
- [16] 吴志东, 彭福泉, 车玉萍, 等. 我国南亚热带几种人工林的生物循环特点及其对土壤的影响 [J]. *土壤学报*, 1990, 27(3): 251 ~ 259
- [17] 郭继勋, 祝廷成. 羊草草原枯落叶分解的研究 [J]. *生态学报*, 1993, 13(3): 214 ~ 219
- [18] 何宗明, 陈光水, 刘剑斌, 等. 杉木林凋落物产量、分解率与储量的关系 [J]. *应用与环境生物学报*, 2003, 9(4): 352 ~ 356