

## 浙江临安竹林土壤动物群落结构特征及多样性

余运威<sup>1</sup>, 应叶青<sup>1</sup>, 任丽萍<sup>2</sup>, 胡加付<sup>1</sup>, 赵阿勇<sup>1</sup>

(1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 西华师范大学 生命科学学院, 四川 南充 637002)

**摘要:** 为探究竹林土壤动物群落结构, 对位于浙江西部的竹林进行了调查研究。共记录到土壤动物 24 328 个, 隶属 5 门 11 纲 26 目, 优势类群为蜱螨目 Acarina 和弹尾目 Collembola; 物种多样性介于人工林动物群落和天然林动物群落之间。分层分析, 多样性指数以土壤上层最高(1.382 6), 下层最低(0.636 7); 均匀度指数以土壤中层最高(0.943 1), 凋落物层最低(0.357 4); 丰富度指数以土壤上层最高(3.466 6), 中层最低(1.021 7); 相似性指数土壤中层和土壤下层之间最高(0.800 0), 凋落物层与土壤中下层之间最低。随着土壤动物的消费, 土壤有机质从上到下依次降低, 促使土壤动物随之发生演替, 其物种多样性表现了逐渐降低的趋势。表 4 参 25

**关键词:** 动物学; 土壤动物; 竹林; 群落结构; 物种多样性

中图分类号: S154.5; S718.69 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2012)04-0581-07

## Community structure and biodiversity of soil animals in bamboo stands of Lin'an, Zhejiang

YU Yun-wei<sup>1</sup>, YING Ye-qing<sup>1</sup>, REN Li-ping<sup>2</sup>, HU Jia-fu<sup>1</sup>, ZHAO A-yong<sup>1</sup>

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. School of Life Science, West China Normal University, Nanchong 637002, Sichuan, China)

**Abstract:** The community structure of soil animals was studied in bamboo stands of Western Zhejiang with a stratified analysis. Results revealed 24 328 soil animals in total belonging to five phylum, 11 classes, and 26 orders with the majority being Acarina and Collembola. The biodiversity level of bamboo stands was between plantations and natural forests. The stratified analysis showed that the highest diversity index value was in the upper stand layer (1.382 6), and the lowest was in the lower stand layer (0.636 7); the highest evenness index value was in the middle stand layer (0.943 1), and the lowest value was at the litter layer (0.357 4); and the highest richness index value was at the upper stand layer (3.466 6), and the lowest value was in the middle stand layer (1.021 7). Meanwhile, the highest similarity index value was found between the lower and middle stand layers (0.800 0) with the lowest value between the litter layer and the middle-lower stand layer. With the consumption of soil animals, organic matter decreased from the upper layer to the lower layer as did biodiversity. [Ch, 4 tab. 25 ref.]

**Key words:** zoology; soil animals; bamboo stand; community structure; biodiversity

土壤中分布着大量的小型动物, 它们是土壤生态系统中重要的组成部分<sup>[1]</sup>, 并参与生物残体分解, 改良土壤性质, 对土壤的形成和发育及生态系统的物质循环和能量流动有重要意义<sup>[2-4]</sup>。探讨不同生境中土壤动物的种类组成、动物群落结构特征及土壤动物与环境因素间的相互关系, 有利于理解土壤动物群落与植物群落之间的相互关系规律<sup>[5]</sup>。自 20 世纪 80 年代以来, 中国对热带<sup>[6-7]</sup>、亚热带<sup>[8-10]</sup>以及温带<sup>[11-13]</sup>

收稿日期: 2011-07-07; 修回日期: 2011-09-29

基金项目: 浙江省科学技术重点项目(2009C12089); 浙江农林大学大学生科技创新基金资助项目(100-230)

作者简介: 余运威, 从事动物学研究。E-mail: qwe6321@126.com。通信作者: 赵阿勇, 副教授, 博士, 从事动物学研究。E-mail: zay503@163.com

土壤动物群落多样性开展了广泛的研究,并取得了丰硕成果。中国南方地区有丰富的竹种资源,竹林分布广泛。近年来,由于竹笋、竹材等竹产品的大力开发,竹林生产已成为南方农村,特别是山区农村经济发展的重要产业。开展竹林培育相关研究,提高竹林的经营效率,是促进竹产业健康、持续、高效发展的关键。相对于比较系统的竹林植物群落研究,土壤动物群落研究相对滞后。本研究选取浙江省临安市郊区典型竹林为采样地,对竹林土壤动物群落结构进行了分析研究。研究结果对了解人工栽培竹林生态系统,评价竹林土壤质量,保护和管理人工竹林等具有重要意义。

## 1 研究区概况

研究地区位于浙江省杭州市西部临安市郊区,30°14'N,119°42'E,属中亚热带季风气候区,温暖湿润,四季分明,具有春多雨,夏湿热,秋气爽,冬干冷的气候特征。雨水充沛,温暖湿润,四季分明,全年降水量为1628.6 mm,年平均气温16.4℃,日照时数1847.3 h,森林覆盖率76.5%。土壤以红壤土分布最广,占总面积的58.94%。

临安市是中国竹林的中心分布区,竹类资源丰富,有竹林面积6.0万hm<sup>2</sup>,占全市总面积的1/6。各类竹种分为10属63种,按用途主要分为四大类,其中毛竹 *Phyllostachys edulis* 约为2.0万hm<sup>2</sup>,菜竹约2.0万hm<sup>2</sup>,笋干竹约1.7万hm<sup>2</sup>,工艺用竹约0.3hm<sup>2</sup>。

## 2 材料与方法

### 2.1 土壤动物的采集与处理

在2010年8月,选取6块竹林样地,设样方5个·样地<sup>-1</sup>,样方相距1.0 m以上,样方面积为30 cm×30 cm。首先采集凋落物层样品,再将土壤层分3层取样:0~5,5~10,10~15 cm<sup>[14]</sup>。采用容积为200 cm<sup>3</sup>的土壤环刀取样。

在野外,对大型土壤动物(体长 $L \geq 2$  mm)直接进行拣取保存。土样置于改良Tullgren漏斗中进行分离提取<sup>[15]</sup>。分离得到的土壤动物都保存于体积分数为75%乙醇中。

### 2.2 土壤动物的鉴定

在体视显微镜(Olympus-szx16)和光学显微镜(Nikon-Eclipse-e100)下,参照《中国土壤动物检索图鉴》<sup>[16]</sup>对土壤动物进行鉴定。一般分类鉴定到目,部分种类鉴定到科和属,并统计个体数量。

### 2.3 数据分析

多度等级划分:个体数量大于捕获总量的10.0%以上者为优势类群(+++),占1.0%~10.0%者为常见类群(++),不足1.0%者为稀有类群(+).

多样性分析:多样性( $H$ )采用Shannon-Wiener指数公式,均匀度( $E$ )采用Pielou指数,丰富度( $D$ )

采用Margalef指数,优势度( $C$ )采用Simpson指数。Shannon-Wiener多样性指数:  $H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$ 。Pielou均

匀度指数:  $E = \frac{H}{\ln S}$ 。Margalef丰富度指数:  $D = \frac{S-1}{\ln N}$ 。Simpson优势度:  $C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N}\right)^2$ 。其中:  $P_i$ 为第 $i$ 个物种的多度比例,即 $P_i = N_i/N$ ;  $S$ 为物种的数目;  $N$ 为全部种的个体总数;  $N_i$ 为第 $i$ 个物种的个体数;  $A$ 为 $a$ 生境的全部类群数;  $B$ 为 $b$ 生境的全部类群数;  $C$ 为 $a, b$ 生境的共有的类群数。  $S = \frac{2C}{(A+B)}$ 。

利用Sorenson群落相似性系数分析不同土壤动物群落的相似性情况。其中:  $C$ 为2个群落的共有类群数,  $A$ 和 $B$ 分别为2个群落中各自的土壤动物类群数,  $0 < S < 0.25$ 为极不相似,  $0.25 \leq S < 0.50$ 为中等不相似,  $0.50 \leq S < 0.75$ 为中等相似,  $0.75 \leq S < 1.00$ 为极为相似。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤动物的生态特征

分离获得土壤动物24328个,隶属5门11纲26目。土壤动物的数量变化主要由于优势类群动物数量的消长,竹林土壤动物群落中的优势类群(占动物全捕量10%以上的类群)是螨类、弹尾类,分别占

动物总量的 29.30% 和 56.35%，其他 38 个类群仅占动物总量的 14.35%。某些土壤动物，如寡毛纲 Oligochaeta，就个体数量而言，仅占动物总量的 0.48%，属于稀有类群，但个体生物量则是土壤动物中最大的类群之一，是大型土壤动物中数量最多的，并对维持土壤生态系统功能起着不可替代的作用。

### 3.2 大型土壤动物的群落组成及丰富度

大型土壤动物有 25 个类群，隶属 4 门 10 纲 22 目，计 1 474 个，占总个体数的 6.06% (表 1)。其中，优势类群有膜翅目 Hymenoptera，寡毛目 Oligochaeta 和鳞翅目 Lepidoptera 等，分别占大型土壤动物总个体数的 35.69%，11.62% 和 10.22%；常见类群有蜚蠊目 Blattoptera (5.90%)，石蜈蚣目 Geophilomorpha (2.44%)，马陆目 Juliformia (2.58%)，蜘蛛目 Araneida (2.24%)，双翅目 Diptera (4.00%) 和等翅目 Isoptera (1.22%)，共占总个体数的 74.78%。

表 1 竹林大型土壤动物组成及丰富度

Table 1 Large soil animal composition and richness in bamboo forest

类群	数量/只	频度/%	密度/(个·m <sup>-3</sup> )	多度等级
1. 环节动物门 Annelida				
寡毛纲 Oligochaeta				
近孔寡毛目 Plesiopora	116	100.00	214.81	+++
后孔寡毛目 Opisthopora	56	100.00	103.70	+++
蛭纲 Hirudinea				
无吻蛭目 Arhynchbdellida	1	3.33	1.85	+
2. 线虫动物门 Nematelminthe				
线虫纲 Nematoda	4	13.33	7.41	+
3. 软体动物门 Mollusca				
腹足纲 Gastropoda				
柄眼目 Stylemmatephora	2	6.67	3.70	+
4. 节肢动物门 Arthropoda				
唇足纲 Chilopoda				
石蜈蚣目 Lithobiomorpha	36	63.33	66.67	++
地蜈蚣目 Geophilomorpha	6	20.00	11.11	+
蜈蚣目 Scolopendromorpha	6	20.00	11.11	+
蛛形纲 Arachnida				
蜘蛛目 Araneida	54	78.25	100.00	++
盲蛛目 Opiliones	1	3.33	1.85	+
倍足纲 Diplopoda				
马陆目 Juliformia	38	73.33	70.37	++
软甲纲 Malacostraca				
等足目 Isopoda	32	68.82	59.26	++
双尾纲 Diplura				
双尾目 Diplura	4	13.33	7.41	+
昆虫纲 Insecta				
直翅目 Orthoptera	3	10.00	5.55	+
鳞蟋科 Mogoplistidae	3	10.00	5.55	
蟋蟀科 Gryllacridae	4	13.33	7.41	+
缨翅目 Thysanoptera				

表 1(续)

类群	数量/只	频度/%	密度/(个·m <sup>-3</sup> )	多度等级
蓟马科 Thripidae	9	30.00	16.67	+
鞘翅目 Coleoptera				
步甲科 Carabidae	7	23.33	12.96	+
虎甲科 Cicindelidae	10	33.33	18.51	+
膜翅目 Hymenoptera	526	100.00	974.07	+++
等翅目 Isoptera	18	60.00	33.33	+
蜚蠊目 Blattoptera	87	90.00	161.11	++
鳞翅目 Lepidoptera larvae	647	100.00	1 153.71	+++
鞘翅目 Coleoptera larvae	6	20.00	11.11	+
双翅目 Diptera larvae	59	100.00	109.26	++

说明: +++表示优势类群, ++表示常见类群, +表示稀有类群。

### 3.3 小型土壤动物的群落组成及丰富度

小型土壤动物有 11 个类群, 隶属 2 门 3 纲 7 目, 计 22 854 个, 占总个体数的 93.94%(表 2)。优势类群有弹尾 Collembola(59.72%)和螨类(31.36%); 常见类群有双翅目 Diptera(2.65%), 共占总个体数的 93.73%。

表 2 竹林小型土壤动物组成及丰富度

Table 2 Small soil animal composition and richness in bamboo forest

类群	数量/只	频度/%	密度/(个·m <sup>-3</sup> )	多度等级
1. 节肢动物门 Arthropoda				
蛛形纲/螨类 Arachnida	7 129	100.00	1 301.85	+++
昆虫纲 Insecta				
弹尾目 Collembola	13 708	100.00	1 385.19	+++
等翅目 Isoptera				
木蜜科 Kalotermitidae	253	96.67	468.52	++
蜜科 Termitidae	23	43.33	42.60	+
嗜虫目 Psocoptera	23	40.00	42.60	+
鞘翅目 Coleoptera				
隐翅虫科 Staphylinidae	138	93.33	255.55	++
蚁甲科 Pselaphidae	46	66.67	85.19	+
瓢虫科 Coccinellidae	23	36.67	42.60	+
金龟子科 Scarabaeidae	23	33.33	42.60	+
双翅目 Diptera	610	100.00	1 129.63	++
2. 扁行动物门 Plathelminthes				
涡虫纲 Turbellaria				
三肠目 Tricladida	23	60.00	42.60	+

说明: +++表示优势类群, ++表示常见类群, +表示稀有类群。

### 3.4 各土壤剖面中的动物群落多样性比较

不同土壤层中土壤动物的多样性、均匀度、丰富度、优势度指数不同。表 3 可知: 多样性指数土壤上层最高, 为 1.382 6; 土壤下层最低, 为 0.636 7。均匀度指数土壤中层最高, 为 0.943 1; 凋落物层最

低, 为 0.357 4。丰富度指数土壤上层最高, 为 3.466 6; 土壤中层最低, 为 1.021 7。优势度指数土壤下层最高, 为 0.796 0; 土壤上层最低, 为 0.319 8。

表 3 土壤动物多样性分析

Table 3 Soil animal diversity

土壤层/cm	Shannon-Wiener 指数	Pielou 指数	Margalef 指数	Simpson 优势度指数
凋落物层	1.122 2	0.357 4	3.411 3	0.439 4
0~5	1.382 6	0.509 6	3.466 6	0.319 8
5~10	0.656 7	0.943 1	1.021 7	0.679 6
10~15	0.636 7	0.918 5	1.158 9	0.796 0

土壤动物的组成因生境不同而有所区别, 但又有一定的相似性(表 4)。根据 Sorenson 指数公式, 土壤中层和土壤下层之间相似性最高, 为 0.800 0; 其次是土壤上层与土壤中层之间, 为 0.500 0; 凋落物层与土壤中层和土壤下层之间相似性最低, 都为 0.117 6。

## 4 讨论

本地区竹林土壤动物的群落特征与多数地区其他植被类型存在较大的差异, 如热带西双版纳人工群落有 21 目<sup>[7]</sup>, 热带鼎湖山自然植被有 32 目<sup>[10]</sup>, 亚热带天童山马尾松 *Pinus massoniana* 植被有 23 目<sup>[17]</sup>, 温带关帝山落叶松 *Larix gmellini* 林有 21 目<sup>[18]</sup>。所以, 在特定环境条件下土壤动物群落结构特征常是一定的<sup>[19-20]</sup>, 这与气候、土壤结构必定存在某种联系有关。总的来说, 不论气候地带如何, 天然林植被具有更为丰富的物种多样性, 比较而言, 竹林的物种多样性(26 目)介于人工林和天然林之间。

在没有干扰的土壤环境中, 随着凋落物的不断产生, 凋落物的分解形成新的土层, 所以凋落物覆盖层是土壤有机质的重要来源, 而且对涵养水分、稳定土温具有重要作用。同时, 土壤的演进必然伴随土壤动物群落演替。研究表明, 土壤动物的改变与森林凋落物量、分解率呈正相关; 在丰厚凋落物的土壤中, 土壤动物既有丰富的食物来源, 又有稳定的生存环境<sup>[21]</sup>; 凋落物腐烂后, 可以极大改善林地土壤有机质状况<sup>[22]</sup>。我们的研究表明: 多样性指数土壤上层最高, 土壤下层最低; 丰富度指数土壤上层最高, 土壤中层最低。这是因为土壤上层是有机质含量最高的, 随着土壤动物的消费, 土壤中、下层的有机质依次降低, 从而表现了土壤动物随土壤有机质变化而演替。因此, 不同植被类型间土壤动物的差异可能与凋落物的数量与质量密切相关。

一些研究表明: 混交林凋落物层较厚, 一般可达 10 cm; 针叶林凋落物层较薄, 为 5 cm 左右; 草坡的地表凋落物层都很薄, 在 2 cm 以下<sup>[23]</sup>。我们的研究表明: 竹林的凋落物层较薄, 低于 5 cm。但竹叶的营养成分比较丰富, 对土壤动物的生存较为有利<sup>[24]</sup>; 而针叶属硬叶类, 叶片小且较难分解, 不为土壤动物所喜好<sup>[25]</sup>。因此, 凋落物层的质量与其数量比较, 可能对土壤动物的影响更大些, 因为丰富的营养才是最重要的, 我们的研究也证实了这一点。也就是说, 尽管竹林的凋落物层较薄, 但由于相对较高质量的竹叶凋落物, 其物种丰富度高于人工林等植被。

## 参考文献:

- [1] NOBLE J C, WHITFORD W G, KALISZWESKI M. Soil and litter microarthropod populations from two contrasting ecosystems in semi-arid eastern Australia [J]. *J Arid Environ*, 1996, **32** (3): 329 – 346.
- [2] REICHLE D E. The role of soil invertebrates in nutrient cycling [J]. *Ecol Bull*, 1997, **25**: 145 – 156.
- [3] COLEMAN D C, CROSSLEY D A Jr, HENDRIX P F. *Fundamentals of Soil Ecology* [M]. 2nd. San Diego: Academic Press, 2004.

表 4 竹林各土壤层动物相似性指数比较

Table 4 Soil animals similarity index in bamboo forest

土壤层/cm	凋落物层	0~5	5~10	10~15 cm
凋落物层	1			
0~5	0.285 7	1		
5~10	0.117 6	0.500 0	1	
10~15	0.117 6	0.333 3	0.800 0	1



- [4] JOUQUET P, DAUBER J, LAGERLÖF J, *et al.* Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops [J]. *Appl Soil Ecol*, 2006, **32**: 153 – 164.
- [5] 王邵军, 阮宏华, 汪家社, 等. 武夷山典型植被类型土壤动物群落的结构特征[J]. 生态学报, 2010, **30** (19): 5174 – 5184.  
WANG Shaojun, RUAN Honghua, WANG Jiashe, *et al.* Composition structure of soil fauna community under the typical vegetations in the Wuyi Mountains, China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2010, **30** (19): 5174 – 5184.
- [6] 廖崇惠, 李健雄, 杨阅屏, 等. 海南尖峰岭热带土壤动物群落: 群落的组成及其特征[J]. 生态学报, 2002, **22** (11): 1866 – 1872.  
LIAO Conghui, LI Jianxiong, YANG Yueping, *et al.* The community of soil animal in tropical rain forest in Jianfengling Mountain, Hainan Island, China: composition and characteristics of community [J]. *Acta Ecol Sin*, 2002, **22** (11): 1866 – 1872.
- [7] 杨效东, 唐建维. 西双版纳不同演替状态热带次生林土壤节肢动物群落特征[J]. 应用生态学报, 2004, **15** (6): 988 – 994.  
YANG Xiaodong, TANG Jianwei. Soil arthropod communities in different successional tropical secondary forests in Xishuangbanna, SW China [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2004, **15** (6): 988 – 994.
- [8] 王振中, 张友梅. 衡山自然保护区森林土壤动物群落研究[J]. 地理学报, 1989, **44** (2): 205 – 213.  
WANG Zhenzhong, ZHANG Youmei. A study on forest soil invertebrates of the natural protection area in Hengshan Mountains (Nanyue) [J]. *Acta Geogr Sin*, 1989, **44** (2): 205 – 213.
- [9] 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.  
LIAO Conghui, LI Jianxiong, HUANG Haitao. Soil animal community diversity in the forest of the southern subtropical region, China [J]. *Acta Ecol Sin*, 1997, **17** (5): 549 – 555.
- [10] 林英华, 张夫道, 张俊清, 等. 鼎湖山不同植被土壤动物群落结构时空变化[J]. 生态学报, 2005, **25** (10): 2616 – 2622.  
LIN Yinghua, ZHANG Fudao, ZHANG Junqing, *et al.* Preliminary investigation on temporal and spatial variation of structure of soil fauna community in different natural vegetations of Dinghushan [J]. *Acta Ecol Sin*, 2005, **25** (10): 2616 – 2622.
- [11] 仲伟彦, 殷秀琴, 陈鹏. 帽儿山不同林型土壤动物的对比研究[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 1998, **30** (1): 69 – 74.  
ZHONG Weiyan, YIN Xiuqin, CHEN Peng. Contrast study of soil animals in different types of forest in Maershan [J]. *J Northeast Norm Univ Nat Sci Ed*, 1998, **30** (1): 69 – 74.
- [12] 姜萍, 赵光, 叶吉, 等. 长白山北坡森林群落结构组成及其海拔变化[J]. 生态学杂志, 2003, **22** (6): 28 – 32.  
JIANG Ping, ZHANO Guang, YE Ji, *et al.* Structure of forest communities on the northern slope of Changbai Mountain and its variation along elevation gradients [J]. *Chin J Ecol*, 2003, **22** (6): 28 – 32.
- [13] 黄丽荣, 张雪萍. 大兴安岭寒温带地区中小型土壤动物群落特征[J]. 东北林业大学学报, 2008, **36** (10): 22 – 25.  
HUANG Lirong, ZHANG Xueping. Characteristics of soil fauna in cold temperate region in northern Daxing'an Mountains [J]. *J Northeast For Univ*, 2008, **36** (10): 22 – 25.
- [14] 杨效东. 热带次生林、旱稻种植地和火烧迹地土壤节肢动物群落结构特征及季节变化[J]. 生态学报, 2003, **23** (5): 883 – 891.  
YANG Xiaodong. Comparison of the communities structure and seasonal changes in diversity of soil arthropod in tropical secondary forest, dry-rice land and fired remains [J]. *Acta Ecol Sin*, 2003, **23** (5): 883 – 891.
- [15] 殷秀琴, 马祝阳. Tullgren 法对土壤动物的分离效率[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 2002, **34** (2): 84 – 91.  
YIN Xiuqin, MA Zhuyang. Segregate efficiency of Tullgren method to middle-small-sized soil animal [J]. *J Northeast Norm Univ Nat Sci Ed*, 2002, **34** (2): 84 – 91.
- [16] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [17] 易兰, 由文辉, 宋永昌. 天童常绿阔叶林五个演替阶段凋落物中的土壤动物群落[J]. 生态学报, 2005, **25** (3): 466 – 473.  
YI Lan, YOU Wenhui, SONG Yongchang. Soil animal communities in the litter of the evergreen broad-leaved forest

- at five succession stages in Tiantong [J]. *Acta Ecol Sin*, 2005, **25** (3): 466 – 473.
- [18] 赵世魁, 刘贤谦. 关帝山华北落叶松天然林和人工林土壤动物的群落多样性[J]. 林业科学, 2007, **43** (6): 105 – 110.
- ZHAO Shikui, LIU Xianqian. Diversity of soil-animal community in the planted and natural *Larix principis-rupprechtii* forest in Guandi Mountain [J]. *Sci Silv Sin*, 2007, **43** (6): 105 – 110.
- [19] 柯欣, 梁文举, 宇万太, 等. 下辽河平原不同土地利用方式下土壤微节肢动物群落结构研究[J]. 应用生态学报, 2004, **15** (4): 600 – 604.
- KE Xin, LIANG Wenju, YU Wantai, *et al.* Community structure and seasonal change of soil micro-arthropodes in the lower reaches of Liaohe River Plain under different land utilization [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2004, **15** (4): 600 – 604.
- [20] CHEN Xiaomiao, YOU Wenhua, WANG Xiangyang, *et al.* Community traits of soil animal under different ground cover treatments in evergreen broad-leaved forest [J]. *Biodivers Sci*, 2009, **17** (2): 160 – 167.
- [21] 杨效东, 余宇平. 西双版纳热带森林雨季土壤动物群落组成与分布特征[J]. 东北林业大学学报, 1998, **26** (6): 65 – 70.
- YANG Xiaodong, SHE Yuping. The character of composition and distribution on soil fauna under tropical forests of Xishuangbanna in rainy season [J]. *J Northeast For Univ*, 1998, **26** (6): 65 – 70.
- [22] 任海, 彭少麟, 向言词. 鹤山马占相思人工林的生物量和净初级生产力[J]. 植物生态学报, 2000, **24** (1): 18 – 21.
- REN Hai, PENG Shaolin, XIANG Yanci. Biomass and net primary productivity in an *Acacia mangium* plantation in Heshan, Guangdong, China [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2000, **24** (1): 18 – 21.
- [23] 徐国良, 周国逸, 莫江明. 南亚热带退化植被重建中土壤动物群落变化[J]. 动物学研究, 2006, **27** (1): 23 – 28.
- XU Guoliang, ZHOU Guoyi, MO Jiangming. Changes of soil fauna during forest restoration in subtropical China [J]. *Zool Res*, 2006, **27** (1): 23 – 28.
- [24] 陈秀英. 竹叶中主要营养成分的比较研究[J]. 山西食品工业, 2003 (4): 28 – 30.
- CHEN Xiuying. Comparison on the major nutrient composition in bamboo leaves [J]. *Shanxi Food Ind*, 2003 (4): 28 – 30.
- [25] 廖崇惠, 林少明, 李耀泉, 等. 土壤动物生物量与森林凋落物分解的关系[J]. 生态学报, 1995, **15** (增刊): 156 – 164.
- LIAO Chonghui, LIN Shaoming, LI Yaoquan, *et al.* The relation between biomass of soil animals and decomposition of forest litter [J]. *Acta Ecol Sin*, 1995, **15** (supp): 156 – 164.