

浙江天童不同林型土壤动物群落对比研究

王向阳^{1,2}, 由文辉^{1,2}, 陈小鸟^{1,2}, 靳亚丽^{1,2}, 易兰^{1,2*}

(1. 华东师范大学环境科学系, 上海 200062; 2. 浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站, 浙江宁波 315114)

摘要 [目的] 探讨不同林型土壤动物群落的结构特征和差异。[方法] 对浙江天童灌丛、马尾松林、木荷林、栲树林 4 种林型中土壤动物进行调查。[结果] 4 种林型土壤动物类群组成存在差异, 优势类群也各异, 线虫为优势类群, 但弹尾目在 4 种林型中均为常见类群, 木荷林优势类群只有线虫, 弹尾目和弹尾目为常见类群; 处于传统意义上演替顶极的栲树其土壤动物群落类群数和个体数并未达到最高, 而处于演替中期阶段的马尾松在群落类群数(30)和个体数(占总捕获量的 44.62%) 达到最高; 马尾松林土壤动物类群数和个体数都最多, 因而其密度-类群指数、丰富度和优势度指数也最高; 栲树林样地的均匀度指数和 Shannon-Wiener 指数最高。[结论] 不同林型土壤动物群落差异明显, 其总体趋势有待进一步研究。

关键词 林型; 土层; 凋落物层; 土壤动物; 天童

中图分类号 Q958.15 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2010)13-06835-03

Contrast Study of Soil Animal Communities in Different Types of Forest in Tiantong of Zhejiang Province

WANG Xiang-yang et al (Department of Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract [Objective] The aim of the study was to ascertain the feature, differences and changes of soil animal communities among the four types of forest in Tiantong, Zhejiang Province. [Method] Soil animals of four kinds of forest were investigated. [Result] The results indicated that there were differences in the composition of the soil animal communities. Collembola was no longer the dominant group but the common group. Nematoda was the only dominant group in the *Schima superba* comm. The soil animal groups and the individual number were both the highest in the *Pinus massoniana* comm., so were the Density-Group index, the Margalef Abundance index and the Simpson Dominant index. The *Castanopsis fargesii* comm. had the highest level in Evenness index and Shannon-Wiener index. [Conclusion] It was quite clear that soil animal communities of the four types of forest in Tiantong are different, while the trend of the law was expected to do far more research.

Key words Forest type; Soil layer; Litter layer; Soil animal; Tiantong

土壤动物是森林生态系统生物群落的重要组成部分之一, 其在凋落物破碎、分解、养分循环、调节微生物群落、改善土壤理化性质等方面发挥着不可替代的作用。土壤动物群落与植物群落之间存在着动态的相互作用。我国自 20 世纪 80 年代以来, 对热带、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^[1-7], 并取得了丰硕成果。浙江天童国家森林公园有着发育良好、保存较完整的亚热带常绿阔叶林植被, 相对于较为系统全面的植被研究, 其中土壤动物的研究^[8-9] 仍较薄弱。笔者对天童灌丛(I)、马尾松林(II)、木荷林(III)、栲树林(IV) 土壤动物进行调查, 包括凋落物层和土层中的大型、中小型和湿生土壤动物, 从不同林型角度对天童常绿阔叶林土壤动物进行对比研究, 旨在揭示不同林型土壤动物群落的结构特征和差异, 一方面对于全面认识天童地区生物多样性具有一定实际意义, 另一方面也有助于从不同林型角度为亚热带常绿阔叶林土壤动物的深入研究提供参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验林地概况 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, 年均气温 16.2 °C, 1 月平均气温 4.1 °C。年平均降雨量 1 374.7 mm, 年蒸发量 1 320.1 mm。冬季冷而干燥, 雨量占全年的 10% ~ 15%。土壤主要为山地黄红壤, pH 值 4.5 ~ 5.0, 偏酸性。地带性植被为中亚热带北缘常绿阔叶林^[10], 现存的都是次生植被, 历史上由于受到天童寺的保护而发育良好, 后来几经

破坏而成为现在以常绿阔叶林为主, 兼有次生灌丛、人工林(如杉木林、马尾松林和竹林) 及由次生灌丛向常绿阔叶林演替的各个阶段^[11]。

1.2 采样、分离和鉴定 根据土壤的断面结构^[7,12], 对凋落物层和以下的真土层^[12] 分别进行采样。

1.2.1 凋落物层。 在样地内选 5 个点, 样点间相距 5 m 以上。大型土壤动物: 用直径为 40 cm 的圆形采集框采集, 所采样品用布袋带回实验室用手捡法分离计数。中小型土壤动物: 用 30 cm × 30 cm 的方形采集框采样, 所采样品用布袋带回实验室立即用塔式干法电热分离装置^[2,12-13] 在 60 W 的白炽灯下分离 24 h, 未进行湿生类型的分离。

1.2.2 土层。 选 5 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 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样点附近, 用直径 3.6 cm 的不锈钢采样器按 0 ~ 5、5 ~ 10、10 ~ 15 cm 采集土样, 每层 50 ml, 每个点共 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^[2,12-13] 进行 24 h 分离, 每 4 h 放 1 次样, 当时进行活体镜检计数。干生土壤动物: 用直径 5 cm 的不锈钢采样器按 0 ~ 5、5 ~ 10、10 ~ 15 cm 采集土样, 每层 100 ml, 每个点共 300 ml, 带回天童生态站立即用 Tullgren 装置^[2,12-13] 进行 24 h 分离, 标本用 75% 酒精保存。

以上所有样品均在解剖镜下镜检计数^[1-2,14-15]。

1.3 土壤动物群落多样性的计算 在各类群数量优势度划分上, 占总密度 10% 以上者为优势类群, 1% ~ 10% 为常见类群, 1% 以下为稀有类群^[6]。土壤动物群落多样性采用以下指标进行计算^[15]。

1.3.1 密度-类群指数(DG)。

基金项目 浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站开放课题资助项目(51X1412E); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20070269036)。

作者简介 王向阳(1984-), 男, 陕西商洛人, 硕士研究生, 研究方向: 土壤生态学。* 通讯作者。

收稿日期 2010-01-29

$$DG = (g/G) \times \sum_{i=1}^g (D_i C_i / D_{i \max} C)$$

式中, g 为所测定的某群落的实有类群数, G 为总类群数, D_i 为第 i 群落的实有个体数, $D_{i \max}$ 为第 i 类群的最多个体数, C_i/C 为第 i 个类群 C 个群落中出现的比率。

1.3.2 Shannon-Wiener 指数 (H')。

$$H' = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \times \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

式中, n_i 为第 i 个类群的个体数, S 为类群数, N 为群落中所有类群的个体数。

1.3.3 Pielou 均匀度指数 (J_s)。

$$J_s = H' / \ln S$$

1.3.4 Simpson 优势度指数 (D)。

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

式中, $P_i = n_i/N$ 。

1.3.5 Margalef 丰富度指数 (R)。

$$R = (S - 1) / \ln N$$

1.3.6 Jaccard 群落共有度指数 (CP)。

$$CP = [c / (a + b - c)] \times 100\%$$

式中, a 为群落 A 的类群数, b 为群落 B 的类群数, c 为 A、B 共有类群数。

2 结果与分析

2.1 土壤动物总体特征 4 个样地共捕获大、中小型和湿生土壤动物 38 993 只, 隶属于 5 门 14 纲 33 目 (表 1), 优势类群为线虫纲和蜱螨目, 其中线虫纲最多 (占总密度的 77.76%), 其次为蜱螨目 (占总密度的 14.70%), 两者共占总密度的 92.46%; 常见类群为弹尾目和线蚓科, 占总密度的 5.06%;

表 1 天童不同林型土壤动物群落组成和密度

Table 1 Composition and density of soil animal at different forest type in Tiantong

类群 Group	I		II		III		IV		平均密度 Average density	百分比 Percentage %
	密度 Density	百分比//% Percentage	密度 Density	百分比//% Percentage	密度 Density	百分比//% Percentage	密度 Density	百分比//% Percentage		
线虫纲 Nematoda	90 430.13	61.53	198 946.29	73.33	314 343.01	88.68	195 014.55	76.62	199 683.50	77.76
蜱螨目 Acarina	45 194.75	30.75	47 241.26	17.41	19 810.19	5.59	38 780.96	15.24	37 756.79	14.70
弹尾目 Collembola	2 265.09	1.54	13 093.51	4.83	4 963.54	1.40	10 011.54	3.93	7 583.42	2.95
线蚓科 Enchytraeidae	4 718.09	3.21	5 307.86	1.96	7 470.32	2.11	4 128.33	1.62	5 406.15	2.11
双翅目幼虫 Diptera larvae	1 136.17	0.77	1 979.93	0.73	2 486.37	0.70	1 725.22	0.68	1 831.92	0.71
膜翅目 Hymenoptera	450.37	0.31	394.06	0.15	2 900.95	0.82	1 802.33	0.71	1 386.93	0.54
轮虫纲 Rotatoria	-	-	196.59	0.07	-	-	-	-	49.15	0.02
原尾目 Protura	782.23	0.53	1 774.92	0.65	88.89	0.03	308.26	0.12	738.58	0.29
综合纲 Symphyla	321.27	0.22	223.81	0.08	2.22	0.00	305.72	0.12	213.26	0.08
鳞翅目幼虫 Lepidoptera larvae	139.05	0.09	22.22	0.01	63.52	0.02	226.75	0.09	112.89	0.04
鞘翅目 Coleoptera	111.72	0.08	119.11	0.04	27.63	0.01	41.59	0.02	75.01	0.03
同翅目 Homoptera	2.22	0.00	8.89	0.00	14.27	0.00	-	-	6.35	0.00
啮目 Psocoptera	615.88	0.42	425.40	0.16	-	-	206.03	0.08	311.83	0.12
蜘蛛目 Araneae	19.03	0.01	117.04	0.04	54.25	0.02	280.41	0.11	117.68	0.05
伪蝎目 Pseudoscorpiones	42.22	0.03	132.41	0.05	48.89	0.01	499.47	0.20	180.75	0.07
蜚蠊目 Blattoptera	12.03	0.01	20.70	0.01	8.49	0.00	31.85	0.01	18.27	0.01
缨翅目 Thysanoptera	4.44	0.00	-	-	44.44	0.01	180.00	0.07	57.22	0.02
石蜈蚣目 Lithobiomorpha	12.07	0.01	50.18	0.02	13.33	0.00	26.05	0.01	25.41	0.01
等足目 Isopoda	54.94	0.04	454.58	0.17	57.44	0.02	527.24	0.21	273.55	0.11
鞘翅目幼虫 Coleoptera larvae	225.03	0.15	36.77	0.01	24.66	0.01	10.48	0.00	74.24	0.03
双翅目 Diptera	196.59	0.13	589.76	0.22	1965.87	0.55	393.17	0.15	786.35	0.31
倍足纲 Diplopoda	-	-	-	-	-	-	5.05	0.00	1.26	0.00
半翅目 Hemiptera	-	-	3.18	0.00	-	-	6.65	0.00	2.46	0.00
蜘蛛目 Tetramerocerata	-	-	4.44	0.00	2.22	0.00	-	-	1.67	0.00
后孔寡毛目	-	-	1.59	0.00	2.83	0.00	2.22	0.00	1.66	0.00
Oligochaeta opisthoptera										
地蜈蚣目 Geophi lomorpha	206.64	0.14	5.05	0.00	-	-	1.59	0.00	53.32	0.02
双尾目 Diplura	8.49	0.01	22.22	0.01	4.44	0.00	-	-	8.79	0.00
腹足纲 Gastropoda	-	-	3.18	0.00	-	-	2.22	0.00	1.35	0.00
盲蛛目 Opiliones	-	-	110.79	0.04	-	-	1.59	0.00	28.10	0.01
蜈蚣目 Scolopendromorpha	2.83	0.00	16.99	0.01	5.66	0.00	-	-	6.37	0.00
等翅目 Isoptera	10.11	0.01	2.83	0.00	44.69	0.01	-	-	14.41	0.01
鳞翅目 Lepidoptera	-	-	1.59	0.00	1.59	0.00	-	-	0.80	0.00
倍足纲幼虫 Diplopoda larvae	-	-	-	-	-	-	1.59	0.00	0.40	0.00
类群数 Number of groups	24		30		25		26			33

其余 29 目为稀有类群, 仅占总密度的 2.48%。

其中, 凋落物层共获土壤动物 33 164 只, 隶属于 12 纲 28

目。优势类群为蜱螨目 (72.28%) 和弹尾目 (17.05%); 常见类群为双翅目幼虫、原尾目、膜翅目和等足目, 分别占总密度

的 3.78%、2.51%、1.05% 和 1.05%；其余 22 目为稀有类群，占 2.28%，主要有伪蝎目、鞘翅目、蜘蛛目等。

真土层共获土壤动物 5 829 只，隶属于 14 纲 27 目。大型土壤动物 184 只，隶属于 7 纲 17 目，其优势类群为等足目 (23.27%)、膜翅目 (17.93%) 和蜘蛛目 (17.93%)，共占 59.24%；常见类群为等翅目、蜈蚣目、鞘翅目幼虫、蜚蠊目、双翅目幼虫、鞘翅目、地蜈蚣目、双尾目，共占 34.27%；其余为稀有类群。中型土壤动物 1 436 只，隶属于 7 纲 14 目，优势类群为蜚蠊目 (65.46%) 和弹尾目 (25.84%)；常见类群为双翅目幼虫、膜翅目，其余为稀有类群。湿生土壤动物 4 209 只，线虫纲占 96.53%，线蚓科占 2.61%，还有少量轮虫纲等。

2.2 不同林型土壤动物类群组成与数量变化 由表 1 可知，不同林型样地中土壤动物的类群数较为接近，但类群组成不同，其中马尾松中最多，类群数达 30。灌丛、马尾松和栲树 3 种林型土壤动物的优势种均为线虫纲和蜚蠊目，而木荷的优势种只有线虫纲 (占总密度的 88.68%)，蜚蠊目成为常见类型，仅占总密度的 5.59%；弹尾目和线蚓在 4 种林型中

均为常见类群。

4 种林型的样地中，马尾松样地土壤动物数量最多，占总数的 44.62%，其次依次是栲树样地 (20.43%)、木荷样地 (18.70%)、灌丛样地 (16.26%)。其中优势类群线虫在木荷样地最多，占 39.36%，灌丛最少，占 11.32%，马尾松样地和栲树样地均在 24% 左右。蜚蠊目在马尾松样地中最多，占 46.21%，木荷中最少，为 16.66%；弹尾目在马尾松样地中最多，在木荷样地中最少，分别占 53.14% 和 13.23%，线蚓在木荷样地中最多，为 34.55%，在栲树样地中最少，为 19.09%。

2.3 不同林型土壤动物群落多样性 应用不同多样性指数对 4 种不同林型土壤动物群落多样性的水平进行测度，结果见表 2。由表 2 可知，各个指数在不同林型中差别不明显，密度-类群指数的变化情况是马尾松样地 > 栲树样地 > 木荷样地 > 灌丛样地；Shannon-Wiener 指数表现为栲树样地 > 木荷样地 > 马尾松样地 > 灌丛样地；均匀度指数则为栲树样地 > 木荷样地 > 灌丛样地 > 马尾松样地；优势度指数在灌丛样地和马尾松样地均达最高，栲树居中，木荷样地最低，丰富度

表 2 4 种不同林型样地土壤动物群落多样性的比较

Table 2 Comparison of diversity indices of soil animal community in four sites

样地 Sites	密度-类群指数 Density-Group index (DG)	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index(H)	均匀度指数 Evenness index(Js)	优势度指数 Dominant index(D)	丰富度指数 Abundance index(R)	类群总数 Total number of groups
I	6.410	1.162	0.366	0.472	2.627	24
II	18.555	1.176	0.346	0.472	2.970	30
III	9.173	1.333	0.414	0.383	2.698	25
IV	10.266	1.351	0.415	0.430	2.783	26

指数在马尾松样地最高，灌丛样地最低。

2.4 不同林型土壤动物群落相似性 以不同林型土壤动物个体总数为基础，得到各林型土壤动物群落间共有度半矩阵表 (表 3)。由表 3 可知，4 种不同林型土壤动物群落间的共有度较高。优势类群与常见类群在 4 林型中均有出现，而蜘蛛目、伪蝎目、鞘翅目幼虫、综合纲、同翅目、轮虫、啮目、鞘翅目成虫等稀有类群在各群落中也均有出现，群落中不同的仅是几类稀有类群。4 样地中土壤动物的共有度相差不大，相似性极高。

表 3 天童不同林型土壤动物群落相似性

Table 3 Similarity of all soil animal communities at different forest types in Tiantong

样地 Sites	II	III	IV
I	74.19	81.48	66.67
II		77.42	69.70
III			59.38

3 结论与讨论

(1) 近期对天童地区土壤动物群落的研究主要有天童常绿阔叶林 5 个演替阶段凋落物中的土壤动物群落^[16]、浙江天童栲树林土壤动物群落结构及其季节变化^[17]、浙江天童太白山不同海拔土壤动物的群落结构^[18]、常绿阔叶林不同砍伐处理下土壤动物的群落特征^[19]。研究表明，秋季是土壤动物最为丰富的季节，因而可以保证土壤动物群落具有代表性。

(2) 森林土壤动物群落的组成和分布，一方面与森林立地和土壤条件有关，另一方面受森林植被类型的影响^[20]。已有大量研究表明，土壤动物群落组成是与植被状况密切相关的^[21-22]。该研究调查的 4 种林型的土壤动物类群组成在总体相似中仍有差异，灌丛类群数与马尾松类群数相差 6；优势类群发生了改变，线虫依然是优势类群，但弹尾目在 4 种林型中均已不是优势类群，成为常见类群，木荷样地中优势类群只有线虫，蜚蠊目和弹尾目均成为了常见类群，且 4 种林型样地中弹尾目所占密度百分比均处于 5% 以下。弹尾目数目在各样地中均表现出锐减态势，双翅目由以往的常见种变为稀有种，具体原因有待于进一步研究。

(3) 群落个体数及多样性也有所差异。处于传统意义上演替顶级栲树群落类群数 (26) 和个体数 (20.43%) 并未达到最高，而是处于演替中期阶段的马尾松样地在群落类群数 (30) 和个体数 (44.62%) 达到最高，这可能是马尾松林中有丰富的凋落物为土壤动物的生存和发展提供了条件，因而群落类群数和个体数高于其他林型；而 4 种林型凋落物层中，马尾松样地土壤动物类群数 (25) 和个体数 (48.28%) 均是最高的，也在相当程度上印证了这一点。由于马尾松样地土壤动物类群数和个体数都是最多，因而其密度-类群指数、丰富度和优势度指数也是最高；从整个演替系列而言，栲树林处于演替顶级，因而群落相对稳定，均匀度指数和 Shannon-Wiener 指数最高。

(下转第 6855 页)

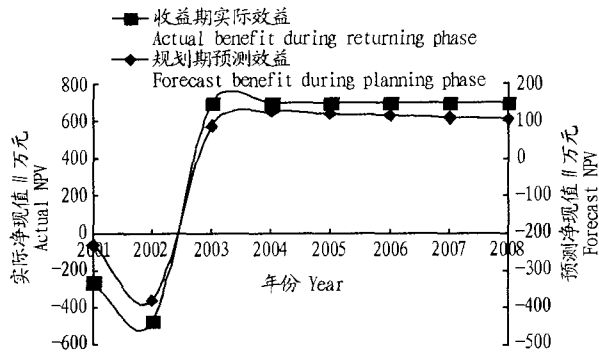


图1 土地开发整理前后项目区净现值

Fig.1 The NPV before and after land consolidation program

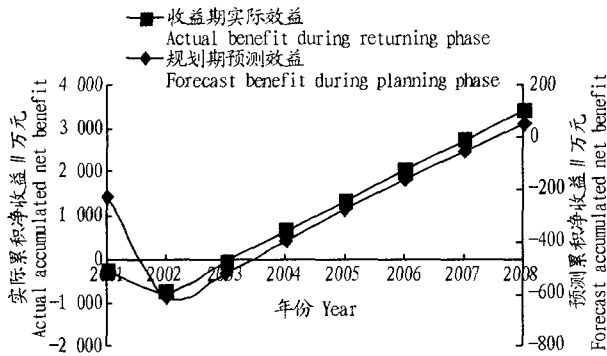


图2 土地开发整理前后项目区累积净效益

Fig.2 The accumulated net benefit before and after land consolidation program

4 结语

(1)采用前后对比法进行该项目的投资经济效益分析,方法简单易行、操作性强,能快速得出评价结果。但当假设条件有变时,得到的结果会有较大出入;农业生产环境发生

重大变化时,其假设不成立,难以运用此法。

(2)项目实施后的经济效益分析主要通过实地走访农户、深入座谈及问卷调查的方法得到的第一手原始资料。走访农户仅为37户,占项目区总户数的11.2%,获取数据不够全面,代表性不强,经过整理后得到经济效益与实际效益存在一定差距。

(3)项目规划时主要以粮食作物玉米、水稻、油菜等为主,实施过程中根据当地农业产业结构布局,结合市场需求和群众意愿种植了烤烟、葡萄、柑橘等经济作物,是项目区土地开发整理后实际经济收益高于规划期预测经济效益的重要原因。

参考文献

[1] 国土资源部土地整理中心. 土地开发整理标准[S]. 北京:中国计划出版社,2000.

[2] 左欣艳,高敏华,塔西甫拉提·特依拜. 土地整理项目综合效益评价[J]. 新疆农业科学,2008,45(6):1147-1151.

[3] 刁承泰,尹启后. 经济效益分析在土地开发整理项目可行性研究中的应用[J]. 重庆地政,2002(2):30-32.

[4] 李敏,赵小敏,龚绍琦. 提高土地开发整理项目经济效益的途径[J]. 农业工程学报,2004,20(3):262-265.

[5] 王伟,杨晓东,曾辉,等. 土地整理综合效益评价指标与方法[J]. 农业工程学报,2005,21(10):70-73.

[6] 李岩,赵庚星,王瑗玲,等. 土地整理效益评价指标体系研究及其应用[J]. 农业工程学报,2006,22(10):98-101.

[7] 嵇振坤,杨俊宴. 江苏省级开发区土地开发效益评价[J]. 长江流域资源与环境,2006,15(S1):17-21.

[8] 陈敏,刁承泰,甘昭昭,等. 土地开发整理研究中的经济效益分析——以重庆市涪陵区荒田片区为例[J]. 西南师范大学学报,2004,29(3):500-503.

[9] 宾川县力角镇政府. 宾川县力角镇概况[EB/OL]. (2008-09-18). [2009-03-02]. dlbc.xxgk.yn.gov.cn/lj.

[10] 陈超,钟毅,李晓敏. 土地整理项目后评价方法探讨[J]. 国土资源,2007(12):34-35.

[11] 严金明,夏素华,夏春云. 土地整理效益的分析评价与指标体系建立[J]. 土地管理技术,2005(2):36-42.

[12] 赵小敏,艾亮辉. 农地整理项目设计和后评价研究[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2005:49-53.

(上接第6837页)

参考文献

[1] 尹文英,张荣祖,殷媛公,等. 中国土壤动物[M]. 北京:科学出版社,2000.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 吴化前. 天童常绿阔叶林不同演替阶段中土壤动物群落学研究[D]. 上海:华东师范大学,1996.

[9] 易兰. 浙江天童受损常绿阔叶林的次生演替对土壤动物群落的影响[D]. 上海:华东师范大学,2005.

[10] 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.

[11] 丁圣彦. 常绿阔叶林演替系列群落下土壤性质的比较[J]. 河南大学学报:自然科学版,1999,29(3):92-96.

[12] 忻介六. 土壤动物知识[M]. 北京:科学出版社,1986.

[13] 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.

[14] 钟觉民. 昆虫分类图谱[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1985.

[15] 钟觉民. 幼虫分类学[M]. 北京:农业出版社,1990.

[16] 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):466-472.

[17] 易兰,由文辉. 浙江天童栲树林土壤动物群落结构及其季节变化[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2006(2):112-120.

[18] 陈小乌,由文辉,易兰. 浙江天童太白山不同海拔土壤动物的群落结构[J]. 生态学杂志,2009,28(2):270-276.

[19] 陈小乌,由文辉,王向阳,等. 常绿阔叶林不同砍伐处理下土壤动物的群落特征[J]. 生物多样性,2009,17(2):160-167.

[20] 余广彬,杨效东. 不同演替阶段热带森林地表凋落物和土壤节肢动物群落特征[J]. 生物多样性,2007,15(2):188-198.

[21] 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.

[22] 张雪萍,李春艳,殷秀琴,等. 不同使用方式林地的土壤动物与土壤营养元素的关系[J]. 应用与环境生物学报,1999,5(1):26-31.