

# 西双版纳热带人工林与次生林土壤动物群落结构时空变化初查<sup>\*</sup>

杨效东 沙丽清

(中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 昆明 650223)

**摘要** 在西双版纳热带雨林地区, 对 3 类人工林和 1 类次生林土壤动物群落结构的时空变化进行了调查。结果表明: 蝉蛄目和弹尾目在所查 4 类林地中为常年优势类群; 4 类林地中, 土壤动物类群数和个体数均呈相同的季节消长规律: 干热季(4 月) > 雨季(8 月) > 干凉季(1 月); 各林地优势类群的种群数量在 4 月呈现剧增; 次生林土壤动物群落类群数、个体数及多样性在全年高于人工林, 林地表层土壤动物在全年明显多于底层。

**关键词** 热带, 人工林与次生林, 土壤动物, 群落结构, 时空变化

**中图分类号** S154.5

土壤动物是陆生生态系统的重要组成部分, 对系统内物质、能量的迁移、转化及土壤结构的形成、改良具有重要作用, 土壤动物活动的强弱还反映出森林土壤的肥沃状况。作者曾报道过西双版纳 3 类人工林土壤动物群落的旱季结构<sup>[1]</sup>, 但未涉及其季节消长规律。本文主要报道西双版纳不同类型人工群落林及次生林下, 干生型土壤动物群落结构的时空变化及其影响因子。

## 1 样地和方法

### 1.1 调查地点和样地

**调查点:** 中科院西双版纳热带植物园森林生态站, 位于云南省西双版纳州勐仑地区(北纬 21°41', 东经 101°25'), 海拔 600m, 为低山浅丘宽谷型地貌, 属季风热带气候, 年均温度 21.4~22.6℃, 年降雨量 1556.8mm, 且多集中于雨季, 形成明显的干雨季之分, 全年由干热季、雨季和干凉季组成。降雨雨季约占年降雨量的 83%, 干季仅占 17%, 但干季多大雾、重露, 可部分弥补降雨的不足。降水量分配不均, 形成特有的物候和生态节律(表 1)。经调查, 选取当地具有代表性的 3 类人工林和 1 类次生林进行研究。

I 橡胶多层林, 为西双版纳热带植物园的一种试验模式, 群落高约 20m, 盖度约 85%, 分乔木(2 层)和灌木、草本 4 个层次, 上层乔木为橡胶(*Hevea brasiliensis*), 中层乔木主要有催吐萝芙木(*Rauvolfia vomitoria*)、木奶果(*Baccaurea ramiflora*)等, 草本层以肾茶(*Clerodendranthus spicatus*)、千年箭(*Homalomena occulta*)等为主。

\* 中国科学院“九·五”重点项目(KZ95Z-S1-101)和生物科学与技术研究特别支持项目(STZ97-1-04)支持

收稿日期: 1998-05-04; 收到修改稿日期: 1998-08-14

II 胶茶林,是该地区人工林的主要种植模式,群落高约 20m,盖度约 60%,上层乔木为橡胶,下层灌木为茶叶(*Camellia sinensis var. assamica*),林地每年除草 1~2 次,并按 200kg/hm<sup>2</sup>施以尿素和硫酸钾。

III 单一橡胶林,群落高 20m,盖度 45%,样地每年除草 1~2 次,近 30 多年未曾施用化肥。

IV 崖豆藤林次生林,群落高约 25m,总盖度 85%,分乔木(2 层)、灌木和草本四个层次,群落中主要为植物崖豆藤(*Millettia leptobotrya*)、蒲桃(*Syzygium sp.*)、印度栲(*Castanopsis indica*)、铁屎米(*Canthium horridum*)、三角茜木(*Prismatomeris tetrandra*)、九节木(*Psychotria henryi*)。

表1 西双版纳季节的划分及物候特点

Table 1 Division of season and phenological characteristics of Xishuangbanna

季节	月份	候均温	降雨量	干燥度 <sup>[1]</sup>	相对湿度 <sup>[1]</sup>	物候现象
Season	Month	Temperature(°C)	Rainfall(mm)	Arid degree	Relative humidity(%)	Phenology
干热季	3月~4月	21.3~23.5	69.55	1.78	40~45	植物大量落叶
雨季	5月~10月	>23	152.9	0.81	70~80	植物生长茂盛
干凉季	11月~2月	15.1~17.4	14.1	4.31~5.67	45~55	植物生长减慢、少量落叶

### 1.2 研究方法

调查工作于 1992~1993 年的干热季(4 月)、雨季(8 月)和干凉季(次年 1 月)在上述 4 类样地进行。

在上述样地,各按 15m × 15m 划出一取样地块,每取样地块按对角线法设 5 个取样点,分 3 个土壤层(A 层:0~5cm; B 层:5~10cm; C 层:10~15cm)取样,取样面积为 475cm<sup>2</sup>。所取土样用干漏斗(Tullgren 法)分离提取中小型土壤动物;另每块样地取 1 个 50 × 50 × 5(cm<sup>3</sup>)土样,用手捡法提取大型土壤动物(限于条件,湿生土壤动物未做)。标本的分类整理囿于土壤动物分类难度较大,本文仍采用大分类法进行统计<sup>[2,3]</sup>。土壤动物群落结构指标的测定,统一采用 Shannon-Wiener 多样性指数公式:  $H' = -\sum P_i \ln P_i^{[4]}$ ; Pielou 均匀性指数公式:  $j = H' / \ln s^{[4]}$ ; Simpson 优势度指数公式:  $C = \sum (n_i/N)^2^{[4]}$  进行计算。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤动物群落的组成及变化

在 3 个季节期,共采集土样 192 个,获得各类干生土壤动物 10316 头,分属 25 目,见表 2。各林地全年占绝对多数的土壤动物类群(个体数量占总数 10% 以上)为蜚蠊目(占全年总捕获量的 48.88%)和弹尾目(占 33.70%),可视为优势类群;结合目、双尾目、鞘翅目、膜翅目各占全年总数的比例在 1% 以上,为常见类群。以上 6 类土壤动物,构成所查 4 类林地土壤动物群落的基本成分,具有较为明显的热带特色<sup>[5]</sup>,它们对环境变化具有较强的适应能力;其它 19 类各占全年总数比例低于 1%,属稀有类群,它们对环境条件的变化极为敏感,仅在一定时期,林地土壤条件适宜时,其种群数量才逐步增加,并成为某一林地的常见类群。

不同季节,不同植被类型林地中,土壤动物群落的组成具有较大变化,调查数据显示:

- ①除蜚蠊目、弹尾目外,膜翅目(蚂蚁)、双翅目和双尾目在不同的季节,分别在不同的林地中出现较大的数量增长而成为优势类群,有的甚至超过弹尾目的数量,这在 1 月较为突出。
- ②各林地常见和稀有类群的组成数以 4 月和 8 月多于 1 月,其中,鞘翅目在 4 类林地常



年有一定的数量比,为稳定的常见类群,而蜈蚣目、多足类、拟蝎目、结合目、鳞翅目和等足目等,在不同的林地,因其数量变化较大而成为不同的组成类群。③各林地土壤动物群落在数量构成上也不一样,优势类群占有量在3个季节均高(80%以上),变幅不大,而常见和稀有类群占有量比例变化明显,尤以3类人工林最为突出(表2)。

## 2.2 土壤动物群落类群数和个体数的季节变化

4类林地,土壤动物群落类群数和个体数量均表现出4月>8月>1月的规律性的季节消长(表3)。从类群数看,4月和8月各样地都有较多的类群数,且很少有较大的变动(II号样地变化稍大);1月,各林地类群数皆有较大幅度减少,减幅达50%左右。从个体数量变化看,4类林地均呈现出大幅度的数量消长,4月至8月递减最明显。从表2分析可得,各林地土壤动物个体数量的季节波动主要体现在2类优势类群(蜚蠊目和弹尾目)的种群数量变化上。

表3 不同季节4类样地土壤动物分布及其与生态因子的关系

Table 3 Relationship between the distribution of soil fauna and ecological factors in plots of four forest land at different seasons

样地号 Plots	I			II			III			IV		
	4	8	1	4	8	1	4	8	1	4	8	1
月份 Month	Apr.	Aug.	Jan.	Apr.	Aug.	Jan.	Apr.	Aug.	Jan.	Apr.	Aug.	Jan.
类群数	13	13	7	18	11	11	12	12	9	19	17	9
个体数	695	114	50	5364	178	199	660	316	57	2073	470	140
大型土壤动物 密度(个/m <sup>2</sup> )	288	68	76	2380	200	332	216	148	84	1704	468	156
中小型土壤动物 密度(个/m <sup>2</sup> )	13115.79	2042.11	652.63	100400	5789.47	2442.11	12715.79	7263.16	821.05	34463.16	2694.74	2126.32
年凋落物量 (t/hm <sup>2</sup> ·a)		9.85									12.09	
有机质(g/kg)		23.3			22.3			18.0			26.7	
pH		3.67			3.72			3.83			4.03	
全氮(g/kg)		1.35			1.04			0.82			11.00	
全磷(g/kg)		0.27			0.33			0.21			0.17	
全钾(g/kg)		0.70			10.93			9.50			7.07	
人为活动	割胶	割胶 除草	封园	割胶 采茶	割胶 采茶 除草	封园 施肥 中耕	割胶	割胶 除草	不封 园和 施肥	无	无	无

4类林地中,蜚蠊目和弹尾目种群数量的季节消长表现为:4月,其种群数量达最高峰,8月降至较低水平,升降幅度高,至次年1月,其数量又较8月略有减少。其中,蜚蠊目(降幅30%~40%)较弹尾目(降幅70%~80%)的变幅小,仅在胶茶林(II)中,蜚蠊目和弹尾目均呈猛增猛降变化。

上述土壤动物群落的季节变化,明显地反应出与热带雨林地区特有的季节气候变化及物候特点相关<sup>[6~8]</sup>。在西双版纳热带雨林地区,4月是干季与雨季的交替期,又是当地植物落叶、换叶期(表1),较高的气温和间断性的降雨,不仅形成了较高的温湿条件,同时增

加了土壤和凋落物层的含水量,形成土壤动物生长的温湿系数,也因此提高了土壤微生物的数量和活性<sup>[6,7]</sup>,为土壤动物的生存与繁衍提供了良好的食物和栖息条件,致使各林地土壤动物类群和数量增加,且植食和腐食性的螨类、弹尾类种群数量出现急增;8月是雨季降雨量最集中的月份,土壤和凋落物中含水量长期处于饱和状态,再加之植物迅速生长、凋落物快速分解,从而抑制了干生性土壤动物个体数量的增长,优势类群种群数量明显减少,但群落类群的组成数变化不大;11月进入干凉季,气温变凉,降雨基本终止,1月无降雨,土壤温度、含水量及微生物随之降低至最低水平,且凋落物经过雨季已基本被腐解,土壤生物养分缺少,土壤条件不适宜土壤动物的生存发展,其类群数有较大幅度的下降,个体数也较雨季减少。这一变化特点,与我国亚热带、温带的土壤动物群落季节变化在时间上有异<sup>[3,9]</sup>,而与其它热带雨林地区所获结果较为相似<sup>[8]</sup>,但影响土壤动物群落季节消长的主导因子都基本相同,即土壤水热因子、凋落物和生物养分(凋落物及微生物)等<sup>[8,9]</sup>。对于不同类型的林地,由于林相结构、人为干扰等因素的不同,土壤动物季节消长有较大差异,它们在增长期和衰减期对森林养分循环的影响作用以及相互间的关系值得进一步的深入研究。

### 2.3 土壤动物群落的空间动态

2.3.1 水平分布 由调查得知,所查4类林地由于植被类型、环境条件、土壤理化状况和人为干扰(施肥、除草、耕作等)的程度不同,导致土壤动物类群数、个体数,大型和中小型动物的分布存在一定差异(表3)。

表3显示,在各季节,次生林土壤动物的类群数和个体数一般都大于人工林;而在3类人工林中,则表现出胶茶林较为丰富(其中,胶茶林土壤动物个体数量在干季期高于其它人工林以及次生林地,尤以螨类、弹尾类和双尾类最为突出),单一橡胶林次之,橡胶多层林最少,同时也反映出各林地间土壤动物群落水平分布上的数量差异与林地的小生境及土壤状况有关。

与人工林相比,次生林结构复杂,阴蔽度较高、林下凋落物量丰富,土壤有机质、总N、总P等元素含量高于人工林,因此利于土壤动物的生存繁衍<sup>[3]</sup>。当自然林改作人工林后,土壤动物类群数减少、物种多样性相应降低,这种减少不仅是土壤动物对耕作活动所产生干扰的反应,也是对植物群落结构简单、凋落物减少、土壤有机质残余物的分布和微气候激烈变化的响应<sup>[10,11]</sup>。但不同形式、强度和时间的农业活动,对不同生活习性的土壤动物具有不同的影响作用,螨类和弹尾类常因耕作活动产生季节性的数量增长<sup>[12]</sup>,有机和无机肥料的施用对土壤微生物活性产生促进作用,也可使小型土壤节肢动物的种群数量增加<sup>[13]</sup>。胶茶林在干凉季的12月实施施肥和中耕等生产活动,使林地土壤疏松、多孔,通气性好,并因耕作使一些草本植物及根系破碎,且微生物数量有所增加,为腐食性和植食性的土壤螨类和弹尾类提供较好的食物条件,其种群数量在耕作后的干季(1~4月)出现较大幅度的增长。此外,由于单一橡胶林和橡胶多层林紧靠公路,林地开阔,林内生境受外界人为活动及环境变化的影响较大,小气候稳定性差,并且常年割胶活动造成林地土壤板结,从而影响了2类林地中土壤动物的生存;胶茶林紧靠次生林,且位于单一橡胶林背后,林地开阔程度低,林内生境受外界影响小,小气候稳定性好,土壤温、湿度变化相对稳定,使其土壤动物类群数和个体数较为丰富<sup>[11]</sup>。由此说明,人工生态系统中,人为活动的方式

和强度不同,无疑对土壤动物的生存和发展产生深刻影响,进一步研究土壤动物与森林环境的关系、生产活动对土壤动物的影响机制,对森林生态系统的演替和人工生态系统的持续发展都有重要意义。

2.3.2 垂直结构 调查结果显示,4类林地土壤表层(0~5cm)富含腐殖质,有机质、N、P、K含量均高于底层,使得土壤动物在土体中的垂直分布表现为A层>B层>C层的一般规律,有明显的表聚现象(表4)。

表4 不同季节4类样地土壤动物群落的垂直结构

Table 4 Vertical structure of soil fauna community in plots of four forest land at different seasons

月份Month	4(Apr.)						8(Aug.)						1(Jan.)					
	A		B		C		A		B		C		A		B		C	
土壤层SB	A		B		C		A		B		C		A		B		C	
项目IT	类群	个体	类群	个体	类群	个体	类群	个体	类群	个体	类群	个体	类群	个体	类群	个体	类群	个体
	NO	PI	NO	PI	NO	PI	NO	PI	NO	PI	NO	PI	NO	PI	NO	PI	NO	PI
I	12	42.2	8	35.3	3	22.6	11	70.5	4	17.9	3	11.6	6	58.0	5	18.0	4	24.0
II	16	82.9	13	15.7	8	1.6	11	79.3	4	12.8	3	0.3	8	63.3	7	29.2	6	8.1
III	14	96.1	3	2.60	1	1.1	15	86.3	5	7.5	5	5.9	2	8.8	6	66.7	4	22.8
IV	14	58.8	11	25.0	11	14.8	13	29.3	20	65.7	4	4.4	9	69.0	5	16.9	4	12.7

SB:Soil beds IT:Item NO:Number of order PI:Proportion of individuals

不同季节,因土壤理化条件受林地小气候及人为活动干扰影响而产生变化,某些土壤动物(尤其是大型种类)为适应外界环境条件,在不同土壤深度之间作垂直迁移活动,从而出现底层动物数量多于表层的逆向分布现象,如8月,次生林出现B层>A层>C层、1月,单一橡胶林出现B层>C层>A层的分布现象。

#### 2.4 土壤动物群落多样性指数的季节变化

根据 Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀性指数和 Simpson优势度指数计算结果表明:同一林地、不同季节或相同季节、不同林地,土壤动物群落多样性指标的变化呈现出较大的差异性和复杂性(表5)。

表5 4类样地土壤动物群落多样性指数的季节变化

Table 5 Seasonal variation of diversity indices of soil fauna community in plots of four forest land

指数Index	D			H'			J			C		
	4	8	1	4	8	1	4	8	1	4	8	1
月份Month	Apr.	Aug.	Jan.	Apr.	Aug.	Jan.	Apr.	Aug.	Jan.	Apr.	Aug.	Jan.
I	13	13	7	1.027	1.244	1.542	0.401	0.485	0.792	0.517	0.495	0.245
II	18	11	11	1.213	1.289	1.389	0.420	0.537	0.579	0.405	0.363	0.298
III	12	12	9	1.135	1.034	1.424	0.442	0.403	0.685	0.412	0.554	0.334
IV	19	17	9	1.513	1.553	1.338	0.514	0.548	0.600	0.290	0.364	0.378

表5显示,3类人工林中,土壤动物群落H'指数的季节变化表现为1月>8月>4月,次生林H'指数的变化则为8月>4月>1月。从各林地比较情况看,4月和8月,H'指数以次生林为最高,胶茶林次之,而在1月,H'指数则以橡胶多层林最高,单一橡胶林次之,次生林最低;J指数变化也有类似的结果,C指数则与H'和J的变化相反,D(丰富度)指数3季均表现为次生林多于人工林。由此得出,4月、8月,次生林地土壤动物群落的类

群数、个体数较为丰富,其  $H'$  和  $J$  指数也随之增大,  $C$  指数则减少,虽然胶茶林动物数量在 4 月明显高于次生林,但其数量的剧增仅以少数优势类群为主,群落的  $C$  指数增加,  $J$  和  $H'$  指数下降。  $H'$  指数是  $J$ 、 $D$  指数二者的函数,它反应的是系统中信息量的大小,并具有可累加性,将每块样地不同时期的  $H'$  指数进行累加,结果为:  $IV(4.078) > II(3.891) > I(3.813) > III(3.593)$ ,表明次生林土壤动物群落的多样性高于人工林,林地内小环境和土壤条件的稳定性优于人工林。影响群落稳定性的因素很多,多样性只是其中的一个重要因素,不同的测度指标所获取的结果可能有所不同,尤其在生境较为复杂的热带地区,因此衡量土壤动物群落结构的稳定性,有必要通过多项指标来综合考虑。

### 参 考 文 献

1. 杨效东,张建侯. 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
2. 青木淳一. 土壤动物学. 东京:北隆馆, 1973, 612~721
3. 尹文英,杨逢春,王振中等. 中国亚热带土壤动物. 北京:科学出版社, 1992, 1~618
4. 马克平. 生物群落多样性的测度方法—Ia 多样性的测度方法(上). 生物多样性, 1994, 2(3): 162~168
5. 马克平. 生物群落多样性的测度方法—IIa 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 1994, 2(4): 231~239
6. 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. 生态学报, 1997, 17(5): 549~555
7. Lodge D J, McDowell W H, McSwiney C P. The importance of nutrient pulses in tropic forest. Trends in Ecology and Evolution, 1994, 9:384~387
8. Singh J S, Raghubanshi A S, Singh R S. Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. Nature, 1989, 338:499~500
9. Raghubanshi A S, Srivastava S C, Singh J S. Nutrient release in leaf litter. Nature, 1990, 346:227
10. 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
11. Edwards C A, Lofty J R. The influence of cultivations on soil fauna populations. In: Vanek J. Ed. Progress in Soil Zoology. Academia Czech., 1975, 399~407
12. Wallwork J A. The Distribution and Diversity of soil fauna. London: Academic Press, 1976
13. Loring S J, Snider R J, Robertson L S. The effect of three tillage practices on Collembola and Acarina populations. Pedobiologia., 1981, 22:172~184

## PRELIMINARY INVESTIGATION ON TIME AND SPACE VARIATION OF STRUCTURE OF SOIL FAUNA COMMUNITY IN ARTIFICIAL AND SECONDARY FORESTS OF XISHUANGBANNA

Yang Xiao-dong Sha Li-qing

(Kunming Section, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of sciences, Kunming 650223)

### Summary

Soil fauna Communities were investigated in three artificial forests and one secondary forest in three seasons, from 1991 to 1992. The composition of groups, distribution of the number of individuals, diversity index of soil fauna were analysed. Results showed that Acarina and Collembola were the dominant community in the

four forests in the year round. The seasonal fluctuation of individuals and communities of soil fauna was: April > August > January, and the individuals of soil dominant fauna increased obviously in April. Individuals and their communities on the surface soils were more than those in deep soils. Soil fauna diversity index in different seasons were compared.  $H'$  index in secondary forest was higher than that in artificial forests.

**Key words** Tropics, Artificial forest, Secondary forest, Soil fauna, Seasonal fluctuation