

小良热带人工林土壤动物初步调查

廖崇惠 陈茂乾 谢映书

(广东省昆虫研究所)

土壤动物是森林生态系统物质和能量循环的主要环节, 它的丰富程度是土壤肥力的重要标志。研究不同类型人工林生态系统的土壤动物, 将为揭示这些系统的发展过程, 了解不同营林措施对改良土壤的作用提供重要资料。

小良人工林主要是解放后营造的松林和桉林。1974—1976年在原桉林迹地上, 营造约300亩由多种热带植物组成的人工阔叶混交试验林(下简称“混交林”)。混交林的面积不大, 但它的建成对进一步改造单一的生态环境提供了成功的经验。为此, 我们在1982年秋开始对小良的土壤动物进行研究, 试图通过基础调查来比较桉林和混交林中土壤动物的多样性和丰度, 以说明这些林带所造成的生物效应, 为进一步研究人工林土壤动物群落演变积累资料。

方 法

为更好地揭露混交林和纯桉林(或称“开放桉林”)中土壤动物的组成特点, 还对有百年历史的那梭村自然次生林(或简称“次生林”)、特意保留的光板地以及受到保护的小片桉林(或称“保护桉林”)同时进行调查, 作为对照。在混交林中, 根据不同地形及不同人工植物群落, 共选择9个取样点。为了取样数一致, 以便于比较, 只取其中1974年定植的3个点进行比较。开放桉林和光板地植被单一, 根据不同地形, 各自选3个取样点。保护桉林和次生林因面积太小, 仅选2个和1个取样点。每个取样点先后共进行了四个季度(10月、1月、4月和7月)的调查, 每季取样位置相距不远。

取样时, 在50×50厘米的样方内将凋落物(A₀₀, A₀)全部捡起, 装在塑料袋中, 留作干漏斗法(Tullgren装置)分离较小的土壤动物。然后挖出15厘米深的土壤, 用于手捡。用取土器(体积为5×4×5厘米)在0—5, 5—10, 10—15厘米处各随机取样4个, 在实验室中分别将每层4个土样混和, 取其1/8用湿漏斗法(Baermann装置)分离。在无

雨天气，3天内将全部样品取回，手捡部分亦在3天内全部做完。凋落物部分即取即分离。湿漏斗分离工作在4—5天内做完。全年共进行了72个样方的采集。

由于土壤动物个体大小相差十分悬殊，如线虫和蝉若虫的重量就相差达20万倍。因此，以个体数的多少来区分不同生境土壤动物的多样性和丰度，是很难反映实际情况的。用生物量代替个体数作为种的数量指标来进行分析更为合适。生物量的测定方法是：将采集到的大型土壤动物放入75%酒精中杀死，再换数次75%的酒精，洗净泥土，然后取出，放于干燥滤纸上，上下翻转，待吸净表面酒精后称重。小型的土壤动物，如线虫、跳虫等，则用推算法推算个体平均重量。将同一种的动物用吸管吸取，滴在盖玻片上，在双目镜下统计个数，再用干滤纸吸去盖玻片上的酒精，待表面蒸发干后，进行称重，计算个体平均重，然后推算各样方采集的同类生物量。一些数量不多的种类，如熊虫（缓步动物）等个体特小，对总体生物量无大影响，故忽略不计。

土壤动物门类繁多，目前较难全部分类到种、属。我们主要依据青木淳一（1973）的分类检索表分类到纲、目，极少分到科。在一些纲、目中有一些种类比较多见，且较明显地与该纲目的其他种类相区分，因而将它们划分为另一些类群。从生态的角度考虑，还把一些昆虫的成虫和幼虫分开成两个类群。如金龟子，幼虫生活于土壤中，而成虫则仅仅是为越冬或其他原因而暂时重返土壤中的，因而把它们分作两个类群。

结果与讨论

1. 土壤环境的概述

混交林、开放桉林、保护桉林、光板地和次生林等五个生境的土壤均属砖红壤性土壤。土质均为多砾质粘土。其他的土壤环境条件相差较大。见表1。总的来看，混交林和次生林在有机质、光热和水分等方面对于土壤动物比较有利，其次是保护桉林，最次的是开放桉林和光板地。

2. 土壤动物种类组成的特点

从五个生境采集的土壤动物的数量组成列于表2，生物量组成列于表3。混交林共有土壤动物31个类群，其次为次生林，有27个类群（仅得一个取样点的资料，误差可能较大，理论上应高于这一数字）。开放桉林最次，仅有11个，与光板地15个相近。在所有类群中，线虫、线蚓、弹尾目和蝉类都为各生境普遍具有，且个体数较多。蚯蚓和白蚁仅光板地未发现过，而缓步动物、直翅目、缨翅目又仅为开放桉林所无。腹足纲、倍足纲和等足目等只有湿度较大、植物种类丰富、凋落物层较厚的混交林和次生林所具有，其他生境未见分布。原尾目仅发现于次生林，涡虫类（三肠目）又仅发现于混交林。

关于优势种（或类群），要有一个明确的指标来确定。许多作者都用种的个体数比例来作标准。因种与种之间个体大小相差十分悬殊，这样划分不尽合理。这里改用以生物量大小作为划分优势种的数量指标。对本地区来讲，土壤动物的优势种首先应是各个季度都存在

表1 小良不同植被类型土壤动物环境条件

Table 1 The conditions of soil environment under different vegetation types in Xiaoliang

	自然次生林 natural secondary forest	人工阔叶混交林 artificial broadleaf mixed forest	人工桉林(开放) artificial nonprotected eucalypt forest	人工桉林(保护) artificial protected eucalypt forest	光板地 bareland
1. 林龄 age of stand	约100年	8年	23年	23年 (已保护3年)	
2. 主要植物种类 main plants	红车 <i>Syzygium hancei</i> 白车 <i>S. levinei</i> 樟树 <i>Cinnamomum camphora</i> 白木香 <i>Aquilaria sinensis</i> 黄牛木 <i>Gratoxylon ligustrinum</i> 酒饼叶 <i>Desmos chinensis</i> 九节 <i>Psychotria rubra</i>	沙椴 <i>Aphanamixis polystachya</i> 麻栎 <i>Quercus acutissima</i> 樟树 <i>C. camphora</i> 阿江榄仁 <i>Terminalia arjuna</i> 鸡占 <i>T. hainanensis</i> 鸡藤 <i>Calamus tetradactylus</i> 砂仁 <i>Amomum villosum</i>	窿缘桉 <i>Eucalyptus exserta</i>	窿缘桉 <i>E. exserta</i>	鹧鸪草 <i>Eriachne pallescens</i> 华三芒 <i>Aristida chinensis</i> 鸡眼藤 <i>Morinda umbellata</i> 越南叶下珠 <i>Phyllanthus cochinchinensis</i> 鬼灯笼 <i>Clerodendrum fortuneatum</i>
3. 凋落物厚度(cm) thickness of soil litter	3.3	2.3—5.0	0—0.5	1.0—2.0	0
4. 地面相对照度* relative illuminance on the ground	0.04	0.22—0.04	0.34—0.30	0.18—0.17	0.94—0.91
5. 土壤酸度 soil acidity	4.80	4.91—5.91	4.82—5.16	4.96—5.60	4.98—5.64
6. 土壤含水量(%) soil moisture content	21—29.4	12—16.9	8.8—13.4	10.7—16.7	5.0—13.2

*相对照度 = 林内地面照度/无林空地上照度。

表2 电白小良不同植被类型土壤动物的数量组成(单位:个体数/米²)
 Table 2 The distribution of the individuals of soil animals under the different types of vegetation in Xiaoliang (individuals/m²)

	自然次生林 natural secondary forest				人工阔叶混交林 artificial broadleaf mixed forest				人工桉林(开放) artificial nonprotected eucalypt forest				人工桉林(保护) artificial protected eucalypt forest				光板地 bareland			
	秋 Oct.	冬 Jan.	春 Apr.	夏 July	秋 Oct.	冬 Jan.	春 Apr.	夏 July	秋 Oct.	冬 Jan.	春 Apr.	夏 July	秋 Oct.	冬 Jan.	春 Apr.	夏 July	秋 Oct.	冬 Jan.	春 Apr.	夏 July
三肠目 Tricladida	35,000	95,000	190,000	24,000	53,700	33,000	112,700	101,000	1,000				2,000				4,000	3,600	7,400	3,300
线虫纲 Nematoda	8		1,000		5		3													
腹足科 Castropoda	80	64	52	20	123	83	80	53	1	1			22	52	92	80				
Megascolecidae	8,000	10,000	100,000	13,000	11,700	3,300	57,000	1,600	4,700	26,700			8,000	35,000	22,000	1,500				700
线蚓科 Enchytraeidae		3,000	100,000			2,300	69,000	4,600							3,000					300
缓步动物门 Tardigrada	4	4			7	5	4	16							6	4	2	5	1	
蜘蛛目 Araneae	160	1,356	472	2,545	3,173	1,125	1,421	1,927	3						26	2,696	1,726	1,640	1	708
蛛蟯目(隐气目亚目) Cryptostigmata									1						2					
蛛蟯目(前气目亚目) Prostigmata	24	2,032	2,048	145	703	29	743	29							20	4	578	20		
蛛蟯目(中气目亚目) Mesostigmata	8		12		75		3													
等足目 Isopoda	8	1,004	8	8	3				2,300											
唇足纲 Chilopoda																				
少足纲 Paurepoda																				120
倍足纲 Diplopoda	4	4	1,000	8	304	8	1													
结合类 Symphyla	4				3				1						2					1,002
原尾目 Protura	52								7						258	492	346	68		198
弹尾目 Collembola	380	184	380		497	147	247		5	2										12

蜚蠊目 Blattariae	8			3	7	1	5					2		18					
直翅目 Orthoptera	4			36	3		3					2		2	3				
等翅目 Isoptera	44			36	4	121	3					4		2					
鞘翅目 Psocoptera		36		56	5									14					
缨翅目 Thysanoptera	20	204	20	11	45	33	292					6	2	52					
半翅目 Hemiptera				1		3									3				
同翅目(蝉若虫) Cicadidae(nymph)			4	3	12	3	1						4						
鳞翅目(幼虫) Lepidoptera(larva)	8	16	8	2,667	1	12	16	1				10		94	1				
双翅目(幼虫) Diptera(larva)	2,000	1,140			1,011	751	1												
鞘翅目 Coleoptera		20		4	12	5	3						6						
鞘翅目(幼虫) Coleoptera(larva)	8			16	1	9	4							2	3			1	
鞘翅目(叶蝉科) Chrysomelidae							4												
鞘翅目(金龟子成虫) Scarabaeidae	4		4	4	1	3	1											1	
鞘翅目(金龟子幼虫) Scarabaeidae(larva)				3	5	1	7											34	
膜翅目 Hymenoptera	4		4			1													
膜翅目(蚁科) Formicidae	56			12	53	1	21				191			20	5			2	
类群数 No. of groups	16	19	17	13	25	21	22	22	22	9	4	2	2	16	12	16	17	10	3
总计类群数 Total No. of groups	27					31				11				25					15

表3 电白小良不同植被类型土壤动物的生物量组成 (单位: 克/米²)
Table 3 The biomass components of soil animals under the different types of vegetations in Xiaoliang (g/m²)

表4 小良不同植被类型土壤动物的优势类群*

Table 4 The dominant groups under the different types of vegetations in Xiaoliang

	自然次生林 natural secondary forest		人工阔叶混交林 artificial broadleaf mixed forest		人工梭林(开放) artificial nonprotected eucalypt forest		人工梭林(保护) artificial protected eucalypt forest		光板地 bareland	
	占总体生物量 % bio-mass %	优势类群 dominant	占总体生物量 % bio-mass %	优势类群 dominant	占总体生物量 % bio-mass %	优势类群 dominant	占总体生物量 % bio-mass %	优势类群 dominant	占总体生物量 % bio-mass %	优势类群 dominant
线虫纲 Nematoda	4	✓	4	✓					30	✓
鉅蚓科 Megascolecidae	58	✓	48	✓			67	✓		
线蚓科 Enchytraeidae	14	✓	7	✓			15	✓		
等翅目(白蚁) Isoptera			1	✓			7	✓		
同翅目 Cicadidae			10	✓						
鳞翅目(幼虫) Lepidoptera (larva)			8	✓						
金龟子(幼虫) Scarabaeidae (larva)			4	✓						

* 每个季节都能采集到的类群中, 凡占总体生物量 5% 以上的类群为优势类群, 占 5—1% 为次优势类群。

的, 否则只能叫季节性的优势种。本文在各个季节都存在的类群中, 将生物量占全体生物量 5% 以上的类群定为优势类群, 1—5% 的定为次优势类群。从表 4 可以看出, 次生林优势类群为 鉅 蚓科和线蚓科蚯蚓, 线虫为次优势类群; 混交林的优势种较多, 有 鉅 蚓科、同翅目、鳞翅目和线蚓科, 线虫、金龟子幼虫和白蚁等为次优势类群; 保护桉林的优势类群除 鉅 蚓科和线蚓科之外, 白蚁也是优势类群。光板地则不同, 线虫成为唯一的优势类群。开放桉林无优势类群而只有季节性的优势类群。

3. 种类组成相似性的比较

根据 $S_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [1 - (|X_{ij} - X_{ik}|) \frac{1}{R_i}]$ 公式 (J. R. Norris 和 M. H.

Richmond 1978) 求出每两个生境土壤动物种类组成的 Gower 相似系数。式中 X_{ij} 和 X_{ik} 代表第 i 个类群在两个生境中分别出现的生物量; R 代表第 i 个类群在这两个生境中出现的生物量的总和; n 代表类群数。相似系数的最大理论值为 1.00, 但同一群落的重复样本通常只有 0.85 的相似值 (G. W. 考克斯 1979)。若以此数值减去所求得的各项相似值, 即得各生境间的不相似值, 结果见表 5。混交林与次生林的不相似值最小, 保护桉林与次生林则次之, 分别为 0.42 和 0.49。两值均小于 0.5, 表明这两对生境间土壤动物种类组成有较大的相似性, 可以聚为一类。开放桉林和光板地之间的不相似值较大, 但它们和前一类生境间的不相似值更大, 因而它们可以另归作一类 (见图 1)。

表 5 不同生境土壤动物种类组成的不相似值

Table 5 The dissimilarity value of the soil animals' specific components in different habitats

	自然次生林 secondary forest	人工阔叶混交林 mixed forest	人工桉林(保护) protected eucalypt forest	人工桉林(开放) nonprotected eucalypt forest
光板地 bareland	0.77	0.85	0.78	0.64
人工桉林(开放) nonprotected eucalypt forest	0.75	0.76	0.77	
人工桉林(保护) protected eucalypt forest	0.49	0.54		
人工阔叶混交林 mixed forest	0.42			

4. 生物量分配特点

各生境土壤动物的总生物量见表 3。生物量最大的是混交林, 其次为次生林, 两者比较接近。四个季度调查的生物量总和分别为 72.18 克/米² 和 68.01 克/米², 最小的为光板地和开放桉林, 仅为 1.32 和 6.23 克/米², 保护桉林比开放桉林的生物量大得多, 为 35.66 克/米²。各生境生物量中各类群动物的分配各异。次生林有百年历史, 应该是一个比较稳定的小生态

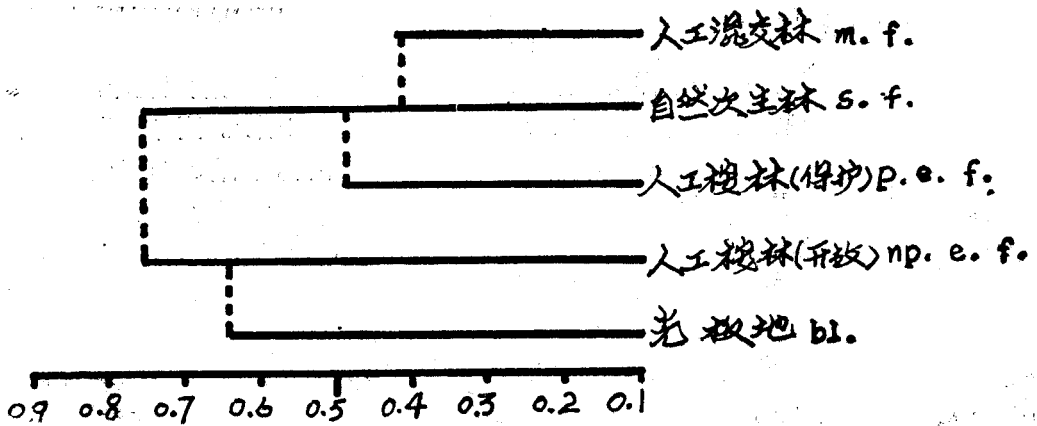


图1 不同生境土壤动物种类组成的相似性聚类分析

Fig.1 A cluster analysis of similarity of the soil animals specific component in differnt habitats

系统，它的土壤动物中，鉅蚓科、线蚓科和线虫纲等三个类群，在四个季度所占的生物量之和即达到76.06%，而昆虫仅占7.82%，和混交林的59.43%与33.80%比较，次生林中昆虫的比例显然很小（每季比例均小于混交林）。混交林土壤动物类群的生物量分配相对地比较均匀。昆虫种类较多和生物量较大，说明这个还在发展中的年青人工林的虫害仍比较严重。光板地由于没有生物量最大的鉅蚓科蚯蚓，所以昆虫的比重便上升到显要的位置。其余部分的土壤动物以次生林所占比例较大，开放桉林和光板地最小，这部分的动物除蝉蛄类之外，主要是甲壳纲的等足目和唇足纲、倍足纲、结合纲等类群。

表6 混交林中土壤动物生物量的季节变异分析

Table 6 A seasonal variation analysis of soil animals biomass in the mixed forest

	生物量均数 (g/m ²) average of biomass				自由度 df	F值	Qs \bar{x} 值	季节间 均数的差异
	秋 1982.10	冬 1983.1	春 1983.4	夏 1983.7				
全部土壤动物 all of the soil animals	21.48	18.16	19.82	8.54	n ₁ = 3 n ₂ = 8	3.79	2.53	春—秋 } 不显著 春—冬 } 其余相差显著
其中湿生的小型土壤动物 the collected mieget soil animals with Baermann' method	5.24	2.34	6.57	1.09	n ₁ = 3 n ₂ = 8	4.60	2.79	春—秋 } 不显著 冬—夏 } 其余相差显著

5. 生物量的季节变化

以混交林为例, 将全部 9 个取样点的样方调查的生物量分季节进行数理统计, 结果列于表 6。整个混交林的土壤动物平均生物量以秋季最高, 为 21.48 克/米²。到冬季稍有下降, 为 19.16 克/米²。春季稍有回升, 但不显著。夏季生物量明显下降, 只有 8.54 克/米²。这与调查时遇到严重干旱有关。在夏季调查前约有一个多月没有下雨, 土壤含水量与春季相比, 多者下降近 50%, 少者也下降近 20%。最低的含水量仅 8.5%, 最高的也只有 13.80%。在这种情况下, 一些动物死亡, 一些动物如鉅蚓科蚯蚓则蛰伏不动。线蚓和线虫等一反常态, 10—15 厘米深处比 0—5 厘米深处数量多得多。生物量受季节影响最明显的是小型湿生土壤动物。春季和秋季生物量明显升高, 为 6.57 和 5.24 (克/米²), 到冬、夏季则大幅度下降, 低至 2.34 和 1.09 (克/米²)。

小 结

1. 人工阔叶混交试验林为土壤动物提供了有利的土壤环境条件, 土壤动物的种类组成最复杂, 生物量也显著增大。与自然次生林相比较, 生物量和种类组成都较近似。

2. 人工桉林的土壤物理性状虽比光板地大为改善, 但由于枯枝落叶被扫光, 土层仍然显示出干旱的性状, 这些环境条件对土壤动物极为不利。因此种类贫乏, 且生物量很小, 与光板地相近似, 可见其土壤肥力比光板地无多大改善。

3. 土壤动物的优势和次优势类群以混交林为多, 其中混交林的鉅蚓科、线蚓科蚯蚓和线虫的生物量所占比例, 小于次生林和桉林。但整个昆虫部分的生物量 (包括同翅目、鳞翅目和金龟子幼虫等优势 and 次优势类群的生物量) 所占比例则混交林远远超过次生林和桉林。这说明混交林仍处于易受虫害的不稳定状态。

4. 受到保护的桉林, 土壤动物的生物量比开放的桉林大 4 倍多, 种类也比开放的桉林多。因此, 保护桉林, 禁止扫取枯枝落叶是初步改造桉林土壤的一种方法。至于能够达到怎样的水平, 则有待今后资料的积累。

5. 以混交林为例说明小良热带人工林和自然次生林土壤动物的种类和生物量均具有季节性变化。冬季和夏季种类较少, 生物量较低, 湿生小型土壤动物更为明显, 这与低温和炎热、干燥不无关系。

参 考 文 献

[1] 青木淳一, 1973, 土壤动物学。

[2] 张荣祖等, 1982, 长白山北坡森林生态系统土壤动物初步调查。辽宁动物学会刊, 3(1), 17—25。

[3] 屠梦照、姚文华, 1983, 广东沿海丘陵地森林植被的变迁与土壤之间的关系, 中国科学院华南植物研究所集刊, 第 1 集, 95—102。

[4] G. W. 考克斯, 1979, 普通生态学实验手册。科学出版社。

[5] J. R. Norris, M. H. Kichmond, 1978, Essays in microbiology. 9/9—9/25。

THE INITIAL INVESTIGATION ON SOIL ANIMAL IN THE TROPICAL ARTIFICIAL FOREST OF XIAOLIANG

Liao Chong-hui Chen Mao-qian Xie Ying-shu

(*Guangdong Institute of Entomology*)

Abstract

The artificial forest includes the eucalypt forest planted twenty years ago and the broadleaf mixed forest planted in 1974—1976. It is the goal of this article that both species richness and biomass of soil animals in these two forests are compared and that the different bioeffects of two typical zones are illustrated with the soil animals. The soil animal specimens were collected with the hand-gather, Tullgren and Baermann methods. According to the key of Jun-ichi Aoki (1973), a lot of kinds of soil animals classified into classes and orders, a few kinds into families. Total specimens are divided into 33 groups. Besides the mixed forest and the nonprotected eucalypt forest, the protected eucalypt forest, bareland and the one hundred years old natural secondary forest were used for comparison.

Component, species richness and biomass of soil animals in the mixed forest were different from nonprotected eucalypt forest. There were 31 groups in the mixed forest. Their total biomass reached 72.18 g/m². Megascolecidae, Cicadidae nymph, and Lepidoptera larva were dominant groups, each possessed a larger biomass, then Enchytraeidae, Nematoda, Scarabaeidae larva Isoptera, were subdominant groups. There were only 12 groups in the nonprotected forest. Their total biomass was 7.12 g/m². Sometimes, the biomass of the Megascolecidae and the Enchytraeidae were more than the others'. They were not rated as dominant or subdominant groups, because they could not be collected every time.

The group quantity and biomass of soil animals in the mixed forest are less different from those in the secondary forest. There were a little differences on the specific component between these two typical forest. Their dissimilarity value was 0.42. But in the mixed forest there was larger insect proportion than those in the secondary forest. It showed that the mixed forest was so young, that it suffered insect pest easilier than the secondary forest. Therefore, its ecosystem is in unstability yet.

The groups of soil animals in the nonprotected eucalypt forest and in the bareland are different, but the poverty of groups and a small number of biomass are the same. So the soil fertility in the nonprotected eucalypt forest is hardly better than that in the bareland.

Although the soil litter in the protected eucalypt forest has only been reserved for three years, the quantity of soil animal groups in this forest is almost twice as those in the nonprotected eucalypt forest, the biomass is more than fivefold as it. This shows that reserved soil litter can improve the fertility of the soil in the poor eucatypt forest.