

小良人工阔叶混交林中落叶消耗的过程 与土壤动物的影响*

廖崇惠 陈茂乾

(广东省昆虫研究所)

摘 要

小良椽属广东省茂名市, 位处热带的北缘。在三个林分不同、土壤动物组成不同的林地上, 在所有土壤动物能自由活动的环境下, 用叶面积测量方法, 研究了8种主要乔木不同月份落叶的消耗过程。在这里, 叶面积的自然消耗, 主要是土壤动物, 首先是白蚁, 其次为大型节足动物和陆生贝类摄食的结果。在不同试区中, 面积消耗的差异与试区土壤动物的数量和组成有密切关系。累计落叶年总消耗率依种类而不同, 从84.4—71.7%。4—6月份落的叶, 全消耗期较短, 多数在2—4个月内接近或全部消耗完毕。其他月份凋落的, 需要6个月或更长时间。大多数种类在6月份凋落的枯叶, 其前期消耗率最高; 12月的落叶, 前期消耗率最低。落叶消耗速率, 在整个消耗过程中是变化的。

关键词: 土壤动物; 落叶; 分解; 叶面积; 人工林

一、前 言

小良热带人工林枯枝落叶的消耗, 作者已在上一篇研究报告¹⁾中记录了在自然状态下的年消耗率, 并用控制白蚁作用的方法进行重量消耗的比较, 获得了对白蚁消耗部分的估计。其余部分, 正如所有用重量消耗法所获得的结果一样, 是对微生物和土壤动物共同消耗的估计。文中研究的是枯枝落叶的混合物, 不能区别落叶种类上的差异, 也不管消耗过程中的变化。由于微生物对落叶的分解作用十分缓慢, 而一些以较新鲜落叶为营养的土壤动物摄食落叶的机械作用比较快, 使得整个落叶分解过程的早期, 明显地表现为叶面积的消耗。因而本文仿用Edwards等^[2]方法, 估量叶面积消耗的比例, 获得了对土壤动物消耗落叶的估计。本文还对落叶的主要种类和落叶的时间进行比较, 研究

* 属国家科学基金资助项目。

1) 小良人工阔叶混交林中白蚁对枯枝落叶的消耗作用 (廖崇惠等, 待发表)。

消耗过程的特点。

二、试 验 区

小良隸属广东省茂名市，处于热带的北缘。在人工阔叶混交林中，选择三个不同类型的林地作试验区：

I区，在岗顶，为大叶相思 (*Acacia auriculae-formis*) 林。林中间杂少量铁刀木 (*Cassia siamea*) 和白木香 (*Aquilaria sinensis*)。活的地被物甚少。土壤为棕黄色粘质亚砂土。

II区，在谷地，树种混杂、高层以蒙蒙木 (*Alphitonia philippinensis*)、铁刀木、樟树 (*Cinnamomum camphora*) 为主，中层有红叶树 (*Helicia cochinchinensis*)、越南鸡藤 (*Calamus bonianus*) 等，部分地面有禾本科植物。土壤为疏松砂质冲积土。

III区，在坡地上，为沙椴 (*Aphanamixis polystachya*) 林，中下层植物主要是新银合欢 (*Leucaena leucocephala*) 及其幼苗，少量越南鸡藤在林间缠绕。土壤含粗砾质。

I、II区表层土壤含水量相似，它们分别为 17.7% (14.6—19.7%) 和 17.6% (15.3—19.9%)。III区则明显较低，为 15.2% (12.9—18.2%)。

落叶层中动物数量，在各试区中亦有差异。I、II区主要有白蚁和等足类，而III区中，大、中型土壤动物较多 (表 1)。

表 1 各试区落叶层的动物数量比较 (只/m²)

Table 1 Animal quantity in leaf litter of each test site (indiv m⁻²)

动 物 Animal	试 区 Test site		
	I	I	II
小型节足动物* Microarthropods	855	704	1004
白 蚁 Termites	570	84	12
大、中型节足动物 Macro-mesoarthropods (等足类 Isopoda)	84 (83)	82 (73)	35 (15)
褐云玛瑙螺 <i>Acharina fulica</i>	0.3	0.3	1

* 从同时进行的另一试验获得的参考数据。

三、方 法

本试验从 1985 年 2 月开始，到 1986 年 2 月结束。

每个试区设 4 个试点，面积各为 1/4m²。将每个试点的旧叶清除，四周用 10 厘米高

的铁丝网（网眼为1×1cm）围住，并在其上用塑料窗纱遮盖（不触及铁丝网），以防止新的凋落物进入。试验树种为该林的重要乔木：

多果榄仁 *Terminalia myriocarpa*

麻栎 *Chukrasia tabularis*

杪椌 *Aphanamixis polystachya*

蒙蒙木 *Alphitonia philippinensis*

铁刀木 *Cassia siamea*

白木香 *Aquilaria sinensis*

大叶相思 *Acacia auriculaeformis*

麻栎 *Quercus acutissima*

将以上几种落叶放入围栏内，每月初加一次，每次均在叶的主脉上涂以一种和以前不同颜色的油漆。麻栎为落叶乔木，每年10月间开始落叶。故只在2月份试验开始时一次加入，到10月份再另放新鲜落叶，补做前期消耗试验。在试验期间，每两个月取出所有残留叶片，分别用叶面积仪测量面积，然后放回原处。消耗率计算：

$$r = \frac{a - m}{a} \times 100\%$$

式中 a 为某月落叶在加入时的面积； m 为检查时的残留面积。每一树种在年内落叶累计总消耗率为：

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n a_i - M}{\sum_{i=1}^n a_i} \times 100\%$$

a_i 为第 i 个月加入的叶面积； n 为加入的次数； M 为试验结束时全部残留面积。

四、结 果

（一）不同树种落叶的消耗过程

图1表明，落叶的消耗过程因种而异。麻栎10月份开始落叶，到11月份基本落完，故落叶消耗的前半期正值秋、冬季，消耗十分缓慢，到2月间几乎停止消耗。到后半期，进入春、夏季，消耗率才迅速提高（图1h）。本试验是在2月份用地面旧的落叶进行试验的，所试落叶在8月份全部消耗完毕。若将地面的落叶从去年10月份开始算起，全部消耗过程长达10个月。

在常绿乔木中，大叶相思落叶的消耗最慢（图1d）。8月份以前的落叶要经6个月才能消耗完毕，或接近完毕。8月份的落叶经6个月才消耗75%左右。各月的落叶，消耗期长短不一。若将前两个月的消耗过程通称为前期消耗，那末，所作出的各月落叶的前期消耗率变化曲线，以大叶相思水平最低。

白木香在2月和6月的落叶都要经过6个月的时间才能消耗完毕，而4月和8月份的落叶，只需4个月的时间。从图1g中可以看出，全年有4—5月和8—9月两个消耗高峰。

多果榄仁（图1a）在2—7月份的落叶，均在8月份全部消失，其消耗率为其他各种

之首。而8月份以后的落叶均推迟到第二年才消耗完毕，或尚有少量残留，与其他种类相比则属较慢者。

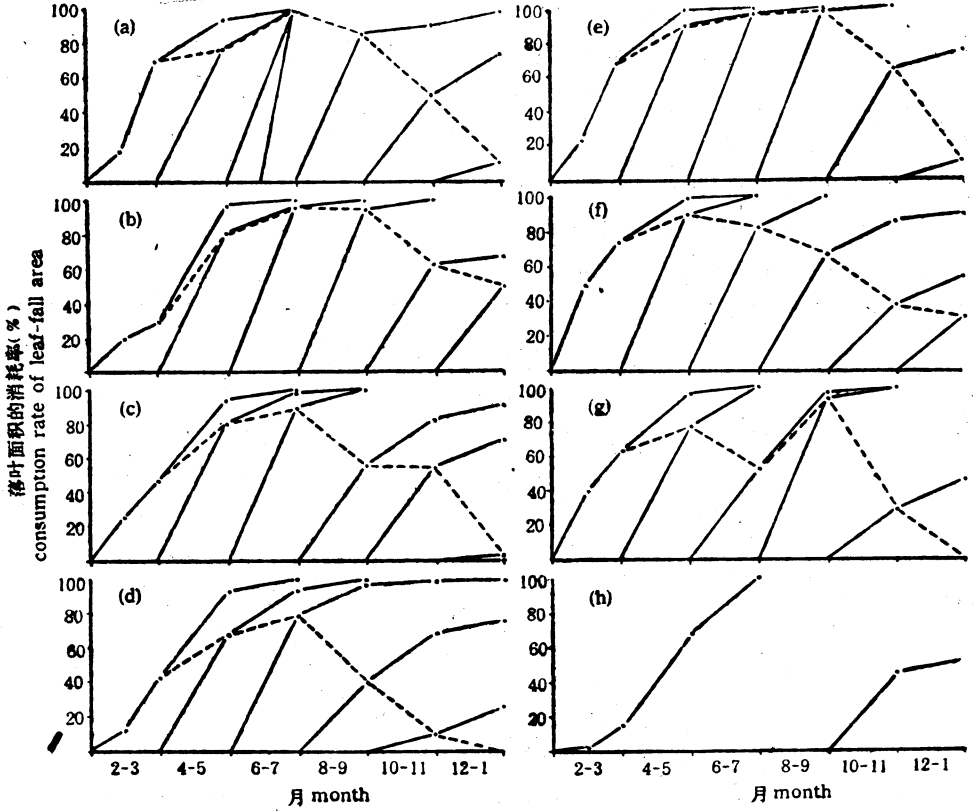


图 1 小良热带人工林地面上几种落叶面积的消耗

Fig. 1 The Consumption of the leaf-fall area of different trees from the tropical cultivated forest in Xiaoliang

—— 落叶的消耗曲线

Consumption curves of leaf-fall;

----- 落叶的前期消耗率在不同季节中的变化曲线

Change curves of consumption rate of earlier stage, on the leaf-fall which fell in different season.

(a) 多果榄仁 *Terminalia myriocapa*

(b) 铁刀木 *Cassia siamea*

(c) 桫欏 *Aphanamixis polystachya*

(d) 大叶相思 *Acacia auriculaeformis*

(e) 麻 楝 *Chukrasia tabularis*

(f) 蒙蒙木 *Alphitonia philippinensis*

(g) 白木香 *Aquilaria sinensis*

(h) 麻 楝 *Quercus acutissima*

蒙蒙木 (图 1 f) 各月落的叶中，具最高前期消耗率的是 4 月份的落叶；多果榄仁、铁刀木、桫欏和大叶相思是 6 月份的落叶；麻楝和白木香则是 8 月份的。

(二) 凋落月份对落叶消耗过程的影响

图 1 不仅表明消耗过程因种而异, 也因凋落月份不同而有变化。年初和年尾凋落的叶, 其消耗期较长, 年中的消耗期较短。

多果榄仁、铁刀木、大叶相思、麻楝等在 2 月份凋落的叶, 都有一个初期缓慢消耗的过程。蒙蒙木、白木香则开始时消耗较快, 以后逐渐缓慢。2 月份落叶的前期消耗率均在 70% 以下, 且全消耗期均长达 6 个月之久。

4 月份的落叶, 除麻楝和大叶相思外, 前期消耗率加快, 一般近 80% 或以上。其中多果榄仁、蒙蒙木和白木香三种落叶在 4 个月内即全部消耗完毕。

6 月份的落叶消耗最快, 其中多果榄仁、铁刀木、桫欏、麻楝、蒙蒙木等具有最大或较大的前期消耗率和最短消耗期 (2—4 个月)。大叶相思亦具有最大的前期消耗率。

8 月份的落叶, 具上述情况的只有麻楝、白木香和铁刀木。多果榄仁的落叶要到第二年 2 月, 即经 6 个月才全部消耗完毕; 而沙欏、大叶相思、蒙蒙木的落叶, 经 6 个月后有残留, 说明 8 月份落的叶, 其消耗过程开始延长。

10—12 月的落叶, 消耗率迅速下降。除铁刀木和蒙蒙木外, 12 月份落叶大都下降到 10% 以下, 甚至完全停止消耗, 如大叶相思和白木香。

(三) 不同树种落叶总消耗率的比较

全年累计落叶总消耗率可以作为落叶分解强度的一个指标。从表 3 可以看出, 不同树种落叶面积的总消耗率的差异是非常显著的 ($F_1 = 4.17$; $F_{0.01} = 3.12$; $df = 6.62$)。多果榄仁叶虽为硬质, 但最易为土壤动物所摄食, 叶面积总消耗率平均为 84.4%。大叶相思亦为硬质叶, 但更富有纤维, 土壤动物摄食率最低, 总消耗率仅 71.3%。其余铁刀木、沙欏、麻楝、白木香、蒙蒙木等均在 76—78% 之间。

(四) 不同试区落叶总消耗率的差异与土壤动物数量的关系

表 2 几种落叶面积的平均总消耗率 (%)

Table 2 The average area consumption rates (%) of leaf fall of several trees in three tests

试 区 Test site	多果榄仁 T. m.	铁刀木 C. s.	桫 欏 A. p.	麻 楝 Ch. t.	白木香 Aq. s.	蒙蒙木 Al. p.	大叶相思 Ac. a.	平 均 Mean
I	89.75 (4) *	92.07 (3)	83.22 (3)	81.89 (3)	75.92 (4)	86.41 (3)	75.40 (3)	83.44 (23)
II	81.02 (4)	73.85 (3)	74.84 (3)	75.92 (3)	74.36 (3)	69.2 (4)	65.99 (3)	74.13 (23)
III	82.49 (4)	76.78 (3)	77.04 (3)	72.75 (3)	78.45 (4)	75.06 (3)	74.26 (3)	76.69 (23)
平 均 Mean ±sd	84.42 1.61 (12)	80.59 2.90 (9)	78.73 1.62 (9)	76.85 1.56 (9)	76.42 1.07 (11)	76.14 1.76 (10)	71.73 2.80 (9)	

* () 内为统计数, 凡 < 4 者, 均用狄克逊 (Dixon) 准则除去了其中的坏值。

种间均数差异: $F_1 = 4.17$; $F_{0.01} = 3.12$ ($df = 6, 62$), 差异非常显著。

区间均数差异: $F_2 = 13.36$; $F_{0.01} = 4.94$ ($df = 2, 64$), 差异非常显著。

落叶面积的总消耗率,在不同试区也有非常显著的差异($F_2 = 13.36$; $F_{0.01} = 4.94$; $df = 2.64$)。试区 I 最高,平均为83.44%。试区 II、III依次为74.13%和77.22%。这些差异显然与各试区土壤动物的数量(表1)有关。在小良人工林中,白蚁是消耗枯枝落叶最主要的动物类群之一¹⁾。试区 I 白蚁最多,落叶的面积消耗也最多。试区 III 白蚁最少;但那里其他大、中型枯食性土壤动物,如鳞翅目幼虫、蟋蟀、蜚蠊、褐云玛瑙螺等数量明显多于 II 区(表4),故落叶面积的消耗反而略大于后者是可以解释的。

五、讨 论

用重量变化来测量落叶分解速率,要分清土壤动物和微生物各自的作用,多用杀菌剂和杀虫剂分别处理过样品,但药剂的作用对象并不十分专一,因而对结果的分析产生了一定的影响。用特定网眼的网袋处理试验,并目测落叶面积的消耗,可以得到某些土壤动物类群摄食落叶量的资料。Edwards^[2]在蚯蚓丰富的林地上试验,了解到蚯蚓在落叶分解作用中的重要作用。但由于网眼的限制是很不严格的,所得结果仍包括许多其他较小的动物的作用。Takeda^[5]仅用判别摄食痕迹特点的方法,可分别获得白蚁和其他节足动物摄食过的叶片的数量比例,但不能判别出两者各自的摄食面积。本试验除用测量叶面积变化的方法外,对土壤动物不作任何限制,只求获得土壤动物作为一个总体所起的作用。严格地讲,面积消耗也不一定全是动物摄食所造成。微生物(特别是真菌)的作用可能存在。但是,由于微生物的作用很慢^[2],所以叶面积的损失,尤其是前期,应该主要地归结于土壤动物的摄食。事实上本试验所检查的样品的缺口,大都呈现出清晰的切割边缘,无疑是动物摄食的痕迹(图2)。

本试验结果虽然通指土壤动物的作用,但仍可以对不同类群分别作一些估计。同一试区的前一个试验(见表2注)已经获得白蚁在消耗枯枝落叶中的作用,同时指出数量较多的跳虫类和蜉蝣类与落叶消耗的关系甚微。因此,按表3可以对白蚁、跳虫和蜉蝣等类群以外的土壤动物的作用,作出大概的估计。它们在三个试区对落叶的消耗率分别为42.64%,49.6%和61.73%。表4是在本次试验的围栏内,直接观察到地面上除白蚁以外的枯食性土壤动物及其活动痕迹的统计。在这些动物中最重



图 2 被土壤动物摄食过的落叶

Fig. 2 The leaf-fall, eaten by the soil animals
a. 多果榄仁 *Terminalia myriocapa*; b. 铁刀木 *Cassia siamea*; c. 桫欏 *Aphanamixis polystachya*; d. 大叶相思 *Acacia auriculaeformis*; f. 蒙蒙木 *Alphitonia philippinensis*; g. 白木香 *Aquilaria sinensis*; h. 麻栎 *Quercus acutissima*

1)见125页脚注1)。

表 3 对白蚁以外其他土壤动物消耗落叶的估计

Table 3 The estimation of leaf-fall consumed by other soil animals, except the termites

	试 区 Test site			来 源 Reference
	No. I	No. I	No. II	
平均面积消耗 (%) Average consumptive area	83.44	74.13	77.02	This paper
白蚁摄食部分的估计 (%) The estimation to the part, ingested by termites	40.80	24.53	15.29	见 125 页注 1) See P. 125
其他土壤动物摄食部分的估计 (%) The estimation to the part, ingested by other soil animals	42.64	49.60	61.73	

表 4 试验围栏内的大、中型枯食性土壤动物及其活动痕迹的统计*

Table 4 The macro-mesoarthropods and their active traces on the ground of the experimental installation

动 物 Animal	试 区 Test site		
	No. I	No. I	No. II
褐云玛瑙螺 (粪堆) Acharina fulica (dunghill)	2	12	23
等 足 目 Isopoda	2	2	1
蜚 蠊 目 Blattariae	1	0	2
倍 足 纲 Diplopoda	0	0	2
蛾 类 (幼 虫) Moths (larva)	0	0	1
合 计 Total	5	14	29

要的有褐云玛瑙螺。这些动物的数量与表 3 推算出的除白蚁外其他土壤动物摄食所占的比例有非常显著的相关关系 ($r = 0.9999$; $df = 1$)。

在小良的人工林中,除了白蚁之外,能大量消耗落叶的动物,应还有等足类。但是在本试验围栏中见到的等足类甚少,主要原因是试验围栏内的落叶与外面相比,积蓄甚少,所造成的微生境条件不利于等足类活动,如落叶易干燥,地面较裸露等。所以本试验结果与等足类关系不大。

对落叶分解速率的研究,较多地使用Olson的指数模型:

$$x/x_0 = e^{-kt}$$

x 为时间 t 的残重, x_0 为原重; k 为月的分解率。这个模型首先假定落叶的分解速度在整个分解过程中是不变的。然而,在地面落叶的实际消耗过程中,消耗速率有明显变化。而且不同季节凋落的枯叶,有不同的变化规律。在本试验中,2月初到6月初的落叶,越近消耗后期,消耗率越高。从10月初到第二年春之前的落叶,月消耗率逐月下降。只有8月份落叶显出有较稳定的月消耗率。同时,不同月份落的叶,其前期消耗率变化也随季节

而异。8月份的前期消耗率最高，向前或向后推移，均渐次下降（图3）。这些变化是由落叶中某些影响动物摄食的物质（如单宁等）的淋溶消失过程和土壤动物种群数量消长规律所决定的，是客观存在的变化。这些变化用Olson指数模型不能反映出来。

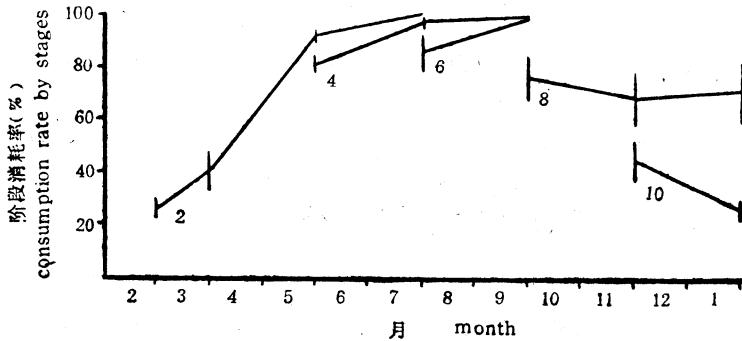


图 3 小良热带人工林中，每个阶段的落叶消耗率（曲线下面的数字为叶落的月份）

Fig. 3 The consumption rate of leaf-fall in every stage in tropical cultivated forest, Xiaoliang. (Numbers under the curve show the months, during the leaves were falling)

为了便于比较，下面且按Olson模型推算出2月份落叶（与Takeda^[5]的试验同季节）中消耗最慢的大叶相思和消耗最快的麻楝的平均月消耗率，它们分别是0.4301（0.1625—0.8140）和0.6127（0.2267—0.9048）。这些落叶的消耗速率远远超过Takeda所描述的，被作者认为是由于土壤节足动物数量太少而低于其他地方的泰国东北部热带森林的落叶分解速率（每月0.04—0.03）的范围。小良人工林落叶消耗速率较高，是由于白蚁和其他大、中型土壤动物作用的结果。

参 考 文 献

- [1] 廖崇惠、陈茂乾、谢映书，1984：小良热带人工林土壤动物初步调查、热带亚热带森林生态系统研究，第2集，214—226。
- [2] Edwards, C. A & G.W. Heath, 1963: The role of soil animals in breakdown of leaf material. In: Soil organisms (J. Doeksen and J. van der Drift, eds.) North Holland Publ. Co. Amsterdam, 76—85.
- [3] John J. E. 1976: Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *J. Ecology*, **64** (1): 293—308.
- [4] Santos, P.F. and W.G. Whitford, 1981: The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuahuan desert ecosystem. *Ecology*, **62** (1): 654—664
- [5] Takeda, H., B. Prachao, T. Tsutsumi, 1984: Comparison of decomposition rates of several tree leaf litter in a tropical forest in the northeast Thailand. *Jap. J. Ecol.*, **34**: 311—319.
- [6] Unesco/UNEP/FAO, 1979: Tropical forest ecosystems A state-of-knowledge report prepared, 13. Decomposition and biogeochemical cycles, 270—274.

THE CONSUMPTIVE PROCESS OF LEAF-FALL AND INFLUENCE OF SOIL ANIMALS TO THIS PROCESS IN ARTIFICIAL BROADLEAF MIXED FOREST OF XIAOLIANG

Liao Chonghui and Chen Maoqian

(*Guangdong Institute of Entomology*)

Abstract

Xiaoliang is located at seaside that belongs to north verge of tropics in Southern China. There were three test sites. The forest stands and the composition of soil animals were different to each other. The method of estimating consumptive process of leaf-fall for 8 species of main tall trees was measurement of their leaf area every second month.

The natural consumption of leaf-fall was caused by feeding of soil animals, at first by termites, then by macro-meso-arthropods and land shells. The consumption rate of leaf area was connected with the quantity and composition of soil animals closely. The total consumption rate of leaf-fall of different trees in one year varied between 71.7% and 84.4%. The complete consumptive period of leaf-fall falling in April-June, was shorter than that falling in other months. The leaf-fall of many trees falling in these months almost decomposed during two months or four months. The consumptive period of the leaf-fall falling in other months prolonged to six months or longer. The consumption rate of leaf-fall falling in June was the highest in the first stage, but that falling in December was the lowest. The consumptive speed of leaf-fall was changable during whole consumptive period.

Key words: Soil animal; Leaf-fall; Decomposition; Leaf area; Artificial forest