

鼎湖山森林土壤动物研究

Ⅲ. 某些类群的数量与枯枝落叶消耗的关系

廖崇惠 林少明 李耀泉

(广东省昆虫研究所)

摘 要

在鼎湖山自然保护区的季风常绿阔叶混交林内, 通过限制来自地下的白蚁及其他动物进入试验设置内的处理方法, 研究枯枝落叶消耗量和其中的动物组成的关系。试验结果: (1) 对照组和处理组的消耗率分别为 0.36 ± 0.0167 和 0.2788 ± 0.0249 ; (2) 枯枝落叶层中动物类群的组成, 在两组之间无显著性差异; (3) 两组的枯枝落叶消耗都与其中的动物生物量显著相关。

文中分别对等足目、倍足纲、蜚蠊目、蚯蚓和白蚁的作用进行讨论, 认为枯枝落叶的消耗主要是大型土壤动物摄食和搬运的结果。

关键词: 土壤动物; 枯枝落叶; 分解; 自然林

一、前 言

森林凋落物的分解, 是森林能量循环的一个重要过程。“分解”应包括主要发生在前期的“物理分解”和发生在后期的“化学分解”。常用减重的方法研究在自然状态下森林凋落物的分解, 实质上是以研究“物理分解”为主。为有所区别, 本文选用“消耗”一词来叙述这一部分的研究。在鼎湖山, 除朱检林等^[3]研究过白蚁对埋地树材的消耗率之外, 对其他凋落物的消耗, 未发表过有关研究报告。我们曾在小良热带人工阔叶混交林中用限制白蚁进入处理试验的办法, 研究了白蚁在凋落物消耗过程中的重要作用¹⁾。在本研究中, 我们除用同样方法处理外, 还了解每一个对照和处理试验中枯枝落叶层的动物组成情况, 以探讨各类群动物的数量与枯枝落叶消耗量之间的联系。

二、试 验 地

本试验在自然保护区的季风常绿阔叶林中进行。试验地设在森林生态因子监测铁塔下, 与其他学科试验地相邻, 该处海拔 300m, 坡度 $>30^\circ$, 植被为锥栗 (*Castanopsis*

1) 廖崇惠等, 小良人工阔叶混交林中白蚁对枯枝落叶的消耗作用(待发表)。

chinensis)、木荷 (*Schima superba*)、厚壳桂 (*Cryptocarya chinensis*) 群落^[1]。试验面积约 100cm²。

三、试验方法

1. 处理组 用编织塑料布制成上面开口的正立方形袋子 10 个, 每个底面积为 1/10m², 在试验地上随机埋放。袋口在地面上露出约 10 cm, 然后将原土装回袋中, 原来的上层土仍放回上层。在袋中套入一个面积稍小的正方形铁丝网篮, 网眼为 1×1 cm, 并使网篮紧贴地面。将原所在位置上的枯枝落叶经动物检查、烘干 (60°C) 和称重, 然后放回原处的铁丝篮内。袋口上方用尼龙纱罩遮挡, 防止落入新的凋落物 (图 1a)。处理试验的目的是要用编织塑料布阻隔白蚁、蚯蚓及金龟子幼虫等进入。因在结束试验后, 要将被白蚁打洞, 穿破袋子的处理试验除去, 故试验组的重复数较对照组的多。

2. 对照组 在处理组之间随意安插 4 个对照试验: 用同样大小的铁丝网篮直接放在地面上, 亦将原枯枝落叶经同样处理后放进篮内, 上面用尼龙纱罩遮挡 (图 1 b)。

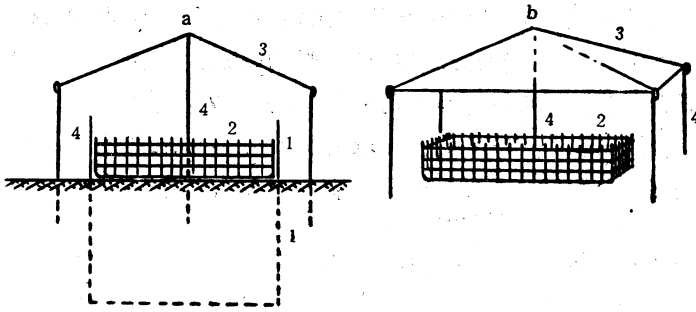


图 1 试验装置

Fig. 1 The experimental installation

- a. 处理试验; b. 对照试验 1. 塑料编织布袋(31.5×31.5×31.5cm), 1' 为埋地部分; 2. 铁丝网篮(网眼 1×1 cm); 3. 尼龙纱罩; 4. 铁条
a. Treated experiment; b. Control experiment. 1. A woven plastic bag (31.5×31.5×31.5cm), 1' Underground part of the bag; 2. A wire netting basket(mesh 1×1 cm); 3. A nylon screen mantle; 4. The iron twig

3. 试验从 1987 年 6 月下旬始, 每两月一次, 将处理组和对照组的铁丝网篮内剩余的枯枝落叶取出, 用 Tullgren 装置将动物赶出来检查, 然后将枯枝落叶烘干 (60°C)、称重。另将铁丝网篮下的浮土取出手检, 记录收集到的动物。最后将浮土和枯枝落叶一齐放回原处。

4. 在试验区内分散布置 2 个面积各 1m², 用尼龙纱制成的枯枝落叶收集袋。

5. 每月下旬将以上两袋收集到的枯枝落叶烘干、称重, 混合后再分成 20 份, 将其中 14 份分别加入到处理和对照试验的旧凋落物之上。

6. 每两个月 (下旬) 一次, 在试验地内随机钻取土样 20 个, 每个面积为 1/200 m² (深 15cm), 以检查白蚁的生物量。

四、结 果

(一) 枯枝落叶的消耗率

经一年试验, 将处理试验取出检查, 除去袋子被咬穿的和远离对照试验的几个处理试验结果。这样, 连同对照, 共有 8 个试验, 各 4 个重复。经 t 检验, 对照组的平均消耗率 ($36.0 \pm 1.67\%$) 与处理组的平均消耗率 ($27.88 \pm 2.49\%$) 之间有显著的差异 ($t = 2.707, df = 6, P < 0.05$)。在不受限制的对照组中, 枯枝落叶消耗率显著大于受到一定限制的处理组。两组的消耗量分别为 $543 \text{ gm}^{-2}\text{a}^{-1}$ 和 $422.5 \text{ gm}^{-2}\text{a}^{-1}$, 二者相差 $120.5 \text{ gm}^{-2}\text{a}^{-1}$ (表 1)。

表 1 鼎湖山枯枝落叶的消耗试验 (1987 年 6 月—1988 年 6 月)
Table 1 The consuming experiment of soil litter of Dinghu Shan

	对 照 组 Control group				试 验 组 Treated group			
	No.3	No.4	No.6	No.9	No.1	No.2	No.5	No.7
分期总加入量 Total of added quantity by stages(gm^{-2})	1515	1515	1490	1515	1515	1515	1490	1515
一年后残留量 Remained after a year(gm^{-2})	933	1020	990	920	1170	1145	1006	1024
消耗量 Consumption($\text{gm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)	582	495	500	595	345	370	484	491
年消耗率 Annual consumptive rate(%)	33.4	32.7	33.6	39.3	22.8	24.4	31.9	32.4
平均年消耗率* Average of annual consumptive rate(%)	36.0 \pm 1.67				27.88 \pm 2.49			
平均年消耗量 Average of annual consumption($\text{gm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)	543(\pm 26.4)				422.5(\pm 37.9)			

* $t = 2.707, df = 6, 0.01 < P < 0.05$, 两组均数相差显著。

(二) 不同处理的枯枝落叶层中土壤动物的差异

将对照组和处理组的枯枝落叶层中土壤动物各类群逐一对比, 结果列于表 2。各类群动物在两组中的平均密度, 除蜘蛛目外, 均无显著性差异。蜘蛛目为捕食性类群, 与枯枝落叶的消耗无直接关系。弹尾目、蜱螨目等足目、倍足纲、鳞翅目、蜚蠊目、双翅目等虽有直接关系, 但生物量较小, 影响不大。在两组试验中, 所有枯(腐)食性类群的年平均生物量分别为 $0.9227 \text{ gm}^{-2}\text{a}^{-1}$ 和 $0.7477 \text{ gm}^{-2}\text{a}^{-1}$, 两均数的 t 值为 1.171 ($df = 8$), 亦无显著差异 (表 3)。

(三) 土壤动物生物量与枯枝落叶消耗量的关系

从表 2 看, 枯枝落叶层中, 枯(腐)食性土壤动物在 6 月下旬的生物量达到最高。若将每个阶段的枯枝落叶消耗量和这一阶段枯(腐)食性动物的平均生物量 (即上阶段末和本阶段末生物量之半) 作一比较, 在处理组中, 二者相关系数 $R = 0.923, df = 4$, 相关

表2 不同试验组枯枝落叶层动物的密度

Table 2 The density of litter animals in varied experimental groups

	试验组 Experimental group*	各月密度 Monthly density (indiv · m ⁻²)						平均密度 Average density (indivm ⁻²)	两组均数的显 著性检验 Significance test between two groups(t)**
		1987			1988				
		8月 Aug.	10月 Oct.	12月 Dec.	2月 Feb.	4月 Apr.	6月 June		
弹尾目 Collembola	C	515.0	337.5	185.0	4125.0	3685.0	2712.0	1926.7 1331.1	1.940
	T	222.5	400.0	160.0	2880.0	1885.0	2440.0		
螨目 Acari	C	400.0	237.5	80.0	135.0	200.0	600.0	275.4 179.1	0.783
	T	95.0	235.0	117.5	385.0	235.0	7.0		
膜翅目 Hymenoptera	C	32.5	150.0	0	2.5	380.0	167.5	122.1 94.2	0.393
	T	90.0	210.0	2.5	2.5	2.5	257.5		
蜘蛛目 Araneae	C	67.5	30.0	55.0	25.0	27.0	152.5	59.6 31.3	2.770
	T	35.0	12.5	20.0	20.0	20.0	80.0		
等足目 Isopoda	C	10.0	10.0	2.5	12.5	5.0	177.5	36.3 6.7	1.337
	T	0	0	0	2.5	0	37.5		
鞘翅目 Coleoptera	C	40.0	10.0	0	25.0	42.5	37.5	25.8 13.3	2.543
	T	10.0	7.5	0	20.0	27.5	15.0		
倍足纲 Diplopoda	C	10.0	15.0	2.5	2.5	12.5	22.5	10.8 9.2	0.303
	T	0	0	2.5	10.0	0	42.5		
鳞翅目 Lepidoptera	C	7.5	5.0	12.5	2.5	0	42.5	11.7 16.7	-1.211
	T	5.0	20.0	7.5	5.0	0	62.5		
蜚蠊目 Blattaria	C	7.5	5.5	15.0	12.5	10.0	17.5	11.3 11.7	-0.154
	T	12.5	7.5	17.5	17.5	2.5	12.5		
唇足纲 Chilopoda	C	10.0	2.5	0	2.5	5.0	27.5	7.9 3.3	1.487
	T	2.0	0	0	7.5	0	10.0		
双翅目 Diptera	C	2.5	7.5	5.0	10.0	10.0	7.5	7.1 6.3	0.195
	T	0	0	2.5	30.0	2.5	2.5		
缨翅目 Thysanoptera	C	0	0	10.0	10.0	0	12.0	5.3 2.1	1.457
	T	0	0	7.5	2.5	2.5	0		
啮虫目 Psocoptera	C	0	2.5	22.5	0	0	0	4.2 3.3	0.414
	T	5.0	2.5	12.5	0	0	0		
等翅目 Isoptera	C	0	0	0	0	0	15.0	2.5 0	1.000
	T	0	0	0	0	0	0		
拟蝎目 Chelonethida	C	2.5	2.5	2.5	0	0	5.0	2.1 2.5	-0.541
	T	0	2.5	5.0	0	0	7.5		
蚯蚓 Earthworm	C	0	0	0	0	5.0	7.5	2.1 0.4	1.587
	T	0	0	0	0	0	2.5		
盲蛛目 Phalangida	C	0	0	0	2.5	5.0	2.5	1.7 1.7	0
	T	2.5	0	0	2.5	5.0	0		
双尾目 Diplura	C	5.0	2.5	0	0	0	2.5	1.7 0	2.012
	T	0	0	0	0	0	0		
同翅目 Homoptera	C	0	2.5	0	0	0	0	0.4 0.8	-1.024
	T	0	2.5	0	0	2.5	0		
直翅目 Orthoptera	C	0	0	0	0	0	2.5	0.4 0.4	0
	T	0	0	0	0	2.5	0		
结合纲 Symphyla	C	0	2.5	0	0	0	0	0.4 0	1.000
	T	0	0	0	0	0	0		

* C对照组control group; T 处理组 treated group.

** $df=5$, $t > 2.571$, $P < 0.05$

表 3 在不同试验组的枯枝落叶层中, 与枯枝落叶消耗有关的主要动物的生物量

Table 3 The biomass of main litter animals directly correlated with the consumption of soil litter in the varied experimental groups

	平均生物量 Average biomass(gm ⁻² a ⁻¹)	
	对照组 Control group	处理组 Treated group
蜚 蠊 目 (Blattaria)	0.2531	0.2605
倍 足 纲 (Diplopoda)	0.2256	0.1910
等 足 目 (Isopoda)	0.1603	0.0295
鳞 翅 目 (Lepidoptera)	0.0922	0.1340
膜 翅 目 (Hymenoptera)	0.1013	0.0782
鞘 翅 目 (Coleoptera)	0.0393	0.0202
弹 尾 目 (Collembola)	0.0273	0.0189
婢 螨 目 (Acari)	0.0232	0.0151
双 翅 目 (Diptera)	0.0004	0.0003
总 计 Total	0.9227	0.7477

df=8, t=1.171, P>0.05

系数之1%界为0.917, 二者相关是非常显著的。在对照组中, 每一阶段的枯枝落叶量仅与本阶段开始时的枯(腐)食性动物的生物量显著相关($R=0.831, df=4, R_{0.05}=0.811$) (表4)。

表 4 枯枝落叶消耗量与枯枝落叶层枯(腐)食性动物生物量的季节变化

Table 4 The seasonal change of consumption of soil litter and the biomass of saprophagous animal in the litter(gm⁻²)

月份 Months	对 照 组 Control group		处 理 组 Treated group	
	平均消耗量 Av. consumption	初始平均生物量 Av. biomass in the beginning	平均消耗量 Av. consumption	中期平均生物量* Av. biomass in mid-stage
7-8	19.28 ±4.31	2.3987	11.23 ±2.22	1.3438
9-10	6.38 ±1.41	0.5717	5.73 ±2.00	0.4174
11-12	0.80 ±0.36	0.6596	3.05 ±1.76	0.4598
1-2	8.50 ±3.64	0.4458	7.50 ±3.13	0.6065
3-4	8.50 ±4.26	0.5046	4.98 ±3.01	0.4396
5-6	10.85 ±0.48	0.9555	9.78 ±2.25	1.2193
	R=0.831**		R=0.923**	

* 中期平均生物量 = $\frac{1}{2}$ (初始平均生物量 + 末尾平均生物量)。

Av. biomass in mid-stage = $\frac{1}{2}$ (Av. biomass in the beginning + Av. biomass at the end)

** df=4, $R_{0.05}=0.811, R_{0.01}=0.917$.

五、讨 论

枯枝落叶层中的土壤动物，对枯枝落叶消耗具有直接的重要作用。除枯（腐）食性动物的摄食之外，枯枝落叶的消耗，当然还有其他方面的原因，如微生物的作用等。

在本研究中，枯枝落叶层的主要摄食动物是由许多生物量不大的类群所组成。其中生物量最大的蜚蠊目也只有 0.2531 gm^{-2} ，其次是倍足纲的 0.2256 gm^{-2} 和等足目的 0.1603 gm^{-2} （表 3）。因此，任一类群都不能单独地对枯枝落叶的消耗产生明显的影响。但等足类由于在对照组和处理组中的年生物量的差为 0.1308 gm^{-2} 。占这两组枯（腐）食性动物总生物量（ 0.9227 和 0.7477 ）之差的很大比例，可能是造成这两个组枯枝落叶消耗量不同的原因之一。蜚蠊目和倍足纲的生物量虽较等足目大，但在两个组中的差异却很小，因此不能对两组的消耗量的差异产生重要影响，但它们对落叶消耗的作用无疑比等足目大些。

生活在地下的土壤动物主要有蚯蚓、白蚁、蛴螬（鞘翅目金龟子科的幼虫）和线虫。后两类主要吃植物根、菌类和腐殖质。它们在鼎湖山的数量较少^[6]，对枯枝落叶的消耗作用不大。鼎湖山的蚯蚓主要有蝶螭蚓属（*Ocnerodrilus*）和环毛蚓属（*Pheritima*）。在我们的试验中允许其自由接触枯枝落叶。蚯蚓在土中上下移动，但主要居住在土层内（特别是蝶螭蚓属），所以在枯枝落叶层中很难找到。这是表 2 中所列蚯蚓数量极少的原因。据鼎湖山土壤动物调查资料，蚯蚓年平均生物量达 5.6 gm^{-2} ^[6]。所以当对照组的枯枝落叶消耗量明显多于处理组时，不可能排除蚯蚓摄食的因素。但是，能够直接摄取较新鲜落叶的只见于对正蚓科的研究^[5]。

试验地范围内的白蚁种类，主要为直鼻歧颚白蚁 [*Havidnditermes orthonasus* (Tsai et Chen)]。试验期间，曾在对照组的枯枝落叶层中发现过白蚁的泥被，但已无白蚁活动。在鼎湖山，白蚁消耗枯枝落叶的作用可能不如小良地区。首先，小良的人工阔叶混交林中，主要的白蚁种类为黄翅大白蚁（*Macrotermes barneyi*）。在林下到处都可以见到白蚁的泥被，在它覆盖之下的落叶部分均被白蚁吃去。在鼎湖山则较难见到这种情况。其次，根据小良试验的资料（未发表），在以大叶相思为主的阔叶混交林中，白蚁的年平均生物量大约为 3.08 gm^{-2} ，而在鼎湖山本次试验的调查约为 0.91 gm^{-2} ，两地相差约 3.4 倍。在小良，由于白蚁而消耗的枯枝落叶达 $444.5 \text{ gm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。在本试验，有白蚁的对照组比无白蚁的处理组多消耗枯枝落叶 $120.5 \text{ gm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。这两个数字相差的倍数（3.7）与两地白蚁生物量之差颇为接近，说明本试验的两组间消耗量的差异主要由白蚁摄食引起。在比较两地枯枝落叶的自然消耗量（ 906.3 和 $543 \text{ gm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ）之后，同时也可得出结论：白蚁生物量小，是鼎湖山枯枝落叶消耗较小的主要原因。

除土壤动物的因素之外，土壤微生物也是导致枯枝落叶分解的重要因素。Satchyl, J. E. (1977) 认为在英国温带森林中，微生物是枯枝落叶的主要分解者^[4]。虽然微生物对枯枝落叶的分解作用是最先发生的，然后才是土壤节足动物^[10]，但是一些试验结果表明，前者的作用比后者要缓慢得多，因此枯枝落叶的前期分解主要是由大、中型土壤动物来完成^[7]。而最后的分解，则主要靠微生物连同微小的土壤动物，如跳虫、蜉蝣、线虫等（即 micro-organism）来最后完成^[8]。本研究所涉及的范围，主要是分解前期，

即主要为“物理分解”过程。蚯蚓、白蚁、等足类、马陆类等大型土壤动物是植物遗体的主要破碎者和搬运者。在本次试验和其他直接调查地面枯枝落叶失重的研究试验中^[8],有许多凋落物的碎屑不能回收测重,但都算在被消耗之列。这些碎屑再被大型土壤动物搬运、拌和,为微生物繁衍并进一步分解创造有利条件^[2]。所以,本研究所获得的枯枝落叶消耗量,主要是由较大型土壤动物摄取和搬运的结果。

参 考 文 献

- [1] 王铸豪、何道泉、宋绍敦、陈树培、陈定如、屠梦照, 1982: 鼎湖山自然保护区的植被。热带亚热带森林生态系统研究, 第1集, 77—147页。
- [2] 长塚 隆等(叶维青译), 1980: 土壤生物, 土壤学进展, 1980(5—6): 49—56。
- [3] 朱检林、马兴国、肖维良, 1985: 鼎湖山白蚁对几种主要木材转化试验。热带亚热带森林生态系统研究, 第3集, 81—93页。
- [4] 高井康雄(甄永昌译), 1975: 土壤生态系统。土壤学进展, 1980(3): 38—48。
- [5] 爱德华兹, C. A. 和 J. R. 洛夫蒂(戴爱云等译), 1984: 蚯蚓生物学。科学出版社。
- [6] 廖崇惠、陈茂乾, 1988: 鼎湖山森林土壤动物研究, I. 区系组成及其特征。热带亚热带森林生态系统研究, 第5集, 83—94页。
- [7] Edwards, C. A. and Heath, G. W., 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。
- [8] Unesco/UNEP/FAO, 1979: Tropical forest ecosystems, A state-of-knowledge report, 13. Decomposition and biogeochemical cycles, 270—273。

THE SOIL ZOOLOGY OF SUBTROPICAL FOREST IN DINGHU SHAN

III. The Relation between the Quantity of Some Soil Animals and the Consumption of Soil Litter

Liao Chonghui, Lin Shaoming and Li Yaoquan
(Guangdong Entomological Institute)

Abstract

The relation between quantity of some soil animals and consumption of soil litter was studied in monsoon evergreen broad-leaf forest of Dinghu Shan. Two experiments, control group and treated group were compared. Termites and other soil animals were prevented into the treated experiments. The soil litter was added into every experiment month by month, as the natural litter production. The experimental results showed, 1) The average consumptions in these two groups were 0.36 ± 0.0167 and 0.2788 ± 0.0249 in one year respectively; 2) The composition of soil animals and their quantity were different unsignificantly between these two groups; 3) The consumption of soil litter was significantly correlated with the biomass of saprophagous animals in the litter.

It was discussed that the consumption of soil litter was caused by the macrofauna ingestion mainly: 1) Isopoda, Diplopoda and Blattaria etc, have some action also to consumption of soil litter; 2) The biomass of Isopoda in control group was greater than in treated group, it probably was a reason of consuming difference between two groups; 3) The consumption of soil litter in monsoon evergreen broad-leaf forest of Dinghu Shan was lower than that in cultivated broad-leaf mixed forest of Xiaoliang. This low proportion was closed to the low proportion of termites biomass between the two places. It showed that the difference of litter consumption was significantly correlated with the termites biomass.

Key words: Soil animal; Litter; Decomposition; Natural forest