

# 竹林养分循环

## I. 毛竹纯林的叶凋落物及其分解\*

傅懋毅 方敏瑜 谢锦忠 陈艳芳 王惠雄

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

**摘要** 在我国亚热带毛竹(*Phyllostachys pubescens*)主要产区的四片试验地上, 随机布置了21个区组90个集叶斗, 持续观察3 a, 以研究林内叶凋落物的动态。在相同立地上, 又用同样方法布置20个区组400个落叶分解袋, 通过林地潜育定期采集潜育样和样袋中残留物养分含量分析等方法, 研究凋落物分解时的失重速率和N、P、K、Ca、Mg等养分元素的反馈。试验结果表明, 毛竹林叶凋落物量在其年变化周期中有两个高峰期, 峰值的出现时间由于立地条件的不同迟早不一。第一峰值所代表的叶凋落物量因林分的生长特性不同其占全年总量的百分数变动于17—56%之间。竹叶凋落物在分解时其失重速率在初始期变化较快, 但经20周林地潜育后渐趋稳定; 养分的反馈情况因元素的不同而异, 一些大量元素在其向土壤释放前于凋落物分解后的残留物中先有一个累积阶段。

**关键词** 毛竹; 叶凋落物; 分解; 失重; 淋溶

森林凋落物分解后向土壤释放的养分元素是林木维持自身生长所需养分的主要来源之一。研究这个内容无论对于了解那些土壤瘠薄而又无法获得人工养分补充的林区, 或者已采用施肥措施的部分林区的林木生长, 都有其重要性。因为对凋落物养分反馈全过程的充分了解能使林业工作者在符合森林养分循环规律的前提下为制定经济合理的施肥方法或制度提供部分科学依据。国内外许多林学家, 特别是森林生态学家已对不同林种或树种的凋落物及其分解开展了大量研究, 但这类研究主要集中于针叶林或阔叶林上。这与目前竹林生产在世界上尤其在东南亚国家变得越来越重要的现状是不相适应的。就我国来说仅毛竹林的面积就有240万ha, 在林业生产中有其不可取代的地位; 一些集约经营的竹产区也已把竹林施肥作为获得丰产稳产的重要措施之一; 几十年来我国的林业工作者仍在从不同方面努力探索以寻求科学、经济合理的施肥方法。本文的目的是从森林养分循环角度出发, 通过试验为上述的进一步探索提供一些信息。

## 材料与amp;方法

### (一) 毛竹林叶凋落物年变化动态的观察

1. 集叶斗安置 在位于北亚热带的浙江省富阳县、安吉县, 中亚热带的江西省分宜县,

本文于1988年10月28日收到。

• 本研究为加拿大国际发展研究中心(IDRC)资助的竹类(中国)研究项目的一个内容, 原本所任晓京同志曾参加部分工作。

福建省连江县等四片毛竹施肥试验林的前三片竹林中任抽5个试验小区,在抽中的每小区内随机布置收集面积为 $0.5\text{ m}^2$ 的集叶斗4只,即每个试验立地20只;后一片竹林中抽取6个试验小区,每小区布置5只集叶斗共30只,从而将在凋落物产生的高峰期所截获的叶凋落物干重的变异系数(C.V)控制在20%以下。所布置的集叶斗要在叶凋落物一旦被其截获后便能很好地保存在斗内,既不会因风力或小动物的活动造成斗内外凋落物的混淆,又不会因斗内积水而使凋落物腐烂造成损失。

2. 样品收集和称重 每半月从集叶斗中收集截获的叶凋落物一次,并将其在 $85\text{ }^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘烤48 h后冷却称重。

### (二) 毛竹林叶凋落物的分解

1. 叶样采集 在各试验立地上,于毛竹换叶期采集即将脱落的竹叶,将其在 $85\text{ }^\circ\text{C}$ 干燥箱中烘48 h后冷却,取样分析其N、P、K、Ca、Mg等养分元素的含量作为基数,其余贮藏备用。

2. 林地潜育 在上述四立地相同的5个试验小区的毛竹林内各随机清理平整一块 $1\text{ m}^2$ 的林地,将20只 $15\times 20\text{ cm}$ 或 $20\times 25\text{ cm}$ 的带有1 mm网眼的尼龙样袋装入27.4 g或15 g烘干叶样,平铺在清理好的林地上潜育,样袋需用10 cm的长铁钉固定。

3. 取样及样品主要养分含量分析 每当毛竹叶凋落物在林地潜育时间达到了3、12、19、31、45、58、71、84、97、110周时,分别从各小区的20个样袋中随机抽取一袋,清理混杂物后烘干称重,然后再将每一立地的5个叶样均匀混合分析其N、P、K、Ca、Mg的含量。

## 试验立地描述

收集叶凋落物并用以作分解潜育的试验地和另一研究——不同用途毛竹林的施肥——所用的试验地相同,即位于我国亚热带北部的浙江省富阳县庙山坞(北纬 $30^\circ 03'$ ,东经 $119^\circ 57'$ ),和安吉县合塘坞(北纬 $30^\circ 39'$ ,东经 $119^\circ 41'$ ),中部的江西省分宜县上村(北纬 $27^\circ 30'$ ,东经 $114^\circ 30'$ )和福建省连江县下车(北纬 $26^\circ 23'$ ,东经 $119^\circ 22'$ )等四处。土壤呈强酸性(pH4.9—5.1),质地从粉壤土到轻粘土,含N量以浙江的立地稍高,但所有立地都富含K却极缺P。安吉立地土层很薄(平均不到30 cm),且石砾含量高;连江立地的海拔高度达600 m,为所有试验地最高者(见表1,表2)。此外,富阳、分宜、连江的毛竹林为全梢竹林,立竹个体较大;安吉的则是钩梢竹林,立竹个体较小,而且在1987年受到卵圆蟥(*Hippota dorsalis*)和华竹毒蛾(*Pantana sinica* more)的严重危害。

表1 试验立地的气候条件

立地	平均气温( $^\circ\text{C}$ )			极端最高气温 ( $^\circ\text{C}$ )	极端最低气温 ( $^\circ\text{C}$ )	年降雨量 (mm)
	全年	七月	一月			
浙江富阳	16.1	28.9	3.3	37.8	-8.4	1700
浙江安吉	14.5	28.3	2.6	39.2	-8.8	1875.7
江西分宜	17.9	29.0	5.3	39.9	-8.3	1593.7
福建连江	16.9	28.5	9.5	38.0	-3.8	1540.1

表 2 试验立地的土壤情况

立地	机械组成命名	pH (水提)	全 N (%)	全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	代换 K (ppm)
浙江富阳	粉壤土、粘壤土	5.0	0.2068	0.0517	87.38
浙江安吉	重壤土、轻粘土	5.1	0.1742	0.0699	70.58
江西分宜	重壤土	4.9	0.1234	0.0534	67.02
福建连江	粉壤土、粉粘土	5.0	0.1449	0.0300	79.53

## 结果与讨论

## (一) 毛竹林叶凋落物的年变化动态

毛竹林叶凋落物虽然全年均会发生，但其数量随着季节和竹子自身的生长特点而变化。一般来说，每年都有大小两个高峰值出现，第一(大)高峰发生在春季(4、5月份)，第二(小)高峰出现在晚秋(11月份)。对于均年毛竹林来说，每年产生的叶凋落物量变化不大；但是对于大小年毛竹林来说，无论其全年的叶凋落物量或其第一高峰值，大年和小年的变化都较大。通常大年每年的叶凋落物总量及第一峰值都较小年的低，而且大年第一峰值占全年叶凋落物总量的百分数(17—31%)亦比小年的(43—56%)为低。不同的经营方式如钩梢和不钩梢对于毛竹林叶凋落物产生的时间、数量均无显著的影响。但病虫的危害却使安吉试验立地的叶凋落物量即使在大年也明显地增加(见图 1、图 2、表 3)。

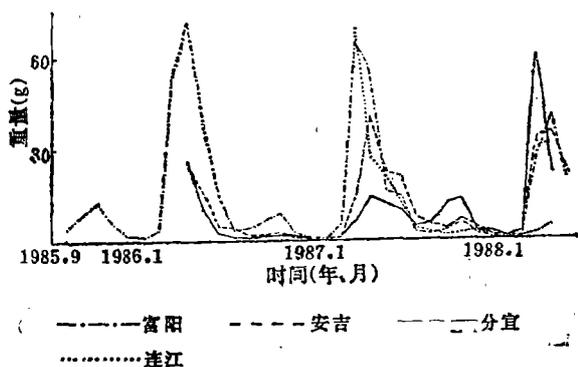


图 1 不同立地叶凋落物量的年变化动态

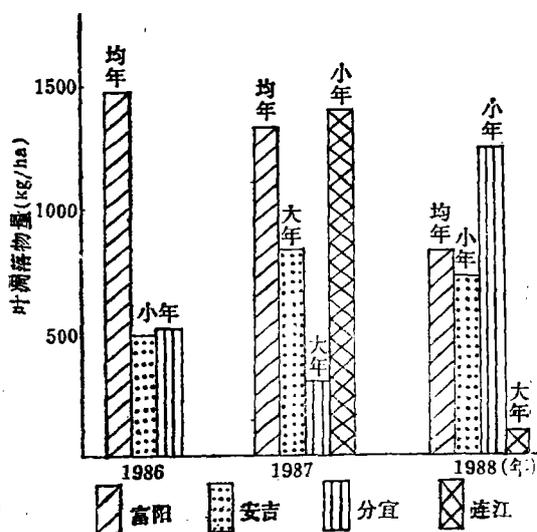


图 2 不同立地叶凋落物量最高峰值比较

表 3

各立地单位面积林地的叶凋落物量

(单位: kg/ha)

年份	富 阳	安 吉	分 宜	连 江
1986(5—12月)	3 098.45(均年)	1 145.40(小年)	923.97(小年)	
1987	3 594.00(均年)	2 656.58(大年)	1 755.87(大年)	2 925.97(小年, 4—12月)
1988(1—5月)	1 440.18(均年)	1 507.90(小年)	1 384.00(小年)	197.57(大年)

(二) 毛竹林叶凋落物的分解

毛竹林内的叶凋落物通过土壤中的小动物，特别是白蚁、蚂蚁、蚯蚓等的“加工”，变成碎屑，给真菌、细菌等微生物活动提供了场所。由于土壤动物，更主要因微生物所产生的酶(前者约占10%)的活动又使凋落物中复杂的有机化合物变成简单的无机化合物(如蛋白质→氨基酸→ $\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ )，其中可溶部分经淋溶返回土壤或者流失。

1. 不同立地条件对毛竹林叶凋落物分解速率的影响 由图3、图4和表4可知，不同立地条件上的叶凋落物分解速率是不同的，他们依次为福建连江>浙江安吉>浙江富阳>江西分宜，其速比为1:0.8:0.7:0.6。产生这种现象的原因是：因福建连江点位于四处试验地中最南端的东南沿海，海拔较高，终年温和湿润，温差又较小，极适合土壤动物和微生物的生长繁衍，所以叶凋落物的分解较快。

浙江安吉虽位于四个点的最北部，但其有最充足的降水，全部毛竹林均进行钩梢作业，土壤石砾含量又高，故林内的湿热条件有利于分解“加工者”——土壤动物和微生物的活动，故而次之。但浙江富阳和江西分宜点上的毛竹林为全梢竹林，立竹个体大，林冠密，林内的温度较低，特别分宜地处内陆，终年温度变化最大，不利于微生物的生长，显然其林内的叶凋落物分解最慢。

表4 各立地竹林内叶凋落物分解的腐烂参数和时间参数

立地	腐烂参数		时间参数(年数)	
	K	K'	50%(0.693/K)	95%(3/K)
富阳	0.47	0.38	1.46	6.34
安吉	0.51	0.40	1.37	5.91
分宜	0.41	0.33	1.70	7.37
连江	0.71	0.51	0.98	4.25

注：表中K和K'分别由公式  $M_T/M_0 = e^{-Kt}$ ， $K' = 1 - e^{-Kt}$  算得，式中  $M_T$  为潜育到某一时间叶凋落物的干重， $M_0$  为叶凋落物的初始干重。

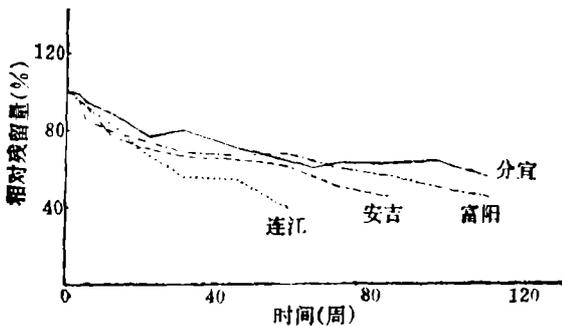


图3 各立地竹林叶凋落物分解时的失重情况

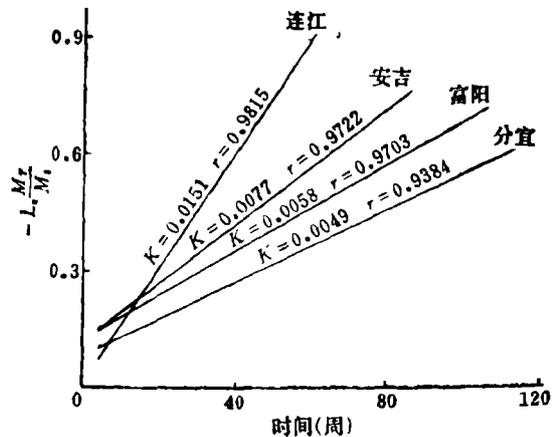


图4 各立地竹林叶凋落物分解的首序动态

2. 毛竹林叶凋落物分解过程中养分元素的变化动态 众所周知，叶凋落物分解时其所含的养分元素的变化一般有淋溶、累积和释放三个阶段。本试验通过将毛竹叶凋落物在林内近3a的潜育，并定期采集分解后的残留物，分析其养分元素的含量，发现了一些规律性的变化。即有些养分元素如N、P、K的浓度有一个开始时短暂减少，然后逐渐增加的现象。而另一些养分元素如Ca、Mg的浓度虽于潜育初期下降较快，但10周后呈较缓慢地减少(见图5)。残留物内某一养分元素的浓度上升或下降并不能完全决定该元素已处于分解的哪一

个阶段。若要了解某一元素究竟是处于累积期还是释放期，则应计算残留物中该元素实际存留量与分解前的初始量之比方能确定。

图 6、图 7 都表明，通过两年多的腐烂分解后，毛竹叶凋落物中的 N、P、K 基本处于

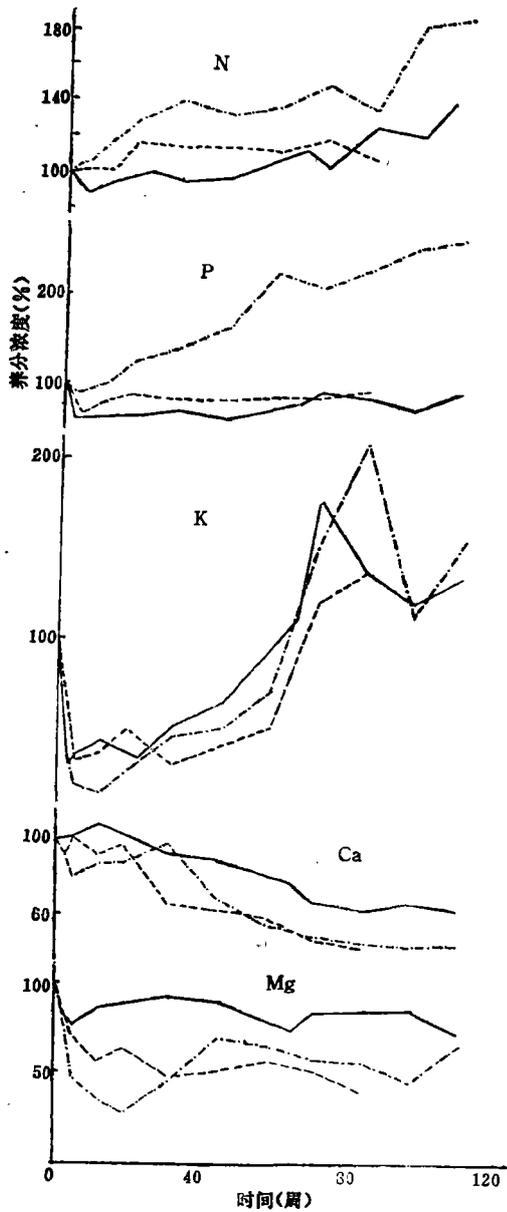


图 5 毛竹叶凋落物分解残留物中主要养分元素的浓度变化

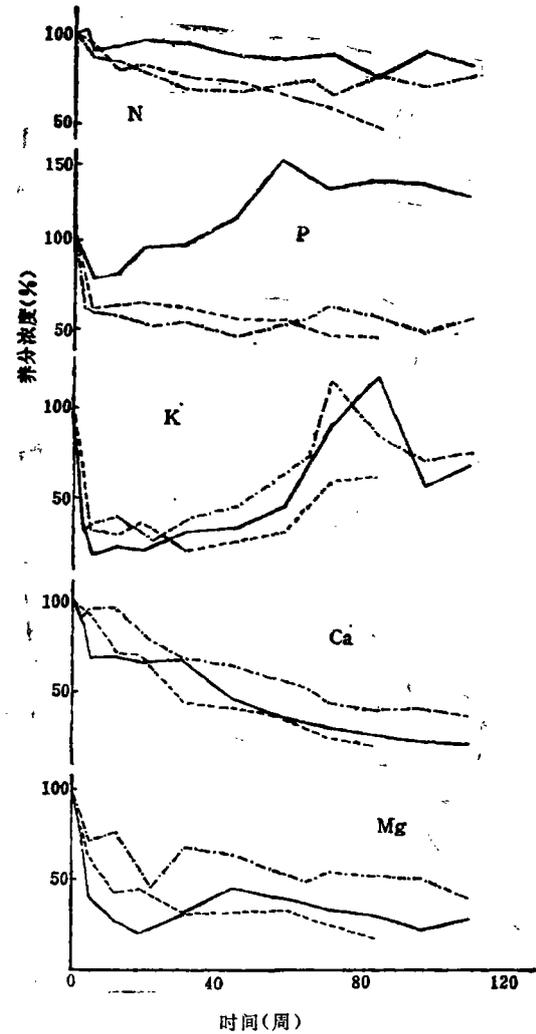


图 6 毛竹叶凋落物分解残留物中主要养分元素所处的分解阶段(图例同图 5)

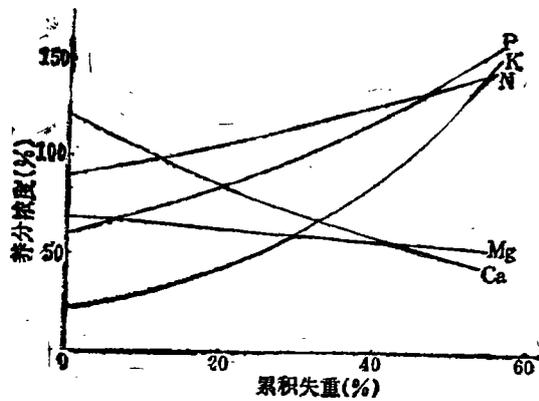


图 7 毛竹叶凋落物分解时不同养分元素的动态

累积期, Ca、Mg 则处于释放期, 而同一元素在不同立地间量的差异可能是由于在整个分解过程中淋溶强度不同造成的。至于有些元素之所以处于累积期(如 N、P、K), 是因为这些元素的供给不足以满足竹叶凋落物的分解者——微生物的生长所需, 故继续为其束缚累积而浓度增加。但有些元素(如 Ca、Mg)已达到或超过了微生物生长所需的最适浓度, 故被矿化而向土壤释放。

## 结 论

(一) 毛竹林的叶凋落物全年均会发生, 但主要产生在春季(4、5月)和晚秋(11月), 故在其年变化曲线中形成大(春)、小(秋)两个峰值。

(二) 毛竹生长的生物学特性和竹林所处的生态环境是决定毛竹林叶凋落物量的两个重要因素。在均年竹林内, 每年产生的叶凋落物量间的变化较小, 但在大小年明显的竹林内则相反。病虫害的侵袭明显地增加了叶凋落物量。

(三) 毛竹林叶凋落物的分解过程包括三个阶段, 即淋溶、累积和释放。N、P、K 三要素在分解过程中通常有一个较长的累积阶段, 原因是这些元素不易满足叶凋落物的分解者——土壤微生物的生长活动的需要而被其束缚固定于体内。但 Ca 和 Mg 则很快被矿化而向土壤释放, 因为它们很易达到或超过微生物生存所需的浓度。

(四) 毛竹叶凋落物所处立地的温度对其分解有明显的影响, 因为温、湿度对土壤微生物群体的消长有明显的影响。

## 参 考 文 献

- [1] 翟明普, 1982, 北京西山地区油松、元宝枫混交林生物量和营养元素循环的研究, 北京林学院学报, (4): 67—79.
- [2] Berg, B. et al., 1981, Leaching, Accumulation and release of nitrogen in decomposing forest litter, Ecol. Bull. (Stockholm), 33, 163—178.
- [3] Berg, B. et al., 1981, Nitrogen level and decomposition in Scots pine needle litter, Oikos 6369/Dnr 2031.
- [4] Will, G. M. et al., 1983, Nutrient losses from litterbags containing *Pinus radiata* litter: influences of thinning, clearfelling, and urea fertilizer, New Zealand Journal of Forestry Science, 13 (3), 291—304.
- [5] Staaf, H. et al., 1981, Plant litter input to soil, Ecol. Bull. (Stockholm), 33, 147—162.
- [6] Waring, R. H., Forest ecosystem analysis and application (in press).

**NUTRIENT CYCLING IN BAMBOO STANDS**  
**I. LEAF LITTER AND ITS DECOMPOSITION IN PURE**  
***PHYLLOSTACHYS PUBESCENS* STANDS**

Fu Maoyi Fang Mingyu Xie Jingzhong Chen Yianfang Wang Huixiong

(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

**Abstract** The dynamics of leaf litter in timber stands of *Phyllostachys pubescens* was studied in four locations in southern China. Ninety litter traps in twenty one blocks and four hundred litter decomposition bags in another twenty blocks were set up and continuously monitored over three years. Loss of weight as well as leaching of N, P, K, Ca, Mg from the litter was recorded by periodic field collections and laboratory analysis.

Results indicate that there are two peaks though the dates for these varied with the geographic locations of the stands. Litter fall during the first peak was about 80% of the annual fall. Weight loss of litter was rapid initially, stabilising after twenty weeks. Nutrient release differed from element to element and seemed to be released into the soil after an initial accumulation stage.

**Key words** *Phyllostachys pubescens*; leaf-litter; decomposition; weight loss; leaching