

西双版纳热带雨林次生林的生物养分循环*

张 萍 冯志立

(中国科学院昆明生态研究所, 昆明 650223)

摘 要

本文获得了西双版纳热带雨林, 砍伐后2块处于恢复演替阶段不同年代的次生林的生物量、生长量、年凋落物量及它们的主要营养元素含量、对土壤养分状况的影响、以及土壤微生物状况和土壤生化活性等一系列资料。阐明了次生林生物物质和养分吸收、积累和归还的特点及对土壤养分状况的影响, 研究了土壤微生物对凋落物的分解作用, 从而对热带雨林次生林的生物养分循环作了一个初步的探讨, 为热带森林生态系统研究奠定了基础。

研究表明: 1. 热带雨林次生林植物生长旺盛, 营养元素吸收量较大, 归还/吸收率在0.5左右, 随林龄增大, 营养元素大量贮存于植物体中, 土壤养分相对贫乏。2. 次生林随林龄增大, 营养元素的吸收、贮存、归还量增大, 土壤微生物对凋落物的分解强度增强, 物质循环速度加快。

关键词 热带雨林, 次生林, 生物养分循环, 土壤微生物

热带雨林的破坏是一个世界性的严重问题。在西双版纳, 由于砍伐及刀耕火种等原因, 使我国有限的热带雨林受到了严重破坏(森林覆盖率从60%减少到27%)。怎样使大片的次生林尽快恢复往日的生态景观, 已成为一个急待解决的课题。研究热带雨林次生林的自然恢复演替规律将对这一问题的解决有指导作用, 生物养分循环的研究是其中一个重要组成部分。国内有关西双版纳热带雨林次生林生物养分循环及微生物在该循环中作用的研究尚未见报道。本文就此研究结果初步报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料

样地概况: 作者于1990~1992年, 在西双版纳勐仑(北纬 $21^{\circ}41'$, 东经 $101^{\circ}25'$)选择2块热带季雨林次生林为研究样地。2块样地都是热带雨林经人为砍伐后, 处于自然恢复演替阶段不同年代(5年和20年), 环境条件(坡度、坡向、海拔)基本一致, 坡向SW, 坡度 20° , 海拔600m, 属低山地貌, 周围的原生林为热带季节性雨林。当地热量丰富, 雨水充沛, 干湿季明显。年均气温 21.4°C , 年降雨量为1557mm, 多集中于6~9月, 干季和雨季雨量分别为264mm和1293mm, 年均相对湿度86%。土壤为砖红壤, 土层深厚,

* 由中国科学院资源与生态环境研究重大项目“澜沧江流域人文因素对生物多样性影响机制的研究”资助。

收稿日期: 1996-03-04; 收到修改稿日期: 1996-12-30

pH4.0~4.3(0~10cm 深度,水浸)。

样地的主要植物种类: 5 龄次生林乔木层有山黄麻 (*Trema orientalis*)、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、椴叶山麻杆 (*Alchornea tiliifolia*) 等, 灌木层有山黄麻、算盘子 (*Prismatomeria tetrandra*)、华南吴茱萸 (*Evodia austrosinensis*) 等, 草本层有飞机草 (*Eupatorium odoratum*)、马鹿草 (*Digitaria sanguinalis*)、白茅 (*Imperata cylindrica*) 等, 层间植物有老鸦藤 (*Adhatoda vasica*)、细圆藤 (*Pericampylus glauca*)、下果藤 (*Gouania leptostachya*) 等; 20 龄次生林乔木层有白背桐 (*Mallotus Paniculatus*)、木姜子 (*Litsea sp.*)、榕树 (*Ficus sp.*) 等, 灌木层有笔管榕 (*Ficus virens*)、滇银柴 (*Aporusa yunnanensis*)、铁屎米 (*Canthium sp.*) 等, 草本层有飞机草、马鹿草、棕叶芦 (*Thysanolaena maxima*) 等, 层间植物有岩爬藤 (*Millettia sp.*)、瓜腹木 (*Fissistigma sp.*)、下果藤等。

土样: 采用混合采样法, 即在同一块样地内, 挖 10 穴采土混匀为一土样, 立即带回室内进行各项测定。

1.2 方法

1.2.1 群落生物量、生长量、凋落物量的测定 生物量测定乔木层用标准木法伐取样木, 树干按 1.5m 锯断称重, 并各取一圆盘, 枝、叶和根分别取样并称重, 样品在 80℃ 烘至恒重, 建立幂函数器官生物量回归模型, 用模型计算各器官生物量。灌木层、草本层和层间植物在样地内设置 (2×2)m² 样方 10 个 (幼龄林 5 个), 将全部植株挖出, 分层取样并称重。生长量的测定采用文献 [1] 的方法。凋落物量测定是在每块样地内, 小凋落物随机设置 10 个 0.5m² 圆框, 大枝凋落物随机设置 (4×4)m² 小区 5 个, 每月收集称重一次。

1.2.2 养分含量分析 有机质含量测定采用重铬酸钾法, N、P、K 含量测定采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消化法 (土壤中磷用盐酸-氟化铵浸提), Ca 用湿灰化法测定 [2]。

1.2.3 土壤微生物数量和土壤生化活性测定 按文献 [3] 进行。纤维素分解菌数量用赫奇逊氏 (Hutchinson) 培养基平板表面加滤纸注入土壤悬液法测定, 其余各类群微生物的数量采用稀释平板法测定。

转化酶活性: 以蔗糖为基质, 滴定法测定释放的葡萄糖量; 接触酸活性: 以 H₂O₂ 为基质, 用 KMnO₄ 滴定。呼吸作用采用碱吸收滴定法, 计算 CO₂ 释放量。纤维素分解强度采用埋片法分析布条失重量。

2 结果与分析

2.1 次生林干物质和养分的分布

2.1.1 林分生物量及养分贮存量 西双版纳次生林的生物量及层次分布见表 1。由表看出: (1) 5 龄次生林生物量较低, 为 28.81t/hm², 随林龄增大, 生物量增加较快, 20 龄次生林总生物量达 108.01t/hm²。(2) 群落的生物量主要集中在乔木层, 乔木层生物量占群落总生物量的 80% 以上, 且随林龄增大, 乔木层生物量所占比率加大。(3) 演替 5 年次生林, 生物量在不同层次中的分布是: 乔木层 > 灌木层 > 草本层 > 层间植物, 而演替 20 年后, 生物量的分布是: 乔木层 > 灌木层 > 层间植物 > 草本层, 可见, 林龄较大的群落, 层间植物增加, 草本植物减少。

在群落的生物量中, 贮存着大量营养元素。由表 2 看出, 养分贮存量在两种次生林中的分布规律与生物量的分布规律基本一致, 即: (1) N、P、K、Ca 等营养元素主要贮存于群落的乔木层, 乔木层营养元素的贮量占植被总贮量的 80% 以上, 且随林龄增大, 乔木层营

表1 次生林的生物量及层次分布 (t/hm^2)

Table 1 The biomass and layer distribution of secondary forests

林龄	乔木层	%	灌木层	%	草本层	%	层间植物	%	总生物量	%
Age of trees	Tree layer		Shrub layer		Herb layer		Inter-layer		total biomass	
5	24.88	86.4	2.53	8.8	0.87	3.0	0.52	1.8	28.81	100
20	100.79	93.3	6.12	5.7	0.08	0.1	1.01	0.9	108.01	100

养元素的贮存量增大, 营养元素更多地向乔木层集中。(2) 随林龄增大, 次生林各营养元素的贮存量显著增大, 其中, 乔木层和灌木层养分贮存量增大, 而草本层贮量则减少。(3) 群落中 N、P、K、Ca 4 种营养元素的贮量顺序为 $Ca > N > K > P$, 磷的贮存量最小。

表2 次生林的养分贮存量及层次分布 (kg/hm^2)

Table 2 Nutrient accumulation and layer distribution of secondary forests

林龄	层次	N	%	P	%	K	%	Ca	%
Age of trees	Layer								
5	乔木层	97.07	81.3	44.59	91.8	63.08	87.7	118.90	83.1
	灌木层	14.47	12.1	2.74	5.6	6.67	9.3	19.32	13.5
	草本层	7.93	6.6	1.22	2.6	2.22	3.0	4.79	3.4
	总 量	119.47	100.0	48.55	100.0	71.97	100.0	143.01	100.0
20	乔木层	293.07	88.9	141.90	95.4	207.28	92.7	343.02	87.7
	灌木层	35.92	10.9	6.74	4.5	16.10	7.2	47.81	12.2
	草本层	0.73	0.2	0.11	0.1	0.21	0.1	0.44	0.1
	总 量	329.72	100.0	148.75	100.0	223.59	100.0	391.27	100.0

2.1.2 林分生长量及养分吸收量 西双版纳次生林的生长量及养分吸收量见表 3 和表 4。由 3, 4 表看出: (1) 两种林龄次生林生长量的层次分布均以乔木层的生长占绝对优势, 其次是灌木层, 草本层和层间植物生长很小。(2) 20 龄次生林的生长量及养分吸收量显著地大于 5 龄次生林, 生长量增加的部分主要集中在乔木层, 其它层次增加的量很小。(3) N、P、K、Ca 4 种元素的年吸收量大小顺序为 $Ca > N > K > P$, 与群落中这 4 种元素贮存量大小顺序相同。

表3 次生林的生长量及层次分布 ($t/hm^2 \cdot a$)

Table 3 The growth and layer distribution of secondary forests

林龄	乔木层	%	灌木层	%	草本层	%	层间植物	%	总量	%
Age of trees	Tree layer		Shrub layer		Herb layer		Inter-layer		Total	
5	6.62	73.8	1.38	15.4	0.71	7.9	0.26	2.9	8.97	100
20	14.89	84.0	2.42	13.6	0.08	0.4	0.34	1.9	17.73	100

表4 次生林养分的年吸收量(Kg/hm²·a)

Table 4 Annual nutrient uptake of secondary forests

林龄 Age of trees	N	P	K	Ca	总量 Total
5	65.58	12.28	26.65	96.50	201.01
20	114.40	25.49	47.10	162.27	349.26

2.1.3 年凋落物量、养分归还量及土壤中养分储量 西双版纳次生林的年凋落物量、养分归还量及土壤中养分储存量分别见表 5、表 6 和表 7。

植被营养元素归还土壤主要通过每年枯枝落叶的凋落过程,从表 5 看出,在凋落物中枯叶占绝大部分(60%以上),随林龄增大,枯落物量增加,而增加的部分主要是枯叶。从表 6 看出,枯叶的营养元素含量比枯枝高,N、P、K、Ca 等元素主要(80%以上)通过枯叶归还土壤,通过枯枝归还的量很少,随林龄增大,次生林的营养元素归还量增大,通过枯叶归还的量显著增加。可见,在森林生态系统的物质能量循环中,叶子是重要的组成成分。

表5 次生林的年凋落物量(t/hm²·a)

Table 5 The annual litter fall of secondary forests

林龄 Age of trees	枯枝 Branch	%	枯叶 Foliage	%	总量 Total	凋落量/生长量 litter fall/Growth
5	1.87	39.6	2.86	60.4	4.73	52.7%
20	2.03	28.0	5.21	72.0	7.24	40.8%

表6 次生林的营养元素归还量(kg/hm²·a)

Table 6 The annual nutrient return of secondary forests

林龄 Age of trees	组分 Component	N	P	K	Ca	总计 Total	%
5	枯枝	3.75	1.13	2.63	9.94	17.45	18.9
	枯叶	25.98	2.00	6.28	40.26	74.52	81.1
	总量	29.73	3.13	8.91	50.20	91.97	100.0
20	归还/吸收	0.46	0.26	0.33	0.52	0.46	
	枯枝	4.23	1.35	2.86	10.33	18.77	9.9
	枯叶	60.26	4.20	14.60	91.52	170.58	90.1
	总量	64.49	5.55	17.46	101.85	189.35	100.0
	归还/吸收	0.56	0.22	0.37	0.63	0.54	

大多数阔叶树种的树叶都容易被微生物分解,所以一般在土壤中停留的时间不长,许多树叶落到土壤中,几个月之内基本已被分解。树叶的 C/N 率在 30/1 左右,而枯枝的 C/N 率大于 90/1,所以枯叶完全分解后能释放出比枯枝更多的有效氮^[4]。从表 7 得出,

表7 次生林土壤中的有效态养分储量(kg/hm²)

Table 7 Available nutrient content of secondary forest soils

林龄 Age of trees	有机质(0~30cm) Organic matter	有效氮(0~60cm) available nitrogen	有效磷(0~60cm) available phosphorus	有效钾(0~60cm) available potassium
5	92870	698	52	646
20	61065	617	11	289

土壤中有有机质、有效 N、P、K 随林龄增大而降低,其中有效氮降低较少,这可能与 20 龄次生林的凋落物中枯叶所占比例较大(表 5)有关,同时也导致不同林龄次生林,在 N、P、K 三种营养元素中,N 的归还量较大,归还 / 吸收比率较高,且随林龄增大,此比率增大较多。

P、K 二元素的归还 / 吸收比率较小(表 6),所以土壤中元素储量为 $N > K > P$,磷在土壤中的含量较小,土壤缺磷是热带森林的一个特征。土壤中有有机质、有效 N、P、K 随林龄

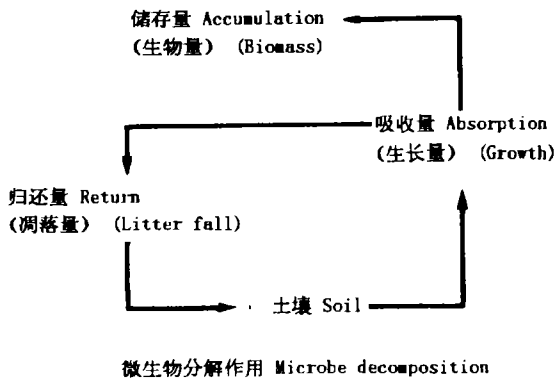


图1 物质与养分的生物循环

Fig.1 The biological cycling of material and nutrients

增大而降低,说明随着林龄增大,营养元素大量贮存于植物体中(表 2,有效磷特别明显),土壤养分相对贫乏,但随林龄增大,营养元素的归还 / 吸收比率总体上增大,说明群落具有较强的生物自肥能力。

2.2 次生林的生物养分循环——微生物的分解作用

植被通过生长从土壤中吸收养分,每年吸收量的一部分贮存于生物量中,另一部分通过凋落物(主要是枯叶)归还土壤,落到土壤中的凋落物必须通过微

生物体的分解作用才能被植物吸收利用,这就是自然界中物质的生物循环(图 1)。所以,微生物的分解作用是生物养分循环中不可缺少的一个重要环节。

从表 6 看出,植物从土壤中吸收的养分至多有 50% 左右归还土壤(磷和钾归还的量更少),即使把动物的分解作用考虑在内,也有很大一部分(近 50%)贮存于生物量中,所以,植物合成作用的规模大大地超过微生物的分解作用,它们生命活动的结果是有机物质在自然界中的累积。

落到土壤中的枯枝落叶,在土壤动物的作用下,被破碎并与土壤混合,增加了与土壤的接触面积,此时,土壤微生物大量繁殖,加之森林土壤表层的温度、湿度、透气性等因子较适合微生物生长,所以,各类微生物主要集中在土壤表层,表层微生物的数量占三层总数的 85% 以上,随着土壤深度的增加,微生物数量迅速减少(表 8)。同时,枯落物经表层微生物的旺盛分解,随着降水向下层土壤渗透,形成了土壤肥力自上而下降低的状况。

2.2.1 次生林土壤微生物数量的季节变化

由表 9 可知,细菌数量以 7 月最高,11 月次之,4 月最低。在 7 月,细菌占微生物总数的 95% 以上,细菌几乎进行着全部的生物学和化学的变化,从 7 月→11 月→4 月,随着土壤含水量的降低,细菌数量减少,细菌占微生物总数

的比例也随之降低。西双版纳干、湿季明显, 雨季(6~9月)降水充沛, 土壤含水量高, 4月为干季, 气候干热, 土壤含水量较低。据报道, 最高的细菌密度出现在含水量相当高的地区, 对于好气细菌生命活动的最适宜的水分平常为土壤持水量的50~75%^[5]。表现出细菌喜欢湿润, 能耐受低氧的特性。

表8 次生林土壤微生物数量的垂直分布* (单位: $\times 10^4$ 个/克干土)

Table 8 Vertical distribution of microbes in secondary forest soils ($\times 10^4$ /g · dry soil)

林龄 Age of trees	土壤 Depth (cm)	细菌Bacteria		真菌Fungi		放线菌Actinomycetes		微生物Microbes		纤维素分解菌C.D.M.	
		数量 No.	占三层 总数 ^{a)} (%)	数量 No.	占三层 总数 ^{a)} (%)	数量 No.	占三层 总数 ^{a)} (%)	数量 No.	占三层 总数 ^{a)} (%)	数量 No.	占三层 总数 ^{a)} (%)
5	0-10	2280.0	86.5	9.9	94.3	93.9	94.9	2383.8	86.8	14.1	94.6
	30-40	252.2	9.5	0.3	2.8	2.7	2.7	255.2	9.3	0.6	4.0
	70-80	105.2	3.9	0.3	2.8	2.3	2.3	107.8	3.9	0.2	1.3
20	0-10	5203.6	86.9	15.7	84.9	91.8	95.3	5311.1	86.9	36.4	93.1
	30-40	644.5	10.8	1.9	10.3	3.1	3.2	649.5	10.6	2.6	6.6
	70-80	143.4	2.4	0.9	4.8	1.4	1.5	145.7	2.4	0.1	0.3

* 采样时间: 1990年7月; a): percentage of total number including three layers.

表9 次生林土壤微生物数量的季节变化* (单位: $\times 10^4$ 个/克干土)

Table 9 Seasonal variation of microbes in secondary forest soils ($\times 10^4$ /g dry soil)

林龄 Age of trees	采样时间 time (月) (months)	细菌Bacteria		真菌Fungi		放线菌Actinomycetes		微生物 Microbes Total No.	土壤含水量 (%) Soil water content
		数量 No.	占微生物 总数 ^{b)} (%)	数量 No.	占微生物 总数 ^{b)} (%)	数量 No.	占微生物 总数 ^{b)} (%)		
5	4	493.9	77.1	38.1	5.9	109.0	17.0	641.0	24.34
	7	2280.0	95.6	9.9	0.4	93.9	3.9	2383.8	49.27
	11	1222.8	93.9	38.0	2.9	40.8	3.1	1301.6	29.40
20	4	587.4	78.9	51.6	6.9	104.6	14.1	743.6	19.06
	7	5203.6	97.9	15.7	0.3	91.8	1.7	5311.1	30.93
	11	1610.9	95.6	33.8	2.0	40.9	2.4	1685.6	22.31

* 采样深度: 0~10cm; b): Percentage of total microbes

真菌数量的变化与细菌相反, 即7月较少, 随着土壤含水量的降低(从7月→11月→4月), 真菌数量及占微生物总数的比例升高, 这在一定程度上反映出真菌耐干和对土壤中氧气含量较敏感的特性。雨季土壤含水量高, 氧气的扩散作用降低, 真菌是首先的受害者。

放线菌数量以 4 月较高,这与放线菌喜热耐旱的特性有关。

一般认为,在凋落物的分解过程中,细菌比较快的生长速度和生物化学的多样性使它们成为开始期的破坏动力,分解较简单易分解的成分。而放线菌生长慢,只有当更多容易可利用的化合物已被代谢转化以及竞争的压力减少时才参与难分解物质的分解。真菌介于两者之间,参与纤维素、半纤维素及一些植物保存性物质(如木素)的分解^[6]。西双版纳气候高温多雨,使土壤中一些营养元素淋溶迅速,植物生长旺盛,又从土壤中大量吸收营养元素(表 4),造成土壤中养分含量较低(表 7)。另一方面,在森林生态系统的巨大生物量内则贮存着大量的营养元素(表 2),并且通过每年的凋落过程归还土壤,经微生物分解释放后又被植物所吸收利用。西双版纳次生林每年均有大量元素归还土壤供植物所利用,这对土壤养分相对贫乏,同时保持旺盛生长的森林来说十分有利,无疑是对当地高温多雨的气候条件的一种适应。随林龄增大,次生林营养元素归还量增加,归还/吸收比率增大(表 6),这在某种程度上反映出次生林随演替时间延长,更加适应当地高温多雨而土壤养分相对贫乏的生长环境。由于旱季水分胁迫,造成西双版纳森林的凋落高峰发生在 1~5 月。这一阶段时间很短,当占干物质组织 20~30% 的简单有机物质迅速地被分解后,细菌的数量随着也下降。另一方面,雨季过后,氧气的扩散作用增强,真菌数量增加,分解纤维素、半纤维素及其它类似化合物,也分解一些植物保存性物质。纤维素和半纤维素,不象简单物质那样消失快,但它们通常保存也不太多。剩下的物质更难分解,分解速度也慢,随着干季的到来,喜热耐旱的放线菌数量增加,降解凋落物中较难分解的成分。这一阶段持续时间很长,直到又有大量新鲜植物残体进入土壤才会引起微生物群落的重新变化。可见,各类微生物的生物学特性不同,其生长繁殖与气候变化及植物凋落有机地统一起来,使凋落物迅速被分解利用。

表 10 次生林土壤的生物化学过程强度

Table 10 The biochemical intensity of secondary forest soils

林龄	内源呼吸 Respiration	土壤代谢 葡萄糖能力 Glucose metabolism	接触酶活性 0.1mol/L KMnO ₄ 消耗量 Catalase consumption	转化酶活性 葡萄糖量 Invertase	纤维素分解强 度布条减重 Cellulose decomposition	芽孢杆菌数量 Bacillus sp. number
Age of trees	(CO ₂ μl/g·h)	(CO ₂ μl/g·h)	(m/g)	(mg/g·24h)	(mg/g)	(×10 ⁴ /g)
5	62.8	379.3	16.1	20.9	148.0	66.6
20	65.5	428.7	16.6	23.8	244.8	80.6

2.2.2 次生林土壤的生物化学过程强度(表 10) 土壤呼吸作用强度是衡量土壤生物活性的总指标,而土壤代谢葡萄糖的能力可以反映土壤的潜在生物活性。在有机残体分解过程中,可以根据 CO₂ 释放量来判断有机残体的分解速度和强度。由表 10 看出,西双版纳次生林土壤的生物活性较强,土壤中有有机残体的分解速度较快,尤其对新进入土壤的有机残体的分解速度更快,这与西双版纳气候高温多雨有关,由表 10 还得出,20 龄次生林土壤比 5 龄的次生林土壤降解有机残体的能力强,降解的速度也较快,加之气候高温多雨,植物生长旺盛,所以西双版纳次生林的物质循环速度较快,其中,演替年限长的次生林比演

替年限短的次生林物质循环速度快。枯叶的 C/N 率较枯枝低,同时也比枯枝易被土壤动物破碎,所以枯叶的分解速度较快。由表 5 得出,20 龄次生林凋落物中枯叶的含量比 5 龄次生林的高,加之凋落量高,微生物数量丰富,所以前者凋落物的分解速度较快。

不同土壤酶活性的差异,表明了不同土壤有机残体的转化状况。可以利用水解酶类(转化酶)活性强度来解释土壤有机残体的分解强度;利用氧化还原酶类(接触酶)活性强度来解释土壤中腐殖质再合成的强度。由表 10 看出,西双版纳次生林土壤有机残体的分解强度较强,而腐殖质再合成强度较弱。这与当地的气候条件有关。西双版纳高温多雨,微生物数量丰富,故有机残体分解迅速,同时高温多雨也使土壤中养分含量较低,所以腐殖质再合成强度较低。同样看出,西双版纳两种次生林随着演替年限的延长,土壤有机残体分解强度增强,而腐殖质再合成强度变化不大。

纤维素是植物组织中最丰富的组分,纤维素分解菌对纤维素的分解作用是自然界碳素循环的基础。芽孢杆菌是一类具有较强氨化作用能力的菌群,其数量变化在一定程度上反映了土壤中有机氮化合物分解过程的强度。由表 10 看出,20 龄次生林比 5 龄次生林土壤降解纤维素和有机氮化合物的能力强,这与呼吸作用强度和酶活性的测定结果是一致的,进一步说明次生林随演替年限延长,土壤有机残体的降解强度增强。

参 考 文 献

1. 党承林等, 1991: 云南松林的净第一性生产量研究。云南植物研究, 第 13 卷 2 期, 161~166 页。
2. 中国科学院南京土壤研究所编, 1978: 土壤理化分析。上海科学技术出版社。
3. 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著, 1985: 土壤微生物研究法。科学出版社。
4. 陈华癸等编著, 1979: 土壤微生物学, 上海科学技术出版社。
5. M. 亚历山大, 1983: 土壤微生物学导论。科学出版社。
6. 许光辉等, 1984: 长白山北坡自然保护区森林土壤微生物生态分布及其生化特性的研究。生态学报, 第 4 卷 3 期, 207~222 页。

BIOLOGICAL NUTRIENT CYCLING OF SECONDARY FORESTS IN XISHUANGBANNA

Zhang Ping and Feng Zhili

(*Kunming Institute of Ecology, Academia Sinica, Kunming 650223*)

Summary

The biomass, growth, annual litter fall, main nutrient contents, and the influences on soil nutrients, soil microbes and soil biochemical activities of secondary forests in Xishuangbanna were studied. Results showed the characteristics of uptake, accumulation and return of biological materials and nutrients in secondary forests, and their effects on soil nutrients. Microbe decomposition of litter fall and biological nutrient cycling of secondary forests were also dealt with. The study provided a basis for further research of tropical forest ecosystem.

The plants grew quickly in the tropical secondary forests. The uptake of nutrient elements was large and its proportion of return to uptake was about 0.5. A great quantity of nutrient elements was accumulated in plants with increasing age of trees, and soil nutrient content was low. With increasing age of secondary forests, uptake, accumulation and return of nutrient elements increased, the intensity of litter fall decomposition increased and the speed of material cycling was quick.

Key words Tropical rain-forest, Secondary forest, Biological nutrient cycling. Soil microbe