

海南岛尖峰岭热带林凋落物研究初报*

卢俊培 刘其汉

(中国林业科学研究院热带林业研究所)

摘 要

本文研究了海南岛尖峰岭林区热带山地雨林及半落叶季雨林的凋落物产量动态及其组成、季节变化规律和主要化学成份,并分析比较其在物质循环过程中的作用,对了解热带森林生态系统的功能、热带森林土壤的形成过程及其生产能力的研究,对热带土地资源的保护利用,均有重要意义。

关键词 海南岛尖峰岭;山地雨林;半落叶季雨林;凋落物;数量;化学成分

森林凋落物向来就是森林生态学、生物地球化学及森林土壤学等的研究对象,国外已有不少报道,国内的研究近期也有较大发展,云南西双版纳、川西米亚罗、广东鼎湖山和小良、长白山以及广西等地,都先后或正在开展有关凋落物量的研究,有的定位站还同时研究凋落物的化学成分及分解速率,以探索生物小循环节律及森林与土壤的关系^[1, 4, 6-11]。

本项研究是海南岛尖峰岭热带森林生态系统研究课题的内容之一,旨在了解该林分凋落物的数量、节律、成分,以为热带林的功能和土壤肥力评价提供依据。现将阶段观测结果(1982—1984)整理如后。

样地概况及研究方法

尖峰岭位于海南岛西南部,北纬 $18^{\circ}23'—52'$,东经 $108^{\circ}46'—109^{\circ}2'$,海拔50—1412m,具有完整的森林垂直带谱,观测样地分别设置在其中的山地雨林和半落叶季雨林内,分属于山地雨林和季雨林带。相应的土壤为山地砖红壤性黄壤和褐色砖红壤。

山地雨林地点在五分区,海拔850m,群落组成复杂,没有明显的优势种,以种群重要值 >10 的种计有毛荔枝(*Nephelium topongii*)、中华厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*)、大叶白颜(*Gironmiera subaequalis*)、高山蒲葵(*Livistoua saribus*)、倒卵阿丁枫(*Altingia obovata*)、木荷(*Schima superba*)、红栲(*Lithocarpus fenzelianus*)、盘壳栎(*Quercus patelliformis*)等乔木,灌木有柏拉木(*Blastus cochinchinensis*)、燕尾葵(*Pinanga discolor*)、华南省藤(*Calamus rhabdocladus*)假华箬竹(*Indocalamus pseudosinicus*)、鸡屎树(*Lasianthut cyanocarpus*)九节木(*Psychotria rubra*)、裂叶棕梅(*Licuala spinosa*)等。半落叶季雨林海拔200m,主要树种有大沙叶(*Aporosa chinensis*)、红蒲(*Ptero-*

本文于1987年8月收到,1987年5月收到修改稿。

* 本文系国家自然科学基金资助项目的内容之一。参加部分工作的有李海文、林月娟、刘京,化学分析由本所分析室完成,一并致谢。

permum heterophyllum)、细基丸(*Polyalthia cerasoides*)、黑格(*Albizia odoratissima*)、布楂叶(*Microcos paniculata*)、乌墨(*Syzygium cumini*)、黄牛木(*Cratoxylum ligustrinum*)、海南黄檀(*Dalbergia hainanensis*)、龙眼(*Dimocarpus longan*)等, 灌木主要有三稜蒴(*Alchornea rugosa*)、锈毛野桐(*Melicotus anomalus*)、叶被木(*Phyllochlamys taxoides*)、粗糠柴(*Mallotus philippinensis*)等。

观测样地面积分别为 500(山地雨林)和 300(半落叶季雨林) m^2 , 放置 10 个尼龙纱布制作的方形收集框, 按随机加局部控制的原则(兼顾优势种、结构、密度、坡向、坡位)安放。框的规格为 $71 \times 71 \times 25 cm^3$, 底网距地面 20—25 cm。每月 28 日收集。观测期 1982 年 1 月至 1984 年 5 月。枝的观测未另设大的回收区。

将凋落物摊放在竹箕或瓷盘内风干, 除去侵入的昆虫残体、虫鸟粪等, 置 $80^\circ C$ 烘至恒重。按枝、叶、杂物(主要是花、果)分类装袋, 再烘 1—2 小时称重(只作量小的两类), 计算各组分的含量和总凋落量。

按枝、叶、杂物分别取平均样粉碎过 1 mm 筛作化学分析¹⁾。分析项目及方法如下:

灰分: $550^\circ C$ 干灰化, 重量法

硅: 硝酸-硫酸-高氯酸湿灰化(以下同)重量法

钙、镁: 湿灰化脱硅滤液, EDTA 容量法

钾、钠: 湿灰化脱硅滤液, 火焰光度法

铁: 湿灰化脱硅滤液, 邻啡罗啉比色法

磷、氮: 双氧水-硫酸消化, 钼兰法及 1, 2, 4-氨基萘酚磺酸比色测磷, 蒸馏法测氮

铝: 湿灰化脱硅滤液, 铝试剂显色, 72 型光电分光光度计比色法

结 果 分 析

一、凋落物的数量与组成

森林凋落物源自森林, 不同类型的森林, 其凋落物的数量、组成及其凋落特征各不相同。

(1) **凋落物的数量** 尖峰岭的热带山地雨林属硬阔叶常绿类型, 半落叶季雨林属柔质阔叶半落叶类型, 其年凋落物总量平均为 7.7 和 9.7 t/ha, 其标准偏差和变异系数分别为 1.15、2.25 和 14.9%、23.1%, 半落叶季雨林的贮量和变异性均大于山地雨林。与其他地区比较, 两类型的贮量与鼎湖山的接近(7.1—9.2)^[6], 低于西双版纳热带雨林(9.7—12.1)^[2], 与泰国的 Sakaera 试验站的旱性常绿林(7.7)、印度 Meghalaya 的潮湿热带林(5.5)、牙买加的山地雨林(6—11)^[7, 9-11]相近或略有差异。

值得强调的是, 尖峰岭山地雨林的总生物量(特别是森林蓄积量)及凋落物层的贮量, 均比半落叶季雨林高^[3], 但其年凋落物量却比后者少。其原因在于半落叶季雨林的

1) 限于条件, 未分枝各点进行分析, 只作 10 个重复点的混合平均样。

2) 中国科学院云南生物地理群落定位研究站总结(1963)。

树种组成中有50%为落叶树种,叶多纸质,旱季全部换叶,所处环境为高温半湿润,凋落物易分解,积累少,归还多,生物循环快。山地雨林与此相反,具有较小的凋落量、较大的积累和较慢的生物循环。

(2)凋落物的组成 凋落物是森林植物在其生长发育过程中新陈代谢的一种表现,其组成包括小枝、叶、花果等杂物,可以反映不同森林类型的生态生物学特征,尖峰岭的观测结果如表1。

表1 凋落物量及其组成的百分率
Table 1 The composition of litter-fall

类型 Type	枝 Branches			叶 Leaves			杂物 Mixed matter			总量 Total		
	t/ha,a	%	S.D.	t/ha,a	%	S.D.	t/ha,a	%	S.D.	t/ha,a	%	S.D.
山地雨林 Mount.R.For.	1.651	21.3	0.94	5.415	70.7	1.18	0.63	8.0	0.36	7.71	100	1.15
半落叶季雨林 Semi-deci.Mons.For.	1.706	17.5	0.79	7.445	76.4	1.80	0.62	6.1	0.45	9.75	100	2.25

叶是凋落物的主要组分,半落叶季雨林中叶的比例更大,叶及总量的标准偏差大,空间分布极不均匀,与前述树种性质及落叶规律相符。枝与花果所占比例则以山地雨林为大,与该林分枝较粗、多大型花果的特点一致。

除以上计量的三部分外,尚有少量来自树冠的昆虫残体、排泄物、附生植物空中积累的有机残体未计数量,这也是热带森林(特别是山地雨林)所特有的凋落物特征。

(3)凋落物的季节变化 森林植物枝、叶、花果凋落的时间和数量,除遵循生物学的规律外,还受约于气候条件。观测区主要影响的气候因子是温度、湿度和台风。凋落物总量及其组成的月际和年际变化,可有很大差异,如图1、2。

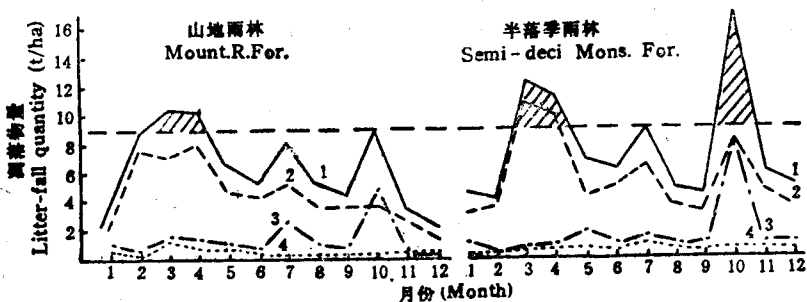


图1 凋落物各组分月变化(1982.6—1984.5)
Fig.1 Monthly change of components in litter-fall
1—凋落物总量 Total litter-fall; 2—叶 Leaves; 3—枝 Branches;
4—杂物 Mixed matter

两类型的凋落节律,总的趋势是一致的,大多数月份的凋落量是半落叶季雨林>山地雨林,较低温的1—2月则是山地雨林>半落叶季雨林,似乎地处较高海拔的树种。

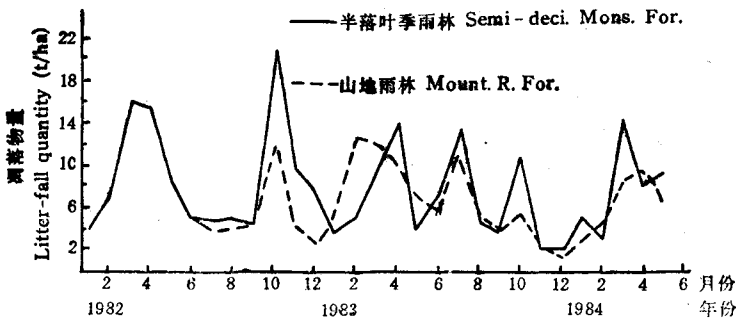


图2 凋落物年变化
Fig.2 Year change in litter-fall

也有某些高纬度树种对温度的敏感性, 与半落叶季雨林的干旱性落叶有所不同。值得说明的是10月的凋落高峰, 与1982年10月24—26日的强台风侵袭有关, 造成不少非生理性正常凋落的枝叶, 地处低海拔外围开阔区的半落叶季雨林, 受干扰尤为突出。对比表2与图2可见, 不同森林类型的凋落特征, 与某些气候因素的关系是十分密切的。

表2 不同森林类型的气象要素 (1981—1983)
Tab. 2 Climatological elements in different forest types

类 型 Type	年 Year	1—4 月 1—4 Month		平均气温 Mean T°C	
		降 水 Precipitation(mm)	蒸 发 Evaporation(mm)	相 对 湿 度 Rh. (%)	年 Year 一月 Jan.
半 落 叶 季 雨 林 Semi-deci. Mons. For. (alt. 68m)	1771.7	207.2	535.2	74—80	24.5 19.5
山 地 雨 林 Mount. R. For. (alt. 820m)	2253.4	251.8	343.2	84—93	19.5 13.8

在凋落物各组分中, 叶的凋落规律与总量完全一致, 枝的情况也大致相似, 唯花果不同, 而且两类型的变化各异。山地雨林花果凋落的高峰在3月, 7月最少, 半落叶季雨林则以7、5月最多, 2月最少, 反映了不同树种物候及花果成熟期的差异。

凋落物总量的月际差异很大, 尤以半落叶季雨林最悬殊。山地雨林的月平均凋落量是0.64 t/ha, 变异系数14.8%, 最大值1.251t/ha(1983年2月), 最少只有0.16t/ha(同年12月), 相差约6倍。半落叶季雨林月平均凋落量0.812t/ha, 变异系数23.1%, 最大值2.12t/ha(1982年10月), 排除台风干扰的可能, 同年3月达1.63t/ha, 最少在同年12月, 只有0.22t/ha, 相差8.6—6.4倍。

与云南西双版纳相比, 凋落物的季节分配大不相同(表4), 尖峰岭的两个森林类型, 都是以雨季(5—10月)和最早的3—4月凋落为主, 而西双版纳则以雨季和雾季(11—2月)凋落为主, 充分反映了两地生态条件(主要是气候条件)及森林类型不同的生态学特征。

表 3 凋落物的季节分配
Tab. 3 Seasonal distribution of litter-fall(%)

地点及类型 Site & Type	月 份 Month					
	11—2		3—4		5—10	
	合计 Total	月平均 Mean month	合计 Total	月平均 Mean month	合计 Total	月平均 Mean month
尖峰岭, 山地雨林 Jianfeng, Mount.R.For.	23.6	5.9	26.7	13.4	49.7	8.2
尖峰岭, 半落叶季雨林 Jianfeng, Semi-deci. Mons. For.	22.0	5.5	25.9	13.0	52.1	8.7
西双版纳, 热带雨林 Xishuangbanna, Trop. R. For.	40.8	10.2	19.1	9.5	40.1	6.7

二、凋落物的化学成分

不同森林类型的凋落物, 其化学成分含量各有异同, 按灰分总量、N 素及矿物质三大类, 对尖峰岭两个森林类型凋落物的化学成分含量和贮量特征, 探讨如下:

(1) 灰分总量 灰分, 即植物体中矿物元素之总和, 不同的植物及不同的生长发育期, 其含量差别很大, 不同的组织部位含量也不同(表 4)。半落叶季雨林凋落物各组分的灰分含量及贮量均高于山地雨林。两类型均以叶的积累最大, 其贮量约占灰分总量的 75—80%, 又以山地雨林所占比重为大。花果等杂物的灰分含量稍大于枝, 而其贮量则相反。

表 4 凋落物的灰分及 N 素含量
Tab. 4 The ash & N of the litter-fall

类 型 Type	合 计 Total	枝 Branches			叶 Leaves			杂 物 Mixed matter		
		\bar{x}	S.D.	kg/ha	\bar{x}	S.D.	kg/ha	\bar{x}	S.D.	kg/ha
		灰 分 Ash						氮 素 Nitrogen		
山地雨林 Mount R. For.	291.32	2.320	0.840	15.07	4.072	0.523	223.92	3.41	1.144	22.75
半落叶季雨林 Semi-deci. Mons. For.	532.51	5.061	1.374	193.60	7.191	0.997	440.24	5.697	1.032	33.67
山地雨林 Mount R. For.	43.14	0.340	0.350	7.81	0.652	0.338	36.02	0.208	0.420	4.57
半落叶季雨林 Semi-deci. Mons. For.	84.33	0.849	0.514	11.71	0.912	0.332	62.15	0.912	0.417	5.53

由灰分与凋落物的贮量比来看, 尖峰岭的山地雨林及半落叶季雨林分别为 1:27 和 1:15, 对比某些报道纯栎林为 1:41^[1], 则尖峰岭的灰分含量更高, 矿物元素归还的潜力较大, 尤以半落叶季雨林更为显著。

凋落物灰分含量的季节变化, 与凋落物的凋落节律一致, 年际差异也较明显。似乎凋落物量最大的 3、4、7、10 月, 灰分含量并不最高, 而凋落量较少的 2、6、12 月却有较高的灰分含量, 这可能与树种不同有关。

(2) **N 素** 凋落物中 N 素的含量水平, 密切关系着凋落物的矿化速度, 同时也反映出归还土壤的肥力效应及森林生态系统食物链中微生物的营养源状况。如以凋落物总量与 N 素贮量比值作度量, 尖峰岭山地雨林的为 159.5, 半落叶季雨林的为 105.8, 即前者的 N 素归还潜力小于后者。比新几内亚山地雨林凋落物的归还量 $90.8 \text{ kg/ha} \cdot \text{a}$ 低^[8], 而比云南西双版纳热带雨林的 $43.99 \text{ kg/ha} \cdot \text{a}$ 为高(表 4)。

植物体中的不同器官, N 素含量不同, 凋落物各组分的 N 素, 以花果和叶为多, 枝较少。其季节变化的程度, 远比灰分明显, 山地雨林的变异又大于半落叶季雨林(表 4)。

植物体中的灰分元素与 N 素保持一定的比例关系, 以达正常生长的养分平衡, 在凋落物中也可反映。观测区凋落物的灰分/N 比值分别为 5.8(山地雨林)、6.9(半落叶季雨林), 比栎林的 4.7、云杉林的 3.7 高^[1], 反映了热带森林灰分富积的特点。

(3) **矿物元素** 在本项研究所分析的项目中, 凋落物各组分的矿物元素含量(\bar{X} , %) 及其贮量($\text{kg/ha} \cdot \text{a}$), 列入表 5。累计各组分的元素贮量, 得凋落物的元素贮量序列为 ($\text{kg/ha} \cdot \text{a}$):

山地雨林:

$$\text{Ca}(43.32) > \text{Si}(41.52) > \text{K}(33.79) > \text{Mg}(18.57) \\ > \text{Al}(5.42) > \text{P}(2.34) > \text{Fe}(1.30) > \text{Na}(1.07)$$

半落叶季雨林:

$$\text{Ca}(120.29) > \text{Si}(78.67) > \text{K}(67.29) > \text{Mg}(36.06) > \text{Al}(16.83) \\ > \text{P}(6.77) > \text{Fe}(5.16) > \text{Na}(1.64)$$

两个序列的趋势完全相同而以半落叶季雨林的丰富。各组分各元素的相对含量, 也是半落叶季雨林的高。这些特点表明, 它们基本上符合酸性土壤上树种或热带林 Si、Ca、Mg 含量高的论点^[1, 5], 也反映了褐色砖红壤比砖红壤性黄壤具有较强的脱硅富铁铝过程以及酸度较低、磷的固定较少等特点。

山地雨林凋落物各组分的多数矿物元素含量都是叶片最大、枝最少, 而磷、铁、钾的含量则以花果等杂物为高。各元素含量水平的月际变化, 则以叶的变异最小, 花果变异最大; 各组分中钙、镁的变异较小, 硅、铁、铝、磷的变异较大。半落叶季雨林凋落物各组分的元素含量与此不同, 其落叶中除硅、镁较高外, 其余多以花果中的含量较高, 钙则多在枝、叶中积累; 各元素月际差异除钙较小外, 其余元素的变异范围均大于山地雨林, 反映了两类型凋落物的种类结构及凋落节律的差异。

从元素的贮量分析可以看出, 两类型均以叶片中的贮量最多, 约占矿质元素总贮量的 75—80%, 山地雨林略高 4%, 半落叶季雨林小枝的元素贮量显著多于花果, 这可能

表5 凋落物的化学元素含量
Tab. 5 The chemical elements of litter-fall

类型 Types	元素 Elements	枝 Branches			叶 Leaves			杂物 Mixed matter					
		\bar{X}	S.D.	kg/ha	%	\bar{X}	S.D.	kg/ha	%	\bar{X}	S.D.	kg/ha	%
山地雨林	Ca	0.604	0.113	9.32	21.5	0.572	0.075	31.19	72.0	0.433	0.132	2.81	6.5
	Mg	0.148	0.038	2.35	12.6	0.271	0.061	14.65	78.9	0.251	0.075	1.57	8.9
	K	0.206	0.113	2.79	8.3	0.516	0.129	27.32	80.8	0.597	0.228	3.68	10.9
	Na	0.011	0.005	0.15	13.9	0.015	0.006	0.82	76.4	0.014	0.007	0.11	9.9
	P	0.019	0.009	0.34	14.5	0.031	0.016	1.74	74.0	0.051	0.028	0.27	11.3
	Si	0.210	0.169	2.72	6.6	0.649	0.214	36.03	86.8	0.255	0.180	2.56	6.2
	Fe	0.015	0.009	0.32	24.7	0.015	0.006	0.76	58.3	0.028	0.022	0.22	17.0
Al	0.019	0.014	0.41	7.6	0.068	0.023	3.85	71.1	0.042	0.030	1.54	21.3	
半落叶季雨林	Ca	1.518	0.416	28.0	23.3	1.432	0.201	88.09	73.2	0.734	0.207	4.20	3.5
	Mg	0.314	0.144	8.53	23.7	0.486	0.326	25.48	70.7	0.346	0.145	2.05	5.7
	K	0.481	0.183	8.07	12.0	0.770	0.273	53.36	79.3	1.005	0.437	5.85	8.7
	Na	0.016	0.008	0.29	17.7	0.013	0.007	1.25	75.9	0.018	0.010	0.10	6.2
	P	0.065	0.052	9.37	11.9	0.052	0.024	60.29	84.3	0.063	0.032	3.01	3.8
Semi-deci. Mons. For.	Si	0.307	0.215	1.53	30.8	1.002	0.286	2.50	48.7	0.421	0.260	1.05	6.2
	Fe	0.039	0.028	3.07	18.2	0.036	0.022	11.30	67.1	0.051	0.039	2.46	14.6
	Al	0.075	0.055	1.24	18.4	0.164	0.114	4.01	59.2	0.273	0.177	1.52	22.4

是与小枝组成中复叶叶柄多有关, 铁在枝中的积累也较多。

结 语

海南岛尖峰岭热带森林凋落物的特点, 随森林类型而异。山地雨林的年凋落总量平均为 7.7t/ha, 其中枝占 21.3%、叶 70.7%、花果等杂物 8.0%。半落叶季雨林依次为 9.7t/ha、17.5%、76.4%、6.1%。两类型的凋落节律相似, 后者的月际变异更大。

凋落物的化学成分含量及贮量, 半落叶季雨林均大于山地雨林, 具有较大的营养物质归还潜力。两类型的矿质元素贮量序列相同: $Ca > Si > K > Mg > Al > P > Fe > Na$ 。各组分中各元素含量的月际变化较大, 钙镁较稳定。元素贮量的 75—80% 积累于叶, 铁在枝中的贮量也较高, 磷铝在花果中的贮量相对较多。

参 考 文 献

- [1] H.И.巴齐列维奇, 苏联若干土壤-植物地带内灰分元素和 N 素循环的特点, 生物地球化学省与植物-土壤元素交换, 科学出版社, 115—150。
- [2] 卢俊培等, 1981: 海南岛尖峰岭半落叶季雨林刀耕火种生态后果的初步观测, 植物生态学与地植物学丛刊, 5(4)272。
- [3] 卢俊培等, 1982: 海南岛森林水文效应的初步探讨, 热带林业科技, 1: 13—20。
- [4] 张万儒等, 1979: 四川西部米亚罗林区冷杉林下森林土壤动态研究, 林业科学, 15(3)178—193。
- [5] 唐永奎, 1982: 海南岛生态系统的分析, 热带地理, 2: 5—8。
- [6] 屠梦照, 1984: 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林凋落物量, 热带亚热带森林生态系统研究, 第二集, 科学普及出版社广州分社, 18—20。
- [7] Chankao, K. et al., 1980: An accumulation of litterfall and some nutrients in dry and evergreen forest Sakaerat Forest Research Bulletin, Faculty of Forestry, Kasetsart University No. 66, 29。
- [8] Edwards, P. J., 1982: Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea, Journal of Ecology 70(3) 807—827。
- [9] Proceedings of the India Academy of Sciences, 1982: 91(3) 255—260。
- [10] Tanner, E. V. J., 1980: Litterfall in montane rain forests of Jamaica and its relation to climate, Journal of Ecology, 68(4) 832—848。
- [11] Tanner, E. V. J., 1981: The decomposition of leaf litter in Jamaica montane rain forests, Journal of Ecology, 69(1) 203。

LITTER-FALL IN TROPICAL FOREST AT JIANFENGLING MOUNTAINS, HAINAN ISLAND

Lu Jun-pei Liu Qi-han

(*Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry*)

Abstract

The production dynamic, main chemical components and its storage of litter-fall in two major forest types in the Jianfengling mountains region in Hainan Island were studied in the present article.

The mean annual total dry weight of litter-fall in the tropical mountain rain forest (alt. 850m) is up to 7.7t/ha containing branches 21.3%, leaves 70.7%, and flowers and other mixed-matter only 8.0%; while in the semi-deciduous monsoon forest (alt. 200m) it is 9.7t/ha, containing 17.5%, 76.4% and 6.1% of these things respectively. The seasonal change patterns of falling in both types are similar, and the maximum quantity of litter-fall occurs in March-April (the driest months) and the minimum in December-January. The change of litter-fall depends on that of the month.

The order of the chemical components of litter-fall in these two forest types tends to be $\text{Ca} > \text{Si} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{P} > \text{Fe} > \text{Na}$, the total amount of elements in the semi-deciduous monsoon forest is greater than that in mountain rain forest. About 70-86% of the contents of chemical elements in both types were rich in the leaves.

The amount of the chemical elements of the litter-fall returning back to the soil in the semi-deciduous monsoon forest is greater than that of mountain rain forest.

Key words: Hainan Island; Tropical rain forest; Semideciduous monsoon forest; Litter-fall; Chemical components