

西双版纳热带次生林生物量的初步研究

唐建维 张建侯 宋启示 曹 敏 冯志立

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊 666303)

党承林 吴兆录

(云南大学生态学与地植物学研究所, 昆明 650091)

摘 要 本文采用“空间代替时间”和维量分析的方法研究了西双版纳热带次生林4块不同年龄林分的生物量, 并详细分析了热带次生林在演替初期阶段生物量的变化趋势。结果表明: 林分总生物量随林龄而增加, 5年生林分的总生物量为 $41.932\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 10年生林分的总生物量为 $52.116\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 14年生林分的总生物量为 $88.284\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 22年生林分的总生物量为 $113.743\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。林分生物量的层次分配比例以乔木层所占的比例最大, 占4/5以上, 随林龄而增加; 灌木层增长到14年生林分后又下降, 草本层随林龄而递减, 层间植物则上升。生物量的器官分配比例以干材所占的比例最大, 占1/2以上, 随林龄而递增; 而枝、根和叶的生物量分配比例则随林龄而下降。并建立了4个林分主要优势种及乔木层器官生物量的回归模型。

关键词 生物量 热带次生林 西双版纳

A PRELIMINARY STUDY ON THE BIOMASS OF SECONDARY TROPICAL FOREST IN XISHUANGBANNA

Tang Jianwei, Zhang Jianhou, Song Qishi, Cao Min and Feng Zhili

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences

Mengla County, Yunnan Province 666303)

Dang Chenglin and Wu Zhao lu

(Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091)

Abstract The methods in which different of space distribution stands for progress of time and the dimension analyses were used to study the biomass of four different secondary tropical forests in Xishuangbanna. The dynamic on the biomass of secondary tropical forests at the early stages of the secondary succession was analyzed in detail. The results show that the total biomass of four secondary tropical forests increased with the stand age. Total biomass in 5-year-stand, 10-year-stand, 14-year-stand and 22-year-stand were $41.932\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, $52.116\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, $88.284\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $113.743\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, respectively.

In the allocation of biomass in different layers in four stands, the biomass of tree layer

· 本文于1996-10-15收稿, 1997-11-21收到修改稿。

国家自然科学基金资助项目(38970168)内容之一。

was over 80% of the total The biomass of shrub layer increased until 14-year old, then dropped down, while the biomass of grass layers decreased and that of inter-layer plants increased with the stand age

Concerning different parts of plant in the four stands, the biomass of trunk, which occupies over 50% of the total, increased with the stand age, but those of branch, root and leaf decreased The optimum regression models of different dominant plants and organs of the sample trees of tree layers in the four stands of secondary tropical forest were built

Key words Biomass, Secondary tropical forest, Xishuangbanna

自70年代我国开展植物群落生物量及生产量研究以来,主要集中在温带、热带的针叶林、人工林及常绿阔叶林(邱学忠等, 1984; 党承林等, 1992)。热带森林生物量的研究较少, 仅见阳云等(1988)、黄全等(1991)对海南岛尖峰岭热带季雨林、黎母山山地雨林生物量的研究。而热带次生林生物量只有李意德等(1992)对海南岛尖峰岭热带山地雨林皆伐迹地上的天然更新林的研究。作为森林生态系统研究中重要内容之一的植物群落生物量, 是研究森林物质生产和群落养分动态的基础(佐藤大七郎等, 1977; Major, 1974; Walter, 1979)。在全球生态系统中有特殊作用和功能的热带森林生态系统惨遭破坏的今天, 开展热带次生林生物量的研究, 掌握和了解热带次生林在不同生长发育阶段的生物量及净第一性生产量的动态规律, 有着十分重要的意义。为此, 笔者于1990年底对西双版纳4块不同年龄次生林的生物量进行实测调查, 本文主要讨论热带次生林在演替初期阶段的生物量变化趋势, 其净第一性生产量另文报道。

1 自然条件与样地概况

调查样地位于西双版纳小勐仑的葫芦岛上, 地理位置为北纬21°54', 东经101°46', 属西南热带季风气候, 一年可分为干热、湿热及雾凉三季, 3~ 5月为干热季, 气温较高, 雨量少; 6~ 10月为雨季, 气候湿热, 85%的雨水集中在此期间降落; 11~ 2月为雾凉季, 降水量减少, 但早晚浓雾弥漫, 空气湿度较大。年平均气温21.6℃, 最热月平均气温25.3℃, 最冷月平均气温15.5℃, 年平均降雨量1557.0mm, 年日照时数1828.0h, 有雾日数173.7d。终年无霜, 土壤为砖红壤, 土层深厚, pH 值为6.0左右。

4块样地的原生植被类型为热带季节性雨林, 均是经过刀耕火种撩荒后恢复起来的天然次生林, 受人为干扰较少, 其样地情况详见表1。

表1 4块次生林样地概况

Table 1 Description of four secondary forest plots

样地号 No.	林 龄 Stand age (a)	样地面积 Plot area (m ²)	密 度 Density (tree/hm ²)	平均高度 Average height(m)	海 拔 Elevation (m)	坡 向 Aspect	坡 度 Slope	坡 位 Position
I	5	900	4575	7.00	620	SE	22°	中M iddle
II	10	1800	1311	8.30	600	SW	25°	中M iddle
III	14	2000	1267	8.70	600	SE	20°	中M iddle
IV	22	2000	1290	10.60	585	NE	11°	中M iddle

2 群落学特征

由于4块样地取自不同年龄的林分,故在群落学特征上各具特点, I 号样地为5年生中平树群落,是季节雨林、季雨林经刀耕火种撩荒后形成的不稳定的次生植被类型,主要由中平树(*Macaranga denticulata*)构成群落的主体,林相整齐,群落结构单一,多为幼龄单层纯林,群落高6~8m,平均胸径5~6cm。乔木层除中平树占绝对优势外,其它树种有裂果金花(*Shizimussaenda dehiscens*)、银背巴豆(*Croton argyratus*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、白背桐(*Allotus paniculatus*)、滇银柴(*Aporosa yunnanensis*)、木姜子(*Litsea* sp.)、榕树(*Ficus* sp.)、小芸木(*Micranthemum intergerrimum*)等,林下植物除部分乔木幼树、幼苗外,还有三叉苦(*Evolvella lepida*)、叶下珠(*Phyllanthus* sp.)、算盘子(*Glochidion hirsutum*)、布渣叶(*Micococos paniculata*)等。草本层植物有莠竹(*Microstegium ciliatum*)、山姜(*Alpinia* sp.)、飞机草(*Eupatorium odoratum*)、棕叶芦(*Thysanolaena maxima*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、卷柏(*Selaginella* sp.)等。层间植物主要有蛇藤(*Acaecia pennata*)、见血飞(*Mezoneurum cucullatum*)、瓜馥木(*Fissistigma* sp.)等。

II 号样地为10年生林分,正处于演替初期的先锋植物群落阶段,群落高度为8~9m,胸径7.5~8.5cm,乔木层的主要优势种为白背桐,其次为木姜子(*Litsea* sp.)、鹅掌柴(*Schefflera octophylla*),林下植物中鸡血藤、笔管榕(*Ficus virens*)、滇银柴、大花哥纳香(*Goniotalamus griffithii*)等为常见,草本植物常见的有马唐、飞机草、莠竹等,层间植物多为幼苗,有下果藤(*Gouania leptostachya*)、素馨(*Jasminum* sp.)、拔契(*Smilax* sp.)等。

III号样地为14年生林分,乔木层的先锋树种已衰退,灌木层发达,群落高度为9~11m,胸径7~8cm,乔木层的优势种为木姜子、云南樟(*Cinnamomum glanduliferum*)、车里暗罗(*Polyalthia cheliensis*)等,林下植物常见的有大花哥纳香、铁屎米(*Canthium horridum*)、三角茜木(*Prismatolomera tetrandra*)、九节木(*Psychotria henryi*)、琴叶榕(*F. pandurata*)等。草本植物极为稀少,仅在林窗及林缘处偶见有马唐。层间植物有千金藤(*Stephania glandulifera*)、下果藤、瓜馥木等。

IV号样地为22年生林分,群落结构较复杂,可划分乔木层(I、II)、灌木层、草本层及层间植物四个层次,群落高度为10~12m,根据植物的重要值,乔木的主要优势种为鸡血藤(*Millettia* sp.)、蒲桃(*Syzygium* sp.)、其次为印度栲(*Castanopsis indica*)、披针叶楠木(*Phoebe lanceolata*)。林下植物中铁屎米、三角茜木、九节木、大花哥纳香、弯管花(*Chasalia cuniflora*)为常见。草本植物极为稀少,偶见有万年青(*Aglaonema pierreanum*)、马唐等。层间植物有酸果藤(*Amalocalyx yunnanensis*)、下果藤、瓜馥木等。

3 研究方法

3.1 乔木层

在样地内进行每木检尺调查后,按径级比例选取样木,在5年生林分中伐倒样木28株,在10年生林分中伐倒样木41株,在14年生林分中伐倒样木43株,在22年生林分中伐倒样木40株。所有样木均选自生长发育正常的个体,避免多树干(枝)的丛生林木。样木伐倒后,树干按2m锯断称重,并在树干基部、胸径和端部处各锯取一个圆盘,并测量各枝的基径和

长度,将老枝和当年生枝,老叶和当年生叶分别称重,并取少量样品。将根全部挖出,分别将根颈和根系称重。

3.2 灌木层和草本层、层间植物

在样地内设置10个 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 的样方,将全部植株掘出,区分灌木、草本和层间植物,按种类及茎、枝、叶、根分别称重,各取少量样品烘干折算成单位面积(hm^2)上的干重(生物量)。

3.3 食草动物的采食量

食草动物的采食量包括植食性昆虫和哺乳动物对叶片的采食量、树干和枝条的蛀食量,以及鸟类对果实及种子的采食量。由于鸟类对果实、种子的采食量及哺乳动物对树干和枝条的蛀食量很难测定,本文只估算叶片的被采食量。在进行叶的生物量测定时,从摘下的叶片中随机抽取一部分叶片,区分虫食叶片和非虫食叶片,分别称重,用重量比值法求算出被采食率,再计算叶被采食量。其计算公式为:

$$Ig = 1 - \frac{n_1 w_1 + n_2 w_2}{w_1 \times N}$$

式中: Ig : 叶片被采食率

N : 全部叶片数

n_1 : 非虫食叶片数

w_1 : 非虫食叶片重量

n_2 : 虫食叶片数

w_2 : 虫食叶片重量

3.4 凋落物

在每个样地内设置10个 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的小样方收集每个小样方内的所有枯落物,分别称取枯枝和落叶的重量。

所有样品带回实验室后,枝、根颈、粗根的样品在 105°C ,细根、叶、草本植物在 85°C 干燥箱内烘干至恒重后称得干重,求得含水率后折算出各器官的干重(生物量)。

4 结果与分析

4.1 林分各层次器官的生物量及其分配

4.1.1 乔木层生物量的优化回归模型

生物量预测模型的建立是为了具有相似的立地条件、群落类型及结构的林分生物量估测提供依据,不少文献认为用胸径(D)、树高(H)或胸径平方乘树高(D^2H)为自变量拟合的模型能比较真实地反映生物量随胸径(D)和高度(H)的变化趋势,而其中用幂函数 $W = a(D^2H)$ 较为普遍(佐藤大七郎等, 1977; 邱学忠等, 1984; Brown, 1984; 1991; Kira, 1967; Cannel, 1982)。本文采用多种常见的线性和非线性回归模型加以拟合,从中选出相关系数最高者作为优化回归模型。

由于热带次生林的树种组成较复杂,物种多样性高,在 2000m^2 的样地内乔木及小乔木树种达50~60种,除了群落主要优势种具有较多的个体外,其余种类仅有十余株或数株,要分别建立各种类的生物量数学模型是难以做到的,根据植物生物生态学特征的相似性,又不失模型的可靠性,分别建立了群落主要优势种中平树、白背桐、鸡血藤、蒲桃及每个林分乔木层器官的生物量或生长量混合模型。在热带雨林的生物量中,Kira等(1967)在泰国用50个树种以及黄全等(1991)用56个树种建立的热带雨林生物量混合模型,效果

都很好。在我们的模型中(表2), 相关系数都在0.9以上, 除个别器官的相关系数较低外, 其余的都较高, 达到了极显著。

表2 林分主要优势种及乔木层样木器官生物量的优化回归模型

Table 2 Optimum regression models of different dominant plants and organic biomass in the sample trees of arborous layer in four stands of tropical secondary forest

名称(林龄)	优化回归模型		相关系数
Name(Stand age)	Optimum regression models		Regression coefficient (r)
中平树 <i>M acaranga denticulata</i>	$w s= 1.78598E-02(D^2H)^{1.011472}$		0.9780
	$w b= -0.689904+ 1.009497E-02(D^2H)$	$(D \geq 4.0\text{m})$	0.9886
	$w l= 0.1414759+ 2.331274E-03(D^2H)$	$H \geq 4.0\text{m})$	0.9849
	$w r= 3.330258E-03(D^2H)^{1.053117}$		0.9913
白背桐 <i>M allous paniculatus</i>	$w s= 5.44058E-02(D^2H)^{0.8649826}$		0.9908
	$w b= 1.26315+ 5.312823E-03(D^2H)$	$(D \geq 3.5\text{m})$	0.9886
	$w l= 4.615294E-02(D^2H)^{0.516639}$	$H \geq 5.0\text{m})$	0.9849
	$w r= 1.743728E-02(D^2H)^{0.830158}$		0.9913
鸡血藤 <i>M illettia sp.</i>	$w s= 1.018948E+ 0.0302102(D^2H)$		0.9394
	$w b= 7.848368E-03(D^2H)^{1.068121}$	$(D \geq 3.0\text{m})$	0.9024
	$w l= -0.1615387+ 5.823173E-03(D^2H)$	$H \geq 3.5\text{m})$	0.9703
	$w r= 0.397626+ 1.052545E-02(D^2H)$		0.9376
蒲桃 <i>Syzygium sp.</i>	$w s= 5.600045E-02(D^2H)^{0.928395}$		0.9885
	$w b= 2.574295E-02(D^2H)^{0.8707464}$	$(D \geq 2.5\text{m})$	0.9759
	$w l= 8.251414E-03(D^2H)^{0.7952508}$	$H \geq 4.5\text{m})$	0.980
	$w r= 3.352635E-02(D^2H)^{0.8126027}$		0.9661
5年生林分 5-year-stand	$w s= 2.970872E-02(D^2H)^{0.8951392}$		0.9930
	$w b= -0.1379981+ 6.622658E-03(D^2H)$	$(D \geq 3.5\text{m})$	0.9751
	$w l= 0.1044163+ 4.02647E-03(D^2H)$	$H \geq 4.0\text{m})$	0.9281
	$w r= 0.2804666+ 3.711858E-03(D^2H)$		0.9374
10年生林分 10-year-stand	$w s= 4.819767D^{1.490681}H^{1.138831}$		0.9781
	$w b= 1.934347E-02(D^2H)^{0.8515946}$	$(D \geq 2.5\text{m})$	0.9338
	$w l= 2.183194E-02(D^2H)^{0.6167515}$	$H \geq 4.0\text{m})$	0.9463
	$w r= 7.430497E-02(D^2H)^{0.6442026}$		0.9096
14年生林分 14-year-stand	$w s= 9.673935E-02(D^2H)^{0.7859576}$		0.9833
	$w b= 1.01425+ 5.11217E-03(D^2H)$	$(D \geq 2.5\text{m})$	0.9085
	$w l= 1.203805E-02(D^2H)^{0.7086923}$	$H \geq 3.5\text{m})$	0.9067
	$w r= 0.3502771D^{1.985326}H^{-0.7223123}$		0.9467
22年生林分 22-year-stand	$w s= 7.854895E-02(D^2H)^{0.8386905}$		0.9765
	$w b= 2.317679E-02(D^2H)^{0.8438774}$	$(D \geq 2.5\text{m})$	0.9110
	$w l= 7.972217E-03(D^2H)^{0.7931101}$	$H \geq 3.0\text{m})$	0.9447
	$w r= 4.085166E-02(D^2H)^{0.7501403}$		0.9162

4.1.2 乔木层器官的生物量及其分配规律

由表2的乔木层器官生物量优化回归模型,直接推算出各林分所有立木的生物量,将其生物量之和折算成单位面积上的重量($t \cdot hm^{-2}$),即为乔木层的生物量(表3)。从表中可知:它随林龄而迅速增长,22年生林分乔木层的生物量达 $100.898t \cdot hm^{-2}$,分别是5年生、10年生、14年生林分的3.4倍、2.7倍、1.9倍。不同林龄乔木层的生物量在各器官中的分配比例大小顺序,10年生林分为:干材>根>枝>叶;5年生、14年生、22年生林分为:干材>枝>根>叶。随着林龄的增加,乔木层各器官生物量的分配体现出一定的规律性:干材生物量的分配比例随林龄而逐渐增大,枝和根的生物量分配比例随林龄而逐渐减少,叶的生物量分配比例也呈逐渐下降的趋势。这表明,随着林龄的增加,乔木层生物量的分配由枝、叶、根转移到以干材为主,树干积累的干物质越来越多,4个林分的干材分配比例都占1/2以上。

表3 4个林分各层次生物量的器官分布($t \cdot hm^{-2}$)

Table 3 Biomass allocation among different parts of plants in different layers of four stands($t \cdot hm^{-2}$)

层次	林龄	干材(茎)		枝		叶		根		总计	
Layer	Stand	Trunk (Stem)		Branch		Leaf		Root		Total	
	(a)	生物量	%	生物量	%	生物量	%	生物量	%	生物量	%
		Biomass		Biomass		Biomass		Biomass		Biomass	
乔木层 Tree	5	16.35	55.02	5.945	20.01	2.249	7.57	5.173	17.41	29.717	100
	10	20.953	55.54	7.488	19.85	1.473	3.90	7.813	20.71	37.727	100
	14	30.653	57.06	10.651	19.83	2.605	4.85	9.807	18.26	53.716	100
	22	60.466	59.93	19.261	19.09	4.579	4.54	16.598	16.45	100.898	100
灌木层 Shrub	5	1.347	24.46	0.306	6.54	0.661	12.00	3.195	58.00	5.508	100
	10	3.969	47.01	0.901	10.67	0.695	8.23	2.878	34.09	8.443	100
	14	12.245	45.22	2.261	8.35	2.225	8.22	10.346	37.84	27.077	100
	22	1.127	53.06	0.247	11.63	0.243	11.44	0.547	25.75	2.124	100
草本层 Herb	5	0.281	24.34	-	-	0.452	39.09	0.424	36.67	1.156	100
	10	0.177	24.28	-	-	0.285	39.09	0.267	36.63	0.729	100
层间植物 Liana	5	0.149	60.87	0.0055	2.25	0.009	3.80	0.081	33.09	0.2448	100
	10	1.043	67.51	0.203	13.14	0.105	6.80	0.194	12.56	1.5450	100
	14	2.085	75.43	0.0871	3.15	0.0641	2.32	0.528	19.11	2.764	100
	22	3.300	60.99	0.1217	2.25	0.2062	3.81	1.783	32.95	5.411	100
总 计 Total	5	18.127	49.49	6.257	17.08	3.371	9.20	8.873	24.22	36.628	100
	10	25.099	48.65	8.388	16.26	2.453	4.75	10.958	21.24	46.898	100
	14	44.983	51.63	12.999	14.92	4.894	5.62	20.681	23.74	83.557	100
	22	64.853	57.58	19.630	17.43	5.028	4.46	18.928	16.81	108.439	100

4.1.3 灌木层器官的生物量及其分布

在每个林分10个 $2m \times 2m$ 的小样方中,植物种数都达20余种,且多为乔木或小乔木的幼树,真正的灌木种类很少。除14年生林分的灌木层植物较高外,其它3个林分的灌木都比较矮小。由于种类较多,而同种的个体数量又少,故在野外很难按种类分别称重,只能按植物的不同器官合并称重。

在4个林分中,灌木层生物量的器官分配(表3)各不相同,茎、枝的分配比例随林龄而递增,叶和根的分配比例随林龄而逐渐下降。从中可以看出,随着林龄的增加,灌木层生物量的增长在14年生林分达到高峰后又急剧下降,其生物量分别是5年、10年、14年生林分的5倍、3.2倍及12.7倍,占该林分总生物量的1/3。

4.1.4 草本层及层间植物的生物量

随着林龄的增长,林分郁闭度的逐渐增加,林下光照越来越弱,草本植物不仅种类少,数量也稀少。在10个 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 的小样方中,没有收集到14年生林分及22年生林分的草本层植物,仅5年生林分和10年生林分的草本层有少量的生物量(表2):5年生林分为 $1.156\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,占整个林分生物量的2.80%;10年生林分为 $0.729\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,占整个林分生物量的1.37%。两者都以叶所占的比例最大,其器官分配比例基本一致。

层间植物(主要是藤本植物)的生物量随林龄而逐渐增长(表3),22年生林分约是5年生、10年生、14年生林分的22.23倍、3.50倍和1.96倍。其器官分配都以茎所占的比例最大,根次之。而枝、叶的生物量可能偏低,因部分藤本植物已攀援至林冠,未能收集完所有的枝、叶所致。

4.1.5 林分活生物量的分布

活生物量是各个器官的生物量之和(表4),它的层次分布以乔木层所占的比例最大,5年生林分为81.13%,10年生林分为80.44%,14年生林分为64.29%,22年生林分为93.05%。其次为灌木层,所占的比例分别为15.04%、18.00%、32.41%和2.04%。草本层和层间植物所占的比例都比较少。活生物量在各个层次分配上的不同,正反映了次生群落在结构上的差异。

它的器官分布随林龄而有所不同,其中以茎的生物量所占的比例最大,约占1/2,随林龄而逐渐增加;根次之,叶最小,且随林龄而逐渐下降。其分配比例大小顺序是:5年、10年、14年生林分为:树干>根>枝>叶,而22年生林分为:树干>枝>根>叶。这表明热带次生林在先锋植物群落阶段,干物质的积累以树干为主,高生长较快,根系的生长也比较旺盛,以使自己处于有利的竞争地位。

表4 4个林分的叶被采食量

Table 4 The leaf biomass grazed by insects or other herbivores in different layers in four stands ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)

林龄	乔木层				灌木层			层间植物			总计	
Stand age (a)	Ig (%)	A	rboreous	%	Ig (%)	Shrub	%	Ig (%)	Inter-layer	%	Total	%
5	22.99	517.0	90.04	10.22	56.29	9.80	9.50	0.88	0.15	574.2	100	
10	23.76	344.0	65.02	23.87	65.9	31.36	13.5	14.18	2.68	529.1	100	
14	24.49	638.0	55.15	22.74	506.0	43.74	20.22	12.94	1.12	1156.9	100	
22	21.24	972.6	92.16	23.88	58.0	5.50	12.02	24.76	2.35	1055.36	100	

Ig: The proportion of leaf biomass grazed

从表中还可看出:林分的活生物量随林龄而急剧增长,22年生林分达 $108.439\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。从林分的平均年生长量来看:5年生林分为 $7.3256\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,10年生林分为 $6.898\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

hm^{-2} , 14年生林分为 $5\,9684\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 22年生林分为 $4\,929\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 这表明, 生物量的积累速率随着林龄的增长而降低。

需要特别指出的是, 14年生林分的乔木层所占的比例在各林分中最少, 而灌木层所占的比例却最大。这主要是该林分中占据乔木上层的先锋植物山乌桕、白背桐的衰亡所致, 由于上层树种的衰亡, 使原处于林木下层的小乔木、乔木幼树及灌木树种有了较充足的阳光, 得到了能充分生长发育的条件和机会, 该林分灌木层中的种类迅速地生长发育起来。因而14年生林分的乔木层所占的比例在各林分中最小, 灌木层所占的比例要比其它3个林分高出几倍。这也是热带次生林在演替初期阶段群落波动性的体现。

4.2 叶片的被采食量

食草动物对植物的采食量是植物群落生物量或生产力的组成部分之一, 在现存的群落生物量中应对食草动物的采食量加以估测和计算。由于草本植物稀少, 本文只调查了食草动物(主要是昆虫)对乔木层、灌木层及层间植物叶的采食量。在野外测定时, 进行各林分上述3个层次的叶的取样, 总计调查了61种植物, 近10000余个叶片。

从总采食量来看(表4), 各个林分叶的损失量很高, 均占叶生物量的20%以上, 且主要集中在乔木层的树种上, 尤其是5年生林分和22年生林分, 高达90%以上, 随着层次的降低, 叶的被采食量也随之减少。食草动物在各个层次中的采食量变化趋势是: 乔木层> 灌木层> 层间植物。

4.3 凋落物量

本文的凋落物量是指木本植物地上部分的凋落物的现存量, 不包括草本植物的凋落物, 样地中10个 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 小样方的实测结果表明(表5), 在凋落物的组成中, 枯叶量所占的比例最大, 5年、10年、14年生林分约占凋落物量的3/5, 22年生林分占2/3以上, 枯枝的凋落量以22年生林分最小占1/4左右, 其余3个林分约占2/5。从整个林分的凋落物量来看, 5年生林分的凋落量最大, 14年生林分最小。这是因为随着林龄的增长, 占据乔木上层的先锋植物即群落的建群种中平树、山乌桕、白背桐这些主要的落叶树种到14年生林分时已经衰亡, 故凋落量逐渐减小。22年生林分的凋落物量又有所增加, 这是由于群落的发展, 种类组成及结构变得更为复杂, 生物量的增大所致。凋落物量随林龄逐渐减少, 占木本植物地上部分生物量的比例也依次递减, 这也说明自然整疏随演替进程而逐渐减弱。

表5 4个林分的凋落物量

Table 5 The amount of litterfall in four stands ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)

林龄	枯枝		枯叶		总计		占木本植物地上部分
Stand	Dead	%	Dead	%	Total	%	Percentage of above-
age (a)	branch		leaf				ground of woody plants (%)
5	1.875	39.64	2.355	60.36	4.730	100	17.04
10	1.845	39.35	2.844	60.65	4.689	100	13.05
14	1.460	40.90	2.110	59.11	3.570	100	5.68
22	1.180	28.17	3.099	71.83	4.189	100	4.68

由于调查区是炎热多雨的热带地区, 凋落物腐败分解较快, 花、果等都未能收集到, 凋

落物量的估计有所偏低。

4.4 林分的总生物量

因地下部分的枯死量在实际工作中难以测定, 故本文的林分总生物量只包括活生物量、食草动物的采食量和凋落物量(表6)。随着林龄的增加, 活生物量所占的比例依次增大, 凋落物量和叶被采食量则逐渐下降。从总生物量来看, 22年生次生林的总生物量为 $113.743\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 这说明热带雨林经刀耕火种撩荒后形成的次生植被如采取封山育林的措施恢复较快。虽然与其它的热带植被类型相比要少得多, 如海南岛黎母山热带山地雨林地上部分生物量为 $507.242\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 尖峰岭热带山地雨林的生物量为 $645.2\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 即使与黎母山热带山地雨林皆伐迹地上的天然更新林(以 *Castanopsis fissa* 为主, 生物量达 $266.911\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$) 相比也低得多, 但这4个林分是经刀耕火种后恢复起来的次生林, 正处于先锋植物群落的演替初期阶段, 先锋植物的兴衰必然给群落的结构及生物量等方面带来影响, 随着时间的推移, 群落演替的进行, 植物种类成分的改变, 次生林的生物量必将有很大的增长。

表6 4个林分的总生物量

Table 6 The total biomass of four stands ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)

林龄	活生物量		凋落物量		叶被采食量		总计	
Stand age(a)	Live biomass	%	Litterfall	%	Leaf grazed	%	Total	%
5	36.628	87.35	4.730	11.28	0.574	1.37	41.932	100
10	46.898	89.59	4.689	8.99	0.529	1.02	52.116	100
14	83.557	94.65	3.570	4.04	1.157	1.31	88.284	100
22	108.439	95.34	4.189	3.68	1.055	0.928	113.743	100

5 结语

1) 西双版纳热带次生林的林分总生物量随林龄而增长。5年生林分的总生物量为 $41.932\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 10年生林分的总生物量为 $52.116\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 14年生林分的总生物量为 $88.284\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 22年生林分的总生物量为 $113.743\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 在总生物量的组成中, 活生物量占绝对优势, 占4/5以上, 且随林龄而递增; 凋落物量所占的比例相当少, 随林龄而递减。

2) 林分活生物量的层次分配比例随林龄的变化而变化, 乔木层所占的比例最大且上升最快; 灌木层以14年生林分为最大, 分别是5年生、10年生、22年生林分的5.0倍、3.2倍和12.7倍。草本层的分配比例则随林龄迅速下降。层间植物随林龄而递增。

3) 乔木层器官生物量的分配比例以干材为最大, 占1/2以上, 且随林龄而增加; 枝、根的分配比例则随林龄而逐渐减少; 叶的生物量积累在14年生林分达到高峰后又下降, 乔木层器官生物量的分配比例大小顺序为: 10年生林分: 干材> 根> 枝> 叶, 5年、14年、22年生林分: 干材> 枝> 根> 叶。

4) 本文提出了西双版纳热带次生林在演替初期阶段主要群落类型中建群种及乔木层器官生物量的优化回归模型, 这些回归模型可作为相似立地条件上热带次生林生物量估测的参考。

5) 热带雨林经刀耕火种撩荒后形成的次生林如采取封山育林的措施加以保护, 植被恢复较快, 这对保持水土及生物物种的保护等方面具有重要作用, 对热带森林生态系统的恢复和保护具有重要意义。

参 考 文 献

- 邱学忠、谢寿昌等, 1984: 云南哀牢山徐家坝地区木果石栎林生物量的初步研究, 云南植物研究, 6(1)85~ 92。
- 党承林、吴兆录, 1992: 季风常绿阔叶林短刺栲群落的生物量研究, 云南大学学报, 14(2)95~ 107。
- 黄全、李意德、赖巨章等, 1991: 黎母山热带山地雨林生物量的研究, 植物生态学与地植物学学报, 15(3)197~ 205。
- 李意德、曾庆波等, 1992: 尖峰岭热带山地雨林生物量的初步研究, 植物生态学与地植物学学报, 16(4)293~ 299。
- 阳云、李意德等, 1988: 海南岛尖峰岭热带季雨林群落结构及地上部分生物量研究, 海南大学学报, 6(4)26~ 32。
- 蒋有绪, 1986: 热带林生态系统研究进展及方法札记——热带林生物量测定方法, 热带林业科技, 3(3)49~ 51。
- 聂绍荃等译, (左藤大七郎、堤利夫, 1977), 1986: 陆地植物群落的物质生产, 北京: 科学出版社。
- 宋永昌等译, (Major J.) 1986: 演替过程中的生物量积累, 植被动态(Knapp, R. 主编), 北京: 科学出版社。
- 中国科学院植物研究所译(Walter H.) 1984: 世界植被——陆地生物圈的生态系统, 北京: 科学出版社。
- Brown S. & Lugo A. E., 1984: Biomass of tropical forests: A new estimated based on forest volumes, *Science*, (223) 1290~ 1293。
- Kira T., Ogawa H. *et al*., 1967: Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand, IV, Dry matter production, with special reference to Khao Chong rain forest, *Nature & Life in SE Asia*, (5) 149~ 174。
- Cannell M. G. R., 1982: *World forest biomass and primary production data*, Academic Press, London, 391。
- Brown S. *et al*., 1991: Biomass of tropical forests of south and southeast Asia, *Canadian Journal of Forest Research*, 21 (1) 111~ 173。