

海南岛热带山地雨林林分  
生物量估测方法比较分析

李意德

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州, 510520)

S718.556

A

摘要 本文通过对海南岛热带山地雨林林分生物量估测方法的比较分析, 表明材积转换法不适宜估算海南岛热带山地雨林林分生物量, 其结果与皆伐法相比较一般偏高20%—40%; 而用实测资料建立的生物量回归模型, 对原始林林分有较好的估测结果, 除树枝和树叶生物量外, 树干、树皮及地上部分生物量的回归模型值, 与皆伐法的结果比较, 相对误差一般在±10%以内, 为允许误差范围, 而对热带山地雨林的更新林生物量的估测则效果较差, 应建立相应的估测模型。平均木法有工作量小的优点, 且误差也在16%以下, 但要注意取样的树种多样性和取样强度, 在实际中应当慎用, 另外本文对测定热带山地雨林生物量(原始林)的所需面积大小问题作了研究, 提出了生物量-面积曲线的概念, 确定其最小调查面积为2500m<sup>2</sup>以上。

估计, ~~林分~~

关键词: 热带山地雨林, 生物量, 皆伐法, 材积转换法, 回归模型法, 平均木法, 生物量-面积曲线。

林分生物量是森林生态系统研究的重要内容, 是物质循环和能量平衡研究的基础, 但森林生物量的测定却很困难, 目前, 常用的一些方法有: 皆伐法、材积转换法、生物量模型估计法、平均木法等, 各种方法有其利弊, 如皆伐法, 得到的结果较为真实可靠, 但作为破坏性的测定, 对森林生态系统的影响较大; 材积转换法虽为非破坏性测定, 但确定适合的转换因子则需要作大量的试验; 生物量模型估计法为目前比较流行的方法, 这个方法同样需要有足够的皆伐样本资料来建模, 但一旦模型建立, 在同类型的林分中就可以利用森林资源清查资料而估计整个林分的生物量, 关键是模型应有一定的精度要求; 平均木法在热带林生物量测定中目前应用较少。作者通过在海南岛的热带林区所作的一些测定, 试图找出一个简便易行的生物量估测方法, 供以后的研究参考。

## 1 方法概述

1.1 皆伐法 这个方法是在林分生长好的典型地段设置标准样地, 皆伐样地内所有的乔木, 伐倒后按一定的程序进行生物量测定<sup>[1]</sup>, 而对下木及草本层则设置若干小样方进行皆伐收割, 最后根据样地面积和样地内林分的生物量确定单位面积生物量。

1.2 材积转换法 由 L. G. Marklund(1986)提出<sup>[2]</sup>, 并综合了许多学者的研究成果, 提出了热带阔叶材的带皮材积(Volume Over Bark, VOB)与林木生物量的相互关系(表1); 而对于热带针叶材, 则因为资料缺少, Marklund 利用欧洲赤松(*Pinus sylvestris*)的材料, 经过对热带

• 参加野外调查工作的有: 黄全、曾庆波、周光益、吴仲民、陈步峰、杜志鹏、林允洞及海南岛黎母山林业公司、尖峰岭热带林自然保护区的赖巨章、张振才、陈焕强等同志, 谨致谢意!

本文于1992年6月25日收到, 修改稿于1992年11月3日收到。

针叶材的木材密度重新校核计算而得出其带皮材积与生物量的关系(表 2),表中各组分的划分见图 1。

表 1 热带阔叶材带皮材积与生物量的相互关系

Table 1 Relations between biomass and VOB for trop. hardwood forests

组分 Component	干重/带皮材积 Dry weight/VOB(t/m <sup>3</sup> )
树干 Stem	0.650
树枝 Branch	0.194
树叶 Foliage	0.018
根头/树根 Stump/Root	0.145
合计 Total	1.007

表 2 热带针叶材带皮材积与生物量的相互关系

Table 2 Relations between biomass and VOB for trop. softwood forests

组分 Component	干重/带皮材积 Dry weight/VOB(t/m <sup>3</sup> )
树干 Stem	0.48
树枝+顶部 Branch+Top	0.11
根头/树根 Stump/Root	0.15
合计 Total	0.74

例如知道某一热带林单位面积上的阔叶材和针叶材的材积,就可根据表 1 和表 2 的转换系数来求算林分单位面积上的各器官生物量及其林分总生物量。

1.3 生物量回归模型估计法 用数学模型来估计林木的生物量,是利用林木易于测定的因子如胸高直径( $D$ )、树高( $H$ )等来推算难于测定的林木生物量,所用的模型多为各种一元非线性模型及各种一元线性模型,但以幂函数模型  $W = a(D^3 H)^b$  应用最为普遍<sup>(1,3-5)</sup>。

1.4 平均木法 在一个林分取样地段中,根据每木调查的结果,按照林木径级分布和各径级的平均直径、平均树高进行取样,每个径级的取样强度约为 10%—15%。在热带地区,要注意收取不同种类的样本,以增加取样树种多样性。样地生物量的计算方法是:

$$W = \sum Ni \times W_i$$

式中  $Ni$  为第  $i$  径级的株数;  $W_i$  为第  $i$  径级的平均单株生物量。

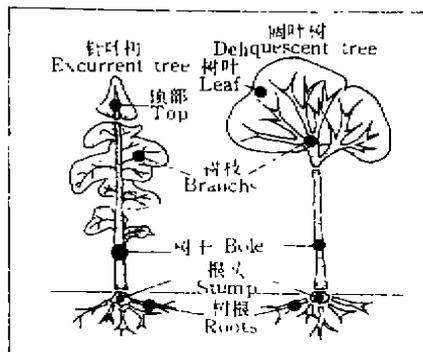


图 1 热带针叶树和热带阔叶树的组成成份划分(引自 Marklund, 1986)

Fig. 1 Tropical tree and its Components (From Marklund, 1986)

## 2 热带地区森林生物量回归模型及其比较

在温带地区,由于组成森林的树种简单,优势种明显,所以对每一个优势树种均可建立其生物量回归模型,甚至在不同的生长阶段都有其回归模型<sup>(5)</sup>;但对于热带森林来说,情况就大为复杂,因为组成热带森林的树种繁多,优势种又极不明显,各个种的个体数目相对少,若对每一个树种建立起各自的回归模型,这不仅工作量巨大,而且在应用这些模型时也极为不方便,因此,外国一些学者采用混合种的资料来建立生物量回归模型,由于所考虑的树种多,且样本数量大,使得种间差异相互抵消,提高了模型的精度。实践证明,这是热带地区的一个较好的处理方法,达到了简便易行的目的。

日本学者 T. Kira 等人于 60 年代在泰国进行热带森林生物量研究时采用混合种建模的方法<sup>(4)</sup>,他们用 50 个树种的实测资料建立了统一的生物量回归模型,效果很好,其回归方程如

下:

$$\text{树干: } W_s = 0.0396(D^2H)^{0.9325} \quad (1)$$

$$\text{树枝: } W_b = 0.006002(D^2H)^{1.027} \quad (2)$$

$$\text{树叶: } W_l = W_s / (0.025W_s + 13.75) \quad (3)$$

$$\text{树根: } W_r = 0.0264(D^2H)^{0.775} \quad (4)$$

美国学者 S. Brown 综合了全球热带地区森林生物量的一些研究资料,利用混合树种建立了不同气候类型的单株地上部分生物量的回归模型<sup>[3]</sup>:

$$\text{干旱区: } W = 34.4703 - 8.0671D + 0.6589D^2 \quad (5)$$

$$\text{湿润区: } W = 38.4908 - 11.7883D + 1.1926D^2 \quad (6)$$

$$W = 0.044418(D^2H)^{0.9719} \quad (7)$$

$$W = 0.089905(D^2HS)^{0.9322} \quad (8)$$

$$\text{潮湿区: } W = 13.2579 - 4.8945D + 0.6713D^2 \quad (9)$$

$$W = 0.036839(D^2H)^{0.9139} \quad (10)$$

其中,(8)式中的  $S$  为木材密度,单位为  $\text{g/cm}^3$ 。

黄全、李意德等在海南岛黎母山热带山地雨林生物量的研究中,建立了 56 个树种的混合生物量回归模型<sup>[11]</sup>:

$$\text{地上部分单株: } W = 0.045691(D^2H)^{0.960562} \quad (11)$$

$$\text{树干: } W_t = 0.031134(D^2H)^{0.961226} \quad (12)$$

$$\text{树皮: } W_{bk} = 0.005354(D^2H)^{0.906143} \quad (13)$$

$$\text{树枝: } W_{br} = 0.00399(D^2H)^{1.037314} \quad (14)$$

$$\text{树叶: } W_l = 0.005765(D^2H)^{0.761225} \quad (15)$$

1990 年底至 1991 年初,笔者等人在海南岛尖峰岭的热带山地雨林区进行了生物量实测调查,经过对 70 余个树种的生物量进行模型拟合,得出如下的回归方程:

$$\text{地上部分单株: } W = 0.040213(D^2H)^{0.97298} \quad (16)$$

$$\text{树干: } W_t = 0.022816(D^2H)^{0.992674} \quad (17)$$

$$\text{树皮: } W_{bk} = 0.006338(D^2H)^{0.902418} \quad (18)$$

$$\text{树枝: } W_{br} = 0.005915(D^2H)^{0.999046} \quad (19)$$

$$\text{树叶: } W_l = 0.005997(D^2H)^{0.804661} \quad (20)$$

$$\text{树根: } W_r = 0.003612(D^2H)^{1.11527} \quad (21)$$

由于海南岛黎母山和尖峰岭的热带山地雨林区的年降雨量在 2000—4000mm 之间,属于 Brown 划分的湿润气候区范围,因此,比较回归式(7)、(11)、(16)可发现:在模型  $W = a(D^2H)^b$  中的  $a$ 、 $b$  参数非常接近,差异小,说明在热带地区如果气候类型较一致,特别是年降雨量差异不大,并且均为成熟林阶段,其热带林木的生物量具有较为一致的生物量特性,可以使用统一的生物量估测模型。试比较笔者等人于 1985 年在海南岛尖峰岭热带季雨林(接近热带半落叶季雨林类型)的生物量测定(样本 22 株),其生物量回归模型如下:

$$\text{地上部分单株: } W = 0.113121(D^2H)^{0.840652} \quad (22)$$

$$\text{树干 + 树皮: } W_{tb} = 0.097049(D^2H)^{0.827354} \quad (23)$$

$$\text{树枝: } W_{br} = 0.006702(D^2H)^{0.959917} \quad (24)$$

$$\text{树叶: } W_l = 0.0186156(D^2H)^{0.658202} \quad (25)$$

式(22)与(7)、(11)、(16)差异甚大,这是由于尖峰岭的热带半落叶季雨林区的年平均降雨量仅为1600mm左右,且一年中干旱季节长达半年,其树木生物量特性(主要反映在树型变化和木材密度两方面)与热带雨林和热带山地雨林不同。因此将海南岛尖峰岭和黎母山的取样数据合并,再进行回归拟合,得出如下的方程:

$$\text{地上部分生物量: } W = 0.042086(D^2H)^{0.970315} \quad (26)$$

$$\text{树干: } W_t = 0.022178(D^2H)^{1.005174} \quad (27)$$

$$\text{树皮: } W_{bk} = 0.004412(D^2H)^{0.943871} \quad (28)$$

$$\text{树枝: } W_{br} = 0.011633(D^2H)^{0.892514} \quad (29)$$

$$\text{树叶: } W_l = 2.27752 + 0.000477(D^2H) \quad (30)$$

$$\text{或: } W_l = 0.007247(D^2H)^{0.750386} \quad (31)$$

(26)式与(7)式的参数非常接近,树干、树皮与原两模型也较接近,树枝及树叶则相差稍大。树叶用幂函数拟合,其相关系数为0.80,但用一元线性回归模型,相关系数达0.82,其他的分别为:树木地上部分生物量0.97;树干0.96;树皮0.89;树枝0.81,且模型经 $F$ 检验,均达到极显著水平( $\alpha=0.01$ ), (26)~(30)式可作为海南岛热带山地雨林地上部分生物量的估测模型。

### 3 几个实例的比较

笔者近几年来,在海南岛作了3块热带山地雨林生物量样地的实测调查,其中在黎母山的热带原始林中皆伐了1500m<sup>2</sup>,尖峰岭的原始林和更新林分别皆伐了300和206.67m<sup>2</sup>,通过对这3块样地的样本资料进行计算,得出海南岛热带山地雨林乔木单株地上部分生物量及各个器官的生物量估测回归模型如公式(26)~(30)。由于未对样木的材积作精确的测量,况且在我国热带地区这方面的资料缺乏,另外黎母山样地的林分相当于尖峰岭的第4林型<sup>[1]</sup>,因此样木材积按李善淇(1988)提出的热带山地雨林单株材积与胸径 $D$ 的回归式计算<sup>[4]</sup>,鉴于原始林中的树木80%以上为中生型树种,样木材积的计算按中生树种模型计算:

$$V = 1.80984 \times 10^{-4} D^{2.41788094}$$

而更新林中则有 *Castanopsis fissa* 等部分速生树种,其材积按中、速生树种混合模型计算:

$$V = 1.626847 \times 10^{-4} D^{2.452742259}$$

以上两模型经统计检验,证明均达到了极显著水平, $r$ 在0.99以上。

现将3块皆伐样地的乔木层地上部分生物量资料列于表3。

从表3可以看出,用3种不同的方法得出的生物量结果,差异较大,如果以皆伐生物量作为真实值,从地上部分总生物量来看,则材积转换法所得出的结果为皆伐法的27.5%—36.1%,而模型法则为—5.9%—12.8%,平均木法为1.35%—16.25%,均小于材积转换法。综合各样地及各器官生物量的结果,可看出:

① 材积转换法的结果偏高的主要原因可能有二:一是引用的材积-生物量转换系数(密度值,t/m<sup>3</sup>,见表1,2),由于是Marklund(1986)综合世界其他热带地区的一些资料,对海南岛热带山地雨林而言,可能偏大;二是由于3个样地的林木材积是按李善淇(1988)提出的模型而计算得出,模型本身会产生一定的系统偏差,因此所得出的生物量结果一般要高出20%—

40%,最高达 164%(树枝)。但作者认为转换系数对生物量值的影响可能更大。

② 热带山地雨林原始林用生物量模型法所得出的结果,较为接近皆伐法的结果,估计较为精确,大多在±10%以内,特别是树干、树皮及地上部分总生物量,基本在允许误差范围之内。

③ 热带山地雨林皆伐后的更新林,由于主要更新树种如 *Castanopsis fissa*、*C. tongkinensis* 等为速生种类,其生物量特性(主要为木材密度较小)与原始林中的种类有一定的差异,因此用模型法计算的结果与原始林相比,其变化幅度大,高达-28.87%—25.32%。

表 3 用不同方法对海南岛热带山地雨林生物量的测定(或估测)结果(t/hm<sup>2</sup>)  
Table 3 Biomass of tropical mountain rain forests measured or estimated by different methods

林分 Forest	器官 Component	皆伐 Clear-cut -ting(C-C)	材积转换法 VOB Con- version	为皆伐% % of C-C	模型法 Regres- sion model	为皆伐% % of C-C	平均木法 Mean sam- ple tree	为皆伐% % of C-C
A	Stem	381.0805	462.8749 *	10.08 *	342.8773	-10.02	429.7867	12.78
	Bark	39.4083	—	—	35.0044	-11.18	43.1234	9.43
	Branch	52.3092	138.1504	164.10	39.8532	-23.81	77.7127	48.56
	Leaf	8.6294	12.8161	48.54	7.4898	9.97	9.0660	5.06
	TAGB	481.4275	613.8434	27.50	444.9441	-7.58	559.6827	16.25
B	Stem	404.0691	608.0661 *	35.56 *	443.0390	9.64	398.5027	-1.38
	Bark	44.5049	—	—	46.7284	5.00	45.5294	2.30
	Branch	150.9711	181.4843	20.21	72.8881	-51.72	164.1194	8.71
	Leaf	23.0725	16.8388	-27.02	14.0404	-39.15	22.8918	-0.78
	TAGB	622.6327	815.7441	31.02	585.7580	-5.92	631.0433	1.35
C	Stem	167.9721	263.2435 *	35.91 *	210.5007	25.32	180.8331	7.66
	Bark	25.7217	—	—	23.7692	-7.59	29.5765	14.99
	Branch	55.0596	78.5681	42.70	39.1654	-28.87	68.3833	24.20
	Leaf	7.7564	7.2898	-6.02	8.5032	9.63	9.5363	22.95
	TAGB	256.5698	349.1014	36.10	289.4048	12.82	288.3292	12.40

注 Notes: \* 包括树皮生物量(Including bark biomass). Stem: 去皮树干; Bark: 树皮; Branch: 树枝; Leaf: 树叶; TAGB: 地上部分总生物量(Total above ground biomass)

林分 A (Forest A): 海南岛黎母山热带山地雨林原始林(The original trop. mountain rain forest in Limushan, Hainan Island); B: 海南岛尖峰岭热带山地雨林原始林(B; The original trop. mountain rain forest in Jianfengling, Hainan); C: 尖峰岭热带山地雨林 1964 年皆伐迹地上的天然更新林(C: The regenerative trop. mountain rain forest in Jianfengling, clear-cut in 1964).

④ 用模型法估计树枝和树叶生物量的差异较大,由于模型由多树种的资料拟合而成,而热带森林中的树种的树枝伸展又呈各异,树叶的大小又不尽相同,尽管回归模型的相关系数和 *F* 检验均达到了一定的要求,但对于特定的样本可能产生较大的相对误差。在作一般的群落生物量调查时,由于树枝和树叶生物量的模型值与实际值相差并不大,况且它们在总生物量中占的比例较小<sup>(1)</sup>,因此对总生物量的影响也小;但作特定的研究如进行光合作用、呼吸作用等测定计算时,需要有精确的树枝、树叶生物量数据,因此这两个模型尚须改进。

⑤ 平均木法对样地材积的估计,所产生的误差与皆伐相比较,不很大,除树枝及树叶外,误差在-1%—16%之间,基本在允许范围之内,和模型法相比,产生的误差基本相似或略大于模型法。

#### 4 生物量测定的最小取样面积问题

在进行热带林生物量测定中,其测定面积至少要多大才能反映森林群落的真实生物量,这个问题目前还没有作过具体的研究。本节提出的问题是:测定面积达到多大时,单位面积上的林分生物量才会趋于基本稳定?与种-面积曲线概念一样,作者提出一个类似的概念:生物量-面积曲线,即单位面积生物量值基本稳定时的样地面积称为生物量测定的最小面积。

在本文的3个研究实例中,仅有黎母山热带山地雨林样地面积为1500m<sup>2</sup>,可作为生物量-面积曲线研究的对象。通过对该样地资料进行统计,得出种-面积曲线和生物量-面积曲线(这里,生物量均指乔木层单位面积地上部分总生物量)如图2,可看出,种-面积曲线在1500m<sup>2</sup>时仍处于缓慢上升的趋势,而生物量-面积曲线虽然在1200-1500m<sup>2</sup>时已趋于稳定,但仍有一定的波动,为了更深入研究生物量-面积曲线问题,作者以尖峰岭热带山地雨林的一个固定样地(0.3hm<sup>2</sup>)的材料作进一步的探讨,由于该样地是未经破坏的原始林,其生物量由本文提出的生物量模型式(26)计算得出,结果如图3所示。可看出,海南岛热带山地雨林的种-面积曲线一直是处于缓慢上升的趋势,但生物量-面积曲线在2000m<sup>2</sup>以后基本稳定在3.9—4.3t/100m<sup>2</sup>,可认为2000m<sup>2</sup>为海南岛热带山地雨林生物量测定的最小面积,但一般在实际应用中要大于这个最小面积<sup>[1]</sup>,所以确定为2500m<sup>2</sup>比较适宜,略小于海南岛热带山地雨林植物群落学取样的最小面积要求<sup>[8]</sup>。本研究的意义在于,在进行热带山地雨林生物量实测时,其皆伐面积至少要2500m<sup>2</sup>,这样才能较为真实地反映林分的生物量;另外,在利用森林资源清查资料或其它样地资料来估算生物量时,其样地面积也需要这么大。

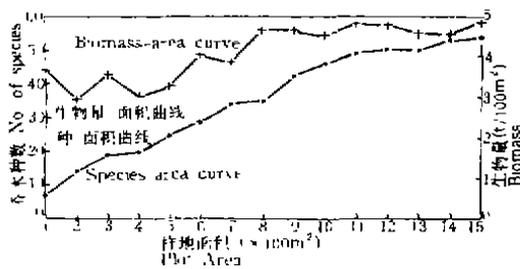


图2 黎母山1500m<sup>2</sup>样地的种-面积曲线和生物量-面积曲线

Fig. 2 The species-area curve and the biomass-area curve in Limushan

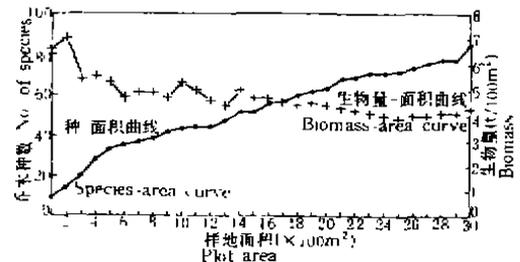


图3 尖峰岭3000m<sup>2</sup>样地的种-面积曲线和生物量-面积曲线

Fig. 3 The species-area curve and the biomass-area curve in Jianfengling

#### 5 问题及讨论

热带森林组成成分异常复杂,植被类型众多,对每一个树种和每一个类型建立相应的生物量估测数学模型,需要作大量的研究工作。本文提出的一些方法,旨在找出一个适应于海南岛热带山地雨林的生物量估测方法,通过比较分析,结果表明:

① 本文提出的生物量回归模型(26)一(30)式仅适用于海南岛热带山地雨林原始林林分地上部分生物量的估测,对于更新林则不适合,需要进一步建立更新林的模型,并且树枝和树叶生物量模型还有待改进。

② 由Marklund(1986)提出的材积转换因子来估算海南岛热带森林生物量,其结果差异较大,可能是材积转换因子本身产生的差异,也可能是用材积模型计算材积时本身所产生的差

异,在今后的研究中应当作进一步的工作,提出适合于海南岛热带山地雨林的转换系数,并对材积作进一步精确的测量。

③ 平均木法估计海南岛热带山地雨林生物量效果也较好,并且工作量小,但应当注意的首先是取样种类的多样性,由于热带林组成成分复杂,所选取的样本要尽可能地代表林分的主要种类;其次是取样强度应保持在 15% 左右,如研究中的林分 A 取样强度为 11.24%,总生物量误差为 16.25%;林分 B 强度为 15.15%,误差为 1.35%;林分 C 强度为 21.05%,误差为 12.40%(该林分为更新林,其主要树种 *Castanopsis fissa* 树型变化非常大,且该种仅有一株入选取样,以至误差偏大);再次是样本树型的平均性,虽然本文的 3 个例子用平均木法估计生物量的效果较好,但在实际应用中应当谨慎,因为热带林木的树型变化颇为复杂多样,在某些情况下可能产生较大的误差。

④ 本文提出了海南岛热带山地雨林的生物量-面积曲线的概念,这个最小面积为 2500m<sup>2</sup>,值得提出的是:这个面积仅适用于地上部分生物量测定时参考,而未考虑包括地下部分生物量,并且由于种类组成和结构特征的不同,对其他森林类型如热带季雨林等则不一定适用,这些问题有待今后进一步研究。

### 参 考 文 献

- (1) 黄全,李意德等. 黎母山热带山地雨林生物量研究. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 15(3): 197—206
- (2) Marklund L G. Wood Biomass—A Potential Resource for Energy and Industry, Special Study on Forest Management, Afforestation and Utilization of Forest Resource in the Developing Region—Asia-Pacific Region. FAO/UN, Rome, 1986, 4—16
- (3) Brown S *et al.* Biomass estimation methods for tropical forest with application to forest inventory data. *Forest Science*, 1989, 35(4): 681—902
- (4) Kira T *et al.* 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*, 1967, (5): 148—174
- (5) Kira T *et al.* Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystem of the Western Pacific. *Japanese Journal of ecology*, 1967, 17(2): 70—87
- (6) 李善淇. 海南岛尖峰岭热带天然林主要树种生长过程的探讨. 林业科学研究, 1968, 1(4): 169—178
- (7) 王伯荪等. 南亚热带常绿阔叶林的取样技术研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 1982, 6(1): 51—61
- (8) 李意德, 黄全. 对海南岛热带山地雨林植物群落取样面积问题的探讨. 热带林业科技, 1986, (3): 23—29

## COMPARATIVE ANALYSIS FOR BIOMASS MEASUREMENT OF TROPICAL MOUNTAIN RAIN FOREST IN HAINAN ISLAND, CHINA

Li Yi-De

(Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou, 510520)

Four methods for comparative analysis, including (A) clear-cutting, (B) volume (VOB)

conversion, (C) regression model and (D) mean sample tree, have been used to measure or estimate the biomass of the tropical mountain rain forest in Hainan island, and the biomass measured by method(A) was used as a common standard for comparison to those estimated by the other methods. Based on these methods, following results have been achieved:

Method (B) is not suitable for estimating biomass of tropical mountain rain forest in Hainan island because the biomass estimated by method(B) is generally 20%—40% higher than that measured by method(A).

The regression models (method(C)) of biomass established by field data in Hainan are successful in estimating the biomass of the original mountain rain forests and are failed in that of the regenerative mountain rain forests.

Method (D) can be used to measure the biomass of the tropical mountain rain forests, but in practice, it must be careful to use this method because there are a lot of factors seriously effecting the result of biomass, especially the representativeness (different sampling species, tree shape, timber density, ect.) and number of samples (more than 15% of total in plot).

Based on discussing the biomass measurement of the tropical mountain rain forests, a concept of the Minimum area for biomass measurement has been suggested, in which the minimum area can be obtained from the biomass-area curve. It is pointed out that the minimum area for biomass measurement of the tropical mountain rain forests, in Hainan island is at least 2500 m<sup>2</sup>.

**Key words:** tropical mountain rain forest, biomass, clear-cutting, volume conversion, regression model, mean sample tree, biomass-area curve.