

黑石顶自然保护区森林生物量测定的比较分析^{*}

刘蔚秋, 余世孝, 王永繁, 练珺
(中山大学生命科学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 通过比较分析分别以 D 和 D^2H 作为变量的两个黑石顶阔叶树生物量回归方程应用于黑石顶不同植被类型样地所得结果, 认为在使用通用的生物量回归方程计算不同群落的生物量时, 特别是当不同群落树种组的 H/D 关系变化较大时, 以 D^2H 为变量的回归方程由于包含了树高因子, 因此能更精确的估算生物量。比较了4个邻近地区(玉林、岑溪、宜山和桃源)的杉木生物量回归方程应用于本地杉木林的情况, 结果表明不同的回归方程计算所得的总生物量接近, 说明可以把邻近地区杉木的生物量回归方程用于黑石顶地区杉木林生物量计算。

关键词: 生物量; 回归方程; 黑石顶自然保护区

中图分类号: Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2002) 02-0080-05

运用遥感技术进行大面积的生物量估测往往需借助一定数量的地面控制点, 以获取光谱特征与生物量之间的相关关系。但是由于受到人力、物力及财力的限制, 不可能对每一个控制点都进行生物量回归方程的研究, 一般情况下是运用某一个或几个通用的生物量回归方程^[1], 或先根据样方数据得到材积, 然后根据平均密度或各个种的密度来计算生物量^[2,3], 据此来估算各个地面控制点的生物量。

对于黑石顶的生物量已有研究^[4,5], 陈章和^[4]详细研究了黑石顶一个常绿阔叶林的样地的生物量情况, 根据24个种50个样木的数据, 分别得到了黑石顶阔叶树种生物量与 D (胸径) 和 D^2H (H 为树高) 之间的回归关系, 所选择的树种在其它的植被中也多为优势树种, 因此将所得的方程应用于其他的植被类型中阔叶树种生物量的计算是可行。由于在不同的环境条件下, 阔叶树种的组成及树木的生长情况可能会有所不同, 选择哪一个回归方程较合适尚需进一步的研究分析。本文在大量实地样方资料的基础上, 比较了这2种生物量回归方程运用于不同植被所得的结果。对于杉木林, 比较了相近纬度地区的广西玉林、岑溪、宜山以及湖南桃源地区的回归方程^[6], 应用于黑石顶杉木林的结果, 分析用邻近地区的生物量回归方程估算黑石顶杉木林生物量的可行性。杨清培^[5]曾对黑石顶的马尾松生物量进行研究, 并得出生物量回归方程, 本文应用该公式计算马尾松的生物量。

1 研究地自然概况及研究方法

1.1 自然概况

黑石顶自然保护区位于广东省北部封开县境

内, 北纬 $23^{\circ}25' \sim 23^{\circ}29'$, 东经 $111^{\circ}49' \sim 111^{\circ}54'$, 总面积约 40 km^2 , 海拔 $145 \sim 927 \text{ m}$; 属南亚热带季风气候, 年均气温 19.6°C , 年降雨量 $1\,743.8 \text{ mm}$, 降雨多集中于春夏季节, 有较明显的干湿季变化; 湿度较大, 年均相对湿度在80%以上。本区的土壤主要为黄壤、红壤及少量的赤红壤。

黑石顶自然保护区的水平地带性植被为南亚热带常绿阔叶林, 但由于保护区过去曾有居民居住, 受人类活动影响较大, 现存植被有许多是次生性植被。由于1976年冬季的大风雪, 黑石顶海拔700 m以上的南亚热带山地常绿阔叶林受到严重破坏。余世孝等在遥感图像的基础上, 结合详细的地面调查, 将本区的植被分为5个植被型、7个植被亚型, 10个群系及30个群丛^[7]。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查 根据余世孝等^[7]的植被分类图, 结合GPS定位, 对于具有代表性的森林植被群丛(样地情况如表1)设置 $30 \text{ m} \times 40 \text{ m}$ 的样方, 调查其中高度在3 m以上的全部植物的种名、高度、胸径、样方内坐标以及生境因子, 如经纬度、海拔、坡度、坡向等。

1.2.2 数据分析 估算所有群落中乔木层的生物量, 生物量估算所用的回归方程如表2。所有群落中马尾松的生物量估算运用杨清培的回归方程。阔叶树种的生物量分别用以 D 和以 D^2H 为变量的回归方程进行估算。对杉木林中杉木的生物量分别用4个方程进行计算, 比较其结果。

^{*} 收稿日期: 2001-11-01

基金项目: 教育部骨干教师基金资助项目

作者简介: 刘蔚秋 (1970-), 女, 讲师; E-mail: lwg.1@163.net

表 1 黑石顶各样地的情况及其所属植被类型

Tab 1 Sampling plots and the vegetation type

序列号	植被亚型	群 系	群 丛	海拔/m	干 扰
I-1	南亚热带常绿针叶林	杉木	杉木+ 马尾松- 鸭脚木- 芒萁	230	1976 年皆伐后的人工杉木林
I-2	南亚热带常绿针叶林	马尾松	马尾松- 鸭脚木- 芒萁	250	长期受割胶干扰
I-3	南亚热带常绿针叶林	马尾松	马尾松- 鸭脚木- 苦竹	540	20 世纪 80 年代以前受人为干扰, 1976 年大风雪受到一定破坏
I-4	南亚热带常绿针叶林	马尾松	马尾松- 鸭脚木- 芒萁	150	长期受割胶及采樵的严重干扰
II-1	南亚热带针阔叶混交林	马尾松占优势的针阔混交林	马尾松+ 荷树- 鸭脚木	280	20 世纪 80 年代以前曾有烧荒
II-2	南亚热带针阔叶混交林	马尾松占优势的针阔混交林	马尾松+ 水栗- 鸭脚木- 芒萁	360	因割胶, 受到较大干扰
II-3	南亚热带针阔叶混交林	马尾松占优势的针阔混交林	马尾松+ 杜英+ 腺柄灰木	450	因割胶, 受到严重干扰
II-4	南亚热带针阔叶混交林	马尾松占优势的针阔混交林	马尾松+ 米椎+ 黄杞	490	受到轻微干扰
II-5	南亚热带针阔叶混交林	马尾松占优势的针阔混交林	马尾松+ 杜英+ 腺柄灰木	650	20 世纪 80 年代以前曾有烧荒
II-6	南亚热带针阔叶混交林	马尾松占优势的针阔混交林	马尾松+ 荷木+ 吊皮椎	210	较少干扰
III-1	南亚热带低山常绿阔叶林	粘木+ 小叶胭脂	粘木+ 小叶胭脂- 黄果厚壳桂	400	较少干扰
III-2	南亚热带低山常绿阔叶林	阿丁枫+ 米椎+ 水栗- 黄果厚壳桂	米椎- 黄果厚壳桂+ 桂北木姜- 省藤	540	较少干扰
III-3	南亚热带低山常绿阔叶林	阿丁枫+ 米椎+ 水栗- 黄果厚壳桂	水栗+ 阿丁枫- 黄果厚壳桂- 华南省藤	540	比较原始的次生林, 极少干扰
III-4	南亚热带低山常绿阔叶林	阿丁枫+ 米椎+ 水栗- 黄果厚壳桂	阿丁枫+ 小叶胭脂- 陈氏吊樟	460	受到轻微干扰
IV-1	南亚热带山地常绿阔叶林	阿丁枫+ 米椎+ 水栗- 苦竹	米椎- 阿丁枫+ 岭南槭	560	20 世纪 80 年代前曾有烧荒, 内有人工种植的油茶
IV-2	南亚热带山地常绿阔叶林	阿丁枫+ 米椎+ 水栗- 苦竹	阿丁枫+ 水栗+ 厚壳桂- 红鳞蒲桃- 苦竹	750	受 1976 年大风雪的严重破坏
IV-3	南亚热带山地常绿阔叶林	阿丁枫+ 米椎+ 水栗- 苦竹	米椎- 毛桃木莲+ 马蹄荷+ 苦竹	780	受 1976 年大风雪的严重破坏
V-1	南亚热带山顶矮林	鼠刺	鼠刺- 芒萁	910	较少干扰

2 结果及分析

2.1 阔叶树种生物量回归方程的比较

根据上述阔叶树种生物量回归方程计算得出各样地的阔叶树种生物总量, 结果如图 1 所示。由图可见, 以 D 为变量和以 D^2H 为变量所得到的结果比较一致, 差异较大的主要有 3 个样地, 它们是群落 III2、III4 以及 V1。群落 V1 以 D 和以 D^2H 为变量计算所得的生物量差异较大在预期之中, 因为群落 V1 海拔在 900 m 以上, 水热状况较差, 其植株较矮小, 与陈章和^[4]所分析的样地中的植株相

比, 胸径相同的情况下, H 明显要小, 故以 D^2H 为变量计算出的生物量值明显小于以 D 为变量的回归方程计算所得的结果。群落 III2 中, 两个回归方程所得结果相差较大, 通过分析发现, 在该样地中有一株胸径达 118 cm 的水栗, 其树高为 25 m, 以 D 为变量的回归方程算出其生物量为 29 433 kg, 但以 D^2H 为变量的回归方程计算其生物量结果为 13 339 kg, 其差异达 16 100 kg, 几乎占该样地的阔叶树生物量的 30%。对群落 III4 的结果的进一步分析也发现, 差异的最大来源几乎都是来自胸径大于 35 cm 以上的大树。由于陈章和在样木砍伐中,

表 2 用于估算生物量的回归方程¹⁾

Tab 2 Allometric equations for estimating live biomass

树种类型	回归方程类型	X	Y	a	b	R	范围 /cm	文献
阔叶树	$Y = aX^b$	D	T_B	0.0532	2.694	0.924	$D > 10$	[4]
			B_B	0.0194	2.515	0.716		
			R_B	0.0218	2.625	0.910		
			L_B^{-2}	-13.107	1.312	0.547		
阔叶树	$Y = aX^b$	D	T_B	0.0799	2.604	0.981	$10 > D > 3.2$	[4]
			B_B	0.0122	2.734	0.932		
			R_B	0.0408	2.336	0.944		
			L_B	0.0175	2.297	0.869		
阔叶树	$Y = aX^b$	D	T_B	0.0896	2.492	0.935	$D < 3.2$	[4]
			B_B	0.0252	2.072	0.769		
			R_B	0.0234	2.765	0.746		
			L_B^{-2}	-0.266	0.177	0.713		
阔叶树	$Y = aX^b$	$D^2 H$	T_B	0.021	1.015	0.933	$D > 10$	[4]
			B_B	0.01	0.921	0.702		
			R_B	0.009	0.992	0.921		
			L_B^{-2}	2.588	1.254×10^{-3}	0.515		
阔叶树	$Y = aX^b$	$D^2 H$	T_B	0.031	0.977	0.994	$10 > D > 3.2$	[4]
			B_B	0.006	0.977	0.900		
			R_B	0.022	0.831	0.907		
			L_B	0.010	0.807	0.825		
阔叶树	$Y = aX^b$	$D^2 H$	T_B	0.037	0.961	0.970	$D < 3.2$	[4]
			B_B	0.013	0.780	0.773		
			R_B	0.007	1.144	0.829		
			L_B^{-2}	1.5×10^{-3}	0.006	0.735		
马尾松	$Y = aX^b$	$D^2 H$	T_B	0.3637	0.9261	0.9426	$15 < D < 60$ $1700 < H < 3600$	[5]
			B_B	0.1009	0.9164	0.9122		
			R_B	0.02026	0.8812	0.9202		
			L_B	0.0012	0.9322	0.9311		
杉木(玉林)	$\lg Y = \lg a + b \lg X$	$D^2 H$	T_B	-1.44242	0.86652	0.99	20 龄林	[6]
			B_b	-2.18057	0.86620	0.99		
			B_B	-2.60546	1.04234	0.97		
			R_B	-1.38918	0.68759	0.99		
			L_B	-3.12738	1.05600	0.99		
杉木(岑溪)	$\lg Y = \lg a + b \lg X$	$D^2 H$	T_B	-1.7344	0.9464	0.9873	21 龄林	[6]
			Bb_B	-2.0626	0.8022	0.9712		
			B_B	-3.5235	0.2414	0.9552		
			R_B	-2.2543	0.9242	0.9960		
			L_B	-2.3319	0.8915	0.9527		
杉木(宜山)	$\lg Y = \lg a + b \lg X$	$D^2 H$	T_B	-1.6839	0.9258	0.9938	21 龄林	[6]
			B_b	-1.9639	0.7916	0.9807		
			B_B	-2.3859	0.8970	0.9530		
			R_B	-2.0174	0.8761	0.9651		
			L_B	-1.7702	0.7063	0.9439		
杉木(桃源)	$\lg Y = \lg a + b \lg X$	$D^2 H$	T_B	-1.2771	0.8195	0.99	19 龄林	[6]
			B_B	-3.2202	1.1640	0.98		
			R_B	-2.011	0.8851	0.94		
			L_B	-1.6475	0.7438	0.91		

1) D 为胸径, 单位为 cm; H 为树高, 单位为 m (马尾松所用的公式中 H 的单位为 cm); T_B 表示茎生物量, B_B 表示枝条生物量, R_B 表示根生物量, L_B 表示叶生物量, B_b 表示树皮生物量, 以上生物量单位均为 kg (马尾松的生物量单位为 g);

2) 回归方程类型为 $Y = a + bx$

其所选的胸径最大的树木的胸径为 31.4 cm，在胸径为 10~31.4 cm 之间，树高一般随胸径的增加而增长，但当胸径大于此范围时，其树高的增长不很明显，树高与胸径的关系发生改变，故导致 2 个回归方程所得结果出现较明显差异。由此可见，当把某一生物量回归方程应用于不同的植被时，特别是当胸径与树高的关系变化很大时，由于以 D^2H 为变量的方程包含了树高因子，因此更能反映植被的实际情况从而减小计算的误差。

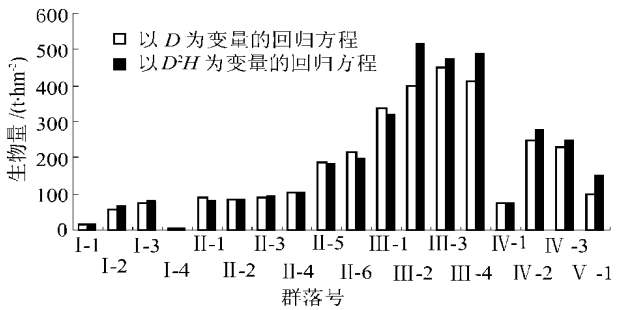


图 1 以 D 和 D^2H 为变量的回归方程所得的各群落阔叶树生物量

Fig. 1 Estimated biomass of broad leaf trees using different regression equations

2.2 不同地区杉木生物量回归方程的比较

由于杉木林在黑石顶所占的比例不大，因此还没有人对黑石顶杉木林生物量进行过详细的研究，考虑到同一个树种在相近地区的生长情况相似，本文比较 4 个相近地区的杉木林应用于样地 1 的情况，以确定附近地区的杉木回归方程能否用于该地区生物量的估算。由于所比较地区的杉木林的林龄为 19~21 a，黑石顶的杉木林调查时林龄为 24 a，较相近，因此可以认为不会由于林龄不同引起太大的误差。

由表 3 可见，用 4 个地区的回归方程计算杉木林生物量，其生物量总量相差不大，相对误差最大仅为 10% 左右，因此可以用邻近地区的杉木生物量回归方程来估算本地区的杉木林的生物总量。但是运用不同地区的回归方程所得的各个器官生物量所占比例具有较大的差别，一般来说在亚热带地区，随纬度的增加，杉木叶和根的生物量所占比例上升^[6]，因此用纬度最接近的岑溪地区的生物量回归方程估算黑石顶地区杉木各器官的生物量较合适。

2.3 黑石顶森林群落的总生物量特征

根据上面的结果，以 D^2H 为变量的回归方程计算阔叶树种的生物量，以岑溪地区的回归方程计算杉木的生物量，依据杨清培的结果计算马尾松的生物量，统计各群落的生物量分布情况（图 2）。

表 3 分别使用不同地区的杉木生物量回归方程计算黑石顶样地 1 杉木生物量的结果¹⁾
Tah 3 Calculating results of biomass of *Cunninghamia lanceolata* in plot 1 using regression equations at different neighbor regions

占总生物量的比值				总生物量 (t·hm ⁻²)	地理位置
树干	树枝	树叶	树根		
64.0	17.0	5.7	13.3	150.612	玉林, 22°6' N 110°2' E
64.3	12.0	8.9	14.8	146.212	岑溪, 23°1' N 110°0' E
66.7	8.9	7.2	17.3	136.112	宜山, 24°5' N 108°7' E
56.4	12.7	12.6	18.3	141.258	桃源, 29°0' N 111°0' E

1) 回归方程见表 2

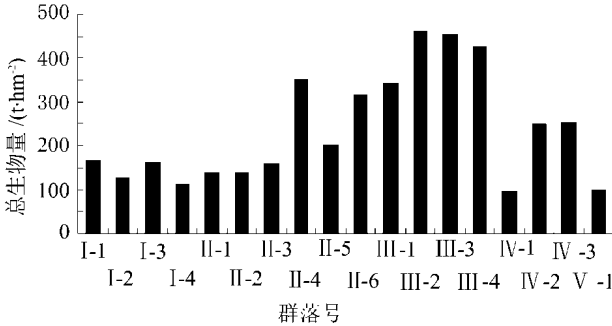


图 2 各群落的总生物量

Fig. 2 Total biomass in each plot

由图 2 可见，在针叶林—针阔混交林—阔叶林的演替序列上，生物量呈增加趋势，但是山地阔叶林由于受到较大破坏，生物量明显较低，山阔叶林的生物量低，山顶矮林则由于水热状况的影响，生物量最低。

3 讨 论

由于热带亚热带森林种类组成复杂，优势种不明显，因此在生物量估算中具有较大的难度，目前，对热带亚热带群落生物量估算的研究，除采用皆伐法外，一般是采用混合树种的回归模型。如 Brown^[8] 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。李意德^[9] 比较了海南岛黎母山和尖峰岭热带山地雨林的生物量回归模型，发现其参数非常接近，说明在气候类型较一致的情况下，可以采用统一的生物量估测模型。

在进行大面积生物量估算时，由于受多种条件的限制，采用统一的生物量估测模型是非常必要的。根据对黑石顶森林的研究，对于杉木林使用邻近四个地区的回归模型其总生物量结果非常接近，因此完全可以使用前人在邻近地区的研究成果估算黑石顶杉木的总生物量。对于阔叶树种的生物量估测，即使是树种组成相近，由于在不同的地形情况下，水热状况不同，使得胸径和树高的关系会发生

变化。近年来, 计算生物量时所用的生物量回归方程多采用 D^2H 为变量, 根据国外的经验^[2,3], 在计算较大面积内不同样地的生物量时多数情况下采用材积与密度的乘积来估算生物量, 由于与 D 相比, 包含树高的回归方程对材积的估计要精确得多, 特别是当树种组各直径阶的 H/D 关系变化愈大时, 包括树高的材积方程就愈能有效地提高精度^[19]。对黑石顶不同植被阔叶树生物量的研究也表明, 当把某一回归方程应用于不同植被类型时, 以 D^2H 为变量的生物量回归方程更能反映植被的实际情况。

通过对黑石顶不同森林群落生物量的分析可见, 在演替序列上, 生物量呈上升趋势, 与前人的研究成果一致^[9], 但在山顶的阔叶矮林, 由于受水热条件的影响, 其生物量明显降低。

参考文献:

[1] STEININGER M K. Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass: data from Brazil and Bolivia [J] . International J Remote Sensing, 2000, 21(6, 7): 1159—1157.
[2] BOYD D S, FOODY G M, CURRAN P J. The relationship between the biomass of Cameroonian tropical forests and radi-

ation reflected in middle infrared wavelengths (3 0 ~ 5. 0 μm) [J] . International J Remote Sensing, 1999, 20(5): 1017—1023.
[3] IMHOFF M L. Radar backscatter and biomass saturation: ramifications for global biomass inventory[J] . IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995, 33(2): 511—518.
[4] 陈章和. 黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林生物量及生产量研究 [D]. 广州: 中山大学, 1991.
[5] 杨清培, 李鸣光, 李仁伟. 广东黑石顶自然保护区马尾松群落演替过程中的材积和生物量动态[J] . 广西植物, 2001, 21(4): 295—299.
[6] 冯宗炜. 中国森林生态系统的生物量和生产力[M] . 北京: 科学出版社, 1999.
[7] 余世孝, 李勇, 王永繁, 等. 黑石顶自然保护区植被分类系统及其数字植被图 I . 植被型及群系的分布[J] . 中山大学学报(自然科学版), 2000, 39(2): 61—66.
[8] BROWN S. Biomass estimation methods for tropical forest with application to forest inventory data[J] . Forest Science, 1989, 35(4): 881—912.
[9] 曾庆波, 李意德, 陈步峰, 等. 热带森林生态系统研究与管理 [M] . 北京: 中国林业出版社, 1997: 191—204.
[10] 洛茨 F, 哈勒 K E, 佐勒葛 F. 森林资源清查[M] . 北京: 中国林业出版社, 1985.

Comparison of the Biomass Estimation Methods
for the Forest at Heishiding Nature Reserve

LIU Wei qiu, YU Shi xiao, WANG Yong fan, LIAN Ju yu

(School of Life Sciences, Sun Yat sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Two regression equations for estimating biomass of broadleaf trees at Heishiding nature reserve, one based on D and the other based on D^2H (H means height), were compared. The results showed that the regression equations based on D^2H were more suitable for calculating the biomass of broadleaf trees at various kind of communities. In order to calculate the biomass of *Cunninghamia lanceolata* at Heishiding nature reserve, we used four regression equations used at neighbor regions to calculate the biomass of the trees. The calculating results of total biomass were similar. This meant that the regression equations for estimating biomass of *Cunninghamia lanceolata* used at neighbor regions can be applied at Heishiding nature reserve.

Key words: biomass; regression equation; Heishiding nature reserve