

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林植被 碳密度研究*

温达志 张倩媚 褚国伟 唐旭利

(中国科学院华南植物研究所 广州 510650)

摘要: 本文根据不同径级植物生物量和相应的碳含量, 计算得到鼎湖山沟谷常绿阔叶林、低地常绿阔叶林和山地常绿阔叶林植被的碳密度。结果表明沟谷常绿阔叶林植被碳密度最大(125.23t/hm²), 其次是低地常绿阔叶林(117.50t/hm²), 山地常绿阔叶林最小(48.56 t/hm²)。在植被总碳密度中, 乔木层拥有绝大部分(98.4%~99.5%), 灌木层(0.2%~0.9%)、草本层(0.1%~0.5%)和层间植物(0.1%~0.3%)极小。在乔木层(47.78%~124.63t/hm²)中, 以树干碳密度占的比例最大(52.6%~62.1%), 其次是枝桠(10.5%~26.7%)和根(18.2%~23.2%), 叶最小(2.3%~4.2%)。垂直分配表明地上部分量碳密度大致随高度级的增加而增加。沟谷常绿阔叶林不同树种对碳贮量的贡献排序为凸脉榕(*Ficus nervosa*) > 假苹婆(*Sterculia lanceolata*) > 翅子树(*Pterospermum lanceaefolium*) > 鱼尾葵(*Caryota ochlandra*) > 厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*) > 水石梓(*Sarcosperma laurinum*) > 龙眼(*Dimocarpus longan*) > 白颜树(*Gironmiera subaequalis*); 低地常绿阔叶林中为锥栗(*Castanopsis chinensis*) > 黄果厚壳桂(*Cryptocarya concinna*) > 荷木(*Schima superba*) > 观光木(*Tsoongiodendron odorum*) > 肖蒲桃(*Acmena acuminatissima*) > 云南银柴(*Aporosa yunnanensis*) > 厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*) > 黄杞(*Engelhardtia roxburghiana*), 山地常绿阔叶林为白皮黄杞(*Engelhardtia fenzelii*) > 硬斗柯(*Lithocarpus hancei*) > 短序楠(*Machilus brevipflora*) > 密花树(*Rapanea nerifolia*) > 毛棉杜鹃(*Rhododendron mouli-mainense*) > 桃叶石楠(*Photinia prunifolia*) > 藜蒻(*Castanopsis fissa*)。

关键词: 鼎湖山; 南亚热带; 常绿阔叶林; 碳含量; 碳密度

Carbon Density in Vegetations of the Evergreen Broad-leaved Forests in Lower Subtropical China

WEN Da-Zhi ZHANG Qian-Mei CHU Guo-Wei
TANG Xu-Li

(South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Carbon storage was calculated by the biomass of each height class times the average carbon content of dominate species within the same height class, and then carbon density was obtained from it divided by projected area. The whole carbon density was 125.18, 117.49 and 48.52t/hm² for the ravine evergreen broad-leaved forest (REBF), the lowland evergreen broad-leaved forest (LEBF) and the mountain evergreen broad-leaved forest (MEBF), respectively. Of whole carbon

* 中国科学院创新项目(KZCX2-407)和生态系统研究网络(CERN)监测项目。

density, 98.4%~99.5% was in tree layer, 0.2%~0.9% in shrub layer, 0.1%~0.5% in herb layer, and 0.1%~0.3% in interstratum plants. The carbon density in tree layer ranged from 47.78 to 124.63t/hm², with the proportion of 52.6%~62.1% for trunks, 10.5%~26.7% for branches, 18.2%~23.3% for roots, and 2.3%~4.2% for leaves. Among the 3 forests, the carbon density generally increased with the tree height class. Among major species, the carbon density was of the orders: *Ficus nervosa* > *Sterculia lanceolata* > *Pterospermum lanceaeifolium* > *Caryota ochlandra* > *Cryptocarya chinensis* > *Sarcosperma laurinum* > *Dimocarpus longan* > *Gironniera subaequalis* in the REBF, while *Castanopsis chinensis* > *Cryptocarya concinna* > *Schima superba* > *Tsoongiodendron odorum* > *Acmena acuminatissima* > *Aporosa yunnanensis* > *Cryptocarya chinensis* > *Engelhardtia roxburghiana* in the LEBF, and *Engelhardtia fenzelii* > *Lithocarpus hancei* > *Machilus breviflora* > *Rapanea neliiifolia* > *Rhododendron moulmainsense* > *Photinia prunifolia* in the MEBF.

Keywords: Dinghushan Natural Reserve; Lower subtropical China; Evergreen broad-leaved forests; Carbon content; Carbon density

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林以其丰富多样的物种数、复杂的群落结构以及巨大的生物量,在维持区域碳收支平衡中具有重要意义。较早期的工作侧重于探讨群落的结构、动态和演替等^[1-3]。近十年来,鼎湖山森林植被主要优势种、地带性常绿阔叶林的生物量和生产力的研究有了较快的发展^[4-7],并逐步形成不同地理区域间的合作和联网研究。本文基于森林动态长期监测的目的,以生物量数据和群落不同高度级优势树种各器官碳含量的实测值为基础,估算了鼎湖山南亚热带不同海拔高度的沟谷常绿阔叶林、低地常绿阔叶林和山地常绿阔叶林群落的碳密度,并对其径级结构、垂直格局和种间分配特征进行了分析。研究结果为估算我国碳密度提供基础数据,也为未来深入开展森林植被与大气碳通量及碳平衡研究提供参考。

1 实验地概况与研究方法

1.1 实验地概况

研究地点位于广东省中部鼎湖山自然保护区,东经 112°30'39"~112°33'41",北纬 23°09'21"~23°11'30",属南亚热带低地气候,年均气温 20.9℃,年均降雨量 1 956mm,相对湿度 81.4%。保护区总面积 1 155hm²,海拔高度介于 14.1~1 000.3m 之间。森林覆盖率 78.7%,自然林和人工林各占 70.3%和 8.4%^[8]。自然林主要有南亚热带常绿阔叶林、针阔叶混交林、针叶林和山地常绿灌丛 4 个类型。鼎湖山南亚热带常绿阔叶林包括沟谷常绿阔叶林(又称沟谷雨林)片段、冠层连续的低地常绿阔叶林(又称南亚热带常绿阔叶林)和山地常绿阔叶林片段等类型。群落结构和分布见王铸豪等(1982),Kong et al(1997)。沟谷常绿阔叶林调查样地位于庆云寺至日僧纪念碑之间的山谷,环境阴湿静风,海拔 120m 左右,坡度 30°~40°,谷向 N40°E,谷中乱石堆积,土层浅颜色深。低地常绿阔叶林样地位于三宝峰山腰,环境闭塞,海拔约 300m,坡度 30°左右,坡向 N34°E,土壤为砂页岩发育而来的赤红壤,土层较薄,一般为 40~50cm。山地常绿阔叶林样地位于鸡笼山背风坡的山坳,环境空旷,温暖湿润,海拔 700m,坡向 N10°E,坡度 40°左右,土壤为砂岩发育而成的山地黄壤。

1.2 研究方法

1.2.1 样地调查

样地建立和样方调查于 1995 年 10 月进行, 参照《热带森林地区生物多样性长期监测——永久样地的建立与调查方法》^[9], 共 12 个 10m×10m 的样方。对样方内胸高直径≥1cm 的所有个体进行编、挂牌作永久标记。记录植物名、胸高直径 (DBH)、树高 (H)、冠幅、定位坐标。根据树种组成和径级分布选定样木, “全收获法” 收获, 得到乔木各组分生物量。在各自的永久样地外围分别设置 8 个 5m×5m 的小样方, 调查下层植物种类、数量, 然后“全刈法” 收割, 获得灌木层、草本层不同组分的生物量。

1.2.2 生物量计算

本研究中的 3 种森林类型均为结构较复杂的自然林, 虽然以 DBH^2H 代替单因子变量 DBH) 能稍稍提高部分估测方程的复相关系数 (r^2) 和降低估计值标准差 (SEM), 但自然林中很难准确获得大树的高度。为便于生物量动态的长期监测, 只选用 DBH 为预测变量, 估测方程为 $W = a \times DBH^b$ 。以离差平方和最小值循环估计法检验方程是否为线性, r^2 和 SEM 评价方程的优劣。沟谷、低地常绿阔叶林在地理位置、群落结构等方面相对接近, 冠幅大, 分枝高, 估算生物量的回归方程的确定与检验见温达志等^[6,7]。

1.2.3 碳贮量与碳密度计算

根据表 1 划分的层次和各层碳含量 (%), 按公式: 碳贮量 = 碳含量 (%) × 生物量 (t), 分别计算各层植物的碳贮量, 以 t 表示。碳密度则为单位投影面积植物碳贮量, 以 t/hm² 表示。沟谷常绿阔叶林和山地常绿阔叶林生物量数据根据 1995 年样地调查资料和回归方程计算得到, 低地常绿阔叶林则为 1994 年样地调查资料和相应的回归方程计算得到。

表 1 不同层次器官碳含量 (%)

Table 1 Carbon content of various strata and components (%)

层次 Strata	组分 Components			
* 乔木层 Trees	根 Root	干 Bole	枝 Branch	叶 Leaf
H≤5m	44.2	46.7	46.4	45.4
5m<H≤10m	43.2	44	43.7	41.3
10m<H≤20m	40.6	37.7	39.9	40.6
H>20m	37.7	36.2	36.6	37.9
灌木层 Shrubs	42	41.5	/	40.7
层间植物 Interstratum	39.9	38.3	/	41.2
草本层 Herbs	37.7	38.1	/	35.3

* 乔木层共 7 个优势树种, 分 4 个层次和器官组成采集样本进行化学分析。灌木层共 6 个优势种, 草本层 4 个优势种以及藤本 3 个优势种。

2 结果

2.1 乔木层碳密度

2.1.1 径级结构

表 2 可见, 沟谷常绿阔叶林、低地常绿阔叶林和山地常绿阔叶林 DBH>1cm 碳密度

分别为 124.63t/hm²、116.41t/hm² 和 47.78t/hm²。沟谷和低地林碳密度径级结构类似，即小径级 (DBH≤10cm) 有大量的个体数，分别占个体总数的 69.8% 和 87.9%，而碳密度占总碳密度的比例则很小，分别为 3.1% 和 7.7%。DBH>50cm 级个体数虽然很少，不足总数的 1% 和 5%，但因其有较高的生物量，因此也具有较高的碳密度百分比，分别为 49.7% 和 44.8%。10cm<DBH≤50cm 的中等径级个体数分别占总数的 29.6% 和 11.6%，碳密度百分比分别为 47.2% 和 39.2%。山地常绿阔叶林缺乏 DBH>40cm 的个体，DBH≤10cm 的个体数占据绝对优势，在 90% 以上；其它径级个体数约占总数的 9%。就碳密度而言，前面 3 个径级碳密度占总密度的百分比都比较接近，分别为 27.2%、35.5% 和 33.7%，DBH 大于 30cm 的百分比为 3.6%。

不同器官碳密度因径级结构也存在较大的差异。在沟谷常绿阔叶林 1cm<DBH≤10cm 径级中，干、枝、叶、根碳密度占总密度比例分别为 52.3%、19.3%、11.1% 和 17.3%，在 10cm<DBH≤50cm 径级中分别为 55.9%、22.1%、3.8% 和 18.2%，DBH>50cm 径级中分别为 51%、29.9%、0.8% 和 18.3%；其它 2 种阔叶林中不同器官碳密度与径级的关系也与此类似，即随径级的增加，叶碳密度越来越小，尤其在沟谷和低地常绿阔叶林中明显。总体上说，山地常绿阔叶林地下部分具有相对较高的碳密度分配比例，平均在 23% 左右，DBH≤10cm 的达 25%。

表 2 碳密度径级结构

Table 2 Carbon density in different diameter class

胸径级 DBH-class (cm)	株数密度 Density (N/hm ²)	平均胸径 Average DBH (cm)	干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf (t/hm ²)	根 Root	总和 Total
沟谷常绿阔叶林 Ravine rain evergreen broad-leaved forest							
1<DBH≤10	1 983	4.3	2.03	0.75	0.43	0.67	3.88
10<DBH≤20	567	13.4	6.97	1.93	0.79	1.91	11.60
20>DBH≤30	200	24.1	6.67	1.69	0.76	1.87	10.99
30<DBH≤40	58	35.4	10.04	4.57	0.44	3.56	18.61
40<DBH≤50	17	55.5	9.15	4.83	0.25	3.37	17.60
DBH>50	17	87	31.57	18.51	0.52	11.35	61.95
	2 842	8.9	66.43	32.28	3.19	22.73	124.63
低地常绿阔叶林 Lowland evergreen broad-leaved forest							
1<DBH≤10	3 361	3.3	4.82	1.91	0.67	1.57	8.97
10<DBH≤20	263	14.2	6.37	1.98	0.49	1.78	10.62
20<DBH≤30	132	24.3	8.91	3.59	0.58	3.04	16.12
30<DBH≤40	35	34.3	5.75	2.56	0.26	2.00	10.57
40<DBH≤50	12	43.2	3.51	1.69	0.13	1.25	6.58
40<DBH≤50	2	50.8	0.90	0.45	0.03	0.32	1.70
50<DBH≤60	6	64.5	5.05	2.75	0.12	1.83	9.75
DBH>60	11	93.7	25.95	16.15	0.38	9.62	52.10
	3 822	5.6	61.26	31.07	2.66	21.42	116.41

胸径级 DBH-class (cm)	株数密度 Density (N/hm ²)	平均胸径 Average DBH (cm)	干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf (t/hm ²)	根 Root	总和 Total
山地常绿阔叶林 Mountain evergreen broad-leaved forest							
1<DBH≤10	7 275	3.1	6.34	2.38	1.02	3.25	12.99
10<DBH≤20	542	13.5	10.57	1.63	0.64	4.13	16.97
20<DBH≤30	142	23.4	11.50	0.92	0.32	3.36	16.10
30<DBH≤40	8	30.5	1.28	0.08	0.03	0.33	1.72
	7 967	4.2	29.69	5.01	2.01	11.07	47.78

2.2 垂直结构

表3可见, 3种森林群落的个体数随高度级的增加而减少, 而碳密度则大致递增。沟谷和低地常绿阔叶林中, 碳主要贮存在H>10m的个体中, 占总量的90%左右, 山地常绿阔叶林因缺乏大于20m的个体, 碳主要存贮在5m<H<20m的个体中, 占总量的84.7%。

表3 乔木层碳密度的垂直分配

Table 3 Vertical pattern of carbon density Within tree layer

高度级 hclass (cm)	株数密度 Density (N/hm ²)	平均高 Average-h (cm)	干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf t/hm ²	根 Root	总和 Total	空间碳密度 Spatial carbon density t/(hm ² ·m)
沟谷常绿阔叶林 Ravine Evergreen Broad-leaved Forest								
H≤5	1 442	3.7	0.80	0.26	0.22	0.29	1.57	0.42
5<H≤10	883	7.0	4.84	1.51	0.64	1.41	8.40	1.20
10<H≤20	425	14.2	30.63	14.35	1.45	9.98	56.41	3.97
H>20	92	22.5	30.17	16.15	0.88	11.05	58.25	2.59
合计			66.44	32.27	3.19	22.71	124.63	8.18
低地常绿阔叶林 Lowland Evergreen Broad-leaved Forest								
H≤5	2 691	3.3	1.74	0.58	0.27	0.65	3.24	0.98
5<H≤10	802	6.8	6.12	2.24	0.62	1.79	10.77	1.58
10<H≤20	262	14.8	21.04	9.18	1.06	6.97	38.25	2.59
H>20	67	23.8	32.37	19.08	0.70	12.00	64.15	2.70
合计	3 822		61.27	31.08	2.65	21.41	116.41	7.85
山地常绿阔叶林 Mountain Evergreen Broad-leaved Forest								
H≤5	6 200	3.2	3.30	1.34	0.57	1.63	6.84	2.13
5<H≤10	1 467	7.3	14.23	2.49	0.99	5.62	23.33	3.19
10<H≤20	300	11.3	12.16	1.17	0.45	3.83	17.61	1.56
合计	7 967		29.69	5.00	2.01	11.08	47.78	6.88

不同器官碳贮量与高度级密切相关。总体上说, 随林分高度的增加, 叶碳贮量渐渐减少, 山地常绿阔叶林中有相对较高的根碳密度。

有研究者提出并应用生物量密度作为群落结构和功能的测度指标, 以单位空间森林拥有的干物质量表征^[10]。本文以某径级的碳密度除以该径级平均高作为碳密度空间变化的

一种测度方法,单位为 $t/(hm^2 \cdot m)$,称之为空间碳密度(表3)。可见,沟谷、低地常绿阔叶林乔木第 I、II 亚层有较高的空间碳密度,而第 III 亚层和近地的第 IV 亚层较低。山地常绿阔叶林中间 II 亚层有相对较高的空间碳密度外,冠层顶部 I 亚层和近地的 III 亚层均较低。

2.3 不同树种对碳贮量的贡献

表 4 可见,沟谷常绿阔叶林碳密度在 $40t/hm^2$ 以上的树种有凸脉榕、假苹婆,二者之和为 $90.91t/hm^2$, 占总碳密度的 72.9%, 其次是翅子树、鱼尾葵和厚壳桂, 碳贮量在 $5\sim 10t/hm^2$ 之间, $5t/hm^2$ 以下的树种分别是水石梓、龙眼、白颜树、假柿叶木姜和小盆木。低地常绿阔叶林中, 锥栗、黄果厚壳桂、荷木有较高的碳密度, 在 $10t/hm^2$ 以上, 锥栗达 $50.56t/hm^2$, 三者之和为 $74.3t/hm^2$, 占总密度的 63.7%, 碳贮量在 $5\sim 10t/hm^2$ 之间的有观光木、肖蒲桃、云南银柴, $5t/hm^2$ 以下的树种有厚壳桂、黄杞、臀形果和白颜树。山地常绿阔叶林大径级个体以白皮黄杞和硬斗柯占优势, 二者碳密度之和为 $30.41t/hm^2$, 占总密度的 63.6%, 其次是短序楠、密花树、毛棉杜鹃、桃叶石楠, 碳贮量在 $1.43\sim 3.04t/hm^2$ 之间, 藜蒴、亮叶茶、三花冬青和子凌蒲桃碳贮量较小, 在 $1.0t/hm^2$ 左右。

表 4 主要树种的个体密度、平均胸径和碳密度

Table 4 Density, mean diameter and carbon storage of major Species of 3 subtropical evergreen broad-leaved forest communities

种类 Species	株数密度 Density (N/hm^2)	平均胸径 Average-D (cm)	干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf t/hm^2	根 Root	总和 Total
沟谷常绿阔叶林 Ravine Evergreen Broad-leaved Forest							
凸脉榕 <i>Ficus nervosa</i>	117	28.2	26.74	14.35	0.77	9.74	51.60
假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i>	150	13.4	20.43	11.37	0.43	7.08	39.31
翅子树 <i>Pterospermum lanceaefolium</i>	17	31.7	3.99	2.04	0.12	1.46	7.61
鱼尾葵 <i>Caryota ochlandra</i>	1392	8.9	4.38	0.37	1.04	0.99	6.78
厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	33	24.6	2.79	1.20	0.16	0.95	5.10
水石梓 <i>Sarcosperma laurinum</i>	108	7.9	1.32	0.49	0.10	0.41	2.32
龙眼 <i>Dimocarpus longan</i>	75	9.4	1.28	0.45	0.11	0.36	2.20
白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	92	10.4	1.28	0.43	0.11	0.36	2.18
假柿叶木姜 <i>Litsea monopetala</i>	8	31.4	1.10	0.47	0.06	0.37	2.00
小盘木 <i>Microdesmis caseariiifolia</i>	200	4.7	0.82	0.32	0.08	0.28	1.50
其它种 Other species	650	4	2.31	0.79	0.20	0.73	4.03
合计 Total	2842		66.44	32.28	3.18	22.73	124.63
低地常绿阔叶林 Lowland Evergreen Broad-leaved Forest							
锥栗 <i>Castanopsis chinensis</i>	14	80.3	25.38	15.54	0.39	9.34	50.55
黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	282	12	6.92	2.55	0.51	2.18	12.16
荷木 <i>Schima superba</i>	35	32.1	6.15	2.92	0.24	2.18	11.49
观光木 <i>Tsoongiodendron odorum</i>	1	100.5	2.64	1.65	0.04	0.99	5.32
肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>	128	9.3	2.92	1.18	0.17	0.95	5.22
云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	1168	4.5	2.84	1.08	0.37	0.91	5.20
厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	24	23.7	2.44	1.09	0.12	0.85	4.50
黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	11	30.9	2.12	1.03	0.08	0.75	3.97
臀形果 <i>Pygeum topengii</i>	21	19.5	1.55	0.68	0.08	0.54	2.85
白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	92	9.8	1.55	0.57	0.12	0.47	2.71
其它 75 种 Other 75 species	2046	3.4	6.85	2.79	0.52	2.26	12.42
合计	3822		61.27	31.09	2.64	21.41	116.41

种类 Species	株数密度 Density N/hm ²	平均胸径 Average-D (cm)	干 Trunk	枝 Branch	叶 Leaf t/hm ²	根 Root	总和 Total
山地常绿阔叶林 Mountain Evergreen Broad-leaved Forest							
白皮黄杞 <i>Engelhardtia fenzelii</i>	617	12.2	14.48	1.71	0.65	4.89	21.73
硬斗柯 <i>Lithocarpus hancei</i>	208	11.9	5.98	0.60	0.22	1.88	8.68
短序楠 <i>Machilus breviflora</i>	608	4.5	1.70	0.41	0.17	0.76	3.04
蜜花树 <i>Rapanea neriiifolia</i>	1 192	3.7	1.34	0.53	0.23	0.72	2.82
毛棉杜鹃 <i>Rhododendron moulmainsense</i>	700	3.3	0.73	0.27	0.12	0.39	1.51
桃叶石楠 <i>Photinia prunifolia</i>	183	5.2	0.86	0.16	0.06	0.35	1.43
蕹蒴 <i>Castanopsis fissa</i>	67	9.3	0.72	0.13	0.05	0.31	1.21
亮叶茶 <i>Camellia nitidissima</i>	1 042	2.3	0.58	0.18	0.07	0.25	1.08
三花冬青 <i>Ilex triflora</i>	108	7.1	0.61	0.14	0.06	0.28	1.09
子凌蒲桃 <i>Syzygium championii</i>	67	8.2	0.60	0.11	0.05	0.25	1.01
其它 47 种 Other 47 species	3 175	2.7	2.10	0.77	0.31	1.00	4.18
合计 Total	7 967		29.70	5.01	1.99	11.08	47.78

2.4 群落总碳量及其分配

表 5 可见, 总碳密度因群落类刑的不同而存在较大的差异, 沟谷常绿阔叶林和低地常绿阔叶林具有较大的碳密度, 分别为 125.23 和 117.50t/hm², 山地常绿阔叶林较小, 为 48.56t/hm², 不足其它两类群落类型的一半。在群落总碳密度中, 以乔木层占的比例最大, 在 98% 以上, 灌木层、草本层和层间植物的碳密度极小。

表 5 群落总碳密度及其在各层中的分配 (t/hm²)

Table 5 Total carbon density (t/hm²) and its distribution in various layers

森林群落类型 Forest type	乔木层 Tree layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer	层间植物 Interstratum	总和 Total
沟谷常绿阔叶林 REBF	124.63	0.28	0.31	0.01	125.23
低地常绿阔叶林 LEBF	116.41	0.82	0.13	0.14	117.50
山地常绿阔叶林 MEBF	47.78	0.44	0.22	0.12	48.56

REBF = Ravine evergreen broad-leaved forest, LEBF = Lowland evergreen broad-leaved forest,
MEBF = Mountain evergreen broad-leaved forest.

3 讨论

三种森林植被类型分布在不同的海拔高度, 受立地条件、区域气候, 树种织成及径级结构的影响。总的来说, 沟谷常绿阔叶林位于低地常绿阔叶林样地的下方, 海拔落差不大, 具有类似的地理地质背景和区域气候。在群落外貌、垂直结构层次等方面有较大的相似性, 这两类森林类型最明显的特点是群落中保存少数优势树种个体数的寿命较长, 拥有较大的生物量。如沟谷林中的凸脉榕、假苹婆、翅子树、厚壳桂等, 低地常绿阔叶林中的锥栗、黄果厚壳桂、荷木、观光木、臀形果等。这些大径级树木在维持群落高碳密度中发挥了及其重要的作用。山地常绿阔叶林尽管有较大的个体数密度, 但由于缺乏大径级的树种和个体, 其碳密度最小。

森林的组织结构是地理、地形、区域气候及其自身发育程度的综合体现, 通常认为相

似的气候条件和地理地质背景形成相似的植被类型。我国南北纬度跨度大，森林植被类型繁多，分布十分广泛，即使在同一纬度带的地理气候区内，也可能因区域地形、地貌、发育年代以及人类利用干扰强度等的不同而有明显差异。现有的资料表明，我国森林植被从温带针叶林 ($31.1\text{t}/\text{hm}^2$) 到热带森林 ($110.86\text{t}/\text{hm}^2$) 大致递增^[11]。由此可见，鼎湖山低海拔常绿阔叶林碳密度是比较高的，与热带森林接近，远高于针叶林 ($40\sim 60\text{t}/\text{hm}^2$)，高于我国 ($57.07\text{t}/\text{hm}^2$) 和世界森林平均碳密度水平 ($86.00\text{t}/\text{hm}^2$)^[11,12]。

此外，不同的计算方法对结果将产生重要影响。目前，关于全国范围内碳贮量和碳密度的估算大多以森林蓄积量数据为基础，通过适当的公式计算生物量，碳含量取值 0.45 ^[13,14] 得到的我国森林生态系统碳贮量结果基本一致，但与其他学者的估算结果相差甚远。李意德等人 (1999)^[15] 比较了以森林收获生物量数据为基础和以森林蓄积量数据为基础的碳估算方法，结果表明以生物量法估算热带原始林碳密度高于蓄积量法，而对天然更新林的估算结果则相反，但没有进一步分析产生这种不一致结果的原因。本文碳密度是根据高度级划分层次，对不同层次优势种器官生物量和对应的碳含量进行测定，然后进行累加得到，和以生物量为基础的热带林碳密度具较好的可比性。可见，鼎湖山低海拔常绿阔叶林碳密度 ($125.23\text{t}/\text{hm}^2$ 和 $117.50\text{t}/\text{hm}^2$) 远低于热带原始林 ($207.68\text{t}/\text{hm}^2$)，略高于天然更新林 ($83.39\text{t}/\text{hm}^2$) (李意德等, 1999)，表明亚热带常绿阔叶林碳密度的提高仍具有较大的潜力。

参 考 文 献

- [1] 张宏达, 王伯荪, 张超常等. 鼎湖山植物群落之研究. 中山大学学报 (自然科学版), 1956, 3: 1~34
- [2] 王铸豪, 何道泉, 宋绍敦等. 鼎湖山自然保护区的植被. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, 1: 77~141
- [3] 王伯荪, 彭少麟. 鼎湖山优势种群数量动态. 生态学报, 1987, 7 (3): 214~220
- [4] 彭少麟, 张祝平. 鼎湖山森林植被主要优势种黄果厚壳桂、厚壳桂生物量及第一性生产力研究. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14 (1): 23~32
- [5] 彭少麟, 张祝平. 鼎湖山地带性植被生物量、生产力和光能利用效率. 中国科学 (B辑), 1994, 24 (5): 497~502
- [6] 温达志, 魏平, 孔国辉等. 鼎湖山锥栗 + 黄果厚壳桂 + 荷木群落生物量及其特征. 生态学报, 1997, 17 (5): 497~504
- [7] 温达志, 魏平, 张倩媚等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林生物量的研究. 植物生态学报, 1999, 23 (增刊): 11~22
- [8] Kong G.H., Huang Z.L., Zhang Q.M. et al. Type, structure, dynamics and management of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in the Dinghushan Biosphere Reserve of China. Tropics Vol, 1997, 6 (4): 335~350
- [9] Dallmeier F. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: Methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB digest 1992, 11, p.72. UNESCO, Paris
- [10] Kira T and Shidei. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western pacific. Jap. J. Ecol, 1967, 17 (2): 70~87
- [11] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡. 植物生态学报, 2000, 24 (5): 518~522

- [12] Dixon R K, Brown S, Houghton R A, et al,. Carbon pools and flux of global forest ecosystem. Science, 1994, 263: 185~190
- [13] 王效科, 冯宗炜, 欧阳志云. 中国森林生态系统的植物碳贮量与碳密度研究. 应用生态学报, 2001, 12 (1): 13~16
- [14] Fang J, Wang G G, Liu G et al. Forest biomass of China: an estimate based on the biomass-volume relationship. Ecological Application, 1998, 8: 1 084~1 091
- [15] 李意德, 吴仲民, 周铁锋. 中国热带天然林变迁对大气 CO₂ 的影响及经济损失评估. 生态科学, 1999, 18 (2): 1~7