

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林植被 C 贮量及其动态特征*

唐旭利 温达志 周国逸** 闫俊华 张倩媚
(中国科学院华南植物研究所 广州 510650)

摘要: 通过 1992—1998 年间连续三次对 1hm² 永久样地的调查, 对南亚热带常绿阔叶林的种群数量和 C 贮量的分布格局和径级结构进行了分析。样地内现存 DBH \geq 1cm 的植物个体总数为 3 533 株、群落植物碳密度为 95.78t/hm², 属于高碳密度森林。比较 15 个优势种群 1992 年、1994 年、1999 年的个体数量, 种群间数量变化规律不同。黄果厚壳桂等种群 1999 年的数量较 1992 年有所降低, 黄杞、白颜树、华润楠、荷木、黄叶树等种群数量相对稳定, 鼎湖血桐和光叶山黄皮则在 1992 年的基础上有大幅度的增长。种群 C 贮量存在较大差异, 最大(锥栗, 33.95t) 和最小(鼎湖钓樟, 0.20t) 贮量相差 170 倍。锥栗种群的 C 贮量变化最大, 1999 年的 C 贮量较 1992 年减少了 44.30%, 黄果厚壳桂、红车、鼎湖钓樟的 C 贮量都较 1992 年低, 华润楠、厚壳桂等种群的 C 贮量较 1992 年高。个体数量和种群 C 贮量的径级分布存在以下两种情况: 1. 个体数量和 C 贮量的最大值出现在同一径级, 包括荷木、锥栗、九节、黄杞; 2. 个体数量和 C 贮量的最大值出现在不同径级, 黄果厚壳桂等 10 个种群都属于这种类型。

关键词: 南亚热带常绿阔叶林; C 贮量; 碳密度; 鼎湖山自然保护区

Vegetation Carbon Storage Pattern and its Dynamic of Monsoon Evergreen Broad-leaved Forest in Dinghushan Nature Reserve

TANG Xu-Li WEN Da-Zhi ZHOU Guo-Yi* *
YAN Jun-Hua ZHANG Qian-Mei

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

Abstract: The carbon storage distribution pattern and DBH (diameter at the breast height) structure of populations in a 1-hm² permanent plot of the monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Nature Reserve were analyzed. There are 3 533 individuals (\geq 1cm in DBH), and the carbon storage of the plot is 95.78 t/hm². Changes in individuals from 1992 to 1999 differed among species, for instance, *Cryptocarya concinna* decreased, whereas *Macaranga sampsonii* and *Randia canthioides* increased, and *Engelhardtia roxburghiana* maintained relatively stable. Difference in carbon storage among species is also remarkable; The value of C storage varied from 33.95 t (*Castanopsis chinensis*) to 0.20 t (*Lindera chunii*). The carbon storage of *Machilus chinensis*, *Syzygium rehderianum*, *Castanopsis chinensis* and *Lindera chunii* in 1999 were less than that in 1992,

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

** 通讯作者: 周国逸。

especially for *Castanopsis chinensis*, which decreased about 44.30% during the same period. According to the distribution of DBH classes, the carbon storage of 15 dominant species can be divided into 2 types, the maximum value of individuals and C storage are (1) in the same DBH class (i.e. *Psychotria rubra*, *Castanopsis chinensis*, *Ebelgardtua roxburghiana*, *Schima superba*), and (2) in different classes (i.e. *Cryptocarya concinna*).

Keywords: monsoon evergreen broad-leaved forest; carbon storage; carbon density; Dinghushan Nature Reserve

碳循环的研究是了解生物圈的重要途径,这对于估计 CO₂ 及其他温室气体含量及它们与生物圈相互作用至关重要^[1]。近年来进行的大尺度的碳平衡研究已被广泛用来分析国家和地区、生物群落和经济区的碳状况,但由于生态系统的多样性,这种计算的结果很不一致^[2]。目前我国对森林生态系统碳循环的研究已经有了一些点上的分散资料的积累。

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林的生物量、生产力得到持续的研究^[3~7],为本文探讨该群落的 C 贮量提供了良好的基础。

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林的物种组成数量较多,在 1hm² 的样地中共有维管束植物 196 种,其中乔木占 47.45%^[8]。种群既是物种存在的形式,又是群落的基本组成^[14],因此从种群的角度出发更有利于探讨整个群落的 C 贮量及其动态特征。

1 研究地概况

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″。属南亚热带季风气候,年均气温 21℃,年降雨量 1929mm,干湿季明显,4~9 月为雨季,11 月至翌年 1 月为旱季^[9]。土壤发育与砂岩母质上的赤红壤,厚度一般为 60~90cm,表层有机质含量 2.94%~4.27%^[10]。I 号永久样地位于保护区核心区内的三宝峰,坡向东北,海拔 270~300m,坡度 26°~33°,局部可达 40°。植被类型为南亚热带地区较为典型的常绿阔叶林(又称南亚热带常绿阔叶林、低山常绿阔叶林),已有近 400 年的历史。样地内木本植物占有绝对优势,在群落构建上乔木层以黄果厚壳桂、锥栗和云南银柴为主,群落外貌常绿,层次结构复杂。

2 研究方法

2.1 样地调查

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》^[11],将 1hm² 的永久样地划分为 25 个 (20×20) m² 的 II 级样方,每个 II 级样方又分为 16 个 (5×5) m² 的小样方。对样方内所有胸高直径≥1cm 的植株编号、挂牌作永久标记后进行测树指标调查,内容包括:种名、胸高直径 (DBH)、树高 (H)、枝下高、冠幅、树木定位坐标。

2.2 碳含量的测定

按树高将乔木层分为 4 个层次: I 层高度为 20m 以上; II 层高度为 10~20m; III 层高度为 5~10m; IV 层高度为 5m 以下。取样时在永久样地的外围按照每层的优势种,每种选择 2~3 株,分干、枝、叶、根取样,所有样品在 60℃ 烘干,磨碎。用 K₂Cr₂O₇ 容量法测定碳含量。用各层各器官碳含量的平均值表示该层所有植物相应器官的碳含量 (表 1)。

2.3 统计分析方法

利用样地调查的数据,按照估算生物量的回归方程^[6],计算活立木的生物量,生物量与碳含量的乘积即为C贮量。根据表1划分的层次和各层碳含量(%);按公式C贮量=碳含量(%) \times 生物量(t),分别计算各层植物的C贮量,以t表示。碳密度则为单位投影面积植物C贮量,以t/hm²表示。南亚热带常绿阔叶林的现存C贮量计算以1999年样地调查资料为基础。

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 \leq 5m	44.2	46.7	46.4	45.4
5m<h \leq 10m	43.2	44	43.7	41.3
10m<h \leq 20m	40.6	37.7	39.9	40.6
h>20m	37.7	36.2	36.6	37.9

3 结果与讨论

3.1 群落C贮量及其时间变化

通过1999年对群落个体数量的统计,得到该样地(面积为1hm²)胸径 \geq 1cm的植物个体总数为3533株,碳密度为95.78t/hm²,这个值介于硬叶常绿阔叶林和常绿、常绿落叶阔叶林的碳密度值之间,分别为100.73t/hm²和73.68t/hm²^[2],高于海南岛尖峰岭天然更新林的C贮量(83.39t/hm²)^[12],属于高C贮量森林^[13]。结合1992年、1994年的生物量调查资料可以看出整个群落C贮量随时间变化的动态特征(表2)。

表2 三个年份的个体数和C贮量

Table 2 Density(N/hm²) and carbon storage(C storage,t/hm²) in 1992,1994 and 1999

年份 year (a)	株数密度 density (N/hm ²)	C贮量 C storage (t/hm ²)
1992	3979	111.78
1994	3822	116.41
1999	3533	95.78

3.2 种群数量、C贮量格局及其时间动态

3.2.1 种群个体数量及其时间动态

表3所示为南亚热带常绿阔叶林15个优势种群的个体数量变化情况。可见,黄果厚壳桂、厚壳桂、肖蒲桃、荷木、红车、云南银柴、锥栗、九节和鼎湖钓樟9个种群的个体数量都减少,其中降低幅度最大的是鼎湖钓樟,下降41.56%,其次为黄果厚壳桂,下降31%,可能与樟科植物受到虫害有关。黄杞种群相对稳定,种群数量没有变化。华润楠、白颜树、鼎湖血桐、黄叶树、光叶山黄皮5个种群的个体数量增加,其中最为显著的是鼎湖血桐,个体数量由1992年的56株上升到了1999年的173株,增加了2倍。鼎湖血桐是阳性树种,由于林窗形成导致整个群落内光资源的重新分配,为阳性树种的生长提供了充足的光照条件,因此这些种群的个体数量在原有基础上迅速增加。

表3 不同种群三个年份的个体数量和C贮量

Table 3 Individuals (Ind.number) and carbon storage (C t/hm²) of different species in 1992, 1994 and 1999

树种* specie	个体数 Ind.			C贮量 C storage			株数变化 changes of Ind. (%)	C贮量变化 changes of C (%)
	1992	1994	1999	1992	1994	1999		
(1)	303	282	209	12.24	12.16	10.01	-31.02	-22.28
(2)	12	10	13	0.90	0.95	1.17	8.33	23.08
(3)	11	11	11	3.67	3.97	5.02	0.00	26.89
(4)	32	24	29	4.61	4.50	4.61	-9.38	0.00
(5)	92	92	93	2.35	2.71	3.32	1.09	29.22
(6)	133	128	115	4.94	5.22	5.41	-13.53	8.69
(7)	56	56	173	0.51	0.53	0.57	208.93	10.53
(8)	37	35	32	10.90	11.49	12.13	-13.51	10.14
(9)	140	138	109	1.06	1.18	0.96	-22.14	-10.42
(10)	62	62	65	0.42	0.51	0.61	4.84	31.15
(11)	1201	1168	1036	5.02	5.20	5.45	-13.74	7.89
(12)	15	14	11	48.99	50.56	33.95	-26.67	-44.30
(13)	234	226	204	0.18	0.20	0.22	-12.82	18.18
(14)	137	139	174	0.18	0.19	0.25	27.01	28.00
I. (15)	77	66	45	0.25	0.22	0.20	-41.56	-25.00

* (1) 黄果厚壳桂 *Cryptocarya .concinna* (2) 华润楠 *Machilus .chinensis* (3) 黄杞 *Engelhardtia . roxburghiana* (4) 厚壳桂 *Cryptocarya . chinensis* (5) 白颜树 *Gironniera . subaequalis* (6) 肖蒲桃 *Acmena . acuminatissima* (7) 鼎湖血桐 *Macaranga . bracteata* (8) 荷木 *Schima .superba* (9) 红车 *Syzygium . rehderianum* (10) 黄叶树 *Xanthophyllum . hainanense* (11) 云南银柴 *Aporosa . yunnanensis* (12) 锥栗 *Castanopsis . chinensis* (13) 九节 *Psychotria . rubra* (14) 光叶山黄皮 *Randia . canthioidess* (15) 鼎湖钓樟 *Lindera . chunii*

(注: 样地面积为 1hm², 株树变化和 C 贮量变化是以 1992 年数据为标准, 1999 年数据与之比较的结果, 负号表示减少 plot is 1hm², changes of individuals and carbon storage were ratios of Ind. (1999) to Ind. (1992) and C (1999) to C (1992), respectively, the minus sign means the value in 1999 was less than that in 1992)

3.2.2 种群 C 贮量及其时间动态

整个群落的 C 贮量在 1992—1994 年期间有少量增加, 1994—1999 年期间 C 贮量减少了 20.63t/hm² (表 2), C 贮量的降低与高碳密度个体 (如锥栗) 的死亡存在必然联系。不同种群 C 贮量的差异较大, C 贮量最大的锥栗 (33.95t) 与贮量最小的鼎湖钓樟 (0.20t) 相差 170 倍。

C 贮量变化最大的是锥栗种群, 1999 年的 C 贮量 (33.95t) 较 1992 年 (50.56t) 减少了 44.30%。锥栗作为南亚热带常绿阔叶林的先锋树种, 种群数量在群落演替过程中逐渐减少, 在 1hm² 永久样地中现存锥栗 11 株。个体的 C 贮量和生物量存在正相关关系, 而个体生物量取决于胸高直径^[6], 锥栗种群的平均胸高直径 (DBH) 为 76.0cm, 个体的平均重量大, 相应地, 平均 C 贮量也较其他种群大, 锥栗种群现存个体的平均 C 贮量为 2.4t, 属于高碳密度个体。根据 Yoda 等 (1963) 的 -3/2 次幂定律 (-3/2 power law)^[14], 种群的个体平均干重越大, 其存活个体密度越低, 加之林下缺乏幼苗, 种群难以更新, 因此整个锥栗种群的生态脆弱性增加, 对环境变化的抵御能力下降。灾害天气可能加速老龄个体的死亡, 如 1997 年 7 月的雷雨天气致使两株相对衰老的锥栗 (其中一株 DBH=126.4cm, 高度为 38.0m, 另一株 DBH=76.4cm, 高度为 35.0m) 遭雷击而死亡, 它们的死亡使整个种群甚至整个群落的 C 贮量都大幅度降低。

除锥栗以外, 黄果厚壳桂、红车和鼎湖钓樟 3 个种群的 C 贮量也减少, 引起种群 C

贮量减少的原因主要是个体的死亡 (表 3)。

华润楠、厚壳桂等种群的现存 C 贮量较 1992 年高, 这些种群 C 贮量增加的原因是多方面的, 有的是随种群个体数量的增加而增加, 如鼎湖血桐、光叶山黄皮、黄叶树、白颜树、华润楠种群; 有的种群虽然个体数量没有发生变化甚至减少, 但 C 贮量随个体生长而增加或保持不变, 如黄杞、厚壳桂、荷木、肖蒲桃、云南银柴、九节等种群 (表 4)。

表 4 C 贮量增加的种群个体数量和 DBH 的变化

Table 4 Changes in individuals and DBH of increased carbon storage species

树种* specie	株数 Ind.		平均 DBH average DBH (cm)		C 贮量 C (t)	
	1992	1999	1992	1999	1992	1999
(2)	12	13	17.6	17.8	0.90	1.17
(3)	11	11	29.9	34.8	3.67	5.02
(4)	32	29	20.0	19.1	4.61	4.61
(5)	92	93	9.2	10.5	2.35	3.32
(6)	133	115	8.7	10.2	4.94	5.41
(7)	56	173	4.5	2.9	0.51	0.57
(8)	37	32	30.3	34.3	10.90	12.13
(10)	62	65	3.9	4.4	0.42	0.61
(11)	1 201	1 036	4.3	4.8	5.02	5.45
(13)	234	204	2.2	2.4	0.18	0.22
(14)	137	174	2.1	2.3	0.18	0.25

(* 树种代号见表 3 the number of species is the same as Table 3.)

3.3 种群 C 贮量的径级结构

3.3.1 种群个体数量的径级分布特点

参照黄忠良等^[15]的径级结构分析法将鼎湖山南亚热带常绿阔叶林的群落划分为 10 个径级。本研究所涉及的 15 个种群, 按照所含的径级数量可以分为 7 个类型 (表 5)

在这 15 个种群中, 达到 9 个径级的有肖蒲桃和厚壳桂两个种群, 达到 7 个径级的有华润楠、黄果厚壳桂、白颜木和荷木 4 种。与黄忠良等^[15]统计 21 个优势种群径级分布的结果存在差异, 对比相同种群发现种群密度的变化是引起差异的原因。白颜树、黄叶树和黄杞三个种群在某些径级上出现了间断, 其余种群都是连续分布的。

表 5 种群在各径级数量上的分布

Table 5 Species distribution in different categories of DBH

径级数量 amount of DBH class	树种 Species
2	(13)
3	(15) (14)
4	(10) (12) (11)
5	(7)
6	(9) (3)
7	(5) (8) (2) (1)
9	(4) (6)

(* 树种代号见表 3 the number of species is the same as Table 3.)

在这 15 个种群中, 按其各个径级上的个体相对多度可以分为两类, 一类为集中分布于某个径级的类型, 共有 14 个种群, 其中锥栗集中分布在第九径级, 黄杞和荷木集中分

布在第八径级，其余 10 个种群都集中分布于第一径级（1~5cm）上；另一类为在各个径级上均匀分布的类型，在统计的 15 个种群中只有华润楠属于这个类型。

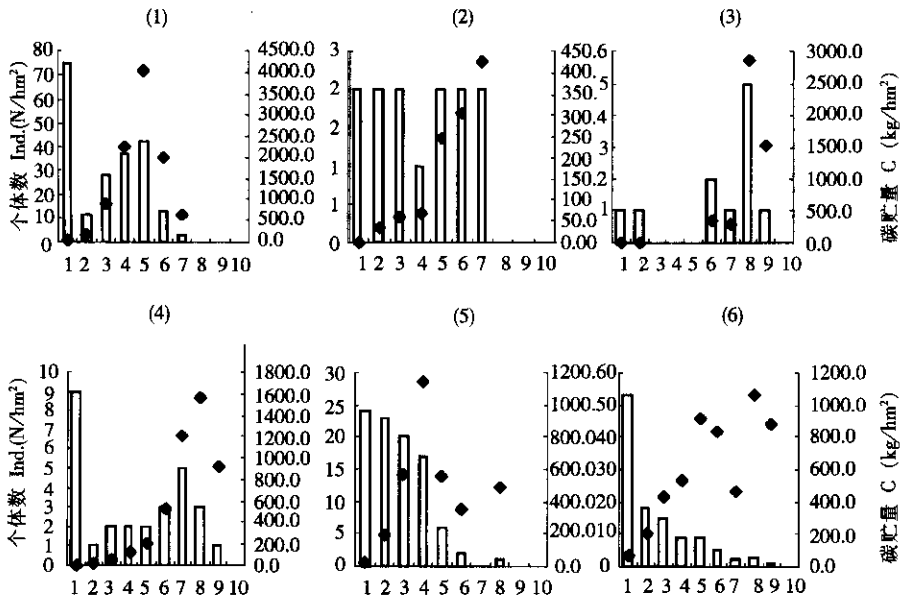
3.3.2 种群 C 贮量的径级分布

不同种群 C 贮量的径级分布情况各异，根据个体数量和 C 贮量最大值的径级分布特点，15 个优势种群可以分为两类：个体数量和 C 贮量的最大值（1）分布在同一径级，如荷木、黄杞、锥栗、九节，和（2）分布在不同径级，如黄果厚壳桂、云南银柴等。

在种群径级分布的基础上结合 1992 年、1994 年、1999 年三个年份种群数量和 C 贮量的变化预测种群 C 贮量的发展趋势。

径级数为 3 的种群包括光叶山黄皮、鼎湖钓樟，种群都以第一径级（1~5cm）个体占优势，随径级数的增加个体数量减少，C 贮量的最大值均出现在第二径级（5~10cm）。三个调查年份中光叶山黄皮的个体数量逐渐增加（参见表 3），1999 年调查是个体数量在 1992 年基础上增加了 27%，C 贮量也因个体数量的增加而增加，如果个体数继续增加种群的 C 贮量将持续增长。鼎湖钓樟个体数量的变化则与光叶山黄皮相反，个体数量逐渐减少，1999 年个体数量小于 1992 年调查的结果。这可能与樟科植物受到虫害有关，具体原因尚待进一步研究。种群 C 贮量可能因生长状况而出现较大波动。

锥栗、黄叶树、云南银柴包含的径级数都为 4。锥栗种群个体数量和 C 贮量的最大值都出现在第九径级（50~100cm）。黄叶树种群第一径级（1~5cm）的个体在数量上占优势，但第八径级（35~50cm）在 C 贮量上占优势。锥栗种群仅分布在第七（30~35cm）至第十径级（>100cm）范围内，种群严重缺乏幼龄个体，整个种群的 C 贮量可能维持现有水平，也可能大幅度降低。黄叶树的径级分布不连续，种群 C 贮量发展趋势与锥栗种群相似。云南银柴第一径级个体占有绝对优势（56.6%），个体数量随径级增加而减少，C 贮量最大值出现在第二径级。数量在三个调查年份中是逐年降低，但 C 贮量在原有的基础上增加。将来云南银柴种群的 C 贮量会继续增加，但由于在组成上小径级个体（DBH≤5cm）占有绝对优势，因此 C 贮量的增加幅度相对较小。



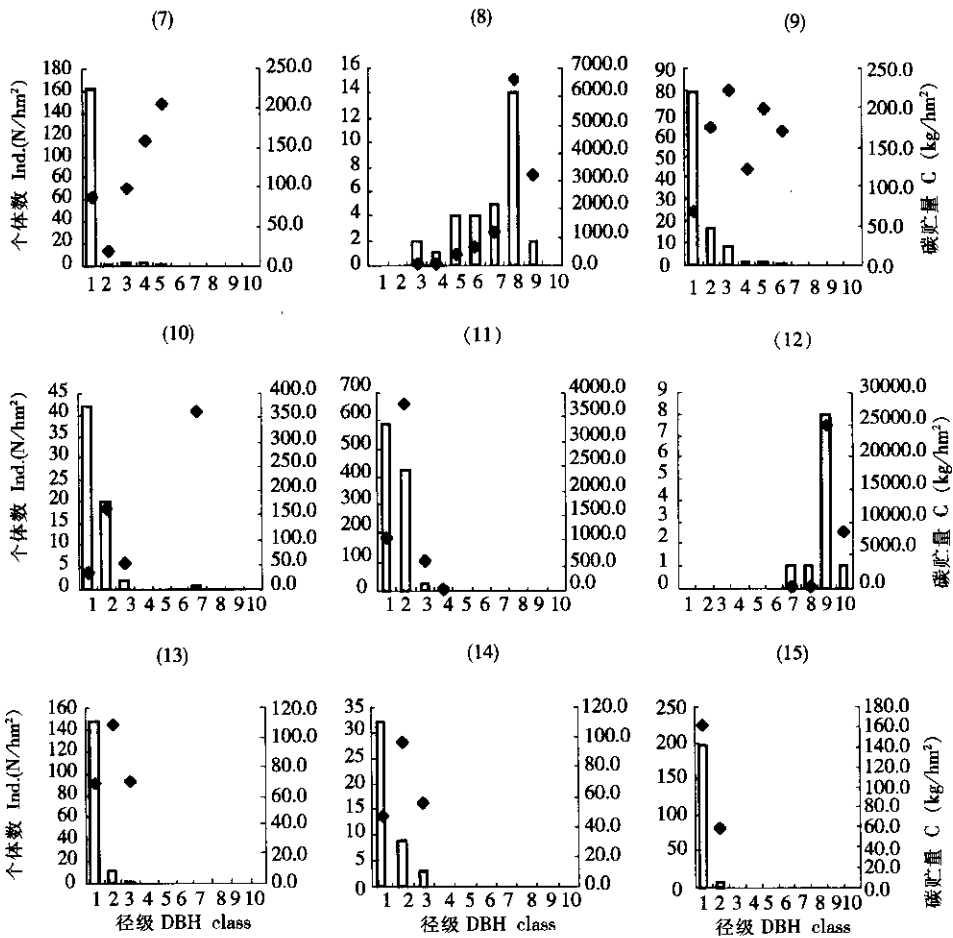


图 1 种群个体数量和 C 贮量的径级分布

Fig. 1 Distribution of individuals and carbon storage in DBH classes

(分类轴表示径级, 数值轴对应个体数量, 次数值轴对应 C 贮量 (kg/hm²),

图标说明: □ 个体数量, ◆ C 贮量, 树种代号见表 3 的 category axis means DBH class, the first scale axis means individuals, the secondary scale axis means carbon storage, symbols:

□ Ind./hm² ◆ C kg/hm² the number of species is the same as Table 3.)

数量和 C 贮量的最大值出现在同一径级的种群还有荷木、黄杞和九节。九节仅在第一、二径级有分布, 由于第一径级 (1~5cm) 的个体数远大于第二径级 (5~10cm) 个体数, 因此对应的 C 贮量也叫第二径级大。随着第二径级范围内个体数量的增加, 第二径级在 C 贮量上的优势将逐渐增加, 整个种群的 C 贮量也随之而表现出增加的趋势。黄杞种群的密度低 (每 100 平方米的个体数仅为 0.11 株), 三个调查年份的种群密度保持不变, 说明该种群较为成熟。在第三 (10~15cm) 至第五径级 (20~25cm) 范围内无分布, 并且小径级个体在数量上不占优势。种群的 C 贮量可能会少量增加, 但如果大径级个体死亡将会导致整个种群碳株量的大幅度降低。荷木种群 C 贮量和个体数量的最大值都在第八径级, 并且种群在第一、二径级无分布, 种群相对成熟, 甚至开始衰退。种群的 C

贮量可能出现与黄杞种群相同的趋势。

华润楠的密度也较低（每 100 平方米的个体数为 0.13 株），径级分布均匀，除第四径级（15~20cm）个体数为 1 以外，其余径级的个体数均为 2。C 贮量随径级的增加而增加，最大径级（第七径级 30~35cm）对应的 C 贮量最大。由于小径级在数量上不占优势，幼龄个体相对缺乏，种群的 C 贮量可能缓慢增长，甚至因大径级个体的死亡而大量减少。

白颜树、黄果厚壳桂、厚壳桂、鼎湖血桐和肖蒲桃第一径级（1~5cm）在数量上优势明显，C 贮量都以较大径级占优势，其中鼎湖血桐最大径级对应的 C 贮量最大。黄果厚壳桂对群落 C 贮量的贡献仅次于锥栗、荷木，现存 C 贮量为 10.01t/hm²。从个体数量的径级分布看，第一径级（1~5cm）优势明显，占种群个体总数的 33%，说明该种群具有良好的演替潜力。比较三个调查年份的个体数量和 C 贮量，可以看出种群的 C 贮量随个体数量的减少而降低，在一定程度上体现出种群的脆弱性。黄忠良等^[15]将该种群划分为进展期与衰退期相间出现的类型^[15]，种群的 C 贮量可能会随个体数量的增减而出现小范围波动。红车种群个体数量和 C 贮量的变化趋势与黄果厚壳桂相似，种群的 C 贮量发展也可能呈现与黄果厚壳桂相同的趋势。厚壳桂种群的密度稍低，其成熟度较其他种群高，种群的 C 贮量可能增加但不明显。三次调查中白颜树种群的个体数量虽有增加，但并不显著（增数量仅为 1），可见种群已趋于稳定，C 贮量不会出现较大幅度的上升。肖蒲桃种群分布的径级范围广（第一至第九径级），第八径级（35~50cm）的 C 贮量最大，中间径级（15~35cm）对应的 C 贮量差异不大。三个调查年份中种群的个体数量虽减少但 C 贮量持续增加，整个种群的 C 贮量可能稳步增长。

4 小结

4.1 南亚热带南亚热带常绿阔叶林的 C 密度为 95.78t/hm²，属于高 C 密度森林。但是 C 贮量的种群分布不均匀，种群 C 贮量的最大值是最小值的 170 倍。锥栗、荷木等先锋树种的 C 贮量较大，对整个群落的 C 贮量起决定作用。

4.2 在种群个体数量和 C 贮量径级分布的基础上结合三个调查年份的数据可以看出种群 C 贮量的发展趋势。肖蒲桃种群是典型的进展种，种群的 C 贮量将持续增加。锥栗、黄杞、荷木、黄叶树和华润楠种群已处于成熟阶段，种群的 C 贮量相对稳定，甚至可能因大径级个体的死亡而大幅度降低。黄果厚壳桂和白颜树的 C 贮量则随个体数量的波动而波动。

4.3 比较 1992 年、1994 年、1999 年三个年份 C 贮量看出，高 C 密度个体的死亡是整个群落 C 贮量减少的主要原因。小径级和中等径级（第五至第八径级）个体生长增加的 C 贮量不能抵消因高 C 密度个体（如锥栗）死亡造成的 C 贮量损失，因此群落的 C 贮量大幅度降低。

参 考 文 献

- [1] Berrien.M., B.H.Braswell.The metabolism of the earth: understand the carbon cycle.AMBIO, 1994, 23: 4~12
- [2] 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):

- [3] 彭少麟, 张祝平. 鼎湖山森林植被主要优势种云南银柴、柏拉木生物量及第一性生产力研究. 应用生态学报, 1992, 3 (3): 202~206
- [4] 彭少麟, 任海. 南亚热带森林生态系统的能量生态研究. 北京: 气象出版社, 1998. 45~48
- [5] 彭少麟, 方炜. 南亚热带森林演替过程生物量和生产力的动态特征. 生态科学, 1995, 3 (1): 1~8
- [6] 温达志, 张德强, 魏平等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林定位研究 (V) 锥栗、黄果厚壳桂群落现存生物量、粗死木质残体及凋落物动态. 热带亚热带森林生态系统研究, 1998, (8): 32~39
- [7] 张祝平, 丁明懋. 鼎湖山南亚热带季风常绿阔叶林的生物量和光能利用效率. 生态学报, 1996, 16 (5): 525~534
- [8] 孔国辉, 叶万辉, 黄忠良等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林定位研究 (I) 锥栗、黄果厚壳桂群落组成及其对区域物种库的贡献. 热带亚热带森林生态系统研究, 1998, (8): 1~6
- [9] 黄展帆, 范征广. 鼎湖山的气候. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, (1): 11~16
- [10] 何金海, 陈兆其. 鼎湖山自然保护区之土壤. 热带亚热带森林生态系统研究, 1982, (1): 25~37
- [11] Dallmeier F. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: Methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB Digest, 1992, 11: 72, UNESCO, Paris
- [12] 李意德, 曾庆波, 吴仲民等. 我国热带天然植被 C 贮存量的估算. 林业科学研究, 1998, 11 (2): 156~162
- [13] 刘国华, 傅伯杰, 方精云. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献. 生态学报. 2000, 20 (5): 733~740
- [14] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群学. 广州: 广东高等教育出版社, 1995. 81~84
- [15] 黄忠良, 孔国辉, 叶万辉等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林定位研究 (II) 锥栗、黄果厚壳桂群落种群垂直结构与年龄结构及其动态特征. 热带亚热带森林生态系统研究, 1998, (8): 7~17