

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林碳素积累和分配特征

莫江明¹, 方运霆¹, 彭少麟¹, Brown Sandra², 周国逸¹

(1. 中国科学院华南植物研究所, 广东肇庆鼎湖 526070; 2. Winrock International, 1621 N. Kent St., Suite 1200, Arlington, VA 22209, USA)

摘要: 研究了鼎湖山南亚热带常绿阔叶林 400 多年林龄的锥栗 (*Castanopsis chinensis*)、黄果厚壳桂 (*Cryptocarya concinna*) 和 50 多年林龄的黄果厚壳桂、鼎湖钓樟 (*Lindera chunii*) 两个群落碳素积累和分配特征。结果表明, 两林分间植物碳素含量在不同器官和不同层中的分配格局均十分相似, 总平均分别为 41.980% (锥栗、黄果厚壳桂群落) 和 40.377% (黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落)。锥栗、黄果厚壳桂群落生态系统碳总贮量为 244.998 t/hm², 其中植被部分为 154.289 t/hm², 土壤为 89.128 t/hm², 地表凋落物层为 1.581 t/hm²。黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落植被碳总贮量为 84.151 t/hm²。在两林分植被碳总贮量中, 乔木层分别占了 97.47% (锥栗、黄果厚壳桂群落) 和 98.04% (黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落), 而在乔木层碳总贮量中, 干器官则分别占 47.93% (锥栗、黄果厚壳桂群落) 和 44.66% (黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落)。锥栗、黄果厚壳桂群落植被碳年积累量为 3.149 t/(hm²·a), 黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落植被碳年积累量则为 3.425 t/(hm²·a)。
关键词: 南亚热带常绿阔叶林; 鼎湖山; 生物圈保护区; 碳素; 积累; 分配

Carbon accumulation and allocation of lower subtropical evergreen broad-leaved forests in a MAB reserve of China

MO Jiang-Ming¹, FANG Yun-Ting¹, PENG Shao-Lin¹, Brown Sandra², ZHOU Guo-Yi¹

(1. South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Zhaoqing, Guangdong 526070; 2. Winrock International, 1621 N. Kent St., Suite 1200, Arlington, VA 22209, USA). Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(10): 1970~1976

Abstract The accumulation and distribution of carbon were studied for two communities of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* (CCCC, > 400-year-old) and of *Cryptocarya concinna*, *Lindera chunii* (CCLC, > 50-year-old) in a lower subtropical evergreen broad-leaved forest of a MAB biosphere reserve of China. Carbon concentrations distributed among plant organs and layers in a similar pattern for these two communities, with a mean value (%) of 41.980 in CCCC community and 40.377 in CCLC communi-

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39899370, 30270283); 中国科学院知识创新资助项目 (KZCX2-407); 广东省自然科学基金资助项目 (021524)

收稿日期: 2002-05-02; **修订日期:** 2003-06-08

张德强、余清发、张佑昌等同志参加部分野外工作, 在此一并致谢。

作者简介: 莫江明 (1964~), 男, 广东省肇庆市人, 研究员。主要从事生态系统生态学、恢复生态学和自然保护区管理研究。E-mail: mojm@scib.ac.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (39899370; No. 30270283), Field Frontiers Project of CAS Knowledge Innovation Program (KZCX2-407), and Provincial Natural Science Foundation of Guangdong (No. 021524)

Received date: 2002-05-02; **Accepted date:** 2003-06-08

Biography: MO Jiang-Ming, Professor. Interested in ecosystem ecology, restoration ecology and management of natural reserve.

ty. The total carbon standing stock in the ecosystem of CCCC community was estimated to be 244.998 t/hm². The vegetation component accounted for 62.96 percent of the total (154.289 t/hm²), while soil (to 60 cm depth) and the standing litter components accounted for 36.38 percent (89.128 t/hm²) and 0.66 percent of the total (1.581 t/hm²), respectively. The total carbon standing stock in the vegetation component of CCLC community was estimated to be 84.151 t/hm² and was about 54.54 percent of that for CCCC community. In both communities, however, the total carbon standing stock in the vegetation component was mostly in the tree layer, with 97.47 percent of total (150.385 t/hm²) in CCCC community and 98.04 percent in CCLC community (82.504 t/hm²), and woody tissues contained almost half of the total carbon standing stock in the tree layer (47.93% and 44.66% in CCCC and CCLC communities, respectively). Although the community of CCCC was older than 400 years, its vegetation was still accumulating carbon every year. The total annual carbon accumulation of vegetation component was 3.149 t/(hm²·a) in CCCC community and slightly lower than that in CCLC community (3.425 t/(hm²·a)).

Key words: lower subtropical evergreen broad-leaved forest; Dinghushan Biosphere Reserve; carbon; accumulation; distribution

文章编号: 1000-0933(2003)10-1970-07 中图分类号: Q 948, S718.55 文献标识码: A

森林生态系统是陆地生态系统的主体,其维持的碳库占全球总碳库的 46.3%,其中森林植被部分碳库占全球植被的 77.1%^[1-3]。森林通过生长从大气中吸收贮存大量的 CO₂,其存贮能力取决于森林类型、种类组成、林龄及其与人类活动的关系^[3,4]。人类活动诸如工业化/城市化、农业化过程引起的土地利用变化使森林生态系统存贮碳能力下降的同时不断向大气输送 CO₂。据报道,在 1850~1998 年间全球因土地利用变化而排放的 CO₂ 累积达 136 ± 55 Gt C (约是石化燃料燃烧和水泥生产所排放的一半),而其中约 87% 来源于森林变化^[3-5]。因此,研究森林生态系统碳循环对于了解全球碳平衡和人类活动对全球气候变化的影响均具有重要的意义。

与世界其它许多地区一样,我国亚热带地区由于社会经济发展、人口剧增等因素,同样经受如土地利用变化等人为干扰活动影响,几乎所有森林均受到不同程度的破坏,森林生态系统变得非常脆弱^[6,7]。地处亚热带的鼎湖山生物圈保护区由于地理、历史和社会文化等原因,保存了较完好的地带性植被-亚热带常绿阔叶林^[8,9],为研究亚热带森林碳储存情况提供了良好的基础。然而,尽管地带性森林是全球森林碳循环研究不可缺少的重要组成部分,但该地带性森林的碳素情况未见有人报道。为此,本研究选取该保护区亚热带常绿阔叶林两个群落 400 多年林龄的锥栗 (*Castanopsis chinensis*)、黄果厚壳桂 (*Cryptocarya concinna*) 和 50 多年林龄的黄果厚壳桂、鼎湖钓樟 (*Lindera chunii*) 群落作为对象,探讨地带性植被碳分配和积累特征,为全球变化、森林生态系统生产力和人为干扰对森林生态系统碳循环影响研究提供基础。

1 材料和方法

1.1 样地概况

本研究在广东鼎湖山生物圈保护区进行。保护区位于广东省中部,东经 112°33',北纬 23°10',属亚热带季风性气候型。年平均降雨量为 1927 mm,其中 75% 分布在 3 月份到 8 月份,而 12 月份到 2 月份仅占 6%。年平均相对湿度为 80%,年平均温度为 21.4℃,最冷月(1 月份)和最热月(7 月份)的平均温度分别为 12.6℃ 和 28.0℃^[10]。

研究样地位于保护区核心区的亚热带常绿阔叶林的两个群落:锥栗、黄果厚壳桂群落和黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落。锥栗、黄果厚壳桂群落位于三宝峰东北坡,海拔 250~350 m,坡度 26~30°。该群落是亚热带常绿阔叶林代表性类型,保存较完好,已有 400 多年的保护历史。林分种类丰富,结构复杂,垂直结构可分为 7 层,即乔木 4 个亚层、幼树灌木层、草本苗木层和层间植物层。层间植物主要为木质藤本植物和少量的附生植物。土壤为砂页岩发育的赤红壤,pH 4.06~4.34,土层厚 30~90 cm^[9]。黄果厚壳桂、鼎湖

樟群落位于三宝峰至庆云寺以北,海拔 200 m 的山坡上,坡度 26°。该群落乔木层在 50 多年前曾经受人为砍伐影响,有部分植株是砍伐后萌生的,属多优势种林分^[11]。按优势度顺序是黄果厚壳桂、鼎湖钓樟、华润楠(*M. achilus chinensis*)、荷木(*Schinus superba*)、锥栗(*Castanopsis chinensis*)。林分也种类丰富,结构复杂,成层现象明显。乔木层也可分为 3 个亚层,灌木层,草本及苗木层,层间植物主要为木质藤本植物。土壤为发育于砂岩母质上的赤红壤,pH 4.3 左右,土层厚 30~70 cm^[11]。

1.2 样品采集和处理

根据永久样地植被调查结果和样木收获法测定生物量的同时,分别采集两个群落各层主要树种的植物样品^[9,11]。锥栗、黄果厚壳桂群落取样层次分为乔木(4 个亚层: $H > 20$ m、 $15 < H < 20$ m、 $10 < H < 15$ m 和 $5 < H < 10$ m)、灌木层、草本层和藤本。黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落乔木一层,灌木层,草本及苗木层,藤本植物。每层植物每种选 3 株,样品根据叶片、枝条和干的方位混合取样,其中乔木层分根、干、皮、枝和叶,其它层分根、茎和叶。此外,在锥栗、黄果厚壳桂群落还随机设置 6 个 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 的小样方以收集地表现存凋落物(地表现存凋落物层分未分解和半分解层采样)。锥栗、黄果厚壳桂群落植物样品 142 个,地表现存凋落物 12 个。黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落植物样品 80 个。两群落共计 234 个植物样品。样品烘干,磨碎和过筛(孔径为 2 mm)。在锥栗、黄果厚壳桂样地内随机挖取土壤剖面 5 个,分 0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 4 层采样,共 20 个样品以分析土壤碳含量;采用土壤环刀法,分别测定 4 个层次的土壤容重,3 个重复,共计样品 60 个。

1.3 样品碳含量测定

所有样品均采用重铬酸钾外加热法测定有机碳含量。样品碳含量指有机碳含量。全部结果以 105 恒重为基准。

1.4 群落植被碳年积累量

锥栗、黄果厚壳桂群落生物量年增量数据引自文献^[8,12-14],黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落生物量年增量数据引自文献^[11]。用群落各树种器官的碳含量与其生物量的乘积来估算群落植被碳贮量;用群落各树种器官的碳含量与其生物量的年增量相乘来估算群落植被碳年积累量。

2 结果

2.1 植物碳素积累和分配

2.1.1 含量 两林分间植物碳素含量在不同器官和不同层中的分配均十分相似(表 1),总平均分别为 41.980% (锥栗、黄果厚壳桂群落)和 40.377% (黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落)。植物不同器官间碳素含量的差异不明显。例如,锥栗、黄果厚壳桂群落乔木层碳素平均含量为:根 44.711%、干 43.804%、皮 41.636%、枝 43.428%、叶 44.246%,最高和最低的比值仅为 1.07。然而,植物碳素含量的层间差异则较大,且两群落各器官均以乔木层最高,草本层最低。例如,锥栗、黄果厚壳桂和黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落乔木层叶子碳素平均含量与草本层的比值分别为 1.25 和 1.37。

2.1.2 贮量 碳素贮量在不同器官中的分布根据林分和层次不同而异(表 2)。在锥栗、黄果厚壳桂林分,乔木层各器官碳素贮量的分配序列为:干 > 枝 > 根 > 皮 > 叶;在黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分,乔木层各器官碳素贮量的分配序列则为:干 > 枝 > 根 > 叶 > 皮。可见,两林分乔木层中,碳素贮量均以干器官最高,分别占了各林分植物碳素总贮量的 47.93% (锥栗、黄果厚壳桂林分)和 44.66% (黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分)。在灌木层,两林分则均为:茎 > 根 > 叶。

各层植物碳素贮量在两林分中的大小分布序列依据林分不同而异(表 2):锥栗、黄果厚壳桂林分为:乔木 > 灌木 > 藤本 > 草本;黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分为:乔木层 > 藤本 > 灌木 > 草本。可见,不同层次比较,碳素贮量在两林分中均绝大部分由乔木层组成,草本层所占的比例甚微。在锥栗、黄果厚壳桂林分,乔木层占碳素总贮量的 97.47%,在黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分乔木层占碳素总贮量的百分比则更高(98.04%)。两林分比较,除了藤本植物外其余各层植物碳素贮量均为:锥栗、黄果厚壳桂林分 > 黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分(表 2)。锥栗、黄果厚壳桂林分植物碳素总贮量为黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分的 1.71 倍。

表 1 鼎湖山锥栗、黄果厚壳桂和黄果厚壳桂、鼎湖钓樟两群落植物碳素含量(% ,括号内为标准误)

Table 1 Carbon concentrations of plants of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* and *Cryptocarya concinna*, *Lindera chunii* communities of Dinghushan (% , SE in parentheses)

| 生活型 Life style | 取样数 n | 根 Roots | 茎 Stem | | 枝 Branches | 叶 Leaves | 总平均 Mean |
|---|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | 干 Woods | 皮 Barks | | | |
| 锥栗、黄果厚壳桂群落 <i>Castanopsis chinensis</i>, <i>Cryptocarya concinna</i> community | | | | | | | |
| 乔木 I Tree I 20m | 25 | 44 551 (0 759) | 43 779 (0 721) | 43 863 (0 762) | 43 629 (1 009) | 45 493 (1 136) | 44 263 (0 877) |
| 乔木 II Tree II 15~20m | 25 | 42 933 (0 643) | 44 782 (1 971) | 41 276 (2 165) | 41 971 (1 280) | 44 877 (1 759) | 43 168 (1 564) |
| 乔木 III Tree III 10~15m | 25 | 43 205 (0 939) | 43 997 (1 026) | 38 746 (1 966) | 43 663 (1 242) | 41 267 (2 094) | 42 176 (1 453) |
| 乔木 IV Tree IV 5~10m | 25 | 44 155 (0 726) | | 42 657 (0 785) | 44 450 (0 917) | 45 346 (2 572) | 44 152 (1 250) |
| 乔木平均 Mean of tree | | 43 711 (0 767) | 43 804 (1 126) | 41 636 (1 420) | 43 428 (1 112) | 44 246 (1 890) | 43 365 (1 263) |
| 灌木 Shrub | 21 | 41 974 (1 693) | | 40 702 (1 693) | | 41 467 (1 979) | 41 381 (1 788) |
| 草本 Herb | 12 | 37 691 (0 432) | | 38 120 (0 432) | | 35 269 (2 798) | 37 027 (1 221) |
| 藤本 Liana | 9 | 39 893 (0 319) | | 38 289 (0 319) | | 41 210 (1 775) | 39 797 (0 804) |
| 总平均 Mean | | 42 057 (0 787) | 41 761 (0 992) | 40 522 (1 160) | 43 428 (1 112) | 42 133 (2 016) | 41 980 (1 213) |
| 黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落 <i>Cryptocarya concinna</i>, <i>Lindera chunii</i> community | | | | | | | |
| 乔木 Tree | 50 | 43 880(1 008) | 43 042(1 168) | 42 379(2 339) | 41 924(0 856) | 44 729(2 037) | 43 191(1 482) |
| 灌木 Shrub | 15 | 40 512(1 996) | | 38 501(2 622) | | 39 309(2 179) | 39 441(2 266) |
| 草本 Herb | 9 | 37 477(0 986) | | 37 668(2 239) | | 32 539(5 603) | 35 895(2 943) |
| 藤本 Liana | 6 | 40 545 (0 340) | | 37 485 (1 685) | | 37 649 (3 550) | 38 560 (1 858) |
| 总平均 Mean | | 41 179 (0 913) | 39 174 (1 929) | 39 008 (2 221) | 41 924 (0 856) | 40 599 (1 528) | 40 377 (1 490) |

表 2 鼎湖山锥栗、黄果厚壳桂和黄果厚壳桂、鼎湖钓樟两群落植物碳素贮量(t/hm², 括号内为标准误)

Table 2 Carbon contents of plants of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* and *Cryptocarya concinna*, *Lindera chunii* communities of Dinghushan (t/hm², SE in parentheses)

| 生活型 Life style | 根 Roots | 茎 Stem | | 枝 Branches | 叶 Leaves | 合计 Total |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| | | 干 Woods | 皮 Barks | | | |
| 锥栗、黄果厚壳桂群落 <i>Castanopsis chinensis</i>, <i>Cryptocarya concinna</i> community* | | | | | | |
| 乔木 Tree | 25 685 (0 451) | 72 075 (1 984) | 11 452 (0 485) | 37 652 (0 964) | 3 522 (0 150) | 150 385 (4 034) |
| 灌木 Shrub | 0 789(0 032) | | 2 479(0 103) | — | 0 381(0 018) | 3 649(0 153) |
| 草本 Herb | 0 053(0 001) | | 0 067(0 005) | — | — | 0 120(0 006) |
| 藤本 Liana | 0 028(0 000) | | 0 107(0 001) | — | — | 0 135(0 001) |
| 合计 Total | 26 555(0 484) | 74 728(2 093) | 11 452(0 485) | 37 652(0 964) | 3 903(0 168) | 154 289(4 194) |
| 黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落 <i>Cryptocarya concinna</i>, <i>Lindera chunii</i> community** | | | | | | |
| 乔木 Tree | 15 472(0 362) | 36 844(1 000) | 3 957(0 218) | 18 850(0 385) | 7 111(0 324) | 82 504(2 289) |
| 灌木 Shrub | 0 197(0 010) | | 0 374(0 025) | — | 0 105(0 006) | 0 676(0 041) |
| 草本 Herb | 0 022(0 001) | | 0 005(0 000) | — | 0 007(0 001) | 0 034(0 002) |
| 藤本 Liana | 0 130(0 001) | | 0 499(0 022) | — | 0 308(0 029) | 0 937(0 052) |
| 合计 Total | 16 091(0 374) | 37 722(1 047) | 3 957(0 218) | 18 850(0 385) | 7 531(0 360) | 84 151(2 384) |

* 生物量数据引自文献[8, 12~ 14], Biomass was cited from reference[8, 12~ 14]

** 生物量数据引自文献[11], Biomass was cited from reference[11]

2.1.3 年积累量 植物碳素年积累量在两林分中各器官和层次的分布与贮量相类似(表 3)。乔木层碳素年积累量在两林分各器官中的分布序列均为: 茎> 枝> 根> 叶, 以及茎器官分别占了各林分植物碳素年积累总量的 47.67% (锥栗、黄果厚壳桂林分)和 47.21% (黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分), 但黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分叶年积累量的比例(7.6%)明显高于锥栗、黄果厚壳桂林分(1.8%)。各林层比较, 两林分碳素年积累总量也主要由乔木层组成, 但其比例较贮量的比例略低。在锥栗、黄果厚壳桂林分, 乔木层占碳素年积累

总量的 93.2%，在黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分乔木层占碳素年积累总量的百分比则为 96.3%。然而，两林分比较，碳素年积累总量大小序列与贮量序列相反：锥栗、黄果厚壳桂碳素年积累 (3.149 t/(hm²·a) 小于黄果厚壳桂、鼎湖钓樟林分 (3.425 t/(hm²·a)。

表 3 鼎湖山锥栗、黄果厚壳桂和黄果厚壳桂、鼎湖钓樟两林分植物年固碳量(t/(hm²·a)，括号内为标准误)

Table 3 Annual accumulated carbon of plants of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* and *Cryptocarya concinna*, *Lindera chunii* communities of Dinghushan (t/(hm²·a), SE in parentheses)

| 生活型 Life style | 根 Roots | 茎 Stem | 枝 Branches | 叶 Leaves | 合计 Total |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 锥栗、黄果厚壳桂群落 <i>Castanopsis chinensis</i> , <i>Cryptocarya concinna</i> community* | | | | | |
| 乔木 Tree | 0.554 (0.009) | 1.501 (0.042) | 0.828 (0.021) | 0.053 (0.002) | 2.936 (0.075) |
| 灌木 Shrub | 0.040 (0.002) | 0.157 (0.006) | — | 0.016 (0.001) | 0.213 (0.009) |
| 草本 Herb | — | — | — | — | — |
| 藤本 Liana | — | — | — | — | — |
| 合计 Total | 0.594 (0.011) | 1.658 (0.048) | 0.828 (0.021) | 0.069 (0.003) | 3.149 (0.084) |
| 黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落 <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Lindera chunii</i> community** | | | | | |
| 乔木 Tree | 0.615 (0.014) | 1.617 (0.066) | 0.814 (0.017) | 0.253 (0.012) | 3.298 (0.109) |
| 灌木 Shrub | 0.008 (0.000) | 0.022 (0.001) | — | 0.006 (0.000) | 0.036 (0.002) |
| 草本 Herb | 0.017 (0.000) | 0.038 (0.002) | — | 0.008 (0.001) | 0.063 (0.004) |
| 藤本 Liana | 0.006 (0.000) | 0.015 (0.001) | — | 0.008 (0.001) | 0.029 (0.001) |
| 合计 Total | 0.646 (0.015) | 1.691 (0.071) | 0.814 (0.017) | 0.274 (0.014) | 3.425 (0.116) |

2.2 锥栗、黄果厚壳桂林分地表凋落物碳素含量和积累

地表未分解凋落物碳素含量 (41.68%) 高于半分解凋落物的碳素含量 (39.67%)。然而，由于地表半分解凋落物量 (2.644 t/hm²) 高于未分解凋落物量 (1.276 t/hm²)，因此半分解凋落物碳素贮量 (1.049 t/hm²) 是未分解凋落物碳素贮量 (0.532 t/hm²) 的 1.97 倍。地表凋落物层碳总贮量为 1.581 t/hm²。

2.3 锥栗、黄果厚壳桂林分土壤碳素含量和积累

土壤碳含量随土层深度的增加而下降 (表 4)，然而，土壤容重随土层深度的变化则与土壤碳含量的变化相反。土壤碳总贮量为 89.128 t/hm²，其中 0~ 10 cm 土层占 30%，10~ 20 cm 土层占 23%，而 40~ 60 cm 土层仅占 20%。可见，土壤碳主要集中在 0~ 20 cm 土层 (53%)。

3 讨论

森林植物碳素含量与其它营养元素含量一样受地理区域、森林类型和树种组成等因素影响^[9, 11, 15, 16]。鼎湖山南亚热带常绿阔叶林两群落乔木层植物各器官碳素含量均十分相似，其平均含量为 43.3%，此值显著低于同一地区马尾松 (*Pinus massoniana*) 林乔木层植物各器官碳素平均含量 (54.5%)^[15]。造成这种差异的原因可能是：(1) 与马尾松不一样，常绿阔叶林植物体内不含树脂；(2) 常绿阔叶林林冠密度大，林内光照较弱以及湿度较高。因此，本研究结果进一步证明了森林植物碳素含量受树种组成因素影响的观点^[15]，同时也说明了在用生物量估算鼎湖山地区常绿阔叶林植被碳贮量时采用 45% (通用系数) 作为碳转换系数较接近实测值。

成熟林 (尤其在潮湿热带和北方地区的成熟林) 通常被认为处于平衡状态，即短时期内碳平衡状态不会变化。然而，近期一些研究结果表明这类森林也在积累碳^[17]。本研究结果 (锥栗、黄果厚壳桂林分林龄虽

表 4 鼎湖山锥栗、黄果厚壳桂林分土壤碳素贮量及其分布 (括号内为标准误)

Table 4 Soil carbon standing stock and its distribution of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* forest of Dinghushan (SE in parentheses)

| 土层 Depth of soil (cm) | 取样数 n | 含量 Concentration (%) | 容重 Bulk density (g/cm ³) | 碳贮量 Standing stock (t/hm ²) |
|--------------------------|-------|-------------------------|---|--|
| 0~ 10 | 5 | 4.361 (0.381) | 0.861 (0.050) | 26.340 (2.483) |
| 10~ 20 | 5 | 2.645 (0.120) | 0.974 (0.024) | 20.937 (1.299) |
| 20~ 40 | 5 | 1.370 (0.156) | 1.086 (0.042) | 27.389 (2.186) |
| 40~ 60 | 5 | 1.068 (0.051) | 1.130 (0.050) | 18.077 (1.046) |
| 合计 Total | | | | 89.128 (9.128) |

然已达 400 多年但其碳年积累量为 $3.149 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 进一步证实了成熟林也在积累碳的观点。然而, 其碳年积累速率略低于 50a 林龄的黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落 ($3.425 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$), 以及显著低于同一地区 66 年生的马尾松林 ($4.12 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)^[18]。可见, 森林吸存碳的速率因森林类型、林龄和树种组成不同而异。

与生态系统其它养分元素(如 N、P、K 等)贮量分配比例相反(植被部分占生态系统总养分存贮的 0.61% ~ 22.54%)^[16, 19], 锥栗、黄果厚壳桂群落大部分的碳素集中在植被部分 ($154.289 \text{ t}/\text{hm}^2$), 占该生态系统的 62.98%, 是黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落植被部分碳存贮量的 1.83 倍 ($84.151 \text{ t}/\text{hm}^2$), 是同一地区马尾松林植被部分的 1.91 倍 ($80.798 \text{ t}/\text{hm}^2$)^[15]。森林植被碳贮量比例高反映了保护好森林对调节大气 CO_2 的重要意义, 如果森林一旦被砍伐, 意味着森林生态系统短期内将有 60% 以上的碳向大气释放, 长时期内随着水土(包括有机质)流失、土壤有机质氧化分解, 森林土壤的碳也将会释放到大气中。

此外, 由于锥栗、黄果厚壳桂群落分布于保护区核心区, 长期以来受到人为的严格保护, 它代表了本地带森林的最高生产力水平^[8]。对于其碳素贮量分配特征的研究不但有助于了解本地带森林生态学问题, 同时也有助于评估本地带森林碳存贮潜力。虽然两群落间植物体碳素含量十分相似, 但锥栗、黄果厚壳桂群落植被部分碳素贮量 ($154.289 \text{ t}/\text{hm}^2$) 是黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落植被部分碳存贮量的 1.83 倍 ($84.151 \text{ t}/\text{hm}^2$)。尤如前面所述其原因主要为: (1) 前者林龄远大于后者; (2) 后者的乔木层在 50 多年前曾经受人为砍伐影响, 有部分植株是砍伐后萌生的^[11]。与同一地区马尾松林比较, 尽管植物体碳平均含量较低, 但锥栗、黄果厚壳桂群落生态系统碳总贮量为 $245.0 \text{ t}/\text{hm}^2$, 是该松林生态系统碳总贮量 ($122.432 \text{ t}/\text{hm}^2$, 类似土层深度)^[15] 的 2 倍。造成以上差异的原因除了它们之间生物量相差较大外, 还由于前者土壤有机碳含量较高所致(前者各土层 0~10cm, 10~20cm、20~40cm、40~60cm 有机碳含量依次是后者的 3.73、5.03、3.72 和 5.16 倍)。鼎湖山马尾松林分布于土壤较贫瘠的地方, 且长期以来受人类活动诸如收割凋落物和林下层等因素影响^[7, 20]。况且尤如本研究结果显示, 锥栗、黄果厚壳桂群落还在以 $3.149 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 的增长速率吸存碳。由此可见, 本地带森林碳存贮潜力的前景广阔, 通过尤如《京都议定书》所主张的加强森林管理(如加强森林保护或人工改造马尾林等)可极大地提高鼎湖山地区森林碳吸存能力。

References

- [1] Li X P, Shi P J. Sensitivity analysis of variation in NAVI, temperature, and precipitation in typical vegetation types across China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, **24**(3): 379~382
- [2] Fang J Y. Forest productivity to China and its responses to global climate change. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, **24**(5): 635~638
- [3] IPCC. *Land use, land-use change, and forestry, a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, U K, 2000
- [4] Houghton R A, Skole D L, Nobre C A, et al. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature*, 2000, **403**: 301~304
- [5] Schulze E D, Wirth C, Heimann M. Managing Forests After Kyoto. *Science*, 2000, **289**: 2058~2059
- [6] Wang Y X, Zhao S D, Niu D. Research state of soil carbon cycling in terrestrial ecosystem. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, **18**(5): 29~35
- [7] Mo J M, Kong G H, Sandra Brown, et al. Litterfall response to human impacts in a Dinghushan pine forest. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, **25**(6): 656~664
- [8] Peng S L, Zhang Z P. Biomass, productivity and energy use efficiency of climax vegetation on Dinghu Mountains, Guangdong, China. *Science in China (Series B)*, 1995, **24**(4): 10~15
- [9] Mo J M, Zhang D Q, Huang Z L, et al. Distribution pattern of nutrient elements in plants of Dinghushan lower subtropical evergreen broad-leaved forest. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2000, **8**(3): 198~206
- [10] Huang Z F, Fan Z G. The climate of Ding Hu Shan. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem*, 1982, **1**: 11~13
- [11] Mo J M, Ding M M, Zhang Z P, et al. Nitrogen accumulation and cycling in a monsoon evergreen broad-leaved forest — the *Cryptocarya concinna*, *Lindera chunii* community of Dinghushan. *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, **18**(2): 140~146
- [12] Wen D Z, Zhang D Q, Wei P, et al. Long-term monitoring of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest

- in Dinghushan Biosphere Reserve (V): Vegetation biomass, coarse woody debris storage and litter dynamics of the community of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna*. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem*, 1998, **8**: 32~ 39
- [13] Wen D Z, Wei P, Kong G H, *et al* Long-term monitoring of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Biosphere Reserve (V ID): An estimation of the annual net production of the community of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna* on basis of biomass increment, annual tree mortality and litter production. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem*, 1998, **8**: 47~ 52
- [14] Wen D Z, Wei P, Zhang Q M, *et al* Studies on biomass of three lower subtropical evergreen broad-leaved forests in a MAB Reserve of South China. *Acta Phytocologica Sinica*, 1999, **23**(suppl 1): 11~ 21.
- [15] Fang Y T, Mo J M. Study on carbon distribution and storage of a pine forest ecosystem in Dinghushan Biosphere Reserve. *GU I H A I A*, 2002, **22**(4): 305~ 310
- [16] Mo J M, Brown S, Kong G H, *et al* Nutrient distribution and cycling of a Masson's pine planted forest in Dinghushan. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(5): 635~ 640
- [17] Lugo A and Brown S. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon. *Plant and Soil*, 1993, **149**: 27~ 41
- [18] Brown S, Lenart M, Mo J M, *et al* Structure and organic matter dynamics of a human-impacted pine forest in a MAB Reserve of subtropical China. *Biotropica*, 1995, **27**: 276~ 289.
- [19] Yu Q F, Wen D Z, Zhang D Q. Long-term monitoring of the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Biosphere Reserve (V III): Biological cycle of nutrient elements in the community of *Castanopsis chinensis*, *Cryptocarya concinna*. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem*, 1998, **8**: 53~ 63
- [20] Mo J M, Kong G H, Brown S, *et al* Effects of litter and understory removal on soil N availability in a subtropical forest of China. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(1): 109~ 112

参考文献

- [1] 李晓兵, 史培军. 中国典型植被类型NDVI动态变化与气温、降水变化的敏感性分析. *植物生态学报*, 2000, **24**(3): 379~ 382
- [2] 方精云. 中国森林生产力及其对全球气候变化的响应(英文). *植物生态学报*, 2000, **24**(5): 635~ 638
- [6] 汪业勳, 赵士洞, 牛栋. 陆地土壤碳循环研究动态. *生态学杂志*, 1999, **18**(5): 29~ 35
- [7] 莫江明, 孔国辉, Brown S, 等. 鼎湖山马尾松林凋落物及其对人类干扰的响应研究. *植物生态学报*, 2001, **25**(6): 656~ 664
- [9] 莫江明, 张德强, 黄忠良, 等. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林植物营养元素含量分配格局研究. *热带亚热带植物学报*, 2000, **8**(3): 198~ 206
- [10] 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~ 13
- [11] 莫江明, 丁明懋, 张祝平, 等. 鼎湖山黄果厚壳桂、鼎湖钓樟群落氮素的积累和循环. *植物生态学报*, 1994, **18**(2): 140~ 146
- [12] 温达志, 张德强, 魏平, 等. 鼎湖山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、粗死木质残体贮量及凋落物动态. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1998, **8**: 32~ 39
- [13] 温达志, 魏平, 孔国辉, 等. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林定位研究 V II 锥栗、黄果厚壳桂群落生物量增量及群落生产力的估算. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1998, **8**: 47~ 52
- [14] 温达志, 魏平, 张倩娟, 等. 鼎湖山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~ 21.
- [15] 方运霆, 莫江明. 鼎湖山马尾松林生态系统碳素分配和贮量的研究. *广西植物*, 2002, **22**(4): 305~ 310
- [16] 莫江明, Brown S, 孔国辉, 等. 鼎湖山马尾松林营养元素的分布和生物循环特征. *生态学报*, 1999, **19**(5): 635~ 640
- [19] 余清发, 温达志, 张德强. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林定位研究 V III 锥栗、黄果厚壳桂群落营养元素生物循环. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1998, **8**: 53~ 63
- [20] 莫江明, 孔国辉, Brown S, 等. 凋落物和林下层收割对鼎湖山生物圈保护区马尾松林土壤有效氮的影响. *生态学报*, 1997, **17**(1): 109~ 112