

鼎湖山三种森林类型土壤碳贮量和分配特征*

方运霆 莫江明** 张倩媚 张佑昌 徐国良
(中国科学院华南植物研究所鼎湖山自然保护区生态
系统定位研究站, 广东肇庆 526070)

摘要: 本文报道了鼎湖山3种森林类型土壤碳素含量和分配特征。土壤容重基本上随深度增加而增加, 但各层间的差异较小(0~10cm、10~20cm、20~40cm和>40cm 4个层次土壤容重平均值分别为: 1.08g/cm³、1.22g/cm³、1.26g/cm³和1.25g/cm³, 底层仅是表层的1.14倍)。同一土层比较, 阔叶林土壤容重较针叶林和混交林低, 针叶林和混交林较接近。土壤有机碳含量在各地间和土层间均存在差异。土壤有机碳含量随土层深度增加逐渐减少(0~10cm、10~20cm、20~40cm和>40cm的土壤碳含量分别在0.229%~5.021%、0.25%~2.85%、0.1%~1.64%和0.19%~1.16%间, 变异系数分别为: 47.13%、62.40%、56.72%和49.99%, 平均值为: 2.04%、1.00%、0.62%和0.47%)。各层土壤有机碳含量都存在阔叶林>混交林>针叶林的规律, 但混交林与针叶林相对接近些。土壤有机碳含量随季节变化不大, 规律不明显。3种森林类型土壤碳贮量平均为47.3t/hm²(针叶林)、61.80t/hm²(混交林)和82.1t/hm²(阔叶林), 总平均值为57.6t/hm²。土壤碳贮量中表层土壤的贡献较大, 其中0~10cm和0~20cm土壤占整个土壤的1/3(平均为34.38%)和1/2(平均为53.22%)强。

关键词: 碳贮存量; 碳分配; 森林土壤; 鼎湖山

Soil Carbon Storage and Distribution for Three Types of Forests in Dinghushan

FANG Yun-Ting MO Jiang-Ming** ZHANG Qian-Mei
ZHANG You-Chang XU Guo-Liang

(Dinghushan Nature Reserve and Ecosystem Permanent Research Station, South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangdong, Zhaoqing, 526070, China)

Abstract: Soil carbon content and distribution for three types of forests in Dinghushan was studied. Soil bulk density generally increased with depths (1.08g/cm³, 1.22g/cm³, 1.26g/cm³ and 1.25g/cm³ for 0~10cm, 10~20cm, 20~40cm and >40cm soil depth, respectively) in all forests. Soil bulk density in all levels of soil depths in pine forest were similar to those in mixed forest, however, in both forests they were higher than those in monsoon evergreen broad-leaved forest. Soil carbon concentrations in all forests decreased with soil depths (0.229 to 5.021% for 0~10cm, from 0.25 to 2.85% for 10~20cm, from 0.10 to 1.64% for 20~40cm, and from 0.19 to 1.16% for >40cm)

* 本研究得到国家自然科学基金重大项目(39899370)、中科院知识创新项目KZCX2-407资助。此外, 野外工作得到莫定升和方晓明等的帮助, 一并致谢!

** 通讯作者: 莫江明, mojm@Scib.ac.cn。

and exhibited in the following order: broad-leaved forest > mixed forest > pine forest. No significant seasonal variations were found for soil carbon concentrations in all forests. Soil carbon storages were average-ly 47.3t/hm² (for pine forest), 61.8t/hm² (for mixed forest) and 82.1t/hm² (for broad-leaved forest), with a total mean of 57.62t/hm². Of total soil carbon, more than one thirds (34.38%) distributed in soil depth of 0~10cm, and more than half (53.22%) distributed in soil depth of 0~20cm.

Keywords: carbon storage; carbon distribution; forest soil; Dinghushan

全球气候变化引起了许多科学家对陆地生态系统中碳循环、碳的储存和分布的关注^[1-3]。森林是陆地生态系统中的主体。森林因其本身维持着巨大的碳库和生产力,它不仅在维护区域生态环境上起重要作用,而且在全球碳平衡中也有巨大的贡献^[2,3]。森林植被在调节全球气候碳平衡、减缓大气中 CO₂ 等温室气体上升及维护气候变化等方面的所起作用有大量很好的研究^[1-5]。然而,森林土壤碳库虽是植被碳库的两倍多(森林植被和土壤碳库分别为 359、787PgC^[1,2]),但在该方面的作用研究远不及对植被的研究。这是因为土壤是个非常复杂的三维体,是大气圈、水圈、岩石圈和生物圈共同作用的界面,时空变异大,增加了估算土壤碳贮量的不确定性。此外,人类活动的干扰,如毁林、石化燃料使用、环境污染和土地利用变化等又是影响土壤碳库及其循环的因子,这些因素也增加了精确估计土壤有机碳库的难度^[10,11]。对土壤碳贮量和分配的研究不足影响着人们对陆地生态系统碳循环的理解^[6-10],对其的评估和认识是准确理解陆地生态系统碳循环首要任务。

我国对土壤有机碳库的研究工作取得了一些成果,如方精云等^[12]和王绍强等^[13]都对我国土壤有机碳库进行了研究。然而,方精云等计算我国土壤有机碳库约为 1 856.9 × 10⁸t,王绍强等利用第二次土壤普查资料,认为我国土壤有机碳库仅 924.18 × 10⁸t,前者是后者的两倍。可见,由于土壤各类型剖面数据和面积统计等来源不同两个估计结果存在很大的差异。周玉荣等^[4]在广泛收集资料的基础上估算了我国主要森林土壤碳贮量,针对特定地区和生态群落的研究,还有李凌浩^[13]对人类活动对草原土壤有机碳分布的影响、吴仲民等^[5]对热带森林土壤含量等研究等。目前,还没有关于南亚热带森林土壤碳贮存和分布方面的报道。本研究选择分布在鼎湖山自然保护区的南亚热带3种典型的森林类型(马尾松针叶林、马尾松针阔混交林和南亚热带常绿阔叶林),研究土壤碳贮量(仅指土壤颗粒直径 < 2mm 部分,不包括凋落物层等)和分配特征,以了解南亚热带森林土壤碳含量状况。

1 研究地区自然概况

鼎湖山国家级自然保护区位于广东省肇庆市东北郊,东经 112°30'39"~112°33'41",北纬 23°09'21"~23°11'30"。气候具有明显的季风性,年平均降雨量为 1 927mm,其中 75%分布在 3月到 8月份,而 12月到次年 2月仅占 6%。年平均相对湿度为 80%。年平均温度为 21.4℃,最冷月(1月)和最热月(7月)的平均温度分别为 12.6℃和 28.0℃^[16]。

由于地理、历史和文化等原因,保护区不仅保存有较为完好的南亚热带地带性植被——南亚热带常绿阔叶林,而且还保存了其它多种植被类型。这些植被类型包括山地常绿阔叶林、山地灌木草丛、沟谷雨林和河岸林等天然植被,马尾松针叶林、针阔混交林等

次生植被。地形属山地和丘陵,最高山峰鸡笼山海拔1 000.3m。随海拔高度升高,植被类型明显更替。具体的植被分布状况及特征说明见周厚诚等文^[17]。本研究3个森林类型土壤均为砖红壤性红壤,母岩为沙岩^[14]

2 研究方法

2.1 样地概况

研究样地选择分布在鼎湖山保护区外围、保护区的缓冲区和过渡区的6个具有代表性马尾松林(样地1~3)、马尾松针阔混交林(样地4~6)和保护区核心区的1个南亚热带常绿阔叶林(样地7)土壤为研究对象。研究涉及到3种森林类型,为描述方便,后文中的针叶林指马尾松林,混交林指马尾松针阔混交林,阔叶林指南亚热带常绿阔叶林。

样地1~5为40年代中期营造的马尾松林。营造的马尾松林因受到的人为干扰与阔叶林的距离不同,如今,样地1~3仍然为针叶林,而样地4~5演变为马尾松、荷木针阔混交林。样地1位于保护区的外围,与当地居民地非常近,常年遭受收割林下层、修枝和割松脂等人为干扰。乔木层稀疏,林下层植物低矮,物种数量少。样地2、样地3是1990年建立的永久样地的保护和处理样地,在保护区的过渡区。该样地的马尾松林是当地政府于40年代营造的人工林,但当时还存在少数30年代种植的残留马尾松,1956—1974年期间马尾松更新良好,到1975—1990年由于农村烧柴的需求增加,对林下层植物和凋落物的破坏极大,1990建立样地后进行了围封。样地4处在样地1的背面,但属于保护区的过渡区。1985年之前一直受到干扰,此后得到良好的保护,林下层植物变得十分稠密。样地5位于望鹤亭,处在缓冲区,1980年根据研究的需要设立为马尾松针叶林的永久样地,由于离核心区的阔叶林近,现在已恢复到马尾松、荷木针阔混交林状态。

样地6位于保护区缓冲区,在旱坑附近的山脊处,海拔200~300cm,坡向东南,坡度30°左右。森林起源于30年代营造的马尾松林,但为半自然状态的针叶林。由于距居民地远,人为干扰轻,另外与阔叶林的距离很近,到1980年时为演替为马尾松、荷木针阔混交林了,此后一直处在自然演替的状态。

样地7是保护区核心区的南亚热带常绿阔叶林永久样地,森林有400多年的历史。

2.2 土壤容重和有机碳含量测定

土壤环刀法测定土壤容重。先在每个样地里随机选择5个采集点(其中样地5没有测定土壤容重,样地2、样地3各1个),根据土层深度,挖0~100cm深的剖面,然后在每个土壤剖面按4个层次(0~10cm、10~20cm、20~40cm和>40cm)采集土壤样品,每层3个重复,分别测定其土壤容重。

为了解土壤碳含量和动态变化,2001年5月在7个不同的森林类型的土壤挖取土壤剖面共计27个,其中样地1、4~样地7各5个,样地2、样地3各1个,分别按0~10cm、10~20cm、20~40cm和>40cm这样4个层次采样。1997年6月、9月、12月和1998年3月,使用土钻分别采集样地2、样地3、样地6、样地7表层(0~10cm)土壤样品20个。所有土壤样品风干磨细,测定土壤有机碳含量。土壤有机碳含量测定方法采用重铬酸钾外加热法。

2.3 土壤碳贮量计算

根据2001年对针叶林、混交林和阔叶林3个林型的37个土壤剖面测得的资料,建立

土壤有机碳含量和土壤容重关系的散点图，经线性拟合，二者表现为直线关系（图 1）。该关系表明，土壤有机碳含量与土壤容重密切相关，土壤有机碳含量随土壤容重增加而递减。以此关系式推算样地 5 土壤容重。

土壤碳贮量是土壤有机碳含量、土壤容重和土壤厚度 3 者的乘值。

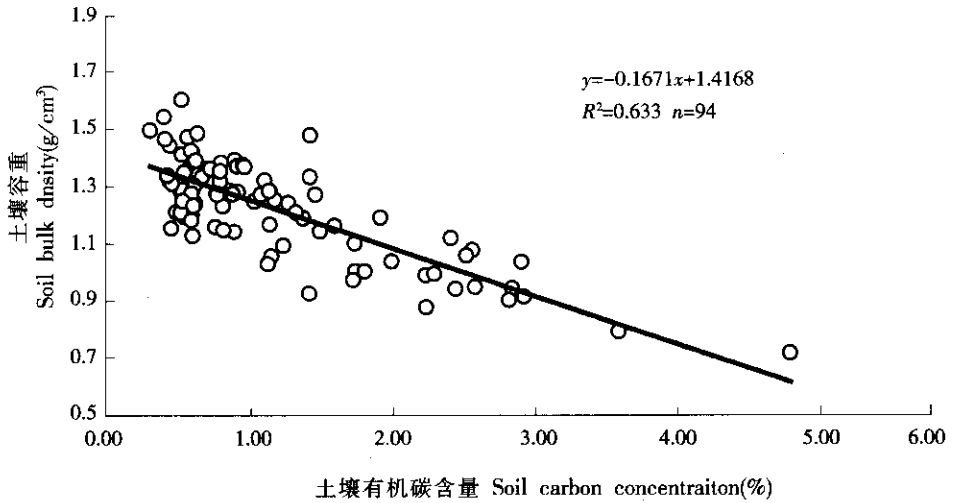


图 1 鼎湖山保护区森林土壤容重与有机碳含量间关系

Fig. 1 Relationship between soil organic carbon concentration and soil bulk density in forests of DHS. The relationship was based on 94 soil samples and was significant at $P=0.05$

3 结果和分析

3.1 土壤容重

表 1 反映了鼎湖山 3 种森林类型（6 个样地）土壤 4 个土层的容重。0~10cm、10~20cm、20~40cm 和 >40cm 土壤容重最高分别为 $1.36\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.43\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.53\text{g}/\text{cm}^3$ 和 $1.59\text{g}/\text{cm}^3$ ，最低为 0.69 、 0.89 、 0.91 和 $1.03\text{g}/\text{cm}^3$ ，对应的最高是最低的倍数为 2.0、1.6、1.7 和 1.6。从最高和最低的倍数或变异系数（4 个土层的变异系数为 17.80%、13.78%、14.70% 和 13.97%）来看，同一层不同样地间存在一定的差异，但表层比其它层次土壤容重差异大（表 1，图 2）。土壤 4 个不同层次土壤容重平均值分别为 $1.08\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.22\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.26\text{g}/\text{cm}^3$ 和 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ ，总平均为 $1.20\text{g}/\text{cm}^3$ ，底层仅是表层的 1.16 倍，说明各层间的土壤容重差异不是十分大。

表 1 鼎湖山森林土壤容重 (g/cm^3)

Table 1 Soil bulk density for four depth intervals in DHS forests

森林类型 Forest types	样地号 Plot No.	土层 Soil depth intervals (cm)				平均值 Mean	
		0~10	10~20	20~40	>40		
针叶林 Pino forest	样地 1 Plot 1	平均值 Mean	1.25	1.28	1.27	1.22	1.25
		S.E.	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02
		C.V.	7.65	2.82	3.78	3.18	4.36

森林类型 Forest types	样地号 Plot No.	土层 Soil depth intervals (cm)				平均值 Mean	
		0~10	10~20	20~40	>40		
	样地 2、3 Plot2, 3	平均值	1.32	1.42	1.45	1.54	1.43
	S.E.	0.04	0.00	0.06	0.06	0.06	0.04
	C.V	4.70	0.42	5.55	5.09	5.09	3.96
混交林 Mixed forest	样地 4 Plot 4	平均值 Mean	1.10	1.24	1.28	1.27	1.22
	S.E.	0.08	0.04	0.09	0.05	0.05	0.04
	C.V	15.73	6.60	15.84	7.40	7.40	11.39
阔叶林 Broad-leaved forest	样地 6 Plot 6	平均值 Mean	1.05	1.34	1.38	1.23	1.25
	S.E.	0.03	0.03	0.05	0.09	0.09	0.03
	C.V	6.37	5.17	5.66	13.12	13.12	7.58
	样地 7 Plot 7	平均值 Mean	0.86	0.97	1.09	1.13	1.00
	S.E.	0.06	0.03	0.07	0.05	0.05	0.05
	C.V.	14.85	6.62	14.00	9.03	9.03	10.05

S.E. 为标准误, C.V 为变异系数 (%) .S.E.Standard Error, C.V.Coefficient of Variation.

把表 1 中 6 个样地分别归为 3 个森林类型 (针叶林、混交林和阔叶林) 并对其土壤容重进行比较。0~10cm 和 >40cm 2 个层次的土壤容重: 针叶林 > 混交林 > 阔叶林, 而对于 10~20cm 和 20~40cm, 针叶林和混交林明显高于阔叶林, 但针叶林和混交林间没有显著差别 (图 2)。

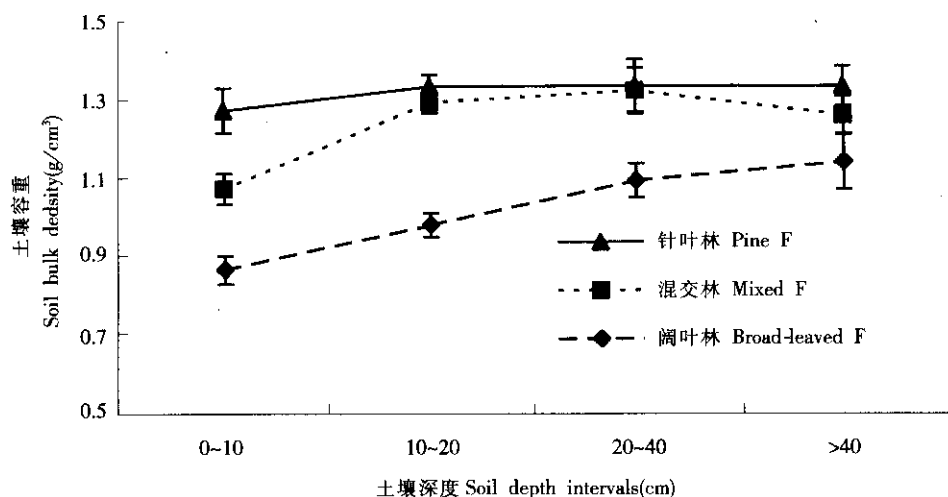


图 2 三种类型森林土壤不同层次土壤容重的比较 (误差线为标准误)

Fig. 2 Soil bulk density for four depth intervals in three type forests of DHS (Error bars represent one Standard Error indicarion variations among samples of the same type of forest)

就某个土壤剖面而言, 0~10cm、10~20cm、20~40 和 >40cm 4 个层次土壤容重的高低次序, 一般表现为依次由高到低, 但 3 种森林类型土壤容重在各层次间的变化趋势略有不同, 在阔叶林表现得最为显著, 而针叶林最不明显 (表 1 和图 2)。对于针叶林, 4 个层次间差异不明显, 可能是因为长期和严重的人为干扰致使表层 (0~10cm) 土壤结构与

底层 (>40cm) 相似。混交林各层土壤容重与针叶林较接近,但是在表层和底层高于针叶林,这可能是因为:1)人为干扰对混交林的影响没有针叶林时间长,也没有那么严重,没有涉及到较深的土壤;2)混交林由于快速生长,表层土壤可能结构得到改善、有机碳含量和粘土成分增加等。对于阔叶林,土壤从浅入深,土壤容重逐渐增大,它反映了自然的状况。3种森林类型土壤底层土壤容重相差不大,也从侧面反映出它们在该层土壤结构性能较为相似,和它们发育于相同的土壤母质^[14]观点是相一致的。

3.2 土壤有机碳含量

3.2.1 空间分布差异

所有样地中,0~10cm、10~20cm、20~40cm和>40cm的土壤有机碳含量分别在0.229%~5.021%、0.25%~2.85%、0.1%~1.64%和0.19%~1.16%间,变异系数分别为:47.126%、62.397%、56.722%和49.995%,平均值为:2.041%、1.004%、0.618%和0.472%(表2)。可见,各样地间和土层间土壤有机碳含量均存在差异。

表2 鼎湖山3种类型森林土壤有机碳含量(%)

Table 2 Carbon Concentration of soil for three types of forest

森林类型 Forest types	样地号 Plot No.		土层 Soil depth intervals (cm)				平均值 Mean
			0~10	10~20	20~40	>40	
针叶林 Pine forest	样地 1 Plot 1	平均值 Mean	1.46	0.82	0.34	0.32	0.74
		S.E.	0.38	0.10	0.02	0.04	0.14
		C.V.	57.57	28.16	15.35	30.33	32.85
	样地 2、3 Plot2, 3	平均值	1.17	0.53	0.37	0.21	0.57
		S.E.	0.14	0.10	0.18	0.02	0.04
		C.V.	16.37	26.46	67.25	15.03	9.96
混交林 Mixedforest	样地 4 Plot4	平均值 Mean	1.50	0.51	0.38	0.39	0.69
		S.E.	0.33	0.14	0.08	0.05	0.15
		C.V.	48.48	59.29	49.40	29.66	46.71
	样地 5 Plot 5	平均值 Mean	1.79	0.75	0.61	0.64	0.95
		S.E.	2.08	1.00	0.72	0.65	1.11
		C.V.	0.08	0.09	0.04	0.04	0.06
样地 6 Plot 6	平均值 Mean	8.96	19.79	12.11	9.34	12.55	
	S.E.	2.31	0.85	0.62	0.42	1.05	
	C.V.	0.22	0.09	0.11	0.03	0.11	
阔叶林 Broad-leaved forest	样地 7 Plot 7	平均值 Mean	21.67	22.45	40.77	16.53	25.36
		S.E.	3.20	2.03	1.14	0.84	1.80
		C.V.	0.55	0.32	0.16	0.14	0.29
		C.V.	38.71	35.32	31.00	33.22	34.56

S.E. 为标准误, C.V. 为变异系数(%). S.E. Standard Error, C.V. Coefficient of Variation.

同样,把样地1~7分别归为3种森林类型来分析样地间的差异。各森林类型土壤0~10cm、10~20cm、20~40cm和>40cm有机碳含量差异较大,针叶林平均值为1.38%、0.74%、0.35%和0.29%,混交林为1.79%、0.76%、0.55%和0.49%,阔叶林为3.20%、2.03%、1.14%。可见,森林土壤有机碳含量随深度增加而明显减少,到底层已经很小了(图3),最底层>40cm分别是表层0~10cm的20.8%(针叶林)、27.1%(混交林)和35.5%(阔叶林)。

森林类型不同，其各层土壤有机碳含量也不同（表 2、图 3、图 4）。阔叶林由于受到非常好的保护，各层土壤有机碳含量显著高于混交林和针叶林，这种趋势在 0~10cm 和 10~20cm 表现得最为明显。混交林 0~10cm 的土壤有机碳含量也明显高于针叶林，说明混交林该层在恢复过程中土壤有机质已开始积累。

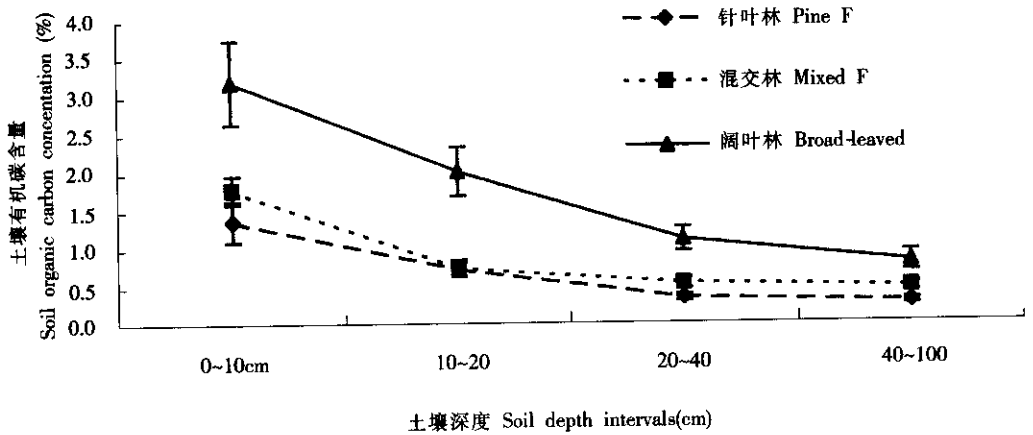
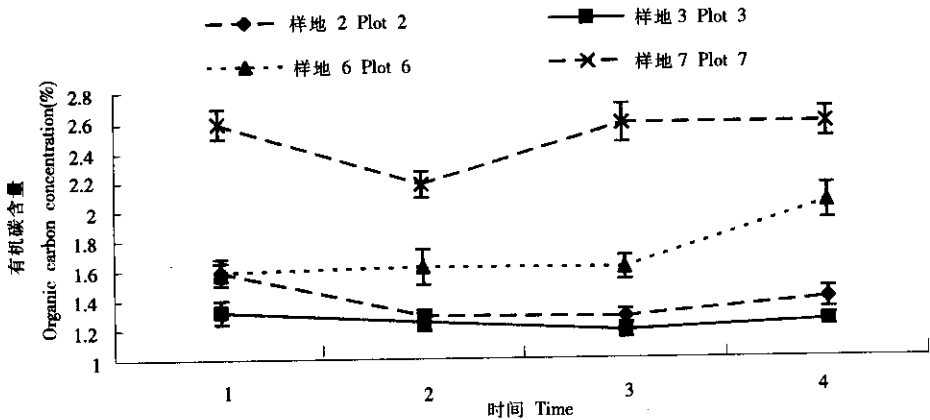


图 3 3 种森林类型土壤不同深度有机碳含量的比较 (误差线为标准误)

Fig. 3 Soil carbon concentration for four depth intervals in three types of forests in DHS (Error bars represent one Standard Error indicating variations among samples of the same type of forest)



1~4 依次表示为: 1997 年 6 月、9 月、12 月和 1998 年 3 月

Figures from 1 to 4 reprints Jun., Sep. Dec. in 1997 and Mar. in 1998

图 4 鼎湖山森林土壤表层 (0~10cm) 有机碳含量季节变化 (误差线为标准误, 表示同一样地不同取样点的差异)

Fig. 4 Seasonal changes of soil carbon concentration for the depth to 10cm in DHS forests (Error bars represent one Standard Error indicating variation among samples of the same plot)

3.2.2 时间分布差异

通过对 4 个样地土壤表层 (0~10) 碳含量季节含量的测定表明, 其有机碳含量随季节略有波动, 但变化幅度较少, 样地 6、样地 7 表现得稍为明显些, 而样地 3 几乎没有任

何变化 (图 4)。

3.3 土壤碳贮量和分配

根据表 1 和表 2 的数据, 按研究方法部分描述的方法可计算出森林生态系统各组分的碳贮量, 如表 3。

表 3 鼎湖山 3 种类型森林土壤碳贮量 (t/hm^2)

Table 3 Soil carbon storage in three types forests in DHS

土层 Depth intervals	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 1	样地 3 Plot 1	样地 4 Plot 1	样地 5 Plot 1	样地 6 Plot 1	样地 7 Plot 1
0~10cm	17.2	15.5	15.5	15.6	22.4	24.0	26.3
10~20cm	10.6	7.5	7.5	6.2	14.9	11.2	20.3
20~40cm	8.8	10.5	10.5	9.3	16.7	14.9	24.1
>40cm	16.8	7.8	7.8	19.1	22.5	8.4	11.4
合计 Total	53.3	41.3	41.3	50.3	76.5	58.6	82.1

注: 样地 1~7 土壤厚度平均值依次为: 82cm、65cm、65cm、76cm、54cm、47cm 和 60cm。

Note: Mean value of thickness was 82cm, 65cm, 65cm, 76cm, 54cm, 47cm and 60cm for plot 1 to plot 7, respectively.

7 个样地土壤碳贮量在 $41.3\sim 82.1t/hm^2$ 间变化, 大多数样地集中在 $41\sim 58.61t/hm^2$ 间 (样地 1~4、6)。针叶林土壤碳贮量在 $41.3\sim 53.3t/hm^2$ 间, 平均为 $47.3t/hm^2$ 。混交林土壤碳贮量在 $50.3\sim 76.5t/hm^2$ 间, 平均为 $61.8t/hm^2$, 阔叶林土壤碳贮量为 $82.1t/hm^2$ (表 3), 3 种森林类型土壤碳贮量总平均值为 $57.6t/hm^2$ 。

土壤碳贮量中, 0~10cm 所占的比例除了在样地 6 较高外 (41.0%), 其它样地 29.2%~37.6% 间, 总平均为 34.4%, 占整个土壤碳贮量的 1/3。0~20cm 所占的比例为 43.4%~60.2% 间, 总平均为 53.2%。可见, 0~20cm 尽管只有 20cm 厚, 但占整个土壤碳贮量中的一半以上, 因此任何引起表层水土流失的活动都将会导致土壤碳贮量明显减少。>40cm 土壤碳贮量所占的比例在 13.8%~31.4% 间, 平均为 23.6%。该层比例的大小, 主要取决于土壤的厚度 (表 3), 土壤厚, 比例就大, 因为各样地间土壤碳含量在 >40cm 差异已经很小 (表 2, 图 3)。

3 讨论

在鼎湖山, 无论是针叶林或混交林还是阔叶林土壤碳贮量大大低于尖峰岭热带森林 $102.60t/hm^2$ ^[5], 明显低于我国东部地区砖红壤、赤红壤等土壤类型碳贮量 (两者依次为 $88.6t/hm^2$ 、 $122.8t/hm^2$)^[11], 也低于周玉荣等^[4]报道我国类似森林类型土壤碳贮量平均水平 ($110.3\sim 335.4t/hm^2$) 和 Detwiler^[19]研究的热带和亚热带地区森林土壤的平均水平 ($92\sim 150t/hm^2$)。可见, 鼎湖山保护区土壤碳贮量低得多。究其原因, 作者认为可能有下面 4 方面的原因:

1) 鼎湖山保护区位于南亚热带地区, 全年热量丰富, 雨量丰沛, 生物循环旺盛, 有机物质代谢快, 不利于土壤有机质积累^[14,15,18];

2) 鼎湖山森林土壤遭受较长时间的人为干扰, 对土壤碳贮量造成了一定的影响。从本研究对土壤碳贮量的分配来看, 鼎湖山土壤碳贮量分配在 0~20cm 的比例达 43%~60%, 平均为 53.22%; 0~40cm 的比例在 62%~86% 间, 平均为 76.43% (表 3)。根据

Batjes^[20]对全球各类型土壤碳贮量的研究, 0~100cm 的土壤碳贮量中, 0~30cm 和 0~50cm 所占的比例在 37%~59% 和 62%~81%, 平均为 49% 和 67%。另根据 Detwiler^[19]的热带和亚热带地区土地利用变化对土壤碳库影响的研究表明, 0~40cm 所贮存的碳占 0~100cm 的比例为 35%~80%, 平均为 57%。可见, 我国南亚热带地区森林土壤在 0~40cm, 特别是 0~20cm 所贮存的碳量的比重相对于其它地区要大, 从侧面反映出土壤更加脆弱, 人为干扰容易造成土壤碳损失;

3) 考虑到人为干扰和全球变化对土壤的影响的深度一般不超过 1m, 一些研究对土壤碳贮量的计算, 传统上是根据 1m 以内的含量得出^[5,10]。鼎湖山保护区最高峰海拔 1000.3m, 与低谷相差 950 余 m, 地形起伏大, 土壤土层深浅不一, 土层深度多集中在 40~70cm 上 (表 3), 低于 30cm 也有一定的比重^[14]。而土层厚度土壤碳贮量的重要决定因子, 保护区土层厚度较小限制了土壤的碳贮量;

4) 对森林土壤碳贮量的估算, 大部分是基于土壤普查^[10,11], 或收集一些文献上的数据而成^[4], 两者都因土壤调查时对山区或山体较高位置的抽样较少, 或报道的森林生态系统类型选择偏向性而使土壤碳贮量结果偏高。

参 考 文 献

- [1] IPCC. Land use, land-use change, and forestry, a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. U K: Cambridge University Press, 2000
- [2] Dixon R K, Brown S, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystem. *Science*, 1994, 263: 185~190
- [3] 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
- [4] 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
- [5] 吴仲民, 曾庆波, 李意德等. 尖峰岭热带森林土壤 C 储量和 CO₂ 排放量的初步研究. *植物生态学报*, 1997, 21 (5): 416~423
- [6] Post W M, Emanuel W R, Zinke P J, Stangenberger A G. Soil carbon pools and world life zones. *Nature*, 1982, 298: 156~159
- [7] 金峰, 杨浩, 赵其国. 土壤有机碳储量及影响因素研究进展. *土壤*, 2000, 1: 11~17
- [8] 汪业勤, 赵士洞, 牛栋. 陆地土壤碳循环的研究动态. *生态学杂志*, 1999, 18 (5): 29~35
- [9] Sampson R N, Apps M, Brown S, et al. Terrestrial biosphere carbon fluxes quantification of sinks and sources of CO₂. *Water, air and soil pollution*, 1993, 70: 3~15
- [10] Sombroek W G, Nachtergaele F O, Hebel A. Amount, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. *AMBIO*, 1993, 22 (7): 417~426
- [11] 王绍强, 周成虎, 李克让等. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析. *地理学报*, 2000, 55 (5): 533~544
- [12] 方精云, 唐艳鸿, 林俊达等主编. 全球生态学——气候变化与生态响应. 高等教育出版社, 施普林格出版社, 2000, 135~141
- [13] 李凌浩. 土地利用变化对草原生态系土壤碳贮量的影响. *植物生态学报*, 1998, 22 (4): 300~302
- [14] 何金海, 陈兆其等. 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: 25~38

- [15] 何宜庚. 广东省鼎湖山自然保护区的土壤. 华南师范大学学报 (自然科学版), 1983, 1: 87~96
- [16] 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: 11~23
- [17] 周厚诚, 李明佳, 周远瑞等. 鼎湖山自然保护区植被图及说明书. 热带亚热带森林生态系统研究, 1986, 4: 43~52
- [18] Daniel D R, et al. Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest. *Nature*, 1999, 400: 56~58
- [19] Detwiler R P. Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soil. *Biogeochemistry*, 1986, 2: 67~93
- [20] Batjes N H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European journal of soil Science*, 1996, 47: 151~163