

鼎湖山南亚热带常绿阔叶林和马尾松林 植物碳素含量比较研究*

方运霆 莫江明** 张德强 余清发

(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: 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林乔木层各器官碳素含量分别为(%)：根 43.73、干 43.84、枝 43.41、皮 41.18 和叶 44.01，平均为 43.38；马尾松林分别为(%)：根 59.13、干 60.80、枝 53.96、皮 53.85、叶 44.63，平均为 54.47。南亚热带常绿阔叶林灌木层、草本层、藤本植物各器官碳素平均含量分别为(%)：41.38、37.19 和 39.82。马尾松林灌木层、草本层植物各器官碳素含量平均值分别为：45.50% 和 40.22%。所测 43 种植物(包括乔木层、灌木层、草本层和藤本植物)各器官总平均值为 43.90%。南亚热带常绿阔叶林和马尾松林新鲜凋落物碳素平均含量分别为 44.85% 和 45.44%，地表现存凋落物碳素平均含量则分别为 40.67% 和 54.40%。

关键词: 植物碳素含量；鼎湖山；南亚热带常绿阔叶林；马尾松林

Comparisons of Plant Carbon Concentration Between Pine Forest and Monsoon Evergreen Broad-leaved Forest in Dinghushan

FANG Yun-Ting MO Jiang-Ming ZHANG De-Qiang YU Qing-Fa
(*Dinghushan Nature Reserve and Ecosystem Permanent Research Station, South China
Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangdong, Zhaoqing, 526070, China*)

Abstract: The distribution pattern of plant carbon concentrations of a natural forest (monsoon evergreen broad-leaved forest) and a plantation (pine forest) in Dinghushan Biosphere Reserve was studied. The carbon concentrations of different organs in natural forest were roots 43.73%, stems 43.84%, branches 43.41%, barks 41.18%, leaves 44.01%, and with a mean of 43.38%. For plantation, the carbon concentration was roots 59.13%, stems 60.80%, branches 53.96%, barks 53.85%, leaves 44.63%, and with a mean of 54.47%. Carbon concentrations of shrubs, herbs, and liana in natural forest were 41.38%, 37.19%, and 39.82%, respectively. While in plantation, carbon concentrations were 45.50% and 40.22% for shrubs and herbs. The total mean of carbon concentration for plants in both natural and plantation forests is 43.20%. For both fresh litters and standing litters, carbon concentration for plantation was higher than that for natural forest.

Keywords: Carbon concentration of plant; Dinghushan; Monsoon evergreen broad-leaved forest; Pine forest

* 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。

** 通讯作者: 莫江明, mojm@scib.ac.cn

森林生态系统是陆地生态系统的主体,它不仅在维护区域生态环境中起着极其重要的作用,而且在全球碳平衡中也起着巨大的作用。据报道,森林生态系统维持的碳库占全球碳库的46.3%^[1]。然而,近代由于人类活动诸如大量使用石化燃料及森林土地利用改变等不断增加,导致大气中CO₂浓度剧增,其浓度已由工业革命前之 280×10^{-6} 上升到现在的 360×10^{-6} ,而且目前每年仍以 0.5×10^{-6} 的速度快速增加^[2]。在1850—1998年间,因森林土地利用变化而释放于大气层中的CO₂有 $136 \pm 55 \text{PgC}$ ($1 \text{Pg} = 1 \times 10^{15} \text{g}$),约是同期源于石化燃料和水泥生产排放的一半($270 \pm 30 \text{PgC}$)^[1]。因此,研究森林生态系统碳素动态及其分配情况对于了解全球碳平衡和人类活动对气候的影响均具有重要的意义^[3-8]。

国际上,碳循环研究大部分集中在热带雨林和北半球的中、高纬度地区的森林,对亚洲季风区的森林生态系统关注较少^[5,6,8]。然而,该区域是全球变化特色最鲜明的区域之一,例如土地利用和植被覆盖变化引起土壤碳循环在热带亚热带地区表现得非常明显,造成的CO₂排放量估计值也存在较大差异。同时这区域分布广,植被和土壤碳贮量大,对全球碳循环以及大气二氧化碳的季节波动具有重要的影响^[7,8]。我国近几年对于区域性森林碳循环研究有较快的发展,如利用大量实测和统计资料研究了1949—1998年间中国森林植被碳库的动态变化^[3],对东北地区陆地碳循环进行模拟^[9]和对我国热带地区森林碳平衡进行了一些研究^[10]。

我国亚热带地区近些年来由于人口激增,经济快速发展等因素,土地利用和植被覆盖发生较大的变化,但未见有人报道该地区森林碳循环情况。本文为亚热带森林碳循环研究的一部分,其目的是报道鼎湖山亚热带常绿阔叶林和马尾松林植物碳素含量分配特征,为进一步了解亚热带森林生态系统碳循环及其对气候变化的作用提供基础。

1 样地概况

本研究在鼎湖山生物圈保护区亚热带常绿阔叶林和马尾松林两个永久样地内进行。保护区位于广东省中部,东经 $112^{\circ}33'$,北纬 $23^{\circ}10'$ 。该区气候具有明显的季风性,年平均降雨量为1927mm,其中75%分布在3月到8月间,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°C ,最冷月(1月)和最热月(7月)的平均温度分别为 12.6°C 和 28.0°C ^[11]。保护区总面积约 1155hm^2 ,海拔高度介于 $14.1 \sim 1000.3 \text{m}$ 之间。亚热带常绿阔叶林为本地带代表性的森林类型,其结构复杂,乔木以黄果厚壳桂(*Cryptocarya concinna*)、荷木(*Schima superba*)等为优势,林龄400多年。位于保护区核心区内的三宝峰,海拔 $270 \sim 330 \text{m}$,坡向东北,坡度 $26^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。土壤为砂页岩发育的赤红壤,土层厚 $30 \sim 90 \text{cm}$,表土有机质含量 $3.23\% \sim 5.60\%$,pH值 $4.06 \sim 4.34$ ^[11]。马尾松林人工林结构简单,乔木仅以马尾松(*Pinus massoniana*)为主,林龄约66年。位于保护区外围的缓冲区,海拔 $30 \sim 200 \text{m}$,坡向北,坡度 $26^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。土壤为沙岩发育的砖红壤性红壤,土层厚约 40cm ,表土有机质含量 $2.25\% \sim 3.95\%$,pH值 $4.16 \sim 4.48$ ^[21]。

2 实验方法

2.1 样品采集和处理

分层分种分别采集亚热带常绿阔叶林和马尾松林植物样品。亚热带常绿阔叶林分乔木层、灌木层、草本层和层间植物(主要是藤本),其中乔木层又分四个亚层(按高度

分: I >20cm、II 15~20m、III 10~15m、IV 5~10m); 马尾松林分乔木层 (两亚层: I 5~10m、II 10~15m)、灌木层和草本层。乔木分根、干、枝、皮和叶, 灌木层分根、枝、干和叶, 草本层分叶+干和根 (马尾松林) 或根、叶、茎 (南亚热带常绿阔叶林)。另在林内设置 10 个 1m×1m 的网以收集凋落物, 地表现存凋落物层分未分解和半分解层采样。所有植物样品烘干, 磨粉。南亚热带常绿阔叶林植物样品 189 个, 凋落物样品 22 个, 地表现存凋落物 6 个。马尾松林植物样品 52 个, 凋落物样品 5 个, 地表现存凋落物 6 个。两个林分共计样品 280 个。

2.2 碳素含量测定

采用重铬酸钾外加热法测定^[13]。本研究全部结果以 105℃ 恒重为基准。

2.3 统计分析方法

新复极差检验 (SSR 检验): 检验植物碳素含量层间差异; F 检验: 检验植物种间差异和种内各器官间差异^[14]。

3 结果

3.1 植物碳素含量分布特征

3.1.1 植物种间比较

南亚热带常绿阔叶林和马尾松林植物碳素含量分布情况如表 1、表 2。植物种不同, 碳素含量也不同。植物各器官碳素含量平均值变化在 32.66%~55.71% 间, 总平均为 43.90%, 变异系数为 10.46%, 最高与最低比值为 1.71。其中以马尾松最高 (I 层: 55.71%, II 层: 53.24%) 和南亚热带常绿阔叶林灌木层的云南银柴 (*Aporosa yunnanensis*) 最低。马尾松各器官植物碳素含量平均值 (54.47%) 是总平均值的 1.3 倍和最低值的 1.7 倍。同时, 植物种间碳素含量的差异还根据器官不同而异。所测的植物叶子碳素含量变化在 26.93%~63.12% 之间, 平均为 43.65%, 变异系数为 15.95%, 最高与最低的比值为 2.34。其中以马尾松林灌木层的鬼灯笼 (*Cleridendron fortunatum*) 叶子碳素含量最高, 其次为该层的山苍子 (*Litsea cubeba*, 60.17%), 最低是南亚热带常绿阔叶林草本层的剑叶耳草 (*Hedyotis lancea*)。植物根的碳素含量变化在 34.09%~61.05%, 平均为 42.86%, 变异系数 11.64%, 最高与最低比值为 1.79。其中以马尾松林的乔木层 I 亚层的根最高, 其次为该林分灌木层九节 (*Psychotria rubra*) 58.46%, 最低为该林分草本层铁线蕨 (*Adiantum capillus*)。可见, 不同种植物间碳素含量叶子和根的差异表现得更明显。

表 1 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林植物碳含量 (%)

Table 1 Plant carbon concentration of Monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan

层次 Layers	种类 Species	根 Root	干 Stem	枝 Branch	皮 Bark	叶 Leaf	平均值 Mean
乔木层 Tree layer							
I (>20m)	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	46.49	46.33	41.3	43.36	49.43	45.38
	锥栗 <i>Castanopsis chinensis</i>	41.67	43.65	40.58	42.86	47.04	43.16
	荷木 <i>Schima superba</i>	42.35	43.13	43.34	46.92	42.55	43.66
	肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>	45.33	44.19	44.9	41.14	45.01	44.12
	黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	44.69	42.98	48.2	42.78	40.72	43.87

层次 Layers	种类 Species	根 Root	干 Stem	枝 Branch	皮 Bark	叶 Leaf	平均值 Mean	
II (15~20m)	华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	47.11	40.53	41.91	43.86	46.17	43.91	
	厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	44.21	45.65	45.18	46.13	47.53	45.74	
	平均值 Mean	44.55	43.78	43.63	43.86	45.49	44.26	
	变异系数 C. V. (%)	4.51	4.36	6.12	4.59	6.6	2.13	
	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	42.68	43.67	41.16	43.09	47.63	43.65	
	荷木 <i>Schima superba</i>	42.42	34.26	39.86	42.74	42.41	40.34	
	肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>	44.11	42.7	37.45	42.5	45.46	42.44	
	黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	39.72	42.39	38	40.77	47.95	41.77	
	华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	42.83	45.49	47.03	41.04	46.51	44.58	
	厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	41.62	46.78	43.27	52.71	48.89	46.66	
	云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	44.56	50.74	42.24	31.54	33.56	40.53	
	红车 <i>Syzygium rehderianum</i>	45.53	52.23	46.76	35.82	46.6	45.39	
平均值 Mean	42.93	44.78	41.97	41.28	44.88	43.17		
变异系数 C. V. (%)	4.24	12.45	8.62	14.84	11.09	5.31		
III (10~15m)	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	47.57	40.86	43.46	45.26	47.37	44.9	
	肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>	45.92	44.13	40.11	42.38	41.88	42.89	
	云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	40.8	46.47	40.04	30.56	30.93	37.76	
	红车 <i>Syzygium rehderianum</i>	44.25	47.82	47.26	43	49.23	46.31	
	光叶山黄皮 <i>Randia canthioides</i>	41.38	43.62	46.98	42.22	43	43.44	
	白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	44.06	45.61	47.72	36.32	39.8	42.7	
	鼎湖钓樟 <i>Lindera chunii</i>	41.45	38.96	39.25	31.15	35.65	37.29	
	黄叶树 <i>Xanthophyllum hainanense</i>	40.22	44.5	44.49	39.09	42.27	42.11	
	平均值 Mean	43.21	44	43.66	38.75	41.27	42.18	
	变异系数 C. V. (%)	6.15	6.6	8.05	14.35	14.35	7.51	
	IV (5~10m)	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	46.3	39.71	43.79		53.43	45.81
		肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>	43.11	42.86	44.72		44.12	43.7
云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>		41.72	43.47	41.17		32.38	39.68	
红车 <i>Syzygium rehderianum</i>		46.15	43.15	43.23		42.07	43.65	
光叶山黄皮 <i>Randia canthioides</i>		41.51	43.05	42.11		47.84	43.63	
鼎湖钓樟 <i>Lindera chunii</i>		45.31	39.78	49.46		49.01	45.89	
黄叶树 <i>Xanthophyllum hainanense</i>		46.18	42.54	44.76		54.02	46.88	
鼎湖血桐 <i>Macaranga sampsoni</i>		42.96	46.71	46.38		39.9	43.99	
平均值 Mean		44.16	42.66	44.45		45.35	44.15	
变异系数 C. V. (%)		4.649	5.206	5.837		16.04	4.984	
灌木层 Shrub		柏拉木 <i>Blastus cochinchinensis</i>	42.8	40.59			45.48	42.96
		九节 <i>Psychotria rubra</i>	46.34	44.06			45.71	45.37
	罗伞 <i>Ardisia quinquegona</i>	44.32	43.81			43.8	43.98	
	横经席 <i>Calophyllum membranaceum</i>	46.76	47.68			46.29	46.91	
	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	39.29	41.29			33.42	38	
	云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	34.11	28.33			35.55	32.66	
	光叶山黄皮 <i>Randia canthioides</i>	40.21	39.16			40.03	39.8	
	平均值 Mean	41.97	40.7			41.47	41.38	
	变异系数 C. V. (%)	10.67	15.06			12.63	11.9	
	草本层 Herb	沙皮蕨 <i>Hemigymma decurrens</i>	37.67				37.19	37.43
山姜 <i>Alpinia chinensis</i>		38.46	39.91			38.14	38.84	
剑叶耳草 <i>Hedyotis lancea</i>		36.49	35.43			26.94	32.95	
金粟兰 <i>Chloranthus spicatus</i>		38.14	39.03			38.81	38.66	

续表

层次 Layers	种类 Species	根 Root	干 Stem	枝 Branch	皮 Bark	叶 Leaf	平均值 Mean
	平均值 Mean	37.69		38.12		35.27	37.03
	变异系数 C. V. (%)	2.29		6.22		15.86	7.43
藤本 Liane	白背瓜腹木 <i>Fissistigma glaucescens</i>	39.87		40.86		44.75	41.82
	杖枝省藤 <i>Calamus rhabdocladius</i>	40.55		37.49		37.65	38.56
	酒饼叶 <i>Desmos chinensis</i>	39.27		36.53		41.23	39.01
	平均值 Mean	39.89		38.29		41.21	39.8
	变异系数 C. V. (%)	1.6		5.94		8.62	4.44

表 2 鼎湖山马尾松林植物碳含量 (%)

Table 2 Plant carbon concentration of Pine forest in Dinghushan

层次 Layers	种类 Species	根 Root	干 Stem	枝 Branch	皮 Bark	叶 Leaf	平均值 Mean
乔木层 Tree layer							
I (10~15m)	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	61.05	61.38	53.33	59.07	43.71	55.71
II (5~10m)	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	57.22	60.22	54.59	48.64	45.54	53.24
	平均值 Mean	59.13	60.8	53.96	53.85	44.63	54.47
	变异系数 C. V. (%)	4.59	1.35	1.65	13.7	2.89	3.2
灌木层 Shrub							
	变叶榕 <i>Ficus variolosa</i>	39.45	57.39			47.61	48.15
	岗松 <i>Bacra frutescens</i>	50.29				32.16	41.23
	鬼灯笼 <i>Cleridendron fortunatum</i>	38.66	40.25			63.12	47.34
	九节 <i>Psychotria rubra</i>	58.46	56.27			39.83	51.52
	三叉苦 <i>Erdia rubra</i>	43.08	59.42			55.87	52.79
	山苍子 <i>Litsea cubeba</i>	41.82	40.71			60.17	47.56
	桃金娘 <i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	38.58	56.59			48.91	48.03
	五指毛桃 <i>Ficus hirta</i>	45.01	47.09			47.37	46.49
	野牡丹 <i>Melastoma candidum</i>	38.84	38.89			31.18	36.3
	玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i>	40.52	52.71			54.8	49.34
	平均值 Mean	43.47	44.93			48.1	45.5
	变异系数 C. V. (%)	14.75	18.4			22.85	10.62
草本层 Herb							
	乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i>	40.57				37.63	39.1
	双唇蕨 <i>Schizoloma ensifolium</i>	36.3				36.88	36.59
	铁线蕨 <i>Adiantum capillus</i>	34.09				48.86	41.47
	芒萁 <i>Dicranoperis dichotome</i>	38.93				47.95	43.44
	山菅兰 <i>Dianella ensifolia</i>	43.93				44.17	44.05
	其它 Others	34.63				38.66	36.65
	平均值 Mean	38.07				42.36	40.22
	变异系数 C. V. (%)	9.97				12.62	8.16

3.1.2 器官间的比较

植物碳素含量各器官间差异随林分和层次不同而异(表1、表2)。在南亚热带常绿阔叶林,所有层中(乔木各亚层、灌木层和草本层)植物各器官碳素含量的差异均不明显。如在南亚热带常绿叶林I层,植物各器官碳素平均含量分别为(%):根44.55、干43.78、枝43.63、皮43.86和叶45.49,最大与最小比值仅为1.04;在灌木层,植物各器官碳素平均含量分别为(%):根41.97、干40.70、和叶41.47,最大与最小比值较乔

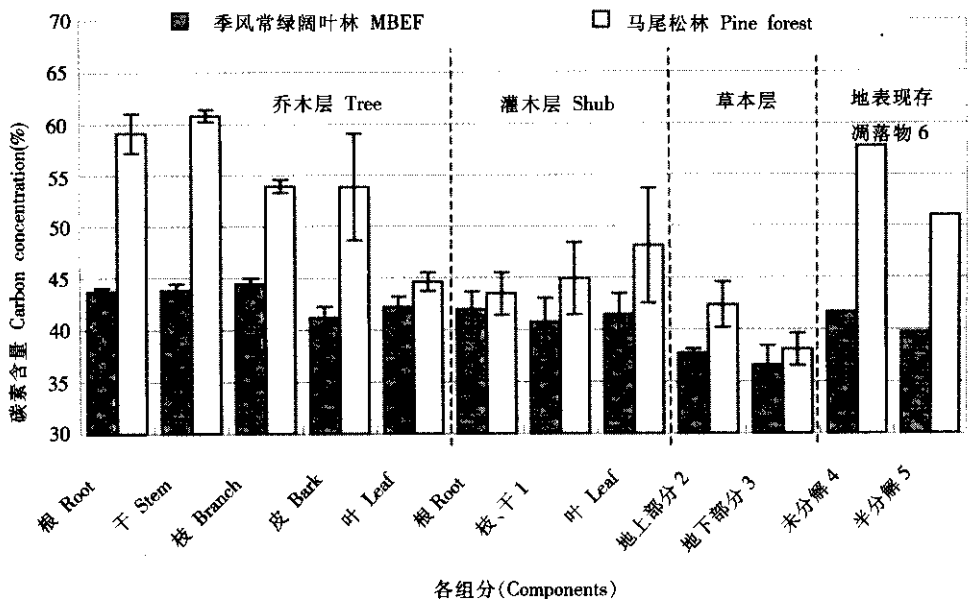
木I层还小 (1.03)。然而, 在马尾松林里, 各器官碳素含量差异则十分明显。乔木层以根或干最大叶最小, 其它层则基本上以叶最高。如在乔木 I 层, 植物各器官碳素平均含量分别为 (%): 根 61.05、干 61.38、枝 53.33、皮 59.07 和叶 43.71, 最大与最小比值为 1.40。

3.1.3 层间比较

方差分析结果表明, 南亚热带常绿阔叶林不同层间各器官总平均值呈现: 乔木层显著大于灌木层、草本层和藤本 ($p < 0.05$), 然而, 乔木各亚层间、以及灌木层、草本层和藤本植物之间差异均不显著。在马尾松林里则表现为: 乔木层 > 灌木层 > 草本层 ($p < 0.05$)。根、枝和干器官碳含量比较, 南亚热带常绿阔叶林仅草本层显著低于其它层次 ($p < 0.05$), 而在马尾松林里则与其各器官总平均值排列顺序一致 (乔木层 > 灌木层 > 草本层, $p < 0.05$); 叶的碳含量比较, 两种林分层间差异均不显著。可见, 植物碳素含量层间差异随林分和器官不同而异。另外, 对南亚热带常绿阔叶林里同种植物 (黄果厚壳桂、云南银柴和肖蒲桃 (*Acmena acuminatissima*)) 碳素含量在不同层间进行比较, 其结果与上面的总平均值比较结果相类似。虽然植物碳素含量在乔木四个亚层间变化不大, 但它们均明显高于灌木层植物, 尤其是根、干和叶器官 (表 1)。由此可见, 植物碳素含量的层间差异是植物种类成分和植物对其所处层次生态条件的适应性共同作用的结果。

3.1.4 林分间的比较

除叶的碳素含量相类似外, 乔木层各器官碳素含量马尾松林均较南亚热带常绿阔叶林高。与乔木层相类似, 灌木层和草本层各器官碳素含量也表现为: 马尾松林 > 南亚热带常绿阔叶林 (图 1)。



1.branch+stem 2.abovestorey 3.understorey 4.fresh 5.decomposing 6.standing litter on

图 1 马尾松林和季风常绿阔叶林各层碳素含量

Fig. 1 Carbon concentration of plant and standing floor litter in pine and monsoon evergreen broad-leaved forest in DHS

3.2 凋落物碳素含量特征

碳素含量的种间和器官间差异同样表现在新鲜凋落物中(表3,图1)。如南亚热带常绿阔叶林厚壳桂、黄叶树(*Xanthophyllum hainanense*)和黄果厚壳桂凋落物叶碳素含量(>50%)是云南银柴(38.12%)的1.3倍。两林分比较,新鲜凋落物中各器官碳素平均含量均相类似。例如,凋落物叶的碳素平均值在南亚热带常绿阔叶林和马尾松林中分别为45.86%和45.88%。两林分地表现存凋落物均表现为:未分解>半分解。然而,地表现存凋落物中马尾松林的碳素平均含量(54.40%)显著高于南亚热带常绿阔叶林(39.67%)。

表3 鼎湖山森林生态系统凋落物碳素含量(%)
Table 3 Carbon concentrations of forest litter in DBR (%)

植物名称或组分 Species or component	南亚热带常绿阔叶林 MEBF *	马尾松林 Pine forest
新鲜凋落物 Fresh litterfall		
凋落叶 Litter leaves		
黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	52.05	
厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	47.87	
荷木 <i>Schima superba</i>	42.6	
柏拉木 <i>Blastus cochinchinensis</i>	38.66	
白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	52.2	
黄叶树 <i>Xanthophyllum hainanense</i>	39.84	
降真香 <i>Acronychia pedunculata</i>	50.24	
半枫荷 <i>Pterospermum heterophyllum</i>	49.61	
白背瓜腹木 <i>Fissistigma glaucescens</i>	48.05	
肖蒲桃 <i>Acmena acuminatissima</i>	39.22	
云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	44.39	
松针 Needle		48.66
马尾松林杂叶 Mixed leaves in pine forest		43.1
平均值 Mean of leaves	45.86	45.88
树皮 Brarks	45.82	44.2
树枝 Twig	45.87	47.02
花果 Flowers and fruits	41.66	44.67
平均值 Mean	44.8	45.44
地表现存凋落物 Standing litter on the floor		
未分解 Fresh	41.68	57.78
半分解 Decomposing	39.67	51.02
平均值 Mean	39.67	54.4

* Monsoon evergreen broad-leaved forest

4 讨论

目前对于森林植物地上部分碳存贮研究,通过实值来估算的例子不多^[10,15~17],生态学者们通常采用转换系数45%^[4~6]或50%^[1,3,18,19]作为干物质转换成有机碳。这种做法是否也适合本地带森林呢?前人和本研究结果表明,植物碳素含量与其它营养元素含量一样受地理区域、森林类型和森林树种组成等因素影响^[20]。从表4可见,我国不同地区森林乔木层植物碳素含量具有如下特点:1)南方森林(尤其是叶片)碳素含量低于北方森

林; 2) 阔叶林低于针叶林; 3) 同一林型不同气候带、同一气候带不同的林型其碳素含量也有所区别。如本研究中同一气候带不同两个林型, 南亚热带常绿阔叶林各器官碳素平均含量约为马尾松林各器官平均含量的 80% (其原因可能与南亚热带常绿阔叶林植物体内不含树脂有关); 4) 各地区森林乔木层植物各器官碳素总平均含量为 51.2%。由此可见, 从总平均值看, 对于大尺度森林乔木层植物碳素估算使用 50% 作为转换系数是较合理的。本研究所测植物 (包括乔木层、灌木层、草本层和藤本植物) 各器官总平均值为 43.90%, 乔木层各器官平均值为 48.95% (表 1、表 2), 由于在南亚热带森林, 乔木层生物量占整个森林的绝大部分 (一般在 95% 以上^[12]), 因此, 估测鼎湖山地区森林生态系统植物碳素存贮情况时应用 50% 作为转换系数也接近实测值。

表 4 我国不同地区森林乔木层植物碳素含量的比较

Table 4 Comparisons of plant carbon concentration in forests among different climatic zone

森林类型 Forest types	气候带 Climatic zone	根 Root	干 Stem	枝 Branch	皮 Bark	叶 Leaf	平均值 Mean	资料来源 References
云杉林 Spruce forest	北温带 North temperate zone	54.9	50.3	50.9	50	57	52.6	[16]
火炬松林 Loblolly pine forest	北亚热带 Higher subtropics	51.8	54.9	55.8	54.2	55.9	54.5	[17]
栎树林 Oak forest		45.2	51.2	48.6	52.3	52.1	49.9	
杉木林 Chinese fir forest		51	47.4	49.1	53.3	51.9	50.5	
杉木林 Chinese fir forest	中亚热带 Middle subtropics	53.8	55.6	53.6	53.3	54.1	54.1	[15]
南亚热带常绿阔叶林 MEBF	南亚热带 Lower subtropics	43.7	43.8	43.4	41.3	44.2	43.4	本文 This study
马尾松林 Pine forest		59.1	60.8	54	53.9	44.6	54.5	
热带森林 Tropical forest	热带 Tropics	53.9	57.9	46.5	45.6	45.8	50	[10]
平均值 Mean		51.7	52.7	50.2	50.5	50.7	51.2	

参 考 文 献

- [1] IPCC. Land use, land-use change, and forestry, a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2000
- [2] IPCC. Climate change 1995: The science of climate change. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 1996. 572
- [3] Jingyun Fang, Anping Chen, Changhui Peng, et al. Changes in Forest Biomass Carbon Storage in China Between 1949 and 1998. Science, 2001, 292: 2 320~2 322
- [4] 王效科, 冯宗炜. 中国森林生态系统中植物固定大气碳的潜力. 生态学杂志, 2000, 19 (4): 72~74
- [5] Whittaker, R. H. and Likens, G. E. Carbon in the biota. In: carbon and the biosphere [A]. Woodwell, G. Mand J Pecan, E. V. (eds). National technical information service (CONF-720510) [C], Spring-

- field, Virginia, 1973.281~302
- [6] Oliver L., Phillips, Yadvinder Malhi, Niro Higuchi, et al. Change in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plot. *Science*, 1998, 282: 139~442
- [7] 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
- [8] 黄耀. 关于中国陆地生态系统碳循环研究的几点思考. *21世纪青年学者论坛*, 2001, 23 (1): 66~68
- [9] 王绍强等. 东北地区陆地碳循环平衡模拟分析. *地理学报*, 2001, 56 (4): 390~400
- [10] 李意德, 曾庆波, 吴仲民等. 我国热带天然林植被 C 贮存量的估算. *林业科学研究*, 1998, 11 (2): 156~162
- [11] 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): 11~21
- [12] 莫江明等. 鼎湖山生物圈保护区马尾松林凋落的分解及其营养动态研究. *植物生态学报*, 1997, 20 (6): 534~542
- [13] 孙鸿烈, 刘光崧主编. 中国生态系统研究网络观测与分析标准方法 I. 土壤理化分析与剖面描述 (第二版). 中国标准出版社, 1995, 31~32
- [14] 李春喜等编著. 生物统计学. 北京: 科学出版社, 1998
- [15] 陈楚莹, 廖利平, 汪思龙等. 杉木人工林生态系统碳素分配与贮量的研究. *应用生态学报*, 2000, 11 (Supp.): 175~178
- [16] 王金叶, 车克钧, 蒋志荣. 祁连山青海云杉林碳平衡研究. *西北林学院学报*, 2000, 15 (1): 9~14
- [17] Ruan H H, Jiang Z L, Gao S M. Preliminary studies on carbon cycling in three forest type in the hilly regions of southern Jiangsu province. In: Chao Chison. *Forest and environment research and practice [C]*, Beijing: China Forestry Publishing House, 1996, 369~375
- [18] 李国忠, 林俊成, 陈丽琴. 台湾人工林碳吸存潜力及其成本效益分析. *台湾林业科学*, 2000, 15 (1): 115~123
- [19] 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
- [20] Mo, J.M. et al. Nitrogen distribution in vegetation of a subtropical monsoon evergreen broadleaf forest in China. *Tropics*, 1994, 3 (2): 143~153