

## 西双版纳森林植被碳储量动态与增汇潜力研究

张修玉<sup>1\*</sup>, 许振成<sup>1</sup>, 王俊能<sup>1,2</sup>, 宋巍巍<sup>1</sup>,  
秦建桥<sup>3</sup>, 胡习邦<sup>1,2</sup>, 张婉璐<sup>1</sup>, 邹洁<sup>1</sup>

1. 环境保护部华南环境科学研究所, 广东 广州 510655; 2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;  
3. 广东省环境科学研究院, 广东 广州 510045

**摘要:** 科学评估区域森林碳储量动态与增汇潜力对理解陆地碳循环具有重要的意义。本文基于生物量转换因子连续函数法, 对西双版纳 1993—2006 年间森林植被碳储量与碳汇潜力进行了研究, 结果表明, (1) 西双版纳 1993—1994 年间森林植被整体碳储量为 60 770 378.37 t, 碳汇增量表现为栎类(*Quercus* L.)>经济林>思茅松(*Pinus kesiya*)>其它阔叶>桉木(*Alnus cremastogyne*), 主要森林类型的碳密度范围为 15.08~74.76 t·hm<sup>-2</sup>; 2005—2006 年间森林植被整体碳储量为 62 347 715.19 t, 比 1994—1993 年间上升 2.60%, 碳汇增量均表现为其它阔叶>经济林>栎类>思茅松>桉木>杉木(*Cunninghamia lanceolate*)>其它针叶, 主要森林类型的碳密度范围为 8.60~70.90 t·hm<sup>-2</sup>。(2) 2005—2006 年间, 景洪森林植被整体碳储量为 23 299 801.23 t, 碳密度范围为 8.78~73.35 t·hm<sup>-2</sup>; 勐海森林植被整体碳储量为 14 058 043.42 t, 碳密度范围为 7.95~59.51 t·hm<sup>-2</sup>; 勐腊森林植被整体碳储量为 25 050 562.32 t, 碳密度范围为 8.46~98.73 t·hm<sup>-2</sup>。可见, 1993—2006 年间, 西双版纳森林植被起到了重要的碳汇功能, 且其碳汇功能呈上升趋势。

**关键词:** 西双版纳; 森林生物量; 森林碳储量; 碳增汇潜力; 区域碳循环

**中图分类号:** Q948

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-5906 (2011) 03-0397-06

哥本哈根气候大会昭示着气候变暖问题已严重威胁到人类的生存和发展<sup>[1]</sup>。气候变暖与陆地碳循环动态及其反馈效应密切相关, 森林作为大气 CO<sub>2</sub> 最大的陆地碳库, 在陆地碳循环中占主导地位, 其碳汇功能对碳收支平衡起着不可替代的作用<sup>[2-5]</sup>。研究表明, 大面积的森林砍伐造成了 2.24 Pg/a (以 C 计) 的碳排放, 其中 94% 发生在热带亚热带地区, 森林面积减少尤其是热带雨林的破坏已成为继化石燃烧之后大气 CO<sub>2</sub> 浓度增加的第二大人为排放来源<sup>[6-7]</sup>。在全球减排温室气体的《京都议定书》与 IPCC 报告中, 将提高区域森林植被覆盖面积作为一种重要的陆地碳增汇措施。近年来, 准确评估区域森林碳储量及其增汇潜力已成为碳循环研究中的热点<sup>[8-9]</sup>, 但由于对全球范围或陆地板块等大尺度的森林碳储量估算误差较大<sup>[10]</sup>, 目前对森林碳储量及其增汇潜力的研究愈来愈向较小尺度的区域森林生态系统方向发展<sup>[11-13]</sup>。

西双版纳作为我国唯一保存的一块热带雨林区, 也是地球北回归线上仅存的一片绿洲, 李红梅等<sup>[14]</sup>利用 1993—1994 年的森林清查资料估算了西双版纳森林植被碳储量, 但在研究中没有考虑林下植被、粗死木质残体与凋落物等部分的碳储量, 这显然降低了森林碳储量的估算精度。近十几年来,

由于该地区天然林面积骤减与橡胶林面积剧增, 加上紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*) 等外来物种的入侵以及刀耕火种等原始的耕作/种植管理方式对自然植被的干扰日益加剧, 这无疑改变了当地森林植被碳储量及其增汇潜力。因此, 为提高森林植被碳储量的估算精度, 本文在充分考虑林下植被、粗死木质残体与凋落物生物量的基础上, 采用国内外常用的材积源生物量法, 结合西双版纳 1993—1994 与 2005—2006 年仅有的两次森林清查资料, 对西双版纳两个时期森林植被碳储量与固碳潜力进行了对比分析, 旨在为区域碳循环研究积累基础资料, 同时也为全球变暖背景下制定减排增汇的相关区域环境决策提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 森林生物量

(1) 乔木层生物量: 在各森林类型中设置 30 m×30 m 的标准样地, 选取 1~2 株平均木伐倒后, 采用分层切割法直接测定干、枝和叶鲜质量, 地下根系采用随机 1/4 挖掘法, 去土后测定鲜质量, 同时收集各器官样品, 将样品带回实验室在 80 °C 恒温下烘干至恒量, 求出各器官含水率, 推算出平均木各器官生物量, 标准样地平均木生物量乘以株数得出样地的总生物量, 进而计算出单位面积的生物量。

**基金项目:** 国家科技重大专项(2008ZX07211); 国家发改委项目(ZBK043); 环境保护部华南环境科学研究所热带亚热带退化生态研究项目(zx\_200912\_04)

**作者简介:** 张修玉(1979年生), 男, 博士, 研究方向为区域环境与生态。E-mail: xiuyuzhangxiuyuy@126.com

**收稿日期:** 2011-02-23

(2) 林下植被生物量: 参照杨昆等人<sup>[15]</sup>的研究方法, 在已设置的每个 30 m×30 m 大样方范围内, 根据林下植被分布特征, 设置 10 个 2 m×2 m 的小样方, 采用收获法测定林下灌木与草本的生物量(包括地上部分与地下部分), 分别称量和记录样方内林下植被的各部分的鲜重, 并分别对灌木植物的叶、枝/茎、根和草本植物的地上部、地下部进行取样, 然后带回实验室测定含水率, 最后推算每块样地的林下植被生物量。

(3) 凋落物与粗死木质残体储量: 凋落物储量测定方法如下: 在每个大样方内按照凋落物分布类型设置 10 个 2 m×2 m 的小样方, 对小样方内的凋落物进行收集, 清除泥沙后快速漂洗、风干, 放置于 60 °C 烘箱中烘干至恒重后称重; 粗死木质残体储量参照张修玉等人<sup>[16]</sup>的研究方法进行。

(4) 森林总体生物量与乔木层蓄积量关系: 整理各林分类型(乔木+林下植被+粗死木质残体+凋落物)的生物量总和与乔木蓄积量数据, 采用换算因子连续函数法即材积源的方法对林分类型生物量总和与乔木蓄积量进行多目标函数拟合, 然后从模型参数的生物学意义、相关系数、残差平方和以及差异性检验( $P<0.01$ )综合考虑, 确定  $B=aV^b$  为最优模型(表 1), 用以估算乔木森林生物量。

(5) 竹林、灌木林与疏林的生物量的估算

对于区域竹林生物量的推算, 目前主要有基于面积的方法与基于株数的方法<sup>[17]</sup>, 本研究采用基于面积的方法。李红梅等人<sup>[14]</sup>在西双版纳的研究结果为 60.94 t·hm<sup>-2</sup>, 疏林为 36.14 t·hm<sup>-2</sup>, 灌木林为 19.76 t·hm<sup>-2</sup>, 参考方精云<sup>[18]</sup>的对全国森林的研究结果, 本研究通过对林下植被、凋落物以及根桩等粗死木质残体进行储量取样与调查, 对这三种植被类型生物量进行修正, 修正后的结果为竹林 66.44 t·hm<sup>-2</sup>, 疏林 40.76 t·hm<sup>-2</sup>, 灌木林 25.45 t·hm<sup>-2</sup>。

## 1.2 资料来源与估算方法

本研究用到的不同森林类型的面积、蓄积量和生产力统计资料均来自于西双版纳 1993—1994 与 2005—2006 年间建国后仅有的两次森林清查资料,

由于经济林、竹林、疏林与灌木林的生产力在清查资料中没有统计, 因此这四种植被类型的生产力根据方精云等人<sup>[18]</sup>总结的生物量与生产力的回归模型进行计算, 生物量与碳储量之间的转换系数采用国际上公认的 0.5<sup>[19]</sup>。另外, 本研究中的碳增汇量是指生物量增加部分的碳汇储量, 碳密度则是碳储量与森林面积的比值。

## 2 结果与分析

### 2.1 西双版纳不同时期森林植被碳储量与增汇潜力

西双版纳 1993~1994 年间森林植被整体碳储量为 60770378.37 t (见表 2)。其中栎类碳储量最高, 达 49300416.37 t, 占森林植被整体碳储量的 81.13%; 其它森林类型碳储量特征表现为竹林>思茅松>经济林>其它阔叶>灌木林>疏林>桉木, 其碳储量比例分别为 5%、3.85%、3.63%、3.13%、1.78%、0.85%与 0.63%。

西双版纳 2005—2006 年间森林植被整体碳储量为 62347715.19 t (表 2), 各种森林类型碳储量特征表现为栎类>其它阔叶>经济林>思茅松>竹林>灌木林>桉木>疏林>杉木>其它针叶。西双版纳 1993—2006 年间, 主要森林类型植被整体碳储量呈增加趋势, 共增加 1577336.82 t, 碳储量年增加 0.22%。其中, 栎类、竹林、疏林与灌木林等天然林碳储量呈下降趋势, 而桉木、思茅松、其它阔叶与经济林等人工林碳储量呈上升趋势, 说明当地的森林植被碳储量动态变化主要为人类活动的干扰所致<sup>[14]</sup>。

西双版纳 1993—1994 年间森林植被总体碳汇增量表现为, 栎类>经济林>思茅松>其它阔叶>桉木(表 3); 主要森林类型的碳密度范围为 15.08~74.76 t·hm<sup>-2</sup>, 其中, 栎类碳密度最大, 经济林碳密度最小, 具体表现为栎类>其它阔叶>桉木>思茅松>经济林。

西双版纳 2005—2006 年间森林植被整体碳储量表现为经济林>其它阔叶>栎类>思茅松>桉木>杉木>其它针叶, 碳汇增量表现为其它阔叶>经济林>栎类>思茅松>桉木>杉木>其它针叶; 主要森林类型的碳密度范围为 8.60~70.90 t·hm<sup>-2</sup>, 栎类碳密度最大, 经济林碳密度最小, 主要森林类型的碳密度特

表 1 森林乔木层生物量与蓄积量关系方程

Table 1 Relationship equations between biomass and volume in forest tree layer

乔木类型	生物量(B)-蓄积量(V)回归方程	样本数(N)	相关系数(r)	残差平方和(R <sup>2</sup> )
栎类( <i>Quercus L.</i> )	$B=0.6747V^{1.0129}$	36	0.9547**	129.65
桉木( <i>Alnus cremastogyne</i> )	$B=0.5839V^{1.1003}$	19	0.9638**	708.79
思茅松( <i>Pinus kesiya</i> )	$B=0.7768V^{0.9534}$	27	0.9765**	1820.32
杉木( <i>Cunninghamia lanceolata</i> )	$B=0.4406V^{1.1139}$	25	0.9350**	1563.47
其他针叶	$B=0.7306V^{0.8948}$	21	0.9679**	69.87
其它阔叶	$B=2.3202V^{0.7465}$	33	0.9881**	1035.37
经济林	$B=1.2660V^{0.6982}$	35	0.9650**	110.44

\*\* $P<0.01$

表 2 西双版纳 1993—1994 与 2005—2006 年间森林植被生物量与碳储量  
Table 2 Biomass and carbon stock of forest vegetation in Xishuangbanna during 1993-1994 and 2005-2006

森林类型	1993—1994		2005—2006		碳储量年变化率/%
	生物量/t	碳储量/t	生物量/t	碳储量/t	
栎类	98 600 832.70	49 300 416.37	68 633 599.02	34 316 799.50	-2.53
桫木	767 613.86	383 806.93	907 809.16	453 904.58	1.52
思茅松	4 681 269.07	2 340 634.54	5 341 843.93	2 670 921.97	1.18
杉木	-	-	83 349.81	41 674.90	-
其它针叶	-	-	1 764.39	882.19	-
其它阔叶	3 799 904.90	1 899 952.45	37 810 324.24	18 905 162.12	74.59
经济林	4 417 252.40	2 208 626.20	7 098 492.40	3 549 246.20	5.06
竹林	6 080 249.96	3 040 124.98	2 801 037.32	1 400 518.66	-4.49
疏林	1 035 593.40	517 796.70	133 688.72	66 844.36	-7.26
灌木林	2 158 040.39	1 079 020.20	1 883 521.42	941 760.71	-1.06
合计	121 540 756.68	60 770 378.37	124 695 430.40	62 347 715.19	0.22

表 3 西双版纳 1993—1994 与 2005—2006 年间主要森林类型碳增汇潜力  
Table 3 Capacity of raising carbon sink of main forest type in Xishuangbanna during 1993-1994 and 2005-2006

森林类型	1993—1994 年		2005—2006 年		碳密度年变化/(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
	碳增汇量/(t·a <sup>-1</sup> )	碳密度/(t·hm <sup>-2</sup> )	碳增汇量/(t·a <sup>-1</sup> )	碳密度/(t·hm <sup>-2</sup> )	
栎类	1 212 129.51	74.76	680 064.73	70.90	-0.32
桫木	10 116.77	56.48	11 002.42	56.94	0.04
思茅松	97 386.38	41.93	90 335.36	43.98	0.17
杉木	-	-	5 021.88	26.99	-
其它针叶	-	-	29.13	30.95	-
其它阔叶	141 946.08	60.72	1 754 664.97	43.26	-1.46
经济林	245 871.52	15.08	955 086.64	8.60	-0.54

征具体表现为栎类>桫木>思茅松>其它阔叶>经济林>其它针叶>杉木。1993—2006 年间,栎类与思茅松的碳增汇量呈下降趋势,而桫木、其它阔叶林与经济林的碳增汇量呈上升趋势;碳密度表现为桫木与思茅松碳密度有所上升,而栎类、其它阔叶与经济林碳密度有所下降。

## 2.2 西双版纳不同地区森林植被碳储量与碳增汇潜力现状分布

景洪 2005—2006 年间森林植被整体碳储量为

23 299 801.23 t (表 4),占整个西双版纳傣族自治州的 37.37%。其中,其中栎类碳储量最高,达 14 705 583.65 t,占景洪地区的 63.11%;其它森林类型碳储量特征表现为其它阔叶>经济林>思茅松>竹林>灌木林>疏林>杉木>桫木>其它针叶,其碳储量比例分别为 17.74%、7.51%、7.33%、2.96%、1.12%、0.082%、0.080%、0.059%、0.0/04%。

勐海 2005—2006 年间森林植被整体碳储量为 14 058 043.42 t。其中栎类碳储量最高,达

表 4 西双版纳不同地区 2005—2006 年间森林植被生物量与碳储量  
Table 4 Biomass and carbon stock of forest vegetation of different area in Xishuangbanna during 2005—2006

森林类型	景洪		勐海		孟腊	
	生物量/t	碳储量/t	生物量/t	碳储量/t	生物量/t	碳储量/t
栎类	29 411 167.30	14 705 583.65	19 261 206.88	9 630 603.44	20 138 571.73	10 069 285.87
桫木	27 380.43	13 690.21	479 773.61	239 886.81	401 287.79	200 643.89
思茅松	3 416 324.98	1 708 162.49	1 917 855.14	958 927.57	5 063.02	2 531.51
杉木	37 242.58	18 621.29	45 588.39	22 794.19	1 034.63	517.31
其它针叶	1 764.39	882.19	-	-	-	-
其它阔叶	8 265 378.36	4 132 689.18	4 602 969.52	2 301 484.76	24 888 312.88	12 444 156.44
经济林	3 500 425.48	1 750 212.74	237 493.53	118 746.77	3 359 725.82	1 679 862.91
竹林	1 381 666.31	690 833.16	527 905.66	263 952.83	891 465.34	445 732.67
疏林	38 130.98	19 065.49	62 089.71	31 044.86	33 468.04	16 734.02
灌木林	520 121.65	260 060.83	981 204.39	490 602.20	382 195.38	191 097.69
合计	46 599 602.46	23 299 801.23	28 116 086.84	14 058 043.42	50 101 124.64	25 050 562.32

9 630 603.44 t, 占森林植被整体碳储量的 68.51%; 其它森林类型碳储量特征表现为其它阔叶>思茅松>灌木林>竹林>桉木>经济林>疏林>杉木, 其碳储量比例分别为 16.37%、6.82%、3.49%、1.88%、1.71%、0.84%、0.22%与 0.16%。

勐腊 2005—2006 年间森林植被整体碳储量为 25 050 562.32 t。各种森林类型碳储量特征表现为其它阔叶>栎类>经济林>竹林>桉木>灌木林>疏林>思茅松>杉木, 其碳储量比例分别为 49.68%、40.20%、6.71%、1.78%、0.80%、0.76%、0.07%、0.01%与 0.002%。

景洪主要森林类型中, 碳汇增量表现为经济林>其它阔叶>栎类>思茅松>杉木>桉木>其它针叶(表 5); 主要森林类型的碳密度范围为 8.78~73.35

t·hm<sup>-2</sup>, 其中, 栎类碳密度最大, 经济林碳密度最小, 具体表现为栎类>思茅松>其它阔叶>其它针叶>桉木>杉木>经济林。

勐海主要森林类型中, 碳汇增量表现为栎类>其它阔叶>思茅松>经济林>桉木>杉木; 主要森林类型的碳密度范围为 7.95~59.51 t·hm<sup>-2</sup>, 其中, 桉木碳密度最大, 经济林碳密度最小, 具体表现为桉木>栎类>杉木>思茅松>其它阔叶>经济林。

孟腊主要森林类型中, 碳汇增量表现为其它阔叶>栎类>桉木>思茅松>杉木; 主要森林类型的碳密度范围为 8.46~98.73 t·hm<sup>-2</sup>, 其中, 栎类碳密度最大, 经济林碳密度最小, 具体表现为栎类>桉木>其它阔叶>思茅松>杉木。

西双版纳傣族自治州森林植被碳密度为 40.93

表 5 西双版纳不同地区 2005~2006 年间主要森林类型碳增汇潜力

Table 5 Capacity of raising carbon sink of main forest type of different area in Xishuangbanna during 2005~2006

森林类型	景洪		勐海		孟腊	
	碳增汇量/(t·a <sup>-1</sup> )	碳密度/(t·hm <sup>-2</sup> )	碳增汇量/(t·a <sup>-1</sup> )	碳密度/(t·hm <sup>-2</sup> )	碳增汇量/(t·a <sup>-1</sup> )	碳密度/(t·hm <sup>-2</sup> )
栎类	302 851.32	73.35	229 080.90	53.05	148 341.32	98.73
桉木	383.58	30.88	4 055.64	59.51	6 615.34	57.38
思茅松	54 747.27	49.08	35 412.89	37.25	164.28	13.42
杉木	2 332.57	21.68	2 669.38	37.62	48.98	6.55
其它针叶	29.13	30.95	0.00	0.00	-	-
其它阔叶	391 768.96	39.69	239 733.36	36.28	1 122 468.48	46.19
经济林	461 128.35	8.78	34 566.72	7.95	459 391.57	8.46

t·hm<sup>-2</sup> (其中, 勐海>孟腊>景洪具体分布见图 1), 与相同时期的全国森林植被碳密度相近<sup>[20]</sup>, 略低于四川与重庆地区的森林植被碳密度<sup>[21]</sup>, 但高于河南、广东与黑龙江省的森林植被碳密度<sup>[22-24]</sup>(表 6)。

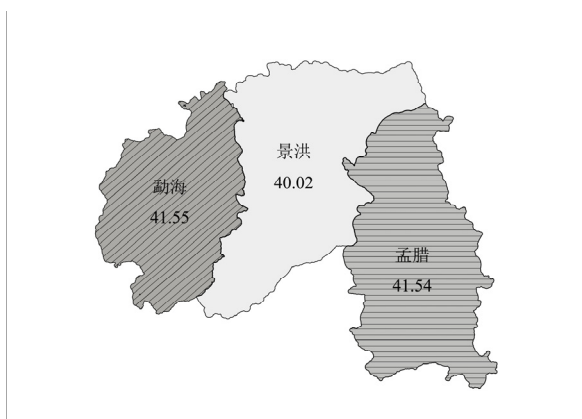


图 1 西双版纳森林植被碳密度分布特征  
Fig.1 Carbon density distribution characteristics of forest in Xishuangbanna

### 3 结论

(1) 不同时期西双版纳森林植被碳储量与增汇潜力

西双版纳 1993—1994 年间森林植被整体碳储

表 6 中国不同地区森林植被碳密度动态

Table 6 Forest vegetation carbon density dynamics of different areas in China

地区	碳密度(t·hm <sup>-2</sup> )	文献
全国	41.00	[20]
四川与重庆	41.66	[21]
河南	23.64	[22]
黑龙江	33.44	[23]
广东	22.96	[24]
西双版纳	40.93	本研究

量为 60 770 378.37 t, 其中栎类碳储量最高, 占森林植被整体碳储量的 81.13%; 在主要森林类型中, 碳汇增量表现为, 栎类>经济林>思茅松>其它阔叶>桉木; 主要森林类型的碳密度范围为 15.08~74.76 t·hm<sup>-2</sup>。

西双版纳 2005—2006 年间森林植被整体碳储量为 62 347 715.19 t, 比 1994—1993 年间上升 2.60%; 在主要森林类型中, 净生产量与碳汇增量均表现为其它阔叶>经济林>栎类>思茅松>桉木>杉木>其它针叶; 主要森林类型的碳密度范围为 8.60~70.90 t·hm<sup>-2</sup>。

(2) 不同地区森林植被碳储量与碳增汇潜力现状分布

2005—2006 年间, 景洪森林植被整体碳储量为 23 299 801.23 t, 碳汇增量表现为经济林>其它阔叶>栎类>思茅松>杉木>桉木>其它针叶, 主要森林类型的碳密度范围为 8.78~73.35 t·hm<sup>-2</sup>; 勐海森林植被整体碳储量为 14 058 043.42 t, 碳汇增量表现为, 栎类>其它阔叶>思茅松>经济林>桉木>杉木, 主要森林类型的碳密度范围为 7.95~59.51 t·hm<sup>-2</sup>; 勐腊森林植被整体碳储量为 25 050 562.32 t, 碳汇增量表现为其它阔叶>栎类>桉木>思茅松>杉木, 主要森林类型的碳密度范围为 8.46~98.73 t·hm<sup>-2</sup>。

### 参考文献:

- [1] UNCCC, 2009. [http://en.wikipedia.org/wiki/2009\\_United\\_Nations\\_Climate\\_Change\\_Conference](http://en.wikipedia.org/wiki/2009_United_Nations_Climate_Change_Conference).
- [2] NABUURS G J, SCHELHAAS M J, MOHREN G M J, et al. Temporal evolution of the European forest sector carbon sink from 1950 to 1999[J]. *Global Change Biology*, 2003, 9(2):152-160.
- [3] WOODALL C W, Heath L S, Smith J E. National inventories of down and dead woody material forest carbon stocks in the United States: Challenges and opportunities[J]. *Forest Ecology and Management*, 2008, 256: 221-228.
- [4] WOODBURY P B, SMITH J E., HEATH L S. Carbon sequestration in the U.S. forest sector from 1990 to 2010[J]. *Forest Ecology and Management*, 2007, 241: 14-27.
- [5] LAL R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change[J]. *Geoderma*, 2004, 123: 1-22.
- [6] MATAMALA R, Gonzalez-MELER M A, JASTROW J D, et al. Impacts of fine root turnover on forest NPP and soil C sequestration potential[J]. *Science*, 2003, 302: 1385-1387.
- [7] HOUGHTON R A. Magnitude, distribution and causes of terrestrial carbon sinks and some implications for policy[J]. *Climate Policy*, 2002, 2: 71-88.
- [8] NICOLAS B, BRADLEY D P. Carbon sequestration, vegetation dynamics and soil development in the Boreal Transition ecoregion of Saskatchewan during the Holocene[J]. *Catena*, 2008, 74: 65-72.
- [9] LI H M, MA Y X, MITHCHELL A T. Past, present and future land-use in Xishuangbanna, China and the implications for carbon dynamics[J]. *Forest Ecology and Management*, 2008, 255: 16-24.
- [10] PIAO S L, FANG J Y, CIAIS P, et al. The carbon balance of terrestrial ecosystems in China[J]. *Nature*, 2009, 458: 1009-1013.
- [11] LAL R. Forest soils and carbon sequestration[J]. *Forest ecology and management*, 2005, 220: 242-258.
- [12] WANG Q K, WANG S L. Soil organic matter under different forest types in Southern China[J]. *Geoderma*, 2007, 142: 349-356.
- [13] BLACKLARD J A, FINCO M V, HELMER E H, et al. Mapping U.S. forest biomass using nationwide forest inventory data and moderate resolution information[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112: 1658-1677.
- [14] 李红梅, 马友鑫, 郭宗峰, 等. 西双版纳森林植被的碳储量及影响因素分析[J]. *福建林学院学报*, 2005, 25(4): 368-372.  
LI Hongmei, MA Youxin, GUO Zengfeng, et al. Carbon storage of forest vegetation and its relationship with affecting factors in Xishuangbanna[J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2005, 25(4): 368-372.
- [15] 杨昆, 管东生. 珠江三角洲地区森林生物量及其动态[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(4): 705-712.  
YANG Kun, GUAN Dongsheng. Forest biomass and its dynamics in Pearl River Delta[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(4): 705-712.
- [16] 张修玉, 管东生, 张海东. 广州三种森林粗死木质残体(CWD)的储量与分解特征[J]. *生态学报*, 2009, 29(10): 5227-5236.  
ZHANG Xiuyu, GUAN Dongsheng, ZHANG Haidong. Characteristics of storage and decomposition of coarse woody debris(CWD) under three forests in Guangzhou[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5227-5236.
- [17] 陈先刚, 张一平, 张小全, 等. 过去 50 年中国竹林碳储量变化[J]. *生态学报*, 2008, 28(11): 5218-5227.  
CHEN Xiangang, ZHANG Yiping, ZHANG Xiaoquan, et al. Carbon stock changes in bamboo stands in china over the last 50 years[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5218-5227.
- [18] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. *生态学报*, 1996, 16(5): 498-508.  
FANG Jingyun, LIU Guohua, XU Songling. Biomass and net production of forest vegetation in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(5): 498-508.
- [19] 吴庆标, 王效科, 段晓男, 等. 中国森林生态系统植被固碳现状和潜力[J]. *生态学报*, 2008, 28(2): 517-524.  
WU Qingbiao, WANG Xiaoke, DUAN Xiaonan, et al. Carbon sequestration and its potential by forest ecosystems in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 517-524.
- [20] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981~2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. *中国科学(D)*, 2007, 37(6): 804-812.  
FANG Jingyun, GUO Zhaodi, PIAO Shilong, et al. Terrestrial vegetation carbon sink of 1981~2000 in China[J]. *Science in China (D series)*, 2007, 37(6): 804-812.
- [21] 黄从德, 张健, 杨万勤, 等. 四川省及重庆地区森林植被碳储量动态[J]. *生态学报*, 2008, 28(3): 966-975.  
HUANG Congde, ZHANG Jian, YANG Wanqin, et al. Dynamics on forest carbon stock in Sichuan Province and Chongqing City[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(3): 966-975.
- [22] 光增云. 河南省森林碳储量及动态变化研究[J]. *林业资源管理*, 2006, 4: 56-60.  
GUANG Zengyun. Study on Changes in Forest Biomass Carbon Storage in Henan Province[J]. *Forest Resources Management*, 2006, 4: 56-60.
- [23] 焦燕, 胡海清. 黑龙江省森林植被碳储量及其动态变化[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(12): 2248-2252.  
JIAO Yan, HU Haiqing. Carbon storage and its dynamics of forest vegetations in Heilongjiang Province[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(12): 2248-2252.
- [24] 张亮, 林文欢, 王正, 等. 广东省森林植被碳储量空间分布格局[J]. *生态环境学报*, 2010, 19(6): 1295-1299.  
ZHANG Liang, LIN Wenzheng, WANG Zheng, et al. Spatial distribution pattern of carbon storage in forest vegetation of Guangdong province[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(6): 1295-1299.

## Research on forest vegetation carbon stock dynamics and capacity of raising carbon sink in Xishuangbanna

ZHANG Xiuyu<sup>1\*</sup>, XU Zhencheng<sup>1</sup>, WANG Junneng<sup>1,2</sup>, SONG Weiwei<sup>1</sup>,  
QIN Jianqiao<sup>3</sup>, HU Xibang<sup>1,2</sup>, ZHANG Wanlu<sup>1</sup>, ZOU Jie<sup>1</sup>

1. South China Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Guangzhou 510655, China;

2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

3. Guangdong Provincial Academy of Environmental Science, Guangzhou 510045, China

**Abstract:** To evaluate forest carbon stock dynamics and carbon sink capacity of regional forest scientifically is of great significance to terrestrial carbon cycle. Based on the method of biomass expansion factor function, this paper studied forest carbon stock dynamics and carbon sink capacity of Xishuangbanna in the period of 1993-2006, and the results showed that, (1) in the period of 1993-1994, total forest vegetation carbon stock was 60 770 378.37 t. Carbon sink increment all ranged as oak forest > production forest > pinus khasys > other broad leaved forest > alder forest, and carbon density of main forest type was 15.08~74.76 t·hm<sup>-2</sup>. In the period of 2005-2006, total forest vegetation carbon stock was 62 347 715.19 t, which increased by 2.60% compared with the period of 1993-1994. Sink increment all ranged as other broad leaved forest > production forest > oak forest > pinus khasys > alder forest > fir forest > other needle forest, and carbon density of main forest type was 8.60~70.90 t·hm<sup>-2</sup>. (2) In the period of 2005-2006, total forest vegetation carbon stock of Jinghong was 23 299 801.23 t, and carbon density of main forest type was 8.78~73.35 t·hm<sup>-2</sup>. Total forest vegetation carbon stock of Menghai was 14 058 043.42 t, and carbon density of main forest type was 7.95~59.51 t·hm<sup>-2</sup>. And total forest vegetation carbon stock of Mengla was 25 050 562.32 t, and carbon density of main forest type was 8.46~98.73 t·hm<sup>-2</sup>. Undoubtedly, forest vegetation in Xishuangbanna played an important role in carbon sequestrating, and the effect of carbon sink had been in rising trend during the year of 1993-2006.

**Key words:** Xishuangbanna; forest biomass; forest carbon stock; capacity of raising carbon sink; regional carbon cycle