

· 研究报告 ·

安徽池州森林植被碳贮量调查及分析

张乐勤*

池州学院资源环境与旅游系, 池州 247000

摘要 气候变暖及应对是国际社会关注的焦点,也是当前学术界的研究热点,森林植被碳汇定量化评估是气候变化应对研究的重要方面。安徽池州是国家首个生态经济示范区,也是“生态安徽”建设试点市。利用2009年森林清查资料,采用调查研究、模型研究和文献研究等手段,基于不同林分生物量与蓄积量回归方程、全干生物量的计算方法,揭示了池州森林植被碳贮量。结果表明:池州总生物量为 $3.598\ 879\ 0\times 10^7$ t,总全干生物量为 $3.513\ 103\ 1\times 10^7$ t,总碳贮量为 $1.716\ 13\times 10^7$ t,碳密度为 $34.70\ \text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。该文有助于加深政府部门及公众对池州森林植被巨大碳汇生态服务功能的认识,为制定生态立市发展战略提供理论依据,从而增强人们保护池州森林植被的积极性与主动性。

关键词 碳贮量,池州,气候变化,森林植被

张乐勤 (2011). 安徽池州森林植被碳贮量调查及分析. 植物学报 46, 544–551.

近年来气候变暖是全球气候变化领域研究热点和国际环境谈判的焦点(齐玉春和董云社, 2004)。政府间气候变化专业委员会(IPCC)第四次评估报告表明:1906–2005年,地表平均温度已经上升了 $0.74\ ^\circ\text{C}$ (张志强等, 2008)。全球气候变化必将对植物的种群、群落、生态系统乃至整个生物圈产生巨大影响(王辉民等, 1995)。研究表明,未来100年全球变暖的趋势会进一步加剧,而且将对自然系统和社会经济产生更为显著的负面影响(Pielke et al., 2008; Solomon et al., 2009)。国际科学界认为,导致全球变暖的各种因素中有90%以上来自温室气体排放(张志强等, 2008)。CO₂对温室效应的贡献约占全部温室气体的50%(齐玉春和董云社, 2004)。减少温室气体排放、阻遏气候变暖已经成为国际共识。

森林生态系统作为陆地生态系统的重要组成部分,必将对气候的变化产生反作用(周广胜等, 1995)。森林生态系统贮存了陆地生态系统76%–98%的有机碳(王效科等, 2001),在调节全球碳平衡、减缓大气中CO₂等温室气体浓度的上升和维护全球气候等方面具有不可替代的作用(刘国华等, 2000)。推算森林生物量及其碳汇是生态学和全球气候变化研究的重要内容之一(方精云和陈安平, 2001)。

国外对森林生物量的研究始于20世纪50年代(李明泽, 2010)。20世纪60–70年代,在国际生物学计划(IBP)和人与生物圈(MAB)计划的推动下,世界各国对森林植物的生物量进行了大量调查,生物量研究得到了迅速发展。在此背景下,对森林碳汇的研究也拉开了序幕(张颖等, 2010),欧洲、北美众多国家的学者对此进行了研究(Kauppi et al., 1992; Wofsy et al., 1993; Keeling et al., 1996; Myneni et al., 1997; Fan et al., 1998; Brown and Schroeder, 1999; Schimel et al., 2000; Valentini et al., 2000)。《京都议定书》生效后,森林碳汇及碳汇经济研究有了更加全面和深入的发展。

国内对森林生物量的研究始于20世纪70年代末至80年代初(方精云和陈安平, 2001; 李明泽, 2010)。早期多位学者对不同尺度区域或不同林分的生物量进行了研究(冯宗炜等, 1982; 陈灵芝等, 1984; 刘世荣等, 1990; 李意德等, 1992)。90年代中期以后,在全球气候变暖背景下,众多学者跟踪国外研究动态,对我国的森林生物量及森林碳汇展开了全方位、多视角的研究(方精云等, 1996, 2002, 2007; 康惠宁等, 1996; 马钦彦和谢征鸣, 1996; 罗天祥等, 1999; 冯宗炜等, 1999; 王绍强等, 1999; 刘国华等, 2000; 王

收稿日期: 2011-03-10; 接受日期: 2011-07-16

基金项目: 安徽省教育厅重点研究课题(No.2010sk502zd)

* E-mail: zhangleqing@sohu.com

效科和冯宗炜, 2000; 郑征等, 2000; 周玉荣等, 2000; 王效科等, 2001; 方精云和陈安平, 2001; 李高飞和任海, 2004), 极大地推动了我国森林生物量、森林碳汇及相关生态系统和全球气候变化研究。

国内外对森林植被生物量及碳汇研究的历史较长, 在研究方法、计算模型和研究案例等方面积累了丰富的经验, 但也存在研究尺度单一(主要为大尺度)、方式多为静态等诸多不足。未来的研究重点应主要围绕研究方法、手段和研究时空尺度的拓展等方面。研究方法上, 更精准的新方法、新模型必将取代传统的研究方法; 研究手段上, 遥感等信息技术的应用必将得到进一步加强; 而在研究时空尺度上, 中小尺度区域的动态研究及变化趋势分析将成为研究重点。

池州市是国家首个生态经济示范区, 也是“生态安徽”建设试点市。多年来, 其森林植被的碳贮量一直是政府、人大代表、政协委员热议的话题, 也是公众关注的生态问题之一。迄今为止, 未有学者对此进行过研究。本文利用安徽省林业调查规划院提供的2009年森林资源数据, 采用调查研究、模型研究、文献研究和对比研究等方法, 估算出其森林生物量与碳贮量, 并通过与安徽省和全国平均值的比对, 揭示出其巨大的碳汇功能, 以期政府确立“十二五”乃至今后更长时间内的发展方向、思路 and 理念提供理论依据, 并促进人们保护池州森林植被的积极性与主动性, 同时也为我国小尺度区域碳贮量的定量评估提供借鉴。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域

池州市位于安徽省西南部、长江下游南岸, 介于116°38'E-118°05'E、29°33'N-30°51'N之间, 辖贵池区、东至县、石台县、青阳县和九华山风景区, 总面积为8 272 km²。2009年, 总人口为159.87万(池州统计局, 2010)。池州市地貌类型以丘陵山地为主, 气候属暖湿性亚热带季风气候, 年平均气温16.5°C, 年均降水量1 400-2 200 mm, 年均日照率45%, 年均无霜期220天, 最长286天。土壤类型以红壤、黄棕壤、石灰土、紫色土、潮土和草甸土为主。

2009年, 池州森林面积为4.945 22×10⁵ hm², 蓄积量为2.144 403 7×10⁷ m³(表1), 森林覆盖率为

57.72%(池州统计局, 2010)。植被类型具有北亚热带典型特征, 为常绿阔叶林向落叶阔叶林过渡地带, 常绿树与落叶树混生, 有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、针叶林和竹林等, 还有一些栽培的亚热带经济林木。全市境内分布有高等种子植物153科676属1 557种(含种及其以下等级, 野生种1 430种, 栽培种127种), 其中属于国家和省重点保护的有26种。组成森林植被的主要种子植物有杉科(Taxodiaceae)、松科(Pinaceae)、柏科(Cupressaceae)、杨柳科(Salicaceae)、胡桃科(Juglandaceae)、桦木科(Betulaceae)、壳斗科(Fagaceae)、榆科(Ulmaceae)、桑科(Moraceae)、木兰科(Magnoliaceae)、樟科(Lauraceae)、山茶科(Theaceae)、金缕梅科(Hamamelidaceae)、漆树科(Anacardiaceae)、楝科(Meliaceae)、茜草科(Rubiaceae)、木犀科(Oleaceae)、蔷薇科(Rosaceae)、冬青科(Aquifoliaceae)、豆科(Leguminosae)、毛茛科(Ranunculaceae)、山茱萸科(Cornaceae)、虎耳草科(Saxifragaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)和山矾科(Symplocaceae)等千余种。竹类资源广泛分布, 主要为毛竹, 且大片成林。重点保护树种有连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)、红豆杉(*Taxus chinensis*)、永瓣藤(*Monimopetalum chinense*)、香果树(*Emmenopterys henryi*)、金钱松(*Pseudolarix amabilis*)、黄山木兰(*Magnolia cylindrica*)、香榧(*Torreya grandis cv. merrillii*)和青钱柳(*Cyclocarya paliurus*)等。

1.2 方法

本文采用调查法、模型法、文献法和对比法进行研究。研究思路是: 首先, 基于调查法, 获取池州市2009年各林分面积与蓄积量的基础数据; 其次, 基于模型法和文献法, 估算各林分生物量, 然后将其转化为全干生物量, 再按全干生物量含碳系数计算碳密度, 进而核算碳贮量; 最后, 对计算结果进行分析, 揭示池州森林在贮存CO₂和应对气候变化方面所表现出的生态服务价值。

1.2.1 乔木林生物量

乔木林生物量包括乔木层、乔木下的枯死木层、草本层、凋落物层以及地下根系部分。刘盛和李国伟(2007)认为, 乔木林林下的灌木和草本及地下根系部

表1 池州各类森林面积、蓄积量统计表(2009年数据)

Table 1 Statistics of area and stocking volume of different forest types in Chizhou (data in 2009)

Forest type	Total area (hm ²)	Total stocking volume (m ³)	Young forest		Half-mature forest		Near-mature forest		Mature forest		Over-mature forest	
			Area (hm ²)	Stocking volume (m ³)	Area (hm ²)	Stocking volume (m ³)	Area (hm ²)	Stocking volume (m ³)	Area (hm ²)	Stocking volume (m ³)	Area (hm ²)	Stocking volume (m ³)
Cedar wood	5 334.6	53 793	4 350.6	15 762	832.3	32 465	151.7	5 566	—	—	—	—
Exotic pines	8 340.6	599 101	1 012.7	30 963	4 677.9	354 335	779.9	57 939	1 084.7	83 344	785.4	72 520
Masson pine	86 437.6	5 375 641	25 066.5	1 089 051	36 343.6	2 254 097	15 857.5	1 183 327	9 017.4	835 911	152.6	13 255
Fir	80 856.17	7 127 082	1 613.17	364 540	60 495	4 815 713	11 932	1 147 660	6 347.4	726 141	468.6	73 028
Hard broad-leaved forest	173 914.1	6 471 014	88 880.6	1 753 616	74 280.3	3 820 715	9 739.1	831 340	941.8	60 112	72.3	5 231
Soft broad-leaved forest	44 070.4	1 777 303	12 162	43 045	12 926.3	545 838	6 139.4	360 816	9 403.9	590 575	3 438.8	237 029
Populus	5 321.3	38 521	4 774.3	5 060	305.2	12 857	44.8	2 978	160.3	15 225	36.7	2 401
Paulownia	189.4	1 582	166.9	104	3.3	79	2.7	44	6.5	538	10	817
Economic forest	6 761.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bamboo forest	28 017.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Shrubbery	52 826.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Open forest	2 453	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

资料来源于安徽省林业调查规划院。

Data are provided by the Forest Inventory and Planning Institution of Anhui province.

分的生物量不到其总量的0.3%。因此, 本文中对乔木林林下部分予以忽略。

乔木林生物量研究方法包括样地清查法、材积源-生物量转换因子法和遥感估算法等(杨海军等, 2007)。材积源-生物量转换因子法(以下简称为转换因子法), 是建立在对大量森林实测生物量和蓄积量的研究基础上, 通过建立蓄积量与生物量间的线性回归关系, 来估算森林生物量的计算方法。由于森林蓄积量是森林生长的立地条件、气候条件和森林年龄级及其它因素的综合反映(方精云等, 1996; 方精云, 2000; 刘国华等, 2000; Fang et al., 2001; 刘盛和李国伟, 2007; 李海奎和雷渊才, 2010), 使用转换因子法估算森林生物量, 能很好地体现其实际情况, 因此该方法被学术界认为是一种较好的估测森林生物量的方法(方精云等, 1996)。其计算公式为:

$$B_{total} = V_{total} \cdot BEF \quad (1)$$

式中: B_{total} 为某一树种组或森林类型的总生物量; V_{total} 为对应的总蓄积量; BEF 为生物量转换因子。转换因子的计算包括IPCC、生物量转换因子连续函数和生物量回归模型估算等3种不同方法(刘盛和李国

伟, 2007)。本文采用生物量转换因子连续函数法, 计算公式为:

$$BEF = a + b/V \quad (2)$$

式中: a 、 b 均为常数, 随树种或森林类型不同而变化; V 为某一树种组或森林类型的单位蓄积量。将(2)变型为: $BEF \cdot V = aV + b$, 令 $B = BEF \cdot V$, 可得:

$$B = aV + b \quad (3)$$

式中: B 为单位面积生物量; V 为单位面积蓄积量; a 、 b 为常数。方精云等(1996)、方精云和陈安平(2001)基于收集到的全国各地生物量和蓄积量的758组研究数据, 把中国森林类型分成21类, 并建立了单位面积树种或森林类型生物量和蓄积量的函数线性关系(方精云等, 1996)(表2)。

乔木总生物量计算公式为:

$$B_{total} = B \times A \quad (4)$$

式中: A 为树种或森林类型面积。

1.2.2 经济林、灌木林、疏林、竹林生物量

经济林、灌木林、疏林、竹林的生物量计算公式为:

$$B_{total} = B_h \times A \quad (5)$$

表2 不同林分类型的单位面积生物量与蓄积量回归方程**Table 2** The regression equations of biomass and volume of unit area for different forest types

Forest type	Relation between biomass and volume per unit	<i>n</i>	<i>R</i> ²
Masson pine	$B=0.510\ 1V+1.045\ 1$	12	0.92
Fir	$B=0.399\ 9V+22.541\ 0$	56	0.95
Cedar wood	$B=0.612\ 9V+46.145\ 1$	11	0.96
Populus	$B=0.475\ 4V+30.603\ 4$	10	0.87
Exotic pines	$B=0.516\ 8V+33.237\ 8$	16	0.94
Paulownia	$B=0.756\ 4V+8.310\ 3$	11	0.98
Soft broadleaved forest	$B=0.625\ 5V+91.001\ 3$	19	0.86
Hard broadleaved forest	$B=0.625\ 5V+91.001\ 3$	19	0.86

*B*单位为 $t\cdot hm^{-2}$; *V*单位为 $m^3\cdot hm^{-2}$ 。

The unit of *B* is $t\cdot hm^{-2}$; the unit of *V* is $m^3\cdot hm^{-2}$.

式中: B_{total} 为总生物量, B_h 为单位面积生物量, A 为林分面积。方精云等(1996)、方精云和陈安平(2001)认为, 在我国的森林资源清查中, 经济林、灌木林和疏林的基础数据少, 关于它们的生物量极少有报道, 其蓄积量与生物量之间的关系具有不确定性, 不能很好地建立蓄积量与生物量的相关模型。因此, 本文中对它们的单位面积生物量只参考了国外研究: 经济林平均单位面积生物量为 $23.7\ t\cdot hm^{-2}$, 灌木林、疏林平均单位面积生物量为 $19.76\ t\cdot hm^{-2}$ (方精云等, 1996; 方精云和陈安平, 2001)。竹林平均单位面积生物量采用黄启民等(1993)的研究结果, 取 $42.415\ t\cdot hm^{-2}$ 。

1.2.3 林分全干生物量

林分全干生物量指的是含水率为0时的生物量值。根据平井信二(1996)对木材全干密度(r_0)与含水率为 u 时的密度研究, 有如下关系式:

$$r_u = r_0 \times \frac{100 + u}{100 + 0.8r_0u} \quad (6)$$

白石则彦(2004)利用此式对68个树种的含水率

为 u 时的密度与通过烘箱干燥后的全干密度进行研究, 不同树种的 r_u 与 r_0 间均存在如下关系: $r_u - r_0 \approx 0.04$, 由此可得全干生物量与生物量的关系为:

$$B_0 = B - 0.04V \quad (7)$$

式中: B_0 为单位面积全干生物量, B 为单位面积生物量, V 为单位面积蓄积量。

1.2.4 碳密度计算

碳密度的计算公式为:

$$C = B_0 \times CF \quad (8)$$

式中: C 为碳密度, 即某一树种或森林类型的单位面积碳贮量, B_0 为全干生物量, CF 为含碳系数。不同树种或森林类型的 CF 值见表3(李海奎和雷渊才, 2010)。

2 结果与讨论

根据表1资料以及生物量与碳贮量计算方法, 可得池州市2009年森林植被总生物量与总碳贮量(表4)。结果表明, 2009年池州市森林总生物量为 $3.598\ 879\ 0 \times 10^7\ t$, 总全干生物量为 $3.513\ 103\ 1 \times 10^7\ t$, 总碳贮量

表3 不同树种或森林类型的 CF 值**Table 3** The CF value of different tree species or forest types

Forest type	CF	Forest type	CF	Forest type	CF
Masson pine	0.46	Fir	0.52	Cedar wood	0.50
Exotic pines	0.50	Paulownia	0.47	Populus	0.50
Hard broadleaved forest	0.48	Soft broadleaved forest	0.50	Economic forest	0.50
Shrubbery	0.50	Open forest	0.50	Bamboo forest	0.50

表4 2009年池州森林植被生物量与碳贮量

Table 4 The biomass and carbon sequestration of forest vegetation in Chizhou in 2009

Forest type	Average biomass (t·hm ⁻²)	Total biomass (t)	Average dry matter biomass (t·hm ⁻²)	Dry matter biomass (t)	Carbon density (t·hm ⁻²)	Carbon storage (t)
Cedar wood	52.325 5	279 135.61	51.922 1	276 983.63	26.999 5	144 031.53
Exotic pines	70.359 3	586 838.78	67.486 1	562 874.57	33.743 1	281 437.70
Masson pine	32.768 7	2 832 447.78	30.281 1	2 617 425.61	13.929 3	1 204 015.26
Fir	57.790 3	4 672 702.32	54.264 4	4 387 611.55	28.217 5	2 281 558.98
Hard broad-leaved forest	114.275 3	19 874 085.951 7	112.787	19 615 249.596 7	54.137 8	9 415 326.76
Soft broad-leaved forest	116.226 9	5 122 165.973 8	114.613 8	5 051 076.011 5	57.306 9	2 525 538.01
Populus	34.044 5	181 160.99	33.754 9	179 619.95	16.877 5	89 810.24
Paulownia	14.628 3	2 770.596 7	14.294 2	2 707.321 5	6.718 3	1 272.45
Economic forest	23.07	155 980.88	23.07	155 980.88	11.535	77 990.44
Bamboo forest	42.415	1 188 345.29	42.415	1 188 345.29	21.207 5	594 172.65
Shrubbery	19.76	1 044 685.51	19.76	1 044 685.51	9.88	521 921.87
Open forest	19.76	48 471.28	19.76	48 471.28	9.88	24 235.64
Total	—	35 988 790.96	—	35 131 031.2	—	17 161 311.53

为 $1.716\ 13 \times 10^7$ t, 碳密度为 $34.70\ t \cdot hm^{-2}$ 。安徽省林地面积为 $4.403\ 5 \times 10^6\ hm^2$, 总碳贮量为 $1.062\ 964 \times 10^8$ t (李海奎和雷渊才, 2010)。池州森林面积占安徽省的11.23%, 而碳贮量占安徽省的16.14%。安徽省乔木林碳密度为 $29.04\ t \cdot hm^{-2}$ (李海奎和雷渊才, 2010), 而池州乔木林碳密度为 $39.42\ t \cdot hm^{-2}$, 是安徽省的1.36倍。

从不同森林类型的碳贮量构成看, 乔木林为 $1.594\ 30 \times 10^7$ t, 占总碳贮量的92.900 9%; 经济林为 7.8×10^4 t, 占0.454 5%; 竹类为 5.941×10^5 t, 占3.461 9%; 灌木林、疏林为 5.462×10^5 t, 占3.182 7% (图1)。从乔木林分碳贮量构成看, 柏木占0.90%, 外松占1.77%, 马尾松占7.55%, 杉类占14.31%, 硬阔类占59.06%, 软阔类占15.84%, 杨树占0.56%, 泡桐占0.01%(图2)。阔叶林种、杉类、马尾松和竹类碳贮量占总碳贮量的93.35%, 是碳汇主体。因此, 在各类规划、开发活动中, 要着重保护碳贮量功能强大的优势林木。

此外, 从林分碳密度看, 软硬阔叶林类、外松、杉类、柏木和竹类较高, 其大小排序为: 软阔林>硬阔林>外松>杉类>柏木>竹类>杨树>马尾松>

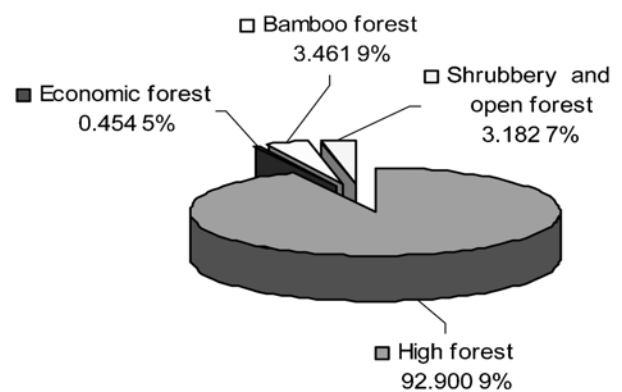


图1 池州不同森林类型的碳贮量构成

Figure 1 Constitution of carbon storage by different types of forest in Chizhou

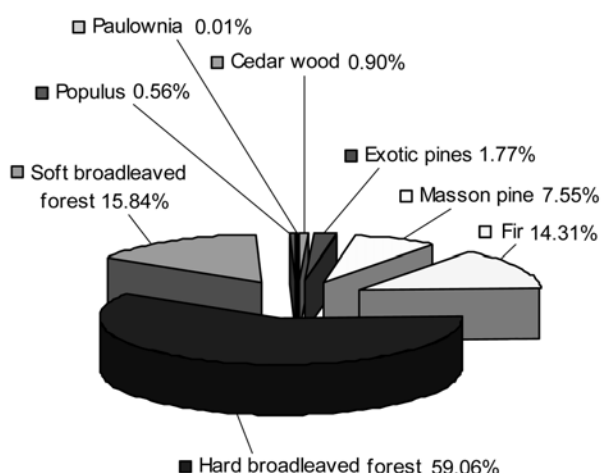


图2 池州乔木林分碳贮量构成分析

Figure 2 Analysis of constitution of carbon storage by tree species in Chizhou

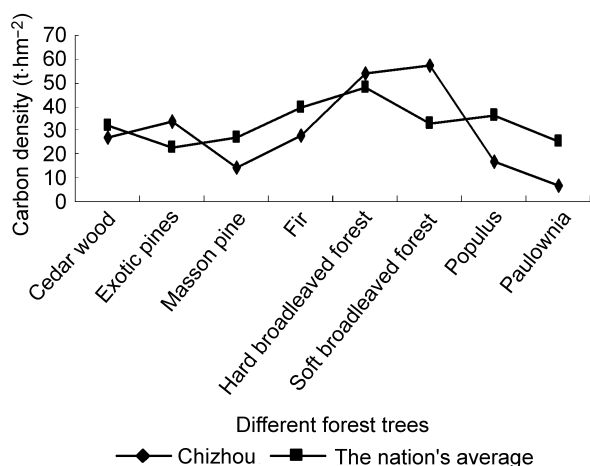


图3 池州乔木不同林分碳密度与全国均值的比较

Figure 3 Comparison of carbon density between different forest trees in Chizhou and the average of China

经济林>灌木林、疏林>泡桐(图3)。该结果与李海奎和雷渊才(2010)对全国林分碳密度的研究结果相比,绝大多数偏低。这可能与本文采用的全干生物量及含碳系数计算方法有关。

本文中乔木林全干生物量计算采用材积源-生物

量转换因子法,即通过建立生物量与蓄积量回归方程获取,未考虑林龄变化。对经济林、灌木林、疏林和竹林单位面积生物量的计算,采用了方精云等(1996)、方精云和陈安平(2001)、黄启民等(1993)的研究结果,由此得出的池州总碳贮量和碳密度结果可能较保守。与方精云(2000)、刘国华等(2000)、方精云和陈安平(2001)、方精云等(2002, 2007)、赵敏和周广胜(2004)、李海奎和雷渊才(2010)等学者对中国平均碳密度的估算结果相比,池州碳密度偏低,原因可能有两方面:(1)文中的生物量计算,引入了全干生物量(含水率为0时的生物量)概念,采用公式 $B_0=B-0.04V$ (刘盛和李国伟, 2007)作为计算方法,由此得出的碳贮量和碳密度计算结果偏低;(2)池州植被为亚热带林木类型,优势树种中缺少诸如冷杉、云杉、铁杉等碳密度较高的林型,除硬阔、软阔林碳密度较高外,其它林种均较低。

2009年,池州工业生产碳排放量为 $1.664\ 637\ 24 \times 10^6$ t(池州统计局, 2010),池州森林植被总碳贮量是其10.30倍。由此表明,在安徽省17个地(市)中,池州森林植被碳汇功能强大,是一个巨大的碳库,在应对气候变化中作用巨大,具有明显的生态优势。为此,提出如下政策建议。(1)确立生态立市发展理念,将生态建设作为社会经济发展的首要任务。池州是安徽省林业生态大市,《池州森林及湿地生态系统生态服务价值评估》项目组评估结果为:2009年,池州森林生态系统生态服务价值为428.07亿元(池州林业局, 2011)。其巨大的生态服务价值是支撑池州社会经济发展的基石,因此在城市化、工业化进程中,要始终坚持生态优先的原则,树立绿色发展理念。(2)正确处理好生态建设与发展经济的关系。森林植被是池州立市之本,可因地制宜地发展生态旅游等产业,努力做到在经济发展中保护植被,在保护植被中发展经济,实现生态、经济的协调发展。(3)营造全社会保护森林资源的氛围。要加大宣传力度,让全社会了解森林在应对气候变化、保护环境方面的巨大功能与价值,形成保护森林就是保护家园的良好舆论氛围和社会风尚。

致谢 本文中池州森林资源资料(2009年)由池州市林业局翁春华提供,在此谨表谢意!

参考文献

- 陈灵芝, 任继凯, 鲍显诚, 陈清朗, 胡肄慧, 缪有贵, 李扬 (1984). 北京西山(卧佛寺附近)人工油松林群落学特性及生物量的研究. 植物生态学报 **8**, 173–181.
- 池州林业局 (2011). 安徽省池州市森林及湿地生态系统服务功能价值评估报告. pp. 10–55.
- 池州统计局 (2010). 2010池州统计年鉴. 北京: 中国统计出版社. pp. 26–289.
- 方精云 (2000). 中国森林生产力及其对全球气候变化的响应. 植物生态学报 **24**, 513–517.
- 方精云, 陈安平 (2001). 中国森林植被碳库的动态变化及其意义. 植物学报 **43**, 967–973.
- 方精云, 陈安平, 赵淑清, 慈龙骏 (2002). 中国森林生物量的估算: 对Fang等*Science*一文(*Science*, 2001, 291: 2320–2322)的若干说明. 植物生态学报 **26**, 243–249.
- 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 陈安平 (2007). 1981~2000年中国陆地植被碳汇的估算. 中国科学D辑: 地球科学 **37**, 804–812.
- 方精云, 刘国华, 徐嵩龄 (1996). 我国森林植被的生物量和净生产量. 生态学报 **16**, 497–508.
- 冯宗炜, 陈楚莹, 张家武, 王开平, 赵吉录, 高虹 (1982). 湖南会同地区马尾松林生物量的测定. 林业科学 **18**, 127–134.
- 冯宗炜, 王效科, 吴刚 (1999). 中国森林生态系统的生物量和生产力. 北京: 科学出版社. pp. 56–74.
- 黄启民, 杨迪蝶, 沈允钢, 邱国雄 (1993). 毛竹林的初级生产力研究. 林业科学研究 **6**, 536–540.
- 康惠宁, 马钦彦, 袁嘉祖 (1996). 中国森林C汇功能基本估计. 应用生态学报 **7**, 230–234.
- 李高飞, 任海 (2004). 中国不同气候带各类型森林的生物量和净第一性生产力. 热带地理 **24**, 306–310.
- 李海奎, 雷渊才 (2010). 中国森林植被生物量和碳储量评估. 北京: 中国林业出版社. pp. 12–48.
- 李明泽 (2010). 东北林区森林生物量遥感估算及分析. 博士学位论文. 哈尔滨: 东北林业大学. pp. 18–46.
- 李意德, 曾庆波, 吴仲民, 杜志鹤, 周光益, 陈步峰, 张振才, 陈焕强 (1992). 尖峰岭热带山地雨林生物量的初步研究. 植物生态学报 **16**, 293–300.
- 刘国华, 傅伯杰, 方精云 (2000). 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献. 生态学报 **20**, 733–740.
- 刘盛, 李国伟 (2007). 林分碳储量测算方法的研究. 北京林业大学学报 **29**, 166–169.
- 刘世荣, 柴一新, 蔡体久, 彭长辉 (1990). 兴安落叶松人工群落生物量与净初级生产力的研究. 东北林业大学学报 **18**, 40–46.
- 罗天祥, 李文华, 罗辑, 王启基 (1999). 青藏高原主要植被类型生物生产量的比较研究. 生态学报 **19**, 823–831.
- 马钦彦, 谢征鸣 (1996). 中国油松林储碳量基本估计. 北京林业大学学报 **18**, 31–34.
- 齐玉春, 董云社 (2004). 中国能源领域温室气体排放现状及减排对策研究. 地理科学 **24**, 528–534.
- 王辉民, 周广胜, 卫林, 邢雪荣 (1995). 中国油松林净第一性生产力及其对气候变化的响应. 植物学通报 **12**, 102–108.
- 王绍强, 周成虎, 罗成文 (1999). 中国陆地自然植被碳量空间分布特征探讨. 地理科学进展 **18**, 238–244.
- 王效科, 冯宗炜 (2000). 中国森林生态系统中植物固定大气碳的潜力. 生态学杂志 **19**, 72–74.
- 王效科, 冯宗炜, 欧阳志云 (2001). 中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究. 应用生态学报 **12**, 13–16.
- 杨海军, 邵全琴, 陈卓奇, 张帅 (2007). 森林碳蓄积量估算方法及其应用分析. 地球信息科学 **9**, 5–12.
- 张颖, 吴丽莉, 苏帆, 杨志耕 (2010). 森林碳汇研究与碳汇经济. 中国人口·资源与环境 **20**, 287–290.
- 张志强, 曲建升, 曾静静 (2008). 温室气体排放评价指标及其定量分析. 地理科学 **63**, 693–702.
- 赵敏, 周广胜 (2004). 中国森林生态系统的植物碳储量及其影响因子分析. 地理科学 **24**, 50–54.
- 郑征, 冯志立, 曹敏, 刘宏茂, 刘伦辉 (2000). 西双版纳原始热带湿性季节雨林生物量及净初级生产. 植物生态学报 **24**, 197–203.
- 周广胜, 邢雪荣, 王辉民 (1995). 植被在全球气候变化中的作用. 植物学通报 **12**, 190–194.
- 周玉荣, 于振良, 赵士洞 (2000). 我国主要森林生态系统碳储量和碳平衡. 植物生态学报 **24**, 518–522.
- 白石则彦 (2004). 东京大学千叶演习林における炭素蓄積量の推定. 东京大学农学部演习林报告 **112**, 11–34.
- 平井信二 (1996). 木の大百科. 东京: 朝书店. pp. 34–67.
- Brown SL, Schroeder PE (1999). Spatial patterns of aboveground production and mortality of woody biomass for eastern U.S. forests. *Ecol Appl* **9**, 968–980.

- Fan S, Gloor M, Mahlman J, Pacala S, Sarmiento J, Takahashi T, Tans P** (1998). A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. *Science* **282**, 442–446.
- Fang JY, Chen AP, Peng CH, Zhao SQ, Ci LJ** (2001). Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998. *Science* **292**, 2320–2322.
- Kauppi PE, Mielikäinen K, Kuusela K** (1992). Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. *Science* **256**, 70–74.
- Keeling RF, Piper SC, Heimann M** (1996). Global and hemispheric CO₂ sinks deduced from changes in atmospheric CO₂ concentration. *Nature* **381**, 218–221.
- Myneni RB, Keelinbg CD, Tucker CJ, Asrar G, Nemani RR** (1997). Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature* **386**, 698–702.
- Pielke R Jr, Wigley T, Green C** (2008). Dangerous assumptions. *Nature* **452**, 531–532.
- Schimel D, Melillo J, Tian HQ, McGuire AD, Kickleghter D, Kittel T, Rosenbloom N, Running S, Thornton P, Ojima D, Parton W, Kelly R, Sykes M, Neilson R, Rizzo B** (2000). Contribution of increasing CO₂ and climate to carbon storage by ecosystems in the United States. *Science* **287**, 2004–2006.
- Solomon S, Plattner GK, Knutti R, Friedlingstein P** (2009). Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proc Natl Acad Sci USA* **106**, 1704–1709.
- Valentini R, Matteucci G, Dolman AJ, Schulze ED, Rebmann C, Moors EJ, Granier A, Gross P, Jensen NO, Pilegaard K, Lindroth A, Grelle A, Bernhofer C, Grünwald T, Aubinet M, Ceulemans R, Kowalski AS, Vesala T, Rannik Ü, Berbigier P, Loustau D, Guæmundsson J, Thorgeirsson H, Ibrom A, Morgenstern K, Clement R, Moncrieff J, Montagnani L, Minerbi S, Jarvis PG** (2000). Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature* **404**, 861–865.
- Wofsy SC, Goulden ML, Munger JM, Fan SM, Bakwin PS, Daube BC, Bassow SL, Bazzaz FA** (1993). Net exchange of CO₂ in a mid-latitude forest. *Science* **260**, 1314–1317.

Carbon Storage of Forest Vegetation in Chizhou of Anhui Province

Leqin Zhang*

Department of Resource Environment and Tourism, Chizhou College, Chizhou 247000, China

Abstract Climate warming and responses become the focus of international attention and academic research. Quantitative assessment of forest vegetation carbon sequestration is an important aspect of climate change research. Chizhou is the first eco-economy demonstration area in China and also the pilot city of construction in ecological Anhui Province. With forest inventory data from 2009, we used investigation, models, literature search and other methods to show carbon storage of forest vegetation in Chizhou based on calculating biomass of different stands and volume regression equations on the whole dry biomass. The total biomass of Chizhou is 35.988 790 million t; the total whole dry biomass 35.131 031 million t; the total carbon storage is 17.161 3 million t, and the carbon density is 34.70 t·hm⁻². This article can help government departments and increase public awareness about the huge forest vegetation ecosystem services of carbon sequestration in Chizhou to provide a theoretical basis for establishing the eco-city development strategy; it also enhances the enthusiasm and initiative of forest vegetation protection in Chizhou.

Key words carbon storage, Chizhou, climate change, forest vegetation

Zhang LQ (2011). Carbon storage of forest vegetation in Chizhou of Anhui province. *Chin Bull Bot* **46**, 544–551.

*E-mail: zhangleqing@sohu.com