

文章编号: 1000-5471(2012)01-0082-06

重庆市森林植被碳储量及其地理分布格局^①

黄小辉¹, 唐小荐¹, 邵呈龙¹, 朱小龙², 刘芸¹

1. 西南大学 资源环境学院, 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400716;

2. 重庆市林业科学研究院, 重庆 400036

摘要: 根据重庆市 2002 年森林资源二类调查资料和重庆市 2008 年森林工程总体规划, 估测出了重庆市森林植被的碳储量和碳汇量, 并分析其地理分布情况和市域内不同林分的碳汇能力, 对重庆市森林工程的碳汇潜力进行了预测. 结果表明: 重庆市(2002 年)森林植被碳储量约为 4 729 万 t, 每年固定约 397 万 t 碳, 折合 1 454 万 t 二氧化碳; 重庆市东部地区的碳储量普遍高于西部地区, 在各区县中碳储量排在前五位的是城口、巫溪、酉阳、石柱、奉节; 重庆市域不同林分中, 以马尾松的碳汇量最大, 占重庆市总碳汇量的 60%, 其次是栎类, 冷杉最少; 重庆市森林工程造林成林后的森林碳汇价值高达 36.65 亿元/年, 具有很大的碳汇潜力.

关键词: 森林植被; 碳储量; 碳汇潜力; 林分; 地理分布

中图分类号: S718.5

文献标志码: A

近年来, 以二氧化碳为主的温室气体排放量的不断增加, 引起了全球气候的变化, 如何减少大气中二氧化碳浓度的问题受到了广泛的关注^[1]. 森林植被储有地球陆地生态系统最大的碳量, 占陆地生物圈碳储量的 60%, 相当于目前全球大气中碳库的 2/3, 因此森林植被在减缓大气 CO₂ 体积分数升高和全球气候变化中起着重要的作用^[2-3]. 目前, 很多科学家对大尺度和斑块状森林植被碳储量进行了大量的研究, 估算了全球和以国家尺度为单位的区域森林植被的碳储量^[4]. 然而, 我国幅员辽阔, 气候复杂, 生态条件多样, 森林植被碳储量差异很大, 即使一个省市的不同区县之间, 也会因立地条件、植被类型不同而有很大差异, 但以一个省市为尺度, 以及以区县来研究森林植被碳储量分布格局、不同林分类型碳汇能力的资料目前还很少^[5].

重庆市直辖以来, 相继开展了退耕还林工程、长江绿化带工程、青山绿水工程、森林工程等重大项目工程, 全市累计造林 160 万 hm², 义务植树 6.5 亿株. 2007 年, 全市森林面积达到 272 万 hm², 未成林造林地面积 42 万 hm², 森林蓄积量 12 000 万 m³, 森林覆盖率达 33%. 随着森林面积的扩大, 其森林植被在区域碳平衡方面起着越来越重要的作用. 但是到目前为止, 重庆市域森林植被碳汇能力及其空间地理分布特征、市域内不同树种的碳汇能力, 以及继森林工程开展后重庆市未来的碳汇潜力均未可知. 估算重庆森林植被的碳储量和分析它的地理分布规律, 是一项基础研究工作. 该项研究工作不仅对评价森林植被的碳汇功能、绿色 GDP 计算和今后森林碳生态效益补偿机制的建立有着重要的理论依据和实践意义^[6], 还能为重庆市各区县开展 CDM 造林、再造林及相关的碳汇项目提供参考.

① 收稿日期: 2010-09-03

基金项目: 三峡库区生态环境教育部重点实验室自由探索研究基金项目资助(2007); 重庆市软科学研究计划项目(重庆市域森林碳汇测算)资助; 教育部留学回国人员启动基金(2007)资助; 林业公益性行业专项(2011)资助; 林业公益性行业专项(2011)资助.

作者简介: 黄小辉(1989-), 男, 重庆合川人, 硕士研究生, 主要从事植物生态学研究.

通信作者: 刘芸, 博士后, 副教授.

1 研究资料与测算方法

本研究是在广泛收集资料的基础上经过数据的整理分析后形成的, 其中森林生物量、蓄积量、生产力数据主要来源于 2002 年重庆市第六次森林资源二类调查数据, 退耕还林数据来源于西北林业勘测规划设计院编辑的重庆市 2001 至 2008 逐年退耕还林工程计划任务及复查报告, 森林工程数据主要来源于重庆市森林工程总体规划(2008—2017 年), 并结合重庆地区近 30 a 的相关研究成果进行归纳整理。

森林固碳的评价方法有很多, 这里采用森林蓄积量扩展法^[12]。其基本思路为: 以森林蓄积(树干材积)为计算基础, 通过蓄积扩大系数计算树木(包括枝、树根)生物量, 然后通过容积密度(干重系数)计算物量干重、再通过含碳率计算其固碳量。这样计算出来的是以立木为主体的森林生物量碳汇量。

计算公式如下:

$$CF = V * \delta * \rho * \gamma * (1 + j)$$

$$CP = CF * g$$

式中: CF 为不同林分类型的森林碳储量; CP 为不同林分类型的森林碳汇量; V 为不同林分类型的森林单位面积蓄积量; δ 为不同林分类型的森林资源蓄积扩展系数; ρ 为容积密度; γ 为含碳率; j 为根茎比率; g 为生长率。

各林分类型含碳率主要依据黄从德等研究成果^[7], 不同林分类型的森林单位面积蓄积量和生长率主要依据 2002 年重庆市第六次森林资源二类调查数据, 其他指标主要依据国家林业局中国绿色碳基金造林项目碳汇计量与监测指南和 IPCC(联合国政府间气候变化专门委员会)碳计量参数各种换算系数取 IPCC 默认值^[15]。

2 结果与分析

2.1 2002 年重庆市域森林不同林分碳储量及碳汇能力

根据重庆市第六次森林资源二类调查数据计算, 2002 年重庆市域森林碳储量约为 4 729 万 t, 每年固定约 397 万 t 碳, 折合 1 454 万 t CO₂; 如果按照中国绿色碳基金 178 元/t CO₂ 排放指标计算, 自 2002 年开始重庆市域森林的碳汇价值高达 25.87 亿元/年。

根据数据显示(见表 1), 重庆市域森林不同林分中针叶树种的生长率以及总的蓄积量相较于其他阔叶树种要大, 并且针叶树种的含碳率明显比阔叶树种要高^[13], 因此重庆市域森林不同林分中针叶树种的碳汇量普遍要比阔叶树种要大。其中以马尾松的生长率和蓄积量最大, 因此我们估测出了马尾松的碳汇量在重庆市域不同林分中最大, 约占重庆市总碳汇量的 60%, 其次是栎类, 约占重庆市总碳汇量的 13%, 而冷杉由于碳储量本身就低, 其每年的碳汇量最少。

表 1 重庆市不同林分的平均碳汇量

	生长率	蓄积量 /m ³	碳储量 /万 t	碳汇量 /(万 t · a ⁻¹)	折合 CO ₂ /万 t	占重庆市 总碳汇/%
总计	0.087 4	111 734 390	4 728.7	397.1	1 453.5	100
马尾松	0.095 7	72 645 981	2 487.9	238.1	871.4	59.95
杉木	0.090 9	8 834 070	267.1	24.3	88.9	6.11
冷杉	0.014 1	48 497	1.9	0.03	0.1	0.01
柏木	0.072 4	6 672 961	359.0	26.0	95.1	6.55
栎类	0.060 2	13 502 577	825.7	4.97	181.9	12.52
柳杉	0.128 1	1 173 366	35.2	4.5	16.5	1.13
硬阔	0.057 1	4 546 447	274.5	15.7	57.4	3.95
软阔	0.070 0	4 310 491	165.9	11.6	42.5	2.92
其它林木	0.087 4	8 254 773	311.7	27.2	99.7	6.86

2.2 2002 年重庆市域各区县森林碳储量及碳汇能力

根据重庆市第六次森林资源二类调查数据计算, 2002 年重庆市各区县森林碳储量及碳汇量分布格局

见图 1。从图 1 可知，重庆市“两翼”地区的森林碳储量以及碳汇量都普遍高于西部地区，其中碳储量排在前 5 位的是城口、巫溪、酉阳、石柱、奉节，分别占重庆市域总碳储量的 9.22%，8.61%，6.87%，5.55%，5.46%，碳汇量排在前 5 位的是城口、酉阳、奉节、石柱、云阳，分别占重庆市域碳汇总量的 9.58%，8.23%，7.65%，5.86%，5.69%，而碳汇量排在后 5 位的是双桥、铜梁、荣昌、合川、永川，分别占重庆市域碳汇总量的 0.013%，0.26%，0.36%，0.44%，0.49%。

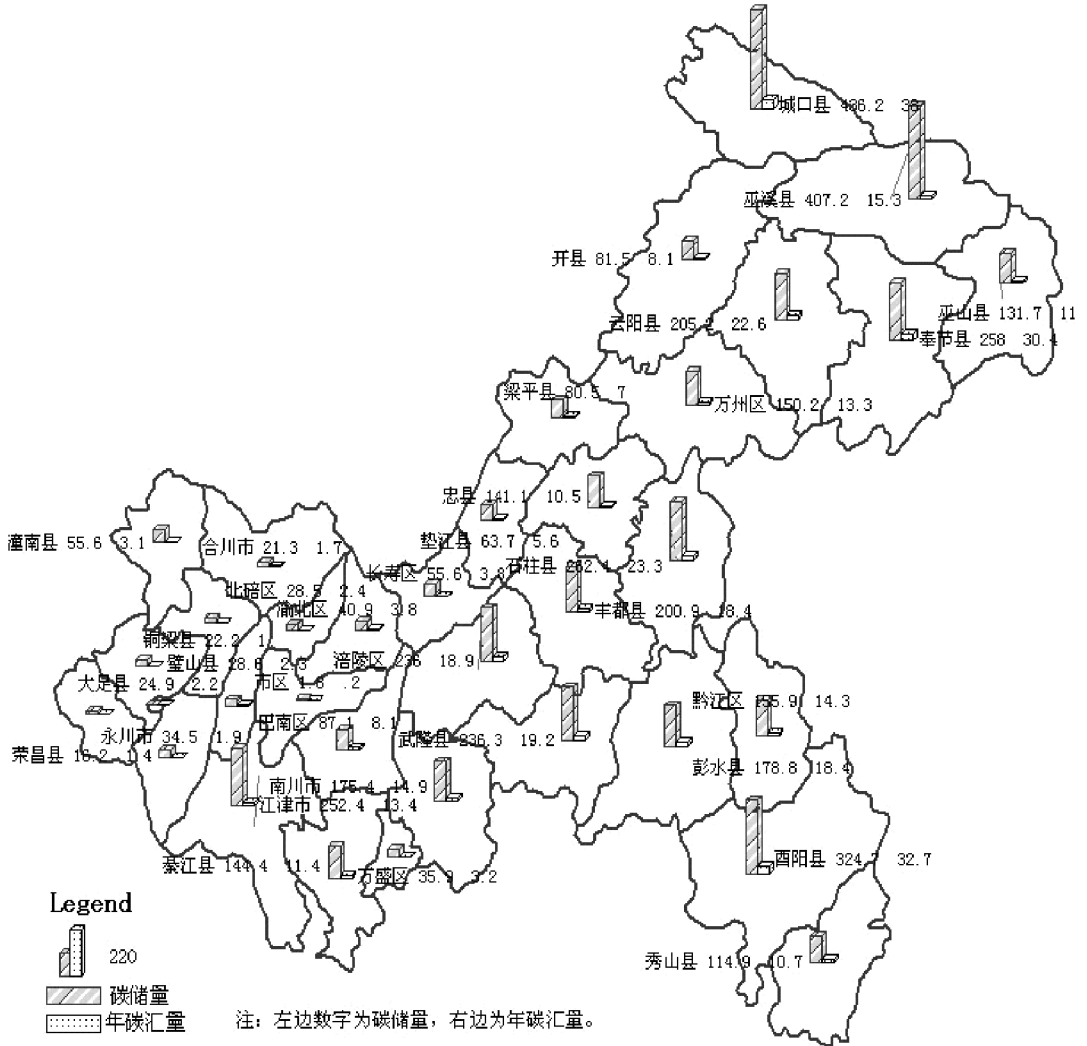


图 1 重庆市各区县碳储量及年碳汇量地理分布(万 t、万 t·a⁻¹)

2.3 2002 年重庆市域及各区县森林不同林龄碳储量及碳汇能力

根据重庆市第六次森林资源二类调查数据计算，2002 年重庆市森林不同林龄碳储量及碳汇能力见表 2。重庆市域各龄林碳汇合计约 370 万 t/年，其中幼龄林约 122 万 t/年，占重庆市域各龄林碳汇总量的 33%；中龄林 203 万 t，占重庆市域各龄林碳汇总量的 55%。各区县森林在不同龄林碳汇的分布格局同样表现出中幼林占据绝对优势的状况。如潼南县幼龄林碳汇占整个潼南县森林碳汇的 83%；其次是奉节县，其幼龄林碳汇占整个奉节县森林碳汇的 78%；綦江县的中龄林碳汇占整个綦江县森林碳汇的 84%；巴南区幼龄林碳汇占整个巴南区森林碳汇的 76%。大渡口区的近熟林碳汇占据绝对优势，为该区森林总碳汇的 84%，其余区县近熟林碳汇均在本区县森林总碳汇量的 50%以下。南岸区成熟林碳汇量占本区各龄级森林碳汇总量的 20%，合川市为 14%，永川市为 11%，其余区县成熟林碳汇量占本区各龄级森林碳汇总量均在 10%以下。各区县过熟林碳汇量都很低，最大的也未超过本区各龄级森林碳汇总量的 1%。可见，整个重庆市森林组成以中幼林为主，其碳汇增长潜力极大。从目前来看，在所有区县中林龄组成相对合理(符合正态分布)的依次是：合川市，南岸区，永川市；最不合理的是潼南县，铜梁县，巴南区，綦江县，奉节县等区县

(见表 2).

表 2 重庆市各区县不同林龄碳汇量分布情况

万 t

地区	幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林	过熟林	地区	幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林	过熟林
大渡口区	0.01	0.01	0.13	0.005	0.000	万州区	4.37	6.31	1.24	0.366	0.055
江北区	0.30	0.10	0.27	0.020	0.000	涪陵区	4.40	8.98	3.77	0.554	0.178
沙坪坝区	0.25	0.67	0.14	0.021	0.001	黔江县	4.29	7.93	0.60	0.146	0.069
九龙坡区	0.13	0.41	0.16	0.016	0.001	长寿县	0.65	1.80	0.36	0.017	0.003
南岸区	0.02	0.24	0.34	0.149	0.000	梁平县	1.77	4.10	0.82	0.021	0.001
北碚区	0.35	1.34	0.47	0.084	0.002	城口县	4.41	26.95	3.28	2.308	0.274
渝北区	0.54	2.32	0.46	0.047	0.001	丰都县	6.68	8.96	1.03	0.554	0.087
巴南区	1.44	5.95	0.39	0.044	0.000	垫江县	0.85	2.69	0.81	0.009	0.000
万盛区	0.54	2.15	0.22	0.137	0.004	武隆县	5.44	10.34	1.62	0.751	0.125
双桥区	0.02	0.02	0.00	0.002	0.000	忠县	2.03	5.78	0.82	0.590	0.024
綦江县	0.51	7.04	0.72	0.097	0.000	开县	4.93	1.90	0.52	0.046	0.002
潼南县	1.85	0.33	0.04	0.017	0.000	云阳县	6.14	11.78	2.60	0.122	0.002
铜梁县	0.78	1.11	0.05	0.012	0.000	奉节县	23.36	6.11	0.21	0.095	0.001
大足县	0.54	0.43	0.16	0.111	0.001	巫山县	6.72	2.93	0.45	0.096	0.006
荣昌县	0.51	0.54	0.07	0.030	0.001	巫溪县	4.09	7.95	1.28	0.278	0.069
璧山县	0.25	1.03	0.53	0.134	0.000	石柱县	8.55	12.39	0.91	0.131	0.037
江津市	1.21	8.84	1.63	0.879	0.053	秀山县	3.97	5.38	0.66	0.449	0.003
合川市	0.12	0.43	0.53	0.170	0.000	酉阳县	8.45	20.14	3.19	0.236	0.027
永川市	0.08	0.35	0.46	0.109	0.002	彭水县	8.67	7.68	1.16	0.370	0.050
南川市	3.24	8.75	1.60	0.360	0.050	总计	122.47	203.20	33.68	9.588	1.104

2.4 2008 年重庆市域森林固碳能力即退耕还林工程造林(2003—2007 年)和原有森林固碳能力

根据国家历年退耕还林工程造林实际核查结果,重庆市退耕还林工程涉及 39 个区县的 920 个乡镇,自 2000 年试点到 2007 年底,已完成造林面积 1 051 333 hm²,包含退耕还林 440 666 hm²、荒山荒地造林 564 000 hm²、封山育林 46 666 hm²,其中生态林占 94%、经济林占 6%,合格率均在 93%以上.其中 2003 年到 2007 年所造林的面积每年分别为 290 000,340 000,90 000,145 000,20 000 和 65 000 hm².

由于本研究现有的退耕还林工程的相关数据不全,已知数据只有退耕还林工程每年总的造林面积,而具体林分的造林面积以及各区县造林的具体分布不大清楚,因此我们仅根据退耕还林工程林的总面积与重庆市域平均碳汇密度(根据重庆市 2002 年森林资源二类调查资料测算所得,约为 1.654 t/hm²),大致估测得到重庆市域 2003 年到 2007 年平均每年增长的森林碳汇量分别为 47.97,56.24,14.89,23.98,3.31 和 10.75 万 t.由此得到 2003 年到 2007 年退耕还林工程林的碳汇量约为 157.13 万 t.

2008 年重庆市森林的固碳能力为原有森林(2002 年森林资源二类调查所得)加上退耕还林造林(2003—2007 年)的固碳总和,为 534.13 万 t(折合 1 958.5 万 t CO₂).国家林业局以森林一类清查和森林生态系统定位研究站监测数据为基础,测算重庆市 2008 年森林碳汇能力为 569.12 万 t,与本研究的测算结果基本一致(误差在 5%以内).

如果按照中国绿色碳基金 178 元/t CO₂ 排放指标计算,2008 年重庆市森林的固碳能力为原有森林加上退耕还林造林的碳汇价值高达 34.7 亿元/年.

2.5 重庆市森林工程林碳汇潜力

森林工程新造林 73.33 万 hm²(1 100 万亩),如果成林后按照每 667 m² 地年生长量 1 立方计算,森林工程新造森林,每年可以固定的碳为 562 万 t,折合二氧化碳 2 059 万 t.如果按照中国绿色碳基金 178 元/t CO₂ 排放指标计算,森林工程造林成林后的碳汇价值高达 36.65 亿元/年.

3 结论与讨论

研究表明,2002 年重庆市域森林碳储量约为 4 729 万 t(见表 1),每年固定约 397 万 t 碳,折合

1 454 万 t 二氧化碳, 碳汇价值高达 25.87 亿元/年。重庆市域森林不同林分中, 以马尾松的碳汇量最大, 占重庆市碳汇总量的 60%, 整个市域内针叶树种的总碳汇量比阔叶树种要大很多。各林龄组成中, 以中龄林的碳汇量最大, 占重庆市域各林龄碳汇总量的 55%, 其次是幼龄林, 占重庆市域各林龄碳汇总量的 33%, 其他林龄结构的碳汇所占比例相对较小。重庆市各区县森林碳汇量分布格局中, 西部各区县的碳汇能力普遍都比较低, 与重庆“两翼”各区县的碳汇能力相差甚远。由以上可知, 在林分组成中, 整个重庆市域内针叶树种的总碳汇量比阔叶树种要大很多, 而重庆地区是属于亚热带常绿阔叶林带, 因此重庆市域不同林分的碳汇分布与其地带性植被分布具有明显的不协调。再者, 重庆市域森林碳汇在林龄结构以及地域分布也有一定的不平衡, 总体呈相对极端的趋势, 因此若要在此基础上更好的发展重庆的森林碳汇, 协调整个市域森林碳汇的格局分布, 我们应当加强碳汇量大的针叶林的抚育管理, 增大阔叶树种的栽种面积, 并在林龄的布局上采取培育中幼林代替部分成熟林的措施, 地域分布上从重点发展重庆西部地区的森林碳汇出发, 并与重庆“两翼”地区森林碳汇的发展相结合, 从而更好更全面的提高整个重庆市的森林碳汇能力。

森林重庆建设目标实现后, 重庆市每年森林植被固碳量 1 096.13 万 t, 折合二氧化碳 4 019.1 万 t, 重庆市森林植被的碳汇价值高达 71.35 亿元/年。2002 年至今, 森林植被的碳汇价值总共升高了 45.48 亿元/年。可见, 重庆林业在应对气候变化以及保持区域碳平衡中具有特殊地位, 在“低碳经济发展”中有着重要作用, 并且对我国开展 CDM 造林再造林碳汇项目具有一定的推动作用。

本研究采用的是国家林业局新推出的测算森林植被碳储量的方法^[12], 通过蓄积扩大系数计算了树木(包括枝、树根)整体的碳储量, 黄从德等所采用的方法测算的森林植被碳储量只是乔木层树干的碳储量^[7-9]。相较之下, 本研究所采用的方法更为全面。然而, 本研究以及目前众多研究所采用的碳储量测算方法计算出的森林碳储量都是乔木层碳储量, 未包括灌木层、草本层以及枯落物层碳储量^[2-9], 并且许多研究所采用的测算方法还存在着一些差异而未能统一起来^[6]。因此, 若要更为全面并且较为准确的测定一个区域的森林植被碳储量, 还需进行更为详细的勘测、调查与深入研究, 以确定一套较为精确的地方性森林碳储量测算方法。

参考文献:

- [1] 董培田, 李峰, 杨素青, 等. 发展碳汇林业, 应对气候变暖 [J]. 防护林科技, 2010(1): 73-74.
- [2] 蔡丽莎, 陈先刚. 贵州省退耕还林工程主要树种碳汇潜力预测 [J]. 山东林业科技, 2009(2): 15-17.
- [3] 曹军, 张懿铨, 刘燕华. 近 20 年海南岛森林生态系统碳储量变化 [J]. 地理研究, 2002, 21(5): 551-559.
- [4] 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.
- [5] 陈先刚, 张一平, 潘昌平, 等. 重庆市退耕还林工程林固碳潜力估算 [J]. 中南林业科技大学学报, 2009, 29(4): 7-15.
- [6] 焦秀梅, 项文化, 田大伦. 湖南省森林植被的碳贮量及其地理分布规律 [J]. 南林学院学报, 2005, 25(1): 4-8.
- [7] 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.
- [8] 黄从德, 张健, 杨万勤, 等. 四川省森林植被碳储量的空间分异特征 [J]. 生态学报, 2009, 29(9): 5115-5121.
- [9] 黄从德, 张健, 杨万勤, 等. 四川省森林有机碳储量的空间分布特征 [J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1217-1225.
- [10] 蔡丽莎, 陈先刚, 郭颖, 等. 贵州省退耕还林工程碳汇潜力预测 [J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(5): 722-728.
- [11] 吕劲文, 乐群, 王铮, 等. 福建省森林生态系统碳汇潜力 [J]. 生态学报, 2010, 30(8): 2188-2196.
- [12] 国家林业局应对气候变化和节能减排工作领导小组办公室. 中国绿色碳基金造林项目碳汇计量与监测指南 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2008(12): 18-36.
- [13] 唐宵, 黄从德, 张健, 等. 四川主要针叶树种含碳率测定分析 [J]. 四川林业科技, 2007, 28(2): 20-23.
- [14] 王柳, 段英, 周静. 基于遥感的珠江三角洲森林固碳释氧效应变化分析 [J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2010(2): 36-39.
- [15] 孙凡, 游翔, 刘伯云, 等. 四川省水土流失空间分布特征 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(12): 40-41.
- [16] 李旭光, 王丽. 缙云山森林生态系统物种多样性空间格局分析 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1996, 21(3): 258-265.

Carbon Storage of Forest Vegetation and Its Geographical Distribution in Chongqing Municipality

HUANG Xiao-hui¹, TANG Xiao-jian¹, SHAO Cheng-long¹,
ZHU Xiao-long², LIU Yun¹

1. Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education),

School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Chongqing Academy of Forest Sciences, Chongqing 400036, China

Abstract: Based on the data of Forest Resources Management Inventory in Chongqing in 2002 and the Forest Engineering Master Plan in Chongqing in 2008, the carbon storage and carbon sequestration of the forest vegetation in Chongqing Municipality are estimated, their geographical distribution and the carbon sequestration capacity of the different forest stand types in the municipality are analyzed, and the carbon sequestration potential of Chongqing forest engineering is predicted in this paper. The carbon storage of forest vegetation in Chongqing (2002) is 47.27 million t, and its carbon sequestration is 3.97 million t/a, being equivalent to 14.54 million t CO₂. The carbon storage in the east of Chongqing is much more than that in the west of Chongqing. Of the Districts and Counties in Chongqing, Chengkou ranks the first, followed in sequence by Wuxi, Youyang, Shizhu and Fengjie. Of the different forest stand types in Chongqing, *Pinus massoniana* has the largest carbon sequestration, accounting for 60% of the total, *Quercus* ranks in the second, and *Abies* has the least carbon sequestration. After the establishment of the forests in the Forest Engineering Master Plan in Chongqing, the value of the carbon sequestration of the forest vegetation in Chongqing is estimated to be ¥3.665 billion per year. Thus, the carbon sequestration potential in Chongqing is considerable.

Key words: forest vegetation; carbon storage; carbon sequestration potential; forest stand; geographical distribution

责任编辑 陈绍兰