

河南省乔木林碳储量动态变化及其碳汇经济价值估算

贾松伟^{1,2}

(1. 河南科技大学 经济学院, 河南 洛阳 471023;

2. 河南科技大学 高等教育与区域经济发展研究中心, 河南 洛阳 471023)

摘要: 为了摸清乔木林在河南省森林碳储量中的地位, 基于河南省第六次(2003年)和第七次(2008年)森林资源清查数据, 对河南省乔木林的碳储量及其碳汇经济价值进行了估算。结果表明, 河南省乔木林总碳储量由2003年的4 629.84万t增加到2008年的7 027.33万t, 年均增加479.50万t, 其平均碳密度略有下降, 介于22.31~23.42 t/hm², 远小于全国和世界平均值。其中, 阔叶林碳储量和平均碳密度均高于针叶林, 5 a间其碳储量由4 144.02万t增加至6 497.47万t, 年均增加470.69万t, 尤其是杨树增加幅度最大, 年均增长率达40.27%, 成为碳储量最大的树种。与2003年相比, 2008年河南省人工乔木林和天然乔木林碳储量均增加, 其中人工乔木林增加幅度较大, 其碳储量已占到全部乔木林碳储量的53.12%, 其中杨树所占比重最大。2008年, 河南省乔木林碳汇经济价值达到了191.64亿元, 比2003年增加了65.38亿元, 其中碳汇经济价值增长最快的是杨树, 由2003年的25.72亿元增加到2008年的67.15亿元, 其次为硬阔类和阔叶混。

关键词: 乔木林; 碳储量; 生物量; 碳密度; 碳汇经济价值; 河南省

中图分类号: S718.52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)05-0149-05

Dynamic Changes of Carbon Storage and Estimation of Carbon Sink Economic Value of High-forest in Henan Province

JIA Song-wei^{1,2}

(1. School of Economics, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China;

2. Development Research Center of Higher Education and Regional Economic, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

Abstract: In order to explore the status of high-forest in forest carbon storage of Henan province, according to the forest inventory data of Henan province in 2003 and 2008, the dynamic carbon storage and the carbon sink economic value of different forest types were assessed. The results showed that in Henan province, the total carbon storage of high-forest increased from $4\,629.84 \times 10^4$ t to $7\,027.33 \times 10^4$ t between 2003 and 2008, with an annual increment of about 479.50×10^4 t; the average carbon density decreased from 23.42 t/ha to 22.31 t/ha between 2003 and 2008, far less than the national and global average level. Among the forest types, the carbon storage and the average carbon density of broad-leaved forest were higher than those of coniferous forest. The carbon storage of broad-leaved forest increased from $4\,144.02 \times 10^4$ t to $6\,497.47 \times 10^4$ t during five years, the annual increment of which was about 470.69×10^4 t, the increase rate of poplars was largest, the annual increase rate of which was about 40.27%. Compared to 2003, the carbon storage of plantation-forest and natural-forest all increased in 2008; the increase rate of plantation-forest was larger, the carbon storage of which accounted for 53.12% of total carbon storage, the increase rate of carbon storage of poplars was largest. Finally, the carbon sink economic value of

收稿日期: 2013-10-28

基金项目: 河南省哲学社会科学规划项目(2010FJJ035); 河南科技大学科研创新能力培育基金项目(2011RW007)

作者简介: 贾松伟(1979-), 男, 河南新密人, 副教授, 博士, 主要从事土地利用与碳循环方面的研究。E-mail: jsw1011@163.com

high-forest reached 19.164 billion yuan in 2008, increased by 6.538 billion yuan compared to that in 2003. The increase rate of carbon sink economic value of poplars was largest, the carbon sink economic value of poplars increased from 2.572 billion yuan to 6.715 billion yuan between 2003 and 2008, and following by hard broadleaf and broad-leaved mixed forest.

Key words: high-forest; carbon storage; biomass; carbon density; carbon sink economic value; Henan province

森林作为陆地生态系统的主体,在调节全球碳平衡、缓解大气中 CO₂ 等温室气体浓度上升以及维护全球气候等方面具有不可替代的作用^[1]。目前森林植被拥有陆地生态系统最大的碳储量,约占陆地生物圈碳储量的 60%;而且与其他陆地生态系统相比,森林生态系统具有较高生产力,每年固定碳量约占整个陆地生态系统的 2/3^[2]。准确估算森林植被碳储量以及森林变动引起的碳储量变化,对于合理经营和管理森林、增加森林生态系统固碳功能具有重要意义。

河南省是一个森林资源相对较少的省份,2003 年人均森林面积仅为全国平均水平的 1/5。但自“十一五”以来,河南省陆续实施了天然林保护、退耕还林、重点地区防护林建设等国家林业重点工程,以及山区生态体系、生态廊道网络建设、环城防护林和村镇绿化等省级林业重点生态工程。河南省林业建设进入了一个快速发展时期,2010 年森林覆盖率已达到 22.19%(2003 年为 16.19%)^[3]。森林植被在改善全省区域生态环境、维持区域碳平衡等方面发挥了重要作用。目前,已有学者对我国不同区域范围内的森林碳储量进行了研究^[4-6],并有学者针对河南省森林碳储量问题进行了研究^[7],但其研究结果不能反映河南省森林碳储量的最新状况,而且未考虑到植被之间碳转换系数的差异,造成估算结果有所偏差。为此,本研究利用河南省第六次和第七次森林资源清查数据,对河南省乔木林碳储量及其碳汇经济价值进行估算,这对今后评价全省森林植被清洁发展机制(CDM)碳汇功能、计算绿色 GDP 以及建立森林碳生态效益补偿机制均具有重要的理论和实践意义。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

河南省位于黄河中下游,地处华北大平原南部、秦岭山系余脉东部(北纬 31°23′~36°22′、东经 110°21′~116°39′),总面积 16.7 万 km²,其中山地、丘陵、平原面积分别占全省总面积的 26.3%、18.0%、55.7%。河南省具有北亚热带向暖温带过渡的大陆性季风气候特点,年均气温为 12.8~15.5℃,年均

降雨量为 784.8 mm。区域内土壤类型繁多,主要森林土壤为棕壤、褐土、黄棕壤、黄褐土、潮土、风沙土、红黏土、紫色土等。森林植被地带性规律明显,淮河流域以北是落叶阔叶林,淮河流域以南为常绿阔叶与落叶阔叶混交林^[8]。

1.2 数据来源

本研究所用数据来源于河南省第六次(2003 年)和第七次(2008 年)全省范围内的森林资源清查资料。

1.3 研究方法

本研究将乔木林划分为阔叶林和针叶林两大类,其中针叶林包括侧柏、落叶松、油松、马尾松、杉木 5 个树种,阔叶林包括栎类、硬阔类、杨树、泡桐、阔叶混 5 个树种。

1.3.1 林分生物量的估算 森林碳储量的估算是以森林生物量为基础的。目前估算区域尺度森林生物量方法有 3 种:平均生物量法、生物量扩展因子法和生物量换算因子连续函数法。其中,生物量换算因子连续函数法是一种适用于我国且能很好地利用我国森林资源清查资料,更准确估算生物量的方法。本研究采用方精云等^[9-10]建立的各个林分类型生物量与蓄积量之间的回归方程来估算河南省各林分的生物量。其计算公式为 $B=aV+b$,其中, B 为每公顷生物量, V 为每公顷蓄积量, a 和 b 为参数。不同树种的计算参数见表 1^[7]。

表 1 不同树种的生物量和蓄积量回归方程参数

序号	树种	a	b	样本数/个	r
1	侧柏	0.612 9	46.145 1	11	0.98
2	落叶松	0.544 2	16.123 5	35	1.00
3	油松	0.755 4	5.092 8	82	0.98
4	马尾松	0.510 1	1.045 1	12	0.96
5	杉木	0.537 1	11.985 8	29	1.00
6	栎类	1.145 3	8.547 3	12	0.99
7	硬阔类	0.756 4	8.310 3	11	0.99
8	杨树	0.981 0	0.004 0	10	0.99
9	泡桐	0.895 6	0.004 8	22	0.99
10	阔叶混	0.839 2	9.415 7		

1.3.2 碳储量及碳密度的计算 森林碳储量由生物量乘以碳转换系数得到。由于不同植被类型的树种组成、年龄和种群结构不同,所以碳转化系数也不

同^[11],国际上常用的转化系数为 0.45~0.50。根据李海奎等^[12]的研究结果,不同树种的碳转换系数为:侧柏 0.503 4、落叶松 0.521 1、油松 0.520 7、马尾松 0.459 6、杉木 0.520 1、栎类 0.500 4、硬阔类 0.483 4、杨树 0.495 6、泡桐 0.469 5、阔叶混 0.490 0。碳密度是指单位面积碳储量。

1.3.3 碳汇经济价值估算 森林碳汇经济价值的评价参数主要是指碳汇价格,其单位是元/t。目前森林碳汇价格的估算方法主要有人工固定 CO₂ 成本法、造林成本法、碳税法等,但采用不同方法估算出的价值相差较大,尚缺乏公认的评估森林生态系统固定 CO₂ 经济价值的方法。本研究采用造林成本法来计算碳汇功能经济价值,但中国的造林成本因林分、年代和区域不同而不同,在以往研究中,有 4 个单价价位的造林成本:251.4、260.9、273.3、305 元/t^[13]。为了得到比较合理的碳汇价格,本研究采

用这 4 个价位的算术平均值(272.7 元/t)来计算河南省森林植被的碳汇经济价值。

2 结果与分析

2.1 河南省乔木林的总碳储量变化

由表 2 可知,2003—2008 年,河南省乔木林总碳储量由 2003 年的 4 629.84 万 t 增加到 2008 年的 7 027.33 万 t,5 a 间共增加了 2 397.49 万 t,年均增加 479.50 万 t,年均增长率为 10.35%。5 a 间河南省乔木林平均碳密度变化不大,由 2003 年的 23.42 t/hm² 减少至 2008 年的 22.31 t/hm²,主要是由于 2000 年后全省实施退耕还林等工程以来,平均每年新增加乔木林面积超过 10 万 hm²,而这些新增加的乔木林大多属于幼龄、中龄阶段的人工林,生物量偏低,从而导致碳密度降低,使得河南省乔木林平均碳密度远小于全国和世界的平均值^[1,9]。

表 2 2003 和 2008 年河南省不同树种乔木林碳储量和碳密度

林分类型	树种	2003 年				2008 年			
		面积/ 万 hm ²	生物量/ 万 t	碳储量/ 万 t	碳密度/ (t/hm ²)	面积/ 万 hm ²	生物量/ 万 t	碳储量/ 万 t	碳密度/ (t/hm ²)
针叶林	侧柏	4.52	272.95	137.40	30.40	5.96	374.95	188.75	31.67
	落叶松	0.48	15.38	8.01	16.69	0.64	27.58	14.37	22.45
	油松	8.37	288.90	150.43	17.97	7.71	284.98	148.39	19.25
	马尾松	19.68	333.37	153.22	7.79	17.93	319.02	146.62	8.18
	杉木	2.11	70.68	36.76	17.42	1.62	61.00	31.73	19.59
	小计	35.16	981.28	485.82	13.82	33.86	1 067.53	529.86	15.65
阔叶林	栎类	82.08	4 147.72	2 075.52	25.29	84.08	4 498.17	2 250.88	26.77
	硬阔类	15.00	600.28	290.18	19.35	34.12	1 123.26	542.98	15.91
	杨树	29.68	1 902.98	943.12	31.78	92.13	4 968.27	2 462.27	26.73
	泡桐	5.48	241.58	113.42	20.70	5.01	202.92	95.27	19.02
	阔叶混	30.32	1 473.02	721.78	23.81	65.77	2 338.91	1 146.07	17.43
	小计	162.56	8 365.58	4 144.02	25.49	281.11	13 131.53	6 497.47	23.11
	合计	197.72	9 346.86	4 629.84	23.42	314.97	14 199.06	7 027.33	22.31

2.2 不同林分乔木林的碳储量变化

林分类型不同,其碳储量和碳密度存在着很大差异^[1]。由表 2 可知,在河南省乔木林中,针叶林面积由 2003 年的 35.16 万 hm² 减少至 2008 年的 33.86 万 hm²,5 a 间变化不大,但占全省乔木林总面积比例却由 17.78%降低为 10.75%,这主要是由人工造林选择的树种主要以阔叶林为主导致的。2003、2008 年针叶林的碳储量分别为 485.82、529.86 万 t,分别占全省乔木林总碳储量的 10.49%、7.54%,碳储量相对较低。针叶林的碳储量主要集中在侧柏、马尾松和油松 3 个树种。

由表 2 可知,在河南省乔木林中,阔叶林面积由 2003 年的 162.56 万 hm² 增加至 2008 年的 281.11

万 hm²,5 a 间增加了 118.55 万 hm²,年均增长率为 14.58%;2003、2008 年阔叶林碳储量分别为 4 144.02、6 497.47 万 t,分别占全省乔木林总碳储量的 89.51%、92.46%,5 a 间增加了 470.69 万 t。可见,阔叶林是河南省森林碳储量的主要贡献者。在阔叶林中,栎类、杨树这 2 个树种的面积由 2003 年的 111.76 万 hm² (占全省阔叶林面积的 68.75%)增加至 2008 年的 176.21 万 hm² (占全省阔叶林面积的 62.68%),特别是杨树,5 a 间增加了 62.45 万 hm²,年均增长率为 42.08%,是所有树种中增长速度最快的。从碳储量来看,栎类、杨树这 2 个树种的碳储量由 2003 年的 3 018.64 万 t (占全省阔叶林碳储量的 72.84%)增加到 2008 年的

4 713.15 万 t(占全省阔叶林碳储量的 72.54%),特别是杨树,5 a 间增加了 1 519.15 万 t,年均增长率为 40.27%。可见,这 2 个树种在全省乔木林碳储量中占主导地位,特别是杨树,其碳储量(2 462.27 万 t)已经超过了栎类的碳储量(2 250.88 万 t),成为河南省乔木林碳储量最大的树种,而且其固碳潜力还很巨大。

从所有树种的碳密度来看(表 2),阔叶林的平均碳密度高于针叶林,2003、2008 年其平均碳密度分别为 25.49、23.11 t/hm²,而针叶林则为 13.82、15.65 t/hm²,相差较大。2003 年碳密度最大的树种是杨树,为 31.78 t/hm²,至 2008 年却降为 26.73 t/hm²,但仍是所有阔叶林里碳密度较大的,杨树碳密度降低的主要原因是 5 a 间所增加的杨树仍处于幼龄期,其蓄积量偏低。在所有树种中,碳密度最小的是马尾松。总体来说,河南省除杨树的碳密度与全国的平均值相当之外,其余林分的碳密度都远小于全国的平均值。

2.3 不同起源乔木林的碳储量变化

起源不同,森林的碳储量也不同。由表 3 可知,2003—2008 年,在河南省乔木林中,人工林和天然

林面积都有不同程度的增加,其中人工林面积增长幅度较大,5 a 间共增加了 105.30 万 hm²,年均增加 21.06 万 hm²;天然林面积略有增加,由 107.25 万 hm² 增加到 119.20 万 hm²,增加了 11.95 万 hm²,年均增加 2.39 万 hm²。从碳储量和碳密度来看,2003 年人工林碳储量为 2 011.86 万 t,占全省乔木林总碳储量的 43.45%,平均碳密度为 22.24 t/hm²;天然林碳储量为 2 617.98 万 t,占全省乔木林总碳储量的 56.55%,平均碳密度为 24.41 t/hm²。至 2008 年,河南省人工林碳储量已达到 3 732.91 万 t,比 2003 年增加了 1 721.05 万 t,占全省乔木林总碳储量比例已达到 53.12%,平均碳密度为 19.07 t/hm²,比 2003 年有所降低;天然林的碳储量和碳密度都比 2003 年有所增加,且天然林碳密度要大于人工林。河南省的杨树全部属于人工林^[14],2008 年杨树的面积、碳储量已经达到 92.13 万 hm²、2 462.27 万 t(表 2),分别占人工林总面积、总碳储量的 47.06%、65.96%,且大部分杨树处于幼龄、中龄期,其固碳潜力巨大。因此,杨树将在河南省人工乔木林固碳过程中起主导作用。

表 3 2003 年和 2008 年河南省不同起源乔木林碳储量和碳密度

起源	2003 年				2008 年			
	面积/ 万 hm ²	生物量/ 万 t	碳储量/ 万 t	碳密度/ (t/hm ²)	面积/ 万 hm ²	生物量/ 万 t	碳储量/ 万 t	碳密度/ (t/hm ²)
人工林	90.47	4 050.93	2 011.86	22.24	195.77	7 545.82	3 732.91	19.07
天然林	107.25	5 295.93	2 617.98	24.41	119.20	6 653.24	3 294.42	27.64
合计	197.72	9 346.86	4 629.84	23.42	314.97	14 199.06	7 027.33	22.31

2.4 不同树种乔木林的碳汇经济价值变化

由表 4 可见,2008 年河南省乔木林碳汇经济价值达到了 191.64 亿元,比 2003 年增加了 65.38 亿元,

表 4 河南省不同树种乔木林碳汇经济价值

林分类型	树种	2003 年		2008 年	
		碳储量/ 万 t	碳汇经济 价值/亿元	碳储量/ 万 t	碳汇经济 价值/亿元
针叶林	侧柏	137.40	3.75	188.75	5.15
	落叶松	8.01	0.22	14.37	0.39
	油松	150.43	4.10	148.39	4.05
	马尾松	153.22	4.18	146.62	4.00
	杉木	36.76	1.00	31.73	0.87
	小计	485.82	13.25	529.86	14.45
阔叶林	栎类	2 075.52	56.60	2 250.88	61.38
	硬阔类	290.18	7.91	542.98	14.81
	杨树	943.12	25.72	2 462.27	67.15
	泡桐	113.42	3.09	95.27	2.60
	阔叶混	721.78	19.68	1 146.07	31.25
	小计	4 144.02	113.01	6 497.47	177.19
合计		4 629.84	126.26	7 027.33	191.64

其中 5 a 间针叶林碳汇经济价值相差不大,都比较小,所增加的碳汇经济价值几乎全部来自于阔叶林。与 2003 年相比,2008 年阔叶林碳汇经济价值增加了 64.18 亿元,增加了 56.79%。就单个树种而言,5 a 间碳汇经济价值增长最快的是杨树,其碳汇经济价值由 2003 年的 25.72 亿元增加到 2008 年的 67.15 亿元,年均增加 8.28 亿元;其次为硬阔类和阔叶混;栎类增加幅度很小,仅为 8.45%;泡桐有所减少。

3 结论与讨论

大气 CO₂ 浓度升高致使全球气候变暖已在社会各界达成共识,为此各国政府正致力于寻找控制 CO₂ 排放的安全途径,而陆地生态系统对大气碳的固定作为一种减排的替代性战略途径备受各国重视。森林作为全球陆地生态系统最大的碳库,在抑制全球温室气体浓度上升中发挥着重要作用,其碳储量的变化是判定森林是大气 CO₂“源”或“汇”的重

要依据^[15]。本研究结果表明,河南省乔木林碳储量由2003年的4 629.84万t增加至2008年的7 027.33万t,增加了2 397.49万t,其主要来源于阔叶林碳储量的增加,这也与河南省实施的天然林保护、退耕还林、重点地区防护林建设等国家林业重点工程有关。从碳密度来看,虽然阔叶林的平均碳密度高于针叶林,但仍远小于全国和世界的平均值,这主要是因为新造林多处于幼、中龄阶段,生物量较低。随着树龄增长,河南省乔木林的固碳能力将会不断增强。

在河南省乔木林中,人工林碳储量由2003年的2 011.86万t增加到2008年的3 732.91万t,增加了1 747.45万t;天然林5a间仅增加了676.44万t,达到了3 294.42万t。可见,人工林在河南省乔木林碳储量中占据着重要地位。但目前人工林普遍存在树种单一、结构不合理、生产力低下、病虫害发生严重等特点^[16],这也是导致人工林植被平均碳密度较低的一个重要原因。因此,选取合适树种构建人工混交林,提高人工林经营管理水平,对于增强全省森林植被碳汇功能具有重要作用。

随着国际碳汇交易市场建立,森林碳汇的经济价值逐渐被人们所认知。虽然近几年来碳交易价格一直在降低,但中国的碳交易市场才刚刚开始。随着我国碳交易需求量的日益增加、碳交易市场的逐步完善,碳交易将会呈现出繁荣景象。2008年河南省乔木林碳汇经济价值达到了191.64亿元,比2003年增加了65.38亿元。如果将河南省这部分森林碳汇价值在碳交易市场上进行交易,碳汇产业将对河南省的经济发展起到强有力的推动作用。

参考文献:

- [1] 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[J]. 生态学报,2000,20(5):734-739.
- [2] Lal R. Forest soils and carbon sequestration[J]. Forest Ecology & Management,2005,220(3):242-258.
- [3] 河南省统计局. 河南统计年鉴2011[M]. 北京:中国统计出版社,2011.
- [4] 李海奎,雷渊才,曾伟生. 基于森林清查资料的中国森林植被碳储量[J]. 林业科学,2011,47(7):7-12.
- [5] 王磊,丁晶晶,季永华,等. 江苏省森林碳储量动态变化及其经济价值评价[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2010,34(2):1-5.
- [6] 贾松伟. 退耕还林前后森林碳储量变化及碳汇经济价值估算——以洛宁县为例[J]. 河南农业科学,2013,42(11):68-71.
- [7] 光增云. 河南森林植被的碳储量研究[J]. 地域研究与开发,2007,26(1):76-79.
- [8] 《河南森林》编辑委员会. 河南森林[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [9] Fang J Y, Chen A P, Peng C H. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998[J]. Science,2001,292:2320-2323.
- [10] 方精云,陈安平,赵淑清,等. 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[J]. 植物生态学报,2002,26(2):243-249.
- [11] Lamtom S H, Savidge R A. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species[J]. Biomass and Bioenergy,2003,25(4):381-388.
- [12] 李海奎,雷渊才. 中国森林植被生物量和碳储量评估[M]. 北京:中国林业出版社,2010.
- [13] 侯学会,牛铮,黄妮,等. 广东省桉树碳储量和碳汇价值估算[J]. 东北林业大学学报,2012,40(8):13-17.
- [14] 贾黎明,刘诗琦,祝令辉,等. 我国杨树林的碳储量和碳密度[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2013,37(2):1-7.
- [15] 于贵瑞. 全球变化与陆地生态系统碳循环和碳蓄积[M]. 北京:气象出版社,2003.
- [16] 李大银. 提高河南省人工林分质量探讨[J]. 河南林业科技,2005,25(3):34-36.