

森林管理对森林碳汇的作用和影响分析

张志华^{1,2}, 彭道黎

(1. 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 西南林学院研究生处, 云南昆明 650224)

摘要 森林具有碳汇和碳源的双重作用, 通过加强森林管理可以促进森林碳的维持和吸收, 增加森林碳储量。分析了各种森林管理措施对森林碳汇的作用和影响, 同时根据我国森林资源现状, 提出了加强森林管理和增加森林碳吸收的措施和建议。

关键词 气候变化; 森林管理; 森林碳汇

中图分类号 S757 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)09-03654-03

Analysis of the Role and Effect of Forest Management on Forest Carbon Sequestration

ZHANG Zhi-hua et al (The Key Laboratory For Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract Forests constitute both a sink and a source of atmospheric CO₂. Forest management can restrain the increasing rate of CO₂ in atmosphere and can promote the maintenance and absorption of forest carbon and increase forest carbon storage. In this paper the role and effect of various forest management practices on forest carbon sequestration was analyzed. Based on the current status of national forest resources in China, some measures and suggestions on how to strengthen forest management and increase forest carbon sequestration were put forward.

Key words Climate change; Forest management; Forest carbon sequestration

全球气候变化主要源于CO₂等温室气体的人为排放累积产生的温室效应, 目前全球气候变化已成为人类面临的又一重大环境问题。森林在生长过程中通过光合作用从大气中吸收大量的CO₂并以生物量的形式储存, 在一定时期内能起到减少温室气体累积的作用, 具有减缓气候变化的潜力。《京都议定书》规定了工业化和经济转型国家(又称附件国家)可以通过排放贸易、联合履约和清洁发展机制(CDM)3种方式履行各自的温室气体减排任务。其中清洁发展机制是《京都议定书》中唯一与发展中国家相关的机制。在随后的国际气候谈判中达成的《波恩政治协定》和《马拉喀什协定》中规定各国在第1承诺期(2008~2012年)的造林再造林活动可以作为CDM项目, 明确造林再造林和毁林及1990年后发生的森林管理和森林恢复等林业活动产生的碳吸收可部分抵消该国的温室气体减排量^[1-2]。

2005年《京都议定书》的正式生效和一系列的缔约方(COP)会议肯定了森林在吸收CO₂和缓解全球气候变暖中的作用, 许多科学家也开展了包括造林再造林和森林管理在内的林业活动对森林吸收CO₂的作用和影响研究。根据第6

次全国森林资源清查资料统计, 我国森林面积承居世界第5位, 森林蓄积居世界第6位, 人工林面积居世界第1位, 但林分结构不尽合理, 中幼龄林所占比例较大^[3]。为积极应对全球气候变化, 我国除了继续开展造林再造林活动, 有必要加强森林管理活动和措施, 增强森林的碳汇功能, 为缓解温室效应和应对全球气候变化做出应有的贡献。

1 森林在全球碳库中的地位和作用

森林是地球陆地生态系统的主体, 与陆地其他生态系统相比具有较高的生物量和生长量, 是陆地生态系统最大的碳库。全球陆地生态系统包括土壤和植被在内是全球第3大碳库(第1为地壳岩层, 第2为海洋碳库), 碳储量为(2 196~2 477) × 10⁹t。Dixon等对全球森林植被和土壤碳库进行了估算, 按低纬度(0~25°)、中纬度(25~50°)、高纬度(50~75°)3个纬度带对全球森林分布格局进行了分析。研究结果为世界森林面积约4.1 × 10⁹ hm², 贮存碳1 146 × 10⁹t, 占陆地碳库总量的46%。森林植被碳储量330 × 10⁹t, 占全球森林生态系统碳

更多, 储存660 × 10⁹t C, 占全球森林生态系统碳库总量的

表1 1990、2000和2005年全球森林面积和森林植被碳储量及其变化统计

Table 1 Estimates of global forest area, net changes in forest area, carbon stock in living biomass, and growing stock in 1990, 2000 and 2005

地区 Area	森林面积 ×10 ⁶ hm ² Forest area	面积变化 ×10 ⁶ hm ² /a Annual area change		植被碳储量 (CO ₂) ×10 ⁶ t Carbon stock in living biomass			2005年森林蓄积量年增加值 ×10 ⁶ m ³ Annual added value of forest cumulation in 2005
		1990~2000	2000~2005	1990	2000	2005	
非洲 Africa	63.541	-4.4	-4.0	241.267	228.067	222.983	64.957
亚洲 Asia	571.577	-0.8	1.0	150.700	130.533	119.533	47.111
欧洲 Europe	1 001.394	0.9	0.7	154.000	158.033	160.967	107.264
中北美洲 Central and North America	705.849	-0.3	-0.3	150.333	153.633	155.467	78.582
大洋洲 Oceania	206.254	-0.4	-0.4	42.533	41.800	41.800	7.361
南美洲 South America	831.540	-3.8	-4.3	358.233	345.400	335.500	128.944
全球 Global	3 952.026	-8.9	-7.3	1 097.067	1 057.467	1 036.200	434.219

注: 引自IPCC第4次评估报告《气候变化2007: 减缓气候变化》。

Note: Data comes from 4th evaluation bulletin < Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change > .

基金项目 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室资助项目。

作者简介 张志华(1976-), 男, 湖北宣恩人, 讲师, 从事森林环境评价方面的教学和研究工作。

收稿日期 2007-12-24

58%。另有少部分碳储存于木制品、建筑物、家具和纸张。全球低纬度、中纬度、高纬度森林的面积比例分别为42%、25%和33%, 碳储量比例依次为37%、14%和49%^[4-5]。根据IPCC《气候变化2007》报告, 2005年全球森林面积为3.95 ×

10^9 hm^2 , 全球森林2000~2005年平均以 $7.3 \times 10^6 \text{ hm}^2/\text{a}$ 的速度减少,1990、2000和2005年全球森林植被碳储量分别为 299×10^9 、 288×10^9 和 $283 \times 10^9 \text{ t}$ (表1),森林碳储量呈下降趋势,这主要与低纬度森林尤其是热带林的大肆采伐和毁林有关^[6]。

森林每生长 1 m^3 木材,大约可以吸收 1.83 t CO_2 。全球植物每年固定大气中约 $2.852 \times 10^{11} \text{ CO}_2$ 或 770×10^{11} 碳,固定的 CO_2 占大气中 CO_2 总量的11%左右。森林年固定约 $1.196 \times 10^{11} \text{ CO}_2$ 或 323×10^{11} 的碳,固定的 CO_2 占大气中 CO_2 总量的4.6%,占全球植被固碳量的41.9%。据估算,目前世界上高中纬度森林表现为碳汇,每年吸收 $(0.7 \pm 0.2) \times 10^{11}$ 碳;低纬度森林估计是净碳源,成为碳源的主要原因是大量的森林采伐和森林退化尤其是对热带林的大肆破坏造成的,每年释放的碳量为 $(1.6 \pm 0.4) \times 10^{11}$ 。因此,无论是从全球森林碳储总量还是年吸收和固定碳的能力来看,森林对于大气中 CO_2 浓度变化均起着至关重要的作用。

2 增加森林碳汇的机理和模式

森林具有碳汇和碳源的双重特性。森林在生长过程中通过光合作用吸收大气中 CO_2 合成有机质,并以森林生物量的形式贮存有机碳,从这个意义上讲森林是大气 CO_2 的汇。同时森林植物的呼吸作用、枯枝落叶凋落后回归土壤,经土壤动物和微生物分解后会向大气中释放部分 CO_2 ,另外森林如果遭受火灾、病虫害和毁林等破坏后也会向大气释放出已经固定的碳,成为大气 CO_2 的源。为了促进森林的碳吸收,防止和减少碳排放,使森林表现为碳汇功能,通过森林管理措施缓解大气中 CO_2 的积累有以下3种方式^[5,7]:

(1) 碳保护:通过控制和减少森林采伐,加强自然保护区内森林资源保护,改变现有采伐收获方式,提高木材利用率,积极采取措施加强对自然或人为干扰如病虫害、火灾等的预测预报及应对,保护好现有森林的碳储量。

(2) 碳吸收和贮存:通过造林再造林增加森林面积,延长轮伐期,改变疏伐方式和林分密度等措施增大森林植被和森林土壤的碳密度,保护和改造次生林及其他退化的森林,增加经久耐用的木材产品,从而增加森林碳储量。

(3) 碳替代:减少使用化石燃料能源和产品、水泥制品及其他非木材产品,积极开发利用森林生物质能源。

3 各种森林管理措施对森林碳汇的作用和影响

3.1 森林采伐和毁林 人类在经济社会发展过程中对森林资源的获取和利用最主要的手段就是采伐森林,获取木材资源。如采伐木材用于商品材和纸浆造纸,以及广大山区和农村的生产生活用材和薪材采集。另外,毁林引起的土地利用变化,如将森林转化为农业用地、放牧用地等,由于矿产开采、水电开发、道路建设等用地对森林的采伐破坏等,尤其是对全球热带林的大肆采伐和破坏,对森林生物量和碳储量的影响巨大。森林采伐后的木材和木制品中虽然保存了一部分碳储量,但是大部分由于燃烧分解等会将 CO_2 释放到空气中。在采伐过程中,遗留在林中的采伐剩余物经过腐烂和分解也会将碳释放到大气中,同时森林采伐还会导致森林土壤碳的大量释放。目前森林破坏(主要是毁林和采伐)已成为继化石燃料燃烧后大气中 CO_2 浓度增加的第2大人为排放

源^[7]。很多研究表明,当林业用地转化为农业用地或其他类型用地后,其植被和土壤碳库储量会显著减少,减少的强度和速度主要与转变的土地利用类型、面积、转变发生的时间及转变区域的气候特征有关^[8-9]。

由于社会经济发展的需要,化石燃料能源在找到新的可替代能源之前还将继续使用,由此引起的碳释放将会继续增加大气中 CO_2 浓度,因此缓解大气中 CO_2 浓度最有效的方式就是减少或停止毁林或其他森林破坏,保护和维持森林碳储量。另外,在实施森林采伐时,改变传统的森林采伐方式,减少因为采伐对森林和环境的影响和破坏,加强采伐后林中剩余物的管理和利用,也会降低森林向大气中的 CO_2 释放量。

3.2 森林保护 森林由于自然或人为原因常遭受火灾、病虫害、风暴和雪崩等干扰。森林火灾是各种干扰中对森林影响最大的因子,有自然因素,也有人为因素。世界各国和地区的森林火灾发生频繁,而且大小程度不一,严重损害了当地森林资源的数量和质量。全球每年森林火灾面积约为 0.1 亿 hm^2 ,占全世界森林总面积的0.2%~0.3%,排放的 CO_2 量约为 3.135×10^{11} (碳),占全球所有源排放量的45%。根据估算,1959~1992年,我国森林每年因为火灾向大气中释放 CO_2 约为 8.96×10^{11} (碳)/年,其中乔木层、下木层和枯落物层所占比例分别为62%、15%和23%^[10]。森林病虫害是继森林火灾后对森林资源危害的第2大干扰因子。病虫害通过对植株根、茎、叶的蚕食和破坏,影响植株的正常生长和发育,从而降低植株的固碳能力。世界各国因地域分布和气候差异,病虫害发生种类和危害程度不一样。据统计,我国每年遭受病虫害的森林面积在100万 hm^2 左右,以虫害危害影响较大^[11-12]。

加强森林火灾和病虫害管理,提高对各种自然和人为干扰的预测预报能力,减少对森林的破坏和损失,保护好现有森林资源,是增加森林碳汇的又一个重要途径。

3.3 其他森林管理措施 通过森林管理措施增加森林生长量和碳密度,使森林表现为碳汇功能是新形势下对森林管理提出的新要求。通过延长森林的采伐作业周期,加强森林资源的抚育间伐管理,使森林具有合理的林分密度,促进森林生长,可以增加森林的实际生物量和碳储量。加强林产品的循环再利用,延长各种木制品的使用寿命,从而减少对森林采伐的需求,也可间接增加森林的碳吸收,延缓空气中 CO_2 浓度的升高。

4 我国加强森林管理和增加森林碳吸收的措施

根据第6次全国森林资源清查统计,我国林业用地面积 2.85 亿 hm^2 ,森林面积 1.75 亿 hm^2 ,森林覆盖率18.21%;林分单位面积年均生长量为 $3.55 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,相当于世界平均水平 $4.50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的78.9%;林分单位面积蓄积量为 $84.73 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,相当于世界平均水平 $114.00 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的74.3%^[13]。另外,方精云等根据我国第5次全国森林资源清查(1994~1998年)数据估算,我国森林碳储量约为 $4.75 \times 10^{11} \text{ t}$,平均碳密度为 $44.91 \text{ t}/\text{hm}^2$,仅相当于全球平均碳密度 $86 \text{ t}/\text{hm}^2$ 的52%^[14]。根据统计和估算结果可以看出,我国森林资源总体质量不高,森林年生长量、蓄积量和平均碳密度与世界平均水平相比还有很大提升空间。为提高我国森林经营管理水

平和增加森林碳吸收,有必要采取以下森林管理措施:

4.1 继续推进林业生态工程建设,确保工程实施质量 我国自1999年以来相继启动和实施了天然林保护工程、退耕还林还草工程、京津风沙源治理工程、“三北”和长江中下游地区等重点防护林建设工程、野生动植物保护及自然保护区建设工程和重点地区速生丰产用材林基地建设工程。天然林保护工程实施后,重点国有林区天然林资源限伐停伐,有效保护了天然林资源;通过实施退耕还林还草工程、京津风沙源治理工程、“三北”和长江中下游地区等重点防护林建设工程,在退耕地和荒山荒地造林,增加了森林面积;通过实施野生动植物保护及自然保护区建设工程,加强了自然保护区的建设和管理,有效保护了现有的森林资源;通过实施重点地区速生丰产用材林基地建设工程,在全国营造了大量的速生丰产林。这些林业工程的稳步推进和实施,使我国森林资源总量增加,天然林资源得到了有效保护,森林碳储量增加,森林碳汇功能得以增强。因此要继续推进我国林业生态工程建设,确保工程质量和效果。

4.2 加强森林火灾、森林病虫害预测预报管理,确保森林资源安全 我国人工林面积居世界第一,是森林火灾、病虫害多发国之一。而且我国火灾易发区如东北、内蒙和云南森林均分布在交通不便的山区,森林病虫害发生种类繁多,重大危险性病虫害不断出现,因此必须积极研究我国不同地域森林火灾发生的类型和特点,加强森林火灾、病虫害的预测预报管理,实施森林病虫害综合防治,建立森林灾害评估监测体系,提高应对森林灾害的能力,确保我国森林资源安全和维持森林碳储量。

4.3 实施科学的森林管理措施,提高森林资源质量 我国人口众多,人均森林资源较少,因此必须以可持续森林经营为指导,实施森林分类经营,加强从森林的培育、管护到采伐的过程管理,提高成林率和科学经营管理水平,实现森林管

(上接第3653页)

源培育中的科技含量: 继续加强文冠果“千花一果”生理机制的研究。目前分子生物学迅速发展,研究人员可以考虑利用一些分子手段如分子标记技术等来深入探讨其生理机制。加强文冠果苗木的快繁及产业化技术研究。在筛选文冠果优良品种的基础上,深入研究文冠果组织培养技术,为文冠果苗木的快繁及产业化做好技术储备。加强文冠果高效培育技术研究。针对不同分布区和立地条件进行苗木定向培育技术研究,制订相关的苗木培育质量标准。

3.4 制定扶持政策,形成发展机制 目前资源缺乏,造成原料成本较高且林木效益产生的周期较长,影响了林农和各大能源企业投资培育文冠果资源的积极性。

因此目前国家和地方政府应在投资、价格和税收等方面制定一些优惠政策,如给予必要的专项资金,扶持能源林的定向培育,对开发利用林木生物质能源实行贷款财政贴息和

理的科学化和规范化,从而提高森林生产力和资源质量。

通过造林再造林增加森林面积可以增加林业碳汇,但是土地面积是有限的,尤其是我国这样的人口大国,更是面临土地资源紧张的困境。因此,当造林面积达到一定程度时,只能通过加强对现有森林的管理来增加森林碳储量,促进森林对大气中CO₂的吸收、缓解气候变化和全球变暖。随着我国植树造林、林业生态工程的实施和森林管理水平的进一步提高,未来我国森林在应对气候变化和全球变暖中的作用将会进一步增强。

参考文献

- [1] 李怒云. 中国林业碳汇[M]. 北京: 中国林业出版社,2007:1-4.
- [2] 国家气候变化对策协调小组办公室, 中国21世纪议程管理中心. 全球气候变化——人类面临的挑战[M]. 北京: 商务印书馆,2004:194-198.
- [3] 国家林业局. 2005年中国森林资源报告[R]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [4] DIXON R K, BROWNS, HOUGHTON R A, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystem[J]. Science, 1994, 14: 185-190.
- [5] ROBERT T WATSON, MARUFU C ZINYOWERA, RICHARD H MOSS. Technologies, policies and measures for mitigating climate change[M]. Geneva: IPCC, 1996: 55-63.
- [6] H HOLGER ROGNER, GERT JAN NABUURS, DADI ZHOU, et al. Climate change in 2007: Mitigation of climate change[M]. UK: Cambridge University Press, 2007: 544-546.
- [7] 张小全, 武曙红, 何英, 等. 森林、林业活动与温室气体的减排增汇[J]. 林业科学, 2005, 41(6): 150-156.
- [8] 张小全, 侯振宏. 森林退化、森林管理、植被破坏和恢复的定义与碳计量问题[J]. 林业科学, 2003, 39(4): 140-144.
- [9] JIMPENMAN, MICHAEL GYTARSKY, TAKA HRAISHI, et al. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry[M]. Geneva: The Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC, 2003: 323-325.
- [10] 王效科, 冯宗炜, 庄亚辉. 中国森林火灾释放CO₂、CO和CH₄研究[J]. 林业科学, 2001, 37(1): 90-95.
- [11] 苏宏钧, 赵杰, 尤德康, 等. 我国森林病虫害灾害经济损失[J]. 中国森林病虫, 2004, 23(5): 1-5.
- [12] 叶建仁. 中国森林病虫害防治现状与展望[J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(6): 1-5.
- [13] 国家林业局森林资源管理司. 第六次全国森林资源清查及森林资源状况[J]. 绿色中国, 2005(2): 10-12.
- [14] FANG J, CHEN A, PENG C, et al. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998[J]. Science, 2001, 292: 2320-2322.

税收减免政策, 培植以企业为主体的林业生物质能源高新技术产业, 并鼓励民营资本进入林业生物质能源领域, 形成以企业为主体, 规模化种植、集约式管理, 种植采集、产品加工、市场销售一体化的新型林业“产业链”。

参考文献

- [1] 牟洪香, 侯新村. 文冠果的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(3): 703-705.
- [2] 高启明, 侯江涛, 李阳. 文冠果的栽培利用及开发前景[J]. 中国林副特产, 2005(2): 56-57.
- [3] 牟洪香. 木本能源植物文冠果(Xanthoxer as sorbifolia Bunge)的调查与研究[D]. 北京: 中国林业科学院, 2006.
- [4] 牛颖, 柴永红, 亢彦青, 等. 文冠果栽培技术[J]. 内蒙古林业调查设计, 2006, 29(6): 29-31.
- [5] 赵国锦, 于明礼. 文冠果的插根育苗技术[J]. 林业实用技术, 2006(6): 25-26.
- [6] 王永明, 赵静茹, 陈颖. 文冠果的组织培养[J]. 植物生理学通讯, 1986(1): 42-42.
- [7] 顾玉红, 高述民, 郭惠红, 等. 文冠果的体细胞胚胎发生[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(3): 311-313.