

气候变化对中国林业的影响与应对策略

朱建华^{1,2} 侯振宏^{1,2} 张小全³

(1 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所 北京 100091;2 国家林业局森林生态环境重点实验室 北京 100091;
3 美国大自然保护协会中国部 北京 100600)

摘要:气候变化已经对我国林业产生了重要影响。未来全球将持续变暖,极端气候事件发生的频率和强度增加,从而对我国林业发展产生诸多方面的影响。我国林业在减缓气候变化方面有着重要的作用和特殊的地位。文章综述了近年来气候变化和中国林业相关的研究内容和重要结论,总结了气候变化对我国林业的影响,林业在减缓气候变化方面的作用。结合我国林业发展实际和相关政策规划,提出了未来我国林业应对气候变化的基本对策。

关键词:气候变化;林业;影响;减缓;适应

中图分类号:F316.23 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-338X(2009)11-0078-06

The Impact of Climate Change on Chinese Forestry and Its Adaptation Proposals

Zhu Jianhua^{1,2} Hou Zhenhong^{1,2} Zhang Xiaoquan³

(1 Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 10009;
2 Key Laboratory on Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration, Beijing 100091;
3 The Nature Conservancy, Beijing 100600)

Abstract: Climate change has had detectable impacts on forestry in China. Global warming and increasing extreme climate events will impact Chinese forestry in many aspects in the future. Chinese forestry plays important role and has special status in climate change mitigation. This paper reviewed main results and methodologies of relative researches, summarized the observed and future impacts of climate change on forest in China, and the function of forestry in climate change mitigation and adaptation. Relative forestry policies and activity plans for climate change mitigation and adaptation were proposed.

Key Words: climate change, forestry; impact; mitigation; adaption

全球变暖已经对地球生态系统和社会经济系统产生了明显而深远的影响,威胁着人类的生存环境和社会经济的可持续发展。1906~2005年间,全球平均气温上升了0.56~0.92℃(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)。森林作为我国林业的主体,也受到气候变化的重要影响。气候变化会影响到森林生态系统(尤其是高纬度的寒温带森林)的结构、组成、功能和生产力,也将威胁到退化森林生态系统的恢复和重建等(朱建华等, 2007)。全球气候变化将导致极端气候事件频发、强度增加,也会增加森林灾害(火灾、病虫害等)的发生频率与强度,从而危及森林的安全,同时进一步增加陆地温室气体排放(朱建华等, 2007)。全球气候及大气组成的变化,还会影响森林为人类社会提供产品和服务的功能,从而对社会经济系统产生显著的影响。

预测全球气候变化对森林生态系统的影响,评价森林生态系统的结构和功能的对全球气候变化的

响应及适应,是全球变化研究的重要领域之一,也是针对森林生态系统制定有效的适应气候变化措施的基础。本文综述了近年来气候变化和中国林业相关的研究内容和重要结论,总结了气候变化对我国林业的影响,阐述了我国林业在减缓气候变化方面的作用。结合我国林业发展实际和相关政策规划,提出了未来我国林业应对气候变化的基本对策。

1 气候变化对中国林业的影响

1.1 气候变化对森林物候的影响

受温度上升影响,我国整体上木本植物春季物候期提前;但空间差异明显,东北、华北及长江下游等地区的物候期提前,而西南东部,长江中游等地区的物候期推迟,同时物候期随纬度变化的幅度减小。物候期的提前与推迟对温度的上升与下降的响应是非线性的。与20世纪80年代前相比,20世纪80年

收稿日期:2009-10-03
作者简介:朱建华,中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所副研究员,博士。
基金项目:国家科技支撑计划(2007BAC03A02)和中国林业科学研究院专项资金(CAFYBB2007038)。

代以后我国春季平均温度上升 0.5°C , 春季物候其平均提前 2 天; 春季平均温度上升 1°C , 春季物候期平均提前 3.5 天。反之, 春季平均温度下降 0.5°C , 春季物候平均期推迟 4 天; 春季平均温度下降 1.0°C , 春季物候期则推迟 8.8 天(郑景云等, 2002)。

1960~2005 年期间, 沈阳城市森林主要树种的春季物候期, 在气候偏冷阶段, 春季物候期出现较晚, 而在偏暖阶段, 春季物候期提前发生。年均温升高 1°C , 芽萌动期提前 9 天, 展叶始期提前 10 天, 开花始期提前 5 天(徐文铎等, 2008)。1950~2004 年北京观测到山桃花花期每 10 年提前 2.9 天, 其它物种提前 1.5~2.0 天。春季树木开花物候与春季气温的年际、年代间的波动基本对应, 但波动幅度不一致(Lu 等, 2006)。

1.2 气候变化对森林分布和组成结构的影响

受气候变化影响, 在过去的几十年内, 中国森林的分布与组成结构也发生了较大变化。已观测到的研究表明, 气候变化使北方一些类型的森林分布出现了空间转移。黑龙江省 1961~2003 年间因气温升高造成分布在大兴安岭的兴安落叶松及小兴安岭及东部山地的云杉、冷杉和红杉等树种的可能分布范围和最适分布范围均发生了北移(刘丹等, 2007)。长期气候变化导致一些地区林线海拔升高。如祁连山山地森林区森林面积减少 16.5%、林带下限由 1900 m 上升到 2300 m, 森林覆盖度减少 10%(王根绪等, 2002)。山西五台山的高山草甸和林线过渡带的某些植物种向上爬升的趋势与同期区域气温升高密切相关(戴君虎等, 2005)。在我国云南干旱河谷地区, 因气候变暖而引起灌丛侵入到高山草甸, 林线海拔升高, 大约每 10 年上移 8.5m(Moseley, 2006)。

气候变化同时也影响干扰群落的恢复过程。区域气候变化已经导致热带森林生态系统的群落次生演替恢复速度降低, 而且增加了次生林演替过程中的树木死亡率(臧润国等, 2008)。气候变化后的条件还有可能更适合于区域物种的入侵, 从而导致森林生态系统的结构发生变化(周广胜等, 2004)。由于森林生态系统的位移是所有组成和栖居该系统的物种的位移, 因此森林类型的消失将是伴随一些物种的消失, 如我国寒温带已有的的极地成分、寒带和一些寒温带成分物种在我国的退出。由于生物多样性格局和物种关系链发生变动, 一些动物、植物、微生物在减弱或丧失稳定的食物链或生境的巨变就会濒危和消失。

未来气候变暖将导致中国的温度带发生北移(李克让等, 2005), 从而改变我国森林植被和树种的分布格局。气候变暖将导致东北森林垂直分布带有上移的趋势, 若降水也增加, 则大兴安岭森林群落中

温带针阔混交林树种的比例增加, 如红松、水曲柳等(程肖侠等, 2008)。温度增加将导致寒温带大兴安岭落叶松林面积将缩小, 南部边缘北移, 甚至彻底在中国境内消失(钟秀丽等, 2000)。在 HADCM2SUL 方案下, 未来东北森林生态系统中兴安落叶松、白桦、冷杉和云杉的覆盖率下降, 而长白落叶松、红松和蒙古栎的覆盖率增长, 山杨基本保持不变, 变化最为明显的是兴安落叶松和长白落叶松(冷文芳等, 2006)。在大气 CO_2 浓度倍增情景下, 中国寒温带针叶林将明显减少, 可能变为温带针叶阔叶混交林; 温带针叶阔叶混交林可能向北移动, 其中 1/2 将被暖温带落叶阔叶林所取代, 净分布面积减少(李克让等, 2005)。未来中国温带落叶阔叶林面积将扩大, 较南的森林类型取代较北的类型; 高寒草甸将可能被热带稀树草原和常绿针叶林取代, 森林总面积增加(潘愉德等, 2001; 赵茂盛等, 2002)。

1.3 气候变化对森林生产力的影响

受气候变化和 CO_2 浓度倍增的影响, 未来中国森林生产力将有所增加, 增加的幅度因地区不同而异, 变化于 12%~35%(方精云, 2000)。未来我国森林生产力的增加幅度随纬度增加而增大, 越湿润的地区增加幅度较大(彭少麟等, 2002)。不过极端气候事件的发生, 如温度升高导致夏季干旱, 因干旱引发火灾等, 会使森林生态系统生产力下降。

CO_2 浓度、温度和降水的变化对生态系统影响的程度不同。若仅考虑气候变化而忽略 CO_2 的施肥效应, 2091~2100 年我国森林生态系统的 NPP 将减少, 森林由目前的碳汇变为碳源; 若综合考虑气候变化和 CO_2 增加, NPP 则增加, 森林碳吸收能力增加, 然而施肥效应随时间递减(Ju 等, 2007)。未来仅温度增加将使得我国东北主要针叶树种生物量下降, 阔叶树生物量增加; 若温度和降水同时增加, 则有利于东北地区森林总生物量的增加(程肖侠等, 2008)。东北地区森林 NPP 和 NEP 对温度升高比对降雨变化的反应更为敏感; 综合降雨增加(20%)和气温增加(3°C)的情况, 东北地区森林的 NPP 和 NEP 增加的幅度最大; 温度不变、降水增加(不变)情景下最小(赵俊芳等, 2008)。

1.4 气候变化对林火和森林有害生物的影响

气候变化引起干旱天气的强度和频率增加, 森林可燃物积累多, 防火期明显延长, 早春火和夏季森林火灾多发, 林火发生地理分布区扩大, 加剧了森林火灾发生的频度和强度。气候变化对林火的影响已经初步显现出来。2000 年以来, 东北林区夏季火严重, 森林火险期明显延长, 夏季火对森林造成的危害更大。大兴安岭的兴安落叶松林是我国对气候变化最敏感、反应最剧烈的地区。近年来, 大兴安岭林区干暖化趋势明显, 特别是频繁出现的夏季持续高温

干旱,使很少发生林火的夏季森林火灾频发,有时甚至超过春季防火期林火发生的次数(赵凤君等,2009)。黑龙江省1980~1999年气温升高,火点和火面积质心均向北和向西移动,反之则向东和向南移动;火点和火面积质心随降水量增加会向西和向南移动,反之,则向东和向北移动(王明玉等,2003)。气候变化引起的极端气候事件会导致林木大量折断和死亡,火险增加。例如,2006年川渝地区百年一遇的大旱使往年几乎没有林火的重庆市,发生了158起林火,为历史罕见。受拉尼娜现象的影响,2008年初我国南方雪灾造成南方林区大量树木树枝或树冠折断,森林中地表易燃可燃物增加2~10倍,平均地表可燃物载量超过50t/hm²,部分严重地区高达100t/hm²,超过可发生高强度林火和大火的标准(30t/hm²),导致当年南方林区森林火灾远远多于常年,其中湖南2008年3月份的火灾次数超过1999~2007年3月份火灾次数的总和,是3月份平均火灾次数的10.86倍(赵凤君等,2009)。

气候变暖和极端气候事件的增加,使我国森林病虫害分布区系向北扩大,森林病虫害发生期提前,世代数增加,发生周期缩短,发生范围和危害程度加大,并促进了外来入侵病虫害的扩展和危害。上世纪90年代以来,全国森林病虫害每年平均发生面积都在800万hm²左右,其中,中度以上的受害面积426.67万hm²,相当于年均人工造林面积的80%。近年来,以极端异常气候过程为主要诱因,病虫害发生面积进一步扩大,2007年全国森林病虫害发生面积1253.33万hm²,创历史新高。1961年到2001年的历史资料表明,冬季温度偏高的年份,病虫害发生严重,其线性相关关系极为显著(赵铁良等,2003)。如油松毛虫原分布在辽西、北京、河北、陕西、山西、山东等省,现已向北、向西水平扩展。白蚁原是热带和亚热带所特有的害虫,在上世纪五六十年代,白蚁只在广东危害严重。70年代扩散到徐州一带,2000至2001年又相继在天津和北京市发现有白蚁危害,近年来在西安和山西晋城等地的林木也遭到白蚁的危害,向北蔓延趋势明显。1972~2002年,广东潮安县年均温度上升1℃多,过去一般以3代幼虫越冬的松毛虫近年来却出现3、4代幼虫重叠越冬的现象。同时气候变暖也加重了病虫害的发生程度,一些次要的病虫或相对无害的昆虫相继成灾,促进了海拔较高地区的森林,尤其是人工林病虫害的大发生。过去很少发生病虫害的云贵高原近年来病虫害频发,云南迪庆地区海拔3800~4000m冷杉林内的高山小毛虫常猖獗成灾。松材线虫危害我国松树林,目前已扩展至我国南方11省市。研究表明该虫1998年爆发成灾与1997年春季的异常干旱有关(张真等,2005;王鸿斌等,2007)。

1.5 气候变化对中国森林碳汇功能和服务价值的影响

森林生态系统是陆地生态系统中最大的碳库。森林碳库的增加或减少,都将对大气中的CO₂产生重要的影响。

应用生物地球化学模型(CEVSA),我国森林生态系统在20世纪80年代,森林生态系统是一个弱的碳源,至20世纪90年代碳吸收有所增加,转变为一个碳汇(陶波等,2006)。Tan等(2007)利用森林清单数据结合NDVI指数研究表明,过去20年中国东北山地森林生物量碳贮量平均年增长0.0082PgC,气候变暖可能是促进森林生物量碳贮量增长的主要因子。基于个体生长过程的中国森林生态系统碳收支模型FORCCHN,1981~2002年期间东北地区森林起着CO₂汇的作用(赵俊芳等,2008)。在未来气候变化情景(2100年)下,干烟洲中亚热带人工针叶林生态系统的净初级生产力将增加,具有较强的固碳潜力(米娜等,2008)。Ju等(2007)运用InTEC模型模拟表明,在净气候变化(无大气CO₂浓度变化影响)假设前提下,2091~2100年中国森林的平均NPP和土壤碳贮量将下降,中国森林很可能在较大范围内均成为碳源。在中度变暖假设条件下,大气CO₂浓度升高可能会增加未来中国森林碳吸存,但是这种CO₂施肥效应会随着时间推移而降低。而在大气CO₂浓度升高而气候条件不变的假设前提下,到2091~2100年,中国大部分森林将成为碳汇。

研究发现,在全球变暖背景下,我国森林生态系统的服务价值明显上升,降水对森林生态系统服务价值的影响不大。在未来气候变暖背景下,中国森林生态系统14种主要的生态系统服务中,土壤形成、废物处理、生物防治、食品生产、文化的价值都有不同程度的减少,而气候调节、干扰调节、水分调节、水分供应、防止侵蚀、养分循环、原材料、基因资源和休闲游乐的价值都增加,特别是防止侵蚀、养分循环及原材料的价值,增加幅度很大(张明军等,2004)。

1.6 气候变化对林业重大工程的影响

气候增暖和干暖化,将对中国六大林业工程的建设产生重要影响,主要表现在植被恢复中的植被种类选择和技术措施、森林灾害控制、重要野生动植物和典型生态系统的保护措施等。中国天然林资源主要分布在长江、黄河源头地区或偏远地区,森林灾害预防和控制的基础设施薄弱,因此面临的林火和病虫害威胁可能增大。根据用PRECIS对中国未来气候情景的推测,气候变暖使中国现在的气候带在2020、2050年和21世纪末,分别向北移动100km、200km和350km左右,这将对我国野生动植物生境和生态系统带来很大影响。未来中国气温升高,特别是部分地区干暖化,将使现在退耕还林工程区内的宜林荒地和退耕地逐步转化为非宜林地和非

宜林退耕地,部分荒山造林和退耕还林形成的森林植被有可能退化,形成功能低下的“小老树”林。“三北”和“长江”中下游地区等重点防护林建设工程的许多地区,属干旱半干旱气候区,水土流失严重,土层浅薄,土壤水分缺乏,历来是中国造林最困难的地区。未来气候增暖及干暖化趋势,将使这些地区的立地环境变得更为恶劣,造林更为困难。一些现在的宜林地可能需代之以灌草植被建设,特别是在森林-草原过渡区(气候变化国家评估报告,2007)。

2 中国林业减缓气候变化的作用与地位

2.1 森林生态系统是全球重要的碳库

森林作为陆地生态系统的主体,以其巨大的生物量贮存着大量的碳,森林植物中的碳含量约占生物量干重的 50%。全球森林生物量碳储量达 282.7 Gt C,平均每 1hm² 森林的生物量碳储量 71.5 t C,如果加上土壤、粗木质残体和枯落物中的碳,每 1hm² 森林碳储量达 161.1 t C (FAO, 2006)。据 IPCC 估计 (Ciais et al., 2000), 全球陆地生态系统碳储量约 2477 Gt C,其中植被碳储量约占 20%,土壤碳约占 80%。占全球土地面积约 30% 的森林,其森林植被的碳储量约占全球植被的 77%,森林土壤的碳储量约占全球土壤的 39%。单位面积森林生态系统碳储量(碳密度)是农地的 1.9~5 倍。可见,森林生态系统是陆地生态系统中最大的碳库,其增加或减少都将对大气 CO₂ 产生重要影响。

我国森林生态系统碳储量的估计有较大差异,主要与利用的森林资源清查数据和估计方法有关。根据全国森林资源清查的森林蓄积量数据,采用蓄积-生物量扩展系数(BEF)的方法,计算的森林植被碳密度在 31.04~45.75 t C hm²,高于 FAO (2006) 的平均值,也低于 IPCC 森林植被的平均碳密度。由此计算得到的我国森林植被碳储量,在 1973~1976、1977~1981、1984~1988、1989~1993 和 1994~1998 期间(不包括经济林和竹林)分别约为 3.75~4.44 Gt C、3.91~4.38 Gt C、3.26~4.45 Gt C、3.70~4.63 Gt C 和 4.75 Gt C。考虑到竹林和经济林的碳储量,我国森林植被和土壤碳储量分别在 5 Gt C 和 15 Gt C 左右的估计是基本合理的(张小全等,2007)。

2.2 森林是大气 CO₂ 重要的吸收汇

森林植物在其生长过程中通过同化作用,吸收大气中的 CO₂,将其固定在森林生物量中。森林每生长 1m³ 木材,约需要吸收 1.83 t CO₂。在全球每年近 60 Gt C 的净初级生产量中,热带森林占 20.1 Gt C,温带森林占 7.4 Gt C,北方森林占 2.4 Gt C (Sabine et al., 2004)。

近期的大气测量和模拟研究表明,20 世纪 80 年代陆地是一个 0.2±1.0 Gt C/年的吸收汇,即 1.9±

1.3 Gt C/年的陆地碳吸收与土地利用变化引起的 1.7±0.8 Gt C/年的碳排放之差;90 年代吸收汇增至 0.7±1.0 Gt C/年,即 2.3±1.3 Gt C/年的陆地碳吸收减去土地利用变化引起的 1.6±0.8 Gt C/年的碳排放 (Ciais et al., 2000)。

我国森林植被净碳吸收量为 0.04 Gt C,其中 NPP 约 0.61 Gt C/年,年采伐消耗 0.13 Gt C/年,年凋落物总量 0.44 Gt C/年,凋落物分解排放 0.17 Gt C/年,土壤呼吸排放 0.27 Gt C/年 (赵士洞等,2001)。1990 年我国森林表现为 0.098 Gt C/年的净碳吸收汇,占同期温室气体源排放的 16.8%,其中森林生长吸收 0.118 Gt C/年,土壤碳积累 0.0184 Gt C/年,生物量燃烧和分解排放 0.0389 Gt C/年 (Zhang & Xu, 2003)。

增强碳吸收汇的林业活动包括造林、再造林、退化生态系统恢复、建立农林复合系统、加强森林可持续管理以提高林地生产力等能够增加陆地植被和土壤碳储量的措施。通过造林、再造林和森林管理活动增强碳吸收汇已得到国际社会广泛认同,并允许发达国家使用这些活动产生的碳汇用于抵消其承诺的温室气体减排指标 (UNFCCC, 1997)。造林碳吸收因造林树种、立地条件和管理措施而异:寒温带:0.8~2.4 t C hm²/年,温带:0.7~7.5 t C hm²/年,热带:3.2~10 t C hm²/年 (Brown et al., 1996)。中国的研究表明,由于中国大规模的造林和再造林活动,预计在 2008~2012 年间的第 1 承诺期,中国森林可净吸收碳 0.667 Gt C;到 2050 年,中国森林年净碳吸收能力将比 1990 年增加 90.4% (Zhang & Xu, 2003)。

2.3 毁林是大气 CO₂ 重要的排放源

毁林是指森林向其它土地利用的转化或林木冠层覆盖度长期或永久降低到一定的阈值以下。由于毁林导致森林覆盖的完全消失,除毁林过程中收获的部分木材及其木制品可以较长时间保存外,大部分贮存在森林中的巨额生物量碳将迅速释放进入大气。据 IPCC 估计,1850~1998 期间,由于土地利用变化引起的全球碳排放达 136±55 Gt C,其中 87% 由毁林引起,13% 由草地开垦造成,而同期化石燃料燃烧和水泥生产的排放量为 270±30 Gt C (Ciais et al., 2000)。在 20 世纪 80 和 90 年代,以热带地区毁林为主的土地利用变化引起的年碳排放分别约为 1.7±0.8 Gt C/年和 1.6±0.8 Gt C/年,分别占化石燃料燃烧排放量的 31% 和 25% (Ciais et al., 2000)。近期的估计表明,1993~2003 热带地区土地利用变化引起的碳排放为 1.1 ± 0.3 Gt C/年,其中 71% 为森林转化,20% 为毁林后的土壤碳排放,4.4% 来自森林退化 (Achard, et al., 2004)。同时毁林引起的土地利用变化还将引起森林土壤有机碳 (SOC) 的大量排放。吴建国等 (2004) 在宁夏半干旱区的研究表明,山杨和辽东栎天然次生林转化为农地和

草地后, SOC 密度分别下降 35% 和 14%, 而且 SOC 的稳定性降低。正是由于森林受到大面积破坏以致从全球的角度来看, 毁林已成为仅次于化石燃烧的大气 CO₂ 重要排放源。

自史前至 20 世纪 70 年代末, 我国森林面积一直呈降低趋势, 以后随着森林保护的加强和大规模的造林活动, 森林面积开始呈现增加趋势。即便如此, 我国近 20 年来我国毁林面积仍然相当巨大。我国第 2 次至第 5 次森林资源清查数据表明, 第 2 次 (1977~1981) 到第 3 次 (1984~1988) 森林资源清查期间, 我国年均均有林地转为无林地面积为 3.34×10^6 hm², 第 3 次到第 4 次 (1989~1993) 为 2.21×10^6 hm², 第 4 次到第 5 次为 1.96×10^6 hm², 第 5 次至第 6 次 (1999~2003) 为 3.70×10^6 hm²。从有林地转化为其它地类占转化总面积的百分比看, 转化为非林地的面积比例呈增加趋势。如果仅将有林地转化为非林地视为毁林, 据此估计 1980~2000 年我国毁林碳排放达 0.83 Gt C, 约占我国同期温室气体源排放的 4.7%。其中生物量碳排放 0.45 Gt C, 土壤碳排放 0.38 Gt C (Zhang & Xu, 2003)。

森林退化也是导致森林生态系统碳排放的主要过程。Houghton (1996) 估计, 20 世纪 80 年代热带森林退化引起的净碳排放量为 0.6 Gt C/年。在热带亚洲, 森林退化引起的碳排放与毁林相当 (FAO, 2001)。

保护碳贮存, 是指保护现有森林生态系统中贮存的碳, 减少其向大气中的排放。主要措施包括减少毁林、改进采伐作业措施、提高木材利用效率以及更有效的森林灾害 (林火、病虫害) 控制。降低大气 CO₂ 浓度最有效的方式是减少化石燃料燃烧的排放量, 而土地利用变化和林业措施则是减缓气候变化最有效的技术手段。由于毁林直接导致森林生态系统的碳贮存在数年内排放到大气中, 因此相对造林和再造林而言, 降低毁林速率是减缓大气 CO₂ 浓度上升的更直接手段, 因为从长远看, 在某一土地上造林的碳吸收与毁林碳排放是相当的。此外, 降低采伐和改进采伐作业方式, 其保护碳贮存的潜力是巨大的。提高木材利用率, 可降低分解和碳排放速率; 增加木质林产品寿命, 可减缓其贮存的碳向大气排放; 废旧木产品垃圾填埋, 可延缓其碳排放, 部分甚至可永久保存。

2.4 林业的碳替代功能

碳替代措施包括以耐用木质林产品替代能源密集型材料、生物能源 (如能源人工林)、采伐剩余物的回收利用 (如用作燃料)。由于水泥、钢材、塑料、砖瓦等属能源密集型材料, 且生产这些材料消耗的能源以化石燃料为主, 而化石燃料是不可再生的。如果以耐用木质林产品替代这些材料, 不但可增加陆地碳

贮存, 还可减少生产这些材料的过程中化石燃料燃烧引起的温室气体排放。虽然部分木质林产品中的碳最终将通过分解作用返回大气, 但由于森林的可再生特性, 森林的重再生长可将这部分碳吸收回来, 避免由于化石燃料燃烧引起的净排放。据研究, 用木材替代水泥、砖瓦等建筑材料, 1m³ 木材可减排约 0.8 t CO₂ 当量。在欧洲, 一座木结构房屋平均碳贮量达 150 t CO₂, 与砖结构比较, 可减排 10 t CO₂ 当量 [94]; 而在澳大利亚, 建造一座木结构房屋可减少排放 10 t CO₂ 当量 (Anon, 2004)。当然, 木结构房屋需消耗更多的能量用于取暖或降温。

同样, 与化石燃料燃烧不同, 生物质燃料不会产生向大气的净 CO₂ 排放, 因为生物质燃料燃烧排放的 CO₂ 可通过植物的重新生长从大气中吸收回来, 而化石燃料的燃烧则产生向大气的净碳排放, 因此用生物能源替代化石燃料可降低人类活动碳排放量。目前, 林业生物质燃料消耗约 1 Gt B/年 (相当于 16 E J/年), 预计到 2020~2030, 可达 1.1~2.3 Gt B/年 (相当于 17~34 E J/年) (Nabuurs, 2007)。

3 中国应对气候变化的林业对策与建议

3.1 制定和实施与林业适应气候变化相关的法律法规

加快《中华人民共和国森林法》、《野生动物保护法》等相关法律的修订, 起草《自然保护区法》, 制定湿地保护条例等。特别是在有关法律法规中增加和强化与适应气候变化相关的条款, 为提高森林和其他自然生态系统适应气候变化能力提供法制化保障。建立健全林业生态补偿机制, 解决好依靠森林或生活在森林附近地区的人们的利益关系, 通过经济手段保护和促进地方林业发展。

3.2 加大现有林业生态工程建设力度, 提高工程质量

我国林业部门目前实施的天然林保护、退耕还林、京津风沙源治理、“三北”防护林建设、长江、珠江和太行山绿化、沿海防护林体系建设、以及重点地区速生丰产林基地建设等大型林业生态工程, 在扩大森林面积、提高森林碳汇功能、适应气候变化方面作出重要贡献。应进一步加大现有工程的建设力度, 提高工程建设质量。特别是加强科学造林, 提高各种人工林生态系统的适应性和稳定性, 增强人工林抗御极端天气的能力, 加快珍贵、稀有、濒危树种培育。

3.3 加强气候变化条件下森林可持续经营

以提高现有森林资源年生长量和提高森林资源生态功能为目标, 最大限度地提高森林整体质量, 使不同林分的目标效益最大化。强化森林健康理念, 提高森林生态系统在气候变化条件下的抗逆性和稳定性, 建立健全符合中国林业发展特点的森林可持续经营指标体系。应进一步加强林地、林木、野生动植物资源保护管理, 结合天然林保护、退耕还林还草、

野生动植物自然保护区、湿地保护工程,推进森林可持续经营和管理,开展水土保持生态建设。继续扩大封山育林面积,科学开展低产低效林改造,恢复森林并减少造林活动本身导致的温室气体排放。加强对现有人工林的经营管理,对现存人工纯林进行适度改造,尽可能避免长期在同一立地上多代营造针叶纯林。改善、恢复和扩大物种种群和栖息地,加强对濒危物种及其赖以生存的生态系统保护。加强生态脆弱区域、生态系统功能的恢复与重建。

3.4 强化森林资源保护

加强和改进森林资源采伐管理,确保稳定高效地发挥公益林生态效益。加强林地征占用管理。提高林业执法能力,加强森林资源保护,加大执法力度,依法严厉打击各类破坏森林资源的违法行为。进一步提高森林火灾防控能力,全面提升森林火灾综合防控水平,最大限度地减少森林火灾发生次数,控制火灾影响范围。进一步提高森林病虫害防控能力,加强森林病虫害监测预警工作和国家级中心测报点建设和管理。加强和国家气象主管部门的合作,增强监测预报的科学性、时效性和准确性。加强检疫执法,积极与海关部门密切合作,严防外来有害生物入侵。针对不同气候带特点,建立典型森林物种自然保护区。在现有自然保护区基础上,建立典型森林物种自然保护区,构成完整的保护网络,保证生态系统功能的整体性,提高自然保护体系的保护效率。

3.5 加快林业生物资源开发

大力发展和利用生物质材料,部分替代化石能源产品。加强木材高效循环利用,加快林业生物质能源开发。积极开发生物质能高效转化发电技术、定向热解气化技术和液化油提炼技术,逐步形成从原料培育、加工生产、市场销售、科技开发的“林能一体化”格局。

3.6 加强林业适应气候变化的研究和基础能力建设

深入开展森林对气候变化响应的基础科学研究,紧跟国际研究发展前沿,系统、全面研究森林生态系统与气候相互作用的机理、机制。结合中国森林的地理分布区域和生态环境类型特点,加强森林生态系统定位站的规划和建设,强化森林生态系统对气候变化响应的定位观测;通过开展生物多样性、森林火灾和森林病虫害等定位观测技术研究,逐步完善森林生态系统观测网络和监测体系。加强林业基础能力建设,指导各级林业发展。加强森林适应气候变化的政策、技术选择、成本效益与适应效果评价等研究,不断提高林业适应气候变化的能力。

参考文献

程肖侠,延晓冬.气候变化对中国东北主要森林类型的影响.生态学报,2008,28(2): 534~543

戴君虎,潘源,崔海亭等.五台山高山带植被对气候变化的响应.第四纪研究,2005,25(2): 216~223

- 邓朝平,郭锐,王介民等.近20年来西北地区植被变化特征分析.冰川冻土,2006,28(5): 686~693
- 方精云.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,2000,24(5): 513~517
- 冷文芳,贺红土,布仁仓等.气候变化条件下东北森林主要建群种的空间分布.生态学报,2006,26(12): 4257~4266
- 李克让,曹明奎,於琨等.中国自然生态系统对气候变化的脆弱性评估.地理研究,2005,24(5): 653~663
- 刘丹,那继海,杜春英等.1961~2003年黑龙江主要树种的生态地理分布变化.气候变化研究进展,2007,3(2): 100~105
- 米娜,于贵瑞,温学发等.中亚热带人工针叶林对未来气候变化的响应.应用生态学报,2008,19(9): 1877~1883
- 潘愉德, Melillo J M, Kicklighter D W et al. 大气CO₂升高及气候变化对中国陆地生态系统结构与功能的制约和影响.植物生态学报,2001,25(2): 175~189
- 彭少麟,赵平,任海.全球变化压力下中国东部样带植被与农业生态系统格局的可能性变化.地学前缘,2002,9(1): 217~226
- 气候变化国家评估报告编写委.气候变化国家评估报告.科学出版社,2007
- 陶波,曹明奎,李克让等.1981~2000年中国陆地净生态系统生产力空间格局及其变化.中国科学: D辑,2006,36(12): 1~9
- 王根绪,程国栋,沈永平.近50年来河西走廊区域生态环境变化特征与综合防治对策.自然资源学报,2002,17(1): 78~86
- 王鸿斌,张真,孔祥波,刘随存,沈佐锐.入侵害虫红脂大小蠹的适生区和适生寄主分析.林业科学,2007,43(10): 71~76
- 王明玉,舒立福,田晓瑞等.林火在空间上的波动性及其对全球变化的响应().火灾科学,2003,12(3): 165~170
- 吴建国,张小全,徐德应.土地利用变化对土壤有机碳贮量的影响.应用生态学报,2004,15(4): 593~599
- 徐文铎,何兴元,陈玮等.近40年沈阳城市森林春季物候与全球气候变暖的关系.生态学报,2007,27(9): 1461~1468
- 臧润国,丁易.热带森林植被生态恢复研究进展.生态学报,2008,28(12): 6292~6304
- 张明军,周立华.气候变化对中国森林生态系统服务价值的影响.干旱区资源与环境,2004,18(2): 40~43
- 张小全,武曙红.中国CDM造林再造林项目指南.中国林业出版社,2007
- 张真,王鸿斌,孔祥波.红脂大小蠹.主要农林入侵种的生物学与控制.北京:科学出版社,2005
- 赵凤君,王明玉,舒立福等.气候变化对林火动态的影响研究进展.气候变化研究进展,2009(1): 50~55
- 赵俊芳,延晓冬,贾根锁.东北森林净第一性生产力与碳收支对气候变化的响应.生态学报,2008,28(1): 92~101
- 赵茂盛, Ronald P N, 延晓冬等.气候变化对中国植被可能影响的模拟.地理学报,2002,57(1): 28~37
- 赵士洞,汪业勤.森林与碳循环.科学对社会的影响,2001(3): 38~41
- 赵铁良,耿海东,张旭东等.气温变化对我国森林病虫害的影响.中国森林病虫,2003,22(3): 29~32
- 郑景云,葛全胜,郝志新.气候变暖对中国近40年植物物候变化的影响.科学通报,2002,7(20): 1582~1587
- 钟秀丽,林而达.气候变化对我国自然生态系统影响的研究综述.生态学杂志,2000,19(5): 62~66
- 周广胜,许振柱,王玉辉.全球变化的生态系统适应性.地球科学进展,2004,19(4): 642~649
- 朱建华,侯振宏,张治军等.气候变化与森林生态系统:影响、脆弱性与适应性.林业科学,2007,43(11): 138~145

(责任编辑 赵铁珍)