

全球气候变化对森林生态系统的影响及对策

张清杉¹, 贺延梅²

(1. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 杨凌气象局, 陕西 杨凌 712100)

摘要:气候变化对全球社会、经济及生态环境造成了多方面越来越显著的影响,而森林生态系统也不例外。该文系统梳理了由全球气候变化带来的各种非生物变化对森林生态系统的影响,一方面温室气体浓度的升高会刺激森林生产力增加,另一方面温度升高和降水减少且分布不均加剧,及由此引起的海平面上升和森林火灾、病虫害、极端天气事件的愈发频繁和严重,导致森林生态系统面临的风险增大。因此,为了有效降低威胁、规避风险,特提出了使森林缓解和适应气候变化的若干针对性措施,以维持森林的健康成长。

关键词:气候变化;森林生态系统;影响;针对性措施

中图分类号:S718.51⁺2 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)02-0103-05 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2016.02.0103

全球气候变化已经成为 21 世纪全世界各国政府、科技工作者及公众强烈关注的生态环境问题。随着经济和科技的迅猛发展,人类活动对气候系统的干扰不断加大,温室效应趋势日益明显^[1-2],全球气温在过去 100 a 中变暖了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ^[3],并导致气温增加幅度不断升高,这将加剧自然系统和人类系统各种广泛的、严重的和不可逆影响的风险^[4],并很容易涉及到大范围不同影响相互作用和复杂变化的可能性,因此气候变化具有动态不确定性,导致异常气候突发事件的频次逐渐增多^[5]。

1 全球气候变化导致的非生物变化

大量研究表明气候变化带来了诸多非生物方面的影响。首先,全球气温日较差明显减小^[6-7]。北半球夜间平均变暖 0.84°C ,而白天平均变暖 0.28°C ^[8],温差缩小了 0.56°C ,我国冬季和夏季气温日较差分别减少了 3.0°C 和 2.0°C ^[9]。其次,气候变化会改变降水和径流模式。对于全球大部分地区意味着水供应的数量和时间减少,降雨空间不均匀性和季节性波动的进一步加剧使水资源分布呈现极端化趋势^[10],不同地区洪水和干旱等灾害愈发频繁和严重^[11-12],极端降水事件呈现增加趋势,且分布更加不均匀^[13]。再次,高海拔和高纬度冰川积雪的消融速度加快。北极 3 月和 7

月冰层面积以每十年 6.4% 和 2.6% 的线性速率下降^[14],剑桥大学 Peter Wadhams 称,北极冰川恐在 20 a 内出现季节性消融^[15],而南极陆海交接处的底层冰川也在迅速融化^[16],阿尔卑斯、喜马拉雅、乞力马扎罗等绝大多数陆地冰川都已经严重退化和变薄^[17-18],导致水资源分布更加不均匀,从而引发海面上升、区域淹没、冰川洪水等灾难^[18]。同时,水温升高、洪水和干旱的增加会影响水质并加剧水体污染。

最后,气候变化严重威胁人类环境安全,并导致许多动植物种群的生境和习性发生改变,进而影响物种分布和其生态过程^[19]。其中,森林生态系统的光合固碳、涵养水源、净化空气、养分循环、防风固沙、保持水土等功能也必然受到影响。因此,本文着重阐述气候变化对森林生态系统产生的各种影响和对未来造成的潜在风险,以及为了降低和管理风险而采取有效举措来减缓和适应气候变化的各种可能性。

2 全球气候变化对森林生态系统的影响

气候是决定森林类型与分布规律的主要因素,而全球气候变化及其带来的种种影响同样会对森林生态系统产生深刻影响。

2.1 气候变化对森林生产力的影响

大气中 CO_2 等温室气体浓度的升高刺激森林植物的光合固碳过程,直接促进森林的生长,使森林生产力有增加的趋势。Wright^[20] 对林班数据的长期监测和分析发现,热带森林的结构和生产力正发生着变化,其立木度、更新率、死亡率及地上生物量均在不断增加。Flannigan 等^[21] 利用曲

收稿日期:2015-12-14

基金项目:高职院校学生职业技能训练模式研究(GJ1414)

第一作者简介:张清杉(1966-),男,陕西省靖边县人,副教授,从事中长期林业气象预报及林业气候方面研究。E-mail: 495038366@qq.com。

面响应模型模拟发现,CO₂倍增背景下,北美北部地区红松的分布区域将向东北方向平移 600~800 km,且单位面积材积量将呈增加趋势。梁尔源等人^[22]认为,大气中 CO₂浓度的增大对辽东栎次生林木生长具有明显正效应。赵宗慈^[23]和刘世荣等人^[24]结合若干全球气候模型(GCMs)预测的未来中国气候拟合数据,建构了基于气候和地理格局的中国森林生产力模型,其模拟分析表明,到 2030 年气候变化导致我国森林第一性生产力由东南向西北递增 1%~10%不等的幅度,其中,重要造林树种生产力增加的顺序依次为兴安落叶松 8%~10%、红松 6%~8%、油松 2%~6%(局部 8%~10%)、云南松 2%、杉木和马尾松 1%~2%;而主要用材树种生产力变化趋势与造林树种相同,增加幅度为 1%~10%。

然而,气候变化同时会间接通过温度和降水的变化引起森林生态系统复杂的相互作用反而有可能使其生产力下降。丁一汇^[25-26]认为,气候变化导致季节分配和水热区域改变,一方面由于温度升高延长生长季而使森林生产力提高,另一方面发生倒春寒甚至春季冻害的可能性增大。关于加拿大北部地区森林对气候变化响应的研究^[27]表明,虽然温度的升高延长了森林生长季,但呼吸的增强和干旱的加重对森林生长量的积累产生了消极影响。对全球生态系统过程模型的模拟^[28-29]结果显示,受全球气候变暖影响,热带森林的生产力呈下降趋势,与 Wright 的研究正好相反。欧洲环境署的研究结果^[30-31]表明,欧洲变暖程度高于全球平均水平,很多地区出现愈变暖干的倾向,致使欧洲森林生产力急剧下降。同时, Pastor 等^[32]采用气候输出模型和土壤过程模型研究发现,北美东北部位于冷温带边缘区域的森林受温暖干燥气候的影响,生产力下降趋势十分显著。另外,许多地区由于旱灾频发,导致森林的结构、组成和生物地理出现了根本性变化,林木死亡率增加,生产力降低^[33]。

2.2 气候变化对森林生物多样性的影响

气候变化会改变森林植物的空间分布特征和规律,影响生物多样性。Sykes 等^[34]应用生物气候模型与林窗模型研究发现,北欧许多高纬度地区森林的组分和结构特征及林种的分布范围在不同气候变化背景下将产生明显差异。Alkemade

等人^[35]结合包络线气候模型与温室效应评价模型(IMAGE)模拟了树种分布对气候变化的响应趋势,结果显示,到 2100 年北欧地区 25%以上的现有树种将在该地区绝迹,而 35%以上的树种将是新出现的。Dixon 等^[36]研究发现,全球森林生态系统的碳储量为 1 146 Pg,其中低、中、高纬度森林分别占 37%、14%和 49%,而高纬度地区的森林生产力和分布将会受到全球变暖的较大影响。He 等人^[37]综合景观空间模型和生态系统过程模型研究发现,美国威斯康辛州北方林种将受气候变化影响而在 300 a 内消失,并逐步演替为南方林种。Iverson 等^[38]利用回归分析统计模型和 GIS 技术,定量分析 CO₂浓度倍增时,美国东部地区 80 个树种中有 30 个树种的空间分布范围会扩大,36 个树种将北移至少 100 km,4~9 个树种北移出境。Urban 等人^[39]使用林窗模型研究表明,太平洋西北部不同类型区的针叶林受气候变化影响产生空间位移,使高海拔林种存在灭种风险。Yu 等人^[40]研究表明,在 CO₂倍增的背景下,中国东部针叶林将减少,而阔叶林将增加;同时,气候变暖将使寒温带冷杉林更替为现在大面积分布于西藏山区的桦木林,而冷杉林将迁移到现在还是冻原的高寒地区^[41]。延晓冬等人^[42]拟合了我国东北森林生长演替模型(NEWCOP),并模拟分析了该地区森林的气候敏感性和生长演替过程,认为未来该林区落叶阔叶树比例将明显增大。

2.3 气候变化对森林火灾的影响

气候变化引起许多地区的温度升高和降水减少将增加森林火灾的风险、频率、严重程度和受灾面积,导致森林生产力和生物多样性下降,同时森林大火作为温室气体和颗粒物排放的重要来源,又会加速气候变暖的进程并污染空气。Pitman 等人^[43]对森林火灾受气候变化影响的环境模拟结果表明,在高排放情况下,2050 年火灾发生概率将比现在提高 25%;在低排放背景下,2100 年火灾发生概率将比 2050 年提高 20%。Allen 等人^[33]认为,由于全球变暖导致高温和旱灾严重性、持续时间和发生频次增加,引发林野火灾明显增多,损失增大。

2.4 气候变化对森林病虫害的影响

气候变化会直接加重森林虫害的生存、发展、

繁殖和病害的发生、蔓延,并通过降低宿主的防御,对其造成更严重的伤害。谷瑞升等^[44]和赵铁良等^[45]针对我国森林病虫害发展趋势研究认为,气候变化导致森林生态系统结构失衡,病虫害种类逐年增多,某些次要病虫害上升为主要灾害,发生频繁,为害面积增大。张国庆^[46]和李剑泉等^[47]研究表明,气候变化造成许多地区温度不同程度升高,使害虫体内生理过程和发育速率加快,适生期延长,生殖力增强,存活率尤其是越冬基数增加。同时,大量研究^[48-50]预测,未来多种害虫的气候适生区和越冬带将北移,危害范围会扩大。

2.5 气候变化对森林的其它影响

气候变化引起台风、洪水、干旱和异常高温等极端天气事件的频率和强度增加,由此导致森林被摧残毁坏甚至遭受毁灭性的打击的可能性增大。近年欧洲极端天气事件频发导致其森林生产力下降,材积损失增加^[30-31]。台风和洪水等极端天气事件又会短时间内促进病虫害滋生扩散,使受害森林雪上加霜^[51]。

气候变化导致的海平面上升对许多沿海自然森林产生威胁。林琛琛^[52]将 NCTSM 模型和 ArcGIS 平台进行耦合,模拟长三角地区不同海平面上升的情景后发现,随着高水位情景的出现,林地是仅次于建设用地的风险性较大的地类。李莎莎等^[53]综合 SPRC 评估模型、脆弱性评价指标体系和定量空间评估方法进行评价认为,到 2100 年沿海红树林受海平面上升影响而具有一定的生态系统脆弱性。崔红艳^[54]通过模拟未来海平面上升对辽河三角洲的影响认为,自然湿地资源的淹没面积和生态损失将最为严重。

3 森林缓解和适应气候变化的针对性措施

气候变化对森林生态系统的影响是多因素多方面的,其带来影响的严重程度,不仅取决于其本身的力量,还取决于森林作为承载体的暴露度和脆弱性,这两者是风险高低的主要决定因素。因而,管理和适应气候变化主要是减少森林暴露度和脆弱性,并提高对各种潜在气候不利影响的应变能力。而适应性森林管理是减少森林脆弱性、维持森林生产力和生物多样性的重要措施。

针对气候变化的大环境,人们应首先进行脆弱性和风险评估,一般涉及气候敏感性分析和生

态系统适应气候变化能力的评估,然后权衡各种适应和减缓气候变化措施的可行性和成本,并综合考虑产生的效益和正面或负面的影响,最后科学分析决策,制定实现目标的蓝图。

首先,应通过各方努力,减少毁林和森林退化所导致的温室气体源排放量,增加森林碳汇和促进木质林产品碳替代等途径清除大气中的温室气体,以实现缓解气候变化的目的。

其次,应优化实际管理措施,使森林减少脆弱性,提高弹性,帮助森林适应气候变化的新情况。其一,病虫害可能是当地气候变化的早期指标,各部门应加强合作,对其进行监测和科学综合防治,有助于确保森林在气候变化中保持健康。其二,消防管理是适应气候变化的重要组成部分,包括森林大火的防灾和备灾,以及火灾后森林的恢复。其三,针对极端天气事件,气象部门应加强监测和预警。其四,针对海平面上升,需要综合多学科进行沿海区域综合管理,以减轻和适应气候变化的影响。其五,针对经济林,经营部门应使用经济模型进行合理评估和科学决策,找到经济平衡点。其六,政府部门应对气候变化需要,调整机构结构和职能,包括建立适当的法规和政策,以及责任的分配和协调等,建立机制以确保新政策的传达和理解。

气候变化对森林的影响是大范围的、跨区域和部门的,需要政府机构与非政府组织和利益相关者在多个行业之间协调合作,努力创造双赢甚至多赢的局面。

参考文献:

- [1] 秦大河,罗勇,陈振林,等. IPCC 第四次评估综合报告解析[J]. 气候变化研究进展,2007,3(6): 311-314.
- [2] 秦大河,陈振林,罗勇,等. 气候变化科学的最新认知[J]. 气候变化研究进展,2007,3(2): 63-73.
- [3] Houghton J T. Climate Change 1995: the Science of Climate Change: Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996: 142.
- [4] 姜彤,李修仓,巢清尘,等.《气候变化 2014: 影响、适应和脆弱性》的主要结论和新认知[J]. 气候变化研究进展,2014, 10(3): 157-166.
- [5] 王斌,周天军,俞永强. 地球系统模式发展展望[J]. 气象学报,2008,66(6): 857-869.
- [6] Bonsal B, Zhang X, Vincent L, et al. Characteristics of Daily and Extreme Temperatures Over Canada[J]. Journal of Cli-

- mate, 2001, 14(9): 1959-1976.
- [7] 黄成荣, 何亚萍, 马雷凯. 1960-2009年新疆气温时空变化及影响因子分析[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(10): 7-12.
- [8] 翟盘茂, 任福民. 中国近四十年最高最低温度变化[J]. 气象学报, 1997, 55(4): 35-46.
- [9] 张青珍. 1960-2010年濮阳气温日较差的多时间尺度特征及其与气象因子的相关性分析[J]. 江西农业学报, 2011, 23(12): 133-136, 149.
- [10] 曾群, 蔡述明, 杜耘. 全球气候变化对水资源的潜在影响[J]. 资源环境与发展, 2006, 1(1): 45-48.
- [11] 杨传国, 陈喜, 张润润, 等. 淮河流域近500年洪旱事件演变特征分析[J]. 水科学进展, 2014, 25(4): 503-510.
- [12] 黄建平, 李明霞, 刘玉芝, 等. 干旱半干旱区气候变化研究综述[J]. 气候变化研究进展, 2013, 9(1): 9-14.
- [13] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近50年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(S1): 1-10.
- [14] 姜珊. 过去3000年南北极典型地区生态环境变化的沉积记录及对比[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2012.
- [15] 魏立新. 北极海冰变化及其气候效应研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [16] 周春霞. 星载SAR干涉测量技术及其在南极冰貌地形研究中的应用[D]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- [17] 刘伟刚, 效存德, 刘景时, 等. 喜马拉雅山珠穆朗玛峰北坡绒布冰川消融速率特征分析[J]. 冰川冻土, 2013, 35(4): 814-823.
- [18] 沈永平, 梁红. 全球冰川消融加剧使人类环境面临威胁[J]. 冰川冻土, 2001, 23(2): 208-211.
- [19] Rik L, Bas E. Another reason for concern: Regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change[J]. Global Environment Change, 2004, 14(3): 219-228.
- [20] Wright S J. Tropical forests in a changing environment[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2005, 20(10): 553-560.
- [21] Flannigan M, Woodward F. Red Pine Abundance: Current Climatic Control and Responses to Future Warming[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1994, 24(6): 1166-1175.
- [22] 梁尔源, 胡玉嘉, 林金星. CO₂浓度加倍对辽东栎维管组织结构的影响[J]. 植物生态学报, 2000, 24(4): 506-510.
- [23] 赵宗慈. 模拟温室效应对我国气候变化的影响[J]. 气象, 1989, 15(3): 10-14.
- [24] 刘世荣, 郭泉水, 王兵. 中国森林生产力对气候变化响应的预测研究[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 32-37.
- [25] 丁一汇. 季节气候预测的进展和前景[J]. 气象科技进展, 2011, 1(3): 14-27.
- [26] 丁一汇. 人类活动与全球气候变化及其对水资源的影响[J]. 中国水利, 2008, 1(2): 20-27.
- [27] Ise T, Moorcroft P R. Simulating Boreal Forest Dynamics From Perspectives of Ecophysiology, Resource Availability, and Climate Change[J]. Ecological Research, 2010, 25(3): 501-511.
- [28] Cramer W, Bondeau A, Woodward F I, et al. Global Response of Terrestrial Ecosystem Structure and Function to CO₂ and Climate Change: Results From Six Dynamic Global Vegetation Models[J]. Global Change Biology, 2001, 7(4): 357-373.
- [29] Clark D A. Detecting Tropical Forests' Responses to Global Climatic and Atmospheric Change: Current Challenges and a Way Forward[J]. Biotropica, 2007, 39(1): 4-19.
- [30] Change IPOC. Climate Change 2007: the Physical Science Basis[J]. Agenda, 2007, 6(7): 333.
- [31] Wallerstein I, Castro G, Echagüe G. Impacts of Europe's changing climate—An indicator-based assessment[R]. Dinamarca: European Environment Agency, 2004.
- [32] Pastor J, Post W M. Response of northern forests to CO₂-induced climate change[J]. Nature, 1988, 334(1): 55-58.
- [33] Allen C D, Macalady A K, Chenchouni H, et al. A Global Overview of Drought and Heat-induced Tree Mortality Reveals Emerging Climate Change Risks for Forests[J]. Forest Ecology and Management, 2010, 259(4): 660-684.
- [34] Sykes M T, Prentice I C. Boreal forest futures: modeling the controls on tree species range limits and transient responses to climate change[J]. Water Air and Soil Pollution, 1995, 82(1): 415-428.
- [35] Alkemade R, Bakkenes M, Eickhout B. Towards a General Relationship Between Climate Change and Biodiversity: an Example for Plant Species in Europe[J]. Regional Environmental Change, 2011, 11(1): 143-150.
- [36] Dixon R K, Wisniewski J. Global Forest Systems: an Uncertain Response to Atmospheric Pollutants and Global Climate Change? [J]. Water, Air, and Soil Pollution, 1995, 85(1): 101-110.
- [37] He H S, Mladenoff D J, Crow T R. Linking an Ecosystem Model and a Landscape Model to Study Forest Species Response to Climate Warming[J]. Ecological Modeling, 1999, 114(2): 213-233.
- [38] Iverson L R, Prasad A M. Predicting Abundance of 80 Tree Species Following Climate Change in the Eastern United States[J]. Ecological Monographs, 1998, 68(4): 465-485.
- [39] Urban D L, Harmon M E, Halpern C B. Potential Response of Pacific Northwestern Forests to Climatic Change, Effects of Stand Age and Initial Composition[J]. Climatic Change, 1993, 23(3): 247-266.
- [40] Yu M, Gao Q, Liu Y H, et al. Responses of Vegetation Structure and Primary Production of a Forest Transect in Eastern China to Global Change[J]. Global Ecology and Biogeography, 2002, 11(3): 223-236.
- [41] Wang X D, Cheng G W, Zhong X H. Assessing Potential

Impacts of Climatic Change on Subalpine Forests on the Eastern Tibetan Plateau [J]. Climatic Change, 2011, 108(1): 225-241.

[42] 延晓冬,赵士洞,于振良. 中国东北森林生长演替模拟模型及其在全球变化研究中的应用[J]. 植物生态学报,2000, 24(1): 1-8.

[43] Pitman A, Narisma G, Mcaneney J. The Impact of Climate Change on the Risk of Forest and Grassland Fires in Australia[J]. Climatic Change, 2007, 84(3): 383-401.

[44] 谷瑞升,于振良,杜生明. 我国森林生物灾害及其基础研究[J]. 中国科学基金,2004,1(3): 36-39.

[45] 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[J]. 中国森林病虫,2003,22(3): 29-32.

[46] 张国庆. 气候变化对生物灾害发生的影响及对策[J]. 现代农业科技,2011,1(1): 318-321.

[47] 李剑泉,李智勇,易浩若. 森林与全球气候变化的关系[J]. 西北林学院学报,2010,25(4): 23-28.

[48] 何善勇,温俊宝,骆有庆,等. 气候变暖情境下松材线虫在我国的适生区范围[J]. 应用昆虫学报,2012, 49(1): 236-243.

[49] 马菲,何友元,赵林忠,等. 桃蛀螟在新疆的适生区预测[J]. 植物保护,2012,38(2): 136-138,170.

[50] 王鸿斌,张真,孔祥波,等. 入侵害虫红脂大小蠹的适生区和适生寄主分析[J]. 林业科学,2007,43(10): 71-76.

[51] 刘斌,潘澜,薛立. 台风对森林的影响[J]. 生态学报,2012, 32(5): 1596-1605.

[52] 林琛琛. 不同海平面上升情景模拟下海岸带灾害损失评估——以长三角地区为例[D]. 厦门: 厦门大学,2014.

[53] 李莎莎,孟宪伟,葛振鸣,等. 海平面上升影响下广西钦州湾红树林脆弱性评价[J]. 生态学报,2014, 34(10): 2702-2711.

[54] 崔红艳. 基于 GIS 的辽河三角洲潜在海平面上升风险评估[D]. 大连: 辽宁师范大学,2003.

Influences of Global Climate Change on Forest Ecosystems and Countermeasures

ZHANG Qing-shan¹, HE Yan-mei²

(1. Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Yangling Weather Bureau, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Global climate change has not only a increasing significant impact on society, economy and ecological environment, but also on forestry ecosystems. The various non-biological changes caused by global climate change, and systematically elaborated the impacts of global climate change and all sorts of domino effects generated from it on forest ecosystems were briefly analyzed. On the one hand, the increased concentrations of greenhouse gases such as carbon dioxide would stimulate botanic photosynthesis and carbon sequestration, which was useful for increasing forest productivities. On the other hand, with the increasing of global temperature, the distribution laws of forestry plants were affected and biodiversity decreases obviously; next, the evapotranspiration of soil and the transpiration of plants increased, which might bring about the aggravating shortage of water in water-deficient areas and forestry plants were even harder to survive there; Because of the further melting of the ice sheet and the snow cover, sea level rise emerges which must threaten the coastal forests; meanwhile, due to the uneven distribution of space and time of precipitation intensifying drastically, the extreme weather events like droughts and floods increase in frequency and intensity which might menace the regular growth of forestry plants; As a result of synergistic effects from a variety of factors, the occurrences of forest pests and diseases, forest fires and extreme weather events were more frequent and severe which lead to a sharp decline in the productivity of the forest ecosystems and an increased risk. Therefore, for the sake of reducing the threat and avoiding the risks from global climate change effectively, several specific implement strategies to mitigate and adapt to the climate change were raised and developed finally in order to maintain the sustainable and healthy development of forests.

Keywords: climate change; forest ecosystems; influences; specific strategies