

The driving mechanism of forest vegetation restoration on regional climate regulation function and carbon neutrality

Jianping Zeng

Furong Town People's Government of Wan'an County, Ji'an, Jiangxi, 343800, China

Abstract

Forest vegetation restoration is a critical measure for improving the ecological environment and addressing climate change. This paper focuses on regional ecosystems, exploring the mechanisms by which forest vegetation restoration drives regional climate regulation and carbon neutrality. It systematically analyzes how forest transpiration, canopy shading, and carbon absorption and fixation regulate regional temperature, humidity, and carbon balance. Forest vegetation improves local microclimates through transpiration cooling and water conservation, and its strong carbon sink capacity converts atmospheric carbon dioxide into organic carbon stored in vegetation and soil. Understanding the driving mechanisms of forest vegetation restoration can provide theoretical support and practical guidance for scientifically advancing ecological restoration projects and achieving carbon neutrality goals.

Keywords

forest vegetation restoration; regional climate regulation; carbon neutrality; driving mechanism; ecosystem

森林植被恢复对区域气候调节功能及碳中和的驱动机制

曾剑平

万安县芙蓉镇人民政府，中国 · 江西 吉安 343800

摘 要

森林植被恢复是改善生态环境、应对气候变化的关键举措。本文以区域生态系统为研究对象，深入探讨森林植被恢复对区域气候调节功能及碳中和的驱动机制。从森林蒸腾作用、冠层遮荫、碳吸收固定等角度，系统分析其调节区域温度、湿度及碳平衡的内在机理。森林植被通过蒸腾降温、涵养水源等方式改善局地小气候，同时凭借强大的碳汇能力，将大气中的二氧化碳转化为有机碳存储于植被和土壤中。明晰森林植被恢复的驱动机制，可为科学推进生态修复工程、助力实现碳中和目标提供理论依据与实践指导。

关键词

森林植被恢复；区域气候调节；碳中和；驱动机制；生态系统

1 引言

在全球气候变化加剧与“双碳”目标推进的大背景下，森林植被作为陆地生态系统组成要素，其生态功能日益引起人们的关注，森林植被得到恢复，既能改善生态环境，又能维持生物多样性，也于区域气候调节及碳中和进程里扮演着不可取代的角色，地处亚热带季风气候区的是江西省吉安市万安县芙蓉镇，森林资源丰盈充沛，开展森林植被恢复在区域气候调节功能及碳中和驱动机制上的研究，可促进对森林生态系统服务价值的深度理解，为生态保护与修复政策的科学设计、区域可持续发展目标的达成提供理论支撑，对推动我国碳中和战略目标达成意义重大。

【作者简介】曾剑平（1981-），男，中国江西吉安人，本科，工程师，从事营造林与碳中和对未来的影响研究。

2 森林植被恢复与区域气候调节功能

2.1 森林植被的蒸腾作用与降温效应

森林植被以蒸腾作用为途径，显著影响区域气候的降温。植物蒸腾作用期间，植物体内水分以水汽形式从叶片表面弥散到大气里面，该过程把大量热量吸收了，从而实现周围环境温度的降低^[1]。以万安县为例，罗霄山脉东麓的山地地形为森林植被造就了立体式生长环境，常绿阔叶林、针阔混交林等植被类别构建起庞大的叶面积指数，凭借蒸腾作用，万安湖周边森林把水汽持续输至大气，每日每公顷森林可蒸发约 800 吨的水分，消耗诸多热量，让局地气温比县城建成区低 2 - 3℃，于罗霄山脉低山丘陵区，这种降温效应尤为凸显，有效减轻了夏季高温对万安县城及其周边村镇的不利影响，生成了别样的“森林小气候缓冲范围”。

2.2 森林植被的冠层遮荫与辐射调节

森林植被的冠层结构在太阳辐射调节方面发挥核心功效，浓密的树冠可高效阻挡太阳辐射，降低抵达地表的太阳

辐射量级。万安县国家森林公园针阔混交林冠层结构显复杂,30%-40%的太阳辐射会被阔叶树叶片反射,针叶树凭借自身针状叶片减少辐射透射,举例罗霄山脉典型的马尾松-栎类混交林,冠层截留住太阳辐射的比率超70%,造成林下地表温度较裸地的温度降低5-8℃,于万安湖国家湿地公园周边,这种辐射调节效应表现显著,繁密的森林冠层不仅降低了湖面的蒸发数量,还利用减缓土壤升温的方式维持土壤湿度,保障了赣江支流的水源涵养。

2.3 森林植被的水汽循环与湿度调节

森林植被积极参与到区域水汽循环这一进程中,对调节空气湿度有着关键意义,除了借助蒸腾作用让水汽进入大气外,森林冠层还可截留住降水,让部分雨水于叶片表面蒸发后重返大气,增高空气湿度水平,森林土壤体现出优秀的蓄水本领,可涵养巨量的水分,植物根系吸纳这些水分后重新进入蒸腾过程,造就持久的水汽循环,森林植被可借助降低风速,减少水汽的扩散量值,进而加大区域空气的湿度,恰当的空气湿度对植物生长益处良多,可进一步改善人居环境的舒适水平,对维护区域气候稳定和促进生态系统健康发展意义积极。

3 森林植被恢复与碳中和的驱动机制

3.1 森林植被的碳吸收与固定

森林植被凭借光合作用达成对大气中二氧化碳的吸收及固定,作为陆地生态系统关键的碳汇聚处,在光合作用开展期间,植物把二氧化碳与水转化为有机碳,且释放出氧气,森林植被的树种及生长阶段存在差异,其碳吸收能力显现出差异。幼龄林处在迅猛生长的阶段,生物量增长极为迅速,有较强的二氧化碳吸纳本领;成熟林生长速率虽逐步降低,但依然能借助维持生物量和碳储量的稳定,始终发挥碳汇效用^[2]。万安县处于罗霄山脉那生态屏障区,其森林植被呈现出显著的碳汇能力,县域内像杉木人工林这类幼龄林,年均碳吸收量可达12吨/公顷,成熟阔叶林(像樟树、楠木林这类)借助稳定的生物量累积,年均碳储量稳定在80-100吨/公顷这一范围。罗霄山脉特有的酸性红壤结合森林植被形成高效碳循环系统,地下根系与土壤有机碳库所存的碳,占区域总碳储量的40%以上,以万安县五丰镇的退耕还林项目作为例证,10年间森林植被得以恢复,令该区域土壤有机碳含量提升达15%,明显强化了碳汇实力。

3.2 森林生态系统的碳储量变化

森林植被恢复将引发森林生态系统碳储量有动态性的改变,除了植被自身达成的碳积累,森林土壤碳储量同样会发生变化。万安县参与到罗霄山脉生态保护带建设进程中,以封山育林、退化林修复等途径达成,促进森林生态系统碳储量不断累积,就万安湖周边次生林加以举例,经过20年植被恢复阶段后,起始每公顷120吨的生态系统总碳储量,上升到了280吨,增量中有35%是由土壤碳储量贡献的,罗霄山脉独有的多树种混交模式(如马尾松同木荷、枫香混

交)促进了凋落物分解的加速,加快了土壤有机碳的积聚,此种“植被-土壤”协同达成的碳储存效应,为区域碳中和提供了长久的稳固支撑。

3.3 森林植被恢复的长期碳汇效应

森林植被恢复展现出显著的长期碳汇功效,处于森林植被恢复初始阶段,利用植树造林、封山育林等途径,植被生长速度迅猛,碳吸收量迅猛上扬,伴随森林生态系统渐次成熟状态,即便植被生长的势头有所减弱,然而借助生态系统内部的物质循环与能量流转,碳储量依旧平稳增长,或维持在一个较高的水平,通过恢复森林植被可改善生态环境,增大生态系统的稳定性及抗干扰的能力,进而保障碳汇功能不断发挥作用,着眼于长远阶段,因森林植被恢复而生成的稳定森林生态格局,将长期产生碳汇作用,成为实现碳中和目标的关键天然解决之道。

4 影响森林植被恢复气候调节与碳中和功能的因素

4.1 自然因素

4.1.1 气候条件

作为关键自然因素,气候影响着森林植被恢复成效及其生态功能实现,植物生长、分布及生理活动,直接受温度、降水、光照等气候要素左右,若处于适宜的气候环境,植物生长速度迅猛,可更有效地履行气候调节与碳汇职责;极端气候情形,诸如旱灾、水灾、高温这类的,或会对森林植被造成破坏,对其生态功能形成削弱,持续的长期干旱会抑制植物生长,造成蒸腾作用及光合作用效率下滑,影响到区域气候调节和碳吸收水平^[3]。

4.1.2 土壤条件

土壤质地、肥力、酸碱度等特性对植物根系生长及养分吸收造成影响,继而影响到森林植被恢复以及生态功能,利于植物生长的土壤需肥沃且排水良好,可维持更为多样的植被种类与更高的生物数量,增强森林气候调节跟碳汇的作用能力,若土壤贫瘠或退化,植物生长便会受限,使森林生态系统稳定性与服务功能变差。

4.2 人为因素

4.2.1 植被恢复模式

森林植被恢复模式的差异对其生态功能的发挥影响重大,单一树种造林短期内或可增加森林面积及生物量,但生态系统的稳定性较为薄弱,生物多样性呈现低水平状态,对长期发挥气候调节以及碳中和的功能有阻碍,采用混交林这种造林模式,效仿自然森林生态系统的结构及组成,可以增强生态系统稳定性及其自我调节能力,提高森林植被生态功能的综合水平,符合科学原则的植被恢复规划,合理规划造林时间及空间格局,也有助于增强森林植被恢复的实效。

4.2.2 森林经营管理

森林经营管理措施对森林植被恢复后生态功能的维持与提升意义重大,科学合理的森林抚育、采伐及病虫害防治

等手段,可推动森林实现健康生长,实现森林结构的改良,加大森林的碳储量及气候调节能力,适当的间伐可优化林内光照及通风方面的条件,促进留存木茁壮成长,增添森林生物量规模;及时开展针对森林病虫害的防治,能防止病虫害爆发造成的森林衰退以及碳释放现象,欠妥的森林经营活动,像过度采伐森林资源、掠夺式消耗等表现,会扰乱森林生态系统的平衡秩序,降低其气候调节与实现碳中和的功能^[9]。

5 基于森林植被恢复的区域气候调节与碳中和策略

5.1 科学规划森林植被恢复

参考区域自然条件与社会经济发展的实际需要,制订契合科学逻辑的森林植被恢复规划,充分考虑气候、土壤、地形诸类因素,挑选恰当的造林树种及植被恢复手段,首选乡土树种,保证其对本地环境的适应状况和生态安全性,在规划的进程里,顾及生态系统的完整性与连接态势,形成多样化的森林生态体系,增强生态系统稳定性及其服务职能,结合城市发展战略与乡村振兴,把森林植被恢复跟城市绿地营造、乡村生态景观打造结合起来,实现生态、经济及社会效益的协同一致。

5.2 加强森林经营管理

健全完备的森林经营管理相关制度,着重做好森林植被恢复后的长期管理维护,按周期开展森林资源的监测,明确森林生长情形及生态功能的变化,为开展科学的森林经营提供可靠依据,普及可持续发展的森林经营相关技术,诸如近自然森林经营、森林综合功能经营等,在确保森林生态功能完整呈现的基础上,合理采获森林资源,实现森林生态、经济跟社会效益的协调提升,加大森林病虫害防治及森林防火力度,减少自然灾害对森林植被产生的破坏,维持森林生态系统的安定和可靠^[9]。

5.3 提升公众参与意识

借助宣传教育、科普活动之类的途径,拉高公众对森林植被恢复重要性的认知水平,增进公众生态保护的意识及参与程度,劝勉公众参与义务植树、森林保护等相关事宜,形成全社会协同参与森林植被恢复及生态环境保护的良好环境,搭建完备的生态补偿机制,向参与森林植被恢复、保

护的个人及集体给予合理补偿,带动各方的积极性,推动森林植被恢复工作长久开展。

5.4 加强政策支持与科技研发

政府需扩大对森林植被恢复的政策支持及资金投入范围,规划相关特惠政策,激励企业、社会组织及个人投身森林植被恢复项目,加快科技创新步伐,开展针对森林植被恢复的关键技术探究,诸如抗旱造林技术和退化森林生态系统修复技术,改善森林植被恢复的质量及效率,凭借现代信息技艺,像遥感、地理信息系统等类似的,增进对森林资源动态的监测与管理工作,给森林植被恢复与生态保护决策提供科学佐证。

6 结语

区域气候调节功能及碳中和被森林植被恢复显著驱动着,采用蒸腾作用、冠层遮拦和水汽循环等机制,森林植被能切实有效调节区域气候,优化生态格局;依仗强大的碳吸收与固定本事,森林植被成为陆地生态系统意义重大的碳汇,对实现碳中和目标意义十分重大。自然和人为等因素影响着森林植被恢复后气候调节与碳中和功能的发挥,为让森林植被恢复的生态效益得以充分施展,应科学地对植被恢复进行规划、强化森林经营管理力度、提升公众参与热情,且进一步加大政策支撑和科技研发力度,应更深度钻研森林植被恢复的生态过程及其驱动机制,为应对气候变化、推动生态文明建设筑牢更稳固的理论根基与实践支撑,助推实现人与自然和谐相伴的可持续发展目标。

参考文献

- [1] 吴欣宇,朱秀芳.中国不同植被区对极端气候的响应差异[J].生态学报,2023,43(24):10202-10215.DOI:10.20103/j.stxb.202306081217.
- [2] 侯静,侯鹏,高海峰,等.中国森林类自然保护区植被时空变化及对气候变化的响应[J].生态学杂志,2024,43(08):2365-2372.DOI:10.13292/j.1000-4890.202408.025.
- [3] 尤其,许宝荣,邹松兵,等.中国北方干旱半干旱区植被-气候响应关系特征[J].中国沙漠,2023,43(04):274-287.
- [4] 苏远航,张峰源,刘滨辉.小兴安岭森林植被物候对气候变化的响应[J].北京林业大学学报,2023,45(03):34-47.
- [5] 孙应龙,韩佳芮,延昊,等.我国东北林区夏季森林生态系统服务功能对气候变化的响应研究[J].环境生态学,2023,5(03):36-42+51.