

Development Trends in Dendrochronology: Insights from the Eighth National Conference on Chinese Dendrochronology

Wentai Liu

Northwest University, Xi'an, Shaanxi, 710127, China

Abstract

Tree rings record the growth history of trees and serve as a critical bridge between modern climate observations and paleoclimate reconstructions. Climate warming is intensifying, leading to an increase in the frequency, intensity, and duration of extreme droughts around the world, with devastating effects on tree and survival. They constitute an important archive for investigating historical environments, climate change, ecology, and even Earth system evolution. The Eighth National Conference on Chinese Dendrochronology showcased the latest developments and emerging trends in dendrochronological research. The presented studies encompassed not only traditional topics such as dendroclimatology, dendroecology and dendrohydrology, but also interdisciplinary integrations of tree-ring records with ice cores, speleothems, and lacustrine sediments. The conference featured both advances in theoretical frameworks and innovations in analytical methods. An overview of the major academic presentations clearly reveals the recent and future directions of dendrochronology in China.

Keywords

Dendrochronology; Climate change; Development trends

从第八届中国树木年轮学大会看树木年轮学发展走向

刘文泰

西北大学, 中国·陕西 西安 710127

摘要

树木年轮记录着树木生长,是衔接现代气候与古气候的重要媒介,是研究历史环境、气候变化、生态学甚至地球演化历史的重要资料。气候变暖正在加剧,全球范围内极端干旱的频率、强度和持续时间均在增加,对树木生长和存活具有破坏性影响。第八届中国树木年轮学大会展现了树木年轮学发展的最新走向,成果中既有树轮气候学、树轮生态学、树轮水文学等传统研究内容,也拓展到研究树轮与冰芯、石笋和湖泊等交叉学科。既有新理论研究,也有新方法研究。从本次大会的主要学术报告,可以明显感知近年来树木年轮学发展走向。

关键词

树木年轮学; 气候变化; 发展走向

1 引言

树木年轮学为人类认识和保护地球提供了理论和知识,在第四纪地质学研究中具有重要地位。2024年4月26-29日,在中国西安召开的第八届中国树木年轮学大会,报告论文共148篇,与会代表们围绕树木年轮,提出了许多新颖的见解和富有建设性的意见。今略作整理,以主要论文的代表性作者为叙述对象,为树木年轮学界同仁提供参考。

2 树轮气候学

树轮气候学主要是利用经过定年的树木生长轮来重建和评价过去及现在气候变化。气候变化引起越来越频繁的极

端气候事件,树木生长受到明显影响。我国东北樟子松天然林分布区近期出现了树木生长下降和死亡现象。荀晓霞分析了阿尔泰山脉东部地区气候突变情况下落叶松径向生长与气候因子的响应关系,研究结论可提高对树木对气候变暖响应模式的认识。

归一化植被指数 (NDVI) 对分析植被动态及其对气候的响应非常重要。尹红重建了青藏高原夏末 8-9 月份的平均气温变化,探讨了人类活动对青藏高原东部重建温度变化的影响,认为近 150 年来人为强迫是造成青藏高原东部夏末变暖的主要因素。

树轮异常特征的研究,为了解极端气候与树木径向生长的关系提供了信息。梁寒雪通过分析计算树轮宽度与气候的关系、异常树轮发生频率与气候因子的关系,显示陕西地区马尾松生长主要受 5 月温度负影响,湖北地区马尾松生长受 2 月温度的正影响。郑永宏基于神农架地区巴山冷杉树轮

【作者简介】刘文泰 (1997-), 男, 中国陕西西安人, 博士, 从事第四纪地质与全球变化研究。

资料,显示树轮宽度在低频上与大西洋年代际振荡指数显著相关,在高频上虽然与大西洋年代际振荡指数相关,但相关性较低,可能受到局地气候变化的影响。

树木年轮检测方法的研究继续受到学界的关注。江剑民新开发出来一种概率分布突变点的扫描式检测算法。有关突变点的检测结果或许表明,经典气候学中关于气候的统计参数和概率分布保持不变的理论或假说,有极大可能被突破。

3 树轮生态学

树轮生态学研究树木个体生长情况和群落动态,强调植物对气候反应的复杂性。树木生长及其对气候响应的分析,是树木生态研究关注的核心问题。勾晓华发现西部地区树木生长表现出差异,暖湿化导致祁连山青海云杉林近期树木生长加快、固碳增加;暖干化目前并未引起甘南高原树木生长下降和死亡,但干旱频率和强度的增加却导致云贵福建柏出现森林死亡和衰退。吴秀臣认为随着干旱持续时间的延长,气候因子对树木生长抵抗力和适应力的主要影响减弱。学界研究中使用的大多数地球系统模型(ESM)高估了1年和2年干旱下的生长阻力,低估了生长恢复力。

同一气候区内不同地形、坡向的森林建群树种对极端气候事件的响应会不同。吕利新通过对西藏东部川西云杉和大果圆柏这两个阴、阳坡森林的主要建群树种的研究,表明在气候变暖以及干旱频率和程度增加的情形下,大果圆柏和低海拔的川西云杉受到更大的健康风险。卢慧翠通过建立四个年轮宽度年表,对黑松和刺槐混交林及其相应的单一刺槐地的径向生长、气候敏感性和生态适应性进行了比较分析,表明互补效应下两种树种在混交林中生长速率均高于单一林种,物种混合提高了抗旱能力。黄激使用超椭圆方程和更复杂的 Gielis 方程,对六种针叶树年轮的几何形状进行了建模,证实针叶树种的大多数树木年轮形状更接近于椭圆形而不是圆形,为更好地估计树木年轮面积的年际增量提供了参考。

参会论文还涉及树木应对干旱和生态恢复问题。刘新圣研究亚热带和干旱半干旱地区森林,发现柔枝松冠层导度对土壤干旱的敏感性随海拔降低而下降,为了与气孔行为调节相协调,低海拔柔枝松同步提高了其树干的栓塞抵抗能力。李宗善基于中国区域年轮数据库,探讨了近代百年尺度上中国水分受限区和非受限区森林生长弹性特征对极端干旱事件响应特征及驱动力。张先亮认为华北落叶松在15-20年左右,早晚材比例趋于稳定,结束快速生长期,海拔、温度和大气干旱都是限制成年期早晚材比例的重要因素。方欧娅通过分析树木的逐年生长,发现在发生生长抑制后的1-3年内,部分树木会出现生长激增^[1]。李元桥认为决定油松生长稳定性的两个最重要的生态水文相关因子——吸水策略和叶片水分利用效率,在重塑油松树木生长稳定性以应对日

益加剧的气候变化方面起着关键作用。

火是森林的主要干扰因素,破坏着生态和社会系统。杜海波利用在长白山“千年大喷发”的沉积物中发现的炭化木,重建了大喷发前的植被和当地气候条件,发现在一千多年后,火山喷发对长白山植被的影响仍在持续。李明启基于柴达木盆地内部牦牛山的祁连圆柏树木样芯,认为研究区干旱早期与太阳活动极小期对应较好,中低纬度强火山喷发后的第一年降水量明显减少。

高山灌木线是指示气候变化对高山生态系统影响的敏感生物指示器。王亚锋重建了自1939年以来灌木更新和灌木线位置的变化历史,量化了变暖背景下高山灌木更新速率对种内关系的影响。芦晓明以青藏高原东北部从树线位置至灌木线位置上的山生柳灌木为研究对象,发现祁连山和阿尼玛卿山地区的山生柳灌木的生长分别受冬季低温和夏季低温的限制。车存伟分析了混交林和纯林对极端干旱的抗性、恢复和恢复能力,表明干旱对人工林生长具有滞后效应。

4 树轮稳定同位素

树轮稳定同位素(主要是碳、氢、氧三种)比率能有效地记录树木生长过程中的气候环境变化信息及树木的生理响应机制。李强就“科学问题导向的树轮同位素/宽度研究”这一题目引出了树轮研究中稳定同位素的研究现状与展望。牛振川通过加速器质谱法测试了我国5个区域本底点近70年的树轮¹⁴C序列,分析了其年际变化和空间差异,进而研究了核试验、碳排放和东亚夏季风的影响。徐国保探索现有的干旱敏感树木年轮记录,表明在树木年轮记录中直接处理非对称极端干旱响应的重要性,有助于探索过去和未来的极端干旱和树木对极端干旱的适应性。王璐开展了系列土壤水分重建研究工作,并通过重建记录-模式对比揭示了最新CMIP6模型在模拟土壤水分方面的不足^[2]。

稳定同位素在对不同区域的树木年轮分析中具有重要意义。史江峰采用浙江小岱村、福建长汀、浙江安吉、安徽大别山的四条树轮 $\delta^{18}O$ 年表,从区域角度分析其的气候意义。付培立分析了西南地区不同样点的高山松、云南松和思茅松的早材和晚材年轮同位素沿纬度梯度的变异及其与气象因子的关系,发现早材的氧同位素普遍与5月份的水分信号负相关,而晚材氧同位素与10月份的水分信号负相关。

5 树木形成层活动

树木生长与水碳生理生态关系及其对气候变化响应,不仅为树轮-气候响应提供生理基础,也为预估未来树木生长状况提供科学依据。张军周通过对祁连山不同区域、海拔祁连圆柏的径向生长动态和与之相关的生理生态过程进行监测,发现温度和水分分别决定了祁连圆柏的生长开始和结束,对理解干旱和半干旱地区土壤-树木-大气水分耦合具有重要意义。李晓霞基于青藏高原2个树线样点的长期形成层物候观测,结合北半球11处高山树线的模拟物候数据,

发现春季升温1度,乔木生长恢复提前2-4天,灌木延后3-8天,为研究气候变化下高山树线的动态变化提供了创新生理学解释。张亚玲作了森林木质部春季物候对温度波动的响应的研究,为将温度阈值和温度波动引入地球系统模型提供了重要证据,可以更准确地预测全球变暖下的森林物候、固碳潜力、碳-水和能源循环。

6 树轮水文学和地貌学

树轮水文学在气候变化研究中越来越受到重视,通过树轮重建水文从而认识过去长期自然水文变化格局,为合理规划、管理及使用水资源提供科学依据。刘禹使用31个湿度敏感的树木年轮宽度年表重建了1492年以来黄河中游自然径流,发现最近观测到的年径流低是过去五个世纪以来前所未有的,这主要是由于降水减少和人类活动特别是农业灌溉用水量增加的共同作用^[9]。张合理建立树木年轮宽度年表,分析平均气温和月降水量的相关性,根据月气温和降水量与年轮宽度年表的相关系数等数据结果,建立转换方程,重建哈巴河1800年7月至2016年6月的总降水量。

我国近年来极端降水事件频发,山地灾害风险加大。在长期气候变化背景下分析山地灾害发生规律及其触发机制,是相当迫切的问题。张永在祁连山中部南坡一处青海云杉泥石流灾害样点,利用树轮地貌学方法开展过去数百年的泥石流重建及其与气象要素关系的研究,调查了受泥石流影响的青海云杉的异常生长特征,发现TRD可以作为青海云杉受到外部伤害的主要特征,能够提供季节分辨率的泥石流等灾害事件信息。

7 树轮学前沿方法

各种科学方法就是为了更好地提取树轮中的环境和生态信息,在研究过程中,新方法不断被应用。

区域气候集成重建研究,为气候变化属性的研究提供一个坚实的数据基础。邵雪梅利用470个年轮宽度年表和120个干旱/洪水指数等资料,重建了中国过去530年的4-9月降水场,回归模型解释了50%以上的降水方差。陈峰依据全球1586个树轮宽度年表构建了树轮年表网络,建立全球23个主要地形单元的区域集成年表,显示出比传统年表更强的年代际波动。方苗基于古气候数据同化方法,通过同化2421条基于孢粉资料重建的全新世北半球温度记录,重建了北半球12-0 ka BP、时间分辨率100年、空间分辨率1°的时空连续的年均温度场。温度的季节性差异是地球气候系统的重要组成部分,王江林确定了10个与当地冬季气温相关以及12个与东亚夏季气温相关的树木年轮年表,重建1376-1995年的东亚气候并进行了比较。段建平利用青藏高原气象站点观测记录、高海拔区域树轮密度资料和气候模拟资料,在重建过去400年晚夏极端温度事件的基础上,对近期发生的典型极端温度事件开展了定量归因研究。方克艳构

建全球1586个树轮宽度年表、树轮年表网络,建立全球23个主要地形单元的区域集成年表,显示出比传统年表更强的年代际波动。

环境因子影响树木生长和化学积累,许多研究从树木年轮数据中证实了长时间序列的气候和生态记忆,但对于树木特殊器官中是否存在生物源挥发性有机化合物(BVOCs)的长时间记忆却知之甚少。王婷以油松太行山为研究对象,探讨油松年轮是否存在长序列的BVOCs记忆,并分析其与气候变化的长期动态关系。吴昊对黄土高原的大量树轮样芯进行抽样测试,将分频样本总体代表性(FEPS)指标用于评估年表中不同尺度的信号强度,表明从年际到多年尺度(如3-5年),信号代表性略有下降,但至年代际尺度,低频信号代表性急剧下降。

交叉学科研究主要涉及树轮与冰芯、石笋和湖泊等学科交叉。姚远发现Group 1长链烯酮偏好生长于北半球中、高纬地区碱性适中的寡营养淡水湖,提出该类湖泊可作为非常有价值的研究对象重建冷季节温度。卫莹莹基于中国北方龙凤洞的年纹层石笋(LF36),通过U-Th和纹层计数建立了高精度年代模型,利用多气候指标重建了1869-2018年水文气候与环境演化历史。

8 结语

本次大会为学者提供了交流平台,增强了中国树木年轮学界的凝聚力。会议达到了预期目标,体现了树木年轮学学科发展的走向。

(1)展示了树木年轮学新成果、新理论、新观点,对进一步应对气候变暖特别是极端干旱等事件,促进生态文明建设及修复生态环境均具有深远的指导意义。

(2)会议代表不仅有资深专家,还有大批志存高远的青年才俊。年轻学者踊跃发言,表现突出,为树木年轮学增添了新鲜血液,反应出中国树木年轮学研究领域后继有人。

当前,我国经济正在高质量发展,基于地球系统科学的展望,实现绿色生态创新,需要树轮学者通过先进的技术 and 数据分析,为生态保护和科学研究提供坚实的理论支撑,保护好人类赖以生存的家园。

参考文献

- [1] 王璐,刘鸿雁.树轮氧同位素在土壤水分重建中的应用及挑战[J].第四纪研究,2024,44(4):1021-1030.DOI:10.11928/j.issn.1001-7410.2024.04.15.
- [2] Fang O, Zhang Q-B. Tree resilience to drought increases in the Tibetan Plateau. *Glob Change Biol*.2019;25:245-253.https://doi.org/10.1111/gcb.14470.
- [3] Liu Y, Song H, An Z, et al. Recent anthropogenic curtailing of Yellow River runoff and sediment load is unprecedented over the past 500 y[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*,2020,117(31):201922349.DOI:10.1073/pnas.1922349117.