



树木年轮·洞察过往·感知未来

# 第八届中国树木年轮学大会

## 会议手册



中国·西安 | 2024.04.26-29

交通大学

图书馆



## — 目 录 —

参会须知	001
会议开闭幕式及大会特邀报告	004
会议总日程	007
会议日程	009
会议摘要	022
墙报目录	175
墙报摘要	178





## 《《《 参会须知 》》》





## 《《 参会须知 》》

### 一、注册

会议报到地点为西安交大南洋大酒店（陕西省西安市碑林区兴庆南路1号，电话：029-87665566），参会人员请于酒店大厅接待处办理注册及入住手续。2024年3月31日前，会议注册费为一般代表1500元/人，地理学会会员1400元/人，学生1000元/人（凭学生证）；会议现场注册费为一般代表1600元/人，地理学会会员1500元/人，学生1100元/人（凭学生证），费用包含参会许可、会议资料费等，注册时可微信、支付宝或刷卡支付。

注册程序：签到—核对注册情况—领取会议资料+签到—办理入住

### 二、口头报告和墙报

口头报告的参会人员，请在注册时将PPT拷贝到会务组的电脑，或在报告前一天将PPT拷贝给会场工作人员；墙报展示者请自行制作纸质版墙报，尺寸为标准A0纸张大小，1189mm（高）×841mm（宽），并在4月27日将墙报内容粘贴于会场展板的指定位置（墙报安排编号见下）。

### 三、就餐

办理注册的参会人员4月26日晚-29日期间的午餐、晚餐均在西安交通大学南洋大酒店就餐。

午餐时间：12:00-13:30；晚餐时间：18:00-19:30。

### 四、住宿

①本次会议指定宾馆为西安交通大学南洋大酒店，住宿费用自理。

房型	协议价格
普通单人间（旧楼）	460元/天/间，含单早
普通标准间（旧楼）	350元/天/间，含单早
普通标准间（新楼）	410元/天/间，含双早

②其他酒店：西安德泉酒店（交通大学兴庆宫地铁站）、西安兴庆宫交通大学地铁站轻居酒店、宜必思酒店（青龙寺地铁站）等（如有需要，请自行联系预订）。

### 五、交通

- 西安火车站（西安站）：（乘坐地铁4号线 航天新城方向）-到达建筑科技大学·李家村站 -（同站换乘5号线 西安东站方向）-到达雁翔路北口D口出站 -步行468m左右到达南洋大酒店
- 西安北站：（乘坐地铁2号线 常宁宫方向）-到达南稍门站 -（同站换乘5号线 西安东站方向）-到达雁翔路北口D口出站 -步行468m左右到达南洋大酒店
- 西安咸阳国际机场：（乘坐地铁14号线 贺韶方向）-到达西安北站 -（同站换乘4号线 航天新城方向）-到达建筑科技大学·李家村站 -（同站换乘5号线 西安东站方向）-到达雁翔路北口D口出站 -步行468m左右到达南洋大酒店

### 六、会前培训

会前培训在西安交通大学（兴庆校区）主楼D106进行，参训人员需于2024年4月26日8:00在西安交通大学（兴庆校区）东南门集合，由工作人员将参训人员集体带入校园参加培训。

会前培训具体安排：



## 《《 参会须知 》》

时间	讲解人	内容
08:30-09:30	邵雪梅	交叉定年、年表建立
09:30-10:30	方欧娅	树木年轮与森林健康
10:30-10:50	茶歇 + 讨论	
10:50-11:50	梁尔源、王亚锋	树轮生态学方法
14:00-15:00	刘晓宏	树轮稳定同位素基础
15:00-16:00	杨保、张鹏	树轮区域集成方法
16:00-16:20	茶歇 + 讨论	
16:20-17:20	方克艳	树轮气候重建方法
17:20-18:20	余碧云	树木形成层活动监测方法介绍
19:00-20:00	魏亮	基于过程模型模拟树轮宽度与稳定同位素

### 七、会务组联系方式

学术组：王嘉川 18834837500

会场组：庞文轩 15628281467

注册组：景孟丹 14729593979

住宿组：刘文泰 18392971685

财务组：吴璇 15002550410 闫亚兰 15207169238

会议邮箱：dendrochina2024@mail.xjtu.edu.cn

### 八、会场负责人

会场	负责人	
南洋学术交流中心行政楼裙楼三楼报告厅	刘文泰 18392971685	胡泽坤 18821712239
南洋学术交流中心二楼多功能厅	王嘉川 18834837500	吴璇 15002550410
南洋学术交流中心二楼国际会议厅	张权 15927248697	马一凡 17854175630



## 会议开闭幕式及大会特邀报告



## 会议开幕式及大会特邀报告

### 第八届中国树木年轮学大会开幕式及大会特邀报告

2024年4月27日 西安交大南洋学术交流中心 - 行政楼裙楼三楼报告厅

#### 1. 开幕式 (8:30-9:20)

主持人：刘 禹 研究员 杨 保 研究员	
时 间	内 容
08:30-09:00	西安交通大学校领导致辞
	中国科学院地球环境研究所领导致辞
	兰州大学副校长致辞
	会议筹办情况
09:00-09:20	合影

#### 2. 大会特邀报告 (9:20-12:05)

主持人：邵雪梅 研究员			
时 间	报告人	单 位	题 目
09:20-09:45	邵明安 院 士	中国科学院 地理科学与资源研究所	黄土区土壤干层的空间分布
09:45-10:10	夏 军 院 士	武汉大学	变化环境下水旱灾害综合模拟与树木年轮信号应用的思考
10:10-10:35	徐柏青 研究员	中国科学院青藏高原研究所	Recent Third Pole's Ice Coring Project and Future Perspective
10:35-10:50	茶歇 + 讨论		
主持人：张齐兵 研究员			
10:50-11:15	刘 禹 研究员	中国科学院地球环境研究所	黄河径流 500 年
11:15-11:40	梁尔源 研究员	中国科学院青藏高原研究所	树轮记录青藏高原生态系统格局与过程变化
11:40-12:05	Hans W. Linderholm 教授	瑞典哥德堡大学	Recent developments from the Swedish Dendro community



## 会议闭幕式及大会青年特邀报告

### 第八届中国树木年轮学大会闭幕式及大会青年特邀报告

2024年4月29日 西安交大南洋学术交流中心 - 行政楼裙楼三楼报告厅

#### 1. 大会青年特邀报告 (14:00-16:00)

主持人：陈振举 教授			
时间	报告人	单位	题目
14:00-14:15	方克艳 研究员	福建师范大学地理科学学院	太阳辐射驱动全球多年代际水文气候协同变化
14:15-14:30	段建平 教授	北京师范大学地理科学学部	人类活动气候信号萌现的自然证据及检测归因
14:30-14:45	张同文 研究员	中国气象局 乌鲁木齐沙漠气象研究所	树轮记录的中亚及周边历史时期环境变化
14:45-15:00	吴秀臣 教授	北京师范大学地理科学学部	物候对森林干旱恢复的级联效应
主持人：蔡秋芳 研究员			
15:00-15:15	方欧娅 副研究员	中国科学院植物研究所	青藏高原森林树木健康历史
15:15-15:30	陈 峰 研究员	云南大学 国际河流与生态安全研究院	20世纪以来气候变化背景下中国北方干旱半干旱区树木生长动态变化
15:30-15:45	李 强 教授	西安交通大学 全球环境变化研究院	科学问题导向的树轮同位素 / 宽度研究
15:45-16:00	许晨曦 研究员	中国科学院 地质与地球物理研究所	亚洲树轮氧同位素研究进展

#### 2. 闭幕式 (16:00-16:40)

主持人：李强	
时间	内容
16:00-16:10	参会代表发言
16:10-16:20	优秀学术报告和墙报颁奖仪式
16:20-16:30	第八届中国树木年轮学大会会议总结
16:30-16:40	第九届中国树木年轮学大会申办



## 会议总日程





## 会议总日程

日期	时间	事项	地点
4.25	14:00-20:00	会前培训人员注册报到	西安交大南洋大酒店大厅
4.26	08:00	参训人员集合	西安交大 (兴庆校区) 东南门
4.26	08:30-20:00	会前培训	西安交大 (兴庆校区) 主楼 D106
4.26	08:30-20:00	参会人员报到	西安交大南洋大酒店大厅
4.27	08:30-12:05	开幕式及大会特邀报告	南洋学术交流中心 行政楼裙楼三楼报告厅 (新楼)
4.27	14:00-17:59	树轮生态学专题	南洋学术交流中心 行政楼裙楼三楼报告厅 (新楼)
4.27	14:00-17:30	树轮稳定同位素专题	南洋学术交流中心二楼多功能厅 (旧楼)
4.27	14:00-17:15	树轮学前沿方法专题	南洋学术交流中心二楼国际会议厅 (旧楼)
4.27	17:15-18:10	树轮与冰芯、石笋和湖泊等交叉学科专题	南洋学术交流中心二楼国际会议厅 (旧楼)
4.28	08:00-12:11	树轮生态学专题	南洋学术交流中心 行政楼裙楼三楼报告厅 (新楼)
4.28	08:00-11:15	树木形成层活动专题	南洋学术交流中心二楼多功能厅 (旧楼)
4.28	11:15-12:20	灌木和热带、亚热带树木年轮专题	南洋学术交流中心二楼多功能厅 (旧楼)
4.28	08:00-11:55	树轮气候学专题	南洋学术交流中心二楼国际会议厅 (旧楼)
4.28	14:00-18:00	会中考察	西安市
4.28	20:00-21:30	中国地理学会树木年轮分会理事会工作会议	南洋学术交流中心二楼国际会议厅 (旧楼)
4.29	08:00-12:11	树轮生态学专题	南洋学术交流中心 行政楼裙楼三楼报告厅 (新楼)
4.29	08:00-09:30	区域气候集成重建专题	南洋学术交流中心二楼多功能厅 (旧楼)
4.29	09:30-12:00	树轮水文学和地貌学专题	南洋学术交流中心二楼多功能厅 (旧楼)
4.29	08:00-12:05	树轮气候学专题	南洋学术交流中心二楼国际会议厅 (旧楼)
4.29	14:00-16:40	闭幕式及大会青年特邀报告	南洋学术交流中心 行政楼裙楼三楼报告厅 (新楼)



## 会议日程





## 会议日程

- 会议地点：南洋学术交流中心二楼国际会议厅（旧楼）4月28日上午 08:00-11:55
- 主持人：邵雪梅 蔡秋芳 陈振举

### 专题一：树轮气候学

时间	报告人	题目	编号
08:00-08:15	<b>尹红</b> (研究员) 中国气象局国家气候中心	人类活动对 19 世纪中叶以来 青藏高原东部地区气温变化的影响	A01
08:15-08:30	<b>江剑民</b> (教授) 中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室	概率分布突变点的扫描式检测算法 及其对树木年轮分析的应用	A02
08:30-08:45	<b>郑永宏</b> (副教授) 武汉大学资源与环境科学学院	神农架地区树轮蓝光强度气候指示意义初探	A03
08:45-09:00	<b>李名勇</b> (副研究员) 中国科学院沈阳应用生态研究所	气候变化影响下我国东北地区樟子松天然林 个体和景观尺度的生长变动性增加	A04
09:00-09:15	<b>荀晓霞</b> (助理研究员) 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所	Radial growth and response mechanism of <i>Larix sibirica</i> in the eastern Altay Mountains under the background of climate change	A05
09:15-09:25	<b>彭新华</b> (硕士) 中国科学院西双版纳热带植物园	白马雪山亚高山优势针叶树种 径向生长对气候因子的响应	A06
09:25-09:35	<b>刘亚玲</b> (博士) 北京林业大学水土保持学院	华北地区油松生长对气候变暖的异质性响应特征	A07
09:35-09:45	<b>魏靖轩</b> (硕士) 中国林业科学研究院 森林生态环境与自然保护研究所	川西康定云冷杉生长对气候响应的差异	A08
09:45-09:55	<b>王世杰</b> (博士) 云南大学国际河流与生态安全研究院	中亚高山森林树木径向生长增强： 低纬度气候变暖的不可忽视的作用	A09
09:55-10:15	茶歇 + 讨论		
10:15-10:25	<b>侯天皓</b> (硕士) 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所	呼图壁河流域不同海拔雪岭云杉 径向生长气候响应研究	A10
10:25-10:35	<b>唐婉儒</b> (博士) 福建师范大学地理科学学院	青藏高原东南缘过去 314 年干旱变化 及其与大西洋年代际涛动的联系	A11
10:35-10:45	<b>周京京</b> (硕士) 北京林业大学水土保持学院	北京东灵山辽东栎径向生长对气候的响应特征 随海拔梯度变异规律	A12
10:45-10:55	<b>容庆</b> (硕士) 北京林业大学水土保持学院	黄土高原不同降雨水平下油松 径向生长气候响应敏感性特征	A13
10:55-11:05	<b>葛海龙</b> (硕士) 西南林业大学	高黎贡山大树杜鹃径向生长及其对气候响应研究	A14
11:05-11:15	<b>梅泽鹏</b> (博士) 福建师范大学地理科学学院	春季海水表面积动态变化是 ENSO 预测的有效前兆信号	A15



会议日程

时间	报告人	题目	编号
11:15-11:25	<b>温 烁</b> (硕士) 中国林业科学研究院 生态保护与修复研究所	Effect of Climate and Competition on Radial Growth of <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> Forest in Hulunbuir Sandy Land of Inner Mongolia, China	A16
11:25-11:35	<b>陈少腾</b> (硕士) 中国科学院生态环境研究中心	极端干旱事件下中国干旱 - 半湿润区树木生态弹性权衡	A17
11:35-11:45	<b>阿尔曼·阿布拉</b> (硕士) 新疆师范大学地理与旅游学院	天山南坡云杉与胡杨径向生长对极端气候的响应	A18
11:45-11:55	<b>如先古丽·阿不都热合曼</b> (硕士) 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所	Will Future Extreme Climate Events Cause Forest Degradation in Daxing'anling, China	A19

会议地点：南洋学术交流中心二楼国际会议厅（旧楼）4月29日上午08:00-12:05

主持人：邵雪梅 蔡秋芳 陈振举

时间	报告人	题目	编号
08:00-08:10	<b>张菊梅</b> (博士) 中国科学院西双版纳热带植物园	普达措国家公园四种针叶树径向生长和解剖特性对气候因子的响应	A20
08:10-08:20	<b>Jambay Dema</b> (硕士) 中国科学院西双版纳热带植物园	Site-specific climate sensitivity of tree-growth and wood anatomical features of <i>Juglans regia</i> L. in Bhutan Himalaya	A21
08:20-08:35	<b>梁寒雪</b> (副教授) 山西大学黄土高原研究所	马尾松树轮异常特征表征的气候信号研究	A22
08:35-08:45	<b>郭凯龙</b> (硕士) 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所	气候要素影响下的阿尔泰山西伯利亚落叶松树轮缺失研究	A23
08:45-09:00	<b>王 丰</b> (博士后) Centre- Eau Terre Environnement, Institut National de la Recherche Scientifique, Québec, G1K 9A9, Canada	1300年树轮密度序列揭示火山喷发对北美东部夏季温度的影响	A24
09:00-09:10	<b>王 慧</b> (博士) 南京大学地理与海洋科学学院	青藏高原中东部基于树轮宽度的夏季温度重建及冬夏季温度对比	A25
09:10-09:20	<b>王振波</b> (硕士) 南京大学地理与海洋科学学院	乌兰地区树轮宽度记录干湿还是温度变化	A26
09:20-09:30	<b>马一凡</b> (博士) 中国科学院地球环境研究所	基于雪岭云杉树轮宽度重建中天山巴仑台地区过去565年7~9月过去NDVI变化历史	A27
09:30-09:40	<b>周秋月</b> (硕士) 中国科学院地球环境研究所	湖南郴州树轮宽度对雪灾和气候环境变化的记录	A28
09:40-09:55	<b>李明启</b> (副研究员) 中国科学院地理科学与资源研究所	过去2400多年柴达木盆地东北部降水变化及其与太阳活动和强火山喷发的联系	A29



## 会议日程

时间	报告人	题目	编号
09:55-10:15	茶歇 + 讨论		
10:15-10:25	<b>岳伟鹏</b> (博士) 云南大学国际河流与生态安全研究院	Drought facilitated the westward expansion of the Mongol Empire in the 1230s	A30
10:25-10:35	<b>刘雨欣</b> (硕士) 云南大学国际河流与生态安全研究院	利用树轮宽度重建过去 279 年中国北方沙漠边缘的干旱状况	A31
10:35-10:45	<b>付小斌</b> (硕士) 江西农业大学鄱阳湖流域森林生态系统保护与修复国家林业局重点实验室	庐山不同海拔条件下杉木径向生长对气候因子的响应差异	A32
10:45-10:55	<b>赵国清</b> (硕士) 北京林业大学水土保持学院	青藏高原典型灌木近 40 年的生长动态及其对气候变化的响应	A33
10:55-11:05	<b>郑嘉诚</b> (博士) 中国科学院植物研究所	海拔梯度上的群落结构影响了树木生长——气候变化的关系	A34
11:05-11:15	<b>陈艺雯</b> (硕士) 东北林业大学林学院	东北地区胡桃楸木质部导管解剖特征对气候变化的响应	A35
11:15-11:25	<b>宋超</b> (硕士) 东北师范大学地理科学学院	长白山苔原带优势灌木生长响应气候变暖的适应性策略研究	A36
11:25-11:35	<b>郭辉</b> (硕士) 山西师范大学生命科学院	20 世纪华北山区树木年轮生长对气候敏感性的变化	A37
11:35-11:45	<b>吴倩</b> (硕士) 青岛农业大学林学院	青岛城市和郊区刺槐和黑松径向生长的对比研究	A38
11:45-11:55	<b>李雨衡</b> (硕士) 中国林业科学研究院生态保护与恢复研究所	春末夏初干旱和土壤性质共同调节中国北方温带两种本土松的衰退和气候敏感性	A39
11:55-12:05	<b>付少民</b> (硕士) 山西师范大学生命科学院	干旱胁迫降低了 20 世纪黄土高原的树木生长和温度敏感性	A40

- 会议地点：南洋学术交流中心行政楼裙楼三楼报告厅（新楼）4 月 27 日下午 14:00-17:59
- 主持人：张齐兵 勾晓华 吴秀臣

### 专题二：树轮生态学

时间	报告人	题目	编号
14:00-14:17	<b>勾晓华</b> (教授) 兰州大学资源环境学院 (特邀报告)	树轮记录的西部环境变化研究	B01
14:17-14:34	<b>张远东</b> (研究员) 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所 (特邀报告)	川西亚高山林区主要针叶树种径向生长对气候响应的差异	B02



会议日程

时间	报告人	题目	编号
14:34-14:51	<b>孙守琴</b> (研究员) 四川大学 山区河流保护与治理全国重点实验室	川西亚高山针叶林树木生长对全球变化的差异性响应	B03
14:51-15:08	<b>赵泽芳</b> (讲 师) 辽宁师范大学地理科学学院	青海云杉径向生长对降水和土壤水分的响应时间不一致	B04
15:08-15:20	<b>刘娅萌</b> (博 士) 河南大学地理与环境学院	大别山中段树木径向生长对气候变化的响应及弹性分析	B05
15:20-15:32	<b>刘 蕴</b> (硕 士) 兰州大学资源环境学院	青藏高原东北部祁连圆柏树木年轮学研究进展	B06
15:32-15:44	<b>侯德乐</b> (硕 士) 兰州大学资源环境学院	不同水热组合下青海云杉径向生长对气候的响应格局	B07
15:44-15:56	<b>闫绘月</b> (硕 士) 陕西师范大学地理科学与旅游学院	树木年轮宽度生理过程模型研究进展——以 Vaganov-Shashkin (VS) 和 VS-Lite 模型为例	B08
15:56-16:15	茶歇 + 讨论		
16:15-16:32	<b>吕利新</b> (副研究员) 中国科学院植物研究所	西藏东部川西云杉和大果圆柏的树轮特征对比	B09
16:32-16:49	<b>卢慧翠</b> (副教授) 青岛农业大学园林与林学院	Tree species mixing on tree radial growth and resilience to climatic response in temperate forest plantations of Laoshan Mountains, eastern China	B10
16:49-17:06	<b>刘新圣</b> (副教授) 安徽师范大学地理与旅游学院	树木生长对干旱的响应及适应机理研究	B11
17:06-17:23	<b>丛 岭</b> (博士后) 中国林业科学研究院 生态保护与修复研究所	中国不同地理范围内树木生长趋势和气候生长敏感性的差异与海拔高度有关	B12
17:23-17:35	<b>何如梦</b> (博 士) 中国科学院大气物理研究所	北温带树木径向生长对霜冻和干旱的敏感性的变化	B13
17:35-17:47	<b>许 昆</b> (硕 士) 中国林业科学研究院 森林生态环境与自然保护研究所	升温突变对康定力丘河区云冷杉生长的影响	B14
17:47-17:59	<b>马昕蕊</b> (硕 士) 山西师范大学生命科学学院	中国华南地区优势树种径向生长对 20 世纪典型升温时期响应特征	B15



## 会议日程

■ 会议地点：南洋学术交流中心行政楼裙楼三楼报告厅（新楼）4月28日上午 08:00-12:11

■ 主持人：张齐兵 勾晓华 吴秀臣

时 间	报 告 人	题 目	编 号
08:00-08:17	<b>李宗善</b> (副研究员) 中国科学院生态环境研究中心 (特邀报告)	近代极端干旱事件导致中国水分受限区域 森林生态弹性趋于下降	B16
08:17-08:34	<b>方欧娅</b> (副研究员) 中国科学院植物研究所 (特邀报告)	树木年轮揭示了生态恢复中的反弹现象	B17
08:34-08:51	<b>吴秀臣</b> (教 授) 北京师范大学地理科学学部	Enhanced growth resistance but no decline in growth resilience under long-term extreme droughts	B18
08:51-09:08	<b>李元桥</b> (讲 师) 福建农林大学林学院	Variations of deep water uptake and water use efficiency indicated divergence in tree growth stability	B19
09:08-09:20	<b>谢 梅</b> (博 士) 中国科学院地球环境研究所	Assessing climatic response and drought resilience in growth of <i>Pinus tabulaeformis</i> Carr. and <i>Tsuga chinensis</i> Pritz. on the Southern Slope of the Qinling Mountains	B20
09:20-09:32	<b>苏靖苴</b> (博 士) 中国科学院西北生态环境资源研究院	干旱黄土高原区青海云杉与 油松人工林生长对气候变化的响应特征	B21
09:32-09:44	<b>赵冰倩</b> (硕 士) 北京林业大学林学院	Growth sensitivity to extreme temperatures in boreal forests is linked to stand density	B22
09:44-09:56	<b>王旭鸽</b> (硕 士) 西北师范大学地理与环境科学学院	Radial growth in Qinghai spruce is most sensitive to severe drought in the Qilian Mountains of Northwest China	B23
09:56-10:15	茶歇 + 讨论		
10:15-10:32	<b>黄激激</b> (副教授) 南京林业大学	用六种针叶树种验证树木年轮 几何形状是椭圆还是超椭圆	B24
10:32-10:49	<b>孙 炼</b> (讲 师) 安徽师范大学地理与旅游学院	利用树轮稳定碳氧同位素分析水电开发的环境效应	B25
10:49-11:06	<b>乔雪涛</b> (博士后) 北京大学城市与环境学院	多空间尺度生物多样性 与森林生态系统稳定性关系研究	B26
11:06-11:23	<b>郑 瞳</b> (博士后) 东北林业大学	20 世纪针叶树的生长可塑性无法避免其在 土壤和大气干旱中生长弹性的下降	B27



会议日程

时间	报告人	题目	编号
11:23-11:35	<b>杨晶</b> (博士) 中国科学院植物研究所	基于一致性分类有效优化了树轮气候信息的提取	B28
11:35-11:47	<b>徐同良</b> (博士) 中国科学院西双版纳热带植物园	哀牢山亚热带常绿阔叶林 4 个树种对极端降雪恢复力的响应差异	B29
11:47-11:59	<b>薛儒鸿</b> (博士) 西北师范大学地理与环境科学学院	干旱压力下生态弹性力在针叶树径向生长过程的关键作用	B30
11:59-12:11	<b>张子航</b> (硕士) 河北农业大学林学院	不同林龄华北落叶松径向生长对干旱事件的响应	B31

会议地点：南洋学术交流中心行政楼裙楼三楼报告厅（新楼）4月29日上午 08:00-12:11

主持人：张齐兵 勾晓华 吴秀臣

时间	报告人	题目	编号
08:00-08:17	<b>张先亮</b> (教授) 河北农业大学林学院 (特邀报告)	华北落叶松对干旱的响应及适应	B32
08:17-08:34	<b>Shalik Ram Sigdel</b> (副研究员) 中国科学院青藏高原研究所 (特邀报告)	Responsiveness of alpine vegetation to global warming in the Himalayas	B33
08:34-08:51	<b>张凌楠</b> (副研究员) 陕西师范大学	Contrasting hydraulic strategies in mitigating climate impacts on tree-ring growth of <i>Pinus tabulaeformis</i> in the middle Qinling Mountains	B34
08:51-09:08	<b>牟玉梅</b> (博士后) 复旦大学生命科学学院	全球小径级老树的空间分布及其保护现状	B35
09:08-09:20	<b>郑翔宇</b> (博士) 中国科学院青藏高原研究所	密度依赖的物种相互作用调控着高山树线动态变化	B36
09:20-09:32	<b>白雨鑫</b> (博士) 东北林业大学生态研究中心	东北地区 3 种桦木木质部导管特征对气候变化响应的趋同与差异	B37
09:32-09:44	<b>赵彬清</b> (博士) 东北林业大学森林生态研究中心	阔叶树导管发育对气候的响应	B38
09:44-09:56	<b>宋京徽</b> (硕士) 新疆大学地理与遥感科学学院	基于多种树轮参数的天山中部植被指数指示效果评估研究	B39
09:56-10:15	茶歇 + 讨论		
10:15-10:32	<b>王亚锋</b> (副教授) 南京林业大学生态与环境学院	青藏高原高山灌木线位置与种群格局变化	B40



## 会议日程

时间	报告人	题目	编号
10:32-10:49	<b>史航</b> (副研究员) 中国科学院武汉植物园	树木分布海拔上限对气候变化的敏感性及其响应动态差异	B41
10:49-11:06	<b>杜海波</b> (教授) 东北师范大学地理科学学院	火山 " 千年大喷发 " 对长白山植被的持久影响	B42
11:06-11:23	<b>汪舟</b> (助理研究员) 应急管理部国家自然灾害防治研究院	东北亚火历史及其驱动力	B43
11:23-11:35	<b>于茜子</b> (博士) 兰州大学西部环境教育部重点实验室	利用树木年轮和深度学习工具进行森林模型校正	B44
11:35-11:47	<b>张鹏</b> (博士) 西北师范大学地理与环境科学学院	湿润事件提高不同干旱强度后的树木生长恢复能力	B45
11:47-11:59	<b>董云焘</b> (硕士) 中国科学院植物研究所	利用树轮重建森林干扰历史的问题与启示： 以祁连圆柏干扰历史为例	B46
11:59-12:11	<b>贾祎</b> (硕士) 新疆大学生态与环境学院	基于碳氧同位素研究东天山两树种水分利用效率对气候变化的响应差异及水碳耦合机制	B47

■ 会议地点：南洋学术交流中心二楼多功能厅（旧楼）4月27日下午 14:00-17:30

■ 主持人：刘晓宏 李强 许晨曦

### 专题三：树轮稳定同位素

时间	报告人	题目	编号
14:00-14:15	<b>史江峰</b> (副教授) 南京大学地理与海洋科学学院	我国东南地区树轮 $\delta^{18}\text{O}$ 气候信号的几个相关问题	C01
14:15-14:30	<b>徐国保</b> (教授) 西北大学城市与环境学院	Tree-ring width but not stable isotopes has asymmetric responses to drought extremes	C02
14:30-14:45	<b>王文志</b> (研究员) 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所	树轮稳定碳同位素揭示不同树种径向生长分异的生理机制	C03
14:45-15:00	<b>牛振川</b> (研究员) 中国科学院地球环境研究所	我国本底树轮 $^{14}\text{C}$ 序列记录的核试验、碳排放和东亚夏季风的影响	C04
15:00-15:15	<b>付培立</b> (副研究员) 中国科学院西双版纳热带植物园	中国西南地区松树早材和晚材氧同位素的变异及其与气候因子的关系	C05
15:15-15:30	<b>曾小敏</b> (副教授) 陕西师范大学地理科学与旅游学院	树轮稳定同位素比率年内变化记录的气候环境和生理生态信号	C06
15:30-15:45	<b>路强强</b> (副研究员) 陕西省西安植物园	Interspecific specificity and hydrothermal climatic significance of tree-ring wood $\delta^2\text{H}$ of lignin methoxy in the Qinling Mountains	C07
15:45-16:00	<b>蒲星</b> (讲师) 西华师范大学生命科学院	藏东南不同海拔树木对气候变化响应的海拔生理生态差异	C08

## 会议日程

时间	报告人	题目	编号
16:00-16:15	茶歇 + 讨论		
16:15-16:30	<b>赵业思</b> (博士后) 南京大学地理与海洋科学学院	江淮地区树轮氧稳定同位素响应季节性气候干湿变化	C09
16:30-16:45	<b>赵脚宇</b> (博士后) 中国科学院地质与地球物理研究所	湖北神农架巴山冷杉树木生长对春季变暖的响应	C10
16:45-16:55	<b>陈泽诚</b> (博士) 东北林业大学 森林生态系统可持续经营教育部 重点实验室	氮可利用性对冻土退化区兴安落叶松 径向生长的潜在限制	C11
16:55-17:05	<b>赵晓恩</b> (博士) 云南大学国际河流与生态安全研究院	人为强迫影响了中国华北季风边缘区降水变化	C12
17:05-17:15	<b>郑永林</b> (博士) 北京林业大学水土保持学院	1980s 以来中国酸雨区马尾松的生长抑制与恢复	C13
17:15-17:30	<b>孟宪菁</b> 赛默飞世尔科技 (中国) 有限公司	赛默飞先进同位素质谱技术在 植物生态学研究中的应用	C14

■ 会议地点：南洋学术交流中心二楼多功能厅 (旧楼) 4 月 28 日上午 08:00-11:15

■ 主持人：梁尔源 黄建国 张军周

### 专题四：树木形成层活动

时间	报告人	题目	编号
08:00-08:17	<b>张军周</b> (研究员) 兰州大学资源环境学院 (特邀报告)	祁连圆柏径向生长与水碳供给对干旱的响应	D01
08:17-08:34	<b>李晓霞</b> (副研究员) 中国科学院青藏高原研究所 (特邀报告)	气候变暖导致的乔、灌木种间物候差异 解释高海拔森林扩张	D02
08:34-08:51	<b>张亚玲</b> (副研究员) 中国科学院华南植物园 (特邀报告)	木质部春季物候变化的关键热临界点 及对温度波动的响应	D03
08:51-09:08	<b>王文锦</b> (博士后) 浙江大学环境与资源学院	新疆阿尔泰山优势树种木质部年内生长动态 及其对气候的响应	D04
09:08-09:25	<b>高佳妮</b> (博士后) 福建师范大学	黑云杉芽物候的地理格局	D05
09:25-09:42	<b>李俊霞</b> (博士后) 沈阳农业大学林学院	The intra-annual rhythm of <i>Pinus sylvestris</i> growth-climate responses under a warming climate at its southern distribution limits	D06
09:42-09:52	<b>张慧</b> (博士) 中国科学院西双版纳热带植物园	滇西北白马雪山两个海拔长苞冷杉和大果红杉年内径 向生长动态及其对环境因子的响应	D07



## 会议日程

时间	报告人	题目	编号
09:52-10:02	<b>康剑</b> (博士) 中国科学院华南植物园	An earlier start of growing season can affect tree radial growth through regulating cumulative growth rate	D08
10:02-10:15	茶歇 + 讨论		
10:15-10:25	<b>王春松</b> (博士) 福建师范大学地理科学学院	中国湿润亚热带马尾松应压木与对应木木材形成年内动态	D09
10:25-10:35	<b>Arisa Kaewmano</b> (博士) 中国科学院大学西双版纳热带植物园	Intra-annual stem radial growth of <i>Toona ciliata</i> across environmental gradients in Southwestern China	D10
10:35-10:45	<b>韩冰鑫</b> (硕士) 东北林业大学生态研究中心	变暖对不同材性阔叶树幼苗物候同步性及木质部形成过程的影响	D11
10:45-10:55	<b>程冬霞</b> (硕士) 中国林业科学研究院林业研究所	落叶松形成层恢复活动和细胞周期基因配置密切相关	D12
10:55-11:05	<b>于普</b> (硕士) 东北林业大学生态研究中心	东北 2 种主要造林树种树干径向变化及其影响因素	D13
11:05-11:15	<b>黄颖</b> (硕士) 中国科学院生态环境研究中心	基于微树芯法的树木形成层物候活动研究进展	D14

■ 会议地点：南洋学术交流中心二楼多功能厅（旧楼）4月29日上午 08:00-09:30

■ 主持人：杨保 段建平 史锋

### 专题五：区域气候集成重建

时间	报告人	题目	编号
08:00-08:25	<b>邵雪梅</b> (研究员) 中国科学院地理科学与资源研究所 (特邀报告)	中国过去 530 年降水重建与旱涝史	E01
08:25-08:40	<b>段建平</b> (教授) 北京师范大学地理科学学部	青藏高原极端温度事件重建及归因	E02
08:40-08:55	<b>王江林</b> (研究员) 中国科学院西北生态环境资源研究院	树轮记录的东亚地区小冰期以来季节性温度变化	E03
08:55-09:10	<b>方苗</b> (副研究员) 中国科学院西北生态环境资源研究院	基于古气候数据同化研制全新世北半球温度格网化数据集	E04
09:10-09:20	<b>付恒</b> (硕士) 中国科学院地质与地球物理研究所	过去 3Ma 以来东亚夏季风对北半球夏季温度的响应	E05
09:20-09:30	<b>张博雅</b> (硕士) 中国科学院地质与地球物理研究所	过去 700 年青藏高原周边地区夏季温湿风指数变化	E06

## 会议日程

- 会议地点：南洋学术交流中心二楼多功能厅（旧楼）4月29日上午09:30-12:00
- 主持人：张同文 陈峰 张永

### 专题六：树轮水文学和地貌学

时间	报告人	题目	编号
09:30-09:45	<b>陈峰</b> (研究员) 云南大学国际河流与生态安全研究院 (特邀报告)	Role of Pacific Ocean climate in regulating runoff in the source areas of water transfer projects on the Pacific Rim	F01
09:45-10:00	<b>张永</b> (副研究员) 中国科学院地理科学与资源研究所	过去 200 年祁连山区基于树轮指标的泥石流重建及其与降水关系研究	F02
10:00-10:15	茶歇 + 讨论		
10:15-10:30	<b>高姗</b> (副研究员) 中国科学院青藏高原研究所	Shifts of forest resilience after seismic disturbances in tectonically active regions	F03
10:30-10:45	<b>张合理</b> (副研究员) 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所	A 217-year precipitation reconstruction in the Habahe area, Xinjiang, Northeast China	F04
10:45-11:00	<b>彭小梅</b> (副研究员) 中国科学院西北生态环境资源研究院	为什么低地河岸树木难以用于径流重建	F05
11:00-11:10	<b>曹红华</b> (博士) 云南大学国际河流与生态安全研究院	树轮视野下的中国北方北京地区过去和未来径流变化	F06
11:10-11:20	<b>王兆鹏</b> (博士) 哈尔滨师范大学地理科学学院	基于树轮宽度资料重建大兴安岭北部过去 210 余年的水热变化	F07
11:20-11:30	<b>胡茂</b> (博士) 云南大学国际河流与生态安全研究院	雅砻江径流重建与驱动因素分析	F08
11:30-11:40	<b>陈友平</b> (博士) 云南大学国际河流与生态安全研究院	Examining the 2022 drought event in the past and future discharge changes of the Upper Jialing River from a tree-ring perspective	F09
11:40-11:50	<b>徐文君</b> (硕士) 北京林业大学	吉隆藏布流域典型高频冰川型泥石流活动规律及其树轮地貌法重建指标	F10
11:50-12:00	<b>徐阳</b> (硕士) 云南大学 国际河流与跨境生态安全重点实验室	自 1796 年以来，基于东北亚黑龙江（阿穆尔）流域树轮宽度的干旱重建及其与太平洋气候变异的关联	F11



## 会议日程

- 会议地点：南洋学术交流中心二楼多功能厅（旧楼）4月28日上午 11:15-12:20
- 主持人：朱海峰 肖生春 范泽鑫

### 专题七：灌木和热带\亚热带树木年轮

时间	报告人	题目	编号
11:15-11:30	<b>芦晓明</b> (副研究员) 中国科学院青藏高原研究所	高山灌丛生长和更新对气候变化的响应	G01
11:30-11:45	<b>车存伟</b> (讲师) 西北师范大学地理与环境科学学院	Mixed of arbor-shrub significantly enhanced the drought stress adaptive capacity of plantation forests—An interpretation based on dendroecology	G02
11:45-12:00	<b>苏佳佳</b> (博士后) 广州大学地理科学与遥感学院	我国亚热带树木径向生长对 ENSO 振幅增强的响应研究	G03
12:00-12:10	<b>彭昆宇</b> (博士) 福建师范大学地理科学学院	中国东南部晚材蓝光强度记录的 7-8 月最低温变化	G04
12:10-12:20	<b>冯晓筠</b> (博士) 中国科学院青藏高原研究所	Development of Dendrochronology and its track in China since 1990 reflected by bibliometric analysis	G05

- 会议地点：南洋学术交流中心二楼国际会议厅（旧楼）4月27日下午 14:00-17:15
- 主持人：刘鸿雁 方克艳 王晓春

### 专题八：树轮学前沿方法

时间	报告人	题目	编号
14:00-14:20	<b>王晓春</b> (教授) 东北林业大学林学院 (特邀报告)	树木年轮解剖学最新研究进展	H01
14:20-14:40	<b>方克艳</b> (研究员) 福建师范大学地理科学学院 (特邀报告)	太阳辐射驱动全球多年代际水文气候协同变化	H02
14:40-14:55	<b>王婷</b> (教授) 河南农业大学林学院	Climate-affected multi-decadal variations of biogenic volatile organic compounds in <i>Pinus tabulaeformis</i> growth rings, Funiu Mountains	H03
14:55-15:10	<b>高欣</b> (博士) 沈阳农业大学林学院	基于树木年轮径切特征的卷积神经网络树种识别	H04
15:10-15:25	<b>王璐</b> (助理研究员) 中国科学院亚热带农业生态研究所	树轮稳定氧同位素在土壤水分重建中的应用及未来挑战	H05
15:25-15:40	<b>胡雪杨</b> (博士) 北京林业大学工学院	基于多传感器融合的微钻阻力年轮检测和分析方法研究	H06



— 报告时间含 2-3 分钟讨论 —

时 间	报 告 人	题 目	编 号
15:40-15:55	<b>吴昊</b> (讲 师) 福建师范大学 湿润亚热带生态 - 地理过程教育部 重点实验室	树轮低频信号的样本总体代表性与样本需求量探讨	H07
15:55-16:15	茶歇 + 讨论		
16:15-16:30	<b>王婷</b> (博 士) 中国科学院新疆生态与地理研究所	基于树木年轮重建的天山森林净初级生产力动态变化	H08
16:30-16:45	<b>许倩</b> (硕 士) 中国林业科学研究院木材工业研究所	古建筑木材树轮宽度测量方法的比较研究	H09
16:45-17:00	<b>刘娜</b> (硕 士) 山西大学黄土高原研究所	中国西北干旱区两种优势针叶树种 径向生长和 GPP 的关系	H10
17:00-17:15	<b>贾建恒</b> (硕 士) 河北农业大学林学院	不同经营模式华北落叶松径向生长 及对干旱事件的响应	H11

■ 会议地点：南洋学术交流中心二楼国际会议厅（旧楼）4月27日下午 17:15-18:10

■ 主持人：王宁练 蔡演军 徐海

### 专题九：树轮与冰芯、石笋和湖泊等交叉学科

时 间	报 告 人	题 目	编 号
17:15-17:30	<b>姚远</b> (副教授) 西安交通大学全球环境变化研究院 (特邀报告)	淡水湖生物标志物 Group 1 长链烯酮： 新的冷季温度指标及古温度重建应用	I01
17:30-17:45	<b>卫莹莹</b> (讲 师) 西华师范大学	中国北方年纹层石笋记录指示 的近 150 年降水与温度变化	I02
17:45-18:00	<b>康虎虎</b> (博士后) 中国科学院青藏高原研究所	树轮年轮在大气汞历史重建中的应用	I03
18:00-18:10	<b>崔佳辉</b> (博 士) 西安交通大学全球环境变化研究院	Precisely constrained 134-ka strong monsoon event in the Penultimate Deglaciation by an annually laminated speleothem from the Asian monsoon domain	I04



## 会议摘要

A01

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 人类活动对 19 世纪中叶以来青藏高原东部地区气温变化的影响

尹红<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国气象局国家气候中心, 北京, 10081

\*E-mail: yinh@cma.gov.cn

**摘要:** 利用树木年轮资料, 重建了青藏高原夏末 8 - 9 月份的平均气温变化。为了评估温度重建序列的有效性, 研究将重建序列的冷暖期与周边地区、亚洲和北半球在 1867-2009 年的其他温度序列进行了比较。研究发现, 尽管各温度重建的区域冷暖期存在不同的情况, 但本研究的温度重建序列与基于 CRU 和北半球其他数据集的温度序列比较结果显示, 19 世纪中期以来大部分温度序列均表现出相似的上升趋势。利用耦合模式比较计划第 5 和第 6 阶段 (CMIP5 和 CMIP6) 的模式模拟结果和最优指纹法探讨了人类活动对青藏高原东部重建温度变化的影响。CMIP5 和 CMIP6 气候模式模拟能够再现该区域气温的长期变暖过程, 表明两代气候模式对 19 世纪中期以来青藏高原东部地区的温度变化具有较好的模拟效果。对人为强迫作用的归因分析表明, 在该地区的长期气温变化中可以明显地发现人类影响信号。在不同分析时段, 无论是单信号还是双信号分析都能在温度的长期变化趋势中检测到人为信号, 而自然强迫的影响几乎可以忽略不计。结果表明, 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。

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 概率分布突变点的扫描式检测算法及其对树木年轮分析的应用

江剑民<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> 沙漠与沙漠化重点实验室, 中国科学院 (客座研究员), 甘肃省兰州市, 中国;

<sup>2</sup> 气象干部培训学院 中国气象局 北京市 海淀区

\*E-mail: jmjiangjm@foxmail.com

**摘要:** 本文先报道作者新开发出来一种概率分布突变点的扫描式检测算法。对于数列  $X\{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n\}$ , 其数学表达式为:

$$X^2(j, n) = \sum_{k=1}^K \frac{(f_{2k} - f_{1k})^2}{P_k} / \chi_{\alpha}^2(K-2),$$

使用用于  $j$  点前子样本 [ $j-n$  至  $j-1$ ] 与 其后 [ $j$  至  $j+n-1$ ] 子样本中的  $K$  个对等组。

式中  $X^2(j, n)$  表示参考点  $j$  前、后两个子样本 (大小均为  $n$ ) 的概率分布差异统计指标。  $K$  表示各子样对等分组的数目。  $f_{1k}$  与  $f_{2k}$  分别代表  $j$  点前、后各子样本中第  $k$  组里的分布频数。  $P_k$  代表总体分布或某种理论 (例如正态) 分布中第  $k$  组的分布频数。分母表示。  $X^2$  检验临界值  $j=4, 5, \dots, J-4$ ;  $n=3, 4, \dots, (J/2)$ 。若检测结果  $X^2$  正值增大, 表明  $j$  点之后的子序列偏离总体或理论 (例如正态) 分布更明显。当  $j$  点之后的子样本 2 的值小于之前的子样本 1 时, 计算程序中另有特别设置, 用负数标志  $j$  点之后的子样本 2 更接近总体或理论分布。初次尝试应用于美国西部内华达州由树木年轮重建的降水量 7997 年序列, 得到一些初步结果: 其概率分布的突变点集中在 BC2600 至 BC1130 时段内, 出现有 4 个局部中心, 即突变点。在 BC2584 与 891 年时间尺度上为负值中心, BC1810 与 3104 年尺度上有正值中心, 在 BC1343 与 256 年时间尺度上又为负值中心, BC1148 与 2702 年尺度上有正值中心。表明只有 BC2584 和 BC1343 之后, 出现过千年以内的接近正态分布的时段, 其它大部分年代都是偏态分布。而且自 BC1810 年以来, 偏态分布变得更加明显。这是由于当地属于气候相对干旱少雨, 概率分布总体偏离正态。更具体的物理含义, 有待进一步分析研究。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。对统计参数的假设已被突破。因为过去气候学研究所能利用的观测资料时间太短。

**关键词:** 算法; 扫描式检测; 概率分布; 突变点; 树木年轮; 序列; 气候学

A03

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 神农架地区树轮蓝光强度气候指示意义初探

郑永宏<sup>1,\*</sup>, 苏绮华<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 武汉大学, 武汉, 430079

\*E-mail: zhengyh@whu.edu.cn

**摘要:** 基于神农架地区巴山冷杉树轮资料, 采用树轮气候学方法, 探索树轮宽度、树轮早材蓝光、树轮晚材蓝光以及差值蓝光等树轮参数的树轮气候学研究价值。研究结果显示, 树轮宽度在低频上与大西洋多年代际振荡指数显著相关, 这表明了大尺度气候系统对树木生长的影响; 在高频上, 树轮宽度虽然与大西洋多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。与该地区树轮宽度相比, 树轮蓝光虽然呈现出较低的年表统计量, 但却有更高的树轮气候学应用潜力, 树轮晚材蓝光和差值蓝光与夏季 8 月气温相关性较高且显著, 尤其在高频上这种相关性更为显著, 表明了树轮蓝光对气候变化的敏感性。这些研究结果对于我们深入理解树木对气候变化的响应机制, 以及重建过去气候变化具有重要意义。

**关键词:** 亚热带; 气温; 树轮蓝光



A04

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 气候变化影响下我国东北地区樟子松天然林个体和景观尺度的生长变动性增加

李名勇<sup>1</sup>, 王淼<sup>1</sup>, 葛金楠<sup>2</sup>, 郝广友<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳, 110016;

<sup>2</sup>内蒙古红花尔基国家自然保护区, 呼伦贝尔, 021112

\*E-mail: haogy@iae.ac.cn; limy@iae.ac.cn

**摘要:** 探究树木生长变异性对长期气候变化和短期气候极端事件的响应是预测未来森林表现趋势的关键。气候变化伴随着越来越频繁的极端气候事件, 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。然而, 樟子松天然林的长期生长动态及其与气候变化的关系尚不十分明确。结合树木年轮和遥感分析技术, 我们研究了我国东北红花尔基地区的樟子松天然林生长表现及其对气候变化的响应。研究发现, 年轮宽度指数 (RWI) 与生长季节 (5-9 月) 遥感归一化植被指数 (NDVI) 高度相关 ( $r = 0.927, P < 0.0001$ ), 且这两个指标在过去 20 年均出现明显的上升趋势, 表明个体尺度的树木径向生长变化能很好地捕捉景观尺度的植被生长动态。此外, 近一个世纪的 RWI 数据显示, 与早期相比, 近 20 年的树木径向生长变动性明显更大 (由较高的变异系数反映), 且对潜在干扰的恢复力更低 (由较高的一阶自相关系数反映)。RWI 主要受与水分相关气候因素 (即降水、相对湿度和干旱指数 -SPEI) 的正向影响, 且受生长季温度的负向影响, 这种关系模式与 NDVI- 气候关系模式相似。气候变化对树木生长的影响随着时间的推移而加强, 尤其在短时间尺度上, 这可能导致了生长变动性的增加。

**关键词:** 气候变化; 生长变动性; 樟子松天然林; 树木年轮分析; 遥感技术

A05

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

**Radial growth and response mechanism of *Larix sibirica* in the eastern Altay Mountains under the background of climate change****Xiaoxia Gou**<sup>1,2,3</sup>, Tongwen Zhang<sup>1,2,3,4,\*</sup>, Shulong Yu<sup>1,2,3</sup>, Huaming Shang<sup>1,2,3</sup>,Ruibo Zhang<sup>1,2,3</sup>, Li Qin<sup>1,2,3</sup>, Kexiang Liu<sup>1,2,3</sup>, Shengxia Jiang<sup>1,2,3</sup>, Dong Guo<sup>1,2,3</sup>, Yuting Fan<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; <sup>2</sup>Key Laboratory of Tree-ring Physical and Chemical Research of China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; <sup>3</sup>Key Laboratory of Tree-ring Ecology of Uigur Autonomous Region, Urumqi 830002, China; <sup>4</sup>Xinjiang Uygur Autonomous Region Climate Center, Urumqi 830002, China

\*E-mail: gouxiaox@idm.cn

**Abstract:** Against the background of climate warming and humidification in Xinjiang, China, the so-called ‘divergence problem’ reduces the stability of tree rings in response to climate, and affects the reliability of reconstructed models based on tree rings and the accuracy of historical climate series. Investigation of the divergence problem is crucial to improve our understanding of the response patterns of trees to climate warming, and provide a scientific basis for accurate climate reconstruction and simulation of forest dynamics. Based on tree-ring width data for Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) growing at low elevations in the eastern Altay Mountains, in this study we analyzed the response relationship between radial growth of trees and climatic factors in the context of abrupt climate change in this region. We calculated the proportional contribution of five climatic factors to the radial growth of trees, and discussed the response mechanism of radial growth of *L. sibirica* in combination with large-scale atmospheric circulation. The results indicated that the radial growth of *L. sibirica* was mainly affected by water stress. Before climate change (1961–1990), the radial growth of *L. sibirica* was mainly limited by the mean temperature in the previous June. After abrupt climate change (1991–2020), radial growth was significantly positively correlated with winter soil moisture, indicating that high temperatures in the following spring limit the radial growth of trees in the early stages of the growing season. The contribution analysis results revealed that, before 1990, the proportional contribution of temperature to radial growth of trees exceeded 60%. Since 1990, the proportional contribution of water (precipitation and volumetric soil water) to radial growth of *L. sibirica* increased. This might reflect the combined effects of local climatic conditions and large-scale atmospheric circulation.

**Keywords:** Altay Mountains; *Larix sibirica*; Tree-ring; Response analysis; Atmospheric circulation

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 白马雪山亚高山优势针叶树种径向生长对气候因子的响应

彭新华<sup>1</sup>, 范泽鑫<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院西双版纳热带植物园 热带森林生态学重点实验室, 勐腊, 666303;

<sup>2</sup> 云南哀牢山森林生态系统国家野外科学观测研究站, 景东 676209

\*E-mail: fanzexin@xtbg.org.cn

**摘要:** 滇西北是我国西南地区气候变化最为显著的地区之一, 过去几十年来呈现快速变暖趋势。本研究以滇西北白马雪山国家级自然保护区两个不同海拔段分布的亚高山针叶林高山松 (*Pinus densata*) 林和长苞冷杉 - 大果红杉 (*Abies georgei-Larix potaninii*) 林为研究对象, 通过对已建立的 2 个 1-ha 永久性样地内的 3 个优势针叶树种进行“全径级”采样, 并建立三个树种的年轮宽度差值年表, 分析了树轮年表与气候因子 (1957-2020 年) 的相关性。研究表明: 1) 三个树种的径向生长 - 气候响应存在差异。长苞冷杉径向生长与 11 月温度、春季降水、RH 及冬夏季 SPEI6 正相关; 大果红杉径向生长与 11-12 月温度及秋冬季水分有效性显著正相关; 高山松的径向生长与冬春季温度、4 - 6 月份降水量、5 月份相对湿度及 5-8 月份 SPEI6 呈正相关。2) 滑动相关结果表明, 长苞冷杉和大果红杉对温度的响应不稳定, 低温限制有所解除; 水分对长苞冷杉的限制作用有所解除, 而生长季水分对大果红杉径向生长的限制作用增强。高山松径向生长—气候响应不稳定, 冬季低温对高山松生长的限制作用减弱, 冬季低温限制在一定程度上解除; 而夏秋季温度对高山松径向生长的相关性由负相关转为正相关, 高山松对夏季 RH 和 SPEI6 的敏感性降低。研究结果有助于深入认识白马雪山亚高山针叶林对气候变化的适应能力, 为探讨气候变化下该区域自然林的生长动态提供参考。

**关键词:** 树木年轮; 生长 - 气候响应; 亚高山针叶树种; 白马雪山

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 华北地区油松生长对气候变暖的异质性响应特征

刘亚玲<sup>1</sup>, 李宗善<sup>2</sup>, 周京京<sup>1</sup>, 陈少腾<sup>3</sup>, 王冬梅<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>北京林业大学水土保持学院, 北京, 100083; <sup>2</sup>中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085; <sup>3</sup>云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500

\*E-mail: dmwang\_bjfu@126.com

**摘要:** 全球气候变化导致的干旱胁迫、生长季延长和融雪加速对华北地区针叶林生长产生重要影响, 然而区域尺度下针叶林对气候变暖的响应研究甚少。本研究使用了华北地区油松树木年轮宽度数据库来评估其在 1901-2020 年期间对气候变化的响应。结果显示: (1) 北部低海拔油松径向生长随温度的升高而增加。在快速变暖时期 (1961-2020 年), 低海拔油松对非生长季 (上一年 11 月 - 当年 3 月) 最低温度的响应敏感性上升, 非生长季最低温度升高有助于低海拔油松生长。(2) 南部高海拔地区油松生长出现分异特征, 油松呈现稳定生长趋势和下降生长趋势。油松的生长下降趋势与标准化降水蒸散发指数 (SPEI) 趋势相似, 在快速变暖时期, 生长下降油松对当年 2-6 月温度、上一年生长季 (7-10 月) 降水和当年 3-7 月 SPEI 的敏感性显著上升, 其生长受生长季干旱胁迫影响严重。生长平稳油松在气候变暖前后对气候因素的响应无明显差异, 其生长遭受生长季干旱胁迫。综上所述, 非生长季温度升高促进北部低海拔油松径向生长, 南部高海拔油松遭受生长季干旱胁迫, 在气候变暖过程中, 华北地区油松径向生长将呈现北部升高, 南部下降的趋势。

**关键词:** 油松; 快速变暖; 干旱胁迫; 树轮宽度



A08

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 川西康定云冷杉生长对气候响应的差异

魏靖轩<sup>1</sup>, 许昆<sup>1</sup>, 张远东<sup>1\*</sup>, 鲁庆奥<sup>1</sup>, 缪宁<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所, 国家林业和草原局森林生态环境重点实验室, 北京, 100091; <sup>2</sup> 四川大学生命科学学院, 教育部生物资源和生态环境重点实验室, 成都, 610065

\*E-mail: zyd@caf.ac.cn

**摘要:** 为分析青藏高原东缘横断山区中部不同海拔云杉和冷杉径向生长对气候响应的差异, 于甘孜州康定海拔 3200 米 (低海拔)、3500 (中海拔)、4000 米左右 (高海拔, 林线处) 采集云冷杉共计 154 棵树轮样芯, 建立不同海拔年表, 并与各月气象数据进行相关分析, 结果表明: 低海拔云杉年表与前一年 11 月最高温显著正相关, 而低海拔冷杉年表则与 5 月降水量显著正相关、与前一年 10 月至当年 5 月帕默尔干旱指数极显著正相关, 表明低海拔冷杉生长受到冬春季干旱胁迫的严重抑制。中海拔云杉年表与前一年 9 月最高温显著正相关, 中海拔冷杉年表与 5 月均温和最低温显著正相关; 高海拔云杉年表与 5 月均温和最高温显著正相关、与前一年 10 月均温显著负相关, 高海拔冷杉年表与 1 月均温和最高温显著正相关, 表明中高海拔云冷杉生长主要受温度影响。气候变暖将抑制低海拔冷杉生长, 而促进中高海拔云冷杉生长; 如果未来气候暖干化, 低海拔冷杉将可能被云杉所取代。

**关键词:** 树轮; 气候变化; 响应; 冷杉; 云杉

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## 中亚高山森林树木径向生长增强：低纬度气候变暖的不可忽视的作用

王世杰<sup>1</sup>, 陈峰<sup>1,2,3,\*</sup>, 陈友平<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 云南大学国际河流与生态安全研究院, 云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室, 昆明 650500; <sup>2</sup> 云南大学西南联合研究生院, 昆明 650500; <sup>3</sup> 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室 / 中国气象局沙漠气象研究所新疆树木年轮生态实验室, 乌鲁木齐 830002

\*E-mail: feng653@163.com

**摘要:** 高山森林对维持水资源和促进社会经济发展至关重要。然而, 中亚不断变化的气候使人们对重要内河流域树木生长动态和气候适应的理解变得复杂。在这里, 利用嵌套主成分分析, 我们的研究分析了中亚 128 个地点的树木径向生长, 发现在 1900 年至 2021 年的变暖和增湿条件下, 树木径向生长呈上升趋势 (0.076/10 年,  $p = 0.003$ )。水文气候响应表明, 降水主导的湿 / 干变化是树木生长的主要影响因素, 生长季节前的温暖条件也有影响。值得注意的是, 极端的湿 / 干事件, 特别是严重的干旱, 破坏了树木的恢复能力。我们的发现进一步强调了受大规模大气环流影响的低纬度地表温度升高在促进树木径向生长方面的作用。主要机制包括低纬度变暖导致的环流增强和水汽增加, 包括海洋和陆地地区, 这反过来又导致降水增加。基于 VS-Lite 模型的未来预测表明, 在低纬度变暖导致的更频繁降水的推动下, 上升趋势将继续, 通过正反馈机制增强树木的径向生长。

**关键词:** 中亚, 树木径向生长, 水文气候响应, 低纬度变暖, 大气环流



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 呼图壁河流域不同海拔雪岭云杉径向生长气候响应研究

侯天皓<sup>1,2,3</sup>, 张同文<sup>1,2,\*</sup>, 王勇辉<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002; <sup>2</sup> 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室, 乌鲁木齐 830002; <sup>3</sup> 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054

\*E-mail: zhangtw@idm.cn

**摘要:** IPCC6 报告中显示, 全球变暖仍在持续; 天山山脉是我国气候变化敏感地区之一, 相较于低纬度地区, 中高纬度地区的树木生长对气候波动的反应更加敏感。本研究采用不同海拔高度的雪岭云杉宽度年表与气象站的数据, 分析天山中部呼图壁河流域不同海拔雪岭云杉径向生长对气候要素的响应情况, 运用 VS-oscilloscope 模型对研究区雪岭云杉物候进行模拟研究, 并运用 CMIP6 数据中 BCC-CSM2-MR 模式下的 2021-2100 年气温和降水数据进行研究区不同海拔雪岭云杉径向生长物候期变化以及树木径向生长变化。得到以下结论: (1) 在高海拔地区, 雪岭云杉径向生长受温度和降水的共同作用。在中海拔地区, 云杉径向生长主要受到气温影响, 而在低海拔地区则主要受到降水的制约。响应结果随海拔高度的不同而呈现出明显差异, 反映了树木生长与气候之间复杂而多变的关系。(2) 模拟结果显示由于光照、水热条件以及海拔高度差异, 研究区不同海拔雪岭云杉最适生长温度下限随着海拔的升高而降低, 最适生长温度上限随着海拔上升而升高。(3) 预测结果显示雪岭云杉物候期呈现 SOS 提前、EOS 推后的趋势, 生长期整体呈延长的趋势。研究区雪岭云杉在未来气候变暖条件下呈现随海拔高度变化而增加或衰退的趋势。

**关键词:** 雪岭云杉; 树木年轮; 气候变化; VS-oscilloscope 模型; CMIP6

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## 青藏高原东南缘过去 314 年干旱变化及其与大西洋年代际涛动的联系

唐婉儒<sup>1</sup>, 方克艳<sup>1,\*</sup>, 梅泽鹏<sup>1</sup>, 周非飞<sup>1</sup>, 吴昊<sup>1,2</sup><sup>1</sup> 福建师范大学地理科学学院, 湿亚热带生态地理过程教育部重点实验室, 福州 350007;<sup>2</sup> 东华理工大学水资源与环境工程学院, 南昌 330013

\*E-mail: kfang@fjnu.edu.cn

**摘要:** 了解青藏高原缘过去长期干旱变化历史对理解全球变暖背景下未来干旱变化趋势具有重要意义。近年来, 尽管青藏高原整体变湿, 而青藏高原东南缘干旱化趋势明显。为了将这一趋势置于历史背景中, 我们在青藏高原东南缘三个地点采集了冷杉 (*Abies spectabilis*) 和铁杉 (*Tsuga dumosa*) 树轮样本, 建立了树轮宽度 (TRW)、早材宽度 (EWW) 和晚材宽度 (LWW) 年表。基于 EWW 与自校准帕尔默干旱指数 (scPDSI) 显著相关性, 重建了 1704 年以来 4 - 7 月 scPDSI, 重建结果占仪器记录方差的 45.86%。1907-1919 年是过去 314 年最干旱的时段, 史料记载该时期农业产量下降约 70%, 导致严重的饥荒。青藏高原东南缘与大兴安岭北部在 20 世纪初同步干旱, 而较华北地区已知的大范围干旱事件早 10 年。研究表明这一空间干旱模式可能受到大西洋年代际涛动的调控。

**关键词:** 树木年轮; 早材宽度; 干旱变化; 青藏高原; 大西洋年代际涛动



A12

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 北京东灵山辽东栎径向生长对气候的响应特征随海拔梯度变异规律

周京京<sup>1</sup>, 李宗善<sup>2</sup>, 刘亚玲<sup>1</sup>, 陈少腾<sup>3</sup>, 王冬梅<sup>1,\*</sup>

1 北京林业大学水土保持学院, 北京, 100083; 2 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085; 3 云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500

\*E-mail: dmwang\_bjfu@126.com

**摘要:** 根据北京东灵山地区辽东栎林的树轮宽度数据, 比较了不同海拔梯度下 (800m-1100m-1400m) 辽东栎的径向生长趋势对气候的响应特征。研究结果表明: 1) 辽东栎的径向生长整体上与温度呈负相关趋势, 与降水和 SPEI 呈正相关趋势。低海拔 (800m) 树木的气候敏感性较弱, 而高海拔 (1400m) 树木的气候敏感性较强, 随着海拔梯度的上升, 树木的气候敏感性不断加强, 水分限制树木生长的效应逐渐加强; 2) 树木径向生长对极端干旱事件的生态弹性结果表明低海拔树木的抵抗力较高而恢复力较低, 高海拔树木的抵抗力较低而恢复力较高; 3) 低海拔树木径向生长的气候敏感性较弱, 对极端干旱胁迫的抵抗力较强, 耐旱性较强; 而高海拔树木的气候响应敏感性较强, 对极端干旱胁迫的恢复力较强, 具有较强的生态适应性。在暖干化气候不断发展背景下, 高温及其带来的干旱胁迫已成为区域内限制辽东栎径向生长的主要气候因素, 高海拔辽东栎出现生长衰退甚至死亡的风险最大。

**关键词:** 辽东栎; 树轮宽度; 海拔梯度; 径向生长; 气候敏感性; 生态弹性

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## 黄土高原不同降雨水平下油松径向生长气候响应敏感性特征

容庆<sup>1</sup>, 李宗善<sup>2</sup>, 刘亚玲<sup>1</sup>, 周京京<sup>3</sup>, 王冬梅<sup>1\*</sup>

1 北京林业大学水土保持学院, 北京, 100083; 2 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085; 3 云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500

\*E-mail: dmwang\_bjfu@126.com

**摘要:** 油松 (*Pinus tabulaeformis* Carr.) 是黄土高原主要的水土保持树种, 在植被重建和生态文明建设中发挥着重要的作用。本研究以黄土高原四个不同地区, 由南到北依次为永寿、南泥湾、绥德、神木的油松人工林为研究对象, 根据黄土高原油松人工林的树轮宽度资料, 分析该地区油松人工林径向生长对气候响应敏感性差异, 以及油松年表对气候响应随降雨梯度变化规律。研究结果表明该地区油松样点(永寿、南泥湾、绥德、神木)年轮宽度指数趋于上升, 树木无生长衰退现象。(1) 气候响应结果表明, 永寿、南泥湾、绥德、神木样点与温度总体上呈负相关趋势, 油松年表对温度响应以神木样点最为敏感, 其中上一年7月平均最高温度更是达到极显著负相关水平 ( $p < 0.01$ ); 与温度相反, 各年表与降雨呈现正相关关系, 神木和绥德样点对降水的响应在生长季中期较为明显, 分别与上一年8月、当年5月降水量呈极显著正相关 ( $p < 0.01$ )。(2) 从各年表与干旱指数的响应强度来看, 神木样点油松人工林更易受夏季干旱胁迫影响, 油松年表与上一年生长季6月—9月, 当年6月的 SPEI 呈显著正相关, 而永寿样点油松径向生长与 SPEI 呈弱的正相关。综上所述, 干旱胁迫是限制各样地油松树木生长的主要因素, 而永寿样点油松树木生长受干旱胁迫影响强度较弱, 体现出对当地气候条件较好的生态适宜性。

**关键词:** 油松; 树轮宽度; 径向生长; 气候敏感性



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 高黎贡山大树杜鹃径向生长及其对气候响应研究

葛海龙<sup>1</sup>, 张卓亚<sup>1,2,\*</sup>, 许晨曦<sup>2</sup>, 李加喜<sup>1</sup>, 杨填填<sup>1</sup>, 张万雄<sup>1</sup>, 刘文<sup>3</sup>

<sup>1</sup>西南林业大学, 昆明, 650000; <sup>2</sup>中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029;

<sup>3</sup>云南农业大学, 昆明, 650500

\*E-mail: zhangzhuoya@swfu.edu.cn

**摘要:** 高黎贡山是中国生态安全建设最重要的屏障, 高原季风的边缘效应以及西南季风的深入使其成为季风亚洲区最为敏感和脆弱的气候地带。近年来, 愈发普遍的干旱对高黎贡山生态系统的可持续性构成了重大威胁。首次构建高黎贡山特有树种—大树杜鹃 (*Rhododendron protistum* var. *giganteum* (Forrest) D. F. Chamberlain) 标准宽度年表。结果表明: 大树杜鹃树轮与冬春季 (11-2月) 降水呈显著正相关 ( $r=0.48, p < 0.001$ ), 与冬春季 (11-4月) 最高温度呈显著负相关 ( $r=0.487, p < 0.001$ ), 冬春季水分可用性是大树杜鹃径向生长的主要限制性因素。由树轮年表当年与次年序列重建了 1864-2021 年 12-2 月的 SPEI2 指数变化, 方差解释量达 36.4%, 重建序列主要揭示了历史时期 SPEI2 的高频变化。确定了 11 个极端湿润年份 (1878、1882、1883、1885、1886、1887、1888、1950、1965、2008、2011) 和 8 个极端干旱年份 (1933、1945、1946、1947、1960、1999、2015、2021), 其中大多数得到了历史证据的证实。重建的干旱期与附近地区进行的其他基于树木年轮的干旱重建表现出广泛的一致性。研究结果证明大树杜鹃在水文气候重建中的潜力, 并为评估该地区长期气候变化提供了重要信息。

**关键词:** 高黎贡山; 大树杜鹃; 标准化降水蒸散指数; 气候响应

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 春季海水表面积动态变化是 ENSO 预测的有效前兆信号

梅泽鹏<sup>1</sup>, 方克艳<sup>1,\*</sup>, 唐婉儒<sup>1</sup>, 周非飞<sup>1</sup>, 吴昊<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 福建师范大学地理科学学院, 湿亚热带生态地理过程教育部重点实验室, 福州 350007;

<sup>2</sup> 东华理工大学水资源与环境工程学院, 南昌 330013

\*E-mail: kfang@fjnu.edu.cn

**摘要:** 厄尔尼诺 - 南方涛动 (ENSO) 显著影响全球气候, 有效的 ENSO 预测对于减轻其灾害性影响至关重要。然而, 春季预报障碍是 ENSO 预测过程中的一个重大挑战。本研究提出了一种新的 ENSO 预测的前兆信号——太平洋海水表面积。为了量化太平洋海水表面积的动态变化并识别 ENSO 预测的关键海域, 我们计算了不同温度等温线所围成的面积, 这一指标被称为海温等温线面积指数。其中 25.5° C 和 29.5° C 等温线所界定的区域是 ENSO 预测的关键海域。春季南北纬 15° 范围内 25.5° C 与 29.5° C 之间海温等温线面积指数的差值被证实是一个 ENSO 预测的可靠指标, 能够提前九个月预测 ENSO 事件。在过去的 72 年 (1950 至 2021 年) 中, 该指标准确预测了 24 个厄尔尼诺年中的 22 个以及 20 个拉尼娜年中的 17 个。自 2000 年以来, 全球海温升高导致预测区域发生变化, 南北纬 20° 范围内 25° C 与 30° C 之间海温等温线面积指数的差值成为了新的预测指标, 其准确性超过了大多数模型。

**关键词:** 厄尔尼诺 - 南方涛动; ENSO 预测; 春季预报障碍; 先兆信号



A16

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### Effect of Climate and Competition on Radial Growth of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* Forest in Hulunbuir Sandy Land of Inner Mongolia, China

Shuo Wen<sup>1,2</sup>, Zhongjie Shi<sup>1,2</sup>, Xiao Zhang<sup>1,2</sup>, Leilei Pan<sup>3</sup>, Semyung Kwon<sup>3</sup>, Yuheng Li<sup>1,2</sup>, Xiaohui Yang<sup>1,2</sup>,  
Hanzhi Li<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Ecological Conservation and Restoration, Chinese Academy of Forestry, Beijing, China, 100091; <sup>2</sup>Research Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing, China, 100091; <sup>3</sup>Institute of Ecological Restoration, Kongju National University, Gongzhou City, Republic of Korea, 32439

\*E-mail: lhz@caf.ac.cn

**Abstract:** (1) Background: The forest of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* is an important semi-arid ecosystem in Hulunbuir sandy land that plays a key role in the carbon cycle and wind erosion control. It is crucial to explore the main factors affecting the radial growth of trees of *P. sylvestris* var. *mongolica*. (2) Methods: The study established the tree-ring chronology of *P. sylvestris* var. *mongolica* and analyzed the relationships among the radial growth, competition index, and climate variables using correlation analysis and a linear mixed effect model to explore the influence of competition and climate on radial growth of *P. sylvestris* var. *mongolica*. (3) Results: The results indicated that tree growth is mainly affected by the maximum average temperature ( $T_{max}$ ) and precipitation in June and July of the current year and that tree growth significantly decreased with increasing competition pressure. Analysis of the linear mixed effect model showed that tree age, competition intensity, self-calibrating Palmer drought severity index (scPDSI) from May to July, and vapor pressure deficit (VPD) have a significant impact on radial growth. (4) Conclusions: The competition plays a dominant role in radial growth of *P. sylvestris* var. *mongolica* compared to climate factors. This study helps to understand the growth mechanism of *P. sylvestris* var. *mongolica* forests under climate change and provides a scientific basis for effective management of semi-arid forests.

**Keywords:** competition; growth–climate correlation; tree-ring; linear mixed model; *P. sylvestris* var. *mongolica*

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 极端干旱事件下中国干旱 - 半湿润区树木生态弹性权衡

陈少腾<sup>1,2</sup>, 李宗善<sup>1,\*</sup>, 段兴武<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085;

<sup>2</sup>云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500

\*E-mail: zslj\_st@rcees.ac.cn

**摘要:** 自 20 世纪中期以来, 美洲及东亚地区的半干旱区正逐渐扩张, 地区内极端气候事件下的森林生态系统正经历衰退并失去其稳定性。生态弹性表征了生态系统在变化下维持稳定的能力。基于树木年轮的生态弹性指标在反映森林受到的干旱扰动方面较 NDVI 的指标更敏感。本研究基于构建的中国干旱 - 半湿润区年轮宽度数据库, 研究了极端干旱事件下 20 世纪这一地区森林的生态弹性及驱动因子。研究结果如下: (1) 中国干旱 - 半湿润区森林在极端干旱事件下均呈现低抵抗力、高恢复力与相对弹性的生态弹性格局, 水分梯度间差异不显著; (2) 在 20 世纪的早期 (1910-1940 年)、中期 (1940-1970 年) 及后期 (1970-2000 年) 间, 森林抵抗力与相对弹性的变化趋势间均存在显著权衡, 其中早期与中期间的权衡较强; 3) 中国干旱区叶经济性状对抵抗力与相对弹性贡献更高。中国半干旱区树木的水力学性状对树木抵抗和恢复存在重要影响。光合作用主要影响恢复力。中国半湿润区叶经济性状总贡献高于环境因子。比叶面积对弹性的贡献高于对其他指标的贡献。对抵抗力与相对弹性影响最大的驱动因子是单位干重氮含量。对恢复力影响最大的驱动因子是森林密度。

**关键词:** 年轮; 生态弹性; 干旱 - 半湿润区; 权衡; 机器学习



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 天山南坡云山与胡杨径向生长对极端气候的响应

阿尔曼·阿布拉<sup>1,2</sup>, 王勇辉<sup>1,\*</sup>, 尚华明<sup>2</sup>, 秦莉<sup>2</sup>, 张同文<sup>2</sup>, 贾祎<sup>3</sup>, 张瑞波<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>新疆师范大学地理与旅游学院, 乌鲁木齐 830054; <sup>2</sup>中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室, 乌鲁木齐 830002; <sup>3</sup>新疆大学生态与环境学院, 乌鲁木齐 830017

\*E-mail: a1910553490@163.com

**摘要:** 自 20 世纪伊始, 人类活动对全球气候变暖的推动作用日益增强, 这一变化不仅加剧了气候系统的不稳定性, 也显著提高了极端气候事件的发生频率及其破坏力。这些极端气候事件对人类社会的生产生活构成了严峻挑战, 并对地区性生态系统的稳定性与可持续性产生了深远的影响。本研究专注于中亚干旱至半干旱地区的气候敏感带, 旨在通过对胡杨 (*Populus euphratica*) 和云杉 (*Picea schrenkiana*) 两种具有代表性的树木年轮宽度进行深入分析, 探究它们对极端气候变化的生长响应及其恢复力。通过精确测量和对比分析树木年轮数据, 我们发现胡杨和雪松在径向生长模式上表现出一定的同步性, 但两者对气候变化的敏感程度存在差异。云杉对气候波动的反应更为明显, 而胡杨则展现出较强的生长稳定性和适应性。随着气候变暖趋势的持续, 两种树种对极端气候事件的生长反应也发生了显著变化, 且在不同海拔梯度上的响应呈现出差异性。这表明, 气候变化对树木生长的影响是多维度和复杂的。我们的研究成果不仅揭示了极端气候变异对树木径向生长的显著干扰, 也为科学界和管理者提供了重要的启示: 针对不同树种和面临的独特气候条件, 必须制定和实施更为精细化的管理和保护策略, 以确保森林资源的健康和生态系统的长期稳定。

**关键词:** 树木年轮; 云杉和胡杨; 天山; 极端气候

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## Will Future Extreme Climate Events Cause Forest Degradation in Daxing'anling, China?

如先古丽·阿不都热合曼<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所 树木年轮理化重点实验室

\*E-mail: 1941282674@qq.com

**Abstract:** Daxing'anling Mountain is highly affected by extreme weather and therefore, vulnerable to ecological deterioration. Forests in this region have been heavily affected by extreme events; however, how forests will change in the future remains uncertain. To determine the trends and reasons for extreme climate change from 1972 to 2015, reanalysis data were used to assess the potential forest degradation resulting from future extreme climate events. Using tree-ring width chronologies of *P. sylvestris* var. *mongolica* (*P. sylvestris*) and *Larix gmelinii* (*L. gmelinii*), we performed a comparative analysis of the relationships between radial growth of these two tree species and extreme indices based on Pearson correlations. The functions between extreme climate and tree-ring width were then used in the LASSO algorithm. Based on the CMIP6 models under the intermediate emission scenario (SSP2-4.5) and an algorithm, we projected the tree ring width of the two species from 2015 to 2100 using calibrated meteorological fields. We identified an increasing trend for extreme warm events and a declining trend for cold events. The tree-ring chronologies of both species correlated negatively with extreme warm temperature indices and positively with extreme precipitation indices. *P. sylvestris* responded more significantly to extremely high temperature indices and precipitation, with a certain lag effect. Meanwhile, *L. gmelinii* responded significantly to extremely cold temperature indices. "Tree species specificity" may be the reason the two species show different growth-climate relationships. The growth of *P. sylvestris* may largely decrease under extreme climate change conditions, whereas the effect on *L. gmelinii* future growth was not significant. The predicted growth series in the 2015-2100 period showed that three abnormally high values (2020, 2033, 2036), six abnormally low values (2077, 2081, 2085, 2086, 2093), and one extreme abnormally low value (2073) occurred in *P. sylvestris*, and two extreme abnormally low values (2017, 2019), four abnormally low values (2029, 2074, 2085, 2098), and abnormally high values (2034, 2068, 2075) occurred in *L. gmelinii*. Our findings can help ensure the resilience and sustainability of forest ecosystems in the face of extreme climate change and contribute to improved forest management strategies and conservation efforts.



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 普达措国家公园四种针叶树径向生长和解剖特性对气候因子的响应

张菊梅<sup>1</sup>, 范泽鑫<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院西双版纳热带植物园, 热带森林生态学重点实验室, 云南勐腊 666303

\*E-mail: fanzexin@xtbg.org.cn

**摘要:** 运用树木年代学和木材解剖学的原理和方法, 对普达措国家公园大果红杉、长苞冷杉、高山松和麦吊云杉 4 个优势针叶树种的年轮宽度和解剖特性进行测量和计算, 建立差值年表。分析年表与香格里拉气象站的日、月气候数据的相关性, 研究 4 个优势针叶树种的径向生长以及解剖特性对气候因子的响应。结果表明: 4 种针叶树径向生长和解剖特性对气候因子的响应存在物种特异性, 解剖特性的响应强度较弱; 长苞冷杉树轮宽度年表与上年冬季和当年夏季的温度呈显著正相关, 同时温度的升高促进长苞冷杉细胞壁厚度的增加, 抑制管腔面积的增大; 生长季早期的温度影响大果红杉的径向生长, 但对解剖特性的影响较小, 同时大果红杉对极端干旱事件的抵抗力较低; 气候因子对麦吊云杉的生长影响较小; 高山松的径向生长和管腔面积主要受生长季早期水分可利用性和温度的影响。

**关键词:** 针叶树; 年轮宽度; 定量木材解剖; 气候响应

A21

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

**Site-specific climate sensitivity of tree-growth and wood anatomical features of *Juglans regia* L. in Bhutan Himalaya****Jambay Dema<sup>1,2</sup>, Zaw Zaw<sup>1</sup>, Ze-Xin Fan<sup>1,3</sup>, Shankar Panthi<sup>1,\*</sup>, Peili Fu<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> CAS Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Menglun, Mengla, Yunnan 666303, China; <sup>2</sup> University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; <sup>3</sup> Ailaoshan Station of Subtropical Forest Ecosystem Studies, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Jingdong, Yunnan 676209, China

\*E-mail: fpl@xtbg.org.cn, shankar.panthi@xtbg.ac.cn

**Abstract:** Climate change significantly impacts tree growth in the Himalayas, making it crucial to understand its impact on species such as *Juglans regia* L. (Common or Persian walnut). Despite having a vital economic and ecological role across the Himalayas, little is known about how environmental changes influence the sensitivity of tree growth and wood anatomical traits of this species. In this study, we developed and investigated tree-ring width (TRW) chronology and time series of six quantitative wood/vessel anatomical (QWA) features of Persian walnut trees from two sites in the Bhutan Himalayas differing in elevation, slope, and aspect. We evaluated how TRW and vessel anatomical features respond to climatic conditions and extreme climate events for the period 1960 to 2020. We found the climate sensitivity of tree growth varied between the two study sites, with the southwest-facing Dodeyna site (DOD) exhibiting higher moisture sensitivity than the north-facing Chimithangka site (CHI). The climate sensitivity of vessel traits was much stronger than that of tree-ring widths, particularly at the DOD. Moreover, the correlations between vessel traits and climatic factors differed between the two sites. Hydraulic-efficiency-related vessel traits (Mean vessel area, MVA; theoretical hydraulic conductivity, Kh; and hydraulic diameter, Dh) revealed significant positive moisture sensitivity and the hydraulic-safety related vessel traits (vessel density, VD; and vessel grouping index, RVGI) revealed significant negative sensitivity at the DOD site but the relationship was either non-significant or opposite at CHI site. Variations in MVA and Kh were observed during extreme climatic events (dry and wet years) at both sites. Notably higher RVGI at the DOD site during dry years indicated an enhancement to conductive safety against drought. These findings highlight the climate sensitivity of tree-ring vessel traits is determined by hydraulic efficiency–safety trade-off, which tends to be site-specific and mediated by aspect. Given its ecological and economic significance, there is an urgent need for the conservation and sustainable management of this species in the Bhutan Himalayas.

**Keywords:** Bhutan Himalaya, Climate sensitivity, Intra-annual variation, *Juglans regia*, Quantitative wood anatomy, Tree-rings, Vessel anatomical features



A22

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 马尾松树轮异常特征表征的气候信号研究

梁寒雪<sup>1</sup>, Tardif C. Jacques<sup>2</sup>, 黄建国<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> 山西大学黄土高原研究所, 太原, 030006; <sup>2</sup> Centre for Forest Interdisciplinary Research (C-FIR), University of Winnipeg, Winnipeg, Canada R3B 29E; <sup>3</sup> 浙江大学生命科学学院, 杭州, 310058

\*E-mail: [jjanguo.huang@zju.edu.cn](mailto:jjanguo.huang@zju.edu.cn)

**摘要:** 近年来, 树轮异常特征的研究为了解极端气候与树木径向生长之间的关系提供了信息。为了在亚热带地区开展相关研究, 我们在陕西和湖北两个地区采集了八个林分的马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 树木年轮样本, 测量树轮宽度并交叉定年后, 统计了每个日历年份马尾松树轮中不同位置异常特征 (如伪轮、浅轮等) 的出现频率, 通过相关分析计算树轮宽度与气候的关系, 通过秩相关分析揭示异常树轮发生频率与气候因子的关系。结果显示, 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。两个地区异常树轮频率均与当年生长季前及生长季 (2 月至 11 月) 的温暖和水分特征存在明显的相关性。其中伪轮出现的频率存在一定的地区差异, 浅轮等则没有发现区域差异。我们的结果表明树轮异常特征在亚热带马尾松中具有明确的气候信号, 可以作为气候重建的潜在代用指标。

**关键词:** 马尾松; 亚热带; 树轮; 异常特征



A23

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 气候要素影响下的阿尔泰山西伯利亚落叶松树轮缺失研究

郭凯龙<sup>1,2,3</sup>, 张同文<sup>1,2,\*</sup>, 王勇辉<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002; <sup>2</sup> 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室, 乌鲁木齐 830002; <sup>3</sup> 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054

\*E-mail: zhangtw@idm.cn

**摘要:** 在树木年轮学研究中, 年轮缺失在世界各个地区都被普遍认为是树木生长受到抑制, 形成层活动受阻的代用指标。然而对于树轮缺失与气候要素之间的联系仍缺乏深入探究。本研究以生长在半干旱区阿尔泰山西伯利亚落叶松为研究树种, 通过计算得知该采样点树木总体缺轮率为 2.016%, 具有实测气象数据以来树木显著缺轮年份分别为 1965 年、1973 年、1985 年、1986 年、1987 年、1999 年和 2009 年, 其中以为最高 1985 年, 缺轮率高达 60%。相关结果表明干旱胁迫是制约该地区树木径向生长的主要限制因子, 西伯利亚落叶松对于干旱事件反映敏感且抵抗力较低, 结果显示连续的干旱事件会降低树木生态稳定性, 树木生长出现抑制、衰退现象或面临死亡风险增加。

**关键词:** 树轮缺失; 干旱胁迫; 生态弹性; 生长衰退; 西伯利亚落叶松



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 1300 年树轮密度序列揭示火山喷发对北美东部夏季温度的影响

Feng Wang<sup>1,2\*</sup>, Dominique Arseneault<sup>3</sup>, Étienne Boucher<sup>4,2</sup>, Fabio Gennaretti<sup>5</sup>, Shulong Yu<sup>6</sup>, Tongwen Zhang<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Centre- Eau Terre Environnement, Institut National de la Recherche Scientifique, Québec, G1K 9A9, Canada; <sup>2</sup>GEOTOP Research Centre in the Dynamics of the Earth System, Montréal, QC H2X 3Y7, Canada; <sup>3</sup>Département de Biologie, Chimie et Géographie, Centre d' Études Nordiques, Université du Québec à Rimouski; Rimouski, G5L 3A1, Canada; <sup>4</sup>Département de Géographie, Centre d' Études Nordiques, Université du Québec à Montréal, Montréal, H3A 0B9, Canada; <sup>5</sup>Groupe de Recherche en Écologie de la MRC-Abitibi, Institut de Recherche sur les Forêts, Centre d' Étude de la Forêt, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Amos, J9T 2L8, Canada; <sup>6</sup>Key Laboratory of Tree-ring Ecology of Uigur Autonomous Region, Key Laboratory of Tree-ring Physical and Chemical Research, Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi, 830002, China

\*E-mail: feng.wang@inrs.ca

**摘要：**树轮最大晚材密度 (MXD) 是中高纬度地区优质的气候代用资料，具有生物记忆和噪音小、记录温度信号强的特点。目前全球开发的千年 MXD 温度重建大多集中在欧洲。本文作者基于湖泊亚化石 MXD 数据定量重建了北美东北部 772-2017 年的 5-8 月均温，方差解释量为 56%。相比于树轮宽度和碳氧同位素序列，该重建能更准确地捕捉火山喷发引起的快速降温，并揭示了该地区过去千年的极端低温年多与大型火山喷发有关。通过与千年北半球温度重建以及气候模式模拟的比较，我们发现热带火山喷发可造成长达十年的降温，是工业革命以前驱动研究区域与北半球夏季温度多年代际变率一致性最主要的原因；而北温带火山喷发仅能造成短期的降温影响。此外，热带火山喷发还能造成正相位的北大西洋涛动，进一步“放大”了北大西洋西侧（北美东北部）的降温幅度。

**关键词：**最大晚材密度；过去千年；火山喷发；夏季温度

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## 青藏高原中东部基于树轮宽度的夏季温度重建及冬夏季温度对比

王慧<sup>1</sup>, 史逝远<sup>1</sup>, 史江峰<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 南京大学地理与海洋科学学院, 南京, 210023

\*E-mail: shijf@nju.edu.cn

**摘要:** 青藏高原是中国快速变暖的区域之一, 其气温的急剧上升对区域生态系统和山地冰川产生了显著影响。为探究过去几个世纪的气温变化规律及其驱动机制, 我们急需长期、高质量的温度数据。本研究建立了两条超过 300 年的树木年轮宽度年表, 二者高度一致, 表明采样点受人为干扰较小。合并两个样点的样本, 我们建立了一个更可靠的树轮宽度年表, 并重建了 1730-2015 年的 6-7 月的平均温度, 方差解释量达到 65.6%。重建结果显示, 近 20 年是过去近 300 年来最温暖的时期, 且夏季温度的多年代际变化与大西洋多年代际振荡 (AMO) 紧密相关, 表明大西洋对青藏高原中东部暖季气候的重要影响。将本次夏季温度的重建与青藏高原东南部的冬季温度重建工作对比, 我们发现近 20 年无论是夏季还是冬季, 都是青藏高原东部近 300 年中最温暖的时期, 表明区域温度对全球变暖的响应主要由人类对气候系统的影响驱动。尽管夏冬季温度都呈现出显著变暖趋势, 但不同树种对温度变化的响应存在差异。香格里拉地区的云南松, 作为对冬季温度变化敏感的树种, 自 1992 年以来出现了分异现象; 而松潘地区的紫果云杉对夏季温度敏感, 却未出现分异, 揭示了气候变暖背景下森林生态响应的复杂性和多样性。

**关键词:** 夏季温度; 青藏高原; AMO



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 乌兰地区树轮宽度记录干湿还是温度变化？

王振波<sup>1</sup>, 王淼<sup>1</sup>, 王丰<sup>2,3</sup>, 秦春<sup>4</sup>, 杨保<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 南京大学地理与海洋科学学院, 南京, 210023; <sup>2</sup> Centre- Eau Terre Environnement, Institut National de la Recherche Scientifique, Québec, G1K 9A9, Canada; <sup>3</sup> GEOTOP Research Centre in the Dynamics of the Earth System, Montréal, QC H2X 3Y7, Canada; <sup>4</sup> 中国科学院西北生态环境资源研究院, 兰州, 730000

\*E-mail: yangbao@nju.edu.cn

**摘要:** 青藏高原东北部是对全球变化响应高度敏感的区域。由于其干旱、半干旱的气候特征, 一般认为该地区树木的生长受到降水和干旱的控制。然而, 已有研究发现在乌兰及以东地区影响树木径向生长的气候因子较为复杂, 既有降水和干旱, 也有温度。为探究该地区树轮宽度指标对长尺度气候定量重建的意义, 本文分析了乌兰地区青海云杉和祁连圆柏树轮宽度对气候的响应并与德令哈地区明确指示干旱的树轮序列进行了比较分析。结果表明, (1) 在校准期, 青海云杉和祁连圆柏树轮宽度分别显著地表征了温度和干湿变化的信号; (2) 随西北地区暖湿化增强, 二者对气候的响应特征在一定时段内生变化, 生长季温度对青海云杉和祁连圆柏径向生长的控制增强, 而降水与干旱的影响逐渐减弱; (3) 青海云杉和祁连圆柏均与相距约 120km 的德令哈地区指示干湿变化的树轮宽度序列高度相关。本文认为生长季温度对乌兰地区两个树种径向生长的影响可能主要由近数十年西北地区暖湿化所致, 而在此之前, 青海云杉和祁连圆柏均可能反映干湿变化。未来在树木生长 - 气候响应模式潜在发生转变的地区, 需要综合考虑生长 - 气候响应以及与附近生长限制因子明确的树轮序列来探讨树轮指标记录的气候因子。

**关键词:** 青藏高原; 树木年轮; 祁连圆柏; 青海云杉

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## 基于雪岭云杉树轮宽度重建中天山巴仑台地区过去 565 年 7~9 月过去 NDVI 变化历史

马一凡<sup>1,2</sup>, 刘禹<sup>1,3,6\*</sup>, 宋慧明<sup>4</sup>, 张权<sup>1,2</sup>, 蔡秋芳<sup>1,3</sup>, 任萌<sup>5</sup>, 李珮<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院地球环境研究所, 陕西 西安 710061; <sup>2</sup> 中国科学院大学, 北京 100049; <sup>3</sup> 中国科学院第四纪科学与全球变化卓越创新中心, 陕西 西安 710061; <sup>4</sup> 西安交通大学人居环境与建筑工程学院, 陕西 西安 710054; <sup>5</sup> 西安地球环境创新研究院, 陕西 西安 710061; <sup>6</sup> 中国 - 巴基斯坦地球科学研究中心 中国科学院和巴基斯坦高等教育委员会, 伊斯兰堡 巴基斯坦 45320

\*E-mail: liuyu@loess.llqg.ac.cn

**摘要:** 归一化植被指数 (NDVI) 对分析植被动态及其对气候的响应至关重要, 但是对天山地区而言, 现有的短时 NDVI 数据集不能满足我们长时间尺度的分析需要。因此, 本研究利用天山南坡巴仑台地区雪岭云杉样本建立了树轮宽度年表 (STD), 发现其与 7~9 月的 NDVI 显著相关 ( $r=0.69$ ,  $n=39$ ,  $p<0.001$ ), 在此基础上, 设计线性回归模型, 重建了研究区 1455~2019 年 7~9 月 NDVI 变化, 方差解释量为 46%。结果显示, 研究区在 1455~2019 年期间经历了 5 个植被覆盖高值期和 8 个植被覆盖低值期, 其中 1988~2019 年植被生长处于历史最高水平。与周边其他重建序列对比结果表明 NDVI 变化存在空间差异性, 中天山区域近 30 多年来 NDVI 呈现增加趋势, 而西天山则呈现下降趋势。此外, 分析表明降水是研究区 NDVI 的主要影响因素。天山地区降水主要受到海温异常和遥相关的影响, 分析结果显示印度洋海温增暖和东大西洋遥相关型 (EA) 正相位可以使天山地区降水量增加, 进而促进研究区植被的生长。该研究对理解中天山植被覆盖的长期动态变化具有一定的参考意义, 并为未来植被动态演化预测提供基础数据。

**关键词:** 树轮宽度; 归一化植被指数 (NDVI); 重建; 中天山



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 湖南郴州树轮宽度对雪灾和气候环境变化的记录

周秋月<sup>1,2</sup>, 蔡秋芳<sup>1,3,4,\*</sup>, 刘禹<sup>1,3,4</sup>, 谢梅<sup>1,2</sup>, 孟克巴衣尔<sup>1,2</sup>, 任萌<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安, 710061; <sup>2</sup> 中国科学院大学, 北京, 100049; <sup>3</sup> 中国科学院第四纪科学与全球变化卓越创新中心, 西安, 710061; <sup>4</sup> 陕西关中平原区域生态环境变化与综合治理国家野外科学观测研究站, 西安, 710061; <sup>5</sup> 西安地球环境创新研究院, 西安, 710061

\*E-mail: caiqf@ieecas.cn

**摘要:** 2008年1月至2月,我国南方经历了罕见的大范围低温、雨雪和冰冻灾害,地方经济和人民生命财产安全遭受了巨大损失。为了评估2008年雪灾事件及气候变化对树木生长的影响,本研究在湖南省宜章县境内采集了一组马尾松树木年轮样本,并建立了树轮宽度年表。虽然Pearson相关分析揭示树轮宽度年表与当年6月至10月的最低温度( $r=-0.636$ ,  $n=69$ ,  $p<0.01$ )和前一年2月至12月的相对湿度( $r=0.619$ ,  $n=68$ ,  $p<0.01$ )相关性最强,但滑动相关分析结果表明,树轮宽度与气候要素的关系随时间变化并不稳定,其表现在2008年雪灾事件之后研究区树木生长对气候要素的响应显著增强。为了进一步确认雪灾事件对树木生长的影响,我们通过历史文献记载搜集了2008年之前研究区发生的多次雪灾事件年份,并开展了时序叠加分析。结果表明,在历史时期,树轮宽度仅在雪灾发生当年略有降低,雪灾对随后年份的树木生长影响不大;而2008年雪灾导致当年及其后5年树轮宽度都显著下降,表明2008年雪灾的严重程度至少为过去167年来难得一遇。进一步分析发现,EASM(东亚夏季风)及与之相关的大尺度环流变化如ENSO(厄尔尼诺-南方涛动)、PDO(太平洋十年涛动)和WPSH(西太平洋副热带高压)影响着研究区过去167年来的气候环境变化,进而影响了树木生长。

**关键词:** 树轮宽度; 气候响应; 雪灾事件; 时序叠加分析; 东亚夏季风

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## 过去 2400 多年柴达木盆地东北部降水变化及其与太阳活动和强火山喷发的联系

李明启<sup>1,2,\*</sup>, 邵雪梅<sup>1,2</sup>, 张永<sup>1,2</sup><sup>1</sup> 中国科学院地理科学与资源研究所中国科学院陆地表层格局与模拟院重点实验室, 北京 100101;<sup>2</sup> 中国科学院大学, 北京 100049

\*E-mail: limq@igsnr.ac.cn

**摘要:** 基于采自柴达木盆地内部牦牛山的祁连圆柏树木样芯, 新建采样区域过去 2710 a 的树轮宽度年表, 并计算了器测时期 (1957—2017 AD) 气象数据与树轮宽度年表的相关系数。结果表明: 树轮宽度年表与上一年 7 月至当年 6 月降水量变化的相关性最高 ( $r=0.753$ ,  $n=60$ ,  $p<0.01$ ), 基于此重建了该区 392 BC—2017 AD 上一年 7 月至当年 6 月的降水量变化。器测时期方差解释量高达 64%。重建结果显示, 在年代际尺度上存在 9 个湿润期 (106—75 BC、6—39 AD、179—229 AD、581—646 AD、823—914 AD、1026—1095 AD、1378—1414 AD、1567—1609 AD 和 1985—2017 AD) 和 7 个干旱期 (328 BC—297 BC、86—151 AD、694—747 AD、1168—1199AD、1444—1525 AD、1680—1725 AD 和 1792—1860 AD), 1792—1860 AD 是过去 2400 a 最干旱时期。功率谱分析结果表明, 过去 2400 a 柴达木盆地东北部地区降水量存在 2~8 a、40 a、80 a 和 225 a 准周期变化 ( $p<0.01$ )。此外, 本文研究区干旱期与太阳活动极小期对应较好; 时序叠加法分析显示, 中低纬度强火山喷发后的第一年研究区降水量显著减少。本文研究结果表明太阳活动和强火山喷发是研究区降水量变化的影响因素。

**关键词:** 降水量重建; 树轮; 太阳活动; 强火山喷发; 时序叠加法



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### Drought facilitated the westward expansion of the Mongol Empire in the 1230s

Weipeng Yue<sup>1</sup>, Feng Chen<sup>1,2,3\*</sup>, Olga Solomina<sup>4,5,\*</sup>, Jan Esper<sup>6,7</sup>, Nicole K. Davi<sup>8,9</sup>, Ulf Büntgen<sup>7,10,11</sup>, Shijie Wang<sup>1</sup>, Vladimir Matskovsky<sup>4</sup>, Caroline Leland<sup>8,9</sup>, Max C.A. Torbenson<sup>6</sup>, Magdalena Opala-Owczarek<sup>1,2</sup>, Mao Hu<sup>1,2</sup>, Zulfiyor Bakhtiyorov<sup>1,13</sup>, Xiaoen Zhao<sup>1,2</sup>, Yang Xu<sup>1</sup>, Heli Zhang<sup>1,3</sup>, Youping Chen<sup>1</sup>, Fahu Chen<sup>14,15,16,\*</sup>

<sup>1</sup>Yunnan Key Laboratory of International Rivers and Transboundary Eco-Security, Institute of International Rivers and Eco-Security, Yunnan University, Kunming 650500, China; <sup>2</sup>Southwest United Graduate School, Kunming 650500, China; <sup>3</sup>Key Laboratory of Tree-ring Physical and Chemical Research of the Chinese Meteorological Administration/Xinjiang Laboratory of Tree-ring Ecology, Institute of Desert Meteorology, Chinese Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; <sup>4</sup>Institute of Geography RAS, Moscow, Russia; <sup>5</sup>HSE University, Moscow, Russia; <sup>6</sup>Department of Geography, Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany; <sup>7</sup>Global Change Research Institute, Czech Academy of Sciences, 60300 Brno, Czech Republic; <sup>8</sup>Department of Environmental Science, William Paterson University, Wayne, NJ, USA; <sup>9</sup>Tree-Ring Lab, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, NY, 10964 USA; <sup>10</sup>Department of Geography, University of Cambridge, Cambridge CB2 3EN, UK; <sup>11</sup>Department of Geography, Faculty of Science, Masaryk University, 611 37 Brno, Czech Republic; <sup>12</sup>Institute of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, University of Silesia in Katowice, Poland; <sup>13</sup>Khujand Science Center, National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan; <sup>14</sup>ALPHA, State Key Laboratory of Tibetan Plateau Earth System, Environment and Resources (TPESER), Institute of Tibetan Plateau Research (ITPCAS), Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing 100101, China; <sup>15</sup>College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; <sup>16</sup>MOE Key Laboratory of Western China's Environmental System, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

\*E-mail: feng653@163.com, olgasolomina@yandex.ru, fhchen@itpcas.ac.cn

**Abstract:** The Mongol Empire's Western Expedition stands as the most impactful historical event shaping the historical trajectory of the Eurasian continent in the second millennium. However, the climatic spatiotemporal patterns during the Mongol Empire's Western Expedition have remained inadequately elucidated. Here, we reconstruct changes in summer water balance on the East European Plain between 943 and 2019 CE. Integrating tree-ring climate-hydro sequences from Central Europe, Central Asia, East Asia, we comprehensively delineate the climatic backdrop along the empire's western expansion route, demonstrating the pivotal role of climate in driving the Mongol Empire's expansion. We posit this as an outcome of the Eurasian continent experiencing a warmer climate during the Medieval Warm Period. Specifically, the extensive dry grassland environment bolstered the military effectiveness of Mongol cavalry, but weakening less mobile settled agriculture. This arid fuel effect likely persisted consistently along the primary route of the Mongol Empire's Western Expedition (1227-1241). Simultaneously, we provide estimations of potential future drought trends under warming scenarios, emphasizing that the future intensity and frequency of droughts may exceed the range of natural hydroclimate variability, posing unprecedented risks to crop yields in the East European Plain.

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## 利用树轮宽度重建过去 279 年中国北方沙漠边缘的干旱状况

刘雨欣<sup>1</sup>, 张合理<sup>1,3</sup>, 陈峰<sup>1,2,3,\*</sup>

<sup>1</sup> 云南大学国际河流与生态安全研究院云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室, 昆明 650500; <sup>2</sup> 云南大学西南联合研究生院, 昆明 650500; <sup>3</sup> 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室 / 中国气象局沙漠气象研究所新疆树木年轮生态实验室, 乌鲁木齐 830002

\*E-mail: feng653@163.com

**摘要:** 不稳定的环境加剧了极端灾害的发生频率。长期气候变化会导致农业和生态退化, 威胁人口的可持续性。为了更好地了解过去的气候事件及其后果, 我们在此展示了中国北方沙漠边缘地区 9 月至 8 月自校准帕尔默干旱严重程度指数 (scPDSI) 的重建, 其历史可追溯到 1742 年。重建结果占 1951 年至 2020 年气象数据变化的 42.9%。我们的空间相关性分析表明, scPDSI、径流和降水之间存在显著的相关性。在过去的 279 年中, 研究区域经历了 9 个干旱期和 8 个湿润期, 其中 1850 年代至 1890 年代的极端气候最为严重。这一时期中国东北地区长期干旱, 同时受到气候因素和人为因素的共同影响, 导致清朝灭亡。对海洋表面温度周期性和异常的分析表明, 干湿周期与厄尔尼诺-南方涛动之间存在密切联系。我们的研究结果有助于深入了解中国北方沙漠边缘的长期干湿波动, 并阐明干旱与文明动态之间的关系。这些发现还强调了极端气候对现代社会的潜在影响, 尤其是在四种预测的共同社会经济路径气候情景下, 这些情景预测中国北方的干旱会进一步恶化。

**关键词:** 树木年轮, 干旱, 厄尔尼诺 / 南方涛动, 农业灾害, 沙漠边缘



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 庐山不同海拔条件下杉木径向生长对气候因子的响应差异

付小斌<sup>1,2</sup>, 刘苑秋<sup>1,2,3</sup>, 陈琦<sup>1,2</sup>, 段天择<sup>1,2</sup>, 王力行<sup>1,2</sup>, 潘颜乐<sup>1,2</sup>, 康王朝<sup>1,2</sup>, 邓文平<sup>1,2,3,\*</sup>

<sup>1</sup> 鄱阳湖流域森林生态系统保护与修复国家林业局重点实验室 (江西农业大学), 330045, 南昌; <sup>2</sup> 亚热带森林资源培育江西省重点实验室 330045, 南昌; <sup>3</sup> 庐山森林生态系统国家定位观测研究站, 332900, 江西庐山

E-mail: deng\_wen\_ping@126.com

**摘要:** 杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 作为一种重要的速生针叶木材种类, 在我国人工林木材资源中占据了很大的比重。研究中国亚热带地区不同海拔下先锋树种杉木的径向生长与气候因子的相关性和响应关系, 有助于了解杉木对长期气候变化的敏感性和适应性。从 2023 年 3 月—2024 年 3 月, 通过树干径向生长测量仪 (DENDROMETER) 和 HOBO 气象站, 对不同海拔杉木茎干年内径向变化和同期环境数据进行连续监测, 研究了杉木的径向生长与气候因子的相关性和动态关系。研究结果表明: (1) 200m 海拔和 400m 海拔杉木径向生长开始的较早, 700m 和 1000m 海拔杉木径向生长开始的相对较晚, 但最终的累计生长量 200m 和 400m 海拔显著低于 700m 和 1000m 海拔。(2) 200m 海拔和 400m 海拔杉木径向生长与温度因素为负相关, 而 700m 和 1000m 海拔杉木径向生长与温度因素呈正相关。(3) 随海拔升高, 杉木径向生长与降水和相对湿度的正相关呈降低趋势。温度和降水共同影响庐山地区的树木生长, 低温是 700m 和 1000m 海拔地区杉木径向生长的主要限制因子, 降水是 400m 和 700m 海拔地区杉木径向生长的主要限制因子。这些结果为气候变化背景下不同地区杉木的管理和可持续发展提供了参考和指导。

**关键词:** 杉木; 径向生长; 不同海拔; 气候

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

青藏高原典型灌木近 40 年的生长动态及其对气候变化的响应

赵国清<sup>1,2</sup>, 柳金昊<sup>3</sup>, 黄艳章<sup>3</sup>, 买尔当·克依木<sup>4</sup>, 李宗善<sup>3</sup>, 信忠保<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>北京林业大学水土保持学院, 北京, 100083; <sup>2</sup>北京林业大学山西吉县森林生态系统国家野外科学观测研究站, 北京, 100083; <sup>3</sup>中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085; <sup>4</sup>中国科学院新疆生态与地理研究所沙漠绿洲国家重点实验室, 乌鲁木齐, 830011

\*E-mail: 1821346092@qq.com

**摘要:** 青藏高原被视为“地球第三极”, 其升温速率要远高于同期的全球平均水平, 是开展植被-气候关系研究的热点地区。高山灌木在青藏高原分布广泛, 且灌木分布区域也是青藏高原人口分布集中区, 对于评估青藏高原人口主要分布区气候变化有重要意义。目前, 利用树木年轮材料在青藏高原开展的相关工作主要是基于单一物种或样点尺度的气候敏感性和生态适应性研究, 而对于多样点、多物种条件下的对比研究还有待发展。本文为揭示青藏高原高山灌木径向生长对近四十年来气候变化的响应及应对极端干旱能力的差异, 构建了该地区 13 个样地 8 种灌木的树轮宽度标准年表, 利用帕默尔干旱指数(PDSI)定义极端干旱事件; 利用树轮宽度量化径向生长应对极端干旱事件的抵抗力(Rt)、恢复力(Rc)及恢复弹力(Rs)。结果表明, (1) 大多数灌木径向生长呈现显著增长趋势。在气候暖湿化背景下, 大多数灌木的生长动态较为一致, 均呈上升趋势, 且 1998 年后的上升趋势较为显著。遭受干旱的灌木均在 2007 年表现出明显的轮宽窄年。(2) 青藏高原典型灌木与温度的相关性明显强于降水。其中, 高山柏与温度的相关性最强, 且相比于最高温度和平均温度, 高山柏与生长季(6~8月)最低温度的正相关性最为显著; 水桐子、柠条、杞柳与气候的相关性次于高山柏, 与多数月份(上年6月~当年10月)的温度呈弱的正相关, 与降水负相关; 而金露梅、窄叶鲜卑花、银露梅、金花小檗则与上年冬季(10~12月)和当年春季(3~5月)的温度呈弱的负相关。(3) 青藏高原的生态及气候条件适宜高山灌木生长。随干旱程度的加剧, 各灌木的抵抗力增强, 恢复力和恢复弹力减弱。在 2007 年的干旱事件中, 巴青县、囊谦县和八宿县的高山柏的抵抗力、恢复力、弹性力均优于其他灌木种; 杂多县的高山柏遭受干旱后生长水平进一步下降, 水桐子次之, 柠条的生态弹性最差。整体来看, 青藏高原高山灌木的生态适应性较强, 该地区的气候条件更适宜高山灌木生长。

**关键词:** 青藏高原; 灌木; 径向生长; 极端气候; 生态弹性

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 海拔梯度上的群落结构影响了树木生长 - 气候变化的关系

郑嘉诚<sup>1</sup>, 杨晶<sup>1</sup>, 贾恒锋<sup>1</sup>, 吕利新<sup>1,\*</sup>, 加央朗珍<sup>1,2</sup>, 张齐兵<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院植物研究所, 北京, 100093; <sup>2</sup> 林周县气象局, 拉萨林周, 851600

\*E-mail: jczheng@ibcas.ac.cn

**摘要:** 世界各地的许多森林中都观察到了树木径向生长与气候关系在时间上的变化。然而, 这种变化的模式和可能的调节因素(如森林群落结构)并不十分了解。我们通过考察青藏高原东南部梅里雪山 3600-4200m 海拔梯度上急尖长苞冷杉的径向生长与植被变化情况发现: 自 1970 年代以来, 树木年轮宽度与温度的关系在所有海拔均减弱, 而对标准化降水蒸散指数(SPEI)的响应在中下海拔有所增加。树木生长与植被调查数据的比较表明, 在物种丰富度较高和灌木覆盖率较高的林分中, 树木生长对干旱更为敏感。灌木和草本层的激烈竞争可能会增加干旱对树木生长的压力, 并影响林分更新。这些结果表明了树木生长与气候关系的非稳态性质以及与森林群落结构的联系。在未来与气候变化相关的森林动态建模和预测中, 应考虑植被成分。这是观察树木生长与非生物和生物影响因素相关的新视角。

**关键词:** 气候变化; 树轮; 海拔梯度; 群落结构; 物种多样性

## 会议摘要

## 专题一：树轮气候学

## 东北地区胡桃楸木质部导管解剖特征对气候变化的响应

陈艺雯<sup>1</sup>, 王晓春<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 东北林业大学林学院, 黑龙江省哈尔滨市, 150040

\*Email: wangx@nefu.edu.cn

**摘要:** 针阔叶混交林是东北地区典型的森林类型之一, 气候变暖将对其产生影响, 但其水力结构特征对气候变化响应及自适应策略仍缺乏研究。胡桃楸 (*Juglans mandshurica*) 是该森林类型的优势种之一, 了解其木质部导管解剖特征与气候的关系可以揭示该树种对气候变化的响应与适应策略。本文分析了东北地区黑龙江伊春、吉林蛟河、吉林长白山 3 个采样点胡桃楸的导管特征及其与气候因子之间的关系。结果表明: 平均轮宽、导管数量、导管总面积在不同采样点间存在显著差异, 3 个采样点中温度最低的地区胡桃楸的平均轮宽、导管数量、导管总面积最大, 温度最高的地区显著最小。3 个采样点胡桃楸导管解剖特征与轮宽的关系较为一致。导管数量、导管总面积、理论导水率均与轮宽显著正相关 ( $p < 0.05$ ), 导管密度、导管占比、特异性导水率均与轮宽显著负相关 ( $p < 0.05$ )。蛟河和伊春地区胡桃楸的导管数量与全年平均气温显著负相关, 气温升高, 长白山地区的导管总面积、导管占比显著增大 ( $p < 0.05$ )。上一年冬季降水和当年非生长季降水对三个地点胡桃楸导管解剖特征均有显著影响。本研究结果表明, 相较于降水量, 东北地区胡桃楸对气温的敏感性更高, 胡桃楸会通过改变木质部解剖特征来适应变化的气候。

**关键词:** 木质部解剖; 胡桃楸; 导管; 气候变化



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 长白山苔原带优势灌木生长响应气候变暖的适应性策略研究

宋超<sup>1</sup>, 杜海波<sup>1,\*</sup>, 吴正方<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 东北师范大学地理科学学院, 长白山地理过程与生态安全教育部重点实验室, 长春, 130024

\*E-mail: duhb655@nenu.edu.cn

**摘要:** 木质部的解剖性状在维持植物水分运输和生理过程中起着关键性作用。然而, 气候变暖可能会通过改变这些微观性状而影响植物的生长, 特别是对气候变化敏感的高山苔原灌木。为此, 我们利用开顶式增温箱进行了 5 年的模拟气候变暖实验, 研究了长白山苔原带灌木牛皮杜鹃和笃斯越橘的径向生长和解剖性状 (水力效率和安全特征) 对气候变暖的适应策略。结果表明, 气候变暖显著增加了牛皮杜鹃的径向生长, 导致了更多的导管数量、更大的导管面积以及更高的水分运输效率和更低的水力安全性; 而增温导致笃斯越橘的平均导管面积和水力直径减小, 但是水力安全性提高。相比笃斯越橘, 牛皮杜鹃的水力效率和水力安全对水热因子更敏感。因此, 笃斯越橘能更好地平衡气候变暖下木质部的水力效率 and 安全性, 而牛皮杜鹃采取更激进的策略来保证水分运输效率, 最大限度地固定碳, 但其水力失败的风险也显著增加, 这可能会影响牛皮杜鹃的正常生长。这些发现提升了我们从微观解剖性状角度理解高山苔原灌木对气候变暖的适应策略, 为预测未来气候变暖下苔原植被变化提供了科学依据。

**关键词:** 灌木生长; 木质部解剖性状; 水力效率和安全; 气候变暖; 长白山苔原带

## 《《 会议摘要 》》

## 专题一：树轮气候学

## 20 世纪华北山区树木年轮生长对气候敏感性的变化

郭辉<sup>1</sup>, 付少民<sup>1</sup>, 陈少腾<sup>2,3</sup>, 张钦弟<sup>1,\*</sup>, 李宗善<sup>2,4,\*</sup>

<sup>1</sup> 山西师范大学生命科学院, 太原, 030031; <sup>2</sup> 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085; <sup>3</sup> 云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500; <sup>4</sup> 陕西黄土高原地球关键带国家野外科学观测研究站, 中国西安 710061

\*E-mail: nyzqd@126.com

**摘要:** 持续的气候变化对森林生长构成重大威胁, 进而改变碳固存。鉴于山地森林对气候的高度敏感性, 迫切需要对气候变化影响下的山地森林动态进行更详细的研究。我们在华北山区选取了 20 个树木年轮宽度年代表, 研究了 20 世纪树木生长对气候变化的响应。研究表明, 树木生长率在 1900-1953 年 (第一阶段) 呈上升趋势, 1954-2000 年 (第二阶段) 呈显著下降趋势。气温呈现持续上升趋势, 而降水量与标准化降水蒸散指数 (SPEI) 同步呈现先升后降的两个阶段。最初, 气温升高对树木径向生长产生了积极影响。1953 年之后, 持续变暖对树木的生长产生了负面影响, 树木越来越受到水分供应 (降水和 SPEI) 的限制, 尤其是在每年的生长季节。我们的研究表明, 气候变暖和干旱是近几十年来树木生长衰退加剧的主要原因, 凸显了山区森林生态系统易受气候变暖引起的缺水影响。

**关键词:** 树木径向生长; 气候变暖; 华北; 干旱胁迫;



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 青岛城市和郊区刺槐和黑松径向生长的对比研究

吴倩<sup>1</sup>, 卢慧翠<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 青岛农业大学林学院, 中国 青岛 266109

\*E-mail: huicui.lu@qau.edu.cn

**摘要:** 在气温持续上升的背景下, 气候变化和城市化对树木生长的影响仍不完全清楚。本研究通过建立 4 个树木年轮宽度年表, 对生长在青岛城市森林公园和郊区山地的刺槐 (*Robinia pseudoacacia*) 及黑松 (*Pinus thunbergii*) 在生长和气候敏感性上进行了比较分析。结果表明, 两树种在城市和山地的生长及气候敏感性方面存在显著差异。城市地区的树种生长速度低于山地森林, 这可能是由于城市化对城市树木的影响。此外, 生长在城市地区的刺槐和黑松对水分需求的敏感性更高。具体而言, 城市刺槐径向生长主要受到生长季 (3 月 -9 月) 的水分限制, 而城市黑松的径向生长主要受到上一年生长末期 (8 月 -10 月) 的水分限制。生长趋势分析表明, 自 21 世纪初以来, 城市和郊区的刺槐和黑松生长均有显著下降, 表明近几十年的气候变暖和干燥对青岛地区树木生长具有负面影响。研究结果为评估气候变化和城市化对树木生长和生态效益的影响以及对未来城市森林树木管理提供了理论依据。

**关键词:** 城市化; 气候敏感性; 生长趋势; 城市森林; 树木年轮

## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 春末夏初干旱和土壤性质共同调节中国北方温带两种本土松的衰退和气候敏感性

李雨衡<sup>1</sup>, 时忠杰<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国林业科学研究院生态保护与恢复研究所, 北京, 100091

\*E-mail: shijie1204@163.com

**摘要:** 气温升高和严重干旱威胁着全球森林的活力。预测森林对气候变化的反应需要了解气候对树种生长影响的时空模式, 这可能是由当地气候干旱、气候变化、土壤条件和树种生长状况所影响的。许多物种对树种应对气候变化的能力以及环境变量对不同生物气候区域的生长趋势和生长 - 气候关系的影响仍知之甚少。本研究调查了中国北方温带地区油松和樟子松在不同土壤性质的气候梯度上的径向生长趋势、年际生长变异性和气候敏感性。使用 1971 年至 2010 年的 83 个树木年轮年表网络, 我们记录了这两个物种在湿润地区保持恒定的生长趋势, 而在干燥地区则表现出显著下降。我们报告了生长趋势、年际生长变异性和生长 - 气候关系中空间异质性的驱动因素。其中气候变量和土壤特性被确定为影响生长趋势和生长 - 气候关系的最关键因素。然而, 在决定生长 - 气候关系的空间异质性方面, 气候变量比土壤特性发挥着更重要的作用。较低的粘土含量和较高的土壤营养状况会加剧树木生长的水分敏感性。我们的研究结果强调, 除了气候变量外, 土壤特性也是预测森林干旱脆弱性的重要调节因素。考虑到未来气候变暖和干旱持续加剧, 在粘土含量较低或营养状况较高的干旱地区, 这两种本土松树将面临更严重的生长下降和干旱脆弱性增加。

**关键词:** 树木年轮; 气候敏感性; 全球变暖; 干旱; 土壤特性



## 会议摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 干旱胁迫降低了 20 世纪黄土高原的树木生长和温度敏感性

付少民<sup>1</sup>, 郭辉<sup>1</sup>, 陈少腾<sup>2,3</sup>, 张钦弟<sup>1,\*</sup>, 李宗善<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 山西师范大学生命科学院, 太原, 030031; <sup>2</sup> 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085; <sup>3</sup> 云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500

\*E-mail: nyzqd@126.com

**摘要:** 气候变暖引发了全球树木生长衰退和生长与气候关系的不稳定性, 增加了陆地碳循环预测的不确定性。本研究在黄土高原的 62 个地点采集了 13 种最常见针叶树的 80 个树木年轮宽度年表, 以检测树木的生长特征, 并量化近百年来树木生长与气候关系的稳定性。结果表明, 在 1921-1949 年和 1985-2000 年期间, 树木生长对温度的敏感性普遍下降, 这可能是由于前一时期快速变暖和后一时期变暖引起的干旱胁迫所致。自 1954 年以来, 52.50% 年代序列的树木生长率呈下降趋势。气候变暖在 1954 年前促进了树木的生长之后又抑制其生长。20 世纪后期, 干旱胁迫和生长季节降水量的减少在抑制径向生长方面发挥了越来越重要的作用。我们的研究表明, 干旱胁迫不仅削弱了树木生长对温度的敏感性, 而且成为干旱和半干旱地区树木生长下降的主要驱动因素, 从而严重影响未来气候变暖对森林碳的吸收。在气候变化的背景下, 我们建议尽早在黄土高原和其他水资源有限地区实施森林可持续管理和优化生态恢复。

**关键词:** 树木年轮; 气候变暖; 干旱胁迫; 生长衰退; 分歧问题

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 树轮记录的西部环境变化研究

勾晓华<sup>1,2,\*</sup>, 邓洋<sup>1,2</sup>, 高琳琳<sup>1,2</sup>, 张芬<sup>1,2</sup>, 张军周<sup>1,2</sup><sup>1</sup> 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室, 兰州, 730000;<sup>2</sup> 甘肃省连城森林生态系统野外科学观测研究站, 兰州, 730033

\*E-mail: xhgou@lzu.edu.cn

**摘要:** 基于树轮资料结合树木生理生长监测, 研究了我国西部地区树木生长和环境演变的规律与机理。在气候与水文变化方面, 利用树轮资料重建了过去千年来黄河上游流量变化及青藏高原东北部近千年的干湿变化过程并进行了机制探讨, 发现太阳活动强度是影响区域气候干湿变化的重要因素; 川西及云贵高原地区树轮宽度与  $\delta^{18}\text{O}$  记录可反映印度季风变化, 并可用于追溯水汽传输过程。通过对树木生长及其对气候响应的分析研究, 发现西部地区树木生长表现出显著差异, 祁连山与黄河源地区高山林线向上爬升趋势明显, 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, 树木体现出一定的干旱适应性, 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。通过长期的定位监测研究, 发现 5-6 月是西北地区树木生长的主要时期, 生长量超过 80%, 温度变化对生长开始起重要作用, 生长结束主要由水分决定, 干旱型和寒冷型生长策略均适用于祁连圆柏。上述结果可为评估当前气候变化提供背景参考, 为未来森林管理和气候变化应对提供依据。

**关键词:** 树轮; 西部环境; 祁连山; 黄河源



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 川西亚高山林区主要针叶树种径向生长对气候响应的差异

张远东<sup>1,\*</sup>, 郭明明<sup>2</sup>, 刘世荣<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所, 北京 100091;

<sup>2</sup> 河北农业大学林学院, 保定 071000

\*E-mail: zyd@caf.ac.cn

**摘要:** 为分析川西亚高山主要针叶树种径向生长对气候变化的响应规律, 于川西米亚罗林区海拔 3000 m 左右 (低海拔) 采集铁杉、岷江冷杉、紫果云杉, 海拔 4000 m 左右林线位置 (高海拔) 采集岷江冷杉、四川红杉, 共计 182 棵树木年轮样芯, 建立了不同树种的树轮宽度年表, 对不同树种的年轮指数与各月气候因子进行相关分析。结果表明: 在低海拔处, 树木生长与 4、5 月气温呈负相关, 与 4、5 月降雨呈正相关, 受到春季干旱胁迫的影响; 但树种之间存在显著差异: 铁杉的生长受春季干旱胁迫影响最严重, 岷江冷杉次之, 紫果云杉的生长受春季干旱胁迫影响很小。在高海拔处, 树木生长主要受生长季温度的影响, 岷江冷杉年轮指数与当年 7、2 月最低气温显著正相关, 与上一年 10 月最高气温亦呈正相关关系; 四川红杉年轮指数与 5 月最高气温显著正相关, 但与 2 月均温、3 月最低气温显著负相关。近几十年青藏高原东北缘气候有干暖化趋势, 如果未来这种趋势持续发生或者加重, 可以推断在低海拔处, 紫果云杉竞争力可能会超越长势将超过铁杉和岷江冷杉; 在高海拔处, 的升温可能则更有利于岷江冷杉的生长。

**关键词:** 年轮指数; 气候响应; 温度; 降水



B03

会议摘要

专题二：树轮生态学

川西亚高山针叶林树木生长对全球变化的差异性响应

孙守琴, 王文志, 胡兆永, 王根绪

山区河流保护与治理全国重点实验室 四川大学 四川省 成都市

\*E-mail: shouqinsun@scu.edu.cn

**摘要：**利用树轮年代学方法，分析了亚高山针叶林高海拔区域树木径向生长速率响应气候变化的海拔分异；揭示了亚高山针叶林树木光合作用及水分利用效率随海拔变化的分异规律以及树木水力结构与水力传导和安全性间的关系。基于氮添加试验分析了大气氮沉降增加对亚高山针叶林树木径向生长及水力结构的影响。





B04

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 青海云杉径向生长对降水和土壤水分的响应时间不一致

赵泽芳<sup>1</sup>, 江源<sup>2,\*</sup>, 郭彦龙<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 辽宁师范大学地理科学学院, 大连, 116029; <sup>2</sup> 北京师范大学地理科学学部, 北京, 100875; <sup>3</sup> 中国科学院青藏高原研究所国家青藏高原科学数据中心, 北京, 100101

\*E-mail: jiangy@bnu.edu.cn

**摘要:** 量化环境因子对树木径向生长的影响对于合理预测环境变化对树木动态的影响具有重要实践意义。本研究以青藏高原东北缘广泛分布的优势常绿针叶树种——青海云杉 (*Picea crassifolia*) 为研究对象, 通过相关分析和滑动相关分析, 分析了 1960 年至 2018 年间径向生长与环境变量的关系; 通过广义线性模型和相对重要性分析, 进一步定量评估了径向生长对不同湿润条件的响应。结果表明, 青海云杉的径向生长主要受到研究区水分条件的影响。具体而言, 青海云杉径向生长对土壤水分和降水的响应时间不同, 径向生长与降水在生长初期有显著正相关。值得关注的是, 径向生长与前一年秋冬季的土壤水分有显著而稳定的相关性。本研究为分析青藏高原森林对气候变化的响应提供了理论基础和科学依据, 可作为未来高山地区径向生长对土壤湿度响应的研究的参考。

**关键词:** 青海云杉; 径向生长; 土壤水分; 降水; 相对重要性分析

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 大别山中段树木径向生长对气候变化的响应及弹性分析

刘娅萌<sup>1,3</sup>, 彭剑峰<sup>1,2,\*</sup>, 李佳欣<sup>1,3</sup>, 李金宽<sup>1,3</sup>, 韦晓旭<sup>1,3</sup>, 张珂榆<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> 河南大学地理与环境学院, 开封, 475004; <sup>2</sup> 河南大学环境与规划国家级实验教学示范中心, 开封, 475004;

<sup>3</sup> 河南省地球系统观测与模拟重点实验室, 开封, 475004

\*E-mail: jfpeng@vip.henu.edu.cn

**摘要:** 大别山作为中国南北气候过渡带的关键区域, 对于解析气候变化对森林生态系统的影响具有重要意义。本研究聚焦于大别山中段马尾松古树群, 通过获取树轮宽度和断面积增量 (BAI), 探讨区域树木径向生长 - 气候变化模式及干旱事件频发背景下马尾松林的生长动态。研究表明: (1) 生长季中期的水热组合是马尾松径向生长的主要限制因子, 其中高温和干旱胁迫尤为显著。(2) 滑动相关分析结果显示, 水热组合的限制随着时间推移是稳定的, 但马尾松对生长季相对湿度的正响应逐步加强。(3) BAI 揭示了马尾松群落生长趋势与水分历史变化趋势有较好的一致性, 响应了厄尔尼诺现象的出现, 表明厄尔尼诺对亚热带北部地区树木径向生长存在负效应。(4) 马尾松应对干旱的策略是高恢复力和弱抵抗力。时序叠加分析 (SEA) 进一步揭示了极端干旱对马尾松生长的滞后效应。本研究增进了我们对气候变化影响下敏感区域树木生长的理解, 并为预测未来森林生态系统变化提供了数据支持。

**关键词:** 树木年轮; 马尾松; 断面积增量; 生态弹性; 大别山



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 青藏高原东北部祁连圆柏树木年轮学研究进展

刘蕴<sup>1</sup>, 高琳琳<sup>1</sup>, 勾晓华<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>兰州大学资源环境学院, 西部环境教育部重点实验室, 兰州, 730000

\*E-mail: xhgou@lzu.edu.cn

**摘要:** 青藏高原的寒旱环境及其在全球变化下的气候敏感性使其成为开展树木年轮学研究的重要区域之一, 为重建历史气候变化提供了宝贵的高分辨率气候资料。祁连圆柏 (*Juniperus przewalskii* Kom.) 作为该地区对气候变化敏感的长寿树种, 其年轮资料为揭示青藏高原及其周边气候环境长时间尺度的演变提供了关键信息。本文回顾了青藏高原地区目前已发表的祁连圆柏树木年轮学研究成果, 从树轮气候学、水文学和生态学领域分别综述了祁连圆柏树轮资料的研究贡献。研究揭示了不同区域祁连圆柏生长的主要气候限制因素, 以及基于年轮重建的区域气候变化历史特征及规律, 并论述了其在重建区域水文要素历史变化中的研究。同时, 评估了非气候因素对祁连圆柏种群动态和生态系统的影响, 并分析了不同环境胁迫下的生长和解剖特征。面对全球气候变暖, 未来研究需关注祁连圆柏对干旱胁迫的响应规律及其在气候变化下的敏感性和空间分异, 为未来气候变化应对和更好地管理利用森林资源提供科学依据。

**关键词:** 树木年轮学; 祁连圆柏; 气候变化; 青藏高原

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 不同水热组合下青海云杉径向生长对气候的响应格局

侯德乐<sup>1</sup>, 陈永乐<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>兰州大学资源环境学院, 兰州, 730000

\*E-mail: chen Yongle@lzu.edu.cn

**摘要:** 山地森林正面临着全球变化的重大威胁, 不同气候条件下树木生长的空间异质性和应对气候变化的机制仍不确定。本文研究了祁连山北坡青海云杉 (*Picea crassifolia* Kom.) 林在不同水热组合下径向生长对气候敏感性的差异。为此, 建立了 9 个青海云杉树轮宽度年表, 并借助地球陆地表面高分辨率气候数据集 (CHELSA) 对所选森林样地的气象要素进行聚类。研究发现, 处于相对高温和干燥环境下 (聚类 1) 青海云杉的径向生长量与夏季平均温呈显著负相关, 与夏季降水量呈显著正相关; 而处于相对低温和湿润环境下 (聚类 2) 的结果相反。表明低温湿润的气候有利于聚类 1 内青海云杉的生长, 而聚类 2 中的青海云杉更适应高温干燥的气候。我们的结果揭示了青海云杉径向生长对气候的敏感性存在因气候条件差异而出现异质性的现象, 有助于从局地气候环境角度理解山地森林生态系统的生长 - 气候响应格局。

**关键词:** 青海云杉; 径向生长; 水热组合; 气候敏感性



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 树木年轮宽度生理过程模型研究进展—以 Vaganov-Shashkin (VS) 和 VS-Lite 模型为例

闫绘月<sup>1</sup>, 薛钰<sup>1</sup>, 刘晓宏<sup>1</sup>, 曾小敏<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 陕西师范大学, 西安, 710119

\*E-mail: zengxm1021@snnu.edu.cn

**摘要:** 树木年轮宽度生理过程模型能够揭示树轮宽度变化与外界气候要素之间的内在响应机制。Vaganov-Shashkin (VS) 和 VS-Lite 模型作为当前国际上应用最广泛的树木年轮宽度生理过程模型, 极大地推动了树木年轮气候学和森林生态学等学科的发展。VS 模型通过输入日分辨率的气候因子(气温和降水), 对树木形成层细胞的生理过程进行模拟, 得到树木径向生长的季节动态和年际变化序列。VS-Lite 模型由 VS 模型简化而来, 保留了 VS 模型中的阈值生长响应函数和限制因子原理, 适宜于大区域多样点的研究。本文对 2005 年 1 月—2023 年 10 月发表的 VS 和 VS-Lite 模型的相关文献进行分析, 系统阐述了模型的基本原理、发展历史及其在气候学、物候学和生态学等方面的应用进展, 提出了模型研究存在的问题并展望了未来的发展方向。

**关键词:** 树木年轮; Vaganov-Shashkin 模型; VS-Lite 模型; 径向生长; 木质部物候

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 西藏东部川西云杉和大果圆柏的树轮特征对比

钟元<sup>1,2</sup>, 郑嘉诚<sup>1,2</sup>, 邱红岩<sup>1</sup>, 吕利新<sup>1,\*</sup>, 张齐兵<sup>1</sup><sup>1</sup>中国科学院植物研究所, 北京, 10093; <sup>2</sup>中国科学院大学, 北京, 100049

\*E-mail: lixnlv@ibcas.ac.cn

**摘要:** 地形对森林分布和气候响应有重要影响。同一气候区内不同坡向的森林建群树种对气候变化和极端气候事件的响应方式可能不同, 但缺乏系统的评价。为此, 本研究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开展树轮生态学研究。结果表明: 随着海拔升高, 川西云杉树轮宽度与生长季 4-6 月温度的关系从负相关转变为正相关, 与生长季 4-6 月降水的关系转变恰恰相反, 关系发生转变的海拔高度约为 4320-4390 米; 大果圆柏树轮宽度与 4-6 月温度的关系在海拔梯度上始终呈现为负相关, 与 4-6 月降水始终为正相关。在 1969、1973、1984、1993 和 2009 年的五次极端干旱事件中, 川西云杉的抵抗力指数显著高于大果圆柏, 恢复力指数没有显著差异; 川西云杉在高海拔的抵抗力指数和恢复力指数显著高于低海拔, 大果圆柏的抵抗力指数和恢复力指数则没有明显的海拔差异。因此, 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的影响较大, 可能会面临更大的健康风险。

**关键词:** 川西云杉; 大果圆柏; 树木生长; 气候响应; 干旱耐受



B10

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### Tree Species Mixing on Tree Radial Growth and Resilience to Climatic Response in Temperate Forest Plantations of Laoshan Mountains, Eastern China

卢慧翠<sup>1</sup>, 范泽鑫<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 青岛农业大学, 青岛, 266109; <sup>2</sup> 中国科学院西双版纳热带植物园, 勐仑, 666303

\*E-mail: huicui.lu@qau.edu.cn

**Abstract:** This study conducted a comparative analysis by establishing four tree ring-width chronologies to quantify the radial growth, climate sensitivity and ecological resilience of two tree species, black pine (*Pinus thunbergii*) and black locust (*Robinia pseudoacacia*) in mixtures and their corresponding monocultures plots in Laoshan Mountains of Qingdao, eastern China. The results indicate the growth rates of both tree species in mixtures were higher than those in monocultures, possibly due to the complementary effect of the two evergreen and deciduous tree species. Furthermore, two tree species, especially black locust, in mixtures showed less sensitivity to water availability. In mixed and pure forests, black locust to temperature response was stable in the growing season, while black pine was not stable. Growth-trend analysis revealed a significant decline in two tree species in both mixtures and monocultures since the beginning of the 21st century, indicating that the recent warming and drying climate highly influence tree growth in Laoshan Mountains. Lastly, species mixing significantly enhanced the drought resilience for both black pine and black pine, showing the higher recovery of both the two species in mixtures than in their respective monocultures. These findings provide a theoretical basis for assessing the effects of climate change and species mixing effect on tree growth and ecological benefits, as well as for the management of tree species in temperate forest plantations in the future.

**Keywords:** mixing effect; drought resilience; growth trend; tree ring data; forest plantations

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 树木生长对干旱的响应及适应机理研究

刘新圣<sup>1,\*</sup>, Franco Biondi<sup>2</sup>, Emanuele Ziaco<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 安徽师范大学地理与旅游学院, 芜湖, 241002; <sup>2</sup> DendroLab, Department of Natural Resources and Environmental Science, University of Nevada, Reno, NV 89557, USA; <sup>3</sup> Department of Geography, Johannes Gutenberg University, Mainz 55128, Germany

\*E-mail: xsliu287@163.com

**摘要:** 气候变化正在加剧全球范围内干旱的发生, 导致了严重的树木生长衰退甚至死亡, 如何理解树木生长对干旱的响应及其适应机制是当前研究的热点问题。我们分别以亚热带和干旱半干旱地区森林为研究对象, 对主要树种的树木径向生长以及相关生理生态指标进行监测。结果表明, 在季节性干旱下, 亚热带山地黄山松年内径向生长呈“双峰”季节动态特征, 且在较强的干旱胁迫下低海拔种群存在严重的树木水分亏缺, 导致分布下限黄山松径向生长的结束时间要比高海拔种群明显提前。在北美干旱和半干旱地区, 不同海拔柔枝松形成层开始活动基本同步, 但低海拔的干旱环境会导致形成层活动提前结束, 由此干旱增强会降低柔枝松木质部细胞的形成速率和径向生长量。此外, 通过进一步的树干液流监测和木材解剖分析, 发现柔枝松冠层导度对土壤干旱的敏感性随海拔降低而显著下降(即气孔行为由高海拔的等水调节转变为低海拔的相对非等水调节), 而且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。然而, 这一“气孔调节和水力性状的种内协调关系”却并未出现在不同海拔的云杉种群之间。研究结果为理解不同气候背景下森林树种树木生长对干旱的响应和适应机理提供了新的认识。

**关键词:** 树木径向生长; 季节动态; 树干液流; 水力性状; 海拔梯度



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 中国不同地理范围内树木生长趋势和气候生长敏感性的差异与海拔高度有关

丛岭<sup>1</sup>, 时忠杰<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国林业科学研究院生态保护与修复研究所, 北京, 100091

\*E-mail: congling100@163.com

**摘要:** 全球气候变化对森林生态系统活力产生了可观的影响, 进而导致树木生长及气候响应在地理梯度上的敏感性不同。因此, 了解不同地理梯度下树木生长对气候的响应, 对于认识气候变化背景下森林生长动态, 做出科学的管理决策至关重要。本研究利用 176 个年轮年代学数据, 探究了 1971-2010 年中国不同海拔、气候及土壤条件下不同树种树木的生长趋势、年际变化、气候敏感性及其驱动因素。研究表明, 东北地区林木生长总体呈下降趋势, 且与海拔高度呈负相关。年际变化最高的地区也出现在该地区。在线性混合效应模型中, 树种和海拔是影林分生长衰退的最主要因素。在生长季节, 不同区域平均温度、降水量和 SPEI03(3 个月标准化降水蒸散指数) 对树木生长的影响程度不同。例如, 在西北地区, 降水和 SPEI03 是影响树木生长的最重要因素, 这与该地区干冷的气候特征相一致。模型还表明, 不同区域的主要影响因素不同, 总体而言, 海拔和气候相关变量在决定生长 - 气候敏感性的影响方面比土壤性质发挥更重要的作用。我们的研究结果揭示了树木生长的海拔和地理响应以及气候敏感性对气候变化的影响, 并揭示了其潜在的影响因素, 为进一步探究树木生长衰退随气候变化进程的推进提供理论基础。

**关键词:** 树木年代学; 生长衰退; 气候敏感性; 海拔; 地理梯度

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 北温带树木径向生长对霜冻和干旱的敏感性的变化

何如梦<sup>1</sup>, 段亚雯<sup>2,\*</sup>, 张霞<sup>3</sup>, 蹇东南<sup>2</sup>, 马柱国<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国科学院大气物理研究所, 北京, 100029; <sup>2</sup>成都信息工程大学大气科学学院, 成都, 610225; <sup>3</sup>挪威科技大学能源与过程工程系工业生态方案, 特隆赫姆, 7491

\*E-mail: duanyw@tea.ac.cn

**摘要:** 随着气候变暖, 一些地区的霜冻和干旱风险发生了变化。但是以往主要关注单一因素对树木生长的影响。对于树木生长如何响应这两种因素仍不清楚。我们利用北温带地区树轮宽度数据分析了树木生长对霜冻和干旱响应敏感性的变化。结果表明干旱区的北美西部 (WNA) 和地中海 (MED) 的常绿针叶林 (EC) 对霜冻的敏感性增加, 而位于温带温暖湿润的落叶阔叶林 (DB) 的敏感性减弱。树木生长对 SPEI 的敏感性在干旱区增加, 如美国西海岸和 MED, 但在温暖湿润的森林降低如北美东部 (ENA) 和中欧 (WCE)。大部分地区生长季延长与二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 浓度的升高对生长的补偿作用削弱了对霜冻的敏感性。但 CO<sub>2</sub> 增加使主要受夏季水热条件影响的地区对 SPEI 的敏感性降低。以上结果有利于深入理解树木响应气候变暖。

**关键词:** 树木径向生长; 霜冻; 干旱; 北温带



B14

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 升温突变对康定力丘河林区云冷杉生长的影响

许昆<sup>1</sup>, 魏靖轩<sup>1</sup>, 张远东<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所, 国家林业和草原局森林生态环境重点实验室, 北京 100080

\*E-mail: zyd@caf.ac.cn

**摘要:** 为分析升温突变对东南亚高山地区不同海拔云杉和冷杉生长的影响, 于康定力丘河林区低海拔 (3200m)、中海拔 (3500m) 和高海拔林线 (4000m) 选择云、冷杉林分, 采集共计 154 棵树轮样芯, 建立标准年表, 并与升温突变前后各气象数据进行相关分析, 研究 1983 年升温突变前后该区主要针叶树种的树轮响应变化。结果表明: 在康定力丘河林区, 升温突变总体上显著促进了云、冷杉的生长, 低海拔冷杉与中海拔云杉受到的夏季干旱胁迫得到了缓解, 而高海拔云杉的生长季得到了延长, 高海拔冷杉在生长季中的生长得到了促进。低海拔冷杉的夏季干旱胁迫虽然得到了缓解, 但依旧存在干旱胁迫的趋势, 相反的是, 低海拔云杉的生长受到升温突变的显著促进, 这可能会促使低海拔地区的云杉取代冷杉。中海拔地区的云杉的干旱胁迫在升温突变后消失了, 年轮指数的变化趋势也从显著下降开始逐渐回升, 这可能会帮助中海拔云杉提高与冷杉的竞争能力。

**关键词:** 升温突变; 年轮; 云杉; 冷杉

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 中国华南地区优势树种径向生长对 20 世纪典型升温时期响应特征

马昕蕊<sup>1</sup>, 李宗善<sup>2,3\*</sup>, 张钦弟<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 山西师范大学生命科学学院, 太原 030031; <sup>2</sup> 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; <sup>3</sup> 陕西黄土高原地球关键带国家野外科学观测研究站, 西安 710061

\*E-mail: zsli\_st@126.com

**摘要:** 为探讨近代气候变暖时期对中国华南地区森林生长的潜在影响, 本文分析了华南地区典型树种径向生长在 20 世纪两个升温时期 (1910-1940 年和 1970-2000 年) 的生长趋势特征及对气候条件的响应特征。研究结果显示 1900 - 2000 年存在两个增温期, 且第二个增温期温度显著升高, 加剧了环境的干旱程度。在第一个增温期, 年轮宽度指数变化趋势为增长趋势, 年轮宽度指数与月平均气温的相关性全部为正相关, 与月平均降雨量的相关性全部为负相关。在第二个增温期内, 年轮宽度指数变化趋势为下降趋势, 年轮宽度指数与月平均温度的相关性表现为, 除了前一年的 6 月相关性为微弱的正相关 ( $R_{p6}=0.008$ ), 其他月份相关性均为负相关; 年轮宽度指数与月平均降雨量的相关性表现为, 除了上一年的 6 - 7 月相关性为负相关 ( $R_{p6}=-0.067$ ,  $R_{p7}=-0.009$ ), 其他月份均为正相关。受增温的影响, 中国亚热带季风气候区优势树种在当年生长季的吸收的营养物质减少, 树木生长更依赖于前一年生长季树木的径向生长。

**关键词:** 亚热带季风气候区; 径向生长; 增温期; 生长阶段



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 近代极端干旱事件导致中国水分受限区域森林生态弹性趋于下降

李宗善<sup>1,\*</sup>, 陈少腾<sup>1,2</sup>, 刘亚玲<sup>3</sup>, 张钦弟<sup>4</sup>, 王晓春<sup>5</sup>, 吴秀臣<sup>6</sup>

<sup>1</sup>中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085; <sup>2</sup>云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500; <sup>3</sup>北京林业大学水土保持学院, 北京, 100083; <sup>4</sup>山西师范大学生命科学院, 太原, 030031; <sup>5</sup>东北林业大学林学院, 哈尔滨, 150040; <sup>6</sup>北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京, 100875

\*E-mail: xiuchen.wu@bnu.edu.cn

**摘要:** 气候变暖导致的极端干旱事件的发生强度和频率均趋于增加, 从而导致世界范围出现森林生长衰退和树木死亡现象, 这种现象在森林生长水分受限区域尤为明显。生态弹性特征是指森林生长对干旱胁迫响应和适应的重要指标, 然而相关研究在中国森林生长水分受限区域还相对较少。本研究基于中国区域年轮数据库(森林生长水分受限区域共计 420 个年表、森林生长水分非受限区域 216 个年表), 探讨了近代百年尺度上(1901-2020 年区间)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分析。研究结果表明 1) 在气候显著变暖时期(1960-2020 年时段), 水分受限区干旱化程度较高, 水分受限区森林生长对极端干旱事件的生态弹性指数要显著低于水分非受限区, 且干旱胁迫是水分受限区森林生态弹性变化的主导因素, 而非气候要素是水分非受限区森林生态弹性变化的主导因素; 2) 在气候非显著变暖时期(1901-1960 年时段), 水分限制区干旱化程度较低, 水分受限区森林生长对极端干旱事件的生态弹性指数与水分非受限区无明显差异, 且水分限制区和非限制区森林生态弹性变化特征均受非气候要素制约, 而干旱胁迫对森林生态弹性变化的限制性作用相对较弱; 3) 在未来气候变暖进一步加剧大背景下, 中国森林生长水分受限区的干旱化程度将进一步加剧, 森林生长应对极端干旱胁迫的生态弹性能力将进一步下降, 从而导致区域出现森林生长衰退和树木死亡, 最终导致中国水分受限区森林碳汇能力受到负面影响。

**关键词:** 树木年轮; 生态弹性; 干旱胁迫; 生长衰退; 中国水分受限区

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 树木年轮揭示了生态恢复中的反弹现象

方欧娅<sup>1,2</sup>, 张齐兵<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院植物研究所植被与环境变化重点实验室, 北京, 100093; <sup>2</sup>国家植物园, 北京, 100093

\*E-mail: qbzhang@ibcas.ac.cn

**摘要:** 构建生态韧性理论框架需要对其细节过程的全面理解。短暂的生态韧性过程易混杂在植物的正常响应过程中而常被忽略。通过分析树木的逐年生长, 我们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。当这种短暂的激增超过正常生长水平时被认为出现了生长反弹。生态恢复中的反弹现象普遍存在于全球 16 个主要树种中: 有约 25% 的树木在生长抑制事件后的第一年出现反弹, 且反弹的程度超出了该年所有树木生长平均值的约 40%, 也同时超出了树木反弹后多年生长均值的约 25%。即便这种反弹现象十分显著, 但由于反弹时间短暂、个体发生的年份不同, 且受到其他一部分树木在生长受抑制后滞后恢复的影响, 区域树轮年表中并不能监测到反弹信号的存在。我们认为在森林健康研究中需着重不同树木个体的差异, 并细致理解和量化生态韧性过程。

**关键词:** 生态韧性; 生长抑制; 生长激增



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### Enhanced growth resistance but no decline in growth resilience under long-term extreme droughts

Xiaona Wang<sup>1,2</sup>, Taoran Xu<sup>1,2</sup>, Chenxi Xu<sup>3</sup>, Hongyan Liu<sup>4</sup>, Zhenju Chen<sup>5</sup>, Zongshan Li<sup>6</sup>,  
Ximeng Li<sup>7</sup>, **Xiuchen Wu**<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resources Ecology, Beijing Normal University, Beijing, 100875; <sup>2</sup>Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing, 100875; <sup>3</sup>Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing; <sup>4</sup>Sino-French Institute for Earth System Science, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing; <sup>5</sup>Tree-Ring Laboratory, Research Station of Liaohe-River Plain Forest Ecosystem CFERN, College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang; <sup>6</sup>State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing; <sup>7</sup>College of Life and Environmental Science, Minzu University of China, Beijing

\*E-mail: xiuchen.wu@bnu.edu.cn

**Abstract:** The frequency, intensity, and duration of extreme droughts, with devastating impacts on tree growth and survival, have increased with climate change over the past decades. Assessing growth resistance and resilience to drought is a crucial prerequisite for understanding the responses of forest functioning to drought events. However, the responses of growth resistance and resilience to extreme droughts with different durations across different climatic zones remain unclear. Here, we investigated the spatiotemporal patterns in growth resistance and resilience in response to extreme droughts with different durations during 1901–2015, relying on tree-ring chronologies from 2389 forest stands over the mid- and high-latitude Northern Hemisphere, species-specific plant functional traits, and diverse climatic factors. The findings revealed that growth resistance and resilience under 1-year droughts were higher in humid regions than in arid regions. Significant higher growth resistance was observed under 2-year droughts than under 1-year droughts in both arid and humid regions, while growth resilience did not show a significant difference. Temporally, tree growth became less resistant and resilient to 1-year droughts in 1980–2015 than in 1901–1979 in both arid and humid regions. As drought duration lengthened, the predominant impacts of climatic factors on growth resistance and resilience weakened and instead foliar economic traits, plant hydraulic traits, and soil properties became much more important in both climatic regions; in addition, such trends were also observed temporally. Finally, we found that most of the Earth system models (ESMs) used in this study overestimated growth resistance and underestimated growth resilience under both 1-year and 2-year droughts. A comprehensive eco-physiological understanding of tree growth responses to longer and intensified drought events is urgently needed, and a specific emphasis should be placed on improving the performance of ESMs.

**Keywords:** drought duration, tree-ring chronologies, resistance, resilience, Earth system model

B19

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

**Variations of deep water uptake and water use efficiency indicated divergence in tree growth stability**Yuanqiao Li<sup>1,2</sup>, Yongmei Huang<sup>1</sup>, Xiaoyan Li<sup>1</sup>, Xinxing Huo<sup>1</sup>, Xiuchen Wu<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing, 100871; <sup>2</sup> College of Forestry, Fujian Agricultural and Forestry University, Fuzhou, 350002

\* E-mail: xiuchen.wu@bnu.edu.cn

**Abstract:** Insights into forest growth stability in response to intensified climate change and disturbances is critical to maintain the continued flow and stability of forest services. However, the underlying drivers for tree growth stability remain poorly understood. In this study, we quantified the spatiotemporal pattern in tree growth stability of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) plantations and its relationship to diverse driving factors (climate, stand structure, ecophysiological traits, soil properties, and topography) across a great climatic gradient in northern China in the period of 1979–2018. We calculated the coefficient of variation of tree ring chronology (TRlcv) to characterize tree growth stability and revealed that the TRlcv increased significantly with increasing multiyear mean aridity index (MAI) and vapor pressure deficit (VPD) spatially. Temporally, TRlcv displayed increasing trend in 25 of 40 study sites. Constrained redundancy analysis revealed that TRlcv was strongly mediated by water availability, water uptake from different soil layers, wood density, tree height, leaf stable carbon isotope discrimination ( $\delta^{13}\text{C}$ ), and leaf nutrients. The ratio of water uptake from 60–80 cm soil layer and leaf  $\delta^{13}\text{C}$  were the two most important ecohydrological-related factors determining TRlcv, highlighting that the water uptake strategy and leaf water use efficiency play critical role in reshaping the tree growth stability of Chinese pine to cope with the intensifying climate change.

**Keywords:** Tree growth stability; Aridity; Vapor pressure deficit; Water uptake; Water use efficiency



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### Assessing Climatic Response and Drought Resilience in Growth of *Pinus tabulaeformis* Carr. and *Tsuga chinensis* Pritz. on the Southern Slope of the Qinling Mountains

Mei Xie<sup>1,4</sup>, Qiufang Cai<sup>1,2,3,\*</sup>, Yu Liu<sup>1,2,3,5,\*</sup>, Meng Ren<sup>6</sup>, Qiuyue Zhou<sup>1,4</sup>, Hanyu Zhang<sup>1,4</sup>, Kebayier Meng<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, The Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an China, 710061; <sup>2</sup>CAS Center for Excellence in Quaternary Science and Global Change, Xi'an China, 710061; <sup>3</sup>Laoshan Laboratory, Qingdao China, 266237; <sup>4</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing China, 100049; <sup>5</sup>School of Human Settlements and Civil Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an China, 710049; <sup>6</sup>Xi'an Institute for Innovative Earth Environment Research, Xi'an China, 710061

\*E-mail: Qiufang Cai: caiqf@ieecas.cn; Yu Liu: liuyu@loess.llqg.ac.cn

**Abstract:** Climate anomalies have significant impacts on forest productivity and tree mortality worldwide, leading to ecological disturbances. Understanding the climate-growth relationship and species-specific responses to climate and drought events are crucial for developing effective conservation strategies for tree growth. Such research is particularly limited in the Qinling Mountains (QLM), an important ecological and climatic boundary in China. This study examines *Pinus tabulaeformis* Carr. and *Tsuga chinensis* Pritz. on the southern slope of the QLM, building tree-ring-width chronologies to assess their reactions to climate and two major drought events. Both species were found to have a positive correlation with temperature, but their responses to precipitation and scPDSI differed. These differences in response may be attributed to species-specific preferences and interspecific competition between the two coniferous species. Results of the 31-year sliding correlation analysis and K-S test analysis, which aimed to explore the dynamic relationship between chronologies and their most limiting climate factors, demonstrated that both *P. tabulaeformis* and *T. chinensis* have experienced a qualitative change in their response patterns to certain climatic factors. Study on resistance (Rt), recovery (Rc) and resilience (Rs) of tree growth to drought events revealed that *P. tabulaeformis* and *T. chinensis* did not exhibit a negative response to the transient drought event in 1933 AD. However, when faced with the prolonged and severe drought event in 1941–1944 AD, both species experienced a decline in growth. It was observed that *T. chinensis* displayed weaker drought tolerance compared to *P. tabulaeformis* and was more susceptible to the negative impacts of drought conditions. These findings suggest that forest management in the context of climate change should be species-specific, and more effort is needed for species with weaker drought resistance in the QLM, such as *T. chinensis*.

**Keywords:** *Pinus tabulaeformis* Carr.; *Tsuga chinensis* Pritz.; Tree rings; Southern slope of the Qinling Mountains; Climate response

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 干旱黄土高原区青海云杉与油松人工林生长对气候变化的响应特征

苏靖苒<sup>1</sup>, 肖生春<sup>2\*</sup>, 彭小梅, 车存伟, 赵鹏<sup>1</sup>中国科学院西北生态环境资源研究院 干旱区生态安全与可持续发展全国重点实验室, 兰州, 730000;<sup>2</sup>中国科学院大学, 北京, 100049

\*E-mail: xiaosc@lzb.ac.cn

**摘要:** 人工林生态系统对气候变化的适应性已成为全球许多干旱地区面临的重要问题。黄土高原作为中国最干旱的地区之一, 其人工林面积显著增加, 其中青海云杉和油松是该地区最主要的人工针叶林树种。然而, 目前关于两个优势人工针叶林树种径向生长对气候变化响应的研究较少。本研究利用干旱黄土高原区华家岭和岷口 4 个采样点的青海云杉与油松树轮样本, 通过 Person 线性相关性分析以及“Climwin”模型探讨了两个造林树种径向生长对降水、气温以及 SPEI 响应特征。结果表明: (1) 生长季 (4-8 月) 低降水及其主控的干旱胁迫是干旱黄土高原区两个造林树种径向生长的主要限制因子; 且随干旱胁迫的时间尺度增加而增加; (2) 相对于青海云杉, 油松更易受到干旱胁迫的影响, 且其 0-200 cm 土壤含水量已接近凋萎点; (3) 就不同立地条件而言, 林分初始造林密度、林龄、海拔以及林分结构 (郁闭度和植被盖度) 等因素也是导致同一树种干旱胁迫响应产生差异的主要因素, 如随林龄增加, 中龄青海云杉对干旱胁迫响应更为敏感; 较之于低密度和较高海拔的油松林, 高密度和低海拔的油松林更易受到干旱胁迫; 在全球气候变暖背景下, 我们认为林业管理者应在造林前选择合理的初始种植密度和海拔高度, 结合基径断面积生长曲线的结果, 在适宜的林龄 (青海云杉林为 15a, 油松为 20a) 进行间伐等抚育措施, 以缓解干旱胁迫, 提高干旱黄土高原区人工林的适应性与稳定性。

**关键词:** 干旱黄土高原区; 人工林; 径向生长; 气候响应; 干旱胁迫



B22

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### Growth Sensitivity to Extreme Temperatures in Boreal Forests is Linked to Stand Density

Bingqian Zhao<sup>1</sup>, Yihong Zhu<sup>1,2</sup>, Lushuang Gao<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> State Forestry and Grassland Administration Key Laboratory of Forest Resources & Environmental Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

<sup>2</sup> Yale School of the Environment, Yale University, New Haven 06511, CT, United States

\*E-mail: gaolushuang@bjfu.edu.cn

**Abstract:** Exploring the spatio-temporal characteristics of boreal growth sensitivity and its climate drivers is the basis for assessing forest health and forest dynamics under climate change. However, the growth pattern of southern edge of boreal forest is poorly understood. *Larix gmelinii* dominated species distributed in southern edge of boreal forest help to clarify the trend. We studied radial growth patterns of 50 plots in the Greater Xing'an Mountains, confirmed that there were differences in growth sensitivity in different regions. Forest could be clustered spatially as Groups A and B based on radial growth. Growth sensitive events in group A were frequent after 1991, while group B had higher growth sensitivity before 1992. Low temperature rather than drought forced in forest decline in Group A under high stand density. In contrast, extreme high temperature was the main climatic factor inhibiting forest growth in Group B under low stand density. In addition to drought, an urgent need for understanding of the impact of extreme temperature events on boreal forest, with a specific emphasis on the effects of extreme low temperature. Thus, our study advocated the results further implies that changes in boreal forest response to climate change.

**Keywords:** growth sensitivity, stand density, the southern edge of boreal forest, *Larix gmelinii*

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

**Radial growth in Qinghai spruce is most sensitive to severe drought in the Qilian Mountains of Northwest China**Xuge Wang<sup>1</sup>, Liang Jiao<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, No. 967, Anning East Road, Lanzhou 730070

\*E-mail: jiaoliang@nwnu.edu.cn

**Abstract:** Global warming and frequent extreme drought events lead to tree death and extensive forest decline, but the underlying mechanism is not clear. In drought years, cambial development is more sensitive to climate change, but in different phenological stages, the response relationship is nonlinear. Therefore, the dynamic relationship between tree radial growth and climatic/environmental factors needs to be studied. We thus continuously monitored radial growth of Qinghai spruce (*Picea crassifolia* Kom.) and environmental factors from January 2021 to November 2022 using point dendrometers and portable meteorological weather stations in the central area of the Qilian Mountains. The relationship and stability between the radial growth of Qinghai spruce and environmental factors were compared for different levels of drought in 2021 and 2022. The year 2022 had higher temperatures and less precipitation and was drier than 2021. Compared with 2021, the growing period in 2022 for Qinghai spruce was 10 days shorter, maximum growth rate ( $Gr_{max}$ ) was  $4.5 \mu\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$  slower, and the initiation of growth was 6 days later. Growth of Qinghai spruce was always restricted by drought, and the stem radial increment (SRI) was more sensitive to precipitation and air relative humidity. Seasonal changes in cumulative radial growth were divided into four phenological stages according to the time of growth onset, cessation, and maximum growth rate ( $Gr_{max}$ ) of Qinghai spruce. Stability responses of SRI to climate change were stronger in Stage 3 (slow growth stage) and Stage 4 (stagnant growth stage) of 2021 and stronger in Stage 1 (initiation growth stage) and Stage 3 of 2022. The results provide important information on the growth of the trees in response to drought and for specific managing forests as the climate warms.

**Keywords:** Qinghai spruce; Radial growth dynamics; Severe drought; Response stability; Point dendrometer

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 用六种针叶树种验证树木年轮几何形状是椭圆还是超椭圆

黄激激<sup>1,\*</sup>, 马柯航<sup>1</sup>, 刘晓南<sup>1</sup>, 谭傑文<sup>1</sup>, Daniel K. Gladish<sup>2</sup>

<sup>1</sup>南京林业大学, 南京, 210037; <sup>2</sup>迈阿密大学, 汉密尔顿, 45011

\*E-mail: wh@njfu.edu.cn

**摘要:** 自然界中, 在风、坡度、水资源等环境压力下, 树木年轮形状在大多数情况下呈现椭圆形状而不是圆形。与椭圆方程相比, 超椭圆方程包含一个附加参数, 允许生成更大范围的几何形状: 次椭圆、椭圆和超椭圆。更复杂的 Gielis 方程可以生成不对称的形状。在本研究中, 我们使用超椭圆方程 (即三参数模型) 和更复杂的 Gielis 方程 (即五参数模型) 对六种针叶树年轮的几何形状进行了建模。结果表明, 物种特异性  $n$  平均值接近 2,  $k$  值低于 1, 这证实了所研究的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。然而,  $n$  值和  $k$  值均呈现年际波动, 波动范围分别为 1.75–2.25 和 0.82–1.00。这表明大多数树木年轮样本并不遵循典型的椭圆方程, 而是遵循超椭圆方程。尽管 Gielis 方程在拟合优度上略优于超椭圆方程, 但 88.6% 的这两个方程之间的 RMSEadj 百分比误差 (PE) 小于 5%, 这意味着考虑到模型结构复杂性和拟合优度之间的权衡, 超椭圆方程更好。大多数树木年轮形状趋向于两侧对称, 验证了三参数超椭圆方程能够拟合树木年轮边界, 并能很好地估计树木年轮面积的年际增量。

**关键词:** 年轮几何; 超椭圆; 两侧对称; 树轮面积

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 利用树轮稳定碳氧同位素分析水电开发的环境效应

孙炼<sup>1\*</sup>, 刘新圣<sup>1</sup>, 赵业思<sup>2</sup><sup>1</sup>安徽师范大学 地理与旅游学院, 芜湖 241002; <sup>2</sup>南京大学 地理与海洋科学学院, 南京 210023

\*E-mail: sunlian\_ahnu@163.com

**摘要:** 中国水能资源蕴藏量和水电装机容量世界第一, 相较于水电开发对水域生态影响的系统研究, 水电开发的陆域生态效应仍然不清晰。我们的前期研究发现, 水库蓄水后 1-3 年内树木径向增长先增加后回落 [1], 但是其机理不明。鉴于此, 我们采集了位于西南干旱河谷水库岸边山坡的云南松的 4 根树芯, 并测定了 1979-2020 年的树轮稳定碳、氧同位素比率 ( $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ ), 并计算了树木的潜在水分利用效率 (WUE)。研究发现,  $\delta^{18}\text{O}$  与当年 4 月 (生长季前) 的相对湿度和气温呈显著相关, 这与树轮宽度不同 (其与当年 5 月或旱季的气温和降水显著相关)。树轮  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$  之间相关性不强, 但是当去除蓄水后 1-3 年内的数据以后,  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$  之间呈显著负相关。WUE 呈显著增长趋势, 且与树轮宽度呈显著负相关。这说明水电开发影响了水库周边的气象条件, 进而影响树木的光合作用和蒸腾作用, 从而改变树木生长。本研究对明晰水电开发的陆域生态效应以及有针对性的开展干旱河谷退化生态修复有现实意义。

**关键词:** 树木年轮; 稳定同位素; 水电开发; 环境效应

B26

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 多空间尺度生物多样性与森林生态系统稳定性关系研究

乔雪涛<sup>1</sup>, 王少鹏<sup>1,\*</sup>, 张春雨<sup>2</sup>, 赵秀海<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北京大学城市与环境学院生态研究中心, 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871;

<sup>2</sup> 北京林业大学国家林业和草原局森林经营工程技术研究中心, 北京 100083

\*E-mail: xuetao.qiao@pku.edu.cn

**摘要:** 提高树种多样性已被认为是增强森林生态系统稳定性的重要森林经营与管理策略。然而, 目前对于生物多样性与稳定性关系的研究主要集中在局域尺度, 这显然很难与在更大尺度的景观层面所制定的管理和保护决策相匹配。本文基于数百块分布在中国东北地区的森林样地, 采用野外调查结合测量树木年轮条的方式, 在局域和区域尺度上探究了非生物因素、生物多样性和时间稳定性的关系。本研究揭示了天然林生物多样性与稳定性关系, 提供了多空间尺度生物多样性对天然林的稳定性具有积极影响的首个证据。通过对比五个方面的环境异质性和生物多样性对稳定性的贡献, 证实了天然林中生物多样性对稳定性的贡献比任何环境异质性都要高。此外, 研究揭示了多空间尺度森林稳定性的纬度模式及其驱动关系, 表明了区域稳定性和空间异步性随着纬度的增加而降低, 而多空间尺度稳定性的纬度格局主要受生物多样性和环境异质性的影响。本研究的结果强调了保护森林群落内部和之间的生物多样性以及维持异质景观对于缓冲气候变化和森林退化的负面影响至关重要。

**关键词:** 生物多样性; 环境异质性; 稳定性; 空间尺度; 集合群落

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 20 世纪针叶树的生长可塑性无法避免其在土壤和大气干旱中生长弹性的下降

Tong Zheng<sup>1,2</sup>, Jordi Martinez-Vilalta<sup>2,3</sup>, Raul Garcia-Valdes<sup>2,4,5</sup>, Antonio Gazol<sup>6</sup>, J. Julio Camarero<sup>6</sup>,  
Changcheng Mu<sup>1,\*</sup>, Maurizio Mencuccini<sup>2,7,\*</sup>

<sup>1</sup>东北林业大学, 哈尔滨, 150040; <sup>2</sup>生态与林业应用研究中心 (CREAF), Bellaterra, 08193; <sup>3</sup>巴塞罗那自治大学, Bellaterra, 08193; <sup>4</sup>加泰罗尼亚森林科技中心 (CTFC), Solsona, 25280; <sup>5</sup>胡安卡洛斯国王大学, Madrid, 28933; <sup>6</sup>比利牛斯山生态研究所 (IPE-CSIC), Zaragoza, 50059; <sup>7</sup>加泰罗尼亚科研与高级研究所 (ICREA), Barcelona, 08010

\*E-mail: t.zheng1990@outlook.com

**摘要:** 树木对环境因子响应的可塑性可以帮助其应对干旱。然而, 我们对全球变化背景下树木生长可塑性的理解仍然有限。我们研究了 20 世纪针叶树在严重土壤和大气干旱 (单独或复合发生) 期间 (抵抗力) 及随后 (弹性) 的生长情况。为了避免数学上的假性相关, 使用生长量的实际值除以预期值来计算生长弹性指数, 其中预期值是通过自回归积分滑动平均 (ARIMA) 模型获得的。使用标准化降水蒸散指数 (SPEI) 和饱和水汽压差 (VPD) 的极低或极高值来筛选发生土壤和大气干旱的年份。在三种类型干旱中使用环境因子及其敏感性通过线性混合效应 (LME) 模型来拟合生长弹性指数, 从而得到树木生长对环境因子的敏感性 (即关系的斜率), 并探究了当环境因子和敏感性二者其一随时间变化而另一个不变时生长弹性指数如何变化。

弹性对 SPEI 和 VPD 的敏感性在 20 世纪发生了变化, 其变化的方向通常在 20 世纪下半叶发生逆转。1961~2010 年期间的大气和复合干旱中, 敏感性的变化对弹性产生了积极的影响, 避免了敏感性保持不变时可能发生的生长量损失。尽管敏感性在随时间变化, 但与 20 世纪初相比, 世纪末的弹性仍然显著降低了。未来树木对土壤和大气干旱的调整可能依然仅能部分地补偿气候变化的影响, 导致针叶树生长继续普遍减少。

**关键词:** 年轮; 生长; 干旱; 饱和水汽压差; 可塑性



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 基于一致性分类有效优化了树轮气候信息的提取

杨晶<sup>1,2</sup>, 方欧娅<sup>1</sup>, 张齐兵<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院植物研究所植被与环境变化重点实验室, 北京 100093; <sup>2</sup>中国科学院大学, 北京 100094

\*E-mail: qbzhang@ibcas.ac.cn

**摘要:** 树木年轮宽度变化在一定程度上反映了气候变化, 而高异质性森林对气候变化的响应复杂, 导致气候对树木生长的解释性差, 因此个体树木差异性研究快速发展。然而个体携带信号受到外在因素(环境异质、生物)和内在特征(年龄、大小、基因)影响变异大, 树木分类研究方法有效解决了这一难题。为了探究树木对气候响应分异现象, 优化提取树木携带的气候信息, 我们从单株树木入手, 通过树木个体在样地内和个体间的生长一致性进行分类, 探究树木生长与气候的关系在个体间的差异。我们选取青藏高原东北部祁连山祁连县地区的祁连圆柏林进行树木年轮分析, 利用来自 6 个采样点的 190 棵祁连圆柏树轮样芯轮宽序列, 根据同步性分类挑选出高一一致性样芯和低一致性样芯并建立相关年表。结果表明: 高一一致性样芯径向生长与生长季的降水和帕默尔干旱指数(PDSI)呈显著正相关, 低一致性样芯与冬季温度呈显著正相关关系。树木个体间存在本质的不一致性, 而这种差异性却常被忽视, 利用分类方法能够更加准确捕捉树木径向生长对气候响应的不同信号。研究结果通过了解祁连圆柏森林生长与气候的关系进一步为当地森林动态提供新的视角。

**关键词:** 响应分异; 树木年轮; 个体树木; 分类; 生长一致性; 祁连圆柏

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 哀牢山亚热带常绿阔叶林 4 个树种对极端降雪恢复力的响应差异

徐同良<sup>1,2</sup>, 范泽鑫<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院西双版纳热带植物园, 热带森林生态学重点实验室, 云南, 666303; <sup>2</sup>中国科学院大学生命科学学院, 北京, 100049; <sup>3</sup>中国科学院西双版纳热带植物园, 哀牢山亚热带森林生态系统研究站, 云南, 676209

\*E-mail: fanzexin@xtbg.org.cn

**摘要:** 由于全球气候急剧变化, 极端天气事件发生的频率和强度增加。降雪事件在我国亚热带地区较为罕见, 而不可预料的极端降雪事件对亚热带常绿阔叶林树木造成灾难性的损害。基于 2015 年云南哀牢山亚热带常绿阔叶林的一次极端降雪事件, 利用树轮基面积增量 (BAI) 计算雪灾后 4 个常绿阔叶树种的恢复力和弹性, 探究不同树种在极端降雪后的恢复水平; 基于雪灾前后的样地检测数据计算基于距离的竞争指数, 探究不同竞争水平下的树木生长恢复能力。结果表明: 四个树种对极端降雪的抵抗力差异不显著, 但恢复力表现出较大差异。恢复力与竞争指数呈显著正相关, 而抵抗力与竞争指数不相关。

**关键词:** 树木年轮; 恢复力; 极端降雪; 亚热带常绿阔叶林

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 干旱压力下生态弹性力在针叶树径向生长过程的关键作用

薛儒鸿<sup>1,2</sup>, 焦亮<sup>1,2,\*</sup>, 张鹏<sup>1,2</sup>, 王旭鸽<sup>1,2</sup>, 张乐<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州, 730070;

<sup>2</sup>甘肃省绿洲资源环境与可持续发展重点实验室, 兰州, 730070

\*E-mail: jiaoliang@nwnu.edu.cn

**摘要:** 全球气候变化加剧了森林面临的干旱压力。然而, 目前针叶树种对干旱的响应模式, 特别是径向生长 - 生态弹性 - 土壤水分利用等耦合动态尚未清晰理解。本研究旨在量化生态弹性力对径向生长的影响, 并明确在不同干旱强度下土壤水分利用策略在弹性力中的作用。本文聚焦中国西北腾格里沙漠南缘针叶树种——青海云杉 (*Picea crassifolia*) 和油松 (*Pinus tabulaeformis*)。主要利用树轮宽度比较了针叶树种径向生长和弹性力过程, 并基于 VS-oscilloscope 模型模拟了不同等级干旱压力下土壤水分贡献的生长率动态。研究表明, 随着频繁干旱发生, 云杉对轻度和中度干旱保持较强的抵抗力 (-4.63%)。但是, 重度干旱下土壤水分对云杉的生长和恢复过程产生强烈抑制, 生长量出现下降 ( $-0.5 \text{ cm}^2 \text{ year}^{-1}/10\text{a}$ ,  $P < 0.05$ )。然而, 尽管油松抵抗力较弱 (-23.53%,  $P < 0.05$ ), 但是, 在重度干旱压力后由土壤水分贡献的生长率表现出更强的恢复力 (+40.25%,  $P < 0.05$ ), 从而保证其生长量。这些发现有助于深入理解干旱压力下针叶树种生长、弹性力和水分适应策略之间的关系, 为气候敏感地区针叶树多样性保护和森林生态系统稳定性管理提供理论支持。

**关键词:** 干旱压力; 针叶树种; 径向生长; 生态弹性; 水分利用策略

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 不同林龄华北落叶松径向生长对干旱事件的响应

张子航<sup>1,2</sup>, 王恒<sup>1,2</sup>, 贾建恒<sup>1,2</sup>, 孙昊慷<sup>1,2</sup>, 韩佳轩<sup>1,2</sup>, 郭明明<sup>1,2\*</sup>

1 河北农业大学林学院, 河北保定 071000; 2 河北省城市森林健康技术创新中心, 河北保定 071000

\*E-mail: guomingming901@163.com

**摘要:** 为探究干旱事件对不同林龄树木径向生长的影响, 本研究以塞罕坝机械林场不同林龄 (30、40 和 50 年) 不同径级 (大径级和小径级) 的华北落叶松人工林为研究对象, 采集树芯, 计算单木胸高断面面积增量 (BAI), 研究其径向生长对干旱事件的生态弹性 (抵抗力、恢复力和恢复弹力)。结果表明: (1) 4 次干旱期间, 除第 1 次干旱事件 (2001—2002 年) 时中林龄两个径级和低林龄大径级的林分和第 2 次干旱事件 (2006—2010 年) 时高林龄小径级的林分 (抵抗力为 0.63~0.71) 外, 其余林分的抵抗力 (0.78~1.72) 为高抵抗力。中林龄和低林龄华北落叶松对第 1 次干旱事件的恢复力 (1.89~2.99) 为高恢复力。高林龄大径级和小林龄中径级华北落叶松对第 3 次干旱事件的恢复力 (1.34 和 1.26) 亦为高恢复力。(2) 高林龄华北落叶松对干旱事件的抵抗力显著高于中林龄和低林龄, 而后二者无显著差异; 高林龄华北落叶松对干旱事件的恢复力显著低于中林龄和低林龄, 而后二者无显著差异; 不同林龄华北落叶松对干旱事件的恢复弹力无显著差异。(3) 高林龄华北落叶松对 4 次干旱事件的抵抗力呈显著下降趋势, 中林龄对 4 次干旱事件的抵抗力呈显著上升趋势; 不同林龄华北落叶松对 4 次干旱事件的恢复力和恢复弹力均呈显著下降趋势。总得来说, 高林龄华北落叶松的抵抗力最好, 而恢复力最差。

**关键词:** 华北落叶松; 径向生长; 生态弹性; 干旱

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 华北落叶松对干旱的响应及适应

张先亮<sup>1,\*</sup>, 杜明超<sup>1</sup>, 李伟鑫<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 河北农业大学林学院, 保定, 071001

\*E-mail: zhxianliang@126.com

**摘要:** 华北落叶松是华北地区最主要的造林树种。建国后, 通过大面积的植树造林, 山西、河北和内蒙古建植了大面积的华北落叶松纯林。近年来, 气候变暖导致干旱的强度和频度都显著增加。在 1987-2017 年的 30 年间, 近 15 年的严重干旱年份在干旱区就能占 1/3, 尤其是连续严重干旱的年份可达 4-5 年。在极端干旱的情况下, 华北落叶松的生长呈现明显下降。在极度干旱年份, 华北落叶松的生长几乎停滞。随着年龄增长, 晚材所占的比例不断增加。华北落叶松在 15-20 年左右的时候, 早晚材比例趋于稳定, 说明华北落叶松的快速生长期结束, 进入相对的成熟期。华北落叶松幼年期的早晚材比例主要受海拔影响, 海拔越高, 早材比例越大。成年期的早晚材主要受气候影响, 温度和大气干旱都是限制成年期早晚材比例的重要因素。华北落叶松对干旱的抵抗力比较弱, 随着干旱程度的增加, 对干旱的抵抗力出现明显下降, 而干旱后的恢复能力则出现明显上升。晚材 / 早材比率越大, 树木生长对干旱的抗性越强, 说明晚材比例的越大, 树木对干旱的抗性越大。在低 PDSI 条件下, 低 DTR 有利于树木生长。同样, SEM 模型揭示了七种气候因素与树木生长之间的强烈相互作用 (图 3)。降水量和云量对 PDSI 都有积极影响, 这意味着高降水量和高云量减少了干旱效应。温度和 DTR 对 PDSI 产生负面影响, 表明降低 DTR 可能缓解干旱胁迫。云量与 DTR 呈负相关, 与温度和降水呈正相关。温度、降水和云量对树木生长没有显著影响。在所有气候变量中, PDSI 对树木生长的影响最显著, 但 DTR 对树木生长也有显著影响 ( $P < 0.05$ )。尽管干旱对落叶松的生长有强烈影响, 但 DTR 可以在一定条件下缓解干旱胁迫。在没有严重干旱的情况下, 低 DTR 似乎可以减少树木干旱胁迫。相比之下, 高云量似乎只有在严重干旱时才有利于树木生长。我们的研究结果强调了降低 DTR 对树木生长的重要性随干旱条件而变化, 并表明降低的昼夜温差可能有助于缓解华北地区落叶松人工林不断加剧的干旱压力。

**关键词:** 华北落叶松; 人工林; 干旱

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

**Responsiveness of alpine vegetation to global warming in the Himalayas**Shalik Ram Sigdel<sup>1</sup>, Eryuan Liang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> State Key Laboratory of Tibetan Plateau Earth System, Resources and Environment (TPESRE), Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

\*Email: liangey@itpcas.ac.cn

**Abstract:** Among terrestrial ecosystems, the alpine vegetation boundaries can be considered to be a simplified model to study global ecology and climate change. Alpine treelines/shrublines are expected to shift upwards in response to global warming. However, this apparent expansion still lacks ground verification with actual field data. Here, we applied dendrochronological methods to reconstruct recruitment dynamics and spatiotemporal variations in treelines and shrublines across the central Himalayas to test whether an upward shift of alpine vegetation has indeed occurred. To test this hypothesis, we reconstructed spatiotemporal variations in treeline position in 20 plots and shrubline position in 8 plots located in the central Himalayas. Our reconstructions evidenced that treelines shifted upward in response to recent climate warming, but their shift rates were primarily mediated by spring precipitation. The rate of upward shift was higher in the wettest eastern Himalayas, suggesting that its ascent rate was facilitated by spring precipitation. Our study also indicates that tree aggregation weakens treeline responsiveness to climate warming, and thus warming-induced drought stress tends to lower treeline shift rates by enhancing clustering particularly at dry sites. It highlights the complexity and contingency of site-dependent treeline responses to climate. We also observed decreasing shrub recruitment and stable upper shrubline positions during recent decades. The drying tendency in association with the recent warming trends observed in the central Himalayas, however, will likely hinder an upslope advancement of alpine vegetation. Our study highlights the complexity of plant responses to climate and the need to consider long-term monitoring experiments including both abiotic and biotic factors for better understanding structure and function of alpine vegetation under a warming climate.

**Keywords:** global warming, recruitment, species interactions, shrubline, treeline

B34

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### Contrasting hydraulic strategies in mitigating climate impacts on tree-ring growth of *Pinus tabulaeformis* in the middle Qinling Mountains

张凌楠<sup>1</sup>, 洪艺雪<sup>2</sup>, 刘晓宏<sup>1,3,\*</sup>, 曾小敏<sup>1</sup>, 刘燕<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 陕西师范大学, 西安, 710119; <sup>2</sup> 中山大学深圳校区, 深圳, 518107; <sup>3</sup> 中国科学院西北生态环境资源研究院, 兰州, 730000

\*E-mail: xhliu@snnu.edu.cn

**Abstract:** Understanding how tree radial growth responds to climate change is crucial for predicting the future forest dynamics in the temperature climate zone, which is expected to experience significant warming and drying. However, how trees change in structure and physiology to cope with climate remain unclear, especially at sites with different water stress. Therefore, we conducted a study of *Pinus tabulaeformis* on the drier north and wetter south slopes of the middle Qinling Mountains (China) to clarify the strategies adopted by trees in their xylem to cope with climate change. Results exhibited that, on the drier/wetter slope, xylem anatomy showed a relatively aggressive/ conservative strategy to withstand drought, such as enlarging/reducing lumen diameters, thinning/thickening cell walls, increasing/decreasing theoretical hydraulic conductivities, and decreasing/increasing conduit wall reinforcement (CWR). Furthermore, anatomical indices and iWUE contributed differently to tree-ring width in earlywood and latewood and Enhanced Vegetation Index, so the changes of anatomical structure and physiological property certainly influenced the trees' radial growth and canopy dynamics in the different stages of the growing season. Our findings lay the foundation for a deeper understanding of the physiological mechanisms that trees in temperate forests employ to adapt to environmental change by shedding light on the relationships among climate, anatomical and physiological indicators and growth indices.

**Keywords:** drought; tree-ring; wood anatomy; intrinsic water-use efficiency; *Pinus tabulaeformis*

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 全球小径级老树的空间分布及其保护现状

牟玉梅<sup>1</sup>, David Lindenmayer<sup>2</sup>, 郑诗璐<sup>1</sup>, 杨永川<sup>3</sup>, 王德艺<sup>4</sup>, 刘佳佳<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 复旦大学 生命科学学院, 上海, 200438; <sup>2</sup> Fenner School of Environment and Society, The Australian National University, Canberra, ACT 2601; <sup>3</sup> 重庆大学 环境与生态学院, 重庆, 400044; <sup>4</sup> Naturalis Biodiversity Center, PO Box 9517, 2300 RA

\*E-mail: yumeimu@fudan.edu.cn, liujiajia@fudan.edu.cn

**摘要:** 老树 (Old trees) 是不可替代的自然资源, 具有维持生物多样性, 维护生态系统稳定等生态服务功能。全球变化使大量的老树受到衰退和死亡威胁, 因此加强老树保护变得尤为迫切。由于“大树多为老树”这一传统观念, 现有研究和保护政策多关注大径级老树 (Large old trees)。但研究发现千年老树可能具有极小的胸径和树高。缺乏对小径级老树 (Small old trees) 空间分布和保护现状的评估, 将限制当前老树保护政策的有效性。为此, 我们收集了全球 121,918 棵树木个体的年轮宽度序列, 据此估计树木的年龄和胸径信息, 进而分析胸径是否能够有效鉴定老树。我们利用线性混合效应模型, 以物种和样点作为随机效应, 分析比较了不同年龄段树木胸径对年龄的预测能力。结果发现胸径无法准确鉴定老树 ( $\geq 264$  年), 其对老树年龄的方差解释量仅为 10%。进一步分析小径级老树的空间分布发现, 与大径级老树主要生长在温暖潮湿且受保护的区域不同, 小径级老树主要生长在寒冷干燥的环境中, 且大多不受保护。研究结果表明现有倾向于保护大径级老树的保护政策无法有效保护全球老树。为了提高老树保护的有效性, 我们应重视对小径级老树的保护; 此外鉴定老树不能依据单一的体积指标, 还应结合树龄及老树特有的外部特征综合考虑。

**关键词:** 古树保护; 大老树; 小老树; 树木年轮



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 密度依赖的物种相互作用调控着高山树线动态变化

郑翔宇<sup>1</sup>, 梁尔源<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院青藏高原研究所, 北京, 100101

\*E-mail: liangey@itpcas.ac.cn

**摘要:** 物种相互作用（例如种间互利和种间竞争）在驱动物种边界的变化中发挥着重要作用。密度依赖性物种相互作用的重要特征，但是在大部分的观测实验或模型模拟中很少受到关注。在本研究中，我们使用典型的物种边界——高山树线作为研究对象，使用树轮方法重建了过去 50 年藏东南典型高山树线样地的动态变化情况。并基于此开发了一个新的基于个体的高山树线模型用以量化物种相互作用对树线动态变化的影响。研究发现，树线上方高山植被的密度决定了种间关系的强度和方向。竞争和互利作用分别主导了稠密和稀疏植被情景下的物种相互作用。在中等植被密度情景下可以形成最高海拔的树线；随着高山植被厚度的增加，物种相互作用从互利转为竞争，高山树线上升速率急剧下降。因此，我们认为在模拟物种范围变化时必须考虑相互作用物种密度的影响以提高模型的预测精度。

**关键词:** 种间关系，物种边界，基于个体的模型，种间竞争，种间互利

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 东北地区 3 种桦木木质部导管特征对气候变化响应的趋同与差异

白雨鑫<sup>1</sup>, 苑丹阳<sup>1</sup>, 王兴昌<sup>1</sup>, 刘玉龙<sup>2,3</sup>, 王晓春<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 东北林业大学生态研究中心, 哈尔滨, 150040; <sup>2</sup> 黑龙江省林业科学研究院生态研究所, 哈尔滨, 150040;<sup>3</sup> 黑龙江牡丹江森林生态系统定位观测研究站, 牡丹江, 157000

\*E-mail: wangx@nefu.edu.cn

**摘要:** 桦木属 (*Betula*) 树种作为北方温带森林的先锋树种, 在次生林恢复中起重要作用。在当前的气候变化背景下, 桦木属不同种类树干木质部解剖特征对气候变化的响应与适应策略还知之甚少。该文以黑龙江省穆棱市东北红豆杉 (*Taxus cuspidata*) 国家级自然保护区的 3 种天然桦木: 白桦 (*Betula platyphylla*)、黑桦 (*Betula dahurica*) 和枫桦 (*Betula costata*) 为研究对象, 运用树轮年代学和树轮解剖学方法, 探究了树干木质部导管特征及其对气候变化的响应与适应规律。结果表明: 3 种桦木导管数量和密度都与轮宽显著正相关 ( $p < 0.05$ )。白桦在 3 个树种中平均轮宽最宽, 导管小且多。黑桦和枫桦平均轮宽较小, 导管明显大而少, 可能使黑桦更容易产生栓塞。3 种桦木的径向生长主要受水分因素的限制, 温度限制作用不明显。随着气候变暖, 黑桦导管更趋向于小而多, 枫桦导管更倾向于小而少。3 种桦木径向生长对生长季干旱和非生长季高温的抵抗力和恢复力趋势在种间大致相同, 且对非生长季高温的抵抗力和恢复力均较低。黑桦对非生长季高温的响应在个体间变异较大。本研究发现不同桦木木质部导管应对气候变暖的策略不同, 白桦采取较为保守的策略 (产生较多且较小导管) 应对气候变化, 枫桦则采用大导管提高水分运输效率的策略; 黑桦介于白桦和枫桦之间, 导管数量和面积适中。

**关键词:** 树干; 木质部解剖; 导管; 气候变暖; 极端气候

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 阔叶树导管发育对气候的响应

赵彬清<sup>1</sup>, 陈泽诚<sup>1</sup>, 柳荻<sup>1</sup>, 高晓卉<sup>1</sup>, 王晓春<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>东北林业大学森林生态研究中心, 哈尔滨 150040

\*E-mail: wangx@nefu.edu.cn

**摘要:** 在气候变化的背景下, 阔叶树的生长过程中需要不断调整其水力结构, 以适应水资源的可利用性变化。为了探究阔叶树导管发育对气候的响应, 本研究采集了中国东北地区的两种环孔材树种: 水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) 和蒙古栎 (*Quercus mongolica*), 以及两种散孔材树种: 白桦 (*Betula platyphylla*) 和紫椴 (*Tilia amurensis*)。将各年木质部为五个部分 (早材三个部分和晚材两个部分), 并分析了 2000 年至 2019 年间木质部早晚材种导管解剖特征在年内和年际尺度上的关系。通过分段结构方程模型 (piecewise SEM), 设置木质部的分组为随机效应, 分析了导管密度 (VD) 与气候以及其他主要导管解剖特征之间的关系。研究发现, 晚材面积显著影响了年内导管的平均大小 (MLA)、特异性导水率 (Ks) 和相对导水面积 (VF)。早材中的理论导水率 (Kh) 占全年理论导水率的 75% 以上。此外, 早材中的 Ks 和 VF 在年际尺度上波动较小。气候与导管水力直径 (Dh) 存在显著关系, Dh、Ks 和 VF 对 VD 起主要作用, Dh 对 VF 和 VD 有显著影响。我们的研究表明, 气候主要影响导管的大小, 而导管的大小又会直接或通过 Ks 与 VF 间接地影响 VD, 以保持早材中 Ks 和 VF 的稳定性。

**关键词:** 环孔材; 散孔材; 导管发育

## 《《 会议摘要 》》

## 专题二：树轮生态学

## 基于多种树轮参数的天山中部植被指数指示效果评估研究

宋京徽<sup>1,3,4</sup>, 张同文<sup>2,3,\*</sup>, 范煜婷<sup>3,4</sup>, 刘艳<sup>4</sup>, 喻树龙<sup>3,4</sup>, 姜盛夏<sup>3,4</sup>, 郭冬<sup>3,4</sup>, 侯天皓<sup>3,4,5</sup>, 郭凯龙<sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup>新疆大学 地理与遥感科学学院, 乌鲁木齐 830046; <sup>2</sup>新疆气候中心, 乌鲁木齐 830002; <sup>3</sup>中国气象局树木年轮理化研究重点实验室, 乌鲁木齐 830002; <sup>4</sup>中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002;

<sup>5</sup>新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054

\*E-mail: zhangtw@idm.cn; fanyt@idm.cn

**摘要:** 将树轮资料与遥感数据相结合开展研究有助于深入了解影响植被变化的驱动因素, 识别导致植被变化的气候事件以及对改进全球植被指数重建模型参数具有重要意义。然而, 对于天山中部不同海拔气候变化如何影响树木径向生长和冠层生长, 目前还不太清楚。本研究利用雪岭云杉树轮宽度年表、树轮最大密度年表、树轮最小密度年表、1982—2012年 GIMMS NDVI、2001—2012年 MODIS NDVI 以及气象资料开展研究。结果表明, 各个采样点树轮最大密度年表与生长季各月植被指数的相关性相对较好。在高海拔地区树轮参数与 MODIS NDVI 的相关性整体上要强于与 GIMMS NDVI 的相关性, 在低海拔地区则相反。天山中部干旱胁迫可能是影响树轮参数与 NDVI 的主要因素。

**关键词:** 树轮参数; 气候要素; 植被指数; 气候响应; 指示效果



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 青藏高原高山灌木线位置与种群格局变化

王亚锋<sup>1,\*</sup>, 梁尔源<sup>2</sup>

<sup>1</sup>南京林业大学 生态与环境学院; <sup>2</sup>中国科学院青藏高原研究所 青藏高原地球系统与资源环境全国重点实验室

\*E-mail: wangyf@njfu.edu.cn

**摘要:** 青藏高原拥有世界上海拔最高的柳属灌木线 (约 4900 m), 这为检验它们对快速变暖以及生态系统对水需求增加的敏感性与响应提供了难得的机会。基于沿 900 公里纬度梯度 (30-38° N) 上的柳属灌木线样地数据, 本文重建了自 1939 年以来灌木更新和灌木线位置的变化历史, 探讨了灌木线动态与气候变化的关系。分析结果揭示, 2010 年之前, 显著的夏季变暖导致了灌木的致密化和灌木线扩张, 促进了青藏高原的广泛变绿。然而, 2010 年之后, 由于持续变暖导致了湿度限制, 上述趋势发生了逆转, 因此这代表了变暖与变干权衡的临界点的出现。据预测, 未来几十年变暖和变干趋势将进一步加强, 因此, 高山植物可能面临种群衰退甚至分布范围收缩的巨大风险。另外, 本文还探讨了种内关系特征及其与种群格局、生长性状 (植株高度、冠幅、基径) 之间的联系, 并结合气候变化资料, 量化了变暖背景下高山灌木更新速率对种内关系的影响。分析结果显示, 种内互利主导着高山灌木线种内关系, 同时, 种内互利对聚集分布和生长性状具有显著的促进作用。2010 年之前, 受气候变暖的驱动, 灌木更新速率的增加对种内关系具有显著的正效应; 但近 10 年来, 受暖干气候的限制, 灌木更新速率下降对种内关系呈显著的负效应。因此, 持续的气候变暖通过抑制更新过程, 改变种内关系, 进而对植被格局与功能产生不利影响。

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 树木分布海拔上限对气候变化的敏感性及其响应动态差异

史航<sup>1</sup>, 党海山<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 中国科学院武汉植物园, 武汉, 430074

\*E-mail: dangkey@wbpcas.cn

**摘要:** 全球气候变暖已对高山森林生态系统产生了极为深远的影响, 但对其变化的程度、形式、以及频率仍然缺乏足够的认识。我们通过野外调查、控制试验、以及数据整合分析相结合的方法, 深入探讨了高山森林生态系统对全球气候变化的动态响应, 主要结果发现: 1) 全球气候变暖导致的树木竞争增强降低了秦岭地区树木分布海拔上限向高海拔迁移的速率; 2) 白天和夜间的升温都能显著促进树线树木的更新, 但是相比于白天温度, 树线树木更新对于夜间升温更敏感, 这主要归因于白天温度的上升更容易导致干旱情况的发生; 3) 在过去六十年中, 全球树木生长对于干旱的敏感性总体上呈显著上升趋势, 这主要归因于大气二氧化碳浓度和温度的增加。研究结果对深入理解和预测气候变暖对山地森林生态系统结构和功能的影响以及对山地森林资源的可持续性经营管理具有重要意义, 并可为全球变化生态学效应研究提供新的理论进展。

**关键词:** 全球变暖; 树木分布海拔上限; 树木更新; 树木生长; 干旱敏感性



B42

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 火山“千年大喷发”对长白山植被的持久影响

杜海波<sup>1,\*</sup>, Clive Oppenheimer<sup>2</sup>, Ulf Büntgen<sup>2</sup>, J. Julio Camarero<sup>3</sup>, Michael C. Stambaugh<sup>4</sup>, 李迈和<sup>1</sup>, 吴苗苗<sup>5</sup>,  
Hong S. He<sup>4</sup>, 吴正方<sup>1</sup>

<sup>1</sup>东北师范大学地理科学学院, 长春, 130024; <sup>2</sup>Department of Geography, University of Cambridge, Cambridge CB2 3EN; <sup>3</sup>Instituto Pirenaico de Ecología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IPE-CSIC), Avda. Montañana 1005, E-50192 Zaragoza, Spain; <sup>4</sup>School of Natural Resources, University of Missouri, Columbia, Missouri; <sup>5</sup>中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳, 110016

\*E-mail: duhb655@nenu.edu.cn

**摘要:** 大型火山喷发会使大片土地被火山碎屑覆盖, 严重干扰生态和社会系统。然而, 尽管人们已经对年至几十年时间尺度上的火山碎屑沉积的后果进行了深入研究, 但对百年甚至更长期的植被变化却知之甚少。为此, 我们利用在长白山“千年大喷发”(946AD)的沉积物中发现的炭化木, 重建了长白山火山千年大喷发前的植被和当地气候条件。通过将炭化木材料中推断出的森林组成和结构与当前长白山的森林进行比较, 发现在火山喷发一千多年后, 火山喷发对长白山植被的影响仍在持续。当前阔叶树种的丰度较高反映了火山喷发后植被的长期恢复, 而不仅是之前认为的人为变暖的影响。但是, 全球变暖加速了进一步的生态演替。这两个方面的驱动很可能会导致长白山高山苔原面积的减少甚至消失。我们的研究强调了在长时间尺度下评估火山喷发后的植被响应的价值。

**关键词:** 高山植被; 全球变暖; 干扰生态学; 植被变化; 火山喷发

## 《《 会议摘要 》》

## 专题二：树轮生态学

## 东北亚火历史及其驱动力

汪舟<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 应急管理部国家自然灾害防治研究院, 北京, 100085

\*E-mail: wangzhou@ninhm.ac.cn

**摘要:** 火灾是北方森林的主要干扰因素, 影响着该生物群落的结构、动态和生物地球化学循环。在北方森林的亚洲部分, 长期火历史记录少, 限制了对该区域火灾驱动力的理解。我们根据西伯利亚东南部贝加尔湖地区的欧洲赤松 (*Pinus sylvestris* L.) 和西伯利亚落叶松 (*larch Ledeb*) 的火疤木, 构建了 352 年 (1666-2017) 的火灾年表。我们通过事件叠加分析、交叉小波分析和格兰杰因果关系分析评估了干旱和海气模态和林火之间的关系。事件叠加分析结果显示, 火灾活动的增加与火灾多发年份的前一个冬季到当前夏季的干旱加剧以及主要火灾季节 (2 月和 4-5 月) 之前和期间的北极涛动 (AO) 正相关。格兰杰因果关系指出了干旱在引发森林火灾方面发挥的重要作用。我们的研究结果加深了对贝加尔地区森林火灾活动的气候驱动因素及预测的认识。

**关键词:** 火历史; 东北亚; 北极涛动; 事件叠加分析



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 利用树木年轮和深度学习工具进行森林模型校正

于茜子<sup>1</sup>, 仲力恒<sup>2</sup>, 周行<sup>3</sup>, 龚炼<sup>1</sup>, 赵耀<sup>1</sup>, 魏亮<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州大学资源环境学院, 中国甘肃兰州, 730000; <sup>2</sup>蚂蚁金服, 世界金融中心, 中国北京, 100020; <sup>3</sup>地理学院, 爱达荷大学, 美国莫斯科, 83844

\*E-mail:liangwei@alumni.uidaho.edu

**摘要:** 基于过程的森林生长模型是林业管理和研究的重要工具。可靠的模拟不仅依赖于构建模型的质量, 还依赖于适当地描述模型中各种生理和生物物理过程的参数。生理测量是模型参数化的最佳来源, 但是生理测量数据一般需要长期观测获得。树轮数据相对易于获得, 但用其作为参数化的基准数据的应用还很少。因此我们开发了一种基于树轮数据参数化森林生长模型的新方法。该方法基于深度学习, 将基于过程的森林生长模型 3-PG 整合到循环神经网络 (RNN) 中。新的 3PG-RNN 模型能够利用观测的树轮宽度和树轮稳定同位素 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) 信息来校准参数。我们基于美国北爱达荷州的两片冷杉 (*Abies grandis*) 森林对 3PG-RNN 进行测试。研究结果表明, 3PG-RNN 模型能高效准确地校准模型的关键参数, 包括量子产率 (Quantum yield)、最大冠层导度 (Maximum canopy conductance) 和气孔导度对饱和蒸汽压亏缺的响应 (The slope function for stomatal responses to vapor pressure deficit)。RNN 工具利用树木年轮数据作为校准森林模型的关键基准, 这将极大地促进林业研究和管理。

**关键词:** 深度学习; 森林模型参数化; 神经网络

## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 湿润事件提高不同干旱强度后的树木生长恢复能力

张鹏<sup>1</sup>, 焦亮<sup>1\*</sup>, 薛儒鸿<sup>1</sup>, 魏梦园<sup>1</sup>, 王旭鸽<sup>1</sup>, 李倩<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 西北师范大学, 地理与环境科学学院, 兰州 730070

\*E-mail: jiaoliang@nwnu.edu.cn

**摘要:** 探究树木对干旱的响应机制以及生长恢复动态可作为预测森林动态的重要依据。虽然已有大量研究表明, 干旱会对树木生长造成众多的显著负面影响, 但湿润对树木生长的正向影响仍不清晰。因此, 我们分析了不同干湿事件对中亚树木径向生长的综合影响。结果表明: 1) 中亚大部分地区的树木生长受到干旱强烈限制, 且较高的干旱强度和频率均会降低树木对干旱的抵抗力, 对干旱越敏感的树木受到干旱限制越强。2) 树木径向生长随干湿条件显著变化, 且湿润事件能显著减轻邻近干旱事件对树木生长的负面影响。3) 干旱后的潮湿事件显著增加了树木的恢复潜力, 表现为观察到的抵抗力和恢复力之间的关系更接近假设的“line of full resilience”、树木恢复力显著增加、生长水平显著高于干旱前。因此, 湿润事件对树木径向生长有显著的正向影响, 是干旱后树木快速恢复生长的关键因素。

**关键词:** 干旱; 湿润事件; 生长恢复; 中亚



## 会议摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 利用树轮重建森林干扰历史的问题与启示：以祁连圆柏干扰历史为例

董云焘<sup>1,2,3</sup>, 贾恒锋<sup>1,2,3</sup>, 杨晶<sup>1,2,3</sup>, 李佩轩<sup>1,2,3</sup>, 方欧娅<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093;

<sup>2</sup>国家植物园, 北京 100093; <sup>3</sup>中国科学院大学, 北京 100049

\*E-mail: oyfang@ibcas.ac.cn

**摘要:** 重建区域干扰历史对于了解当地森林健康状况、有针对性地指导森林管护具有重要意义。然而, 目前关于祁连山森林的干扰历史及主要干扰类型尚不清楚。本文以主要分布于祁连山阳坡的树种—祁连圆柏 (*Juniperus przewalskii* Kom.) 为研究对象, 在 8 个采样点采集其树木年轮样芯并建立树轮宽度标准年表。通过分析气候因子与树轮指数的相关关系, 确定影响该区域祁连圆柏生长的主要气候因子。通过分析每棵树木的生长变化率, 识别树木的生长释放和抑制现象, 从而判断干扰发生的时间和空间格局。结果表明, 冬季温度、夏季水分条件显著影响了祁连圆柏的生长。重建的干扰历史显示, 研究区在 1930s、1970s 发生过两次区域性的森林干扰事件, 两次干扰事件与冬季极端寒冷、夏季极端干旱密切相关, 与连续的厄尔尼诺事件发生时间相一致。两次干扰事件均显示出干扰在空间上的差异性, 体现出了不同森林抵抗力的差异。研究结果为未来预防和缓解森林衰退提供了重要参考。

**关键词:** 树木年轮; 生长释放; 生长抑制; 极端气候; 祁连山

## 会议摘要

## 专题二：树轮生态学

## 基于碳氧同位素研究东天山两树种水分利用效率对气候变化的响应差异及水碳耦合机制

贾伟<sup>1,2</sup>, 张瑞波<sup>2,\*</sup>, 秦莉<sup>2</sup>, 张同文<sup>2</sup>, 张合理<sup>2</sup>, 宋京徽<sup>2</sup>, 阿尔曼·阿布拉<sup>2</sup><sup>1</sup>新疆大学生态与环境学院, 乌鲁木齐, 830017; <sup>2</sup>中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐, 830002

\*E-mail: river0511@163.com

**摘要:** (1) 全球气候变暖对生态环境尤其是森林生态系统产生重大影响。树木作为森林生态环境的重要组成部分, 在固定大气 CO<sub>2</sub> 等方面产生了重要作用。树木的光合与蒸腾是森林生态系统与大气 CO<sub>2</sub> 产生联系的两个重要的生态学过程。本文以位于极端干旱区的新疆东天山优势天然针叶树种西伯利亚落叶松和雪岭云杉为研究对象, 根据两树种稳定碳同位素序列以及宽度序列, 分别计算得出了两树种的内禀水分利用效率 (iWUE) 序列和断面积指数 (BAI) 序列, 分析了大气 CO<sub>2</sub> 浓度的增加及气候变化是否促进两树种的生长, 进一步探讨了西伯利亚落叶松和雪岭云杉树木生长对气候响应的水碳耦合机制。雪岭云杉的 Ci/Ca 呈现出显著的上升趋势, 西伯利亚落叶松则变化不大。结合两树种的立地条件, 长期来看, CO<sub>2</sub> 浓度的上升、温度的升高使得位于阳坡的西伯利亚落叶松光合速率上升、气孔导度下降, 从而蒸腾速率下降, 使水分利用效率增加。位于阴坡的雪岭云杉本身光合作用受到限制, 蒸腾较低, 光照对气孔导度的影响不大。在大气 CO<sub>2</sub> 浓度和暖湿化的气候背景下, 温度升高扩大了雪岭云杉的呼吸最适范围, 使气孔导度增加, 促进了光合作用和径向生长, 径向生长可以表现为 BAI 的升高, 间接的提高了水分利用效率。

**关键词:** 西伯利亚落叶松; 雪岭云杉; 树轮稳定同位素; 水分利用效率; 气候响应



C01

## 会议摘要

### 专题三：树轮稳定同位素

#### 国东南地区树轮 $\delta^{18}\text{O}$ 气候信号的几个相关问题

史逝远<sup>1</sup>, 王慧<sup>1</sup>, 史江峰<sup>1,\*</sup>, 张亚萍<sup>1</sup>, 肖聪聪<sup>1</sup>, 卢玲玲<sup>1</sup>, 刘鑫蕊<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南京大学地理与海洋科学学院, 南京, 210023

\*E-mail: shijf@nju.edu.cn

**摘要:** 我国东南地区的树轮  $\delta^{18}\text{O}$  研究取得了长足进展, 已有成果普遍反映树轮  $\delta^{18}\text{O}$  对季风季节的干湿变化有较好的指示作用, 且与 ENSO 有显著正相关, 但树轮  $\delta^{18}\text{O}$  对干湿变化、降水  $\delta^{18}\text{O}$  及 ENSO 的响应机理仍需深入研究。本研究采用浙江小岱村、福建长汀、浙江安吉、安徽大别山的四条树轮  $\delta^{18}\text{O}$  年表, 从区域角度分析其的气候意义。结果表明, 我国东南地区降水  $\delta^{18}\text{O}$  和当地干湿变化对树轮  $\delta^{18}\text{O}$  的影响都很显著, 但这两个因子在年际尺度上没有显著相关性 (“雨量效应”不显著)。降水  $\delta^{18}\text{O}$  较强的空间一致性导致了树轮  $\delta^{18}\text{O}$  的空间相关高于对应采样点降水量的空间相关, 而 ENSO 信号也主要通过调制大尺度季风降水  $\delta^{18}\text{O}$  而被树轮  $\delta^{18}\text{O}$  所记录。区域合成的树轮  $\delta^{18}\text{O}$  对大尺度环流的响应更强, 而单点树轮  $\delta^{18}\text{O}$  中干湿信号通常比环流信号更稳定。这一规律可以作为东南地区古木  $\delta^{18}\text{O}$  年表气候信号解读的依据。但树轮  $\delta^{18}\text{O}$  是否存在年龄效应, 关系到低频信号的保留与提取, 仍是一个需要进一步考虑的问题。国内外有些研究表明树轮  $\delta^{18}\text{O}$  没有年龄效应, 但也有研究发现树轮  $\delta^{18}\text{O}$  存在或短期或长期、或上升或下降的年龄趋势, 说明不同地点和树种的树轮  $\delta^{18}\text{O}$  年龄效应存在差异, 需要根据样品情况具体分析。树轮  $\delta^{18}\text{O}$  与纬度、树种的关系也是一个需要关注的问题。

**关键词:** 树木年轮; 氧同位素; 干湿变化; 古气候; 年龄效应

C02

## 会议摘要

## 专题三：树轮稳定同位素

## Tree-ring width but not stable isotopes has asymmetric responses to drought extremes

Guobao Xu<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Shaanxi Key Laboratory of Earth Surface and Environmental Carrying Capacity, College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China; <sup>2</sup>State Key Laboratory of Cryospheric Sciences, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

\*E-mail: guobaoyu@nwu.edu.cn

**Abstract:** Tree-ring data is a critical proxy to explore past drought extremes, however, the biotic memory effects lead to some asymmetric responses to drought extremes in tree-ring data, which has challenges for drought extremes detection and assessment. We explore the extent to which existing drought-sensitive tree-ring records, including tree-ring width (TRW, n = 4070), tree-ring  $\delta^{13}\text{C}$  (n = 410), and  $\delta^{18}\text{O}$  (n = 181) series, capture drought extremes in the North Hemisphere and evaluate how these asymmetric responses distributed at different climatic zones. We find a dry-biased asymmetry in more than half of drought-sensitive TRW records whereas only 19% of sites capture wet extremes as well as or better than dry extremes during the growing season. We reveal that the TRW sites at the arid, warm temperate, and snow climatic zones captured dry extremes up to 8% more than wet extremes, while TRW sites at the equatorial and polar climatic zones captured dry and wet extremes nearly equal. We also found no bias in extremes capture in tree-ring  $\delta^{18}\text{O}$ , but a dry-biased asymmetry in drought extremes capture in tree-ring  $\delta^{13}\text{C}$  in the warm temperate climatic zone. Our results suggest that the importance of directly addressing the asymmetric drought extremes response in tree-ring records can help our exploration of drought extremes and trees' resilience to drought extremes over the past and future.



## 会议摘要

### 专题三：树轮稳定同位素

#### 树轮稳定碳同位素揭示不同树种径向生长分异的生理机制

王文志<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所，成都，610041

\*E-mail: wzwang@imde.ac.cn

**摘要：**随着大气二氧化碳浓度不断升高，全球变暖及其引起的干旱问题日益严重，这些问题如何影响森林的生长成为国际关注的重要科学问题。二氧化碳作为植物光合作用的原料之一，是绿色植物生长的基础，因此二氧化碳浓度升高后理论上能够促进植物的生长，进而吸收固定更多的二氧化碳，形成负反馈，成为减缓全球变暖的自然解决方案。然而自然环境下，二氧化碳浓度升高能否转化为更快的植物生长仍然存在很大争议。树轮稳定碳同位素记录着长时间尺度下树木吸收的大气二氧化碳稳定同位素组成，反映树木光合速率和气孔导度的权衡关系，用于计算长期水分利用效率的变化。通过结合树轮稳定碳同位素和树轮宽度成为理解自然状态下二氧化碳浓度逐步升高影响树木生长的有效方法。本研究通过在中国不同气候区的树轮稳定碳同位素序列，分别分析了不同树种下、不同海拔梯度和不同样点的长期水分利用效率变化，发现长期水分利用效率自从工业革命以来都具有升高趋势，升高幅度达到 25%-40%。但是不同树种和不同海拔梯度以及不同样点的树木径向生长差异显著，甚至存在生长趋势相反的现象。长期水分利用效率与树木径向生长之间不存在一致的变化规律，因此二氧化碳浓度升高引起的水分利用效率提高与树木径向生长之间可能不存在直接的关系。该研究对于准确计算陆地植被碳吸收具有一定的理论意义。

**关键词：**树轮稳定碳同位素；水分利用效率；树木径向生长；二氧化碳浓度；肥化效应



C04

会议摘要

专题三：树轮稳定同位素

我国本底树轮  $^{14}\text{C}$  序列记录的核试验、碳排放和东亚夏季风的影响

牛振川<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院地球环境研究所, 西安, 710061

\*E-mail: niuzc@ieecas.cn

**摘要：** 本文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  $^{14}\text{C}$  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。

**关键词：** 树轮； $^{14}\text{C}$ ；核试验；碳排放；东亚夏季风





## 会议摘要

### 专题三：树轮稳定同位素

#### 中国西南地区松树早材和晚材氧同位素的变异及其与气候因子的关系

付培立<sup>1,\*</sup>, 牛颖<sup>2</sup>, 杨绕琼<sup>1</sup>, 范泽鑫<sup>1,\*</sup>, Jussi Grießinger<sup>3</sup>, Achim Bräuning<sup>4</sup>

1 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南省, 勐腊县, 勐仑镇; <sup>2</sup> 宁夏农林研究院林业与草地生态研究所, 宁夏回族自治区, 银川市; <sup>3</sup> Department of Environment and Biodiversity, University of Salzburg, Salzburg 5020, Austria; <sup>4</sup> Institute of Geography, Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg, Wetterkreuz, Erlangen 91058, Germany

\*Email: fpl@xtbg.org.cn, fanzexin@xtbg.org.cn

**摘要:** 树木年轮中的早材主要在春季和夏季早期形成, 而晚材主要形成于夏季晚期和秋季, 因此早材和晚材可能携带了不同季节的气候信号。在中国西南地区广泛分布的松树为我们研究梯度氧同位素丰度沿着纬度和海拔的变异及其与气象因子关系提供了便利条件。在本研究中, 我们分析了中国西南地区不同样点的高山松 (*Pinus densata*)、云南松 (*Pinus yunnanensis*) 以及思茅松 (*Pinus kesiya*) 三种松树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。发现不同样点晚材氧同位素序列之间的相关系数高于早材; 早材氧同位素丰度随着纬度升高而增加, 而晚材氧同位素丰度随着海拔的增加而降低, 早材和晚材的氧同位素差值随着海拔和纬度的增加而升高。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。该研究为利用松树年轮氧同位素进行区域气候重建的研究提供了一定的借鉴。

**关键词:** 纬度梯度、年内氧同位素、气候相关、水汽来源

## 会议摘要

### 专题三：树轮稳定同位素

#### 树轮稳定同位素比率年内变化记录的气候环境和生理生态信号

曾小敏<sup>1,\*</sup>, 刘晓宏<sup>1,\*</sup>, 李瑶<sup>1</sup>, 倪萍<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 陕西师范大学地理科学与旅游学院, 西安, 710119

\*E-mail: zengxm1021@snnu.edu.cn, xhliu@snnu.edu.cn

**摘要:** 树轮稳定同位素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。年内高分辨率树轮稳定同位素比率则能够提供更为详细的气候环境信息, 揭示树木对季节尺度气候环境变化的生理生态响应机制, 在古气候和全球变化生态学研究方面显示出巨大的潜力。我们选择位于中国半湿润区的色季拉山和位于半干旱区贺兰山作为研究区, 建立两个区域主要针叶树种年内高分辨树轮稳定碳氧稳定同位素比率 ( $\delta^{18}\text{O}$  和  $\delta^{13}\text{C}$ ) 序列, 结合线性统计和过程模型, 分析对比两个区域树轮  $\delta^{18}\text{O}$  和  $\delta^{13}\text{C}$  记录的气候环境和生理生态信号。结果发现, 半干旱区和半湿润区树轮  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$  存在相似年内变化型, 但是两个区域年内高分辨率树轮  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$  记录的气候环境和生理生态信号存在差异。本研究结果揭示了不同水分条件下树木对气候环境的响应策略。

**关键词:** 树木年轮; 稳定同位素比率; 年内分辨率; 气候信号; 机理模型



C07

## 会议摘要

### 专题三：树轮稳定同位素

#### Interspecific specificity and hydrothermal climatic significance of tree-ring wood $\delta^2\text{H}$ of lignin methoxy in the Qinling Mountains

Qiangqiang Lu<sup>1,2</sup>, Xiaohong Liu<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Botany of Shaanxi Province, Xi'an 710061; <sup>2</sup>Shaanxi Normal University, Xi'an 710119

\*E-mail: xhliu@snnu.edu.cn

**Abstract:** The Qinling Mountains (Qinling Mts.) are characterized as a distinct transition of bioclimatic zones along the north-south geographic boundary in China. Although ongoing global warming may affect the growth of most tree species across elevation gradients and alpine treeline, the effect of modern warming on the stable hydrogen isotopes of tree-ring wood is still unknown. In this study, we developed early- and late-wood  $\delta^2\text{H}$  chronologies from 1900 to 2018 CE of lignin methoxy groups ( $\delta^2\text{HLM}$ ) at 700-m intervals from 1700-3100 m a.s.l. along the elevation gradient in Mount Taibai (Mt. Taibai), the peak of the Qinling Mts. We also compared the species-specific difference of  $\delta^2\text{HLM}$  values in the dominant deciduous coniferous (*Larch chinensis*) and evergreen broadleaf (*Rhododendron purdomii*) at the Mt. Taibai timberline. The  $\delta^2\text{HLM}$  values of the earlywood were relatively enriched in  $^2\text{H}$  compared to the latewood, and an elevation-dependent depleting trend along the altitudinal gradient was observed. Comparing the  $\delta^2\text{HLM}$  values with modelled  $\delta^2\text{H}$  values of precipitation ( $\delta^2\text{HPre}$ ) of the sample sites, similar isotopic patterns can be obtained. The reconstructions of  $\delta^2\text{HPre}$  values confirm the strong coherence between the isotopic composition of the source water and the methoxy groups in the growing season. The additional lagged effect and climate response revealed significant seasonal and altitudinal differences. The combined new  $\delta^2\text{HLM}$  chronologies, based on the lag-1 autocorrelation and the weighted average of the current year earlywood and previous latewood, could be used to merge the corresponding temperature signals from the middle- and low-elevation sites. In addition, the coupling of  $\delta^2\text{HLM}$  values from multi-species could better record the climate of the treeline habitat. Therefore, topographic effects such as elevation difference and alpine treeline should be considered in large-scale applications of  $\delta^2\text{HLM}$  values in future studies.

**Key words:** Tree-ring  $\delta^2\text{HLM}$ ; Species specificity; hydrothermal climate; Altitude gradient; Alpine treeline

## 会议摘要

## 专题三：树轮稳定同位素

## 藏东南不同海拔树木对气候变化响应的海拔生理生态差异

蒲星<sup>1,2</sup>, 吕利新<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 中国科学院植物研究所, 北京, 100093; <sup>2</sup> 西华师范大学, 南充, 637009

\*E-mail: lixinlv@ibcas.ac.cn

**摘要:** 气温升高和大气二氧化碳浓度增加使海拔森林中的树木生长可能会增加。然而, 这两种因素如何相互作用, 海拔梯度如何影响树木生长和潜在的生理机制仍然知之甚少。我们分析了青藏高原东南部林线和低海拔森林径向生长和年轮  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$  的变化。研究发现: 林线森林的树木在过去的几十年里生长显著加快, 但在较低海拔地区保持大致稳定或略有下降。树木年轮  $\delta^{13}\text{C}$  分析表明, 虽然各点的内在水分利用效率 (iWUE) 均有增加的趋势, 但林线树木的 iWUE 普遍高于低海拔森林。 $\delta^{18}\text{O}$  进一步表明, 不同海拔 iWUE 的主要驱动因子不同, 高海拔林线的光和效率 (A) 增强是主要原因, 但是低海拔森林由于干旱胁迫加强, 气孔导度 (gs) 下降是 iWUE 增加的主要驱动力。研究从生理生态学的角度证明了青藏高原森林树木生长对气候变化响应的海拔差异。

**关键词:** 树木年轮; 内在水分利用效率; 海拔; 气孔导度

## 会议摘要

### 专题三：树轮稳定同位素

#### 江淮地区树轮氧稳定同位素响应季节性气候干湿变化

赵业思<sup>1,2,\*</sup>, 鹿化煜<sup>1,2</sup>, 杨保<sup>1,2</sup>, 张鹏<sup>1,2</sup>, 张红艳<sup>1,2</sup>, 梁承弘<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 地理与海洋科学学院 南京大学 江苏省 南京市; <sup>2</sup> 关键地球物质循环教育部前沿科学中心 南京大学 江苏省 南京市

\*E-mail: yesizhao@nju.edu.cn

**摘要:** 树轮氧稳定同位素 ( $\delta^{18}\text{OTRC}$ ) 是我国东部湿润区年际 - 多年代际尺度气候干湿定量重建的常用代用指标。在江淮地区, 基于黄山松 (*Pinus taiwanensis*)、马尾松 (*Pinus massoniana*) 和柳杉 (*Cryptomeria japonica*) 等树种的研究表明, 树轮整轮  $\delta^{18}\text{OTRC}$  主要指示早夏水文气候变化。目前, 对该区域  $\delta^{18}\text{OTRC}$  响应季节干湿变化的物理机制仍不清楚, 通过何种途径来修正  $\delta^{18}\text{OTRC}$  所含季节干湿信号强度的差异鲜有研究。

本研究针对  $\delta^{18}\text{OTRC}$  响应季节性干湿变化物理机制这一问题, 以大别山白马尖黄山松为研究对象, 从年内  $\delta^{18}\text{OTRC}$  的干湿响应统计特征和物理过程两个角度进行分析。结果表明: 早夏干湿信号主要包含于早材  $\delta^{18}\text{OTRC}$ , 而晚材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  对生长季早期和晚期干湿变化响应均不敏感。早材和晚材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  年际变化的互相关性不具有统计显著性。这表明整轮  $\delta^{18}\text{OTRC}$  响应季节性干湿变化的差异可能与 Legacy effect 无关。基于代用资料系统模型 (PSM), 以月分辨率的土壤水  $\delta^{18}\text{O}$ 、叶片水蒸发富集和纤维素合成速率为输入变量, 所得整轮  $\delta^{18}\text{OTRC}$  模拟序列与实测序列的年际变化特征高度一致 ( $r = 0.78$ ;  $p < 0.01$ ;  $n=28$ )。基于 PSM 的控制试验表明, 相较其他月份, 土壤水  $\delta^{18}\text{O}$  和叶片水富集均影响整轮  $\delta^{18}\text{OTRC}$  的早夏干湿信号, 且早夏较高的纤维素合成速率将早夏干湿信号进一步放大, 从而造成早夏干湿信号在整轮尺度上最为显著。

其次, 本研究选取了杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 这一  $\delta^{18}\text{OTRC}$  鲜有研究树种, 从多树种角度探索修正  $\delta^{18}\text{OTRC}$  所含季节干湿信号强度差异的途径。在大别山采集百年杉木树轮样本, 基于树轮宽度和  $\delta^{18}\text{OTRC}$  的树间相关性, 构建了早材和晚材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  日历年表。对  $\delta^{18}\text{OTRC}$  的气候响应特征分析表明: 杉木与黄山松  $\delta^{18}\text{OTRC}$  对季节性干湿变化的响应敏感度存在显著差异, 杉木树轮晚材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  包含显著的晚夏干湿信号, 而早材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  对早夏干湿变化的响应敏感度偏弱, 且早材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  包含显著的生长季前期信号。 $\delta^{18}\text{OTRC}$  响应季节干湿变化的种间差异可能与树木碳水利用策略和木质部发育动态的季节差异有关。基于二元线性回归, 综合杉木晚材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  和黄山松早材  $\delta^{18}\text{OTRC}$ , 可解释区域 6 - 9 月相对湿度 43.6% ( $p < 0.01$ ;  $n = 53$ ) 的方差。相较利用单一树种整轮  $\delta^{18}\text{OTRC}$ , 利用不同树种的早晚材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  可获得完整夏季的干湿信号。

本研究认为未来应重视从树木碳水利用策略以及木质部发育动态等角度深化对  $\delta^{18}\text{OTRC}$  响应干湿变化的物理机制的认识; 建议利用多树种和早晚材来修正  $\delta^{18}\text{OTRC}$  所含干湿信号强度的季节偏差。此外, 鉴于杉木  $\delta^{18}\text{OTRC}$  对晚夏干湿信号响应极其敏感, 利用杉木考古木材  $\delta^{18}\text{OTRC}$  重建梅雨区干湿变化, 有望弥补区域现有  $\delta^{18}\text{OTRC}$  长年表所含晚夏干湿信号相对偏弱的缺陷。

## 会议摘要

## 专题三：树轮稳定同位素

## 湖北神农架巴山冷杉树木生长对春季变暖的响应

赵卿宇<sup>1</sup>, 许晨曦<sup>1,2\*</sup>, 安文玲<sup>1,2</sup>, 刘禹成<sup>1,3</sup>, 肖国桥<sup>4</sup>, 黄春菊<sup>5</sup><sup>1</sup>中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029; <sup>2</sup>中国科学院生物演化与环境卓越创新中心, 北京 100044;<sup>3</sup>中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京 100049; <sup>4</sup>中国地质大学(武汉)地理与信息工程学院, 武汉,430074; <sup>5</sup>中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉, 430074

\*E-mail: cxxu@mail.iggcas.ac.cn

**摘要:** 东亚季风区亚热带森林生态系统在全球碳循环及碳汇功能中发挥着不可忽视的作用。但是, 目前我们对增温背景下的亚热带高山森林树木生长对气候变化响应的认识仍不足。因此, 本研究建立湖北神农架巴山冷杉 (*Abies forrestii*) 树轮宽度标准年表、基础面积增量 (BAI) 序列以及  $\delta^{18}\text{O}$  年表 (1950–2017 年), 讨论春季增温导致的热生长季开始时间 (SOS) 提前对树木生长的影响。湖北神农架巴山冷杉 BAI 序列表明, 树木径向生长在过去 40 年明显增加。1979 年以来春季增温趋势明显, 导致生长季开始时间提前, 生长季延长。树轮宽度、BAI 在春季变暖之前即 1979 年前与 2–4 月平均温度的相关性强, 而 1979 年来则减弱。较高的春季温度可能刺激分生组织活动, 使生长季开始时间提前, 树木茎干的年生长量增加, 进而影响树木生长与气候的关系。树轮纤维素  $\delta^{18}\text{O}$  在 1979 年前反映夏季干湿变化, 而 1979 年以来, 对春季温度更敏感。这一关系的转变可能是由于春季变暖引起的生长季提前导致巴山冷杉更多地吸收较重的春季降水  $\delta^{18}\text{O}$ , 而夏季降水的贡献削弱。

**关键词:** 树轮氧同位素; 树轮宽度; 基础面积增量; 热生长季长度



## 会议摘要

### 专题三：树轮稳定同位素

#### 氮可利用性对冻土退化区兴安落叶松径向生长的潜在限制

陈泽诚<sup>1</sup>, 赵彬清<sup>1</sup>, 王晓春<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>东北林业大学森林生态系统可持续经营教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150040

\*E-mail: wangx@nefu.edu.cn

**摘要:** 氮 (N) 限制在高纬度地区生态系统尤为普遍, 升温、干旱和永久冻土退化都将深远的影响森林生态系统 N 可利用性。然而 N 限制对永久冻土退化区森林生态系统生产力的影响程度尚不清楚。本文的目标是分析不同的冻土退化阶段, N 可利用性的驱动因素, 以及其对兴安落叶松径向生长的潜在影响。我们分析了 3 个不同程度的永久冻土退化区 (轻度、中度、重度) 和不同退化阶段的地形 (山坡、沟谷) 1900-2016 年兴安落叶松年际稳定 N 同位素比值 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) 和径向生长。其中只有轻度退化区  $\delta^{15}\text{N}$  趋势总体呈上升趋势, 在冻土快速退化阶段 (1969-2016) 轻度退化区 N 可利用性明显提高。随着冻土退化程度的增加, 干旱更多的抑制兴安落叶松的 N 可利用性。在轻度退化区, 早春生长季的提前限制了 N 的可用性。在极端干旱年份, 树木的径向生长对 N 有效性的变化不敏感, 但在相对湿润的年份, N 有效性对树木径向生长起到促进作用。随着永久冻土完整性的下降, 树木生长从主要受 N 有效性的限制向受到干旱和生长季长度的限制而转变。升温带来的系列效应对 N 有效性的影响存很强的区域特异性, 该地区水分对落叶松生长的限制优于 N 限制, 在水热条件较好的地区 N 将成为限制兴安落叶松固碳的潜在因素。

**关键词:** 冻土退化; 氮可利用性; 生长季长度; 兴安落叶松

## 会议摘要

## 专题三：树轮稳定同位素

## 人为强迫影响了中国华北季风边缘区降水变化

赵晓恩<sup>1,2</sup>, 许晨曦<sup>3,4</sup>, 陈峰<sup>1,2,5\*</sup>, Martín Hadad<sup>6</sup>, Fidel A. Roig<sup>7,8</sup>, 许佳峰<sup>1</sup>,  
胡茂<sup>1,2</sup>, 王世杰<sup>1</sup>, 曹红华<sup>1,2</sup>, 张合理<sup>1</sup>, 陈友平<sup>1</sup>, 岳伟鹏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yunnan Key Laboratory of International Rivers and Transboundary Eco-Security, Institute of International Rivers and Eco-Security, Yunnan University, Kunming 650504, China; <sup>2</sup>Southwest United Graduate School, Yunnan University, Kunming 650504, China; <sup>3</sup>Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China; <sup>4</sup>CAS Center for Excellence in Life and Paleoenvironment, Beijing, China; <sup>5</sup>Key Laboratory of Tree-ring Physical and Chemical Research of the Chinese Meteorological Administration/Xinjiang Laboratory of Tree-ring Ecology, Institute of Desert Meteorology, Chinese Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; <sup>6</sup>Laboratorio de Dendrocronología de Zonas Áridas CIGEOBIO (CONICET-UNSJ), Gabinete de Geología Ambiental (INGEO-UNSJ), San Juan, Argentina; <sup>7</sup>Laboratorio de Dendrocronología e Historia Ambiental, IANIGLA-CCT CONICET-Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina; <sup>8</sup>Hémera Centro de Observación de La Tierra, Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Huechuraba, Santiago, Chile

\*E-mail: feng653@163.com

**摘要：**基于树轮氧同位素发展了1770—2020年华北季风边缘区（NCMMR）年降水量的稳健重建。NCMMR的年度降水变率受印度洋偶极子（IOD）和厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）的影响，而大西洋多年代际涛动（AMO）和太平洋年代际涛动（PDO）是年代际尺度降水变率的主要因素。火山喷发和光谱太阳辐照度等自然强迫的影响有限。20世纪中叶人为气溶胶排放的增加可能抵消了温室气体的影响，但自21世纪初以来，人们已经强烈发现了明显的温室气体信号。近几十年来，NCMMR降水量的减少可能是由气候系统内部变化和人为强迫共同驱动的，预计未来的人类活动将对NCMMR构成更严重的干旱风险。

**关键词：**树木年轮；气候重建；氧同位素；中国华北地区



## 会议摘要

### 专题三：树轮稳定同位素

#### 1980s 以来中国酸雨区马尾松的生长抑制与恢复

郑永林<sup>1</sup>, 王云琦<sup>1\*</sup>, 王文超<sup>2</sup>, 张建聪<sup>1</sup>, 李鹏<sup>3</sup>, 张晓明<sup>4</sup>, 徐晓晓<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北京林业大学水土保持学院, 北京, 100083; <sup>2</sup>中国科学院大学沈阳应用生态研究所, 沈阳, 110016;

<sup>3</sup>西安理工大学水利水电学院, 西安, 710048; <sup>4</sup>中国水利水电科学研究院泥沙研究所, 北京, 100083

\*E-mail: wangyunqi@bjfu.edu.cn

**摘要:** 近几十年来中国南方森林生态系统饱受酸雨危害, 尽管近年来一直努力减轻酸雨的影响, 但我们对酸雨区不同林龄树木生长和生理生化应对酸雨的长期响应仍缺乏了解。本研究利用树轮断面积增长量 (BAI) 和稳定碳氧氮同位素研究中国酸雨区不同林龄马尾松的生长抑制与恢复。结果表明 (1) 1983-2010 年马尾松处于生长抑制期, BAI 较 1983 年之前均显著下降, 老树受到的抑制更大。2011-2020 年马尾松处于生长恢复期, BAI 均显著增加, 幼树的恢复更快。(2) 生长抑制期马尾松  $iWUE$  均显著上升,  $\delta^{15}N$  基本保持不变, 马尾松老树处于  $ca/ci$  恒定模式, 幼树  $ci$  恒定模式。在酸雨和  $CO_2$  升高的影响下马尾松气孔逐渐关闭, 光合速率下降, 森林生态系统氮循环更开放。生长恢复期马尾松  $iWUE$  和  $\delta^{15}N$  均显著下降, 森林生态系统氮循环更封闭。(3) 结构方程模型表明  $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$  和降水量是影响马尾松幼树和老树生长的影响因素, 其中  $SO_4^{2-}$  是主要驱动因素。长时间酸雨下不同林龄马尾松均出现生长抑制, 同时  $iWUE$  可以反映树木 BAI, 但应该考虑林龄。随着中国酸性气体的减排和酸雨的减弱, 亚热带马尾松林正在以超乎想象的速度恢复。未来应该继续对酸雨进行长期大规模的检测和模型评估, 以评估森林生态系统的生态恢复和固碳潜力。

**关键词:** 酸雨;  $iWUE$ ; 幼树效应; 结构方程模型; 遗留效应



C14

会议摘要

专题三：树轮稳定同位素

赛默飞先进同位素质谱技术在植物生态学研究中的应用

孟宪菁

赛默飞世尔科技（中国）有限公司





D01

## 会议摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 祁连山圆柏径向生长与水碳供给对干旱的响应

张军周<sup>1,2,\*</sup>, 勾晓华<sup>1,2,\*</sup>, 王放<sup>1,2</sup>, 张芬<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室, 兰州, 730000;

<sup>2</sup>甘肃省连城森林生态系统野外科学观测研究站, 兰州, 730033

\*E-mail: zhangjz@lzu.edu.cn, xhgou@lzu.edu.cn

**摘要:** 树木生长是外界环境（气候变化）和内部生理（水碳供给）共同影响的生理生态过程，是将碳源转化为碳汇的重要途径。气候变化对树木生长和与之相关的水碳供给过程产生了重要影响，明确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，而且也为预估未来树木生长状况提供科学依据。通过对祁连山不同区域、不同海拔祁连山圆柏的径向生长动态和与之相关的生理生态过程（如树干液流、光合速率等）进行连续的监测，发现温度和水分分别决定了祁连山圆柏的生长开始和结束，但生长速率和生长量主要由生长季（尤其 5-6 月）的水分决定，极端干旱事件可能会导致形成年内密度波动（伪轮）；树龄对树木生长的影响取决于环境胁迫程度，在环境胁迫较小时，不同树龄的树木生长出现明显差异，但在干旱胁迫下，树龄对树木生长的影响消失；在不同时间尺度上，祁连山圆柏的树木生长、树干液流、光合速率等过程对干旱的响应存在差异，在短时间尺度上，这些过程均与大气水分条件密切相关，但在长时间尺度上，土壤有效水分是影响这些生理过程的主要限制因素。本研究结果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，同时也对树轮 - 气候响应的生理解释提供支撑。

**关键词:** 形成层活动；树木生长；祁连山；干旱限制；生理机制

## 会议摘要

## 专题四：树木形成层活动

## 气候变暖导致的乔、灌木种间物候差异解释高海拔森林扩张

李晓霞<sup>1,2</sup>, 梁尔源<sup>1,\*</sup>, J. Julio Camarero<sup>3</sup>, Sergio Rossi<sup>2</sup>, 张经天<sup>1</sup>,  
朱海峰<sup>1</sup>, 付永硕<sup>4</sup>, 孙建<sup>1</sup>, 汪涛<sup>1</sup>, 朴世龙<sup>1</sup>, Josep Peñuelas<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>中国科学院青藏高原研究所, 北京, 100101; <sup>2</sup>加拿大希库蒂米魁北克大学, 希库蒂米, G7H2B1; <sup>3</sup>西班牙比利牛斯生态研究所, 萨拉戈萨, 50059; <sup>4</sup>北京师范大学水科学研究院, 北京, 100875; <sup>5</sup>西班牙生态研究与森林应用中心, 巴塞罗那, 08193; <sup>6</sup>西班牙国家科学研究委员会全球生态学研究室, 巴塞罗那, 08193

\*E-mail: liangey@itpcas.ac.cn

**摘要:** 物种相互作用在调节植物分布范围变化方面发挥着重要作用, 但存在相互作用的物种如何响应气候变暖仍不清楚。本文基于青藏高原 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, 研究发现, 春季升温 1 度, 乔木生长恢复提前 2-4 天, 灌木延后 3-8 天。造成这一现象的主要原因是灌木对冷激的敏感性显著高于乔木。冬季升温使灌木更难满足冷积温需求, 在春季时需要更多的积温恢复生长, 导致物候推迟, 而乔木对冷激的依赖度较低, 使其能在温暖的春季提前恢复生长。跨大陆对比结果进一步证实, 该机制在全球其他树线也普遍存在。气候变暖导致的乔、灌木种间物候差异使乔木更具竞争优势, 促进高山树线向更高海拔迁移。本研究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。

**关键词:** 冷激; 气候变暖; 积温; 树线变化; 木质部分红



D03

## 会议摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 木质部春季物候变化的关键热临界点及对温度波动的响应

张亚玲<sup>1</sup>, 黄建国<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院华南植物园, 广州, 510650

\*E-mail: yaling.zhang@scbg.ac.cn

**摘要:** 由于树木木质部物候的监测数据十分稀少, 学界较少关注树木木质部物候的变化, 这阻碍了对森林大空间尺度碳收支的评估和预测。而且近年来逐渐有报道指出虽然全球植被绿度、叶子面积以及 CO<sub>2</sub> 吸收量显著增大, 但木质部的生长量并没有相应的增加。该研究整合了一个覆盖北半球 (23-66° N) 且横跨寒带、温带、地中海和亚热带 75 个研究样地的 20 个针叶树种的木质部物候监测大数据集, 揭示了北方针叶林春季物候的提前存在温度临界点, 高于温度临界点时春季物候中的木质部物候对气候变暖的响应程度显著下降; 并填补了森林木质部春季物候对温度波动的响应方面的研究空白, 发现随着温度波动的增大, 木质部春季物候存在趋同现象, 即木质部细胞倾向于在一年中的 6 月 5 号开始增大, 而在夏至日开始细胞壁增厚。研究结果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, 将帮助我们更准确、合理地预测全球变暖下的森林物候、固碳潜力、碳 - 水和能源循环。

**关键词:** 北半球针叶林; 积温; 物候趋同

## 会议摘要

## 专题四：树木形成层活动

## 疆阿尔泰山优势树种木质部年内生长动态及其对气候的响应

王文锦<sup>1</sup>, 张亚玲<sup>2</sup>, 黄建国<sup>3,\*</sup><sup>1</sup> 浙江大学环境与资源学院, 杭州, 310000; <sup>2</sup> 中国科学院华南植物园, 广州, 510000;<sup>3</sup> 浙江大学生命科学学院, 杭州, 310000

\*E-mail: jianguo.huang@zju.edu.cn

**摘要:** 干旱和半干旱森林是陆地生态系统重要的净碳汇, 在调节大气二氧化碳年际变化方面发挥着重要作用。然而, 关于干旱和半干旱森林树木木质部生长动态及其对气候的响应方面的研究仍然十分匮乏, 这在很大程度上限制了我们对气候变化背景下森林生长和固碳潜力的精准模拟和预测能力。本研究以中国西北新疆阿尔泰山优势针叶树种西伯利亚落叶松 (*Larix sibirica* Ledeb.) 和西伯利亚云杉 (*Picea obovata* Ledeb.) 为研究对象, 探索了两个树种木质部年内生长动态及其对气候的响应。主要研究结果如下: (1) 生长速率决定了西伯利亚云杉的木质部生长优于西伯利亚落叶松: 云杉木质部细胞年产量为 68.5-87.6 个, 平均细胞生产速率为 0.82-0.95 个/天, 约为落叶松的 2 倍左右。尽管如此, 树种之间细胞生产的开始、停止和持续时间差异较小; (2) 降水驱动了新疆阿尔泰山两个主要优势针叶树种木质部物候对温度升高的特有响应: 落叶松生长季早期不受水分限制, 因此木质部生长的开始时间随年均温升高而提前。春季物候的提前可能同时加剧了落叶松生长季中后期的水分胁迫, 导致木质部生长的结束时间也随温度升高而提前。相反, 云杉在生长季早期容易受到水分限制, 水分胁迫限制了云杉木质部春季物候对温度升高的响应, 同时缓解了生长季中后期额外的水分亏缺, 因此不会引起木质部生长的提前停止。

**关键词:** 干旱和半干旱森林; 形成层活动; 木质部物候



## 会议摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 黑云杉芽物候的地理格局

高佳妮<sup>1,2,3</sup>, 杨保<sup>3,4\*</sup>, Claudio Mura<sup>2</sup>, Yan Boucher<sup>2</sup>, Sergio Rossi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 福建师范大学, 福州, 350000; <sup>2</sup> Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, G7H 2B1;

<sup>3</sup> 中国科学院西北生态环境资源研究院, 兰州, 730000; <sup>4</sup> 南京大学, 南京, 210023

\*E-mail: yangbao@lzb.ac.cn

**摘要:** 物种在广阔地理范围内显示出对当地条件的适应性。热量梯度导致种群之间出现物候差异, 而气候变暖导致的温度波动的空间异质性可能改变当前物候模式。我们对采自沿纬度分布的五个种源地, 生长在加拿大魁北克省同质园的黑云杉 (*Picea mariana*) 2015-2021 年间萌芽所需的生长度日 (GDD) 进行计算。利用热量模型与温度数据重建了 2000-2021 年间黑云杉萌芽的时空变化。在同质园中, 黑云杉萌芽从 4 月下旬开始至 5 月下旬结束, 最冷种源地的萌芽时间比最暖地提前了 7-10 天。最冷到最暖种源地爆芽期所需的生长度日分别为  $185 \pm 42$  至  $230 \pm 40$ 。在研究区域 ( $48^\circ - 54^\circ \text{N}$ ) 内, 黑云杉的爆芽期为 5 月中旬到 6 月下旬, 出芽期发生在 6 月中旬至 7 月中旬。随着气温的变化, 黑云杉萌芽日期边缘向其北方分布推迟, 且年际变异性增加。向北每增加一个纬度, 爆芽期和出芽期分别推迟为 6 至 1.5 天和 4.6 至 0.7 天不等, 呈现非线性模式。我们的结果证实了萌芽物候的时间变异性朝着物种分布边缘增加的假设。持续的气候变化可能会加速黑云杉的热量积累, 并促使其提前萌芽。由于高纬度地区的热量条件受限, 升温速率更快, 预计北部种群可能会表现出更显著的物候变化。春季物候的提前将导致黑云杉更容易受到晚霜的威胁。

**关键词:** 种源; 爆芽; 出芽期; 生长度日, 全球变暖

D06

## 会议摘要

## 专题四：树木形成层活动

**The intra-annual rhythm of *Pinus sylvestris* growth-climate responses under a warming climate at its southern distribution limits**Junxia Li<sup>1,2</sup>, Yuting Jin<sup>2</sup>, Ying Zhao<sup>2</sup>, Tsun Fung Au<sup>3,4</sup>, Yucheng Wang<sup>1,5,6,\*</sup>, Zhenju Chen<sup>2,7,8,9,\*</sup>

<sup>1</sup>College of Horticultural, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; <sup>2</sup>Tree-Ring Laboratory/Research Station of Liaohe-River Plain Forest Ecosystem CEN, College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; <sup>3</sup>Institute for Global Change Biology, School for Environment and Sustainability, University of Michigan, Ann Arbor, MI, United States; <sup>4</sup>Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan, Ann Arbor, MI, United States; <sup>5</sup>College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; <sup>6</sup>Key Laboratory of Forest Tree Genetics, Breeding and Cultivation of Liaoning Province, Shenyang 110866, China; <sup>7</sup>Qingyuan Forest CERN, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110164, China; <sup>8</sup>Key Laboratory of Desert and Desertification, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; <sup>9</sup>National Research Station of Changbai Forest Ecosystem, Er' daobaihe 133613, China

\*E-mail: wangyucheng@ms.xjb.ac.cn, chenchenju@syau.edu.cn

**Abstract:** Warming climate has posed a pressing threat on boreal forests and an improved understanding of the intra-annual pattern of climatic influences on the tree growth can help interpret the response of boreal forest to climate change. Here, we systematically examined the growth-climate relationship, cambium phenology, and xylem cell dynamics of *Pinus sylvestris* (PS) to disentangle its intra-annual growth rhythm to external drivers and internal physiological process at its southern distribution limits across Eurasia. We showed the intra-annual rhythm of PS to temperature and precipitation is anti-phase and synchronous at its southern limits. Temperature had both promoting and inhibiting effects on PS growth over growing season where the growth-temperature response gradually changed from positive in winter-early spring to negative in late spring-summer, and then returned to positive in autumn. Precipitation enhanced PS growth in late spring-summer. Temperature dominated the intra-annual growth-climate response rhythm, and the response shifted to negative when temperature reached 13.72 °C in spring-summer and shifted to positive when temperature reached 17.41°C in summer-autumn in Shenyang, respectively. A high water demand for the rapid earlywood cell formation in spring-summer and heat requirement for cambial cell division in summer-autumn caused the shifts in growth-temperature response, respectively. Climatic warming advances and prolongs the time of summer water availability that limits PS growth at its southern distribution limits and thus warming climate may pose a greater threat to the southern population of PS.

**Keywords:** Response rhythm; Intra-annual; Temperature; Threshold; Xylogenesis



D07

## 会议摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 滇西北白马雪山两个海拔长苞冷杉和大果红杉年内径向生长动态及其对环境因子的响应

张慧<sup>1</sup>, 范泽鑫<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院西双版纳热带植物园, 勐腊县, 666303

\*E-mail: zhanghui@xtbg.ac.cn

**摘要:** 季节尺度分辨率下的径向生长动态对于了解森林如何应对气候变化至关重要。在本研究中, 我们沿着滇西北白马雪山 300 米海拔梯度对亚高山寒温性针叶林两种针叶的径向生长动态进行了 3 年的监测, 分析了 2021 - 2023 年期间长苞冷杉 (*Abies georgei*) 和南方红杉 (*Larix potaninii*) 的径向生长动态及其气候驱动因素。发现: 两个海拔的长苞冷杉和大果红杉年内径向生长主要发生在 3-8 月, 6 月生长最快的时期; 高海拔地区的长苞冷杉、大果红杉的年生长量分别大于低海拔地区的长苞冷杉和大果红杉的年生长量。两个海拔树木的生长主要均发生在夜间, 每日生长概率主要受到降雨量和日照长度的限制, 与饱和水汽压差和空气温度呈显著的负相关关系。低海拔两种针叶树对饱和水汽压差的变化更敏感。考虑在未来气候变暖背景下, 植物的蒸腾作用和土壤蒸发散的增加, 可能进一步导致长苞冷杉和南方红杉更容易受到干旱胁迫。

**关键词:** 高精度生长仪; 生长动态; 水汽压亏缺; 气候 - 生长关系

## 会议摘要

## 专题四：树木形成层活动

**An earlier start of growing season can affect tree radial growth through regulating cumulative growth rate**

**Jian Kang**<sup>1,2,3</sup>, Zhuolin Yang<sup>1,2</sup>, Biyun Yu<sup>6</sup>, Qianqian Ma<sup>1</sup>, Shaowei Jiang<sup>1</sup>, Vladimir V. Shishov<sup>5</sup>, Peng Zhou<sup>1</sup>, Jianguo Huang<sup>4</sup>, Xiaogang Ding<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, 723, Xingke Road, Tianhe District, Guangzhou 510650, China; <sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, 19(A) Yuquan Road, Shijingshan, District, Beijing 100049, China; <sup>3</sup>Guangdong Academy of Forestry, 233 Guangshan First Road, Tianhe District, Guangzhou 510520, China; <sup>4</sup>Key Laboratory of Conservation Biology for Endangered Wildlife of the Ministry of Education, College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, China; <sup>5</sup>Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Math Methods and IT Department, Institute of Trade and Services, Siberian Federal University, Svobodny pr., 70 Krasnoyarsk, Russia; <sup>6</sup>Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Ministry of Education, Nanning Normal University, Nanning, 530001, China.

\*E-mail: 27267152@sinogaf.cn

**Abstract:** Climate change is profoundly affecting phenology, especially in the Northern Hemisphere. Nevertheless, how tree radial growth responds to phenological shifts remains to be explored. It is necessary to analyze the specific response process of tree growth to phenology. In this study, 61 tree-ring chronologies from Central Asia were used to analyze the effects of phenological shifts on tree radial growth. Based on previous studies and hydrothermal characteristics, we divided the study area into two parts, with 49 degrees north latitude as the boundary. The results of the model-based simulation indicated an obvious advance to the start of growing season (SoGS) in the period from 1959 to 2010/2016. Correlation analyses showed that there were significant negative correlations between the SoGS and radial growth in the north of the study area but not in the south. Path analyses indicated that radial growth between north and south did not respond consistently to the earlier SoGS. In the north, radial growth mainly benefited from the alleviation of low temperature limitations, thereby elevating the cumulative growth rate. But in the dry south, aridity stress in the early growing season counteracted the positive effect of temperature on tree radial growth through decreasing the cumulative growth rate. In general, we determined that an earlier SoGS influences tree radial growth by regulating the cumulative growth rate. This study provides a theoretical basis for promoting the accurate assessment of carbon sink potential on a larger scale and for predicting forest dynamics.

**Keywords:** The start of growing season, phenological change, radial growth, cumulative growth rates, Central Asia



D09

## 会议摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 中国湿润亚热带马尾松应压木与对应木木材形成年内动态

王春松<sup>1</sup>, 郑壮鹏<sup>2</sup>, 周非飞<sup>1</sup>, 刘新圣<sup>3</sup>, 高佳妮<sup>1</sup>, 方克艳<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>福建师范大学 地理科学学院、碳中和未来技术学院; <sup>2</sup>肇庆学院 旅游与历史文化学院;

<sup>3</sup>安徽师范大学 地理与旅游学院

\*E-mail: kfang@fjnu.edu.cn

**摘要:** 针叶树种由于受到外界机械应力的作用而形成受压木结构。当前研究发现, 针叶树种在受压一端形成较宽的年轮结构, 然而当前并不知道其形成较宽年轮结果的原因, 并且其木质部动态过程我们尚未清楚。本研究在 2019 年 3 月到 2020 年 1 月, 对生长在斜坡上的马尾松, 在其应压木与对应木处分别采集微树芯样品, 并制作木质部切片。研究发现: 研究区夏季伏旱导致马尾松形成“双峰”型木质部动态特征。马尾松应压木与对应木两处木质部形成过程对气候的响应是一致的, 但是相较于对应木, 应压木处形成层开始活动时间较早, 结束时间较晚; 应压木的晚材细胞细胞腔较小, 细胞壁较厚。我们发现应压木是通过提高形成层细胞分裂速率来响应机械应力, 对此我们提出一种基于对应木与应压木两者间的比率来改进当前重建风速的方法。

D10

## 会议摘要

## 专题四：树木形成层活动

**Intra-annual stem radial growth of *Toona ciliata* across environmental gradients in Southwestern China****Arisa Kaewmano**<sup>1,2</sup>, Zexin Fan<sup>1,3,\*</sup>, Peili Fu<sup>1</sup>, Xiaolian Wei<sup>1,2</sup>, Yanan Liu<sup>1,2</sup>, Youxin Lin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CAS Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China; <sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Yanqihu, Beijing 101408, China; <sup>3</sup>Ailaoshan Station of Subtropical Forest Ecosystem Studies, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Jingdong, Yunnan 676209, China; <sup>4</sup>College of Biological and Pharmaceutical Sciences, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China

\*E-mail: fanzexin@xtbg.org.cn, fpl@xtbg.org.cn

**Abstract:** Climate extremes are becoming more frequent and intense as climate variability increases, which are affecting forest growth and productivity in many regions. However, our understanding of the responses of forest growth to climate varying is still uncleared, particularly at intra-annual timescales. To address this problem, the daily stem radius variations of *Toona ciliata* in four forest sites across environmental gradient in southwestern China were monitored with high-resolution point dendrometer over three consecutive years (2020-2022) and one year (2021) data of xylogenesis using micro-coring. Intra annual stem radial growth of *T. ciliata* revealed differences in patterns, rates, and duration of growth among sites and years, which influenced by underlying seasonal micro-climate responses. The onset and cessation of growth occurs earlier in tropical monsoon climate region compared to those in subtropical region. A large relative effect of number of days with growth together with the maximum growth rate were explained on annual stem radial growth contribution rather than the other stem phenology. Stem radial growth of *T. ciliata* was mainly driven by precipitation and temperature whereas VPD was strongly affected tree water deficit which induced tree growth reduction, especially at drier sites. Stem xylem productivity was influenced by temperature and soil moisture availability with vapor pressure deficit limits xylem cell formation.

**Keywords:** *Toona ciliata*; High-resolution point dendrometer; Tropical forest; Sub-tropical forest; cambial activity; Xylem cell differentiation



D11

## 会议摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 变暖对不同材性阔叶树幼苗物候同步性及木质部形成过程的影响

韩冰鑫<sup>1</sup>, 王晓春<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>东北林业大学生态研究中心, 哈尔滨, 150040

\*E-mail: wangx@nefu.edu.cn

**摘要:** 自工业革命以来, 地球温度呈现急剧上升的趋势。阔叶树作为森林生态系统的关键组分, 其在维护生态系统中发挥着重要作用。因此, 探究阔叶树幼苗物候及其木质部形成过程对变暖的响应对预测未来森林生态系统的结构与功能至关重要。

本研究采用移栽苗木的方式(帽儿山森林生态系统国家野外科学观测研究站; 东北林业大学帽儿山实验林场; 东北林业大学花卉研究所)模拟了未来温度上升 1.34°C 和 2.65°C 两种情景, 以一年生阔叶树幼苗为研究对象, 具体包括散孔材: 白桦 (*Betula platyphylla*) 和紫椴 (*Tilia amurensis*) 与环孔材: 水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) 和黄檗 (*Phellodendron amurense*)。结合物候相机技术和木材解剖学方法, 我们对三个位点的幼苗进行了长期监测, 旨在揭示不同材性阔叶树幼苗叶形成层物候和木质部形成过程对不同变暖程度的响应规律。

结果表明: 在两个升温幅度下, 散孔材的木质部发生持续时间显著延长了约 28 天 ( $P < 0.01$ ), 无论对于散孔材还是环孔材, 径向生长停止时间与各物候时间之间的关联性并不显著。当温度升高 2.65°C 时, 散孔材的平均日增长量显著提高了  $5.255 \pm 2.227 \mu\text{m}$ 。本研究发现散孔材对温度的响应更为剧烈, 温暖的气候条件能够促进生长季的延长, 然而, 木材的最终产量并非仅由生长季的长度决定, 而是更多地依赖于生长速率。

**关键词:** 气候变暖; 散孔材; 环孔材; 物候; 木质部形成



D12

## 会议摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 落叶松形成层恢复活动和细胞周期基因配置密切相关

程冬霞<sup>1</sup>, 王昕昊<sup>1</sup>, 王聪丽<sup>1</sup>, 李湘漪<sup>1</sup>, 叶查龙<sup>1</sup>, 李万峰<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 林木遗传育种全国重点实验室, 中国林业科学研究院林业研究所, 北京, 100091

\*E-mail: liwf@caf.ac.cn

**摘要:** 温带树木的休眠解除和恢复活动主要受温度控制, 并受年龄影响, 但其潜在的分子机制仍不清楚。在这项研究中, 我们探讨了冬季低温和春季暖温对落叶松休眠解除和恢复活动的影响。此外, 我们还确定了细胞周期基因与形成层细胞分裂之间的关系。结果表明, 低温整体加速了落叶松发芽, 且低温时间越长, 发芽所需时间越短。休眠解除后, 温暖的温度会诱导细胞周期基因的表达; 当细胞周期基因的配置值达到 4.97 时, 形成层细胞分裂, 落叶松恢复活动。这项研究有助于预测气候变化对木材产量的影响, 并为温室育苗提供技术支持。

**关键词:** 落叶松; 年龄; 温度; 形成层; 恢复活动



D13

## 会议摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 东北 2 种主要造林树种树干径向变化及其影响因素

于普<sup>1,2,3</sup>, 张全智<sup>1,2,3,\*</sup>

<sup>1</sup> 东北林业大学生态研究中心, 哈尔滨, 150040; <sup>2</sup> 森林生态系统可持续经营教育部重点实验室, 哈尔滨, 150040;

<sup>3</sup> 东北林业大学林学院, 哈尔滨, 150040

\*E-mail: qzzhang@nefu.edu.cn

**摘要:** 【目的】探索乔木树干径向变化规律的差异性及其影响因子, 是量化和评价森林碳汇及其形成的基础。

【方法】该研究采用树干径向变化测量仪监测东北 2 种常见造林树种 (水曲柳和落叶松) 连续 3 年树干径向动态变化并分析其差异性, 探索环境因子对树干径向变化的影响。

【主要结果】结果表明: 生长季两树种树干径向日变化受天气状况影响呈现出不同的变化趋势, 其中无雨日呈正弦函数型波动。两树种的年内径向变化均呈符合 Gompertz 模型的“S”型曲线但在季节尺度上不完全同步, 水曲柳的径向变化起始时间和 DOY25 比落叶松提前, 且高峰生长时间长度 LPGS 要比落叶松长, 终止时间较一致。径向日变化速率均表现出先增加后减小的单峰曲线趋势, 在初夏 (第 147 天 -157 天) 达到峰值。年半径累积变化量和年平均断面积日变化速率存在显著的种间差异性。两树种径向变化重要时间节点和 LPGS 等指标受年际间环境因子影响变幅较大。水曲柳和落叶松树干径向变化在树干直径增长期的日振幅与土壤体积含水量呈显著负相关, 而与光合有效辐射呈显著正相关。这表明树干径向季节动态受树种特性影响, 而日变化格局受土壤水分条件、光照条件等环境因子的影响。

**关键词:** 径向变化; 水曲柳; 落叶松; 人工林

## 会议摘要

## 专题四：树木形成层活动

## 基于微树芯法的树木形成层物候活动研究进展

黄颖<sup>1</sup>, 陈少腾<sup>2</sup>, 李宗善<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085;<sup>2</sup> 云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500

\*E-mail: zslj\_st@rcees.ac.cn

**摘要:** 树木木质部次生长过程是树木固碳功能的重要体现, 树木的木质部形成层物候活动特征及其时空差异性的生态学价值逐步受到了人们的关注, 树木木质部发生过程及其与外界环境条件关系特征的研究已成为生态学一个热点话题。形成层物候数据精准量化了树木次生长的活动规律, 丰富了树木次生长的研究内容, 具有重要的生态学意义。本文收集整理了 1998-2022 年期间的形成层物候活动研究成果, 共收集世界范围 600 余条数据, 包括形成层活动三个阶段(细胞扩大期、细胞壁增厚期、细胞成熟期)的开始、结束和持续时间, 以及整个生长季的持续时间。按照树种的演替阶段、区系类别及所处不同气候带类型进行对比分析, 探究不同环境因素(光周期、温度、降水、干旱指数等)对不同划分类型树种的形成层物候活动的潜在影响特征。在全球变暖不断加剧的背景下, 大尺度树木形成层物候活动和固碳过程及其影响因素的研究, 将为科学阐述森林生态系统季节内生长动态和固碳总量提供科学依据。

**关键词:** 形成层物候; 微树芯; 环境因素

E01

## 会议摘要

### 专题五：区域气候集成重建

#### Reconstruction of high-resolution April-September precipitation in China and Drought-Flood pattern over the past ~530 years

Yongxiang Zhang<sup>1,12,\*</sup>, Hongli Wang<sup>2</sup>, Xuemei Shao<sup>2,3</sup>, Hongbin Liu<sup>1</sup>, Haifeng Zhu<sup>4,5</sup>, Lily Wang<sup>2</sup>, Eryuan Liang<sup>4,5</sup>, Zhixin Hao<sup>2,3</sup>, Xiuqi Fang<sup>6</sup>, Qibin Zhang<sup>7</sup>, Jinjian Li<sup>8</sup>, Xinghe Shi<sup>9</sup>, Yujiang Yuan<sup>10</sup>, Feng Chen<sup>10,11</sup>, Tongwen Zhang<sup>10</sup>, Ruibo Zhang<sup>10</sup>, Huaming Shang<sup>10</sup>, Jianfeng Peng<sup>12</sup>

<sup>1</sup>National Climate Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China; <sup>2</sup>Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; <sup>3</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; <sup>4</sup>Key Laboratory of Alpine Ecology, Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; <sup>5</sup>CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, Beijing 100101, China; <sup>6</sup>Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; <sup>7</sup>State key laboratory of vegetation and environmental change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; <sup>8</sup>School of Atmospheric Sciences, Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; <sup>9</sup>Qinghai Climate Centre, Xining, 810001 China; <sup>10</sup>Key Laboratory of Tree-Ring Physical and Chemical Research of China Meteorological Administration, Key Laboratory of Tree-Ring Ecology of Xinjiang Uigur Autonomous Region, Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; <sup>11</sup>Yunnan Key Laboratory of International Rivers and Transboundary Eco-Security, Institute of International Rivers and Eco-Security, Yunnan University, Kunming 650000, China;

<sup>12</sup>College of Geography and Environmental Science, Henan University, Kaifeng 475004, China

\*E-mail: Helen.zyx@hotmail.com, zhangyx@cma.cn

**Abstract:** Extreme drought events have increased and caused serious loss and damage on social economy under current warming. However, the short meteorological data limit the cognition and projection of those extremes. With the accumulation of proxy data especially tree ring, large scale precipitation field reconstruct provide opportunities to further explore the underline mechanism. Based on 590 proxy records, including 470 tree-ring width chronologies and 120 drought/flood indices, we reconstructed past 530a April-September precipitation field in China by using the the point-by-point regression (PRR) approach. The regression models explained more than 50% of the precipitation variance. The statistical test on calibration and verification passed the significance test level that assured the reconstruction quality. The reconstruction data performed good with both consistence and quality improvement comparing to previous works. The first three leading modes of variability of the reconstruction show the main precipitation distribution modes over China. During the past ~530 years, the wet/drought years accounted for 12.81%/10.92% (68 years / 58 years), extremely wet/drought years accounted for 1.69%/3.20% (9 years / 17 years) in China, respectively. The major extreme drought can be identified explicitly in our reconstruction. The detailed features of the Chongzhen Great Drought (1637-1643), one extreme drought of Ming Dynasty from 1585 to 1590 and the Ding-Wu Great Famine (1874-1879) indicate the potential different mechanisms in behind need to further explore. Although there are further improvements needed in remote uninhabited areas and large deserts, our gridded April-September precipitation reconstruction over the past ~530 years in China can provide a solid data base for studies on climate change attribution and mechanism of extreme events.

**Keywords:** Precipitation reconstruction, Tree-rings, Historical documents, precipitation variability, Extreme droughts

## 会议摘要

## 专题五：区域气候集成重建

## 青藏高原极端温度事件重建及归因

段建平<sup>1,\*</sup><sup>1</sup>北京师范大学 地理科学学地表面过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875

\*E-mail: duanjp@bnu.edu.cn

**摘要：**青藏高原近几十年来升温显著，极端温度事件的频次和强度都发生了显著变化，对区域生态系统和人民生活产生了重要影响。明晰青藏高原极端温度事件发生频次和强度的演变特征并进行定量归因，是青藏高原气候变化研究的重要科学问题，也是减缓和适应青藏高原未来气候变化的科学基础。本研究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，进一步对近期发生的典型极端温度事件开展了定量归因研究。结果显示，青藏高原近几十年晚夏极端高温事件的发生频次和强度在过去 400 年史无前例，而晚夏极端低温事件的发生频次显著减少。归因分析表明，火山喷发是青藏高原历史时期晚夏极端低温事件的一个主要驱动因子，青藏高原晚夏气温在热带强火山喷发后的 1-2 年会异常偏低，但降温幅度受到了随后厄尔尼诺事件的“缓解”。而人类活动导致的气候变暖，是青藏高原近几十年极端高温事件增强和极端低温事件减弱的主要原因。人类活动导致的气候变暖使得类似于青藏高原东南部 2019 年早春极端低温事件发生的可能性减少了 80%；而青藏高原东部大范围区域 2022 年 8 月发生的异常极端高温事件，没有人为强迫不可能发生，由于人类活动的影响，类似的极端高温事件在本世纪末很可能会成为常态，给青藏高原地区的气候变化减缓和适应带来了挑战。

**关键词：**极端温度事件；青藏高原；树木年轮；人类活动；火山喷发



## 会议摘要

### 专题五：区域气候集成重建

#### 树轮记录的东亚地区小冰期以来季节性温度变化

王江林<sup>1,\*</sup>, 杨保<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院西北生态环境资源研究院; <sup>2</sup> 南京大学地理与海洋科学学院

\*E-mail: wangjianglin2011@lzb.ac.cn

**Abstract:** Seasonal differences of temperature are crucial components of the Earth's climate system. However, the relatively short observational record, especially for East Asia, has limited progress in understanding seasonal differences. In this study, we identify ten tree-ring chronologies separately correlated with local winter (December–February) temperatures and twelve different tree-ring chronologies separately correlated with summer (June–August) temperatures across East Asia. Using these discrete seasonal tree-ring chronologies, we develop two independent winter and summer temperature reconstructions covering the period 1376–1995 CE for East Asia, and compare them with model simulations. Our reconstructions show a more significant volcanic cooling and earlier onset of modern warming in summer than in winter. The reconstructed summer-minus-winter temperature decreased since as early as the late 19th century, which has driven the current state of seasonal temperature difference to out of the natural variability since the 1370s. Climate models could generally reproduce the variability and trends in seasonal reconstructions, but might largely underestimate seasonal differences due to the fact that seasonal expressions on external forcing and modes of internal variability are too small. Our study highlights the importance of using proxy-based seasonal reconstructions to evaluate the performance of climate models, and implies a substantial weakening of seasonal temperature differences in the future.

## 会议摘要

### 专题五：区域气候集成重建

#### 基于古气候数据同化研制全新世北半球温度格网化数据集

方苗<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院西北生态环境资源研究院, 兰州, 730000

\*E-mail: mfang@lzb.ac.cn

**摘要:** 本研究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。交叉验证结果表明同化结果和基于孢粉重建的温度序列在时间变化上具有较好的一致性 (相关系数 median = 0.29; Q1 = 0.00; Q3 = 0.61); 和 Temperature 12k database v1.0 数据集 (Kaufman et al., 2020) 中的 42 条非孢粉资料 (如: 冰芯、石笋) 重建的温度序列或原始代用指标序列之间同样有较为一致的变化趋势 (相关系数 median = 0.28; Q1 = -0.02; Q3 = 0.53)。此外, 和过去千年气候再分析工程 (LMR, Tardif et al., 2019) 的温度场进行时空验证的结果表明两者之间在时空上具有很好的一致性。此外, 北半球温度序列也完全再现了全新世期间的 YD 事件、8.2ka 事件、4.2ka 事件、新冰期和小冰期等几次典型冷事件。上述验证结果表明本研究的同化结果具有相当高的可信性。对同化结果的初步分析表明: 高、中、低纬度的年均温度序列均表明全新世大暖期的存在, 其时间范围大约在 9-4 ka BP; 高纬度地区温度变率明显大于中低纬度地区, 这种情况和器测时期所观测到的结果一致; 全新世北半球温度变化趋势具有明显的时空异质性; 尽管从全新世北半球温度的时间序列来看, 中全新世的温度要高于早、晚全新世温度, 但是中全新世温度高于早、晚全新世温度在整个北半球并不具有空间上的一致性。导致全新世北半球温度变化不具有时空一致性这种现象出现的原因主要是各种影响因素对全新世北半球温度变化的贡献具有复杂的时空异质性, 由此导致了全新世年均温度变化呈现出较为复杂的空间变化格局。

**关键词:** 古气候数据同化; 全新世; 北半球; 格网化温度



## 会议摘要

### 专题五：区域气候集成重建

#### 过去 3Ma 以来东亚夏季风对北半球夏季温度的响应

付恒<sup>1,2</sup>, 史锋<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院新生代地质与环境重点实验室, 北京, 100029;

<sup>2</sup> 中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京, 100049

\*E-mail: shifeng@mail.iggcas.ac.cn

**摘要:** 全球增温现象已成为一个紧迫的全球问题, 了解大尺度温度变化对东亚夏季风的影响有助于预测季风变化的未来趋势, 从而更好地应对我国未来可能出现的旱涝转型和极端事件。虽然学界普遍接受冰期古季风弱、间冰期古季风强的观点, 但近期研究却发现古季风和古温度两者在过去千年百年尺度存在显著的负相关关系。那么在更长时间尺度两者的关系是否稳定, 这仍是未解决的难题。本研究基于通用地球系统模式 (CESM) 开展的过去 3Ma 以来气候模拟试验, 分析了过去 3Ma 以来东亚夏季风和北半球夏季温度的变化特征。结果表明, 东亚夏季风与北半球温度在千年尺度基本上同步变化。同步变化的物理机制是轨道参数岁差变化导致北半球夏季高纬太阳辐射变化, 通过调整海陆热力对比, 影响海洋向大陆输送水汽的能力, 从而同步调控了夏季风变化。但过去 80 万年夏季风降水的空间分布模态主要由低层风场变化所支配, 而非显著受制于冰期与间冰期交替的大尺度温度变化, 意味着影响季风降水时间演化和空间演变的因子并不相同。本研究为理解千年尺度亚洲季风的变化机制和评估其未来变化长期趋势提供了参考。

**关键词:** 过去 3Ma; 东亚夏季风; 千年尺度

## 会议摘要

## 专题五：区域气候集成重建

## 过去 700 年青藏高原周边地区夏季温湿风指数变化

张博雅<sup>1,2</sup>, 史锋<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院新生代地质与环境重点实验室, 北京, 100029;<sup>2</sup> 中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京, 100049

\*E-mail: shifeng@mail.iggcas.ac.cn

**摘要:** 青藏高原是我国近 60 年来变暖速度最快的地区, 其变暖导致青藏高原极端气候事件频发, 对当地人民的的生活和健康产生了深远影响。然而, 关于青藏高原人类生物气象学数据仅有最近几十年的观测历史, 对于工业革命以前气候环境与人类健康之间关系的演化规律鲜有报道。故本文利用树轮宽度年表重建了青藏高原南部和东南部过去 700 年夏季 (6-8 月) 温湿风指数, 用于反映室外气候环境与人类健康演化历史。结果表明: 青藏高原南部夏季温湿风指数 1961 年以来的上升趋势并非是史无前例, 在 15 世纪 40-90 年代出现更快速的上升趋势, 那时西藏在帕竹巴政权管理下社会经济状况相对稳定, 人口呈缓慢增长趋势。青藏高原东南部夏季温湿风指数 1961 年以来的上升趋势是近 700 年来最快的, 却仍处于温湿风指数的适宜范围, 不会影响当地居民的健康生活, 但如果这一上升趋势持续下去将对人的健康生活带来更大的不确定性。15 世纪前 50 年是青藏高原南部和东南部过去 700 年夏季温湿风指数最低的时期, 可能是大型火山喷发诱发的极端时期。温湿风指数的大幅下降会使高海拔地区的氧含量随之下降, 引发慢性高原病, 并减少当地居民的平均寿命。这一研究为理解古气候环境与人类健康之间的关系提供了新的视角。

**关键词:** 温湿风指数; 人类健康; 树轮宽度; 综合比例合成法



F01

## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### Role of Pacific Ocean climate in regulating runoff in the source areas of water transfer projects on the Pacific Rim

**Feng Chen**<sup>1,2,\*</sup>, Shijie Wang<sup>1,2</sup>, Qianjin Dong<sup>3</sup>, Jan Esper<sup>4</sup>, Ulf Büntgen<sup>5</sup>, David Meko<sup>6</sup>, Hans W. Linderholm<sup>7</sup>,  
Tao Wang<sup>8</sup>, Weipeng Yue<sup>1</sup>, Xiaoen Zhao<sup>1,2</sup>, Martín Hadad<sup>9</sup>, Álvaro González-Reyes<sup>10</sup>, Fahu Chen<sup>11,12,13,\*</sup>

<sup>1</sup>Yunnan Key Laboratory of International Rivers and Transboundary Eco-Security, Institute of International Rivers and Eco-Security, Yunnan University, Kunming, China; <sup>2</sup>Southwest United Graduate School, Kunming 650504, China; <sup>3</sup>State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China; <sup>4</sup>Department of Geography, Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany; <sup>5</sup>Department of Geography, University of Cambridge, Cambridge, UK; <sup>6</sup>Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, AZ, USA; <sup>7</sup>Regional Climate Group, Department of Earth Sciences, University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden; <sup>8</sup>Climate Change Research Center and Nansen-Zhu International Research Centre, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing 100029, China; <sup>9</sup>Laboratorio de Dendrocronología de Zonas Áridas CIGEOBIO (CONICET-UNSJ), Gabinete de Geología Ambiental (INGEO-UNSJ), San Juan, Argentina; <sup>10</sup>Hémera Centro de Observación de la Tierra, Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Camino La Pirámide 5750, Huechuraba, Santiago 8580745, Chile; <sup>11</sup>Key Laboratory of Alpine Ecology, CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences and Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing, China; <sup>12</sup>Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, China; <sup>13</sup>State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing, China

\*E-mail: feng653@163.com

**Abstract:** Over the past two decades, more frequent and intense climate events have seriously threatened the operation of water transfer projects in the Pacific Rim region. However, the role of climatic change in driving runoff variations in the water source areas of these projects is unclear. We used tree-ring data to reconstruct changes in the runoff of the Hanjiang River since 1580 CE representing an important water source area for China's south-north water transfer project. Comparisons with hydroclimatic reconstructions for the southwestern USA and central Chile indicated that the Pacific Rim region has experienced multiple coinciding droughts related to ENSO activity. Climate simulations indicate an increased likelihood of drought occurrence in the Pacific Rim region in the coming decades. The combination of warming-induced drought stresses with dynamic El Niño (warming ENSO) patterns is a thread to urban agglomerations and agricultural regions that rely on water transfer projects along the Pacific Rim.

## 会议摘要

## 专题六：树轮水文学和地貌学

## 过去 200 年祁连山区基于树轮指标的泥石流重建及其与降水关系研究

张永<sup>1,\*</sup>, 范璞<sup>1,2</sup>, 郗佳志<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京, 100101; <sup>2</sup> 中国科学院大学, 北京, 100049; <sup>3</sup> Climate Change Impacts and Risks in the Anthropocene (C-CIA), Institute for Environmental Sciences, University of Geneva, Geneva CH-1205, Switzerland

\*E-mail: zhangyong@igsnr.ac.cn

**摘要:** 在全球变暖背景下, 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以其触发机制, 是相关研究的前沿科学问题。本研究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研究工作, 调查了样点内受泥石流影响的青海云杉的异常生长特征, 包括树轮轮宽持续性异常低生长、非对称性生长, 连续性受创树脂道 (TRD) 等, 研究发现 TRD 可以作为青海云杉受到外部伤害的主要特征, 可能提供季节分辨率的泥石流等灾害事件信息。通过对异常干扰特征的统计及事件定年, 重建了该样点过去 200 年来 37 次泥石流复发事件, 泥石流发生呈现前后时段 (1850 年之前以及 1950 年之后) 事件偏多, 而中间时期 (1850-1950 年) 事件偏少的情况, 综合考虑样本量变化以及样点特征, 可以发现最近的 60 年是泥石流事件复发较为集中的时期。基于现代器测资料的调查发现, 研究区泥石流爆发受强降雨, 特别是 7-8 月 5 日累计强降雨的影响显著。本研究将为国内树轮地貌学的采样策略, 数据分析提供了参考信息, 也为深入理解祁连山区的山地灾害的发生规律提供了有价值的信息。

**关键词:** 树轮; 泥石流; 祁连山区; 生长干扰; 日降水



F03

## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### Shifts of forest resilience after seismic disturbances in tectonically active regions

Shan Gao<sup>1</sup>, Eryuan Liang<sup>1,\*</sup>, Ruishun Liu<sup>1</sup>, Xiaoming Lu<sup>1</sup>, Sergio Rossi<sup>2</sup>,  
Haifeng Zhu<sup>1</sup>, Shilong Piao<sup>1</sup>, Josep Peñuelas<sup>3,4</sup>, J. Julio Camarero<sup>5</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Tibetan Plateau Earth System, Resources and Environment (TPESRE), Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; <sup>2</sup>Département des Sciences Fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Quebec, Canada; <sup>3</sup>CREAF, Cerdanyola del Valles, Barcelona 08193, Catalonia, Spain; <sup>4</sup>CSIC, Global Ecology Unit CREAM-CSIC-UAB, Barcelona 08193, Catalonia, Spain; <sup>5</sup>Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), 50059 Zaragoza, Spain

\*Email: liangey@itpcas.ac.cn

**Abstract:** Forests in tectonically active regions are disturbed by earthquakes. Besides direct injuries to trees, earthquakes also induce stand-wide changes in hydrological conditions, whose effects on long-term forest growth and resilience remain unknown. Here we establish spatio-temporal links between global tree-ring width series and earthquakes after 1900, disentangle seismic signals from climate-induced variations in ring width series, test growth changes using superposed epoch analysis and quantify post-earthquake resilience shifts along environmental gradients in seven regions around the world. We found sites with enhanced resilience locate in relatively dry areas of temperate regions, where the response of tree growth to growing-season precipitation also increased after earthquakes. Our results provide evidence that earthquake-induced soil cracks and fractures increased precipitation infiltration to deeper soil layers and enhanced the use of water and nutrients by trees. In contrast, reduced post-earthquake resilience in regions with abundant precipitation can be explained by increased soil erosion and nutrient leaching. We conclude that seismic disturbances cause decadal-scale shifts in forest resilience under specific environmental conditions, disentangling complex interactions between lithosphere, biosphere and atmosphere. These findings can contribute to a better understanding of how the Earth system functions.

## 会议摘要

## 专题六：树轮水文学和地貌学

**A 217-year precipitation reconstruction in the Habahe area, Xinjiang, Northeast China**

**Heli Zhang**<sup>1, 2</sup>, Youping Chen<sup>1</sup>, Feng Chen<sup>1\*</sup>, Lu Li<sup>3</sup>, Huaming Shang<sup>2</sup>, Daming He<sup>1</sup>, Shengxia Jiang<sup>2</sup>, Mao Hu<sup>1</sup>, Xiaoen Zhao<sup>1</sup>, Weipeng Yue<sup>1</sup>, Shijie Wang<sup>1</sup>, Honghua Cao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yunnan Key Laboratory of International Rivers and Transboundary Eco-Security, Institute of International Rivers and Eco-Security, Yunnan University, Kunming 650504, Yunnan; <sup>2</sup>Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration/ Key Laboratory of Tree-Ring Physical and Chemical Research of China Meteorological Administration/Xinjiang Key Laboratory for Tree Ring Ecology, Urumqi 830002, China; <sup>3</sup> Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China

\*E-mail: feng653@163.com

**Abstract:** Evaluating long-term changes in precipitation resources is important for accurate hydrological evaluation and forecasting, water security and rational allocation of water resources. For this purpose in the Xinjiang Habahe area, tree-ring specimens were collected from *Picea obovata*, *Larix sibirica*, and *Betula platyphylla* to establish a tree-ring width chronology, which was analyzed for a correlation with the average temperature and precipitation per month for 1958–2016. Based on correlation coefficients for monthly temperature and precipitation with the chronology of tree-ring widths, radial tree growth was mainly restricted by precipitation, and tree-ring width chronology was significantly correlated with overall precipitation from the previous July to the next June ( $r = 0.641$ ,  $P < 0.01$ ). The above results were used to establish a transformation equation, and the overall precipitation from the previous July to the following June from 1800 to 2016 in Habahe was reconstructed after adjusted degrees of freedom, and obtain an explanatory rate of the variation up to 41.1% (40.0%). In addition to the reliability of the reconstructed values, the stability of the conversion function was determined via the “leave-one-out” method, which is commonly used in research on tree rings, and by cross-checking the conversion function with the reduced error value (RE), product mean test (t), with a sign test (ST). During the last 217 years, there were nine dry periods—1803–1829, 1861–1865, 1872–1885, 1892–1905, 1916–1923, 1943–1954, 1961–1966, 1973–1981, and 2005–2011—and 12 wet periods—1830–1834, 1836–1860, 1866–1871, 1886–1891, 1906–1915, 1925–1930, 1934–1942, 1955–1960, 1967–1972, 1982–1996, 2000–2004 and 2012–2016. Comparisons of the reconstructions for neighboring regions and a spatial correlation analysis showed that the reconstructed sequence of the present precipitation data better represented the changes in precipitation in Habahe. Additionally, a power spectrum analysis revealed that precipitation over the past 217 years in Habahe Province exhibited 2–5 years of quasiperiodic variation. A power spectrum analysis and wavelet analysis indicated that ENSO influenced the precipitation cycles. This reconstruction provides more information on high-frequency precipitation, which is an important supplement to the existing tree-ring reconstruction of precipitation in the study area. The reconstruction of regional high-resolution precipitation changes over the last several hundred years provides unique, important data for understanding regional differences in climate at the decadal-centennial scale.

**Keywords:** tree ring; chronology; climate response; reconstruction; comparison



F05

## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### 为什么低地河岸树木难以用于径流重建？

彭小梅<sup>1,\*</sup>, 肖生春<sup>1</sup>, 杨保<sup>2</sup>, 田全彦<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国科学院西北生态环境资源研究院, 兰州, 730000; <sup>2</sup>南京大学地理与海洋科学学院, 南京, 210023

\*E-mail: pxmphd@163.com

**摘要:** 已有的基于树木年轮学的径流重建案例多依托高地（山区为主）的树木，处于低地（平原为主）的树木由于易于受到人类活动的干扰，用于径流重建的案例则很少。这限制了我们对低地径流变化历史的了解，径流变化历史也是水资源管理的重要依据。本研究以位于中国西北黑河下游额济纳绿洲的胡杨河岸树为例，探究以径流调节为主的人类活动对低地树木用于黑河下游 Zhengyixia station 水文站径流重建的干扰机理。我们采集了位于绿洲内主河道、东支流、西支流河岸的胡杨的树芯，结合气象水文观测数据进行分析。结果发现，第一，人类主导的东支流、西支流之间的径流分配比例的巨大波动导致了两条支流的径流量与 Zhengyixia station 径流量之间相关关系的不稳定，进而导致了东支流、西支流河岸的胡杨径向生长与 Zhengyixia station 水文站径流量之间的相关关系不稳定。第二，径流调节改变了到达 Zhengyixia station 水文站以下的径流的年内分布状况，从而改变了胡杨轮宽年表对径流响应的时间窗口。本研究厘清了在人类主导的径流调节影响下，为什么额济纳荒漠平原绿洲内的树木难以用于径流重建，以期为低地的基于树轮的径流重建研究提供反向启示。

**关键词:** 轮宽；树木年轮学；胡杨；额济纳绿洲；径流

## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### 树轮视野下的中国北方北京地区过去和未来径流变化

曹红华<sup>1,2</sup>, 陈峰<sup>1,2,3,\*</sup>, 赵晓恩<sup>1,2</sup>, 胡茂<sup>1,2</sup>, 王世杰<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 云南大学国际河流与生态安全研究院云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室, 昆明 650500; <sup>2</sup> 云南大学西南联合研究生院, 昆明 650500; <sup>3</sup> 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室 / 中国气象局沙漠气象研究所新疆树木年轮生态实验室, 乌鲁木齐 830002

\*E-mail: feng653@163.com

**摘要:** 近年来, 北京城市人口增长和工业生产加快, 水资源问题日益严峻。为此, 华北许多地区实施生态补水工程, 持续为北京供水。为了合理分配水资源, 获得北京地区长期、详细、可靠的径流信息非常重要。本文基于四个采样点的油松树芯, 建立 236 年的树轮宽度年表。利用回归模型重建北京市永定河上年 12 月至当年 7 月的径流量。该模型解释了校准期 (1962-2018 年) 内 49.5% 的方差, 平均径流量可以追溯到公元 1786 年。在过去的 236 年中, 1868、1956、1991、1998、2018 和 2021 年是径流极高值年, 1900、1906、1999 和 2000 年是径流极低值年。将径流重建结果与气候格网数据进行比较, 结果表明华北地区气候变化幅度较大。重建径流与大尺度水汽之间的联系分析表明, PDO 负相位时的高径流年与东亚夏季风有关。预测显示, 永定河的径流量在未来将会增加。在生态补水、南水北调等政策的支持下, 区域 NDVI 和永定河径流量自 2000 年以来显著增加, 这一增长趋势能持续多久尚不清楚。

**关键词:** 树轮, 径流重建, 北京, 归一化植被指数



## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### 基于树轮宽度资料重建大兴安岭北部过去 210 余年的水热变化

王兆鹏<sup>1</sup>, 张冬有<sup>1,2,\*</sup>, 张同文<sup>3</sup>, 李祥友<sup>1</sup>, 王新瑞<sup>1</sup>, 宋可心<sup>1</sup>, 罗陶然<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 哈尔滨师范大学寒区地理环境监测与空间信息服务黑龙江省重点实验室, 哈尔滨, 150025;

<sup>2</sup> 黑龙江乌伊岭湿地生态系统国家定位观测研究站, 伊春, 153000;

<sup>3</sup> 新疆气候中心, 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室, 乌鲁木齐, 830002

\*E-mail: 704747341@qq.com

**摘要:** 利用采自大兴安岭地区的樟子松树轮样本建立了 5 个海拔高度的树轮宽度标准化年表。相关分析发现, 树轮年表与多个月份的气候数据相关显著, 其中中高海拔和中海拔的合成年表与当年 5-7 月的平均最低气温的相关性达到 0.726, 低海拔年表与上年 8 月 - 当年 7 月的总降水量的相关性达到了 0.648 ( $p < 0.01$ )。在此基础上, 利用两个树轮宽度标准化年表分别重建了大兴安岭地区过去 211 年的当年 5-7 月平均最低气温和过去 214 年上年 8 月 - 当年 7 月的总降水量两条序列, 揭示了大兴安岭北部地区 1812-2022 年平均最低气温和 1809-2022 年降水的变化特征。重建方程的方差解释量分别为 0.528 和 0.421 (调整自由度后为 0.520 和 0.411), F 检验值为 65.896 和 42.850, 均超过了 0.01 的显著性水平, 重建序列的可靠性得到了气象灾害历史记录以及周边重建结果的支持与验证。重建温度和降水序列表现出明显的冷暖、干湿变化和周期性波动特征, 在过去 210 余年间, 该地区先后经历了两个偏暖阶段 (1896-1909 年和 2006-2020 年), 有两个偏冷阶段 (1882-1888 年和 1961-1987 年); 一个湿润期 (1928-1938 年), 一个干旱期 (1912-1914 年)。温度变化序列存在 2-2.5a、3.9a、5.2a、24a 和 68a 年周期变化特征, 降水变化序列存在 2.1a、2.5a 和 2.8a 年周期变化特征。空间相关分析表明, 重建温度和降水序列均能够较好地代表研究区域范围的水热变化。

**关键词:** 树木年轮; 樟子松; 重建; 大兴安岭

## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### 雅砻江径流重建与驱动因素分析

胡茂<sup>1,2</sup>, 陈峰<sup>1,2,3,\*</sup>

<sup>1</sup> 云南大学国际河流与生态安全研究院云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室, 昆明 650500;

<sup>2</sup> 云南大学西南联合研究生院, 昆明 650500; <sup>3</sup> 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室 / 中国气象局沙漠气象研究所新疆树木年轮生态实验室, 乌鲁木齐 830002

\*E-mail: feng653@163.com

**摘要:** 近几十年来, 全球变暖对青藏高原的径流产生了重大影响。作为长江上游最大的支流, 雅砻江以其丰富的水电资源而闻名, 在雅砻江流域建成了世界上最大的多能互补基地。然而, 由于缺乏长期、详细和可靠的雅砻江流域径流记录, 谨慎的水资源规划受到限制。在此, 我们根据七个采样点的云南云杉的复合年轮年表, 对雅砻江 10 月至 6 月的径流进行了重建。重建可追溯到公元 1480 年, 占 1962 年至 2012 年仪器流量变化的 46.5%。这一记录表明, 年代际太平洋振荡 (IPO) 和大西洋数十年振荡 (AMO) 是造成流量变化的主要因素。在过去的几个世纪里, 在年际尺度上发现了与温度的显著而稳定的相关性。预测表明, 未来气候变化可能导致雅砻江流域洪水灾害更加频繁。

**关键词:** 树木径向生长, 水文气候响应, 径流重建



F09

## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### Examining the 2022 drought event in the past and future discharge changes of the Upper Jialing River from a tree-ring perspective

陈友平<sup>1</sup>, 陈峰<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 云南大学国际河流与生态安全研究院, 昆明, 650500

\*E-mail: feng653@163.com

**Abstract:** The 2022 drought and discharge minimum in the Yangtze River basin had major economic and ecological consequences. Increasing discharge instability under projected climate change poses serious water resources management challenges, especially in the tributaries of major rivers that are potential water source areas of water transfer projects. Understanding the instability of future discharges needs a strong assessment of the natural variability of discharge lengths and intensities. In the absence of long-term instrumental records, past discharge characteristics can be extrapolated from paleo-records. Here, we develop a 301-year December–June discharge reconstruction specifically for the upper Jialing River, which is the largest tributary of the Yangtze River, based on a standardized composite chronology of the tree-ring widths of *Pinus bungeana*. The discharge reconstruction captured 40.5% of the variance observed in the instrumental record from 1961 to 2018. The reconstructed series indicates that the low discharge values in 2022 were unusually outside the normal historical range. Additionally, the recent period of 2019–2022 exhibited the highest average anomaly compared to the rest of the reconstruction period. These discharge variations are primarily influenced by the Tropical Pacific Index and the North Atlantic Oscillation. Climate model projections indicate that the risk of the upper reaches of the Jialing River regularly experiencing extreme low discharge (similar to 2022) is trending downward, with a probability of ~15% per year by 2100, while the risk of experiencing extreme high discharge is trending upward, with a probability of ~28% per year by 2100. Our reconstruction and future projections for the upper Jialing River provide an update on regional hydroclimatic change that may help improve water resource management in the future.

**Keywords:** Jialing River; Tree-ring; discharge reconstruction; drought signal



F10

## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### 吉隆藏布流域典型高频冰川型泥石流活动规律及其树轮地貌法重建指标

徐文君<sup>1</sup>, 马超<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>北京林业大学, 北京, 100083

\*E-mail: sanguoxumei@163.com

**摘要:** 吉隆藏布江流域热玛沟位于喜马拉雅山南坡, 降雨充沛, 受冰川退缩及强震影响, 该地区冰川型泥石流频发。本文基于 Landsat5 和 Landsat8 卫星数据, 利用 NDSII、NDWI 和 NDVI 指数分别区分 1988-2022 年上游冰雪区面积、物源 - 流通区冰碛物面积和堆积扇泥石流活动范围。研究表明: (1) 热玛沟上游虽然冰川面积较小, 但是总体呈退缩趋势, 尤其是支沟 I 的冰川退缩速度最快; (2) 研究的时间区间内共发生 10 场泥石流, 泥石流淹没区域面积与冰碛物物源面积成正比; (3) 泥石流支沟的活跃程度与其侵蚀速率密切相关, 高侵蚀率对应高频泥石流; (4) 通过对泥石流淹没区范围内的扰动树取样进行生长释放 / 抑制指标分析发现: 通常采用的指标在喜马拉雅这样高寒、降雨充沛的特殊环境中不适用。最后, 根据识别的泥石流事件, 重新拟定了树木年轮生长释放 / 抑制的指标, 新的指标可以为喜马拉雅类似的冰川型泥石流灾害史重建研究提供理论参考。

**关键词:** 沟道侵蚀度; 冰川面积变化; 泥石流活动范围; 灾害史重建



F11

## 会议摘要

### 专题六：树轮水文学和地貌学

自 1796 年以来，基于东北亚黑龙江（阿穆尔）流域树轮宽度的干旱重建及其与太平洋气候变异的关联

徐阳<sup>1</sup>，陈峰<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 云南大学国际河流与跨境生态安全重点实验室，云南昆明 650500，中国国际河流与生态安全研究所

\*Email: feng653@163.com

**摘要：**东亚持续干旱对经济和环境的影响日益引起关注，因此研究这些区域干旱的周期性和原因至关重要。自校准帕尔默干旱严重指数（scPDSI）已广泛用于描述区域干旱的严重程度，基于树轮的几个 PDSI 重建已经产生。我们编制了黑龙江（阿穆尔）流域上黑龙江（阿穆尔）流域哈尔滨松（*Pinus sylvestris* var. *Mongolica*）的两个站点的树轮年表。气候响应分析表明，自 5 月至 7 月，scPDSI 是限制树轮生长的主要因素。从树轮宽度年表重建了 1796 年以来哈尔滨地区 5 月至 7 月的平均 scPDSI。空间相关分析结果表明，该地区重建的 scPDSI 对气候变化的响应显著。对天气学的分析表明，黑龙江（阿穆尔）流域的干旱与 ENSO 和丝绸之路远程联系密切相关。大气水循环分析结果显示，水汽输送过程是该地区干旱发展的主要因素。

**关键词：**树轮；scPDSI 重建；海表温度；严重干旱；水分循环

## 会议摘要

## 专题七：灌木和热带亚热带树木年轮

## 高山灌丛生长和更新对气候变化的响应

芦晓明<sup>1</sup>, 梁尔源<sup>1,\*</sup>, 朱海峰<sup>1</sup>, Shalik Ram Sigdel<sup>1</sup>, Flurin Babst<sup>2</sup>, J. Julio Camarero<sup>3</sup><sup>1</sup>中国科学院青藏高原研究所, 北京, 100101; <sup>2</sup> Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona 85721 USA; <sup>3</sup> Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Zaragoza, Spain

\*E-mail: liangey@itpcas.ac.cn

**摘要:** 高山生物群落变化是全球变化研究的热点, 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。然而, 学术界对气候变化如何影响高山灌木线动态却知之甚少。本研究探究了气候变化对高山灌木生长和繁殖更新的影响。在灌丛生长方面, 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, 开展了树木年轮生态学研究。结果显示, 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。极端寒冷事件导致了两个海拔梯度带上山生柳的生长恢复力和恢复指数存在差异, 随海拔的升高呈下降趋势, 恢复时间显著延长。在灌木更新研究方面, 发现青藏高原中南部地区香柏灌木更新从 1870 年到 1900 年逐渐增加, 在上世纪 30 年代达到峰值, 随后开始下降。在格陵兰东部地区, 灌木的更新在上世纪 60 年代达到峰值, 随后显著下降。与气候要素的分析发现, 近几十年来气候变暖引起的干旱胁迫不利于高山灌木的繁殖更新。

**关键词:** 年轮; 灌丛; 生长; 更新; 气候变化



G02

## 会议摘要

### 专题七：灌木和热带亚热带树木年轮

#### Mixed of arbor-shrub significantly enhanced the drought stress adaptive capacity of plantation forests—An interpretation based on dendroecology

车存伟<sup>1</sup>, 肖生春<sup>2,\*</sup>, 彭小梅<sup>2</sup>, 苏靖茸<sup>2</sup>, 丁爱军<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 西北师范大学 地理与环境科学学院; <sup>2</sup> 中国科学院 西北生态环境资源研究院; <sup>3</sup> 甘肃农业大学 资源与环境学院

\*E-mail:xiaosc@lab.ac.cn

**Abstract:** Multispecies arbor-shrub mixed stands have long been applied in vegetation restoration of the Chinese Loess Plateau, and are expected to provide better production and ecosystem services than pure stands. However, whether higher species and structural diversity will help mitigate the limitations of drought on plantations growth remain poorly quantified. We collected samples of the arbor *Platycladus orientalis* Linn. and shrub *Caragana korshinskii* Kom. under different stand structures with the same site conditions, using dendroecological methods analyzed the resistance, recovery, and resilience of mixed and pure stands in response to extreme drought, and compared the differences of recovery capacity under different tree species and stand structures based on the theory of full resilience. Results suggest that drought has a lag effect on plantations growth. Radial growth of mixed and pure stands was mainly limited by drought stress in autumn and winter of the previous year and late spring and early summer of the current year. The recovery after the extreme drought of both planted *P. orientalis* and *C. korshinskii* mixed stands were significantly ( $P < 0.05$ ) higher than pure stands, and there are tradeoffs between resistance and recovery. Comparing the different tree species, even if the drought-induced *P. orientalis* growth reduction reaches 58.5% (*mixed stands*) and 41.6% (*pure stands*), it still has the possibility of recover fully, while *C. korshinskii* is difficult to recover to the previous level, and the mixed mode also affects the response of plantations to drought stress. Therefore, the growth habits and adaptability of different planted species to drought stress should be considered in the future afforestation projects, and select tree species with complementary traits for mixed planting. Taken together, these findings have important significance for mitigating the limitations of drought on plantations growth and maintaining the ecological function stability of plantations in the western Loess Plateau.

## 会议摘要

## 专题七：灌木和热带亚热带树木年轮

## 我国亚热带树木径向生长对 ENSO 振幅增强的响应研究

苏佳佳<sup>1</sup>, 勾晓华<sup>2,\*</sup>, Janneke Hille Ris Lambers<sup>3,4</sup>, 章典<sup>1</sup>, 郑无忌<sup>5</sup>, 谢明媚<sup>1</sup>, Rubén D. Manzanedo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>地理科学与遥感学院, 广州大学, 广州, 510006; <sup>2</sup>西部环境教育部重点实验室, 资源环境学院, 兰州大学, 兰州,

730000; <sup>3</sup> Plant Ecology, D-USYS, ETH Zürich, Institute of Integrative Biology, Zürich, Switzerland;

<sup>4</sup> Biology Department, University of Washington, Seattle WA98195-1800, USA;

<sup>5</sup> 生命科学学院, 中山大学, 广州, 510275

\*E-mail: suj2021@gzhu.edu.cn, xhgou@lzu.edu.cn;

**摘要:** 近几十年来, ENSO 振幅显著增强, 所引发的极端气候事件的增强影响着全球尤其是热带森林生态系统安全和碳循环。目前我们对 ENSO 振幅增强对热带森林碳储和安全所产生的具体影响及其作用机制知之甚少。本研究以我国亚热带森林为研究对象, 采用树轮学研究方法, 通过建立区域尺度树轮年表数据集, 在次大陆尺度上分析了亚热带树木径向生长与 ENSO 变化之间的关系及其时空变化特征和影响因素。结果显示, 近一个半世纪以来, 随着 ENSO 变率的增强, 我国亚热带地区对水分变化敏感的树木径向生长空间同步性呈现快速的增加趋势, 近期树木生长同步性的增强是过去 100 多年所未见的, 且这一趋势在区域干湿气候变化与 ENSO 有着密切关系的中国东南部低海拔森林中更为明显。近几十年来厄尔尼诺 / 拉尼娜事件频率和强度的增加, 通过增强区域干湿同步变化和增加极端干湿事件发生频率和强度, 是导致同步性增强的主要机制。我们的研究指示 ENSO 振幅的增加将进一步增强亚热带森林碳储的同步异常变化, 并对亚热带森林生态系统的稳定造成潜在威胁。

**关键词:** ENSO; 径向生长; 空间同步性; 亚热带森林; 莫兰效应



G04

## 会议摘要

### 专题七：灌木和热带亚热带树木年轮

#### 中国东南部晚材蓝光强度记录的 7-8 月最低温变化

彭昆宇<sup>1</sup>, 周非飞<sup>1,\*</sup>, 董志鹏<sup>2</sup>, 白毛伟<sup>3</sup>, 郑壮鹏<sup>4</sup>, 方克艳<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 福建师范大学地理科学学院, 湿润亚热带生态地理过程教育部重点实验室, 福建福州 350000;

<sup>2</sup> 枣庄学院, 旅游与资源环境学院, 山东枣庄 277160; <sup>3</sup> 国家自然灾害防治研究院, 北京 100085;

<sup>4</sup> 肇庆学院, 旅游与历史文化学院, 肇庆 526061

\*E-mail: zhouff1987@126.com, kfang@fjnu.edu.cn

**摘要:** 树轮蓝光强度是一种新的替代指标, 已被广泛应用于全球部分地区的温度重建, 具有很大的研究潜力。本文基于武夷山西北部马尾松树木年轮数据, 建立了一系列树轮宽度、早材蓝光强度、晚材蓝光强度和德尔塔蓝光强度年表。结果表明: 蓝光年表与气候因子的关系优于宽度年表; 早材蓝光强度年表与所有温度指标(平均温度、最高温度、最低温度)呈正相关, 而德尔塔和晚材蓝光强度年表与温度呈负相关。晚材蓝光强度年表在 1955-2021 年 7-8 月与最低温相关性最高 ( $r = -0.61, P < 0.01$ ), 重建方程方差解释量为 36.6%。重建序列的时间跨越为 1843 年至 2021 年, 记录了三个暖期(1843-1863 年, 1874-1888 年, 1992-2021 年)和一个冷期(1911-1991 年)。自 1950 年以来最低温迅速升温, 与周边温度重建的变化相似。研究结果显示, 中国东南部夏季最低温异常与西太平洋和印度洋的准两年振荡密切相关。

**关键词:** 树木年轮; 蓝光强度; 月平均最低气温; 武夷山西北部; 准两年振荡

G05

## 会议摘要

### 专题七：灌木和热带亚热带树木年轮

#### Development of Dendrochronology and its track in China since 1990 reflected by bibliometric analysis

冯晓筠<sup>1</sup>, 朱海峰<sup>1,\*</sup>, 梁尔源<sup>1</sup>, Jussi Grießinger<sup>3</sup>, 朱晓龙<sup>1</sup>, Achim Bräuning<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国科学院青藏高原研究所 生态系统格局与过程; <sup>2</sup>Friedrich-Alexander-University of Erlangen-Nuremberg Institute of Geography; <sup>3</sup>Paris-Lodron-University of Salzburg Department of Environment and Biodiversity

\*E-mail: zhuhf@itpcas.ac.cn

**Abstract:** Dendrochronology is a discipline that uses tree rings to study the history and dynamics of the earth system, such as climate change, natural disasters, and human activities. This study aims to evaluate the development of dendrochronology and its track in China from 1990 to 2022 using a bibliometric analysis approach. We screened the Web of Science Core Collection for documents related to dendrochronology and analyzed them according to indicators related to production, cooperation, citation, and keywords. Our study revealed that the number of dendrochronological publications increased continuously, reaching more than 800 in 2021, with the USA and China being the top two countries. The cooperation network of dendrochronology was mainly centered between North America and Europe, with China having a moderate level of collaboration with other countries and regions like the USA and Canada. Comprehensive research has been conducted within diverse fields of dendrochronology in the world and in China, but dendrochronological research focusing on forestry and climatology represented a slightly higher proportion of research originating from China. The integration of dendrochronology with other disciplines and techniques, such as remote sensing, artificial intelligence, and modeling, may be hotspots in future research, as indicated by the increasing co-occurrence analysis of keywords in the most recent years. This study suggests that Chinese Dendrochronology still requires improved international collaboration, diversified research topics beyond climate reconstructions, and greater emphasis on tree-ring techniques to advance this discipline globally, despite of its increasing rank of publications in the past decade.



H01

## 《《 会议摘要 》》》

**专题八：树轮学前沿方法**

**树木年轮解剖学最新研究进展**

**王晓春<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> 东北林业大学 林学院

\*E-mail: [littles0747@sina.com](mailto:littles0747@sina.com)

H02

## 会议摘要

### 专题八：树轮学前沿方法

#### 太阳辐射驱动全球多年代际水文气候协同变化

方克艳<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 福建师范大学地理科学学院, 湿亚热带生态地理过程教育部重点实验室, 福州 350007

\*E-mail: kfang@fjnu.edu.cn

**摘要:** 多年代际尺度的水文气候变化深刻影响社会、经济可持续发展, 是当前气候学研究的热点和难题。树木年轮是衔接现代气候与古气候, 研究多年代际尺度气候变化历史的理想材料。尽管全球许多地区已开展了基于树木年轮的水文气候重建研究, 但全球尺度上多年代际水文气候变化的格局仍然不清楚, 这很大程度是由于多年代际气候变化更容易受到生长干扰的影响。本研究构建全球 1586 个树轮宽度年表构建了树轮年表网络, 利用集成年表方法建立全球 23 个主要地形单元建立区域集成年表, 显示出比传统年表更强的年代际波动。研究发现, 在多年代际尺度上, 全球水文气候变化表现出协同变化特征, 并对太阳辐射呈现正响应。全球多年代际水文气候变化载荷最高的区域在青藏高原及其周边地区, 太阳辐射通过青藏高原季风和热带海气作用的放大效应, 调控全球多年代际水文气候循环。

**关键词:** 树木年轮; 水文气候变化; 多年代际; 太阳辐射



H03

## 会议摘要

### 专题八：树轮学前沿方法

#### Climate-affected multi-decadal variations of biogenic volatile organic compounds in *Pinus tabulaeformis* growth rings, Funiu Mountains

Zhenjiang Li<sup>1</sup>, **Ting Wang**<sup>1</sup>, Shengyun Liu<sup>1</sup>, Yafeng Yang<sup>1</sup>, Liu Yang<sup>1</sup>, Chenyi Yu<sup>1</sup>,  
Guanjie Wang<sup>1</sup>, Yi Hui<sup>1</sup>, Zongshan Li<sup>2</sup>, and Ximei Li<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou, 450046

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences,  
Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100085

\*E-mail: liximei009@126.com

**Abstract:** Environmental factors influence tree growth and chemical accumulation, tree rings provide a reliable proxy data for recording tree growth and historical environmental changes. Many studies confirmed the long-time series climatic and ecological memory from tree ring data, however, little is known whether there is long-term memory about biogenic volatile organic compounds (BVOCs) stored in tree special organs. Based on two tree discs of *Pinus tabulaeformis* from the Taihang Mountains, this study aim to explore whether there is long-series BVOCs memory in the tree rings and to analyze its long-term dynamics in relation to climate change. The tree discs were divided into seven 5-year-growth periods (1986-1989, 1990-1994, 1995-1999, ..., ect.), and the TD-GC-MS method was used to analyze the changes in BVOCs in different growth stages of *P. tabulaeformis*. This study detected a total of 292 BVOCs but only 18 same compounds were found throughout the seven growth stages. Temporal analyses showed decreasing trends for monoterpenes (0.026%/yr) and diterpenes (0.120%/yr) whereas alcohols and oxygenated monoterpenes showed increasing trends at 0.031%/yr and 0.042%/yr, respectively. Correlation analyses showed no obvious link to yearly precipitation while seasonal temperature had a negative effect on monoterpenes and diterpenes but positive effects on alcohols and oxygenated monoterpenes (all  $P < 0.05$ ). This study suggests that tree ring data can be used to study the dynamics of BVOCs and their correlation with climate change, which helps us to understand the long-term environmental and growth memory of trees.

**Keywords:** Climate change; Biogenic volatile organic compounds; *Pinus tabulaeformis*; Tree ring

## 《《 会议摘要 》》

## 专题八：树轮学前沿方法

## 基于树木年轮径切特征的卷积神经网络树种识别

高欣<sup>1</sup>, 杨立新<sup>1,\*</sup>, 陈振举<sup>1,2,3,4</sup><sup>1</sup> 沈阳农业大学林学院, 树木年轮实验室 / 辽宁辽河平原森林生态系统国家定位观测研究站, 沈阳 110866;<sup>2</sup> 中国科学院清原森林生态系统观测研究站, 沈阳 110164; <sup>3</sup> 中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室, 兰州 730000;<sup>4</sup> 吉林长白山森林生态系统国家野外观测研究站, 吉林二道白河 133613

\*E-mail: 285277489@qq.com

**摘要:** 卷积神经网络可以通过树木年轮样本构造特征图像实现物种识别的自动化。本研究通过建立树木年轮样本构造特征图像集, 选用 LeNet、AlexNet、GoogLeNet 和 VGGNet 4 个卷积神经网络模型, 实现基于树木年轮横切面的计算机自动化树种精准识别, 进而确定各模型的树种识别准确率, 明晰不同树种在自动识别中的混淆情况, 探测不同模型识别结果的差异。结果表明: 本研究训练的用于树种识别的卷积神经网络模型具有较好的可信度; 4 个模型中 GoogLeNet 模型树种识别准确率最高, 为 96.7%, LeNet 模型识别准确率最低 (66.4%); 不同模型对于所选树种的识别结果具有一致性, 表现为对蒙古栎识别准确率最高 (AlexNet 模型识别率达到 100%), 对臭冷杉的识别准确率最低。本研究中也存在类似结构树种的识别混淆情况。模型在科和属水平的识别准确率高于种水平; 阔叶树种因其显著的结构差异容易区分, 阔叶树树种的识别准确率高于针叶树。总体上, 通过卷积神经网络, 探测了树木年轮特征的深层信息, 达到树种的精准识别, 提供了一种快速便捷的自动树种初筛鉴定方法。

**关键词:** 树种识别; 树木年轮; 径切; 卷积神经网络



H05

## 会议摘要

### 专题八：树轮学前沿方法

#### 树轮稳定氧同位素在土壤水分重建中的应用及未来挑战

王璐<sup>1</sup>, 刘鸿雁<sup>2,\*</sup>, 陈德亮<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院亚热带农业生态研究所, 长沙, 410125; <sup>2</sup> 北京大学城市与环境学院, 北京, 100871;

<sup>3</sup> Department of Earth Sciences, University of Gothenburg, Gothenburg, 40530

\*E-mail: lhy@urban.pku.edu.cn

**摘要:** 土壤水分是评估农业和生态干旱的基本指标。目前, 长时间连续土壤水分记录缺乏, 严重影响了土壤水分的模拟和预测可靠性, 导致全球各地的农业和生态干旱评估结果准确性和可信度偏低。为此, 研究团队近几年基于树轮稳定氧同位素 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) 开展了系列土壤水分重建研究工作: 首先, 在中国干湿气候区分析了树轮  $\delta^{18}\text{O}$  与土壤水分的关系, 揭示了干湿气候区树木吸水深度差异, 指出了树轮  $\delta^{18}\text{O}$  存在重建土壤水分的潜力 [1]; 其次, 分别在西欧地区 [2]、青藏高原东南部 [3]、北欧地区重建了世纪尺度夏季土壤水分变化, 分析了历史视角下当前区域农业和生态干旱发生频率和强度, 评估了土壤水分 - 温度耦合强度, 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; 最后, 构建了一个包含 237 条序列的全球树轮  $\delta^{18}\text{O}$  数据库 [4], 发现超过 20% 的树轮  $\delta^{18}\text{O}$  年表与夏季土壤水分有显著相关 ( $P < 0.05$ ), 且干旱和湿润地区的相关系数无显著差异, 表明全球尺度树轮  $\delta^{18}\text{O}$  重建土壤水分的巨大潜力。目前重建过程中, 仍面临选择土壤水分产品和确定土壤水分重建深度两方面的主要挑战。

**关键词:** 树轮  $\delta^{18}\text{O}$ ; 土壤水分; 农业生态干旱; 重建记录 - 模式对比

## 会议摘要

## 专题八：树轮学前沿方法

## 基于多传感器融合的微钻阻力年轮检测和分析方法研究

胡雪杨<sup>1</sup>, 郑一力<sup>1\*</sup><sup>1</sup>北京林业大学工学院, 北京, 100013

\*E-mail: zhengyili@bjfu.edu.cn

**摘要:** 树木年轮检测是获取树木生长信息和树龄的主要方法。如何高效、微损、准确的进行树木年轮检测是一个长期的技术难点。本研究基于微钻阻力年轮检测技术, 对微钻阻力年轮检测平台, 微钻阻力年轮检测原理和微钻阻力信号分析方法展开研究。基于 RISC-V 架构 DSP 芯片和 MOA 面向消息队列的系统架构自主研发了仅 3mm 微小损伤的智能树木年轮微损检测系统, 为微钻阻力法年轮检测原理和分析方法的研究提供了高性能、可扩展的研究平台。基于该智能化年轮微损检测系统, 提出了数字型转矩传感微钻阻力年轮检测原理和基于轮辐式压力传感器的压力传感微钻阻力年轮检测原理, 提高了微钻阻力年轮检测方法的可靠性和准确性, 为构建多传感器融合的微钻阻力年轮检测技术提供基础。针对多传感器微钻阻力信号提出了基于 MCD-PCA 小波重构降噪的微钻阻力信号多传感器自适应融合算法、AMTD 微钻阻力检测信号自动年轮识别算法, 并提出了一种基于微钻阻力信号微密度建模的年轮组成性状分析方法。综上所述, 本文实现了基于微钻阻力年轮检测技术的高精度年轮识别和年轮组成性状指标提取, 为树木年轮学的研究提供一种高效、微损的数据获取方法, 为树木年轮微损检测设备在林业生产实践中的推广和普及提供了重要的技术支撑。

**关键词:** 年轮; 微损检测; 微钻阻力



H07

## 会议摘要

### 专题八：树轮学前沿方法

#### 树轮低频信号的样本总体代表性与样本需求量探讨

吴昊<sup>1,2</sup>, 方克艳<sup>1,\*</sup>, 李昕妍<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 福建师范大学湿润亚热带生态 - 地理过程教育部重点实验室, 福州, 350007;

<sup>2</sup> 东华理工大学水资源与环境学院, 南昌, 330013

\*E-mail: kfang@fjnu.edu.cn

**摘要:** 树木年轮年表利用多个样芯的平均值来抵消噪声, 由此加强年表的共同信号, 提高年表质量。样本总体代表性 (EPS) 是评估年表质量的重要指标, 然而, 尚未系统研究 EPS 如何反映年表中不同频率的信号质量。我们研究发现, 随着时间尺度的增长, 样芯的相关性有普遍下降的趋势, 因此, 使用传统的 EPS 很难保障长尺度信号的可靠性。我们提出了一种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。利用黄土高原的大量树轮样芯进行了大规模随机抽样测试, 结果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。因此, 利用树轮提取年代际或更长尺度的信号, 需要比提取全频域信号更大的样本量才能保证足够的代表性。总之, 由于样芯低频信号相关性的下降, 使用传统 EPS 估计年表质量将导致样本量不足, 分析长尺度气候变化时需要更加谨慎。

**关键词:** 样本总体代表性; 低频信号; 树轮样芯; 树轮年表; 树轮宽度

## 会议摘要

## 专题八：树轮学前沿方法

## 基于树木年轮重建的天山森林净初级生产力动态变化

王婷<sup>1,2</sup>, 包安明<sup>1,\*</sup>, 许文强<sup>1</sup>, 郑国雄<sup>3</sup>, Vincent NZABARINDA<sup>1</sup>, 于涛<sup>1,2</sup>, 黄晓然<sup>1,2</sup>, 龙刚<sup>1,2</sup>, 苏磊·乃比<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>中国科学院新疆生态与地理研究所 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 中国乌鲁木齐, 830011;

<sup>2</sup>中国科学院大学, 中国北京 100049; <sup>3</sup>兰州大学地球与环境科学学院, 中国兰州 730000

\*E-mail: baoam@ms.xjb.ac.cn

**摘要:** 气候变暖对全球高海拔地区产生了明显影响, 特别是对于中亚干旱地区, 其影响尤为显著。在干旱地区的山区, 森林扮演着调节区域气候、固定碳以及支持水土保持等重要角色。然而, 由于长期以来缺乏高分辨率数据, 森林生产力的趋势及其对气候变化的响应仍不明确。因此, 本研究在天山西部地区设置样地, 采集树轮数据, 以重建森林净初级生产力 (NPP)。同时, 利用气象站数据和 LASSO 回归技术, 识别影响森林生长的主要气候因素, 并探究森林净初级生产力对气候变化的敏感性。研究结果显示, 通过树轮数据重建的森林 NPP 能够有效捕捉到显著的碳转移事件, 并揭示了 1970 年至 2020 年期间天山中低海拔地区森林生产力的非显著增长, 该增长与气候变暖和降水增加相关; 湿度被确认为影响该地区森林生长的主要限制因素, 而随着降水量的增加, 温度与森林生长之间的关系并不一致; 持续的气候变暖将进一步加剧森林水分胁迫。总的来说, 对于缺乏长期实测数据的地区, 利用树木年轮重建的连续多年森林生长数据是一种理想的替代方案。这些数据在表达长时间序列的森林生产力变化趋势方面具有很高的可信度, 可为森林生态模型参数化提供重要依据。

**关键词:** 树木生态学; 森林净初级生产力; 敏感性分析; 气候变暖; 树轮宽度



H09

## 会议摘要

### 专题八：树轮学前沿方法

#### 古建筑木材树轮宽度测量方法的比较研究

许倩<sup>1</sup>, 周海宾<sup>1</sup>, 周宇<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091

\*E-mail: zhoyu@caf.ac.cn

**摘要:** 中国古建筑使用的木材数量众多, 树轮测年法在古建筑断代中拥有广阔的应用前景, 目前获取树轮宽度指标最为广泛的一种方法是生长锥法, 会对树干造成损伤, 不适用于古建筑木材, 因此对于古建筑木材树轮宽度测量还需要探索新的方法。本研究以山西地区华北落叶松为研究对象、图像分析为辅助手段, 使用传统显微镜法 (Lintab 6)、阻抗法、计算机断层扫描 (CT) 分别测量华北落叶松树的年轮信息。以 Lintab 6 型树木年轮分析仪测试结果作为真值, 分别计算阻抗法、计算机断层扫描 (CT) 的树轮宽度测量精度和树轮识别准确率; 分别使用 COFECHA、ARSTAN、dplR 等软件对三种方法测量得到的轮宽序列进行交叉定年以及树轮年表的建立, 将两种无损检测方法所获得的年表与传统显微镜法所获得的年表进行对比分析, 研究结果将在古建筑断代中应用树轮测年法提供理论和实践的补充。

**关键词:** 古建筑断代; 树轮年代学; 图像分析; 无损检测

H10

## 会议摘要

### 专题八：树轮学前沿方法

#### 中国西北干旱区两种优势针叶树种径向生长和 GPP 的关系

刘娜<sup>1</sup>, 武志涛<sup>1,\*</sup>, 杜自强<sup>1</sup>, 雷添杰<sup>1</sup>, 孙斌<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 山西大学黄土高原研究所, 太原, 030006; <sup>2</sup> 中国农业科学研究院农业环境与可持续发展研究所, 北京, 100081;

<sup>3</sup> 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京, 100091

\*E-mail: wuzhitao@sxu.edu.cn

**摘要:** 森林生态系统作为气候变化的敏感指标, 树木生长极易受到气候影响。本文基于树轮、GPP 和气象数据, 运用 Pearson 相关性分析 1982-2018 年贺兰山主要针叶树种初次生长关系及气候驱动。结果表明: (1) 云杉次生长与 2 月中旬的 GPP 呈显著正相关, 油松次生长与 2 月和 5-7 月的 GPP 呈显著正相关; 考虑滞后效应, 上年 11 月中旬和当年 2 月末的累积 GPP 对云杉次生长影响显著, 而小尺度的累积 GPP 与油松次生长关系更显著。(2) 云杉初次生长分别受上年和当年日照和降水影响, 油松初生长主要受当年日照限制, 次生长受当年日照和水分影响, 且油松对气候的响应时间更长。本研究以期对中国西北干旱区树干径向生长与冠层动态间的关系做进一步补充, 并为气候变化下中国西北干旱区植被修复和森林保护提供一定的理论指导。

**关键词:** 贺兰山; 针叶林; 树木年轮; GPP; 气候因素



H11

## 会议摘要

### 专题八：树轮学前沿方法

#### 不同经营模式华北落叶松径向生长及对干旱事件的响应

贾建恒<sup>1,2</sup>, 王恒<sup>1,2</sup>, 张子航<sup>1,2</sup>, 孙昊慷<sup>1,2</sup>, 韩佳轩<sup>1,2</sup>, 郭明明<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>河北农业大学林学院, 河北保定 071000; <sup>2</sup>河北省城市森林健康技术创新中心, 河北保定 071000

\*E-mail: guomingming901@163.com

**摘要:** 探讨不同经营模式树木径向生长对干旱事件的响应规律, 以期为气候变化背景下人工林可持续森林经营提供理论依据。2014年于河北省塞罕坝机械林场进行不同经营模式的华北落叶松人工林经营试验, 设置四种经营模式: 近自然经营、结构化经营、传统经营和对照, 于2021年采集不同经营模式、不同径级(胸径 > 20cm, 15—20cm 及胸径 < 15cm)的华北落叶松林树木年轮样芯, 计算胸高断面面积增量, 分析不同经营模式华北落叶松径向生长对2次干旱事件(2015和2018)的生态弹性响应(抵抗力、恢复力和弹力)。结果发现(1)不同经营模式不同径级华北落叶松对第一次干旱事件的生态弹性无差异(大径级华北落叶松对第1次干旱事件的恢复力除外); (2)除近自然经营模式外, 其他三种经营模式大径级华北落叶松对第2次干旱事件的弹力均显著低于第1次; (3)近自然经营模式大径级华北落叶松对第2次干旱事件的弹力显著高于结构化经营、传统经营和对照; (4)结构化经营模式中径级华北落叶松对第2次干旱事件的恢复力显著高于传统经营模式和对照, 三者与近自然经营模式均无显著差异; (5)对照组小径级华北落叶松对第2次干旱事件的抵抗力显著高于其他三种经营模式。综上, 大径级华北落叶松更适合采取近自然经营, 中径级华北落叶松更适合结构化经营, 经营导致林内小径级华北落叶松的抵抗力变差。

**关键词:** 塞罕坝; 华北落叶松; 森林经营; 径向生长; BAI

## 会议摘要

### 专题九：树轮与冰芯、石笋和湖泊等交叉学科

#### 淡水湖生物标志物 Group 1 长链烯酮：新的冷季温度指标及古温度重建应用

姚远<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 西安交通大学 全球环境变化研究院 陕西西安

\*E-mail: yaoyuan@xjtu.edu.cn

**摘要：**在最近几十年来，与全球气候整体变暖趋势相反，北半球大部分中纬度地区极端寒冷事件频繁发生，对当地的社会经济造成了重大影响。重建过去更长时间尺度的冷季节温度变化，对理解过去冷季节温度变化规律、驱动机制以及未来发展趋势至关重要。然而，目前能够可靠重建冷季节温度的代用指标仍然匮乏。最新研究表明，淡水湖中 Group 1 等鞭金藻产生的长链烯酮具有重建冷季节温度变化的巨大潜力。我们的研究发现 Group 1 长链烯酮偏好生长于北半球中、高纬地区碱性适中 (pH: ~7.3–8.8) 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。进一步我们将 Group 1 长链烯酮成功应用于我国东北大兴安岭和青藏高原东北部地区，明确了其具有较广泛的应用价值，并揭示了这些地区冷季节温度变化的驱动机制。在东北大兴安岭地区，我们利用 Group 1 长链烯酮重建了过去 300 年高分辨率的冷季节温度变化，通过与该地区的仪器观测和历史文献记录对比，证实了 Group 1 长链烯酮记录冷季节温度变化的可靠性。重建结果显示，相对于人类活动影响的工业革命时期（自 1850 年以来），自然背景条件下 1750-1850 年冷季节气候相对较暖。这主要由北极涛动驱动，而人为活动导致的温室气体变化并没有直接重要影响，表明地球内部的大气环流是我国东北地区近 300 年来冷季节温度变化的重要驱动因素。在青藏高原东北部，我们利用 Group 1 长链烯酮重建了过去 2000 年的冷季节温度变化。重建结果显示，从中世纪暖期到小冰期该地区冷季节呈现出整体升温趋势，而与之之前发表的区域至北半球尺度的暖季节降温趋势恰恰相反。这可能由北半球太阳辐射量和北大西洋副极地环流的季节性差异所导致。该研究结果表明小冰期在冷季节（至少在青藏高原东北部）并不是过去 2000 年以来最冷的时期。

## 会议摘要

### 专题九：树轮与冰芯、石笋和湖泊等交叉学科

#### 中国北方年纹层石笋记录指示的近 150 年降水与温度变化

卫莹莹<sup>1</sup>, 蔡演军<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 西华师范大学; <sup>2</sup> 西安交通大学全球环境变化研究院

\*E-mail: yanjun\_cai@xjtu.edu.cn

**摘要:** 石笋中稳定碳氧同位素记录是重建历史气候变化的重要支撑。本研究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 1869-2018AD 水文气候与环境演化历史。结果显示, 年纹层石笋氧同位素 ( $d^{18}O$ ) 反映了季风降水  $d^{18}O$  的变化, 进一步研究表明  $d^{18}O$  主要受控于东亚夏季风强度并且具有显著的多年代际波动, 与中国北方重建的过去 150 年东亚夏季风 (EASM) 降水变化的周期一致, 其中 ~20-30 年和 ~50-70 年的波动与太平洋年代际涛动 (PDO) 变化一致。此外, 石笋 LF36 碳同位素 ( $d^{13}C$ ) 与年纹层厚度自 1940AD 以来变率逐渐增大, 这一特征与过去 150 年的温度变化基本一致, 表明温度 (尤其是夏季温度) 可通过影响土壤呼吸作用与大气  $CO_2$  共同影响石笋  $d^{13}C$  和纹层厚度的变化。另外, 石笋  $d^{13}C$  记录自 1869AD 以来呈现逐渐偏负的变化趋势, 证实了全球温度、大气  $CO_2$  浓度及  $CO_2$   $d^{13}C$  值与石笋  $d^{13}C$  的紧密联系。

**关键词:** 龙凤洞 稳定同位素 亚洲季风降水 温度 土壤呼吸作用



## 会议摘要

### 专题九：树轮与冰芯、石笋和湖泊等交叉学科

#### 树轮年轮在大气汞历史重建中的应用

康虎虎<sup>1</sup>, 刘晓宏<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院 中国科学院青藏高原研究所; <sup>2</sup>陕西师范大学 地理科学与旅游学院

\*E-mail: xhliu@snnu.edu.cn

**摘要:**汞作为生物毒性较强的金属元素之一, 通过食物链富集进而威胁生态系统健康。汞在森林生态系统中的通量以及储量变化成为汞地球化学循环的重要影响因素。受汞监测记录的时空分布限制, 对汞的时空分布变化认识尚不全面。分布广泛的树木是环境汞污染的有效生物监测器之一, 能够利用树轮中的汞记录开展汞的时空分布变化研究。环境中的汞通过根系、叶片、树皮等组织吸收富集, 最终在树木年轮中得以保存。因此, 树轮能够重建污染历史并根据同位素比率反映地球化学循环特征。本文综述树木年轮汞浓度和汞同位素比率测量方法以及树轮汞浓度重建的应用, 探讨树轮汞同位素记录在环境重建中以及森林生态系统汞的地球化学循环研究潜力, 指出今后研究需要关注的问题。



## 会议摘要

### 专题九：树轮与冰芯、石笋和湖泊等交叉学科

#### Precisely constrained 134-ka strong monsoon event in the Penultimate Deglaciation by an annually laminated speleothem from the Asian monsoon domain

Jiahui Cui<sup>1</sup>, Jingyao Zhao<sup>1,\*</sup>, Xiyu Dong<sup>1</sup>, Carlos Pérez-Mejías<sup>1</sup>, Jing Lu<sup>1</sup>,  
Ye Tian<sup>1</sup>, Jian Wang<sup>1</sup>, Liangkang Pan<sup>1</sup>, Haiwei Zhang<sup>1</sup>, Hai Cheng<sup>1,2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Global Environmental Change, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; <sup>2</sup>State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, China; <sup>3</sup>Universal Scientific Education and Research Network (USERN), Xi'an, China

\*E-mail: zjy1230@xjtu.edu.cn

**Abstract:** The penultimate deglaciation was characterized by a sub-millennial-scale warm event in the Heinrich Stadial (HS) 11, termed the 134-ka event. However, its precise timing and structure remain poorly constrained due to the lack of high-resolution and precisely-dated records. We present an oxygen isotope record of a speleothem with well-developed annual lamina from Zhangjia Cave, located in north margin of Sichuan basin, characterizing Asian summer monsoon (ASM) changes in the 134-ka event, which included an increase excursion of ~149 years and decrease excursion of ~200 years, inferred from 3.3‰  $\delta^{18}\text{O}$  variations. This event also divided the weak ASM interval-II (WMI-II), corresponding to HS11, into two stages, the WMI-IIa from 132.8 to 134.1 ka and WMI-IIb from 134.4 to 136.4 ka. With a comparable climatic pattern globally, 134-ka event is essentially similar to the millennial-scale events in last glacial-deglacial period. Particularly, the observed weak-strong-weak ASM sequence from 138.8 to 132.8 ka is largely controlled by changes in the Atlantic Meridional Overturning Circulation forced by the meltwater of northern high-latitude ice sheets. Moreover, our results underpin that AMOC, rather than the global ice volume, is more critical to ASM variations during the last two deglaciation.

**Keywords:** Penultimate deglaciation; Asian summer monsoon; Heinrich Stadial 11; speleothem  $\delta^{18}\text{O}$  record



## 《《 墙报目录 》》》》



## 墙报目录

专题	展览者	题目	编号
专题一 树轮气候学	<b>李金建</b> (副教授) 成都信息工程大学	利用树轮宽度重建川西高原过去 2 个世纪年平均气温	A-P01
	<b>刘晶晶</b> (副研究员) 中国科学院西北生态环境资源研究院	中国北方中部过去 530 年干湿变化 及其与大气环流的联系	A-P02
	<b>付小斌</b> (硕 士) 江西农业大学鄱阳湖流域森林生态系统 保护与修复国家林业局重点实验室	庐山不同海拔条件下杉木径向生长 对气候因子的响应差异	A-P03
	<b>葛海龙</b> (硕 士) 西南林业大学水土保持学院	高黎贡山大树杜鹃径向生长及其对气候响应研究	A-P04
	<b>赵国清</b> (硕 士) 北京林业大学水土保持学院	青藏高原典型灌木近 40 年的生长动态 及其对气候变化的响应	A-P05
	<b>贾玉琪</b> (硕 士) 西藏农牧学院高原生态研究所	色季拉山急尖长苞冷杉径向生长 对气候因子的响应	A-P06
专题二 树轮生态学	<b>方从羲</b> (助理研究员) 中国科学院水利部 成都山地灾害与环境研究所	青藏高原东南缘横断山区气候 - 植被变化互馈机制及其对下游的影响	B-P01
	<b>孙 炼</b> (讲 师) 安徽师范大学地理与旅游学院	利用树轮稳定碳氧同位素分析水电开发 的环境效应	B-P02
	<b>陈国庆</b> (博 士) 兰州大学西部环境教育部重点实验室	季风边缘区不同生境油松径向生长对气候的响应	B-P03
	<b>赵冰倩</b> (硕 士) 北京林业大学林学院	Growth Sensitivity to Extreme Temperatures in Boreal Forests is Linked to Stand Density	B-P04
	<b>高雨萌</b> (硕 士) 云南大学生态与环境学院	元江干热河谷地区树木径向生长动态变化 及其与环境因子之间的关系	B-P05
	<b>张昕宇</b> (硕 士) 北京林业大学林学院	新疆天山西部伊犁河流域不同海拔 雪岭云杉生长衰退特征	B-P06
	<b>高道雄</b> (硕 士) 中国科学院西双版纳热带植物园	极端干旱后的恢复力下降增加了 思茅松死亡的脆弱性	B-P07
	<b>刘 力</b> (硕 士) 兰州大学资源环境学院	土壤呼吸对温度和降水变化的响应	B-P08
专题三 树轮稳定同位素	<b>刘赛男</b> (博 士) 中国科学院地质与地球物理研究所	南美亚热带季节树轮氧同位素重建月降水量	C-P01
专题四 树木形成层活动	<b>Margarita Popkova</b> Siberian federal university	Modeling the kinetics of cell enlargement of Larix Gmelinii Rupr (Rupr) in Central Siberia	D-P01



《《 墙报目录 》》

专题	展览者	题目	编号
	<b>Daria Belousova</b> Siberian Federal University	VS-CAMBIUM-DEVELOPER: a new forecasting tool to understand the dynamics of cambial activity of conifers under the influence of environmental factors	D-P02
<b>专题四 树木形成层活动</b>	<b>潘承钱 (硕士)</b> 贵州大学森林资源与环境研究中心	干旱对马尾松木质部形成和碳利用的影响	D-P03
	<b>程冬霞 (硕士)</b> 中国林业科学研究院林业研究所	落叶松形成层恢复活动和细胞周期基因配置密切相关	D-P04
	<b>刘光媛 (本科)</b> 兰州大学资源环境学院	甘南高原两个针叶树种径向生长对气候要素的响应	D-P05
	<b>吉红婷 (本科)</b> 云南师范大学地理学部	柬埔寨土地利用变化格局及其驱动因素研究	D-P06
	<b>刘洁 (本科)</b> 兰州大学资源环境学院	黄土高原不同造林树种非结构性碳水化合物季节动态监测研究	D-P07
<b>专题五 区域气候 集成重建</b>	<b>付恒 (硕士)</b> 中国科学院地质与地球物理研究所	过去 3Ma 以来东亚夏季风对北半球夏季温度的响应	E-P01
	<b>张博雅 (硕士)</b> 中国科学院地质与地球物理研究所	过去 700 年青藏高原周边地区夏季温湿风指数变化	E-P02
	<b>杨媛媛 (本科)</b> 中国科学院地质与地球物理研究所	长白山千年大喷发对东亚气候的影响	E-P03
<b>专题六 树轮水文学 和地貌学</b>	<b>郭玉琳 (工程师)</b> 新疆维吾尔自治区 气象局新疆维吾尔自治区气候中心	新疆阿勒泰地区夏季降水日变化特征	F-P01
	<b>刘可祥 (助理研究员)</b> 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所	Total Streamflow Variation for the Upper Catchment of Bosten Lake Basin in China Inferred from Tree-Ring Width Records	F-P02
	<b>徐文君 (硕士)</b> 北京林业大学水土保持学院	吉隆藏布流域典型高频冰川型泥石流活动规律及其树轮地貌法重建指标	F-P03
<b>专题七 灌木和热带亚热带 树木年轮</b>	<b>杨万敏 (硕士)</b> 西北师范大学 地理与环境科学学院	不同管理方式下黄土高原西部柠条径向生长及其对干旱胁迫的响应	G-P01
<b>专题八 树轮学前沿方法</b>	<b>杨绕琼 (博士后)</b> 中国科学院西双版纳热带植物园	水分条件影响云南松年轮解剖结构和径向生长	H-P01



## 墙报摘要

A-P01

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题一：树轮气候学

## 利用树轮宽度重建川西高原过去 2 个世纪年平均气温

李金建<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 成都信息工程大学

\*E-mail: ljj@cuit.edu.cn

**摘要：**根据川西高原北部 4 个岷江冷杉样本点的树轮样本建立区域树轮标准化年表 (RC)。与气象要素进行相关性分析发现，该地区的树木径向生长主要受气温影响，区域年表与多个月份的气温显著相关，尤其与前一年 10 月到当年 9 月 (P10-C9) 的平均气温相关性最高 ( $r=0.774$ ,  $P<0.01$ )。利用年表与平均气温的相关重建了 1800-2018 年 P10-C9 的平均气温，重建方程通过了统计检验，其解释方差为 59.9% ( $R_{adj}^2=59.2\%$ )。重建期间共经历了 4 个暖期和 5 个冷期，暖期为 1850-1860 年、1878-1895 年、1924-1963 年、1996-2013 年，冷期为 1808-1828 年、1832-1849 年、1961-1877 年、1910-1923 年、1964-1995 年，过去十年是重建期间最暖的十年。重建气温与 CRU 格点数据的空间相关性分析及与其他局地温度重建序列对比，证明重建结果具有代表性和可靠性。此外，利用集合经验模态分解 (EEMD) 分析，发现该地区的气温变化存在 3.03-3.57a、5.56-8.33a、11.11-25a、33.69a、73a、146a 周期，可能与 ENSO 循环、太阳活动、POD 以及 AMO 有关，需进一步探讨该地区气温变化的影响机制。



A-P02

## 《《 墙报摘要 》》》

### 专题一：树轮气候学

#### 中国北方中部过去 530 年干湿变化及其与大气环流的联系

刘晶晶<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室, 中国科学院西北生态环境资源研究院, 兰州, 730000

\*E-mail: liujj@lzb.ac.cn

**摘要:** 全球变暖背景下了解中国北方中部地区的干湿变化对深入研究历史气候事件具有重要科学意义。本研究遴选已发表的 24 条与研究区的暖季 (5~9 月) 干湿变化 (scPDSI) 显著相关的气候代用指标序列, 运用嵌套主成分回归法 (nested PCR) 重建了中国北方中部地区过去 530 年的干湿气候变化, 其中所选的序列包括 12 条树轮指标序列 (11 条宽度序列、1 条氧同位素序列) 和 12 条干湿序列 (DWI)。重建的暖季干湿序列与观测资料在 1950 - 2012 年间相关系数为 0.89 ( $n = 63$ ,  $P < 0.01$ ), 空间相关系数接近 0.6, 可代表中国北方中部地区干湿变化; 同时, 重建序列揭示出公元 1470-2012 年间, 中国北方中部地区在年代际尺度上出现过 7 个相对干旱或湿润的时段, 并发生过 10 次极端干旱事件, 其中公元 1701 - 1727 年间和 1985 - 2011 年发生过两个持续时间最长的干旱事件, 而 20 世纪二十年代的大旱仍然是过去 530 年以来最严重的干旱时期。重建序列与亚洲干旱序列 (MADA) 在年际尺度上显著相关 ( $r=0.39$ ,  $P<0.01$ ), 并且与其他学者在邻近区域建立的降水或干湿序列在年代际尺度上也有良好的可比性。多窗谱检测到重建的干湿序列存在 2-7 年以及 16、24、和 78 年的周期; 与海温场空间相关分析和极端时序叠加分 (SEA) 表明, 北大西洋涛动 (NAO) 可能调控着中国北方中部地区干湿变率。

**关键词:** 树轮; 旱涝指数; 干旱变率; 印度洋 - 太平洋; 北大西洋

A-P03

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题一：树轮气候学

## 庐山不同海拔条件下杉木径向生长对气候因子的响应差异

付小斌<sup>1,2</sup>, 刘苑秋<sup>1,2,3</sup>, 陈琦<sup>1,2</sup>, 段天择<sup>1,2</sup>, 王力行<sup>1,2</sup>, 潘颜乐<sup>1,2</sup>, 康王朝<sup>1,2</sup>, 邓文平<sup>1,2,3,\*</sup>

<sup>1</sup> 鄱阳湖流域森林生态系统保护与修复国家林业局重点实验室 (江西农业大学), 330045, 南昌; <sup>2</sup> 亚热带森林资源培育江西省重点实验室 330045, 南昌; <sup>3</sup> 庐山森林生态系统国家定位观测研究站, 332900, 江西庐山

\*E-mail: deng\_wen\_ping@126.com

**摘要:** 杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 作为一种重要的速生针叶木材种类, 在我国人工林木材资源中占据了很大的比重。研究中国亚热带地区不同海拔下先锋树种杉木的径向生长与气候因子的相关性和响应关系, 有助于了解杉木对长期气候变化的敏感性和适应性。从 2023 年 3 月—2024 年 3 月, 通过树干径向生长测量仪 (DENDROMETER) 和 HOBO 气象站, 对不同海拔杉木茎干年内径向变化和同期环境数据进行连续监测, 研究了杉木的径向生长与气候因子的相关性和动态关系。研究结果表明: (1) 200m 海拔和 400m 海拔杉木径向生长开始的较早, 700m 和 1000m 海拔杉木径向生长开始的相对较晚, 但最终的累计生长量 200m 和 400m 海拔显著低于 700m 和 1000m 海拔。(2) 200m 海拔和 400m 海拔杉木径向生长与温度因素为负相关, 而 700m 和 1000m 海拔杉木径向生长与温度因素呈正相关。(3) 随海拔升高, 杉木径向生长与降水和相对湿度的正相关呈降低趋势。温度和降水共同影响庐山地区的树木生长, 低温是 700m 和 1000m 海拔地区杉木径向生长的主要限制因子, 降水是 400m 和 700m 海拔地区杉木径向生长的主要限制因子。这些结果为气候变化背景下不同地区杉木的管理和可持续发展提供了参考和指导。

**关键词:** 杉木; 径向生长; 不同海拔; 气候



A-P04

## 墙报摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 高黎贡山大树杜鹃径向生长及其对气候响应研究

葛海龙<sup>1</sup>, 张卓亚<sup>1,2,\*</sup>, 许晨曦<sup>2</sup>, 李加喜<sup>1</sup>, 杨填填<sup>1</sup>, 张万雄<sup>1</sup>, 刘文<sup>3</sup>

<sup>1</sup>西南林业大学, 昆明, 650000; <sup>2</sup>中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029;

<sup>3</sup>云南农业大学, 昆明, 650500

\*E-mail: zhangzhuoya@swfu.edu.cn

**摘要:** 高黎贡山是中国生态安全建设最重要的屏障, 高原季风的边缘效应以及西南季风的深入使其成为季风亚洲区最为敏感和脆弱的气候地带。近年来, 愈发普遍的干旱对高黎贡山生态系统的可持续性构成了重大威胁。首次构建高黎贡山特有树种—大树杜鹃 (*Rhododendron protistum* var. *giganteum* (Forrest) D. F. Chamberlain) 标准宽度年表。结果表明: 大树杜鹃树轮与冬春季 (11-2月) 降水呈显著正相关 ( $r=0.48, p < 0.001$ ), 与冬春季 (11-4月) 最高温度呈显著负相关 ( $r=0.487, p < 0.001$ ), 冬春季水分可用性是大树杜鹃径向生长的主要限制性因素。由树轮年表当年与次年序列重建了 1864-2021 年 12-2 月的 SPEI2 指数变化, 方差解释量达 36.4%, 重建序列主要揭示了历史时期 SPEI2 的高频变化。确定了 11 个极端湿润年份 (1878、1882、1883、1885、1886、1887、1888、1950、1965、2008、2011) 和 8 个极端干旱年份 (1933、1945、1946、1947、1960、1999、2015、2021), 其中大多数得到了历史证据的证实。重建的干旱期与附近地区进行的其他基于树木年轮的干旱重建表现出广泛的一致性。研究结果证明大树杜鹃在水文气候重建中的潜力, 并为评估该地区长期气候变化提供了重要信息。

**关键词:** 高黎贡山; 大树杜鹃; 标准化降水蒸散指数; 气候响应

A-P05

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题一：树轮气候学

## 青藏高原典型灌木近 40 年的生长动态及其对气候变化的响应

赵国清<sup>1,2</sup>, 柳金昊<sup>3</sup>, 黄艳章<sup>3</sup>, 买尔当·克依木<sup>4</sup>, 李宗善<sup>3</sup>, 信忠保<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>北京林业大学水土保持学院, 北京, 100083; <sup>2</sup>北京林业大学山西吉县森林生态系统国家野外科学观测研究站, 北京, 100083; <sup>3</sup>中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085;

<sup>4</sup>中国科学院新疆生态与地理研究所沙漠绿洲国家重点实验室, 乌鲁木齐, 830011

\*E-mail: 1821346092@qq.com

**摘要:** 青藏高原被视为“地球第三极”, 其升温速率要远高于同期的全球平均水平, 是开展植被 - 气候关系研究的热点地区。高山灌木在青藏高原分布广泛, 且灌木分布区域也是青藏高原人口分布集中区, 对于评估青藏高原人口主要分布区气候变化有重要意义。目前, 利用树木年轮材料在青藏高原开展的相关工作主要是基于单一物种或样点尺度的气候敏感性和生态适应性研究, 而对于多样点、多物种条件下的对比研究还有待发展。本文为揭示青藏高原高山灌木径向生长对近四十年来气候变化的响应及应对极端干旱能力的差异, 构建了该地区 13 个样地 8 种灌木的树轮宽度标准年表, 利用帕默尔干旱指数 (PDSI) 定义极端干旱事件; 利用树轮宽度量化径向生长应对极端干旱事件的抵抗力 (Rt)、恢复力 (Rc) 及恢复弹力 (Rs)。结果表明, (1) 大多数灌木径向生长呈现显著增长趋势。在气候暖湿化背景下, 大多数灌木的生长动态较为一致, 均呈上升趋势, 且 1998 年后的上升趋势较为显著。遭受干旱的灌木均在 2007 年表现出明显的轮宽窄年。(2) 青藏高原典型灌木与温度的相关性明显强于降水。其中, 高山柏与温度的相关性最强, 且相比于最高温度和平均温度, 高山柏与生长季 (6~8 月) 最低温度的正相关性最为显著; 水桐子、柠条、杞柳与气候的相关性次于高山柏, 与多数月份 (上年 6 月 ~ 当年 10 月) 的温度呈弱的正相关, 与降水负相关; 而金露梅、窄叶鲜卑花、银露梅、金花小檗则与上年冬季 (10~12 月) 和当年春季 (3~5 月) 的温度呈弱的负相关。(3) 青藏高原的生态及气候条件适宜高山灌木生长。随干旱程度的加剧, 各灌木的抵抗力增强, 恢复力和恢复弹力减弱。在 2007 年的干旱事件中, 巴青县、囊谦县和八宿县的高山柏的抵抗力、恢复力、弹性力均优于其他灌木种; 杂多县的高山柏遭受干旱后生长水平进一步下降, 水桐子次之, 柠条的生态弹性最差。整体来看, 青藏高原高山灌木的生态适应性较强, 该地区的气候条件更适宜高山灌木生长。

**关键词:** 青藏高原; 灌木; 径向生长; 极端气候; 生态弹性



A-P06

## 墙报摘要

### 专题一：树轮气候学

#### 色季拉山急尖长苞冷杉径向生长对气候因子的响应

贾玉琪<sup>1,2,3</sup>, 赵国庆, 赵迎霞<sup>1,4</sup>, 周彭浩<sup>1,3</sup>, 任毅华<sup>5,\*</sup>

<sup>1</sup> 西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏林芝, 860000; <sup>2</sup> 青藏高原森林生态教育部重点实验室, 西藏林芝, 860000;

<sup>3</sup> 西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站, 西藏林芝, 860000;

<sup>4</sup> 西藏高寒植被生态安全重点实验室, 西藏林芝, 860000

\*E-mail:j3300182215@163.com

**摘要:** 全球气候变暖对树木生长有显著影响, 而不同树种的生长模式及其对气候响应决定着生态系统的发展和稳定。本研究以色季拉山绝对优势树种急尖长苞冷杉为研究对象, 利用树木年代学的方法, 结合 TASP-Win 及 ARSTAN 程序建立标准年表, 采用 Pearson 及 bootstrap 的计算方式对年轮宽度指数与 1961—2020 年气温、降水进行相关分析。结果显示: (1) 在偏低海拔, 限制急尖长苞冷杉生长的主要气候因子 (3700m、3900m) 为月均降水量、月均空气湿度、月最高温、最低温和月平均温, 而偏高海拔 (4100m、4300m) 则为月最高温、最低温和月平均温。随着海拔的升高, 急尖长苞冷杉对水分因子响应逐渐减弱, 而受温度制约作用逐渐加强。(2) 在偏低海拔, 急尖长苞冷杉与当年及前一年 7、8、11 月份月最低温呈显著负相关, 在较高海拔, 则仅与某一月份月最低气温呈负相关, 且与其他月份最低温无显著相关关系。可见研究区急尖长苞冷杉径向生长受低温限制。(3) 偏低海拔急尖长苞冷杉与前一年 7-10 月份最高温呈显著正相关, 与当年 12 月份最高温呈显著负相关, 随着海拔升高受限月范围逐渐缩小。(4) 在水分要素中, 急尖长苞冷杉径向生长与当年以及前一年 8、10 月份降水呈显著负相关, 与当年的 1、2、3 月份空气湿度呈负相关, 随着海拔梯度的升高, 树木生长与水分因子相关性逐渐减弱。研究表明, 急尖长苞冷杉径向生长对气候因子的响应, 在不同海拔梯度上表现出一定的差异, 该研究结果有助于加深树木对气候变化的响应及适应机制的认识。

**关键词:** 急尖长苞冷杉; 树木年轮; 气候响应; 色季拉山

B-P01

## 墙报摘要

## 专题二：树轮生态学

## 青藏高原东南缘横断山区气候-植被变化互馈机制及其对下游的影响

方从羲<sup>1,\*</sup>, 陈金雷<sup>2</sup>, 欧阳朝军<sup>1</sup>, 王璐<sup>3</sup>, 孙长峰<sup>4</sup>, 张权<sup>5</sup>, 文军<sup>6</sup>

<sup>1</sup>中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都, 610299; <sup>2</sup>中国科学院西北生态环境资源研究院, 兰州, 730000; <sup>3</sup>中国科学院亚热带农业生态研究所, 长沙, 410125; <sup>4</sup>西安交通大学, 西安, 710049;

<sup>5</sup>中国科学院地球环境研究所, 西安, 710061; <sup>6</sup>成都信息工程大学, 成都, 610225

\*E-mail: fangcongxi@imde.ac.cn

**摘要:** 横断山区 (HMA) 位于青藏高原东南部, 这一地区地形复杂、气候敏感、生态脆弱, 但其气候和植被覆盖间的耦合变化机制及其对下游四川盆地 (SCB) 的影响尚不清楚。本研究利用多源观测资料, 包括卫星数据和气象观测和再分析资料, 将 HMA 气候变化对植被覆盖的影响、植被覆盖变化对气候的反馈以及气候和植被变化的下游效应三个过程整合成了一个连贯的图景, 系统地揭示了区域植被和气候变化的特征和机制。研究发现: HMA 气温与植被盖度之间存在相互促进关系, 特别是在冬季最为显著, 春季次之, 但其它季节这种效应不明显。气温升高促进植被增长, 植被绿化反过来通过增加地面向大气的热通量加热大气。HMA 上空大气加热使大气柱变厚、高空气压升高, 高压异常通过西风向下游扩散至 SCB 上空, 最终导致 SCB 温度升高。这种效应可从冬季持续到次年春季, 进而导致春季 SCB 温度和植被盖度出现极大增加趋势。研究提供了一个独特的视角来理解和解释全球变暖背景下, 特定地理区域内植物生长与气候因素之间的复杂相互作用。研究结果可为预测变暖情景下青藏高原东南缘 HMA 气候和生态环境变化, 解译树轮数据, 以及评估模型模拟水平提供基本依据。

**关键词:** 横断山区; 归一化植被指数; 气候变化; 热通量; 下游效应



B-P02

## 《《 墙报摘要 》》》

### 专题二：树轮生态学

#### 利用树轮稳定碳氧同位素分析水电开发的环境效应

孙炼<sup>1\*</sup>, 刘新圣<sup>1</sup>, 赵业思<sup>2</sup>

<sup>1</sup>安徽师范大学 地理与旅游学院, 芜湖 241002; <sup>2</sup>南京大学 地理与海洋科学学院, 南京 210023

\*E-mail: sunlian\_ahnu@163.com

**摘要:** 中国水能资源蕴藏量和水电装机容量世界第一, 相较于水电开发对水域生态影响的系统研究, 水电开发的陆域生态效应仍然不清晰。我们的前期研究发现, 水库蓄水后 1-3 年内树木径向增长先增加后回落, 但是其机理不明。鉴于此, 我们采集了位于西南干旱河谷水库岸边山坡的云南松的 4 根树芯, 并测定了 1979-2020 年的树轮稳定碳、氧同位素比率 ( $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ ), 并计算了树木的潜在水分利用效率 (WUE)。研究发现,  $\delta^{18}\text{O}$  与当年 4 月 (生长季前) 的相对湿度和气温呈显著相关, 这与树轮宽度不同 (其与当年 5 月或旱季的气温和降水显著相关)。树轮  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$  之间相关性不强, 但是当去除蓄水后 1-3 年内的数据以后,  $\delta^{13}\text{C}$  和  $\delta^{18}\text{O}$  之间呈显著负相关。WUE 呈显著增长趋势, 且与树轮宽度呈显著负相关。这说明水电开发影响了水库周边的气象条件, 进而影响树木的光合作用和蒸腾作用, 从而改变树木生长。本研究对明晰水电开发的陆域生态效应以及有针对性的开展干旱河谷退化生态修复有现实意义。

**关键词:** 树木年轮; 稳定同位素; 水电开发; 环境效应

B-P03

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题二：树轮生态学

## 季风边缘区不同生境油松径向生长对气候的响应

陈国庆<sup>1,3,4</sup>, 张芬<sup>1,2,\*</sup>, 王岩<sup>3</sup>

<sup>1</sup>兰州大学, 西部环境教育部重点实验室, 兰州, 730000; <sup>2</sup>兰州大学, 甘肃省连城森林生态系统野外科学观测研究站, 兰州, 730000; <sup>3</sup>中国科学院地理科学与资源研究所, 陆地表层格局与模拟院重点实验室, 北京, 100101;

<sup>4</sup>中国科学院大学, 北京, 100101

\*E-mail: fzhang@lzu.edu.cn

**摘要:** 气候变化对森林生态系统产生严重影响, 并且在不同地区的影响有所差异。我国季风边缘区处于农牧交错带, 生态环境脆弱, 对气候变化异常敏感。本研究在季风边缘区不同地区采集了 9 个样点的油松树轮样本, 以探讨树轮生长对气候和极端干旱事件的响应。研究发现, 季风边缘区树木生长主要受干旱限制, 且温度和降水的差异导致区域间树轮气候响应模式有所不同。此外, 不同地区水热条件的差异以及温度和降水对干旱相对贡献程度的不同导致树木生长在极端干旱事件中表现出不同的生态弹性。同时, 我们研究发现, 气候变暖导致树轮气候响应模式发生改变, 当年气候要素对树木生长的相对作用逐渐凸显, 气候变化背景下该地区树木生长可能会受到严重限制。

**关键词:** 气候变化; 树轮; 油松; 季风边缘区



B-P04

## 墙报摘要

### 专题二：树轮生态学

#### Growth Sensitivity to Extreme Temperatures in Boreal Forests is Linked to Stand Density

Bingqian Zhao<sup>1</sup>, Yihong Zhu<sup>1,2</sup>, Lushuang Gao<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> State Forestry and Grassland Administration Key Laboratory of Forest Resources & Environmental Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

<sup>2</sup> Yale School of the Environment, Yale University, New Haven 06511, CT, United States

\*E-mail: gaolushuang@bjfu.edu.cn

**Abstract:** Exploring the spatio-temporal characteristics of boreal growth sensitivity and its climate drivers is the basis for assessing forest health and forest dynamics under climate change. However, the growth pattern of southern edge of boreal forest is poorly understood. *Larix gmelinii* dominated species distributed in southern edge of boreal forest help to clarify the trend. We studied radial growth patterns of 50 plots in the Greater Xing'an Mountains, confirmed that there were differences in growth sensitivity in different regions. Forest could be clustered spatially as Groups A and B based on radial growth. Growth sensitive events in group A were frequent after 1991, while group B had higher growth sensitivity before 1992. Low temperature rather than drought forced in forest decline in Group A under high stand density. In contrast, extreme high temperature was the main climatic factor inhibiting forest growth in Group B under low stand density. In addition to drought, an urgent need for understanding of the impact of extreme temperature events on boreal forest, with a specific emphasis on the effects of extreme low temperature. Thus, our study advocated the results further implies that changes in boreal forest response to climate change.

**Keywords:** growth sensitivity, stand density, the southern edge of boreal forest, *Larix gmelinii*

B-P05

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题二：树轮生态学

## 元江干热河谷地区树木径向生长动态变化及其与环境因子之间的关系

高雨萌<sup>1</sup>, 付培立<sup>2,\*</sup><sup>1</sup>生态与环境学院, 云南大学, 昆明, 650091;<sup>2</sup>热带生态学重点实验室, 中国科学院西双版纳热带植物园, 勐腊, 云南, 666303

\*E-mail: fpl@xtbg.org.cn

**摘要:** 元江干热河谷地区蒸发量常年大于降雨量, 是干旱易发区, 在干旱易发地区管理生产性森林需要了解物种对干旱生境的适应策略, 目前对于干热河谷地区树木径向生长季节动态的了解很。为了弄清当前元江干热河谷地区树木径向生长对气候因子的响应规律, 我们使用高精度径向生长监测仪监测了元江干热河谷地区 5 中主要树种的茎干径向生长动态, 并依据零增长模型的概念从数据中提取树木的日生长速率和树木水分亏缺诱导的茎干收缩数据, 研究其规律以及对环境因子的响应。结果表明该地区的落叶树木的径向生长模式表现为水分条件充分时增长, 水分亏缺时收缩; 而常绿树种则保持全年缓慢增加。同时, 该地区树木的日生长速率与日降水量呈显著正相关关系, 与日最高气温和饱和水汽压亏缺 (VPD) 呈显著负相关关系; 树木水分亏缺主要与日最高气温呈显著正相关, 与 VPD 和土壤水分含量 (20cm) 呈显著负相关。此外不同物种间存在轻微的种间差异。

**关键词:** 元江干热河谷; 树木径向生长; 高精度生长仪



B-P06

## 墙报摘要

### 专题二：树轮生态学

#### 新疆天山西部伊犁河流域不同海拔雪岭云杉生长衰退特征

张昕宇<sup>1,2</sup>, 高露双<sup>1,\*</sup>, 刘可祥<sup>2</sup>, 秦莉<sup>2</sup>, 张瑞波<sup>2</sup>, 韩新宇<sup>1</sup>, 赵冰倩<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北京林业大学林学院, 北京 100083; <sup>2</sup>中国气象局沙漠气象研究所, 中国气象局树木年轮理化研究重点开放实验室, 新疆树木年轮生态重点实验室, 乌鲁木齐 830002

\*E-mail: 1062455973@qq.com

**摘要:** 本文以新疆天山西部伊犁河流域优势树种雪岭云杉为对象, 采用树轮指数 (TRI) 和生长变化百分率 (GC) 的方法研究不同海拔 (1800、2300 和 2800 m) 雪岭云杉的衰退特征, 分析不同海拔雪岭云杉生长对干旱事件的响应差异, 揭示该地区海拔对树木生长衰退的影响。结果表明: 低海拔 (1800 m) 雪岭云杉呈现多次衰退, 但树轮指数法和生长变化百分率法判定的衰退时间存在差异。树轮指数表明, 低海拔雪岭云杉在 1927—1933 年、2007—2014 年期间出现了 2 次的持续大规模衰退; 生长变化百分率表明, 低海拔雪岭云杉在 1891—1893 年、1924—1926 年、1973—1975 年、2004—2009 年期间出现了 4 次生长衰退。上一年生长季帕尔默干旱指数 (PDSI) 显著影响不同海拔雪岭云杉径向生长。随着海拔上升, 当年生长季 PDSI 对雪岭云杉径向生长的作用呈现先显著增强再减弱的趋势。在极端干旱年份 (1917 年), 雪岭云杉生长衰退程度随海拔增加呈现增强趋势, 低海拔处树轮指数为 0.65, 比平均水平降低 35%, 而中 (2300 m)、高 (2800 m) 海拔则分别为 0.56 和 0.54, 显著低于平均水平 40%。1917 年的干旱事件对不同海拔雪岭云杉生长均存在 2 年的遗产效应, 1920 年树轮指数达到 0.9 以上, 接近正常水平。海拔因素对于干旱导致的森林衰退具有重要影响, 分布在水热条件相对较差的低海拔处的树木生长更易受到干旱事件的抑制作用, 进而引发了次数多、规模大的衰退事件。但在面对极端干旱时, 水热条件较好的中、高海拔处的树木也会出现更大程度的衰退事件。

**关键词:** 天山西部; 雪岭云杉; 生长衰退; 干旱事件; 海拔; 气候响应

B-P07

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题二：树轮生态学

## 极端干旱后的恢复力下降增加了思茅松死亡的脆弱性

高道雄<sup>1,2</sup>, 杨绕琼<sup>1</sup>, 范泽鑫<sup>1,3,4,\*</sup><sup>1</sup> 中国科学院西双版纳热带植物园, 热带森林生态学重点实验室, 勐腊 666303; <sup>2</sup> 中国科学院大学, 北京 100049;<sup>3</sup> 云南哀牢山森林生态系统国家野外科学观测研究站, 景东 676209; <sup>4</sup> 中国科学院核心植物园, 勐腊 666303

\*E-mail: fanzexin@xtbg.org.cn

**摘要:** 极端气候事件的频发 (高温、热浪等) 已导致全球多数森林生态系统中的树木出现大面积死亡, 严重损害了森林生态系统碳汇功能的持续性和稳定性。研究树木生长如何受到气候变化的影响将有助于确定树木死亡的直接原因。本研究利用无人机结合树木年轮方法对云南省重要的生态和经济树种思茅松 (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) 的高死亡率进行了调查, 并在其分布区域的 6 个地点分别采集了死亡和健康的思茅松进行对比研究。结果表明: 死亡的思茅松在死前的 5-10 年其基面积增量 (BAI) 便开始显著低于活树。气候响应分析发现活树和死树与生长季早期 (4 月) 的温度呈显著负相关而几乎与整个生长季 (3-9 月) 的 scPDSI 和 SPEI6 均有显著正相关。此外, 弹性分析也表明多数样点的死树在遭遇极端干旱事件后的弹性和恢复力要弱于活树, 死树在经历干旱后径向生长恢复较慢甚至停滞生长, 这似乎是思茅松大面积死亡发生的重要因素之一。总之, 我们的研究结果预示着气候变暖和更频繁且严重的季节性干旱可能会增加思茅松死亡的脆弱性, 并为将来应对极端气候变化下更好的保护和管理思茅松林提供了理论基础。

**关键词:** 极端气候; 干旱; 树木死亡



B-P08

## 《《 墙报摘要 》》》

### 专题二：树轮生态学

#### 土壤呼吸对温度和降水变化的响应

刘力<sup>1</sup>, 张军周<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 兰州大学资源环境学院

\*E-mail: zhangjz@lzu.edu.cn

**摘要：**随着 IPCC 第六次评估报告的发布，全球气温持续上升已成为全球气候变化的不容忽视的事实。控制温度上升已成为迫在眉睫的任务。根据报告指出，为了将全球气温控制在 2°C 以内，我们需要控制碳排放。而土壤作为陆地生态系统中最重要碳循环之一，也是地球上最大的碳库之一，承载着除净初级生产力以外的最大碳通量。因此，对土壤呼吸进行深入研究显得尤为重要。因此，通过对多项研究进行归纳分析，得出以下结论：随着温度的升高，土壤呼吸的 Q10 值对温度的敏感性会下降。此外，土壤呼吸速率的最适温度和温度极限存在一定的滞后。而土壤微生物呼吸并非简单地随温度升高而线性增加，而是受到其他因素的调控。此外，土壤水分通过氧气供应限制因子 b 的调节作用对土壤呼吸速率具有显著影响。虽然一定程度的降水增加可能会提升土壤呼吸速率，但是微生物呼吸和根际呼吸的响应并不明显，尤其是根际呼吸。综上所述，以上结论将为本人深入研究该领域提供更好的助力。

**关键词：**土壤呼吸 温度 降水 全球变化

C-P01

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题三：树轮稳定同位素

## 南美亚热带季节树轮氧同位素重建月降水量

刘赛男<sup>1,2</sup>, 许晨曦<sup>1,3,\*</sup>, Cláudia Fontana<sup>4</sup>, 安文玲<sup>1,3</sup>,Mario Tomazello-Filho<sup>4</sup>, 赵卿宇<sup>1,5</sup>, 赵亚茹<sup>1,2</sup>, 刘禹成<sup>1,2</sup>, 郭正堂<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; <sup>2</sup> 中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京 100049; <sup>3</sup> 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心, 北京 100044; <sup>4</sup> 圣保罗大学路易斯·德·奎罗斯农业学院, Piracicaba 13418-900; <sup>5</sup> 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074

\*E-mail: cxxu@mail.iggcas.ac.cn

**摘要:** 南美夏季风 (SASM) 将大西洋水分输送到南美大陆, 是南美洲热带和亚热带地区最重要的气候系统之一。过去南美地区树木年轮宽度表达微弱的气候信号及交叉定年困难等原因, 导致基于树轮研究南美夏季风的季节变化受到限制。在这项研究中, 我们采集了巴西南部的南洋杉, 将 1960-2016 年的每个年轮等份分割为四个部分 (第 1、2、3、4 部分)。利用年内树木年轮氧同位素 ( $\delta^{18}\text{OTR}$ ) 数据 (E.V.A 03w, E.V.Ar11e, E.V.Ar12e; 样本编号全称是 Erval Velho – Araucaria) 进行交叉测年, 提取气候信号并重建月降水量。年内  $\delta^{18}\text{OTR}$  存在明显的季节性变化和下降趋势并且记录了降水量  $\delta^{18}\text{O}$  值的变化, 年际  $\delta^{18}\text{OTR}$  记录了降水变化。每个年轮第 1 部分和第 2 部分的  $\delta^{18}\text{OTR}$  值与 SASM 开始时 (即 12 月) 的降水相关性最强。第 3 部分的  $\delta^{18}\text{OTR}$  值与 1-2 月的降水相关性最强, 第 4 部分的  $\delta^{18}\text{OTR}$  值与 2-6 月的降水有较强相关性。季节  $\delta^{18}\text{OTR}$  值可用于重建生长季的月降水量。重建月降水量与全球海面温度的空间相关性表明, ENSO 调节了巴西南部的季节性降水, 并影响了  $\delta^{18}\text{OTR}$  值。

**关键词:** 南洋杉; 树轮纤维素氧同位素; 降水氧同位素; 南美夏季风



D-P01

## 墙报摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### Modeling the kinetics of cell enlargement of *Larix Gmelinii* Rupr (Rupr) in Central Siberia

Margarita Popkova<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Siberian federal university

\*E-mail: popkova.marg@gmail.com

**Abstract:** Trees are a kind of natural archives of information about the environment. The internal factors of cell growth and maturation in combination with external conditions code the tree-ring structure of conifers. The process-based models of tree-ring growth contribute to better understanding of the link between environment, wood formation and structure and allow projecting further growth. In this study we apply the VS-model to model and analyse the intra-annual cell anatomy of *Larix gmelinii* Rupr (Rupr) growing in continuous permafrost zone of Central Siberia. Anatomical measurements obtained between 1950 and 2011 have demonstrated the low number of cells determining low tree-ring growth is due to the challenging climatic conditions of the permafrost zone. The parameterization of the VS-model provided highly significant positive correlations between simulated growth curves and initial tree-ring chronology ( $R = 0.65$ ). The results of timing procedure show that VS-model makes it possible to link climate and the tree-ring structure. The procedure revealed strong relationships between modelled growth rates and measured tracheid radial sizes for the full period 1950 - 2011. Seasonal observations of the number of cells during the season allow some important comparisons to be made. The results of timing procedure the growth rates modeled for the 2011 growing season fit well the timing ( $R = 0.91$ ) and the observed number of cambial and enlarging cells ( $R = 0.78$  and  $0.87$ , respectively). Moreover the comparison the number of days from the start of the growth season to when the first cell moved into the enlargement zone with the average growth rates during this period showed that years with low growth rates at the beginning of the growing season correspond to continuous lags in the cells escape from the cambial zone. Using a novel approach of timing of cell enlargement the number of enlarging cells modeled for the 2011 growing season was well matched with the number of enlarging cells observed on micro-cores collected in the field. However, the model was unsuccessful in accurately determining the end of the growing season, overestimating the season by a several weeks. This study has shown that the VS model successfully simulates xylogenesis for larch growing in the permafrost zone both in case of "average tree" and for individual plants. Even at the individual tree level, this approach to modelling intra-annual dynamics has great potential for studying how climate affects tree-ring growth and formation.

D-P02

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题四：树木形成层活动

**VS-CAMBIUM-DEVELOPER: a new forecasting tool to understand the dynamics of cambial activity of conifers under the influence of environmental factors****D. Belousova<sup>1,\*</sup>, V. Shishov<sup>1</sup>, M. Popkova<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Siberian Federal University

\*E-mail: daryadarya1611@gmail.com

**Abstract:** The seasonal tree-ring formation is the result of the adaptation to environmental influences in the changing climate. The structure of cambial cells is developing under the influence of internal biochemical processes and environmental factors. Tree-ring growth simulation models are a useful tool for analyzing these relationships. We have developed a new version of the VS-Cambium-Developer model of cambial activity in conifers based on the daily concentration of a growth inhibitor in cambial cells. The model is predictive and does not require manual adjustment of parameters for each year. The model can be used for long-term reconstruction or predicting the development of the cambial zone. The model calculates cell production and cambial kinetics for each season over a time period of direct daily climate observations. The algorithm is implemented by the R programming language and can be adapted to the VS-genn online platform. The model was tested on the measured seasonal production of cells from 1963 to 2011 of the *Larix Sibirica* in Southern Siberia (Bidzha, Khakassia). It was shown that climate conditions explain more than 50% of the variation in cell production.



D-P03

## 墙报摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 干旱对马尾松木质部形成和碳利用的影响

潘承钱<sup>1</sup>, 张珍<sup>1</sup>, 江沁宁<sup>1</sup>, 铁烈华<sup>1</sup>, 段洪浪<sup>1</sup>, 欧阳胜男<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>贵州省森林资源与环境研究中心, 林学院, 贵州大学, 贵阳, 550025

\*E-mail: snouyang@gzu.edu.cn

**摘要:** 全球气候变化导致极端干旱事件发生的频率增加。干旱抑制树木光合碳吸收、径向生长和根系养分吸收, 改变地上-地下碳利用过程。然而, 目前围绕干旱对成年大树木木质部发育特征、碳利用和养分利用影响的研究相对较少。本研究通过野外截雨实验模拟不同干旱强度, 利用微树芯法观察干旱对成年马尾松木质部形成过程和解剖结构特征的影响。同时, 结合异速生长模型和不同生长季全株植物样本的采集, 分析不同器官生物量增长、非结构性碳水化合物 (Non-structural carbohydrates, NSCs) 和养分含量的季节变化。研究推测, 干旱将缩短木质部形成时间, 减小管腔和管胞直径, 增加细胞壁厚度, 且干旱强度越大, 产生的木质部细胞数量越少。干旱也会降低地上部分叶片和茎的 NSC 库, 随着干旱时间的延长, 根系 NSC 库也呈现下降的趋势。研究表明, 成年马尾松氮磷利用过程具有明显的受季节动态。地上-地下 NSC 存储库有利于马尾松应对干旱导致的碳失衡。木质部发育动态对干旱的敏感性高, 并且生长季细胞数量明显受土壤水分供应的影响。本研究有助于深入了解干旱对成年树木生长、发育过程中能量和资源利用的影响, 为评估未来干旱加剧背景下林木的生长和死亡提供重要的参考依据。

**关键词:** 马尾松; 木质部形成; 碳利用; 养分利用



D-P04

《《 墙报摘要 》》》

专题四：树木形成层活动

落叶松形成层恢复活动和细胞周期基因配置密切相关

程冬霞<sup>1</sup>, 王昕昊<sup>1</sup>, 王聪丽<sup>1</sup>, 李湘漪<sup>1</sup>, 叶查龙<sup>1</sup>, 李万峰<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 林木遗传育种全国重点实验室, 中国林业科学研究院林业研究所, 北京, 100091

\*E-mail: liwf@caf.ac.cn

**摘要:** 温带树木的休眠解除和恢复活动主要受温度控制, 并受年龄影响, 但其潜在的分子机制仍不清楚。在这项研究中, 我们探讨了冬季低温和春季暖温对落叶松休眠解除和恢复活动的影响。此外, 我们还确定了细胞周期基因与形成层细胞分裂之间的关系。结果表明, 低温整体加速了落叶松发芽, 且低温时间越长, 发芽所需时间越短。休眠解除后, 温暖的温度会诱导细胞周期基因的表达; 当细胞周期基因的配置值达到 4.97 时, 形成层细胞分裂, 落叶松恢复活动。这项研究有助于预测气候变化对木材产量的影响, 并为温室育苗提供技术支持。

**关键词:** 落叶松; 年龄; 温度; 形成层; 恢复活动





D-P05

## 《《 墙报摘要 》》》

### 专题四：树木形成层活动

#### 甘南高原两个针叶树种径向生长对气候要素的响应

刘光媛<sup>1</sup>, 张军周<sup>1,\*</sup>, 孙起鹏<sup>1</sup>, 李玉麟<sup>1</sup>

<sup>1</sup>兰州大学资源环境学院, 兰州, 730000

\*E-mail: zhangjz@lzu.edu.cn

**摘要:** 在甘南高原迭部县采集微树芯检测青杆和油松形成层活动与年内径向生长, 探讨全球变暖背景下高原地区树木生长对气候的响应。我们发现: 两个针叶树种生长开始时间都在五月底到六月初; 细胞壁加厚开始时间在六月初; 细胞在六月底开始成熟; 细胞扩大停止时间在八月中旬; 细胞壁加厚停止时间在九月初。细胞分裂数量青杆较多, 约为 50 个, 油松较少, 约为 20 个。对物候开始与结束时间进行相关性分析得出: 细胞壁加厚开始时间和细胞成熟开始时间与木质化结束时间呈正相关; 木质部活动开始受温度和降水的影响, 生长最大速率发生在夏至前后, 结束受温度影响; 细胞总数受温度和降水影响。这些结果揭示针叶树种的生态生理机制, 为当地生态保护与森林管理提供科学依据。

**关键词:** 针叶树; 微树芯; 径向生长; 气候响应

D-P06

## 墙报摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 柬埔寨土地利用变化格局及其驱动因素研究

吉红婷<sup>1,2,3</sup>, 张超<sup>1,\*</sup>, 张军周<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> 云南师范大学地理学部, 昆明 650500; <sup>2</sup> 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000;

<sup>3</sup> 兰州大学甘肃连城森林生态系统野外科学观测研究站, 兰州 730333

E-mail: zhangc.18b@igsnr.ac.cn

**摘要:** 土地利用 / 覆被变化是人类活动对地球表层及全球变化影响研究的重要内容, 柬埔寨作为“一带一路”公共服务平台建设的重要参与国, 研究其土地利用对于支撑中柬共建“鱼米走廊”具有重要意义。基于 GLC\_FCS30 等多源异构数据, 采用土地利用转移矩阵、土地利用动态度及多元线性回归模型, 分析了 2000—2020 年柬埔寨土地利用变化时空特征及驱动因素。结果表明: (1) 柬埔寨土地利用以耕地和林地为主, 耕地集中分布在中部平原和湄公河流域, 林地主要位于东北和西南部山区; (2) 各土地类型面积变化差异显著, 常绿 / 落叶阔叶林显著减少, 耕地增加量占转移面积 41.35%, 主要来源于林地, “农进林退”特征突出; (3) 2000—2010 年和 2010—2020 年综合土地利用动态度分别为 0.1%、0.35%, 土地利用变化速率呈加速态势; (4) 社会经济因素是土地利用变化主要驱动因素, GDP、橡胶产量、城市化率、蔬菜产量、人口数量是关键驱动因子。研究可为柬埔寨土地资源可持续利用和优化农业布局提供科学依据。

**关键词:** 土地利用变化; 多元线性回归; 驱动因素; 柬埔寨



D-P07

## 墙报摘要

### 专题四：树木形成层活动

#### 黄土高原不同造林树种非结构性碳水化合物季节动态监测研究

刘洁<sup>1,2</sup>, 张军周<sup>1,2,\*</sup>, 王丽娟<sup>1,2</sup>, 刘俊俊<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室, 兰州市, 730000;

<sup>2</sup> 甘肃省连城森林生态系统野外科学观察研究站, 兰州市, 730333

\*E-mail: zhangjz@lzu.edu.cn

**摘要:** 黄土高原土质疏松, 地形易破碎, 植被较稀疏, 是我国生态脆弱区和敏感区。近年来, 黄土高原温度持续升高, 使其干旱程度增加、土地退化加剧, 严重影响到黄土高原人工林保育和管理。干旱胁迫会降低树木储存的非结构性碳水化合物 (NSC), 最终导致树木因缺乏代谢所需的 NSC 生长下降或死亡。本研究以黄土高原典型造林树种小叶杨、刺槐和山杏为研究对象, 连续 2 年 (2022 和 2023 年) 在生长季 (5-9 月) 对各树种不同器官 NSC 含量季节动态进行了监测研究。结果发现: 不同树种叶片 NSC 含量没有明显的年内变化趋势, 说明树木的光合能力在生长季基本没有变化; 各树种枝条 NSC 含量均在 7 月达到峰值后下降, 9 月又呈上升趋势, 说明枝条 NSC 变化与树木生长高度耦合, 在生长季后期, 树木使用了较多的 NSC 来进行细胞壁加厚, 生长结束后 NSC 储存在体内用于来年树木生长; 由于观测时间较短, 且两年的气候要素相似, 暂时没有发现 NSC 含量与气象数据响应关系, 后续还将继续监测研究。本研究初步探讨了树木生长与 NSC 的响应关系, 将为树木生长对气候变化响应的机制提供基础数据。

**关键词:** 可溶性糖; 淀粉; 树种; 黄土高原

E-P01

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题五：区域气候集成重建

## 过去 3Ma 以来东亚夏季风对北半球夏季温度的响应

付恒<sup>1,2</sup>, 史锋<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院新生代地质与环境重点实验室, 北京, 100029;<sup>2</sup> 中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京, 100049

\*E-mail: shifeng@mail.iggcas.ac.cn

**摘要:** 全球增温现象已成为一个紧迫的全球问题, 了解大尺度温度变化对东亚夏季风的影响有助于预测季风变化的未来趋势, 从而更好地应对我国未来可能出现的旱涝转型和极端事件。虽然学界普遍接受冰期古季风弱、间冰期古季风强的观点, 但近期研究却发现古季风和古温度两者在过去千年百年尺度存在显著的负相关关系。那么在更长时间尺度两者的关系是否稳定, 这仍是未解决的难题。本研究基于通用地球系统模式 (CESM) 开展的过去 3Ma 以来气候模拟试验, 分析了过去 3Ma 以来东亚夏季风和北半球夏季温度的变化特征。结果表明, 东亚夏季风与北半球温度在千年尺度基本上同步变化。同步变化的物理机制是轨道参数岁差变化导致北半球夏季高纬太阳辐射变化, 通过调整海陆热力对比, 影响海洋向大陆输送水汽的能力, 从而同步调控了夏季风变化。但过去 80 万年夏季风降水的空间分布模态主要由低层风场变化所支配, 而非显著受制于冰期与间冰期交替的大尺度温度变化, 意味着影响季风降水时间演化和空间演变的因子并不相同。本研究为理解千年尺度亚洲季风的变化机制和评估其未来变化长期趋势提供了参考。

**关键词:** 过去 3Ma; 东亚夏季风; 千年尺度

**关键词:** 土地利用变化; 多元线性回归; 驱动因素; 柬埔寨



E-P02

## 《《 墙报摘要 》》》

### 专题五：区域气候集成重建

#### 过去 700 年青藏高原周边地区夏季温湿风指数变化

张博雅<sup>1,2</sup>, 史锋<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院新生代地质与环境重点实验室, 北京, 100029;

<sup>2</sup> 中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京, 100049

\*E-mail: shifeng@mail.iggcas.ac.cn

**摘要:** 青藏高原是我国近 60 年来变暖速度最快的地区, 其变暖导致青藏高原极端气候事件频发, 对当地人民的生产和健康产生了深远影响。然而, 关于青藏高原人类生物气象学数据仅有最近几十年的观测历史, 对于工业革命以前气候环境与人类健康之间关系的演化规律鲜有报道。故本文利用树轮宽度年表重建了青藏高原南部和东南部过去 700 年夏季 (6-8 月) 温湿风指数, 用于反映室外气候环境与人类健康演化历史。结果表明: 青藏高原南部夏季温湿风指数 1961 年以来的上升趋势并非是史无前例, 在 15 世纪 40-90 年代出现更快速的上升趋势, 那时西藏在帕竹巴政权管理下社会经济状况相对稳定, 人口呈缓慢增长趋势。青藏高原东南部夏季温湿风指数 1961 年以来的上升趋势是近 700 年来最快的, 却仍处于温湿风指数的适宜范围, 不会影响当地居民的健康生活, 但如果这一上升趋势持续下去将对人的健康生活带来更大的不确定性。15 世纪前 50 年是青藏高原南部和东南部过去 700 年夏季温湿风指数最低的时期, 可能是大型火山喷发诱发的极端时期。温湿风指数的大幅下降会使高海拔地区的氧含量随之下降, 引发慢性高原病, 并减少当地居民的平均寿命。这一研究为理解古气候环境与人类健康之间的关系提供了新的视角。

**关键词:** 温湿风指数; 人类健康; 树轮宽度; 综合比例合成法



E-P03

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题五：区域气候集成重建

## 长白山千年大喷发对东亚气候的影响

杨媛媛<sup>1,2</sup>, 史锋<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029; <sup>2</sup> 中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京, 100049

\*E-mail: shifeng@mail.iggcas.ac.cn

**摘要:** 长白山千年大喷发被火山学界认为是过去 2000 年以来全球最大规模的普林尼式火山喷发之一。岩石地球化学证据表明, 千年大喷发不仅产生了巨量火山碎屑物, 还可能向大气中排放了高达 45Tg 的硫化物, 然而却鲜有证据表明此次火山喷发对东亚气候产生显著影响。鉴于此, 本研究梳理了北半球过去 2000 年高分辨率树轮记录, 并利用通用地球系统模式 (CESM) 开展了长白山火山喷发敏感性试验。结果表明: (1) 北半球树轮宽度在公元 945 年负异常最显著, 推断长白山火山千年大喷发 I 期可能发生在公元 944-945 年。(2) 基于岩石地球化学证据的气候模拟结果显示, 长白山火山活动导致了东亚中高纬气温显著降温, 同时引起中低纬降水显著减少。推断公元 945 年类厄尔尼诺态海温和布鲁尔-多布森环流部分抵消了火山喷发的气候效应, 导致长白山火山对东亚气候影响显著低于同量级热带火山对东亚的影响。本研究为长白山火山喷发高硫排放与气候代用记录弱响应之间的矛盾提供了一种新解释。

**关键词:** 长白山千年大喷发; 气候模拟; 树轮宽度; 火山强迫



F-P01

## 《《 墙报摘要 》》》

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### 新疆阿勒泰地区夏季降水日变化特征

郭玉琳<sup>1,2,3,\*</sup>, 张同文<sup>1</sup>, 赵勇<sup>3</sup>

<sup>1</sup>新疆维吾尔自治区气候中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; <sup>2</sup>新疆阿勒泰地区气象局, 新疆 阿勒泰 836500;

<sup>3</sup>成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225

\*E-mail: 562939249@qq.com

**摘要:** 阿勒泰地区位于新疆最北部, 已有针对该区域降水的研究大多使用日降水及以上尺度资料, 降水日变化特征分析相对较少。基于阿勒泰地区 8 个国家气象站 2011—2020 年夏季 (6—8 月) 逐小时降水资料, 分析降水特征量 (包括降水量、降水频次和降水强度) 的日变化规律。结果表明: 总降水量和总降水频次的峰值出现在白天, 谷值出现在夜间。夜间降水多于白天, 持续时间与降水频次负相关。总降水量最大值存在“西多东少, 北多南少”的空间分布; 不同等级降水特征量总体表现为由沿山区和山麓丘陵区向河谷平原区减少的特征; 不同持续时间降水特征量的贡献存在区域差异主要由于短历时降水。

**关键词:** 降水量; 降水频次; 降水强度; 日变化; 阿勒泰地区

F-P02

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题六：树轮水文学和地貌学

**Total Streamflow Variation for the Upper Catchment of Bosten Lake Basin  
in China Inferred from Tree-Ring Width Records****Kexiang Liu**<sup>1,2,3</sup>, Tongwen Zhang<sup>4,\*</sup>, Huaming Shang<sup>1,2,3</sup>, Yuting Fan<sup>1,2,3</sup>,  
Shulong Yu<sup>1,2,3</sup>, Shengxia Jiang<sup>1,2,3</sup>, Weiyi Mao<sup>1,2,3</sup>, Xinchun Liu<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; <sup>2</sup>Key Laboratory of Tree-Ring Physical and Chemical Research of China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; <sup>3</sup>Xinjiang Key Laboratory of Tree-Ring Ecology, Urumqi 830002, China; <sup>4</sup>Xinjiang Climate Center, Urumqi 830002, China

\*E-mail: zhangtw@idm.cn

**Abstract:** Bosten Lake Basin not only is a major source of drinking water for the residents of the surrounding area, but also maintains the ecological balance of the region. However, with the influence of climate change and human activities, the water level of Bosten Lake fluctuates sharply and has a great impact on the surrounding ecological environment. Therefore, the study of its historical water flow changes as a reference has become a focus of research. In this study, the radial growth of Schrenk spruces (*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.) significantly correlated with the tributary streamflow coming from the mountainous region near Bosten Lake Basin. On the basis of this good coherence, the tree-ring chronologies were used to reconstruct the streamflow for Huangshuigou River from the previous August to the present July ( $r = 0.766$ ,  $P < 0.0001$ ,  $n = 50$ ). The reconstructed streamflow series matched observations well, explaining 63.3% of the variation in the observed streamflow of 1956–2005. Then, the sum of the streamflow reconstruction of Huangshuigou River and another two tree-ring-based streamflow reconstructions (Kaidu River and Qingshui River) was used to represent the hydrological variation of the upper catchment of Bosten Lake Basin, and the reconstruction sequence was 306 years. The 10.7, 5.5, and 2.1 year cycles of the power spectrum and wavelet analysis revealed that the runoff series reconstructed from tree-ring hydrometeorology was related to solar activity. Some dry and wet years in the reconstructed streamflow series of the upper catchment of Bosten Lake Basin corresponded to the historical record. During the wet years, the Indian Ocean was probably the main source of precipitation.



F-P03

## 《《 墙报摘要 》》

### 专题六：树轮水文学和地貌学

#### 吉隆藏布流域典型高频冰川型泥石流活动规律及其树轮地貌法重建指标

徐文君<sup>1</sup>, 马超<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>北京林业大学, 北京, 100083

\*E-mail: sanguoxumei@163.com

**摘要:** 吉隆藏布江流域热玛沟位于喜马拉雅山南坡, 降雨充沛, 受冰川退缩及强震影响, 该地区冰川型泥石流频发。本文基于 Landsat5 和 Landsat8 卫星数据, 利用 NDSII、NDWI 和 NDVI 指数分别区分 1988-2022 年上游冰雪区面积、物源 - 流通区冰碛物面积和堆积扇泥石流活动范围。研究表明: (1) 热玛沟上游虽然冰川面积较小, 但是总体呈退缩趋势, 尤其是支沟 I 的冰川退缩速度最快; (2) 研究的时间区间内共发生 10 场泥石流, 泥石流淹没区域面积与冰碛物物源面积成正比; (3) 泥石流支沟的活跃程度与其侵蚀速率密切相关, 高侵蚀率对应高频泥石流; (4) 通过对泥石流淹没区范围内的扰动树取样进行生长释放 / 抑制指标分析发现: 通常采用的指标在喜马拉雅这样高寒、降雨充沛的特殊环境中不适用。最后, 根据识别的泥石流事件, 重新拟定了树木年轮生长释放 / 抑制的指标, 新的指标可以为喜马拉雅类似的冰川型泥石流灾害史重建研究提供理论参考。

**关键词:** 沟道侵蚀度; 冰川面积变化; 泥石流活动范围; 灾害史重建

G-P01

## 《《 墙报摘要 》》

## 专题七：灌木和热带 / 亚热带树木年轮

## 不同管理方式下黄土高原西部柠条径向生长及其对干旱胁迫的响应

车存伟<sup>1,2</sup>, 张明军<sup>1,2,\*</sup>, 杨万敏<sup>1,2</sup>, 王圣杰<sup>1,2</sup>, 张宇<sup>1,2</sup>, 刘灵灵<sup>1,2</sup><sup>1</sup> 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070;<sup>2</sup> 甘肃省绿洲资源环境与可持续发展重点实验室, 甘肃 兰州 730070

\*E-mail: mjzhang2004@163.com

**摘要:** 量化评估树木对当地环境的响应会为人工林管理提供科学指导。然而, 目前仍缺乏对不同整地方式和后期管理(灌溉)条件下柠条气候-生长关系研究。在本文研究中, 我们通过采集黄土高原西部不同管理方式下的 223 个柠条年轮样品, 应用树轮生态学方法, 系统地量化了柠条生长与气候因子间的关系。研究发现由 4-8 月降水量不足引起的干旱胁迫是限制兰州市南北两山柠条生长的主要因素。climwin 气候响应模型结果显示天然柠条生长受干旱胁迫的影响较小, 南山雨养条件下人工柠条显著 ( $P < 0.05$ ) 受到生长季 (4-8 月) 干旱胁迫的限制, 而北山灌溉条件下柠条生长仅受非生长季 1 月干旱胁迫的限制, 干旱模型分别解释了 28.9% (西果园)、38.3% (水保站) 和 9.80% (直岔沟) 的径向生长变化。人为补灌缓解了干旱胁迫对柠条生长的限制, 可应用于生长在阳坡的柠条人工林, 而对于天然雨养条件下的人工柠条, 可通过水平沟或栽植穴等集雨保水措施在阴坡种植。



H-P01

## 《《 墙报摘要 》》》

### 专题八：树轮学前沿方法

#### 水分条件影响云南松年轮解剖结构和径向生长

杨绕琼<sup>1</sup>, 高婧威<sup>2</sup>, 范泽鑫<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>中国科学院西双版纳热带植物园, 勐腊县勐仑镇, 666303; <sup>2</sup>普洱学院, 普洱市, 665000

\*E-mail: fanzexin@xtbg.ac.cn

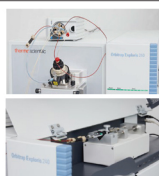
**摘要:** 气候条件是树木生长的重要因素, 在中国西南地区的很多研究都表明生长季早期的水分条件是该地区树木生长的主要限制因子, 但是关于木质部解剖特征对气候的响应研究还比较缺乏, 不利于我们把树木的生理特征和生长结合起来。本研究结合树轮气候学与木材解剖学的方法, 分析云南地区的优势种云南松的生长—气候关系, 分析气候对不同水热条件的云南松径向生长与木质部解剖结构的影响。初步结论如下: 不同研究区域的云南松径向生长与木质部解剖结构差异较大, 云龙样点的气候更有利于云南松的径向生长, 云南松木质部管胞面积更大, 理论导水率更高, 而通海地区云南松树木细胞壁更厚。结合气候数据分析发现, 良好的水分条件促进年轮宽度生长, 生长季早期充足的水分促进木质部理论导水率, 但是较高的温度将抑制水分传导。有的地区近十几年的暖干化气候趋势抑制树木生长, 降低木质部水分传输能力, 但是对细胞壁厚度影响不大。

**关键词:** 树木年轮; 云南松; 木质部解剖; 径向生长; 气候响应

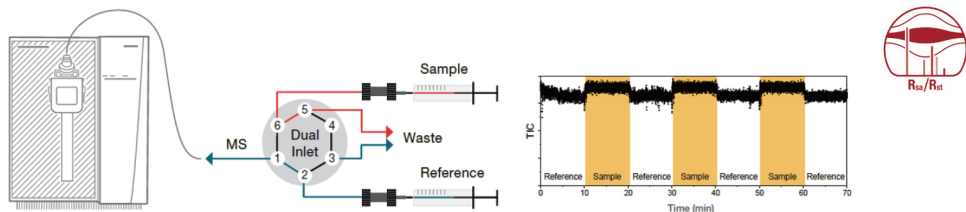
# Iso Orbitrap 同位素解决方案

同位素比值信息在植物生态、气候变化、地球化学、生命科学等多个领域发挥着重要作用。如何利用更少的样品量、更简单的前处理方式获得分子水平以及特定位点的高维度同位素比值信息，一直是该领域的技术前沿方向。ThermoFisher Scientific™ Iso Orbitrap™ 高分辨同位素质谱仪结合了静电场轨道阱质谱的卓越技术和专业的同位素比值分析流程，将为获取分子水平 / 分子内同位素信息提供独特思路和技术创新。

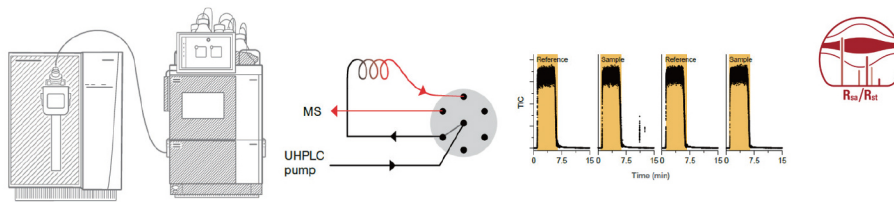
## Iso Orbitrap 配置



## 双路注射进样



## 流动注射进样



## Iso Orbitrap 创新点

- 直接液体进样，不需要化学衍生、转化等繁琐过程
- 单次测定获取多个同位素比值信息，缩短分析时长
- 设置扫描质量范围，去除基体干扰，聚焦待分析物质量区间，提高分析效率
- 使用“*No MO*”方法放大低丰度同位素信号，准确测定其同位素比值信息
- 相较于传统 IRMS 技术，增强的灵敏度允许以更小的样本量进行测试
- 软电离技术保留分子内完整同位素信息
- 受控分子化合键断裂技术，揭示特定位点官能团同位素比值信息
- 不需要 He 载气等，节省运行成本



赛默飞  
官方微信



赛默飞色谱  
与质谱中国

热线 800 810 5118  
电话 400 650 5118  
[www.thermofisher.cn](http://www.thermofisher.cn)



**| 主办单位 |**

中国地理学会树木年轮研究分会

西安交通大学人居环境与建筑工程学院/全球环境变化研究院

中国科学院地球环境研究所/黄土科学全国重点实验室(筹)

**| 协办单位 |**

兰州大学西部环境教育部重点实验室

中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所/中国气象局树木年轮理化研究重点实验室

福建师范大学湿润亚热带生态-地理过程教育部重点实验室