

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

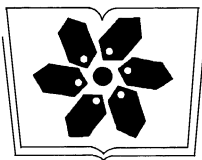
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 20 期 Vol.32 No.20 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 20 期

2012 年 10 月 (半月刊)

目 次

太湖流域源头溪流氧化亚氮(N_2O)释放特征.....	袁淑方, 王为东 (6279)
闽江河口湿地植物枯落物立枯和倒伏分解主要元素动态.....	曾从盛, 张林海, 王天鹅, 等 (6289)
宁夏荒漠草原小叶锦鸡儿可培养内生细菌多样性及其分布特征.....	代金霞, 王玉炯 (6300)
陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布.....	章一巧, 宗世祥, 刘永华, 等 (6308)
模拟喀斯特生境条件下干旱胁迫对青冈栎苗木的影响.....	张中峰, 尤业明, 黄玉清, 等 (6318)
中国井冈山生态系统多样性.....	陈宝明, 林真光, 李 贞, 等 (6326)
鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态.....	汤景明, 艾训儒, 易咏梅, 等 (6334)
不同增温处理对夏蜡梅光合特性和叶绿素荧光参数的影响.....	徐兴利, 金则新, 何维明, 等 (6343)
模拟长期大风对木本猪毛菜表观特征的影响.....	南 江, 赵晓英, 余保峰 (6354)
雷竹林土壤和叶片 N、P 化学计量特征对林地覆盖的响应.....	郭子武, 陈双林, 杨清平, 等 (6361)
利用树木年轮重建赣南地区 1890 年以来 2—3 月份温度的变化.....	曹受金, 曹福祥, 项文化 (6369)
川西亚高山草甸土壤呼吸的昼夜变化及其季节动态.....	胡宗达, 刘世荣, 史作民, 等 (6376)
火干扰对小兴安岭白桦沼泽和落叶松-苔草沼泽凋落物和土壤碳储量的影响.....	周文昌, 牟长城, 刘 夏, 等 (6387)
黄土丘陵区三种典型退耕还林地土壤固碳效应差异.....	佟小刚, 韩新辉, 吴发启, 等 (6396)
岩质公路边坡生态恢复土壤特性与植物多样性.....	潘树林, 辜 彬, 李家祥 (6404)
坡位对东灵山辽东栎林土壤微生物量的影响.....	张 地, 张育新, 曲来叶, 等 (6412)
太湖流域典型入湖港口景观格局对河流水质的影响.....	王 瑛, 张建锋, 陈光才, 等 (6422)
基于多角度基尼系数的江西省资源环境公平性研究.....	黄和平 (6431)
中国土地利用空间格局动态变化模拟——以规划情景为例.....	孙晓芳, 岳天祥, 范泽孟 (6440)
世界主要国家耕地动态变化及其影响因素.....	赵文武 (6452)
不同氮源下好氧反硝化菌 <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 的脱氮特性.....	肖继波, 江惠霞, 褚淑祎 (6463)
基于生态足迹方法的南京可持续发展研究.....	周 静, 管卫华 (6471)
基于投入产出方法的甘肃省水足迹及虚拟水贸易研究.....	蔡振华, 沈来新, 刘俊国, 等 (6481)
浦江县土壤碱解氮的空间变异与农户 N 投入的关联分析.....	方 斌, 吴金凤, 倪绍祥 (6489)
长江河口潮间带盐沼植被分布区及邻近光滩鱼类组成特征.....	童春富 (6501)
深圳湾不同生境湿地大型底栖动物次级生产力的比较研究.....	周福芳, 史秀华, 邱国玉, 等 (6511)
灰斑古毒蛾口腔反吐物诱导沙冬青细胞 Ca^{2+} 内流及 H_2O_2 积累.....	高海波, 张淑静, 沈应柏 (6520)
濒危物种金斑喙凤蝶的行为特征及其对生境的适应性.....	曾菊平, 周善义, 丁 健, 等 (6527)
细叶榕榕小蜂群落结构及动态变化.....	吴文珊, 张彦杰, 李凤玉, 等 (6535)
专论与综述	
流域生态系统补偿机制研究进展.....	张志强, 程 莉, 尚海洋, 等 (6543)
可持续消费的内涵及研究进展——产业生态学视角.....	刘晶茹, 刘瑞权, 姚 亮 (6553)
工业水足迹评价与应用.....	贾 佳, 严 岩, 王辰星, 等 (6558)
矿区生态风险评价研究述评.....	潘雅婧, 王仰麟, 彭 建, 等 (6566)
研究简报	
围封条件下荒漠草原 4 种典型植物群落枯落物枯落量及其蓄积动态.....	李学斌, 陈 林, 张硕新, 等 (6575)
密度和种植方式对夏玉米酶活性和产量的影响.....	李洪岐, 蔺海明, 梁书荣, 等 (6584)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 312 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-10	

封面图说: 草丛中的朱鹮——朱鹮有着鸟中“东方宝石”之称。洁白的羽毛, 艳红的头冠和黑色的长嘴, 加上细长的双脚, 朱鹮历来被日本皇室视为圣鸟。20 世纪前朱鹮在中国东部、日本、俄罗斯、朝鲜等地曾有较广泛地分布, 由于环境恶化等因素导致种群数量急剧下降, 至 20 世纪 70 年代野外已认为无踪影。1981 年 5 月, 中国鸟类学家经多年考察, 在陕西省洋县重新发现朱鹮种群, 一共只有 7 只, 也是世界上仅存的种群。此后对朱鹮的保护和科学研究做了大量工作, 并于 1989 年在世界首次人工孵化成功。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201202140197

曹受金, 曹福祥, 项文化. 利用树木年轮重建赣南地区 1890 年以来 2—3 月份温度的变化. 生态学报, 2012, 32(20): 6369-6375.

Cao S J, Cao F X, Xiang W H. Tree-ring-based reconstruction of the temperature variations in February and March since 1890 AD in southern Jiangxi Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(20): 6369-6375.

利用树木年轮重建赣南地区 1890 年以来 2—3 月份温度的变化

曹受金, 曹福祥*, 项文化

(中南林业科技大学生命科学与技术学院, 长沙 410004)

摘要: 采用树木年轮气候学方法, 利用江西赣南地区马尾松 (*Pinus massoniana*) 的年轮宽度资料, 分析了马尾松径向生长与气候要素变化的相关及响应关系, 结果表明赣南地区马尾松径向生长与当年 2—3 月份的平均温度相关性最高。在响应分析的基础上, 重建了江西赣南地区 1890 年以来 2—3 月份温度的变化历史。重建序列显示在过去 119a 中研究区存在 3 个较为明显的冷期 (1892—1906 年、1918—1922 年、1944—1957 年) 和 3 个明显的暖期 (1909—1917 年、1959—1968 年和 1998—2008 年)。

关键词: 江西赣南; 树木年轮; 树轮年表; 气候变化; 马尾松

Tree-ring-based reconstruction of the temperature variations in February and March since 1890 AD in southern Jiangxi Province, China

CAO Shoujin, CAO Fuxiang*, XIANG Wenhua

Faculty of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan Province 410004, China

Abstract: A dendroclimatological approach is very useful in the study of global climatic changes because it provides precise dating, high continuity, high resolution and easily obtained duplicates. Only a few dendroclimatological works have been conducted in tropical and subtropical zones because of the relatively small effect of seasonality there. Tree ring width from the upper tree-line is sensitive to variations in temperature during the early stage of the growing season. Under the recent background of climate warming, tree ring width responded to temperature changes consistently allowing it to provide a historic proxy of past temperature change in this area. A standardized 119-year tree-ring chronology was established based on samples collected. Statistical analysis of the chronology shows a mean first order autocorrelation of 0.53, mean sensitivity of 0.25, and signal-to-noise ratio of 22.60. The results indicate tree-ring chronology records information related to environmental changes and tree-ring chronology can be used for dendroclimatological studies. To explore the climatic significance of tree ring width of *Pinus massoniana* in this study of dendroclimate, correlation analyses were conducted between the chronology and four climate variables recorded at the Gan County meteorological station from 1951 to 2008: monthly mean maximum temperature, monthly mean temperature, monthly mean minimum temperature and monthly precipitation. This study aims to reveal the changes in some of climatic factors over the past 119 years in the Gan County, Jiangxi Province, China by using the measurement and dating of tree-ring widths from large diameter trees of *P. massoniana* in the area, as well as to analyze the response of growth of *P. massoniana* to climate change and the correlation between its radial growth and the variability of some climatic factors in the area. The research procedures follow: 1) core samples were

基金项目: 国家林业局林业公益性项目 (200804001)

收稿日期: 2012-02-14; 修订日期: 2012-07-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: csj5623263@163.com

extracted from 47 standing trees selected for experimental sampling from the upper elevations of the site (360m), 2) according to the normal process of tree-ring analysis, tree-ring widths were measured with a LINTAB instrument, 3) measures of cross-dating for sample trees were taken using the COFECHA Program, and 4) correlations between ring width, temperature and precipitation were measured with ARSTAN software. The reconstructed function was $T_i = 4.11I_i + 7.51$ ($R^2 = 0.567$, $R_{adj}^2 = 0.543$, < 0.01). Because the instrumental dataset was large and an independent test was applied for the transfer function, all the test parameters indicated the function was stable and reliable.

Results indicated a temperature increase during the growing season enhances *P. massoniana* growth. Prolongation of the growing season and rising temperatures during the growing season can also accelerate the growth of *P. massoniana*. The correlation coefficient between the temperature series reconstructed by the regression and the observational data is as high as 0.75; there was strong correlation between the radial growth of *P. massoniana* and the average monthly temperature in February and March from 1890 to 2008 having a significant impact on plant physiology. The average temperature sequence of February and March was reconstructed. Three cold periods (1892—1906, 1918—1922, 1944—1957) and three warm periods (1909—1917, 1959—1968, 1998—2008) occurred. Our tree-ring width chronology data were strongly correlated to results from previous studies. The results not only further supplement the study of tree-ring width chronologies, but also provide baseline data for the study of dendroclimatological reconstruction in warm and humid areas in subtropical China.

Key Words: climate change; dendrochronology; *Pinus massoniana*; southern Jiangxi Province; tree-rings

全球气候变化是人类生存所面临的重大问题。树木年轮方法具有测年准确、连续性强、分辨率高和易于获取复本等特点^[1],从而成为全球气候变化研究的重要手段之一。国外树木年轮气候学研究进展很快,利用树轮资料重建气温、降水序列,研究火山、地震以及冰川作用等,显示出树木年轮在研究过去环境变化中的重要作用^[2]。我国的年轮气候学研究是在 20 世纪 80 年代才逐步开展起来的,研究主要集中在干旱、半干旱、高寒及高海拔等气候限制地区。在热带、亚热带地区开展的树木年轮气候学的工作还很少,国际上热带、亚热带地区树木年轮气候学的工作主要在印度尼西亚^[3]、南美洲^[4]和泰国^[5]等具有明显干湿季节变化的地区,我国则主要集中在广东^[6]、湖北^[7]、河南^[8]、陕西^[9]等温暖湿润地区的树木年轮与气候因子的响应研究,而利用树木年轮重建过去气候变化的研究甚少。

江西赣南树木园地处中亚热带地区,气候温暖湿润,且年内有明显的干湿季节,从理论角度可以进行树木年轮学的研究。王兵等^[10]在该地区进行了树木年轮与气候变化的响应研究,表明气候变化对树木生长的影响是非常显著的,但因树龄较小没有进行过去气候变化的重建。本文利用马尾松的树轮标本,从树轮宽度中提取 2—3 月份温度变化信息,重建江西赣南 119a 来的温度变化,该重建结果不仅延伸了研究区现有的气象观测记录,而且为研究当地历史时期气候变化提供基础数据与参考依据。

1 研究区概况

研究在江西省赣南树木园(25°50′—25°51′N, 114°21′—114°22′E)进行,该树木园位于湘赣边界,南岭山脉北侧,罗霄山脉东侧,东南面被水库水面环绕,西北面以低山岭脊为界,全园总面积 701.9 hm²,其中林地面积 578.4 hm²。地势东南低,西北高,海拔 198—638 m。土壤主要为古老千枚岩和砂页岩母质发育而成的黄红壤,土层厚度 100 cm 左右,腐殖质厚度 12—15 cm,枯枝落叶层约 2—3 cm,呈酸性,pH 值为 4—5。植被现以马尾松(*Pinus massoniana*)为主的针阔混交林、毛竹(*Phyllostachys pubescens*)林、油茶(*Camellia oleifera*)林,主要树种以壳斗科(Fagaceae)为主,间有樟科(Lauraceae)、冬青科(Aquifoliaceae)、山茶科(Theaceae Camelliaceae)、杜鹃花科(Ericaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、交让木科(Daphniphyllaceae)、杜英科(Elaeocarpaceae)、金缕梅科(Hamamelidaceae)等。

2 资料和方法

2.1 气象数据

为了研究树木径向生长与气候要素间的关系,利用离采样点距离最近(50 km)的赣县气象站(25°23′N,

114°21'E) 1951—2008 年的气象数据。年平均温度 18.5 °C, 1 月平均温度 7.5 °C, 7 月平均温度 29.5 °C, 极端最高温度 36.2 °C, 极端最低温度 -7.1 °C, 年降雨量 1612.3 mm, 主要集中在 4—6 月, 干湿季节明显, 年蒸发量 1031.5 mm, 相对湿度 80% 以上, 年无霜期 302.5 d (图 1)。

考虑到前一年气候状况对当年树木生长的影响^[11], 所用气候资料的时间跨度为上年 7 月到当年 10 月, 气候要素包括月平均气温、月降水量、月平均最高气温和月平均最低气温。

2.2 树轮资料

2010 年 8 月下旬在赣南树木园采集马尾松树木年轮样本, 采样点位于马尾松天然林上限位置, 海拔 360 m, 坡度 40°—60°, 树高 20—30 m, 平均胸径为 68 cm, 平均年龄为 97 a (88—137 a), 取样高度 1.2 m。共采集了来自 47 棵树的 92 个树芯样本。采集的树芯带回实验室磨平打光, 初步目测年龄和检查可能存在的伪年轮和遗失年轮, 然后采用 LINTAB 年轮宽度测量仪测定树木年轮宽度, 分辨率 0.01 mm。利用 COFECHA 程序对交叉定年和测量结果进行检验, 采用负指数函数和斜率为负数的回归方程对生长趋势进行拟合, 将去趋势序列以双权重平均法, 通过 ARSTAN^[12] 程序合成标准轮宽年表 (图 2)。树轮序列的起始长度为 137 a (1872—2008 年), 可靠年表序列长度 (EPS>0.85) 为 119 a (1890—2008 年)。公共区间分析年份为 1951—2008 年, 年表的平均敏感度为 0.25, 一阶自相关系数为 0.53, 表明上年的气候对当年轮宽产生一定的影响, 气候变化对树木径向生长的影响存在一定的滞后效应。年表的第 1 主分量所占的方差量和信噪比分别为 41.00% 和 22.60, 表明年表所含气候信息均达到了较高水平。样芯间相关系数为 0.65, 表明各树种年轮样本间具有较好的相关性。缺轮率为 0.20%, 且缺轮高度吻合, 出现缺轮的年份对应气候恶劣年份, 说明在这些年份中出现干旱、生长初期低温或生长季内高温等气候灾害, 说明利用该年表重建历史时期气候变化具有较好的可信度。树间相关系数达到 0.39, 反映了采样点树木之间全频信息的相关程度高。以上年表各种统计特征表明了样本之间的树轮宽度变化有很好的一致性, 记录了可靠区域气候信息, 可用于年轮气候学分析。

3 结果与分析

3.1 树轮径向生长与气候要素的关系

从表 1 可看出, 标准树轮宽度年表与当年 8、9 月份平均最高气温、上年 8、9 月份平均气温以及上年 7、8 月份的降水量均存在显著的相关性, 并与当年 2、3 月份的平均气温相关系数最高。如果将 2、3 月的气温平均再与树轮宽度年表进行相关分析, 相关系数达 0.63 ($\alpha<0.01$)。

采用偏相关分析来去除 2、3 月平均气温和降水量之间相互作用对树木生长、气候要素关系的影响, 分析结果表明: 将 2、3 月平均气温的影响取固定时, 标准树轮宽度年表与 2、3 月降水量的偏相关系数只有 0.16; 而反过来固定 2、3 月降水量的影响时, 标准树轮宽度年表与 2、3 月平均气温的偏相关分别达 0.51 ($\alpha<0.01$) 和 0.57 ($\alpha<0.01$), 而与 2、3 月平均气温的偏相关达 0.60 ($\alpha<0.01$)。由此可见, 2、3 月平均气温对树木径向生长的影响极为显著。

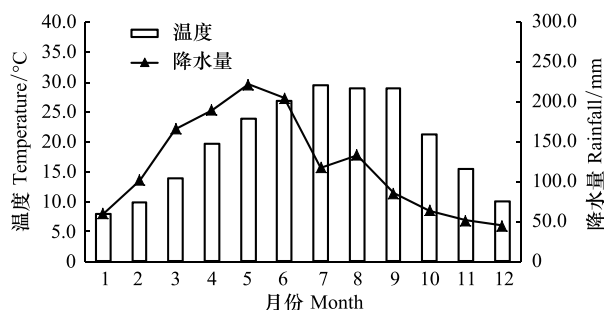


图 1 江西赣县气象站多年月平均温度和降水分布

Fig. 1 Mean monthly precipitation and temperature of Gan County, Jiangxi Province

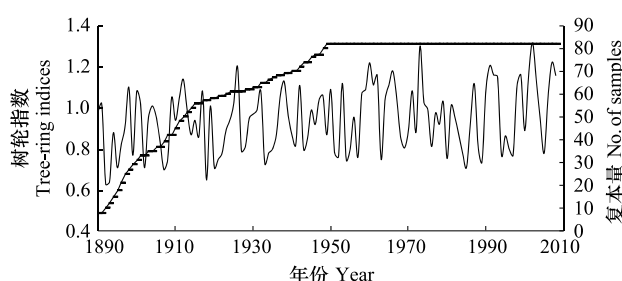


图 2 江西省赣南树木园马尾松的标准年表

Fig. 2 The standard tree-ring chronologies of *Pinus massoniana* in Gannan of Jiangxi Province, China

表 1 各月气候要素与树轮宽度年表之间的相关系数表

月份 Month	前一年 Previous										当年 Current							
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nev.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.		
降水量 Precipitation	-0.40 *	-0.45 *	-0.11	-0.15	0.05	-0.07	-0.13	-0.17	0.19	0.27	0.09	0.07	-0.05	-0.09	-0.11	0.12		
平均气温 Mean temperature	-0.23	-0.44 *	-0.41 *	0.03	0.12	0.07	0.11	0.52 **	0.59 **	0.31	0.30	-0.21	-0.15	-0.09	-0.05	0.12		
平均最高气温 Mean maximum temperature	-0.13	-0.19	-0.21	0.10	0.09	-0.03	0.12	0.21	0.27	0.31	0.29	0.17	-0.27	-0.41 *	-0.43 *	0.21		
平均最低气温 Mean minimum temperature	0.02	0.01	0.08	0.09	0.04	0.01	0.03	0.14	0.20	0.13	0.11	0.13	0.23	0.20	0.27	0.21		

表中标有*,**的数据分别表示通过了 $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$ 的显著水平

3.2 2—3 月平均气温的重建

选择赣县气象站 2—3 月平均温度为重建因子,以树轮宽度标准化年表为变量,以 1951—2008 年为建模期,用一元线性回归模型建立树轮宽度指数与 2—3 月平均温度之间的转换方程(图 3)为:

$$T_i = 4.11I_i + 7.51$$

式中, T_i 为第*i*年的 2—3 月平均温度, I_i 为第*i*年树轮宽度标准化年表值。该重建方程的相关系数为 0.753,方差解释量为 56.7%,调整后方差解释量为 54.3%,*F*检验值为 32.08,远超过了 99.99% 的置信度区间,说明重建方程有非常高的显著性。

由于气象站有较长的实测资料,本文采用建模期和独立检验期检验方程的稳定性^[13]。分别以 1951—1979 年为校准期、1980—2008 年为独立检验期,以 1980—2008 年为校准期、1951—1979 年为独立检验期对方程进行检验,独立统计检验的参数包括相关系数(*r*)、乘积平均数(*t*)、符号检验(*S*)、误差缩减值(RE)、效率系数(CE)。各项检验结果表明(表 2),在两个独立检验期,实测值和模拟值的单相关系数(*r*)、符号检验值(*S*)和乘积平均数(*t*)都达到了 0.01 的显著性水平以上。RE 值和 CE 值都为正值,较好的通过了检验。

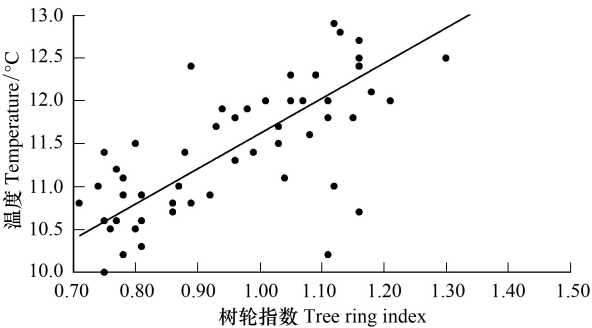


图 3 树轮指数与 2—3 月温度的散点图(1951—2008 年)
Fig.3 Scatter plot of February to March temperature and tree-ring indices with linear relationship highlighted during the period of 1951—2008

表 2 转换方程统计检验参数

Table 2 Independent statistical test parameters of the transfer function								
时段 Time	1980—2008 年		时段 Time	1951—1979 年				
	R^2	<i>F</i>		<i>r</i>	<i>t</i>	<i>S</i>	RE	CE
1951—1979	0.655	51.26 **	1980—2008	0.693 **	1.679 **	23/6 **	0.265	0.146
1980—2008	0.523	29.60 **	1951—1979	0.784 **	1.824 **	24/5 **	0.358	0.259
1951—2008	0.543	32.08 **						

* **表示达到 0.01 的显著性水平

从图 4 可以看出,总体上重建温度序列能够与实测温度序列较好地吻合,但重建序列与实测序列的年际变化在某些时段存在较大的差异,可能是由于多种因子同时作用于树木生长的结果。可能使 2—3 月温度重建结果的精确度受到影响。另外,气象站点的气候资料在反映林区的气候特征时具有一定的差异,影响树木年轮宽度序列与气候因子的相关系数,导致重建序列的方差解释量较小,导致重建值对气温高值的响应偏低。

3.3 温度重建序列特征分析

根据转换方程,重建了江西赣南 119a(1890—2008 年)来 2—3 月温度的变化曲线(图 5),从图 5 可以看出,其中 2—3 月温度最低的 3 a 分别为 1957 年、1945 年和 1893 年,而温度最高的 3a 依次为 2007 年、2002

年和 1960 年。为了提取重建序列的年代际变化趋势,并了解气温变化的低频信息,对重建序列进行 11 a 滑动平均,可以看到,重建的温度序列有 3 个较为明显的冷期(1892—1906 年、1918—1922 年、1944—1957 年)和 3 个明显的暖期(1909—1917 年、1959—1968 年和 1998—2008 年)。而在 1970—1997 年,这一时期气温变化幅度较小,气温相对比较稳定。

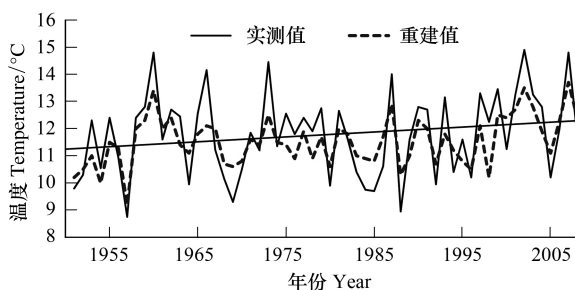


图 4 江西赣县气象站 2—3 月平均温度实测序列和重建序列对比

Fig. 4 Comparison between observed and reconstructed mean temperature from February to March

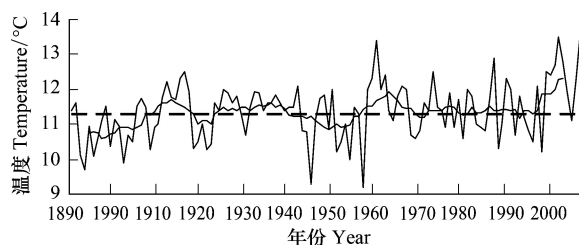


图 5 江西赣南 1890—2008 年间 2—3 月平均温度重建序列(黑色粗线是 11a 滑动平均值)

Fig. 5 Tree-ring reconstruction of February to March temperature plotted annually from 1890 to 2008, along with a smoothed 11-year moving average

4 讨论与结论

4.1 讨论

目前,在我国热带、亚热带湿润地区开展树木年轮气候学的研究较少。我国亚热带地区是世界上少有的常绿阔叶林区,亚热带常绿阔叶林、针阔混交林属于南方丘陵和南方山区,生态环境变幅大,物种繁多、分布复杂。根据调查很多树种的年轮不清晰,不易分辨。马尾松广泛分布于我国的亚热带地区,由于其能够在贫瘠、恶劣的自然条件下良好生长而成为我国亚热带地区绿化造林和利用荒山废地恢复植被的主要先锋树种。其年轮清晰,早材和晚材界限分明,非常适合于树木年轮气候学的研究,故本文研究选择了当地优势树种——马尾松作为研究对象。赣南树木园树种丰富,而且不同树木之间的生长模式不同,其他树种是否能更敏感、准确的反映气候的变化,需要进一步的研究。

在位于南岭山脉北侧的江西赣南马尾松分布的森林上限区,制约树木径向生长最主要的气象因子为生长季初期的温度。马尾松的生长期为 3—11 月,3 月为马尾松初生长的关键时段,是树轮早材形成的时期,当 2、3 月份温度较高时,树木的起始生长时间提前,树木进入生长季越早,意味着树木生长季的延长,有利于树木的径向生长,形成较宽的年轮。反之,如果气温较低,光合作用效率降低,形成窄轮^[14]。因此,研究马尾松树轮宽度与当年 2—3 月平均温度的显著正相关是具有明确树木生理学意义的。

可见,影响马尾松径向生长量主要的气温要素为生长季初期(2、3 月份)的温度。根据上述分析,本研究选择 2、3 月平均气温作为重建对象。

赣南地区树轮年表较好地反映该地区 2—3 月份平均温度的变化,无论从单月相关还是月份组合的角度看,其年轮宽度与当年的 2—3 月份平均温度相关性最高,这与段建平、刘洪滨^[15-16]等在中国东南部地区及秦岭南坡佛坪的研究表明,各样点的树木生长明显受生长季前期温度影响,呈较为显著的正相关关系一致。但与吴祥定等^[17]认为树木生长与初春温度呈负相关的研究结果相反,原因可能是取样点的海拔高度和地貌条件均不相同。张大鹏^[18]在福建梅花山的研究发现在高海拔地区,马尾松次生木质部的形成明显受到低温的影响,因此,马尾松生长对季节气候因子响应表现出的不同,可能与不同海拔生长季节的长短有关。兰涛^[19]在马尾松分布的北缘安徽的研究结果显示生长季节的降水是生长的主要限制因子。而侯爱敏^[20]和滕菱^[21]在南亚热带的广东鼎湖山研究发现夏季的高温高湿是制约马尾松年轮宽度的关键,这是因为在南亚热带地区水热充沛,夏季高温和高湿会抑制生长,而在北亚热带,降水和温度都较低,生长期的长短和生长期内的水分成为限制因子,恰好解释了南北分布边缘水热条件对生长影响的差异。

段德寅^[22]曾在本研究采样点以西 50 km 以外的湖南桂东建立了同树种的年轮指数曲线图,其冷期是 1890—1903 年、1916—1922 年、1943—1959 年;暖期是 1904—1915 年、1960—1964 年。其年轮指数所反映的冷暖变化与本研究有较好的对应关系。说明在江西赣南地区,位于森林上限树木年轮的宽度能较好地反映生长季初期温度的变化。

20 世纪初的旱灾,是中国近代十大灾荒之一,其中赣南是受灾害较为严重的地区。通过史料分析得出此次灾害在赣南地区发生的确切时间应该是 1911—1917 年^[23](本文 1909—1917 年),其中 1916 年为最严重的年份。根据江西省自然灾害史料记载^[23],到 1916 年,江西“山中树木枯死,禾枯地赤,烈风彻夜,农作物无收”。根据本文的重建结果,赣南地区自 1909 年以来 2—3 月平均气温不断上升,到 1916 年温度达到重建时段内较高记录,这一持续升温事件对此次干旱事件的爆发无疑贡献巨大。

4.2 结论

本文利用江西赣南地区的树木年轮资料,重建该地区百年以来的气候变化,并分析其变化特征。通过研究,得出以下结论:

(1)在位于南岭山脉北侧的江西赣南马尾松分布的森林上限区,制约树木径向生长最主要的气象因子为生长季初期的温度。树轮宽度指数与 2—3 月温度的相关显著,这一关系具有明确的生理学意义。

(2)重建结果表明,在过去 119a 来的温度变化上,研究区存在 3 个较为明显的冷期(1892—1906 年、1918—1922 年、1944—1957 年)和 3 个明显的暖期(1909—1917 年、1959—1968 年和 1998—2008 年)。

致谢:感谢江西赣南树木园给予的帮助,实验过程中得到了中国科学院地理科学与资源研究所邵雪梅研究员的指导,野外取样得到中南林业科技大学曹基武老师,陈健、司书兵、彭积庆等的帮助,特此致谢。

References:

- [1] Shao X M. Advancements in dendrochronology. *Quaternary Sciences*, 1997, (3): 265-271.
- [2] Briffa K R. Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Review*, 2000, 19(1/5): 87-105.
- [3] D'Arrigo R D, Jacoby G C, Krusic P J. Progress in dendroclimatic studies in Indonesia. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 1994, 5(3): 349-363.
- [4] Miller D L, Mora C I, Grissino-Mayer H D, Mock C J, Uhle M E, Sharp Z. Tree-ring isotope records of tropical cyclone activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, 103(39): 14294-14297.
- [5] Buckley B M, Palakit K, Duangsathaporn K, Sanguntam P, Prasomsin P. Decadal scale droughts over northwestern Thailand over the past 448 years: links to the tropical Pacific and Indian Ocean sectors. *Climate Dynamics*, 2007, 29(1): 63-71.
- [6] Xing Q R, Liu H Y, Sun Y R, Cui H T, Dai J H, Li P R, Tan H Z. Response of contemporary tree ring width of *Cinnamomum camphora* to climate change in Yangchun, Guangdong Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2077-2080.
- [7] Lei J P, Xiao W F, Huang Z L, Zeng L X. Responses of ring width of *Pinus massoniana* to the climate change at different elevations in Zigui County, Three-Gorge Reservoir Area. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009, 45(2): 33-39.
- [8] Cheng R M, Feng X H, Xiao W F, Wang R L, Wang X R, Du H T. Response of net productivity of masson pine plantation to climate change in North Subtropical Region. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(8): 2086-2095.
- [9] Feng X H, Cheng R M, Xiao W F, Wang R L, Wang X R, Gao B Q. Effects of air temperature in growth season on Masson pine (*Pinus massoniana*) radial growth in north subtropical region of China. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(4): 650-655.
- [10] Wang B, Gao P, Guo H, Leng L. Responses of tree-ring width of *Cinnamomum camphora* to climate change in Dagangshan forest area of Jiangxi Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(1): 71-76.
- [11] Fritts H C. *Tree Rings and Climate*. London: Academic Press, 1976: 1-567.
- [12] Holmes R L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 1983, 43(1): 69-78.
- [13] Li J F, Yuan Y J, You X Y. *Dendrohydrology Research and Its Application*. Beijing: Science Press, 2000: 156-156, 193-206.
- [14] Wu X D. *Tree Ring and Climate Change*. Beijing: China Meteorological Press, 1990: 1-325. 已核对此文献
- [15] Duan J P, Zhang Q B, Lü L X, Zhang C. Regional-scale winter-spring temperature variability and chilling damage dynamics over the past two centuries in southeastern China. *Climatic Dynamics*, 2011, (6): 1232-1341.

- [16] Liu H B, Shao X M. Reconstruction of January to April mean temperature at Qinling Mts. from 1789 to 1992 using tree ring chronologies. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 2003, 14(2): 188-196.
- [17] Wu X D, Shao X M. A preliminary study on impact of climate change on tree growth using tree ring width data. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(S1): 92-101.
- [18] Zhang D P. Xylem structure of *Pinus massoniana* stem at different altitudes. *Chinese Journal of Ecology*, 1994, 13(2): 12-18.
- [19] Lan T, Xia B, He S A. Tree ring analysis on relation of *Pinus massoniana* growth to climate factors. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1994, 5(4): 422-424.
- [20] Hou A M, Zhou G Y, Peng S L. Relationship between climatic factors and radial growth of *Pinus massoniana* in Dinghushan Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(4): 637-639.
- [21] Teng L, Peng S L, Hou A M, Xie Z Y. Effect of air temperature change on the productivity of *Pinus massoniana* population in dinghushan. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2001, 9(4): 284-288.
- [22] Duan D Y. Climatic variation and extra long range forecast of Hunan province-Climatology analysis of tree-ring. *Journal of Changsha Normal University of Water Resources and Electric Power*, 1989, 4(4): 81-87.
- [23] Xiong D X. *Jiangxi Meteorology*. Beijing: Chronicles Press, 1977: 225-248.

参考文献:

- [1] 邵雪梅. 树轮年代学的若干进展. 第四纪研究, 1997, (3): 265-271.
- [6] 邢秋茹, 刘鸿雁, 孙艳荣, 崔海亭, 戴君虎, 李平日, 谭惠忠. 广东阳春现代樟树树轮宽度变化及其对气候因子的响应. *生态学报*, 2004, 24(9): 2077-2080.
- [7] 雷静品, 肖文发, 黄志霖, 曾立雄. 三峡库区秭归县不同海拔马尾松径向生长对气候的响应. *林业科学*, 2009, 45(2): 33-39.
- [8] 程瑞梅, 封晓辉, 肖文发, 王瑞丽, 王晓荣, 杜化堂. 北亚热带马尾松净生产力对气候变化的响应. *生态学报*, 2011, 31(8): 2086-2095.
- [9] 封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 王瑞丽, 王晓荣, 高宝庆. 北亚热带生长期温度对马尾松径向生长的影响. *生态学杂志*, 2011, 30(4): 650-655.
- [10] 王兵, 高鹏, 郭浩, 冷冷. 江西大岗山林区樟树年轮对气候变化的响应. *应用生态学报*, 2009, 20(1): 71-76.
- [13] 李江风, 袁玉江, 由希尧. 树木年轮水文学研究与应用. 北京: 科学出版社, 2000: 156-156, 193-206.
- [14] 吴祥定. 树木年轮与气候变化. 北京: 气象出版社, 1990: 1-325.
- [16] 刘洪滨, 邵雪梅. 秦岭南坡佛坪 1789 年以来 1—4 月平均温度重建. *应用气象学报*, 2003, 14(2): 188-196.
- [17] 吴祥定, 邵雪梅. 采用树轮宽度资料分析气候变化对树木生长量影响的尝试. *地理学报*, 1996, 51(S1): 92-101.
- [18] 张大鹏. 不同海拔高度对马尾松茎木质部结构的影响. *生态学杂志*, 1994, 13(2): 12-18.
- [19] 兰涛, 夏冰, 贺善安. 马尾松的生长与气候关系的年轮分析. *应用生态学报*, 1994, 5(4): 422-424.
- [20] 侯爱敏, 周国逸, 彭少麟. 鼎湖山马尾松径向生长动态与气候因子的关系. *应用生态学报*, 2003, 14(4): 637-639.
- [21] 滕菱, 彭少麟, 侯爱敏, 谢中誉. 长期气温波动对鼎湖山马尾松种群生产力的影响. *热带亚热带植物学报*, 2001, 9(4): 284-288.
- [22] 段德寅. 湖南气候变迁及超长期预报-树木年轮的气候学分析. *长沙水电师院学报: 自然科学版*, 1989, 4(4): 81-87.
- [23] 熊第恕. *江西省气象志*. 北京: 方志出版社, 1997: 225-248.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 20 October, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Characteristics of nitrous oxide (N ₂ O) emission from a headstream in the upper Taihu Lake Basin	YUAN Shufang, WANG Weidong (6279)
Nutrient dynamics of the litters during standing and sediment surface decay in the Min River estuarine marsh	ZENG Congsheng, ZHANG Linhai, WANG Tian'e, et al (6289)
Diversity and distribution of endophytic bacteria isolated from <i>Caragana microphylla</i> grown in desert grassland in Ningxia	DAI Jinxia, WANG Yujiong (6300)
Spatial distribution of <i>Trabala vishnou gigantina</i> Yang pupae in Shaanxi Province, China	ZHANG Yiqiao, ZONG Shixiang, LIU Yonghua, et al (6308)
Effects of drought stress on <i>Cyclobalanopsis glauca</i> seedlings under simulating karst environment condition	ZHANG Zhongfeng, YOU Yeming, HUANG Yuqing, et al (6318)
Ecosystem diversity in Jinggangshan area, China	CHEN Baoming, LIN Zhengguang, LI Zhen, et al (6326)
Niche dynamics during restoration process for the dominant tree species in montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests at Mulinzi of southwest Hubei	TANG Jingming, AI Xuenru, YI Yongmei, et al (6334)
Effects of different day/night warming on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> seedlings	XU Xingli, JIN Zexin, HE Weiming, et al (6343)
The effect of simulated chronic high wind on the phenotype of <i>Salsola arbuscula</i>	NAN Jiang, ZHAO Xiaoying, YU Baofeng (6354)
Responses of N and P stoichiometry on mulching management in the stand of <i>Phyllostachys praecox</i>	GUO Ziwu, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (6361)
Tree-ring-based reconstruction of the temperature variations in February and March since 1890 AD in southern Jiangxi Province, China	CAO Shoujin, CAO Fuxiang, XIANG Wenhua (6369)
Diel variations and seasonal dynamics of soil respirations in subalpine meadow in western Sichuan Province, China	HU Zongda, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (6376)
Effects of fire disturbance on litter mass and soil carbon storage of <i>Betula platyphylla</i> and <i>Larix gmelinii</i> - <i>Carex schmidtii</i> swamps in the Xiaoxing'an Mountains of Northeast China	ZHOU Wenchang, MU Changcheng, LIU Xia, et al (6387)
Variance analysis of soil carbon sequestration under three typical forest lands converted from farmland in a Loess Hilly Area	TONG Xiaogang, HAN Xinhui, WU Faqi, et al (6396)
Soil-property and plant diversity of highway rocky slopes	PAN Shulin, GU Bin, LI Jiaxiang (6404)
Effects of slope position on soil microbial biomass of <i>Quercus liaotungensis</i> forest in Dongling Mountain	ZHANG Di, ZHANG Yuxin, QU Laiye, et al (6412)
Responses of water quality to landscape pattern in Taihu watershed: case study of 3 typical streams in Yixing	WANG Ying, ZHANG Jianfeng, CHEN Guangcai, et al (6422)
Study on the fairness of resource-environment system of Jiangxi Province based on different methods of Gini coefficient	HUANG Heping (6431)
Simulation of the spatial pattern of land use change in China: the case of planned development scenario	SUN Xiaofang, YUE Tianxiang, FAN Zemeng (6440)
Arable land change dynamics and their driving forces for the major countries of the world	ZHAO Wenwu (6452)
Denitrification characteristics of an aerobic denitrifying bacterium <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 using different sources of nitrogen	XIAO Jibo, JIANG Huixia, CHU Shuyi (6463)
Study on sustainable development in nanjing based on ecological footprint model	ZHOU Jing, GUAN Weihua (6471)
Applying input-output analysis method for calculation of water footprint and virtual water trade in Gansu Province	CAI Zhenhua, SHEN Laixin, LIU Junguo, et al (6481)
Correlation analysis of spatial variability of Soil available nitrogen and household nitrogen inputs at Pujiang County	FANG Bin, WU Jinfeng, NI Shaoxiang (6489)
Characteristics of the fish assemblages in the intertidal salt marsh zone and adjacent mudflat in the Yangtze Estuary	TONG Chunfu (6501)
A comparison study on the secondary production of macrobenthos in different wetland habitats in Shenzhen Bay	ZHOU Fufang, SHI Xiuhua, QIU Guoyu, et al (6511)
Regurgitant from <i>Orgyia ericae</i> Germar induces calcium influx and accumulation of hydrogen peroxide in <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim. ex Kom.) Cheng f. cells	GAO Haibo, ZHANG Shujing, SHEN Yingbai (6520)
Behavior characteristics and habitat adaptabilities of the endangered butterfly <i>Teinopalpus aureus</i> in Mount Dayao	ZENG Juping, ZHOU Shanyi, DING Jian, et al (6527)
Community structure and dynamics of fig wasps in syconia of <i>Ficus microcarpa</i> Linn. f. in Fuzhou	WU Wenshan, ZHANG Yanjie, LI Fengyu, et al (6535)
Review and Monograph	
Review and trend of eco-compensation mechanism on river basin	ZHANG Zhiqiang, CHENG Li, SHANG Haiyang, et al (6543)
Definition and research progress of sustainable consumption: from industrial ecology view	LIU Jingru, LIU Ruiquan, YAO Liang (6553)
The estimation and application of the water footprint in industrial processes	JIA Jia, YAN Yan, WANG Chenxing, et al (6558)
Research progress in ecological risk assessment of mining area	PAN Yajing, WANG Yanglin, PENG Jian, et al (6566)
Scientific Note	
Litter amount and its dynamic change of four typical plant community under the fenced condition in desert steppe	LI Xuebin, CHEN Lin, ZHANG Shuoxin, et al (6575)
Effects of planting densities and modes on activities of some enzymes and yield in summer maize	LI Hongqi, LIN Haiming, LIANG Shurong, et al (6584)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 20 期 (2012 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 20 (October, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元