

广东阳春现代樟树树轮宽度变化 及其对气候因子的响应

邢秋茹¹, 刘鸿雁^{1,*}, 孙艳荣², 崔海亭¹, 戴君虎³, 李平日⁴, 谭惠忠⁴

(1. 北京大学环境学院生态学系, 北京 100871; 2. 北京大学物理学院, 北京 100871

3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 4. 广州地理研究所, 广州 510070)

摘要: 树木年轮方法定年准确、连续性强、分辨率高和易于获取复本等, 成为全球气候变化研究的重要手段之一。在热带、亚热带地区, 受树木生理特性的影响, 树轮研究工作开展较少。通过广东阳春过渡热带现代樟树树木年轮宽度的变化, 发现秋季降水是影响研究区樟树生长的重要因子。树轮记录的准 4~4.92 a 周期的树轮指数变化可能与厄尔尼诺的周期有关, 即厄尔尼诺引起气候变化对树木生长产生影响。尽管樟树生长快, 树轮不清晰, 交叉定年困难, 但由于研究区存在明显的旱季, 樟树树轮仍然能够在一定程度上反映气候条件的影响。

关键词: 树木年轮; 过渡热带; 香樟 (*Cinnamomum camphora*); 气候变化; 厄尔尼诺

Response of contemporary tree ring width of *Cinnamomum camphora* to climate change in Yangchun, Guangdong Province

XING Qiu-Ru¹, LIU Hong-Yan^{1,*}, SUN Yan-Rong², CUI Hai-Ting¹, DAI Jun-Hu³, LI Ping-Ri⁴, TAN Hui-Zhong⁴ (1. Department of Ecology, College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 2. School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China; 3. Institute of Geographical Science and Natural Resource Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 4. Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou, Guangdong Province 510070, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2077~2080.

Abstract: Dendroclimatological approach is significant in global climatic changes for its precise dating, high continuity, high resolution and easily obtained duplicates. Only a few dendroclimatological works have been conducted in tropical and subtropical zone due to relative low seasonality there. Yangchun in Guangdong province was selected for the study area of this paper. It is located at the transitional zone between southern subtropical zone to northern tropical zone climatically. Strongly affected by the tropical monsoon, the climate is a humid oceanic one. Relationships between tree-ring chronology of *Cinnamomum camphora* trees and climatic indexes were investigated in this area. With increment borer, 71 tree-ring cores from 39 trees were collected in the study area. 35 of them were used for tree-ring width studies where 4 for carbon isotope analysis. Measurement of tree-ring width was conducted by LINTAB tree-ring width equipment with TSAP software package developed by Frank Ring company in Germany. Resolution of measurement is 0.01mm. The oldest sample reached 44 years. It is difficult to make a cross-dating for some of the samples, even for two rings from the same tree sometimes. Tree-ring series with high uncertainty in cross-dating were ignored. The selected series all demonstrated an exponential growth trend, therefore, exponential function was chosen for a detrending of growth. RES tree-ring chronology of EW oriented cores was then established. With regression between tree-ring width chronology and climatic indexes, it is found that precipitation in autumn is critical to the growth of *Cinnamomum camphora* in the study area. The 4~4.92 years of periodicity in tree-ring width index

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40071082)

收稿日期: 2003-12-27; 修订日期: 2004-06-15

作者简介: 邢秋茹 (1979~), 女, 江苏徐州人, 硕士, 主要从事树木年轮与气候变化研究。E-mail: coral-xing@hotmail.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lhy@urban.pku.edu.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 40071082)

Received date: 2003-12-27; Accepted date: 2004-06-15

Biography: XING Qiu-Ru, Master, mainly engaged in tree-ring and climatic changes. E-mail: coral-xing@hotmail.com

is possibly associated with El Nino, which affect tree growth through climatic changes. It is also demonstrated that tree-ring width of *Cinnamomum camphora* do indicate climatic changes due to an obvious drought season in the study area, although cross-dating is difficult due to its rapid growth and unclear tree rings.

Key words: tree ring; transitional tropical zone; *Cinnamomum camphora*; Climatic change; El Nino

文章编号:1000-0933(2004)09-2077-04 中图分类号:S715,S718.45 文献标识码:A

全球气候变化是人类生存所面临的重大问题。树木年轮方法的特点是测年准确、连续性强、分辨率高和易于获取复本等,因此,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巨大作用^[1]。国际上热带、亚热带树木年轮气候学的工作主要在印度尼西亚和南美洲等具有明显干湿季变化的地区^[2~4]。目前,我国温带高纬度部分地区已经建立了树轮年表,开展了利用轮宽等指标重建过去气候变化序列的工作。但在热带、亚热带地区,受树木生理特性的影响,树轮研究工作开展较少。在已有的中国热带、亚热带树木年轮气候学研究中,目前仅见有对缙云山四川大头茶的轮宽研究和天目山柳杉的树轮同位素研究等少量工作^[5~8]。

本文的研究区域广东阳春,在中国气候区划上位于南亚热带闽南-珠江区与北热带雷琼区的过渡带,属于湿润海洋性气候,受热带季风影响十分显著。本文对采自研究区的现代樟树年轮宽度与气候因子之间的关系进行分析,尝试探讨高温高湿的华南过渡热带区的树木年轮与气候的关系。

1 研究方法

在广东阳春地区,利用生长锥取样,在6个取样点共采集39棵现代樟树(*Cinnamomum camphora*)的71个树芯(每棵树尽量取南北向、东西向两个正交样本),其中4个用于树轮同位素分析,其他用来进行树轮宽度分析。取样时首先满足大样本量的要求,后期实验室分析再对样本进行取舍。由于受到人为破坏,当地大的樟树保留不多。

样品量测采用德国 Frank Rinn 公司研制的 LINTAB 树轮读数设备和 TSAP 软件完成,量测精度为 0.01 mm。由于地处湿地区的樟树在一年内连续生长,使树轮的交叉定年有一定困难。首先剔除问题较大的序列,然后标准化处理建立年表。虽然本次采集的树木年龄偏小,但入选年表的树轮样品都已表现出指数生长趋势,因此选择指数函数法进行去趋势处理。在此基础上建立差值年表(RES)。

采集到的树轮样本年龄最大的为 44 a。大部分样品读数年龄在 30 a 左右或更小。在交叉定年的过程中发现,即使同一棵树不同方向的两个树芯之间也存在交叉定年的困难。有鉴于此,将 EW 方向和 NS 方向的树芯分别进行交叉定年处理。其中 22 棵树 EW 方向的树芯交叉定年的结果较好,以下与气候因子的相关分析中采用这一结果。

主要采用相关分析的方法,对影响樟树树轮宽度生长的温度、降水等气候因子逐个进行分析。利用功率谱分析,寻找树轮指数的周期特性,解释其与厄尔尼诺现象的关系。

2 结果分析

2.1 研究区的基本气候特征

阳春市界于 22°~22°40'N,111°~112°E 之间,地处北热带与南亚热带的过渡带。四季差异不明显,春季(3~4 月份)较短,历时 61 d,夏季漫长,自 5 月 1 日至 10 月 5 日,历时 158 d,高温高湿,降水集中,占全年的 75%。秋季自 10 月 6 日至 12 月 10 日,历时 66 d,气温明显下降,降水也明显减少,仅占全年的 6%。最冷的冬季平均温 15℃ 左右,自 12 月 11 日至翌年 2 月底,历时 80 d,降水仅占全年的 5%。

4~10 月份为雨季,6 月达到全年降雨量最高峰,7 月减少,8 月份因台风影响,出现第 2 个高峰期,之后逐渐减少,10 月份至翌年 3 月是旱季。近 50a 来,有 16 a 出现春旱,干旱期最长的是 1977 年,达 69 d;有 17 a 出现秋旱,干旱期最长的是 1979 年,达 44 d。

降水量从南向北递减,西南部的八甲一带降雨量高达 3000 mm 左右,北部河朗一带只有 1500 mm 左右。

2.2 树轮指数与温度关系分析

由于当地全年温度较高,冬季低温可能构成树木生长的限制因素,因此选择 1 月~翌年 2 月份的平均温度,代表冬季的低温,与树轮指数进行相关分析(图 1)。

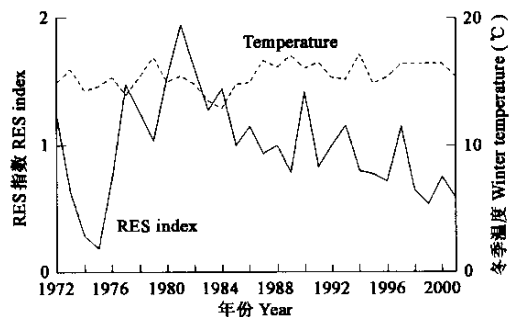


图 1 轮宽指数与研究区冬季平均气温变化趋势的对比

Fig. 1 A comparison between ring width chronology and mean temperature in winter in the study area

当地 30 a 来冬季平均气温在 14~17℃ 之间浮动,无极端值出现,对樟树生长的限制作用不明显,树轮指数与冬季平均温度的相关系数 $r = -0.21$ 。

2.3 树轮指数与降水关系分析

该地区虽然多雨,春秋却存在明显的旱期,而且采样点地处山区,地下水位较深,据此推断,树木生长受降水的影响较大。

(1) 与当年秋季降水量的关系 取 30 a 来 10~11 月份降水量与 EW 方向指数生长趋势的树轮指数进行相关分析,发现 EW 方向樟树树轮宽度的峰值与当年秋季降水量有较好对应关系,而且二者的相关系数 $r = 0.33$ ($p = 0.075$)。多数情况下,当年秋季降水达到峰值,即没有发生秋旱的年份树轮指数偏高。因此可以认为秋季降水是影响樟树生长的重要因素(图 2)。此外,秋季连续无雨天数与代表性的树芯之间存在弱负相关关系。

(2) 与当年春季降水量的关系 因为阳春从 1 月份开始降水增加,雨季集中在 4~9 月份,所以,春旱最有可能发生在 3 月份。用 3 月份降水量代替春季降水量,与轮宽指数不存在相关关系。

2.4 与厄尔尼诺事件的关系

ENSO 是迄今为止发现的全球气候和环境异常最强的年际变化信息,它对大气环流和气候的年际变化的影响在全球范围内起作用。近几百年来,平均 4.4 a 就有一次厄尔尼诺事件发生,在 20 世纪,厄尔尼诺发生频率有增加趋势。我国是受其影响的重要地区,厄尔尼诺事件的周期性发生,必然导致沿海地区气候的周期性变化。对 EW 方向树芯 RES 指数进行功率谱分析,结果如图 3 所示。

图中横坐标为频率,纵坐标为树轮指数的功率谱。发现该序列有显著 12.8 a、4~4.92 a、3.2 a、2.09 a 的准周期。其中树轮记录的准 4~4.92 a 周期的树轮指数变化可能与厄尔尼诺的周期有关,即厄尔尼诺引起气候变化对树木生长产生影响。而 2~3 a 准周期怀疑与热带大气的“准两年振荡”(QBO)有关。因为本次取样树轮年龄普遍较小,对最显著的 12.8 a 的准周期的解释还需要其它证据。对本研究中部分樟树树轮中纤维素的碳同位素研究也发现了 10.67 a、4.57 a、2.91 a 和 2.13 a 的周期性^[9],与本文的结果吻合较好。

3 讨论

3.1 交叉定年问题

交叉定年是准确反映树轮宽度变化与气候变化之间关系的前提^[10,11]。樟树是生长在亚热带和过渡热带地区的常绿阔叶树种,生长过程中限制因子的作用不明显,所以树轮普遍较宽,几乎不存在温带树轮中常见的极窄轮,这使交叉定年产生一定困难。研究地区的樟树普遍树龄较小,而且大龄樟树多数有心材腐烂现象,也给本次研究带来一定不利影响。在量测过程中发现,同一树盘的不同方向(NS 或 EW),木质、颜色有明显差异,而且 EW 方向的轮界较 NS 方向的清晰,因此本文采用部分样品 EW 方向交叉定年的结果。部分样本同一棵树的 2 条树芯之间,经过图形校正,甄别伪轮,能找到相似型,可以进行交叉定年。

因为取样的树龄较小,而且生长环境适宜,所以,没有发现缺失轮现象。虽然樟树的树轮增长与气候要素之间存在一定的相关性,但是受具体生境条件所限(如地形,地下水,土壤,林内小环境)和幼树自身的生长特点,树轮宽度变化对气候要素的响应没有明显的一致性,这种现象愈靠近树木的中心愈明显。但靠近采样年份的树轮宽度,在大周期上具有比较相似的波峰波谷,如 1997~1999 年轮宽普遍出现低值。

3.2 树轮与异常气候事件的关系

虽然湿热地区的树木连续生长,但在热带季风气候特点明显的地区,某些旱季落叶树种,如柚木(*Tectona grandis*)的年轮仍具有树轮气候学意义。对南美洲过渡热带的树轮研究表明,常绿阔叶树在旱季表现出一个非常短暂的生长停顿^[4]。阳春地处北热带与南亚热带过渡带的过渡带,温度的限制作用较弱。受季风的影响,降水的年内、年际变化都会影响树木的径向生长。但是因为总体生态条件优

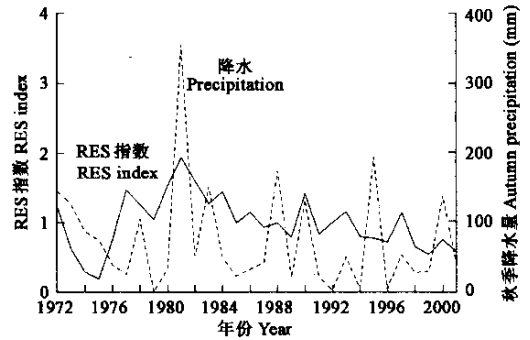


图 2 树轮指数与当年秋季降水量的对比
Fig. 2 A comparison between RES chronology and autumn precipitation of the same year

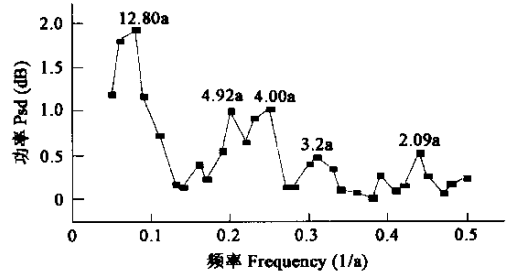


图 3 东西方向树芯 RES 指数进行功率谱分析结果
Fig. 3 Results of power spectrum analysis of RES chronology of EW oriented cores

越,地形复杂,小环境的特点在一定程度上对区域气候因子的影响造成干扰,不易消除。樟树是我国亚热带常绿阔叶林的优势树种之一。本文的研究结果表明,樟树的生长在一定程度上受到秋季降水的影响,但每年的对应关系并不十分确定。

国外的有关研究也表明,树木年轮的变化与厄尔尼诺现象存在一定的关系,但这种关系往往并不密切^[1, 4]。秦岭地区的研究也表明,厄尔尼诺之后的夏季西太平洋副高压偏强偏北,且西伸明显,中国东部降水减少,在秦岭树轮中有明显的反映^[12]。厄尔尼诺现象是一种大尺度的气候影响,樟树树轮宽度对其有一个低频的响应,这一点在周期上对应得很好。但受客观条件限制,无法满足足够的样本量和长时间序列的要求。尽管现有的研究结果无法贡献精确的树轮年表,弥补该地区的研究空白,但对于通过树木年轮来反映热带地区异常气候事件仍然是有益的探索。

4 结论

通过本研究,可以得出以下初步结论:

(1) 研究区秋季存在着明显的旱季,秋季降水是影响研究区樟树生长的重要因子。

(2) 湿热地区树轮气候分析应更重视气候变化的强信号,如 ENSO 等气候异常事件。谱分析表明,树轮记录中的准 4~4.92 a 周期的树轮指数变化,可能与厄尔尼诺的周期有关。

(3) 尽管樟树生长快,树轮不清晰,交叉定年困难,但由于研究区存在明显的旱季,樟树树轮仍然能够在一定程度上反映气候条件的影响。

References:

- [1] Briffa K R. Annual climate variability in the Holocene; Interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Review*, 2000, **19**(1~5): 87~105.
- [2] D' Arrigo R D, Jacoby G C and Krusic P J. Progress in Dendroclimatic Studies in Indonesia. *TAO*, 1994, **15**(3): 349~363.
- [3] Villalba R, Grau H R, Boninsegna J A. Tree-ring evidence for long-term precipitation changes in subtropical South America. *International Journal of Climatology*, 1998, **18**(3): 1463~1478.
- [4] Worbes M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth problems of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*, 1999, **87**(3): 391~403.
- [5] Sun F, Zhong Z C. Study on the power spectrum of growth ring of *Gordonia acuminata* in Mt. Jinyun. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1997, **19**(1): 25~28.
- [6] Sun F, Zhong Z C. Relationship between tree ring growth of *Gordonia acuminata* and climatic factors in Mt. Jinyun. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, **10**(2): 151~154.
- [7] Qian J L, Deng Z W, Tu Q P. Climatic significance of δD time series in tree rings from Tianmu Mountain. *Science in China (Series D)*, 2001, **31**(5): 372~376.
- [8] Chen B J, Qian J L, Pu P M. Relationship between ENSO and tree-rings table isotopes of *Cryptomeria fortunei* from Tianmu mountain area in East China. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2002, **22**(4): 53~58.
- [9] Sun Y R, Mu Z G, Cui H T. The $\delta^{13}C$ sequence of *Cinnamomum camphora* tree ring α cellulose in Yangchun County, Guangdong Province, and its relationship with the El Nino event. *Acta Geoscientica Sinica*, 2003, **24**(6): 505~510.
- [10] Guo P Y, Pan J J, Deng X D, et al. Techniques and principles of tree ring chronology. *Inner Mongolia Meteorology*, 2001, (1): 18~20.
- [11] Ma L M, Liu Y, Zhao J F. Cross dating and its application in high resolution chronological research. *Earth Science Frontiers*, 2003, **10**(2): 351~355.
- [12] Ma L M, Liu Y, An Z S. ENSO events from tree-ring width in Qinling Mountain. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2001, **21**(8): 93~98.

参考文献:

- [5] 孙凡,钟章成.缙云山四川大头茶年轮生长的功率谱分析.四川农业大学学报,1997,**19**(1):25~28.
- [6] 孙凡,钟章成.缙云山四川大头茶树木年轮生长动态与气候因子的关系.应用生态学报,1999,**10**(2):151~154.
- [7] 钱君龙,邓自旺,屠其璞.天目山柳杉 80 年序列及其气候意义.中国科学(D 辑),2001,**31**(5):372~376.
- [8] 陈宝君,钱君龙,濮培民. ENSO 对天目山柳杉树轮同位素的影响.海洋地质与第四纪地质,2002,**22**(4):53~58.
- [9] 孙艳荣,穆治国,崔海亭.广东现代樟树树轮纤维素的碳同位素与厄尔尼诺事件的关系.地球学报,2003,**24**(6):505~510.
- [10] 郭佩芸,潘进军,邓晓东,等.树木年轮指数序列年表的研制技术和原理研究.内蒙古气象,2001,(1):18~20.
- [11] 马利民,刘禹,安芷生.交叉定年技术及其在高分辨率年代学中的应用.地学前缘,2003,**10**(2):351~355.
- [12] 马利民,刘禹,安芷生.秦岭树轮记录中的 ENSO 事件.海洋地质与第四纪地质,2001,**21**(8):93~98.