

文章编号: 1008 - 2786 - (2015) 6 - 690 - 06

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000083

# 闽中北柳杉树轮指示的气候信号 与季风区不同地域干湿变化关系

陈峰<sup>1,2</sup>, 袁玉江<sup>1</sup>, 喻树龙<sup>1</sup>

(1. 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 新疆树轮生态实验室 新疆 乌鲁木齐 830002;

2. 兰州大学西部环境教育部重点实验室 资源环境学院, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 利用采自闽中北部柳杉树轮样芯, 建立树轮宽度标准化年表, 通过树轮气候响应分析, 发现柳杉树径向生长主要反映了该地上年 7 月至当年 2 月帕尔默干旱指数(PDSI)变化( $r=0.6$ ,  $p<0.001$ )。进一步研究发现, 该年表与山东地区油松树轮年表有着良好相关, 他们之间的第一主成分能够准确指示东部沿海季风区干湿变化( $r=0.661$ ,  $p<0.001$ ), 并揭示 6 个偏湿阶段和 5 个偏干阶段。该第一主成分序列所记录的一些极端干旱事件与中国北方干旱半干旱地区的极端干旱事件有着良好对应, 这些极端干旱事件对中国社会有着重要影响。同时也发现该第一主成分序列与东亚夏季风尾间区的兴隆山降水序列在低频变化上具有很好的一致性, 并准确记录了最近 30 a 东亚夏季风变化趋势。

**关键词:** 福建中北部; 柳杉; 树木年轮; 干湿变化

**中图分类号:** P461, P467

**文献标志码:** A

亚洲热带、亚热带地区是农业最发达, 人口最为稠密的地区之一, 其气候深受亚洲夏季风的影响, 夏季风强度变化所带来的旱涝灾害对于区域经济社会发展造成深刻影响<sup>[1]</sup>。近 10 年来, 亚洲热带、亚热带的树木年轮研究发展迅猛, 并进入了一个快速扩展时期, 与干湿变化相关的树轮气候研究几乎遍及东南亚各国<sup>[2-6]</sup>。其中, 树轮学者在越南利用福建柏(*Fokienia hodginsii*) 树芯样本, 建立了长达 759 a 的干湿变化序列<sup>[2]</sup>。利用柚木树轮年表, 树轮学者重建了泰国北部和印度尼西亚爪哇地区的干湿变化<sup>[3-5]</sup>。尽管伴随着国际树轮气候研究的快速发展, 中国热带、亚热带地区树轮气候研究也取得了突破性进展, 恢复了一些地区过去数百年的温度指标,

取得了很多有价值的历史气候信息<sup>[7-10]</sup>, 但长期以来, 由于气候相对湿润, 气候响应关系相对复杂, 树木生长的干旱限制因子较弱, 与干湿变化、季风强度变化相关的树轮气候研究在中国东部热带、亚热带地区发展十分缓慢<sup>[11]</sup>。因此, 本研究选取福建中北部的柳杉作为研究对象, 运用树木年轮学研究方法, 建立柳杉树轮宽度年表, 探讨福建中北部的柳杉树木年轮宽度变化与气候因子的关系, 研究其与山东地区油松树轮序列共同所指示的 19 世纪中叶至今的中国东部沿海季风区干湿信号, 揭示及其与东亚夏季风尾间区干湿变化之关联, 为深入进行中国东部地区干湿变化的树轮重建研究奠定基础。

收稿日期(Received date): 2014 - 12 - 25; 修回日期(Accepted): 2015 - 06 - 01。

基金项目(Foundation item): “国家重点基础研究发展规划(2012CB955301), 兰州大学西部环境教育部重点实验室开放基金(lzujbky - 2011 - t02) 国家自然科学基金(41405081, U1203281) 共同资助。[This study was supported by the National Basic Research Program of China (2012CB955301), Foundation of Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education) in Lanzhou University (lzujbky - 2011 - t02) and NSFC Project(41405081, U1203281).]

作者简介(Biography): 陈峰(1982 - ) 男, 福建沙县人, 副研究员, 主要从事树木年轮与气候环境变化研究。[Chen Feng (1982 - ), male, was born in Sha County, Fujian, Associate Professor, work mainly about tree-ring and climate/environment change.] E-mail: feng653@163.com

### 1 研究区概况

2011 年 9 月中旬,在武夷山国家级自然保护区的桐木村、天宝岩自然保护区的天斗山的原始林区进行树木年轮采样,采样点分别位于东坡和东南坡,地形相对平坦,坡度较小(图 1)。两个采样点的海拔接近(表 1)。研究区属亚热带季风性湿润气候,四季分明,雨量充沛,气候宜人,年均降水量约 1 631 mm,年均相对湿度 76%,年平均气温 19.5℃,1 月平均气温 9.4℃,7 月平均气温 28.8℃,年均日照时数 1 668~1 972 h,年均无霜期 250~300 d,其中 7 月至次年 2 月降水量相对较少(图 2)。采样点的植被种类丰富,在海拔 800~1 000 m 分布的主要针叶树有杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、马尾松(*Pinus massoniana*)等。其中,主要优势乔木有马尾松和杉木等,林相整齐,林分质量较高,柳杉呈片状,零星分布,树木生长受人为干扰比较少,树龄大多在 30 a 以上。采样点的土壤为片麻岩和花岗岩风化发育而成的亚热带黄壤,土层较薄,土质疏松,呈酸性。

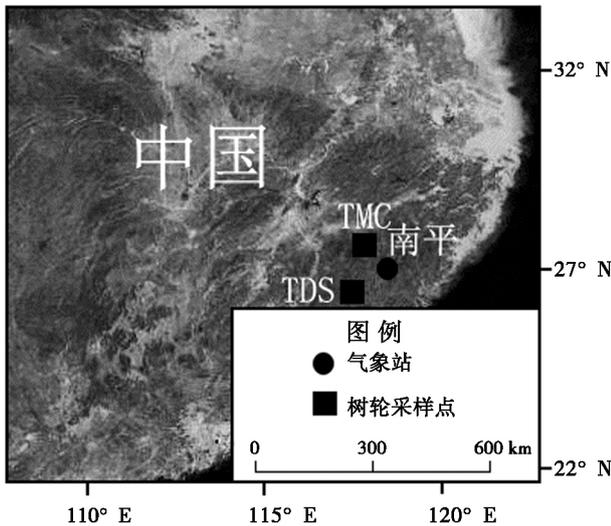


图 1 树轮采样点与气象站分布图

Fig. 1 Map showing the tree-ring sampling sites and the meteorological station

### 2 数据与方法

#### 2.1 树轮采样与年表研制

按照树木年轮气候学的采样方法,选取生长状况良好的树体,使用口径为 5.1 mm 的生长锥在呈

对角的两个方向上在胸高部位钻取树轮样芯<sup>[12]</sup>,将钻取的树轮样芯依次编号,并放置在纸样管内。在采集柳杉树芯样本过程中,尽量钻取树龄比较大的树木,一般在每棵树钻取两根样芯,在一些树龄较小的树只钻取 1 个样芯,最终在两个采样点钻取 39 棵树的 69 根样芯。

将采集好的树轮样芯放置于干燥处自然风干,然后将其放置在特制的木槽内固定,采用 400 目的砂纸打磨,直至树轮样芯剖面光滑平整,年轮界限清晰可见为止。在完成树轮样芯的预处理以后,在精度为 0.001 mm 的 Velmex 树轮宽度测量仪上用 MeasureJ2 程序进行树轮宽度进行测量。使用 COFECHA 程序对序列进行交叉定年检验<sup>[13]</sup>,去掉同大多数序列变化趋势相异的序列,舍弃异常年轮样本。采用 60 a 步长的样条函数去除柳杉序列中非气候趋势,用自回归模型消除森林内部树木之间的竞争影响所致的低频变化<sup>[14]</sup>。利用 ARSTAN 程序进行树轮宽度年表的研制,最终得到了柳杉树轮宽度标准化年表<sup>[15]</sup>。所建宽度年表长度 1822—2011 年(图 3),从 1855 年开始样本量 > 6,能够较好地代表样点的信息(样本总体代表性 > 0.85),因此在本文中选取 1855—2011 年这一时段进行分析。

#### 2.2 气候资料

本文选取距采样点较近的福建省南平市气象站

表 1 闽中北树轮采点概况

Table 1 Survey of the tree-ring sampling sites in north-central Fujian

代号	地名	N	E	平均海拔/m	坡向	平均坡度/°
TDS	天斗山	25°56′	117°30′	998	ES	5°
TMC	桐木村	27°48′	117°42′	950	E	10°

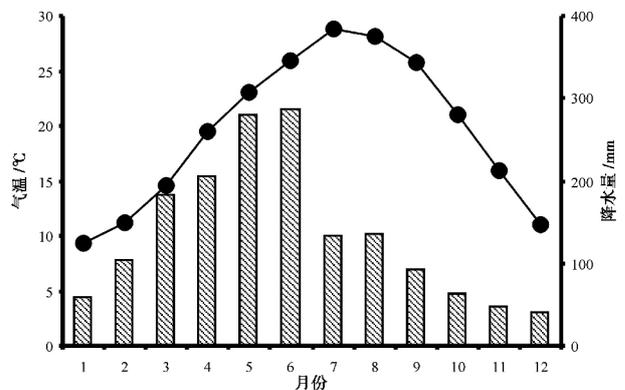


图 2 闽南平气象站月均气温和月降水量年内分配(1955—2011)

Fig. 2 Mean monthly temperature and total precipitation at the Nanping station for the period 1955 to 2011

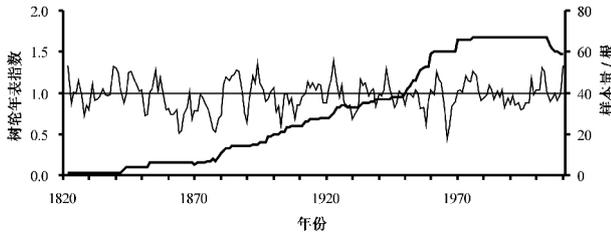


图3 闽中北柳杉树轮宽度标准化年表与样本量

Fig. 3 Standardized tree-ring width chronology and sample depth

( $26^{\circ}39'N$ ,  $118^{\circ}10'E$ ) 的器测气候资料(1955—2011年图2)运用于树轮气候响应分析。本研究还选取东英吉利大学气候研究中心(CRU)提供的帕尔默干旱指数(Palmer drought severity index, *PDSI*)<sup>[16]</sup>数据集中覆盖整个研究区的资料( $25.50 \sim 27.50^{\circ}N$ ,  $116.50 \sim 117.50^{\circ}E$ , 1955—2011年)作为对比研究。

本研究利用树木年轮学的专业软件 Dendro-clim2002<sup>[17]</sup>对柳杉树轮宽度指数序列与上年1月至当年9月的多种气候因子及 *PDSI* 数据等进行相关分析,以发现影响福建中北部山地柳杉树木生长的主要限制因素。此外,还结合山东地区的油松树轮宽度序列<sup>[18]</sup>获取中国东部沿海季风区干湿变化信号,分析其与季风尾间区干湿变化<sup>[19]</sup>的关联。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 气候响应分析

由图4可以看出,柳杉树轮宽度与南平气象站上年的9月和10月,当年2月和9月的月平均温度均呈显著正相关。其中,当年9月的月平均温度对树轮生长的限制作用最大。柳杉树轮宽度与月降水

量的相关分析结果表明,除与上年11月和当年6月呈显著正相关外,其他月的相关值均较低。由图4可以看出,树轮指数与各月 *PDSI* 指示大多呈正相关,其中,从上年7月至当年2月 *PDSI* 与柳杉树轮宽度的相关系数有显著上升,说明这一时段的 *PDSI* (水热组合)对福建中北部柳杉树轮生长的影响很大。

由南平气象站的各月气温数据可以看出,只有1月平均温度( $9.3^{\circ}C$ )在 $10^{\circ}C$ 以下,其余月的平均温度都在 $10^{\circ}C$ 以上;如果按照月平均温度 $10^{\circ}C$ 以上为生长期,位于中国东南亚热带地区的研究区植物生长期为11个月。因此,研究区9—10月柳杉生长是正常的,甚至11—12月(月平均温度都在 $10^{\circ}C$ 以上)柳杉还在生长。柳杉树轮宽度与上年9—10月平均温度呈显著正相关,这可能是前一年生长季后期的较高温度会使生长季延长,树木生长活动增强,加上相对充足的降水(如上年11月)相对暖湿的气候条件能够使树木体内可以积累更多的营养物质,对下一个生长季节形成宽的年轮有促进作用,这与年表中一阶自相关系数较高( $r=0.59$ ,  $p<0.001$ )反映的滞后作用一致。此外,2月是研究区春季的开始,2月平均温度偏高能够使得当年生长季提前,生长季偏长,使得树轮变宽。由此可见,在当地湿润气候条件下,高温对柳杉生长的促进作用较强,是影响柳杉树木生长的主要因素之一。

树轮指数除与前一年11月的月降水量呈显著正相关、与当年6月降水量呈较高正相关外,与其他月降水量均呈较低相关。表明降水量对研究区柳杉生长的影响局限于季风区干旱季节。尽管研究区总体气候相对湿润,降水充沛,但伴随着季风雨带的移

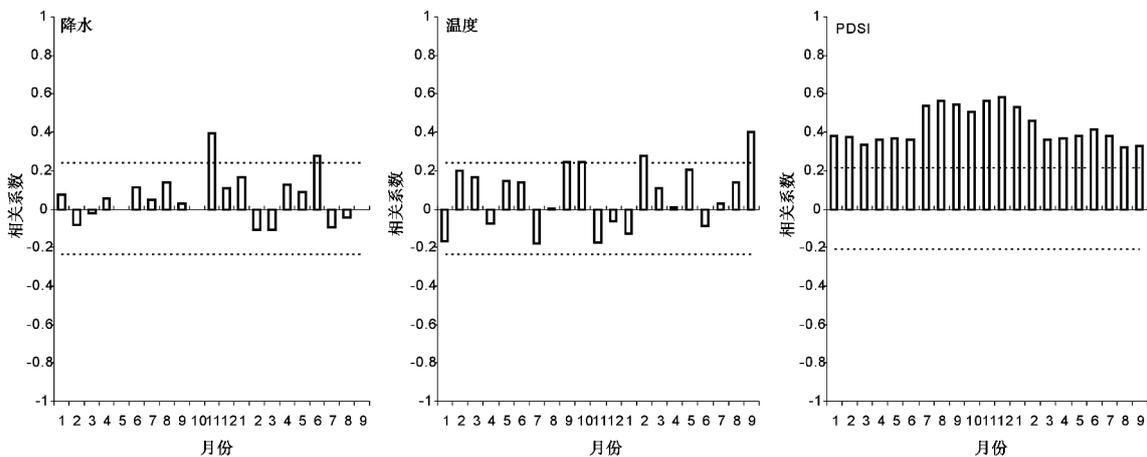


图4 闽中北柳杉树轮宽度标准化年表与降水量、平均温度的相关系数(虚线表示0.05的置信度)

Fig. 4 Correlation coefficients between tree-ring width and precipitation and mean monthly temperature

动, 研究区的上年 7 月至当年 2 月的降水量有明显下降 (图 2)。同时, 7—9 月是一年中 最热 的 季 节, 巨 大 的 蒸 发 量 和 偏 少 的 降 水 量 使 得 土 壤 水 分 含 量 减 少, 对 树 木 生 长 会 产 生 一 定 干 旱 胁 迫。上 年 11 月 和 当 年 6 月 降 水 的 增 加, 能 够 有 效 缓 解 季 风 区 干 旱 季 节 的 干 旱 胁 迫 作 用, 与 偏 高 的 平 均 温 度 组 合, 增 强 了 光 合 作 用 的 时 间, 相 应 延 长 生 长 季, 有 利 于 宽 轮 的 形 成。与 *PDSI* 指 数 的 相 关 则 进 一 步 揭 示 了 这 种 关 系。*PDSI* 是 充 分 考 虑 到 降 水、气 温 和 土 壤 水 分 蒸 发 等 多 种 因 素 综 合 影 响 的 一 个 气 象 指 标, 可 作 为 水 分 供 需 累 积 效 应 的 一 个 近 似 度 量, 能 够 较 好 地 指 示 土 壤 水 分 变 化, 表 征 土 壤 对 于 树 木 生 长 可 供 水 量, 同 时 也 考 虑 了 前 期 干 旱 的 积 累 效 应, 更 能 够 体 现 气 候 变 化 对 树 木 生 长 的 影 响<sup>[1-3]</sup>。因 此, 柳 杉 树 木 生 长 与 *PDSI* 之 间 的 相 关 较 单 一 气 候 数 据 要 高, 而 两 者 相 关 系 数 在 上 年 7 月 至 当 年 2 月 这 一 时 段 有 显 著 上 升, 有 着 明 确 的 树 木 生 理 学 意 义, 这 与 东 南 亚 地 区 树 轮 研 究 结 果 相 类 似<sup>[2-6]</sup>。进 一 步 分 析 发 现, 树 轮 标 准 化 年 表 和 上 年 7 月 至 当 年 2 月 的 *PDSI* 有 显 著 的 正 相 关 关 系 ( $r=0.60, n=57, p<0.001$ )。所 以, 判 断 该 年 表 序 列 能 够 较 好 地 反 映 研 究 区 干 湿 变 化 的 信 息。虽 然 该 年 表 与 上 年 7 月 至 当 年 2 月 的 *PDSI* 的 相 关 系 数 达 到 0.6, 方 差 解 释 量 达 到 36%, 但 由 于 树 轮 采 样 点 存 在 一 定 的 局 地 气 候 因 素, 我 们 认 为 要 精 确 重 建 该 地 的 干 湿 序 列 还 需 要 更 多 的 年 表 数 据。但 总 体 来 讲, 该 树 轮 年 表 在 一 定 程 度 上 较 为 可 靠 地 反 映 了 研 究 区 的 干 湿 变 化。

### 3.2 大 范 围 干 湿 变 化 信 号 及 区 域 比 较

相 关 分 析 发 现, 山 东 地 区 油 松 树 轮 序 列 与 闽 北 部 柳 杉 树 轮 宽 度 序 列 存 在 显 著 正 相 关 ( $r=0.231, n=138, p<0.001$ )。利 用 主 成 分 分 析 方 法 获 取 两 者 之 间 的 第 一 主 成 分, 能 够 解 释 61.57% 的 方 差 解 释 量。将 该 第 一 主 分 量 与 覆 盖 整 相 关 区 域 (20~40°N, 115~120°E, 1955—2011 年) 的 平 均 *PDSI* 指 数 进 行 相 关 普 查, 发 现 其 与 上 年 6 月 至 当 年 2 月 相 关 性 最 高, 相 关 系 数 为 0.661 ( $n=37, p<0.001$ , 图 5) 这 说 明 该 序 列 能 够 较 好 表 征 东 部 沿 海 季 风 区 干 湿 变 化。

从 图 6 中 的 低 通 滤 波 曲 线 可 见, 138 年 来 的 东 部 沿 海 季 风 区 存 在 几 个 偏 干 阶 段 与 偏 湿 阶 段, 而 这 些 干 湿 阶 段 的 交 替 具 有 明 显 的 短 周 期 性 波 动 的 特 征。其 中 1855—1857 年, 1882—1898 年, 1912—1925 年, 1933—1944 年, 1952—1963 年, 1971—1985 年 是

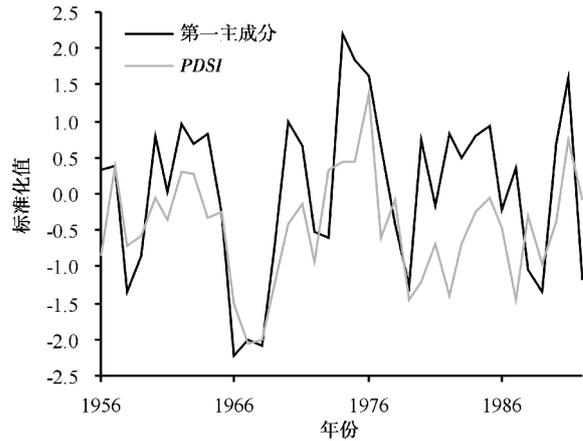


图 5 山东地区油松和闽中北部柳杉树轮宽度序列第一主成分和 PDSI 序列对比

Fig. 5 Comparison of the first principal component of tree-ring series of Shandong and Fujian and actual PDSI from 1955 to 1992

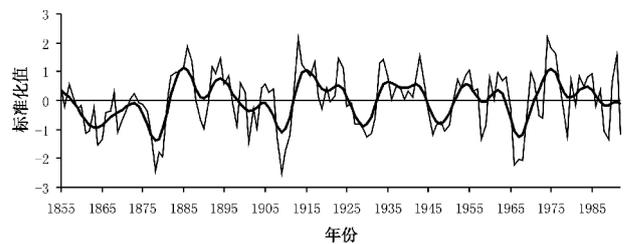


图 6 山东地区油松和闽中北部柳杉树轮宽度序列第一主成分值及 10 a 低通滤波曲线

Fig. 6 The first principal component of tree-ring series from eastern China since AD 1855. The bold line indicates the smoothed data with a 10-year low-pass filter to emphasize long-term fluctuations

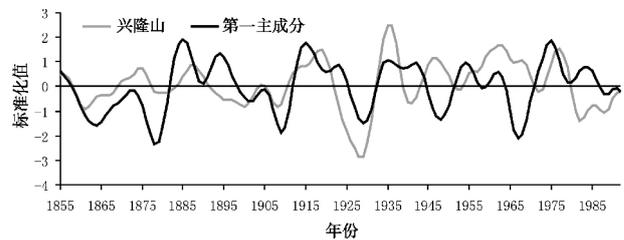


图 7 山东地区油松和闽中北部柳杉树轮宽度序列第一主成分与兰州兴隆山降水重建序列对比

Fig. 7 Comparison between the first principal component of tree-ring series from eastern China and the reconstructed precipitation series for the Xinglong Mountains in Lanzhou

偏 湿 阶 段; 1858—1881 年, 1899—1911 年, 1926—1932 年, 1945—1951 年, 1964—1970 年 是 偏 干 阶 段。其 中 1858—1881 年 和 1899—1911 年 的 偏 干 阶 段 出 现 2 次 变 干 的 趋 势, 并 伴 随 着 包 括 1876—1879 年 和 1909 年 等 大 范 围 极 端 干 旱 事 件。这 些 极 端 干 旱 事

件不仅在中国北方的干旱半干旱地区的树轮重建序列中有所体现<sup>[19]</sup>,甚至如本文所示在相对湿润的中国东部地区的树轮序列也留下印迹。这些大范围极端干旱事件对于当时以农业为主要经济基础的中国社会的影响是致命的,并严重削弱了清王朝统治<sup>[20]</sup>。在民国时期,1926—1932年和1945—1951年两个偏干阶段中,北方地区也是极端干旱事件频发,尤其是1928—1929年的极端干旱事件,华北、西北、西南等13个省535个县遭旱灾<sup>[21]</sup>。由于严重干旱,不仅在关中地区华山松(*Pinus armandii*)、内蒙古中部的油松(*Pinus tabulaeformis*)、青藏高原东北部的祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)和新疆天山的雪岭云杉(*Picea schrenkiana*)树轮序列都出现了不同程度的生长下降情况<sup>[22-23]</sup>,而且本序列也有所体现。

利用陈峰等<sup>[19]</sup>在兰州兴隆山所建立的能够较好地反映亚洲夏季风尾闾区干湿变化的降水序列,截取其中1855—2011年的序列长度,对比发现两者在原始序列上存在显著相关( $r = 0.18$ ,  $n = 138$ ,  $p < 0.05$ )。进行低通滤波处理以后,相关系数上升为0.29(图7)。在1855—1938年和1956—1980年期间二者变化趋势较为一致,在1926—1932年期间二者都表现为低值期。两者间最大的差异是1939—1955年,在此期间二者表现为反向变化:兴隆山序列表现出偏湿阶段,而东部沿海季风区表现出显著的波动。这种差异的原因可能是二者所处不同的地理环境所造成的。中国东部沿海地区完全受到东亚夏季风控制,而兴隆山不仅受到东亚夏季风影响,而且还受到了西风影响<sup>[19]</sup>。最近30年来,两者都表现出了显著下降趋势,这可能与东亚夏季风的衰弱有关<sup>[24]</sup>,而地处季风尾闾区的兴隆山序列表现的更为明显,这说明季风尾闾区的干湿变化对东亚季风活动更为敏感。

#### 4 小 结

通过闽中北部山地柳杉树轮宽度年表对气候响应分析,发现柳杉生长受干湿变化影响十分显著,尤其对上年7月至当年2月旱季的PDSI响应最强,且该指标具有明显的树木生理学意义。将该序列与来自山东地区油松宽度年表进行主成分分析发现,两者之间存在很强的公共信号,他们之间的第一主成分能够有效指示东部沿海季风区的大范围干湿变化,并表现出6个偏湿阶段和5个偏干阶段。其中,

多个偏干阶段与北方干旱半干旱地区的偏干阶段一致,期间发生的多个极端干旱事件对于中国社会造成了严重影响。进一步对比分析发现,东部沿海季风区与东亚夏季风尾闾区干湿变化在低频变化上有着明显的一致性,并准确捕捉到了自1970年代以来东亚夏季风的衰弱。本研究证实了在中国东部地区进行树轮干湿气候重建研究是可行的,并具有很大研究潜力。

#### 参考文献(References)

- [1] Cook E R, Anchukaitis K J, Buckley B M, et al. Asian monsoon failure and megadrought during the last millennium [J]. *Science*, 2010, 328: 486 - 489
- [2] Buckley B M, Anchukaitis K J, Penny D, et al. Climate as a contributing factor in the demise of Angkor [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, 107: 6748 - 6752
- [3] Buckley B M, Palakit K, Duangsathaporn K, et al. Decadal scale droughts over northwestern Thailand over the past 448 years: Links to the tropical Pacific and Indian Ocean sectors [J]. *Climate Dynamics*, 2007, 29: 63 - 71
- [4] D'Arrigo R, Abram N, Ummenhofer C, et al. Reconstructed streamflow for Citarum River, Java, Indonesia: linkages to tropical climate dynamics [J]. *Climate Dynamics*, 2011, 23: 451 - 462
- [5] D'Arrigo R, Palmer J, Ummenhofer C C, et al. Three centuries of Myanmar monsoon climate variability inferred from teak tree rings [J]. *Geophysical Research Letters* 38, 2011, L24705, doi: 10.1029/2011GL049927
- [6] Sano M, Buckley B M, Sweda T. Tree-ring based hydroclimate reconstruction over northern Vietnam from *Fokienia hodginsii*: eighteenth century mega-drought and tropical Pacific influence [J]. *Climate Dynamics*, 2009, 33: 331 - 340
- [7] Chen F, Yuan Y J, Wei W S, et al. Reconstructed temperature for Yong'an, Fujian, southeast China: Linkages to the Pacific Ocean climate variability [J]. *Global and Planetary Change*, 2012, 86 - 87: 11 - 19
- [8] Chen F, Yuan Y J, Wei W S, et al. Tree-ring based winter temperature reconstruction for Changting, Fujian, southeast China, since 1850 [J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2012, 109: 141 - 151
- [9] Shi J F, Cook E R, Lu H Y, et al. Tree-ring based winter temperature reconstruction for the lower reaches of the Yangtze River in southeast China [J]. *Climate Research*, 2010, 41: 169 - 175
- [10] Duan J P, Zhang Q B, Lv L X. Increased Variability in Cold - Season Temperature since the 1930s in Subtropical China [J]. *Journal of Climate*, 2013, 26: 4749 - 4757
- [11] Chen Feng, Yuan Yujiang, Wei Wenshou, et al. Correlation between the summer Asian Pacific oscillation index and the tree-ring width of *Pinus massiniana* from Sha county, Fujian province [J]. *Quaternary Sciences*, 2011, 31(1): 96 - 103 [陈峰,袁玉江,魏

- 文寿,等. 福建沙县马尾松树轮宽度与夏季亚洲-太平洋涛动指数的关系[J]. 第四纪研究,2011,31(1):96-103]
- [12] Fritts H C. Tree Rings and Climate [M]. London: Academic Press,1976.
- [13] Holmes R L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement [J]. Tree-ring Bulletin,1983,43:69-75
- [14] Cook E R. A time series analysis approach to tree-ring standardization[D]. Tucson: The University of Arizona,1985.
- [15] Cook E R, Kairiukstis L. Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences [M]. New York: Springer, 1990.
- [16] van der Schrier G, Jones P D, Briffa R. The sensitivity of the PDSI to the Thornthwaite and Penman - Monteith parameterizations for potential evapotranspiration [J]. Journal of Geophysical Research, 2011, 116( D3), doi: 10.1029/2010JD015001
- [17] Biondi F, Waikul K. DENDROCLIM2002: a C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies [J]. Computers and Geosciences, 2004, 30: 303-311
- [18] Shen Changsi, Chen Jinmin, Zhang Zhihua, et al. Utilizing tree ring chronologies to reconstruct 200 years moisture index in Yishan, Shandong province [J]. Geographical Research, 1998, 17(2): 150-156 [沈长泗, 陈金敏, 张志华, 等. 利用树木年轮资料重建山东沂山地区 200 多年来的湿润指数[J]. 地理研究, 1998, 17(2): 150-156]
- [19] Chen F, Wang H Q, Chen F H, et al. Tree-ring reconstruction of July - May precipitation ( AD 1816-2010) in the northwestern marginal zone of the East Asian summer monsoon reveals the monsoon-related climate signals[J]. International Journal of Climatology, 2014, doi: 10.1002/joc.4110
- [20] Hao Z X, Zheng J Y, Wu G F, et al. 1876 - 1878 severe drought in North China: Facts, impacts and climatic background [J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55: 3001-3007
- [21] Yuan Lin. Disaster history in Northwest China [M]. Lanzhou: The Gansu People's Press, 1994. [袁林. 西北灾荒史[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1994.]
- [22] Chen Feng, Yuan Yujiang, Wei Wenshou, et al. Variation and prediction trend of precipitation series for the Tekes River Basin during the last 236 Years [J]. Mountain Research, 2010, 28(5): 545-551 [陈峰, 袁玉江, 魏文寿, 等. 特克斯河流域近 236a 降水变化及其趋势预测[J]. 山地学报, 2010, 28(5): 545-551]
- [23] Liang Eryuan, Shao Xuemei, Huang Lei, et al. Tree-ring records of the 1920s drought in central-western Chinese [J]. Progress in Natural Science, 2004, 14(4): 469-474 [梁尔源, 邵雪梅, 黄磊, 等. 中国中西部地区树木年轮对 20 世纪 20 年代干旱灾害的指示[J]. 自然科学进展, 2004, 14(4): 469-474]
- [24] Wang HJ. The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970s [J]. Advances in Atmospheric Sciences. 2001, 18: 376-386

## Drought Signals in the Tree-ring Width Record of Cedar (*Cryptomeria fortunei*) Trees from North Central Fujian: Linkages to the Monsoonal Regions

CHEN Feng<sup>1,2</sup>, YUAN Yujiang<sup>1</sup>, YU Shulong<sup>1</sup>

(1. Xinjiang Laboratory of Tree Ring Ecology/Key Laboratory of Tree-ring Physical and Chemical Research of China Meteorological Administration, Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;

2. MOE Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Collaborative Innovation Centre for Arid Environments and Climate Change, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Based on the tree-ring cores of *Cryptomeria fortunei* collected from north central Fujian, China, the standardized tree-ring width chronology was developed. Growth-climate response analyses showed that the growth of *Cryptomeria fortunei* is mainly influenced by July - February PDSI variability. There is a reasonable agreement with wet/dry periods previously estimated from tree-ring record in Shandong. Based on the results of principal component analyses, June - February PDSI is the most important forces on the tree growth at the sites ( $r = 0.661$ ,  $p < 0.001$ ). Analyzing the first principal component of tree-ring series, we found that: 1) During the last 138 years, 6 wet periods and 5 dry periods were happen in eastern China; 2) Drought events in the first principal component of tree-ring series are compared to the historical archives and other moisture-sensitive tree-ring width series in northern China. The results reveal common climatic extremes over much of China. Many of these events have had profound impacts on the peoples of China over the past several centuries; 3) The low-frequency change of the first principal component of tree-ring series is correlated positively with the precipitation reconstruction for the Xinglong Mountains of Lanzhou in the monsoonal tail region, and captures the current trend of East Asia summer monsoon.

**Key words:** north central Fujian; *Cryptomeria fortunei*; tree rings; dry and wet change