

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2012.06.003

# 岩溶区青冈栎的年轮特征及其与环境因子的关系

潘复静<sup>1</sup>, 张中峰<sup>1</sup>, 黄玉清<sup>1\*</sup>, 莫凌<sup>1</sup>, 梁士楚<sup>2</sup>, 王静<sup>1,2</sup>, 张德楠<sup>1,2</sup>

(1. 广西壮族自治区广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 2. 广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 为揭示岩溶区植物生长特征及其与环境因子的关系, 利用年轮分析方法研究了岩溶区广泛分布的乔木树种青冈栎的年轮特征及其与环境因子的关系。结果表明: 青冈栎年轮宽度和年轮指数的平均值分别为  $(2.565 \pm 0.028)$  mm 和  $1.108 \pm 0.012$ 。随着胸径的增大, 年轮宽度和年轮指数在逐渐增大, 年轮指数与气候因子的变化有着相关关系, 与前一年 6 月份、12 月份以及当年 12 月份的平均温度呈显著正相关, 而与前一年 4 月份、10 月份以及当年 4 月份的降雨量和前一年 8 月份、9 月份以及当年 2 月份的日照总时数呈显著负相关。表明岩溶区青冈栎的生长可能主要受到温度变化的影响, 降雨量和日照时数的变化也影响着青冈栎的年轮特征。温度、降雨量和日照时数等环境因子共同制约着岩溶区青冈栎的生长。

**关键词:** 岩溶; 年轮宽度; 年轮指数; 生长特征; 环境因子

**中图分类号:** Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2012)06-0730-06

## *Cyclobalanopsis glauca*'s tree-ring characteristics and its relationship with environment factors in karst region

PAN Fu-Jing<sup>1</sup>, ZHANG Zhong-Feng<sup>1</sup>, HUANG Yu-Qing<sup>1\*</sup>,  
MO Ling<sup>1</sup>, LIANG Shi-Chu<sup>2</sup>, WANG Jing<sup>1,2</sup>, ZHANG De-Nan<sup>1,2</sup>

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 2. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

**Abstract:** Tree ring-width analysis was used to investigate the relation of tree-ring characters and environmental factors in karst region in order to find out relationship between the growth feature of *Cyclobalanopsis glauca* and environmental factors. All trees chronologies were developed from the cross-dated ring width series using the program WinDENDRO 2006. The results showed that the average ring width and ring index of *C. glauca* was  $(2.565 \pm 0.028)$  mm and  $1.108 \pm 0.012$ , respectively. The ring width and ring index were increased in association with diameter increases. The correlation analysis showed that the tree-ring index of *C. glauca* was positively correlated with temperature of previous June, December and current December, while it was negatively correlated with precipitation of previous April, October and current April, and it was also negatively correlated with solar hours of previous August, September and current February. The results indicated that temperature with precipitation and solar hours jointly controlled the growth of *C. glauca* in karst region.

**Key words:** karst; tree-ring width; tree-ring index; growth character; environmental factors

收稿日期: 2012-05-14 修回日期: 2012-08-01

**基金项目:** 国家自然科学基金(40872198, 41172313); 岩溶动力学实验室开放基金(kdl2008-01); 中国地质调查局工作项目(水[2011]地调 01-15-02) [Supported by the National Natural Science Foundation of China(40872198, 41172313); Open Fund of Karst Dynamics Laboratory(kdl2008-01); Project of the National Bureau of Geological Research of China(Water[2011]Geological Survey 01-15-02)]

**作者简介:** 潘复静(1984-), 男, 广西钦州人, 硕士, 研究实习员, 主要从事植物生态学研究, (E-mail) panfujing28@163.com.

\* **通讯作者:** 黄玉清, 博士, 研究员, 主要从事植物生理生态学研究, (E-mail) hyqcoco@gxib.cn.

岩溶是一种特殊的、脆弱的生态系统类型,对环境因素变化敏感,生态稳定性差,一旦破坏,极易退化。在我国南方广大的裸露岩溶区,原生植被几乎消失殆尽,只有在人为干扰较少的地方才分布有乔木次生林群落。植物在高裸岩率的环境下生长可能受到如气候、养分、水分等环境因素的影响,特别是水分的制约作用明显。植物在生长中记录了大量的关于环境变化的信息,特别在年轮上记录了大量的气候变化信息(Carrer & Urbinati, 2004)。因此,研究岩溶区植物生长特征及其对环境因子的响应在一定程度上可以充分了解植物与岩溶环境变化的关系。青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)是中亚热带常绿阔叶林的常见物种,是青冈类(属)中分布范围最广的种类(苏宗明, 1997),广泛分布于裸露岩溶区,是次生林的优势种。有研究表明,生长于裸露岩溶区的青冈栎,叶面积指数高,具有较强的水分利用能力和光能利用效率(张中峰等, 2008; Huang 等, 2011)。但是,我们还没有清楚认识青冈栎的生长特征以及与环境因子变化的关系。虽然目前有大量关于岩溶区植物的研究,但是利用年轮分析法对岩溶植物的生长特征及其与环境因子关系的研究在国内还未见报道。年轮分析法是一种研究植物生长特征的有效方法,还可以与气候等因子相结合进行系统的生态影响因子研究。因此,年轮分析法广泛应用于植物的生长特征与气候变化关系的研究(Rol-land, 1993; Anfodillo 等, 1998; Trotter 等, 2002; Carrer & Urbinati, 2004; Oberhuber 等, 2008)。本文采用解析木法对岩溶区青冈栎进行取样,采用年轮分析法测定植物的生长特征值并绘制生长曲线,然后用年轮指数与气候因子进行相关分析,并对年轮特征与环境因子的关系进行深入地讨论,以了解植物生长特征及其与环境因子变化的关系,为探讨岩溶植物与岩溶区环境因子变化的关系提供理论依据。

## 1 研究区概况

研究地点位于广西桂林市雁山区大埠乡甘棠村,地理位置为  $110^{\circ}18' \sim 110^{\circ}22' \text{ E}$ ,  $25^{\circ}01' \sim 25^{\circ}03' \text{ N}$ ,属于典型的岩溶地貌。该区年平均气温为  $19^{\circ}\text{C}$ ,年平均降雨量为  $1\,900\text{ mm}$ ,3~7月为雨季,降水量占全年约70%,8月至翌年2月为旱季,干旱明显(图1:b)。研究地点海拔高度为  $150 \sim 210\text{ m}$ ,生长以青冈栎为优势种的次生林,树木茂密。林内伴

生植物有黄连木(*Pistacia chinensis*)、圆果化香(*Platycarya longipes*)等,偶见小叶栎树(*Koelreuteria minor*)、圆叶乌桕(*Sapium rotundifolium*)和菜豆树(*Radermachera sinica*)等树种。林下植物种类较少,主要有粗糠柴(*Mallotus philippinensis*)、石山巴豆(*Croton euryphyllus*)、斜叶榕(*Ficus tinctoria*)以及青冈幼树等种类。

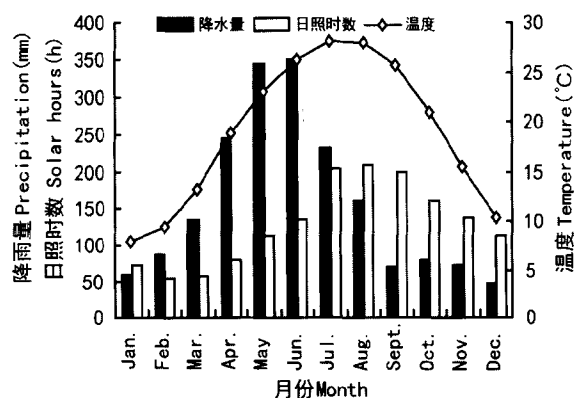


图1 桂林地区月平均温度、降水量和日照时数变化(1952~2009年)

Fig. 1 Variations of mean monthly temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), precipitation (mm) and sunshine hours (h) in Guilin from 1952 to 2009

## 2 研究方法

### 2.1 取样

2010年9月,在研究地点选取三个青冈栎群落,并在其内设计  $20\text{ m} \times 35\text{ m}$  的样方进行每木调查,三个样方均设在岩溶石山的下坡位,样方的坡度为  $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ,裸岩率约为70%,其余为土面或土石面。根据样方每木调查结果,人为划分为  $10 \sim 15\text{ cm}$ 、 $15 \sim 20\text{ cm}$  和  $20 \sim 25\text{ cm}$  三个胸径级别作为标准木的胸径选择标准。在每个样方内选择符合上述胸径级别的标准木各一棵,如在样方内找不到较大胸径级别的标准木,则相应减少一个级别进行补充。标准木要求选取生长状况良好、无病虫害、无断梢弯曲等特征的树木。有一个样方的标准木采用树干解析法进行取样,为减少对林木的破坏,另外两个样方的标准木采用钻取树芯的方法取样。在第一个样方内采用树干解析取样,按照  $1\text{ m}$  为一个区分段截取圆盘,同时截取底盘、胸径盘和梢头盘,共获得树木圆盘25个。对每个树木圆盘进行编号,确定南北方向,放入封口袋中带回实验室进行风干,然后对树木

圆盘进行刨光,获得年轮纹理清晰的样品进行年轮分析。三个样方采用钻取树芯取样,各取标准木 3 株,在每株标准木胸径处取南北、东西方向各 1 根木芯,共取得 6 株树的 12 根木芯,24 个数据序列。

## 2.2 数据整理与分析

2.2.1 年轮指数  $I_t$  (Ring-width index) 刨光树木圆盘,用 WinDENDRO 2006 年轮分析仪依次测定各解析木不同高度树木圆盘以及木芯的年轮宽度(精确到 0.001 mm)。以龄阶为 1 a,分析青冈栎的年轮生长变化过程,所取得的数据为每株标准样树出现年轮到 2009 年的数据序列,然后再模拟其生长过程曲线。年轮指数是指年轮生长实际宽度与该树种年生长期望值的比值,计算公式为(吴泽民等, 1999):

$$I_t = W_t / Y_t \dots\dots\dots (1)$$

式中,  $W_t$  为实际测量的年轮宽度;  $Y_t$  为预计生长的年轮宽度。

根据青冈栎年轮生长序列特征,选用对数方程拟合年轮生长过程,模拟方程为:

$$Y_t = b_1 \ln x + b_0 \dots\dots\dots (2)$$

式中,  $Y_t$  代表年轮生长值,  $x$  代表树木的年龄,  $b_0$  和  $b_1$  是系数。

表 1 青冈栎年轮宽度和年轮指数

Table 1 *C. glauca*'s ring width and ring index

| 编号<br>Code           | 胸径<br>DBH<br>(cm) | 树高<br>Height<br>(m) | 年轮宽度<br>Ring width<br>(mm) | 年轮指数<br>Ring<br>index |
|----------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| A1                   | 13.60             | 9.3                 | 2.182±0.095e               | 0.943±0.041d          |
| A2                   | 17.70             | 8.8                 | 2.674±0.086bcd             | 1.155±0.037b          |
| A3                   | 23.12             | 11.3                | 3.058±0.107a               | 1.321±0.046a          |
| B1                   | 14.66             | 11.0                | 2.163±0.047e               | 0.934±0.020d          |
| B2                   | 17.20             | 14.0                | 2.403±0.043d               | 1.038±0.019c          |
| B3                   | 18.62             | 15.5                | 2.726±0.075b               | 1.178±0.032b          |
| C1                   | 15.50             | 12.0                | 2.535±0.063bc              | 1.095±0.027bc         |
| C2                   | 17.00             | 13.0                | 2.472±0.053d               | 1.068±0.023bc         |
| C3                   | 22.24             | 18.0                | 2.684±0.038b               | 1.160±0.016b          |
| 平均值<br>Average value | 17.74             | 12.5                | 2.565±0.028                | 1.108±0.012           |

注: 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercases showed significant difference ( $P < 0.05$ )

2.2.2 年轮指数与气候因子相关性 利用样树年轮指数与年均温、年降水量、年日照时数、月均温、月降水量及月日照时数进行 Person 相关分析,分析其与气象因子间的相关性。所用的 1952~2009 年逐年逐月的年均温度、降水量及日照时数为桂林市气象局的监测值,该气象数据来源于中国气象科学数据

共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/>)。

2.2.3 统计分析 采用 SPSS 统计软件对青冈栎不同样树年轮生长序列特征进行对数方程回归,利用对数回归方程进行年轮指数序列的模拟运算,得出 9 棵样树的年轮宽度序列和年轮指数序列;利用描述性统计和单因素方差分析(one-way ANOVA)对其年轮宽度和年轮宽度指数进行描述性和差异性统计,采用多重比较分析方法(LSD)对各棵样树的年轮宽度和年轮宽度指数进行比较分析;用 Pearson 相关分析方法对年轮指数与气候因子的关系进行了相关分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 青冈栎的年轮特征

青冈栎年轮宽度和年轮指数的平均值分别为  $(2.565 \pm 0.028)$  mm 和  $1.108 \pm 0.012$  (表 1)。不同样树之间的年轮宽度和年轮指数不尽相同,变动范围分别为  $(2.163 \pm 0.047) \sim (3.058 \pm 0.107)$  mm 和  $0.934 \pm 0.020 \sim 1.321 \pm 0.046$ ,变化幅度较大,且年轮宽度和年轮指数较多达到显著差异 ( $P < 0.05$ )。年轮宽度和年轮指数随着胸径的增大而变化显著,胸径越大,年轮宽度和年轮指数也越大(图 2)。

通过进行对数方程回归统计分析,模拟了青冈栎年轮生长序列特征,得出其年轮生长的期望值模拟方程:  $Y_t = 0.1198 \ln x + 2.2032$  ( $R^2 = 0.193$ ,  $P = 0.003$ ),式中  $x$  为树木的年龄,  $Y_t$  为年轮生长值(图 3)。青冈栎的年轮宽度和年轮指数随着年份的变化而出现不同的变化,表现为多峰曲线形态;且其年轮宽度和年轮指数在 1985 年出现较明显的下降,而在 1989、1999 和 2006 年出现升高,生长过程处在动态变化之中;其年轮生长速度在幼龄期生长较快而且起伏较大,之后趋于平缓。

### 3.2 树木生长与气候因子的关系

年轮指数与前一年 6 月和 12 月的月均温达到极显著正相关关系(相关系数分别为  $r = 0.40$ ,  $P = 0.006$ ;  $r = 0.42$ ,  $P = 0.004$ ),与前一年 4 月和 10 月的月降雨量、8 月和 9 月的日照时数达到显著负相关关系( $r = -0.34$ ,  $P = 0.021$ ;  $r = -0.43$ ,  $P = 0.003$ ;  $r = -0.45$ ,  $P = 0.002$ ;  $r = -0.34$ ,  $P = 0.022$ );而与其它月份气候状况相关性不大。年轮指数与当年各月的月均温度、月降雨量和月日照时数相关性比前一年的系数低(表 2)。年轮指数与 12 月份气温具有

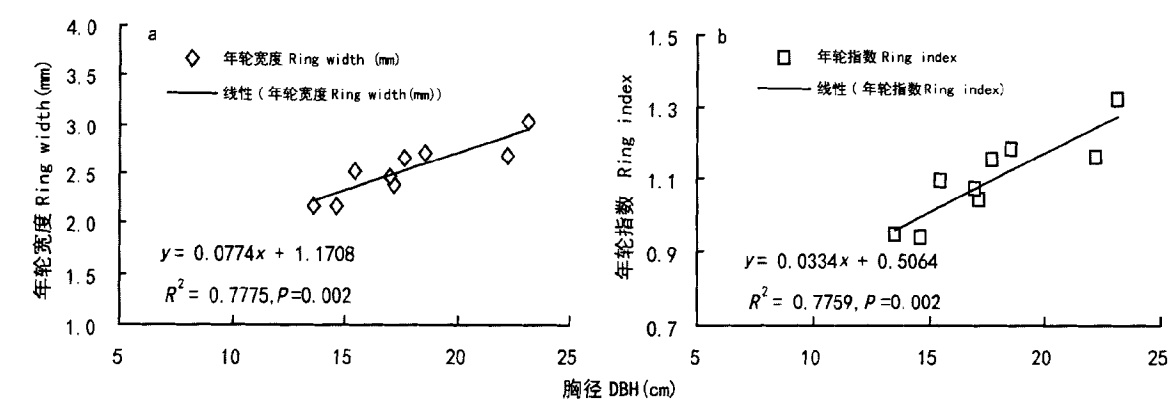


图 2 青冈栎年轮宽度和年轮指数与胸径的相关关系  
Fig. 2 Correlations between ring width, ring index and DBH of *C. glauca*

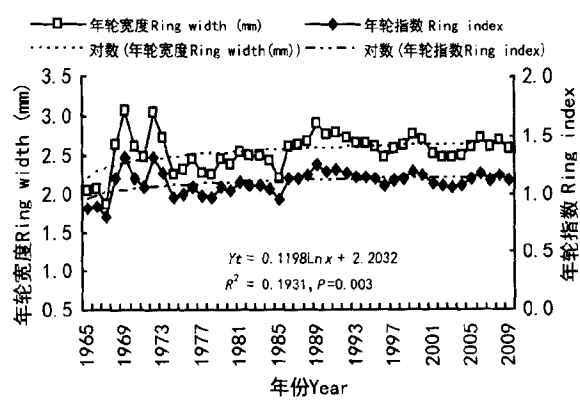


图 3 青冈栎的年轮宽度和年轮指数的逐年变化  
Fig. 3 Change of *C. glauca*'s ring width and ring index in different years

极显著相关关系( $r=0.44, P=0.002$ ),而与当年 4 月份降雨量和 2 月份日照时数具有显著负相关关系( $r=-0.323, P=0.030; r=-0.391, P=0.008$ )。从以上数据可以得出,树木生长与前一年 6 月份和 12 月份的温度有正效应,而与前一年其他月份的各个因子具有负效应或者无显著效应;与当年的 12 月份具有正效应,与其它月份的气象因子具有负效应或无显著效应。

4 讨论

青冈栎年轮宽度和年轮指数具有一定差异,表明树木群体中的个体具有差异性;而且随着胸径的

表 2 年轮指数与气温、降水和日照时数的相关系数  
Table 2 Correlation coefficient between ring index and temperature, precipitation and sunshine hours

| 指标 Index                             | 1 月 Jan. | 2 月 Feb. | 3 月 Mar. | 4 月 Apr. | 5 月 May | 6 月 Jun. | 7 月 Jul. | 8 月 Aug. | 9 月 Sept. | 10 月 Oct. | 11 月 Nov. | 12 月 Dec. |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 前一年气温 Previous year temp.            | 0.01     | -0.13    | -0.13    | -0.01    | 0.07    | 0.40**   | -0.01    | -0.03    | 0.07      | -0.02     | 0.22      | 0.42**    |
| 前一年降水 Previous year precipitation    | 0.00     | 0.16     | 0.06     | -0.34*   | 0.11    | 0.16     | 0.05     | 0.23     | 0.08      | -0.43**   | 0.06      | 0.01      |
| 前一年日照时数 Previous year sunshine hours | -0.06    | -0.17    | -0.1     | 0.26     | -0.18   | 0.04     | -0.26    | -0.45**  | -0.34*    | -0.02     | -0.19     | 0.18      |
| 当年气温 Current year temp.              | -0.03    | -0.17    | 0.05     | 0.11     | 0.02    | 0.17     | -0.03    | 0.13     | 0.19      | 0.04      | 0.10      | 0.44**    |
| 当年降水 Current year precipitation      | 0.18     | 0.01     | 0.07     | -0.32*   | -0.06   | 0.19     | 0.04     | -0.02    | 0.1       | -0.07     | -0.03     | -0.16     |
| 当年日照时数 Current year sunshine hours   | -0.27    | -0.32*   | -0.12    | -0.05    | -0.19   | -0.01    | -0.13    | -0.08    | -0.14     | -0.14     | -0.07     | 0.33      |

注: 不同字母表示具有显著差异性, \* 表示 0.05 检验水平, \*\* 表示 0.01 检验水平。  
Note: \* Correlation is significant at the 0.05 level; \*\* Correlation is significant at the 0.01 level.

增大,年轮宽度和年轮指数越大。树木年轮随着水分、温度和光照等的变化可以发生明显变化,这在一定程度上反映了植物与环境之间的关系(King, 1996; 李利平等, 2011),如果降水减少、温度升高或光照升高,则导致植物垂直生长变小,年轮宽度和年

轮指数变大。从过去 60 年来的气象数据(图 4)可以看出,年均温度随着年份变化呈现显著的增长状态,而年均降雨量没有发生显著变化,年均日照时数则发生了明显的下降。本研究中,年轮宽度的增长速率随着年度变化是缓慢增加的( $P=0.003$ )(图

3),其年轮宽度和年轮指数随着年度变化而变大。此结果与 King(1996)和李利平等(2011)在其它区

域的研究结果相一致。导致青冈栎生长呈现如此特性的可能原因是南方岩溶地区强烈的干湿交替现象

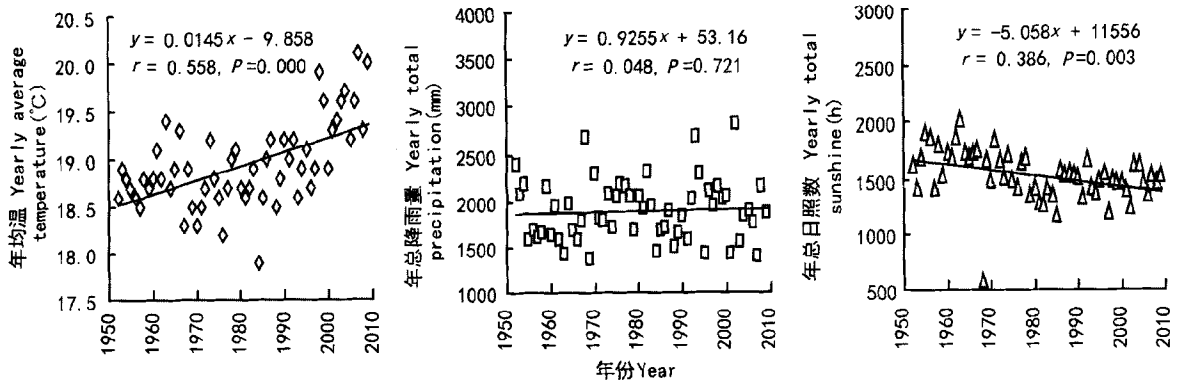


图4 桂林地区1952~2009年年平均气温、降水量和日照数的变化情况

Fig. 4 Change of annual average temperature, precipitation and sunshine hours in Guilin region from 1958 to 2006

以及水分的高度异质性对不同植物产生了巨大的影响(姚长宏等,2001);加上裸露岩石对太阳辐射的吸收使得岩溶区的温度较高(张邦琨等,2000);水分不足可能成为影响植被发展的最主要限制因子;青冈栎年轮生长速度在前10年生长较快而且起伏较大,之后趋于平缓。根本原因可能是因为幼龄期的青冈栎根系扎入岩溶层较浅,水分供应受限制,青冈栎的年轮表现出更大的波动,而成年树木根系可深扎至含水较丰富的表层岩溶层中,植物能充分利用表层岩溶水表现出较快和较稳定的生长(Huang等,2011)。

本研究中,青冈栎的年轮指数与前一年6、12月份以及当年12月份的平均温度有显著正相关关系,表明生长季内较高温度有利于树木生长。一般6月份温度对植物的生理活动和生长有极大的影响(Anfodillo等,1998)。本研究结果与此结论相似但又有不同之处,除6月份温度影响外,12月份的温度也对植物生长产生较明显影响。本研究地区每年12月份的温度主要受到寒潮影响,年际变化较大,有些年份12月的平均温度在13℃以上,而有些年份不足8℃。在这个月份,气温较高或日照较充足时,即使降雨量少,青冈栎也可利用表层岩溶带的水分进行光合作用(Huang等,2011),为生长季的树木提供能量,从而影响到下一年树木的生长量(邵雪梅等,1994);而其年轮指数与前一年4、10月份和当年4月份的降雨量以及前一年8、9月份和当年2月份的日照总时数呈显著负相关。4月份的温度特别适合亚热带植物生长,但降雨量的急剧增加伴随着太阳辐射下降,影响了植物的光合作用,导致植株年

轮宽度下降。8、9月份的日照数和10月份的温度仍然较高,但降雨量却急剧下降,因此会造成土壤水分的大量蒸发而引起土壤水分亏缺,成为影响树木生理性干旱的主要因素(Anfodillo等,1998);而高日照时数伴随着强烈太阳辐射通常使树木的蒸腾速率超过吸水速率,导致蒸腾压力的不连续,使水分不能满足树木生长需要,从而影响树木生长(Rolland, 1993; Anfodillo等,1998)。2月份为旱季末期,此时干旱5~6个月,研究区内土壤极其干燥,表层岩溶水水位下降,而日照时数和太阳辐射相对较高,则加速了树木的蒸腾速率,水分成为植物生长的限制因子。不仅高温对植物生长有巨大影响,低温、干旱等情况也对植物生长产生不可忽视的影响,使树木生长量明显降低(Oberhuber, 2004; Pfeifer等, 2005)。本研究中,年轮宽度和年轮指数变化与前一年的气候特征有更加显著的正或负相关关系,表明气候的变化表征在树木年轮生长上具明显的“延时现象”;青冈栎的年轮宽度和年轮指数与气候因子有着紧密关系;青冈栎的年轮宽度和年轮指数增长可能主要受到了气温、降雨量和日照时数等变化影响。

## 5 结论

岩溶区的水分亏缺对植物的生长产生巨大的影响,干旱情况下能明显抑制植物生长。而产生干旱的原因除了降雨量、温度和光照外,还与岩溶区的地质构造有关。岩溶区具有独特的水土二元结构,土壤水极易下渗进入地下河,土壤表层不易储存水分。

青冈栎在岩溶区的广泛分布性以及强适应性,能在一定程度上代表植物在该区的生长状况。从以上结论可以认为岩溶区植物的生长主要受到气候变化、土壤水分含量等环境因子影响,但每种植物对环境的变化具有差异性,不同植物的生长与环境因子的关系可能表现不一样。如果要进一步明确岩溶区植物生长与环境因子之间的关系,则需要进行深入的研究。

### 参考文献:

- Anfodillo T, Carrer M, Rento S, *et al.* 1998. Long and short term growth dynamics of *Picea abies* (L.) Karst, *Larix decidua* (Mill.), *Pinus cembra* (L.) and climatic factors: first results of an integrated study at the timberline in eastern Italian Alps[J]. *Écologie*, **29**:253—259
- Carrer M, urbinati C. 2004. Age-dependent tree-ring growth responses to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra*[J]. *Ecology*, **85**(3):730—740
- Huang YQ, Li XK, Zhang ZF, *et al.* 2011. Seasonal changes in *Cyclobalanopsis glauca* transpiration and canopy stomatal conductance and their dependence on subterranean water and climatic factors in rocky karst terrain[J]. *J Hydrol*, **402**:135—143
- King DA. 1996. Allometry and life history of tropical trees[J]. *J Trop Ecol*, **12** (1):25—44
- Li LP(李利平), Anwar Mohammad(安尼瓦尔·买买提), Wang RP(王襄平). 2011. Study on relationship between height and DBH of mountain coniferous forests in Xinjiang(新疆山地针叶林乔木胸径—树高关系分析)[J]. *Arid Zone Res*(干旱区研究), **28**(1):47—53
- Oberhuber W. 2004. Influence of climate on radial growth of *Pinus cembra* within the alpine timberline ecotone[J]. *Tree Physiol*, **24**:291—301
- Oberhuber W, Kofler W, Pfeifer K, *et al.* 2008. Long-term changes in tree-ring-climate relationships at Mt. Patscherkofel (Tyrol, Austria) since the mid 1980s[J]. *Trees (Berl West)*, **22** (1):31—40
- Pfeifer K, Kofler W, Oberhuber W. 2005. Climate related causes of distinct radial growth reductions in *Pinus cembra* during the last 200 yr[J]. *Veget Hist Archaeobot*, **14**:211—220
- Rolland C. 1993. Tree-ring and climate relationships for *Abies alba* in the internal ALPS[J]. *Tree-ring Bull*, **53**:1—43
- Shao XM(邵雪梅), Wu XD(吴祥定). 1994. Tree-ring chronologies for *Pinus armandi* Franch from Huashan, China(华山树木年轮年表的建立)[J]. *Acta Geogr Sin*(地理学报), **49**(2):174—181
- Su ZM(苏宗明). 1997. A study of vegetation flora of Guangxi(广西植被植物区系研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **18**(3):37—246
- Trotter III RT, Cobb NS, Whitham TG. 2002. Herbivory, plant resistance, and climate in the tree ring record: Interactions distort climatic reconstructions[J]. *Proc Nat Acad Sci*, **99**(15):10 197—10 202
- Wu ZM(吴泽民), Huang CL(黄成林), Ma QS(马青山). 1999. Relationship between tree ring growth of *Pinus taiwanensis* and climatic factors(黄山松年轮生长和气候的关系)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **10**(2):147—150
- Yao CH(姚长宏), Jiang ZC(蒋忠诚), Yuan DX(袁道先). 2001. Vegetation karst effects on the karst area of Southwest China(西南岩溶地区植被喀斯特效应)[J]. *Acta Geosic Sin*(地球学报), **22**(2):159—164
- Zhang BK(张邦琨), Zhang P(张萍), Zhao YL(赵云龙). 2000. A study of microclimate characters of different succession stages on karst landform(喀斯特地貌不同演替阶段植被小气候特征研究)[J]. *J Guizhou Meteorol*(贵州气象), (1):18—22
- Zhang ZF(张中峰), Huang YQ(黄玉清), Mo L(莫凌), *et al.* 2008. Preliminary study on the relation between photosynthetic rate and environment factors of *Quercus glauca* in Guilin karst area(桂林岩溶区青冈栎光合速率与环境因子关系初步研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(4):478—482

(上接第 758 页 Continue from page 758)

**致谢** 感谢云南大学王恒颖博士和云南省环境科学研究所的曾熙雯女士在野外考察中提供热情帮助;感谢中国科学院昆明植物研究所植物标本馆张燕女士为查阅标本提供便利;承蒙广西植物研究所刘演研究员审阅本文并提出宝贵意见,在此表示感谢。

### 参考文献:

- 韦毅刚. 2010. 华南苦苣苔科植物[M]. 南宁:广西科学技术出版社:606—645
- 李锡文. 1991. 蛛毛苣苔属[M]//吴征镒. 云南植物志:第 5 卷. 北京:科学出版社:625—631
- 李振宇,王印政. 2004. 中国苦苣苔科植物[M]. 郑州:河南科学技术出版社:305—332
- 潘开玉. 1990. 蛛毛苣苔属[M]//王文采. 中国植物志:第 69 卷. 北京:科学出版社:460—472
- Burtt BL. 1984. Studies in the Gesneriaceae of the Old World. XL VII. Revised generic concepts for *Boea* and its allies[J]. *Notes Roy Bot Gard Edinb*, **41**:401—452
- Kiew R. 2010. Two new species of *Paraboea* (Gesneriaceae) from Peninsular Malaysia and Thailand[J]. *Edinb J Bot*, **67** (2):209—217
- Wang WT, Pan KY, Li ZY, *et al.* 1998. *Paraboea* [M]//Wu CY, Raven PH. Flora of China. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden, **18**:244—499
- Xu ZR, Burtt BL, Skog LE, *et al.* 2008. A revision of *Paraboea* (Gesneriaceae)[J]. *Edinb J Bot*, **65**(2):161—347
- Ridley HN. 1905. The Gesneriaceae of the Malay Peninsula[J]. *J Straits Branch Roy Asiat Soc*, **43**:1—92
- Vu XP, Do TX, Wen F, *et al.* 2011. Two occurrence taxa in *Paraboea* (C. B. Clarke) Ridl. (Gesneriaceae) for flora of Vietnam [J]. *Guihaia*, **31**(3):288—290

作者: 潘复静, 张中峰, 黄玉清, 莫凌, 梁士楚, 王静, 张德楠, PAN Fu-Jing, ZHANG Zhong-Feng, HUANG Yu-Qing, MO Ling, LIANG Shi-Chu, WANG Jing, ZHANG De-Nan

作者单位: 潘复静, 张中峰, 黄玉清, 莫凌, PAN Fu-Jing, ZHANG Zhong-Feng, HUANG Yu-Qing, MO Ling (广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西桂林, 541006), 梁士楚, LIANG Shi-Chu (广西师范大学生命科学学院, 广西桂林, 541004), 王静, 张德楠, WANG Jing, ZHANG De-Nan (广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西桂林541006; 广西师范大学生命科学学院, 广西桂林541004)

刊名: 广西植物 ISTIC PKU

英文刊名: Guihaia

年, 卷(期): 2012, 32(6)

## 参考文献(16条)

1. Anfodillo T; Carrer M; Rento S Long and short term growth dynamics of *Picea abies* (L ) Karst, *Larix decidua* (Mill ), *Pinus cembra* (L ) and climatic factors: first results of an integrated study at the timberline in eastern Italian Alps 1998
2. Carrer M; urbinati C Age-dependent tree-ring growth responses to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra* [外文期刊] 2004(03)
3. Huang YQ; Li XK; Zhang ZF Seasonal changes in *Cyclobalanopsis glauca* transpiration and canopy stomatal conductance and their dependence on subterranean water and climatic factors in rocky karst terrain 2011
4. King DA Allometry and life history of tropical trees 1996(01)
5. 李利平; 安尼瓦尔·买买提; 王襄平 新疆山地针叶林乔木胸径-树高关系分析 [期刊论文] - 干旱区研究 2011(01)
6. Oberhuber W Influence of climate on radial growth of *Pinus cembra* within the alpine timberline ecotone [外文期刊] 2004(3)
7. Oberhuber W; Kofler W; Pfeifer K Long-term changes in tree-ring-climate relationships at Mt. Patscherkofel (Tyrol, Austria) since the mid 1980s 2008(01)
8. Pfeifer K; Kofler W; Oberhuber W Climate related causes of distinct radial growth reductions in *Pinus cembra* during the last 200 yr 2005
9. Rolland C Tree-ring and climate relationships for *Abies alba* in the internal ALPS 1993
10. 邵雪梅; 吴祥定 华山树木年轮年表的建立 [期刊论文] - 地理学报 1994(02)
11. 苏宗明 广西植被植物区系研究 [期刊论文] - 广西植物 1997(03)
12. Trotter III RT; Cobb NS; Whitham TG Herbivory, plant resistance, and climate in the tree ring record: Interactions distort climatic reconstructions 2002(15)
13. 吴泽民; 黄成林; 马青山 黄山松年轮生长和气候的关系 [期刊论文] - 应用生态学报 1999(02)
14. 姚长宏; 蒋忠诚; 袁道先 西南岩溶地区植被喀斯特效应 [期刊论文] - 地球学报 2001(02)
15. 张邦琨; 张萍; 赵云龙 喀斯特地貌不同演替阶段植被小气候特征研究 2000(01)
16. 张中峰; 黄玉清; 莫凌 桂林岩溶区青冈栎光合速率与环境因子关系初步研究 [期刊论文] - 广西植物 2008(04)

引用本文格式: 潘复静, 张中峰, 黄玉清, 莫凌, 梁士楚, 王静, 张德楠, PAN Fu-Jing, ZHANG Zhong-Feng, HUANG Yu-Qing, MO Ling, LIANG Shi-Chu, WANG Jing, ZHANG De-Nan 岩溶区青冈栎的年轮特征及其与环境因子的关系 [期刊论文] - 广西植物 2012(6)