

浙江省小叶青冈生长过程的研究

刘彬彬¹, 楼炉焕², 刘广宁³, 张东北⁴, 叶青⁴

(1. 浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 3. 南京林业大学 风景园林学院, 江苏 南京 210037; 4. 浙江省庆元县实验林场, 浙江 庆元 323800)

摘要: 应用浙江省庆元县实验林场交溪门林区 64 年生小叶青冈 *Cyclobalanopsis myrsinaefolia* 树干解析数据, 研究其生长过程及其与气候因子的相关性。结果表明: ①64 年生小叶青冈的树高、胸径和材积总生长量均随年龄的增加而增大。②小叶青冈树高和胸径连年生长都呈多峰态曲线, 而且均可分为 3 个阶段, 树高和胸径的 2 个分界点分别为 16 a 和 33 a, 29 a 和 56 a, 说明树高的生长对外界因素的反应更敏感。从平均生长曲线来看, 树高年生长量 32 a 之前保持下降趋势, 之后趋于平缓, 胸径一直具有非常缓慢的上升趋势。③从材积生长过程来看, 平均生长量曲线和连年生长量曲线一直未相交, 说明 64 年生小叶青冈未达到其数量成熟龄, 林木生长还有很大空间。④小叶青冈树高的生长与年降水量和年平均气温的曲线变化趋势比较一致, 然而胸径和材积连年生长变化趋势与年降水量和年平均气温曲线差别较大, 基本没有相关性, 说明年降水量和年平均气温是影响树高生长的环境因子之一, 对胸径和材积生长影响不大。图 4 表 2 参 18

关键词: 森林测计学; 浙江省; 小叶青冈; 生长过程; 气候因子

中图分类号: S758.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2013)04-0517-06

Growth of *Cyclobalanopsis myrsinaefolia* in Zhejiang, China

LIU Binbin¹, LOU Luhuan², LIU Guangning³, ZHANG Dongbei⁴, YE Qing⁴

(1. School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. School of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 4. Experimental Forest Farm of Qingyuan County, Qingyuan 323800, Zhejiang, China)

Abstract: The thesis aims at offering theoretical foundation for the reasonable development and efficient management of subtropical native tree species. Based on a stem analysis of 64-year-old *Cyclobalanopsis myrsinaefolia* in the Jiaoximen Forest Region of Qingyuan, Zhejiang Province, China, growth (tree height, DBH, and tree volume) and climatic factors (annual rainfall and average annual temperature) were studied with a correlation analysis. Results showed that: (1) The total increment for tree height, DBH, and volume increased with age. (2) Also, curves for current annual increment of tree height and DBH had many peaks and could be divided into three stages. Demarcation points for tree height and DBH were separately the 16th and 33rd year, the 29th and 56th year. For tree height, the mean annual increment declined during the first 32 years and then rose slightly. (3) With tree volume, the mean and annual increment curves did not cross indicating that stem volume had not reached maturity. (4) Tree height was consistent with changes in annual rainfall and average annual temperature; however, there was no correlation between DBH increase and tree volume. Thus, we could conclude that the growth of tree height was more sensitive to the effect of outside factor; annual rainfall and average annual temperature were important environmental factors influencing increases in tree height, but not DBH and tree volume. Although the most 2 important factors were studied, it could not cover all the exter-

收稿日期: 2012-08-13; 修回日期: 2012-09-26

作者简介: 刘彬彬, 从事植物分类学以及园林植物等研究。E-mail: bblu0536@163.com。通信作者: 楼炉焕, 教授, 从事植物分类学以及观赏植物的开发利用等研究。E-mail: louluhuan@zafu.edu.cn

nal and internal casks. So the correlation between growth and climatic factors needed to be made further studies. [Ch,4 fig. 2 tab. 18 ref.]

Key words: forest mensuration; Zhejiang Province; *Cyclobalanopsis myrsinaefolia*; growth processes; climatic factors

小叶青冈 *Cyclobalanopsis myrsinaefolia* 又名青栲、青桐，为壳斗科 Fagaceae 青冈属 *Cyclobalanopsis* 常绿阔叶植物，在中国主要分布在北自陕西、河南南部，东自福建、台湾，南至广东、广西，西南至四川、贵州、云南等的山谷、阴坡杂木林中^[1]；在浙江各地山区均有小叶青冈的分布，多见于海拔 700 m 以上森林中，垂直分布于青冈 *Cyclobalanopsis glauca* 之上^[2]。其材质坚重、耐腐、耐磨，为纺织工业之良材，亦可作建筑、桥梁、枕木、电杆、造船、车辆、船橹等用材，也是食用菌生产的优质用材。小叶青冈树形优美，树干通直，树冠整齐，新叶红色，为良好的园林和庭院绿化植物。近几十年来，对小叶青冈的研究主要集中在种苗的培育和生长规律^[3-5]、种群^[6-8]、群落^[9]、物种多样性^[10]、树干含水率^[11]以及种子的矿质元素与维生素 C 的含量分析^[12]上。无论对于小叶青冈天然林还是人工林生长规律的研究，均未见报道。林木的生长发育受遗传因子和立地环境的影响很大，因此，正确分析和研究树木各生长因子的变化规律，对指导森林经营工作具有重要意义^[13]。在此基础上，本研究通过标准地调查和树干解析等方法，对浙江省庆元县交溪门林区小叶青冈的生长过程以及与环境关系进行了研究，旨在为合理发展和有效经营亚热带常绿阔叶林乡土树种提供一些科学依据。

1 自然环境概况

试验地位于浙江省庆元县实验林场交溪门林区 (27°28'43.68" ~ 27°30'1.44"N, 119°07'13.44" ~ 119°08'57.12"E)，海拔约 1 000 m；地处中亚热带与南亚热带交汇带附近^[14]，属亚热带季风气候，温暖湿润，冬暖夏凉，四季分明，年平均气温为 16.8 ℃，年降水量 1 095.1~2 421.5 mm，年平均无霜期 250 d 左右，相对湿度为 80%左右，光热资源较少；标准样地位于山腰之上，坡向为西南，坡度 45°，土壤为灰化黄壤，土层较薄，但肥力较高，土层厚度为 A 层 20 cm，B 层 20 cm。伴生植物主要的乔木树种有木荷 *Schima superba*，浙江柿 *Diospyros glaucifolia*，毛叶山桐子 *Idesia polycarpa* var. *vestita*，野漆 *Toxicodendron succedaneum*，青冈，硬壳柯 *Lithocarpus hancei*，短梗冬青 *Ilex buergerii*，虎皮楠 *Daphniphyllum oldhamii*，甜槠 *Castanopsis eyrei*；主要的灌木和草本植物有尾叶冬青 *Ilex wilsonii*，马银花 *Rhododendron ovatum*，鹿角杜鹃 *Rh. latoucheae*，映山红 *Rh. simsii*，微毛柃 *Eurya hebeclados*，绒毛石楠 *Photinia schneideriana*，光叶石楠 *Ph. glabra*，香花崖豆藤 *Millettia dielsiana*，狗脊 *Woodwardia japonica*，阔鳞鳞毛蕨 *Dryopteris championii*，缘脉菝葜 *Smilax nervo-marginata*，麦冬 *Ophiopogon japonicus* 等。

2 研究方法

在小叶青冈分布集中常绿阔叶林中沿自然坡面设 30 m × 30 m 的样方，按常规群落学方法进行样方调查，并对 5 m 以上的乔木分 15~20, 10~15, 5~10 m 3 个层次进行统计。重要值的计算采用徐敏等^[15]的方法。由表 1 可知：该群落为以小叶青冈为优势种的常绿阔叶林，乔木层具有 3 个亚层，上层高 15~20 m，仅有小叶青冈、硬壳柯、甜槠等 3 个树种；中层高 10~15 m，有小叶青冈、硬壳柯、甜槠、木荷、野漆等 5 个树种；下层高 5~

表 1 小叶青冈群落样地 5 m 以上的乔木树种统计

Table 1 Statistics of arborees more than 5 m

树种	重要值	高度为 15~20 m	高度为 10~15 m	高度为 5~10 m
		的株数	的株数	的株数
小叶青冈	35.50	17	8	4
硬壳柯	19.27	3	3	4
甜槠	11.36	1	2	7
木荷	10.87	0	3	5
虎皮楠	4.54	0	0	8
短梗冬青	3.56	0	0	6
青冈	1.46	0	0	5
毛叶山桐子	0.55	0	0	1
野漆	0.13	0	1	3
浙江柿	0	0	0	4

10 m, 有小叶青冈等 10 个树种, 而且小乔木较多, 从重要值看, 小叶青冈为 37.50, 在该样地中优势明显。

对样地内大于等于 5 m 的树木进行每株检尺, 测量其胸径、树高以及盖度等。在样地内选择通直度、圆满度、尖削度都较高且生长正常的平均木 1 株进行树干解析, 伐倒前, 先确定其根颈和胸径位置, 标注南北向, 并记录解析木的通直度、圆满度、尖削度、分枝高度、分枝粗、冠幅等内容。伐倒后, 在根颈 0 m 和胸径 1.3 m 处截一圆盘, 从 2.0 m 处开始按照 1.0 m 为一区分段截取, 厚度约 5 cm, 并将梢头木一并带回实验室待测。在非工作面标明南北向、解析木号和断面高度。圆盘带回实验室后以 1 a 为 1 个龄阶查数年轮, 并测量每个年轮的直径^[13]。

采用 Excel 2007 进行数据处理, 并用 Forstat(统计之林)2.1^[16]计算每个龄阶的树高、胸径和材积的生长量, 并对小叶青冈的生长过程进行有序聚类, 用 SigmaPlot 12.0 绘制各测树因子与生长量, 以及 3 个测树因子与年降水量和年均温等气候因子的相关性图表。

3 结果与分析

3.1 小叶青冈生长过程分析

3.1.1 树高生长过程分析 由小叶青冈树高与年龄的生长曲线(图 1)可知: 树高的总生长量随年龄的增加而增大, 64 年生小叶青冈树高达到 18.19 m。小叶青冈的年平均生长量在 32 a 之前保持下降趋势, 在 33 a 之后趋于平缓, 稳定在 $0.27 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ 左右。

用 Forstat(统计之林)2.1 对小叶青冈的树高连年生长量进行有序聚类, 可将树高的生长过程分为 3 个阶段, 生长前期(1~16 a), 生长中期(17~33 a)和生长后期(34~64 a), 此 3 个阶段的划分基本符合图 1 中树高连年生长曲线的变化趋势。小叶青冈生长前期(1~16 a)的树高连年生长处于高生长的状态, 维持在 $0.26 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上, 本期的最高峰出现在第 6 年, 达到 $0.52 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ 。在生长中期(17~33 a)阶段, 最高连年生长量仅有 $0.22 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$, 在 24 a 是到达最低 $0.02 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$, 之后虽有好转, 但也一直处于波动之中。在后期(34~64 a)小叶青冈又出现了 1 次快速生长期, 但远没有前期的连年生长量大, 此时期的连年生长量出现在 62 a, 达到 $0.67 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$, 其次为 48 a 的 $0.45 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

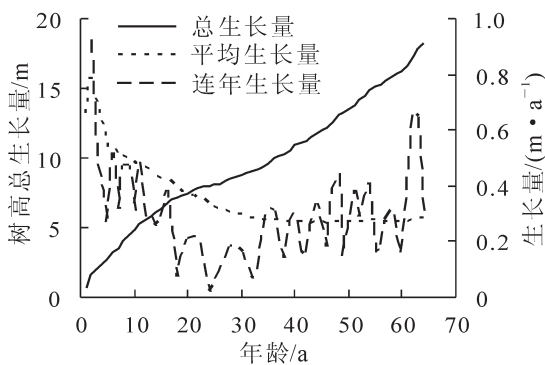


图 1 小叶青冈树高生长过程

Figure 1 Progress of the tree height growth

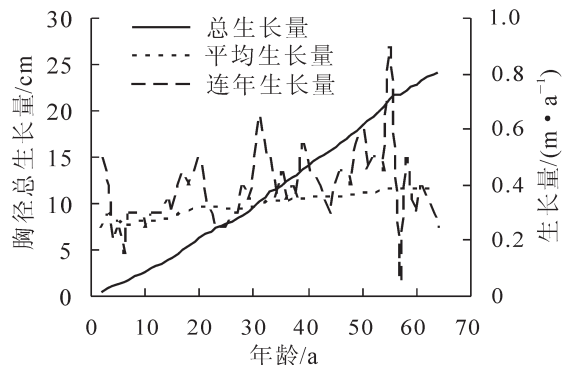


图 2 小叶青冈胸径生长过程

Figure 2 Progress of the DBH growth

3.1.2 胸径生长过程分析 由树干解析的数据绘制小叶青冈胸径与年龄的生长曲线(图 2)。由图 2 可知, 胸径的总生长量与年龄呈正相关, 64 年生的小叶青冈带皮胸径达到 25.55 cm, 去皮胸径达到 24.20 cm。胸径的平均生长量一直保持缓慢的上升趋势, 最低 $0.25 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$, 最大也仅有 $0.38 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$ 。用 Forstat(统计之林)2.1 对小叶青冈的胸径连年生长量进行有序聚类, 可将树高的生长过程分为 3 个阶段, 生长前期(1~29 a), 生长中期(30~56 a)和生长后期(57~64 a), 此 3 个阶段的划分基本符合图 2 中胸径连年生长曲线的变化趋势, 与树高的 3 个阶段相比, 生长前期和中期分别推迟到第 29 年和第 56 年, 比树高生长前期和中期晚 13 a 和 23 a。小叶青冈生长前期(1~29 a)的连年生长过程符合多峰态上升曲线, 在 20 a 时达到最大 ($0.50 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$); 在前期和中期的交界处也出现了一个连年生长量的低谷期, 在 24~25 a 降到最低, 仅有 $0.25 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$; 在生长中期(30~56 a)阶段, 55 a 达到最大, 为 $0.90 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$, 其次为 31 a 的 $0.65 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$; 在生长后期(57~64 a)阶段, 小叶青冈的连年生长量处于下降的状态。

3.1.3 材积生长过程分析 由小叶青冈的材积与年龄的生长曲线(图3)可知:材积的总生长量、连年生长量和平均生长量均随年龄的增加而增长,64年生的小叶青冈材积总生长量达到0.404 33 m³。连年生长过程呈多峰态上升曲线,在59 a出现连年生长量的最高峰,达到0.016 23 m³·a⁻¹,之后连年生长出现下降趋势。64年生小叶青冈的平均生长曲线保持稳定的上升趋势。

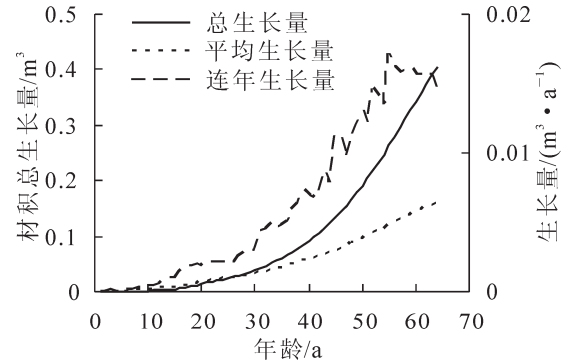


图3 小叶青冈材积生长过程
Figure 3 Progress of the volume growth

3.2 树高、胸径和材积生长与环境的关系

探讨环境因子对小叶青冈天然林生长的影响,可直观地揭示小叶青冈生长与降水量和年平均气温的内在联系。应用庆元气象站1957-2010年的年降水量和年平均气温数据(1957年之前庆元没有气象观测站,图4)分析小叶青冈的生长过程与气候因子的相关关系。

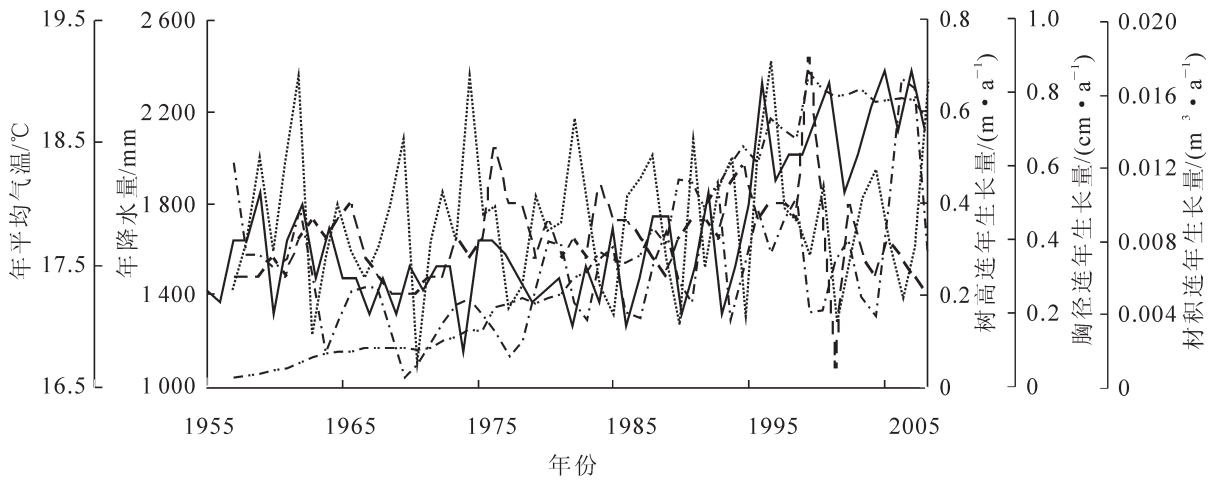


图4 小叶青冈的树高、胸径和材积连年生长量年变化与年均温和年降水量的关系
Figure 4 Relationships between annual increment of tree height, DBH and volume, with annual average temperature and annual rainfall

图4虽然能直观地展现变量之间的相关关系,但不够精确。为了能更加准确地衡量变量之间的相关程度,笔者继续对小叶青冈的树高、胸径和材积连年生长量年变化与年平均气温和年降水量的 Pearson 相关系数进行计算^[17]。结果如表2。

表2 小叶青冈的树高、胸径和材积连年生长量年变化与年平均气温和年降水量的 Pearson 相关系数

Table 2 Person correlation of annual increment of tree height, DBH and volume, with annual average temperature and annual rainfall

	连年生长量	年降水量	年平均气温
树高连年生长量	Pearson 相关系数	-0.055	0.410**
	显著性	0.693	0.002
胸径连年生长量	Pearson 相关系数	-0.052	-0.013
	显著性	0.708	0.924
材积连年生长量	Pearson 相关系数	0.053	0.712**
	显著性	0.706	0.000

说明: **表示在0.01水平(双侧)上极显著相关。

由图4可知：树高连年生长量的变化趋势与年降水量和年平均气温比较吻合，胸径和材积连年生长量变化趋势与年降水量和年平均气温曲线差别较大，相关性不明显；由表2也基本体现了相同的规律，与年降水量的相关性上，树高的 Pearson 相关系数最大，而且是呈现负相关，说明年降水量越大对树高的生长越不利，与年平均气温的相关性上，树高相关系数也同样最大。由此可知，小叶青冈树高的生长与年降水量和年平均气温的关系比较密切，说明年降水量和年平均气温是影响树高生长的环境因子之一。

4 结论与讨论

64年生小叶青冈的树高、胸径和材积总生长量均随年龄的增加而增大。在树木内因与外因的双重作用下，小叶青冈树高和胸径的生长过程均可分为3个阶段，可大致反映浙南地区小叶青冈生长的规律。胸径的生长前期和生长中期比树高分别晚13 a和23 a。由此可推断：林木密度等外因对树高的影响比对胸径相对较大，树高对外界变化的反应更敏感。从平均生长曲线来看，在32 a之前，树高年生长量保持下降趋势，之后趋于平缓，胸径一直具有非常缓慢的上升趋势。

在树高的生长中期，可能由于受林木密度等因素的影响（林木过密，对光、热、水、肥竞争强烈，抑制了生长），出现了生长的1个低谷期，林木密度等因素对其他时期的树高生长也可能有影响，但在生长过程曲线中表现地不明显，故暂不分析。由于20世纪80年代左右对该林区进行过一次大规模、高强度的砍伐，这在一定程度上有效地改善了剩余林木的立地生长环境，在生长后期小叶青冈又出现了1次快速生长期。由胸径的生长过程曲线可看出：在生长前期和中期的交界处出现了一个连年生长量的低谷期，这可能是由于林分密度等因素的影响。由于林木生长是内因与各种环境因子相互作用的结果，具体是哪些因子相互作用的结果，有待进一步研究。由于20世纪80年代大规模、高强度砍伐，胸径也出现了一个高速生长期，与树高生长过程不同，胸径的连年生长量甚至超过了前期。从材积生长过程来看，平均生长量曲线和连年生长量曲线一直未相交，说明64年生小叶青冈未达到其数量成熟龄，还有很大的上升空间^[18]，林木生长有待进一步挖掘。通过与环境的相关性分析得出，树高的生长与年均温具有显著的正相关性，与年降水量呈负相关，由此可推测，由于年平均气温较大，1 a内日照时数较大，为树木的生长提供了良好的日照条件，有利于树高的生长；当年降水量较大时，日照时数会相对减少，影响树木的生长，由此可说明年降水量和年平均气温是影响树高生长的环境因子之一，对胸径和材积生长影响不大。

本研究仅选择了外因中对树木生长最重要的2个气候因子为代表研究气候与树木生长过程的相关性，对于树木的内因（年龄等）对树木生长的影响，可对不同年龄的小叶青冈在同一时间段内的连年生长量进行比较研究，可由此来消除年龄等内因对树木生长的影响。由于试验材料有限，并不能对影响小叶青冈生长的所有因素全面研究。树木是在外因与内因的双重作用下生长的，因此，仅2个主要气候因子的相关性并不能全面说明影响小叶青冈生长的外因和内因，小叶青冈生长过程与气候的相关性研究有待进一步深入。

致谢：野外调查工作得到浙江省庆元县实验林场吴小林等的大力支持，谨致谢意。

参考文献：

- [1] 陈焕镛, 黄成. 中国植物志: 第22卷[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 325 - 326.
- [2] 王景祥. 浙江植物志: 第2卷[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1992: 66.
- [3] 张纪卯. 青冈属3个树种的种苗形态特征研究及引种栽培效果[J]. 武夷科学, 2007, 23(12): 88 - 93.
ZHANG Jimao. Plantlet morphological features and cultivation effect of three species from genera *Cyclobalanopsis* [J]. *Wuyi Sci J*, 2007, 23(12): 88 - 93.
- [4] 李军, 袁冬明. 4种乡土阔叶树种容器苗生长规律及其培育技术研究[J]. 浙江林业科技, 2007, 27(1): 24 - 27.
LI Jun, YUAN Dongming. Growth rhythm and cultivation technique of container seedling of 4 indigenous broadleaf tree species [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2007, 27(1): 24 - 27.
- [5] 欧斌, 卢清华, 王波. 3种壳斗科树种苗木物候及其生长规律研究[J]. 江西林业科技, 2003 (2): 4 - 6.

- OU Bin, LU Qinghua, WANG Bo. Research on stocking phenology and growth rhythm of 3 species of beech family [J]. *J Jiangxi For Sci Technol*, 2003(2): 4 – 6.
- [6] 杨同辉, 王良衍, 袁世杰. 浙江天童小叶青冈种群结构和动态研究[J]. 福建林业科技, 2010, **37**(1): 26 – 29, 87.
YANG Tonghui, WANG Liangyan, YUAN Shijie. Structure features and dynamics of *Cyclobalanopsis gracilis* populations in Tiantong, Zhejiang Province [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2010, **37**(1): 26 – 29, 87.
- [7] 王良衍, 王建军, 袁世杰. 浙江天童山小叶青冈种群种子雨和地表种子库动态研究[J]. 福建林业科技, 2011, **38**(3): 8 – 10, 31.
WANG Liangyan, WANG Jianjun, YUAN Shijie. Dynamic study on seed rain and soil seed bank of *Cyclobalanopsis gracilis* population on Tiantong Mountain, Zhejiang Province [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2011, **38**(3): 8 – 10, 31.
- [8] 童建宁. 小叶青冈林主要种群种间关系及生态种组的划分[J]. 福建林学院学报, 2010, **30**(2): 174 – 178.
TONG Jianning. Study on the interspecific association and ecological species groups in *Cyclobalanopsis gracilis* forest [J]. *J Fujian Coll For*, 2010, **30**(2): 174 – 178.
- [9] 林芳, 叶德, 涂传进, 等. 茫荡山小叶青冈天然林群落结构特征研究[J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2007, **8**(5): 428 – 433.
LIN Fang, YE De, TU Chuanjin, et al. Structure characteristics of *Cyclobalanopsis gracilis* natural forest community in Mangdang Mountains [J]. *J Beihua Univ Nat Sci*, 2007, **8**(5): 428 – 433.
- [10] 涂传进, 林芳, 曹祖宁, 等. 对数级数模型在小叶青冈林物种多度格局研究中的应用[J]. 福建林业科技, 2011, **38**(3): 17 – 20.
TU Chuanjin, LIN Fang, CAO Zuning, et al. The application of logarithmic series model to the research on species abundance distribution of *Cyclobalanopsis gracilis* natural forest community [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2011, **38**(3): 17 – 20.
- [11] 陈昌雄, 余坤勇, 曹祖宁, 等. 小叶青冈天然林树干含水率的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, **30**(12): 39 – 41, 46.
CHEN Changxiong, YU Kunyong, CAO Zuning, et al. Moisture content of tree stem of *Cyclobalanopsis myrsinaefolia* (Bl.) forest in natural forest [J]. *J Central South Univ For Technol*, 2010, **30**(12): 39 – 41.
- [12] 马冬雪, 刘仁林. 9种壳斗科树种坚果3种矿质元素及Vc含量分析[J]. 林业科学研究, 2011, **24**(2): 253 – 255.
MA Dongxue, LIU Renlin. Analysis of 3 mineral elements and vc contents in nuts of 9 Fagaceae species [J]. *For Res*, 2011, **24**(2): 253 – 255.
- [13] 孟宪宇. 测数学[M]. 3版. 北京: 中国林业出版社, 2006: 117 – 133.
- [14] 裘宝林. 关于浙江南部森林植物华南、华东2个区系的划分问题[J]. 植物资源与环境, 1995, **4**(1): 23 – 30.
QIU Baolin. The subject of dividing the south and the east China floristic regions of the forest plants in southern Zhejiang [J]. *J Plant Resour Environ*, 1995, **4**(1): 23 – 30.
- [15] 徐敏, 骆争荣, 于明坚, 等. 百山祖北坡中山常绿阔叶林的物种组成和群落结构[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2007, **33**(4): 450 – 457.
XU Min, LUO Zhengrong, YU Mingjian, et al. Floristic composition and community structure of mid-montane evergreen broad-leaved forest in north slope of Baishanzu Mountain [J]. *J Zhejiang Univ Agric & Life Sci*, 2007, **33**(4): 450 – 457.
- [16] 唐守正, 郎奎建, 李海奎, 等. 统计和生物数学模型计算(ForStat教程)[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 182 – 185, 322 – 331.
- [17] 王力宾. 多元统计分析: 模型、案例及SPSS应用[M]. 北京: 经济科学出版社, 2010: 30 – 33.
- [18] 潘辉, 朱炜, 鲍晓红, 等. 福建省火炬松人工林生长特性研究[J]. 林业科学, 2003, **39**(增刊): 47 – 51.
PAN Hui, ZHU Wei, BAO Xiaohong, et al. Study on growth characteristics of *Pinus teada* plantation growth in Fujian Province [J]. *Sci Silv Sin*, 2003, **39**(supp): 47 – 51.