

# 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落 物种组成及多样性分析

杨青<sup>1,①</sup>, 丁晖<sup>2</sup>, 方炎明<sup>3</sup>, 陈晓<sup>1,①</sup>, 徐海根<sup>2</sup>, 李蒙<sup>3</sup>

(1. 武夷山生物研究所, 福建 武夷山 354300; 2. 国家环境保护部南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042;  
3. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:** 采用相邻格子样方法对武夷山大安源甜槠 [*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.] 常绿阔叶林群落的物种组成及物种多样性进行了研究, 并分析了群落的种-面积曲线以及样方面积与物种多样性的关系。结果表明: 在面积 4 800 m<sup>2</sup> 的样方中共记录维管植物 31 科 57 属 97 种, 其中乔木 78 种、灌木 8 种、草本植物 5 种、藤本植物 6 种; 乔木主要为常绿树种, 落叶树种仅 10 种; 优势科为壳斗科 (Fagaceae)、杜鹃花科 (Ericaceae)、杜英科 (Elaeocarpaceae) 和山茶科 (Theaceae) 等, 优势属为栲属 [*Castanopsis* (D. Don) Spach]、杜鹃属 (*Rhododendron* Linn.) 和杜英属 (*Elaeocarpus* Linn.); 优势树种为甜槠、马银花 [*Rhododendron ovatum* (Lindl.) Planch.]、鹿角杜鹃 (*R. latoucheae* Franch.) 和薯豆 (*Elaeocarpus japonicus* Sieb. et Zucc.) 等, 其中甜槠的相对胸高断面面积达 64.93%, 重要值也最高 (25.70%), 在群落中具有明显的优势地位。群落中胸径小于 5 cm 的乔木个体数量占 76.88%, 径级越高个体数量越少。南坡样方的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数均高于北坡, 显示该群落南坡的物种多样性高于北坡。该群落的种-面积曲线拟合方程为  $y = 21.836 \ln(x) - 87.287$  ( $R^2 = 0.9902$ ), 且随样方面积的增加, 物种数量、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 指数呈增加且趋于稳定的趋势, 总体上调查样方面积应设置在 2 000 m<sup>2</sup> 以上。综合分析结果说明: 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林的物种组成较丰富、物种多样性水平较高; 光照条件是导致该群落南坡多样性大于北坡的主要环境因素。

**关键词:** 甜槠; 武夷山; 常绿阔叶林; 物种组成; 物种多样性; 种-面积曲线

中图分类号: Q948.12; S718.54<sup>+</sup>2 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2014)01-0044-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.01.07

**Analyses on species composition and diversity of evergreen broad-leaved forest community of *Castanopsis eyrei* at Da'anyuan in Wuyi Mountain** YANG Qing<sup>1,①</sup>, DING Hui<sup>2</sup>, FANG Yanming<sup>3</sup>, CHEN Xiao<sup>1,①</sup>, XU Haigen<sup>2</sup>, LI Meng<sup>3</sup> (1. Fujian Wuyishan Institute of Biology, Wuyishan 354300, China; 2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China; 3. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2014, 23(1): 44-50

**Abstract:** Species composition and species diversity of evergreen broad-leaved forest community of *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch. at Da'anyuan in Wuyi Mountain were studied by the contiguous grid quadrats, and species-area curve and relationship between quadrat area and species diversity also were analyzed. Results show that 97 vascular species belonging to 57 genera in 31 families are recorded in 4 800 m<sup>2</sup> quadrat. In which, there are 78 arbors, 8 shrubs, 5 herbs and 6 lianas, and most of arbors are evergreen tree species and deciduous tree has only ten species. Fagaceae, Ericaceae, Elaeocarpaceae and Theaceae, etc. are the dominant family, and *Castanopsis* (D. Don) Spach, *Rhododendron* Linn. and *Elaeocarpus* Linn. are the dominant genus. *C. eyrei*, *Rhododendron ovatum* (Lindl.) Planch., *R. latoucheae* Franch. and *Elaeocarpus japonicus* Sieb. et Zucc., etc. are the dominant

收稿日期: 2013-08-26

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAC01B01; 2008BAC39B01)

作者简介: 杨青(1970—), 男, 福建浦城人, 硕士, 高级农艺师, 从事生物资源利用和生物多样性研究。

①通信作者 E-mail: yq\_wys@126.com; 373424153@qq.com

species, in which, *C. eyrei* has an obviously dominant position with relative section area at breast height of 64.93% and the highest important value (25.70%). Number of arbor with diameter at breast height smaller than 5 cm accounts for 76.88%, and the higher the diameter class, the less the number of arbor. Both Simpson index and Shannon-Wiener index of quadrats on the south slope are higher than those of quadrats on the north slope, meaning that species diversity on the south slope is higher than that on the north slope. The fitting equation of species-area curve is  $y = 21.836 \ln(x) - 87.287$  ( $R^2 = 0.9902$ ), and with enlarging of quadrat area, species number, Shannon-Wiener index and Pielou index appear the trend of increasing and towards stabilization. And generally, investigation quadrat area should be set up more than 2 000 m<sup>2</sup>. Comprehensive analysis result indicates that species composition of evergreen broad-leaved forest of *C. eyrei* at Da'anyuan in Wuyi Mountain is richer and its species diversity level is higher. And light condition is main environmental factor leading to species diversity higher on the south slope than that on the north slope.

**Key words:** *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.; Wuyi Mountain; evergreen broad-leaved forest; species composition; species diversity; species-area curve

亚热带常绿阔叶林在中国的分布面积最大,中国的亚热带地区可划分为东、西两部分,其中东部以中亚热带植被类型最为典型<sup>[1]</sup>。国内学者对中国东部中亚热带常绿阔叶林已有较多研究,研究区域主要集中在浙江和福建等地<sup>[2-5]</sup>,其中福建武夷山地区是中国东南部常绿阔叶林保存较完好的地区之一。甜槠 [*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.] 林不仅是武夷山的地带性植被类型,也是中国中亚热带典型的植被类型之一<sup>[6-7]</sup>。关于武夷山常绿阔叶林的研究已有一些报道<sup>[8-12]</sup>,其中,陈仁华<sup>[10]</sup>对武夷山甜槠林群落养分循环进行了研究;江华等<sup>[11]</sup>对武夷山甜槠林的土壤呼吸做了研究;王勇<sup>[12]</sup>对武夷山甜槠林的群落结构特征和种群动态进行了研究。但对以甜槠为绝对优势种的常绿阔叶林的群落结构、物种多样性及生长特征的研究报道尚不多见。

为此,作者对武夷山大安源甜槠常绿阔叶林的物种组成及多样性进行研究,并对甜槠林样方的种-面积曲线和样方面积与物种多样性的关系进行分析,以期进一步了解中亚热带常绿阔叶林群落的组成、结构和功能,并为武夷山中亚热带常绿阔叶林大样地监测过程中调查样方面积的设置提供参考依据。

## 1 研究区自然概况和研究方法

### 1.1 研究区自然概况

武夷山大安源样地属于国家环境保护部武夷山典型植物群落永久性监测样地,样地中心点地理坐标为北纬 27°52'50"、东经 117°50'55";样地山体呈东西走向,坡度 25°以上,海拔 500~600 m。年平均气温

17℃,极端最低气温-8℃;年日照时数 1 062.7 h;年平均降水量 1 750 mm,年平均空气相对湿度 78%~84%;无霜期 253~273 d,年平均雾日数 120 d<sup>[13]</sup>。样地土壤发育以砂页岩母质的棕壤为主,因腐败枯枝落叶较多,土壤肥力良好<sup>[14]</sup>。样地水湿条件良好,空气湿度较大,群落发育和保存较好,群落外貌终年常绿,落叶成分很少;群落垂直结构较复杂,成层现象较明显;群落中还有由藤本植物和少量附生植物组成的层间植物,交织攀附于乔木和灌木上,通常认为样地的植被类型为典型的中亚热带常绿阔叶林<sup>[15]</sup>。

### 1.2 研究方法

采用系统性较强的相邻格子样方法<sup>[16]</sup>对样地进行调查。于 2012 年 7 月底至 8 月中旬,按山体走势从低至高再至低划分样地,样地沿山体(东西走向)方向竖跨山脊,面积 40 m×120 m。将样地划分为 12 个面积 20 m×20 m 的样方,分别编号为 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K 和 L;其中,样方 A、C、E、G、I 和 K 位于南坡,样方 B、D、F、H、J 和 L 位于北坡。

测量和记录样方中所有乔木的胸径、坐标、高度、冠幅(长和宽)、分枝、枝下高(测量精度 1 cm)、物候期、生活状态及生活型等,编制乔木层植物多样性每木调查记录表;记录和测量灌木层的种类、高度和冠幅。乔木起测胸径(DBH)1.0 cm,胸径 10 cm 以上的个体用胸径尺测量,胸径小于 10 cm 的个体用游标卡尺测量,胸径测量精度 1 mm,测量重复 2 次。树高大于 0.25 m、小于 1.3 m 或者胸径小于 1.0 cm 的乔木个体视为幼树,树高低于 0.25 m 的乔木个体则视为幼苗,幼树和幼苗分别计入灌木层或草本层调查。在每个样方中分别划分出 1 个面积 2 m×2 m 的小样方

进行草本层调查,记录草本层种类、株数、高度和盖度,并记录层间植物的种类及基径。依据文献[17]对植物种类进行鉴定。

### 1.3 数据处理与分析

参照文献[18],采用优势度指数 Simpson 指数 ( $D$ )、变化度指数 Shannon-Wiener 指数 ( $H$ ) 和均匀度指数 Pielou 指数 ( $J$ ) 分别测度和分析武夷山大安源甜槠常绿阔叶林的物种多样性,计算公式分别为: $D=1-\sum_{i=1}^S (N_i/N)^2$ ;  $H=-\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$ ;  $J=H/H_{\max}$ 。式中, $S$  为物种数量; $N_i$  为种  $i$  的个体数; $N$  为群落中全部物种的个体数; $P_i$  为种  $i$  的个体数量在全部物种总个体数量中

所占的比例; $H_{\max}$  为多样性指数的最大值,即  $\log_2 S$ 。

参照文献[19],采用公式“重要值=(相对密度+相对频度+相对胸高断面面积)/3”计算样地各乔木树种的重要值。参照文献[20],用取样面积( $x$ )的自然对数对种-面积曲线进行拟合。

## 2 结果和分析

### 2.1 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林的物种组成分析

武夷山大安源甜槠常绿阔叶林乔木层重要乔木树种的主要特征值见表 1;优势科、属的相对胸高断面面积统计结果见表 2。

表 1 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林中重要乔木树种的主要特征值<sup>1)</sup>

Table 1 Main characteristic value of important arbor species in evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch. at Da'an yuan in Wuyi Mountain<sup>1)</sup>

| 树种 <sup>2)</sup> | Tree species <sup>2)</sup>                        | N   | DBH <sub>a</sub> /cm | DBH <sub>max</sub> /cm | SBA/cm <sup>2</sup> | H <sub>max</sub> /m | RD/%  | RBA/% | RF/% | IV/%  |
|------------------|---|-----|----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-------|-------|------|-------|
| 甜槠               | <i>Castanopsis eyrei</i>                          | 329 | 15.6                 | 77.2                   | 120 929.57          | 43.0                | 9.18  | 64.93 | 2.99 | 25.70 |
| 马银花              | <i>Rhododendron ovatum</i>                        | 721 | 3.2                  | 24.2                   | 7 648.04            | 14.7                | 20.11 | 4.11  | 2.49 | 8.90  |
| 鹿角杜鹃             | <i>Rhododendron latoucheae</i>                    | 673 | 2.8                  | 15.4                   | 5 435.07            | 8.6                 | 18.77 | 2.92  | 2.99 | 8.23  |
| 薯豆               | <i>Elaeocarpus japonicus</i>                      | 66  | 11.0                 | 32.2                   | 8 839.72            | 15.3                | 1.84  | 4.75  | 2.74 | 3.11  |
| 华南蒲桃             | <i>Syzygium austrosinense</i>                     | 151 | 4.1                  | 15.4                   | 2 884.28            | 10.2                | 4.21  | 1.55  | 2.99 | 2.92  |
| 华杜英              | <i>Elaeocarpus chinensis</i>                      | 104 | 5.8                  | 29.4                   | 4 556.58            | 12.8                | 2.90  | 2.45  | 2.99 | 2.78  |
| 交让木              | <i>Daphniphyllum macropodum</i>                   | 82  | 7.6                  | 21.1                   | 5 462.35            | 16.6                | 2.29  | 2.93  | 2.99 | 2.74  |
| 米饭花              | <i>Vaccinium sprengelii</i>                       | 144 | 3.4                  | 13.7                   | 1 961.76            | 8.6                 | 4.02  | 1.05  | 2.99 | 2.69  |
| 黄绒润楠             | <i>Machilus grijsii</i>                           | 167 | 2.0                  | 10.3                   | 628.42              | 7.2                 | 4.66  | 0.34  | 2.99 | 2.66  |
| 黄瑞木              | <i>Adinandra millettii</i>                        | 80  | 6.5                  | 18.0                   | 4 037.89            | 11.6                | 2.23  | 2.17  | 2.74 | 2.38  |
| 矩叶鼠刺             | <i>Itea oblonga</i>                               | 122 | 2.8                  | 13.5                   | 1 034.66            | 7.2                 | 3.40  | 0.56  | 2.50 | 2.15  |
| 福建山矾             | <i>Symplocos fukienensis</i>                      | 90  | 2.8                  | 13.5                   | 812.74              | 7.8                 | 2.51  | 0.44  | 2.74 | 1.90  |
| 东南石栎             | <i>Lithocarpus harlandii</i>                      | 85  | 3.3                  | 14.4                   | 1 120.16            | 11.9                | 2.37  | 0.60  | 2.50 | 1.82  |
| 冬青               | <i>Ilex chinensis</i>                             | 45  | 6.0                  | 18.2                   | 1 975.48            | 12.1                | 1.25  | 1.06  | 2.74 | 1.69  |
| 福建冬青             | <i>Ilex fukienensis</i>                           | 39  | 6.1                  | 22.5                   | 1 948.04            | 11.6                | 1.09  | 1.05  | 2.74 | 1.63  |
| 厚皮香              | <i>Ternstroemia gymnanthera</i>                   | 39  | 5.3                  | 14.6                   | 1 169.26            | 12.5                | 1.09  | 0.63  | 2.99 | 1.57  |
| 树参               | <i>Dendropanax dentiger</i>                       | 31  | 7.5                  | 15.1                   | 1 666.58            | 10.2                | 0.86  | 0.89  | 2.50 | 1.42  |
| 格药柃              | <i>Eurya muricata</i>                             | 47  | 2.7                  | 7.5                    | 330.88              | 8.5                 | 1.31  | 0.18  | 2.74 | 1.41  |
| 薄叶山矾             | <i>Symplocos anomala</i>                          | 52  | 2.4                  | 11.6                   | 381.99              | 13.0                | 1.51  | 0.21  | 2.50 | 1.40  |
| 满山红              | <i>Rhododendron mariesii</i>                      | 53  | 2.7                  | 9.8                    | 392.39              | 8.2                 | 1.48  | 0.21  | 2.50 | 1.39  |
| 罗浮栎              | <i>Diospyros morrisiana</i>                       | 27  | 2.6                  | 8.7                    | 215.91              | 9.5                 | 0.75  | 0.12  | 2.99 | 1.29  |
| 细齿叶柃             | <i>Eurya nitida</i>                               | 46  | 3.9                  | 8.5                    | 746.03              | 56.1                | 1.28  | 0.40  | 2.07 | 1.25  |
| 栲                | <i>Castanopsis fargesii</i>                       | 19  | 7.8                  | 25.3                   | 1 705.17            | 12.4                | 0.53  | 0.92  | 2.00 | 1.15  |
| 海桐山矾             | <i>Symplocos heishanensis</i>                     | 25  | 4.9                  | 30.2                   | 1 081.49            | 11.0                | 0.70  | 0.58  | 2.00 | 1.09  |
| 浙江新木姜子           | <i>Neolitsea aurata</i> var. <i>chekiangensis</i> | 22  | 2.7                  | 7.7                    | 181.80              | 9.0                 | 0.61  | 0.10  | 2.25 | 0.98  |
| 杨梅               | <i>Myrica rubra</i>                               | 17  | 4.5                  | 24.3                   | 683.33              | 8.5                 | 0.47  | 0.37  | 2.00 | 0.94  |
| 椴木石楠             | <i>Photinia davidsoniae</i>                       | 19  | 2.1                  | 4.1                    | 69.45               | 4.8                 | 0.53  | 0.04  | 2.25 | 0.93  |
| 毛冬青              | <i>Ilex pubescens</i>                             | 13  | 2.3                  | 6.6                    | 77.24               | 5.8                 | 0.36  | 0.04  | 2.25 | 0.88  |
| 黄丹木姜子            | <i>Litsea elongata</i>                            | 13  | 2.0                  | 4.4                    | 50.02               | 5.2                 | 0.36  | 0.03  | 2.00 | 0.80  |
| 深山含笑             | <i>Michelia maudiae</i>                           | 12  | 2.5                  | 4.8                    | 74.09               | 7.5                 | 0.33  | 0.04  | 2.00 | 0.80  |

<sup>1)</sup> N: 株数 Number of individual; DBH<sub>a</sub>: 平均胸径 Average of DBH; DBH<sub>max</sub>: 最大胸径 Maximum of DBH; SBA: 胸高断面面积之和 Sum of section area at breast height; H<sub>max</sub>: 最大树高 Maximum of tree height; RD: 相对密度 Relative density; RBA: 相对胸高断面面积 Relative section area at breast height; RF: 相对频度 Relative frequency; IV: 重要值 Important value.

<sup>2)</sup> 表中涉及的乔木树种为重要值排名前 30 位的树种 Arbor species in this table are the top 30 of important value.

表 2 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林乔木树种科、属的相对胸高断面面积 (RBA) 统计结果<sup>1)</sup>

Table 2 Statistical result of relative section area at breast height (RBA) of family and genus of arbor species in evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch. at Da'an yuan in Wuyi Mountain<sup>1)</sup>

| 科名 Family name        | RBA/% | 属名 Genus name             | RBA/% |
|-----------------------|-------|---------------------------|-------|
| 壳斗科 Fagaceae          | 66.97 | 栲属 <i>Castanopsis</i>     | 65.91 |
| 杜鹃花科 Ericaceae        | 8.40  | 杜鹃属 <i>Rhododendron</i>   | 7.25  |
| 杜英科 Elaeocarpaceae    | 7.19  | 杜英属 <i>Elaeocarpus</i>    | 7.19  |
| 山茶科 Theaceae          | 3.76  | 虎皮楠属 <i>Daphniphyllum</i> | 2.93  |
| 虎皮楠科 Daphniphyllaceae | 2.93  | 冬青属 <i>Ilex</i>           | 2.42  |
| 冬青科 Aquifoliaceae     | 2.42  | 杨桐属 <i>Adinandra</i>      | 2.17  |
| 山矾科 Symplocaceae      | 1.59  | 山矾属 <i>Symplocos</i>      | 1.59  |
| 桃金娘科 Myrtaceae        | 1.55  | 蒲桃属 <i>Syzygium</i>       | 1.55  |
| 五加科 Araliaceae        | 0.89  | 越桔属 <i>Vaccinium</i>      | 1.15  |
| 樟科 Lauraceae          | 0.48  | 柃木属 <i>Eurya</i>          | 0.93  |

<sup>1)</sup> 表中涉及的乔木树种科、属的相对胸高断面面积均排名前 10 位  
Family and genus of arbor species in this table are all the top 10 of relative section area at breast height (RBA).

调查结果表明:在大安源甜槠常绿阔叶林面积 4 800 m<sup>2</sup> 的样地中,共记录维管植物 31 科 57 属 97 种,其中,乔木 78 种、灌木 8 种、草本植物 5 种、藤本植物 6 种。乔木树种中胸径 (DBH) 大于或等于 50 cm 的树种仅有甜槠 1 种,灌木则以低矮灌木居多,草本植物数量较少且种类单一,而藤本植物中则缺乏依附高大乔木的种类。

由表 1 可见:在重要值前 30 位的乔木树种中,优势种主要为常绿种类,包括甜槠 (重要值 25.70%)、马银花 [*Rhododendron ovatum* (Lindl.) Planch.] (重要值 8.90%)、鹿角杜鹃 (*Rhododendron latoucheae* Franch.) (重要值 8.23%)、薯豆 (*Elaeocarpus japonicus* Sieb. et Zucc.) (重要值 3.11%)、华南蒲桃 [*Syzygium austrosinense* (Merr. et Perry) Chang et Miao] (重要值 2.92%) 和华杜英 [*Elaeocarpus chinensis* (Gard. et Champ.) Hook. f. ex Benth.] (重要值 2.78%) 等;而落叶乔木种类仅罗浮柿 (*Diospyros morrisiana* Hance) 1 种,重要值仅为 1.29%,且在 4 800 m<sup>2</sup> 样方内落叶植物仅有 10 种。

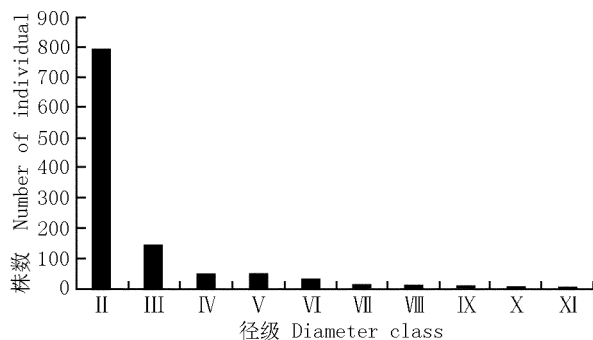
由表 2 可以看出:在乔木树种相对胸高断面面积 (RBA) 排名前 10 位的科中,壳斗科 (Fagaceae) 的 RBA 最大,其后依次为杜鹃花科 (Ericaceae)、杜英科 (Elaeocarpaceae)、山茶科 (Theaceae)、虎皮楠科 (Daphniphyllaceae) 和冬青科 (Aquifoliaceae),这 6 个科的 RBA 共计 91.67%,其中壳斗科的 RBA 达到

66.97%;包含种类数较多的科为山茶科 (9 种) 和壳斗科 (8 种)。

由表 2 还可以看出:在乔木树种相对胸高断面面积 (RBA) 排名前 10 位的属中,最重要的属为栲属 [*Castanopsis* (D. Don) Spach]、杜鹃属 (*Rhododendron* Linn.) 和杜英属 (*Elaeocarpus* Linn.), 这 3 个属的 RBA 总计 80.35%,其中栲属的 RBA 量高,达到 65.91%;这 3 个属包含的种类数分别为 4 种、4 种和 2 种。

## 2.2 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林中乔木树种径级结构分析

乔木树种胸径大小是群落稳定性和生长现状的重要指标,在武夷山大安源甜槠常绿阔叶林 4 800 m<sup>2</sup> 的样地中,胸径大于 1 cm 且小于 5 cm 的乔木个体的数量占 76.88%。从胸径大于 5 cm 的乔木个体的径级分布结构 (图 1) 可见:群落中以小径级个体的数量居多, DBH ≥ 50 cm 的个体在样方中仅 5 株,且全部为甜槠,其中最大胸径达到 77.2 cm (见表 1)。在重要值排名前 3 位的 3 个树种中,甜槠共有 329 株,其中 DBH ≥ 10 cm 的共有 169 株,占 51.37%;马银花共有 721 株,其中 DBH ≥ 10 cm 的仅 2 株,占 0.28%;鹿角杜鹃共有 673 株,其中 DBH ≥ 10 cm 的仅 3 株,占 0.45%。由此可见,在武夷山大安源甜槠常绿阔叶林中,甜槠的总株数虽少于马银花和鹿角杜鹃,但个体胸径较大,成树或大树所占比例较高,在群落中占有较大优势。



II: 5 cm ≤ DBH < 10 cm; III: 10 cm ≤ DBH < 15 cm; IV: 15 cm ≤ DBH < 20 cm; V: 20 cm ≤ DBH < 25 cm; VI: 25 cm ≤ DBH < 30 cm; VII: 30 cm ≤ DBH < 35 cm; VIII: 35 cm ≤ DBH < 40 cm; IX: 40 cm ≤ DBH < 45 cm; X: 45 cm ≤ DBH < 50 cm; XI: DBH ≥ 50 cm.

图 1 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林中胸径大于 5 cm 的乔木树种径级分布特征  
Fig. 1 Distribution characteristics of diameter class of arbor species with DBH bigger than 5 cm in evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch. at Da'an yuan in Wuyi Mountain

### 2.3 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林物种多样性分析

将武夷山大安源甜槠常绿阔叶林面积 4 800 m<sup>2</sup> 的样地划分为 12 个面积 20 m×20 m 的样方,其中南坡和北坡各 6 个样方,各样方的 Simpson 指数( $D$ )和 Shannon-Wiener 指数( $H$ )见表 3。由表 3 可见:南坡各样方的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数均大于北坡。Simpson 指数最大的样方为南坡 C (0.93) 和 K (0.93),最低的样方为北坡 D (0.84),南坡 6 个样方与北坡 6 个样方的 Simpson 指数平均值分别为 0.91 和 0.88,略有差异。Shannon-Wiener 指数最大的样方为南坡 K (4.45),最低的样方为北坡 D (3.39),南坡 6 个样方与北坡 6 个样方的 Shannon-Wiener 指数平均值分别为 4.26 和 3.81,前者明显高于后者。造成这种差异的原因可能有 3 点:一是南坡的光照强度和光照时间明显高于北坡,乔木种类的数量、生长和分布状况也优于北坡;二是南坡临溪而上,湿度相对高于北坡,为乔木生长提供了有利条件;三是北坡的坡度比南坡大。这 3 个因素可能导致南坡物种多样性高于北坡。

表 3 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林不同坡向样方的多样性指数对比  
Table 3 Comparison of diversity index of quadrats in different aspects of evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch. at Da'ananyuan in Wuyi Mountain

| 样方 <sup>1)</sup><br>Quadrat <sup>1)</sup> | $D^{2)}$ | $H^{2)}$ | 样方 <sup>1)</sup><br>Quadrat <sup>1)</sup> | $D^{2)}$ | $H^{2)}$ |
|---|----------|----------|---|----------|----------|
| A   | 0.90     | 4.14     | B   | 0.88     | 3.73     |
| C   | 0.93     | 4.41     | D   | 0.84     | 3.39     |
| E   | 0.91     | 4.16     | F   | 0.90     | 4.14     |
| G   | 0.89     | 4.22     | H   | 0.87     | 3.81     |
| I   | 0.90     | 4.41     | J   | 0.88     | 3.86     |
| K   | 0.93     | 4.45     | L   | 0.89     | 3.89     |

<sup>1)</sup> A, C, E, G, I, K: 南坡样方 Quadrats on the south slope; B, D, F, H, J, L: 北坡样方 Quadrats on the north slope.

<sup>2)</sup>  $D$ : Simpson 指数 Simpson index;  $H$ : Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index.

### 2.4 样方面积与物种数和物种多样性的关系分析

植物群落物种多样性通常随纬度、海拔和土壤养分等因子而变化<sup>[21]</sup>,也易受到人为取样策略(如取样面积和坡向)的影响<sup>[22]</sup>。同样,武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落的组成及物种多样性指数也随样方面积发生一定的变化。

2.4.1 种-面积曲线分析 一般认为:样方面积应在选定的范围内根据植株大小和密度确定,样方面积须包含群落的大部分物种,一般可用种-面积的关系曲

线确定样方数目和大小,并在曲线的拐点处计算出样方的“最小面积”(minimum area)。根据武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落的调查结果,参照文献[20]用取样面积( $x$ )的自然对数进行拟合,获得该群落的种-面积曲线(见图 2),拟合方程为  $y = 21.836 \ln(x) - 87.287$  ( $R^2 = 0.9902$ )。

由图 2 可知:武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落的种-面积曲线总体趋势为缓慢上升,说明该植物群落物种丰富;样方面积在 2 000 m<sup>2</sup> 以下,物种数随样方面积的增大而增加;样方面积为 2 000 ~ 4 000 m<sup>2</sup>,物种数缓慢增加;样方面积大于 4 400 m<sup>2</sup>,物种数量趋于恒定,种-面积曲线趋于平缓。由此可见,在武夷山中亚热带常绿阔叶林中进行植物群落调查,样方面积应不低于 2 000 m<sup>2</sup>。

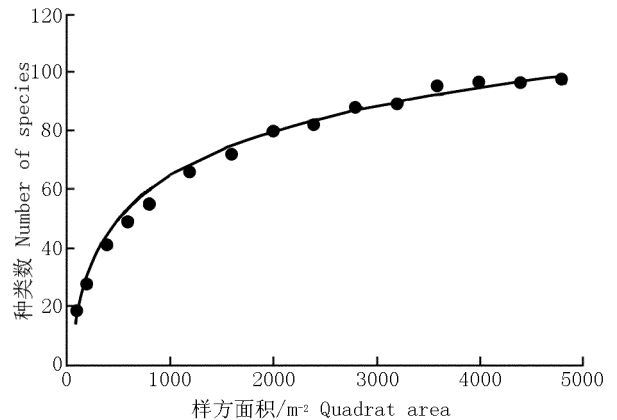


图 2 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林样方的种-面积曲线

Fig. 2 Species-area curve of quadrats of evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch. in Wuyi Mountain

2.4.2 样方面积与物种多样性的关系分析 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落不同面积样方的 Shannon-Wiener 指数( $H$ )和 Pielou 指数( $J$ )见表 4。结果显示:随样方面积的增大,群落的 2 个多样性指数总体上呈增加的趋势。其中,样方面积在 3 200 m<sup>2</sup> 以下,群落的  $H$  和  $J$  指数呈小幅的波动上升;样方面积在 3 600 ~ 4 800 m<sup>2</sup>,群落的  $H$  指数略有增加、而  $J$  指数维持恒定。因而,在实际的调查过程中,要全面反映武夷山典型亚热带常绿阔叶林的物种多样性,其取样面积应不小于 2 000 m<sup>2</sup>,否则可能会低估其物种多样性;而样方面积大于 2 000 m<sup>2</sup>,则其物种多样性趋于平稳。

表4 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林不同面积样方的 Shannon-Wiener 指数( $H$ )和 Pielou 指数( $J$ )对比  
Table 4 Comparison of Shannon-Wiener index ( $H$ ) and Pielou index ( $J$ ) of quadrats with different areas of evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis eyrei* (Champ. ex) Tutch. at Da'anyuan in Wuyi Mountain

| 样方面积/m <sup>2</sup> | Quadrat area | $H$  | $J$  |
|---------------------|--------------|------|------|
| 400                 |              | 2.87 | 0.91 |
| 800                 |              | 2.92 | 0.92 |
| 1 200               |              | 3.01 | 0.95 |
| 1 600               |              | 3.00 | 0.95 |
| 2 000               |              | 3.10 | 0.96 |
| 2 400               |              | 3.12 | 0.97 |
| 2 800               |              | 3.20 | 0.98 |
| 3 200               |              | 3.16 | 0.97 |
| 3 600               |              | 3.21 | 0.98 |
| 4 000               |              | 3.21 | 0.98 |
| 4 400               |              | 3.22 | 0.98 |
| 4 800               |              | 3.22 | 0.98 |

### 3 讨论和结论

上述的调查显示:在武夷山大安源甜槠常绿阔叶林中记录维管植物 31 科 57 属 97 种,包含乔木 78 种、灌木 8 种、草本植物 5 种、藤本植物 6 种;优势树种为甜槠、马银花、鹿角杜鹃、薯豆、华南蒲桃和华杜英等常绿树种,落叶乔木仅 10 种。由乔木树种相对胸高断面面积(RBA)的比较结果可以看出:在群落中占有重要地位的科为壳斗科、杜鹃花科、杜英科、山茶科、虎皮楠科和冬青科,占有重要地位的属为栲属、杜鹃花属和杜英属。这一研究结果也证实了蔡飞等<sup>[23]</sup>、闫淑君<sup>[24]</sup>和蔡庆明等<sup>[25]</sup>前期研究获得的“武夷山常绿阔叶林中优势物种主要为壳斗科、山茶科、山矾科和冬青科等科种类”的研究结论。该群落中甜槠的重要值和相对胸高断面面积均为最大,在 DBH $\geq$ 10 cm 的乔木中甜槠的立木数也最多(占 51.37%),而样方内落叶乔灌木物种数仅占 12.38%,群落外貌常绿,是以甜槠为绝对优势树种的典型常绿阔叶林,与任引<sup>[26]</sup>对武夷山主要常绿阔叶林结构与功能特征的研究结论一致。

从种-面积曲线可以看出:在武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落中,样方面积达到 4 400 m<sup>2</sup>,物种数量趋于平稳,而且不同面积样方的物种多样性指数也有一定差异;总体上看,随样方面积的增大,物种数量和多样性指数均呈逐渐增加的趋势,且在样方面积增大至一定程度后物种数量和多样性指数均趋于恒定。

综合分析可见:在武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落中,若要获得较为精确的调查数据,样方面积应设置在 2 000 m<sup>2</sup>以上。

物种多样性沿海拔梯度的变化是一类重要的梯度格局。沈泽昊等<sup>[27]</sup>认为:在地形因子中,坡位对物种多样性总体变化的贡献最大,其次为海拔,坡向的贡献最低。本研究结果显示:在武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落中,南坡样方的 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数均大于北坡样方,说明南坡主要植物种类的优势地位明显、种类分布较多。本研究选择的南坡与北坡样方的海拔高度大体一致,且为同一山体,故排除了海拔对物种多样性的影响;而在局部尺度中不同的坡位与坡向对物种多样性格局也存在强烈影响,但本研究中选择样方均位于几乎相同的坡位上,避免了沟谷等特殊坡位对物种多样性的影响,所以坡位的影响也可排除。由于本研究涉及的南坡和北坡样方的土壤条件和水湿条件相似,仅光照条件有所不同,因此推测光照是影响武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落南坡和北坡样方物种多样性差异的主要环境因素,所以坡向对于物种多样性分布的主导作用很明显。不同坡向的光照条件不同,导致植物物种多样性随之变化,这种空间分布格局是植物物种适应生境以及生境对物种自然选择的结果。

**致谢:** 本项目得到国家环境保护部南京环境科学研究所和南京林业大学森林资源与环境学院的部分研究生以及武夷山生物研究所同事的大力支持,在此一并致谢!

#### 参考文献:

- [1] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [2] 祝燕, 赵谷风, 张丽文, 等. 古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地——群落组成与结构[J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 262-273.
- [3] 吴承祯, 洪伟, 陈辉, 等. 万木林中亚热带常绿阔叶林物种多样性研究[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(1): 33-37.
- [4] 廖成章, 洪伟, 吴承祯, 等. 福建中亚热带常绿阔叶林物种多样性的空间格局[J]. 广西植物, 2003, 23(6): 517-522.
- [5] 贺金生, 陈伟烈, 李凌浩. 中国中亚热带东部常绿阔叶林主要类型的群落多样性特征[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 303-311.
- [6] 方燕鸿. 武夷山米槠、甜槠常绿阔叶林的物种组成及多样性分析[J]. 生物多样性, 2005, 13(2): 148-155.
- [7] 陈小荣, 周荣飞, 叶珍林, 等. 浙江庆元甜槠林群的群落学特征[J]. 植物资源与环境学报, 2004, 13(4): 39-43.
- [8] 李振基, 刘初细, 杨志伟, 等. 武夷山自然保护区郁闭稳定甜槠林与人为干扰甜槠林物种多样性比较[J]. 植物生态学报,

- 2000, 24(1): 64-68.
- [9] 郑成洋, 刘增力, 方精云. 福建黄岗山东南坡和西北坡乔木物种多样性及群落特征的垂直变化[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 63-74.
- [10] 陈仁华. 武夷山甜槠林群落养分循环的研究[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(2): 195-198.
- [11] 江 华, 叶功富, 黄义雄, 等. 武夷山天然甜槠林生态系统土壤呼吸日变化及影响因子研究[J]. 海南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 26(1): 75-79.
- [12] 王 勇. 武夷山生态保护区甜槠林群落结构特征研究[J]. 林业调查规划, 2011, 36(2): 43-46.
- [13] 福建省科学技术厅. 中国·福建武夷山生物多样性研究信息平台[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [14] 李振基, 陈鹭真, 林清贤, 等. 武夷山自然保护区生物多样性研究 1. 小叶黄杨矮曲林物种多样性[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2002, 41(5): 574-578.
- [15] 沈泽昊, 张新时. 中国亚热带地区植物区系地理成分及其空间格局的数量分析[J]. 植物分类学报, 2000, 38(4): 366-380.
- [16] 曹铁如, 祁承经, 喻勋林. 湖南八大公山亮叶水青冈群落物种多样性的研究[J]. 生物多样性, 1997, 5(2): 112-120.
- [17] 福建省科学技术委员会福建植物志编写组. 福建植物志: 1-6卷[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1982.
- [18] 陈礼清, 张 健. 巨桉人工林物种多样性研究(I)——物种多样性特征[J]. 四川农业大学学报, 2003, 21(4): 308-312.
- [19] 王育松, 上官铁梁. 关于重要值计算方法的若干问题[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2010, 33(2): 312-316.
- [20] HAMANN A, BARBON E B, CURIO E, et al. A botanical inventory of a submontane tropical rainforest on Negros Island, Philippines[J]. Biodiversity and Conservation, 1999, 8: 1017-1031.
- [21] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征[J]. 生态学报, 1997, 17(1): 91-99.
- [22] 方精云, 李意德, 朱 彪, 等. 海南岛尖峰岭山地雨林的群落结构、物种多样性以及在世界雨林中的地位[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 29-43.
- [23] 蔡 飞, 于明坚, 张 勇, 等. 武夷山常绿阔叶林中优势种群种间竞争的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1997, 23(1): 27-30.
- [24] 闫淑君. 福建中亚热带常绿阔叶林林隙动态与生物多样性[D]. 福州: 福建农林大学林学院, 2002.
- [25] 蔡庆明, 刘天泉, 郑临训, 等. 闽北次生常绿阔叶林优势种竞争的研究[J]. 福建林学院学报, 1994, 14(2): 133-137.
- [26] 任 引. 武夷山主要类型常绿阔叶林结构与功能特征的研究[D]. 南京: 南京林业大学森林资源与环境学院, 2008.
- [27] 沈泽昊, 张新时, 金义兴. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及地形解释[J]. 植物学报, 2000, 42(6): 620-627.

(责任编辑: 惠 红)

## 《植物资源与环境学报》2013 年审稿专家名单

《植物资源与环境学报》2013 年审稿专家名单如下(按姓氏的汉语拼音排序):

陈崇顺 陈发棣 陈双林 刀志灵 邓懋彬 邓贤兰 邓衍明 丁小余 方金豹 郭海林 郭晋平 郭巧生 韩玉林  
 郝成元 郝建华 郝日明 胡 飞 胡仁勇 胡耀辉 胡永红 黄宏文 黄坚钦 黄苏珍 江海东 旷远文 李纯厚  
 李顺林 李维林 李先琨 李新华 练璐愉 梁呈元 梁宗锁 林开敏 刘 萍 刘启新 鲁显楷 陆长梅 吕金印  
 吕晋慧 马红媛 潘思轶 彭方仁 彭 峰 彭祚登 乔玉山 单 宇 盛 婧 盛下放 宋希强 隋方功 孙 艳  
 佟少明 汪贵斌 王发国 王桂琴 王康才 王奇志 王三红 王文卿 王小纯 王云鹏 吴永波 肖伟烈 谢寅峰  
 邢福武 徐迎春 徐增莱 杨国正 杨志民 叶万辉 虞木奎 俞元春 袁春明 张大勇 张光富 张华峰 张剑侠  
 张明理 张旭辉 张一平 张重义 周长芳 朱世新

本刊对各位审稿专家的支持表示诚挚的感谢!