

# 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

李振基<sup>1</sup>, 陈鹭真<sup>1</sup>, 林清贤<sup>1</sup>, 林建丽<sup>2</sup>, 刘德龙<sup>2</sup>, 刘初钿<sup>2</sup>,

何建源<sup>2</sup>, 陈炳华<sup>3</sup>, 黄泽豪<sup>3</sup>, 林文群<sup>3</sup>, 石冬梅<sup>3</sup>

(1. 厦门大学生命科学院, 福建 厦门 361005; 2. 福建武夷山国家级自然保护区管理局, 福建 武夷山 354315; 3. 福建师范大学生物工程学院, 福建 福州 350007)

**摘要:** 本文为武夷山自然保护区生物多样性 GEF 项目内容之一, 调查了保护区内不同海拔高度的代表性森林生态系统的物种多样性。小叶黄杨 (*Buxus sinica* var. *parvifolia*) 林是中山矮曲林的代表性类型之一。应用 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度、Simpson 指数和 PIE 对武夷山小叶黄杨群落高等植物进行了物种多样性研究。结果表明前两者是较好的多样性指标, 该群落的 Shannon-Wiener 指数值为 1.806 8, Pielou 均匀度为 49.67%, Simpson 指数值为 2.914 6, PIE 为 0.656 9。群落乔木层与藤本植物的物种多样性较高, 前者各项指数值分别为 2.231 2, 71.16%, 5.078 3, 0.803 1; 后者各项指数值分别为 1.337 1, 83.08%, 3.532 7, 0.716 9。

**关键词:** 武夷山; 小叶黄杨林; 矮曲林; 物种多样性; Shannon-Wiener 指数; Pielou 均匀度

**中图分类号:** Q 948

**文献标识码:** A

武夷山脉北起浙江、福建浦城,向西延伸至闽粤交界,全长 500 余 km,是我国亚热带的典型山体。福建省武夷山国家级自然保护区位于武夷山脉北段,地处中亚热带季风区。境内山峰林立,地势起伏,平均海拔达 1 200 m,属中山地貌。主峰是素有“华东屋脊”之称的黄岗山,海拔 2 158 m,是我国东南大陆最高峰。周边海拔超过 1 500 m 的山峰有诸母岗、挂墩山等 110 余座<sup>[1]</sup>。这里是东南大陆生物多样性最丰富的地区,是世界同纬度现存面积最大、保存最完整的中亚热带森林生态系统,有明显的植被垂直分布,有丰富的动植物资源,被生物学家誉为“绿色翡翠”、“世界模式标本产地”,在全球生物多样性保护方面具有重要意义。为了解武夷山不同森林生态系统的生物多样性现状,提供武夷山研究与保护的本底资料,我们申报了生物多样性 GEF 项目,本文是该项目的研究成果之一。

小叶黄杨林是我国中亚热带山地森林稀有类型之一,在我国分布于福建、浙江、江西、广东、广西、湖

南、湖北、四川等省<sup>[1]</sup>。其群落学特征、生物多样性特点、生产力特点、生态功能等在山地苔藓矮曲林中具有一定的代表性。小叶黄杨林在武夷山分布在海拔 1 800 ~ 2 000 m 处<sup>[2]</sup>,保存完好。物种多样性是群落组成、结构和功能复杂性的度量,对物种多样性的研究可以更好地认识群落的组成、现状和发展。生态学家们已提出了许多物种多样性指数的计算方法,在研究中,我们选用几种多样性指数来揭示武夷山小叶黄杨群落高等植物的物种多样性。

### 1 自然条件与样地概况

样地位于武夷山国家级自然保护区核心区的黄岗山主峰附近,海拔高 1 900 m,北纬 27°42',东经 117°41',成土母质以火山岩为主,林地土壤为山地黄壤,土层厚 50 ~ 110 cm 不等,有机质含量丰富, pH 值 4.5 ~ 5.5,年均温为 10.7℃,大气相对湿度 100%,年均降水量为 2 780 mm,日照时数 1 434 h,年均风速 1.02 m·s<sup>-1</sup>。

群落乔木层林冠一般 7 m 高,乔木层优势种是小叶黄杨 (*Buxus sinica* var. *parvifolia*),其重要值为 83.50,密度为 18 株/100 m<sup>2</sup>,亚优势种是白檀

收稿日期:2002-05-20

作者简介:李振基(1963-),男,副教授。

表1 武夷山小叶黄杨矮曲林乔木层样方分析

Tab.1 Quadrat analysis to canopy trees in *Buxus sinica* var. *parvifolia* forest in Wuyi Mountain

物种	株数	相对多度 / %	频度	相对频度 / %	胸高断面积 / cm <sup>2</sup>	相对显著度 / %	重要值
小叶黄杨 <i>Buxus sinica</i> var. <i>parvifolia</i>	72	40.45	100	9.76	4 114	33.29	83.50
白檀 <i>Symplocos paniculata</i>	26	14.61	100	9.76	2 277	18.43	42.79
茶条果 <i>Symplocos phyllocalyx</i>	8	4.49	100	9.76	845	6.84	21.09
齿缘吊钟花 <i>Enkianthus serrulatus</i>	12	6.74	75	7.32	732	5.92	19.98
薄毛豆梨 <i>Pyrus calleryana</i> f. <i>tomentella</i>	10	5.62	75	7.32	689	5.58	18.51
猫儿刺 <i>Yushania hirticaulis</i>	3	1.69	25	2.44	1208	9.78	13.90
中华石楠 <i>Photinia beauverdiana</i>	7	3.93	50	4.88	376	3.04	11.85
云锦杜鹃 <i>Rhododendron fortunei</i>	4	2.25	50	4.88	537	4.35	11.47
苦枥木 <i>Fraxinus insularis</i>	5	2.81	50	4.88	394	3.19	10.88
柃木一种 <i>Eurya</i> sp.	8	4.49	25	2.44	249	2.01	8.95
毛漆树 <i>Toxicodendron trichocarpum</i>	3	1.69	50	4.88	48	0.39	6.95
蠓猪刺 <i>Berberis julianae</i>	3	1.69	50	4.88	19	0.15	6.72
银钟花 <i>Helesia macgregorii</i>	3	1.69	25	2.44	241	1.95	6.07
合轴荚蒾 <i>Viburnum sympodiale</i>	3	1.69	25	2.44	18	0.15	4.27
水亚木 <i>Hydrangea paniculata</i>	2	1.12	25	2.44	71	0.57	4.14
茜草科一种 sp. of Rubiaceae	1	0.56	25	2.44	127	1.03	4.03
白蜡树 <i>Fraxinus chinensis</i>	2	1.12	25	2.44	49	0.40	3.96
三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	1	0.56	25	2.44	92	0.74	3.75
岩柃 <i>Eurya saxicola</i>	1	0.56	25	2.44	87	0.70	3.70
腋毛泡花树 <i>Meliosma rhorifolia</i>	1	0.56	25	2.44	87	0.70	3.70
答木冬青 <i>Ilex memecylifolia</i>	1	0.56	25	2.44	42	0.34	3.34
粗榧 <i>Cephalotaxus sinensis</i>	1	0.56	25	2.44	40	0.32	3.32
福建山樱花 <i>Prunus campanulata</i>	1	0.56	25	2.44	16	0.13	3.13

(*Symplocos paniculata*), 重要值为 42.79, 并有少量茶条果 (*Symplocos phyllocalyx*)、齿缘吊钟花 (*Enkianthus serrulatus*)、薄毛豆梨 (*Pyrus calleryana* f. *tomentella*) 等多种植物。灌木层种类有 6 种, 以毛杆玉山竹 (*Yushania hirticaulis*) 占优势, 多频度 (相对多度加相对频度, 总值 200) 高达 114.97, 圆锥绣球 (*Hydrangea paniculata*) 次之。草本层种类较少, 仅有 4 种, 苔草一种 (*Carex* sp.) 占绝对优势, 多频度高达 171.50。藤本植物较稀少, 各个种多频度分配较平均 (见表 1)。

## 2 研究方法

### 2.1 样方调查

2000 年 7~8 月采用样方法调查, 在黄岗山海拔高度 1 900 m 的小叶黄杨林中选取具有代表性的片段, 调查 4 个 10 m × 10 m。调查记录各样方中包括草本植物在内的所有高等植物的种类、种数 (S) 和个体数 (N), 以便计算物种多样性。此外, 对于乔木, 记录每 1 株的高度和胸径, 灌木、乔木幼树和幼苗、草本和藤本植物则仅记录其高度。

### 2.2 物种多样性的计算

目前使用较多的物种多样性计算模型主要有 Simpson 指数、Shannon-Wiener(下文简称为 SW)指数和种间相遇机率(PIE)<sup>[3]</sup>,为了便于比较,本文利用这 3 个指数和 Pielou 均匀度来计算武夷山自然保护区小叶黄杨群落的物种多样性,计算公式如下:

#### 1) Simpson 指数 $D$

$$D = N(N - 1) / \sum n_i(n_i - 1) \quad (1)$$

式中  $N$  为样方内所有物种的总个体数,  $n_i$  是第  $i$  个物种的个体数,  $S$  为样方中物种数. 该模型实际上是从他的集中度( )演化而来,其含义是将一个有  $N$  个个体的集合分成  $S$  个组,当随机地抽取 2 个个体,并且不再放回,那么这 2 个个体属于同一个组的概率即是 .

$$= \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1) \quad (2)$$

集中度和均匀度是一种倒数关系,而均匀度是和多样性成正比的,因此人们也默认公式(1)为 Simpson 指数计算式<sup>[3]</sup>,也有用式(3)的,但可以推导出式(3)等同于 PIE 计算式<sup>[4]</sup>.

$$D = 1 - \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1) \quad (3)$$

#### 2) Shannon-Wiener 指数 $H$ <sup>[5]</sup>

$$H = - \sum P_i \log_2 P_i \quad (4)$$

式中  $P_i = n_i / N$ ,代表第  $i$  个物种的相对多度. 这一指数被认为是在测量群落物种多样性中最为常见和有效的指标. 该式是由 Shannon 和 Wiener 分别提出来的信息不确定性测度公式,该模型假设被取样本内个体的分布是完全随机的,并包含了所有的种<sup>[5]</sup>,因此该公式的精确性取决于所取样本的代表性,如取样面积为最小面积,则能保证多样性计算结果的误差不超过 5%. 式(4)中的 log 也可以选用  $e$  和 10 为底. 由此导致  $H$  单位的变化,分别为 bit, nat 和 decit<sup>[4]</sup>. 目前,生态学上所用的单位及其名称都未标准化,但存在着用 nat 的趋向<sup>[4]</sup>. 本文采用 nat,在与其它资料比较时,按下面式(5)、(6)加以换算.

$$H = - 2.3026 \sum P_i \lg P_i \quad (5)$$

$$H = - 0.6931 \sum P_i \log_{10} P_i \quad (6)$$

#### 3) 种间相遇机率 PIE<sup>[4]</sup>

$$PIE = \sum n_i(N - n_i) / N(N - 1) \quad (7)$$

式中  $S$ 、 $n_i$ 、 $N$  同式(1).

该指数表示不同物种的个体在随机活动情况下相遇的概率. 该式与式(1)有如下关系:

$$PIE = D = 1 - \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1) = 1 - 1/D.$$

#### 4) Pielou 均匀度指数 $J$ <sup>[4]</sup>

$$J = H / \log S \quad (8)$$

式中  $H$  同式(4),  $S$  同式(1),本文中,log 选用  $e$  为底数.

均匀度是群落多样性研究中十分重要的概率,指群落中不同物种的多度分布的均匀程度. Pielou (1969)把均匀度( $J$ )定义为群落的实测多样性( $H$ )与最大多样性( $H_{max}$ ,即在给定物种数  $S$  下的完全均匀群落的多样性)之比率.

## 3 结果与分析

### 3.1 物种相对多度分布

将 4 个 10 m × 10 m 样方中的资料汇总整理,以每个种的个体数为横坐标,以种数为纵坐标作图,如图 1 所示.

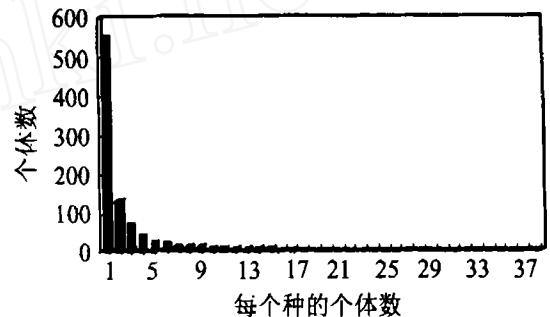


图 1 小叶黄杨群落高等植物物种相对多度分布图

Fig. 1 Relative abundance of higher plant species in *Buxus sinica* var. *parvifolia* community

从图 1 可以看出,该群落的物种多度服从对数级数分布,即多度最小的种数最多,该群落 400 m<sup>2</sup> 中有 38 种植物,其中 9 种植物都仅有 1 株个体,有 6 种植物仅有 2 株个体,另外 6 种植物仅有 3 株个体,数量为 8 株、10 株和 14 株的植物各有 2 种,其它 11 种植物的个体数较多,但数量都不一样.

### 3.2 群落的物种多样性

分别对 4 个样方和样地中所有植物的种数和个体数加以统计,如表 2 所示. 从表 2 中可以看出该群落的 Simpson 指数为 2.9146, Shannon-Wiener 指数为 1.8068, Pielou 均匀度为 49.67%, 种间相遇机率 PIE 为 0.6569.

关于群落的物种多样性前人做过不少工作,但多数工作仅考虑了群落中的木本植物<sup>[3,6~10]</sup>,或虽考虑了草本植物,但取样面积较小<sup>[11,12]</sup>. 郝占庆等(1994)对阔叶红松林和次生白桦林中草本植物的物种多样性作了讨论,表明其种数、个体数、多样性值

均较高<sup>[12]</sup>。我们认为在参与群落的物种多样化贡献方面,草本植物、层间植物与木本植物同等重要。

表2 群落中的高等植物物种多样性

Tab. 2 The species diversity of higher plants in the community

层次	S	N	H	J/ %	D	PIE
群落	38 981	1.806 8	49.67	2.914 6	0.656 9	
乔木层	23 178	2.231 2	71.16	5.078 3	0.803 1	
灌木层	6 187	0.851 8	47.54	1.863 2	0.463 3	
草本层	4 578	0.211 3	15.24	1.095 0	0.086 8	
藤本植物	5 38	1.337 1	83.08	3.532 7	0.716 9	

### 3.3 乔木层和灌木层的物种多样性

分别统计了群落的乔木层、灌木层、草本层和藤本植物的多样性,见表2。

从表2可以看出小叶黄杨群落乔木层具有多样性指数值高,均匀度高的特点,而藤本植物虽然种类不多,但均匀度较高。由于其所处位置海拔较高,使群落各项多样性指数值低于长白山顶极群落阔叶红松林<sup>[12]</sup>、暖温带地带性植被落叶阔叶林<sup>[3]</sup>、江苏宜兴北亚热带的地带性植被青冈+米槠群落、石栎群落、苦槠群落等、武夷山甜槠林、海南尖峰岭山地雨林<sup>[13]</sup>。通常群落的物种多样性指数值随纬度降低而增大<sup>[3,5,11]</sup>。此外分布在高海拔的小叶黄杨群落中有极多通过无性繁殖的苔草和毛杆玉山竹,莎草和毛杆玉山竹在400 m<sup>2</sup>的取样面积中分别多达552和130株,对群落的均匀度和多样性指数影响极大。

## 4 结 语

武夷山自然保护区小叶黄杨群落的Shannon-Wiener指数值为1.806 8,均匀度为49.67%,表明该群落物种多样性不够高,但其乔木层的物种多样性与均匀度都较高,藤本植物的均匀度也较高,由于灌木层和草本层的优势种在个体数上的优势导致均匀度降低。在理论上随海拔升高,群落多样性降低,均匀度也降低,这三个指数均能较好地反映这一趋势。

势。

由于小叶黄杨群落所处位置海拔相对较高,物种多样性偏低,表明了该生态系统具有一定的脆弱性,应得到有效的保护和管理。

### 参考文献:

- [1] 中国植被编委会. 中国植被[M]. 北京:科学出版社, 1980. 321 - 323.
- [2] 何建源,李凌浩,刘初钿,等. 武夷山自然保护区植被. 武夷山研究(自然资源卷)[M]. 厦门:厦门大学出版社, 1994. 39 - 117.
- [3] 黄建辉,陈灵芝. 北京东灵山地区森林植被的物种多样性分析[J]. 植物学报, 1994, 36(增刊): 178 - 186.
- [4] 马克平. 生物群落多样性的测度方法. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1994. 141 - 165.
- [5] Krebs C J. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance[M], 2nd ed. New York: Harper & Row, 1978. 449 - 487.
- [6] 彭少麟,周厚诚,陈天杏,等. 广东森林群落的组成结构数量特征[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(1): 10 - 17.
- [7] 彭少麟,王伯荪. 鼎湖山森林群落分析:物种多样性[J]. 生态科学, 1983, (1): 11 - 17.
- [8] 陆阳,李鸣光,黄雅文,等. 海南岛坝王岭长臂猿自然保护区植被[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(2): 106 - 114.
- [9] 林鹏,丘喜昭. 福建南靖县和溪的亚热带雨林[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11(3): 161 - 170.
- [10] 林鹏,丘喜昭. 福建三明瓦坑赤枝栲林[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(4): 241 - 253.
- [11] 彭少麟,陈章和. 广东亚热带森林群落物种多样性[J]. 生态科学, 1983, (2): 98 - 104.
- [12] 郝占庆,陶大立,赵士洞. 长白山北坡阔叶红松林及其次生白桦林高等植物物种多样性的比较[J]. 应用生态学报, 1994, 5(1): 16 - 23.
- [13] 黄全,李意德. 海南岛尖峰岭热带山地雨林采伐迹地更新群落的初步分析[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(1): 12 - 22.
- [14] 王铸豪,何道泉,宋绍敦,等. 鼎湖山自然保护区的植被. 热带亚热带森林生态系统研究[J]. 广州:科学普及出版社广州分社, 1982, 1: 77 - 141.

## Study on the Species Diversity of Higher Plants in *Buxus sinica* var. *parvifolia* Dwarf Community in Wuyishan Mountains

LI Zhen-ji<sup>1</sup>, CHEN Lu-zhen<sup>1</sup>, LIN Qing-xian<sup>1</sup>, LIN Jian-li<sup>2</sup>,  
LIU De-long<sup>2</sup>, LIU Chu-dian<sup>2</sup>, HE Jian-yuan<sup>2</sup>, CHEN Bin-hua<sup>3</sup>,  
HUANG Ze-hao<sup>3</sup>, LIN Wen-qun<sup>3</sup>, SHI Dong-mei<sup>3</sup>

(1. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. The Administrative Bureau of Wuyishan National Nature Reserve, Wuyishan 354315, China;

3. College of Biological Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

**Abstract:** Shannon-Wiener Diversity index, Pielou evenness, Simpson index, PIE were used to analysis the species diversity of higher plants in *Buxus sinica* var. *parvifolia* dwarf community in Wuyishan Mountains. The results showed that the former two indices were better, in this community, the Shannon-Wiener index value was 1.806 8, Pielou evenness was 49.67%, the Simpson index value was 2.914 6, PIE was 0.656 9.

**Key words:** Wuyishan Mountain; Dwarf forest; *Buxus sinica* var. *parvifolia* community; species diversity; Shannon-Wiener index; Pielou evenness