



# 深圳市径心水库区苏铁蕨群落 结构特征及演替分析

刘海军<sup>1</sup>, 许可旺<sup>2</sup>, 孙红斌<sup>1</sup>, 何清华<sup>2</sup>, 凡 强<sup>2</sup>, 廖文波<sup>2\*</sup>

(1 深圳市野生动物救护中心, 广东深圳 518035; 2 中山大学 生命科学学院, 广东省热带亚热带植物资源重点实验室, 广州 510275)

**摘 要:** 苏铁蕨(*Brainea insignis*)最早出现于古生代泥盆纪, 是重要孑遗种和珍稀濒危植物, 对研究古植物区系及蕨类植物的起源和演化具有重要意义。该研究采用相邻格子法对深圳市径心水库区的苏铁蕨群落进行群落学研究, 分析径心水库区苏铁蕨群落结构和演替特点, 为苏铁蕨的保护提供理论和实践依据。结果表明: (1) 深圳径心水库区的苏铁蕨群落属于南亚热带常绿阔叶林, 在 1 600 m<sup>2</sup> 的样地中共有维管束植物 72 种, 隶属于 45 科 66 属, 其中种类组成以热带成分占绝对优势, 占非世界属的 88.33%。(2) 该苏铁蕨群落垂直结构明显, 可划分为乔木 2 亚层、灌木层和草本层, 层间植物较丰富; 各种群的重要值分析表明, 鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、苏铁蕨(*Brainea insignis*)、九节(*Psychotria rubra*)、鼠刺(*Itea chinensis*)、银柴(*Aporosa dioica*)是该群落的主要优势种, 其重要值分别为: 53%、38%、28%、23% 和 22%。(3) 年龄结构分析表明, 主要优势种群如银柴、鼠刺和豺皮樟(*Litsea rotundifolia*)等均属于增长型种群, 而苏铁蕨种群却呈现出一定的衰退趋势, 说明该群落正处在旺盛发展阶段并且会不断演化替换掉苏铁蕨种群。(4) 该研究区群落种群的频度规律为 A 级 > B 级 > C 级 > D 级 < E 级, 与 Raunkiaer 的 L 形频度定律曲线相一致; 与其他邻近地区进行比较, 深圳径心水库区的苏铁蕨群落显示出较低的物种丰富度, 可能是受海风和人类活动的影响比较大, 应对该苏铁蕨群落进行适当的干预和保育, 清理上层枯枝枯藤, 加强林内透光度, 增加光照。

**关键词:** 苏铁蕨; 群落特征; 物种多样性; 深圳市径心水库; 保护策略

**中图分类号:** Q948.15<sup>+</sup>4 **文献标志码:** A

## Structure Characteristics and Succession Analysis of *Brainea insignis* Community in Jingxin Reservoir Area

LIU Haijun<sup>1</sup>, XU Kewang<sup>2</sup>, SUN Hongbin<sup>1</sup>, HE Qinghua<sup>2</sup>, FAN Qiang<sup>2</sup>, LIAO Wenbo<sup>2\*</sup>

(1 Rescue Center of Wildlife in Shenzhen, Shenzhen, Guangdong 518035, China; 2 Guangdong Provincial Key Laboratory of Plant Resources, School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** The earliest origin of *Brainea insignis*, an important relict species and national rare and endangered plant, could be traced to Devonian of Paleozoic. Its evolutionary process is significant to study the palaeoflora and the origin and evolution of ferns. In order to provide theory and practice basis for the protection of *B. insignis*, we investigated and analyzed the characteristics of floristic composition, physiogno-

收稿日期: 2016-07-08; 修改稿收到日期: 2016-10-14

**基金项目:** 深圳市野生珍稀濒危重点保护植物调查项目(33000-71020106); 深圳市级自然保护区监测项目(33000-71021056); 广东省野生动植物保护管理项目(33000-71020140)

**作者简介:** 刘海军(1978—), 男, 博士, 主要从事自然保护区建设、管理和保护生物学研究。E-mail: liunavy@126.com

\* 通信作者: 廖文波, 博士, 教授, 主要从事植物系统分类及保护生物学研究。E-mail: lsslwb@mail.sysu.edu.cn

my, structure, species diversity and succession of *B. insignis* community in Jingxin reservoir area of Shenzhen City by using method of standard plot, which the results shows as following: (1) *B. insignis* community in Jingxin reservoir area belongs to the subtropical evergreen broad-leaved forests with 72 species of vascular plants belonging to 66 genera and 45 families in the 16 quadrats of 1 600 m<sup>2</sup>. Except for cosmopolitan, the geographical elements of genera are predominated by tropical one, accounting for 88.33% of total of non-world genera. (2) The vertical structure of community can be divided into tree layer (with two sub-layers), shrub layer and herb layer, and the liana among layers are abundant. Based on analysis of the importance value of different populations, it indicates that the *Schefflera octophylla*, *B. insignis*, *Psychotria rubra*, *Itea chinensis* and *Aporosa dioica* are belonged to dominant populations, and the important values are 53%, 38%, 28%, 23% and 22%, respectively. (3) Based on analysis of age structure, *A. dioica*, *I. chinensis* and *Litsea rotundifolia* populations all belong to the increasing population, but *B. insignis* population belongs to the declining population. These population age structures indicated that the community is situated with a vigorous development stage and the *B. insignis* population will be eliminated as time goes on. And (4) the frequency distribution law of the community in the study area is  $A > B > C > D < E$ , which is in accordance with the L-shaped curve of Raunkiaer. By comparing with those of other neighboring regions, the *B. insignis* community in Jingxin reservoir area of Shenzhen City shows the lower species richness, which is likely to affected by the sea breeze and human activities, so the necessary intervention and measures should be taken to protect the *B. insignis* community on some extant, for example, to eliminate upper deadwood, withered vine, and strengthen transparency under forest, so as to obtain more illumination.

**Key words:** *Brainea insignis*; community characteristics; species diversity; Jingxin reservoir area, Shenzhen City; protection strategy

苏铁蕨 [*Brainea insignis* (Hook.) J. Sm.] 隶属于乌毛蕨科 (Blechnaceae) 苏铁蕨属 (*Brainea* J. Sm.)<sup>[1]</sup>, 为单型属, 是中国蕨类植物中 4 个木本属之一<sup>[2]</sup>。该属植物最早在古生代泥盆纪就已出现, 繁盛于中生代侏罗纪, 并成为地球上的优势类群, 种类非常丰富, 由于地质变迁、气候变化等因素的影响, 大部分种类相继灭绝, 仅苏铁蕨幸存下来, 成为著名的活化石植物<sup>[3]</sup>, 对研究古植物区系及蕨类植物的起源和演化具有重要意义。现在的苏铁蕨主要分布在中国的广东、广西、海南、福建、台湾及云南等地, 也分布至印度、东南亚至菲律宾的亚洲热带地区<sup>[1]</sup>。由于对生境的要求比较严格以及自身具有特殊的生物学特性, 又具有一定观赏价值<sup>[4]</sup>和药用价值<sup>[5]</sup>, 其野生居群分布较少且受人为破坏较为严重, 现已濒临灭绝, 被列为了国家Ⅱ级重点保护野生植物<sup>[6]</sup>。目前, 国外尚无有关苏铁蕨的研究报道, 国内研究也较少, 且主要集中在引种栽培<sup>[7-8]</sup>、个体繁育<sup>[9]</sup>及化学成分分析<sup>[10]</sup>等方面, 徐晓辉等<sup>[11]</sup>从珍稀濒危种的角度分析了马峦山及其邻近地区苏铁蕨群落的特征, 但未对各苏铁蕨群落进行全面比较研究。本研究一方面分析径心水库区苏铁蕨群落结构和演替特点, 另一方面针对人类干扰提出相应的保育措

施, 以期苏铁蕨的保护提供理论和实践依据。

## 1 自然概况和研究方法

### 1.1 研究区域自然概况

所调查的径心水库区的苏铁蕨群落, 位于深圳市大鹏新区田头山自然保护区。该区四周山峦叠嶂, 东北角最高海拔 631.9 m, 南面的最高点海拔 548.9 m。区域内地形复杂, 林木茂盛, 植被良好, 雨量丰沛<sup>[12]</sup>。土壤属于赤红壤、红壤和冲积土, 酸性较大, 土质粘重, 有机质含量仅为 2%; 赤红壤多见于海拔 300 m 以下的丘陵地带。气候属于南亚热带海洋性季风气候, 冬季受极地大陆气团及其变性气团的影响, 天气较干冷, 1 月的平均气温为 14℃, 盛行的东北季风把北方的冷空气带到这里。年均降水量为 2 000 mm, 年均雨日达 140 d, 相对湿度 80%, 属于中国的高温多雨地区。虽然偶尔的台风和霜冻会对植物生长造成伤害, 但该地区高温多雨的气候条件十分有利于热带、亚热带植物的生长<sup>[13]</sup>, 因而常常生长有南亚热带山地常绿阔叶林、常绿灌丛和山地草坡。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 样地调查 在径心水库库区附近选择苏铁

蕨占优势的植物群落,采用相邻格子法进行调查,样地面积为 1 600 m<sup>2</sup>,再分为 16 个 10 m×10 m 的样方。采用每木记账调查法,起测径阶≥2 cm,高度≥1.5 m。记录各树种的名称、胸径(DBH)、高度、冠幅;在每个样方中再随机设置 1 个面积为 2 m×2 m 的小样方,调查记录小样方中所有下层灌木和草本植物的种类、高度、株数及盖度。同时,记录样地的海拔、坡向、坡度、土壤类型、腐植层、郁闭度等生境数据。参照《植物群落学实验手册》<sup>[14]</sup>,描述群落的组成、外貌、测度优势种群的重要值、物种频度、物种多样性,以及分析年龄结构、垂直结构、动态演替特征等。

**1.2.2 数据分析** (1)重要值:重要值(*IV*)=相对多度 *RA* (%) + 相对显著度 *RP* (%) + 相对频度 *RF* (%) ..... ①

式中,显著度用胸高断面积计算。

(2)物种多样性:群落的生物多样性采用物种丰富度指数、物种多样性指数和 Pielou 均匀度指数进行评价,其计算公式如下<sup>[15-17]</sup>。

物种丰富度指数:

$R_0 = S$  ..... ②

Margalef 指数:  $E = (S - 1) / \ln N$  ..... ③

物种多样性指数:

Shannon-Wiener 指数(*H'*):  $H' = - \sum P_i \ln P_i$  ..... ④

Pielou 均匀度指数:  $J_{sw} = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln S$  ..... ⑤

②、③式中的 *S* 代表样方中所有植物种类的总和,即丰富度指数;④、⑤式中的 *P<sub>i</sub>* 为种 *i* 的个体数占所有种的个体数的比率;*N* 为样方中所有物种的个体数总和。

2 结果与分析

2.1 群落的种类组成和地理成分

调查样地面积为 1 600 m<sup>2</sup>,根据该群落物种组成和重要值分析(表 1、表 2),该群落可命名为“鸭脚木+银桦—苏铁蕨—九节群落”,其中苏铁蕨是建群种之一,也是最为重要的特征种,因此简称为苏铁蕨群落。调查表明,该群落中有维管植物 72 种,隶属于 45 科 66 属。其中,蕨类植物 4 科 5 属 5 种,裸子植物 2 科 2 属 2 种,种子植物 39 科 59 属 65 种,各类群所占的比例如图 1 所示,其中从科、属、种水平看被子植物占有明显的优势地位。

该群落中含 5 种以上的科仅有茜草科 1 科,含 8 种,占总科数的 2.22%,含 3~5 种的科有 4 科,占总科数的 8.89%,如大戟科 4 种、芸香科、樟科和紫金牛科各 3 种;这些科的总种数占该样地中总种数的 29.17%。其余有 26 个科在该样地中只包含 1 个种,占总科数的 57.78%。说明优势科不是太明显,而是富有多多样性,这与热带海岸地区的植被组成特征是相似的;其中,茜草科、大戟科、樟科、紫金牛科等均主产热带,向亚热带扩散,可见,该地区具有明显的热带性质。

群落种类组成的地理成分按照吴征镒<sup>[18-19]</sup>划分的中国种子植物属的分布区类型进行统计,结果

表 1 深圳市径心水库区苏铁蕨群落种子植物属分布区类型

Table 1 Areal-types of genera of seed plants in *B. insignis* community in Jingxin reservoir area of Shenzhen City

| 分布区类型 Areal-type   | 属数<br>Number of genera | 占非世界属比例<br>Ratio occupied non-world genera/% |
|--|------------------------|--|
| 1. 世界分布 Cosmopolitan   | 1                      | 扣除   |
| 2. 泛热带分布 Pantropic   | 16                     | 26.67  |
| 3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Tropical Asian & tropical American disjuncted | 1                      | 1.67   |
| 4. 旧世界热带分布 Old world tropic                                    | 6                      | 10.00  |
| 5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia & tropical Oceania               | 15                     | 25.00  |
| 6. 热带亚洲至热带非洲分布 Tropical Asia to tropical Africa                | 5                      | 8.33   |
| 7. 热带亚洲分布 Tropical Asia  | 10                     | 16.67  |
| 8. 北温带分布 North temperate                                       | 2                      | 3.33   |
| 9. 东亚和北美洲间断分布 East Asian & north American disjuncted           | 2                      | 3.33   |
| 14. 东亚分布 East Asia   | 2                      | 3.33   |
| 15. 中国特有分布 Endemic to China                                    | 1                      | 1.67   |
| 合计 Total   | 61                     | 100.00                                       |

表 2 深圳市径心水库区苏铁蕨群落中优势种群的数量特征

| Table 2 Quantitative characteristics of dominant populations in <i>B. insignis</i> community in Jingxin reservoir area of Shenzhen City |   |                               |                               |                                |                           |
|---|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 物种<br>Species   | 胸高总面积<br>Total area at<br>breast height | 相对多度<br>Relative<br>abundance | 相对频度<br>Relative<br>frequency | 相对显著度<br>Relative<br>dominance | 重要值<br>Important<br>value |
| 鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i>  | 11 564.08                               | 0.16                          | 0.08                          | 0.29                           | 0.53                      |
| 苏铁蕨 <i>Brainea insignis</i>   | 9 005.91                                | 0.08                          | 0.08                          | 0.23                           | 0.38                      |
| 九节 <i>Psychotria rubra</i>  | 1 148.48                                | 0.17                          | 0.08                          | 0.03                           | 0.28                      |
| 鼠刺 <i>Itea chinensis</i>  | 1 621.91                                | 0.12                          | 0.08                          | 0.04                           | 0.23                      |
| 银柴 <i>Aporusa dioica</i>  | 1 445.88                                | 0.10                          | 0.08                          | 0.04                           | 0.22                      |
| 豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i>  | 891.69                                  | 0.10                          | 0.07                          | 0.02                           | 0.18                      |
| 大头茶 <i>Gordonia axillaris</i>   | 2 197.51                                | 0.06                          | 0.07                          | 0.05                           | 0.18                      |
| 山乌柏 <i>Sapium discolor</i>  | 2 337.33                                | 0.02                          | 0.04                          | 0.06                           | 0.11                      |
| 罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>   | 899.74                                  | 0.04                          | 0.06                          | 0.02                           | 0.12                      |
| 红鳞蒲桃 <i>Syzygium hancei</i>   | 2 437.86                                | 0.02                          | 0.03                          | 0.06                           | 0.11                      |
| 降真香 <i>Acronychia pedunculata</i>   | 491.09                                  | 0.03                          | 0.03                          | 0.01                           | 0.07                      |
| 杨桐 <i>Adinandra millettii</i>   | 235.59                                  | 0.02                          | 0.05                          | 0.01                           | 0.07                      |
| 土沉香 <i>Aquilaria sinensis</i>   | 989.23                                  | 0.01                          | 0.03                          | 0.02                           | 0.06                      |
| 白背算盘子 <i>Glochidion wrightii</i>  | 400.69                                  | 0.02                          | 0.04                          | 0.01                           | 0.06                      |
| 杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>   | 777.23                                  | 0.01                          | 0.02                          | 0.02                           | 0.04                      |
| 绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>   | 377.95                                  | 0.01                          | 0.03                          | 0.01                           | 0.04                      |
| 毛冬青 <i>Ilex pubescens</i>   | 55.19                                   | 0.01                          | 0.03                          | 0.00                           | 0.05                      |
| 中华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i>   | 163.69                                  | 0.01                          | 0.03                          | 0.00                           | 0.04                      |
| 黄牛木 <i>Cratoxylum cochinchinense</i>  | 156.01                                  | 0.01                          | 0.03                          | 0.00                           | 0.04                      |
| 刨花润楠 <i>Machilus pauhoi</i>   | 407.38                                  | 0.01                          | 0.01                          | 0.01                           | 0.03                      |
| 常绿莢蒾 <i>Viburnum sempervirens</i>   | 19.26                                   | 0.01                          | 0.02                          | 0.00                           | 0.03                      |
| 杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>   | 401.15                                  | 0.00                          | 0.01                          | 0.01                           | 0.02                      |
| 光叶山矾 <i>Symplocos lancifolia</i>  | 324.46                                  | 0.00                          | 0.01                          | 0.01                           | 0.02                      |
| 狗骨柴 <i>Diplospora dubia</i>   | 18.48                                   | 0.00                          | 0.02                          | 0.00                           | 0.02                      |
| 天料木 <i>Homalium cochinchinense</i>  | 20.39                                   | 0.00                          | 0.02                          | 0.00                           | 0.02                      |
| 野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>   | 23.08                                   | 0.00                          | 0.01                          | 0.00                           | 0.01                      |

注:该表格中省略了重要值在 0.01 以下种的数量特征。  
Note: The quantitative characteristics of populations which important value is below 0.01 are omitted.

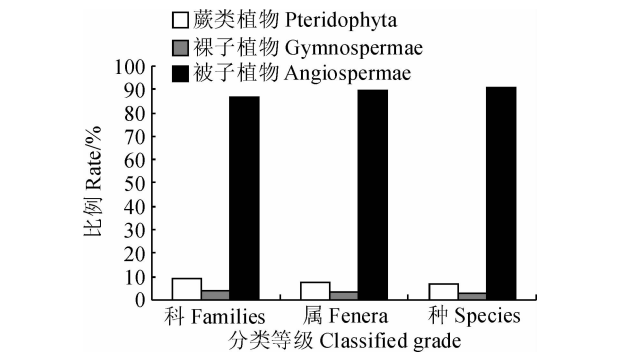


图 1 深圳市径心水库区苏铁蕨群落的物种组成  
Fig. 1 The composition of species in *Brainea insignis* community in Jingxin reservoir area of Shenzhen City

表明(表 1)种子植物 61 属可以划分为 11 个分布区类型,以泛热带分布属最多,共 16 属,如天料木属(*Homalium*)、苹婆属(*Sterculia*)、山矾属(*Symplocos*)、冬青属(*Ilex*)和黄檀属 *Dalbergia* 等,占总属数的 26.23%;其次是热带亚洲至热带大洋洲分布属,共 15 属,如假鹰爪属(*Desmos*)、山龙眼属(*Helicia*)、吴茱萸属(*Evodia*)、银柴属(*Aporusa*)和杜英属(*Elaeocarpus*);热带亚洲分布的也达 10 属,如润楠属(*Machilus*)、虎皮楠属(*Daphniphyllum*)、黄牛木属(*Cratoxylum*)、沉香属(*Aquilaria*)和山茶属(*Gordonia*)。热带亚洲和热带美洲间断分布的属仅有木姜子属 *Litsea*;中国特有属仅有杉木属(*Cun-*

ninghamia)。整体上,61 属中,属于世界分布的 1 属(扣除),热带分布的 53 属,占非世界属的 88.33%,属于温带分布的仅有 7 属,占 11.67%。可以明显看出,本群落中热带分布的属占绝对优势,这也充分说明该样地种类组成的地理成分与南亚热带的森林群落相吻合,属于亚热带常绿阔叶林<sup>[13, 20-21]</sup>。

2.2 群落的垂直结构

苏铁蕨所在的径心水库区优势群落,也是典型亚热带常绿阔叶林,主要的常绿树种、优势种有鸭脚木、银柴、红鳞蒲桃(*Syzygium hancei*)、山乌柏(*Sapium discolor*)等,而占优势的落叶树种主要有罗浮栎(*Diospyros morrisiana*)。群落外貌终年常绿,起伏较平缓,没有明显的季相变化。

群落的大致高度 8~13 m,最高可达 15.0 m。根据群落的地上部分的高度,可将该群落分为乔木层、灌木层、草本层以及由藤本植物和附生植物构成的层间结构,层与层之间空间渗透和镶嵌分布现象明显。乔木层可分为两个亚层,上层高度 10~15 m,主要优势种包括:鸭脚木、银柴、红鳞蒲桃、山乌柏,其他还有降真香(*Acronychia pedunculata*)、刨花润楠(*Machilus pauhoi*)、杜英(*Elaeocarpus decipiens*)、土沉香(*Aquilaria sinensis*)、光叶山矾(*Symplocos lancifolia*)和杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等 14 个树种。第 2 亚层高 6~10 m,如鼠刺、黄牛木(*Cratoxylum cochinchinense*)、豺皮樟、大头茶(*Gordonia axillaris*)、山乌柏(*Sapium discolor*)、红鳞蒲桃等,该层共有 33 种,树种较多,或为上层的中等立木。群落以热带成分为主,体现了该区域植被的热带性质;乔木层的整体高度比较低,可能是由于大鹏半岛处于海岸带,受海风、台风等因素的影响较大,偶有高于 20 m 的大树。

灌木层的高度在 1~5 m,主要由乔木树种下级立木和灌木树种组成,种类超过 45 种,主要有苏铁蕨、豺皮樟、九节、毛冬青(*Ilex pubescens*)、白背算盘子(*Glochidion wrightii*)、狗骨柴(*Diplospora dubia*)等,该层在种类、数量和密度上都占有明显的优势地位。乔木层、灌木层的物种组成较丰富说明该群落是一个保护较好,正在旺盛发展阶段的天然林群落。

草本层受乔木层和灌木层郁闭度的影响比较大,物种组成相对较少,主要由单子叶植物和蕨类组成,如团叶鳞始蕨(*Lindsaea orbiculata*)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、扇叶铁线蕨(*Adiantum*

*flabellulatum*)、乌毛蕨(*Blechnum orientale*)、黑莎草(*Gahnia tristis*)等。层间植物也是该群落的重要组成部分,共有 6 种,包括罗浮买麻藤(*Gnetum lofuense*)、链珠藤(*Alyxia sinensis*)、锡叶藤(*Tetracera asiatica*)、寄生藤(*Dendrotrophe frutescens*)、流苏子(*Coptosapelta diffusa*)等。

2.3 优势种群的重要值分析

根据样方调查数据,统计分析了该样地中优势种群的胸高总面积、相对多度、相对频度、相对显著度和重要值(表 2),结果表明,该群落中的鸭脚木重要值最高,达到了 53%。其次依次为银柴、山乌柏、红鳞蒲桃等,它们是乔木层的优势种。灌木层苏铁蕨、九节、鼠刺、鼠刺、豺皮樟的重要值都超过 18%,它们是灌木层的建群树种。该样方中除苏铁蕨等 14 个以外大部分树种的重要值都不超过 5%,但它们丰富了该群落的生物多样性。此外,除苏铁蕨为国家二级保护外,乔木层还有土沉香也是国家重点保护植物,其数量较少,为群落的特征种。

2.4 频度分析

频度在一定程度上反映了种群的个体在群落中分布的均匀程度,频度越大,分布越均匀,可揭示群落的稳定性以及受干扰程度等<sup>[22-24]</sup>。本文依据 Raunkiaer<sup>[25]</sup>的频度指数等级划分法,将该苏铁蕨群落树种的频度划分为 A 级(1%~20%)、B 级(21%~40%)、C 级(41%~60%)、D 级(61%~80%)和 E 级(81%~100%)五个等级,统计结果如图 2 所示。其中,属于 A 级的树种最多,共有 39 种,占总种数的 49.23%,说明该群落中大部分树种频度较低,分布较零散,不均匀;属于 B 级的有 11 种,占总种数的 15.38%;属于 C 级的有 13 种,占总种数的 18.48%;属于 D 级的最少,共有 3 种,仅占总种数的 4.61%;属于 E 级的有 9 种,占总种数的 12.31%。由图 2 可以明显看出,频度分布指数 A>

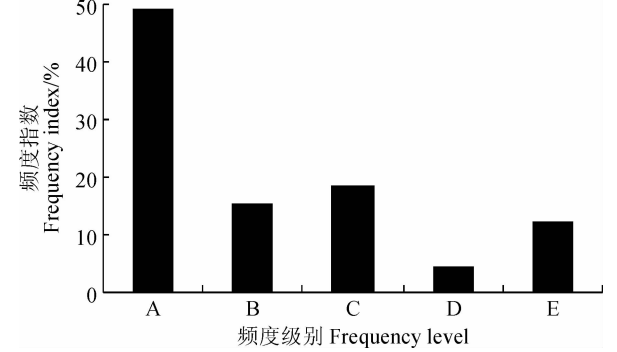


图 2 苏铁蕨群落频度分析

Fig. 2 Frequency diagram of *B. insignis* community

$B>C>D<E$ ,符合 Raunkiaer 的 L 形频度定律曲线,这说明径心水库库区苏铁蕨群落是一个比较稳定的群落,且群落内的物种分布比较均匀。

根据 Raunkiaer<sup>[25]</sup> 的频度规律,E 级树种代表群落中的建群种和优势种,E 级比例越高,群落就越稳定,分布也越均匀。相反,如果 B 级、C 级、D 级树种所占的比例越高,就会揭示该群落树种分布不均匀,未达到发展的稳定状态。在该苏铁蕨群落中,E 级树种的频度指数略低于 Raunkiaer<sup>[25]</sup> 的标准频度指数(16%),B 级和 C 级的频度指数都高于标准的频度指数(B 级:14%;C 级:9%),D 级的频度指数低于标准值,总体来看 B 级、C 级和 D 级的频度指数要高于标准值,说明群落未达到亚顶极状态,但总体上是相对稳定的。

2.5 年龄结构

种群的年龄结构不仅可以反映种群演替和发展趋势,还能反映它们在群落中的作用和地位<sup>[24]</sup>。在该苏铁蕨群落中,以立木级代表种群的年龄,种群的年龄结构采用Ⅳ级立木划分标准<sup>[24]</sup>,具体分级标准为:I 级, $DBH < 2.5\text{ cm}$ ;Ⅱ级, $2.5\text{ cm} \leq DBH < 7.5\text{ cm}$ ;Ⅲ级, $7.5\text{ cm} \leq DBH < 22.5\text{ cm}$ ;Ⅳ级, $DBH \geq 22.5\text{ cm}$ 。根据群落中的种群的重要值选取优势树种和特征种(如鸭脚木、银柴、苏铁蕨、豺皮樟、鼠刺等)进行了种群的年龄结构分析。

由表 3 可以看出,苏铁蕨种群相对稳定,Ⅲ级大树占有一半以上的比例,林下层小树的比例也较高,在没有人为破坏和病虫害发生的情况下,苏铁蕨小树可以不断地发展成为壮树,但不足以补充大树的老龄化,所以有可能逐渐衰退,是一个不太明显的衰退种群。银柴和鼠刺均以Ⅱ级壮树为主,并有一定

比例的Ⅰ级小树,Ⅲ级大树比例较低,没有老树,说明他们都处于快速发展阶段,长期发展有可能进一步增加种群优势度,为增长种群。鸭脚木Ⅲ级大树的比例最高,Ⅱ级壮树次之,相较于前面几个种群表现出相对稳定,为稳定种群。豺皮樟为灌木状,常丛状分枝多,为增长种群,常在林缘,对群落不会造成大的影响,但如果上层树种出现衰退的话,豺皮樟可能会进一步发展。九节以Ⅱ级壮树和Ⅲ级大树占绝对优势,属于稳定种群。红鳞蒲桃Ⅰ级小树和Ⅳ级老树占有较大的比例,而Ⅱ级壮树没有分布,从年龄结构来看,红鳞蒲桃有一个短期的衰退过程,但小树逐渐发展,呈现出增长的趋势。罗浮柿种群的Ⅲ级大树和Ⅳ级老树占有很高的比例,呈现出衰退的趋势,为衰退种群。群落中重要值在 20% 以上的植物种群中除了苏铁蕨外,均没有表现出明显的衰退趋势,属于发展演替中期的群落。由于该样地位于径心水库库区附近,多少受人为干扰的影响,从特征种苏铁蕨的角度看,随着豺皮樟、银柴和鼠刺等种群的进一步的发展、壮大,该区域的国家重点保护植物苏铁蕨仍然受到威胁,长期可能会被代替。

2.6 物种多样性分析与比较

群落的物种丰富度以及空间分布的差异,形成了群落不同的结构类型,其物种多样性在垂直结构上亦不相同,物种多样性指数和均匀度指数在一定意义上说明了群落结构的类型<sup>[13]</sup>。物种多样性指数与均匀度指数基本上呈线性关系,不同类型的群落,其多样性指数和均匀度指数明显不同<sup>[11]</sup>。本文计算了径心水库区苏铁蕨群落的物种丰富度 Margalef 指数、Shannon-Wiener 指数  $H'$  和 Pielou 均匀度指数,分别为 9.98、3.19 和 0.75;计算了该群落乔

表 3 深圳径心水库区苏铁蕨群落中各优势种群的年龄结构

Table 3 Population age structure of different dominant species of *B. insignis* community in Jingxin reservoir area of Shenzhen City

| 物种 Species                       | 各径级个体百分比 Percentage of individual in different DBH classes/% |       |       |       |
|----------------------------------|--|-------|-------|-------|
|                                  | I  | II    | III   | IV    |
| 苏铁蕨 <i>Brainea insignis</i>      | 25.00  | 6.25  | 67.50 | 1.25  |
| 鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i> | 10.13  | 32.28 | 56.96 | 0.63  |
| 银柴 <i>Aporosa dioica</i>         | 32.99  | 62.89 | 4.12  | 0     |
| 鼠刺 <i>Itea chinensis</i>         | 33.61  | 61.48 | 4.92  | 0     |
| 豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i>   | 43.33  | 53.33 | 3.33  | 0     |
| 九节 <i>Psychotria rubra</i>       | 0.65   | 64.71 | 33.33 | 1.31  |
| 红鳞蒲桃 <i>Syzygium hancei</i>      | 52.63  | 0     | 10.52 | 36.84 |
| 罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>  | 0  | 28.95 | 50.00 | 21.05 |

表 4 径心水库区苏铁蕨群落(乔木层)与其他群落物种多样性指数的比较

| Table 4 Comparison of diversity index of <i>B. insignis</i> community in Jingxin reservoir area with the other communities in the neighboring regions |                        |                       |           |                 |
|---|------------------------|-----------------------|-----------|-----------------|
| 群落类型 Community type   | 面积 Size/m <sup>2</sup> | <i>R</i> <sub>0</sub> | <i>H'</i> | 参考文献 Reference  |
| 鼎湖山厚壳桂群落 <i>Cryptocarya chinensis</i> community in Dinghushan   | 1 200                  | 49                    | 4. 02     | [20]            |
| 香港黄桐群落 <i>Endospermum chinense</i> community in Hongkong  | 1 300                  | 64                    | 4. 74     | [2]             |
| 深圳南山假苹婆群落 <i>Sterculia lanceolata</i> community in Nanshan, Shenzhen  | 1 100                  | 60                    | 2. 69     | [21]            |
| 深圳大鹏半岛香蒲桃群落 <i>Syzygium odoratum</i> community in Dapeng Peninsula, Shenzhen  | 1 200                  | 53                    | 3. 17     | [13]            |
| 深圳径心水库区苏铁蕨群落 <i>Brainea insignis</i> community in Jingxin reservoir area, Shenzhen  | 1 600                  | 34                    | 2. 53     | 本文 This article |

表 5 径心水库区与深圳其他地区苏铁蕨群落物种多样性指数的比较

| Table 5 Comparison of diversity index of <i>B. insignis</i> community in Jingxin reservoir area with the neighboring regions in Shenzhen City |                        |                       |           |                 |
|---|------------------------|-----------------------|-----------|-----------------|
| 样点 Sample plot  | 面积 Size/m <sup>2</sup> | <i>R</i> <sub>0</sub> | <i>H'</i> | 参考文献 Reference  |
| 马峦山郊野公园 Maluanshan Country Park   | 1200                   | 40                    | 4. 42     | [11]            |
| 排牙山自然保护区 Paiyashan Nature Reserve   | 1 200                  | 34                    | 8. 54     | [11]            |
| 田头山自然保护区 * Tiantoushan Nature Reserve *   | 1 200                  | 44                    | 6. 03     | [11]            |
| 惠城区古寨自然保护区 ** Guzhai Nature Reserve, Huicheng **  | 1 200                  | —                     | 3. 87     | [26]            |
| 田头山径心水库库区 *** Jingxin reservoir area, Tiantoushan ***   | 1 600                  | 34                    | 2. 53     | 本文 This article |

注: \* . 该苏铁蕨群落位于田头山保护区的东部,与径心水库区地点不同,均保存有苏铁蕨常绿阔叶林群落; \* \* . 惠城区古寨自然保护区苏铁蕨群落的 Shannon-Wiener 指数取 5 个 1 200 m<sup>2</sup> 样方的均值; \* \* \* . 本表中,有两处苏铁蕨群落,田头山自然保护区的苏铁蕨群落位于保护区东北部,径心水库区的苏铁蕨群落位于西南部。

Note: \* . The location of *B. insignis* community in the east of Tiantoushan nature reserve is different from Jingxin reservoir area, which both all conserved the evergreen broad leaved forest communities; \* \* . The Shannon-Wiener index of Guzhai nature reserve, Huicheng district is average value of 5 1 200 m<sup>2</sup> Sample areas; \* \* \* . There are two *B. insignis* communities in this table. The *B. insignis* community in Tiantoushan nature reserve is located in its northeast area, while the *B. insignis* community in Jingxin reservoir area is located in its southwest.

木层的 Shannon-Wiener 指数 *H'*,并且和其他 4 个地区的不同群落做了比较。结果表明(表 4):该苏铁蕨群落乔木层的多样性均不及其他 4 个地区,但相对接近与之较近的深圳南山假苹婆群落,因此,推测可能是由于这 2 个群落均位于海滨,受海风的影响比较频繁,外貌变矮,群落乔木层种群优势度稍大,而多样性下降。另外,在径心水库库区人类活动较频繁,植被多样性受人为干扰较大,因此,建议对径心水库库区的植被进行适当的保护和保育。

根据不同地区的苏铁蕨群落乔木层的物种多样性的比较(表 5)看,径心水库库区苏铁蕨群落乔木层的物种丰富度及 Shannon-Wiener 指数均为最低。其中,除径心水库库区外,其他地区的苏铁蕨群落都位于郊野公园或者自然保护区内,物种多样性受到了较好的保护,其群落的结构和种类组成与顶极群落虽然还有一定的差距,但物种多样性水平仍然比较高,同时也说明径心水库库区苏铁蕨群落应

该得到更高的关注度及必要的生态保护。

3 结论与讨论

针对珍稀濒危植物开展研究,是体现该地区植物区系的特殊性的途径之一<sup>[27]</sup>。苏铁蕨是国家二级重点保护野生植物,具有重要的科研价值、观赏价值和药用价值。对该苏铁蕨群落调查统计发现该样地共有维管植物 45 科 66 属 72 种,属的地理成分以热带成分占绝对优势,说明该群落属于南亚热带常绿阔叶林。

由深圳径心水库区苏铁蕨群落的组成、结构及特征的研究结果可以看出,该群落大体上处于演替中期,向前演替会达到旺盛发展阶段。苏铁蕨群落中的数量特征显示出中低层立木在群落中占绝对优势,随着立木高度的增高树种数量随之递减,这种特征常见于热带、亚热带雨林<sup>[28]</sup>。该苏铁蕨群落中,中下层的灌木和乔木小树数量丰富,说明下层立木

会不断发展壮大,群落将继续进行演替更新。

苏铁蕨群落的物种多样性相对其他几个邻近地区都较低,其中,生物多样性较高的香港黄桐群落和鼎湖山自然保护区的厚壳桂群落都有严格的管理和保护制度。因此,强烈建议及时采取合理有效的措施保护该地区苏铁蕨群落的健康和生态安全。

从径心水库区苏铁蕨种群的年龄结构分析可以看出,苏铁蕨种群是一个衰退过程不明显的衰退种群,加之在整个样地调查过程中发现很多苏铁蕨幼株呈现枯死状态,虽然目前苏铁蕨还占据着该群落灌木层的建群种地位,但其种群更新不良,在演替过程中受到其他树种及环境因素的影响比较大。从表2和表3可以看出该群落中灌木层树种、数量和密度上都占有明显的优势地位,而群落中重要值在20%以上的种群除了苏铁蕨外,均没有表现出明显的衰退趋势,反而呈明显的发展或为增长种群的状态,随着群落的不断演替,它们对苏铁蕨种群的冲击也在不断地加重。

苏铁蕨在生态习性上不同于其它大多数喜阴凉、湿润环境的物种,它一般生长在干旱的荒坡上,喜阳光<sup>[9]</sup>,郁闭度较大的群落环境不利于苏铁蕨的生长。因此,建议在可控的范围内适当清理部分其他优势度比较大的种群的体态,进行疏枝,使阳光能够透过冠层,比如山乌柏、红鳞蒲桃可适当清理侧

枝,而灌木如豺皮樟、九节等亦可进行疏枝处理,每一丛适当剪除外围分枝,一方面为苏铁蕨提供更加充足的阳光以及相对开放的空间,另一方面可以减缓乔木层、灌木层优势树种的相对拥挤状态,减轻它们对苏铁蕨种群的影响。

除此之外,应该加大苏铁蕨群落的调查力度及人工繁殖的研究。针对该群落设置永久样地跟踪观察,通过长期监测掌握该种群的生长动态,包括种群密度、群落结构、干扰强度、生活史周期等特点,并能及时发现苏铁蕨可能或潜在的病虫害现象,及时预防。

在苏铁蕨群落生长区域,特别应控制人为干扰,特别是低海拔地区由于人工荔枝果林经营的影响,研究表明人为干扰对群落多样性起着负作用,即干扰程度愈大,群落物种多样性愈低<sup>[29]</sup>。但针对外来入侵种、本地藤本植物的干扰应特别注意,这种情况下应加以人工干预。事实上,在本区域,恶性杂草薇甘菊(*Mikania micrantha*)已出现于群落外围的个别地段,而本地藤本植物小叶海金沙(*Lygodium microphyllum*)、飞龙掌血(*Toddalia asiatica*)、刺果藤(*Byttneria grandifolia*)亦有扩大的趋势,应在自然保护区缓冲区、实验区范围内进行干预,减少危害。特别应加强监测和管理。

**致谢:**深圳市野生动植物保护管理处管启杰、胡平,中山大学植物学专业本科生黄翠莹、张信坚,研究生赵万义、阴倩怡、谭维政、关开朗等参加了野外工作,特此鸣谢!

参考文献:

[1] 马学海. 中国植物志,第四卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 196-197.

[2] 廖文波, 张宏达. 广东蕨类植物区系的特点[J]. 热带亚热带植物学报, 1994, 2(3): 1-11.

LIAO W B, ZHANG H D. The characteristics of Pteridophyte flora from Guangdong Province [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1994, 2(3): 1-11.

[3] 王勇进, 张寿洲, 李 勇, 等. 深圳市国家重点保护野生植物的区系特点与分布状况[J]. 华南农业大学学报, 2003, 24(1): 63-66.

WANG Y J, ZHANG S Z, LI Y, et, al. The floristic characteristics and distribution of National Key Protected Wild Plants in Shenzhen [J]. *Journal of South China Agricultural University* (Natural Science Edition), 2003, 24(1): 63-66.

[4] 欧阳婵娟, 王 忠, 罗燕燕, 等. 华南野生观赏蕨类植物[J]. 广东园林, 2008, (5): 48-51.

OUYANG C J, WANG Z, LUO Y Y, et, al. Some wild ornamental ferns in South China[J]. *Guangdong Landscape Architecture*, 2008, (5): 48-51.

[5] 樊亚鸣, 陶文琴, 高绍中, 等. 苏铁蕨多糖的提取及其组分分析[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2008, 7(6): 46-49.

FAN Y M, TAO W Q, GAO S Z, et, al. Purification and analysis of the *Brainea insignis* (Hook.) J. Sm. polysaccharides [J]. *Journal of Guangzhou University* (Natural Science Edition), 2008, 7(6): 46-49.

[6] 彭少麟, 陈万成. 广东珍稀濒危植物[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 17.

[7] 黄宝琼. 苏铁蕨引种盆栽试验[J]. 广东园林, 1992, (2): 37.

HUANG B Q. Introduction and potting experiment of *Brainea insignis* [J]. *Guangdong Landscape Architecture*, 1992, (2): 37.

[8] 曾宋君. 苏铁蕨的观赏及繁殖栽培[J]. 中国花卉盆景, 1998, (8): 19.



ZENG S J. Ornament and breeding cultivation of *Brainea insignis*[J]. *China Flower & Penjing*, 1998, (8): 19.

[9] 郭建瑞, 吴 鸿, 陈 霞, 等. 苏铁蕨配子体发育的研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2008, **16**(2): 160-164.

GUO J R, WU H, CHEN X, *et al.* Studies on the development of gametophyte in *Brainea insignis* [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2008, **16**(2): 160-164.

[10] 方云山, 杨亚滨, 杨明惠, 等. 苏铁蕨的化学成分[J]. 云南植物研究, 2008, **30**(6): 725-728.

FANG Y S, YANG Y B, YANG M H, *et al.* Chemical constituents from the fern *Brainea insignis* (Blechnaceae) [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2008, **30**(6): 725-728.

[11] 徐晓晖, 王小清, 孙延军, 等. 深圳马峦山及其邻近山地苏铁蕨群落特征分析[J]. 植物资源与环境学报, 2010, **19**(4): 63-69.

XU X H, WANG X Q, SUN Y J, *et al.* Analysis on community characteristics of *Brainea insignis* in Maluanshan and its adjacent [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2010, **19**(4): 63-69.

[12] 沈 利. 深圳市大鹏半岛支线供水工程方案研究[J]. 水资源与水工程学报, 2009, **20**(5): 158-162.

SHEN L. Research on the Branch Line of Water Supply Scheme in Dapeng Peninsula of Shenzhen City[J]. *Journal of Water Resources & Water Engineering*, 2009, **20**(5): 158-162.

[13] 张永夏, 陈红锋, 秦新生, 等. 深圳大鹏半岛“风水林”香蒲桃群落特征及物种多样性研究[J]. 广西植物, 2006, **27**(4): 596-603.

ZHANG Y X, CHEN H F, QIN X S, *et al.* Characteristics and species diversity of *Syzygium odoratum* community in Dapeng Pninsula, Shenzhen [J]. *Guihaia*, 2006, **27**(4): 596-603.

[14] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物群落学实验手册[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1996: 85-131.

[15] SIMPSON E H. Measurement of diversity [J]. *Nature*, 1949, 163: 688.

[16] 马克平. 生物群落多样性的测度方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141-165.

[17] YOU M S. Development of studies on the community diversity [J]. *Journal of Fujian Agricultural University*, 1997, **27**(4): 432-439.

[18] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991,(增刊 IV): 1-139.

WU Z Y. The areal-types of China genera of seed plants[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991,(Supplement IV): 1-139.

[19] 吴征镒. “中国种子植物属的分布区类型”的增订和勘误[J]. 云南植物研究, 1993,(增刊 IV): 141-178.

WU Z Y. The areal-types of China genera of seed plants[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1993,(Supplement IV): 141-178.

[20] 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落分析 I. 物种多样性[J]. 生态科学, 1983, (1): 11-17.

PENG S L, WANG B X. Analysis on the forest communities of Dinghushan I. Species diversity [J]. *Ecological Science*, 1983, (1): 11-17.

[21] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏, 等. 深圳南山区天然森林群落多样性及演替现状[J]. 生态学报, 2003, **23**(7): 1 415-1 422.

WANG D B, JI S Y, CHEN P F, *et al.* A study on the species diversity and succession situation of natural forest communities in Nanshan District, Shenzhen City [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(7): 1 415-1 422.

[22] 郭 微, 沈如江, 吴金火, 等. 江西三清山华东黄杉群落的组成及结构分析[J]. 植物资源与环境学报, 2007, **16**(3): 46-52.

GUO W, SHEN R J, WU J H, *et al.* Analysis on community composition and structure of *Pseudotsuga gaussenii* in Sanqing Mountain of Jiangxi Province [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2007, **16**(3): 46-52.

[23] 李 博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 127.

[24] 赵珊珊, 曾庆文, 邢福武. 澳门青洲山血桐群落特征及物种多样性研究[J]. 安徽农业科学, 2010, **38**(6): 3 243-3 248.

ZHAO S S, ZENG Q W, XING F W. Characteristics and species diversity of *Macaranga tanarius* community on Ilha Verde Hill of Macau [J]. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 2010, **38**(6): 3 243-3 248.

[25] RAUNKIAER C. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography [M]. Oxford: Clarendon Press, 1934: 632.

[26] 蔡增旺, 吴林芳, 程 方, 等. 惠城区古寨自然保护区苏铁蕨群落特征研究[J]. 广东林业科技, 2014, **30**(5): 7-12.

CAI Z W, WU L F, CHENG F, *et al.* Study of *Brainea insignis* communities characteristics at Guzhai Natural Reserve, Huicheng District [J]. *Forestry Science and Technology of Guangdong Province*, 2014, **30**(5): 7-12.

[27] 初立业, 宁世江, 唐润琴. 广西九万山珍稀濒危植物及其保育对策[J]. 广西植物, 2002, **22**(3): 225-227.

CHU L Y, NING S J, TANG R Q. The rare and endangered plants and their conservation policies in Jiuwan Mountain of Guangxi [J]. *Guihaia*, 2002, **22**(3): 225-227.

[28] 胡玉佳, 李玉杏. 海南岛热带雨林[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1992: 127-128.

[29] 周厚诚, 任 海, 彭少麟. 广东南澳岛次生林的群落结构分析[J]. 广西植物, 2001, **21**(3): 209-214.

ZHOU H C, REN H, PENG S L. Community structure of three secondary forests in Nan'ao Island, Guangdong [J]. *Guihaia*, 2001, **21**(3): 209-214.

(编辑:潘新社)