

东莞凤岗镇臀果木-黄桐风水林群落特征分析

吕浩荣^{1,2a*}, 刘颂颂^{1,2b}, 叶永昌¹, 朱剑云^{1,2a}, 莫罗坚¹, 陈红跃^{2a}

(1. 东莞市林业科学研究所, 广东 东莞 523106; 2. 华南农业大学, a. 林学院; b. 资源环境学院, 广州 510642)

摘要:基于样方调查,对东莞凤岗镇臀果木(*Pygeum topengii*)-黄桐(*Endospermum chinense*)风水林群落特征进行分析。结果表明,该群落属于南亚热带低地常绿阔叶林的代表性恢复类群。在2 000 m²的样地中,共有维管束植物64种,隶属于39科56属,区系成分以热带亚热带成分为主,占总属数的94%。群落的主要优势树种为臀果木、黄桐、银柴、浙江润楠和小盘木。群落外貌常绿,季相比较为明显,生活型以高位芽植物占优势,达67.19%。群落的垂直层次结构分化明显,可划分为乔木层、灌木层、草本层以及由藤本植物和附生植物构成的层片结构。Shannon多样性指数在各层次表现出乔木层>灌木层>藤本植物>草本层的格局,整个群落的Margalef丰富度指数为6.8354,Shannon多样性指数为3.8874,Pielou均匀度指数为0.6479。通过对10个优势树种种群的年龄结构、空间分布格局以及种间协变分析,表明臀果木-黄桐群落处于进展演替阶段,优势种群分布呈现由集群向随机的扩散趋势,并朝着优势种群种间相关关系减弱的方向进行。

关键词:臀果木; 黄桐; 群落特征; 风水林; 东莞

中图分类号:Q948.15

文献标识码:A

文章编号:1005-3395(2009)02-0137-09

The Characteristics of Fungshui Woods *Pygeum topengii*-*Endospermum chinense* Community in Fenggang Town, Dongguan City

LÜ Hao-rong^{1,2a*}, LIU Song-song^{1,2b}, YE Yong-chang¹,

ZHU Jian-yun^{1,2a}, MO Luo-jian¹, CHEN Hong-yue^{2a}

(1. Dongguan Institute of Forestry Science, Dongguan 523106, China; 2a. College of Forestry; 2b. College of Nature Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The characteristics of fungshui woods *Pygeum topengii*-*Endospermum chinense* community in Fenggang Town, Dongguan City, Guangdong Province were studied. The results showed that the *P. topengii*-*E. chinense* community belonged to a representative restoration type of the lowland evergreen broad-leaved forest in southern subtropical China. It was found that there were 64 species of vascular plants belonging to 56 genera and 39 families in 20 plots of 2 000 m², and the floristic components are dominated by Tropical and Subtropical types (94% of the total genera). *P. topengii*, *E. chinense*, *Aporosa dioica*, *Machilus chekiangensis* and *Microdesmis caseariifolia* are the dominant tree species. The physiognomy of the community was evergreen, and the life form was dominated by phanerophytes (67.19%). Vertical stratification of community is conspicuous, and can be divided into tree layer, shrub layer, herb layer and liana and epiphyte layer. The species diversity of the community is relatively high with the Margalef richness index of 6.8354, the Shannon diversity index of 3.8874, and the Pielou evenness index of 0.6479. The diversity pattern of Shannon diversity index in order of tree layer > shrub layer > liana > epiphyte layer > herb layer. The age structure, spatial distribution pattern and interspecific covariation of 10 dominant tree populations in *P. topengii*-*E. chinense* community were analyzed, it indicated that there was a change trend in the distribution pattern of dominant tree populations from aggregation to random during the stage

收稿日期:2008-04-28

接受日期:2008-10-27

基金项目:东莞市科技计划项目(2007101201053); 广东省林业局科技计划项目(2004-35)资助

* 通讯作者 Corresponding author

of progressive succession. Moreover, the interspecific correlation relationship tended towards weakening among the dominant tree populations.

Key words: *Pygeum topengii*; *Endospermum chinense*; Community characteristics; Fungshui woods; Dongguan

风水林, 又称为村边次生常绿阔叶林, 常由原生植被受有限度破坏或由次生裸地自然恢复而成^[1], 在中国有上千年的传承, 是特有的风水意识产物。1861 年 Bentham 在《香港植物志》以及 1912 年 Dunn & Tutcher 在《广东及香港植物志》中先后介绍了一些在风水林发现的植物^[2]。广东植被调查组于 1964 年调查了广州罗岗水西村风水林的物种组成和群落结构^[3]; Throter 在 1975 年阐述了 5 个香港风水林群落结构^[4]; 张宏达在 1989 年将香港风水林归纳为 5 个植物群系组^[2]。随后, 对风水林的研究日益受到学者们的关注, 主要集中在风水林的物种组成、外貌结构、物种多样性以及种群分布格局等群落特征研究方面^[1,5-7]。

风水林是原生低海拔阔叶树种的残余部分^[8]。它有助保留乡郊地貌及生境, 保存繁多的植物物种, 特别是因生境受破坏而日渐罕见的低地树种^[9]。其中, 较具代表性的植物种如臀果木 (*Pygeum topengii*)、黄桐 (*Endospermum chinense*) 和小盘木 (*Microdesmis caseariifolia*) 等, 在其他类型的次生林中比较少见, 相关报道较少^[10]。本文对南亚热带颇有代表性的臀果木-黄桐风水林群落的特征进行了分析, 旨在深入认识这片南亚热带常绿阔叶林的特征, 为其保护措施提供科学依据。

1 研究地概况

凤岗镇位于珠江三角洲的东部, 东莞市的东南部地区, 是东莞市与深圳市距离最近的镇。研究样地位于该镇碧湖村后山的风水林内 (114°09'07"E, 22°44'09"N), 面积约 2.5 hm²。据记载, 大跃进时期曾将该片林中所有的大径级树木砍伐大炼钢铁, 其后一直得到保护。该地区气候类型为南亚热带季风海洋性气候, 全年温暖多雨, 年均温约 22.1℃, 最冷月 (1 月) 均温 13.4℃, 极端最低温低于 0℃, 最热月 (7 月) 均温 28.2℃, 极端最高温 37.9℃; 年均降水量 1 800 mm, 但分配不均, 每年 4~9 月为雨季, 降雨量占全年的 80% 以上, 并以台风雨居多。该林地属低丘类型, 海拔高约 118~156 m, 坡向西北, 坡度在 23°~31°左右。土壤为发育于花岗岩母质的赤红壤, 土层较为深厚, 水湿条件较好。局部

地方有枯倒木出现, 形成林窗。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

在对整个群落进行全面踏查的基础上, 采用相邻格子法沿等高线水平地选择典型地段设置 50 m × 40 m 的带状样地, 并划分为 20 个 10 m × 10 m 的样方。在每个样方内进行每木调查, 记录胸径 (DBH) ≥ 2.5 cm 的所有立木的种名、胸径、树高、冠幅和枝下高。另外, 在每个样方对角线的中心及四角分别设置 1 个 2 m × 2 m 的小样方, 共 5 个小样方, 调查记录所有维管束植物的株数、盖度和高度, 包括草本、草质藤本、大型木质藤本及 DBH < 2.5 cm 的幼树和幼苗。

2.2 数据统计分析

乔木层的重要值 采用公式: IV = 相对多度 + 相对频度 + 相对显著度。

生活型谱 根据 Raunkiaer 的生活型谱和叶型系统进行分析^[11]。

物种多样性 采用 4 种多样性指数: 物种丰富度指数、均匀度指数和多样性指数。其测度公式如下: (1) 物种丰富度指数: Margalef 指数 (d_{mg}): $d_{mg} = (S-1)/\ln N^{[12]}$; (2) 物种多样性指数: Simpson 指数 (D): $D = 1/\sum P_i^2$ ^[13]; Shannon-Wiener 指数 (H): $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ^[14]; (3) Pielou 均匀度指数: $J_{pw} = H'/\ln S$ ^[15]。式中, S 为样方的植物种数; P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比率; N 为样方所有物种的个体数之和。

种群年龄结构分析 用立木级结构代替年龄结构分析种群动态^[16]。大小结构按两种方式处理, 即胸径 (D) 在 2.5 cm 以下的个体分 2 级, 胸径大于 2.5 cm 的个体分 3 级, 具体划分标准如下^[17]:

D < 2.5 cm	I	H < 33 cm	I 级幼苗阶段
	II	H ≥ 33 cm	II 级幼苗阶段
D ≥ 2.5 cm	III	2.5 cm ≤ D < 7.5 cm	幼树阶段
	IV	7.5 cm ≤ D ≤ 22.5 cm	中树阶段
	V	22.5 cm ≤ D	大树阶段

种群空间分布格局 采用方差均值比法^[18]测定胸径大于 2.5 cm 的优势种群的空间分布格局。集群强度用平均拥挤指标 m^* ^[19]、丛生指标 I 、

聚块性指标 $m^*/m^{[20]}$ 和负二项式参数 K 来度量^[21]。其数学模型表述为:平均拥挤指标: $m^* = m + I$; 丛生指标: $I = S^2/m - 1$; 聚块性指标: $m^*/m = 1 + 1/K$; 负二项式分布: $K = m^2/(S^2 - m)$ 。式中: S^2 是取样单位的方差, m 为每个取样单位中个体的平均数目。

优势种群种间协变 根据样方中优势种群的分布数据在统计分析软件 STATISTICA 7.0^[22] 中进行 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数的测算^[23]。

3 结果与分析

3.1 群落种类组成

根据 2 000 m² 的样地统计资料,该群落共有维管束植物 64 种,隶属于 39 科 56 属。其中蕨类植物 6 科 6 属 8 种,裸子植物 1 科 1 属 1 种,双子叶植物 28 科 43 属 49 种,单子叶植物 4 科 6 属 6 种。群落中含 3 种以上的科仅有 5 科,占总科数的 12.82%,分别为大戟科(Euphorbiaceae, 7 种)、茜草科(Rubiaceae, 6 种)、紫金牛科(Myrsinaceae, 4 种)、桑科(Moraceae, 3 种)和樟科(Lauraceae, 3 种),这些

科的种数占总种数的 35.94%,优势科现象明显。

在群落树种的种类组成中,臀果木、黄桐、银柴(*Aporosa dioica*)和浙江润楠(*Machilus chekiangensis*)的重要值均大于 30 (表 1),在群落中具有明显的优势。其中,银柴的数量最多,臀果木次之;而黄桐的相对显著度则最大,高达 44.88%。植物群落由在冠层中占据优势地位的不同树种构成的,本群落是由臀果木、黄桐、银柴以及浙江润楠 4 种占有绝对优势的树种组成,以下简称为臀果木-黄桐群落。

3.2 群落区系组成

按照吴征镒^[24]提出的中国种子植物属的分布区类型进行划分,可将本群落 50 属植物划分为 8 个类型和 2 个分布变型(表 2)。泛热带分布属所占比例最大,共 14 属,占总属数的 28%,有苹婆属(*Sterculia*)、杜英属(*Elaeocarpus*)、九节属(*Psychotria*)以及嘉赐树属(*Casearia*)。此外,还有一些热带性的攀缘植物如买麻藤属(*Gnetum*)、锡叶藤属(*Tetracera*)、菝葜属(*Smilax*)以及广布的杂草球米草属(*Opismenus*)。热带亚洲和热带美洲间断分布有 3 属,分别为木姜子属(*Litsea*)、泡花树属(*Meliosma*)和

表 1 臀果木-黄桐群落树种重要值

Table 1 Importance value of the tree species in *P. topengii*-*E. chinense* community

植物 Species	编码 Code	相对多度 Relative abundance (%)	相对频度 Relative frequency (%)	相对显著度 Relative dominance (%)	重要值 Importance value
臀果木 <i>Pygeum topengii</i>	Pyto	22.70	13.99	21.22	57.91
黄桐 <i>Endospermum chinense</i>	Ench	3.32	4.90	44.88	53.09
银柴 <i>Aporosa dioica</i>	Apdi	30.87	13.99	3.94	48.79
浙江润楠 <i>Machilus chekiangensis</i>	Mach	8.67	11.89	13.45	34.02
小盘木 <i>Microdesmis caseariifolia</i>	Mica	7.65	6.99	1.05	15.69
假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i>	Stla	4.59	8.39	0.82	13.81
猴耳环 <i>Pithecellobium clypearia</i>	Picl	2.81	5.59	5.28	13.68
九节 <i>Psychotria rubra</i>	Psru	4.08	7.69	0.31	12.08
山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	Elsy	4.08	6.29	1.30	11.68
土沉香 <i>Aquilaria sinensis</i>	Aqsi	3.57	6.29	0.58	10.44
嘉赐树 <i>Casearia balansae</i>	Caba	2.04	4.20	0.56	6.80
小果山龙眼 <i>Helicia cochinchinensis</i>	Hecc	1.28	1.40	1.56	4.24
楝叶吴茱萸 <i>Evodia glabrifolia</i>	Evgl	0.26	0.70	3.11	4.06
布渣叶 <i>Microcos paniculata</i>	Mipa	1.02	1.40	0.37	2.79
白颜树 <i>Gironniera subaequalis</i>	Gisu	0.77	1.40	0.28	2.44
五月茶 <i>Antidesma bunius</i>	Anbu	0.77	1.40	0.08	2.24
青果榕 <i>Ficus variegata</i> var. <i>chlorocarpa</i>	Fiva	0.26	0.70	0.92	1.87
艾胶算盘子 <i>Glochidion lanceolarium</i>	Gla	0.51	0.70	0.16	1.37
八角枫 <i>Alangium chinense</i>	Alch	0.26	0.70	0.09	1.04
豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	Liro	0.26	0.70	0.02	0.98

表 2 臀果木-黄桐群落种子植物属的分布区类型

Table 2 The statistic of the areal-types of seed plants of *P. topengii*-*E. chinense* community

分布区类型 Areal-types	属数 Number of genera	%
1. 世界分布 Cosmopolitan	0	/
2. 泛热带分布 Pantropic	14	28.00
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Tropical Asia and Tropical America disjunct	3	6.00
4. 旧世界热带分布 Old World Tropic	10	20.00
4-1. 热带亚洲、非洲和大洋洲间断分布 Trop. Asia., Africa & Australasia disjunct	1	2.00
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia and Tropical Australasia	3	6.00
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Tropical Asia to Tropical Africa	3	6.00
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	12	24.00
7-4. 越南(或中南半岛)至华南(或西南)分布 Vietnam (or Indo-Chinese Peninsula) to S. China (or SW. China)	1	2.00
8. 北温带分布 North Temperate	1	2.00
14. 东亚分布 East Asia	2	4.00
合计 Total	50	100

猴欢喜属(*Sloanea*), 数量较少。旧世界热带分布及其变型共 11 属, 占总属数的 22%, 均以单种出现而在群落中起伴生作用, 如八角枫属(*Alangium*)、五月茶属(*Antidesma*)、橄榄属(*Canarium*)、鱼骨木属(*Canthium*)等等。热带亚洲至热带大洋洲分布有 3 属, 其中山龙眼属(*Helicia*)和假鹰爪属(*Desmos*)是群落的重要组成成分。热带亚洲至热带非洲分布 3 属, 以小盘木属(*Microdesmis*)在群落所起的作用较大。热带亚洲(印度-马来西亚)分布及其变型共 13 属, 所占比例仅次于泛热带分布型, 对本群落区系影响却最大, 譬如臀果木属(*Pygeum*)、黄桐属(*Endospermum*)、银柴属(*Aporosa*)、润楠属(*Machilus*)、猴耳环属(*Pithecellobium*)以及沉香属(*Aquilaria*)等。此外, 北温带分布与东亚分布各有 1 属和 2 属, 在群落中所占的地位和所起的作用较小。

由此可见, 本群落区系中的热带亚热带成分占总属数的 94%, 比同处于南亚热带的深圳大鹏半岛香蒲桃群落^[7]和香港岛黄桐群落^[25]以及海南岛尖峰岭热带山地雨林^[26]具有更强的热带性质。这与该群落曾经历过人为砍伐干扰, 有些种类在群落中消失, 有的种类从外界侵入有关。

3.3 群落外貌

本群落以常绿树种为主, 落叶和半常绿树种数量不多, 如黄桐、楝叶吴茱萸(*Evodia glabrifolia*)、青果榕(*Ficus variegata* var. *chlorocarpa*)以及八角枫(*Alangium chinense*)等。林相终年常绿, 春季嫩绿, 夏季浓绿, 而在秋冬季镶嵌有黄、红色斑块。林冠浓密重叠, 呈微波状起伏, 臀果木、黄桐和浙江润楠

占据着本群落的上层位置, 在群落中起着重要作用。局部地方有大枯倒木出现, 形成林窗, 郁闭度约 0.9。林内可偶见乔木的板根现象, 但并不发达。此外, 茎花植物和木质藤本在物种数和个体数量上都很少, 附生植物贫乏, 明显区别于热带雨林的外貌特征, 具有明显从热带向亚热带过渡特点。

根据 Raunkiaer 的生活型分类系统, 本群落以高位芽植物占优势, 达 67.19%, 其中以中高位芽植物为主, 约占 28.13%, 小高位芽植物和矮高位芽植物各占 18.75% 和 20.31% (图 1A)。其他生活型分别为藤本及附生植物、地面芽植物、地下芽植物以及一年生植物, 缺乏大高位芽植物。在群落的叶型谱方面 (图 1B), 以中型叶占绝对优势, 比例为 62.5%, 其次为小型叶、大型叶以及细型叶, 缺乏巨型

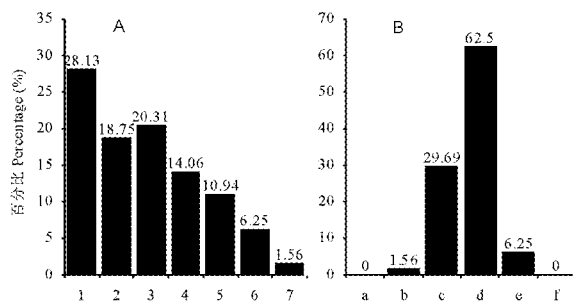


图 1 臀果木-黄桐群落的生活型谱和叶型谱

Fig. 1 The life-form spectrum (A) and leaf-form spectrum (B) of

P. topengii-*E. chinense* community

A: 1. 中高位芽植物 Mesophanerophytes; 2. 小高位芽植物 Microphanerophytes; 3. 矮高位芽植物 Nanophanerophytes; 4. 藤本及附生植物 Linophanerophytes and Epiphanerophytes; 5. 地面芽植物 Hemicyrptophytes; 6. 地下芽植物 Geophytes; 7. 一年生植物 Therophytes. B: a. 微型叶 Leptophyll; b. 细型叶 Nanophyll; c. 小型叶 Microphyll; d. 中型叶 Mesophyll; e. 大型叶 Macrophyll; f. 巨型叶 Megaphyll

叶和微型叶。显然,本群落的生活型和叶型谱明显异于海南岛的热带山地雨林^[27],与南亚热带低地常绿阔叶林较为相似^[25]。

3.4 群落的垂直结构

本群落的垂直结构分化明显,可划分为乔木层、灌木层、草本层以及由藤本植物和附生植物构成的层片结构。乔木层分为3层,第1乔木亚层高约15~20 m,种类较少,主要由臀果木和黄桐两优势树种的高大植株组成。同时,还有零星的楝叶吴茱萸、青果榕、山杜英(*Elaeocarpus sylvestris*)以及猴耳环(*Pithecellobium chypearia*)个体。最高的为黄桐高达21.5 m,胸径达78 cm,平均冠幅为16 m×14 m。第2乔木亚层高度在9~13 m之间,以浙江润楠、小果山龙眼(*Helicia cochinchinensis*)、嘉赐树(*Casearia balansae*)和猴耳环为主,上层的臀果木和黄桐在本亚层也有较多分布。第3乔木亚层高3~8 m,共有植物19种332株,以银柴、臀果木、浙江润楠、小盘木(*Microdesmis caseariifolia*)、假苹婆(*Sterculia lanceolata*)以及土沉香(*Aquilaria sinensis*)为主。该层与第1、2亚层相比,在种类和数量均占优势。

灌木层高度为1~3 m,植物种类丰富,以九节(*Psychotria rubra*)、罗伞树(*Ardisia quinqueгона*)等耐阴植物和银柴幼树占绝对优势,鲫鱼胆(*Maesa perlaris*)、粗叶榕(*Ficus hirta*)以及梔子(*Gardenia jasminoides*)等种类也常见。此外,上层乔木的幼树也是该层的重要成员。

草本层大多数以蕨类植物和乔灌木幼苗组成。常见的蕨类植物有半边旗(*Pteris semipinnata*)、扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum*)、新月蕨(*Pronephrium gymnopteridifrons*)等,并以局部连续成片分布形式在样地出现。草本被子植物如土麦冬(*Liriope spicata*)分布稀疏且极不均匀。草珊瑚(*Sarcandra glabra*)和朱砂根(*Ardisia crenata* var. *crenata*)的幼苗

也是该层的常见组成种类。

层间植物主要以藤本植物为主,但种类不多,数量较少,常见的种类有小叶买麻藤(*Gnetum parvifolium*)、锡叶藤(*Tetracera asiatica*)、假鹰爪(*Desmos chinensis*)、玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)和海金沙(*Lygodium japonicum*)等,附生植物较少,偶见山菱(*Piper hancei*)和蔓九节(*Psychotria serpens*)。

3.5 物种多样性

物种多样性是群落结构特征的一个重要方面,通过测定物种多样性指数及与之相联系的物种均匀度和生态优势度,可以综合地反映群落的组织水平^[28]。对本群落物种多样性的分析表明(表3),Shannon多样性指数在各层次表现出乔木层>灌木层>藤本植物>草本层的格局,与Simpson多样性指数略有差异。结合Margalef丰富度指数和Pielou均匀度指数可以看出,灌木层丰富度最高,而其均匀度却较乔木层、藤本植物要低。这说明了灌木层中种类丰富,但少数种群的生态优势度很高,如九节、罗伞树以及臀果木、猴耳环和银柴幼树就占该层总株数的44.67%。草本层较低的物种多样性与灌木层发育较好,从而遮挡草本层生长所需的阳光有关。

群落的物种多样性不仅由群落本身类型结构决定,亦受其演替阶段、微生境及其人为活动的影响,并可以用作反映群落稳定性和动态的定量指标^[7]。研究表明,广东自然条件下形成的亚热带常绿阔叶林的物种多样性指数在4~5之间,群落均匀度为0.7~0.8^[29]。本群落的物种多样性少于海南岛尖峰岭热带山地雨林以及受到良好管护的香港岛黄桐群落和鼎湖山典型的南亚热带常绿阔叶林锥栗群落;但高于南亚热带次生常绿阔叶林的广州白云山木荷群落和深圳大鹏半岛香蒲桃风水林群落(表4)。

表3 臀果木-黄桐群落的物种多样性指数

Table 3 Species diversity indices of *P. topengii*-*E. chinense* community

层次 Layers	多样性指数	多样性指数	丰富度指数	均匀度指数
	Simpson index (<i>D</i>)	Shannon index (<i>H'</i>)	Margalef index (<i>d_{mg}</i>)	Pielou index (<i>J_{sw}</i>)
乔木层 Tree layer	0.8325	3.1776	3.3494	0.7235
灌木层 Shrub layer	0.8273	3.1649	3.8273	0.6170
草本层 Herb layer	0.4800	1.3895	1.1924	0.4183
藤本 Liana	0.8316	2.9962	2.0521	0.7870
整个群落 Total	0.8878	3.8874	6.8354	0.6479

表 4 不同群落类型的物种多样性和均匀度比较

Table 4 Comparison of species diversity index and evenness index between different community types

群落类型 Community types	多样性指数 Shannon index	均匀度指数 Pielou index
海南岛尖峰岭热带山地雨林 ^[26] Tropical mountain rain forest in Jianfengling, Hainan Island	5.7767	0.9033
香港岛黄桐群落 ^[25] <i>Endospermum chinense</i> community in Hong Kong Island	4.74	0.79
鼎湖山锥栗群落 ^[29] <i>Castanopsis chinensis</i> community in Mt.Dinghushan	4.57	0.7941
东莞臀果木-黄桐风水林群落 <i>Pygeum topengii-Endospermum chinense</i> community in Dongguan	3.8874	0.6479
白云山木荷群落 ^[30] <i>Schinus superba</i> community in Mt. Baiyunshan	3.6691	0.6992
深圳大鹏半岛香蒲桃风水林群落 ^[7] <i>Syzygium odoratum</i> community in Dapeng Peninsula, Shenzhen	3.174	0.713

3.6 优势种群的年龄结构

种群的年龄结构不仅反映了种群的不同年龄个体的组配情况,也反映了种群数量动态及其发展趋势,并在很大程度上反映了种群与环境间的相互关系以及它们在群落中的作用和地位^[31]。从图 2 可以看出,黄桐的种群结构表现为倒金字塔型,缺乏幼苗贮备,为衰退型种群,这与其生物学和生态学特性有关。黄桐作为阳性的次生演替的主要建群种之一常见于林窗、林缘,其种子通常散落在母

株附近。随着群落的演替发展,林下的黄桐幼苗越发难以更新。虽然不能简单地就此推论黄桐将在群落中消失,但已是衰退模式^[25]。臀果木、浙江润楠和猴耳环的种群结构均属于典型的金字塔型结构,在各级立木中均分布有适当的比例,为稳定的种群。其他的 6 个种群更新的幼苗贮备丰富,但缺少大径级的个体,表现为增长型种群。随着群落的进展演替,继续成为该群落的优势树种。

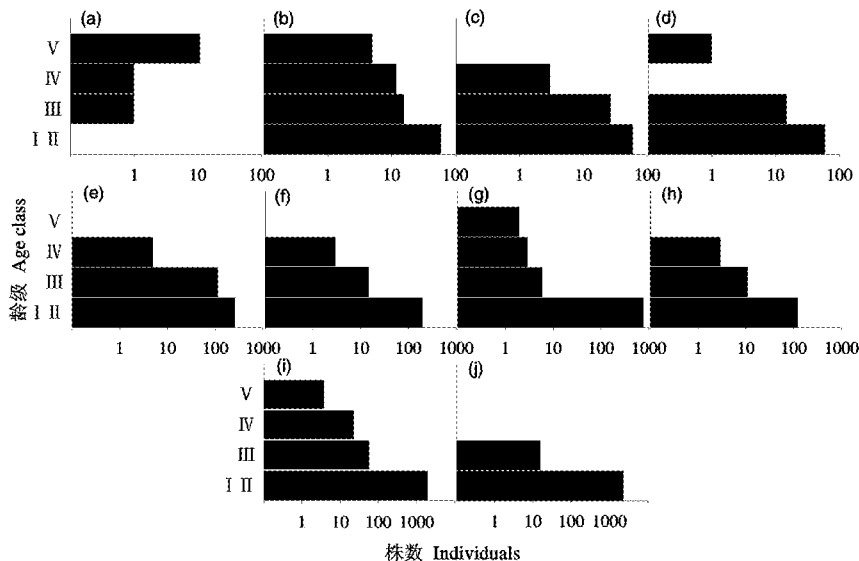


图 2 臀果木-黄桐群落优势种群的年龄结构

Fig. 2 Age-structure of dominant populations in *P. topengii-E. chinense* community

- a. 黄桐 *Endospermum chinense*; b. 浙江润楠 *Machilus chekiangensis*; c. 小盘木 *Microdesmis casearifolia*; d. 山杜英 *Elaeocarpus sylvestris*; e. 银柴 *Aporosa dioica*; f. 假苹婆 *Sterculia lanceolata*; g. 猴耳环 *Pithecellobium clypearia*; h. 土沉香 *Aquilaria sinensis*; i. 臀果木 *Pygeum topengii*; j. 九节 *Psychotria rubra*.

3.7 优势种群分布格局

种群分布格局是种群在水平空间上的配置状况或分布状况,是由种群特性、种群关系和环境条件的综合影响所决定的^[32]。对该群落的 10 种优势

种群进行了空间分布格局分析,并计算其聚集强度指标(表 5),结果表明,臀果木、黄桐和小盘木呈集群分布,繁殖体散布的有限性及种间竞争是形成集群分布的重要原因。银柴、浙江润楠以及假苹婆等

7 个树种表现为随机分布。种群的随机分布只有当生境条件均匀一致,或者某一主导因子呈随机分布时才可能形成^[33]。这在一定程度上说明群落的

生境大致相同,物种在群落任何位置的生存机会均等。

表 5 臀果木-黄桐群落优势种群的空间分布格局

Table 5 Spatial patterns of dominant tree populations in *P. topengii*-*E. chinense* community

树种 Species	方差/均值 S^2/m	<i>t</i> 检验 <i>t</i> -test	测定结果 Results	平均拥挤度 Index of mean crowding	丛生指标 Index of clumping	聚块性指标 Index of patchiness	负二项参数 Negative binomial parameter (<i>K</i>)
臀果木 <i>Pygeum topengii</i>	2.589	4.898	Clump	6.039	1.589	1.357	2.801
黄桐 <i>Endospermum chinensei</i>	1.985	3.035	Clump	1.635	0.985	2.515	0.660
银柴 <i>Aporosa dioica</i>	1.418	1.289	Poisson	6.468	0.418	1.069	14.467
浙江润楠 <i>Machilus chekiangensis</i>	1.247	0.762	Poisson	1.947	0.247	1.145	6.881
小盘木 <i>Microdesmis caseariifolia</i>	3.473	7.624	Clump	3.973	2.473	2.649	0.606
假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i>	1.156	0.480	Poisson	1.056	0.156	1.173	5.786
猴耳环 <i>Pithecellobium chypearia</i>	1.618	1.906	Poisson	1.168	0.618	2.124	0.890
九节 <i>Psychotria rubra</i>	1.663	2.042	Poisson	1.463	0.663	1.828	1.208
山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	1.263	0.809	Poisson	1.063	0.263	1.328	3.048
土沉香 <i>Aquilaria sinensis</i>	1.214	0.661	Poisson	0.914	0.214	1.306	3.267

3.8 种间协变

种间协变是以物种的数量特征为依据分析种间相对数量变化趋势和程度^[34]。根据臀果木-黄桐群落 10 个优势种群(DBH≥2.5 cm)在样方中的多度值进行 Pearson 相关分析,种间表现出正显著协变有 2 个种对,负显著协变有 3 对(表 6)。其中,以小盘木和九节种对间协变程度最高,相关系数为 0.68;猴耳环和山杜英的正协变程度较高,表明这

两种对具有相近的生物学特性,对生境具有相似的生态适应性。臀果木和浙江润楠,银柴和猴耳环以及浙江润楠和山杜英均为显著负协变种对,即在样方中一方的多度增加将使另一方的多度减少,说明这些种对对群落环境具有相同的要求,生态位出现重叠,形成了竞争格局。Spearman 秩相关分析结果显示,有 3 种对呈显著负协变,这与 Pearson 相关分析结果一致;但没有种对显著正协变。

表 6 臀果木-黄桐群落优势种群种间协变相关系数

Table 6 Interspecific covariation correlation coefficients of dominant populations in *P. topengii*-*E. chinense* community

	Pyto	Ench	Apdi	Mach	Mica	Stla	Picl	Psru	Elsy	Aqsi
Pyto		- 0.32	- 0.14	- 0.49*	0.18	0.18	0.24	- 0.04	0.43	- 0.37
Ench	- 0.19		0.44	0.02	0.22	- 0.07	- 0.19	0.06	- 0.14	0.10
Apdi	- 0.17	0.40		- 0.01	0.21	0.24	- 0.65**	0.30	- 0.24	0.17
Mach	- 0.45*	- 0.13	- 0.19		0.03	- 0.24	- 0.27	0.23	- 0.51*	- 0.01
Mica	0.16	0.07	0.11	0.06		0.35	- 0.10	0.25	- 0.11	- 0.30
Stla	0.26	- 0.08	0.12	- 0.30	0.36		- 0.42	0.32	0.33	- 0.39
Picl	0.18	- 0.20	- 0.52*	- 0.18	- 0.04	- 0.10		- 0.28	0.28	0.22
Psru	0.02	- 0.14	0.27	0.15	0.68**	0.12	- 0.14		- 0.02	- 0.05
Elsy	0.40	- 0.16	- 0.16	- 0.48*	- 0.11	0.34	0.51*	- 0.13		- 0.26
Aqsi	- 0.29	0.20	0.26	- 0.07	- 0.17	- 0.31	0.02	- 0.16	- 0.18	

对角线下为 Pearson 相关系数, 上为 Spearman 秩相关系数。Pearson correlation coefficients above diagonal, spearman rank correlation coefficients under diagonal; *, ** 分别表示在 5%, 1% 水平上显著相关。* and ** indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 level, respectively; 物种编码见表 1。The species codes see Table 1.

4 结论和讨论

臀果木-黄桐群落作为南亚热带一个常绿阔叶林类型,组成种类上比热带山地雨林具有明显的优势种,又明显区别于以壳斗科和樟科植物为主要建群种的典型南亚热带常绿阔叶林,如鼎湖山的锥栗-厚壳桂群落。在区系成分上,它较热带山地雨林具有更强的热带性质。在群落外貌上,板根现象、茎花植物以及木质藤本无论从出现的种类和个体数量都很少,附生植物贫乏,明显区别于热带雨林的群落,群落的生活型和叶型谱也明显异于热带雨林,而与南亚热带低地常绿阔叶林较为相似。在群落的垂直结构方面,该群落较热带雨林简单,类似于典型的南亚热带常绿阔叶林。同时,本群落的物种多样性少于海南岛尖峰岭热带山地雨林以及受到良好管护的香港岛黄桐群落和鼎湖山典型的南亚热带常绿阔叶林锥栗群落;但高于南亚热带次生常绿阔叶林的广州白云山木荷群落和深圳大鹏半岛香蒲桃风水林群落。因此,臀果木-黄桐群落既有别于热带雨林,也不同于南亚热带常绿阔叶林,具有从热带雨林向南亚热带常绿阔叶林过渡的特征。

根据演替过程优势种的差异可将亚热带和南亚热带森林群落演替的主要模式划分为 6 个阶段^[35]:(1)针叶林阶段;(2)以针叶树为主的针阔混交林阶段;(3)以阳生性阔叶树为主的针阔混交林阶段;(4)以阳生性树种为主的常绿阔叶林;(5)以中生性树种为主的偏中生常绿阔叶林;(6)以中生性树种为主的中生常绿阔叶林(即顶极阶段)。在臀果木-黄桐群落前 20 个优势树种中,12 个中生性树种的重要值之和为 185.03,其余 8 个阳生性树种重要值之和是 113.99,说明该群落属于以中生性树种为主的偏中生常绿阔叶林。但由于臀果木-黄桐群落曾一度遭受人为砍伐干扰,与作为南亚热带低地常绿阔叶林代表类群的香港岛黄桐群落相比,本群落中阳生性树种的重要值所占比例较黄桐群落大,阳生性树种还占有一定的优势,应归为南亚热带低地常绿阔叶林代表性的恢复类群。

以立木级分析该群落 10 个优势种群的年龄结构,黄桐属于衰退种群,臀果木、浙江润楠和猴耳环为稳定的种群,小盘木和银柴等其他 6 个种群表现为增长型种群。对群落优势种群分布格局分析显示,臀果木、黄桐和小盘木呈集群分布,其余 7 个为随机分布。而 10 个优势种群的 Pearson 相关分析

表明,显著种间协变的种对只有 5 对。这表明臀果木-黄桐群落处于进展演替阶段,优势种群总体分布呈现由集群向随机的扩散趋势,而且是朝着优势种群种间相关关系减弱的方向进行^[36]。

风水林曾经遍布华南地区,但其中只有少数能保存下来^[8]。譬如,本群落在大跃进时期曾将林中所有的大径级树木砍伐大炼钢铁,其后受保护至今。经过近 50 年的自然恢复,已演替成为具有较复杂的物种组成和垂直结构的南亚热带低地常绿阔叶林。随着华南地区社会经济的发展和城市化进程的加速,在城市景观中呈岛屿状分布的风水林也正在遭受生境破碎化的威胁。生境丧失和毁坏是物种灭绝的主要原因之一,消除和减弱导致风水林生境毁坏的因素显得尤为重要,如禁止在经济利益驱使下毁林开发土地和开荒种果等。因此,清晰界定风水林边界范围并编制风水林林地保护规划,对于以后在风水林及其周围土地有经济发展计划和城市建设项目时,有关当局能慎重考虑风水林的保护措施。同时,必须及时采取封山育林措施对风水林进行封育管理,避免人类活动的干扰,防止火灾及控制薇甘菊等恶性杂草的入侵,促进风水林的自然进展演替,从而较好地维持局部甚至区域生态环境的物种多样性和稳定性。

参考文献

- [1] Cao H L(曹洪麟), Cai X A(蔡锡安), Peng S L(彭少麟), et al. An analysis of the community of secondary evergreen broad-leaf forest in Longkou, Heshan [J]. Trop Geogr(热带地理), 1999, 19(4): 312-317. (in Chinese)
- [2] Zhang H D(张宏达). Vegetation of Hong Kong [J]. Sunyatsen Univ Forum(中山大学学报论丛), 1989, 8(2): 1-172. (in Chinese)
- [3] Guangdong Institute of Botany(广东植物研究所). Vegetation of Guangdong [M]. Beijing: Science Press, 1976: 170-174. (in Chinese)
- [4] Throrer S L. Floristics of the fungshui woods [C]// Throrer L B. The vegetation of Hong Kong: Its Structure and Change. Hong Kong: Royal Asiatic Society Hong Kong Branch, 1975: 21-43.
- [5] Chu W H, Xing F W. A checklist of vascular plants found in Fungshui woods in Hong Kong [J]. Memoir Hong Kong Nat Hist Soc, 1997, 21: 151-172.
- [6] Cai X A(蔡锡安), Peng S L(彭少麟), Cao H L(曹洪麟), et al. Community analysis of a secondary evergreen broadleaved forest at Luogang, Guangzhou [J]. Chin J Appl Environ Biol(应用与环境生物学报), 1998, 4(2): 107-114. (in Chinese)
- [7] Zhang Y X(张永夏), Chen H F(陈红锋), Qin X S(秦新生), et al. Characteristics and species diversity of *Syzygium odoratum* community in Dapeng Peninsula, Shenzhen [J]. Guihaia(广西植物), 2007, 27(4): 596-603. (in Chinese)

- [8] Zhuang X Y, Corlett R T. Forest and forest succession in Hong Kong, China [J]. *J Trop Ecol*, 1997, 14: 857-866.
- [9] Ye G L(叶国梁), Wei Y E(魏远娥), Ye Y(叶彦), et al. Venturing Fungshui Woods [M]. Hong Kong: Cosmos Books Ltd, 2004: 16-17.(in Chinese)
- [10] Wang B S(王伯荪), Hu Y J(胡玉佳), Miao R H(缪汝槐), et al. The physiognomy and structure of a 'Fung Shui Lam' forest community in Shing Mun Country Park in Kowloon Peninsula [J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni(中山大学学报: 自然科学版)*, 1984 (1): 13-22.(in Chinese)
- [11] Raunkiaer C. The Life-form of Plant and Statistical Plant Geography [M]. Oxford: Clarendon Press, 1934: 1-623.
- [12] Margalef D R. Information theory in ecology [J]. *Gener Syst*, 1958, 3: 36-71.
- [13] Simpson E H. Measurement of diversity [J]. *Nature*, 1949, 163: 688.
- [14] Shannon C E, Weiner W. The Mathematical Theory of Communication [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949: 125.
- [15] Pielou E C. An introduction to mathematical ecology [J]. New York: Wiley Interscience, 1969: 125-127.
- [16] Proctor J. Ecological studies on environment, forest structure and floristic [J]. *J Ecol*, 1988, 76(2): 320-340.
- [17] Su Z Y(苏志尧), Wu D R(吴大荣), Chen B G(陈北光). Structure and spatial pattern dynamics of dominant populations in a natural forest in north Guangdong Province [J]. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 2000, 11(3): 337-341.(in Chinese)
- [18] Blackman G E. Statistical and ecological studies in the distribution of species in plant communities I. Dispersion as a factor in the study of changes in plant populations [J]. *Ann Bot*, 1942, 6: 351-370.
- [19] Lloyd M. Mean crowding [J]. *J Anim Ecol*, 1967, 36: 1-30.
- [20] David F N, Moore P G. Notes on contagious distributions in plant populations [J]. *Ann Bot*, 1954, 18: 47-53.
- [21] Wang B S(王伯荪), Li M G(李鸣光), Peng S L(彭少麟). Phytogeography [M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1995: 85-114.(in Chinese)
- [22] Statsoft Inc. STATISTICA for Windows (Computer Program Manual) [CP/DK]. Tulsa: Statsoft Inc. 2006.
- [23] Pielou E C. Segregation and symmetry in two species populations as studied by nearest neighbour relations [J]. *J Ecol*, 1961, 49: 255-269.
- [24] Wu Z Y(吴征镒). The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan(云南植物研究)*, 1991(Suppl IV): 1-139.(in Chinese)
- [25] Wang B S(王伯荪), Lu Y(陆阳), Zhang H D(张宏达), et al. A community analysis of *Endospermum chinense* forest, Hong Kong Island [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学与地植物学丛刊)*, 1987, 11(4): 241-251.(in Chinese)
- [26] Li Y D(李意德). Community characteristics of tropical mountain rain forest in Jianfengling, Hainan island [J]. *J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报)*, 1997, 5(1): 18-26.(in Chinese)
- [27] Huang Q(黄全), Li Y D(李意德), Zheng D Z(郑德璋), et al. Study of tropical vegetation series in Jianfengling region, Hainan island [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学与地植物学丛刊)*, 1986, 10 (2): 90-105.(in Chinese)
- [28] Peng S L(彭少麟), Wang B S(王伯荪). Analysis on the forest communities of Dinghushan I. Species diversity [J]. *Ecol Sci(生态科学)*, 1983(1): 11-17.(in Chinese)
- [29] Peng S L(彭少麟), Zhou H C(周厚诚), Chen T X(陈天杏), et al. The quantitative characters of organization of forest communities in Guangdong [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学与地植物学丛刊)*, 1989, 13(1): 10-17.(in Chinese)
- [30] Su Z Y(苏志尧), Chen B G(陈北光), Gu Y K(古炎坤), et al. Species richness and diversity of forest communities in Baiyunshan, Guangzhou [J]. *J S China Agri Univ(华南农业大学学报)*, 2001, 22(3): 5-8.(in Chinese)
- [31] Peng S L(彭少麟). Fluctuation of forest community [J]. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 1993, 4(2): 120-125.(in Chinese)
- [32] Jin Z X(金则新). A study of dominant population structure and interspecific association of *heptacodium miconioides* community in Tiantai mountain of Zhejiang Province [J]. *Bull Bot Res(植物研究)*, 2002, 22(1): 76-83.(in Chinese)
- [33] Lamont B B, Fox J E D. Spatial pattern of six sympatric leaf variants and two size classes of *Acacia aneura* in a semi-arid region of Western Australia [J]. *Oikos*, 1981, 37: 73-79.
- [34] Zhou X Y(周先叶), Wang B S(王伯荪), Li M G(李鸣光), et al. Interspecies covariation analysis of dominant tree species in secondary succession of forest communities in Heishiding Natural Reserve, Guangdong Province [J]. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 2004, 15(3): 367-371.(in Chinese)
- [35] Wang D P(汪殿禧), Ji S Y(暨淑仪), Chen F P(陈飞鹏), et al. A study on the species diversity and succession situation of natural forest communities in Nanshan District, Shenzhen City [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 2003, 23(7): 1415-1422.(in Chinese)
- [36] Zhang J C(张家城), Chen L(陈力), Guo Q S(郭泉水), et al. Research on the change trend of dominant tree population distribution patterns during development process of climax forest communities [J]. *J Plant Ecol(植物生态学报)*, 1999, 23(3): 256-268.(in Chinese)