



广州闽楠-樟人工混交林物种组成与多样性研究

程欣欣, 洪维, 邓双文, 魏雪莹, 张干荣, 冯蔚, 郭勇, 叶华谷, 王发国

引用本文:

程欣欣, 洪维, 邓双文, 魏雪莹, 张干荣, 冯蔚, 郭勇, 叶华谷, 王发国. 广州闽楠-樟人工混交林物种组成与多样性研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(2): 233-240.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4434>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

广州红锥-马占相思林物种组成与多样性研究

Studies on Species Composition and Diversity of *Castanopsis hystrix*-*Acacia mangium* Mixed Forest in Guangzhou

热带亚热带植物学报. 2021, 29(5): 494-502 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4361>

茂兰喀斯特常绿落叶阔叶混交林群落组成和优势种更新类型

Community Composition and Regeneration Types of Dominant Species in Evergreen and Deciduous Broad-leaved Mixed Karst Forest in Maolan National Nature Reserve, Guizhou Province

热带亚热带植物学报. 2018, 26(6): 651-660 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3893>

草海国家级自然保护区华山松群落特征及物种多样性研究

热带亚热带植物学报. 2020, 28(1): 44-52 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4063>

人为干扰对栲树次生林群落物种多样性和土壤理化性质的影响

Effect of Human Disturbance on Species Diversity and Soil Physiochemical Properties of *Castanopsis fargesii* Secondary Forest

热带亚热带植物学报. 2018, 26(4): 355-362 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3843>

广西中部7种典型灌丛群落的物种多样性特征

Species Biodiversity of Seven Typical Shrub Communities in the Middle of Guangxi Zhuang Autonomous Region

热带亚热带植物学报. 2018, 26(2): 157-163 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3841>

向下翻页, 浏览PDF全文

广州闽楠-樟人工混交林物种组成与多样性研究

程欣欣^{1,2}, 洪维³, 邓双文², 魏雪莹², 张干荣³, 冯蔚³, 郭勇³, 叶华谷²,
王发国^{2*}

(1. 仲恺农业工程学院, 广州 510225; 2. 中国科学院华南植物园, 广东省应用植物学重点实验室, 广州 510650; 3. 广东省龙眼洞林场, 广州 510520)

摘要: 为了解人工混交林群落结构特征和物种多样性关系, 对广州龙眼洞林场内闽楠(*Phoebe bournei*)-樟(*Cinnamomum camphora*)人工混交林进行群落结构分析。结果表明, 0.37 hm²样地内共有 128 种植物 9 563 株, 隶属于 57 科 99 属; 其中乔木 35 种, 灌木 61 种, 草本 98 种。在乔木层中, 重要值排名前 5 的植物分别是山乌柏(*Triadica cochinchinensis*)(33.86%)、闽楠(17.24%)、樟(12.96%)、三桠苦(*Melicope pteleifolia*)(7.92%)和山苍子(*Litsea pungens*)(3.70%); 灌木层以茜草科(Rubiaceae)植物为主; 草本层以禾本科(Poaceae)植物为主。乔木层、灌木层和草本层的 Shannon-Wiener 指数分别为 1.230、1.708 和 1.754, Simpson 指数分别为 0.635、0.680 和 0.707, 表明该人工混交林下草本物种丰富。非度量多维尺度分析(NMDS)表明, 不同样方的物种组成相似性并不一致, 部分样方含有偶见种。群落的径级结构呈倒“J”型, 其中 11.64% 为幼苗, 苗木占比 6.08%, 小树占比 55.34%, 壮树占比 25.28%, 大树占比仅为 0.70%, 因此推测闽楠-樟人工混交林仍处于演替初期。

关键词: 闽楠-樟人工林; 物种多样性; 群落结构; 群落演替

doi: 10.11926/jtsb.4434

Studies on Species Composition and Diversity of *Phoebe bournei*-*Cinnamomum camphora* Plantation in Guangzhou

CHENG Xinxin^{1,2}, HONG Wei³, DENG Shuangwen², WEI Xueying², ZHANG Ganrong³, FENG Wei³,
GUO Yong³, YE Huagu², WANG Faguo²

(1. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 2. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Botany, Guangzhou 510650, China; 3. Longyandong Forest Farm of Guangdong Province, Guangzhou 510520, China)

Abstract: In order to understand the relationship between community structure with species diversity of artificial mixed forest, the community structure of *Phoebe bournei*-*Cinnamomum camphora* mixed plantation in Longyandong Forest Farm in Guangzhou was analyzed. The results showed that there were 128 species 9 563 plants in 0.37 hm² quadrat, belonging to 57 families and 99 genera, in which there were 35 tree, 61 shrub, and 98 herb species. In tree layer, the species with importance value at top 5 were *Triadica cochinchinensis* (33.86%), *Phoebe bournei* (17.24%), *Triadica cochinchinensis* (12.96%), *Melicope pteleifolia* (7.92%), and *Litsea pungens* (3.70%), the shrub layer was dominated by Rubiaceae, and did the herb layer by Poaceae. The Shannon-Wiener indexes of tree, shrub and herb layers were 1.230, 1.708, and 1.754, respectively, and the Simpson indexes were 0.635, 0.680, and 0.707, indicating that artificial mixed forest was rich in herbaceous species. The non-metric multidimensional scale (NMDS) analysis showed that the similarity of species composition was not consistent in

收稿日期: 2021-04-25

接受日期: 2021-07-13

基金项目: 广州市野生动植物保护管理办公室项目(SYZFCG-[2017]032); 广东省龙眼洞林场项目(Y934111001)资助

This work was supported by the Project of Guangzhou Municipal Wildlife Conservation and Management Office (Grant No. SYZFCG-[2017]032), and the Project of Longyandong Forest Farm in Guangdong (Grant No. Y934111001).

作者简介: 程欣欣(1997~), 女, 硕士研究生, 主要从事植物分类研究。E-mail: 18316234337@163.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: wangfg@scbg.ac.cn

different plots, and some plots contained occasional species. The diameter class structure of the community showed an inverted “J” type, of which 11.64% were seedlings, and saplings, small trees, strong trees and large trees account for 6.08%, 55.34%, 25.28%, and 0.70%, respectively. Therefore, it was suggested that the *Phoebe bournei-Cinnamomum camphora* mixed plantation was still in the early successional stage.

Key words: *Phoebe bournei-Cinnamomum camphora* plantation; Species diversity; Community structure; Community succession

城市化快速发展给自然环境带来了严重的破坏,城市生态平衡面临着严峻的考验。而城市森林作为城市生态系统的重要组成成分,被喻为城市之肺,在空气污染物清除、碳储存和碳整合、降温与节能、生物挥发物排放以及水文效益等方面具有独特生态功能^[1],在城市复合生态系统中具有不可替代的作用。城市森林群落的物种组成、结构和物种多样性,是认识、管理森林进而保证城市生态健康的基础^[2]。物种多样性是群落组成结构和稳定性的重要指标^[3],是维持生态系统功能和提供生态服务的重要组成部分^[4]。研究城市森林的群落结构和生物多样性,能够为人工林的建设提供树种选择和配置,为城市森林的科学管理提供理论依据^[5]。

闽楠(*Phoebe bournei*)是樟科(Lauraceae)的常绿大型乔木,耐阴,忌强光^[6],是高级建筑、家具、雕刻和精密木模的珍贵用材树种。樟(*Cinnamomum camphora*)是樟科的常绿大型乔木;木材为造船、橱柜和建筑等用材,根、枝、叶可提取樟脑和樟油,供医药及香料工业用;果核含脂肪,为重要工业用油。闽楠和樟树不仅为国家二级重点保护野生植物,还具有较高的观赏价值,是著名的庭园观赏和城市绿化树种^[7]。

广州市现有森林多为人工林,而人工林培育中森林长期生产力、土壤肥力、林分抗性等已成为人们关注的热点问题^[8]。目前对于闽楠、樟人工林混交比例^[9]、生长状况^[10]的研究已有相关报道,而对于闽楠-樟人工林群落结构的研究少有报道。本文对广州市龙眼洞林场闽楠-樟人工林优势树种的生长情况进行了调查,分析了林下的物种组成和生物多样性,旨在为城市森林物种多样性保护、人工林的经营管理、森林资源可持续利用提供依据,以推进人工林建设。

1 试验地概况

广东省龙眼洞林场位于广州市东北部,经营面积达 1 620.3 hm²,森林面积达 1 560.2 hm²,生态公

益林占林业用地的 60%^[11]。研究地点位于林场筲箕窝区域,位于 113°20′~113°27′ E, 23°11′~23°18′ N,属于亚热带海洋性季风气候区,年均温为 21.8 °C, >10 °C 的年积温达 8 000 °C 以上,最热月(7 月)均温为 29.6 °C,最冷月(1 月)均温为 13 °C。年降雨量为 1 760 mm,雨季集中在 4—9 月,年均日照时数 1 820~1 960 h。土壤主要为赤红壤,主要由花岗岩和砂页岩发育而成, pH 值 4.75~5.20,具有良好的透水性。

2 方法

2.1 样地设置

2020 年 5 月,采用典型抽样的方法,于广州市龙眼洞林场筲箕窝区域闽楠-樟人工混交林内布设 10 m×10 m 的样方 37 个,共 0.37 hm²。对样方内胸径(DBH)≥2 cm 的乔木进行每木调查,记录种名、树高、胸径和冠幅等;在每个样方内设置 1 个 5 m×5 m 的灌木层样地和 4 个 2 m×2 m 的草本层样地,记录灌木和草本的种名、高度和数量等。

2.2 数据的统计和分析

2.2.1 群落数量特征^[12]

重要值(IV)=(相对显著度+相对频度+相对多度)/3;相对多度=(某种植物的个体数/所有种个体数总和)×100%;相对频度=(某种植物的频度/所有种的频度总和)×100%;相对显著度=(某种植物胸高断面面积/所有种胸高断面面积总和)×100%。

2.2.2 物种多样性计算

多样性指数可反映数据集中的类型,并且可以反映个体分布间的系统性关系。本文采用物种丰富度指数(S)、Shannon-Wiener 指数、Simpson 物种优势度指数、Pielou 物种均匀度指数 4 类指标^[13]。

(1) 丰富度指数 $R=S$; (2) Shannon-Wiener 指数 $H'=-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$; (3) Simpson 指数 $D=1-\sum_{i=1}^S p_i^2$; (4) Pielou 指数 $J_{sw}=H'/\ln S$, 式中, S 为物种数, p 为第 i 种的个体数占所有种个体数的比例。

2.2.3 群落排序分析

群落排序分析是将群落实体作为点, 以属性为坐标轴, 将其排列出来的方法。本文采用非度量多维标度分析法(non-metric multidimensional scaling, NMDS), 基于 Bray-Curtis 距离矩阵以及 R 包 vegan

进行分析^[14-16]。 $S_{jk} = 100(1 - \frac{\sum_{i=1}^P |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^P |X_{ij} + X_{ik}|})$, 式中,

X_{ij} 和 X_{ik} 分别是物种 i 在样方 j 和样方 k 中的多度, P 是物种总数。

2.2.4 群落优势种群径级划分标准^[17]

I级(幼苗): 高度 < 33 cm; II级(苗木): 高度 ≥ 33 cm, DBH < 2.5 cm; III级(小树): 2.5 cm ≤ DBH < 7.5 cm; IV级(壮树): 7.5 cm ≤ DBH < 22.5 cm; V级(大树): DBH ≥ 22.5 cm。

3 结果和分析

3.1 群落的物种组成

闽楠-樟人工混交林中, 37 个样方共记录到存活植物 128 种 9 563 株, 隶属于 57 科 99 属。其中, 蕨类植物 8 科 10 属 15 种, 裸子植物 1 科 1 属 1 种, 被子植物 48 科 88 属 112 种。含属数最多的科为大戟科(Euphorbiaceae, 10 属, 下同), 其次是禾本科(Poaceae, 8)、茜草科(Rubiaceae, 6)、百合科(Liliaceae, 5)、蔷薇科(Rosaceae, 5)、山茶科

(Theaceae, 5)、樟科(Lauraceae, 5)和紫金牛科(Myrsinaceae, 5)。

乔木层有 35 种植物, 隶属于 20 科 31 属, 共 842 株。重要值(IV) ≥ 1% 的有 12 种(表 1), 其中大于 10% 的有 3 种: 山乌柏(*Triadica cochinchinensis*, 33.86%)、闽楠(17.24%)和樟(12.96%), 另外三桠苦(*Melicope pteleifolia*)、山苍子(*Litsea pungens*)、红锥(*Castanopsis hystrix*)、鹅掌柴(*Schefflera heptaphylla*)、锥栗(*Castanea henryi*)、华南毛柃(*Eurya ciliata*)、壳菜果(*Mytilaria laosensis*)等的 IV 也较大, 在群落中发挥重要作用。

灌木层有 61 种植物, 隶属于 37 科 56 属, 其中茜草科植物最多(4 属 4 种), 有九节(*Psychotria asiatica*)、玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)、龙船花(*Ixora chinensis*)和牛白藤(*Hedyotis hedyotidea*)。

草本层有 98 种植物, 隶属于 50 科 79 属, 以禾本科植物最多(6 属 8 种), 有蔓生莠竹(*Microstegium fasciculatum*)、芒(*Miscanthus sinensis*)、五节芒(*M. floridulus*)、小花露籽草(*Ottlochloa nodosa*)、短叶黍(*Panicum brevifolium*)、弓果黍(*Cyrtococcum patens*)、散穗弓果黍(*C. patens*)和淡竹叶(*Lophatherum gracile*)。

另外, 群落中还有 4 种珍稀濒危植物, 分别为巴戟天(*Morinda officinalis*)、宽叶线柱兰(*Zeuxine affinis*)、钳唇兰(*Erythrodes blumei*)和金毛狗(*Cibotium barometz*)。

表 1 乔木层中 IV ≥ 1% 的物种

Table 1 Species with IV ≥ 1% in tree layer

植物 Species	数量 Number	相对多度 Relative abundance	相对显著度 Relative significance	相对频度 Relative frequency	重要值 /% Importance value
山乌柏 <i>Triadica cochinchinensis</i>	383	0.332 8	0.530 7	0.152 3	33.85
闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	309	0.268 5	0.086 2	0.162 4	17.23
樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	152	0.132 1	0.145 0	0.111 7	12.95
三桠苦 <i>Melicope pteleifolia</i>	93	0.080 8	0.029 9	0.126 9	7.92
山苍子 <i>Litsea pungens</i>	46	0.040 0	0.025 5	0.045 7	3.70
红锥 <i>Castanopsis hystrix</i>	23	0.020 0	0.065 8	0.020 3	3.53
鹅掌柴 <i>Schefflera heptaphylla</i>	31	0.026 9	0.011 9	0.040 6	2.64
锥栗 <i>Castanea henryi</i>	12	0.010 4	0.019 4	0.030 5	2.01
华南毛柃 <i>Eurya ciliata</i>	19	0.016 5	0.007 4	0.035 5	1.98
壳菜果 <i>Mytilaria laosensis</i>	6	0.005 2	0.010 1	0.020 3	1.18
银柴 <i>Aporosa dioica</i>	7	0.006 1	0.001 9	0.025 4	1.11
马占相思 <i>Acacia mangium</i>	2	0.001 7	0.026 3	0.005 1	1.10

3.2 群落的物种多样性

对样方内的物种数量进行统计(图 1), 样方 1、

2、3、14、29 的物种均大于 25 种, 占总物种数高于 20%; 少数样方仅有闽楠和樟 2 物种, 物种丰富

度低。采用非度量多维标度分析法对样方间物种组成的相似性进行排序分析和评估(图 2, 3), 结果非线性拟合度 $R^2=0.968$, 线性回归 $R^2=0.852$, 表明拟合效果较好, 排序结果可靠。从图 2 可见, 大多数样方的物种分布较为集中, 其中样方 1、2、3、14 和 29 间的距离较近, 这几个样方内的物种组成相似性更高, 与统计结果一致; 样方 33、34、36、37 与其他样方相距较远, 仅集中在图 2 右侧区域, 表明林下物种组成和数量特征与其他样方的差异性较大, 可能是这几个样方由于分布在道路旁, 受人为活动干扰较大, 从而导致物种组成单一。而苍白秤钩风(*Diploclisia glaucescens*)、锈毛莓(*Rubus reflexus*)、粪箕笃(*Stephania longa*)、蓝树(*Wrightia lae-*

vis)、椴木(*Aralia chinensis*)在图 2 中处于边缘, 与其他物种距离较远, 表明其为群落中的偶见种, 仅在少数样方中出现。

分别对群落各层级的物种多样性指数进行计算(表 2), 不同层级的物种丰富度、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数表现出相同的变化趋势, 均为草本层 > 灌木层 > 乔木层, 表明草本层中物种数量最多, 最丰富, 优势度与多样性较高。而 Pielou 指数则呈现不同的趋势, 表现为乔木层 > 草本层 > 灌木层, 表明乔木层中物种分布更均匀。将闽楠-樟群落与广东省同属亚热带季风气候的其他植物群落^[2,18-19]进行物种多样性比较(表 3), 结果表明, 闽楠-樟群落的物种丰富度较高, 而乔木层多样性指数(H')较低。

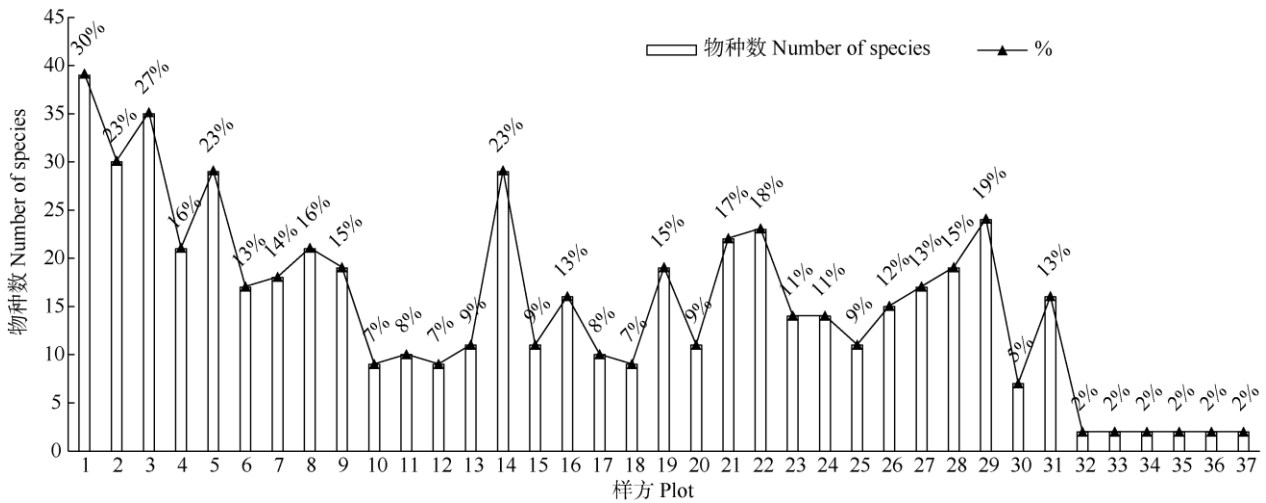


图 1 样方中的物种数量
Fig. 1 Number of species in plots

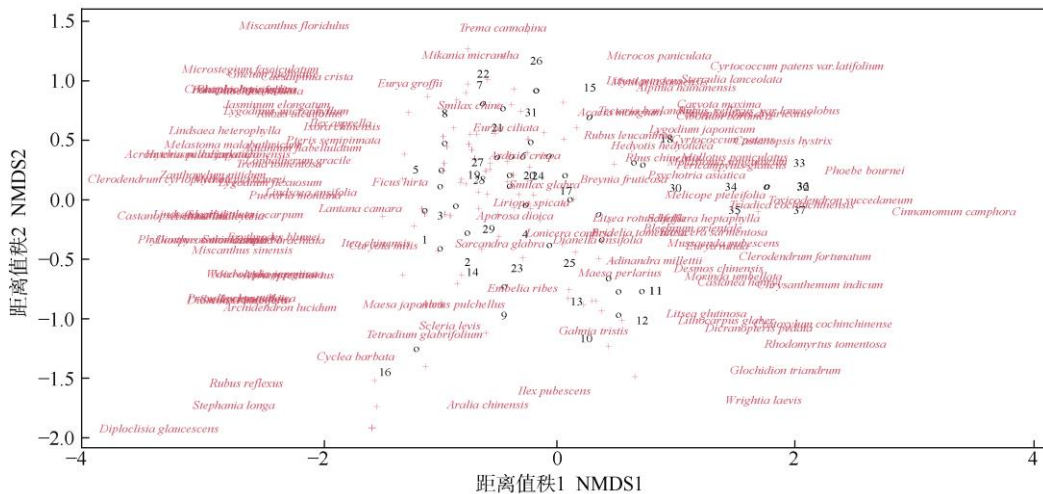


图 2 基于物种多度 Bray-Curtis 相异矩阵数据的 NMDS 双序图
Fig. 2 NMDS double sequence diagram based on Bray-Curtis dissimilarity matrix data of species abundance

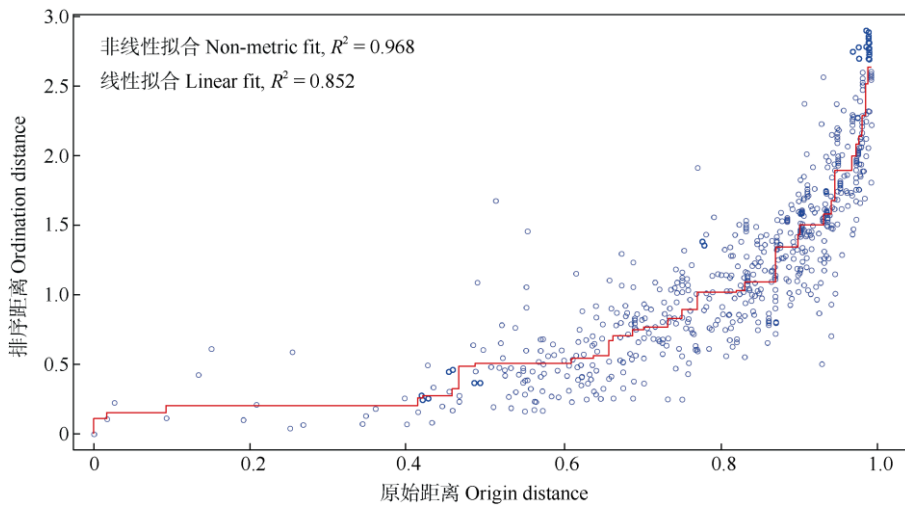


图 3 检验 NMDS 结果的 Shepard 图

Fig. 3 Shepard chart to verify NMDS result

表 2 群落的物种多样性指数

Table 2 Species diversity indexes of community

层次 Layer	物种丰富度 (S) Species richness	Shannon-Wiener 指数 (H') Shannon-Wiener index	Simpson 指数 (D) Simpson index	Pielou 指数 (J _{SH}) Pielou index
乔木 Tree	35	1.234	0.635	0.802
灌木 Shrub	61	1.708	0.680	0.703
草本 Herb	98	1.754	0.707	0.723

表 3 不同植物群落的物种多样性比较

Table 3 Comparison of species diversity in different community

群落 Community	地点 Location	面积 Area (m ²)	物种数量 Number of species	乔木层 Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index at tree layer
次生常绿阔叶林 Secondary evergreen broad-leaved forest	东莞大岭山 Dalingshan, Dongguan	10 000	111	-
人工-天然混交林 Artificial-natural mixed forest	广州白云山 Baiyun Mountain, Guangzhou	4 800	48	3.52
乐昌含笑林 <i>Michelia chapensis</i> forest	广州增城 Zengcheng, Guangzhou	1 600	70	-
闽楠-樟林 <i>Phoebe bournei</i> - <i>Cinnamomum camphora</i> forest	广州龙眼洞 Longyandong, Guangzhou	3 700	128	1.23

3.3 群落的径级结构和演替

对闽楠-樟群落中乔木层物种的径级结构进行划分,其中高度 <33 cm 的幼苗有 145 株,占 11.64%; 高度 ≥33 cm, DBH <2.5 cm 的苗木有 20 株,占 6.08%; 2.5 cm ≤DBH <7.5 cm 的小树有 637 株,占 55.34%; 7.5 cm ≤DBH <22.5 cm 的壮树有 291 株,占 25.28%; DBH ≥22.5 cm 的大树有 8 株,占 0.70%。乔木层平均胸径为 6.15 cm,随着径级的增加,乔木数量逐渐减少,于 DBH 为 8~12 cm 时,出现 1 个小双峰,符合倒“J”型分布(图 4)。

进一步对群落主要建群种的生长情况进行评估(表 4),山乌柏的胸径、树高、冠幅均大于闽楠和

樟,且密度更高,重要值更大(33.86%),闽楠、樟重要值略低,表明山乌柏在群落中占最大优势,闽楠、樟为次优树种。另外,从图 5 可见,山乌柏的径级结构以 7.5 cm ≤DBH <22.5 cm 的壮树最多(196 株),占群落物种总数的 17.03%,而闽楠和樟的径级结构以 2.5 cm ≤DBH <7.5 cm 的小树较多,分别有 193 和 102 株,占群落总株树 16.77%和 8.86%,表明闽楠和樟处于增长阶段,而山乌柏处于稳定期。

4 结论和讨论

对龙眼洞笕窝的闽楠-樟人工林群落进行植物

表 4 群落中主要建群种的生长情况

Table 4 Growth status of main constructive species in community

植物 Species	密度 Density (ind./hm ²)	胸径 DBH (cm)	树高 Height (m)	冠幅 Crown width (m)
樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	372	6.82	7.82	3.10
闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	698	3.84	4.76	2.52
山乌柏 <i>Triadica cochinchinensis</i>	798	8.46	8.27	3.20

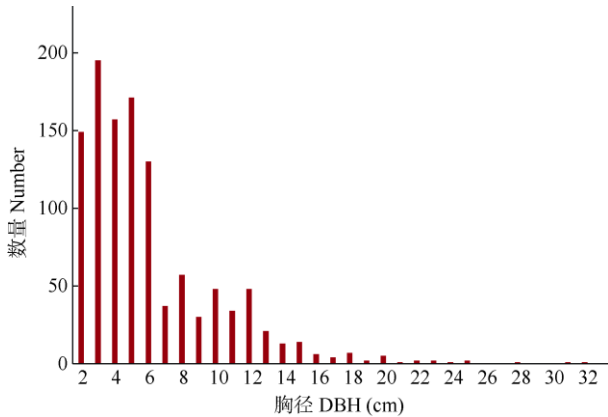


图 4 群落的径级结构分布

Fig. 4 Distribution of diameter class of community

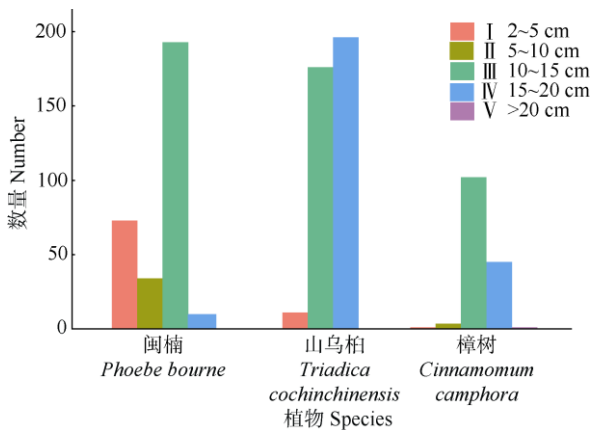


图 5 群落中主要树种的径级结构

Fig. 5 Diameter structure of main tree species in community

样方调查, 在 0.37 hm² 样地内共记录 57 科 99 属 128 种植物。与其他森林群落相比, 比白云山人工-天然混交林群落(48 种)^[21]、大岭山次生常绿阔叶林群落(111 种)^[18]、增城乐昌含笑林群落(70 种)^[19]的多, 物种丰富度更高。乔木层、灌木层和草本层分别有 35、61 和 98 种植物, 灌草层对群落的物种丰富度贡献更大, 可能是由于广州龙眼洞林场位于亚热带沿海地区, 高温多雨的气候环境促进了林下物种的自然更新。并且闽楠-樟人工林位于森林面积达 1 560.2 hm² 的龙眼洞林场内, 大面积的常绿阔叶林为林下物种丰富度、生物多样性的提高创造了

有利条件。珍稀植物的出现更是促进了林中植物多样性的发展^[20]。

山乌柏、樟及闽楠为该群落的主要建群种, 其中山乌柏为优势种, 其次是樟及闽楠。在年龄结构方面, 樟和闽楠同一时间种植, 樟的平均胸径和树高分别为 6.82 cm 和 7.82 m, 闽楠为 3.84 cm 和 4.76 m, 表明樟的生长状况要优于闽楠, 这可能是因为樟树适应能力较强, 而闽楠对环境要求较为苛刻, 初期生长速度较慢。闽楠属于耐荫植物, 强光照的环境不利于生长, 适当的遮荫会促进生长, 提高植株的株高和冠粗^[21-22]。樟、山乌柏早期快速生长为闽楠后期生长提供了合适的生活环境。而速生物种山乌柏经过 12 a 的生长, 迅速发展成为第 1 优势种, 占有更多的环境资源, 对樟和闽楠的生长不利。在中后期群落演替中, 植被结构趋于复杂, 生态位重叠将会更加明显, 种内竞争更加激烈^[23]。因而建议在闽楠和樟的生长后期, 林分应适当间伐, 促进闽楠和樟的生长。

在群落演替方面, 闽楠-樟人工混交林在育林后未受到严重的破坏, 林分苗木自然更新状况良好。群落中乔木的径级结构大致呈倒“J”型, 随着径级的增加, 乔木数量逐渐减少, 大多数乔木植株仍处在幼龄阶段(2.5 cm ≤ DBH < 7.5 cm), 平均胸径为 6.15 cm。胸径为 8~12 cm 时, 出现 1 个小高峰, 有明显的断层, 可能受过一定的干扰和破坏。同时研究表明, 群落中所有植株的平均高度 ≤ 6 m 时表示群落演替处于初级阶段, 平均高度 13~17 m 的为顶级群落^[17]。本调查中, 个体植株树高 ≤ 6 m 的共有 9 030 株, 占总数的 94.43%; 树高 ≥ 13 m 的植株仅 16 株, 占总数的 0.16%, 因此推测闽楠-樟树人工混交林群落演替仍处于初级阶段。

群落的物种组成特征及其物种多样性, 对研究群落的起源、演替和属性等具有重要的参考意义^[20]。本研究基于广州市龙眼洞林场闽楠-樟树人工混交林的调查数据, 分析了该区域的物种组成、物种多样性和目标苗木闽楠、樟树的生长情况, 结合长期的监测工作, 为闽楠、樟树人工林的物种组成和生

物多样性提供理论依据, 也为能够深入探讨人工林长期生产力、土壤肥力、抗逆性、森林蓄积量、经营周期等生态问题打下良好的基础。在往后的群落演替中, 林下物种组成与多样性会发生如何变化还有待研究。

参考文献

- [1] HAN M C, LI Z Y. Ecological benefits evaluation of urban forest and its models [J]. World For Res, 2011, 24(2): 42–46. doi: 10.13348/j.cnki.sjlyyj.2011.02.011.
韩明臣, 李智勇. 城市森林生态效益评价及模型研究现状 [J]. 世界林业研究, 2011, 24(2): 42–46. doi: 10.13348/j.cnki.sjlyyj.2011.02.011.
- [2] ZHAI S L, CHEN B F, LIN N, et al. Structure and species diversity of typical forests in Guangzhou City [J]. Ecol Environ Sci, 2015, 24(10): 1625–1633. doi: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.10.006.
翟石磊, 陈步峰, 林娜, 等. 广州市典型森林植被的结构及多样性研究 [J]. 生态环境学报, 2015, 24(10): 1625–1633. doi: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.10.006.
- [3] GOU L J, ZHANG W H, LIU G B. Species diversity and interspecific association in development sequence of *Hippophae rhamnoides* plantations in Loess Hilly Region [J]. Chin J Appl Ecol, 2007, 18(1): 9–15. doi: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.10.006.
郭连金, 张文辉, 刘国彬. 黄土丘陵区沙棘人工林发育过程中物种多样性及种间关联变化 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(1): 9–15. doi: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.10.006.
- [4] CARDINALE B J, DUFFY J E, GONZALEZ A, et al. Biodiversity loss and its impact on humanity [J]. Nature, 2012, 489(7401): 59–67. doi: 10.1038/nature11148.
- [5] CHEN Y, SUN B, LIAO S B, et al. Classification of main phytocommunity and biodiversity in Shenzhen [J]. For Res, 2013, 26(5): 636–642. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2013.05.016.
陈勇, 孙冰, 廖绍波, 等. 深圳市主要植被群落类型划分及物种多样性研究 [J]. 林业科学研究, 2013, 26(5): 636–642. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2013.05.016.
- [6] WANG Z X, ZHU J M, WANG J, et al. The response of photosynthetic characters and biomass allocation of *P. bournei* young trees to different light regimes [J]. Acta Ecol Sin, 2012, 32(12): 3841–3848. doi: 10.5846/stxb201112021842.
王振兴, 朱锦懋, 王健, 等. 闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应 [J]. 生态学报, 2012, 32(12): 3841–3848. doi: 10.5846/stxb201112021842.
- [7] WU J Y, HUANG M J, CHEN M G, et al. Study on seedling stage growth and early selection of different provenances of *Phoebe bournei* [J]. J CS Univ For Technol, 2015, 35(11): 1–4. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2015.11.001.
吴际友, 黄明军, 陈明皋, 等. 闽楠种源苗期生长差异与早期选择研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(11): 1–4. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2015.11.001.
- [8] SHENG W T. On the maintenance of long-term productivity of plantation in China [J]. For Res, 2018, 31(1): 1–14. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2018.01.001.
盛炜彤. 关于我国人工林长期生产力的保持 [J]. 林业科学研究, 2018, 31(1): 1–14. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2018.01.001.
- [9] CHEN L D. Evaluation of the mixing effect of *Phoebe bournei* and *Cinnamomum camphora* [J]. Anhui Agric Sci Bull, 2013, 19(15): 102–103. doi: 10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2013.15.070.
陈来德. 闽楠与香樟混交效果评价 [J]. 安徽农学通报, 2013, 19(15): 102–103. doi: 10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2013.15.070.
- [10] XIAO S D. Comparative experiment on afforestation with *Phoebe bournei*, *Schima superba* and *Cinnamomum camphora* [J]. Anhui Agric Sci Bull, 2019, 25(1): 118–119. doi: 10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2019.01.045.
肖世栋. 闽楠、木荷与香樟造林效果分析 [J]. 安徽农学通报, 2019, 25(1): 118–119. doi: 10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2019.01.045.
- [11] LI Z H. Discussion on the construction of wisdom forest farm: Take Longyan cave forest farm in Guangdong Province as an example [J]. For Sci Technol Informat, 2018, 50(4): 57–59. doi: 10.3969/j.issn.1009-3303.2018.04.020.
李志宏. 智慧林场建设的探讨——以广东省龙眼洞林场为例 [J]. 林业科技情报, 2018, 50(4): 57–59. doi: 10.3969/j.issn.1009-3303.2018.04.020.
- [12] ZHOU B H, YU S J. Characteristics and environmental functions evaluation of the *Pinus taiwanensis* community in Tianzhu Mountain [J]. Geogr Res, 2008, 27(2): 257–265. doi: 10.3321/j.issn:1000-0585.2008.02.003.
周葆华, 余世金. 天柱山黄山松群落特征及其环境功能评价 [J]. 地理研究, 2008, 27(2): 257–265. doi: 10.3321/j.issn:1000-0585.2008.02.003.
- [13] MA K P. Measuring method of diversity of biological community: I. Measuring method of α diversity [J]. Biodiv Sci, 1994, 2(3): 162–168.
马克平. 生物群落多样性的测度方法: I. α 多样性的测度方法 [J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162–168.
- [14] HAN D Y, LI H Y, YANG Y F. β -Diversity patterns of plant community in fragmented habitat in a degenerated meadow in Songnen Plain, China [J]. Chin Geogr Sci, 2009, 19(4): 375–381. doi: 10.1007/s11769-

- 009-0375-7.
- [15] CLARKE K R, SOMERFIEL P J, CHAPMAN M G. On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray-Curtis coefficient for denuded assemblages [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 2006, 330(1): 55–80. doi: 10.1016/j.jembe.2005.12.017.
- [16] DIXON P. VEGAN, a package of R functions for community ecology [J]. *J Veg Sci*, 2003, 14(6): 927–930. doi: 10.1111/j.1654-1103.2003.tb02228.x.
- [17] DU J X, LIU C, YIN C M, et al. Characteristics of the *Castanopsis hainanensis*+*Cratoxylum cochinchinense* community in Mt. Mihouling Nature Reserve, Hainan, China [J]. *Plant Sci J*, 2020, 38(5): 609–617. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2020.50609.
- 杜家贤, 刘闯, 殷崇敏, 等. 海南猕猴岭自然保护区海南锥+黄牛木群落特征研究 [J]. *植物科学学报*, 2020, 38(5): 609–617. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2020.50609.
- [18] LIU S S, YE Y C, ZHANG Z S, et al. The species composition of secondary forest at Dalinshan in Dongguan City and its contribution to the species pool [J]. *Guangdong For Sci Technol*, 2005, 21(4): 18–22. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2005.04.005.
- 刘颂颂, 叶永昌, 张柱森, 等. 东莞大岭山村边自然次生林群落物种组成特征及其对区域物种库的贡献 [J]. *广东林业科技*, 2005, 21(4): 18–22. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2005.04.005.
- [19] MA L, WU L F, YE H G, et al. Studies on community characteristics of *Michelia chapensis* in Yeijingbei, Zengcheng, Guangzhou [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2012, 20(2): 169–176. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2012.02.011.
- 马磊, 吴林芳, 叶华谷, 等. 广州增城叶迳背乐昌含笑林群落特征研究 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2012, 20(2): 169–176. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2012.02.011.
- [20] TETETLA-RANGEL E, DUPUY J M, HERNÁNDEZ-STEFANONI J L, et al. Patterns and correlates of plant diversity differ between common and rare species in a neotropical dry forest [J]. *Biodiv Conserv*, 2017, 26(7): 1705–1721. doi: 10.1007/s10531-017-1327-7.
- [21] RODRÍGUEZ-GARCÍA E, BRAVO F. Plasticity in *Pinus pinaster* populations of diverse origins: Comparative seedling responses to light and nitrogen availability [J]. *For Ecol Manage*, 2013, 307: 196–205. doi: 10.1016/j.foreco.2013.06.046.
- [22] TANG X L, LIU G Z, JIANG J, et al. Effects of growth irradiance on photosynthesis and photorespiration of *Phoebe bournei* leaves [J]. *Funct Plant Biol*, 2020, 47(12): 1053–1061. doi: 10.1071/FP20062.
- [23] YU F Y, YE X, ZHOU R H, et al. Dynamic changes in plant diversity and soil physical and chemical properties in different habitats in Wenjiang section of Jinma River [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2021, 29(1): 1–8. doi: 10.11926/jtsb.4237.
- 余飞燕, 叶鑫, 周润惠, 等. 金马河温江段河岸带不同生境植物物种多样性与土壤理化性质的动态变化 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2021, 29(1): 1–8. doi: 10.11926/jtsb.4237.