

# 广东南山保护区常绿阔叶林主要树种空间分布格局和空间关联\*

黄阶华<sup>1</sup> 吴林芳<sup>2</sup> 钟慧聪<sup>1</sup> 郭腾辉<sup>2</sup> 覃俏梅<sup>3</sup>

(1. 广东始兴南山省级自然保护区管理处, 广东 韶关 512521; 2. 广州林芳生态科技有限公司, 广东 广州 510520;  
3. 广东生态工程职业学院, 广东 广州 510520)

**摘要** 为深入研究广东始兴南山保护区的地带性植被亚热带常绿阔叶林的物种格局特征, 在保护区设置了1 hm<sup>2</sup>的固定监测样地, 对样地主要物种的空间分布格局及其关联性进行了研究。结果表明: 面积为1 hm<sup>2</sup>样地中共有94个乔木树种, 3 359个植物个体, 在群落占优势的这4个物种为罗浮栲 *Castanopsis fabri*、栲 *Castanopsis fargesii*、华南木姜子 *Litsea greenmaniana* 和罗浮柿 *Diospyros morrisiana*。华南木姜子和罗浮柿的分布格局主要呈现聚集分布, 但罗浮栲和栲的聚集程度较低, 物种的分布格局受物种特性和生境异质性的影响。群落主要物种的关联性不明显, 整体竞争不明显, 群落会继续演替。

**关键词** 空间分布格局; 种间关联; 亚热带常绿阔叶林; 南山保护区

中图分类号: S718.54 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2022) 01-0028-07

## Spatial Distribution Patterns and Interspecific Relationships of Tree Species of Evergreen Broad-leaved Forest at Nanshan Natural Reserve of Guangdong

HUANG Jiehua<sup>1</sup> WU Linfang<sup>2</sup> ZHONG Huicong<sup>1</sup> GUO Tenghui<sup>2</sup>  
QIN Qiaomei<sup>3</sup>

(1. Nanshan Nature Reserve Management Office of Shixing in Guangdong, Shaoguan, Guangdong 512521, China; 2. Guangzhou Linfang Ecology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510520, China; 3. Guangdong Eco-engineering Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

**Abstract** In order to study the species pattern characteristics of the zonal vegetation subtropical evergreen broad-leaved forest in Nanshan Reserve of Shixing, Guangdong province, a 1 hm<sup>2</sup> forest plot was established in the reserve, and the spatial distribution pattern and correlation of the main species in the plot were studied. The results showed that, in the sample plot of 1 hm<sup>2</sup>, a total of 3 359 individuals, belonging to 94 species were recorded. The four dominant species in the community were *Castanopsis fabri*, *Castanopsis fargesii*, *Litsea greenmaniana* and *Diospyros morrisiana*. The distribution patterns of *L. greenmaniana* and *D. morrisiana* were mainly concentrated, but the concentrations of *C. fabri* and *C. fargesii* were low. This was related to species characteristics and habitat heterogeneity. There was no obvious correlation between the main species in the community, no obvious overall competition, and the community will continue to succession.

基金项目: 广东始兴南山省级自然保护区森林固定监测样地建设项目 (采购编号: GZYL20SGFC03013)。

第一作者: 黄阶华 (1961—), 男, 工程师, 主要从事自然保护区管理工作, E-mail: nsbhq@163.com。

通信作者: 覃俏梅 (1991—), 女, 讲师, 主要从事植物学研究, E-mail: qmqin@foxmail.com。

**Key words** spatial distribution patterns; interspecific association; subtropical evergreen broad-leaved forest; Nanshan Natural Reserve

物种的空间分布格局是指个体在群落中的分布情况,反映了在特定时空中个体的空间关系<sup>[1]</sup>。植物种群的空间分布格局受植物自身及其生境的影响<sup>[2]</sup>,对物种的空间分布格局的研究,有助于我们认识种内、种间以及物种与生境的关系<sup>[3]</sup>,也有助于我们探讨物种共存的机制<sup>[4]</sup>,从而利于指导生物多样性保护工作的开展<sup>[5]</sup>。因此,对物种空间分布格局的研究成为了生态学研究的重点之一<sup>[6]</sup>。

近年来,许多学者对群落优势种的空间分布格局和种间关联进行了深入的研究。严朝东等<sup>[7]</sup>通过对东莞大屏嶂森林的种群空间分布格局研究,发现群落中的优势种之间有较强的竞争关系。吴初平等<sup>[8]</sup>通过对浙江省典型天然次生林主要树种的空间分布格局和种间关联进行研究,发现扩散限制和生境异质性对群落的形成起到重要的作用。有学者对准格尔盆地的梭梭幼苗空间格局进行研究,发现其分布格局受到土壤条件、降水量等因素的影响<sup>[9]</sup>。也有学者通过研究极小种群植物博罗红豆的种间关联发现其分布受到群落中层的小乔木和灌木的排斥,提出在对其进行保育工作的过程中可以适当疏伐群落中层树木<sup>[10]</sup>。通过开展物种空间分布格局的研究,有利于我们了解种群、群落的分布现状及影响因素,从而指导保护管理工作的开展。然而,目前对广东南山保护区的物种空间分布格局的研究尚未开展。

广东始兴南山省级自然保护区地处广东北部,是珠江的二级支流浈江流域,保护区内的花山水库为广东始兴县的水源地。保护区的设立对亚热带森林生态系统的保护起到重要作用,也保护了附近的水源,保障了百姓民生。本研究以保护区典型的亚热带常绿阔叶林为研究对象,建立固定监测样地,研究群落物种组成、主要物种的空间分布格局及其关联性,以了解物种的分布情况及预测群落发展方向。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

试验地位于广东始兴南山省级自然保护区。该

保护区地处广东北部的韶关市始兴县,地理坐标为24°49'37"N~24°56'25"N, 113°53'58"E~114°01'29"E,该区为南亚热带向中亚热带过渡的地带,年平均气温为19.6℃,年均降雨量1537.8mm。保护区的地貌主要为中山地貌,平均海拔在500m左右,保护区最高峰黄坑顶海拔1094m。保护区的土壤腐殖质含量较高,土壤类型有山地红壤、山地黄红壤、山地表潜黄壤和山地草甸土等类型。区域内水系丰富,有右拔水、左拔水、中拔水、马头水及含秀水等五大水系,也有库容量超过1000万m<sup>3</sup>的花山水库。保护区的地带性植被为亚热带常绿阔叶林,保护区植物种类多,优势的科有壳斗科、樟科、山茶科和杜英科等<sup>[11]</sup>。样地所处地段植被类型为保存完好的常绿阔叶林,能代表保护区的地带性植被,样地所在群落的主要树种为罗浮栲*Castanopsis fabri*、栲*Castanopsis fargesii*、华南木姜子*Litsea greenmaniana*、罗浮柿*Diospyros morrisiana*。

### 1.2 样地建设与调查

于2019年12月参照《林业系统自然保护区生态因子和生物多样性监测手册》和CTFS/CF或Bio样地建设规范要求<sup>[12]</sup>,在广东南山保护区建立水平投影面积为1hm<sup>2</sup>的固定监测样地,样地为东西方向长100m、南北方向长100m。样地存在较大的高差,样地最高点海拔约为321m,最低点高度约为249m。利用全站仪将样地分成25个20m×20m的样方,每个样方再细分为16个5m×5m的小样方。对样地内胸径DBH≥1cm的木本植物进行编号、挂永久标牌,测定其坐标,并进行每木检尺,记录其种名、胸径、树高和冠幅等数据。

### 1.3 数据分析

本研究以物种的重要值作为排序,重要值IV=(相对多度+相对频度+相对优势度)/3。选择样地中重要值前四的物种罗浮栲、栲、华南木姜子、罗浮柿作为研究对象,分析各个物种的空间分布格局和物种之间的空间关联。物种的空间分布格局分析利用点格局分析进行研究,利用成对由Ripley的K(r)函数改进的成对相关函数g(r)函数来分析<sup>[13]</sup>。g(r)函数分为单变量的函数和双变

量的函数。单变量函数用来分析单个物种的空间分布格局，双变量函数用来分析两个物种的空间关联性。

数据分析利用 Programita 软件<sup>[13-14]</sup>完成。因在 0~20 m 的空间尺度时，空间格局对尺度的变化更敏感，故选择在 0~20 m 的空间尺度进行分析。通过计算得到每个尺度实际的  $g(r)$  值，并得到  $g(r)$  值的曲线。同时，运用 Monte Carlo 循环 199 次，得到 99% 的置信区间，形成置信区间的上下包迹

线。在单个物种的空间格局分析中，当  $g(r)$  值的曲线在上包迹线上方时，表示物种呈聚集分布，在上下包迹线之间时为随机分布，在下包迹线的下方表示物种呈现均匀分布。在关联性分析中，当  $g(r)$  值曲线在上包迹线上方表示两个物种呈正相关，在上下包迹线之间时不相关，在下包迹线之下表示两个物种呈负关联。

表 1 样地中重要值  $IV \geq 1\%$  的物种的数量特征  
Table 1 Quantitative characteristics of species with importance value  $\geq 1\%$  in the plot

物种 Species	多度 Abundance	胸高断面积 $(m^2 \cdot hm^{-2})$ Area at breast height	重要值 $\% IV$
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	358	8.37	14.85
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	218	4.79	9.06
华南木姜子 <i>Litsea greenmaniana</i>	671	0.69	8.59
罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	226	1.85	5.55
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	40	3.21	4.84
枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	92	1.36	3.58
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	127	0.71	3.13
木荷 <i>Schima superba</i>	61	1.33	2.97
茜树 <i>Aidia cochinchinensis</i>	167	0.06	2.78
鹅掌柴 <i>Schefflera heptaphylla</i>	109	0.28	2.48
尖叶川杨桐 <i>Adinandra bockiana</i> var. <i>acutifolia</i>	90	0.37	2.35
亮叶猴耳环 <i>Archidendron lucidum</i>	59	0.78	2.33
鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	87	0.07	1.96
鹿角杜鹃 <i>Rhododendron latoucheae</i>	94	0.32	1.94
凤凰润楠 <i>Machilus phoenicis</i>	97	0.06	1.78
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	67	0.13	1.75
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	28	0.8	1.57
山乌柏 <i>Triadica cochinchinensis</i>	40	0.41	1.55
红鳞蒲桃 <i>Syzygium hancei</i>	51	0.05	1.54
绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i>	61	0.08	1.5
野柿 <i>Diospyros kaki</i> var. <i>silvestris</i>	41	0.22	1.29
桃叶石楠 <i>Photinia prunifolia</i>	33	0.05	1.09
新木姜子 <i>Neolitsea aurata</i>	33	0.03	1.06
中华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i>	27	0.07	1.06
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	21	0.18	1.00
其他 Others	461	1.10	18.42
总计 Total	3 359	27.36	100

## 2 结果与分析

### 2.1 物种组成

在南山保护区常绿阔叶林 1 hm<sup>2</sup> 样地调查到植物个体 3 359 株（不包括分枝），共 94 个物种，隶属于 35 科 65 属。其中，物种数最多的科为樟科，有 14 个物种，其次是山茶科，有 7 个物种，其他的科都不超过 5 种，只有一个种的科有 16 个，占总科数的 45.71%。样地中重要值大于 1 的物种有 26 个，重要值最大的物种为罗浮栲，其重要值为 14.58%。个体数量最多的物种为华南木姜子，为 671 株，但其胸高断面积较小，仅有 0.69 m<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>。样地中重要值的 4 个物种为罗浮栲、栲、华南木姜子、罗浮柿，这 4 个物种的个体数量之和为 1 473 株，占有所有植物个体数量的 47.78%，这 4 个物种的胸高断面积之和占有所有物种胸高断面积和的 57.27%，在群落中拥有绝对优势（表 1）。在此群落中，这四个物种的径级分布均呈明显的倒“J”型，说明这些种群还处于增长状态。罗浮栲有较多的大径个体，胸径大于 10 cm 的个体占 63.26%；栲胸径大于 10 cm 的个体占 61.76%；华南木姜子的全部个体都小于 10 cm；而罗浮柿 76.92% 的个体胸径都小于 10 cm（图 1）。

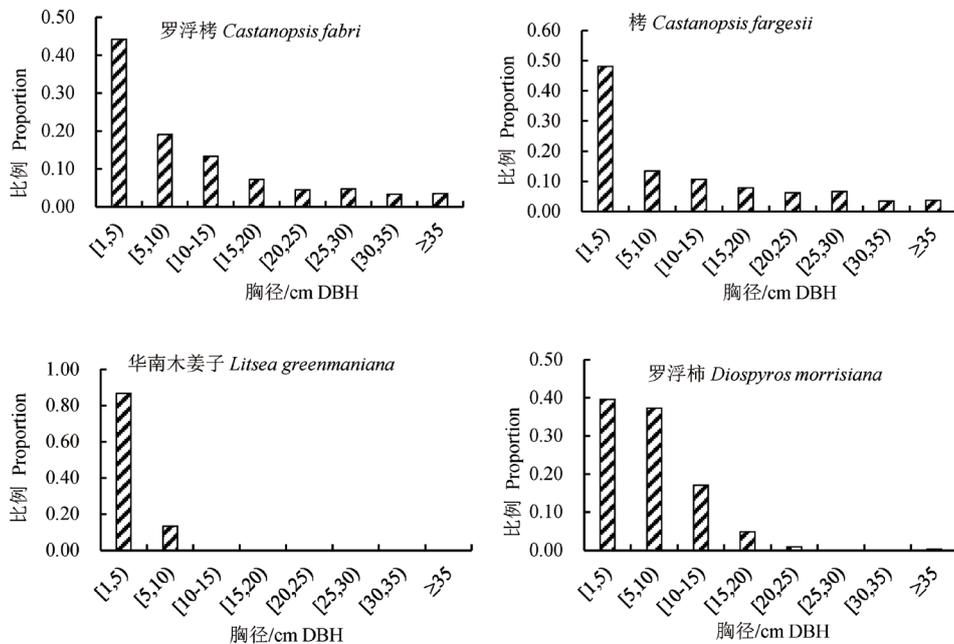


图 1 广东南山保护区常绿阔叶林 4 种主要树种的径级分布

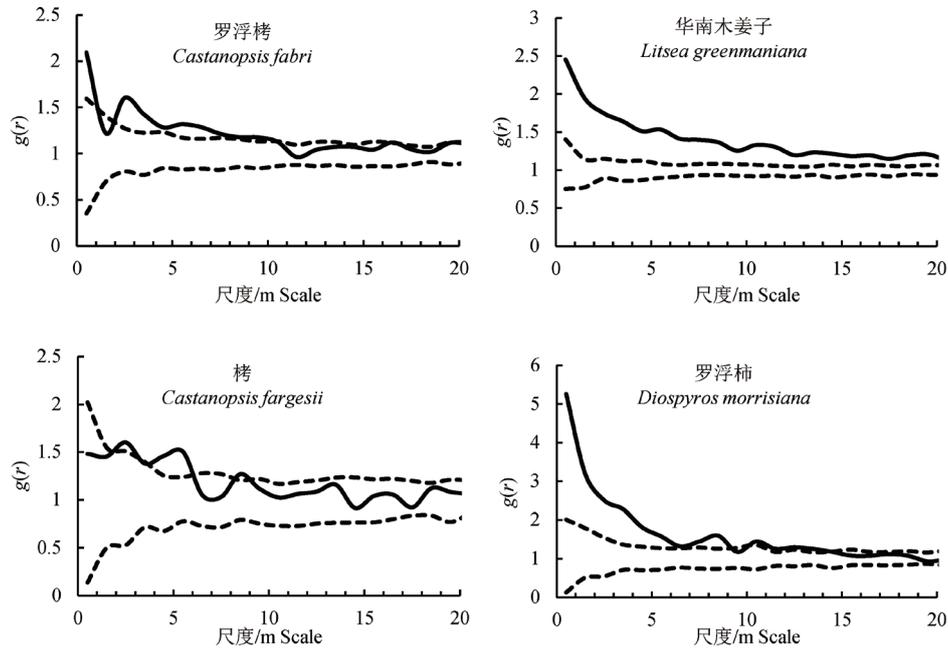
Fig. 1 Diameter class distribution of four main species of evergreen broad-leaved forest at Nanshan Natural Reserve of Guangdong

### 2.2 主要物种空间分布格局

样地中 4 个主要物种的空间分布格局随尺度的变化也发生变化。罗浮栲在 0~1.5 m, 2.5~10 m 的空间尺度上呈现聚集分布，在其他尺度上呈随机分布。栲在样地中主要呈随机分布，仅在 1.5~6.5 m、8.5~9.5 m 的尺度左右时呈现聚集分布，在其他尺度上呈随机分布。而华南木姜子在 0~20 m 的尺度上都呈聚集分布，但随着尺度的增大，聚集程度降低。罗浮柿在 0~9.5 m, 10.5~14.5 m 的尺度左右呈现聚集分布，其他尺度呈随机分布（图 2）。

### 2.3 种间关联

样地中的主要物种的之间的关联关系以无关联为主，只有个别物种在个别的尺度上呈现正关联或负关联。罗浮栲与华南木姜子在尺度为 1.5~2.5 m 左右时呈现负关联，而在 14.5~15.5 m、16.5~17.5 m 的尺度上呈现正关联。罗浮栲与栲在尺度为 5.5 m 左右时有一个微弱的负关联，其余尺度都无关联。罗浮栲与罗浮柿在 0~1.5 m、7.5~9.5 m、11.5~12.5 m、16.5~17.5 m 的尺度上呈现正关联。栲与罗浮柿在 1.5~5.5 m、6.5~7.5 m 呈正关联。华南木姜子与罗浮柿在 0~1.5 m 左右有微弱的正关联，在 9.5 m、15.5 m、17.5~18.5 m 的尺度呈负关联（图 3）。



注：实线为实际的  $g(r)$  值，虚线为包迹线，表示 99% 的置信区间。

Note: the solid line is  $g(r)$  value, dashed lines are the envelope curve, showing 95% confidence interval.

图 2 广东南山保护区常绿阔叶林 4 种主要树种的点格局分析

Fig. 2 Spatial distribution pattern of four main species of evergreen broad-leaved forest at Nanshan Natural Reserve of Guangdong

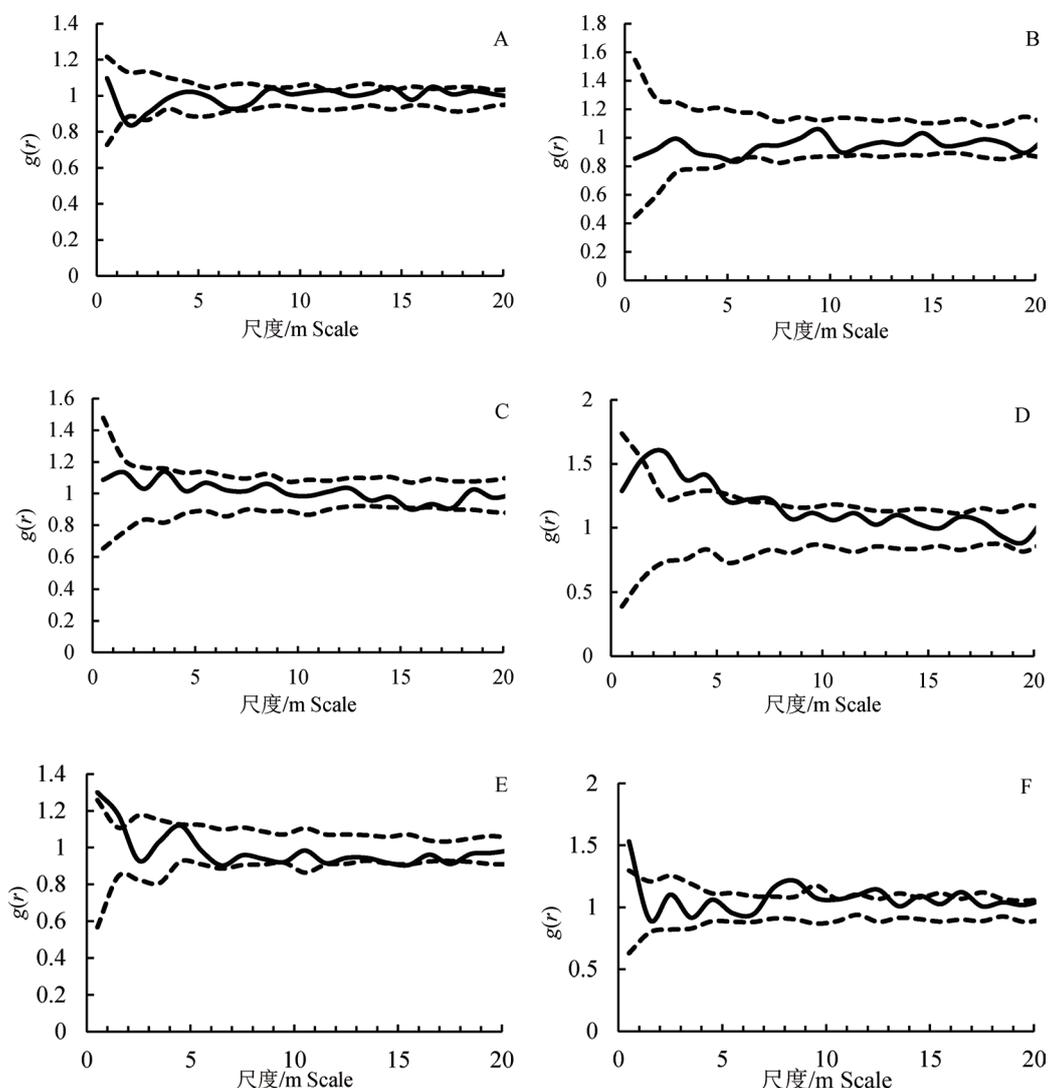
### 3 讨论与结论

物种组成是群落的基本特征，影响着群落的结构与功能，是多种因素共同作用的结果。广东南山保护区地处亚热带季风区，水热条件较优，同时经过保护区多年的保护实践，区域内的森林保存良好，物种多样性较高。在面积为  $1 \text{ hm}^2$  样地中共调查到 94 个物种，以樟科、山茶科的为优势科，同时样地内也有较多壳斗科的物种，这与缪绅裕等<sup>[1]</sup>研究的结果较为吻合，与附近地区的常绿阔叶林的物种组成也较为相似<sup>[15-16]</sup>。样地内以罗浮栲、栲、华南木姜子、罗浮柿 4 个物种重要值最大，个体数量所有植物个体数量的 47.78%，胸高断面积之和占有所有物种胸高断面积和的 57.27%，这几个物种在群落中起到最重要的作用，对群落的其他物种影响较大。因此，对它们进行空间格局的研究更有意义。在径阶分析中发现，罗浮栲和栲都存在较多大径个体，体现了其为高大乔木的特性，而华南木姜子和罗浮栲个体的胸径则较小，这也与其是灌木或小乔木的生物特性有关。这些生物也影响了物种的分布格局。

群落中主要物种的空间分布格局有一定的差

异。华南木姜子和罗浮柿以聚集分布为主，这两个物种主要是小乔木，小乔木在自然界中会偏向于聚集分布，物种在小尺度上的聚集可以使种群具有较强竞争能力<sup>[7]</sup>，从而提高物种的生存能力。而相比于这两个物种，罗浮栲和栲的聚集程度较低，在小尺度上都有出现随机分布的现象，这也可能与其自身生活型有关，罗浮栲和栲都是高大乔木，在小尺度上会存在竞争排斥<sup>[17]</sup>。同时，这两个物种在样地中更倾向于随机分布，分布范围较广，说明这两个物种有较强的适应能力<sup>[18]</sup>。此外，在尺度较大时这两个物种出现随机分布与聚集分布交替出现的现象，这可能是由于生境的异质性导致的<sup>[19]</sup>。因此，该群落主要物种的空间分布格局受到自身因素、生境异质性的影响。

群落中的主要物种之间在个别尺度上呈正关联或负关联，在大部分的尺度上无关联。说明这些物种相对独立，没有明显的竞争关系，它们之间存在生态位的分化，在群落中占据不同的层次和位置<sup>[10]</sup>，利用不同的空间和资源得以共存。一般而言，处于演替初期的群落，物种间的关联性会较低，这样的群落会继续演替，最终种间关系会趋于较明显的相关性<sup>[20]</sup>，这也印证了缪绅裕



注：A: 罗浮栲 vs. 华南木姜子；B: 罗浮栲 vs. 栲；C: 华南木姜子 vs. 栲；D: 栲 vs. 罗浮柿；E: 华南木姜子 vs. 罗浮柿；F: 罗浮栲 vs. 罗浮柿。实线为实际的  $g(r)$  值，虚线为包迹线，表示 99% 的置信区间。

Note: A: *Castanopsis fabri* vs. *Litsea greenmaniana*. B: *Castanopsis fabri* vs. *Castanopsis fargesii*. C: *Litsea greenmaniana* vs. *Castanopsis fargesii*. D: *Castanopsis fargesii* vs. *Diospyros morrisiana*. E: *Litsea greenmaniana* vs. *Diospyros morrisiana*. F: *Castanopsis fabri* vs. *Diospyros morrisiana*. The solid line is  $g(r)$  value, dashed lines are the envelope curve, showing 95% confidence interval.

图 3 广东南山保护区常绿阔叶林 4 种主要树种的种间关联

Fig.3 Correlations of four main species of evergreen broad-leaved forest at Nanshan Natural Reserve of Guangdong

等<sup>[1]</sup>关于南山保护区的群落会继续演替到顶级群落的判断。此外，华南木姜子与罗浮栲在个别尺度上呈现负关联，这两个物种都是小型乔木，在群落中主要占中间层，因而它们之间存在竞争关系，会有一定的竞争排斥<sup>[4]</sup>。

综上所述，南山保护区的常绿阔叶林植物种类多，1 hm<sup>2</sup>样地中有 35 科 65 属 94 个乔木树种。样地中的主要物种的空间分布模式有所差异，华南木姜子和罗浮栲主要为聚集分布，而罗浮栲和栲的聚集程度较低，这与植物自身特性和生境异

质性有关。群落主要物种之间的关联性不明显，除华南木姜子与罗浮栲有一定竞争外，整体竞争不明显，群落会继续演替。

#### 参考文献

- [1] 朱忠保. 森林生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.
- [2] 张金屯, 孟东平. 芦芽山华北落叶松林不同龄级立木的点格局分析[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 35-40.
- [3] 魏识广, 李林, 许睿, 等. 井冈山植物群落优势种空间

- 分布格局与种间关联[J]. 热带亚热带植物学报, 2015, 23(1): 74-80.
- [4] 农友, 郑路, 贾宏炎, 等. 广西大青山次生林的群落特征及主要乔木种群的空间分布格局[J]. 生物多样性, 2015, 23(3): 321-331.
- [5] 刘浩栋, 陈巧, 徐志扬, 等. 珍稀濒危树种陆均松天然种群结构与空间分布格局[J]. 生态学报, 2020, 40(9): 2985-2995.
- [6] CONDIT R, ASHTON P S, BAKER P, et al. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species[J]. *Science*, 2000, 288(5470): 1414-1418.
- [7] 严朝东, 黄世辉, 郑潮明, 等. 东莞大屏嶂森林种群空间分布格局[J]. 广东林业科技, 2011, 27(5): 19-24.
- [8] 吴初平, 袁位高, 盛卫星, 等. 浙江省典型天然次生林主要树种空间分布格局及其关联性[J]. 生态学报, 2018, 38(2): 537-549.
- [9] 地力夏提·包尔汉, 张绘芳, 朱雅丽, 等. 准格尔盆地梭梭天然更新幼苗空间格局与影响因子[J]. 西部林业科学, 2019, 48(1): 130-134.
- [10] 郭韵, 康宁, 董辉, 等. 极小种群博罗红豆的群落物种组成和空间分布格局[J]. 热带亚热带植物学报, 2020, 28(3): 301-309.
- [11] 缪绅裕, 王厚麟, 陈桂珠, 等. 广东始兴南山自然保护区植被的研究[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2006(5): 15-19; 95.
- [12] CONDIT R. Tropical Forest Census Plots: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and a Comparison with Other Plots[M]. Springer, Berlin, 1998.
- [13] WIEGAND T, MOLONEY K A. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology[J]. *Oikos*, 2004, 104(2): 209-229.
- [14] WIEGAND T, MOLONEY K A. Handbook of spatial point-pattern analysis in ecology[M]. Boca Raton, Florida: Chapman and Hall/CRC Press, 2014.
- [15] 邹国岳, 吴林芳, 赵袁, 等. 广东紫金黄龙村格木林群落特征分析[J]. 林业与环境科学, 2016, 32(4): 67-72.
- [16] 黄力明, 郭韵, 张硕, 等. 广东从化陈禾洞省级自然保护区维管植物区系研究[J]. 亚热带植物科学, 2019, 48(2): 169-175.
- [17] 梁爽, 许涵, 林家怡, 等. 尖峰岭热带山地雨林优势树种白颜树空间分布格局[J]. 植物生态学报, 2014, 38(12): 1273-1282.
- [18] 林路香, 何明华, 徐学英, 等. 广东孔江国家湿地公园 1 hm<sup>2</sup>阔叶混交林样地群落组成与结构研究[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(1): 9-20.
- [19] 王婷, 任思远, 袁志良, 等. 密度制约对宝天曼落叶阔叶林锐齿栎死亡前后分布格局的影响[J]. 生物多样性, 2014, 22(4): 449-457.
- [20] 郭忠玲, 马元丹, 郑金萍, 等. 长白山落叶阔叶混交林的物种多样性、种群空间分布格局及种间关联性研究[J]. 应用生态学报, 2004(11): 2013-2018.