

桂林喀斯特石山阴香群落主要种群的种间关系

张忠华, 梁士楚*, 胡刚

(广西师范大学生命科学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 采用 2×2 列联表的 χ^2 检验和 Spearman 秩相关系数, 分析了桂林喀斯特石山阴香群落乔木层 12 个和灌木层 13 个主要种的种间关系。结果表明: (1) 乔木层 χ^2 检验有 1 个种对为显著正关联, 1 个种对为显著负关联; Spearman 秩相关分析有 3 个种对为显著正相关, 4 个种对为显著负相关。灌木层 χ^2 检验仅有 1 个种对为显著正关联; Spearman 秩相关分析有 8 个种对为显著正相关, 2 个种对为显著负相关。整体来看, 种对间达到显著水平的种对数较少, 大多数种间关系松散, 独立性相对较强; (2) 正关联的种对主要体现了它们间生物学特性相近, 对生境的生态适应性相似和相互重叠的生态位; 而负关联的种对间往往具有不同的生物学特性, 对生境条件的适应性相异或存在相互竞争; (3) 喀斯特石山生境的复杂性和多样性, 以及人为干扰的加剧等因素对阴香群落种间关系的波动影响明显。

关键词: 阴香群落; 喀斯特石山; 种间关系; 桂林

中图分类号: Q948.15, S718.5

文献标识码: A

种间关系 (Interspecific relationships) 指异种种群之间的相互关系, 是植物种群间相互联系和相互影响的综合反映, 为植物群落重要的数量和结构特征之一^[1-2]。各个物种之间的相互关系, 尤其是主要优势种之间的相互关系, 决定着群落的组成结构和群落的动态发展^[3]。种间关系的研究在群落生态学中占有重要位置, 通过对种间关系的分析, 能客观反映物种在空间上的相互关系, 全面了解群落种类组成间的相互依存和相互制约的关系, 这对揭示群落结构、群落特征和群落演替等具有重要的意义^[4], 并可为退化生态系统的植被恢复与重建提供重要参考。

阴香 (*Cinnamomum bumanni*) 为樟科的常绿阔叶乔木树种, 我国主要分布于海南、广东、广西和云南等地^[5]。阴香通常是分布在非钙质土的生境中, 然而在桂林喀斯特石山上较为常见, 多分布在土壤

覆盖度较大、土层相对深厚的生境中, 并成为森林群落的建群种或优势种, 这对于喀斯特石山森林植被的演替方向研究和改善喀斯特石山生境条件具有重要意义。近年来, 国内学者在不同植被类型优势种的种间关系方面研究已有较多报道^[6-9]。而针对喀斯特地区植被生态学研究主要涉及植物区系^[10]、群落特征^[11-12]、种群结构与动态^[13-14]、物种多样性^[15-16]和生物量^[17-18]等几个方面, 对优势种的种间关系方面报道甚少, 对阴香群落的生态学研究也至今未有。喀斯特地区生态系统脆弱, 生境条件严酷, 植被易于破坏难于恢复, 石漠化程度加剧, 其生态环境的改善和石漠化治理的首要任务是植被恢复^[19]。本文通过对桂林喀斯特石山阴香群落主要种群的种间关系研究, 旨在深入认识喀斯特石山植物与环境间的相互关系, 以期对喀斯特地区退化生态系统的植被恢复与重建提供理论基础和科学依

收稿日期 (Received date): 2006-12-01; 改回日期 (Accepted): 2007-05-17。

基金项目 (Foundation item): 国家重点基础研究发展计划 (973) 项目课题 (2006CB403207)、广西“新世纪十百千人才工程”专项资金项目 (2003228)、广西研究生教育创新计划项目 (2006106020907m²9)。[National Key Project for Basic Research of China (No. 2006CB403207), Guangxi special foundation for Shi-Bai-Qian talents project (2003228) and the innovation project of Guangxi graduate education (2006106020907m²9)]

作者简介 (Biography): 张忠华 (1981-), 女, 安徽金寨人, 硕士研究生, 主要从事植物生态学研究。E-mail: ahzzl@sohu.com [Zhang Zhonghua (1981-), female, the Han nationality, born in Jinzhai County of Anhui, master mainly engage in the research of plant ecology]

* 通讯作者: Author for correspondence, E-mail: gxk@sina.com

据。

1 研究地概况

研究区位于桂林喀斯特地貌区,地处广西壮族自治区东北部,110°9′~110°42′E,24°40′~25°40′N。该区喀斯特地貌特征明显,海拔多在100~500 m之间。气候属于中亚热带湿润季风气候,气候温和,雨量充沛。年平均气温19℃,日照1465 h。最冷的1月平均气温8℃,最热的8月平均气温28℃,全年无霜期309 d年平均降雨量为1856.7 mm,降雨量年分配不均,秋、冬季干燥少雨,年平均蒸发量为1458.4 mm。

研究样地设在桂林市的普陀山、南溪山和阳朔喀斯特石山自然生长的阴香群落内。阴香群落总盖度80%左右,以阴香占绝对优势,其他种类见有石山桂花(*Osmanthus fordii*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、翅荚香槐(*Cladrastis platycarpa*)、菜豆树(*Rademachera sinica*)、香槐(*Cladrastis wilsonii*)等。灌木层盖度20%~30%,组成种类除部分上层乔木幼树外,灌木种类主要有红背山麻杆(*Alchornea trachoides*)、皱雀梅藤(*Sageretia rugosa*)、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)和小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)等。草本层植物种类少,盖度低,主要有麦冬(*Ophiopogon japonicus*)、苔草(*Carex* sp.)、荩草(*Arthraxon*

hispidus)和剑叶凤尾蕨(*Pteris ensiformis*)等。

2 研究方法

2.1 样地调查与数据处理

经充分踏查,根据阴香群落的类型、结构以及生境等特点,共选择了11个样地。由于组成种类较少,且结构较为简单,样方大小为10 m×10 m,共调查了34个样方。采用每木调查法,测量样方内所有树种胸径≥2.5 cm的个体的相对坐标、株高、胸围、冠幅等数量特征;并在样方内设置5 m×5 m的小样方,分别统计灌木层和草本层的物种个体数、高度和盖度等指标,同时记录样地的群落盖度、岩石裸露率、坡度、坡向等群落综合特征和生境特征。文中将个体胸径<2.5 cm的乔木幼树归入灌木层统计,并把它们与乔木层分别讨论^[6,20],最终选取12个乔木层和13个灌木层主要种进行种间关系分析(表1)。

2.2 数据分析

2.2.1 χ^2 检验

根据取样资料,将原始数据转化为0/1形式的二元数据矩阵,建立2×2联列表,分别统计出a、b、c、d值。其中,a为种A和种B均出现的样方数,b为仅有种A出现的样方数,c为仅有种B出现的样方数,d为两个种均不出现的样方数,样方总数N=a+b+c+d。由于取样为非连续性取样,对于非连

表 1 阴香群落乔木层和灌木层主要种的种名及种号

Table 1 Name and number of main species in tree layer and shrub layer of *C. bumannii* community

乔木层主要种 Main species in tree layer		灌木层主要种 Main species in shrub layer	
种号 Species No	种名 Species name	种号 Species No	种名 Species name
1	阴香 <i>Cinnamomum bumannii</i>	1	阴香 <i>Cinnamomum bumannii</i>
2	石山桂花 <i>Osmanthus fordii</i>	2	石山桂花 <i>Osmanthus fordii</i>
3	侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	3	红背山麻杆 <i>Alchornea trachoides</i>
4	翅荚香槐 <i>Cladrastis platycarpa</i>	4	粗糠柴 <i>Mallotus philippinensis</i>
5	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	5	皱雀梅藤 <i>Sageretia rugosa</i>
6	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	6	香槐 <i>Cladrastis wilsonii</i>
7	朴树 <i>Celtis sinensis</i>	7	胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i>
8	菜豆树 <i>Rademachera sinica</i>	8	小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>
9	香槐 <i>Cladrastis wilsonii</i>	9	朴树 <i>Celtis sinensis</i>
10	苦楝 <i>Melia azedarach</i>	10	山合欢 <i>Albizia kalkora</i>
11	粗糠柴 <i>Mallotus philippensis</i>	11	柞木 <i>Xylocarpus rhacemosa</i>
12	大叶女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	12	崖棕 <i>Guizhou argyratea</i>
		13	三叶五加 <i>Acanthopanax trifoliatum</i>

续性数据的 χ^2 检验用 Yates 的连续纠正公式计算^[21]。其表达式如下

$$\chi^2 = \frac{(|ad - bc| - 0.5N)^2 N}{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}$$

根据 χ^2 结果查表, 当 $P > 0.05$ 时, 即 $\chi^2 < 3.841$ 时, 种间联结不显著; 当 $0.01 < P < 0.05$ 时, 即 $3.841 < \chi^2 < 6.635$ 种间联结显著; 当 $p < 0.01$ 时, 即 $\chi^2 > 6.635$ 种间联结极显著。 χ^2 值本身没有负值, 判断种间正负联结的方法是当 $ad > bc$ 时为正联结, $ad < bc$ 为负联结。

2.2.2 Spearm an秩相关分析

Spearm an秩相关系数属于非参数检验, 其表达式如下^[22]

$$r_{(i,k)} = 1 - \frac{6 \sum_{j=1}^N d_j^2}{N^3 - N}$$

式中 N 为样方数; $d_j = (x_{ij} - x_{kj})$, 其中 x_{ij} 和 x_{kj} 分别为种 i 和种 k 在样方 j 中的秩。这里采用重要值^[23]作为秩相关分析的数量指标, 重要值计算方法为:

乔木层重要值 = (相对盖度 + 相对高度 + 相对优势度) / 300

灌木层重要值 = (相对盖度 + 相对高度) / 200

3 结果与分析

由于 χ^2 检验主要考虑种对的两个种在样方中出现的频度, 以种存在与否的二元数据为依据, 而阴香在乔木层和灌木层所有样方中均出现, 它与其他种的关系仅有 2 种情况: (1) 2 个种都存在; (2) 阴香存在而其他种不存在。因而他与其他物种之间的关系无法通过 χ^2 检验来确定, 但这并不表明阴香与其他物种之间不存在关联, 文中通过 Spearm an秩相关系数的测定结果来体现它们间的关联性。

3.1 乔木层种间关联分析

选取出现频度相对较高的 12 种乔木, 应用 χ^2 检验、Spearm an 秩相关系数分析其种间关联性, 结果见半矩阵图 (图 1) 和表 2。

χ^2 检验结果显示乔木层种对中, 27 个种对正联结, 28 个种对负联结, 其中, 显著水平以上的正、负联结种对各 1 个, 正联结与负联结的种对数几乎各占 50%。从结果可看出群落中的大多数种群间联结性较弱, 关系松散, 群落内部在长期演替过程中, 相互依存与相互排斥作用共存, 有一部分种群占据了适宜的生态位, 彼此适应, 和谐共处; 而另外一部

分种群独立性较强或存在一定竞争。樟树与马尾松之间表现出显著正联结, 它们均为乔木层第一层优势高大乔木, 占据相似的高度生态位, 从而在一定程度上体现了它们利用资源的相似性。香槐与翅荚香槐间呈显著负联结, 它们均为喜光树种, 且都是大乔木, 互相争夺环境资源, 不利于双方生长, 它们很少同时出现在同一生境中, 所以表现为显著负相关。绝大多数种对间联结性不显著, 说明了种对间的独立性较强。

从 Spearm an 秩相关分析结果可知, 乔木层 66 个种对中正相关 28 个, 负相关 38 个, 分别占总种对数的 42.4% 和 57.6%。其中, 显著水平以上种对数中正相关 3 个, 负相关 4 个。Spearm an 秩相关分析结果达到显著水平的种对数高于 χ^2 检验, 其敏感度和精确度均较高。石山桂花与朴树呈极显著正相关, 它们均为阳性树种, 在喀斯特石山上较常见, 适应能力强, 生境上的相似使得两者呈现极显著正相关。粗糠柴与大叶女贞呈显著正相关, 主要由于它们均为乔木层第二亚层植物种, 占据相似的高度生态位, 且适应性较强, 对土壤要求不甚严格, 对生境具有相似的生态适应性。阴香与侧柏、翅荚香槐、朴树呈极显著或显著负相关, 可能不是因对环境要求不同而形成的负相关关系, 而可能是由于阴香与这些物种存在环境营养空间和资源的有限性而为争夺资源产生竞争和排斥, 也可能与他感作用有关。阴香作为群落中的建群种, 不仅控制着群落的环境而且对群落内其他乔木种群也具有竞争或排斥的作用, 因而与多数树种间表现出负相关。

3.2 灌木层种间关联分析

灌木层选取 13 个主要种分析其种间关联性, 计算结果见半矩阵图 (图 2) 和表 2。

由 χ^2 检验结果可以看出, 正联结的种对数 32 个, 负联结种对 34 个, 分别占总种对数的 48.5%、51.5%。其中, 显著水平以上的正联结种对数只有 1 个, 其余 65 个种对联结性未达到显著水平, 说明绝大多数种群之间联结性较弱, 种间独立性较强。红背山麻杆与香槐呈显著正联结, 这与它们的生态习性和对资源利用相似性有关, 其均能较好地适应喀斯特石山干燥、碱性的土壤环境, 在石山灌丛中较为常见。

Spearm an 秩相关分析显示 78 个种对中, 正相关的种对 35 对, 占种对数的 44.9%, 负相关的种对 43 对, 占 55.1%, 其中, 达到显著水平以上的正相关

表 2 阴香群落主要种的种间关联性统计
Table 2 Interspecific association among main species of *C. bumannii* community

种间关系		极显著关联的种对数 Species-pairs being very significant association ($p < 0.01$)		显著关联的种对数 Species-pairs being significant association ($0.01 < p < 0.05$)		不显著关联的种对数 Species-pairs being no significant association ($P > 0.05$)	
		正关联 Positive	负关联 Negative	正关联 Positive	负关联 Negative	正关联 Positive	负关联 Negative
χ^2 检验 χ^2 test	乔木层 Tree layer	0	0	1	1	26	27
	灌木层 Shrub layer	0	0	1	0	31	34
	Speaman秩相关系数 Speaman's rank correlation coefficients	1	1	2	3	25	34
	乔木层 Tree layer						
	灌木层 Shrub layer	1	0	7	2	27	41

8个, 负相关 2个, 分别占总种数的 10.3% 和 2.6%, 其余 68个种对相关性的不显著。负相关种对数稍多于正相关种对数, 这可能是各植物种对生境具有不同的生态适应性, 生态位出现分化的结果。红背山麻杆与香槐在 Speaman秩相关分析中呈现极显著正相关。石山桂花与粗糠柴呈显著正相关, 主要由于它们都是乔木幼树, 在灌木层中具有较大的分布范围, 生态幅广, 对综合环境条件的要求相似, 在一定程度上体现了它们生态位的重叠性。朴树与胡颓子、三叶五加与红背山麻杆等种对间表现出显著正相关, 是因为它们都为阳性树种, 喜光, 对综合环境条件的要求相似, 生态习性相近。阴香、石山桂花与朴树种对间呈显著负相关, 主要是由于阴香、石山桂花幼树是灌木层的优势种, 样方中出现较多, 有较大的生态位宽度, 而朴树分布区域相对较小, 仅在部分样方中出现较多, 相互分离的生态位导致呈显著负相关。由于喀斯特石山的微地形与小生境类型的变化明显, 导致不同地段的生境异质性程度差异较大, 岩石的裸露程度与土壤覆盖度的不连续性和不均匀性变化, 使得植物对不同生境特点的适应性上出现差异, 从而也避免了对有限资源的竞争, 种对间的关联性下降。

4 讨论

以 2×2 列联表为基础的 χ^2 检验不能很好地反映两个变量在数量上的变化趋势, 其结果受样方面

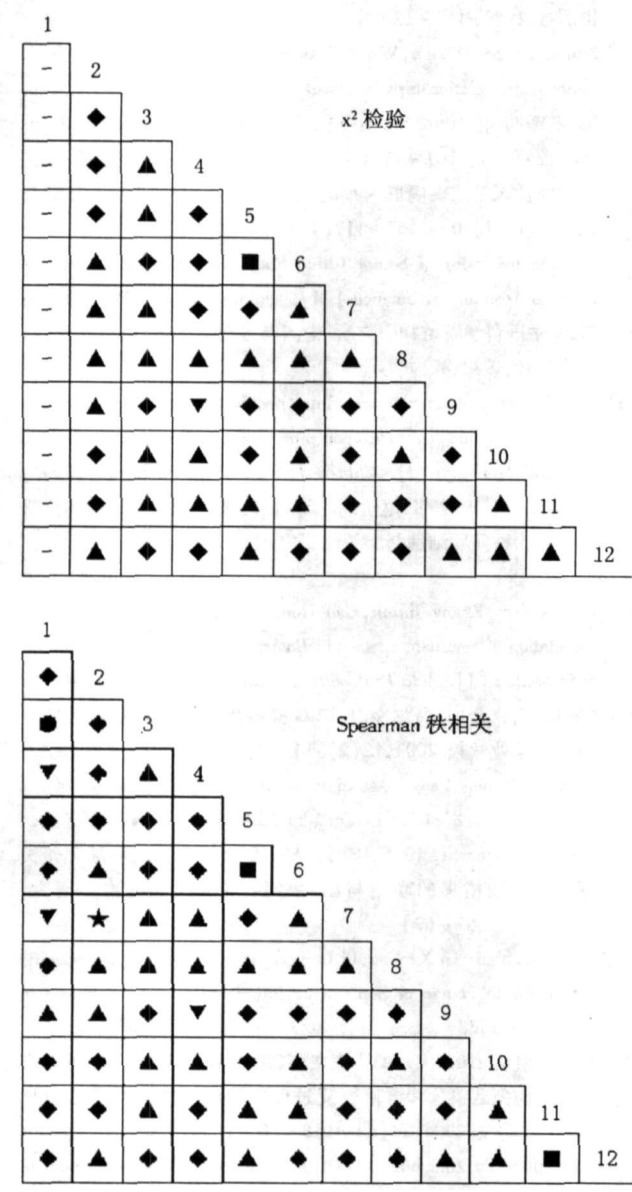
积大小和数目多少的影响很大, 而 Speaman秩相关系数基于数量数据, 属于非参数检验, 应用起来比较灵活方便^[24]。本研究中, Speaman秩相关分析结果中显著水平以上的种对数明显多于 χ^2 检验结果, 如: 乔木层中, 石山桂花与朴树在 χ^2 检验中联结性不显著, 而在 Speaman秩相关分析中呈显著正相关; 灌木层中, 红背山麻杆与香槐间在 χ^2 检验中呈显著正联结, 而在 Speaman秩相关分析中呈极显著正相关。这表明秩相关系数的灵敏度较高, 是对 χ^2 检验的有效补充和完善。

阴香群落乔木层 12个和灌木层 13个主要种, 经 χ^2 检验和 Speaman秩相关分析可知, 绝大多数种对间的关联性不显著, 种对间的独立性较强, 乔木层和灌木层优势种在整体上表现出一定的负相关趋势。种对的正关联, 主要是由于它们具有相近的生物学特性, 对生境具有相似的生态适应性, 体现了植物利用资源的相似性和生态位的重叠性。而种对间的负关联, 则主要是由于生物学特性的不同, 对生境具有不同的生态适应性或相互竞争所致, 体现了物种间的排斥性, 这是长期适应不同微环境, 利用不同空间资源的结果, 也是生态位分离的反映^[25]。胡理乐^[26]等认为, 负联结的种对不一定是种间排斥的结果, 可能是对环境喜好不同所致。阴香群落在长期的演替过程中, 由于种内种间的竞争, 生态位分化, 各物种占据有利于自己的位置, 和谐共处, 相互依存; 另外, 喀斯特石山的地形地貌复杂, 生境的异质性程度高, 不同地段、不同坡向、坡位的小生境均存

在差异, 植物对生境的生态适应性不同, 出现分布上的差异。在所调查的阴香样地中, 岩石裸露率、土壤盖度、厚度以及 pH 值等均存在较明显的差异, 同一样地不同地段, 差异也较明显; 并且外界干扰的无序性, 特别是人为干扰因素的加剧, 引起阴香群落优势

种之间关系的波动, 使得对喀斯特石山土层浅薄、岩石裸露等贫瘠的土壤环境有不同适应性的种群之间竞争作用加强, 因此, 在乔木层和灌木层优势种种对中, 多数种对间表现出关联性不强, 关系松散, 独立性分布较多, 且呈现一定的负关联趋势。

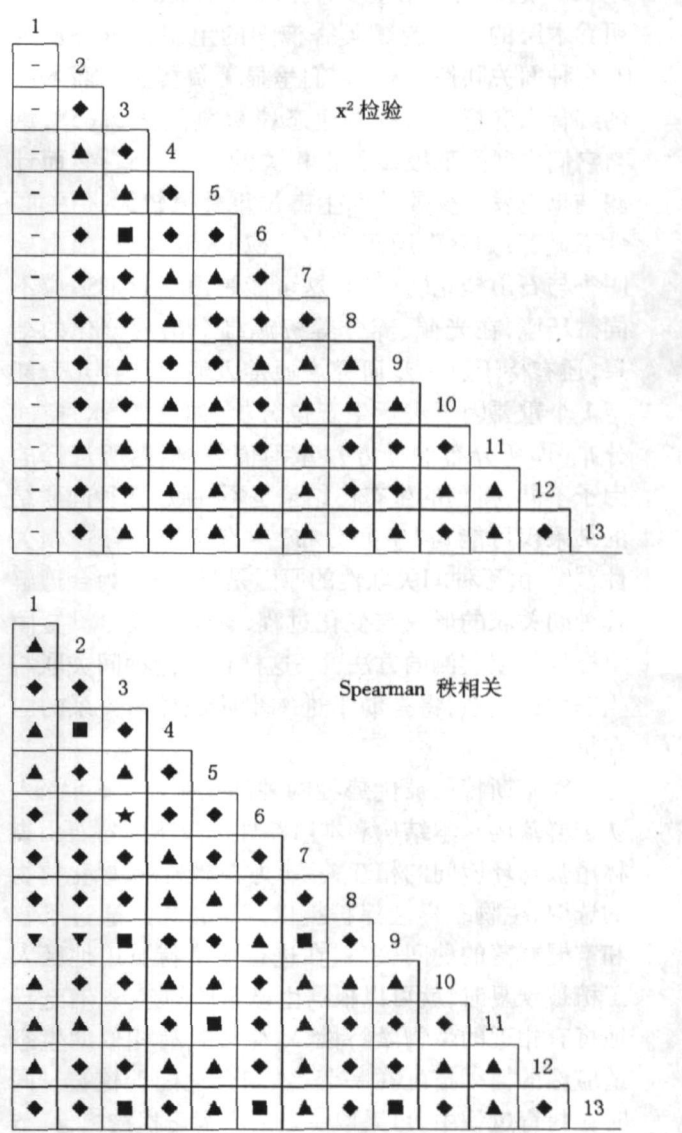
种间联结是对种群之间关系的外在现象的描



正关联 Positive association ★ $p \leq 0.01$ (极显著 very significant), Positive association ■ $0.01 < p \leq 0.05$ (显著 significant), ▲ $0.05 < p$ (不显著 no significant); 负关联 Negative association ● $p \leq 0.01$ (极显著 very significant), 0.01 < $p \leq 0.05$ (显著 significant), ◆ $0.05 < p$ (不显著 no significant), - 不确定 Indeterminate 注 Note: 1~12 种名见表 1 Code 1~12 species name are in the table 1.

图 1 阴香群落乔木层 12 个主要种种间
关联测定半矩阵图

Fig 1 Half-matrix diagram of interspecific association test of
12 main species in tree layer of *C. bumannii* community



正关联 Positive association ★ $p \leq 0.01$ (极显著 very significant), ■ $0.01 < p \leq 0.05$ (显著 significant), ▲ $0.05 < p$ (不显著 no significant); 负关联 Negative association ● $p \leq 0.01$ (极显著 very significant), $0.01 < p \leq 0.05$ (显著 significant), ◆ $0.05 < p$ (不显著 no significant), - 不确定 Indeterminate 注 Note: 1~13 种名见表 1 Code 1~13 species name are in the table 1.

图 2 阴香群落灌木层 13 个主要种种
间关联测定半矩阵图

Fig 2 Half-matrix diagram of interspecific association test of 13
main species in shrub layer of *C. bumannii* community

述,不能揭示其过程^[27];要深入到内在机制需要借助其他生态学方法,生态位理论在研究物种关系方面有广阔的应用前景^[28]。种间关联与生态位都是表征种间相互作用的重要方面,它们之间有较好的相关性。正关联显著的种对,一般具有较高的生态位重叠值;而负关联显著的种对,重叠值很小或为零^[29]。通过对群落主要种生态位重叠值的计测,表明乔木层的香槐与翅荚香槐间的生态位重叠值为0.95,在种间关联性分析,它们呈显著负相关。灌木层的红背山麻杆与香槐的生态位重叠值达0.858,这与它们之间呈现极显著正相关的关系一致;然而计测结果也发现少数种间生态位重叠值较大,但关联性不显著,如乔木层阴香与香槐、大叶女贞,灌木层阴香与石山桂花幼树等,这可能是由于长期适应不同微环境,在光照、养分等资源维上出现分化的结果,还有待于进一步研究。通常人们只选择几个甚至1个重要因子进行生态位分析,如温度、水、空间分布(即所分布的样方)、重要值等,根据所选择的因子不同,得到的生态位结果也不一致,而种间联结的结果仅可能与“空间分布”生态位结果存在相关性^[26]。由于种间关联性的原因是复杂的,为合理解释种间关联的形成与变化过程,有学者提出设置固定样地长期监测的方法^[30],这样再讨论种间关联与生态位的关系,将有助于进一步认识种间关系的内在机制。

对喀斯特植被优势种的种间关系研究,可深入认识群落的基本结构和本质特性以及喀斯特石山森林植被与环境间的相互关系,为森林经营、绿化植物的选取、生物多样性保护提供理论依据。通过了解和掌握群落的种间关系,在进行喀斯特石山地区人工植被恢复时,就可以根据生境条件的差异,有选择地将有相近的生物学特性,对生境具有相似的生态适应性的树种搭配在一起,做到合理配置植被。同时在封育过程中,可采取一定的人为干扰措施,调节种间关系,诱导植被演替更新,可促进喀斯特植被的恢复,丰富生态系统的生物多样性。

参考文献 (References)

- [1] Zhang Lu, Su Zhiyao, Chen Beiguang. Interspecific relationships in the forest community dominated by *Pinus kwangtungensis*, a Chinese native species [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1063~1072 [张璐, 苏志尧, 陈北光. 中国特有植物——华南五针松群落的种间关系 [J]. 生态学报, 2006 26(4): 1063~1072]
- [2] Liang Shichu. Studies on the interspecific covariation of 16 common

- tree species in the succession of *Pubescens hombeam* community [J]. *Guihaia*, 1995, 15(4): 335~339 [梁士楚, 云贵鹅耳枥群落演替中乔木树种间协变的研究 [J]. 广西植物, 1995 15(4): 335~339]
- [3] Wang Bosun, Peng Shaolin, Li Mingguang. Plant Population Ecology [M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1995. 132~148 [王伯荪, 彭少麟, 李鸣光. 植物种群学 [M]. 广州: 中山大学出版社, 1989. 115~120]
- [4] Zhu Lijun, Su Zhixian, Wang Weiwei et al. Numerical analysis on interspecific relationships in *Davidia involucrata* community in Sanjiang Wobang Nature Reserve [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(10): 1167~1171 [朱利君, 苏智先, 王伟伟, 等. 卧龙自然保护区三江珙桐群落种间关系的数量分析 [J]. 生态学报, 2005, 24(10): 1167~1171]
- [5] The Picture Index of Senior China Plant. Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences [M]. Beijing: Science Press, 1983. 821 [中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 1983. 821]
- [6] Sun Zhongwei, Zhao Shidong. Interspecific association and correlation of line-broad leaved Korean pine forest on the northern slope of Changbai Mountain [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, 7(1): 1~5 [孙中伟, 赵士洞. 长白山北坡椴树阔叶红松林群落木本植物种间联结性与相关性研究 [J]. 应用生态学报, 1996, 7(1): 1~5]
- [7] Guo Xiaoyu, Zhang Jintun, Gao Hongwen. A study on interspecific association of dominant species in *Bothriochloa ischaemum* community in Shanxi [J]. *Acta Praticulturae Sinica*, 2003, 12(2): 14~19 [郭逍宇, 张金屯, 高洪文. 白羊草群落优势种种间联结性的分析 [J]. 草业学报, 2003, 12(2): 14~19]
- [8] Li Wei, Zhong Yang. Association and correlation analysis of the shoreline wetland plants in Futouhu lake [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1995, 13(1): 65~69 [李伟, 钟扬. 湖北斧头湖湖滨湿地植物的联结与相关分析 [J]. 武汉植物学研究, 1995, 13(1): 65~69]
- [9] Zhang Wenhui, Xu Xuehua, Li Dengwu, et al. Study on interspecific association in course of *Sophora davidii* communities recovering in Loess Plateau hilly region [J]. *Acta Bot Boreal - Occident Sin*, 2004, 24(6): 1018~1023 [张文辉, 徐学华, 李登武, 等. 黄土高原丘陵沟壑区狼牙刺群落恢复过程中的种间联结性研究 [J]. 西北植物学报, 2004 24(6): 1018~1023]
- [10] Ou Zukun, Su Zongming, Li Xiankun. Flora of Karst vegetation in Guangxi [J]. *Guihaia*, 2004, 24(4): 302~310 [欧祖兰, 苏宗明, 李先琨. 广西喀斯特植被植物区系 [J]. 广西植物, 2004 24(4): 302~310]
- [11] Hu Shunshi, Wang Xianbo. Main types of *Quercus phillyraeoides* forest in limestone hills of Yangshuo district, Guangxi and its way of rational utilization [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1983, 3(3): 131~147 [胡舜士, 王献溥. 广西阳朔石灰岩山地乌岗栎林的主要类型及其合理利用的方向 [J]. 植物研究, 1983 3(3): 131~147]
- [12] Ling Shijiang, Zhao Tianlin, Tang Runqin et al. Preliminary studies on the phytocenological features of the *Calocedrus macrolepis*

- community in Mulin Huanjiang county, Guangxi [J]. *Guihaia*, 1997, 17(4): 321~ 330 [宁世江, 赵天林, 唐润琴, 等. 木论喀斯特林区翠柏群落学特征的初步研究 [J]. 广西植物, 1997, 17(4): 321~ 330]
- [13] Liang Shichu. A preliminary study on the structure and dynamics of *Pubescent hombam* population in Karst mountain of Guiyang [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1992, 16(2): 108~ 117 [梁士楚. 贵阳喀斯特山地云贵鹅耳枥种群结构和动态初探 [J]. 生态学报, 1992, 16(2): 108~ 117]
- [14] Du DaoLin, Liu Yudeng, Su Jie. A preliminary study on the structure and dynamic of *Pinus huangtungensis* population in Karst mountain of Maolan, China [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1996, 20(2): 159~ 166 [杜道林, 刘玉成, 苏杰. 茂兰喀斯特山地广东松种群结构和动态的研究 [J]. 植物生态学报, 1996, 20(2): 159~ 166]
- [15] Jiang Guofang. A preliminary report on the biodiversity in the Mulin Karst Forest [J]. *Biodiversity science*, 1995, 3(2): 91~ 94 [蒋国芳. 木论喀斯特森林区生物多样性初报 [J]. 生物多样性, 1995, 3(2): 91~ 94]
- [16] Ou Zukun, Li Xiankun, Su Zongming. Population variation and species diversity in succession process of karst vegetation in Yangshuo [J]. *Ecological Science*, 2005, 24(4): 295~ 297 [欧祖兰, 李先琨, 苏宗明. 广西阳朔喀斯特植被演替过程种群变化及物种多样性 [J]. 生态科学, 2005, 24(4): 295~ 297]
- [17] Zhu Shouqian, Wei Lunling, Chen Zhengren, et al. A preliminary study on biomass components of Karst forest in Maolan of Guizhou province, China [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1995, 19(4): 358~ 367 [朱守谦, 魏鲁明, 陈正仁, 等. 茂兰喀斯特森林生物量构成初步研究 [J]. 植物生态学报, 1995, 19(4): 358~ 367]
- [18] Tu Yulin, Yang Jun. Study on biomass the Karst scrub community in central region of Guizhou province [J]. *Carsologica Sinica*, 1995, 14(3): 199~ 208 [屠玉麟, 杨军. 贵州中部喀斯特灌丛群落生物量研究 [J]. 中国喀斯特, 1995, 14(3): 199~ 208]
- [19] Li Xiankun, Su Zongming, Lv Shihong, et al. The Spatial Pattern of Natural Vegetation in the Karst Regions of Guangxi and the Ecological Signality for Ecosystem Rehabilitation and Reconstruction [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(2): 129~ 130 [李先琨, 苏宗明, 吕仕洪, 等. 广西喀斯特植被自然分布规律及对喀斯特生态恢复重建的意义 [J]. 山地学报, 2003, 21(2): 129~ 130]
- [20] Jin Cexin. A study of dominant population structure and interspecific association of *heptacodium miconioides* community in tiantai mountain of Zhejiang province [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2002, 22(1): 76~ 83 [金则新. 浙江天台山七子花群落优势种群结构及种间联结性研究 [J]. 植物研究, 2002, 22(1): 76~ 83]
- [21] Hubert SH. A coefficient of interspecific association [J]. *Ecology*, 1971, 50: 1~ 9
- [22] Zhang Jintun. Quantity Ecology [M]. Beijing: Science Press, 2004, 102~ 103 [张金屯. 数量生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004, 102~ 103]
- [23] Zhang Feng, Zhang Jintun, Han Guangye. Interspecific relationships and environmental interpretation of the main tree species in the forest communities of Zhuweigou in Lishan mountain nature reserve [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 2002, 26 (Suppl.) 52~ 56 [张峰, 张金屯, 韩广业. 历山自然保护区猪尾沟森林群落树种间关系及环境解释 [J]. 植物生态学报, 2002, 26(增刊) 52~ 56]
- [24] Niu Liqin, Shang Guang Tieliang, Chen Zhanhong. Interspecific relations of the dominant plant populations in the middle part of Zhongtiaoshan mountain [J]. *Acta Bot. Boreal - Occident Sin.*, 2005, 25(12): 2465~ 2471 [牛莉芹, 上官铁梁, 程占红. 中条山中段植物群落优势种群的种间关系研究 [J]. 西北植物学报, 2005, 25(12): 2465~ 2471]
- [25] Li Jin, Shang Guang Tieliang. Interspecific relationships of dominant species in *Hippophae rhamnoides* Subsp. *Sinensis* community in the North of Shanxi [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(2): 222~ 227 [李晶, 上官铁梁. 山西北部沙棘群落优势种群间关系 [J]. 山地学报, 2006, 24(2): 222~ 227]
- [26] Hu Lik, Yan Boqian, Liu Qi, et al. Interspecific association between understory species in a southern highland plantation [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(11): 2019~ 2024 [胡理乐, 闫伯前, 刘琪, 等. 南方丘陵人工林林下植物种间关系分析 [J]. 应用生态学, 2005, 16(11): 2019~ 2024]
- [27] Zhao Yonghua, Lei Ruide, He Xingyuan, et al. Niche characteristics of plant populations in *Quercus aliena* var. *auteserrata* stands in Qinling Mountains [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6): 913~ 918 [赵永华, 雷瑞德, 何兴元, 等. 秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 913~ 918]
- [28] Elton C. Animal Ecology [M]. London: Sidgwick & Jackson, 1927.
- [29] Yan Meining, Shang Guan Tieliang, Zhang Jintun, et al. Interspecific association and correlation of dominant species in *Oxytropis coerulea* community in Wutai Mountains [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(4): 354~ 358 [闫美芳, 上官铁梁, 张金屯, 等. 五台山蓝花棘豆群落优势种群的种间关系分析 [J]. 生态学杂志, 2006, 25(4): 354~ 358]
- [30] Du DaoLin, Liu Yucheng, Li Rui. Studies on the interspecific association of dominant species in a subtropical *Catanopsis fargesii* forest of Jinyun mountain, China [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1995, 19(2): 149~ 157 [杜道林, 刘玉成, 李睿, 等. 缙云山亚热带栲树林优势种群间联结性研究 [J]. 植物生态学报, 1995, 19(2): 149~ 157]

Interspecific Relationships among Main Species of *Cinnamomum bumannii* Community on Karst Hills of Guilin

ZHANG Zhonghua, LIANG Shichu, HU Gang

(College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004 China)

Abstract Based on the data collected from field investigations, the interspecific relationships of 12 tree layer species and 13 shrub layer main species of *Cinnamomum bumannii* community on karst hills of Guilin were analyzed by using χ^2 test and Spearman's rank correlation coefficient. The results show that: (1) In tree layer, based on χ^2 test ($p < 0.05$), one species-pairs showed significant positive association, and one species-pairs showed significant negative association. Based on Spearman's rank coefficients, 3 species-pairs were significant or very significant positive correlation, and 4 species-pairs had significant or very significant negative correlation. In shrub layer, based on χ^2 test ($p < 0.05$), one species-pairs showed significant positive association. Based on Spearman's rank coefficients, 8 species-pairs were significant or very significant positive correlation, and 2 species-pairs had significant or very significant negative correlation. On the whole, species-pairs that present significant or very significant association was few in number, most species were not closely related with each other and independently distributed. (2) The species with similar in biological features or in ecological adaptability to the habitat or with higher degree of niche overlap tended to be positively related, while those with different biological features and different adaptability to the habitat or existing inter-competitions tended to be negatively related. (3) The main factors that significantly affect the fluctuation of interspecific relationships in *C. bumannii* community were the complexity and diversity of habitats of Karst hills, human disturbance, etc.

Key words *Cinnamomum bumannii* community; Karst hill; interspecific relationships; Guilin