

# 香料植物桂花次生林群落的种间分离

林勇明<sup>1</sup>, 吴承祯<sup>1</sup>, 洪伟<sup>1</sup>, 胡喜生<sup>2</sup>, 范海兰<sup>1</sup>, 宋萍<sup>1</sup>

(1 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002 2 福建农林大学交通学院, 福建 福州 350002)

**摘要:** 基于野外调查数据, 对福建省长汀县石峰寨风景区桂花次生林群落 36个 10 m × 10 m 样方内所有高度 ≥ 1.5 m 且个体株数 > 10的物种个体绘制空间分布图, 应用最近邻体法判定每个个体的最近邻体植株, 然后采用 N × N 最近邻体列联表的截表法研究桂花次生林群落的种间分离规律。结果表明: 在 14 个主要树种形成的 91 组种对中, 绝大多数种对的种间关系表现为显著正分离 (占 61.54%), 如桂花与云山青冈、欒木与大叶桂樱、小构树与盐肤木等; 其他种对表现为随机毗邻 (占 38.46%), 如桂花与欒木、枫香与米槠、米槠与苦槠等, 没有出现显著负分离种对。呈正分离的种对, 可能是因为人为干扰和物种生态特性而形成的。在此基础上, 应用检验法研究了桂花次生林中物种的总体分离规律。结果表明: 桂花次生林中 14 个物种互相交错分布, 是全面不分离的。同时, 对群落种间联结与种间分离的关系进行分析, 得出正联结的物种不一定存在着负分离的关系。

**关键词:** 桂花; 次生林群落; 种间分离

**中图分类号:** S718.54

**文献标识码:** A

植物群落在演替过程中, 植物物种之间必然存在互利共生、相互竞争或生态位分离等关系。通过对群落种间关系的研究, 可以了解物种在群落的空间分布特征, 演替过程中物种间形成的特定关系, 以及各物种对生境的适应表现, 从而为分析群落的结构、类型及群落的演替程度和发展方向提供科学依据<sup>[1]</sup>。

种间分离用来描述群落中种间个体交错分布的程度, 它以两个物种个体的相邻关系为基础。其与种间混交度、种间关联类似或相联。但它又不同于种间混交度和种间关联, 种间关联与样方面积大小密切相关<sup>[2,3]</sup>, 正关联物种不一定是相邻物种; 种间混交度则包含邻近 4 株植物, 而非指最近的唯一物种, 空间结构信息与种间分离存在差异<sup>[4]</sup>。种间分离与种间、种内相互作用的关系密切, 反映了两个物种相互混杂的程度。物种间相互混杂的程度越小,

种间分离的程度就越大。如果两个物种是随机混合的, 则认为它们不分离; 如果两个物种倾向于独立成丛, 同种混杂远多于异种混杂, 种对发生正分离; 如果它们倾向于彼此混杂, 异种混杂远多于同种混杂, 种对发生负分离。

目前国内外有关种间分离研究较少, 国内相关研究仅见戴小华等对霸王岭热带雨林、高昆等对历山山核桃 (*Juglans mandshurica*) 群落、张殷波等对翅果油树 (*Elaeagnus mollis*) 群落、柴勇等对菜阳河自然保护区岭罗麦 (*Tarennoidea wallichii*)、光序肉实树 (*Sarcopema kachinensis*) 群落进行过种间分离的研究<sup>[5-8]</sup>; 国外的相关研究有对同种个体的母-幼树之间<sup>[9]</sup>或雌-雄株之间<sup>[10]</sup>的种间分离研究。种间分离的研究对于揭示群落物种间相互作用、群落组成与动态具有重要意义<sup>[5,11]</sup>。我国植物群落类型多样, 为更深入了解不同植物群落种间关系的特性, 应

收稿日期 (Received date): 2010-01-06 改回日期 (Accepted): 2010-04-09.

基金项目 (Foundation item): 教育部博士点学科专项基金资助项目 (No. 20090315120008) 和福建农林大学科研青年基金资助项目 (20090006)。

[ Supported by the National Ministry of Education Foundation for Ph.D Program (No. 20090315120008) and the Research Foundation of Fujian Agriculture and Forestry University for Young Teachers (20090006). ]

作者简介 (Biography): 林勇明 (1982-), 男, 汉族, 福建福安人, 博士, 主要研究方向: 生态恢复、森林生态学。[ Lin Yongming (1982-), Male, Born in Fu'an Fujian Province, doctor, mainly engage in the research of ecological restoration and Forest ecology. ] E-mail: mon-key1422@163.com

加深对不同群落种间分离的研究。

桂花 (*Osmanthus fragrans*), 亦称山桂、岩桂、九里香、木犀, 现已跻身于我国传统的十大名花之列, 被原国家轻工部等列为我国重要经济树种, 在南方 13 省 (区) 大面积推广种植。在福建省长汀县石峰寨风景区保存有一片以桂花为优势种的天然次生林, 面积达  $5.4 \text{ hm}^2$ , 实属少见<sup>[12]</sup>。在桂花次生林群落的生态学特征、分布格局的分形特征、种间关联及混交度、种群生命表等研究的基础上<sup>[13-15]</sup>, 本文采用最近邻体法及其  $N \times N$  最近邻体列联表及其截表的方法, 计算种间分离指数, 研究封育后演替而成的桂花次生林群落种对间的分离规律, 并结合群落生境特性、种间关联等对分离规律进行分析, 从而为了解桂花次生林群落的结构、演替阶段和发展趋势、生物多样性保护并有效保护桂花野生种群提供理论依据。

## 1 研究区域概况

调查地位于福建省长汀县石峰寨风景区, 属武夷山脉南段低山丘陵地区。长汀县地处  $25^\circ 04' \sim 26^\circ 02' \text{N}$ ,  $116^\circ 02' \sim 116^\circ 40' \text{E}$ , 气候属于中亚热带季风性气候, 年均气温  $18.7^\circ \text{C}$ , 1 月平均气温  $9.8^\circ \text{C}$ , 7 月均温  $26.5^\circ \text{C}$ , 极端最低气温  $-8.0^\circ \text{C}$ , 极端最高气温为  $35.1^\circ \text{C}$ ,  $10^\circ \text{C}$  以上年积温  $5\ 873^\circ \text{C}$ , 年日照时  $4\ 423 \text{ h}$ , 年降雨量  $1\ 636 \text{ mm}$ , 相对湿度  $81\%$ , 无霜期约  $282 \text{ d}$ 。桂花群落林分面积  $5.4 \text{ hm}^2$ , 海拔  $400 \sim 462.4 \text{ m}$ , 坡度  $29 \sim 35^\circ$ 。调查地成土母岩为石灰岩, 土壤由石灰岩发育而成, 土层薄, 质地粘重, 呈中性至弱碱性反应, 但土壤较为肥沃, 石灰岩多裸露于地面, 裸露面达到  $60\%$ <sup>[12]</sup>。

风景区原生群落为桂花与枫香占优势的常绿阔叶落叶混交林, 从大跃进开始的数十年内, 枫香遭到大肆砍伐, 造成群落极度退化。2000 年当地政府将风景区规划为自然保护小区进行封山育林, 现今在风景区中桂花多与云山青冈 (*Cyclobalanopsis nubilum*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、米槠 (*Castanopsis carlesii*) 等混生, 由于封山育林时间不长, 整个群落高仅  $5 \sim 10 \text{ m}$ 。伴生树种主要为大叶桂樱 (*Laurocerasus zippeliana*)、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、欆木 (*Loropetalum chinensis*)、竹叶花椒 (*Zanthoxylum armatum*) 等, 灌木层植物有刺藤子 (*Sageretia melli-*

*ana*)、山牡荆 (*Vitex quinata*)、白马骨 (*Serissa sericeoides*) 等, 草本层以干根草 (*Euphorbia hymifolia*)、江南星蕨 (*Microsorium fortunei*)、黑莎草 (*Gahnia tristicis*)、乌蕨 (*Stenoloma chusanum*) 等为主。

## 2 研究方法

### 2.1 野外调查方法

在福建省长汀县石峰寨风景区选择桂花为优势种的次生森林群落为研究对象, 在全面勘察的基础上, 于南坡和北坡上、中、下三个坡段, 分别设置  $20 \text{ m} \times 30 \text{ m}$  样地 2 个, 将每样地划分为 6 个  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  的样方单位进行植被调查。因群落内基径  $> 1 \text{ cm}$  的物种数量过多, 故选择各样方中高度  $1.5 \text{ m}$  以上的立木进行调查, 记录各物种株高、地径 (胸径)、冠幅、冠高、枝下高等, 以样地的两条边为坐标轴, 测定各物种个体在样地中的坐标位置 ( $x, y$ )。

绘制样方中立木的分布图时, 首先确定某一植株, 然后测量基株与其附近所有个体的距离, 最后根据每一植株的坐标在坐标图上按  $1:20$  的比例绘制立木图。

### 2.2 数据分析方法

#### 2.2.1 $N \times N$ 最近邻体列联表

Reich 和 Davis 曾采用  $N \times N$  最近邻体列联表用于计算多物种群落总体的分离, 但其基株是随机选取的, 并非全体取样<sup>[16]</sup>。而 Piebu<sup>[11]</sup> 的  $2 \times 2$  最近邻体列联表中, 基株涵盖了群落中所有个体。对多物种群落进行全体取样, 则得到一个  $N \times N$  最近邻体列联表 (表 1), 它实际上就是 Piebu 的  $2 \times 2$  最近邻体列联表的扩展<sup>[11]</sup>。

#### 2.2.2 最近邻体 $2 \times 2$ 列联表的构造

为了计算方便, 截取上述  $N \times N$  列联表, 得到关于种  $i$  和种  $j$  的  $2 \times 2$  列联截表 (表 2)。再将列表内数据代入相关数学公式进行计算, 最后根据计算的数值分析成对物种的分离程度。

#### 2.2.3 种间分离指数

采用 Pielou 的分离指数<sup>[9]</sup> 来计算种间的分离程度

$$S = 1 - \frac{N_{ij} (n_{ij} + n_{ji})}{(n_{ii} + n_{jj}) (n_{ij} + n_{ji}) + (n_{ji} + n_{ij}) (n_{ii} + n_{jj})} = \frac{2(n_{ii}n_{jj} - n_{ij}n_{ji})}{(n_{ii} + n_{jj}) (n_{ij} + n_{ji}) + (n_{ji} + n_{ij}) (n_{ii} + n_{jj})} \quad (1)$$

表 1  $N \times N$  最近邻体列联表  
Table 1  $N \times N$  nearest-neighbor contingency table

基株 Base plant	最近邻体植物 Nearest neighbor					总计 Total
	种 1 $S_1$	种 2 $S_2$	种 3 $S_3$	...	种 $k$ $S_k$	
种 1 $S_1$	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	...	$n_{1k}$	$f_1$
种 2 $S_2$	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	...	$n_{2k}$	$f_2$
种 3 $S_3$	$n_{31}$	$n_{32}$	$n_{33}$	...	$n_{3k}$	$f_3$
...	...	...	...	...	...	...
种 $k$ $S_k$	$n_{k1}$	$n_{k2}$	$n_{k3}$	...	$n_{kk}$	$f_k$
总计 Total	$s_1$	$s_2$	$s_3$	...	$s_k$	$N$

$S_i$ : 种  $i$   $k$ : 样地中总物种数;  $n_{ij}$ : 种  $i$  个体的最近邻体是种  $j$  的个体时的数目;  $N$ : 样方内所有个体的总和;  $f_i$ : 种  $i$  的个体数;  $s_i$ : 以种  $i$  为最近邻体的个体总数。  
 $S_i$ : Species  $i$   $k$ : The number of species of the plot  $n_{ij}$ : Individuals of species  $i$  whose nearest neighbor is an individual of species  $j$   $N$ : Number of all the individuals  $f_i$ : Individuals number of species  $i$   $s_i$ : The individuals number of species  $i$  as nearest neighbor plants.

表 2  $2 \times 2$  最近邻体列联表  
Table 2  $2 \times 2$  nearest-neighbor contingency table

基株 Base plant	最近邻体植物 Nearest neighbor		
	种 Species $S_i$	种 Species $S_j$	总计 Total
种 Species $S_i$	$n_{ii}$	$n_{ij}$	$n_{i\cdot} + n_{\cdot j}$
种 Species $S_j$	$n_{ji}$	$n_{jj}$	$n_{ji} + n_{jj}$
总计 Total	$n_{i\cdot} + n_{ji}$	$n_{ij} + n_{jj}$	$N_{ij}$

$N_{ij}$ : 种  $i$  和种  $j$  个体之和, 其余符号同表 1。Total number of both species  $i$  and species  $j$  the other symbols same as Table 1.

分离指数  $S$  的值变化于  $-1$  和  $+1$  之间, 当  $n_{ii} = n_{jj} = 0$  并且  $n_{ij} = n_{ji} \neq 0$  时, 也就是说不存在同种毗邻时,  $S$  达到最小值  $-1$  两个物种发生最大可能的负分离; 当  $n_{ij} = n_{ji} = 0$  并且  $n_{ii} = n_{jj} \neq 0$  也就是说两个物种不存在相互毗邻,  $S$  达到最大值  $+1$ , 两个物种发生最大可能的正分离; 当  $n_{ii}n_{jj} = n_{ij}n_{ji}$  时,  $S = 0$ , 两个物种完全随机毗邻。但 Pie lou<sup>[11]</sup>并未给出  $S$  的统计检验方法。在分离指数计算公式中, 如果遇到  $n_{ij}$  值等于 0 给这些  $n_{ij}$  加权 0.001, 这样做既可以防止公式 (1) 中出现 0 分母, 而且更接近自然状态。另外, 在没有找到合适的显著性检验方法之前, 戴小华等<sup>[5]</sup>在种间分离研究过程中的对  $S$  值做了更具体的区间划分, 即规定: 当  $0.7 \leq S \leq 1$  时, 两个物种为正分离, 当  $-1 \leq S \leq -0.7$  时为负分离即两个物种倾向于彼此为邻, 当  $-0.7 < S < 0.7$  时为既非正分离也非负分离的随机毗邻种对。

2.2.4  $N \times N$  种对间的总体分离指数

以上的研究只是针对群落内两两物种之间的分离分析, 并没有给出一个群落中所有物种之间的分

离状态。在分析两两物种的分离规律后, 提出了群落中所有物种间的分离会是怎么样的一个新问题。为了检验  $N \times N$  种对的分离情况, 张殷波等<sup>[7]</sup>提出一种涉及多物种的检验方法—应用  $\chi^2$  检验对  $N \times N$  最近邻体列联表进行分析, 以便判断所有种对之间的分离规律。

(1) 建立假设:  $H_0$  为所有种对总体分离;  $H_1$  为所有种对不是总体分离。

(2)  $N \times N$  最近邻体列联表的  $\chi^2$  检验, 计算公式为

$$T_{ij} = \frac{T_i \times S_j}{T} \tag{2}$$

$$\chi^2 = \sum_i^k \sum_j^k \frac{(n_{ij} - T_{ij})^2}{T_{ij}} \tag{3}$$

如果  $\chi^2 > \chi_{0.05}^2$ , 拒绝  $H_0$ , 接受  $H_1$ , 认为所有种对不是总体分离的。如果  $\chi^2 < \chi_{0.05}^2$ , 接受  $H_0$ , 拒绝  $H_1$ , 则认为所有种对是总体分离。

3 结果与分析

3.1 两两物种的分离特征

根据这 14 个物种间最近邻体关系的原始资料矩阵, 运用公式 (1) 计算出这些树种两两之间的  $S$  值, 并绘出相应的分离指数  $S$  值分布表 (表 3)。在 36 个样方内所有高度  $\geq 1.5$  m 且个体株数  $> 10$  的乔木, 共计 14 个物种, 91 个种对。目前, 桂花在整个群落中, 无论是个体数量、频数, 还是断面积都处于绝对优势地位, 而其他树种如云山青冈、枫香、米槎等在群落中处于相对优势。对以上 14 个树种进

行两两比较, 计算各种对的分离指数并且用区间划分进行统计, 得到结果: 该群落中正分离的种对占绝大多数 (占 61.54%), 如桂花与云山青冈、欒木与大叶桂樱、小构树与盐肤木等; 其他种对表现为随机毗邻 (占 38.46%), 如桂花与欒木、枫香与米槠、米槠与苦槠等, 没有出现显著负分离种对 (表 4)。

表 3 桂花次生林群落物种间分离与种间联结\*  
Table 3 Interspecific segregation and association of 14 species in *Osmanthus fragrans* forest

种对	分离类型	分离指数	种间联结性	种对	分离类型	分离指数	种间联结性	种对	分离类型	分离指数	种间联结性
1- 2	正	0.715	显著正相关	3- 10	随机	0.324	显著正相关	6- 14	正	0.999	无关联
1- 3	随机	0.567	无关联	3- 11	随机	0.614	无关联	7- 8	正	0.871	无关联
1- 4	随机	0.095	无关联	3- 12	正	0.747	无关联	7- 9	正	0.999	无关联
1- 5	随机	0.427	无关联	3- 13	正	0.999	显著负相关	7- 10	正	0.769	无关联
1- 6	正	0.733	无关联	3- 14	正	0.999	无关联	7- 11	正	0.771	显著正相关
1- 7	随机	0.675	无关联	4- 5	随机	0.15	无关联	7- 12	正	0.738	无关联
1- 8	随机	0.526	无关联	4- 6	随机	0.426	无关联	7- 13	正	0.999	显著负相关
1- 9	随机	0.392	无关联	4- 7	正	0.769	显著正相关	7- 14	正	0.999	显著负相关
1- 10	随机	0.146	无关联	4- 8	随机	0.477	无关联	8- 9	正	0.710	无关联
1- 11	随机	0.410	无关联	4- 9	随机	0.273	无关联	8- 10	正	0.999	显著正相关
1- 12	随机	0.665	无关联	4- 10	随机	0.16	无关联	8- 11	正	0.773	显著正相关
1- 13	正	0.949	无关联	4- 11	随机	0.5	无关联	8- 12	正	0.857	无关联
1- 14	正	0.952	无关联	4- 12	随机	0.696	无关联	8- 13	正	0.999	无关联
2- 3	随机	0.553	无关联	4- 13	随机	0.633	无关联	8- 14	正	0.999	无关联
2- 4	随机	0.224	无关联	4- 14	正	0.999	显著负相关	9- 10	正	0.727	无关联
2- 5	随机	0.533	无关联	5- 6	正	0.858	无关联	9- 11	正	0.999	显著正相关
2- 6	随机	0.697	无关联	5- 7	随机	0.531	无关联	9- 12	正	0.999	无关联
2- 7	随机	0.647	无关联	5- 8	随机	0.574	无关联	9- 13	正	0.906	无关联
2- 8	正	0.746	无关联	5- 9	随机	0.490	无关联	9- 14	正	0.999	无关联
2- 9	随机	0.604	无关联	5- 10	随机	0.567	显著正相关	10- 11	正	0.833	无关联
2- 10	随机	0.425	无关联	5- 11	随机	0.451	无关联	10- 12	正	0.999	无关联
2- 11	随机	0.409	无关联	5- 12	正	0.999	无关联	10- 13	正	0.999	无关联
2- 12	正	0.885	无关联	5- 13	正	0.999	显著负相关	10- 14	正	0.999	无关联
2- 13	正	0.999	无关联	5- 14	正	0.999	显著负相关	11- 12	正	0.800	无关联
2- 14	正	0.948	无关联	6- 7	正	0.896	无关联	11- 13	正	0.999	无关联
3- 4	随机	0.152	无关联	6- 8	正	0.751	无关联	11- 14	正	0.999	无关联
3- 5	正	0.847	显著正相关	6- 9	正	0.817	无关联	12- 13	正	0.999	无关联
3- 6	正	0.906	无关联	6- 10	正	0.999	无关联	12- 14	正	0.999	无关联
3- 7	正	0.832	无关联	6- 11	随机	0.510	无关联	13- 14	正	0.876	无关联
3- 8	正	0.999	无关联	6- 12	正	0.999	无关联				
3- 9	随机	0.585	无关联	6- 13	正	0.999	无关联				

1 桂花 (*Osmanthus fragrans*); 2 云山青冈 (*Cyclobalanopsis rubium*); 3 欒木 (*Loropetalum chinensis*); 4 枫香 (*Liquidambar formosana*); 5 米槠 (*Castanopsis arkesii*); 6 竹叶花椒 (*Zanthoxylum armatum*); 7 小构树 (*Broussonetia kazinoki*); 8 紫弹朴 (*Celtis binnii*); 9 苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*); 10 大叶桂樱 (*Laurocerasus zippeliana*); 11 盐肤木 (*Rhus chinensis*); 12 铁冬青 (*Ilex rotunda*); 13 毛竹 (*Phyllostachys edulis*); 14 杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)。

\* 注: 种间关联性引自文献 [13]。  
© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4 桂花次生林群落 14 个物种种间分离类型的比例

Table 4 Proportion for various kinds of interspecific segregation of 14 species in *Osmanthus fragrans* forest

正分离 Positive segregation	随机毗邻 Random segregation	负分离 Negative segregation
56 对 56 pairs	35 对 35 pairs	0 对 0 pairs
61.54%	38.46%	0%

### 3.2 所有种对之间的总体分离特征

对  $14 \times 14$  列联表进行  $\chi^2$  检验, 结果为:  $\chi^2 = 52.17.332$   $df = 13 \times 13 = 169$

由于目前的统计手册中, 最大的  $df$ , 因此用它与计算的  $\chi^2$  值进行比较, 从而判断桂花次生林中 14 个物种之间是否存在总体分离。

当  $df = 45$ ,  $\chi^2_{0.05} = 61.65$ ,  $\chi^2_{0.01} = 69.96$  因此,  $\chi^2 > \chi^2_{0.05}$ 。所以拒绝  $H_0$ , 接受  $H^1$ , 认为所有种对不是总体分离的。也就是说, 所研究的 14 个物种互相交错分布, 是全面不分离的状态, 从而得出群落的总体分离情况是全面不分离的。

### 3.3 种间分离与种间联结

由于桂花次生林群落物种数量分布差异大, 桂花数量远远超过其他物种, 与其他物种存在着随机分离的现象, 这可能是因为桂花与群落内的大部分物种未形成关联, 倾向于聚集分布。桂花与云山青冈之间存在显著的正关联, 却出现显著正分离的现象, 这与桂花的生态学特性密切相关: 由于桂花幼树阶段耐荫, 利用丛生特性提高种群对不良因素的抵御能力, 为了避免长时间光照对幼树生长的抑制作用, 与较高的云山青冈相伴生存, 彼此间形成生态位重叠, 表现出接近于随机毗邻的种间分离特征。枫香与小构树表现出相似的趋势。

榿木与大叶桂樱间存在着显著正关联, 却表现出随机毗邻的分布特征, 这则是因为在群落中分布的大叶桂樱个体都较高, 为群落中少有的树高超过 9 m 的物种, 其冠幅延伸, 覆盖面大, 树高在 3~5 m 左右的榿木为避免大叶桂樱对其的遮蔽作用, 选择在大叶桂樱冠幅周围分布, 榿木与大叶桂樱间分布着较多的其它物种, 故表现出随机毗邻的种间分离特征。榿木与大叶桂樱相似的种对还有米槭与大叶桂樱。

小构树与盐肤木存在着显著正关联, 却出现显著正分离, 这是另一种物种关系类型的表现: 两者均喜生长于乔木层未郁闭的林间空旷地, 生态习性的相似使两者表现出显著的正关联, 但盐肤木对小构树的混交度贡献率仅为 0.034 这可能是两树种为

降低竞争而采取的一种对策<sup>[13]</sup>。榿木(种 3)与米槭(种 5)也表现出相似的趋势。

群落内的负联结性种对均是与杉木、毛竹的种对, 由于人为干扰而使杉木、毛竹的生境与其他物种隔离, 形成了显著的正分离现象。

## 4 讨论与结论

种间分离和种间联结均可用于研究两个种的空间分布关系<sup>[7]</sup>, 反映不同物种在空间上相互吸引或者排斥的性质, 两者既有联系又有区别。种间联结更多地与生境关联, 它的测定以样方为基础, 受样方面积大小与尺度长短影响很大。种间分离的测定则以两物种的最小距离为基础, 不受样方大小、间隔的影响, 反映了两个物种相互混杂的程度<sup>[17]</sup>。

由于群落不是一成不变的, 在其演替过程中, 种间分离关系会随着演替阶段的变化发生改变。群落演替早期可能会出现较多的负分离或正分离。负分离可能是因为不同植物种子聚集萌发而成, 正分离则可能是同种植物聚集分布造成。随着群落演替, 种内种间因生境紧张, 同种或异种间产生竞争, 相邻物种的数目、种类、距离均会产生变化, 直至成熟群落阶段, 种间分离才会趋于稳定<sup>[18]</sup>。本文研究的桂花次生林群落目前处于不稳定阶段: 一方面, 由于本群落封山育林时间较短, 且分布区域属石灰岩区, 石灰岩裸露面达 60%, 土壤分布不连续, 导致同种植物集中定居于小范围区域内, 与其他物种间表现出明显的正分离, 随着物种的生长发育, 小范围内分布的同种植物或其他入侵植物受竞争排斥, 导致物种相邻机率更小, 种间的正分离现象将更突出。另一方面, 人类对群落的干扰作用也是群落处于不稳定阶段的主要原因之一。由于风景区以“香花(桂花)、红叶(枫香)、溶洞”闻名于当地, 游人在游玩过程中, 喜欢踏入群落内甚至采摘物种, 造成群落内乔木、灌木难以正常生长, 同物种倾向于聚集生长以提高存活机率, 增加了群落的不稳定性。因此, 受群落演替特征及微生境的影响, 在桂花次生林群落内没

有负分离种对,正分离种对比例很大,达 61.54%,表明群落处于不稳定阶段,这与高昆等<sup>[6]</sup>的结果一致。

目前,测定种间分离的方法国内运用较少,一般以 Pielou 的分离指数进行研究<sup>[5~8]</sup>,取得良好的效果。但是,如何解决  $N \times N$  列联表截表的统计检验,目前尚无最佳解决方案。柴勇等提出的  $\chi^2$  适合性检验法<sup>[8]</sup>,应用于单一物种占优势的群落里时,因物种间个体数量差异大,易造成  $\chi^2$  值过大或过小。张殷波等提出的总体分离  $\chi^2$  检验<sup>[7]</sup>,则受样对数和物种数目差异性限制,可能会造成  $\chi^2$  值过大,得出全面分离的结论。因此,如何解决  $N \times N$  列联表截表的统计检验还需研究人员进一步的研究。

本文对种间分离与种间联结的关系进行初步分析,得出正联结的物种不一定存在着负分离的关系,这是由于联结指数与分离指数测定方式的差异及联结与分离表现形式表现不同造成的。植物群落物种间分离机制判断应从植物定居、种子萌发方式、种内竞争表现形式、分布格局变化趋势、群落演替特征等方面综合分析,从而更好地解释种间关系。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhang Jin-tun. The Methods for Quantitative Vegetation Ecology [M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995: 87~89[张金屯. 植被数量生态学 [M]. 北京: 中国科技出版社, 1995: 87~89]
- [2] Lin Yong-ming, Wu Chen-zhen, Hong Wei, et al. Study on the scale effect of interspecific association of species in tree layer of the rare plant *Tsuga longibracteata* community [J]. *Guhia*, 2005, 25 (6): 526~532[林勇明, 吴承祯, 洪伟, 等. 长苞铁杉林乔木层优势种群种间关联及尺度效应研究 [J]. 广西植物, 2005, 25 (6): 526~532]
- [3] Pielou E. C. An introduction to mathematical ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1969: 82~212
- [4] Hui Gang-yin, Hu Yan-bo. Measuring Species Spatial Isolation in Mixed Forests [J]. *Forest Research*, 2001, 14 (1): 23~27[惠刚盈, 胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究 [J]. 林业科学研究, 2001, 14 (1): 23~27]
- [5] Dai Xiao-hua, Yu Shixiao, Lin Ju-yu. Interspecific segregation in a tropical rain forest at Bawangling Nature Reserve, Hainan Island [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 2003, 27 (3): 380~387[戴小华, 余世孝, 练磊磊. 海南岛霸王岭热带雨林的种间分离 [J]. 植物生态学报, 2003, 27 (3): 380~387]
- [6] Gao Kun, Zhang Feng. Interspecific segregation in *Juglans mandshurica* communities in Lishan Mountain, Shanxi province [J]. *Acta Ecologia Sinica*, 2008, 28 (4): 1601~1607[高昆, 张峰. 历山核桃 (*Juglans mandshurica*) 群落的种间分离 [J]. 生态学报, 2008, 28 (4): 1601~1607]
- [7] Zhang Yin-bu, Zhang Feng. Interspecific segregation in *Elaeagnus mollis* communities [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (3): 737~742[张殷波, 张峰. 翅果油树 (*Elaeagnus mollis*) 群落的种间分离 [J]. 生态学报, 2006, 26 (3): 737~742]
- [8] Chai Yong, Li Yu-yuan, Si Yong-kang. Interspecific segregations of the tree species in *Tarenoida wallkii* *Sarcospermum kachinensis* var. *sinondii* community in Caiyanghe Nature Reserve [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2005, 27 (2): 149~155[柴勇, 李玉媛, 司马永康. 菜阳河自然保护区崂罗麦、光序肉实树群落中树种的种间分离 [J]. 云南植物研究, 2005, 27 (2): 149~155]
- [9] Han J. D. N., Wright S. J. Testing the dispersion of juveniles relative to adults: a new analytic method [J]. *Ecology*, 1986, 67: 952~957
- [10] Bawa K. S., Opler P. A. Spatial relationship between staminate and pistillate plants of dioecious tropic forest trees [J]. *Evolution*, 1977, 31: 64~68
- [11] Pielou E. C. Segregation and symmetry in two-species populations as studied by nearest relations [J]. *Journal of Ecology*, 1961, 49: 255~269
- [12] Dong Jian-wen, Fan Xiao-ming, Wu Dong-lai, et al. Quantitative characteristics of species in secondary forest community of *Osmanthus fragrans* in Shifengzhai of Changting County, Fujian Province [J]. *J of Plant Res & Environ*, 2002, 11 (4): 40~44[董建文, 范小明, 吴东来, 等. 福建长汀石峰寨景区桂花次生林群落物种数量特征 [J]. 植物资源与环境学报, 2002, 11 (4): 40~44]
- [13] Lin Yongming, Hong Tao, Wu Chenzhen, et al. Interspecific association of major plants in *Osmanthus fragrans* secondary community and its response to mixing [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2007, 13 (3): 327~332[林勇明, 洪滔, 吴承祯, 等. 桂花次生林群落主要树种种间关联及其对混交度的响应 [J]. 应用与环境生物学报, 2007, 13 (3): 327~332]
- [14] Lin Yongming, Hong Tao, Wu Chenzhen, et al. Life table and survival analysis of *Osmanthus fragrans* wild population [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2007, 29 (3): 185~188[林勇明, 洪滔, 吴承祯, 等. 桂花野生种群生命表及生存分析 [J]. 北京林业大学学报, 2007, 29 (3): 185~188]
- [15] Lin Yong-ming, Wu Chen-zhen, Hong Wei, et al. Fractal Properties of Distribution Pattern of Natural *Osmanthus fragrans* Populations [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25 (20): 121~124[林勇明, 吴承祯, 洪伟, 等. 香料植物桂花野生种群分布格局的分形分析 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (20): 121~124]
- [16] Reich R. M. & Davis R. Quantitative spatial analysis [M]. Fort Collins: Colorado State University, 1998: 1~420
- [17] Greig-Smith P. Quantitative plant ecology (3rd ed) [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1983: 19~128
- [18] Pielou E. C. Mathematical ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1977: 1~385

# Interspecific Segregation in *Osmanthus fragrans* Secondary Forest

LIN Yongming<sup>1</sup>, WU Chengzhen<sup>1</sup>, HONG Wei<sup>1</sup>, HU Xisheng<sup>2</sup>, FAN Hailan<sup>1</sup>, SONG Ping<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

<sup>2</sup> College of Traffic, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract** In order to understand the interspecific segregation in *Osmanthus fragrans* forest, we investigated 36 quadrats with 10 m × 10 m and drew a distribution map of all trees with  $H \geq 1.5$  m and species numbers > 10. Based on the data, using coefficient of segregation by the sub table of the  $N \times N$  nearest-neighbor contingency table, the interspecific segregations of the tree species in *Osmanthus fragrans* forest were studied. The result of interspecific segregation indicated that the most of the species-pairs (such as *Osmanthus fragrans*-*Cyclobalanopsis nubim*, *Loropetalum chinensis*-*Laurocerasus zippeliana*, *Broussonetia kazinoki*-*Rhus chinensis* and so on) were positively segregated (61.54%), only a few species-pairs (such as *Osmanthus fragrans*-*Loropetalum chinensis*, *Liquidambar formosana*-*Castanopsis carlesii*, *Castanopsis carlesii*-*Castanopsis sclerophylla* and so on) were randomly segregated (38.46%), no negatively segregated pairs were found. The pairs tended to be positively segregated due to human disturb and their ecological characteristics. In addition, the overall segregated pattern in all species in the communities was studied  $\chi^2$  by test based on the  $N \times N$  nearest-neighbor contingency table. The result showed that 14 studied species overlapped in distribution and were characterized by overall non-segregation. Meanwhile, the relationship between interspecific segregation and interspecific association was analyzed that the pairs with significant positive association were not negatively segregated pairs.

**Key words** *Osmanthus fragrans*, secondary forest, Interspecific segregation