

# 闽楠群落种间关联性的灰色系统理论分析

范繁荣<sup>1,2</sup>

(1. 福建农林大学 林学院, 福建 福州 350000; 2. 福建三明林业学校, 福建 三明 365001)

**摘要:** 应用灰色系统理论的关联度分析方法对福建省罗卜岩自然保护区闽楠 *Phoebe bournei* 群落中 10 种主要优势乔木、10 种主要优势灌木及闽楠与灌木的种间关联系数进行测定。结果表明: 优势乔木种间关联系数都大于 0.5, 闽楠与主要灌木伴生树种浙江红山茶 *Camellia chekiangoleosa*, 赤皮 *Styrax suberifolia*, 狗骨柴 *Tricalysia dubia*, 毛冬青 *Ilex pubescens*, 绒毛润楠 *Machilus velutina*, 短尾越橘 *Vaccinium carlesii* 的关联系数都大于 0.6。这与群落中的现实情况相似, 说明应用灰色系统理论的关联度分析测定群落种间关联性具有可行性。表 3 参 12

**关键词:** 森林生态学; 闽楠; 群落; 种间关联; 灰色系统; 罗卜岩自然保护区

**中图分类号:** S718.54      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-5692(2008)01-0033-04

## Study of inter-specific correlation of *Phoebe bournei* communities by grey systems

FAN Fan-rong<sup>1,2</sup>

(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350000, Fujian, China; 2. Fujian Sanming Forestry School, Sanming 365001, Fujian, China)

**Abstract:** The inter-specific association modulus of 10 dominant tree species, 10 dominant shrub species, *Phoebe bournei* and shrub were studied by the correlation analysis of grey systems. The result showed that all the inter-specific correlation modulus of tree were more than 0.5, the inter-specific association modulus between *Phoebe bournei* and *Camellia chekiangoleosa*, *Styrax suberifolia*, *Tricalysia dubia*, *Ilex pubescens*, *Machilus velutina*, *Vaccinium carlesii* were more than 0.6. The result was in accord with the facts of the real community. It indicated that the study of the inter-specific correlation modulus by grey systems was feasible. [Ch, 3 tab. 12 ref.]

**Key words:** forest ecology; *Phoebe bournei*; community; inter-specific association; grey systems; Ruobuyan Nature Reserve

一定的植物种类组成及其所形成的结构是群落生存和发展的基础, 也是群落保持自身稳定和维持正常功能的根本保证<sup>[1]</sup>。种间联结(inter-specific association)是指不同物种在空间分布上的相互关联性, 通常是由于群落生境的差异影响了物种的分布而引起的<sup>[2,3]</sup>。不同种的个体在空间关联程度的客观测定对研究 2 个种的相互作用和群落的组成及动态是有意义的<sup>[4]</sup>。目前, 有关森林群落各层次种间联结的研究报道较多<sup>[4-10]</sup>, 主要是利用 2×2 联列表、联结系数、共同出现百分率和  $\chi^2$  统计量度量等进行研究。利用有关灰色系统理论的关联度分析<sup>[11]</sup>进行森林群落种间关联性方面的研究尚未见报道。灰色系统(grey systems)是指部分信息已知和部分信息未知的系统<sup>[12]</sup>, 它通过对“部分”已知信息的生成和开发去了解并认识现实世界, 实现对系统运行行为和演化规律的正确把握和描述。闽楠 *Phoebe bournei* 为我国特有的珍贵用材树种, 广泛分布于长江以南地区, 福建为其主要产区。福建三明市罗卜岩自然保护区的闽楠群落是目前保存较为完好的保护区。本研究应用灰色系统理论的关联度分析方

收稿日期: 2007-02-10; 修回日期: 2007-05-16

基金项目: 福建省林业厅资助项目(2005-12-4)

作者简介: 范繁荣, 高级工程师, 博士研究生, 从事森林生态学等研究。E-mail: smffr@163.com

法对罗卜岩闽楠群落中主要乔木之间、主要灌木之间及闽楠与主要乔木和主要灌木之间的种间关联性进行分析,旨在探讨利用灰色系统理论的关联度分析方法,进行森林群落种间关联性研究的可行性。

## 1 研究地区自然概况

福建省罗卜岩自然保护区是以珍稀树种闽楠为主要保护对象的闽楠种源保护区。保护区位于 $26^{\circ}26'30''N$ ,  $117^{\circ}34'30''E$ ,主峰海拔为642 m,相对高度285 m。气候温暖湿润,属典型的中亚热带气候,年平均气温为 $19.5^{\circ}C$ ,最冷月1月份平均气温 $8.5^{\circ}C$ ,最低气温 $-7.1^{\circ}C$ ,最热月7月平均气温 $28.4^{\circ}C$ ,最高气温 $40.1^{\circ}C$ 。年均降水量为1 643.2 mm,无霜期297 d。基岩多为花岗岩,土壤为红壤和红黄壤,pH 4.5~5.5。土壤厚度多在80 cm以上,较陡的山坡基岩常裸露。土表枯落物层较厚,有机质约为 $65 g \cdot kg^{-1}$ 。

## 2 研究方法

### 2.1 调查方法

在全面调查罗卜岩自然保护区的基础上,采用典型抽样的方法,根据林分组成及生境的异同共设置 $20 m \times 20 m$ 样地15块,测定记录每一株乔木的胸径和每一树种在样地内出现的频数,以及乔木层的盖度。在样地中央及四角各设 $2 m \times 2 m$ 小样方1块,在每一块小样方里分别记录灌木层和草本层各植株的高度、株数和各植物种的盖度,并分别估测乔木层、灌木层和草本层的总盖度。

### 2.2 数据处理

根据外业调查的数据,选择频度 $\geq 30$ 的植物作为优势植物,计算各植物在其所在层中的重要值。重要值(%)=(相对频度+相对多度+相对优势度)/3。相对频度(%)=(某植物在样地中出现的频数/层中各植物频数总和) $\times 100\%$ 。相对多度(%)=(某植物在同一层中的株数或盖度/层中各植物株数或盖度总和) $\times 100\%$ 。相对优势度(%)=(某植物胸高断面积(乔木)或高度(灌木)/层中各植物胸高断面积或高度总和) $\times 100\%$ 。

### 2.3 测定方法

2.3.1 计算关联系数<sup>[11]</sup> 关联系数反映2个被比较序列在某一时刻的紧密(靠近)程度。如母数序列记为 $\{X_0(t)\}$ ,子数序列记为 $\{X_i(t)\}$ ,则在时刻 $t=k$ ,母数序列 $\{X_0(k)\}$ 与子数序列 $\{X_i(k)\}$ 的关联系数 $L_{0i}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \rho \Delta_{\max}}$ 。式中 $\Delta_{0i}(k)$ 表示 $k$ 时刻两比较序列的绝对差, $\Delta_{\max}$ 和 $\Delta_{\min}$ 分别表示所有比较序列各个时刻绝对差中的最大值与最小值, $\rho$ 为分辨系数。

2.3.2 求关联度<sup>[11]</sup> 关联度分析实质上是对时间序列数据进行几何关系比较,若两比较序列在各个时刻点都重合在一起,即关联系数均等于1,则两比较序列的关联度也必等于1。另一方面,两比较序列在任何时刻也不可垂直,所以关联系数均大于0,故关联度也都大于0。因此,两比较序列的关联度便以两比较序列各个时刻的关联之平均值计算。

## 3 结果与分析

### 3.1 乔木层主要树种种间关联分析

通过关联度分析,计算出罗卜岩闽楠群落乔木层种间关联性(表1)。从表1可看出,10个频度较大的树种相互间的关联系数都较大,表明它们对环境有趋同反应或一个种的存在对另一种有利,测定结果与群落中各树种的生长状况一致。两两比较中发现:青冈 *Cyclobalanopsis glauca* 和拟赤杨 *Alniphyllum fortunei*,米楮 *Castanopsis carlesii* 和刺毛杜鹃 *Rhododendron championae*,栲树 *Castanopsis fargesii* 和矩圆叶鼠刺 *Itea chinensis* var. *oblonga*,拟赤杨和红楠 *Machilus thunbergii*,木荷 *Schima superba* 和刺毛杜鹃,矩圆叶鼠刺和刺毛杜鹃,鹿角栲 *Castanopsis lamontii* 和矩圆叶鼠刺,闽楠和红楠关联系数最大。

优势种闽楠与其他伴生树种的关联性排序为:红楠 > 拟赤杨 > 青冈 > 矩圆叶鼠刺 > 刺毛杜鹃

> 木荷 > 栲树 > 米楮 > 鹿角栲。这个排序与各树种的生物学及生态学特性的相似性大小较吻合, 关联系数最大的闽楠与红楠同属樟科 Lauraceae 植物, 都耐荫, 喜温暖、潮湿气候, 它们的生态特性最接近。

表 1 罗卜岩闽楠群落乔木层主要树种种间关联系数矩阵

Table 1 Matrix of inter-specific association modulus between main tree species in *Phobe bournei* community of Ruobuyan

树种	青冈	米楮	栲树	拟赤杨	木荷	红楠	矩圆叶鼠刺	刺毛杜鹃	鹿角栲	闽楠
青冈	1.000 0	0.640 3	0.620 9	0.756 6	0.665 1	0.746 2	0.745 4	0.681 8	0.576 0	0.635 8
米楮	0.640 3	1.000 0	0.685 8	0.644 8	0.733 0	0.756 0	0.703 3	0.766 8	0.558 0	0.532 2
栲树	0.620 9	0.685 8	1.000 0	0.728 7	0.725 5	0.720 8	0.742 5	0.698 6	0.628 1	0.573 6
拟赤杨	0.756 6	0.644 8	0.728 7	1.000 0	0.669 8	0.792 8	0.767 2	0.722 3	0.653 6	0.675 1
木荷	0.665 1	0.733 0	0.725 5	0.669 8	1.000 0	0.736 7	0.737 7	0.801 0	0.607 4	0.575 6
红楠	0.734 2	0.747 2	0.709 5	0.783 1	0.725 5	1.000 0	0.764 7	0.781 0	0.666 1	0.680 1
矩圆叶鼠刺	0.745 4	0.703 3	0.742 5	0.767 2	0.737 7	0.777 4	1.000 0	0.822 6	0.694 4	0.624 2
刺毛杜鹃	0.681 8	0.766 8	0.698 6	0.722 3	0.801 0	0.791 4	0.822 6	1.000 0	0.678 2	0.585 1
鹿角栲	0.576 0	0.558 0	0.628 1	0.653 6	0.607 4	0.676 4	0.694 4	0.678 2	1.000 0	0.501 5
闽楠	0.635 8	0.532 2	0.573 6	0.675 1	0.575 6	0.688 5	0.624 2	0.585 1	0.501 5	1.000 0

### 3.2 灌木层主要树种种间关联的分析

通过关联度分析, 计算出罗卜岩闽楠群落灌木层种间关联性(表 2)。从表 2 看出, 灌木层中所测定树种间的关联系数都较大, 两两比较发现: 草珊瑚 *Sarcandra glabra* 和毛冬青 *Ilex pubescens*, 杜茎山 *Maesa japonica* 和狗骨柴 *Tricalysia dubia*, 狗骨柴和山血丹 *Ardisia punctata*, 浙江红山茶 *Camellia chekiangoleosa* 和栓叶安息香 *Styrax suberifolious*, 绒毛润楠 *Machilus velutina* 和山血丹, 短尾越橘 *Vaccinium carlesii* 和浙江红山茶, 栓叶安息香和毛冬青, 单耳柃 *Eurya weissiae* 和毛冬青关联系数较大。这主要是因为这些物种都是亚热带阔叶林中的常见种, 它们有较为相似的生态习性。实地观察, 狗骨柴、杜茎山和山血丹都生长在山谷、沟边, 它们有较大的关联性。

表 2 罗卜岩闽楠群落灌木层主要树种种间关联系数矩阵

Table 2 Matrix of inter-specific association modulus between main shrub species in *Phobe bournei* community of Ruobuyan

树种	草珊瑚	杜茎山	狗骨柴	浙江红山茶	绒毛润楠	山血丹	短尾越橘	栓叶安息香	毛冬青	单耳柃
草珊瑚	1.000 0	0.483 0	0.454 5	0.456 4	0.425 1	0.382 9	0.424 6	0.514 6	0.540 3	0.507 3
杜茎山	0.502 3	1.000 0	0.508 8	0.496 6	0.425 5	0.409 5	0.425 5	0.493 3	0.482 0	0.496 7
狗骨柴	0.478 5	0.508 8	1.000 0	0.666 9	0.754 6	0.793 8	0.624 5	0.737 2	0.685 2	0.635 8
浙江红山茶	0.480 1	0.496 6	0.666 9	1.000 0	0.698 2	0.600 0	0.669 4	0.729 5	0.613 8	0.687 4
绒毛润楠	0.451 3	0.425 5	0.754 6	0.698 2	1.000 0	0.832 8	0.645 4	0.682 4	0.665 4	0.635 1
山血丹	0.407 9	0.409 5	0.793 8	0.600 0	0.832 8	1.000 0	0.591 6	0.683 5	0.666 4	0.600 2
短尾越橘	0.451 6	0.425 5	0.624 5	0.669 4	0.645 4	0.591 6	1.000 0	0.627 8	0.573 8	0.628 5
栓叶安息香	0.535 6	0.493 3	0.737 2	0.729 5	0.682 4	0.683 5	0.627 8	1.000 0	0.817 1	0.650 7
毛冬青	0.561 3	0.482 0	0.685 2	0.613 8	0.665 4	0.666 4	0.573 8	0.817 1	1.000 0	0.692 4
单耳柃	0.524 9	0.496 7	0.635 8	0.687 4	0.635 1	0.600 2	0.628 5	0.650 7	0.692 4	1.000 0

### 3.3 闽楠与主要灌木树种的种间关联分析

通过关联度分析计算出罗卜岩闽楠群落闽楠与主要灌木树种种间关联性(表 3)。从表 3 看出, 闽

楠与各主要灌木树种的关联排序为：浙江红山茶 > 栓叶安息香 > 狗骨柴 > 毛冬青 > 绒毛润楠 > 短尾越橘 > 杜茎山 > 山血丹 > 草珊瑚 > 单耳柃。这个排序结果与调查群落中的各树种生长状况有较大的相似性，浙江红山茶、栓叶安息香、狗骨柴常与闽楠相伴出现。

表3 闽楠与各主要灌木树种的关联系数

Table 3 Inter-specific association modulus between *Phoebe bournei* and main shrub species

树种	草珊瑚	杜茎山	狗骨柴	浙江红山茶	绒毛润楠	山血丹	短尾越橘	栓叶安息香	毛冬青	单耳柃
闽楠	0.587 4	0.589 1	0.664 6	0.684 3	0.644 4	0.588 3	0.595 1	0.671 3	0.653 5	0.546 8

## 4 讨论

应用灰色系统理论的关联度分析方法测定的闽楠群落种间关联性结果与各树种的生物学、生态学特性及群落中各树种的生长状况有较大的相似性，与邹惠渝等<sup>[5]</sup>和吴大荣等<sup>[6]</sup>的研究结果基本一致，说明应用灰色系统理论的关联度分析对森林群落种间关联性研究具有可行性。但在相同树种的关联排序上与邹惠渝和吴大荣等人的研究有一定差异，主要是由于研究所用的参数不同导致。邹惠渝和吴大荣等用频度为参数计算关联指标，本研究用重要值为参数计算关联指标。笔者认为，应用重要值为参数计算树种种间关联性较之单纯用频度计算种间关联性能更好地反应出种间的关联本质，用频度为参数只能从概率上揭示种间的依赖存在程度，不能揭示种间的生长相关本质。

罗卜岩闽楠群落主要乔木种间关联系数皆大于0.5，表明它们对环境有趋同反应。这些树种都是亚热带常见树种，它们的共同存在对群落的发展有积极作用。闽楠与其他主要伴生灌木树种的关联排序能为闽楠的迁地保护和闽楠人工混交林的经营提供伴生树种的选择依据。此研究也可为罗卜岩保护区闽楠群落的保护经营提供群落中植物间生态关系的数据参考。

**致谢：**得到福建农林大学马祥庆研究员和洪伟教授的悉心指导，福建三明林业学校的黄克鼎和宋晓英提供部分外业数据。特此致谢！

## 参考文献：

- [1] 金则新. 浙江天台山落叶阔叶林优势种群结构与动态分析[J]. 浙江林学院学报, 2001, **18** (3): 245 - 251.
- [2] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1995: 92 - 105.
- [3] SMITH G P. *Quantitative Plant Ecology* [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1983: 135 - 162.
- [4] 金则新, 周荣满. 木荷种内与种间竞争的数量关系[J]. 浙江林学院学报, 2003, **20** (3): 259 - 263.
- [5] 邹惠渝, 吴大荣, 陈国龙, 等. 罗卜岩保护区闽楠种群生态学研究——优势乔木种间联结[J]. 南京林业大学学报, 1995, **19** (2): 39 - 45.
- [6] 吴大荣. 罗卜岩保护区闽楠种群与优势蕨类植物种间联结分析[J]. 植物资源与环境学报, 1997, **6** (1): 15 - 19.
- [7] 刘金福, 洪伟, 樊后保, 等. 天然格氏栲林乔木层种群种间关联性研究[J]. 林业科学, 2001, **37** (4): 117 - 123.
- [8] 曹永慧, 陈存及, 赖培森, 等. 乳源木莲天然林群落种间联结的研究[J]. 福建林学院学报, 2003, **23** (2): 124 - 127.
- [9] 洪伟, 陈鸣焯. 闽北主要阔叶树种种间联结测定及其应用[J]. 林业科学, 1990, **26** (2): 175 - 181.
- [10] 史作民, 刘世荣, 程瑞梅, 等. 宝天曼落叶阔叶林种间联结性研究[J]. 林业科学, 2001, **37** (2): 29 - 35.
- [11] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 491 - 507.
- [12] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987: 17 - 43.