

缙云山风灾迹地恢复群落主要 乔木树种种间联结性

许冬焱

(肇庆学院 生命科学学院, 广东 肇庆 526061)

摘要: 应用方差比率法, 并通过 2×2 列联表 χ^2 检验法及利用联结系数 AC 指数测定法研究了缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落自然恢复样地和人工恢复样地中主要乔木树种的种间联结性。结果表明: (1) 自然恢复样地主要乔木种群间在总体上呈一定的正关联; 而人工恢复样地种群间在总体上呈负关联; (2) 2×2 列联表的 χ^2 检验共有 5 个(3)种对为显著正关联(括号内为人工恢复群落的种对数, 下同), 2 个(1)种对为显著负关联; (3) 联结系数(AC)指数标量出了自然恢复和人工恢复样地中种对间的联结程度和相伴随出现的机率, 两种恢复方式中的多数乔木种群间的联结性不显著且联结程度较低, 绝大多数乔木树种之间无显著关联, 而且人工恢复比自然恢复无关联性更强; (4) 种对间的正关联, 主要是由于它们具有相近的生物学特性以及对生境具有相似的生态适应性所致, 种对间的负关联主要是由于物种间的空间排斥, 适应不同的微环境的结果; (5) 人工恢复和自然恢复所在的群落处于演替的不稳定阶段。

关键词: 风灾迹地; 种间联结; 缙云山

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)03-0321-06

Interspecific association of principal tree species in the restorable community of the wind- damaged slash in Junyun Mountain

XU Dong-Yan

(School of Life Science, Zhaoqing University, Zhaoqing 526061, China)

Abstract: Interspecific association of principal tree species were studied, using variance ration method, χ^2 -test of 2×2 contingency table and association coefficient (AC). The study sited lies at the wind-damaged slash in Junyun Mountain, consists of a plot under natural condition and a plot under man-made restorable way. The results showed that: (1) overall relativity and interspecific association were defined positive association in the natural restorable plot, but were negative association in the man-made restorable plot; (2) the number of χ^2 -test of 2×2 contingency table were 5 (3) species-pairs for χ^2 -test were significant and negative association of 2 (1) species-pairs significant (The figure in brackets is species-pair in the man-made restorable plot); (3) association coefficient (AC) could be employed to show association degree of species-pair and the frequency of co-occurrence, the AC of majority of principal trees was comparatively low under the two restorable plots, and man-made restorable polt lower than that of under natural condition; (4) species pairs showed positive association had similar biological traits that made them ecologically adaptive for similar habitats, and that showed negative association ocured spares repelling and adapted different micro-habitat; (5) composition of the plant species and structure showed that both of the natural restorable and man-made communities were unstable stage of succession.

收稿日期: 2008-01-21 修回日期: 2008-12-08

基金项目: 国家自然科学基金(30371141)[Supported by the National Natural Science of China(30371141)]

作者简介: 许冬焱(1968-), 女, 河北唐山人, 硕士, 副教授, 主要从事植物生态学的教学和研究工作, (E-mail)xudongyan9820@126.com.

Key words: Wind-damaged slash; interspecific association; Jinyun Mountain

种间联结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(王伯荪等,1989; Greig-Smith, 1983)。这种联结性就是对各个物种在不同生境中相互影响、相互作用所形成的有机联系的反映。不同种的个体在空间联结程度的客观测定对研究种间相互作用和群落的组成及动态很有意义。它不仅反映了现阶段群落组成的结构特点,而且在很大程度上表现了未来群落的演替趋势和演替进程。本文通过对缙云山自然保护区 16 年人工恢复及自然恢复的风灾迹地群落的种间关系的研究,旨在探讨恢复群落结

构特征及其种间关系,对受损生态系统植被恢复的理论和实践都具有一定的现实意义。

1 研究区及样地概况

1.1 研究区概况

缙云山自然保护区位于我国中亚热带的重庆市近郊北碚区(106°20' E, 29°50' N),是我国首批公布的全国风景名胜区之一,地貌属于低山类型,最高海拔 900 m 左右。属典型的亚热带季风湿润性气候,四季分明,夏季多雨,冬暖多雾,最热月(7 月)平均

表 1 缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落自然恢复样地 15 个主要乔木 0-1 矩阵

Table 1 The 0-1 matrix of 15 principal tree species in the natural restorable samples of the wind-damaged slash in Junyun Mountain Nature Reserve

种名 Sp.	样地号 No. of quadrats																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
3	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
6	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
8	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
9	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
10	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1

1. 小叶栲 *Castanopsis carlesii*; 2. 四川大头茶 *Gordonia acuminata*; 3. 白乳木 *Sapium japonicum*; 4. 川山矾 *Symplocos setchuanensis*; 5. 白毛新木姜子 *Neolitsea aurata*; 6. 山黄皮 *Aidia cochinchinensis*; 7. 罗浮柿 *Diospyros morrisiana*; 8. 杉木 *Cunninghamia lanceolata*; 9. 薯豆 *Elaeocarpus japonicus*; 10. 薄果猴欢喜 *Sloanea leptocarpa*; 11. 光叶山矾 *Symplocos lancifolia*; 12. 毛叶木姜子 *Litsea molliifolia*; 13. 慈竹 *Neosinocalamus affinis*; 14. 广东钓樟 *Lindera kwangtungensis*; 15. 川杨桐 *Adinandra bockiana*。下同。

气温 28.6 °C, 最冷月(1 月)平均气温 7.5 °C, 最高温度 40.7 °C, 最低温度 0.7 °C; 年平均降水量 1 143 mm; 无霜期平均 334 d。其地带性土壤为三叠纪须家河组的长石石英砂岩, 炭质页岩和泥质砂岩为母质风化而成的酸性黄壤(刘玉成等, 1984)。

1.2 样地概况

1989 年 6 月 2 日 22 时, 缙云山遭受了不到半小时特大暴风雨的袭击, 风灾受灾面积达 50 hm², 共损失胸径 12 cm 以上的树木 17 000 余株, 珍稀濒危的植物 192 株。本研究样地设在该风灾破坏后、经过 16 年人工恢复或自然恢复的面积比较大、比较

典型的地段上。

2 研究方法

2.1 野外调查

作者于 2005 年 8~10 月在对群落作全面踏察的基础上, 在缙云山风灾迹地恢复群落中的自然恢复和人工恢复样地进行取样调查。共设置 52 个 10 m×10 m 的样方, 其中人工恢复 26 个, 自然恢复 26 个, 分别出现主要乔木 15 种(选取出现频度大于 5% 的树种作为主要树种进行研究), 这样便有 26×

15、26×15 的原始数据转化为 0,1 形成的二元数据矩阵(表 1、表 2),对每一样地的树种进行每木测定,记录其种名、树高、胸径、冠幅、郁闭度等,还调查了各样地的生境条件、植被情况等,作为种间联结性的基本资料。

2.2 数据统计

统计内容包括各样地出现的物种数、物种出现的样方数及种对间的出现关系,并分别选取自然恢复和人工恢复群落样地中频度大于 5% 的树种进行分析。

2.2.1 总体相关性检验 采用方差比率法(VR)检

验多物种间的关联性(Schluter,1984)。先作零假设,即 15 个种群间无显著关联,按下列公式计算检验统计。

$$\delta_7^2 = \sum_{i=1}^s P_i(1-P_i); \quad P_i = n_i/N$$

$$S_7^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2; \quad VR = S_7^2 / \delta_7^2$$

上述各式中,N 为总样方数,T_j 为样方 j 内出现的研究物种总数,n_i 为物种 i 出现的样方数,t 为样方中的平均数,t=(T₁+T₂+...+T_n)/N。

在独立性假设条件下,VR 期望值为 1,VR>1 时,表示物种间表现出正的关联;VR<1 时,表示物

表 2 缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落人工恢复样地 15 个主要乔木 0-1 矩阵
Table 2 The 0-1 matrix of 15 principal tree species in the man-made restorable samples of the wind-damaged slash in Junyun Mountain Nature Reserve

种名 Sp.	样地号 No. of quadrats																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
6	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
7	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
9	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
11	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
12	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
14	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0

种间表现出负的关联。

采用统计量 W=VR×N 来检验 VR 值偏离 1 的显著程度,如果种间无关联,则 W 落入下面 χ² 分布给出的界限内的概率有 90%。

$$\chi^2 <_{0.95(N)} W < \chi^2_{0.05(N)}$$

2.2.2 种间关联测定 将各样方调查资料统计数据排成 2×2 联列表,计算关联测度。(1)χ²-检验(李先琨等,1999):

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

式中,n 为取样总数,当 P>0.05 时,即 χ²<3.841 时,种间联结独立;当 P<0.01 时,即 χ²>6.635,种间联结极显著;当 0.01≤P≤0.05 时,即 3.841≤χ²≤6.635,种间联结显著。χ² 本身没有负值,因此判断种间正负联结的方法是,若 ad≥bc 为正联结;反之,为负联结。

(2)联结系数 AC(王伯荪等,1983;孙中伟等,

1996):AC=(ad-bc)/(a+b)(b+d),ad≥bc;AC=(ad-bc)/(a+b)(a+c),ad<bc 且 d≥a;AC=(ad-bc)/(b+d)(d+c),ad<bc 且 d<a。

AC 值用于说明种间联结程度,其值域为[-1,1],AC 值越趋近于 1,表明种间的正联结性越强;AC 值越趋近于-1,表明种间负联结性越强;AC=0,物种间相互独立(郭志华等,1997)。

3 结果与分析

3.1 种间总体联结性

3.1.1 自然恢复样地 15 个种间总体相关性 根据缙云山恢复群落中自然恢复样地的 15 个种在 26 个样方中出现(1)与不出现(0)矩阵,计算出方差比率:VR=1.916>1,说明这 15 个种间表现出净的正关联。

在本文中 N=26,其统计量 W=1.916×26=

49.816,查表(杜荣骞,1999)得 $\chi_{0.95,26}^2 = 15.379$, $\chi_{0.05,26}^2 = 38.885$. $W > \chi_{0.05,26}^2$,即 VR 偏离 1 显著。缙云山恢复群落中自然恢复样地的 15 个种间在总体呈一定的正关联。说明群落尚处于演替的形成阶段,物种间尚未形成一种协调、稳定的搭配关系和对环境资源的最佳利用状态,植物种对间搭配关系表现出偶然性和随机性(张文辉等,1998)。

3.1.2 人工恢复样地 15 个种间总体相关性 人工恢复样地 15 个种间总体相关性,其计算与检验方法同 3.1.1。即 $VR = 0.848 < 1$,接近 1,说明这 15 个种间表现出净的负关联。 $W = 0.848 \times 26 = 22.048$,查表(杜荣骞,1999) $\chi_{0.95,26}^2 = 15.379$, $\chi_{0.05,26}^2 = 38.885$. $\chi_{0.05,26}^2 > W > \chi_{0.95,26}^2$,即 VR 偏离 1 不显著。缙云山恢复群落中人工恢复样地的 15 个种间在总体呈不显著负关联。说明群落尚处于演替前期阶段,比自然恢复演替稍慢,这主要是由于风灾后人工栽种了大量的针叶、落叶树种,阻碍了常绿阔叶树种的萌发、生长,因此最先入侵风灾迹地的顶级种较少,演替历程加长。

3.2 各种对间联结性

3.2.1 自然恢复样地各种对间联结性 根据缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落自然恢复样地中 15 个种各种对间校正后的 χ^2 值,结果可知自然恢复样地中 15 个种间,种对 3-6,10-13 为显著正关联, $\chi^2 > 3.841, P \leq 0.05, ad > bc$,种对 1-13 为显著负关联, $\chi^2 > 3.841, ad < bc$,其余种对的正负联结性不显著。说明群落演替形成阶段,初期侵入种的随机性,使种间关系表现出相对的松散性。

3.2.2 人工恢复样地各种对间联结性 根据缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落人工恢复样地中 15 个种各种对间校正后的 χ^2 值,结果可知自然恢复样地中 15 个种间,结果可知人工恢复样地中 15 个种间,种对 4-7,8-10,9-13 为显著正关联, $\chi^2 > 3.841, P \leq 0.05, ad > bc$,种对 5-13 为显著负关联, $\chi^2 > 3.841, ad < bc$,其余种对的正负联结性均不显著。说明群落演替前期阶段,种间关系表现出相对的松散性。

3.3 种间关联度

种间计算出联结系数 AC 之后,为了简单明了地表示各种对的关系,分别把缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落中自然恢复和人工恢复样地中 15 个种各种对间联结系数 AC 绘制成种对间联结度半矩阵图(图 1、图 2)。

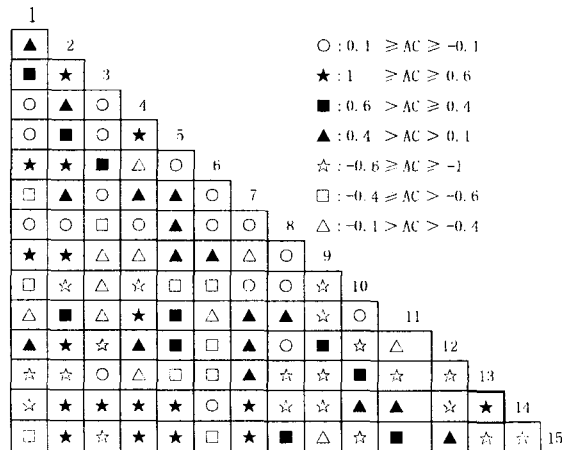


图 1 自然恢复样地 15 个主要乔木种间联结 AC 值半矩阵图
Fig. 1 Half-matrix diagram of AC interspecific association 15 principal tree species in the natural restorable samples

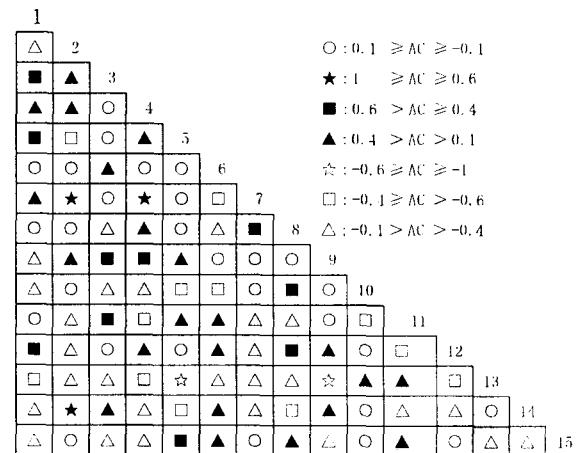


图 2 人工恢复样地 15 个主要乔木种间联结 AC 值半矩阵图
Fig. 2 Half-matrix diagram of AC interspecific association 15 principal tree species in the man-made restorable samples

3.3.1 自然恢复样地种间关联度 从图 1 可见,15 个树种 105 个种对之间的联结系数 AC 中,呈正联结的强度和数量比负联结的种对稍多,其中正联结强度大于 0.6 的有 17 个种对,占 16.19%,AC 值处于 0.4~0.6 之间的有 10 个种对,占 9.52%,在 0.1~0.4 之间的有 17 个种对,占 16.19%;在 -0.1~-0.4 之间的有 10 对,占 9.52%,在 -0.4~-0.6 之间的有 9 对,占 8.57%,小于 -0.6 的有 20 对,占 19.05%;其余的是在 -0.1~0.1 之间的有 17 个种对,表明有 16.19% 的树种之间关联强度较低。这

说明经过 16 年自然恢复的风灾迹地群落的种间关系并不稳定,种间竞争和种内竞争正在激烈地进行。

3.3.2 人工恢复样地种间关联度 从图 2 可见,15 个树种 105 个种对之间的联结系数 AC 中,正负关联强度相当,分别大于 0.6 或小于 -0.6,数量分别为 2 对,占 1.81%;而负关联数量明显多于正关联, AC 值处于 0.4~0.6 之间的有 10 个种对,占 9.52%,处于 0.1~0.4 之间的有 22 个种对,占 20.95%,处于 -0.1~-0.4 之间的有 28 对,占 26.67%,处于 -0.4~-0.6 之间的有 12 对,占 11.42%;其余的是处于 -0.1~0.1 之间的有 28 个种对,表明有 26.67% 的树种之间关联强度较低。

综上所述,缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落自然恢复和人工恢复样地中主要乔木种群的联结程度都较低,这一结果与种群间联结性检验结果基本一致,即自然恢复和人工恢复的样地中主要乔木树种之间关系均不稳定,绝大多数乔木树种之间无显著关联,而且人工恢复比自然恢复无关联性更高。

一般来说,在次生裸地的恢复初期。占领裸地的种多为随机侵入,由于正处于群落结构的形成期,种间关系表现为随机的组合,随着演替的发展,群落结构及其种类组成逐渐趋于完善和稳定,种间关系也将趋于正相关,以求得多物种间的稳定共存(杜道林等,1995;周先叶等,2000;金则新,2003)。缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落的次生演替过程中的种间关系随演替进展所表现的特点也将基本上遵循这一规律。

4 结果讨论

(1)种对间联结性检验和种间关联度的测定结果表明,缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落自然恢复和人工恢复样地均处于演替的不稳定阶段,这与我们调查的结果相一致,其中自然恢复群落尚处于演替的形成阶段,样地中的 15 个种对在总体呈一定的正关联,但关联度不紧密;缙云山恢复群落中人工恢复群落尚处于演替前期阶段,样地中的 15 个种对在总体呈不显著负关联,比自然恢复演替稍慢。随着时间的推移,缙云山自然保护区风灾迹地自然恢复和人工恢复样地都将趋于正常的演替稳定阶段。

(2)从各种对间的关联性检验中可以看出,缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落自然恢复样地中 15 个主要乔木种群间表现显著正关联的种对有 2

对,即种 3 与种 6、种 10 与种 13,显著负关联的种对仅 1 对,即种 1 与种 13;在人工恢复样地中 15 个主要乔木种群间表现显著正关联的种对有 3 对,即种 4 与种 7、种 8 与种 10、种 9 与种 13,显著负关联的也仅有 1 对,即种 5 与种 13。分析表明,缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落中物种呈关联是由于它们对综合环境条件具有相同或相似的需求与适应,生态习性相似,在一定程度上体现了生态位的重叠性(邓贤兰等,2003)。例如,种对川山矾和黄杞、薄果猴欢喜和慈竹、罗柿浮和慈竹及薄果猴欢喜和马尾松,它们都是阳性树种,在乔木层的第一层,由于利用光资源能力的相似性较大,两种群和睦相处,共享丰富资源(如阳光、土壤、水分条件等)而形成显著的正关联;有些种对的正联结是由于一个种的生长发育为另一个种的生存创造了条件,即它们对生境要求的互补有关。例如,种对白乳木与山黄皮,白乳木位于乔木层的第一层,它们的存在创造了群落内部特殊的植物环境,为稍耐荫处于乔木层第二层的山黄皮提供了一个有利的生存空间,因而形成了极显著的正联结,这主要是双方占据不同高度的空间,利用各自占有的空间资源,二者在高度上的空间分异,即生态位的差异,使它们避免了激烈的竞争而得以在同一个群落中共存。而缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落中呈显著负关联的种对,如小叶栲和慈竹、马尾松和白毛新木姜子,主要是由于物种间的空间排斥,适应不同的微环境的结果,也可能存在其它机制如他感作用的影响等。

(3)从缙云山自然保护区风灾迹地恢复群落中的种间联结性研究中,可以看到种间联结性检验和种间关联度的测定是进行种间联结性研究不可缺少的两个方面,它们相互联系,相互补充,同时又有区别的。单独使用 χ^2 检验或联结系数 AC ,研究种间的联结性,都存在一定的缺陷,种间联结性的 χ^2 检验较精确地反应了种间关联的显著程度,提供了判断种间关联显著性的定量指标,对于种间关联显著性的研究,仅用 χ^2 检验的方法是不够的,因为 χ^2 检验仅得出了关联性显著与否的结论,对那些经检验不显著的种对间,并不意味着它们之间不存在联结性;此外, χ^2 检验不能区分联结强度的大小,模糊了种间联结性之间的差异,而以 χ^2 检验为基础,结合联结系数 AC 共同来测定种对间的联结状况则效果较好(郭志华等,1997;Hurlbert,1969)。另外,种间联结测定取样以 50~100 m² 为宜,取样数目

30~50个为宜,中亚热带山地森林植被研究中,100 m²样方能准确全面地反映优势种群的种间联结性(杜道林等,1995;郭志华等,1997;林勇明等,2005),缙云山自然保护区处于中亚热带,以100 m²样方计测、取样数目26个,是否合适,尚需进一步研究。

致谢 本文承蒙西南师范大学生命科学院刘玉成教授的悉心指导,王永健、张志勇、张逸峰、汤爱仪和陈峰等师弟师妹协助野外调查,华南植物研究所黄忠良教授润色英文摘要,在此一并感谢!

参考文献:

- 王伯荪,李鸣光,彭少麟. 1989. 植物种群学[M]. 广州:中山大学出版社,115—120
- 杜荣骞. 1999. 生物统计学[M]. 北京:中国高等教育出版社
- Deng XL(邓贤兰),Liu YC(刘玉成),Wu Y(吴杨). 2003. Interconnection among dominant plant population of *Castanopsis* community in Jinggang Mountain Natural Reserve(井冈山自然保护区栲属群落优势种群的种间联结关系研究)[J]. *Acta Phytocol Sin*(植物生态学报),27(4):531—536
- Du DL(杜道林),Liu YC(刘玉成),Li R(李睿). 1995. Studies on the interspecific association of dominant species in a subtropical *Castanopsis fargesii* forest of Jinyun Mountain, China(缙云山亚热带栲树林优势种群间联结性研究)[J]. *Acta Phytocol Sin*(植物生态学报),19(2):149—157
- Greig-Smith. 1983. Quantitative Plant Ecology(3rd ed)[M]. Oxford:Blackwell Science Publication,105—112
- Guo ZH(郭志华),Zhuo ZD(卓正大),Chen J(陈洁),et al. 1997. Interspecific association of trees in mixed evergreen and deciduous broadleaved forest in Lushan Mountain(庐山常绿阔叶林、落叶阔叶混交林乔木种群联结性研究)[J]. *Acta Phytocol Sin*(植物生态学报),21:424—432
- Hurlburt SH. 1969. A coefficient of interspecific association[J]. *Ecology*,50(1):1—9
- Jin ZX(金则新). 2003. Studies of dominant population structure and interspecific association of the evergreen broad-leaved forest in Tiantai Mountain(浙江天台山常绿阔叶林优势种群结构及种间联结性研究)[J]. *Guihaia*(广西植物),22(3):203—208
- Li XK(李先琨),Huang YQ(黄玉清),Su ZM(苏宗明). 1999. Preliminary studies on interconnections among the main tree populations of *Taxus chinensis* var. *mairei* community(南方红豆杉群落主要树木种群间联结关系初步研究)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志),18(3):10—14
- Lin YM(林勇明),Wu CZ(吴承桢),Hong W(洪伟),et al. 2005. Study on the scale effect of interspecific association of species in tree layer of the rare plant *Tsuga longibracteata* community(长苞铁杉木层优势种群种间关联及尺度效应研究)[J]. *Guihaia*(广西植物),25(6):526—532
- Liu YC(刘玉成),Zhong ZC(钟章成),Miu SL(缪世利),et al. 1984. A brief account of the resources of vegetation of the Jinyun Mountain(缙云山自然保护区植被概况)[J]. *China J South West Normal Univ(Nat.Sci)*(西南师范大学学报·自然科学版),9(5):117—128
- Schluter D. 1984. A variance test for detecting species association with some example application[J]. *Ecology*,65:998—1005
- Sun ZW(孙中伟),Zhao SD(赵世洞). 1996. Interspecific association and correlation of lined-broad leaved Korean pin forest on the northern slope of Changbai Mountain(长白山北坡椴树阔叶红松林群落木本植物种群间联结性与相关性研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报),7:1—5
- Zhang WH(张文辉),Zu YG(祖元刚),Zhou FJ(周福军). 1998. Study on interspecific association in the communities including *Adenophora lobophylla* population compared with that in the communities including *A. potaninii* in the northwest of Sichuan Province(川西北地区裂叶沙参参与泡沙参所在群落种间联结性对照研究)[J]. *J Northeast Fore Univ*(东北林业大学学报),26(5):42—48
- Zhou XY(周先叶),Wang BS(王伯荪),Li MG(李鸣光),et al. 2000. An analysis of interspecific association in secondary succession forest communities in Heishiding Natural Reserve, Guangdong Province(广东黑石顶自然保护区森林次生演替过程中群落的种间联结性分析)[J]. *Acta Phytocol Sin*(植物生态学报),24(3):332—339

更正

发表于本刊2009年第2期的《广西楼梯草属三新种和一新变种》一文,由于编排出错,需作如下更正:
P145、P147 图1与图2中的墨线图前后位置对调。

在此对作者表示歉意!