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

邓贤兰¹ 刘玉成² 吴 杨¹

(1 井冈山师范学院生命科学系, 江西吉安 343009)

(2 西南师范大学生命科学学院, 重庆 400715)

摘 要 采用 2×2 联列表, 通过方差分析、 χ^2 检验、联结系数 AC 值、Jaccard 指数及点相关指数对井冈山栲属 (*Castanopsis*) 群落样地中出现频率较高的 20 个种群的种间联结进行了定量分析。结果表明: 井冈山栲属群落 20 个优势种群的总体种间关联性呈显著正关联, 反映该群落处于稳定的顶极阶段; 20 个优势种群的种间联结关系中 10 个种对具有极显著正联结, 10 个种对具有显著正联结, 4 个种对具有极显著负联结, 8 个种对具有显著负联结。190 个种对中, 绝大多数种对联结关系未达到显著水平, 种对间的独立性相对较强, 这种种间联结的松散性可能与目前群落的发展阶段及种本身的生态学特性有关。目前, 群落处于比较稳定的顶极阶段。

关键词 栲属群落 种群 联结性 生态学特性 井冈山自然保护区

INTERCONNECTION AMONG DOMINANT PLANT POPULATIONS OF *CASTANOPSIS* COMMUNITY IN JINGGANG MOUNTAIN NATURE RESERVE

DENG Xian-Lan¹ LIU Yu-Cheng² and WU Yang¹

(1 Department of Biology, Jinggangshan Teachers' College, Ji'an, Jiangxi 343009, China)

(2 Faculty of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China)

Abstract The species association of *Castanopsis* community in Jinggangshan Mountain Nature Reserve was analyzed in this paper. The experimental results may be useful for forest management, vegetation restoration, and biodiversity conservation in Jinggangshan Mountain Nature Reserve, and sustainable development of Jinggangshan tourist resources.

In the experiment, according to the factor of altitude, 15 plots were established, each of them containing four quadrats of size 10 m $\times$ 10 m. For every quadrat, one sub-quadrat of 5 m $\times$ 5 m was set for shrubs and one sub-quadrat of 2 m $\times$ 2 m was set for herbaceous plants. Within each quadrat, the girths, plant name, heights, and coverage of all plants ($H > 5$ m, DBH > 10 cm) in tree layer, and individual number, plant name, heights, and coverage of all plants of all shrub and herbaceous plants were recorded. At the same time, the environment factors—slope, altitude, thickness of soil and so on were also recorded. Based on the data from the 15 plots, the species association for 20 dominant species in *Castanopsis* community was analysed. The data for statistics include the species numbers of the quadrats, the quadrats numbers of species and the relations between species pairs. Regarding the index value of the measure of species association as half-matrix, according to χ^2 value as constellation diagrams. Variance analysis, χ^2 test, association coefficient (AC), Jaccard index and point correlation index were used to examine the species association between 20 dominant species in *Castanopsis* community.

There were 214 species of vascular plants in the *Castanopsis* community in Jinggangshan Mountain (including varieties), belonging to 75 families and 132 genera, in which the pteridophyte accounted for 14 families 19 genera and 24 species, the gymnosperm 3 families, 4 genera and 4 species, and the angiosperm 58 families, 109 genera and 186 species. The community structure was complicated, which was composed of tree layer, shrub layer and herb layer. The tree layer is consisted of three sub-layers.

It was found that the overall association between 20 dominant species was significantly positive. W test indicated that significantly positive correlation exist among the 20 dominant species, which suggests that the *Castanopsis* community is stable. The χ^2 test showed that among these 20 dominant species, 10 species pairs exhibited highly significant positive association, another 10 species pairs showed significant positive association, 4 species pairs exhibited highly significant negative association, and 8 species pairs exhibited significant

negative association. Most of the total 190 species pairs did not show significant association, which may be related to the seral stage of the community and the ecological characteristics of investigated species. Based on the results, it might be inferred that the community was at a stable late successional stage.

Key words *Castanopsis* community, Population, Interconnection, Ecological character, Jinggangshan Mountain Nature Reserve

井冈山自然保护区是我国中亚热带东部森林植被保存比较完整的地域,是一个多功能的综合性国家级保护区,具有自然景观雄伟壮观、森林生物资源丰富、生态经济价值大的特点(林英,1990)。栲属(*Castanopsis*)群落是组成亚热带常绿阔叶林的主要群落类型之一,在井冈山自然保护区分布广,面积大,生态价值和经济价值高。近些年来,国内外许多学者在种间联结研究方法和各地不同植被类型优势种群种间联结性方面做了不少工作,但有关井冈山森林植被的种间联结性还未见报道。研究井冈山栲属群落优势种群间的联结关系,对于研究种群间的相互作用、群落的组成和动态,阐明种群生态学及进一步保护井冈山的常绿阔叶林群落,保护物种多样性具有重要的意义。

1 研究地区自然概况

井冈山地处南岭山地罗霄山脉中段,是江西省境内的一组山体。北纬 26°27′~26°40′,东经 113°39′~114°23′,整个山体呈东北-西南走向,境内山势高峻、群山层叠、峰丘相间、岭谷夹持,地形复杂。最高海拔 1 841 m,最低海拔 202 m,相对高差 1 639 m,土壤以山地黄壤为主,土层厚度一般在 50~80 cm,土质疏松、肥沃、湿润。井冈山属亚热带温暖湿润气候区,年平均气温 14.2℃,年降雨量 1 856.2 mm。由于井冈山地处欧亚大陆东南部亚热带与中亚热带的过渡地带,长期以来受东亚季风气候的影响,冬温夏凉、春暖秋爽,加之井冈山地势崎岖、多变,形成了局部气候条件的差异,故孕育了大面积的亚热带森林植被,栲属群落是组成井冈山常绿阔叶林的主要群落。

2 研究方法

2.1 野外调查

在对群落作全面踏察的基础上,以海拔为主导因子,采用典型取样方法,设置样地 15 个,每个样地设置 4 个 10 m×10 m 的样方,每个样方内设置 1 个 5 m×5 m 的灌木样方,1 个 2 m×2 m 的草本样方。调查记录乔木层树种(树高>5 m, DBH>10 cm)的植物名称、胸围、高度、冠幅,草本植物与灌木的植物

名称、株数(株丛)、高度、盖度等。同时测定坡度、坡向、海拔、土壤深度和土壤湿度等环境因子。

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,并选取栲属群落样地中出现频率较高的 20 个种群进行分析。

2.3 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 20 个种群间无显著关联,按下列公式计算检验统计。

$$\delta_T^2 = \sum_{i=1}^S P_i(1 - P_i) \quad (1)$$

$$P_i = n_i / N \quad (2)$$

$$S_T^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2 \quad (3)$$

$$VR = S_T^2 / \delta_T^2 \quad (4)$$

式中, S 为总物种数, 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 为样方中种的平均数, $t = (T_1 + T_2 + \dots + T_n) / N$ 。

在独立性零假设条件下, VR 期望值为 1, 当 $VR > 1$ 时, 表明物种间呈现出净的正关联; $VR < 1$ 时, 表明物种间存在净的负关联, $VR = 1$, 即符合所有种间无关联的零假设。

采用统计量 $W = VR \times N$ 来检验 VR 值偏离 1 的显著程度, 如果种间无关联, 则 W 落入由下面 χ^2 分布给出的界限内的概率有 90%。

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

2.4 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, 计算关联测定。

2.4.1 联结系数 AC(王伯荪等, 1983; 孙中伟等, 1996)

$$AC = (ad - bc) / (a + b)(b + d), \quad ad \geq bc \quad (5)$$

$$AC = (ad - bc) / (a + b)(a + c), \quad ad < bc \text{ 且 } d \geq a \quad (6)$$

$$AC = (ad - bc) / (b + d)(d + c), \quad ad < bc \text{ 且 } d < a \quad (7)$$

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; $AC = 0$, 物种间相对独立。

2.4.2 共同出现百分率 JI (孙中伟等, 1996)

$$JI = a / (a + b + c) \quad (8)$$

JI 用来测度物种间正联结程度, JI 的值域为 $[0, 1]$, 其值越趋近 1, 则表示该种对的正联结越强。

2.4.3 点相关系数 Φ (孙中伟等, 1996)

$$\Phi = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(a+c)(c+d)(b+d)}} \quad (9)$$

用于说明种间联结的程度, 为 $[-1, 1]$ 值域的中心指数。

2.4.4 χ^2 -检验 (李先琨等, 1999)

$$\chi^2 = \frac{n(|ad - bc| - 0.5n)^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)} \quad (10)$$

式中, n 为取样总数。根据 χ^2 值查表, 当 $p > 0.05$ 时, 即 $\chi^2 < 3.841$ 时, 种间联结独立; 当 $p < 0.01$ 时, 即 $\chi^2 > 6.635$, 种间联结极显著; 当 $0.01 \leq p \leq 0.05$ 时, 即 $3.841 \leq \chi^2 \leq 6.635$, 种间联结显著。 χ^2 本身没有负值, 判断种间正负联结的方法是, 若 $a > (a+b)(a+c)/n$ (即 $ad > bc$) 为正联结; 反之为负联结。

2.4.5 种间联结图

以种间关联测度各指标计算值作半矩阵图, 根据 χ^2 值作星座图。

3 结果与分析

3.1 栲属群落特征

根据井冈山栲属群落样地调查资料, 统计井冈山栲属群落有维管植物 214 种, 隶属于 75 科 132 属, 其中蕨类植物 24 种, 隶属于 14 科 19 属, 裸子植物 3 科 4 属 4 种, 被子植物 58 科 109 属 186 种。栲属群落多分布在井冈山海拔 500 ~ 1 000 m 之间, 分布面积大。在分布区内, 土层较厚, 坡度一般在 $15^\circ \sim 50^\circ$ 之间, 局部可达 $60^\circ \sim 70^\circ$, 土壤为山地红壤和山地黄壤。群落高 10 ~ 28 m 左右, 可分为乔木层、灌木层和草本层 3 层结构。乔木层又可分为 3 个亚层, 第一亚层高 20 m 以上, 主要由甜槠 (*Castanopsis eyrei*)、栲树 (*C. fargesii*)、罗浮栲 (*C. fabri*)、木荷 (*Schima superba*)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)、钩栲 (*C. tibetana*) 和鹿角栲 (*C. lamontii*) 等组成, 第二亚层高 10 ~ 20 m, 主要由甜槠、栲树、薯豆 (*Elaeocarpus japonicus*)、罗浮栲、细叶青冈 (*Cyclobalanopsis gracilis*)、银木荷 (*Schima argentea*) 和南岭栲 (*Castanopsis fordii*) 等组成, 第三亚层高 5 ~ 10 m, 主要由深山含笑 (*Michelia maudiae*)、鹿角杜鹃 (*Rhododendron la-*

touchaeae)、杜英 (*Elaeocarpus decipiens*)、厚皮香 (*Ternstroemia gymnanthera*)、猴欢喜 (*Sloanea sinensis*)、马银花 (*Rhododendron ovatum*)、冬青 (*Ilex chinensis*)、红楠 (*Machilus thunbergii*) 等组成, 这些树木对群落的结构和群落环境的形成有明显的控制作用, 为乔木层的优势种。此外在乔木层中有大量古树, 如在行洲有一株苦槠, 胸围 9.1 m, 树高 29 m, 冠幅 10 m × 15 m, 树龄在百年以上。由于群落低海拔处受到人为的影响, 因此乔木层还常有杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、枫香 (*Liquidambar formosana*) 等侵入; 灌木层高不及 5 m, 常见种类有杜茎山 (*Maesa japonica*)、柃木 (*Eurya japonica*)、巨萼柏拉木 (*Blastas dunnianus*)、赤楠 (*Syzygium buxifolium*)、细叶香桂 (*Cinnamomum chingii*) 和草珊瑚 (*Sarcandra glabra*) 等, 其中杜茎山、细叶香桂、柃木为灌木层的优势种; 草本层高 0.3 ~ 0.6 m, 常见芒尖苔草 (*Carex doniana*)、淡竹叶 (*Lophatherum gracile*)、小斑叶兰 (*Goodyera repens*) 和多种蕨类, 苔草为草本层的优势种; 层外植物常见有菝葜 (*Smilax china*) 和木通 (*Akebia quinata*) 等。

3.2 总体相关性

根据 20 个优势种群之间的存在与不存在矩阵, 计算 VR 值:

$$VR = S_T^2 / \delta_T^2 = 1.448 > 1$$

说明 20 个种群间表现出净的正关联。对以上测定结果, 用统计量 W 来检测 VR 值偏离 1 的显著性。

$$W = VR \times N = 86.88$$

查表 (杜荣骞, 1999) 得相应的 χ^2 值, $\chi_{0.95(60)}^2 = 35.54$, $\chi_{0.05(60)}^2 = 79.82$, W 不落入 $\chi_{0.95(60)}^2$ 与 $\chi_{0.05(60)}^2$ 之间, 说明 20 个种群之间在总体上表现出显著的正关联。

种间总体关联性反映了群落的稳定性 (周先叶等, 2000)。一般来说, 随着植被群落演替的进展, 群落结构及其种类组成将逐渐趋于完善和稳定, 种间关系也将逐步趋向于正相关, 以求得物种间的稳定共存 (杨一川等, 1994; 杜道林等, 1995)。井冈山栲属群落中种间表现出显著的正联结性, 反映了该群落处于稳定的顶极阶段。

3.3 种间联结

3.3.1 种间关联测度

以种间关联测度各指标计算值作图, 半矩阵图包括联结系数 AC 值 (图 1)、共同出现百分率 JI 值 (图 2) 与 Φ 值 (图 3), 根据 χ^2 值作星座图 (图 4)。从图 1 可以看出, 种对 5-8、8-12、8-13、10-17、13-17、14-15 的 AC 值在 0.6 以上, 说明有较强的正联结,

种对 8-17 的 AC 值为 1, 正联结程度较强。图 2 表明, 种对 1-8、5-8、8-12、8-13、8-17、10-13 等种对的 JI 值在 0.4 以上, 表明种间联结性较强, 种对 5-18、7-17、8-18、9-20 等 30 对的 JI 值为 0, 表明种对间无关联, 大部分种对的 JI 值在 0.4 以下, 说明这些种对之间联结程度不显著。图 3 表明, 大多数种对的点相关系数处于 $[-0.2, +0.2]$ 值域内, 说明大多数种对之间正或负的联结性较弱。图 4 表明, 井冈山栲属群落 20 个优势种群的种间联结关系中, 10 对具显著正联结, 10 对具极显著正联结, 8 对具显著负联结, 4 对具极显著负联结。190 个种对中, 158 对联结关系未达到显著水平, 种对间的独立性相对较强。

3.3.2 种间联结关系

种间联结的正或负联结性都反映了两者之间的特定关系, 合理解释这些种间关系并进一步去发现其规律是很有意义的。井冈山栲属群落目前是比较稳定、成熟的顶极群落, 群落内种群间的联结关系符合目前的群落特征, 是栲属群落演替到目前阶段的结果。

一方面, 在长期的演替过程中, 由于种内种间的竞争, 群落的组成成分基本稳定, 在进一步分化了的生态位中, 各个物种都占据有利于自己(或适合自己)的位置, 和谐共处, 相互依赖和相互竞争大为降低和减弱, 所以多数种对联结程度不强, 关系松散,

图 1 种间联结 AC 值半矩阵图
Fig.1 Half-matrix diagram of AC of interspecific connection in the *Castanopsis* community

1. 柃木 *Eurya japonica* 2. 薯蓣 *Elaeocarpus japonicus* 3. 杜英 *Elaeocarpus decipiens* 4. 木荷 *Schima superba* 5. 深山含笑 *Michelia maudslayi* 6. 杉木 *Cunninghamia lanceolata* 7. 冬青 *Ilex chinensis* 8. 甜槠 *Castanopsis eyrei* 9. 厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera* 10. 鹿角杜鹃 *Rhododendron latoucheae* 11. 鹿角栲 *Castanopsis lamontii* 12. 细叶香桂 *Cinnamomum chingii* 13. 枫香 *Liquidambar formosana* 14. 栲树 *Castanopsis fargesii* 15. 杜茎山 *Maesa japonica* 16. 猴欢喜 *Sloanea sinensis* 17. 马银花 *Rhododendron ovatum* 18. 罗浮栲 *Castanopsis fabri* 19. 苔草 *Carex doniana* 20. 红楠 *Machilus thunbergii*

图 2 种间联结 JI 值半矩阵图
Fig.2 Half-matrix diagram of JI of interspecific connection in the *Castanopsis* community
种序号与图 1 同 The species No. is the same as Fig.1

图 3 种间联结系数 Φ 值半矩阵图
Fig.3 Half-matrix of Φ (point correlation coefficient) of interspecific correlation in the *Castanopsis* community
种序号与图 1 同 The species No. is the same as Fig.1

图 4 井冈山栲属群落主要种群间联结 χ^2 星座图
Fig.4 Constellation diagrams showing correlation among species of main populations in the *Castanopsis* community in Jinggang Mountain
种序号与图 1 同 The species No. is the same as Fig.1

独立性较强;另一方面,在长期演替过程中,为了与不利的环境作斗争,有一些种群相互依赖性增强,所以栲属群落的又一特征是 20 对种对正联结程度较强,达到显著水平,其中 10 对种对联结关系达到极显著的水平。

此外,顶极群落在正常情况下虽然不会发生质的变化,但稳定是相对的,量的变化仍贯穿整个生命过程,种内竞争和种间竞争时刻存在(欧祖兰等,2002)。当竞争的两个种群共同利用的资源不足时,必然产生排斥作用,但是这种情况不会固定在某一种对上,通过排斥作用,个体数量由于自然稀疏而逐渐减少,竞争减弱。此时这一种对联结程度减弱,关系松散,独立性增强,随即又有别的种群个体数量过剩,与其它的种群共享资源不足,再产生竞争作用,重复上述过程,所以栲属群落种群间联结关系的另一个特征是 12 对种对的负联结程度很强,达到显著的水平,其中 4 对达到极显著水平。

栲属群落中,大多数种对联结关系不显著,但主要种群总体上都表现正相关。一方面是受重要的优势种种间强烈联结的影响,另一方面是这些物种对非限制性资源的利用有共同的反应或偏向,这些非限制性的资源可能包括水分、土壤养分等,需进一步深入研究。

3.3.3 研究结果的生态学意义

植物种对的正联结体现了植物利用资源的相似性和生态位的重叠性,而其高度的差别,体现了生态位空间分异,这是森林群落自然演替的必然结果(Hurlburt, 1969; 孙中伟等, 1996)。在井冈山栲属群落中,有些种对的正联结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,都避免相同的生态因子,在一定程度上体现了生态位的重叠性。例如,栲树与猴欢喜,它们都为常绿阔叶林阳性顶极树种,都分布在乔木层的第一层,由于利用光资源能力的相似性较大,两种群和睦共处,共享资源(如光照、土壤、水分条件等)而形成极显著的正关联,类似的种对还有鹿角杜鹃与马银花、甜槠与深山含笑等。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。例如种对栲树与杜茎山,栲树是常绿阔叶林的建群种,处于乔木层的第一层,它的存在创造了群落内部特殊的植物环境,为稍耐荫处于灌木层的杜茎山提供了一个良好的生存空间。类似的还有甜槠与细叶香桂、马银花与枫香等,这些种对的正联结除上述原因外,更重要的是这些种对的双

方在群落内分别占据不同高度的空间,例如甜槠与细叶香桂,甜槠是群落的建群种,位居群落的最高层,主要利用群落的上层空间资源,细叶香桂是灌木层的优势种,主要利用群落的下层空间资源,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。

植物种对的负联结体现了物种间的排斥性,这是长期适应不同的微环境,利用不同资源空间的结果,也是生态位分离的反映(孙中伟等, 1996; 李新荣, 1999)。井冈山栲属群落极显著负联结种对深山含笑与罗浮栲,深山含笑对光照要求较强,在井冈山常分布在海拔 900 m 以上,而罗浮栲为中性树种,通常分布在井冈山海拔 900 m 以下,由于对生境要求不同,因此二者之间表现出极显著负联结;又如鹿角杜鹃与鹿角栲,两者均为乔木层树种,但鹿角杜鹃生长在酸性土壤,而鹿角栲生长在近中性土壤中,二者由于对生境条件(土壤酸碱度)的不同而形成生态位的分离,表现出显著的负联结性。种对薯豆与猴欢喜,是位于相同层次的物种对,两者对光照等环境条件要求较强,因此产生了激烈的竞争,从而形成了显著的负联结,表现出物种之间的排斥性,也可能存在着他感作用的影响,其机制有待进一步探讨。

4 讨 论

综合比较 χ^2 检验与 AC 、 JI 、 Φ 值的测定结果,对井冈山栲属群落 20 个优势种群之间相互关系的反映有较为相似的结果,具体计算结果上的差异是由于测定公式不同所致,相对而言,计算结果较为接近。 χ^2 统计量由于有明确的指标($p < 0.01$ 和 $p > 0.05$),能比较准确客观地表明种间联结性,而联结系数 AC 、 JI 、 Φ 值能体现出那些由于 χ^2 检验不显著的物种联结性来。 JI 指数仅较为准确地反映物种之间正联结性的强弱,因为 a 值小时,忽略了 d 值的影响,夸大了 a 、 b 、 c 值在联结性测定中的作用; AC 值在种数较多或样本较大时常常由于高的 d 值导致 AC 值偏高;点相关系数综合考虑了 a 、 b 、 c 、 d 各值的影响(郭志华等, 1997; 欧祖兰等, 2002)。如甜槠-罗浮栲(8-18)种对间联结系数 $JI = 0$,此时可能被认为种对间“无关联”,但 $AC = -1$,又可能解释为种对间“极显著负联结”, $\Phi = -0.429$,则表明两物种存在较强的负联结, $\chi^2 = -8.907 > \chi_{0.05}^2$,说明种对间存在显著的负联结性。因此,用 AC 、 JI 、 Φ 值共同测定物种之间的关联度,并通过 χ^2 值检验其联结显著性,能准确全面地反映出种间联结性。

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), 井冈山处于中亚热带, 以 100 m² 样方计测、取样数目 60 个, 是否合适, 尚需进一步研究。

井冈山栲属群落优势种群种对间的联结关系绝大多数未达到显著程度, 种对间的独立性相对较强, 这种种间联结的松散性可能与目前群落的发展阶段及种本身的生态学特性有关。目前, 群落处于比较稳定的顶极阶段。

参 考 文 献

- Du, D. L. (杜道林), Y. C. Liu (刘玉成) & R. Li (李睿). 1995. Studies on the interspecific association of dominant species in a subtropical *Castanopsis fargesii* forest of Jinyun Mountain, China. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **19**: 149 ~ 157. (in Chinese with English abstract)
- Du, R. Q. (杜荣寿). 1999. *Biostatistics*. Beijing: Chinese Higher Education Press. (in Chinese)
- Guo, Z. H. (郭志华), Z. D. Zhuo (卓正大), J. Chen (陈洁) & M. F. Wu (吴梅凤). 1997. Interspecific association of trees in mixed evergreen and deciduous broadleaved forest in Lushan Mountain. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **21**: 424 ~ 432. (in Chinese with English abstract)
- Hurlburt, S. H. 1969. A coefficient of interspecific association. *Ecology*, **50**: 1 ~ 9.
- Li, X. K. (李先琨), Y. Q. Huang (黄玉清) & Z. M. Su (苏宗明). 1999. Preliminary studies on interconnections among the main tree populations of *Taxus chinensis* var. *mairei* community. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **18**(3): 10 ~ 14. (in Chinese with English abstract)
- Li, X. R. (李新荣). 1999. Interspecific correlation of shrub layer plants in mixed coniferous and broad-leaved forests in Russia plain. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **19**(1): 50 ~ 60. (in Chinese with English abstract)
- Lin, Y. (林英). 1990. *Scientific survey and research on Jinggangshan Nature Reserve*. Beijing: Xinhua Press. (in Chinese)
- Ou, Z. L. (欧祖兰), X. K. Li (李先琨), Z. M. Su (苏宗明), R. Q. Tang (唐润琴), S. J. Ning (宁世江) & R. T. Li (李瑞棠). 2002. Interconnection among main tree populations of *Abies yuanbaoshanensis* community. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **21**(1): 14 ~ 18. (in Chinese with English abstract)
- Schluter, D. 1984. A variance test for detecting species association with some example application. *Ecology*, **65**: 998 ~ 1005.
- Sun, Z. W. (孙中伟) & S. D. Zhao (赵士洞). 1996. Interspecific association and correlation of lime-broad leaved Korean pine forest on the northern slope of Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **7**: 1 ~ 5. (in Chinese with English abstract)
- Wang, B. S. (王伯荪) & S. L. Peng (彭少麟). 1983. Analysis on the forest communities of Dinghushan. II. Interspecific association. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni* (中山大学学报(自然科学版)), (4): 27 ~ 35. (in Chinese with English abstract)
- Yang, Y. C. (杨一川), P. Zhuang (庄平) & X. R. Li (黎系荣). 1994. Ecological studies on the forest community of *Castanopsis platyacantha-Schima sinensis* on Emei Mountain. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **18**: 105 ~ 120. (in Chinese with English abstract)
- Zhou, X. Y. (周先叶), B. S. Wang (王伯荪), M. G. Li (李鸣光) & Q. J. Zan (咎启杰). 2000. An analysis of interspecific associations in secondary succession forest communities in Heishiding Natural Reserve, Guangdong Province. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **24**: 332 ~ 339. (in Chinese with English abstract)

责任编辑: 彭少麟 责任编辑: 周玉荣