

皖西大别山多枝尖山区主要乔木树种种间联结特征

王志高¹, 吴甘霖^{1,①}, 段仁燕¹, 张中信¹, 沈三保²

(1. 安庆师范学院生命科学学院, 安徽 安庆 246011; 2. 鹞落坪国家级自然保护区管委会, 安徽 安庆 246600)

摘要: 为探讨皖西大别山多枝尖山区植物群落中乔木树种间的相互关系, 采用 X^2 检验、联结系数 (AC) 和共同出现百分率 (PC) 对出现频率大于 5% 的 30 个主要乔木树种间的种间联结特性进行了分析。 X^2 检验结果显示: 在 30 个主要乔木树种组成的 435 个种对中, 种间联结性显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 的种对有 23 个, 其中, 正联结种对有 15 个, 负联结种对有 8 个。 AC 值分析结果显示: 具有明显正联结性 ($AC \geq 0.4$) 的种对有 20 个, 仅占种对总数的 4.6%; 而具有明显负联结性 ($AC < -0.6$) 的种对有 113 个, 占种对总数的 26.0%。 PC 值分析结果显示: PC 值在 0.6 以上 ($PC \geq 0.6$) 的种对有 22 个, 占种对总数的 5.1%; PC 值低于 0.2 ($PC < 0.2$) 的种对有 271 个, 占种对总数的 62.3%。 3 个指标的分析结果均表明: 该区域植物群落主要乔木树种间具有明显正联结性的种对较少, 大多数树种的种间联结较松散; 物种生态习性、群落演替阶段和人为活动等因素是造成这一特性的主要原因。

关键词: 乔木树种; 种间联结; X^2 检验; 联结系数; 共同出现百分率

中图分类号: Q948.12+2.1; S718.54 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2011)02-0079-07

Inter-specific association characteristics of dominant arbor species in Duozhijian mountainous region of Dabieshan Mountain in West Anhui WANG Zhi-gao¹, WU Gan-lin^{1,①}, DUAN Ren-yan¹, ZHANG Zhong-xin¹, SHEN San-bao² (1. School of Life Science, Anqing Teachers College, Anqing 246011, China; 2. Administration Committee of Yaoluoping National Nature Reserve, Anqing 246600, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2011, 20(2): 79-85

Abstract: In order to explore the interrelation among arbor species in plant community of Duozhijian mountainous region of Dabieshan Mountain in West Anhui, the inter-specific association characteristics among 30 dominant arbor species with more than 5% occurrence frequency were analyzed by X^2 -test, association coefficient (AC) and percentage of co-occurrence (PC). The X^2 -test result shows that in 435 species pairs composed of 30 dominant arbor species, there are 23 species pairs with significant ($P < 0.05$) or highly significant ($P < 0.01$) associations, in which, 15 species pairs are positive associations and 8 species pairs are negative associations. The analysis result of AC value shows that there are 20 species pairs with obviously positive associations ($AC \geq 0.4$), which only accounts for 4.6% of total number of species pairs. While there are 113 species pairs with obviously negative associations ($AC < -0.6$), which accounts for 26.0% of total number of species pairs. The analysis result of PC value shows that PC value of 22 species pairs is above 0.6 ($PC \geq 0.6$), accounting for 5.1% of total number of species pairs. While PC value of 271 species pairs is below 0.2 ($PC < 0.2$), accounting for 62.3% of total number of species pairs. All of analysis results of three indexes indicate that the number of species pairs with obviously positive associations is a few among dominant arbor species in plant community of this region, and species association among most species is loose. And the main reasons for causing the inter-specific association characteristics are ecological habits of species, community succession stage and human activity.

Key words: arbor species; inter-specific association; X^2 -test; association coefficient; percentage of co-occurrence

收稿日期: 2010-06-19

基金项目: 安徽省高校省级自然科学基金重点项目(KJ2010A233); 安庆师范学院科研启动经费(044-K0500000219)

作者简介: 王志高(1978—), 男, 安徽长丰人, 博士, 讲师, 主要从事植物生态学方面的研究。

①通信作者 E-mail: wugl@aqtc.edu.cn

探讨环境因素对植物分布和群落构建的影响是植物生态学研究的基本内容之一^[1]。群落生境的差异影响物种分布、导致不同物种在空间分布上产生相互关联性,也即种间联结(species association)^[2-4]。种间联结分析通常以物种是否存在二元数据为依据^[5-15],研究种间相互吸引或排斥的性质^[2-3]、探讨植物对环境的功能群适应能力^[16-17],有助于更好地了解群落中各个物种之间的相互作用以及群落的组成、动态和物种多样性的维持机制等^[3-4]。

多枝尖山区是皖西大别山腹地主峰分水岭的主段,最高峰海拔1 721.5 m。该区域的地带性植被为常绿-落叶阔叶混交林,植物区系起源古老,属华中、华西、华北、华南和华东植物区系的交会地带,物种特有现象明显,是大别山植物区系物种最丰富的地区之一^[17-18]。该区域的森林植被在20世纪70年代曾遭到大规模砍伐,目前是鹞落坪国家级自然保护区的核心区之一,区内次生植被恢复状况良好。有关该区域植物区系和植被特征的研究已有较多的报道^[19-22],但缺乏对群落结构及其动态变化的进一步研究。

作者采用 X^2 检验、联结系数和共同出现百分率3个指标对多枝尖山区主要乔木树种的种间联结特征进行了分析,并据此探讨了该区域植物群落中主要乔木树种之间的相互关系,以期为进一步研究该区域植物群落特征及其动态变化奠定基础。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

大别山多枝尖山区位于安徽省岳西县境内,地理坐标为东经116°03'~116°09'、北纬31°00'~31°11',总面积约210 km²。区域内的自然条件和植被概况参见文献[18-21]所述。

1.2 研究方法

1.2.1 样方设置和数据调查方法 采用样方法进行群落调查。共设置25个面积为20 m×20 m的典型乔木样方,每个乔木样方中分别随机设置5个面积为2 m×2 m的灌木样方和5个面积为1 m×1 m的草本样方。乔木层采用逐株调查方法进行,记录每木的种名、胸径和坐标;灌木层和草本层则分别记录各种类的种名、株数、高度和盖度,同时还记录了各个乔木样方的坡度、坡向和海拔等环境数据。

1.2.2 种间联结分析的指标及计算方法 由于该区

域很多植物种类的出现频率较低,而出现频率较小的种类种间联结性也较小,因此,仅对出现频率大于5%的30个乔木种类的种间联结性进行分析。

由于取样为非连续性取样,因此, X^2 检验采用公式 $X^2 = \frac{n(|ad-bc|-n/2)^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$ ^[23]进行计算。式中, n 为取样总数; a 为2个物种均出现的样方数; b 和 c 分别为2个物种中仅有1个物种出现的样方数; d 为2个物种均未出现的样方数。 $ad < bc$,表示正联结; $ad > bc$,表示负联结。 $3.841 \leq X^2 < 6.635$,则表示种间联结性显著($P < 0.05$); $X^2 \geq 6.635$,则表示种间联结性极显著($P < 0.01$)。

联结系数(association coefficient, AC)用于进一步检验 X^2 检验的结果及说明种间联结程度,计算公式^[4-13]如下: $ad \geq bc$ 时, $AC = (ad - bc) / [(a + b)(b + d)]$; $bc > ad$ 且 $d \geq a$ 时, $AC = (ad - bc) / [(a + b)(a + c)]$; $bc > ad$ 且 $d < a$ 时, $AC = (ad - bc) / [(b + d)(d + c)]$ 。AC值域为 $[-1, 1]$ 。AC值越趋近于1,表明2个物种间的正联结性越强,即2个物种共同出现或共同不出现的可能性越大;AC值越趋近于-1,表明2个物种间的负联结性越强,即2个物种单独出现的可能性越大;AC值为0,则表示2个物种完全独立,彼此之间没有任何联系。AC值只能反映种间联结性的强弱,无法判断其显著水平。

共同出现百分率(percentage of co-occurrence, PC)用于测度物种间的正联结程度,计算公式^[4-13]为: $PC = a / (a + b + c)$ 。PC值域为 $[0, 1]$ 。PC值越趋近于1,表明种对间的正联结性越强,即2个物种共同出现或共同不出现的可能性越大,间接反映出2个物种的生态习性及对环境的需求越一致。与AC值相似,PC值也无法反映种间联结性的显著水平。

2 结果和分析

根据皖西大别山多枝尖山区主要乔木树种的 X^2 检验结果绘制的半矩阵图见图1;根据联结系数(AC)分析结果绘制的半矩阵图见图2;根据共同出现百分率(PC)分析结果绘制的半矩阵图见图3。

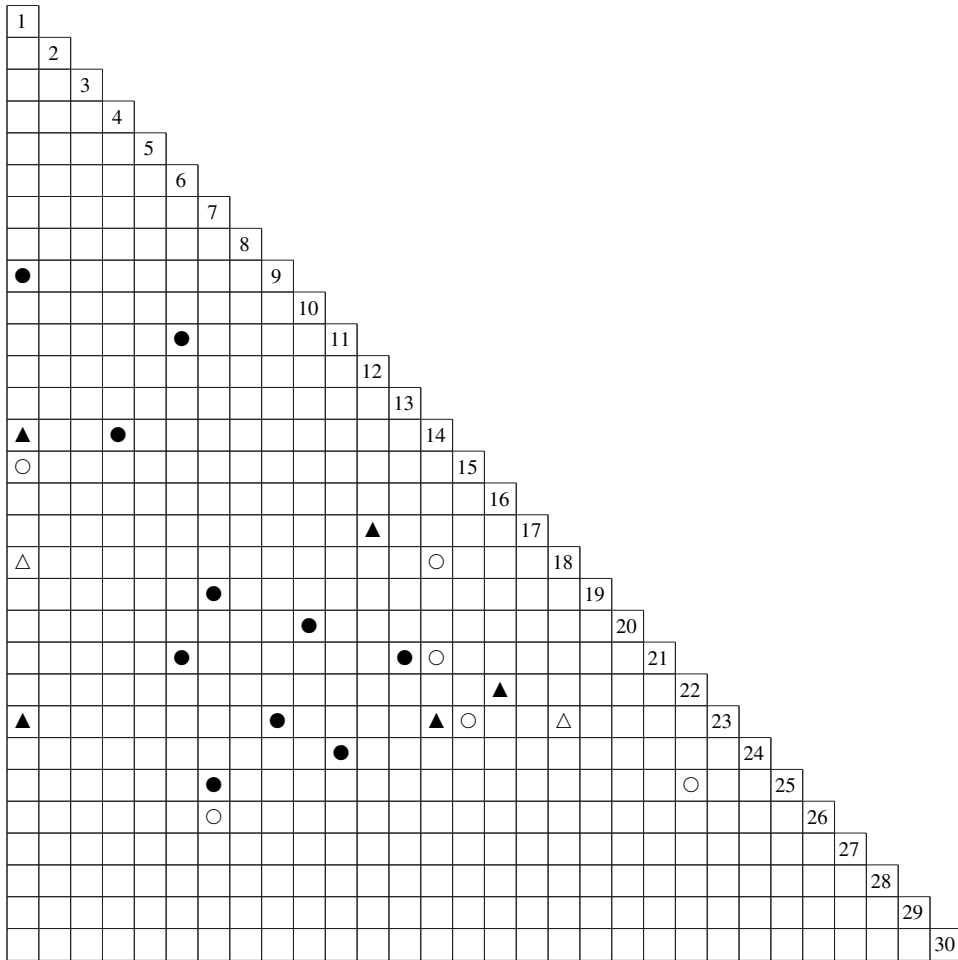
2.1 X^2 检验分析

图1结果表明:皖西大别山多枝尖山区的30种主要乔木树种组成的435个种对中有23个种对的种间联结性达到显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)水

平,其他种对间的种间联结性均不显著,反映出该植物群落中乔木种对间的种间联结较松散。

正联结的种对有 15 个, 其中, 华东椴 (*Tilia japonica* Simonk.) 与安徽槭 (*Acer anhweiense* Fang et Fang f.) 和省沽油 (*Staphylea bumalda* DC.)、黄山栎 (*Quercus stewardii* Rehd.) 与槲木 (*Aralia chinensis* L.)、

短柄枹 (*Quercus glandulifera* Blume) 与华山矾 [*Symplocos chinensis* (Lour.) Druce] 和山樱花 [*Cerasus serrulata* (Lindl.) G. Don ex London]、鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii* Hance) 与漆树 [*Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Barkley] 和四照花 [*Dendrobenthamia japonica* (DC.) Fang var. *chinensis*



▲: 极显著正联结 Extremely significant positive association ($X^2 \geq 6.635, P < 0.01$); ●: 显著正联结 Significant positive association ($3.841 \leq X^2 < 6.635, P < 0.05$); △: 极显著负联结 Extremely significant negative association ($X^2 \geq 6.635, P < 0.01$); ○: 显著负联结 Significant negative association ($3.841 \leq X^2 < 6.635, P < 0.05$).

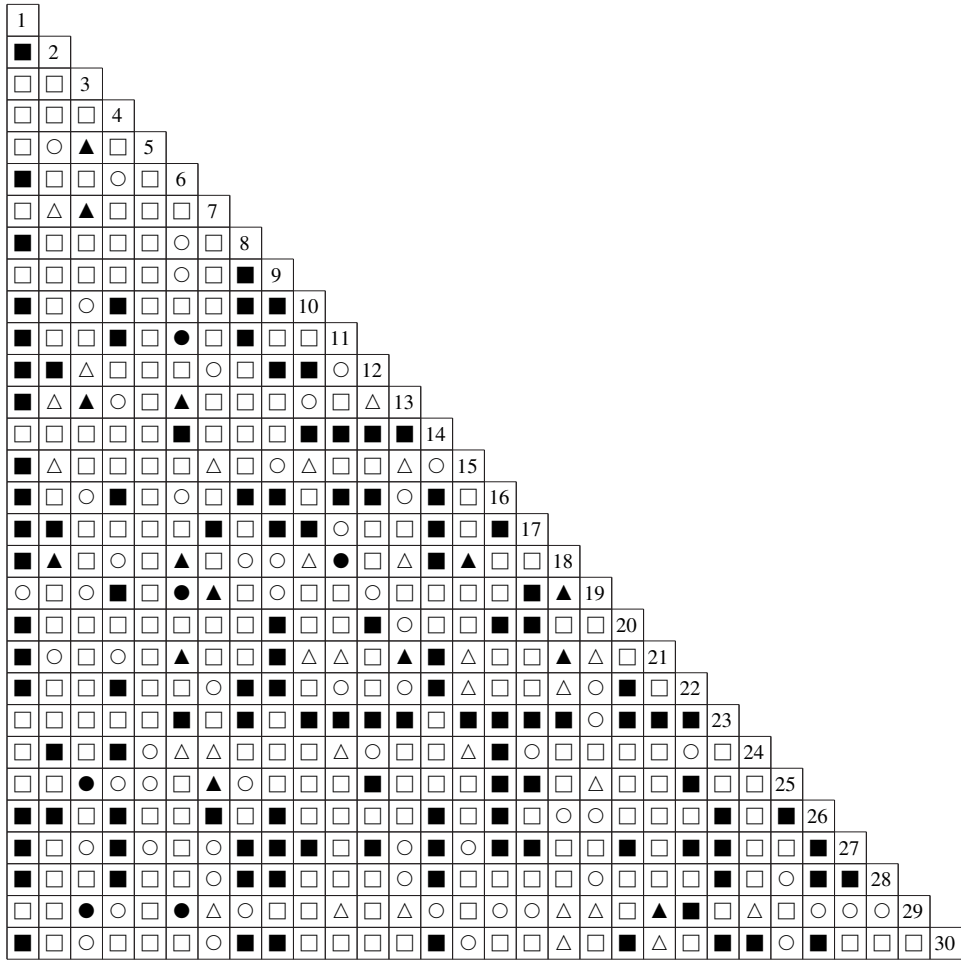
1. 安徽槭 *Acer anhweiense* Fang et Fang f.; 2. 白栎 *Quercus fabric* Hance; 3. 白檀 *Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.; 4. 槲木 *Aralia chinensis* L.; 5. 灯台树 *Cornus controversa* Hemsl.; 6. 短柄枹 *Quercus glandulifera* Blume; 7. 鹅耳枥 *Carpinus turczaninowii* Hance; 8. 葛萝槭 *Acer grosseri* Pax; 9. 华东椴 *Tilia japonica* Simonk.; 10. 华千金榆 *Carpinus cordata* Blume var. *chinensis* Franch.; 11. 华山矾 *Symplocos chinensis* (Lour.) Druce; 12. 华山松 *Pinus armandii* Franch.; 13. 化香 *Platycarya strobilacea* Sieb. et Zucc.; 14. 黄山栎 *Quercus stewardii* Rehd.; 15. 黄山松 *Pinus taiwanensis* Hayata; 16. 金钱松 *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd.; 17. 雷公鹅耳枥 *Carpinus viminea* Lindl.; 18. 茅栗 *Castanea seguinii* Dode; 19. 漆树 *Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Barkley; 20. 绒毛石楠 *Photinia schneideriana* Rehd. et Wils.; 21. 山樱花 *Cerasus serrulata* (Lindl.) G. Don ex London; 22. 杉木 *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; 23. 省沽油 *Staphylea bumalda* DC.; 24. 水榆花楸 *Sorbus alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch; 25. 四照花 *Dendrobenthamia japonica* (DC.) Fang var. *chinensis* (Osborn) Fang; 26. 香槐 *Cladrastis wilsonii* Takeda; 27. 小叶石楠 *Photinia parvifolia* (Pritz.) Schneid.; 28. 盐肤木 *Rhus chinensis* Mill.; 29. 野鸦椿 *Euscaphis japonica* (Thunb.) Dippel; 30. 皂柳 *Salix wallichiana* Anderss.

图 1 皖西大别山多枝尖山区主要乔木树种间联结分析的 X^2 半矩阵图
 Fig. 1 X^2 -semimatrice diagram of inter-specific association analysis of dominant arbor species in Duozhijian mountainous region of Dabieshan Mountain in West Anhui

(Osborn) Fang]、华千金榆 (*Carpinus cordata* Blume var. *chinensis* Franch.) 与 绒毛石楠 (*Photinia schneideriana* Rehd. et Wils.)、华山矾与水榆花楸 [*Sorbus alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch]、化香 (*Platycarya strobilacea* Sieb. et Zucc.) 与 山樱花之间的联结性达到显著水平 ($P < 0.05$)；安徽槭与黄山栎和省沽油、华山松 (*Pinus armandii* Franch.) 与 雷公鹅耳枥 (*Carpinus viminea* Lindl.)、黄山栎与省沽油、金钱松

[*Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd.] 与 杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 5 个种对的种间联结性达到极显著水平 ($P < 0.01$)。

负联结的种对有 8 个, 其中, 安徽槭与黄山松 (*Pinus taiwanensis* Hayata)、鹅耳枥与香槐 (*Cladrastis wilsonii* Takeda)、黄山栎与茅栗 (*Castanea seguinii* Dode) 和山樱花、黄山松与省沽油、杉木与四照花之间的联结性达到显著水平 ($P < 0.05$)；茅栗与安徽槭和



▲: $AC \geq 0.6$; ●: $0.4 \leq AC < 0.6$; △: $0.2 \leq AC < 0.4$; □: $-0.2 \leq AC < 0.2$; ○: $-0.6 \leq AC < -0.2$; ■: $AC < -0.6$.

1. 安徽槭 *Acer anhweiense* Fang et Fang f.; 2. 白栎 *Quercus fabric* Hance; 3. 白檀 *Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.; 4. 榎木 *Aralia chinensis* L.; 5. 灯台树 *Cornus controversa* Hemsl.; 6. 短柄枹 *Quercus glandulifera* Blume; 7. 鹅耳枥 *Carpinus turczaninowii* Hance; 8. 葛萝槭 *Acer grosseri* Pax; 9. 华东椴 *Tilia japonica* Simonk.; 10. 华千金榆 *Carpinus cordata* Blume var. *chinensis* Franch.; 11. 华山矾 *Symplocos chinensis* (Lour.) Druce; 12. 华山松 *Pinus armandii* Franch.; 13. 化香 *Platycarya strobilacea* Sieb. et Zucc.; 14. 黄山栎 *Quercus stewardii* Rehd.; 15. 黄山松 *Pinus taiwanensis* Hayata; 16. 金钱松 *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd.; 17. 雷公鹅耳枥 *Carpinus viminea* Lindl.; 18. 茅栗 *Castanea seguinii* Dode; 19. 漆树 *Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Barkley; 20. 绒毛石楠 *Photinia schneideriana* Rehd. et Wils.; 21. 山樱花 *Cerasus serrulata* (Lindl.) G. Don ex London; 22. 杉木 *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; 23. 省沽油 *Staphylea bumalda* DC.; 24. 水榆花楸 *Sorbus alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch; 25. 四照花 *Dendrobenthamia japonica* (DC.) Fang var. *chinensis* (Osborn) Fang; 26. 香槐 *Cladrastis wilsonii* Takeda; 27. 小叶石楠 *Photinia parvifolia* (Pritz.) Schneid.; 28. 盐肤木 *Rhus chinensis* Mill.; 29. 野鸦椿 *Euscaphis japonica* (Thunb.) Dippel; 30. 皂柳 *Salix wallichiana* Anderss.

图2 皖西大别山多枝尖山区主要乔木树种间联结分析的联结系数(AC)半矩阵图

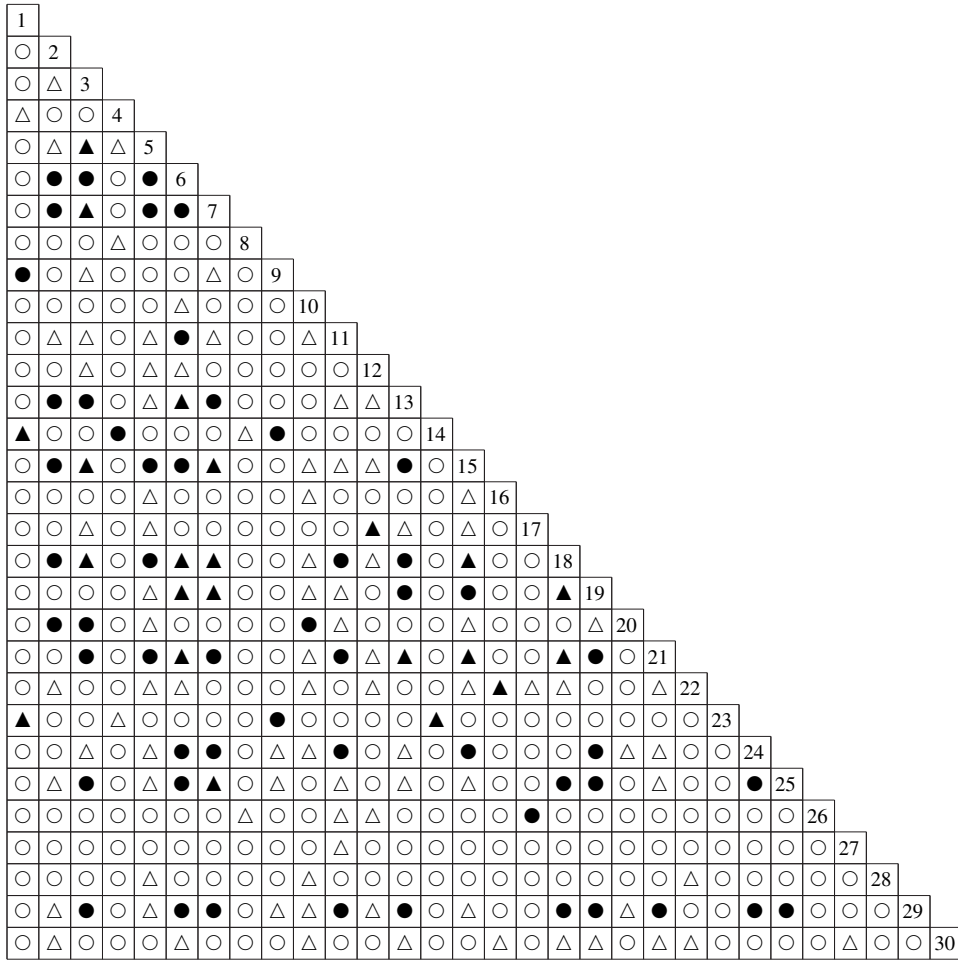
Fig. 2 Association coefficient (AC)-semimatrix diagram of inter-specific association analysis of dominant arbor species in Duozhijian mountainous region of Dabieshan Mountain in West Anhui

省沽油之间的联结性达到极显著水平($P < 0.01$)。

2.2 联结系数(AC)分析

图2结果表明:皖西大别山多枝尖山区植物群落中联结系数(AC)值在0.6以上($AC \geq 0.6$)的乔木种对共有14个,占主要乔木种对总数的3.2%,这14个种对分别为白栎(*Quercus fabric* Hance)与茅栗,白檀[*Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.]与灯台树(*Cornus controversa* Hemsl.)、鹅耳枥和化香,短柄枹与

化香、茅栗和山樱花,鹅耳枥与漆树和四照花,化香与山樱花,黄山松与茅栗,茅栗与漆树和山樱花,山樱花与野鸦椿[*Euscaphis japonica* (Thunb.) Dippel];AC值在0.4~0.6($0.4 \leq AC < 0.6$)的种对有6个,占主要乔木种对总数的1.4%,这6个种对分别为白檀与四照花和野鸦椿,短柄枹与华山矾、漆树和野鸦椿,华山矾与茅栗;AC值在0.2~0.4($0.2 \leq AC < 0.4$)的种对有29个,占主要乔木种对总数的6.7%;AC值在-0.2~



▲: $PC \geq 0.6$; ●: $0.4 \leq PC < 0.6$; △: $0.2 \leq PC < 0.4$; ○: $PC < 0.2$.

1. 安徽槭 *Acer anhweiense* Fang et Fang f.; 2. 白栎 *Quercus fabric* Hance; 3. 白檀 *Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.; 4. 榎木 *Aralia chinensis* L.; 5. 灯台树 *Cornus controversa* Hemsl.; 6. 短柄枹 *Quercus glandulifera* Blume; 7. 鹅耳枥 *Carpinus turczaninowii* Hance; 8. 葛萝槭 *Acer grosseri* Pax; 9. 华东椴 *Tilia japonica* Simonk.; 10. 华千金榆 *Carpinus cordata* Blume var. *chinensis* Franch.; 11. 华山矾 *Symplocos chinensis* (Lour.) Druce; 12. 华山松 *Pinus armandii* Franch.; 13. 化香 *Platycarya strobilacea* Sieb. et Zucc.; 14. 黄山栎 *Quercus stewardii* Rehd.; 15. 黄山松 *Pinus taiwanensis* Hayata; 16. 金钱松 *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd.; 17. 雷公鹅耳枥 *Carpinus viminea* Lindl.; 18. 茅栗 *Castanea seguinii* Dode; 19. 漆树 *Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Barkley; 20. 绒毛石楠 *Photinia schneideriana* Rehd. et Wils.; 21. 山樱花 *Cerasus serrulata* (Lindl.) G. Don ex London; 22. 杉木 *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; 23. 省沽油 *Staphylea bumalda* DC.; 24. 水榆花楸 *Sorbus alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch; 25. 四照花 *Dendrobenthamia japonica* (DC.) Fang var. *chinensis* (Osborn) Fang; 26. 香槐 *Cladrastis wilsonii* Takeda; 27. 小叶石楠 *Photinia parvifolia* (Pritz.) Schneid.; 28. 盐肤木 *Rhus chinensis* Mill.; 29. 野鸦椿 *Euscaphis japonica* (Thunb.) Dippel; 30. 皂柳 *Salix wallichiana* Anderss.

图3 皖西大别山多枝尖山区主要乔木树种间联结分析的共同出现百分率(PC)半矩阵图

Fig. 3 Percentage of co-occurrence (PC)-semimatrice diagram of inter-specific association analysis of dominant arbor species in Duozhijian mountainous region of Dabieshan Mountain in West Anhui

0.2 ($-0.2 \leq AC < 0.2$) 的种对有 213 个, 占主要乔木种对总数的 49.0%; AC 值在 $-0.6 \sim -0.2$ ($-0.6 \leq AC < -0.2$) 的种对有 60 个, 占主要乔木种对总数的 13.8%; AC 值低于 -0.6 ($AC < -0.6$) 的种对有 113 个, 占主要乔木种对总数的 26.0%。

皖西大别山多枝尖山区主要乔木树种中 AC 值在 0.4 以上 ($AC \geq 0.4$) 的种对数仅占种对总数的 4.6%, 表明该区域主要乔木种类中具有明显正联结性的种对较少; 而具有明显负联结性的种对 ($AC < -0.6$) 相对较多, 占主要乔木种对总数的 26.0%; 大多数乔木种类间的联结较为松散。

2.3 共同出现百分率 (PC) 分析

图 3 结果表明: 皖西大别山多枝尖山区主要乔木树种中共同出现百分率 (PC) 值在 0.6 以上 ($PC \geq 0.6$) 的种对有 22 个, 占主要乔木种对总数的 5.1%, 代表种对有白檀与灯台树、鹅耳枥、黄山松和茅栗等; PC 值介于 0.4 ~ 0.6 ($0.4 \leq PC < 0.6$) 的种对有 53 个, 占主要乔木种对总数的 12.2%; PC 值介于 0.2 ~ 0.4 ($0.2 \leq PC < 0.4$) 的种对有 89 个, 占主要乔木种对总数的 20.5%; PC 值低于 0.2 ($PC < 0.2$) 的种对有 271 个, 占主要乔木种对总数的 62.3%。与 AC 值反映的结果一样, PC 值的分析结果也显示出皖西大别山多枝尖山区主要乔木种类中具有明显正联结性 ($PC \geq 0.6$) 的种对较少, 大多数乔木种类间的联结较为松散。

3 讨 论

种间联结反映出物种间对生长环境综合生态因子反应的差异, 2 个物种的正联结程度越高说明它们所需的生长环境条件越相似; 反之则表明对生长环境条件的需求有所不同^[3]。然而, 植物物种之间也存在直接或间接的相互影响^[24-26], 种间联结程度与生态位重叠值之间有较大的相关性, 种间正联结程度越高, 生态位重叠程度也越高^[27]。在相同的生长环境和竞争条件下, 生态习性相同或相似的物种往往共同出现在同一群落中, 其种间联结表现为显著的正联结, 这在前人的研究中已经得到了验证^[5-16], 本研究结果进一步证实了这一规律。例如, 喜光树种短柄枹与山樱花以及华山松和雷公鹅耳枥, 喜温暖湿润气候及深厚肥沃且排水良好土壤的鹅耳枥与漆树都表现出显著的正联结性; 而鹅耳枥耐阴且喜中性土壤, 香槐喜温

暖而湿润的气候并耐干旱和寒冷, 二者表现为显著的负联结性; 喜中性偏阴及湿润气候的省沽油与喜光树种黄山松^[28] 的生态习性差别较大, 二者表现为负联结性。另外, 人为活动对植物群落内种间关系的形成也有一定的影响^[28-30]。本研究中, 金钱松和杉木均为人工混合种植, 导致这 2 个物种之间呈极显著的正联结性 ($P < 0.01$)。植物群落内物种间的种间关系与该群落所处的演替阶段密切相关, 在群落的演替初期, 物种间尚未形成一定的种间关系; 演替中期, 物种间主要表现为竞争关系; 群落演替到达中生阶段时, 物种间的关系较为复杂, 群落内部处于同一层次的物种由于对生长环境需求相似而表现出种间联结^[25-26]。本研究中, 安徽槭、黄山栎和省沽油三者之间呈显著正联结, 这 3 个物种都出现在海拔比较高的地段, 受人为干扰的程度较低, 植被较为原始; 华山矾与水榆花楸、化香与山樱花以及短柄枹与山樱花则出现在原始植被遭到破坏后的次生林中, 种间联结关系松散。由于本研究区域的植被曾遭到破坏, 仅在部分人类难以到达的地段残留部分原始植被, 植被的次生性可能是导致研究区域内植物种间联结松散的主要原因。

种间联结分析结果受到取样面积的影响。取样面积过大, 可能导致正联结过多; 取样面积过小, 则又可能得出负联结过多的结果。因此, 取样时应综合考虑研究区域内物种和生境的变化幅度, 以确定最适宜的最小取样面积^[8, 12-13]。 X^2 检验能够比较客观准确地判断出种对联结的显著性, 共同出现百分率 (PC) 和联结系数 (AC) 则能够判断出 X^2 检验不显著的种对间的联结性及其大小。然而, 虽然 AC 值和 PC 值能够反映出种间联结性的相对强弱, 但其数值也受到取样面积及物种频度分布的影响, AC 值和 PC 值的分类等级也没有统一的标准^[12]。本研究中选取出现频率大于 5% 的种类进行种间联结分析, 在一定程度上可避免由于上述原因对种间联结分析结果造成的影响。综合上述原因, 在对群落物种的种间联结研究中应以 X^2 检验为基础, 并结合 AC 值和 PC 值来比较植物群落内物种的种间联结特性, 以获得更加准确的结果。

分析结果表明: 皖西大别山多枝尖山区植物群落物种间的种间联结较为松散, 由 30 个主要乔木树种组成的 435 个种对中有 15 个种对的种间正联结性达到显著水平, 其中极显著 ($P < 0.01$) 正联结的种对有 5 个; 负联结种对有 8 个, 其中极显著负联结的种对有 2 个。物种生态习性、群落演替阶段和人为活动等因

素是导致本研究区域上述乔木物种联结特征的主要原因。研究结果揭示了该区域乔木优势种的相互关系,可为皖西大别山多枝尖山区植被恢复和管理提供借鉴和参考依据,同时也可为进一步研究其植被演替规律、维持和保护其物种多样性奠定基础。

致谢:在野外调查中得到了安庆师范学院生命科学学院李瑛、周光霞、贾名仙、刘振和晏伟伟等同学的帮助,特此致谢!

参考文献:

- [1] Phillips O L, Vargas P N, Monteagudo A L, et al. Habitat association among Amazonian tree species: a landscape-scale approach [J]. *Journal of Ecology*, 2003, 91: 757-775.
- [2] Gleason H A. The individualistic concept of the plant association [J]. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 1926, 53: 7-26.
- [3] 王伯荪, 彭少麟. 南亚热带常绿阔叶林种间联结测定技术研究 I. 种间联结测式的探讨与修正 [J]. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1985, 9(4): 274-285.
- [4] 张金屯. 数量生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [5] 王乃江, 张文辉, 陆元昌, 等. 陕西子午岭森林植物群落种间联结性 [J]. *生态学报*, 2010, 30(1): 67-78.
- [6] 邓贤兰, 刘玉成, 吴 杨. 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]. *植物生态学报*, 2003, 27(4): 531-536.
- [7] 郭志华, 卓正大, 陈 洁, 等. 庐山常绿阔叶、落叶阔叶混交林乔木种群种间联结性研究 [J]. *植物生态学报*, 1997, 21(5): 424-432.
- [8] 李德志, 杨茂林. 天然次生林群落中主要树木种群间联结关系的研究 [J]. *植物生态学报*, 1996, 20(3): 263-271.
- [9] 骆土寿, 李意德, 陈德祥, 等. 海南岛鸡毛松人工林群落种间联结性研究 [J]. *生态学杂志*, 2005, 24(6): 591-594.
- [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] 尹林克, 李 涛. 塔里木河中下游地区荒漠河岸林群落种间关系分析 [J]. *植物生态学报*, 2005, 29(2): 226-234.
- [12] 张思玉, 郑世群. 福建永定柞林群落内主要灌木种群的种间联结性研究 [J]. *云南植物研究*, 2002, 24(1): 17-22.
- [13] 赵则海, 祖元刚, 杨逢建, 等. 东灵山辽东栎林木本植物种间联结取样技术的研究 [J]. *植物生态学报*, 2003, 27(3): 396-403.
- [14] 胡 楠, 范玉龙, 丁圣彦, 等. 伏牛山自然保护区森林生态系
统乔木植物功能型分类 [J]. *植物生态学报*, 2008, 32(5): 1104-1115.
- [15] 杨晓东, 吕光辉, 张雪梅, 等. 艾比湖湿地自然保护区 8 个乔灌木种群空间分布格局分析 [J]. *植物资源与环境学报*, 2010, 19(4): 37-42.
- [16] 邓福英, 臧润国. 海南岛热带山地雨林天然次生林的功能群划分 [J]. *生态学报*, 2007, 27(8): 3240-3249.
- [17] 单人骅, 刘昉勋. 安徽省大别山区的植被及其地理分布纪要 [J]. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1964, 2(1): 93-102.
- [18] 刘 宾. 安徽省大别山陀兴山区植物区系的研究 [J]. *武汉植物学研究*, 1991, 9(3): 239-246.
- [19] 谢中稳, 吴国芳. 安徽大别山多枝尖山区植物区系的研究 [J]. *华东师范大学学报: 自然科学版*, 1993(1): 102-110.
- [20] 高 林, 徐如松, 曹姣仙, 等. 鹞落坪国家级自然保护区植被类型的初步探讨 [J]. *生物学杂志*, 2002, 19(6): 32-34, 42.
- [21] 谢中稳, 杜国华, 张尽忠, 等. 安徽省鹞落坪自然保护区植物区系的数量分析 [J]. *生物数学学报*, 1994, 9(4): 240-246.
- [22] 谢中稳, 吴国芳. 安徽省鹞落坪自然保护区植被类型及其分布 [J]. *华东师范大学学报: 自然科学版*, 1995(3): 93-102.
- [23] Yates F E, March D J, Iberall A S. Integration of the whole organism: a foundation for theoretical biology [M] // Behnke J A. *Changing Biological Problems: Directions Toward Their Solution*. New York: Oxford University Press, 1972: 110-132.
- [24] 彭李青. 鼎湖山气候顶极群落种间联结变化 [J]. *生态学报*, 2006, 26(11): 3732-3739.
- [25] 周先叶, 王伯荪, 李鸣光, 等. 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]. *植物生态学报*, 2000, 24(3): 332-339.
- [26] Peters H A. Neighbour-regulated mortality: the influence of positive and negative density dependence on tree populations in species-rich tropical forests [J]. *Ecology Letters*, 2003, 6: 757-765.
- [27] 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落优势种群生态位重叠研究 [M] // 中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站. *热带亚热带森林生态系统研究: 第 6 集*. 北京: 科学出版社, 1990.
- [28] 《安徽植物志》协作组. *安徽植物志: 第 4 卷* [M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1986.
- [29] 苏炳霖, 何东进, 洪 伟, 等. 武夷山风景名胜区天然林乔木层主要种群的种间联结性研究 [J]. *植物资源与环境学报*, 2007, 16(3): 40-45.
- [30] 苏小青, 林思祖, 黄石德. 干扰状态下闽楠林乔木层主要种群种间联结性的研究 [J]. *中国生态农业学报*, 2007, 15(5): 7-10.

(责任编辑: 佟金凤)