

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

苏炳霖, 何东进^①, 洪伟, 刘勇生, 何小娟, 杨俊

(福建农林大学林学院, 福建福州 350002)

摘要: 在相邻格子抽样调查的基础上, 采用 X^2 检验、联结系数(AC)和 Jaccard 指数(JI)等指标, 分析了武夷山风景名胜区天然林乔木层主要种群的种间联结性。结果表明, 15 个主要种群间的总体联结性极显著相关。除少数种对外, 绝大多数种对间的联结性不显著。在联结性显著的种对中, 毛竹-木荷(*Phyllostachys edulis*-*Schima superba*)、黄瑞木-卷斗青冈(*Adinandra mellettii*-*Cyclobalanopsis pachyloma*)及卷斗青冈-杨梅叶蚊母树(*Cyclobalanopsis pachyloma*-*Distylium myricoides*)间存在显著正联结, 而种对马尾松-杉木(*Pinus massoniana*-*Cunninghmyia lanceolata*)、马尾松-青冈(*Pinus massoniana*-*Cyclobalanopsis glauca*)、杉木-毛竹(*Cunninghmyia lanceolata*-*Phyllostachys edulis*)、杉木-米楮(*Cunninghmyia lanceolata*-*Castanopsis carlesii*)、杉木-木荷(*Cunninghmyia lanceolata*-*Schima superba*)及杉木-黄瑞木(*Cunninghmyia lanceolata*-*Adinandra mellettii*)等 27 个种对间存在较高的负联结。

关键词: 天然林; 主要种群; 种间联结; 武夷山风景名胜区

中图分类号: S718.54+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2007)03-0040-06

Study on interspecific association of main populations in arborous layer of nature forest in Wuyishan Scenery District SU Bing-lin, HE Dong-jin^①, HONG Wei, LIU Yong-sheng, HE Xiao-juan, YANG Jun (Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2007, 16(3): 40-45

Abstract: Based on the data collected from continuous quadrat grid through sampling method, the interspecific association of main populations in arborous layer of nature forest in Wuyishan Scenery District was analyzed by means of X^2 -test and some indexes including association coefficient (AC) and Jaccard index (JI) and so on. The results showed that the overall association was significantly positive correlation among fifteen main populations and the interspecific association was not obviously correlation between most of species-pairs. There was closely positive association among some species-pairs such as *Phyllostachys edulis*-*Schima superba*, *Adinandra mellettii*-*Cyclobalanopsis pachyloma*, *Cyclobalanopsis pachyloma*-*Distylium myricoides*. There was closely negative association among 27 species-pairs such as *Pinus massoniana*-*Cunninghmyia lanceolata*, *Pinus massoniana*-*Cyclobalanopsis glauca*, *Cunninghmyia lanceolata*-*Phyllostachys edulis*, *Cunninghmyia lanceolata*-*Castanopsis carlesii*, *Cunninghmyia lanceolata*-*Schima superba*, *Cunninghmyia lanceolata*-*Adinandra mellettii* and so on.

Key words: nature forest; main population; interspecific association; Wuyishan Scenery District

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差异影响物种分布而引起的^[1], 种间联结性是对各物种在不同生境中相互影响和相互作用所形成的有机联系的反映。测定不同种个体的空间联结程度对研究两个物种的相互作用和群落组成及动态有重要意义, 对认识生物群落中物种多样性的维持机制也有一定的帮助; 同时, 种间联结度测定还提供了一个客观认识自然种群的方法, 因而无论在理论上还是实践上都具有重要意

义^[2]。近年来, 笔者对武夷山风景名胜区开展了一系列研究, 并取得了一定的成果^[3-7], 在前期研究的基础上, 笔者根据福建省武夷山风景名胜区的调查

收稿日期: 2006-10-26

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(D0310018)和福建省教育厅资助项目(JA03078)

作者简介: 苏炳霖(1984-), 男, 福建安溪人, 硕士研究生, 主要从事森林生态学和生态系统经营等方面的研究。

^① 通讯作者 E-mail: fjhj1009@126.com

资料,分析了武夷山风景名胜区天然林乔木层主要种群的种间联结性,并探讨了主要群落的结构特征及种间关系,为保护武夷山风景名胜区的天然林资源提供理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

武夷山位于福建省北部,地理位置为东经 $117^{\circ}24'12'' \sim 118^{\circ}02'50''$ 、北纬 $27^{\circ}32'36'' \sim 27^{\circ}55'15''$,总面积 $99\,975\text{ hm}^2$,包括东部风景名胜区、中部九曲溪生态保护区、西部生物多样性保护区及城村闽越王城遗址等4个区域。平均海拔 $1\,200\text{ m}$,中山地貌;属典型的亚热带季风性气候,年均温 $8.5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 18.0\text{ }^{\circ}\text{C}$;年降雨量 $1\,482 \sim 2\,150\text{ mm}$,局部地区高达 $3\,000\text{ mm}$ 以上;年蒸发量约 $1\,000\text{ mm}$,相对湿度 $78\% \sim 84\%$;无霜期 $253 \sim 272\text{ d}$ 。武夷山是全球同纬度地带最完整、最典型、面积最大的中亚热带原生性森林生态系统,是世界生物多样性保护的关键地区,1987年加入联合国教科文组织“人与生物圈计划”,1999年12月被列入“世界文化与自然遗产名录”,是继泰山、黄山、峨眉山-乐山大佛之后中国第4个被列入世界双重遗产名录的景区。

武夷山风景名胜区面积约 $7\,000\text{ hm}^2$,属低山丘陵地域,为典型的中亚热带湿润季风气候,冬季温暖,夏季日温偏高,水质达国家优良标准;武夷山独特的丹霞地貌形成于7000万年前新生代的喜马拉雅造山运动时期,成土母质主要是由紫色砂砾岩和紫红色砂岩发育成的山地土壤,土层浅薄,石质性强,腐殖质层薄,有机质较贫乏。

1.2 研究方法

以不同海拔高度及群落类型作为选择样地的标准,在武夷山风景名胜区不同景区分别设置1~2个样地($20\text{ m} \times 30\text{ m}$),测定每块样地的海拔、坡向、坡位、坡度和群落类型等因子;每个样地分别设置6个小样方($10\text{ m} \times 10\text{ m}$),采用相邻格子法进行调查,对样方内出现的植物种类进行每木检测,记录种名、胸径、树高、冠幅及枝下高(起测径阶 2 cm 以上)。根据各种类重要值的大小进行排序,选择15个优势树种进行种间联结性研究。

根据样方调查资料,统计各乔木层树种间相互

存在与否的样方数。记录30个样方15个树种的多度数据,组成 30×15 多度数据矩阵,第 i 个树种在第 j 个样方中出现记为“1”,否则记为“0”,将多度数据矩阵转化为二元数据 $[0,1]$ 矩阵,以此为种间联结性分析的原始数据。

1.3 数据处理

首先检验15个优势种群间的总体联结性,然后构建 2×2 列联表,求得各种对的 a 、 b 、 c 和 d 值,进行各种对间的联结性测定。其中, a 为2个物种均出现的样方数; b 、 c 分别为仅有物种A或物种B出现的样方数; d 为2个物种均未出现的样方数。

1.3.1 总体联结性检验 采用方差比率法(VR)检验15个主要种群种间总体联结程度的显著性^[8~10]。首先作零假设,即假设15个主要种群之间无显著联结,则按下列公式计算:

$$VR = \frac{S^2 T}{\delta^2 T} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2}{\sum_{i=1}^S P_i (1 - P_i)}$$

式中, $P_i = n_i/N$; n_i 为物种 i 出现的样方数; N 为总样方数; VR 为全部主要种群的联结指数; S 为物种总数; T_j 为样方 j 内出现的物种种数; t 为样方中种的平均值。在独立性零假设条件下, VR 期望值为1; $VR > 1$ 表示物种间存在净的正联结; $VR < 1$ 表示物种间存在净的负联结。

采用统计量 $W = N \times (VR)$ 检验 VR 值偏离零假设的显著程度。若物种间无显著联结,则 W 落入由下面 X^2 分布给出的界限内的概率为90%,即 $X_{0.95}^2(N) \leq W \leq X_{0.05}^2(N)$ 。

1.3.2 种间联结性检验 由于本研究采取非连续方式进行取样,因此,非连续性数据的 X^2 值用Yates的连续校正公式进行计算^[10]: $X^2 = \frac{N(|ad - bc| - N/2)^2}{(a+b)(c+d)(b+d)(a+c)}$, 式中 N 为取样总数。 $(ad - bc) > 0$ 为正联结, $(ad - bc) < 0$ 为负联结。由于 $X_{0.05}^2(1) = 3.841$,而 $X_{0.01}^2(1) = 6.635$,因此,若 $X^2 < 3.841$,种对间的联结性不显著;若 $3.841 \leq X^2 \leq 6.635$,种对间的联结性显著;若 $X^2 > 6.635$,种对间的联结性极显著。

联结系数(AC)^[11]分别按照下列情况进行计算:当 $ad \geq bc$ 时, $AC = (ad - bc)/[(a+b)(b+d)]$;当 $bc > ad$ 且 $d \geq a$ 时, $AC = (ad - bc)/[(a+b)(a+c)]$;当 $bc > ad$ 且 $a > d$ 时, $AC = (ad - bc)/[(b+d)$

($d+c$)。联结系数(AC)的值域为 $[-1,1]$,是1列有中心的指数。 AC 值越趋近于1,表明种对间的正联结性越强;相反, AC 值越趋近于-1,表明种对间的负联结性越强; AC 值为0,表示种间完全独立。

Jaccard 指数(JI)、Ochiai 指数(OI)和 Dice 指数(DI)按下列公式计算^[9]: $JI = a/(a+b+c)$; $OI = a/\sqrt{(a+b)(a+c)}$; $DI = 2a/(2a+b+c)$ 。Jaccard 指数、Ochiai 指数和 Dice 指数均可用于测定种对间的正联结程度,是1列无中心指数,值域为 $[0,1]$ 。 JI 、 OI 和 DI 值越趋近于1,表明该种对的正联结越紧密; JI 、 OI 和 DI 值越趋近于0,表明该种对的负联结越紧密。

2 结果和分析

2.1 种群间的总体联结性分析

选取样地内物种重要值排在前15位(表1)的种类进行总体联结性分析,发现武夷山风景名胜区天然林15个优势种群间总体联结性的方差比率(VR)为26.699,远大于1,表明它们极显著相关。统计量($W = 800.97$)远大于 $X_{0.05}^2(30)$ 的数值(43.773),同样表明它们极显著相关,且各优势种群间的联结十分紧密,说明武夷山风景名胜区天然林中一些种的存在对另一些种的存在有利^[11]。

2.2 种对间的联结关系分析

2.2.1 X^2 检验分析 武夷山风景名胜区天然林乔

木层15个优势种群各种对间的联结关系分析结果见表2。由表2中的 X^2 值可以看出,除种对1-2(马尾松-杉木 *Pinus massoniana* - *Cunninghmya lanceolata*)、2-12(杉木-青冈 *Cunninghmya lanceolata* - *Cyclobalanopsis glauca*)、3-5(毛竹-木荷 *Phyllostachys edulis* - *Schima superba*)、4-6(米楮-黄瑞木 *Castanopsis carlesii* - *Adinandra mellettii*)、4-9(米楮-卷斗青冈 *Castanopsis carlesii* - *Cyclobalanopsis pachyloma*)、4-10(米楮-甜楮 *Castanopsis carlesii* - *Castanopsis eyrei*)、6-9(黄瑞木-卷斗青冈 *Adinandra mellettii* - *Cyclobalanopsis pachyloma*)、6-10(黄瑞木-甜楮 *Adinandra mellettii* - *Castanopsis eyrei*)、6-14(黄瑞木-少叶黄杞 *Adinandra mellettii* - *Engelhardia fenzelii*)、7-15(鼠刺叶石栎-山杜英 *Lithocarpus iteaphyllus* - *Elaeocarpus sylvestris*)、9-11(卷斗青冈-杨梅叶蚊母树 *Cyclobalanopsis pachyloma* - *Distylium myricoides*)和11-14(杨梅叶蚊母树-少叶黄杞 *Distylium myricoides* - *Engelhardia fenzelii*)表现出显著联结外,其余种对间的联结显著性都很低,说明大部分种对在资源利用上相互排斥,群落中各种群趋于独立出现。因此,武夷山风景名胜区天然林中有互利共生作用或在小尺度上对生境条件有相同需求的种类较少。

表1 武夷山风景名胜区15个主要优势种群的数量特征

Table 1 Quantitative characteristics of fifteen dominant populations in Wuyishan Scenery District

序号 No.	种类 Species	个体数 Number of individual	相对多度 Relative abundance	相对频度 Relative frequency	相对优势度 Relative dominance	重要值 Important value
1	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	126	0.174 0	0.092 7	0.252 6	0.522 9
2	杉木 <i>Cunninghmya lanceolata</i>	61	0.084 3	0.034 1	0.147 6	0.265 9
3	毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	108	0.149 2	0.029 3	0.054 3	0.232 7
4	米楮 <i>Castanopsis carlesii</i>	23	0.031 8	0.039 0	0.131 1	0.201 9
5	木荷 <i>Schima superba</i>	58	0.080 1	0.043 9	0.060 5	0.184 5
6	黄瑞木 <i>Adinandra mellettii</i>	26	0.035 9	0.043 9	0.021 4	0.101 2
7	鼠刺叶石栎 <i>Lithocarpus iteaphyllus</i>	18	0.024 9	0.034 1	0.037 2	0.096 2
8	榿木 <i>Loropetalum chinense</i>	19	0.026 2	0.043 9	0.002 4	0.072 5
9	卷斗青冈 <i>Cyclobalanopsis pachyloma</i>	19	0.026 2	0.029 3	0.008 2	0.063 7
10	甜楮 <i>Castanopsis eyrei</i>	15	0.020 7	0.019 5	0.018 7	0.059 0
11	杨梅叶蚊母树 <i>Distylium myricoides</i>	20	0.027 6	0.024 4	0.006 7	0.058 8
12	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	17	0.023 5	0.014 6	0.017 0	0.055 1
13	黄毛润楠 <i>Machilus chrysotricha</i>	12	0.016 6	0.029 3	0.002 1	0.048 0
14	少叶黄杞 <i>Engelhardia fenzelii</i>	15	0.020 7	0.019 5	0.003 7	0.043 9
15	山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i>	9	0.012 4	0.014 6	0.013 4	0.040 4

表 2 武夷山风景名胜区天然林中 15 个优势种群 X^2 检验和种间联结指数¹⁾

Table 2 The X^2 -test and inter specific association indexes of fifteen dominant populations in nature forest of Wuyishan Scenery District¹⁾

种对 ²⁾ Species- pair ²⁾	X^2	AC	Jl	OI	DI	种对 ²⁾ Species- pair ²⁾	X^2	AC	Jl	OI	DI
1-2	5.653	-1.000	0.000	0.000	0.000	4-15	0.893	0.200	0.272	0.447	0.428
1-3	0.696	0.108	0.300	0.520	0.462	5-6	0.036	-0.333	0.077	0.149	0.143
1-4	0.001	0.023	0.273	0.459	0.429	5-7	0.050	0.091	0.214	0.353	0.353
1-5	0.377	0.098	0.333	0.535	0.500	5-8	0.001	0.048	0.200	0.333	0.333
1-6	1.295	0.116	0.263	0.513	0.417	5-9	0.150	-0.444	0.071	0.136	0.133
1-7	0.012	-0.013	0.227	0.406	0.370	5-10	0.002	-0.167	0.083	0.167	0.154
1-8	0.377	0.098	0.333	0.535	0.500	5-11	0.010	-0.048	0.143	0.252	0.250
1-9	0.001	0.013	0.190	0.375	0.320	5-12	0.373	-1.000	0.000	0.000	0.000
1-10	0.029	0.028	0.150	0.344	0.261	5-13	1.192	-1.000	0.000	0.000	0.000
1-11	0.040	0.039	0.238	0.433	0.385	5-14	0.002	-0.167	0.083	0.167	0.154
1-12	2.171	-1.000	0.000	0.000	0.000	5-15	0.036	0.067	0.167	0.298	0.286
1-13	0.001	0.013	0.190	0.375	0.320	6-7	1.232	0.455	0.300	0.474	0.462
1-14	0.919	0.089	0.210	0.459	0.348	6-8	0.893	0.429	0.272	0.447	0.429
1-15	0.004	-0.053	0.142	0.308	0.250	6-9	5.672	0.750	0.571	0.730	0.727
2-3	0.770	-1.000	0.000	0.000	0.000	6-10	4.507	0.538	0.500	0.671	0.667
2-4	1.192	-1.000	0.000	0.000	0.000	6-11	1.682	0.478	0.333	0.507	0.500
2-5	1.192	-1.000	0.000	0.000	0.000	6-12	0.083	-1.000	0.000	0.000	0.000
2-6	0.422	-1.000	0.000	0.000	0.000	6-13	2.297	0.500	0.375	0.548	0.545
2-7	0.065	-0.375	0.077	0.144	0.143	6-14	4.507	0.538	0.500	0.671	0.667
2-8	1.192	-1.000	0.000	0.000	0.000	6-15	0.006	0.040	0.111	0.200	0.200
2-9	0.588	-1.000	0.000	0.000	0.000	7-8	0.009	-0.167	0.133	0.236	0.235
2-10	0.273	-1.000	0.000	0.000	0.000	7-9	0.704	0.219	0.272	0.433	0.428
2-11	0.770	-1.000	0.000	0.000	0.000	7-10	0.025	-0.063	0.091	0.177	0.167
2-12	5.350	0.444	0.500	0.707	0.667	7-11	1.690	0.348	0.364	0.535	0.533
2-13	0.002	-0.167	0.091	0.167	0.167	7-12	0.002	0.028	0.100	0.204	0.182
2-14	0.273	-1.000	0.000	0.000	0.000	7-13	0.012	0.063	0.167	0.289	0.286
2-15	0.422	-1.000	0.000	0.000	0.000	7-14	2.090	0.279	0.333	0.530	0.500
3-4	0.321	-0.524	0.067	0.126	0.125	7-15	3.584	0.400	0.444	0.632	0.615
3-5	5.911	0.796	0.600	0.756	0.750	8-9	0.448	0.167	0.250	0.408	0.400
3-6	0.005	-0.143	0.091	0.169	0.167	8-10	0.002	-0.167	0.083	0.167	0.154
3-7	1.245	-1.000	0.000	0.000	0.000	8-11	0.187	0.130	0.231	0.378	0.375
3-8	1.208	0.388	0.333	0.504	0.500	8-12	0.373	-1.000	0.000	0.000	0.000
3-9	0.013	-0.286	0.083	0.154	0.154	8-13	1.886	0.305	0.364	0.544	0.533
3-10	0.027	0.011	0.100	0.189	0.182	8-14	1.650	0.231	0.300	0.500	0.462
3-11	0.077	-0.388	0.077	0.143	0.143	8-15	0.036	0.067	0.167	0.298	0.286
3-12	0.210	-1.000	0.000	0.000	0.000	9-10	3.428	0.423	0.429	0.612	0.600
3-13	0.013	-0.286	0.083	0.154	0.154	9-11	6.535	0.783	0.625	0.772	0.769
3-14	0.027	0.011	0.100	0.189	0.182	9-12	0.142	-1.000	0.000	0.000	0.000
3-15	0.564	-1.000	0.000	0.000	0.000	9-13	1.564	0.375	0.333	0.500	0.500
4-5	0.795	-0.630	0.059	0.111	0.111	9-14	3.428	0.423	0.429	0.612	0.600
4-6	6.036	0.467	0.556	0.745	0.714	9-15	0.422	0.200	0.222	0.365	0.364
4-7	2.241	0.394	0.417	0.589	0.588	10-11	0.538	0.348	0.222	0.378	0.364
4-8	0.417	0.206	0.286	0.444	0.444	10-12	0.036	-1.000	0.000	0.000	0.000
4-9	4.317	0.444	0.500	0.680	0.667	10-13	0.002	0.063	0.111	0.204	0.200
4-10	4.466	0.359	0.444	0.667	0.615	10-14	0.059	0.125	0.142	0.250	0.250
4-11	1.207	0.275	0.333	0.504	0.500	10-15	0.180	-1.000	0.000	0.000	0.000
4-12	0.373	-1.000	0.000	0.000	0.000	11-12	0.210	-1.000	0.000	0.000	0.000
4-13	1.866	0.305	0.363	0.544	0.533	11-13	1.061	0.286	0.300	0.463	0.462
4-14	1.650	0.231	0.300	0.500	0.461	11-14	6.397	0.505	0.571	0.756	0.727

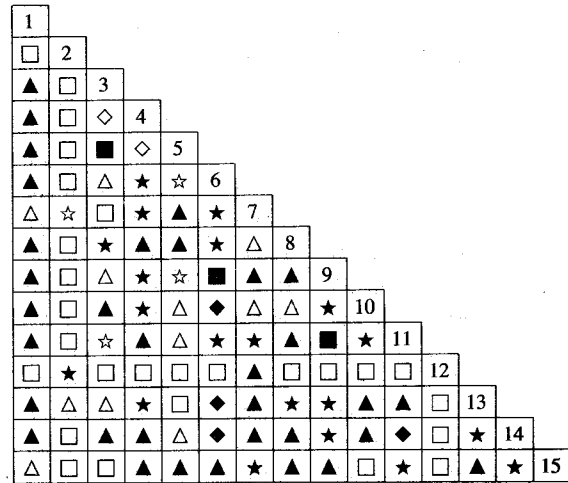
续表2 Table 2 (Continued)

种对 ²⁾ Species- pair ²⁾	χ^2	AC	JJ	OI	DI	种对 ²⁾ Species- pair ²⁾	χ^2	AC	JJ	OI	DI
11-15	1.682	0.314	0.333	0.507	0.500	13-14	3.428	0.423	0.429	0.612	0.600
12-13	0.142	-1.000	0.000	0.000	0.000	13-15	0.422	0.200	0.222	0.365	0.364
12-14	0.036	-1.000	0.000	0.000	0.000	14-15	1.219	0.400	0.286	0.447	0.444
12-15	0.083	-1.000	0.000	0.000	0.000						

¹⁾ AC: 联结系数 Association coefficient; JJ: Jaccard 指数 Jaccard index; OI: Ochiai 指数 Ochiai index; DI: Dice 指数 Dice index. ²⁾ 数字代表15个优势种 The numbers represent fifteen dominant species; 1. 马尾松 *Pinus massoniana* Lamb.; 2. 杉木 *Cunninghmya lanceolata* Hook.; 3. 毛竹 *Phyllostachys edulis* H. de Lehai; 4. 米槠 *Castanopsis carlesii* Hayata; 5. 木荷 *Schima superba* Gardn. et Champ.; 6. 黄瑞木 *Adinandra mellettii* Benth.; 7. 鼠刺叶石栎 *Lithocarpus iteaphyllus* Rehd.; 8. 榿木 *Loropetalum chinense* Oliver; 9. 卷斗青冈 *Cyclobalanopsis pachyloma* Seemen; 10. 甜槠 *Castanopsis eyrei* Tutch; 11. 杨梅叶蚊母树 *Distylium myricoides* Hemsl.; 12. 青冈 *Cyclobalanopsis glauca* Oersted; 13. 黄毛润楠 *Machilus chrysotricha* H. W. Li; 14. 少叶黄杞 *Engelhardia fenzelii* Merr.; 15. 山杜英 *Elaeocarpus sylvestris* Poir.

2.2.2 联结系数 AC 分析 根据武夷山风景名胜区内主要优势种群间联结系数(AC)的半矩阵图(图1)可知,仅有种对3-5(毛竹-木荷)、6-9(黄瑞木-卷斗青冈)和9-11(卷斗青冈-杨梅叶蚊母树)的联结程度较高,AC值大于0.7,表明这些种对间的正联结性很强,它们共同出现或共同不出现的可能性很大;种对1-2(马尾松-杉木)、1-12(马尾松-青冈 *Pinus massoniana* - *Cyclobalanopsis glauca*)、2-3(杉木-毛竹 *Cunninghmya lanceolata* - *Phyllostachys edulis*)、2-4(杉木-米槠 *Cunninghmya lanceolata* - *Castanopsis carlesii*)、2-5(杉木-木荷 *Cunninghmya lanceolata* - *Schima superba*)和2-6(杉木-黄瑞木 *Cunninghmya lanceolata* - *Adinandra mellettii*)等27个种对的AC值为-1,比例为25.47%。可以看出,这些种对间的负联结性很强,表明这些种对中2个种类单独出现的可能性很大。其他种对的AC值都比较小,说明这些种对间的联结程度比较低,但是没有出现种对间完全独立的现象,即AC值为0。

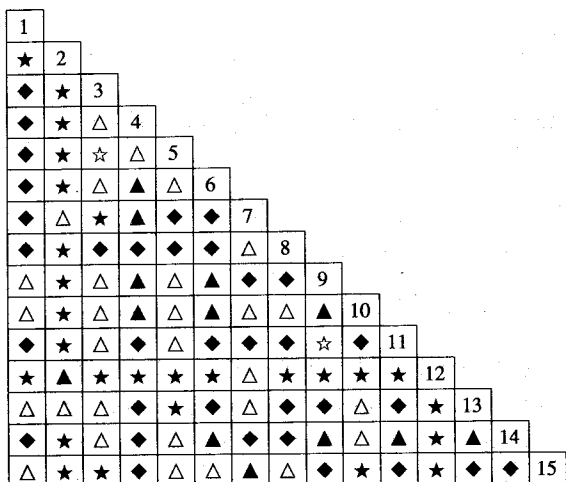
2.2.3 Jaccard 指数分析 由于 OI、DI 和 JJ 等指数实质上是等效的,因而以 Jaccard 指数(JJ)为例进行了分析。由武夷山风景名胜区内主要优势种群间 JJ 的半矩阵图(图2)可以看出,种对1-3(马尾松-毛竹 *Pinus massoniana* - *Phyllostachys edulis*)、1-4(马尾松-米槠 *Pinus massoniana* - *Castanopsis carlesii*)、1-5(马尾松-木荷 *Pinus massoniana* - *Schima superba*)、1-6(马尾松-黄瑞木 *Pinus massoniana* - *Adinandra mellettii*)、1-7(马尾松-鼠刺叶石栎 *Pinus massoniana* - *Lithocarpus iteaphyllus*)、1-11(马尾松-杨梅叶蚊母树 *Pinus massoniana* - *Distylium myricoides*)和1-14(马尾松-少叶黄杞 *Pinus*



▲: AC值0.0~0.3, 正联结 AC value 0.0-0.3, positive association
 ★: AC值0.3~0.5, 正联结 AC value 0.3-0.5, positive association
 ◆: AC值0.5~0.7, 正联结 AC value 0.5-0.7, positive association
 ■: AC值0.7~1.0, 正联结 AC value 0.7-1.0, positive association
 △: AC值0.0~0.3, 负联结 AC value 0.0-0.3, negative association
 ☆: AC值0.3~0.5, 负联结 AC value 0.3-0.5, negative association
 ◇: AC值0.5~0.7, 负联结 AC value 0.5-0.7, negative association
 □: AC值0.7~1.0, 负联结 AC value 0.7-1.0, negative association

图1 武夷山风景名胜区内主要种群间联结系数(AC)值的半矩阵图
 Fig.1 Half-matrix diagram of association coefficient (AC) of interspecific association among dominant species of Wuyishan Scenery District

massoniana - *Engelhardia fenzelii*)等共35个种对的JJ值在0.4以上,表明这些种对间的种间联结性较强;种对1-2(马尾松-杉木)、1-12(马尾松-青冈)、2-3(杉木-毛竹)、2-4(杉木-米槠)、2-5(杉木-木荷)和2-6(杉木-黄瑞木)等27个种对的JJ值为0,表明这些种对之间无关联;其余种对的JJ值在0.4以下,比例为41.51%,说明这些种对之间的联结程度不显著。由此可以看出,武夷山风景名胜区内主要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^[11]。



★: $JI = 0$; ☆: $0.6 < JI < 1.0$; ◆: $0.2 < JI < 0.4$;
▲: $0.4 < JI < 0.6$; △: $0 < JI < 0.2$.

图2 武夷山风景名胜区主要种群 Jaccard 指数 (JI) 的半矩阵图
Fig. 2 Half-matrix diagram of Jaccard index (JI) among dominant species of Wuyishan Scenery District

3 小结和讨论

武夷山风景名胜区天然林中 15 个主要优势种群间的总体联结性极显著相关,说明该天然林中一些种的存在对另一些种的存在有利^[12]。

武夷山风景名胜区主要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其本身的生态学特性有关^[13]。一方面,在长期的演替过程中,群落的组成成分基本稳定,在进一步分化的生态位中,各物种都占据有利位置,和谐共处,种内和种间的相互依赖和相互竞争大为降低和减弱,因此,多数种对的联结程度不强、关系松散、独立性较强。另一方面,在长期演替过程中,为适应不利环境,一些种群的相互依赖性增强,因此它们之间的正联结程度较强,达到显著水平,比如种对 3-5(毛竹-木荷)、6-9(黄瑞木-卷斗青冈)和 9-11(卷斗青冈-杨梅叶蚊母树),由于这些种类对综合环境条件具有相同或相似的需求和适应能力,且生态习性相似,因此,它们在一定程度上体现了生态位的重叠性。

此外,由于种内竞争和种间竞争时刻存在,当竞争的 2 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,由于自然稀疏而个体数量逐渐减少,竞争减弱,此时这一种对间的联结程度减弱、关系松散、独立性增强,随即又有其他种群的个体数量过剩,造成与其他种群的共享资源不足,继而产生新的竞争关系,重复上述过程。因此,武夷山风景名胜区天然林群落优势种群间联结关系的另一个特征是部分种对的负联结程度很强,达到显著水平^[13],如种对 1-2(马尾松-杉木)、1-12(马尾松-青冈)、2-3(杉木-毛竹)、2-4(杉木-米槠)、2-5(杉木-木荷)和 2-6(杉木-黄瑞木)等,这是长期适应不同微环境及利用不同资源空间的结果,也是生态位分离的体现。

参考文献:

- [1] 王伯荪,彭少麟. 鼎湖山森林群落分析 II. 物种联结性[J]. 中山大学学报:自然科学版, 1983, 2(4): 27-35.
- [2] 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.
- [3] 何东进,洪伟,胡海清,等. 武夷山风景名胜区景观空间格局研究[J]. 林业科学, 2004, 40(1): 174-179.
- [4] 何东进,洪伟,胡海清,等. 武夷山风景名胜区景观空间格局变化及其干扰效应模拟[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 215-221.
- [5] 何东进,洪伟,胡海清,等. 武夷山风景区景观主要类型斑块大小分布规律及其等级效应分析[J]. 应用生态学报, 2004, 15(1): 21-25.
- [6] 何东进,洪伟,胡海清,等. 武夷山风景名胜区景观要素斑块特征分析[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(6): 574-577.
- [7] 何东进,洪伟,胡海清,等. 武夷山风景名胜区景观类型空间关系及其尺度效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 321-324.
- [8] 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.
- [9] 欧祖兰,李先琨,苏宗明,等. 元宝山冷杉群落主要树木种群间联结关系的研究[J]. 生态学杂志, 2002, 21(1): 14-18.
- [10] Schluter D. A variance test for detecting species associations, with some example applications[J]. Ecology, 1984, 65(3): 998-1005.
- [11] 王新功,洪伟,吴承祯,等. 武夷山米槠林优势种群间联结性研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 112-116.
- [12] 刘金福,洪伟,樊后保,等. 天然林格氏栲乔木层种群间联结性研究[J]. 林业科学, 2001, 37(4): 117-123.
- [13] 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.