

文章编号: 1001-1498(2008)05-0662-07

三尖杉所属群落优势乔木树种种间关系

郭泉水¹, 包奋强², 王祥福¹, 池秀莲², 马超¹

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091;

2. 北京林业大学林学院, 北京 100083)

摘要:采用样方调查法,对组成大岗山三尖杉所属群落的乔木树种进行调查。通过计算重要值确定三尖杉所属群落优势乔木树种,在此基础上,研究优势树种的总体联结性、两树种间的联结性和种间协变。结果表明:三尖杉所属群落内的 15 个优势乔木树种总体间存在显著正关联;两树种间具有显著正联结的种对是细枝桧-栎木、红楠-杉木,呈显著负联结的种对是石栎-杉木;三尖杉与其他优势乔木树种的联结性均未达到显著程度,细枝桧-鹿角杜鹃、细枝桧-栎木、细枝桧-三尖杉、栎木-紫楠、红楠-杉木、红楠-拟赤杨等 6 个种对表现出明显的正协变,鹿角杜鹃-栎木种对表现出明显的负协变;种对正协变的存在是由于这些物种对环境资源的利用具有相似性所致。

关键词:三尖杉;种间联结;种间协变

中图分类号: S718.54 **文献标识码:** A

Interspecies Connection of Dominant Tree Species in *Cephalotaxus fortunei* Communities

GUO Quan-shu¹, BAO Fen-qiang², WANG Xiang-fu¹, CHI Xiu-lian², MA Chao¹

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF; Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Forestry College of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the sample plot investigation method, the tree species of *Cephalotaxus fortunei* community were investigated in Dagangshan Mountain. The main tree species of *Cephalotaxus fortunei* community were ascertained by computing the Importance Value of tree species. The overall association of the dominant tree species, the interspecific association of dominant tree species and interspecific covariation of the dominant tree species were studied. The result showed that the overall association of the dominant tree species was positive. The pairs of positive interspecific association were as following: *Eurya loquaiana*-*Comus macrophylla*, *Machilus thunbergii*-*Cunninghamia lanceolata*; The interspecific association of *Lithocarpus glabra*-*Cunninghamia lanceolata* was negative. The interspecific associations of *Cephalotaxus fortunei* with other species were not significant. There were 7 pairs of species showing a significant interspecific covariation, 6 pairs were positive interspecific covariation, They were: *Eurya loquaiana*-*Rhododendron latoucheae*, *Eurya loquaiana*-*Comus macrophylla*, *Eurya loquaiana*-*Cephalotaxus fortunei*, *Comus macrophylla*-*Phoebe shearerii*, *Machilus thunbergii*-*Cunninghamia lanceolata*, and *Machilus thunbergii*-*Alniphyllum fortunei*. Only the interspecific covariation of *Rhododendron latoucheae* with *Eurya japonica* was negative. The reason for positive interspecific covariation was that these species used the resource similarly.

Key words: *Cephalotaxus fortunei*; interspecific associations; interspecific covariation

收稿日期: 2007-11-01

基金项目: 国家林业局野生动植物保护司专项(200501)和江西大岗山森林生态系统定位观测野外台站资助项目

作者简介: 郭泉水(1954—),男,河北易县人,研究员,主要研究方向:森林生态和保护生物学。E-mail: guoqs@caf.ac.cn

三尖杉 (*Cephalotaxus fortunei* Hook f) 为三尖杉科 (Cephalotaxaceae) 三尖杉属 (*Cephalotaxus* Sieb et Zucc) 我国特有的常绿乔木树种。树高可达 10~20 m。主要分布在我国横断山脉以东、秦岭至大别山、江苏南部以及台湾省。在中亚热带山地,多分布在海拔 1 600 m 以下,并以海拔 700~1 300 m 处的林缘和溪边阴湿地带较为多见。三尖杉材质优良,可用于制造桥梁、舟船和家具;种子榨油后可用于工业;根、叶、枝、种子中含有多种生物碱。其中,三尖杉酯碱 (harringtonine)、高三尖杉酯碱 (homoharringtonine)、脱氧三尖杉酯碱 (dexoharringtonine) 和异三尖杉酯碱 (isoharringtonine) 等 4 种酯类生物碱对治疗白血病有一定疗效,并具有抗癌活性^[1]。

近年来,随着三尖杉药理作用研究的不断深入以及资源量的不断减少,三尖杉保护生物学的研究日益引起学术界的关注,关于三尖杉的生物学特性、药用价值、繁殖技术、种源差异等已有报道^[1-6],但关于三尖杉所属群落乔木树种间联结问题尚缺乏系统调查研究。

种间联结是指不同物种在空间分布上的关联性,它可以反映群落中各物种在不同生境中相互影响、相互作用所形成的有机联系。对种间联结的研究有助于认识群落内物种间的关系,各物种在群落中的功能和地位。本文采用相邻网格调查法,对组成三尖杉所属群落的乔木树种进行调查,在此基础上,对三尖杉所属群落优势乔木树种的总体联结性、两树种间的联结性以及种间协变进行研究,以期三尖杉植物资源的保护和开发利用提供科学依据。

1 调查地区自然概况与研究方法

1.1 调查地区自然概况

调查工作在江西大岗山自然保护区进行,地理坐标 114°30'~114°45' E, 27°30'~27°50' N;最高山峰的海拔高度 1 091.8 m;气候类型属于中亚热带季风湿润气候。年平均气温 16.8℃;1月平均气温 5.2℃,7月平均气温 28.8℃;极端最低气温 -8.3℃,极端最高气温 39.9℃。0℃的年积温为 6 407.8℃;10℃积温为 5 355℃;无霜期 269 d 左右。年平均降水量 1 590.9 mm,降水集中在 4—6 月份,可占全年总降水量的 44.6%;年平均相对湿度为 81%,灾害性天气主要有雪淞和季节性干旱。母岩有砂岩、花岗岩、石灰岩等,成土母质多为

残积和坡积母质,土壤类型为低山丘陵红壤或黄壤,地带性植被为亚热带常绿阔叶林^[7]。

1.2 样地设置和调查方法

在对调查地区三尖杉天然分布状况全面踏查的基础上,选择典型地段设置 2 块 30 m × 40 m 调查样地。2 块样地的海拔高度分别是 850 m 和 830 m,坡度 38° 和 36°,坡向为东南;林分郁闭度 0.8,其他立地条件基本一致。按照相邻网格法,在每块样地内连续设置大小为 10 m × 10 m 的调查样方 12 个,对样方内的乔木在识别的基础上进行每木检尺。

1.3 计测内容和方法

1.3.1 乔木树种的重要值 以各乔木树种的相对密度、相对频度和相对显著度之和来表示^[8]。

1.3.2 乔木树种的总体联结性 计算树种总体联结指数 (V) 和检验联结显著性的统计量 (W),其计算公式如下:

$$V = S_T^2 / \sum_{i=1}^N t_i^2 \quad (1)$$

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

$$\frac{t_i^2}{N} = \frac{n_i}{N} \left(1 - \frac{n_i}{N}\right) \quad (3)$$

式 (1, 2, 3) 中: S_T^2 为总种数方差, t_i^2 为总样本数方差; N 为总样方数, n_i 为树种 i 出现的样方数, T_j 为样方 j 内出现的树种数, $t = (T_1 + T_2 + \dots + T_N) / N$, 为样方中树种的平均数。

在独立假设性检验条件下,如果 $V = 1$,表明种间无联结;如果 $V > 1$,表明种间存在净的正联结;如果 $V < 1$,表明种间存在净的负联结。

$$W = VN = S_T^2 N / \sum_{i=1}^N t_i^2 \quad (4)$$

式 (4) 中各符号的含义与式 (1, 2, 3) 相同。

在独立假设性检验条件下, W 大约呈自由度为 N 的 χ^2 分布。如果种间联结不显著,则 W 落入 $\chi_{0.95,N}^2 < W < \chi_{0.05,N}^2$ 的概率有 90%^[9]。查 χ^2 分布的上侧分位数 (χ_{α}^2) 表^[10]得: $\chi_{0.95,24}^2 = 42.980$, $\chi_{0.05,24}^2 = 36.415$ 。

1.3.3 乔木树种两树种间的联结性 通过 2 × 2 列联表,计算 a , b , c 和 d 值;应用 Yates 修正的 Pearson 公式,进行两物种间联结性的 χ^2 检验^[11],应用 Jacard 指数 (JI) 和联结系数 (AC) 测定种间关联度^[12-15]。计算公式如下:

$$\chi^2 = N (|ad - bc| - n/2)^2 / (a+b)(c+d)(a+c)(b+d) \quad (5)$$

$$JI = d / (a+b+c) \quad (6)$$

$$AC = (ad - bc) / (a + b)(b + d) \text{ (当 } ad > bc \text{ 时)}$$

$$(7)$$

$$AC = (ad - bc) / (a + b)(a + c) \text{ (当 } bc > ad, d > a \text{ 时)}$$

$$(8)$$

$$AC = (ad - bc) / (b + d)(d + c) \text{ (当 } bc > ad, d < a \text{ 时)}$$

$$(9)$$

据 χ^2 查表^[10],当 $P > 0.05$ 时,即 $\chi^2 < 3.841$ 时,种间联结独立,当 $P < 0.01$ 时,即 $\chi^2 > 6.635$ 时,种间联结极显著,当 $0.01 < P < 0.05$ 时,即 $3.841 < \chi^2 < 6.635$ 时,种间联结显著。联结的极性由 $bc - ad$ 来判断: $bc < ad$ 为正联结, $bc > ad$ 为负联结。

J 的值域为 $[0, 1]$,其值越趋近于 1,表明该种对的正联结越紧密。 AC 的值域为 $[-1, 1]$,其值越趋近于 1,表明种间的正联结性越强;越趋近于 -1,表明种间的负联结性越强;其值为 0,表明种间完全独立。

1.3.4 种间协变 选用 Pearson 积矩相关系数和 Spearman 秩相关系数计算。其中 Pearson 积矩相关系数计算公式^[16]如下:

$$r(i, k) = \frac{\sum_{j=1}^N y_{ij}y_{kj} - [(\sum_{j=1}^N y_{ij})(\sum_{j=1}^N y_{kj})/N]}{\sqrt{[\sum_{j=1}^N y_{ij}^2 - [(\sum_{j=1}^N y_{ij})^2/N]}][\sum_{j=1}^N y_{kj}^2 - [(\sum_{j=1}^N y_{kj})^2/N]}}$$

$$(10)$$

式中: $r(i, k)$ 为相关系数,值域为 $[-1, 1]$, y_{ij} 为第 j 个样方中第 i 种的多度, y_{kj} 为第 j 个样方中第 k 种的多度, N 为总样方数。

Spearman 秩相关系数 ($r(i, k)$)计算过程: (1)按从最大值到最小值的顺序在 y_i 和 y_k 中排列多度数据; (2)将 y_i (秩化)和 y_k (秩化)代入 Pearson 系数计算公式中来计算 Spearman 秩相关系数 $r(i, k)$, $r(i, k)$ 的值域为 $[-1, 1]$ 。

显著性检验:查 r 界值表中自由度^[16] $df = N - 2$, 概率水平 $P = 0.05$ 和 $P = 0.01$ 的临界值 $r_{0.05}$ 和 $r_{0.01}$ 与相关系数 $r(i, k)$ 的绝对值进行比较,若 $r_{0.01} > |r(i, k)| > r_{0.05}$,则在 $P < 0.05$ 水平上显著相关,若 $|r(i, k)| > 0.01$,则在 $P < 0.01$ 水平上显著相关。

数据处理应用 SPSS15.0 完成。

2 结果与分析

2.1 三尖杉所属群落优势乔木树种及其重要值

在调查样地中共出现 51 个乔木树种,计算各树种的重要值并按重要值大小进行排序以后,将排在

前 15 位的树种及重要值列入表 1。由于这 15 个乔木树种的重要值之和已占全部乔木树种重要值总和的 80.15%,为此,本文把这 15 个乔木树种确认为三尖杉所属群落的优势乔木树种。

表 1 三尖杉所属群落优势乔木树种的重要值

编号	树种	重要值
1	化香树 <i>Platycarya strobilacea</i> Sieb. et Zucc.	57.057
2	鹿角杜鹃 <i>Rhododendron latoucheae</i> Franch.	30.730
3	细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i> Dunn	23.261
4	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> (Thunb.) Nakai	20.626
5	株木 <i>Comus macrophylla</i> Wall.	20.440
6	柃木 <i>Eurya japonica</i> Thunb.	13.981
7	紫楠 <i>Phoebe sheareri</i> (Hemsl.) Gamble	13.535
8	拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i> (Hemsl.) Perk.	12.262
9	三尖杉 <i>Cephalotaxus fortunei</i> Hook. f.	11.188
10	红楠 <i>Machilus thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	10.081
11	黄连木 <i>Pistacia chinensis</i> Bunge	7.215
12	鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i> Hance	6.169
13	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	5.420
14	油茶 <i>Camellia oleifera</i> Abel	4.287
15	青榨槭 <i>Acer davidii</i> Franch.	4.189

由表 1 可知,在三尖杉分布的群落中,按树种的重要值大小排序,三尖杉处在第 9 位,排在前 8 位的是:化香树、鹿角杜鹃、细枝柃、石栎、株木、柃木、紫楠、拟赤杨。

2.2 优势乔木树种总体联结性

多树种间总体联结性反映了群落内各树种间相关性的总体趋势,通过计算得出,三尖杉所属群落内 15 个优势乔木树种之间的 V 值为 8.398;用统计量 W 检验 V 偏离 1 的显著性,其结果是: $W = 201.564$, $\chi_{0.01, 24}^2 = 42.980$ 。显然, V 值大于 1, W 也没有落入区间 $[36.415, 42.980]$ 。依据 V 和 W 值大小,对照与物种总体联结性判别有关的标准,可以认为,在三尖杉所属群落中,这 15 个优势乔木树种之间不仅存在净的正联结,而且总体联结性达到显著程度。

2.3 优势乔木树种 2 树种间的联结性

2.3.1 优势乔木树种 2 树种间联结性的 χ^2 检验 应用 Yates 修正的 Pearson 公式,进行两树种间联结性的 χ^2 检验^[11],结果见表 2。

表 2 可以看出,在三尖杉所属群落中,两树种间有极显著正联结的种对仅有细枝柃 - 株木 1 对,占总种对数的 0.952%,有显著联结的种对有 2 对,即呈显著正联结的红楠 - 杉木种对和显著负联结的石栎 - 杉木种对,占总种对数的 1.905%,种间无联结或联结未达显著的种对有 102 对,占总种数的 97.143%。

表 2 三尖杉所属群落优势乔木树种种间 χ^2 统计量数阵

树种编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1														
2	0.036													
3	0.322	-0.02												
4	-2.105	0	0.084											
5	-0.084	0	6.821	1.185										
6	-0.181	0.38	-0.638	0.056	-1.399									
7	-0.002	-0.02	0.306	0.605	0.605	-0.07								
8	-0.152	0.15	0.152	-0.533	0.059	1.35	-1.089							
9	0.354	-0.25	2.086	-0.914	0.914	0	0.144	-0.046						
10	0.152	-0.15	-0.152	-0.059	-0.059	-0.1	-0.659	0.012	-0.046					
11	0.181	0.25	-0.180	-0.914	-0.914	0	-0.282	0.046	-1.254	0.411				
12	-0.002	0.02	-0.002	-0.067	-0.067	-0.07	0.286	-0.659	-0.144	0.659	0.144			
13	0.084	0	0.002	-4.741	0	-2.74	-3.294	0.059	0	4.8	0	0.1		
14	-0.084	0	0.758	0	0	0.06	0.067	-0.059	0.914	-0.533	0	-1.7	0	
15	-0.202	-0.11	0.202	0.4	0.4	-0.13	0.161	0	0.034	1.28	-0.034	0.2	0.4	-0.4

注:表中树种编号同表 1。

三尖杉与其他优势乔木树种的联结性均未达到显著程度,但三尖杉 - 细枝桉、三尖杉 - 栎木、三尖杉 - 油茶之间的 χ^2 检验值较大,可以认为它们之间存在着一定正联结性,原因在于它们的生物学和生态学特性比较一致,在群落中适合于三尖杉生存的生境,同样也适合于细枝桉、栎木和油茶。

细枝桉 - 栎木、红楠 - 杉木种间正联结性最强,这可能与这两个种对树种垂直分布上的趋同和耐荫性的差异有关。细枝桉多生于海拔 620 ~ 1 500 m 的山地林下,稍耐荫,栎木多生于海拔 600 ~ 2 200 m 的山区,喜光;红楠多见于海拔 800 m 以下,稍耐荫,在调查地区,杉木垂直分布最为集中的是在 700 m 以下,较喜光^[17-18]。在同一纬度、经度地区,海拔高度的变化,必将带动整个生境条件的变化。不同树种能够生活在同一海拔高度范围,说明它们对因海拔高度变化而变化的综合的生境条件具有趋同适应性;在群落中,喜光树种大多位于群落的上层,耐荫

树种位于下层。不同耐荫性的树种之间这种配置,已构成一种较稳定的种间依存关系。石栎 - 杉木负联结性显著,同样可以从它们在调查地区垂直分布上的差异得到解释。石栎可分布到海拔 1 000 m 左右的山地阔叶林中,而杉木垂直分布的海拔相对较低。三尖杉 - 栎木、三尖杉 - 杉木的 χ^2 统计量等于 0,说明它们之间因对生境需求不同,而处于相互独立存在状态。

2.3.2 种间关联度 两树种种间联结性的 χ^2 检验有明确的指标 ($P < 0.01$ 和 $P < 0.05$),能比较准确客观地表现种间联结性。但 χ^2 检验不能区分联结强度的大小,这样就有可能模糊种间联结性之间的差异性^[17]。因此,在对种间联结性做出 χ^2 检验后,还需测定其联结强度。

应用 Jaccard 指数 (JI) 和联结系数 (AC) 对三尖杉所属群落优势乔木树种种间关联度进行计算,结果如表 3、表 4、图 1 和图 2 所示。

表 3 三尖杉所属群落优势乔木树种 Jaccard 指数 (JI) 数阵

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1														
2	0.238													
3	0.2	0.708												
4	0.095	0.667	0.682											
5	0.15	0.667	0.85	0.714										
6	0.118	0.522	0.391	0.476	0.348									
7	0.158	0.625	0.636	0.667	0.667	0.429								
8	0.176	0.609	0.545	0.435	0.571	0.556	0.391							
9	0.267	0.5	0.65	0.391	0.6	0.35	0.476	0.381						
10	0.167	0.348	0.333	0.286	0.286	0.222	0.238	0.333	0.278					
11	0.25	0.455	0.318	0.373	0.273	0.278	0.286	0.389	0.2	0.357				
12	0.091	0.318	0.238	0.25	0.25	0.176	0.333	0.158	0.235	0.333	0.214			
13	0.222	0.217	0.3	0.091	0.263	0.056	0.095	0.235	0.25	0.5	0.231	0.182		
14	0.1	0.217	0.316	0.2	0.263	0.267	0.278	0.167	0.333	0.071	0.143	0	0.09	
15	0	0.13	0.211	0.222	0.158	0.133	0.167	0.118	0.2	0.3	0.077	0.222	0.11	0

表 4 三尖杉所属群落优势乔木树种间联结系数 (AC) 数阵

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1														
2	0.263													
3	0.04	-1												
4	-0.167	-1	0.158											
5	-0.2	-1	0.579	0.333										
6	-0.314	0.008	-0.564	0.03	-0.636									
7	-0.153	-1	0.098	0.238	0.238	-0.065								
8	-0.04	0.030	0.018	-0.556	0.111	0.385	-0.619							
9	0.52	-1	0.242	-0.6	0.2	-0.127	0.012	-0.2						
10	0.04	-0.2	-0.04	-0.2	-0.2	-0.179	-0.31	0.04	-0.05					
11	0.314	0.065	-0.314	-0.429	-0.429	-0.077	-0.27	0.086	-0.31	0.238				
12	-0.314	0.037	-0.153	-0.059	-0.059	-0.209	0.087	-0.31	-0.02	0.216	0.214			
13	0.2	-0.333	0.034	-0.556	0.037	-0.692	-0.53	0.022	0.048	0.407	0.231	0.143		
14	-0.2	-0.333	0.088	-0.111	0.037	0.077	0.059	-0.2	0.143	-0.556	0.143	-1	-0.333	
15	-1	-0.4	0.053	0.067	0	-0.077	0.012	-0.2	0.057	0.2	0.077	0.714	0	-1

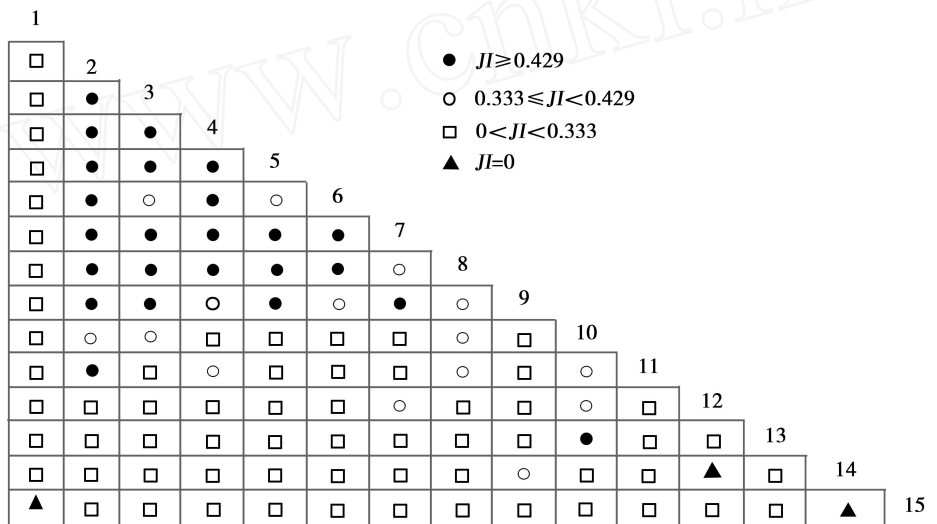


图 1 三尖杉所属群落优势乔木种间联结半矩阵图

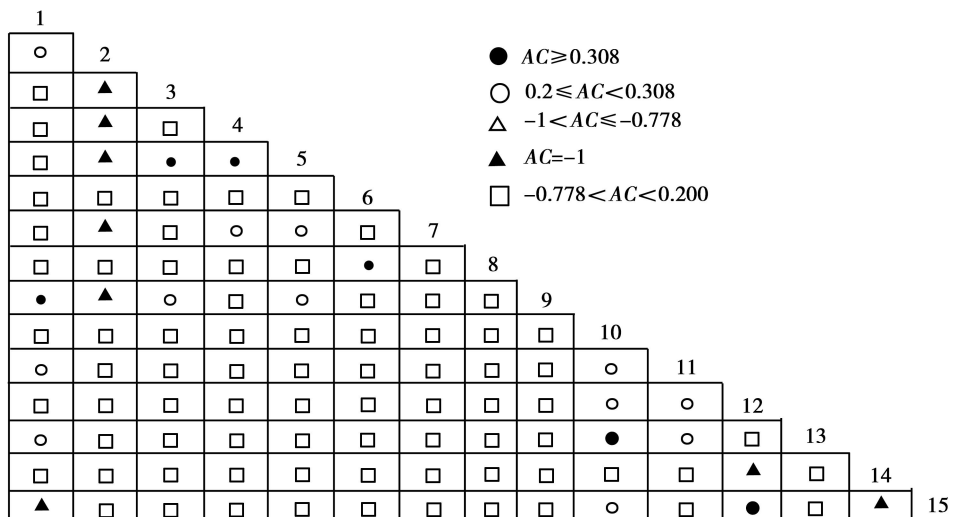


图 2 三尖杉所属群落优势乔木种间联结半矩阵图

从表 3 和图 1 可以看出, $J1 = 0.333$ 的种对有 39 对, 占总种对数的 37.14%, 其中 $J1 = 0.429$ 的种对有 24 对, 占总种对数的 22.86%; $J1 = 0$ 的种对有 3 对, 占总种对数的 2.86%。从表 4 和图 2 可以看出, $AC = 0.2$ 的种对有 18 对, 占总种对数的 17.14%, 其中 $AC = 0.308$ 的种对数为 6 对, 占总种对数的 5.71%; $AC = -1$ 的种对有 8 对, 占总种对数的 7.62%。

对经 χ^2 检验确定的种间联结极显著的细枝桧 - 栎木 (正) 种对和种间联结显著的红楠 - 杉木 (正)、石栎 - 杉木 (负) 等种对进行 AC 、 $J1$ 测定, 结果显示: 经 AC 测定, 得到的种间联结强度大小的顺序是: 细枝桧 - 栎木 > 红楠 - 杉木 > 石栎 - 杉木; $J1$ 测定的结果也是细枝桧 - 栎木 > 红楠 - 杉木 > 石

栎 - 杉木。

2.4 种间协变

以上计测分析都是以样方内树种出现与否即有或无二元数据作为联结性判断的标准, 但种间的多度信息难以体现^[18]。种间协变是以树种的数量特征为依据 (多度或密度、盖度及生物量) 来分析种间相对数量变化的趋势和程度。两个树种的正协变意味着当一个树种的多度在一个样方中增加时, 则另一个树种的多度在同一样方中也相应地增加; 负协变则意味着一个树种的多度在一个样方中增加, 而另一树种的多度在同一样方中减少。为了研究三尖杉所属群落种间相对数量变化的趋势和程度, 对 Pearson 积矩相关系数和 Spearman 秩相关系数进行计算, 结果如表 5 所示。

表 5 三尖杉所属群落优势乔木树种间协变的相关系数

编号	Pearson 积矩相关系数														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.008	0.016	-0.236	-0.216	-0.189	0.084	0.077	0.293	0.147	0.039	-0.169	0.116	-0.011	-0.229
2	0.089		0.650**	0.180	0.189	-0.420*	0.071	-0.201	0.319	-0.128	-0.316	0.187	-0.353	-0.038	0.033
3	0.120	0.646**		0.173	0.282	-0.285	0.086	-0.365	0.415*	-0.114	-0.202	0.241	-0.195	0.228	-0.014
4	-0.286	0.224	0.165		0.396	0.250	0.275	-0.210	-0.140	-0.258	-0.281	0.011	-0.333	0.297	0.343
5	-0.191	0.288	0.470*	0.494		0.069	0.350	0.101	0.094	-0.203	-0.366	-0.239	-0.240	-0.224	-0.177
6	-0.195	-0.407	-0.350	0.235	-0.039		0.099	-0.032	-0.332	-0.345	-0.079	-0.046	-0.292	0.159	-0.156
7	0.008	0.123	0.192	0.348	0.467*	0.061		-0.044	0.177	-0.031	-0.140	-0.014	-0.273	0.116	0.059
8	0.008	-0.171	-0.240	-0.225	0.165	0.061	-0.164		-0.194	0.448*	0.107	-0.356	0.385	-0.231	-0.067
9	0.313	0.160	0.459*	-0.095	0.204	-0.278	0.203	-0.211		0.161	-0.265	-0.115	0.219	0.182	0.013
10	0.094	-0.156	-0.107	-0.283	-0.165	-0.282	-0.166	0.290	0.125		0.310	0.022	0.449*	-0.306	0.238
11	0.136	-0.206	-0.161	-0.294	-0.368	-0.110	-0.148	0.115	-0.281	0.322		-0.030	-0.095	-0.028	0.122
12	-0.130	0.235	0.167	-0.020	-0.137	-0.158	0.160	-0.299	-0.036	0.183	0.022		-0.056	-0.281	0.122
13	0.166	-0.340	-0.109	-0.400	-0.170	-0.337	-0.362	0.269	0.224	0.567**	0.018	0.015		-0.074	0.046
14	-0.039	-0.045	0.215	0.179	0.271	0.139	0.090	-0.176	0.266	-0.303	-0.075	-0.361	-0.096		-0.229
15	-0.229	-0.016	-0.049	0.328	-0.133	-0.136	0.025	-0.069	0.077	0.298	-0.065	0.192	0.021	-0.255	

Spearman 秩相关系数

从表 5 可以看出, 有 7 个种对表现为明显的正协变或负协变, 占总种对数的 9.52%, 其中正协变 6 对, 负协变 1 对; 其余种对协变均不显著。其中呈正协变的种对有细枝桧 - 鹿角杜鹃、细枝桧 - 栎木、细枝桧 - 三尖杉、栎木 - 紫楠、红楠 - 杉木、红楠 - 拟赤杨; 呈负协变的种对为鹿角杜鹃 - 栎木。

种对间存在正协变的原因在于这些树种对环境的利用具有相似性, 如三尖杉 - 细枝桧, 三尖杉多见于海拔 1 600 m 以下的山地, 而以海拔 700 ~ 1 300 m 范围内最为多见, 在群落中多处于亚林层; 细枝桧多生于海拔 620 ~ 1 500 m 的山地, 在群落中也多见于林下, 他们对林下的环境的适应比较一致, 在可利用资源充裕的前提下, 能够得到均衡发展。种对间呈负协变有以下 2 个原因: 一是对生境需求不一致; 二是物种之间由于对资源的利用存在相似

性, 在资源不足的情况下, 具有竞争优势的树种必将排斥了竞争劣势的树种, 如鹿角杜鹃 - 栎木之间存在负协变可能的原因是二者生境需求不一致。

3 结论与讨论

(1) 三尖杉所属群落内的 15 个优势乔木树种总体间存在极显著的正联结; 三尖杉与其他优势乔木树种的联结性均不显著, 但三尖杉 - 细枝桧、三尖杉 - 栎木、三尖杉 - 油茶之间有一定的正联结性, 三尖杉 - 栎木、三尖杉 - 杉木种间相互独立, 三尖杉与细枝桧存在明显的正协变, 与其他树种间的种间协变均不显著。物种之间联结性存在与否, 与其自身的生物生态学学习性、对生境的趋同适应以及物种之间的竞争有关。

(2) AC 与 $J1$ 均能反映种间联结性的相对强弱,

但目前缺乏对联结性强弱等级划分的统一标准,当物种出现次数少,特别是当 $a=0$ 时,还会夸大物种间的联结性,甚至会得出不同的结论。为此,本文尝试先由 χ^2 检验测定极显著、显著部分的种对,然后通过 AC 和 J 确定种间联结强度,以确定三尖杉所属群落优势乔木树种间联结关系。从而避免了使用单一方法引起的较大误差。同时,计算结果显示: χ^2 、 AC 、 J 在检验种间联结性时,对于种间联结极显著、显著的种对,所得结果具有较高的相似性。

(3) 种间联结和种间协变均为研究种间关系的方法,但种间关联反映的是物种能否共存和共存的几率,而种间协变反映的则是种间数量特征(多度或密度、盖度及生物量)变化的趋势及程度。种间协变在一定程度上克服了 2×2 列联表的二元数据分析的不足,也避免了因偏离种的出现影响种间关系的分析。此外,在研究的种对的多度较小时,二元数据的种间联结性很难被检验出来。但是种间协变分析可以发现其中的种间关系^[19]。因此,在研究种间关系时,将二者结合起来分析,更能较完整地反映群落中种间的亲和性及其程度。

参考文献:

- [1] 胡玉熹. 三尖杉生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [2] 郭文杰, 鲁雪华, 林 勇. 三尖杉的资源利用与开发 [J]. 亚热带植物通讯, 1998, 27(1): 23 - 26
- [3] 李述文, 孙函丽, 吕腓理, 等. 三尖杉碱酯类化合物的合成及其抗肿瘤活性 [J]. 药学学报, 1981(11): 821 - 826
- [4] 吕玉华. 三尖杉的育苗技术 [J]. 云南林业科技, 2000(2): 12 - 14
- [5] 司马永康, 蒋 宏, 方 波, 等. 珍贵药用植物三尖杉种子大小的变异 [J]. 云南林业科技, 2002(4): 30 - 32
- [6] 周秀佳, 胡之璧, 黄炼栋, 等. 中国三尖杉属植物资源研究 [J]. 湖北农学院学报, 1997, 17(2): 100 - 103
- [7] 王 兵, 李海静, 郭泉水, 等. 江西大岗山森林生物多样性研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2005: 24 - 64
- [8] 宋永昌. 植被生态学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 45 - 46
- [9] Schluter D. A variance test for detecting species associations, with some example applications [J]. Ecology, 1984(3): 998 - 1005
- [10] 杜荣骞. 生物统计学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999
- [11] G W Cox 普通生态学实验手册 [M]. 蒋有绪译. 北京: 科学出版社, 1979
- [12] 王伯荪, 彭少麟. 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订 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(4): 274 - 285
- [13] 郭志华, 卓正大. 庐山常绿阔叶、落叶阔叶混交林乔木种群间联结性研究 [J]. 植物生态学报, 1997, 21(5): 424 - 432
- [14] Whittaker R H. 植物群落排序 [M]. 王伯荪译. 北京: 科学出版社, 1986
- [15] Hurlbert S H. A coefficient of interspecific association [J]. Ecology, 1969, 50: 1 - 9
- [16] Ludwin J A, Reynolds J F. Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing [M]. New York: A Wiley—Interscience Publication, 1988: 145 - 155
- [17] 李建民, 谢 芳, 陈存及, 等. 光皮桦天然林群落优势种群的种间联结性研究 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(2): 168 - 170
- [18] 张倩媚, 陈北光, 周国逸. 鼎湖山主要林型优势树种间联结性的计算方法研究 [J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(1): 79 - 83
- [19] 周先叶, 王伯荪, 李鸣光, 等. 黑石顶自然保护区森林次生演替过程中群落主要种的种间协变 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 367 - 371