

黔北丹霞地貌杪櫟群落优势木本植物的种间联结性*

蒋长洪^{1,2}, 陈茗杨³, 漆基海², 徐德静¹, 吴邦利¹, 郭云¹, 何跃军¹

(1. 贵州大学 林学院 贵州大学森林生态研究中心, 贵阳 550025; 2. 贵阳市城市绿化管理处, 贵阳 550003;
3. 贵州绿之梦生态园林工程有限公司, 贵阳 550003)

摘要:【目的】探索黔北丹霞地貌杪櫟(*Alsophila spinulosa*)群落优势木本植物的种间联结性。【方法】采用方差比率(VR)、 χ^2 检验、联结系数(AC)、共同出现百分率(PC)、Pearson相关性分析和Spearman秩相关性分析方法,对黔北丹霞地貌杪櫟群落内15个优势木本植物构成的105个种对进行种间联结性定量分析。【结果】VR分析发现15个优势木本植物的种间关系总体上表现为不具有统计意义的负关联关系,且负关联种对数多于正关联种对数。 χ^2 检验、AC分析、Pearson相关性分析和Spearman秩相关性分析发现负关联种对分别占全部种对数的52.38%,52.38%,62.86%和55.24%;正关联种对较少分别占全部种对数的45.71%,45.71%,36.19%和42.86%;而PC分析则显示正关联种对数多于负关联种对数。105个种对总体上表现为负关联种对数占优势,正关联种对数次之。【结论】黔北丹霞地貌杪櫟群落优势木本植物的种间联结性较为松散,种间关系趋于独立。

关键词:杪櫟;种间联结性;种间关系;种对

中图分类号:Q948

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2021)03-0114-07

种间联结性是指植物群落中不同物种在空间分布上的关联性^[1-2],是群落演化中物种对环境趋同性适应及相互作用的结果^[3],是群落物种在空间分布上相互关联性的表达,也是群落结构形成和演化的重要基础^[4-5]。种间联结性对各物种的协作关系、它们在植物群落中的分布、种群的进化以及群落的演替具有重要意义^[6-8]。杪櫟(*Alsophila spinulosa*)又名树蕨,是冰川时代遗留下来的濒危植物^[9]。黔北赤水丹霞地貌区域分布着中国最大的杪櫟种群,研究者已对该区域杪櫟种群结构动态^[10-11]、种群分布格局与生态位^[12]、群落多样性^[13]等方面开展部分研究。何跃军等人^[14]通过样圆调查发现杪櫟种内和种间竞争存在较大差异,表明同一生境中同一物种个体和不同物种个体对资源利用上存在关联性;李丘霖等人^[5]也对杪櫟群落乔木层优势物种生态位与种间联结性开展了一些前期探索,发现物种生态位重叠越大种间联结性越强。黔北丹霞地貌是第三纪红色岩系发育的地貌类型,是生物多样性原地保护尤其是珍稀动植物保育的最重要生态区,2010年被列入世界自然遗产。因此,本研究对杪櫟群落中主要木本植物种间联结性和种间相互关系展开了探索,为揭示丹霞地貌杪櫟群落物种多样性维持机制和杪櫟保育及生境保护工作提供参考资料。

1 研究方法

1.1 样地设置与群落调查

研究区位于贵州省赤水市葫市镇杪櫟沟(东经105°59′~106°03′、北纬28°23′~28°27′,海拔400~630 m)。该区域是四川盆地与贵州高原接壤过渡地带,植被类型为典型的亚热带常绿阔叶林,主要以壳斗科(Fagaceae)、樟科(Lauraceae)、山茶科(Theaceae)植物为主,森林覆盖率达90%。研究区土壤为典型丹霞地貌紫红色砂岩发育紫色土,土层深厚。区内年平均气温为17℃,极端最高温达41℃,大于或等于10℃的年积温为5 720℃,无霜期达352 d,年降雨量为1 200~1 300 mm,湿度可达90%。在研究区内设置4个3 000 m²典型样地进行样方

* 收稿日期:2020-09-15 修回日期:2020-10-27 网络出版时间:2021-05-20 09:44

资助项目:国家自然科学基金(No. 31000204;No. 31360106);贵州省计划项目(黔科合支撑[2021]一般455);贵州省高层次创新型人才平台项目(No. [2020]6004;No. [2018]5781;No. [2017]5788);贵州省生态学重点学科建设项目(黔学位合字 ZDXK [2016]7号)

第一作者简介:蒋长洪,女,工程师,研究方向为植物群落生态学,E-mail:jiangchanghong90@163.com;通信作者:何跃军,男,教授,博士生导师,E-mail:hyj1358@163.com

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20210519.1530.014.html

调查,样方大小为 10 m×10 m,每个样地有 6 个样方,共 24 个样方。记录样方内乔木、灌木种类物种名称、株数、胸径、树高以及样地信息。对调查数据进行重要值计算并排序,对由重要值排名前 15 位的木本植物(表 1)组成的共计 105 个种对进行种间关联度分析。

表 1 桫欏群落优势木本植物及它们的重要值
Tab. 1 The dominant xylophyta in *A. spinulosa* community and their importance values

编号	物种	重要值	编号	物种	重要值
1	楠竹(<i>Phyllostachys pubescens</i>)	0.755 1	9	茶树(<i>Camellia sinensis</i>)	0.027 4
2	杉木(<i>Cunninghamia lanceolata</i>)	0.608 9	10	川桂(<i>Cinnamomum wilsonii</i>)	0.022 2
3	桫欏(<i>A. spinulosa</i>)	0.588 9	11	山矾(<i>Symplocos aenea</i>)	0.021 5
4	罗伞(<i>Brassaiopsis glomerulata</i>)	0.508 3	12	裂叶榕(<i>Ficus laceratifolie</i>)	0.010 2
5	美脉琼楠(<i>Beilschmiedia delicate</i>)	0.329 9	13	轮叶木姜子(<i>Litsea elongata</i>)	0.008 3
6	石岩枫(<i>Mallotus repandus</i>)	0.136 9	14	西南粗叶木(<i>Lasianthus henryi</i>)	0.007 6
7	杜茎山(<i>Maesa japonica</i>)	0.087 7	15	箭竹(<i>Fargesia spathacea</i>)	0.007 1
8	毛桐(<i>Mallotus barbatus</i>)	0.084 6			

1.2 数据分析处理

参照文献[15],采用方差比率(VR)分析群落总体联结性:当 VR 值大于 1 时,种间表现出净的正关联;VR 值等于 1 时,种间无关联;VR 值小于 1 时,种间表现出净的负关联。将 VR 值与样方数相乘得到统计量 W,对 W 进行 χ^2 检验。采用文献[16]的方法对关联性进行 χ^2 检验校正,并计算联结系数(AC)^[15]和物种共同出现百分率(PC)^[17-18],采用 SPSS 19.0 软件对物种间的关联性进行 Pearson 相关性分析和 Spearman 秩相关性分析^[19-20]。

2 结果与分析

2.1 桫欏群落优势木本植物的总体联结性

桫欏群落内重要值排名前 15 位的木本植物的总体联结性检验结果显示:VR 值为 0.78,即群落总体种间关系为负关联;W=18.72,查 χ^2 检验表可知 $\chi^2_{0.95}(24)=13.85$, $\chi^2_{0.05}(24)=36.42$,故 $\chi^2_{0.95}(24)<W<\chi^2_{0.05}(24)$,表明这 15 个物种总体上的种间关系表现出的负关联不具有统计学意义。

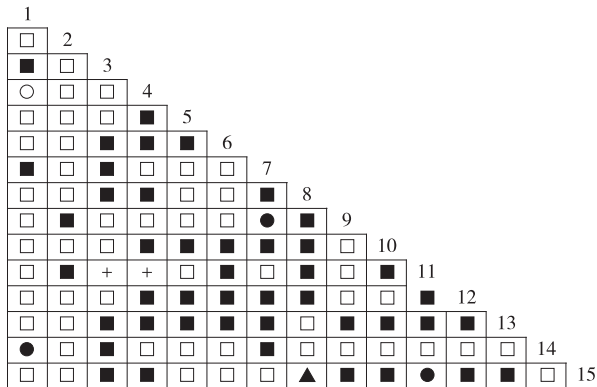
2.2 桫欏群落优势木本植物种对间的联结性分析

图 1 显示:桫欏群落中 15 种优势木本植物组成 105 个种对中,正关联的有 48 个,占全部种对数的 45.71%;负关联的有 55 个,占全部种对数的 52.38%;无关联的有 2 个,占全部种对数的 1.91%。因此,桫欏群落优势木本植物的种对呈负关联的较多,正负关联比为 0.87,说明大部分物种之间在资源利用上相互排斥,群落中各种群趋于独立出现。正关联关系在 $p<0.01$ 和 $p<0.05$ 水平上具有统计学意义的物种有 4 个种对,分别为毛桐-箭竹、楠竹-西南粗叶木、杜茎山-茶树和山矾-箭竹;负关联关系在 $p<0.05$ 水平上具有统计学意义的物种有 2 个种对,分别为楠竹-罗伞和罗伞-西南粗叶木;无关联关系的种对分别为桫欏-山矾和罗伞-山矾。经 χ^2 检验可知:桫欏与其他优势木本植物的联结性均无统计学意义,但桫欏-楠竹、桫欏-杜茎山和桫欏-西南粗叶木种对的 χ^2 值均最大,因此可以认为它们之间有一定关联性,并可推测这些物种可能是桫欏与环境适应性进化过程中的必要伴生树种。

2.3 桫欏群落优势木本植物种对联结性的 AC 和 PC 分析

如图 2 所示,AC 值的绝对值大于或等于 0.3 的显著关联的桫欏群落优势木本植物种对有 59 个,占全部种对数的 56.19%;其中为显著正关联的种对有 12 个,占全部种对数的 11.43%,为显著负关联的种对有 47 个,占总种对数的 44.76%。这比 χ^2 检验发现的关联关系具有统计学意义的种对数更多。AC 值大于或等于 0.6 的正关联种对有 3 个,分别为楠竹-桫欏、楠竹-杜茎山和山矾-箭竹,占全部种对数的 2.86%;AC 值小于或等于-0.6 的种对有 38 个,占全部种对数的 36.19%;还有 2 个种对的 AC 值为 0,与 χ^2 检验结果一致,表明它们的种间相互独立。此外在桫欏与其他物种组成的种对中,AC 值在(0,0.3)区间的有 6 个,AC 值为 0 的仅有 1 个,AC 值在(-0.3,0)区间的有 1 个,AC 值在(-0.6,0.3)区间的有 3 个,AC 值小于或等于-0.6 的有 1 个。通过对 AC 值

进行分析可以更准确地检测出那些关联度较高但 χ^2 检验结果为联结性不显著的种对,但另一方面也有可能夸大种间负关联的程度。



注:▲和●分别表示种对的正关联关系在 $p < 0.01$ 和 $p < 0.05$ 水平上具有统计学意义,○表示种对的负关联关系在 $p < 0.05$ 水平上具有统计学意义,■和□分别表示种对的正关联和负关联关系不具有统计学意义,+表示种对无关联关系;数字 1~15 所对应的物种名见表 1,下同

图 1 桫欏群落优势木本植物的种间关联 χ^2 检验的半矩阵

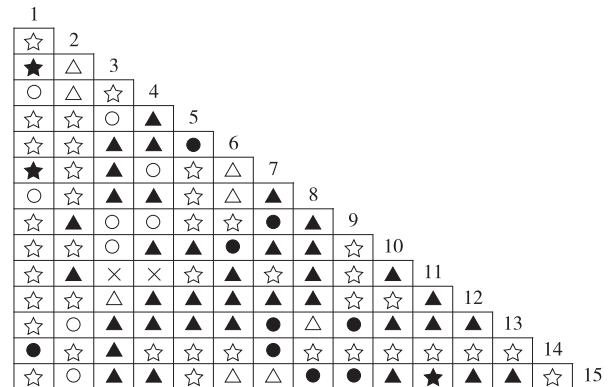
Fig. 1 Sem-imatrix for χ^2 -test of interspecific correlation on the dominant xylophyta in *A. spinulosa* community

PC 值的大小能较准确地反映物种间正关联程度的强弱:PC 值越接近于 1,表明两物种间的正关联程度越高,反之则越低^[21]。图 3 显示:在桫欏群落优势木本植物构成的 105 个种对中,PC 值大于或等于 0.5 的有 4 个,分别为楠竹-西南粗叶木、桫欏-罗伞、毛桐-箭竹和山矾-箭竹,占全部种对数的 3.8%;PC 大于或等于 0.2 的有 29 个,占全部种对数的 27.62%;PC 值为 0(无关联)的有 36 个,占全部种对数的 34.28%;PC 值在(0,0.2)区间的有 40 个,占全部种对数的 38.10%。在桫欏与其他物种组成的种对中,PC 值在[0.2,0.5)区间的有 5 个,PC 值大于或等于 0.5 的仅有 1 个,PC 值在(0,0.2)区间的有 6 个。PC 分析表明在桫欏群落优势木本植物构成的种对中,大部分种对的关联程度并不明显,种对间的相互依赖性不高,各种群趋于独立出现。

2.4 桫欏群落优势木本植物种间的 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数

如图 4 所示,桫欏群落 15 个优势木本植物构成的 105 个种对中,大部分的种间关联不具有统计学意义,种间联结松散。有 38 个种对表现为正相关,占全部种对数的 36.19%;其中分别有 3 个和 7 个种对的正关联(正相关)关系在 $p < 0.01$ 和 $p < 0.05$ 水平上有统计学意义,它们占全部种对数的 9.52%。有 66 个种对表现为负关联(负相关)关系,占全部种对数的 62.86%;其中有 2 个种对的负关联关系在 $p < 0.05$ 水平上有统计学意义,占全部种对数的 1.90%。此外,还有 1 个种对表现出无关联。总的来看,正负关联比为 0.57。

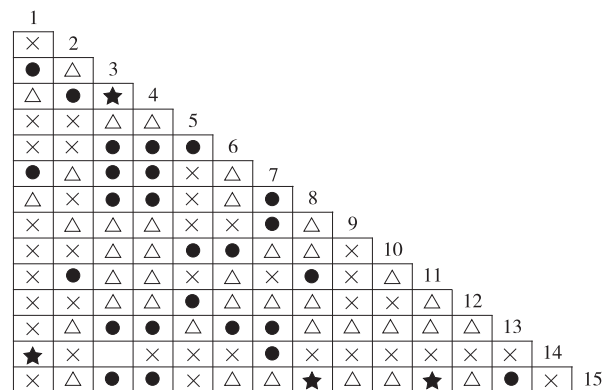
在桫欏群落优势木本植物构成的 105 个种对中,有 45 个种对表现为正关联,占全部种对数的 42.86%,其中分别有 5 个和 3 个种对的正关联关系在 $p < 0.01$ 和 $p < 0.05$ 水平上有统计学意义并占全部种对数地 7.62%;有 58 个种对表现为负关联,占全部种对数的 55.24%,其中有 2 个种对的负关联关系在 $p < 0.05$ 水平上有统计学



注:★表示 AC 值大于或等于 0.6;●和▲分别表示 AC 值区间在 [0.3, 0.6) 和 (0, 0.3];×表示 AC 值等于 0;△和○分别表示 AC 值区间在 (-0.3, 0) 和 (-0.6, -0.3];☆表示 AC 值小于或等于 -0.6。AC 值的绝对值大于或等于 0.3 时为显著关联,小于 0.3 时为不显著关联;AC 值等于 0 时为无关联

图 2 桫欏群落优势木本植物的 AC 半矩阵

Fig. 2 Sem-imatrix diagram for association coefficient (AC) of the dominant xylophyta in *A. spinulosa* community



注:★表示 PC 值大于或等于 0.5;●表示 PC 值区间在 [0.2, 0.5);△表示 PC 值区间在 (0, 0.2);×表示 PC 值等于 0。PC 值大于或等于 0.2 时为显著关联,PC 值区间在 (0, 0.2) 时为不显著关联,PC 值等于 0 时为无关联

图 3 桫欏群落优势木本植物的 PC 半矩阵

Fig. 3 Sem-imatrix for percentage occurrence (PC) of the dominant xylophyta in *A. spinulosa* community

意义,占全部种对数的 1.90%;还有 2 个种对的关系为无关联(图 5)。由此可知,正负关联比为 0.78。值得注意的是,罗伞-石岩枫、楠竹-西南粗叶木这 2 个种对中植物间正关联关系在 $p<0.01$ 水平上有统计学意义;楠竹-杜茎山、罗伞-裂叶榕和楠竹-轮叶木姜子这 3 个种对中植物间正关联关系在 $p<0.05$ 水平上有统计学意义;楠竹-罗伞、罗伞-西南粗叶木这 2 个种对中植物间负关联关系在 $p<0.05$ 水平上有统计学意义。

综合上述结果可知,桫欏群落中正关联种对数小于负关联种对数,且关联关系具有统计学意义的种对数量较少,这与总体联结性检验结果一致,即群落总体的种间关系表现为不具有统计学意义的负关联关系。

1														
-0.319	2													
-0.127	0.447*	3												
-0.455*	-0.386	-0.230	4											
-0.185	-0.183	-0.224	0.289	5										
-0.277	-0.274	-0.239	0.681**	0.403	6									
0.494*	-0.276	-0.280	0.041	-0.217	-0.163	7								
-0.156	-0.257	0.080	0.154	-0.149	0.185	-0.214	8							
-0.152	-0.032	-0.166	-0.106	-0.087	-0.130	0.045	0.098	9						
-0.171	-0.169	-0.152	0.249	0.098	0.540**	-0.067	-0.083	-0.081	10					
-0.254	0.070	0.015	0.027	-0.146	0.031	-0.298	0.410*	-0.120	0.000	11				
-0.215	-0.212	-0.190	0.498*	-0.047	0.097	0.168	0.381	-0.101	-0.114	0.169	12			
-0.260	-0.248	-0.220	0.492*	0.502*	0.451*	0.083	-0.119	0.279	0.063	-0.093	0.079	13		
0.610**	-0.212	-0.038	-0.428*	-0.123	-0.184	0.168	-0.173	-0.101	-0.114	-0.169	-0.143	-0.173	14	
-0.177	-0.174	0.076	0.107	-0.102	-0.146	-0.207	0.204	-0.074	0.088	0.287	-0.109	-0.134	-0.118	15

注: * 和 ** 分别表示物种间的相关关系在 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 水平上有统计学意义,下同

图 4 杪楞群落优势木本植物种对的 Pearson 相关系数

Fig. 4 Pearson correlation coefficients on species pairs of the dominant xylophyta in *A. spinulosa* community

1														
−0.359	2													
0.199	0.154	3												
−0.475*	−0.318	−0.304	4											
−0.215	−0.237	−0.397	0.328	5										
−0.290	−0.320	−0.191	0.629**	0.396	6									
0.545**	−0.342	−0.122	0.000	−0.305	−0.078	7								
−0.118	−0.360	0.151	0.016	−0.216	−0.033	−0.166	8							
−0.172	0.109	−0.272	−0.067	−0.114	−0.153	0.265	0.157	9						
−0.215	−0.238	−0.319	0.257	0.251	0.463*	−0.107	0.037	−0.114	10					
−0.255	0.161	0.099	0.041	−0.169	0.023	−0.362	0.288	−0.135	0.155	11				
−0.215	−0.238	−0.167	0.465*	0.206	0.090	0.031	0.132	−0.114	−0.143	0.169	12			
−0.290	−0.183	−0.215	0.484*	0.196	0.321	0.157	−0.078	0.230	0.152	0.000	0.116	13		
0.610**	−0.238	0.250	−0.502*	−0.142	−0.192	0.183	−0.216	−0.114	−0.143	−0.169	−0.143	−0.193	14	
−0.290	−0.156	0.107	0.266	−0.192	−0.050	−0.288	0.625**	0.166	0.139	0.603**	0.090	0.156	−0.192	15

图 5 杪椋群落优势木本植物种对的 Spearman 秩相关系数

Fig. 5 Spearman rank correlation coefficients on species pairs of the dominant xylophyta in *A. spinulosa* community

3 讨论

总体上看,黔北丹霞地貌区桫欏群落优势木本植物的种间联结性为不具有统计学意义的负关联关系。对 105 个种对进行 χ^2 检验、AC 分析、Pearson 相关性分析和 Spearman 秩相关性分析后发现:负关联种对数分别占全部种对数的 52.38%,52.38%,62.86%和 55.24%;正关联种对数分别占全部种对数的 45.71%,45.71%,36.19%和 42.86%;PC 分析结果中的正关联种对数(占全部种对数的 47.61%)多于负关联种对数(占全部种对数的 18.1%);因此 105 个种对总体上表现为负关联种对占优势,正关联种对次之。上述结果表明桫欏群落的优势木本植物多数种间关系较为松散,多数物种间具相对独立性,与林长松等人^[22]在研究珍稀植物十齿花(*Dipentodon sinicus*)群落乔木优势种群种间联结性的结论相一致。就群落系统发育过程而言,群落的成熟度愈高,植物种类组成愈趋于完善和稳定,种间关系也将趋于正关联,从而促进更多的物种共存^[23]。本研究中桫欏群落优势木本植物负关联种对数多于正关联种对数,说明这一群落还没有到达稳定的顶级阶段。其中原因可能是本研究样地处于桫欏自然保护区竹海公园景区范围,受到了一定的人为因素干扰,后者在一定程度上影响了群落自然演替进程中的种间关系;也可能是由于植物种长期适应不同微环境,对不同生境资源利用差异导致生态位分化而体现出物种间的相互排斥^[24-25],进而导致总体上负联结种间关系占优势。例如在本研究中,楠竹和罗伞均为高大乔木,主要分布在桫欏群落上层,当生境资源充足时二者可以共存;但黔北丹霞地貌区地势起伏大、地表形态复杂多样,一旦群落环境发生变化,群落内的物种就会产生激烈的竞争,而竞争力较弱的一方最终退出群落或者与其他物种表现出负关联关系,致使它们归属于不同的生态种组。此外,在群落垂直方向上物种间不具备互补性差异也是导致负关联关系形成的一个原因^[26]。例如本研究中,乔木层的罗伞营造了温暖湿润的林下环境,为喜湿灌木提供了生存条件,但灌木层的西南粗叶木常常生长在林隙或林缘位置。因此这两者在资源利用上不具备互补性,相伴出现概率低,因而联结性不强。相反地,有正关联关系的植物种对体现了植物利用资源的相似性和生态位的重叠性^[27]。如本研究中毛桐和箭竹均为喜光、耐干旱贫瘠树种,多生长在山坡林缘处或郁闭度较小的林下生境,此类种对中物种生态习性较为一致,进而表现出较强的正联结关系。综上所述,本研究为深入探索桫欏种群濒危机制及桫欏群落维持策略、维持和提高桫欏群落的物种多样性提供了参考资料。

参考文献:

- [1] LEGENDRE P. Numerical ecology[M]. 3rd edition. Amsterdam;Elsevier,2012.
- [2] GLEASON H A. The individualistic concept of the plant association[J]. American Midland Naturalist,1939,21(1):92-110.
- [3] 王伯荪,余世孝,彭少麟,等. 植物群落学实验手册[M]. 广州:广东高等教育出版社,1996:119-128.
WANG B S, YU S X, PENG S L, et al. Laboratory manual of phytocoenology[M]. Guangzhou:Guangdong Higher Education Press,1996:119-128.
- [4] 周赛霞,彭焱松,丁剑敏,等. 珍稀植物狭果秤锤树群落木本植物种间联结性及群落稳定性研究[J]. 广西植物,2017,37(4):442-448.
ZHOU S X, PENG Y S, DING J M, et al. Analysis on community stability and inter-specific correlations among dominant woody populations of the endangered plant *Sinojackia rehderiana* communities[J]. Guihaia,2017,37(4):442-448.
- [5] 李丘霖,宗秀虹,邓洪平,等. 赤水桫欏群落乔木层优势物种生态位与种间联结性研究[J]. 西北植物学报,2017,37(7):1422-1428.
LI Q L, ZONG X H, DENG H P, et al. Niche and interspecific association of dominant species in tree layer of Chishui *Alsophilaspinus* Community[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2017,37(7):1422-1428.
- [6] 黄世能,李章德,骆土寿,等. 海南岛尖峰岭次生热带山地雨林树种间的联结动态[J]. 植物生态学报,2000,24(5):569-574.
HUANG S N, LI Z D, LUO S S, et al. Dynamics of associations between tree species in a secondary tropical montane rain forest at Jianfengling on Hainan island[J]. Chinese Journal of Plant Ecology,2000,24(5):569-574.
- [7] 龚直文,顾丽,亢新刚,等. 长白山森林次生演替过程中林木空间格局研究[J]. 北京林业大学学报,2010,32(2):92-99.
GONG Z W, GU L, KANG X G, et al. Spatial pattern of forests during secondary succession in Changbai mountain, northeastern China[J]. Journal of Beijing Forestry University,2010,32(2):92-99.
- [8] COX G W. 普通生态学实验手册[M]. 蒋有绪译. 北京:科学出版社,1979.
COX G W. Laboratory manual of general ecology[M]. JIANG Y X, translation. Beijing:Science Press,1979.
- [9] 徐德静,王鹏鹏,何跃军,等. 黔北丹霞地貌桫欏群落优势种群生态位研究[J]. 植物研究,2014,34(5):612-618.

- XU D J, WANG P P, HE Y J, et al. Niche characteristics of dominant plant populations of *Alsophila spinulosa* community of Danxia landform in North Guizhou[J]. Bulletin of Botanical Research, 2014, 34(5): 612-618.
- [10] 鞠文彬, 高信芬, 包维楷. 画稿溪国家级自然保护区珍稀植物桫欏种群结构与更新[J]. 植物科学学报, 2014, 32(2): 113-121.
- JU W B, GAO X F, BAO W K. Population structure and regeneration of the endangered tree fern *Alsophila spinulosa* in Huagaoxi National Nature Reserve, Southwestern China[J]. Plant Science Journal, 2014, 32(2): 113-121.
- [11] 吉也, 曹孟岩, 白楚锋, 等. 峨眉山桫欏种群结构与动态特征[J]. 西北植物学报, 2019, 39(3): 543-551.
- JI Y, CAO M Y, BAI C F, et al. Population structure and dynamics of *Alsophila spinulosa* in Mount Emei[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2019, 39(3): 543-551.
- [12] 徐德静, 郭能彬, 王鹏鹏, 等. 习水自然保护区桫欏种群结构与分布格局研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(11): 93-98.
- XU D J, GUO N B, WANG P P, et al. Structure and distribution pattern of *Alsophila spinulosa* populations in Danxia landform in Xishui nature reserve[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2014, 36(11): 93-98.
- [13] 张思玉. 福建永定县笔架山桫欏群落物种多样性研究[J]. 植物科学学报, 2002, 20(4): 275-279.
- ZHANG S Y. Studies on species diversity of *Alsophila spinulosa* community in the Bijia mountain of Yongding, Fujian[J]. Plant Science Journal, 2002, 20(4): 275-279.
- [14] 何跃军, 刘济明, 钟章成, 等. 桫欏群落的种内种间竞争研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(5): 589-593.
- HE Y J, LIU J M, ZHONG Z C, et al. Intraspecific and interspecific competition in *Alsophila spinulosa* community[J]. Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science Edition), 2004, 26(5): 289-593.
- [15] 杜道林, 刘玉成, 李睿. 缙云山亚热带栲栢树林优势种群间联结性研究[J]. 植物生态学报, 1995, 19(2): 149-157.
- DU D L, LIU Y C, LI R. Studies on the interspecific association of dominant species in a subtropical *Catanopsis fargesii* forest of Jinyun mountain, China[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 1995, 19(2): 149-157.
- [16] 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正[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985(4): 274-285.
- WANG B S, PENG S L. Studies on the measuring techniques of interspecific association of lower-subtropical evergreen-broadleaved forests. I. The exploration and the Revision on the measuring formulas of interspecific association[J]. Acta Rhytoecologica et Geobotanica Sinica, 1985(4): 274-285.
- [17] 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.
- OU Z L, LI X K, SU Z M, et al. Interconnection among main tree population of *Abies yuanbaoshanensis* community[J]. Chinese Journal of Ecology, 2002, 21(1): 14-18.
- [18] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- WANG B S. Phytocoenology[M]. Beijing: Higher Education Press, 1987.
- [19] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- ZHANG J T. Quantitative ecology[M]. Beijing: Science press, 2004.
- [20] LUDWIN J A, REYNODS J F. Statistical ecology: a primer in methods and computing[M]. New York: Wiley-Interscience Publication, 1988.
- [21] 王乃江, 习世红, 周秦生, 等. 子午岭桥山林区柴松群落主要种群间联结性研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(4): 795-805.
- WANG L J, XI S H, ZHOU Q S, et al. Interspecific association of dominant populations of *Pinus tabulaeformis* f. *shekanensis* communities in Qiaoshan forest[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2010, 30(4): 795-805.
- [22] 林长松, 李玉英, 左经会, 等. 珍稀植物十齿花群落乔木优势种群间联结性[J]. 生态学杂志, 2008, 27(2): 178-184.
- LIN C S, LI Y Y, ZUO J H, et al. Inter-specific association of dominant tree species in rare plant *Dipentodon sinicus* communities of Yushe national forest park, Guizhou province[J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(2): 178-184.
- [23] 吴东丽, 张金屯, 王春乙, 等. 野生大豆群落种群空间分布特性[J]. 生态学杂志, 2008, 27(8): 1290-1295.
- WU D L, ZHANG J D, WANG C Y, et al. Spatial distribution characteristics of species populations in *Glycine soja* community[J]. Chinese journal of Ecology, 2008, 27(8): 1290-1295.
- [24] FRIGGENS M H, BROWN J H. Niche partitioning in the cestode communities of two elasmobranchs[J]. Oikos, 2005, 108(1): 76-84.
- [25] 李秋玲, 范庆安, 马晓勇, 等. 山西黄河湿地植被优势种群种间关系[J]. 生态学杂志, 2007, 26(10): 1516-1520.
- LI Q L, FAN Q A, MA X Y, et al. Interspecific relationships among the dominants of wetland vegetation in Shanxi section of Yellow river[J]. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(10): 1516-1520.

- [26] 周刘丽, 阎恩荣, 张晴晴, 等. 浙江天童枫香树群落不同垂直层次物种间的联结性与相关性[J]. 植物生态学报, 2015, 39(12): 1136-1145.
ZHOU L L, YAN E R, ZHANG Q Q, et al. Species association and correlation between vertical layers in the *Liquidambar formosana* community in Tiantong region, Zhejiang province[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2015, 39(12): 1136-1145.
- [27] 赵彩莉, 张峰, 庞春花, 等. 反枝苋群落优势种的种间关联性分析[J]. 植物研究, 2013, 33(4): 454-460.
ZHAO C L, ZHANG F, PANG C H, et al. Interspecific association of dominant species of *Amaranthus retroflexus* L. community[J]. Bulletin of Botanical Research, 2013, 33(4): 454-460.

The Interspecific Association of the Dominant Xylophyta of *Alsophila spinulosa* Community of Danxia Landform in North Guizhou, China

JIANG Changhong^{1,2}, CHEN Mingyang³, QI Jihai², XU Dejing¹, WU Bangli¹, GUO Yun¹, HE Yuejun¹

(1. Forestry Ecology Research Center, Forestry College, Guizhou University, Guiyang 550025;

2. Guiyang Urban Greening Management Office, Guiyang 550003;

3. Guizhou Green Ecological Garden Company, Guiyang 550003, China)

Abstract: [Purposes] To explore the interspecific association of dominant xylophyta of *Alsophila spinulosa* community in Danxia landform of Northern Guizhou. [Methods] 105 species pairs of 15 dominant xylophyta from *A. spinulosa* community were analyzed by the variance ratio test (VR), χ^2 test, association coefficient (AC), co-occurrence percentage (PC), Pearson correlation coefficient and Spearman rank correlation coefficient to quantify interspecific association. [Findings] The association was non-significant negative correlation of the whole community, and the negative association species pairs were more than that of positive association species pairs. Among the 105 pairs of dominant populations, χ^2 test, AC, Pearson correlation test and Spearman rank correlation test showed that there were more negative association species pairs, which accounted for 52.38%, 52.38%, 62.86%, and 55.24% of the total species pairs, respectively. There were less positive association pairs, accounting for 45.71%, 45.71%, 36.19%, and 42.86%, respectively, while the PC was 47.61% more than that of negative association species pairs (18.1%). In general, 105 pairs were dominated by negative association pairs, followed by positive association pairs. [Conclusions] The interspecific association of dominant xylophyta in *A. spinulosa* community in Danxia landform of Northern Guizhou present loose status, and the interspecific relationship tends to be independent.

Keywords: *Alsophila spinulosa*; interspecific association; interspecific relationship; species pair

(责任编辑 方 兴)