

缙云秋海棠与主要伴生物种的种间关联性研究^①

张 腾, 郑秋敏, 王玉玲, 刘宇飞, 王 茜, 陶建平

西南大学 生命科学学院, 重庆 400715

摘要:以缙云山特有珍稀植物缙云秋海棠(*Begonia jinyunensis*)为研究对象,基于方差比率法、 χ^2 统计量和W检验,结合关联程度指数 Ochiai(*OI*), Dice(*DI*), Jaccard(*JI*),研究缙云秋海棠与其主要伴生物种间的相互作用及关联性,旨在推进对特有珍稀濒危植物的保护和利用.研究结果表明:1)缙云秋海棠的14个主要伴生物种分属于12个科14个属.2)缙云秋海棠7个群落多物种间总体关联性均呈正相关,其中6个有统计学意义,群落处于相对稳定状态.3)缙云秋海棠和主要伴生物种形成的26个物种对中,16个种对呈正相关,其中仅1对为正相关有统计学意义;10个种对为负关联,其中1对负相关有统计学意义,1对负相关极有统计学意义.多数种对间关联性无统计学意义,物种趋于独立分布.4)正关联种对间联结性较弱,负关联种对间联结相对较紧密,总体而言种间联结仍较为松散.从本次种间关联性研究来看,缙云秋海棠与主要伴生物种间相容性良好,尚未出现资源危机,各物种共同进化,群落稳定发展.即群落中物种间的相互作用不是缙云秋海棠濒危的主要原因.

关 键 词:缙云秋海棠;珍稀植物;群落稳定性;种间关联;濒危原因

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)09-0052-08

植物群落的物种之间不是孤立存在的,多个物种之间或依存、或竞争,彼此共同进化最终达到相对稳定的状态^[1].种间关联是群落重要的数量和结构特征之一,反映了不同物种在空间及数量分布上的彼此相关性^[2].近些年来,通过探讨物种间的相互作用来分析个体生存、发展、群落稳定程度^[3-4],越来越受到生物学家尤其是群落生态学家的重视^[5].相对于群落的生态位分析,种间关联能更加直接地反映物种间的有机联系和群落动态,在研究物种的濒危机制、揭示群落竞争状况及演替趋势等方面具有重大意义^[6-7].

缙云秋海棠(*Begonia jinyunensis*)为缙云山特有珍稀濒危物种,其花朵大而艳丽,叶型变异大,观赏价值较高.随着近年来缙云山旅游业的兴起,缙云秋海棠不断遭到游客的采摘和挖掘,种群呈明显衰退趋势,生境破坏日趋严重,生存现状堪忧.本研究拟以包含缙云秋海棠的7个群落为研究对象,分析缙云秋海棠在群落中的地位以及与主要伴生种的相互作用关系,试从种间关联的角度探讨并回答以下问题:一,相关群落的稳定程度对缙云秋海棠生存有何种影响?二,关联度反映的物种之间的相互作用是否是导致缙云秋海棠濒危的原因之一?本研究的开展有助于增进对缙云秋海棠濒危原因的理解,为缙云秋海棠的保护及种群恢复有重要意义.

① 收稿日期:2018-12-13

基金项目:国家自然科学基金项目(31570612);西南大学本科生科技创新基金项目(20162102004);国家级大学生创新创业训练计划项目(201710635075).

作者简介:张 腾(1996-),女,硕士研究生,主要从事保护生物学研究.

通信作者:陶建平,教授.

1 研究地自然概况

研究地位于重庆市北碚缙云山国家级自然保护区,海拔在 180~951.5 m^[8]之间,总占地面积 76 km^{2[9]}.保护区内属典型亚热带季风湿润气候,年平均气温 13.6℃,月平均气温最高为 24.3℃,最低气温为 3.1℃,年平均降水量 1 143 mm^[10].区内环境多样,地带性植多样,多种典型的生态系统并存,物种多样性极为丰富,森林覆盖率达 96.6%^[11],为长江流域保存较完好的植物种质基因库^[12],形成了包括缙云秋海棠(*Begonia jinyunensis*)、缙云黄芩(*Scutellaria tsinyunensis*)、缙云卫矛(*Euonymus chloranthoides*)等一批特有珍稀濒危植物.本研究选择缙云秋海棠相对集中的 7 个群落(图 1),海拔均位于 600~800 m 之间,多处于相对阴暗的沟边或林下,部分样地人为干扰程度较大.

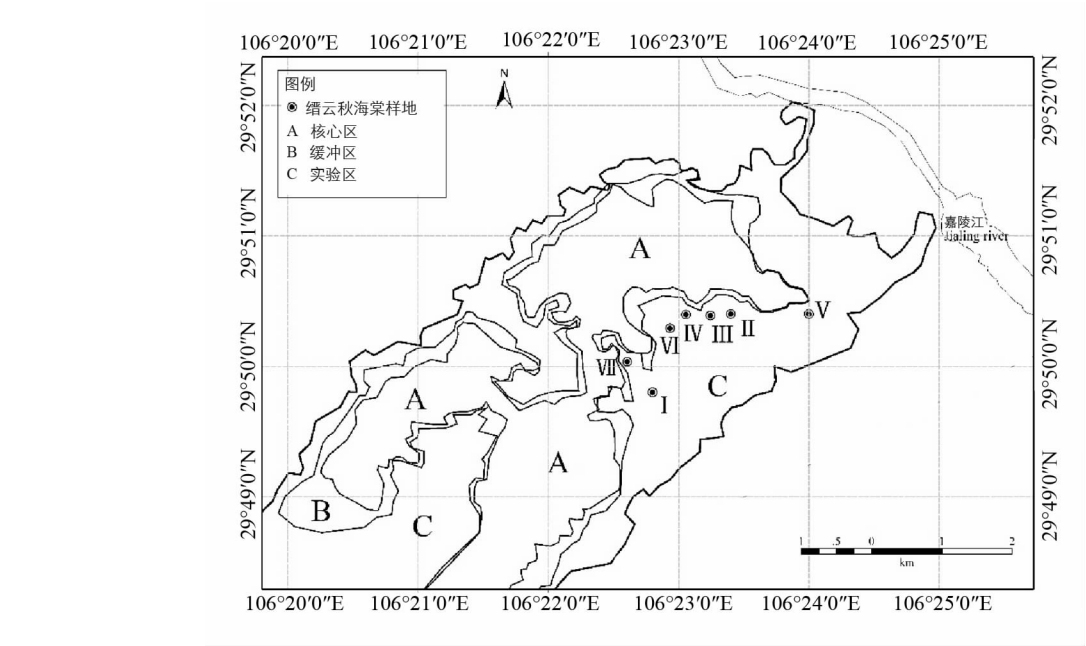


图 1 各样地在缙云山的空间分布位置

2 研究方法

2.1 样地调查与样方设置

2017 年 1 月中旬,在预调查的基础上,选定 7 个缙云秋海棠代表性群落进行结构和特征研究. 7 个群落均为典型的常绿阔叶林,乔木层主要为四川山矾,灌木层物种组成及数量也较为相似. 缙云秋海棠为多年生草本,株高多在 20~40 cm 之间. 因此仅对 7 个群落内草本层植物(包括层间植物)进行调查,根据 7 个群落所处的地形、地貌、位置等差异,结合缙云秋海棠的数量及分布,以 5 m×5 m 为单位行样方设置. 再根据 Smith 提出的“棋盘格子法”并将单位样方划分为 1 m×1 m 的小样方^[13]. 样地环境资料如表 1 所示.

2.2 数据处理

记录 7 个样地各小样方所有草本层植物的种类、多度、盖度等指标,先分别计算各样地中某一种群的重要值,在此基础上再统计出 7 个样地的总和作为该物种的重要值. 取包括缙云秋海棠在内及重要值>0.05 的植物进行种间关联性分析. 重要值(Importance Value)的计算公式^[14-15]为:

$$IV=(\text{相对密度}+\text{相对频度}+\text{相对盖度})/3$$

式中:相对密度(%)=100×某个物种的株数/所有物种的株数;相对频度(%)=100×某个种出现的样方数/所有种出现的样方数之和;相对盖度(%)=100×某个种的分盖度/所有种的分盖度之和.

表 1 样地的环境资料

群落代号	样地名称	海拔/m	坡度/°	坡向/°	郁闭度	人为干扰强度	群落类型
I	雷氏 A 栋	742.0	24.3	78	0.90	+	常绿阔叶林
II	雷氏 A 栋 I	727.0	27.0	105	0.85	++	常绿阔叶林
III	雷氏 A 栋 II	736.3	17.5	161	0.90	+	常绿阔叶林
IV	雷氏 A 栋 III	725.0	18.0	294	0.75	++	常绿阔叶林
V	缙云寺	724.0	22.5	138	0.60	+	常绿阔叶林
VI	良缘山庄	725.7	15.0	30	0.80	+	常绿阔叶林
VII	缙云小学	687.0	20.0	310	0.90	++++	常绿阔叶林

注：(1)坡向数据是以朝东为起点(即为 0°)逆时针旋转的角度表示，采取 45°为 1 个区间划分等级制的方法，东北坡 22.5°~67.5°，北坡 67.5°~112.5°，西北坡 112.5°~157.5°，西坡 157.5°~202.5°，西南坡 202.5°~247.5°，南坡 247.5°~292.5°，东南坡 292.5°~337.5°，东坡 337.5°~382.5°

(2) +，无干扰；++，轻度干扰；+++，中度干扰；++++，重度干扰

2.3 群落种间关联性分析

2.3.1 多物种间总体关联性检验

应用方差比率法(variance ratio, VR) 进行计算^[16]，公式如下：

$$\delta T^2 = \sum_{i=0}^S Pi(1 - Pi); Pi = mi / N$$
$$ST^2 = \sum_{k=0}^S \frac{1}{N} (Tj - t)^2$$
$$VR = \frac{\delta T^2}{ST^2}$$

式中：S为调查区总物种数；N为总样方数；T_j为样方j内出现的研究物种总数；mi为物种i出现的样方数；t为全部样方中种的平均数，t = (T1 + T2 + ... Tn)/N.

VR 的期望值在符合独立性假设的情况下为 1. 若 VR = 1，物种间总体关联无统计学意义；若 VR > 1，物种间总体呈正关联；若 VR < 1，物种间总体呈负关联. 由于种间正负关联可以相互抵消，根据统计量 W = VR × N 数值的大小，结合特定的范围对 VR 值偏离 1 的显著程度进行判定^[17]. 若种间关联无统计学意义，由 W 落入卡平方分布给出的界限(χ²_{0.95}(N) < W < χ²_{0.05}(N)) 内的概率为 90%^[18].

2.3.2 物种间关联性检验

根据种对在样方中出现与否的数据建立 2 × 2 列联表^[19]，代入χ²公式计算，检测成对物种间的种间关联性，计算公式为^[2]：

$$\chi^2 = \frac{N(ad - bc)^2}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

样方数量小或取样非连续时，需用 Yates 的连续校正系数进行计算并取值^[20]，按以下公式计算：

$$\chi^2 = \frac{N \left(\left| ad - bc \right| - \frac{N}{2} \right)^2}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

式中：N为总样方数；a为两个物种均出现的样方数；b为仅物种A出现而物种B不出现的样方数；c为仅物种B出现而物种A不出现的样方数；d为两个物种均不出现的样方数. 种间关联有无统计学意义的判断标准：

2 × 2 列联表的自由度为 1，若 χ² < χ²_{0.05}(1) = 3.841 时，各物种间是相互独立的；当 χ²_{0.05}(1) < χ² < χ²_{0.01}(1) = 6.635 时，物种间关联性有统计学意义；当 χ² > χ²_{0.01}(1) = 6.635 时，物种之间关联性极有统计学意义. 仅根据上述规则无法判断正负关联，正负关联由 ad - bc 的值决定. ad - bc = 0 时，两物种间彼此

独立无关联; $ad - bc > 0$ 为正相关; $ad - bc < 0$ 为负相关.

2.3.3 物种间关联程度测定

χ^2 检验不能区分联结程度的大小,模糊了种间关联性的差异性^[17]. 采用 Ochiai 指数(OI)、Dice 指数(DI) 和 Jaccard 指数(JI) 进行种间关联程度测定,公式如下^[20],其中 a, b, c, d 的含义与上述相同:

$$OI = \frac{a}{\sqrt{a+c} \sqrt{a+b}}$$
$$DI = \frac{2a}{2a+b+c}$$
$$JI = \frac{a}{a+b+c}$$

式中: OI, DI, JI 3 个指数均描述种对间同时出现的几率并以此反映关联强弱程度,实为平行验证. 当 $a = 0$ 时, 3 个指数取值均为 0, 可能是竞争极度激烈或对生境的要求显著不同, 导致物种几乎不相伴出现; 当 $a = S$ (总种数) 时, 表明物种间呈紧密关联状态, 始终同时出现^[21-22]. 相对于应用种间联结系数(AC) 测定种间关联程度, OI, DI, JI 在种数较多和取样数目较大时能避免 d 值高而导致 AC 偏高的特点, 能更好地反映关联性不明显的物种间共同出现的概率及联结性的强弱^[5].

3 结果与分析

3.1 群落主要物种调查

7 个群落共计 732 个小样方(部分小样方无植物, 未计入内), 调查并记录 152 个物种. 其中, 除缙云秋海棠外, 重要值大于 0.05 的植物有 14 种. 选定的进行种间关联性分析的 15 个主要物种如下(表 2). 为呈现缙云秋海棠在群落中的地位及重要程度, 特将其列出(表 3).

表 2 缙云秋海棠群落中的 15 个主要物种

物种代号			种 名			物种代号			种 名		
1	缙云秋海棠	<i>Begonia jinyunensis</i>	9	对马耳蕨	<i>Polystichum tsus-simense</i>	10	蝴蝶花	<i>Iris japonica</i>			
2	石生楼梯草	<i>Pellionia radican</i>	11	寒莓	<i>Rubus buerger</i>	12	狗脊	<i>Woodwardia japonica</i>			
3	斜方复叶耳蕨	<i>Arachniodes rhomboidea</i>	13	透茎冷水花	<i>Pilea pumila</i>	14	纤叶半蒴苣苔	<i>Hemiboea cavaleriei</i>			
4	异药花	<i>Fordiophyton faberi</i>	15	紫萁	<i>Osmunda japonica</i>						
5	常春藤	<i>Hedera nepalensis</i>									
6	竹叶草	<i>Optismenus compositus.</i>									
7	过路黄	<i>Lysimachia christinae</i>									
8	大叶仙茅	<i>Curculigo capitulate</i>									

表 3 缙云秋海棠群落中在 7 个群落中的重要值

群落代号	I	II	III	IV	V	VI	VII
重要值/%	4.7	17.4	1.8	8.4	21.4	9.3	8.6

3.2 多物种间总体关联性分析

群落主要物种间总体关联性衡量的是物种之间的静态关系, 与群落的稳定性密切相关^[22-23], 亦能反映群落的演替方向^[24]. 研究表明, 群落结构及其种类组成会随着植物群落的不断演替而逐步趋于稳固和完善, 以利于物种间的稳定共存, 物种之间也多呈现为正相关^[25]. 群落间主要物种总体关联性分析计算统计结果如表 4 所示.

结果表明, 缙云秋海棠所在 7 个群落的方差比率(VR)均大于 1, 即多物种间呈正相关关系, 群落演替已达到相对稳定的状态. 其中除群落 IV(雷氏 A 栋 III)之外, 其余 6 个群落检验统计量 W 均未落入 χ^2 临界值范围内, 即 VR 值显著偏离 1, 多物种间整体正相关有统计学意义.

表 4 主要物种间的整体关联性分析

群落	δT^2	ST^2	方差比率	检验统计量	χ^2 临界值	测度结果
I	2.63	0.89	2.96	739.56	(214.39, 287.88)	+ * *
II	6.91	1.15	6.00	149.94	(14.61, 37.65)	+ * *
III	1.32	0.63	2.08	416.62	(168.28, 233.99)	+ * *
IV	1.70	1.33	1.28	31.99	(14.61, 37.65)	+
V	14.06	1.15	12.24	514.05	(28.14, 58.12)	+ * *
VI	5.56	0.70	7.90	789.24	(77.93, 124.34)	+ * *
VII	5.43	0.72	7.55	679.83	(69.13, 113.15)	+ * *

注：* ($p<0.05$)，* * ($p<0.01$)

3.3 缙云秋海棠与主要伴生物种种对间关联性检验

缙云秋海棠与主要伴生物种种对间关联性检验如表 5 所示.

表 5 各群落缙云秋海棠与伴生物种种间关联性 χ^2 统计检验和关联指数

群落	物种对	关联性	χ^2 值	χ^2 连续校正值	关联指数		
					OI	DI	JI
I	1—2	+	0.679 2	0.303 1	0.179 1	0.179 1	0.098 4
	1—3	—	1.483 8	1.047 8	0.163 3	0.144 0	0.077 6
	1—4	+ * *	11.032 5	9.677 0	0.356 7	0.330 1	0.197 7
	1—5	+	3.598 8	2.871 7	0.295 7	0.270 3	0.156 3
	1—12	+	0.459 6	0.146 9	0.130 6	0.122 4	0.065 2
II	1—3	+	2.706 8	1.501 9	0.623 6	0.608 7	0.437 5
	1—6	+	1.417 8	0.585 9	0.527 0	0.526 3	0.357 1
	1—7	+	0.184 9	0.114 2	0.235 7	0.181 8	0.100 0
	1—8	—	0.694 4	0.097 7	0.149 1	0.142 9	0.076 9
	1—9	—	0.529 1	0.074 4	0.239 0	0.235 3	0.133 3
III	1—2	—	0.882 0	0.219 0	0.076 2	0.060 6	0.031 3
	1—10	+	0.887 9	0.309 3	0.259 9	0.135 6	0.072 7
	1—11	+	1.197 4	0.178 5	0.218 4	0.152 2	0.082 4
IV	1—2	+	0.446 4	0.012 4	0.338 1	0.333 3	0.200 0
	1—6	— *	5.468 8	3.513 9	0	0	0
	1—10	+	0.005 2	0.142 0	0.404 1	0.381 0	0.235 3
	1—11	—	1.989 6	0.896 0	0.126 0	0.125 0	0.066 7
	1—15	+	1.143 2	0.213 2	0.378 0	0.363 6	0.222 2
V	1—3	—	1.493 3	0.749 3	0.333 3	0.307 7	0.181 8
	1—10	—	2.670 4	1.590 5	0.248 1	0.222 2	0.125 0
	1—13	+	0.597 9	0.163 4	0.442 7	0.400 0	0.250 0
	1—14	+	0.148 2	0.004 1	0.326 6	0.258 1	0.148 1
VI	1—2	+	2.150 8	1.489 2	0.693 0	0.683 8	0.519 5
	1—13	—	0.275 4	0.552 7	0.457 9	0.449 4	0.289 9
VII	1—10	— * *	1.550 5	22.653 5	0.353 2	0.352 9	0.214 3
	1—12	+	1.500 1	0.724 9	0.272 8	0.200 0	0.111 1

注：* ($p<0.05$)，* * ($p<0.01$)

结果表明, 在 26 对物种对中, 呈正关联的有 16 对, 其中仅 1 对正相关有统计学意义, 呈负关联的有 10 对, 其中 1 对负相关有统计学意义, 1 对负相关极有统计学意义. 正关联的种对多于负关联的种对, 与物种间总体为正关联的结果一致. 26 个种对间有 23 个关联无统计学意义, 说明缙云秋海棠群落主要伴生物种种间联结相对松散, 物种分布具有一定的独立性, 群落处于相对稳定的状态.

3.4 物种间关联程度分析

OI, DI, JI 3 个指数均能表征种间关联程度的大小且彼此具有较高的相似性, 取 OI 值进行关联程度分析. 对于正关联而言, 关联指数越大, 关联性越紧密, 正关联性越强. 负关联则相反, 关联指数越小, 负关联性越强^[26].

在缙云秋海棠群落主要草本植物组成的 16 个正关联种对中, 种间关联测度值均小于 0.7. 其中 $OI > 0.6$ 的种对有 2 对, 占正关联总对数的 12.5%, $0.4 \leq OI < 0.6$ 的种对有 3 对, 占正关联总对数的 18.7%, 其余的 11 对物种的 OI 值均在 0.4 以下, 占正关联总对数的 68.8%. 说明多数正关联种对间的关联性不强, 联结相对较弱, 物种趋于独立分布, 与 χ^2 检验所得结果一致. 在 10 个负关联种对中, 种间关联测度值均小于 0.5. 其中, $0.4 \leq OI < 0.5$ 的种对仅 1 对, 占负关联总对数的 10.0%, $0.2 \leq OI < 0.4$ 的种对有 5 对, 占负关联总对数的 50.0%, OI 值在 0.2 以下的有 4 对, 占负关联总对数的 40.0%. 负关联种对对数较正关联少, 但种对间联结性相对较强. 其中群落Ⅳ中竹叶草和缙云秋海棠的 OI 值为 0, 表明竹叶草和缙云秋海棠的负相关性极强, 不在同一个样方中出现.

4 结论与讨论

多物种间总体关联性分析表明, 缙云秋海棠所在群落表现为正相关, 群落处于动态演替的稳定阶段; 成对物种间关联性检验表明, 正关联种对数多于负关联种对数, 大多数种对间关联性无统计学意义, 呈现独立分布格局; 物种间关联程度分析表明, 正关联种对间联结性较弱, 负关联种对间联结相对较紧密, 总体而言种间联结仍较为松散.

从种间关联性看, 大部分群落物种正相关有统计学意义, 说明群落内各种群间联结紧密, 已形成多物种共存复杂而稳定的群落, 利于缙云秋海棠的生存; 同时, 缙云秋海棠和其伴生种虽然有大体一致的生态需求, 但相似的资源利用策略并未导致种对间强烈的竞争, 目前物种间相容性良好, 群落稳定发展. 即群落中物种间的相互作用不是导致缙云秋海棠濒危的主要原因.

研究发现, 缙云秋海棠喜阴湿, 仅与异药花、蝴蝶花等少数物种间关联性极有统计学意义. 群落Ⅰ中缙云秋海棠和异药花正相关极有统计学意义. 异药花多生活在海拔 600~1 100 m 林下, 沟边或遮阴灌木丛等较为潮湿的地方^[27], 与缙云秋海棠有着相似的生态需求和生态习性. 但群落Ⅰ郁闭度较大, 人为干扰程度较小, 环境资源相对丰富, 二者尚未出现竞争而呈现出正向关联性. 群落Ⅶ的样方取样不连续, 故参考 χ^2 连续校正值进行判断. 其中, 蝴蝶花与缙云秋海棠负相关极有统计学意义, 其生境^[28]与缙云秋海棠相似, 但蝴蝶花在弱光下即可很好地生长, 生存能力较强. 此外, 群落Ⅶ有践踏的小路, 遭到较为严重的人为干扰, 因而在环境资源匮乏的情况下, 二者之间产生激烈竞争, 表现为负相关极有统计学意义. 可见人为干扰不仅直接威胁其生存, 使其数量骤减, 也加剧了其伴生物种间的竞争. 群落Ⅳ中竹叶草也与缙云秋海棠表现出极强负相关, 竹叶草多生长在山地、丘陵、疏林下阴湿处, 与缙云秋海棠的生境具有一定相似性. 可能在资源不充足的情况下, 两者产生了较激烈的竞争, 或是他感作用使两者相互排斥最终形成此种分布格局.

此外, 同一种对在不同群落中的相关性和联结性均有所差异. 以缙云秋海棠和斜方复叶耳蕨为例, 二者在群落Ⅱ中二者呈正相关关系, 且联结性较强; 在群落Ⅰ、Ⅵ中则表现为负相关. 原因是不同群落中温度、光照、水分、土壤等诸多环境因子存在较大差异, 从而影响了物种间的相互作用^[29]. 在群落Ⅱ中, 缙云秋海棠的生长状况良好, 重要值为 17.4%, 优势度较高, 分布范围相对较广; 而群落Ⅰ、Ⅵ中的缙云秋海棠的重要值分别为 4.7% 和 8.4%, 优势度相对较低, 分布较为局限. 笔者认为, 物种间的正负关联性并不完全是生境偏好差异或种间排斥的结果, 在特定的空间资源条件下, 物种本身生长状况和扩散能力也会影响种间关联性结果的测定.

缙云秋海棠作为重庆缙云山发现的特有珍稀植物, 研究并探索其濒危原因有重要意义. 经调查发现,

其目前仅在缙云山青龙寨、石华寺、园艺场等以及一些阴湿沟谷两边有居群,分布地狭窄。花期在 7 月份^[30],仅为 2 周左右,自然繁殖能力较弱。调查结束时,发现群落Ⅶ的破坏程度进一步加剧,样地中缙云秋海棠的数量急剧减少。因此,缙云秋海棠种群极有可能因为自身繁殖特性的限制和人为破坏进一步衰退。该物种亟待加强保护,一方面,建议相关部门积极采取措施,进一步展开实地考察,统计现存数量,对其生存现状和濒危状态进行评估,加大宣传和保护力度,对主要群落加强管理,严禁游客采挖;另一方面,采用多种手段展开种群扩繁研究,如探索组织培养、种子萌发的适宜条件等,以利于种群的更新和扩繁。

参考文献:

- [1] 张桂萍,张 峰,茹文明. 山西绵山植被木本植物优势种群种间关联 [J]. 生态学杂志, 2006, 25(3): 295-298.
- [2] 陶 冶,刘 彤,邱 东,等. 天山西部果子沟地区拟南芥生存群落种间联结性分析 [J]. 干旱区地理, 2010, 33(6): 930-938.
- [3] CHESSON P, GEBAUER R L E, SCHWINNING S, et al. Resource Pulses, Species Interactions, and Diversity Maintenance in Arid and Semi-Arid Environments [J]. Oecologia, 2004, 141(2): 236-253.
- [4] BERTILLER M B, MARONE L, BALDI R, et al. Biological Interactions at Different Spatial Scales in the Monte Desert of Argentina [J]. Journal of Arid Environments, 2009, 73(2): 212-221.
- [5] 徐满厚,刘 敏,翟大彤,等. 植物种间联结研究内容与方法评述 [J]. 生态学报, 2016, 36(24): 8224-8233.
- [6] 王加国,李晓芳,安明态,等. 雷公山濒危植物台湾杉群落主要乔木树种种间联结性研究 [J]. 西北林学院学报, 2015, 30(4): 78-83.
- [7] 张金屯,焦 蓉. 关帝山神尾沟森林群落木本植物种间联结性与相关性研究 [J]. 植物研究, 2003, 23(4): 458-463.
- [8] 马凯阳,王有为,郭晨慧,等. 重庆特有濒危植物缙云黄芩种群生态位研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(1): 45-50.
- [9] 陶 琪,吴思航,马凯阳,等. 缙云黄芩与伴生物种的种间关联度分析 [J]. 西北植物学报, 2017, 37(5): 974-982.
- [10] 徐少君,曾 波,苏晓磊,等. 基于 RS/GIS 的重庆缙云山自然保护区植被及碳储量密度空间分布研究 [J]. 生态学报, 2012, 32(7): 2174-2184.
- [11] 杨小艳. 重庆缙云山国家级自然保护区入侵植物风险评估及防治对策 [D]. 重庆: 西南大学, 2016.
- [12] 熊济华,重庆缙云山国家级自然保护区管理局,重庆市植物园. 重庆缙云山植物志 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2005.
- [13] GREIG-SMITH P. Data on Pattern within Plant Communities; I. the Analysis of Pattern [J]. The Journal of Ecology, 1961, 49(3): 695.
- [14] 高贤明,陈灵芝. 北京山区辽东栎(*Quercus liaotungensis*)群落物种多样性的研究 [J]. 植物生态学报, 1998, 22(1): 23-32.
- [15] 覃 弦,龙翠玲,李 娟. 茂兰喀斯特森林不同演替阶段优势乔木种群生态位研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(6): 42-49.
- [16] SCHLUTER D. A Variance Test for Detecting Species Associations, with some Example Applications [J]. Ecology, 1984, 65(3): 998-1005.
- [17] 刘 喆,岳 明. 太白山独叶草及其伴生种的种间关联研究 [J]. 武汉植物学研究, 2007, 25(5): 445-450.
- [18] 覃 林. 统计生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [19] 吉 颖,许 强,张钦弟,等. 山西五鹿山自然保护区木贼麻黄群落优势种的种间关联性分析 [J]. 西北植物学报, 2017, 37(5): 1004-1011.
- [20] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [21] 李智叁,李凤日. 乌兰布和沙漠天然白刺种群及主要伴生种种间关联性研究 [J]. 植物研究, 2008, 28(1): 98-103.
- [22] 邢韶华,赵 勃,崔国发,等. 北京百花山草甸优势种的种间关联性分析 [J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(3): 46-51.
- [23] 王 卫,张鲜花,安沙舟. 那拉提草原草地群落结构及种间关联性研究 [J]. 草地学报, 2011, 19(4): 553-559.
- [24] 张先平,王孟本,张伟锋,等. 庞泉沟自然保护区森林群落木本植物种间关系的分析 [J]. 植物研究, 2007,

27(3): 350-355, 371.

[25] 孙儒泳. 基础生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 136.

[26] 郭垚鑫, 胡有宁, 孔令童, 等. 紫柏山亚高山草甸群落的种间关联和相关分析 [J]. 生态学杂志, 2011, 30(8): 1775-1780.

[27] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志-第三十九卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[28] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志-第四十七卷, 第一分册 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[29] 奇 凯, 张春雨, 侯继华, 等. 赤峰市沙地油松林草本植物多样性及种间关联动态 [J]. 生态学报, 2010, 30(18): 5106-5112.

[30] DING B, NAKAMURA K, KONO Y, et al. *Begonia Jinyunensis* (Begoniaceae, Section Platycentrum), a New Pal-mately Compound Leaved Species from Chongqing, China [J]. Botanical Studies, 2014: 55-62.

On Interspecific Association for *Begonia Jinyunensis* and Its Major Associated Species

ZHANG Teng, ZHENG Qiu-min, WANG Yu-ling,
LIU Yu-fei, WANG Qian, TAO Jian-ping

School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In order to explore the reasons of *Begonia jinyunensis* in danger from the perspective of interspecific association, *Begonia jinyunensis* has been taken as the research object, on the basis of variance analysis, 2-Statistics and W tests, as well as Ochiai index, Dice index, and Jaccard index in our survey, trying to clarify the interaction and correlation between *B. jinyunensis* and its concomitant species. Only then could we provide a reference for the protection and utilization of endemic endangered species. The results shows as follows: 1) A total of 14 major plants are found to accur near *B. jinyunensis*, which are among 14 genus of 12 families. 2) All of the seven communities appears to be positive correlation, of which 6 reach significant levels, and the communities are all in stable states. 3) In the 26 species pairs of the 16 main plants in the communities, there are 16 species present a positive correlation, of which only one pair reaches significant level, 10 pairs are negatively related, in which there are one pairs of significant negative correlations and one pairs of an extremely significant negative correlation Most species don't reach significant level, tending to distribute independently. 4) The species pairs of the community mostly show a positive correlation, but the connectivity is weak. However, the species pairs in negative correlation are few, while their connectivity is strong. In general, interspecific connectivity between species is still weak. That is to say, there is no resource crisis and the community has developed steadily, and the interactions among species in community are not the main cause for *Begonia jinyunensis*'s endangered state.

Key words: *Begonia jinyunensis*; rare plant; community stability; interspecific association; endangered cause