

贵州佛顶山篦子三尖杉群落主要树种 种间关系与稳定性

王 琨^{1,2}, 安明态^{1,2}, 金 勇^{1,2}, 汪 伟^{1,2}, 周胜伦³, 张廷碧³

(1. 贵州大学林学院, 贵州 贵阳 550025)

(2. 贵州大学生物多样性与自然保护研究中心, 贵州 贵阳 550025)

(3. 贵州佛顶山自然保护区管理局, 贵州 石阡 555100)

[摘要] 为探究贵州佛顶山国家级自然保护区篦子三尖杉的群落结构特征, 采用方差比率法、 χ^2 检验统计量、联结系数(AC)、Pearson 积矩相关系数和 Spearman 秩相关系数分析群落内重要值前 10 的灌木种群间联结和种间协变关系, 并使用 M. Godron 法分析其稳定性. 结果表明: (1) 篦子三尖杉是群落中重要值最大的种群, 占据重要地位. (2) 10 个主要树种间总体呈不显著正联结, 种对间关联性较弱. (3) 油茶与篦子三尖杉呈显著负协变, 两种群间存在一定竞争关系. (4) M. Godron 分析得到的坐标交点(37.98, 62.02) 远离稳定点(20, 80), 表明该群落呈不稳定状态. 因此, 建议适当对与篦子三尖杉呈显著负协变的树种进行抚育间伐等措施, 以增加其生存空间, 促进种群更新.

[关键词] 篦子三尖杉, 种间联结, 种间协变, 群落稳定性, 佛顶山

[中图分类号] Q948 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2022)04-0074-07

Interspecific Association and Stability of Main Tree Species of *Cephalotaxus Oliveri* Communities in Fodingshan of Guizhou Province

Wang Kun^{1,2}, An Mingtai^{1,2}, Jin Yong^{1,2}, Wang Wei^{1,2}, Zhou Shenglun³, Zhang Tingbi³

(1. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

(2. Research Center for Biodiversity and Nature Conservation, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

(3. Fodingshan National Nature Reserve Administration of Guizhou Province, Shiqian 555100, China)

Abstract: In order to explore the structure of *Cephalotaxus oliveri* community in Guizhou Fodingshan National Nature Reserve, 10 shrub-layer species on the basis of importance values, and quantitatively researched interspecific associations and correlations were selected by using a set of methods, namely, variance ratio analysis, χ^2 test, association coefficient (AC), Pearson's correlation coefficient test, Spearman's rank correlation coefficient test. In addition, the level of community stability was tested by using the Godron stability analysis. The results were as follows, (1) *Cephalotaxus oliveri* occupied an important position in the community. (2) There was no significant positive association among the 10 main tree species, and the correlation between species pairs was weak. (3) There was a competitive relationship between *Camellia oleifera* and *Cephalotaxus oliveri*, showing a significant negative covariance. (4) The coordinate intersection(37.98, 62.02) obtained by M. Godron analysis was far from the stable point(20, 80), indicating that the community was in an unstable state. Therefore, it is suggested to take measures such as thinning and rearing of tree species with significant negative covariant with grate appropriately, so as to increase its living space and promote population regeneration.

Key words: *Cephalotaxus oliveri*, interspecific association, interspecific covariation, community stability, Fodingshan

种间联结是指群落中不同物种在空间分布上的相互关系^[1-2], 反映物种在群落中的地位以及种间竞争结果或群落现状^[3-4]. 生境的异质性会导致群落内物种种间关系存在正、负联结之分^[5]. 正联结表现的

收稿日期: 2021-11-20.

基金项目: 贵州佛顶山国家级自然保护区珍稀濒危植物调查与监测项目(2018-01)、中央财政专项与贵州省配套专项“贵州省第二次全国重点保护野生植物资源调查”项目([2012]87号).

通讯作者: 安明态, 博士, 正高级实验师, 研究方向: 森林生态及生物多样性保护研究. E-mail: gdanmingtai@126.com

是植物对资源利用的相似性和生态位的重叠性;而负联结体现了物种间的排斥性,是物种长时间适应不同微环境和利用不同资源空间的结果^[6]. 种间协变是以物种的数量特征来分析种对间相对变化趋势和程度^[7]. 因此,研究群落中各树种种间联结和种间协变,对探究群落结构、演替趋势及群落中的各种群的功能地位有重要意义. 群落稳定性是群落结构与功能的综合体现,Godron 测度法作为测度群落稳定性的方法,已被广泛应用于群落稳定性研究中^[8-9]. 研究物种的种间联结及群落稳定性,对揭示珍稀濒危植物的濒危机制及其保护有积极指导作用^[10].

篦子三尖杉(*Cephalotaxus oliveri*)隶属三尖杉科(*Cephalotaxaceae*)三尖杉属(*Cephalotaxus*),是我国特有的国家二级保护植物,其区系起源古老. 在贵州省,篦子三尖杉主要分布在梵净山、石阡、镇远、黎平、榕江、黔南三都瑶人山等地^[11]. 篦子三尖杉可以提炼出治疗癌症的生物碱,受到医学界的高度重视;同时其遗传多样性低、生长环境受到人类的干扰较严重,导致其野外种群分布及数量日益减少. 摸清国家重点保护植物资源及生存现状、分析种群发展趋势并加强科学保护是当前重要任务之一. 近年来,在篦子三尖杉群落种间关系研究中,仅见杨宗慧等^[12]对篦子三尖杉群落的种间关系和生态位进行研究,而在群落种间关系与稳定性上,却未有研究. 鉴于此,本文拟对贵州佛顶山自然保护区篦子三尖杉群落主要树种种间关系及稳定性进行研究,揭示篦子三尖杉群落的结构特征及群落稳定性,为下一步篦子三尖杉的保护提供一定的科学依据.

1 研究区概况

贵州佛顶山国家级自然保护区位于石阡境内,与余庆县、施秉县接壤. 地理位置 27°15′~27°25′ N, 107°59′~108°12′ E,总面积 12 634.54 hm². 该保护区属中亚热带湿润季风气候,年平均气温 10.3 ℃~16.8 ℃,年降雨量 1 018 mm~1 292.5 mm,雨量充沛,相对湿度大于 80%. 其海拔最高处佛顶山主峰 1 869 m,最低处海拔包溪河 500 m. 此外,该保护区是黔东南保存较好的中亚热带常绿阔叶林区,具有良好的生态环境和复杂多样的生境类型,为许多古老孑遗生物的繁衍生息提供了一个良好的场所.

2 研究方法

2.1 样地调查

在保护区对篦子三尖杉分布相对集中的典型地段开展群落调查,设置两个 20×32 m 的样地,共 1 280 m²,并采用相邻格子法将每个样地划分为 40 个 4×4 m 的小样方,记录每个样地海拔、坡位、坡向、郁闭度等信息(见表 1),调查树种名称、数量、胸径(地径)、冠幅、树高、地径、盖度等.

表 1 样地基本情况

Table 1 Basic information of the sample site

样地编号	海拔/m	坡度/(°)	坡位	郁闭度/%	植被类型
FDS-401	620	35.0	中	80.0	针阔混交林
FDS-501	580	35.0	中	80.0	针阔混交林

2.2 计算方法

2.2.1 重要值

重要值(*IV*)=(相对多度+相对优势度+相对频度)/3.

选取调查样地灌木层重要值前 10 位的树种为研究对象.

2.2.2 总体相关性的测定

采用方差比率法(*VR*)对总体联结性进行分析,并使用统计量 *W* 对联结性的显著性进行判断^[13]. 计算方法如下:

$$P_i = \frac{n_i}{N}, \quad (1)$$

$$S_r^2 = (1/N) \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2. \quad (2)$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^s P_i(1-P_i)^2, \quad (3)$$

$$VR = \frac{S_T^2}{\sigma_T^2}. \quad (4)$$

式中, N 为总样方数; n_i 为树种 i 出现的样方数; S_T^2 为总数方差; T_j 为样方 j 内出现的目标物种数; t 为样方的平均物种数; σ_T^2 为总样本方差; S 为样地内总的树种数. 若 $VR=1$, 主要物种总体不关联; 若 $VR>1$, 主要物种总体正关联; 若 $VR<1$, 主要物种总体负关联.

统计量 W 的计算公式为:

$$W = VR \times N, \quad (5)$$

统计量 W 用来检验种群间关联度的显著性. 若研究的树种间关联性不显著, 则 W 值落入 $(\chi_{0.95}^2, N, \chi_{0.05}^2, N)$ 区间内的概率为 90%.

2.2.3 种间关联

通过 χ^2 检验不同物种之间的关联性, 对于非连续性数据的 χ^2 使用 Yates 的连续校正公式计算. 基于统计量, 通过连续校正公式进行 χ^2 检验^[14], 其公式为:

$$\chi^2 = \frac{n[|ad-bc|-n/2]^2}{(a+b)(b+c)(c+d)(b+d)}, \quad (6)$$

n 为总的样方个数. χ^2 近似遵从自由度为 1 的 χ^2 分布, 当 $\chi^2 < 3.841$ 时, 两个不同物种相对独立, 即中性联结; 当 $3.841 \leq \chi^2 < 6.635$ 时, 不同物种间具有一定的关联性; 当 $\chi^2 > 6.635$ 时, 物种间关联性显著.

联结系数 AC 计算方法^[15]:

若 $ad \geq bc$, 则

$$AC = \frac{(ad-bc)}{[(a+b)(b+d)]}, \quad (7)$$

若 $ad < bc$, 且 $b \geq a$ 则

$$AC = \frac{(ad-bc)}{[(a+b)(a+c)]}, \quad (8)$$

若 $ad < bc$, 且 $d < a$ 则

$$AC = \frac{(ad-bc)}{[(b+d)(a+c)]}. \quad (9)$$

AC 的值域为 $[-1, 1]$, AC 越接近 1, 树种之间的正关联越强; AC 值越接近 -1, 物种间的负关联性越强; $AC=0$ 时, 种对完全独立.

2.2.4 种间协变

目前, 种间协变分析主要采用 Pearson 积矩相关系数和 Spearman 秩相关系数, 两种系数同时使用可以判断物种多度向量间存在线性相关关系^[16].

Pearson 公式如下:

$$r_{ik} = \frac{\sum y_i y_k}{\sqrt{\sum y_i^2 \sum y_k^2}}, \quad (10)$$

式中, $\sum y_i y_k = \sum_{j=1}^N Y_{ij} Y_{kj} - [(\sum_{j=1}^N Y_{ij}/N)(\sum_{j=1}^N Y_{kj}/N)]$.

$$\sum y_i^2 = \sum_{j=1}^N Y_{ij}^2 - \left[\frac{(\sum_{j=1}^N Y_{ij})^2}{N} \right], \quad (11)$$

$$\sum y_k^2 = \sum_{j=1}^N Y_{kj}^2 - \left[\frac{(\sum_{j=1}^N Y_{kj})^2}{N} \right], \quad (12)$$

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.
Spearman 公式如下:

$$r(i,k)=1-\frac{6\sum_{j=1}^n d_j^2}{n^3-n}.$$

(13)

式中, $d_j=x_{ij}(x_{kj},x_{ij}$ 和 x_{kj} 分别为种 i 和种 j 在样方中的秩.
显著性检验:查 r 界值表中自由度 $df=N(2$, 概率水平 $P=0.05$ 和 $p=0.01$ 的临界值 $r_{0.05}$ 及 $r_{0.01}$ 与相关系数 $r_{(i,j)}$ 的绝对值进行比较. 若 $r_{0.01}>|r_{(i,j)}|$, 则在 $p<0.01$ 水平上显著相关.

2.2.5 稳定性分析

采用 M.Godron 稳定性测定方法对群落稳定性进行分析^[17-18]. 以群落物种累积百分数和相对频度累积百分数设立横纵坐标轴并做散点图, 并拟合成一条平滑曲线, 该曲线与 $y=-x+100$ 的交点到稳定点(20, 80)的距离越近, 说明群落越稳定, 反之则越不稳定.

2.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 2016 进行群落稳定性计算分析, 采用 SPSS 22 进行 Pearson 积矩相关系数和 Spearman 秩相关系数分析, 种间联结性总体联结性、 χ^2 统计量、联结系数 AC 在 R3.6.3 的 spaa 包完成.

3 结果与讨论

3.1 群落结构与物种组成

在该群落中, 乔木层主要由朴树 (*Celtis sinensis*)、榆树 (*Ulmu spumila*)、川黔润楠 (*Machilus chuanchienensis*)、南酸枣 (*Choerospondi asaxillaris*) 等构成, 数量少, 分布稀疏. 灌木层优势种主要为篦子三尖杉 (*Cephalotaxus oliveri*)、细齿叶柃 (*Eurya nitida*)、紫麻 (*Oreocnide frutescens*) 等, 占据灌木层的大部分空间, 数量多且生长势好.
对群落中灌木层树种的重要值进行分析(表 2), 前 10 位的树种有篦子三尖杉、细齿叶柃、紫麻、石木姜子 (*Litsea elongate var. faberi*)、油茶 (*Camellia oleifera*)、红果黄肉楠 (*Actinodaphne cupularis*)、十大功劳 (*Mahonia fortunei*)、卫矛 (*Euonymus alatus*)、杜茎山 (*Maesa japonica*)、朱砂根 (*Ardisia crenata*).

表 2 篦子三尖杉群落前 10 树种重要值
Table 2 Important value of the first 10 tree species in *Cephalotaxus oliveri* community

序号	物种	重要值(%)	序号	物种	重要值(%)
1	篦子三尖杉 <i>Cephalotaxus oliveri</i>	36.63	6	红果黄肉楠 <i>Actinodaphne cupularis</i>	4.04
2	细齿叶柃木 <i>Eurya nitida</i>	25.61	7	十大功劳 <i>Mahonia fortunei</i>	3.24
3	紫麻 <i>Oreocnide frutescens</i>	12.73	8	卫矛 <i>Euonymus alatus</i>	3.18
4	石木姜子 <i>Litsea elongate var. faberi</i>	5.02	9	杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	1.88
5	油茶 <i>Camellia oleifera</i>	4.55	10	朱砂根 <i>Ardisia crenata</i>	1.51

3.2 总体关联性

使用方差比率法对样地内灌木层主要种群进行分析, 发现样地内主要种群的 VR 值为 1.16, 统计量 W 检验结果为 92.87(表 3), 总体关联呈不显著正关联, 说明该群落内主要树种间联结性较弱.

表 3 主要树种总体关联性
Table 3 Overall correlation of major tree species

S_T^2	σ_T^2	VR	检验统计量 W	χ^2 临界值	结果
1.51	1.29	1.16	92.87	(60.39, 101.88)	不显著正关联

3.3 群落主要种对间联结分析

对调查样方灌木层 10 个主要树种 45 个种对间的 χ^2 检验统计量进行分析(表 4). 该群落中表现正联结有 22 对, 占总数的 44%, 负联结有 23 对, 占总数的 46%, 正负联结比率为 0.96. 其中, 表现为极显著正联结为紫麻—十大功劳, 表现为显著正联结为紫麻—石木姜子、紫麻—油茶、石木姜子—十大功劳、红果黄肉楠—卫矛, 仅细齿叶柃—油茶表现为极显著负关联, 而表现为不显著联结有 39 个种对, 占总对数的

86.67%,表明灌木层优势种种对间联结性不强,种间关系较为松散.

表 4 篮子三尖杉群落主要树种种间联结的 χ^2 检验统计量和联结系数 AC
Table 4 χ^2 test statistics and association coefficient of main trees in *Cephalotaxus oliveri* community

物种	联结系数 AC									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.344	-0.024	1.000	1.000	-0.429	-0.344	-0.459	-0.452	1.000
2	-0.002		0.136	0.766	-1.000	-0.082	0.335	1.000	0.398	0.617
3	0.463	0.161		0.566	-0.795	-0.385	0.589	-0.316	-0.414	0.468
4	0.007	3.048	6.405 *		-0.556	-1.000	0.253	-0.259	0.447	0.296
5	0.293	-32.037 **	5.210 *	-0.369		0.200	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
6	-0.293	-0.010	0.865	-2.007	1.633		-0.158	0.429	0.020	-1.000
7	-0.002	0.391	7.578 **	4.117 *	-2.219	-0.010		-0.298	-0.398	0.285
8	-0.906	0.851	-0.130	-0.023	-0.103	5.045 *	-0.006		0.073	-1.000
9	-0.678	0.023	-0.522	3.327	-0.201	0.201	-0.023	0.001		0.004
10	0.219	0.720	1.927	2.479	-0.738	-0.738	2.074	-0.160	0.282	

χ^2 检验统计量
注:1.篮子三尖杉(*Cephalotaxus oliveri*);2.细齿叶柃(*Eurya nitida*);3.紫麻(*Oreocnide frutescens*);4.石木姜子(*Litsea elongate* var. *faberi*);5.油茶(*Camellia oleifera*);6.红果黄肉楠(*Actinodaphne cupularis*);7.十大功劳(*Mahonia fortunei*);8.卫矛(*Euonymus alatus*);9.杜茎山(*Maesa japonica*);10.朱砂根(*Ardisia crenata*). 下同.

χ^2 检验不能区分联结强度的大小,模糊了种间联结性之间的差异性. 因此,本研究通过联结系数(AC)对该群落主要树种种间关联度进行计算(表 4、图 1). 45 个种对中,22 个种对呈负联结,23 个种对呈正联结,与 χ^2 检验结果一致. 其中,0.6<AC 的有 7 对,说明这些种对间正关联性强,物种出现在同一生境中的概率极大. 9 个种对之间的 AC 值在 $[-1,-0.6]$,说明这些种对相对独立,几乎不会同时出现. 29 个种对之间正负关联性不明显,AC 值在 $[-0.6,0.6]$,占总对数的 64.44%,其结果与 χ^2 检验结果基本一致.

3.4 群落主要种间协变分析

种间联结是根据样地中物种存在与否建立 2×2 联列表作为联结性的判断依据,种间协变则能根据物种在样方中的多度值等弥补种间联结二元数据的不足^[19]. 根据物种在样方中的多度值,对样地主要树种进行种间协变的 Pearson 积矩相关分析和 Spearman 秩相关分析(表 4).

在群落灌木层主要树种 45 个种对的 Pearson 积矩相关分析中,负关联种对有 24 对,正关联种对有 21 对,正负比为 0.88. 其中,呈极显著相关的种对有 4 对,占总对数的 8.89%,如篮子三尖杉—细齿叶柃、篮子三尖杉—紫麻、石木姜子—杜茎山呈极显著正相关;仅油茶—细齿叶柃表现为极显著负相关,占总对数的 2.22%. Pearson 积矩相关分析中,检验显著率为 8.89%,大部分种对的种间相关性不显著.

在群落灌木层主要树种 45 个种对的 Spearman 秩相关分析中,负协变种对有 23 对,正协变种对有 22 对,正负比为 0.96. 其中,呈极显著正协变的种对有 4 对,显著正协变有 2 对,总共有 6 对,占总种对数的 13.33%;极显著负协变的种对 1 对,显著负协变的种对有 2 对,总共有 3 对,占总对数的 6.67%. Spearman 秩相关分析中检验显著率为 20%,大部分种对的种间关系都不显著,这与 χ^2 检验、联结系数 AC、Pearson 积矩相关分析一致. 目标树种篮子三尖杉与细齿叶柃、紫麻分别呈显著正协变、极显著正协变,与油茶呈显著负协变.

3.5 群落稳定性分析

为进一步探讨篮子三尖杉群落的稳定程度,利用 M.Godron 稳定性测定方法,分析佛顶山篮子三尖杉群落稳定性(图 1). 经计算,平滑曲线与 $y=-x+100$ 的交点坐标为(37.98,62.02),距离稳定点(20,80)的距离为 25.43,远离于稳定点(20,80),表明该群落处于不稳定状态.

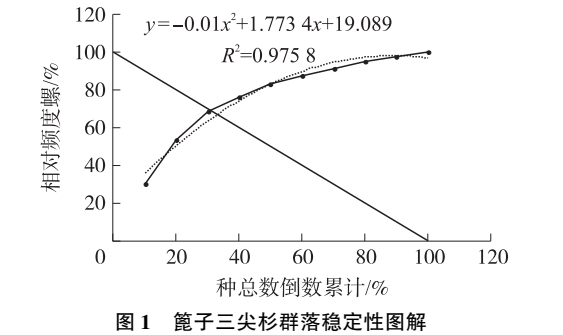


图 1 篮子三尖杉群落稳定性图解
Fig. 1 Stability graphic of *Cephalotaxus oliveri* community

表 5 篦子三尖杉群落主要种间协变相关系数
Table 5 Number of main interspecific covariant relations of *Cephalotaxus oliveri* community

物种	Pearson 积矩相关系数									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.288 **	0.336 **	-0.004	-0.215	-0.044	0.066	0.04	0.044	-0.084	
2	0.245 *		0.131	0.018	-0.428 **	-0.054	-0.043	0.15	0.028	0.109
3	0.368 **	0.097		0.134	-0.193	-0.159	0.182	-0.137	-0.063	0.112
4	0.096	0.105	0.278 *		0.068	-0.15	-0.051	-0.007	0.315 **	-0.004
5	-0.236 *	-0.502 **	-0.274 *	-0.089		0.086	-0.17	-0.088	-0.089	-0.123
6	-0.081	-0.099	-0.171	-0.201	0.177		0.063	0.137	0.041	-0.125
7	0.048	-0.004	0.311 **	0.182	-0.208	-0.004		-0.108	-0.112	0.151
8	0.007	0.037	-0.124	-0.028	-0.107	0.317 **	-0.051		0.071	-0.087
9	0.118	0.041	-0.073	0.288 **	-0.117	0.023	-0.073	0.084		-0.061
10	-0.042	0.114	0.197	0.168	-0.15	-0.15	0.204	-0.113	-0.003	
Spearman 秩相关系数 Spearman rank correlation coefficients										

4 讨论

联结系数 AC 能体现出 χ^2 检验中,判断为不显著种对的联结性及大小,夸大两物种均不出现时种对间的联结显著程度. 如篦子三尖杉—石木姜子、篦子三尖杉—油茶、篦子三尖杉—朱砂根等. 在 χ^2 检验中,篦子三尖杉与其他种群表现出中性联结,表明篦子三尖杉与其他物种之间的独立性较强,资源利用的竞争较弱. 而在种间协变分析中,却发现篦子三尖杉与紫麻、细齿叶桉有明显的正协变,而与油茶有极显著的负协变. 这是因为种间协变可以克服 χ^2 检验利用样方中树种存在与否的二元数据分析的弊端,避免了伴生种的出现对种间关系分析的影响^[20]. 篦子三尖杉群落中的 Spearman 秩相关分析中得出的显著和极显著水平上的相关总对数(9 对),多于 χ^2 检验得出的显著和极显著水平上的总对数(6 对),表明种间协变分析反映的信息会更全面,所以种间协变分析灵敏度高于 χ^2 检验,这与前人的研究结果一致^[21]. 一般来说,植物种对间存在正相关的原因在于这些树种对环境利用具有相似性. 例如,篦子三尖杉与细齿叶桉、紫麻有着明显的正协变关系,这可能是他们对共同环境适应的结果他们都比较喜欢温暖湿润的生长环境,是对环境共同反应的结果. 而篦子三尖杉与油茶表现为显著的负协变,这可能是他们对共同环境适应的结果. 篦子三尖杉生态位宽度较宽,对温暖湿润的环境有很强的适应能力,而油茶是速生树种,也较倾向于温暖湿润的环境,因此,当这两个树种同时出现时,就会对资源产生竞争. 在种间协变分析中,Spearman 秩相关系数有明显种对的数量(9 对)多于 Pearson 积矩相关分析(4 对),Spearman 秩相关系数相较于 Pearson 积矩相关分析,其灵敏度更高,与张雄邦等^[22] 结果一致. 这是因为在 Pearson 积矩相关分析中,要求样本数据符合连续的正态分布,而 Spearman 秩相关系数属于非参数检验,样本不一定符合正态分布^[23]. 因此,在研究贵州佛顶山篦子三尖杉群落主要树种的种间关系时,将种间联结与种间协变分析结合,可以更合理地分析篦子三尖杉群落优势种的种间关系,也能更好地反映各种间的亲和度及该群落中的植物适应情况.

在篦子三尖杉所处群落灌木层中的 10 个主要树种总体相关性 VR 值大于 1,但是偏离 1 的程度不高,且统计量 W 表明这种联结性不显著,说明该群落种间联结程度弱,各种间独立性较强,群落还处于不断完善阶段. 一般而言,群落演替的早期,正负联结的比值偏小,随着演替的进行,种间关系逐渐倾向于正联结,当正负联结比大于 1 时,群落稳定性会逐渐增强,以求得多物种的共存^[24]. 在联结系数 AC、Spearman 秩相关分析、Pearson 积矩相关分析中,正负比均小于 1,所以该群落还处于不稳定阶段. 物种间的总体联结性体现了植物群落演替的稳定性,而植物群落稳定性是种间联结性的表现方式^[25]. 本研究采用 M. Godron 稳定性分析法,发现群落离稳定点(20, 80) 还有一定距离,说明该群落还处于相对不稳定状态. 本文中,将群落中的种间关系与稳定性结合分析,两者得到的结果可以相互补充,对研究篦子三尖杉群落结构有重要意义.

5 结论

研究区篦子三尖杉群落处于不稳定阶段,群落中存在对目标树种产生竞争的树种. 在今后的保护管

理中,应适当对与篦子三尖杉种群存在竞争关系的树种进行抚育间伐,利于其种群的更新。

[参考文献]

- [1] SFENTHOURAKIS S, TZANATOS E, GIOKAS S. Species co-occurrence: the case of congeneric species and a causal approach to patterns of species association[J]. *Global ecology and biogeography*, 2006, 15(1): 39-49.
- [2] 叶叔平, 张文辉, 于世川, 等. 桥山林区麻栎群落主要乔木种群的种间联结性[J]. *生态学报*, 2018, 38(9): 3165-3174.
- [3] 梁士楚. 云贵鹅耳枥群落演替中乔木树种间协变的研究[J]. *广西植物*, 1995, 15(4): 335-339.
- [4] 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.
- [5] 徐松鹤, 尚占环, 马玉寿, 等. 黄河源区退化高寒草地植物种间联结性分析[J]. *西北植物学报*, 2008, 28(6): 1222-1227.
- [6] 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.
- [7] 王国严, 罗建, 徐阿生, 等. 藏东南川滇高山栎群落物种多样性格局[J]. *林业科学研究*, 2012, 25(6): 703-711.
- [8] 陆龙龙, 郭忠玲, 范春楠, 等. 吉林磨盘山次生落叶阔叶林群落特征和稳定性分析[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(7): 2079-2087.
- [9] 简小枚, 税伟, 王亚楠, 等. 重度退化的喀斯特天坑草地物种多样性及群落稳定性——以云南沾益退化天坑为例[J]. *生态学报*, 2018, 38(13): 4704-4714.
- [10] 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.
- [11] 傅立国. 中国珍稀濒危保护植物[M]. 上海: 上海教育出版社, 1989.
- [12] 杨宗慧, 郎学东, 李帅锋, 等. 篦子三尖杉群落优势种群生态位和种间关系[J]. *林业科学研究*, 2015, 28(4): 473-478.
- [13] 王亚飞, 曲美学, 兰航宇, 等. 云冷杉红松林内优势种群的空间格局及种间关联性[J]. *中南林业科技大学学报*, 2020, 40(1): 49-58.
- [14] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [15] 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 1 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.
- [16] 尚进, 李旭光. 人为干扰对桫欏群落植物种间协变影响的研究[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2003, 28(6): 947-951.
- [17] 史浩伯, 陈亚宁, 李卫红, 等. 塔里木河下游植被种间关系与稳定性分析[J]. *干旱区研究*, 2020, 37(1): 220-226.
- [18] 李育中. 植物群落稳定性的一种测定方法[J]. *中国草地*, 1991(2): 78-81.
- [19] 郭泉水, 王祥福, 巴哈尔古丽, 等. 崖柏群落优势乔木树种种间关系[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(12): 1911-1917.
- [20] 孙中伟, 赵士洞. 长白山北坡红松林群落木本植物种间联结性与相关性研究[J]. *应用生态学报*, 1996, 7(1): 1-5.
- [21] 简小枚, 税伟, 陈毅萍, 等. 云南中度退化的喀斯特天坑草地植物群落优势种种间关系[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(2): 492-500.
- [22] 张雄邦, 姚锐, 张光富. 南京老山国家森林公园朴树群落优势种的种间关系[J]. *南京师大学报(自然科学版)*, 2016, 39(4): 56-64.
- [23] 付必谦. 生态学实验原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [24] 涂洪润, 李娇凤, 杨丽婷, 等. 桂林岩溶石山青冈群落主要乔木树种的种间关联[J]. *应用生态学报*, 2019, 30(1): 67-76.
- [25] 金俊彦, 覃文更, 谭卫宁, 等. 濒危植物单性木兰群落主要种群种间联结性研究[J]. *西部林业科学*, 2013, 42(3): 86-94.

[责任编辑: 黄 敏]