

文章编号: 1674-7054(2020)04-0479-08

五指山低地次生林乔灌优势种关联程度分析

姜乃琪¹, 钟圣赞², 余雪标¹

(1. 海南大学生态与环境学院, 海口 570228; 2. 海南省林业科学院, 海口 572299)

摘要: 为了研究海南五指山低海拔乌心楠 (*Phoebe tavoyana*) 次生林群落乔木层、灌木层、草本层各优势种群的种间关联性, 阐明群落演替与种间关联性的内在规律, 为五指山区域内低海拔乌心楠次生林的保护、恢复与重建提供理论依据。笔者在样方调查的基础上, 对恢复时间最长的 8 个样地的乌心楠群落采用 2×2 列联表, 运用方差比率法、 χ^2 校验、Jaccard(JI) 指数等方法计算 19 个乔木物种、15 个灌木物种和 10 个草本物种的总体关联性; 研究结果表明, 乌心楠群落在乔木、灌木层次上呈不显著正联结, JI 指数与 χ^2 校验高度一致; 正关联总对数高于负关联总对数, 显著正关联总对数较少, 大部分树种呈不显著正关联; 乌心楠群落在草本层上总体关联性为显著负关联, 正关联种对数较少, 负关联种对数比例较高, 这说明乌心楠群落草本层在林下对资源(光、热)的争夺激烈。总体而言, 海南五指山区域内低海拔乌心楠次生林群落结构松散, 优势种种间关系不紧密, 草本层结构不稳定, 尚处于演替的初级阶段。

关键词: 五指山; 乌心楠; 种间关联性; JI 指数; χ^2 检验

中图分类号: S 718.54

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2020.04.011

种间关系是群落演替研究和群落多样性研究中重要的数量和结构特征^[1-3]。种间联结是指不同物种在空间分布上的相互关联性^[4], 用于描述群落组成物种间在特定时期内的非动态变化, 是植物群落重要的数量和结构特征之一^[5]。目前针对种间关联性的分析已有不少报道^[6-9]。乌心楠 (*Phoebe tavoyana*) 隶属于樟科楠属常绿阔叶树种, 是在我国热带和亚热带地区用途广泛的乡土阔叶树种; 其在建筑、造船方面具有较高的利用价值。乌心楠是分布于海南省五指山区域低海拔次生林的主要阔叶树种之一^[10]。近年来, 鲜见以海南五指山区域低海拔乌心楠群落对象的研究报道, 为此, 笔者对海南五指山区域低海拔乌心楠群落乔木层、灌木层、草本层优势种的种间关联展开研究, 为全面了解该地区乌心楠群落的种间关系、群落结构和演替动态提供资料。

1 材料与方法

1.1 研究地概况 目标区域设置在海南省五指山市毛阳镇畅好乡公益林区域内, 位于海南五指山市北部(东经 109°28' ~ 109°29', 北纬 18°42' ~ 18°43')。样地的气候属热带雨林季风气候, 年平均气温 21 °C, 年降水量 1 770 mm; 样地海拔 310 ~ 470 m 为低海拔山区, 地势坡度起伏较小(坡度: 20° ~ 40°); 样地土壤为砂质红壤; 样地植被类型为热带常绿阔叶林。样地主要为生长在小丘陵半山的次生林, 植物区系地理成分复杂, 热带性质明显, 主要乔木植物为银柴 (*Aporosa chinensis*) 和乌心楠等。样地自 1989 年划归为公益林后, 受人为活动危害小, 乔木生长旺盛, 林窗小。

1.2 研究方法 笔者采用野外调查法进行研究。通过查阅资料与现场调查, 于 2017 年 7 月选择海南省五指山低地次生林进行调查, 选择人为干预轻且具有代表性的地块设置 8 块标准样地, 总面积为

收稿日期: 2019-03-06

修回日期: 2020-10-01

基金项目: 海南省省属科研院所技术开发专项(SQ2017ISKF0030)

第一作者: 姜乃琪(1993-), 男, 海南大学生态与环境学院 2016 级硕士研究生. E-mail: 993066@hainanu.edu.cn

通信作者: 余雪标(1963-), 男, 博士, 教授, 博士生导师. 研究方向: 生态学. E-mail: yuxuebiao@163.com

2 400 m², 每块样地面积为 400 m² (20 m×20 m)。采用相邻网格调查法, 将样地分为 4 个 10 m×10 m 的乔木样方, 在 4 个角设置 4 个 5 m×5 m 的灌木样方, 在 4 个角及样方中间位置设置 5 个 1 m×1 m 的草本样方, 以每个小样方作为调查单元。在乔木样方内, 每木必查, 记录乔木的林木位置, 树种、胸径、株数、高度等林分因子和林下植被情况; 在灌木样方内, 主要调查灌木和草本种类、盖度、分布等情况。用罗盘仪来详细记录样地的坡向以及坡度, 用 GPS 来记录各样地的经纬度和海拔。

1.3 重要值计算方法 重要值计算公式:

乔木层重要值(Important value of Tree)=(相对多度+相对频度+相对显著度)/3;

灌木层重要值(Important value of Shrub)=(相对多度+相对高度+相对盖度+相对频度)×100/4;

草本层重要值(Important value of Herb)=(相对多度+相对高度+相对盖度+相对频度)×100/4;

其中, 相对多度指某一物种个体数占全部物种个体总数的百分比; 相对高度指某一物种数出现的高度占所有物种总高度的比例; 相对显著度指某个树种的胸高断面面积占全部树种胸高断面面积的总胸断面面积的比例; 相对盖度指某个物种的盖度占所有物种的总盖度的百分比; 相对频度指某一物种数出现的样方数占总样方数比例^[11-12]。

1.4 种间关联性测定方法 通过计算恢复后期群落乔木层、灌木层的重要值, 选出乔木层 19 个物种、灌木层 15 个物种作为群落优势进行种群关联性分析。通过分析天然树种的种间关系, 排除干扰因素, 采用零联结模型导出方差比率。导出公式如下:

$$\delta_T^2 = \sum_{i=1}^S P_i(1 - P_i);$$

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

$$P_i = n_i/N;$$

$$VR = S_T^2 / \delta_T^2.$$

式中: δ_T 指所有物种出现的频度的方差; S 指总的物种数; S_T 表示所有样方物种数的方差; N 指总样方数; T_j 指样方内 i 出现的研究物种总数; t 表示样方中物种平均数; P_i 指物种 i 出现的频度; n_i 指物种 i 出现的样方数; VR 指种群内植被种间的总体关联指数。

独立性假设下 VR 的期望值是 1, 若 $VR > 1$, 物种间表现为正联结; 若 $VR < 1$, 物种间表现为负联结。采用统计量 $W (W = VR \times N)$ 来检验 VR 值偏离 1 显著程度。

χ^2 统计量一般是用于测定实测值与预测值在概率基础上的偏差的显著度, 根据 2×2 列联表, 用 χ^2 来测定成对物种的联结性^[13], 公式如下:

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

式中: a 指两个物种同时出现的样方数; b 和 c 分别指只有其中一个物种出现的样方数; d 指两个物种都未出现的样方数; N 指总样方数。当 $ad > bc$ 时为正联结, $ad < bc$ 时为负联结。通常 $P \geq 0.05 (\chi^2 \leq 3.841)$ 时, 成对的 2 个物种独立分布; $0.01 \leq P < 0.05 (3.841 < \chi^2 \leq 6.635)$ 时, 种间关联显著; $P < 0.01 (\chi^2 > 6.635)$ 时, 种间关联极显著^[14-15]。通过 Jaccard(JI) 指数来测定种对间相伴随出现的联结性程度和概率。

$$JI = \frac{a}{a+b+c},$$

式中, 当 $a = 0$, $JI = 0$, 即无关联; 当 $a = N$ 时, $JI = 1$, 即关联最紧密。

1.5 数据处理 对数据进行标准化处理, 用 Excel2007 与 R studio 对五指山低地次生林进行矩阵分析, 得出 χ^2 检验和 JI 指数的半矩阵图。

2 结果与分析

2.1 五指山低地次生林群落乔灌主要种群间的总体关联性分析 根据表 1 的分析结果: ①乔木层方差比率 (Variance ratio, VR) $VR=1.23>1$, 表明乔木层物种为不显著正关联; $W=18.25$, 在临界值范围内, 说明所选取的 19 个乔木主要种群种间总体联结性不显著。②灌木层 $VR=1.03>1$, 表明灌木层物种为不显著正关联; $W=15.95$, 在临界范围内, 说明所选取的 15 个灌木主要种群种间总体联结性不显著。③草本层 $VR=0.22$, 表明草本层物种为显著负关联; $W=2.15$, 在临界值范围外, 说明草本层的总体联结性呈显著负相关, 种间关系不稳定, 群落结构松散。

2.2 乔木层主要种群之间的关联性 图 1 中 χ^2 检验结果表明, 由乔木中选取 19 个重要值较大的优势树

表 1 群落各层次主要种间的总体关联性
Tab. 1 Overall interspecific associations among dominant plant populations at different layers

层次 Layer	方差比率 VR	检验统计量 W	χ^2 临界值 ($\chi^2_{0.95}10, \chi^2_{0.05}10$)	检测结果 Result
乔木层 Tree Layer	1.23	18.25	(7.66, 25.00)	不显著正关联 Not significantly positive correlation
灌木层 Shrub Layer	1.03	15.95	(7.66, 25.00)	不显著正关联 Not significantly positive correlation
草本层 Herb Layer	0.22	2.15	(7.66, 25.00)	显著负关联 Significantly negative correlation

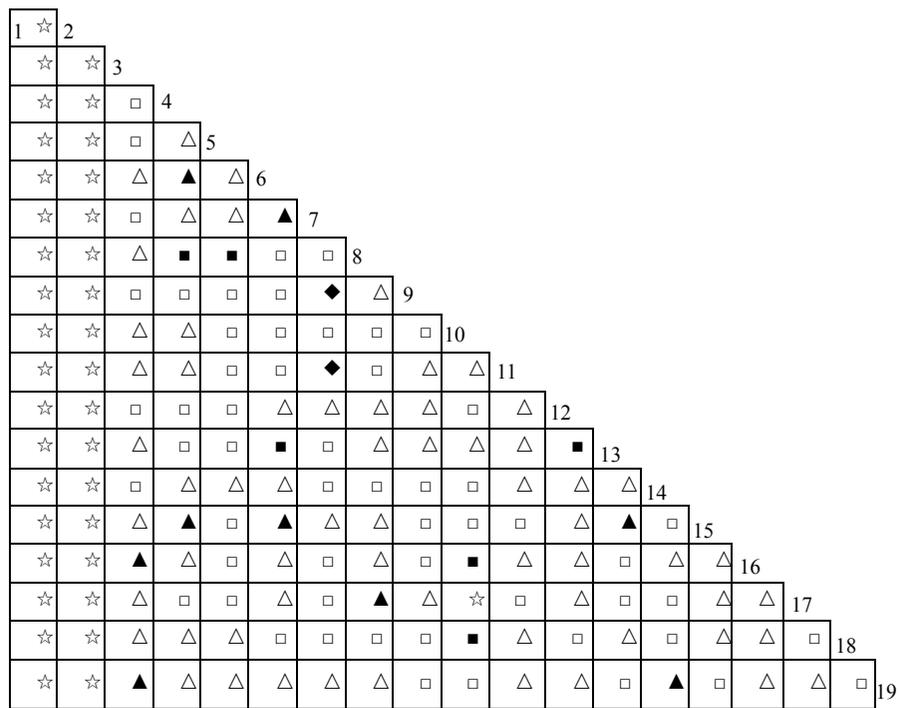


图 1 χ^2 检验半矩阵

☆表示不相关, □表示负相关, △表示正相关, ■表示显著负相关, ▲表示显著正相关, ●表示极显著正相关, ◆表示极显著负相关。1.乌心楠; 2.海南栲; 3.银柴; 4.毛柿; 5.粗糠柴; 6.山石榴; 7.厚皮树; 8.九节; 9.三角枫; 10.印度栲; 11.细基丸; 12.多穗科; 13.谷木; 14.乌墨; 15.龙眼; 16.银合欢; 17.勒欖花椒; 18.檳榔青; 19.黑面神。

Fig. 1 Semi-matrix of χ^2 correction test

☆ denotes no correlation; □ negative correlation; △ positive correlation; ■ significantly negative correlation; ▲ significantly positive correlation; ● highly significantly positive correlation; ◆ highly significantly negative correlation. 1.*Phoebe tavoyana*; 2.*Castanopsis hainanensis*; 3.*Aporosa chinensis*; 4.*Diospyros strigosa*; 5.*Mallotus philippinensis*; 6.*Catunaregam spinosa*; 7.*Lannea grandis*; 8.*Psychotria rubra*; 9.*Liquidambar formosana*; 10.*Castanopsis indica*; 11.*Polyalthia cerasoides*; 12.*Lithocarpus polystachyus*; 13.*Memecylon ligustrifolium*; 14.*Syzygium cumini*; 15.*Dimocarpus longan*; 16.*Leucaena leucocephala*; 17.*Zanthoxylum avicennae*; 18.*Spondias pinnata*; 19.*Breynia fruticosa*.

1	0.00																			
	2	0.00																		
		3	0.00																	
			4	0.50																
				5	0.40	0.67														
					6	0.78	0.67													
						7	0.63	0.63	0.75											
							8	1.00	1.00	0.40	0.33									
								9	0.30	0.20	0.30	0.10	0.57							
									10	0.45	0.70	0.45	0.54	0.36	0.36	0.40				
										11	0.50	0.44	0.33	0.30	0.10	0.22	0.43	0.56		
											12	0.63	0.40	0.30	0.56	0.50	0.50	0.38	0.36	0.38
												13	0.20	0.30	0.33	1.00	1.00	0.52	0.55	0.56
													14	0.33	0.63	0.33	0.63	0.57	0.38	0.25
														15	0.33	0.63	0.33	0.63	0.57	0.38
															16	0.57	0.33	0.22	0.33	0.10
																17	0.43	1.00	0.18	0.29
																	18	0.13	0.43	0.13
																		19	0.13	0.13
																			0.14	0.33
																			0.33	0.33
																			0.40	0.17
																			0.40	0.17
																			0.50	0.50
																			0.10	0.10

图2 Jaccard 指数半矩阵

1.乌心楠; 2.海南栲; 3.银柴; 4.毛柿; 5.粗糠柴; 6.山石榴; 7.厚皮树; 8.九节; 9.三角枫; 10.印度栲; 11.细基丸; 12.多穗科; 13.谷木; 14.乌墨; 15.龙眼; 16.银合欢; 17.勒欏花椒; 18.槟榔青 (*Spondias pinnata*); 19.黑面神。

Fig. 2 Semi-matrix of Jaccard index

1.*Phoebe tavoyana*; 2.*Castanopsis hainanensis*; 3.*Aporosa chinensis*; 4.*Diospyros strigosa*; 5.*Mallotus philippinensis*; 6.*Catunaregam spinosa*; 7.*Lanea grandis*; 8.*Psychotria rubra*; 9.*Liquidambar formosana*; 10.*Castanopsis indica*; 11.*Polyalthia cerasoides*; 12.*Lithocarpus polystachyus*; 13.*Memecylon ligustrifolium*; 14.*Syzygium cumini*; 15.*Dimocarpus longan*; 16.*Leucaena leucocephala*; 17.*Zanthoxylum avicennae*; 18.*Spondias pinnata*; 19.*Breynia fruticosa*.

种组成的 170 对种间关系进行 χ^2 分析得到其种间关联性, 其中有 71 对呈现出正相关, 占据总对数 41.76%; 有 64 对呈现出负相关, 占据总对数的 37.65%, 有 35 对为不相关, 占据总对数的 20.59%。结果说明, 海南省五指山地区低海拔乌心楠次生林群落整体结构稳定, 绝大多数种对正关联, 与总体不显著正关联的结果(表 1)一致。

通过 *J*I 半矩阵图(图 2)分析可知, 群落中 χ^2 检验为正联结的树种对 *J*I 指数都高于负联结种对 *J*I 指数数值, 指数为零的共计 36 对树种对, 说明 *J*I 指数在反映种间关联性方面与关联程度相一致。6 对树种对的 *J*I 指数等于 1, 分别为毛柿与九节、粗糠柴与九节、山石榴与谷木、印度栲与银合欢、多穗科与谷木、印度栲与勒欏花椒; *J*I 等于 0 的种对有 36 对, 说明在该群落中 36 对树种连接性弱, 即不会在同一个

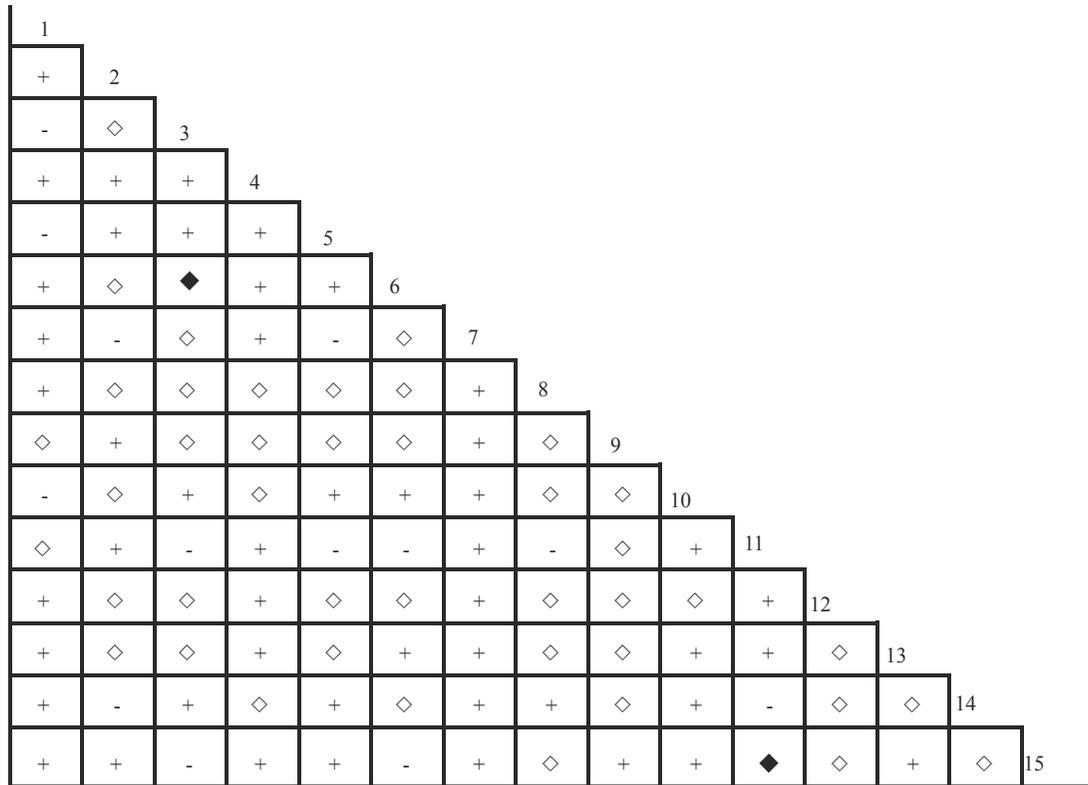


图 3 检验半矩阵

+表示正联结, -表示负联结, ◇表示无联结, ◆表示显著正联结。1.银柴, 2.九节, 3.乌心楠, 4.毛柿, 5.黑面神, 6.谷木, 7.瓜馥木, 8.龙眼, 9.假黄皮, 10.山石榴, 11.皂帽花, 12.囊瓣木, 13.印度栲, 14.硬核, 15.海南栲。

Fig. 3 Semi-matrix of correction test

+ means positive association; - negative association; ◇ no association; ◆ Significantly positive association. 1. *Aporosa chinensis*, 2. *Psychotria rubra*, 3. *Phoebe tavoyana*, 4. *Diospyros strigosa*, 5. *Breynia fruticosa*, 6. *Memecylon ligustrifolium*, 7. *Fissistigma oldhamii*, 8. *Dimocarpus longan*, 9. *Clausena excavata*, 10. *Catunaregam spinosa*, 11. *Dasymaschalon trichophorum*, 12. *Saccopetalum prolificum*, 13. *Castanopsis indica*, 14. *Scleropyrum wallichianum*, 15. *Castanopsis hainanensis*.

样方中出现。

2.3 五指山低地次生林群落灌木层种群间关联性 根据图 3 中 χ^2 检验结果, 乔木层乌心楠群落中 15 个优势种对所组成的 105 个种对关联性中, 正联结的种对有 50 对, 负联结的种对有 13 对, 分别占总种对数的 47.6% 和 12.4%, 无联结的种对有 42 对, 占总种对数的 40.7%。其中, 显著正联结的种对数仅有 2 对。显然, 正关联种对在总体之中比例最大; 负关联种对在总体之中比例最小; 而无关联的种对数仅次于正关联种对数。正关联种对数在灌木层中的比例高于乔木层中的比例, 负关联和无关联的种对数相对于乔木层中的比例有所下降, 原因可能是随着演替的进行, 为林下灌木的生长提供了好的阴荫环境。

根据图 4, 灌木层 Jaccard 指数半矩阵图中灌木层优势种间值最大为 1, 分别是乌心楠和谷木、皂帽花和海南栲, 这说明这四个物种之间相互联结最为紧密, 彼此之间互利共生。由图 3 可见, 正联结种对的数值较小, 说明整体联结性较弱, 这与灌木层优势种群整体呈不显著正关联的结论相一致。

2.4 草本层主要种群之间的关联性 采用 χ^2 检验分析了 10 种草本共计 45 个种对关联性(图 5)。草本层种间正关联 10 对, 比例为 22%; 负关联 35 对, 占总对数的 78%, 符合其总体关联性为显著负关联。草本层种群的正关联种对数较少, 负关联种对数比例较高, 说明该群落草本层在林下对资源(光、热)的争夺激烈。作为草本层的两大优势种牛筋草与飞机草, 关联性为负关联, 相互排斥。与乔木层、灌木层相比, 草本层负关联比重最大, 处于不稳定状态。

Jaccard 指数半矩阵图显示, *J* 值等于 0 的种对有 33 个, 占总对数的 73%。飞机草(*Eupatorium odoratum*)和藤竹草(*Panicum incommum*)的 *J* 值最高, 达 0.85, 这两物种存在互利共生。

分种对间存在显著的相关性,大部分种对间的联结关系不显著正关联,种对间相关性较弱。这一现象与海南中部丘陵区鸭脚木次生林群落调查^[16]和对海南文昌天然森林种间联结性针对乔木层、灌木层种间关联研究结果^[17]相同。分析原因可能是群落自身的生态学特性生物学特性以及群落演替的进程有关,也可能与该地区所处群落曾受到一定的破坏,热带森林物种多样性高,种间竞争激烈,化感反应等因素,种间相遇的概率低,因而物种之间形成了联结性弱的特点,群落的这种关系体现了热带群落特别是处于演替初期的群落的发展过程中种间保持相互对独立分布的特点。海南五指山区域低海拔次生林群落草本层则表现相反,即呈现为较多的负关联。这可能与飞机草、金钟藤等入侵植物抑制了草本植物的生长;同时随着演替进行加剧了林下草本植物对光和热竞争的加剧,造成物种间竞争和排挤激烈。这一点与海南文昌海岸香蒲桃天然次生林^[5]特征相似。

本研究结果表明,海南五指山低海拔乌心楠次生林群落中在乔木层与灌木层正联结的种对所占比例较高;其中,乔木层 $V_{R}=1.23>1$,虽表现为正联结,但未达到显著水平;同时,林下草本层呈现出主要物种种间关联呈显著负相关,表明该群落虽然形成了一定程度的稳定结构,但未完全发育成熟,整体森林群落尚处于演替初级阶段,草本层群落结构不稳定。相同或相似生态习性物种的种间联结性一般表现为正相关^[18-20]。其中在乔木层:毛柿—九节、粗糠柴—九节、山石榴—谷木、印度栲—银合欢、多穗科—谷木、印度栲—勒欏花椒种间关联性较高,呈显著正相关;黑面神与多树种种间关联性上呈正相关,说明其他大部分树种易与这些优势种混生形成相对稳定的群落。

本研究结果表明,海南五指山低地乌心楠次生林群落3个层次的优势种具有各自的种间联结性特征。乔木灌木层的总体关联性表现出不显著正关联,乔木、灌木种间虽然存在一定的联系,但未能形成稳定、协调的搭配关系,尚处于演替的初级阶段,未形成稳定的群落结构。由于金钟藤、飞机草等入侵植物在草本层中占据了优势地位,使得草本层的总体联结性呈显著负相关,种间关系不稳定。在五指山低海拔区域进行植被恢复的过程中,宜充分考虑植物群落种间关联性特征,选择正联结性较强的树种对作为生态恢复树种,如毛柿—九节、粗糠柴—九节、山石榴—谷木等种对。

参考文献:

- [1] JOHN F BRUNO, JOHN J STACHOWICZ, MARK D BERTNESS. Inclusion of facilitation into ecological theory [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2002(3): 119 – 125.
- [2] JOSEPH H CONNELL. On the Prevalence and Relative Importance of Interspecific Competition: Evidence from Field Experiments [J]. *The American Naturalist*, 1983(5): 2977 – 2990.
- [3] 张明霞, 王得祥, 康冰, 等. 秦岭华山松天然次生林优势种群的种间联结性[J]. *林业科学*, 2015, 51(1): 12 – 21.
- [4] 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.
- [5] 杨青青, 杨众养, 陈小花, 等. 热带海岸香蒲桃天然次生林群落优势种群种间联结性[J]. *林业科学*, 2017, 53(9): 105 – 113.
- [6] 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.
- [7] 陈霞, 袁在翔, 金雪梅, 等. 紫金山针阔混交林主要树种空间分布格局及种间关联性[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2018, 42(6): 84 – 90.
- [8] 梁林峰, 裴淑兰, 张钦弟, 等. 山西文冠果群落优势物种种间关联性分析[J]. *林业资源管理*, 2018(4): 76 – 83.
- [9] 彭舜磊, 闫小婷, 齐光, 等. 伏牛山栓皮栎群落优势种群种间关联动态分析[J]. *森林与环境学报*, 2018, 38(3): 326 – 333.
- [10] 国家林木种质资源平台, [EB/OL]. <http://www.nfgrp.cn/>
- [11] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(上)[J]. *生物多样性*, 1994(3): 162 – 168.
- [12] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(下)[J]. *生物多样性*, 1994(4): 231 – 239.
- [13] 岳鹏鹏, 周静静, 王华. 毛乌素沙地东缘黑沙蒿群落种间联结性分析[J]. *生态科学*, 2017, 36(6): 147 – 152.
- [14] 何增丽, 许涵, 秦新生, 等. 海南尖峰岭热带山地雨林 2 种夹竹桃科植物的空间分布格局与关联性[J]. *生物多样性*, 2017, 25(10): 1065 – 1074.
- [15] 何增丽. 海南尖峰岭热带山地雨林 4 种夹竹桃科植物空间分布格局研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [16] 王牌, 苟志辉, 农寿千, 等. 海南中部丘陵区鸭脚木次生林群落种间的关联性[J]. *热带生物学报*, 2018, 9(4): 409 – 417.

- [17] 杨青青, 陈小花, 余雪标, 崔喜博, 李然, 高刘, 薛杨, 王小燕. 热带海岸次生林群落主要乔木的种间关联分析[J]. *热带植物学报*, 2016, 37(5): 1037 – 1042.
- [18] 陈玉凯, 杨小波, 李东海, 等. 海南霸王岭油丹所在群落的优势种群种间联结性研究[J]. *热带亚热带植物学报*, 2011, 19(3): 237 – 244.
- [19] 姚雪芹, 毕润成, 张钦弟, 等. 山西太岳山辽东栎群落木本植物功能群分类[J]. *西北植物学报*, 2015, 35(6): 1246 – 1253.
- [20] 戴小华, 余世孝, 练璐璐. 海南岛霸王岭热带雨林的种间分离[J]. *植物生态学报*, 2003, 27(3): 380 – 387.

Interspecific Associations in the *Phoebe tavoyana* Secondary Forest Communities in the Low-altitude Area of Mount Wuzhishan

JIANG Naiqi¹, ZHONG Shengyun², YU Xuebiao¹

(1. College of Ecology and Environment, Haikou, Hainan 570228, China; 2. Hainan Forestry Research Institute, Haikou, Hainan 572299, China)

Abstract: An attempt was made to analyze the interspecific associations between the tree layer, shrub layer and herb layer within the *Phoebe tavoyana* (Meissn.) Hook f secondary forest communities in the low-altitude areas of Mount Wuzhishan in Hainan Province with a view to making clear the inherent laws between community succession and association for the conservation, restoration and reestablishment of the *P. tavoyana* natural secondary communities in the low-altitude areas of Mount Wuzhishan. Based on the quadrat survey the overall associations among the populations of 19 tree species, 15 shrub species and 10 herbaceous species within the 8 quadrat sampling sites of the *P. tavoyana* secondary forest communities which have been restored for the longest time duration were analyzed by using 2×2 contingency table, variance ratio method, chi-square test and Jaccard indexes. The analysis showed that the overall associations among the dominant populations were not significantly correlated at the tree and shrub layers in the *P. tavoyana* secondary forest communities. The Jaccard indexes were highly consistent with the results of the chi-square test. There were more species pairs with positive than negative correlation. The species pairs with significantly positive correlation were in the minority, while those with insignificantly positive correlation were in the majority. The overall associations among the dominant populations at the herb layer were significantly negatively correlated, with a small number of herbaceous species positively correlated and a large number of herbaceous species negatively correlated, which suggests fierce competition for sunlight and heat resources among the herbaceous species. It is concluded that the *P. tavoyana* secondary forest communities in the low-altitude areas of Mount Wuzhishan in Hainan are loosely structured.

Keywords: Mount Wuzhishan; *Phoebe tavoyana*; interspecific association; Jaccard index; χ^2

(责任编辑:叶 静)