

文章编号: 1674-7054(2018)04-0409-09

海南中部丘陵区鸭脚木次生林群落种间的关联性

王 牌^{1,2}, 苟志辉¹, 农寿千¹, 黄川腾¹, 林 玲¹, 余雪标²

(1. 海南省枫木实验林场, 海南 屯昌 571000; 2. 海南大学 热带农林学院, 海口 570228)

摘 要: 为了研究海南热带中部丘陵区鸭脚木天然次生林群落乔木层、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, 为丘陵区鸭脚木天然次生林的保护、恢复与重建提供理论依据。笔者采用 2×2 列联表, 运用方差比率法、 χ^2 检验、jaccard 指数计算 15 个乔木物种、19 个灌木物种和 15 个草本物种的总体关联性。结果表明, 鸭脚木群落所有层次总体上呈不显著正联结, 其中显著正关联总对数为 10 对, jaccard 指数与 χ^2 检验结果高度一致。海南中部丘陵区鸭脚木群落优势种种间联结松散, 优势种的种间关系整体不紧密, 处于动态演替的不稳定期。物种之间存在一定的独立性, 整体趋向稳定发展, 实践中应将正联结较强的树种加以保护, 以缩短海南中部丘陵区鸭脚木群落天然次生林演替的进程。

关键词: 海南中部丘陵; 种间联结; 方差比率; 鸭脚木; 次生林

中图分类号: S 718.54

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2018.04.007

种间关联是群落稳定演替和维持群落结构稳定的重要指标^[1-2], 是以个体数量为依据的定量关系。种间关联是表示 2 个不同物种相似性的一种尺度, 对于正确认识群落的结构、功能和分类以及物种多样性的维持机制有着重要的指导意义, 它是由于群落生境的差异影响了物种的分布而引起的^[3]。种间联结性的研究可以描述群落构成的静态变化^[4], 是调查森林结构种间关系常用的分析指标^[5-8]。目前, 对于种间关联性的研究已有不少报道^[4,7,9-10]。鸭脚木(*Schefflera octophylla*) 隶属五加科鹅掌柴属阔叶植物, 是我国热带、亚热带地区具有多种用途的一个乡土阔叶树种, 既有观赏价值也有药用价值^[11], 也是分布于海南中部丘陵地带的主要阔叶树种之一。近年来, 海南中部丘陵区鸭脚木群落种间关联性的研究十分匮乏, 为此, 笔者对海南中部丘陵区鸭脚木群落乔木层、灌木层和草本层优势种群的种间关联展开研究, 为全面了解该地区鸭脚木群落的种间关系、群落构建和演替动态提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 样地概况 目标区域设置在海南省屯昌县枫木实验林场。海南省枫木实验林场位于海南中部偏北丘陵地带(地处东经 $109^{\circ}56' \sim 109^{\circ}58'$, 北纬 $19^{\circ}11' \sim 19^{\circ}15'$), 属热带季风气候地区, 年平均气温 24°C , 极端最高气温为 39.1°C , 极端最低气温为 3.8°C 。林场地貌属丘陵地貌, 平均海拔 235 m, 土壤类型主要为砖红壤和赤红壤。枫木实验林场的总面积 1 200 km², 其中公益林约 800 km²。公益林多由次生林组成, 其部分不同年龄阶段的次生林是在经济采伐后恢复的, 群落内植物资源丰富。公益林区次生林群落外貌终年常绿, 林冠稠密, 林区平均海拔 330 m 以上的地区受人类活动的干扰较小, 植被类型主要为热带丘陵区次生林, 森林覆盖率达 80% ~ 90%。调查样地为 1989 年始实行封山育林而划定的类似自然生长的次生公益林, 林区内有 1978 年择伐后种植的马尾松人工林、橡胶林和马占相思林。公益林区次生林以自然植被为主(87.5%), 有少量的人工植被(12.5%)。天然植被有鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、黄杞(*En-*

收稿日期: 2018-03-04

修回日期: 2018-09-18

基金项目: 海南省属科研院所技术开发专项(KYYS-2016-18)

作者简介: 王牌(1992-), 男, 海南大学热带农林学院 2015 级硕士研究生. E-mail: 1261055783@qq.com

通信作者: 农寿千(1985-), 男, 工程师. 研究方向: 热带植物培育与森林生态研究. E-mail: nshqd@163.com

gelhardia roxburghiana)、黄牛木(*Cratoxylum cochinchinense*)、银柴(*Aporosa dioica*)、杜英(*Elaeocarpus decipiens*)、山麻黄(*Ephedra equisetina*)、罗浮锥(*Castanopsis faberi*)、芳槁润楠(*Machilus suaveolens*)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、白颜树(*Gironniera subaequalis*)、中华石楠(*Photinia beauverdiana*)、九节(*Psychotria rubra*)、显脉杜英(*Elaeocarpus dubius*)、鱼骨木(*Canthium dicoccum*)等;人工植被有马占相思(*Acacia mangium*)、椰子树(*Cocos nucifera* L.)、马尾松(*Pinus massoniana*)。本次调查样地类型几乎囊括了公益林不同特征森林类型(图1)。

1.2 样地设置及调查 笔者于2016年7月在有代表性的地段雷公滩、琼凯岭、晒谷岭采用步行实地踏查,调查结果为,林区内平均海拔以下地区多为结构单一的橡胶林、槟榔林等,人为干扰比较大;林区内平均海拔以上地区的林分大多郁闭度高,群落结构复杂。根据海南省枫木实验林场次生公益林的立地条件、林分状况以及次生公益林的面积大小,确定在平均海拔以上地区以20 m×20 m布设15个典型样方,记录样地经纬度、海拔、坡位、坡向、坡度、植被类型等。乔木层采用每木调查方法分别记录每株树的种类、胸径、树高、枝下高、冠幅等指标。每个样地内设置4个5 m×5 m的灌木样方和5个1 m×1 m的草本样方,分别记录灌木层的种类及高度,草本层种类及盖度等指标。

1.3 数据处理

1.3.1 重要值计算 利用重要值计算公式分别计算森林群落乔木层、灌木层和草本层物种的重要值。

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 + 相对频度) / 2;

草本层重要值(Important value of Herb) = (相对盖度 + 相对频度) / 2。

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;相对频度指某一物种数出现的样方数占总样方数比例;相对显著度指某个树种的胸高断面积占全部树种胸高断面积的总和的比例;相对盖度指某个物种的盖度占有所有物种的总盖度的百分比。

1.3.2 种间关联性测定方法 依据重要值选出乔木层、灌木层、草本层的优势物种做鸭脚木次生林优势种群落关联性分析。通过分析自然植被的种间关系,排除人工植被马占相思(*Acacia mangium*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、槟榔树(*Areca catechu*)、橡胶树(*Rubber*)、椰子树(*Cocos nucifera*)等干扰因素,采用零联结模型导出方差比率。导出公式:

$$\begin{aligned}\delta_T^2 &= \sum_{i=1}^s P_i (1 - P_i), \\ S_T^2 &= (1/N) \sum_{i=1}^N (T_i - t)^2, \\ P_i &= n_i / N, \\ VR &= S_T^2 / \delta_T^2,\end{aligned}$$

式中: S 指总的物种数; N 指总样方数, T_i 指样方 i 内出现的研究物种总数; n_i 指物种 i 出现的样方数; t 表示样方中物种平均数; P_i 指物种 i 出现的频度; S_T 表示所有样方物种数的方差; δ_T 指所有物种出现的频度的方差; VR (Variance ration) 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 (Weight,) 检验 VR 值偏离1的显著程度。 $W = VR \times N$, N 指总样方数。

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^[2]。

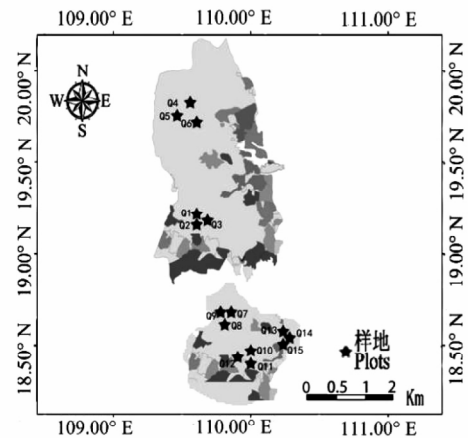


图1 样地区域位置

Fig.1 Location of Sampling sites

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

式中: a 指成对物种同时出现的样方数; b 和 c 分别指成对物种中 1 个物种出现的样方数; d 指成对物种都未出现的样方数。当 $ad > bc$ 时为正联结, $ad < bc$ 时为负联结。通常 $P > 0.05 (\chi^2 < 3.841)$ 时, 成对的 2 个物种独立分布; $0.01 < P < 0.05 (3.841 < \chi^2 < 6.635)$ 时, 种间关联显著; $P < 0.01 (\chi^2 > 6.635)$ 时, 种间关联极显著^[3]。通过 Jaccard 指数(JI) 来测定种对间相伴随出现的联结性程度和概率。

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

当 $a = 0$, $JI = 0$, 即无关联; 当 $a = N$ (总样方数) 时, $JI = 1$, 即关联最紧密。

2 结果与分析

2.1 鸭脚木群落主要种群间的总体关联性 由表 1 可见, 乔木层 $VR = 1.13 > 1$, 表明乔木层物种间总体为不显著正关联; $W = 16.95$, 在临界值之内, 说明所选的 15 种乔木主要种群种间总体联结性不显著。灌木层 $VR = 1.23 > 1$, 表明灌木层物种间总体为不显著正关联; $W = 18.45$, 在临界值之内, 说明所选的 19 种灌木主要种群种间总体联结性不显著。草本层 $VR = 1.20 > 1$, 表明物种间总体为不显著正关联; $W = 18$, 在临界值之内, 说明所选的 15 种草本主要种群种间总体联结性不显著。

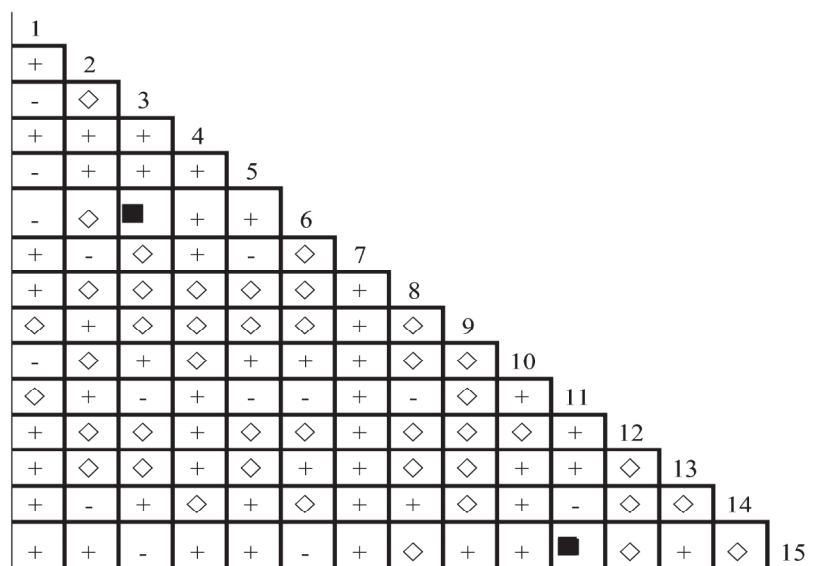
表 1 鸭脚木群落各层次主要种群种间的总体关联分析
Tab. 1 The overall interspecific correlation analysis of the main populations at all layers of the *Schefflera octophylla* community

层次 Layer	方差比率/VR	检验统计量 Test statistic W	临界值 Critical value $\chi^2_{0.95} N < W < \chi^2_{0.05} N$	测定结果 Result
乔木层 Arbor layer	1.13	16.95	7.26, 25.00	不显著正联结 Not significantly correlated
灌木层 Shrub layer	1.23	18.45	7.26, 25.00	不显著正联结 Not significantly correlated
草本层 Herb layer	1.20	18.00	7.26, 25.00	不显著正联结 Not significantly correlated

2.3 鸭脚木群落主要种群的种对关联性

2.3.1 乔木层种群种对间关联性 根据图 2 中 χ^2 检验结果, 分析鸭脚木群落中 15 个优势乔木物种组成的 105 个种对关联性。在鸭脚木群落乔木的主要物种中, 符合正关联的种对有 49 对, 负关联的种对有 14 对, 无关联种对有 42 对, 分别占总对数的 46.7%, 13.3%, 40.0%。显著正联结的种对数有 2 对分别为中平树—银柴, 白颜树—假苹婆。显然, 大多数种对为正联结, 但未达到显著水平; 负关联种对数相对较少; 无关联种对数仅次于正关联种对数。结果说明, 海南中部丘陵区鸭脚木群落整体结构稳定, 绝大多数种对正关联, 与总体不显著正关联的结果(表 1) 相一致。通过 JI 指数半矩阵图(图 3) 查看乔木层群落内种间联结度, 结果表明 χ^2 检验中显著正关联种对的 JI 值都比较高, 而负联结种对的 JI 值都较小, 无关联的种对 JI 值为零, 这说明该 Jaccard 指数在反映种对间关联性与关联程度方面较一致; 4 个种对的 $JI > 0.5$, 分别为鸭脚木和黄杞, 中平树和银柴, 黄杞和白颜树, 白颜树和假萍婆; $JI = 0$ 的种对有 42 对, 说明在该群落中这 42 个物种的联结性较弱, 即不会在同一样方中出现。

2.3.2 灌木层种群种对间关联性 根据图 4 中 χ^2 检验的结果, 分析鸭脚木群落中 19 种优势种灌木物种组成的 171 个种对关联性。在鸭脚木群落灌木的主要种群中, 符合正关联的种对为 114 对, 负关联的种对有 34 对, 无关联的种对有 23 对, 分别占总对数的 66.7%, 19.9%, 13.4%。显著正联结的种对有 4 对, 分别为粉背菝葜—假鹰爪, 毛稔—乌墨, 厚皮树—乌墨, 毛稔—毛黄肉楠。这说明灌木层相对于乔木层来说, 大部分物种适应了林下环境, 大多数灌木对于立地条件(生境) 的要求相似, 这与灌木物种的不显著正关联性检验结果相同。

图 2 χ^2 检验半矩阵Fig.2 Semi-matrix of χ^2 correlation test

+:正联结 Positively correlated; -:负联结 Negatively correlated; ◇:无联结 Not correlated; ■:显著正联结 Significantly positively correlated

1:鸭脚木 *Schefflera octophylla*; 2:黄牛木 *Cratoxylum cochinchinense*; 3:中平树 *Macaranga denticulata*; 4:显脉杜英 *Elaeocarpus dubius*; 5:中华石楠 *Photinia beauverdiana*; 6:银柴 *Aporosa dioica*; 7:黄杞 *Engelhardtia roxburghiana*; 8:杜英 *Elaeocarpus dubius*; 9: 山麻黄 *Ephedra equisetina*; 10: 漆树 *Toxicodendron vernicifluum*; 11: 白颜树 *Gironniera subaequalis*; 12: 罗浮锥 *Castanopsis faberi*; 13: 香楠 *Aidia canthioides*; 14: 芳樟润楠 *Machilus suaveolens*; 15: 假苹婆 *Sterculia lanceolata*

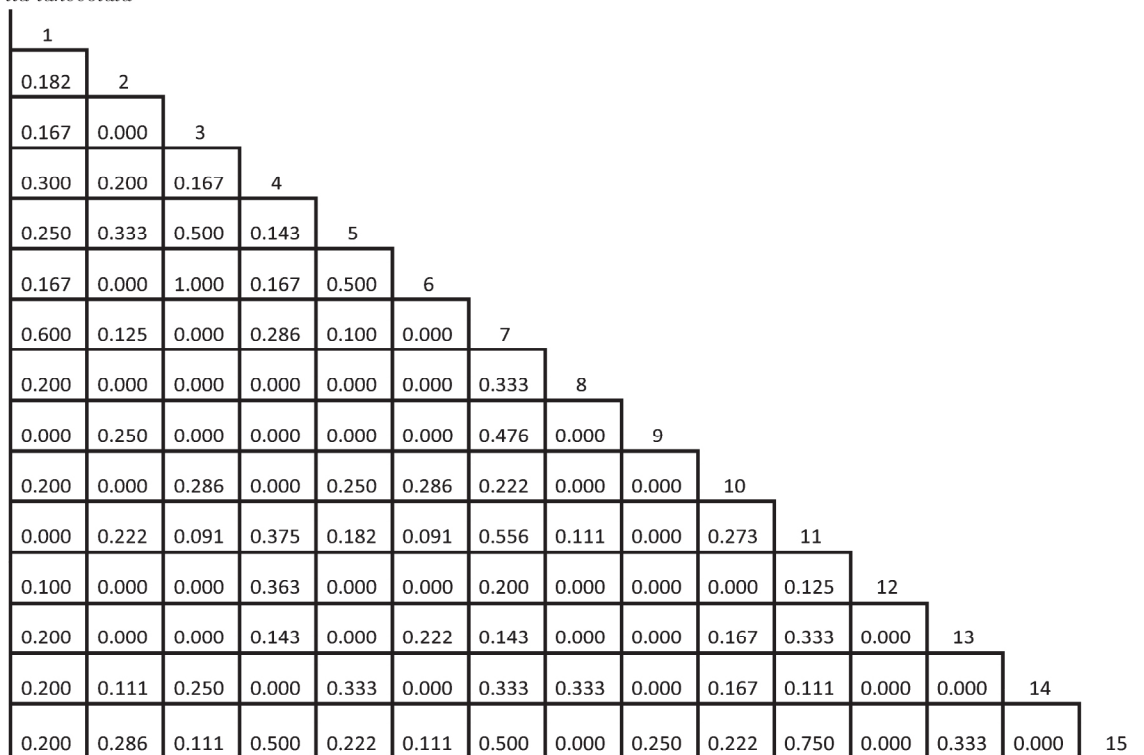


图 3 Jaccard 指数半矩阵

Fig.3 Semi-matrix of Jaccard index

1:鸭脚木 *Schefflera octophylla*; 2:黄牛木 *Cratoxylum cochinchinense*; 3:中平树 *Macaranga denticulata*; 4:显脉杜英 *Elaeocarpus dubius*; 5:中华石楠 *Photinia beauverdiana*; 6:银柴 *Aporosa dioica*; 7:黄杞 *Engelhardtia roxburghiana*; 8:杜英 *Elaeocarpus dubius*; 9: 山麻黄 *Ephedra equisetina*; 10: 漆树 *Toxicodendron vernicifluum*; 11: 白颜树 *Gironniera subaequalis*; 12: 罗浮锥 *Castanopsis faberi*; 13: 香楠 *Aidia canthioides*; 14: 芳樟润楠 *Machilus suaveolens*; 15: 假苹婆 *Sterculia lanceolata*

1																		
-	2																	
+	◇	3																
+	+	+	4															
-	+	+	◇	5														
+	+	+	+	+	6													
+	+	◇	+	+	+	7												
-	+	-	-	+	◇	+	8											
+	+	+	+	+	+	+	■	◇	9									
■	-	■	+	◇	+	◇	+	+	+	10								
+	-	+	+	◇	+	+	+	+	+	-	11							
-	+	+	-	+	+	+	+	◇	+	+	◇	12						
+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	13					
◇	+	+	+	+	+	-	+	◇	+	◇	+	-	14					
-	+	+	+	-	-	+	◇	+	-	+	+	◇	+	15				
-	+	◇	+	+	+	+	-	◇	-	+	+	◇	+	+	16			
+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	◇	+	+	-	-	17		
+	-	+	+	◇	+	-	+	+	+	+	+	-	◇	+	+	-	18	
■	-	+	-	-	-	+	◇	+	+	+	+	+	+	◇	+	+	+	19

图4 χ^2 检验半矩阵Fig.4 Semi-matrix of χ^2 correction test

+:正联结 Positively correlated; -:负联结 Negatively correlated; ◇:无联结 Not correlated;

■:显著正联结 Significantly positively correlated

1:毛稔 *Melastoma sanguineum*; 2:黄毛粗叶木 *Lasianthus koi*; 3:厚皮树 *Lannea coromandelica*; 4:鼎湖血桐 *Macaranga sampsonii*; 5:钩枝藤 *Ancistrocladus tectorius*; 6:斜基粗叶木 *Lasianthus wallichii*; 7:粉背菝葜 *Smilax hypoglauca*; 8:山骨罗竹 *Schizostachyum hainanense*; 9:假鹰爪 *Desmos chinensis*; 10:乌墨 *Syzygium cumini*; 11:香港鹰爪花 *Artabotrys hongkongensis*; 12:羽叶金合欢 *Acacia pennata*; 13:多花瓜馥木 *Fissistigma polyanthum*; 14:琼中柯 *Lithocarpus chiungchungensis*; 15:沉香 *Aquilaria sinensis*; 16:越南悬钩子 *Rubus cochinchinensis*; 17:海南红豆 *Ormosia pinnata*; 18:土蜜树 *Bridelia tomentosa*; 19:毛黄肉楠 *Actinodaphne pilosa*

图5表明, Jaccard 指数半矩阵图中灌木层优势种间 *J*I 值最大为 0.667, 即相对于其他物种来说厚皮树和乌墨的联结最紧密, 可以为对方的生存提供有利条件。虽然正关联的灌木种对数多于负关联的种对数, 但这些正关联的灌木层种对的 *J*I 值都较小, 这说明灌木层优势种群正联结性较弱, 符合灌木层优势种群整体呈不显著正关联的结论。

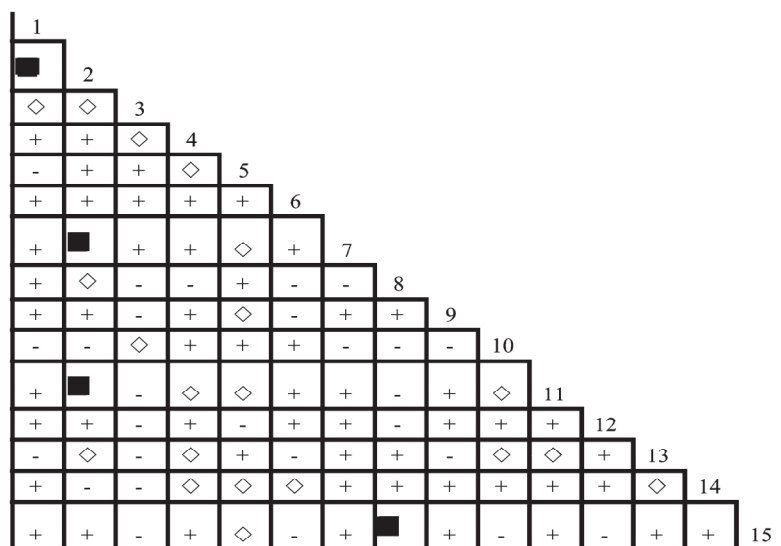
2.3.3 草本层种群种间关联性 图6显示, 草本层种间正关联的种对有 58 对, 负关联有 27 对, 无联结 20 对, 分别占总对数的 55.2%, 25.7%, 19.1%。与乔木层、灌木层相比, 草本层种间正关联种对数保持平稳, 而负关联种对数比灌木层的多, 这说明, 经过一定时间的演替以后生活在灌木层下的草本层大多适应了林下荫蔽的环境。显著正关联的种对有 4 对, 分别为奥图草—金钟藤, 金钟藤—毛叶轮环藤, 金钟藤—飞机草, 蔓九节—牛尾菜。林下草本植物多为阴性植物, 因此, 正联结种对数较多, 彼此之间相互依赖而生存。图7表明, Jaccard 指数半矩阵图中灌木层优势种间 *J*I 值最大为 0.75, 即相对其他物种来说, 蔓九节和牛尾菜的联结最紧密, *J*I 值为 0 的种对有 20 对, 表明该 20 对不会出现在同一样方中。

1																		
0.091	2																	
0.400	0.000	3																
0.167	0.286	0.250	4															
0.125	0.375	0.400	0.000	5														
0.429	0.428	0.250	0.250	0.167	6													
0.143	0.250	0.000	0.286	0.333	0.200	7												
0.111	0.143	0.090	0.083	0.250	0.000	0.111	8											
0.429	0.250	0.167	0.372	0.400	0.143	0.600	0.000	9										
0.600	0.072	0.667	0.286	0.000	0.400	0.000	0.250	0.333	10									
0.400	0.090	0.167	0.400	0.000	0.250	0.333	0.250	0.200	0.090	11								
0.090	0.143	0.167	0.111	0.333	0.400	0.204	0.000	0.222	0.286	0.000	12							
0.167	0.286	0.143	0.333	0.333	0.250	0.250	0.125	0.167	0.072	0.500	0.272	13						
0.000	0.286	0.286	0.333	0.500	0.250	0.090	0.500	0.000	0.400	0.000	0.272	0.111	14					
0.111	0.143	0.286	0.500	0.090	0.111	0.286	0.000	0.272	0.134	0.250	0.311	0.000	0.333	15				
0.111	0.286	0.000	0.333	0.200	0.250	0.285	0.111	0.000	0.111	0.027	0.272	0.000	0.272	0.333	16			
0.333	0.444	0.143	0.143	0.110	0.286	0.222	0.167	0.375	0.286	0.027	0.000	0.333	0.286	0.027	0.016	17		
0.333	0.111	0.250	0.250	0.000	0.500	0.027	0.222	0.333	0.500	0.365	0.250	0.036	0.000	0.333	0.250	0.125	18	
0.600	0.111	0.250	0.125	0.090	0.125	0.200	0.000	0.333	0.500	0.365	0.200	0.200	0.036	0.000	0.372	0.500	0.200	19

图5 Jaccard 指数半矩阵

Fig.5 Semi-matrix of Jaccard index

1: 毛稔 *Melastoma sanguineum*; 2: 黄毛粗叶木 *Lasianthus koi*; 3: 厚皮树 *Lannea coromandelica*; 4: 鼎湖血桐 *Macaranga sampsonii*; 5: 钩枝藤 *Ancistrocladus tectorius*; 6: 斜基粗叶木 *Lasianthus wallichii*; 7: 粉背菝葜 *Smilax hypoglauca*; 8: 山骨罗竹 *Schizostachyum hainanense*; 9: 假鹰爪 *Desmos chinensis*; 10: 乌墨 *Syzygium cumini*; 11: 香港鹰爪花 *Artabotrys hongkongensis*; 12: 羽叶金合欢 *Acacia pennata*; 13: 多花瓜馥木 *Fissistigma polyanthum*; 14: 琼中柯 *Lithocarpus chiungchungensis*; 15: 沉香 *Aquilaria sinensis*; 16: 越南悬钩子 *Rubus cochinchinensis*; 17: 海南红豆 *Ormosia pinnata*; 18: 土蜜树 *Bridelia tomentosa*; 19: 毛黄肉楠 *Actinodaphne pilosa*

图6 χ^2 检验半矩阵Fig.6 Semi-matrix of χ^2 correction test

+:正联结 Positively correlated; -:负联结 Negatively correlated; ◇:无联结 Not correlated; ■:显著正联结 Significantly positively correlated

1:奥图草 *Ottochloa nodosa*; 2:金钟藤 *Merremia boissiana*; 3:艳山姜 *Alpinia zerumbet*; 4:美丽猕猴桃 *Actinidia melliana*; 5:小芒虎耳草 *Saxifraga aristulata*; 6:珍珠茅 *Scleria hebecarpa*; 7:毛叶轮环藤 *Cyclea barbata*; 8:蔓九节 *Psychotria serpens*; 9:藤竹草 *Panicum incommum*; 10:沙皮蕨 *Hemigramma decurrans*; 11:飞机草 *Eupatorium odoratum*; 12:海芋 *Alocasia macrorrhiza*; 13:黑莎草 *Gahnia tristis*; 14:仙茅 *Curculigo orchoides*; 15:牛尾菜 *Smilax riparia*

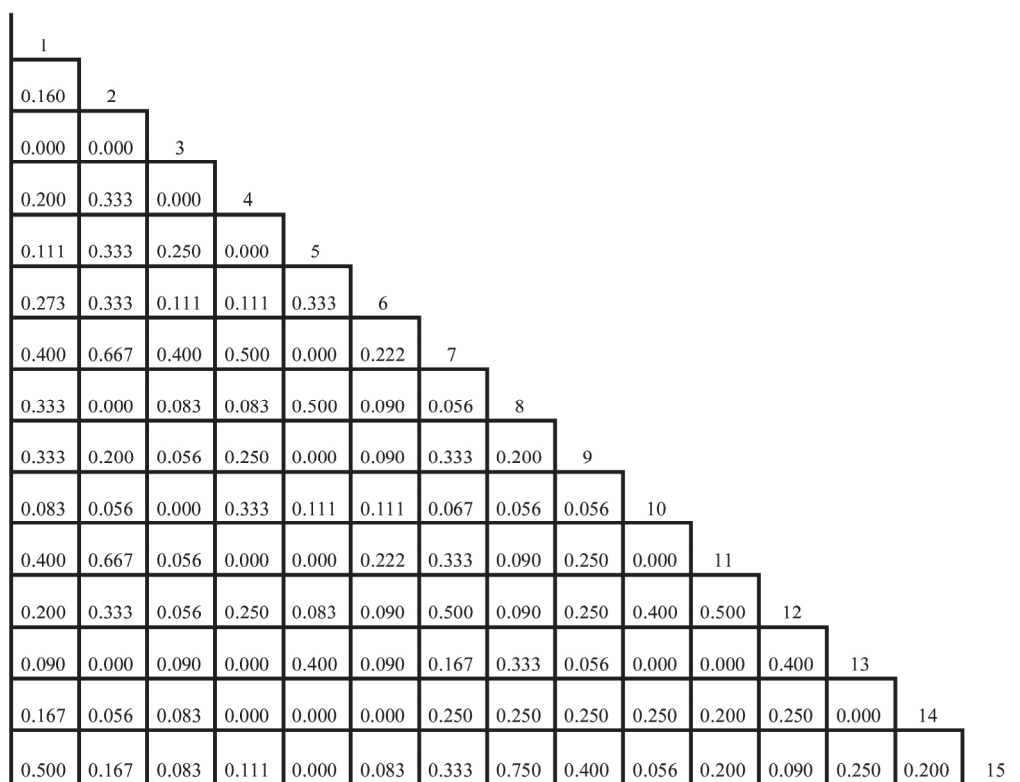


图7 Jaccard 指数半矩阵

Fig.7 Semi-matrix of Jaccard index

1:奥图草 *Ottochloa nodosa*; 2:金钟藤 *Merremia boissiana*; 3:艳山姜 *Alpinia zerumbet*; 4:美丽猕猴桃 *Actinidia melliana*; 5:小芒虎耳草 *Saxifraga aristulata*; 6:珍珠茅 *Scleria hebecarpa*; 7:毛叶轮环藤 *Cyclea barbata*; 8:蔓九节 *Psychotria serpens*; 9:藤竹草 *Panicum incommum*; 10:沙皮蕨 *Hemigramma decurrans*; 11:飞机草 *Eupatorium odoratum*; 12:海芋 *Alocasia macrorrhiza*; 13:黑莎草 *Gahnia tristis*; 14:仙茅 *Curculigo orchoides*; 15:牛尾菜 *Smilax riparia*

3 讨 论

海南中部丘陵区鸭脚木次生林群落总体上表现为较多的正联结,但显著性较低,只有少部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,种对间相关性较弱。这可能与海南鸭脚木群落自身的生态学和生物学特性以及群落的发展阶段有关,也可能与该地区海南鸭脚木所处群落曾受到一定的破坏,以及热带森林的物种多样性高,组成群落的种类复杂,其种群间相遇的概率较低,其种间联结性并不一定呈现正联结的特性,而呈现出弱联结、零联结或负联结的可能性较大有关,这一结论在一些热带林的种间联结性研究中已得到验证^[4],表明热带森林的组成种群具有相对独立分布的特征。据笔者的调查结果,海南鸭脚木群落中正联结的种对所占比例还较多,这反映了调查对象还未完全发育为成熟结构的森林生态系统,尚处于演替的初级阶段。其中,乔木层 $VR = 1.13 > 1$,虽表现为正联结,但未达到显著水平,与海南油杉群落种间关联性相似^[8]。灌木层与乔木层相似总体表现为正联结,但未达到显著水平,草本层优势种也表现出种群具有相对独立分布的特征。

鸭脚木群落中正联结的种对分布范围较广的植物有鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、黄牛木(*Cratoxylum cochinchinense*)、银柴(*Aporosa dioica*)、黄毛粗叶木(*Lasianthus koi*)、海南红豆(*Ormosia pinnata*)、珍珠茅(*Scleria hebecarpa* Nees)、奥图草(*Ottlochloa nodosa*)、金钟藤(*Merremia boissiana*)与多数种的联结性较强,表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,而群落中分布较窄的物种有山麻黄(*Ephedra equisetina*)、山骨罗竹(*Schizostachyum hainanense*)、沉香(*Aquilaria sinensis*)、艳山姜(*Alpinia zerumbet*)、沙皮蕨(*Hemigramma decurrens*)、黑莎草(*Gahnia tristis*)等与多数种的负联结性较强,与大部分树种联结的 $J1 = 0$,表明上述树种的生活习性不适应鸭脚木群落的生态。

χ^2 检验结果表明,海南中部丘陵区鸭脚木群落乔木层、灌木层、草本层优势种群间的总体关联性为正关联,乔木层与草本层的正关联物种对接近 50%,灌木层的正关联物种对数超过 50%。正关联总对数为 221,负关联总对数为 75,无关联总对数为 85,正关联物种对数占总物种对数 58%,且均为不显著关联,说明其总体关联程度小,这与洪伟^[3]、罗梅和郑小贤^[8]的结论一致;负关联与无关联占 42%,这与支提山突脉青冈乔木林优势种群种间关联性研究^[4]以及张明霞^[9]等对秦岭山地华山松次生林的研究结果相似,说明海南中部丘陵区鸭脚木群落处于动态演替阶段。笔者建议,对连接度高的森林,必须严格封育保护,划定旅游红线,禁止一切人为活动干扰,保护顶级群落,促进其向顶级群落演替;对连接度中等的森林,实行封山育林保护好林窗,促进次林层生态伴生树种生长,增加乔木层和灌木层物种多样性,保护林下枯枝落叶和粗木质残体,增加土壤有机质和氮素输入,促进群落顺利演替;对处于低海拔地段连接度较低的森林,分类进行经营;对处于演替早期阶段的森林,严格封育措施,避免人类活动的干扰,加快森林自然演替的进程;加强对正关联比较紧密的物种对的培育与繁殖,提高树种之间的联结性,根据造林环境和生态恢复阶段选择不同的生态种组,将有利于人工林和自然林的稳定与发展。

参考文献:

- [1] 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 I. 种间联结测试的探讨与修正 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(4): 274-285.
- [2] DALE M R T, BLUNDON D J, MACLSAAC D A, et al. Multiple species effects and spatial autocorrelation in detecting species associations [J]. Journal of Vegetation Science, 1991, 2(5): 653-642.
- [3] 钟宇, 张健, 杨万勤, 等. 巨桉人工林灌木层优势种的种间联结性分析 [J]. 生态环境学报, 2010, 19(3): 631-636.
- [4] 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.
- [5] 邓莉萍, 白雪娇, 李露露, 等. 辽东山区次生林优势木本植物种间联结与相关分析 [J]. 生态学杂志, 2015, 34(6): 1473-1479.

- [6] 曹静,白玉宏,张钦弟,等. 山西太岳山接骨木群落优势种种间关联性分析 [J]. 生态学杂志,2015,34(5):1313-1319.
- [7] 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.
- [8] 罗梅,郑小贤. 福建将乐林场常绿阔叶次生林主要种群种间联结性研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2016,44(8):135-142.
- [9] 陈玉凯,杨小波,李东海,等. 海南霸王岭海南油杉群落优势种群的种间联结性研究 [J]. 武汉植物学研究,2011,29(3):278-287.
- [10] 黄世能,李意德,骆士寿,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.
- [11] 李华基,雷松林,曾建雄,等. 鸭脚木的生物学生态学特性及其人工培育技术 [J]. 广东林业科技,2011,27(4):59-63.
- [12] 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.
- [13] 刘金福,洪伟,樊后保,等. 天然格氏栲林乔木层种群种间关联性研究 [J]. 林业科学,2001,37(4):117-123.
- [14] 戴小华,余世孝,练琚藩. 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.
- [15] 洪伟,柳江,吴承祯. 红锥种群结构和空间分布格局的研究 [J]. 林业科学,2001,37(S1):6-10.
- [16] 朱传县. 支提山突脉青冈林乔木层种群种间关联性的研究 [J]. 福建林业科技,2005,32(4):73-76,85.

Interspecific Association of *Schefflera octophylla* Secondary Forest Communities in the Central Part of Hainan

WANG Pai^{1,2}, GOU Zhihui¹, NONG Shouqian¹, HUANG Chuangteng¹, Ling Ling¹, YU Xuebiao²

(Hainan Fengmu Experimental Tree Farm 571100, College of Environment and Plant Protection, Hainan University, Hainan 570228, China)

Abstract: The interspecific associations of dominant species in the tree layer, shrub layer and herb layer in the natural secondary forest of *Schefflera octophylla* in the hilly tropical region of the central part of Hainan were studied in order to clarify the inherent laws of community succession and interspecific association in the *S. octophylla* community to provide a theoretical basis for the conservation, restoration and re-establishment of the *S. octophylla* community. The overall association of 15 tree species, 19 shrub species and 15 herbaceous species in the *S. octophylla* community was calculated by using contingency tables, variance ratio test, and Jacard index. The results showed there was generally no significant positive correlation between all the layers of the *S. octophylla* community, although there were 10 pairs of species with significant positive correlation, and the Jacard index was highly consistent with the test. The dominant species in the *S. octophylla* community in the hilly area of central Hainan Island were loosely correlated, and the interspecific correlation of the dominant species was not close and was at an unstable stage of dynamic succession. The plant species were somewhat separate to each other and tended to develop steadily. In practice the plant species that are highly correlated with each other should be protected in order to shorten the succession of *S. octophylla* secondary natural forest in the hilly area of the central part of Hainan.

Keywords: Hills in the Central Hainan; interspecific association; variance ratio; *Schefflera octophylla*; secondary natural forest

(责任编辑: 叶 静)