

网络出版时间:2016-07-12 08:45

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.08.020

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160712.0845.040.html>

福建将乐林场常绿阔叶次生林 主要种群种间联结性研究

罗 梅, 郑小贤

(北京林业大学 林学院, 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

[摘 要] 【目的】研究福建省将乐国有林场常绿阔叶次生林主要种群间的联结性, 为探索植物群落演替及原生性植被类型的恢复提供依据, 为该林场常绿阔叶次生林的可持续经营提供参考。【方法】采用样地调查法, 在福建将乐林场选取重要值较大的 22 个树种, 利用种间联结指数 VR 研究群落的整体关联性; 利用 χ^2 检验、Pearson 相关系数检验、Spearman 秩相关系数检验分析种对间的联结性。【结果】该林场常绿阔叶次生林种间联结指数 VR 为 1.014, 主要种群总体呈现较弱的正关联。231 个种对中, χ^2 检验结果显示, 正、负关联的种对数分别为 110 和 119 对, 正负关联种对数的比值为 0.924; 显著和极显著相关种对数占总数的 11.3%。Pearson 相关系数检验结果表明, 正、负相关的种对数分别为 77 和 153 对, 正负关联种对数的比值为 0.503; 显著和极显著相关的种对数占总数的 7.4%。Spearman 秩相关系数检验结果表明, 正、负相关的种对数分别为 100 和 129 对, 正负关联种对数的比值为 0.775; 显著和极显著相关的种对数占总数的 13.9%。【结论】福建将乐林场的常绿阔叶次生林总体联结程度较小, 22 个主要树种种对间关系以负相关较多, 种间关联性不明显, 主要种群独立出现的概率较大。

[关键词] 常绿阔叶次生林; 种间联结性; 种间联接指数; Pearson 相关系数; Spearman 秩相关系数

[中图分类号] S757

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)08-0135-08

Inter-specific correlation of main populations in evergreen broad-leaved secondary forest in Jiangle forest farm

LUO Mei, ZHENG Xiaoxian

(Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education,
College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: 【Objective】In this study, the correlations of species in evergreen broad-leaved secondary forest in Jiangle forest farm were analyzed to provide basis for the recovery and sustainable management of evergreen broad-leaved secondary forest. 【Method】Plot investigation was applied to 22 species with large importance values and interspecific associations and correlations were analyzed using variance ratio (VR), χ^2 test, Pearson correlation coefficient and Spearman rank correlation coefficient. 【Result】The VR was 1.014, indicating that the association of the evergreen broad-leaved secondary forest was weak positive. The interspecific correlations among 231 species-pairs of the 22 species showed that 110, 77, and 100 species-pairs were positively correlated, while 119, 153, and 129 species-pairs had negative correlations. The ratios of positive and negative correlations were 0.924, 0.503 and 0.775, and the ratios of distinctly significant and significant positive correlations were 11.3%, 7.4%, and 13.9%, based on χ^2 test, Pearson correlation

[收稿日期] 2015-01-09

[基金项目] “十二五”国家科技支撑计划项目“南方集体林区生态公益林可持续经营技术与示范”(2012BAD22B05)

[作者简介] 罗 梅(1987—), 女, 湖南衡阳人, 在读博士, 主要从事森林可持续经营研究。E-mail: meimeiyouxian0719@163.com

[通信作者] 郑小贤(1956—), 男, 上海人, 教授, 博士生导师, 主要从事森林可持续经营理论与技术研究。

E-mail: zheng8355@bjfu.edu.cn

coefficient test, and Spearman rank correlation coefficient test, respectively. 【Conclusion】 The negative correlations were more than positive correlations in species pairs of 22 species, and the ratio of significant correlations was small, suggesting that the correlations of the 22 species were weak.

Key words: evergreen broad-leaved secondary forest; interspecific correlation; variance ratio; Pearson correlations coefficient; Spearman rank correlation coefficient

种间联结是森林群落的重要特征之一,是群落形成、演化的基础和重要的数量、结构指标^[1-2]。对植物种间关联进行研究,能够客观地反映不同物种在空间和时间上的相互关系^[3],确定植物的种间关系,明确种群分布格局及其动态^[4],揭示群落演替机制,为森林的经营管理、自然植被恢复、生物多样性保护等提供理论基础^[5]。

福建将乐国有林场地处中亚热带,常绿阔叶林为其地带性顶级群落,但由于长期干扰,原生性植被几乎消失殆尽。现有的常绿阔叶林多数为 20 世纪 50 年代破坏后自然恢复的次生林,群落结构不完整,森林的经济、生态、社会效益较低,一部分次生林退化为低质低效林。开展常绿阔叶次生林种间联结性的研究,可以明确常绿阔叶次生林群落的演替现状及趋势,了解演替过程中群落种间的相互作用,有助于进一步探讨中亚热带天然次生林植物群落的演替规律,维持和保护其物种多样性。目前,有关种间关联性学者们已作了较多研究^[6-16],其中针对常绿阔叶林种间联结性的成果也不少^[11-16],但有关福建将乐地区常绿阔叶次生林种间关联性的研究鲜有报道。本研究通过实地调查,分析了福建省将乐国有林场常绿阔叶次生林主要乔木树种的种间关联性,旨在揭示主要种群间的相互关系,为植物群落演替及原生性植被类型的恢复研究提供依据,并为林场常绿阔叶次生林的可持续经营提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

福建省将乐国有林场地处武夷山脉东南麓、金溪河畔的闽西北低山丘陵地带,海拔 140~1 203 m。年平均气温 18.7℃,年平均降雨量 1 669 mm,无霜期 287 d。林场总面积 6 830.9 hm²,森林总蓄积量 1 143 000 m³,森林覆盖率 93.76%。有林地面积 6 509.7 hm²,其中阔叶林占 13.09%。常绿阔叶次生林的主要树种为栲树(*Castanopsis fargesii*)、木荷(*Schima superba*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、甜槠(*Castanopsis eyrei*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)、青冈栎(*Cyclobalanopsis chungii*)、南酸

枣(*Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill.)、拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)等。

1.2 调查方法

全面踏查林场内的常绿阔叶次生林,从中选取 16 块样地,其中规格为 20 m×30 m 的样地 14 块,40 m×30 m 的样地 2 块。种间联结性与样方的大小有关,参照文献[1,10,14,16-17]并结合本研究特点,将每个样地划分成 10 m×10 m 的乔木调查样方,共有 108 个。对样方中胸径大于 5 cm 的树木进行每木检尺,记录各样方中出现的树种数,统计树种出现的样方数及种对间的出现关系,排除偶见种,选取重要值较高的树种进行种间关联分析。

1.3 数据分析方法

本研究以将乐国有林场常绿阔叶次生林乔木树种的种间联结性为分析依据,由于调查的树种较多,先计算所有树种的重要值并排序,选取前 22 个树种作为研究对象。22 个乔木树种构成了 231 对种间关系。对调查的各指标值进行标准化处理得到标准化值,用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行关联矩阵分析,并绘制种间关联的 χ^2 检验图和 Pearson 相关系数、Spearman 秩相关系数半矩阵表。

1.3.1 总体关联性分析 用种间联结指数(VR)来评价总体关联性^[18],VR 计算公式如下:

$$VR = S_T^2 / \sigma_T^2;$$

$$S_T^2 = (1/N) \sum_{i=1}^N (T_j - t)^2, P_i = n_i / N;$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^S P_i (1 - P_i).$$

式中: S_T^2 为所有样方树种数的方差, σ_T^2 为所有树种出现频度的方差, N 为总样方数, T_j 为样方 j 内出现的树种总数, t 为全部样方中树种的平均数, P_i 为树种 i 出现的频度, n_i 为树种 i 出现的样方数, S 为调查地区总的树种数。

在独立性假设条件下,总体联结指数 VR 期望值为 1。若 $VR > 1$,表明物种总体呈正关联;若 $VR < 1$,表明物种总体呈负关联;若 $VR = 1$,则种间总体无关联。

采用统计量 $W = VR \times N$ 检验 VR 值偏离 1 是

否显著。若 $W < \chi^2_{0.95N}$ 或 $W > \chi^2_{0.05N}$, 则物种间总体关联显著 ($P < 0.05$); 若 $\chi^2_{0.95N} < W < \chi^2_{0.05N}$, 则物种间总体关联不显著 ($P > 0.05$)。

1.3.2 种对间关联性分析 检验 2 个种关联与否则一般采用 χ^2 检验进行定性研究。根据 2×2 列联表的 χ^2 统计量测定成对种间的关联性^[2,5], 将 22 个优势树种是否在 108 个样方中出现转化为 108×22 的 0、1 二元数据矩阵, 0 表示树种在样方中未出现, 1 表示出现。依据上述原始数据矩阵, 构造 22 个优势种群 231 个种对的定性数据列入 2×2 联列表, 计算出下式中 a 、 b 、 c 、 d 的值, 并进一步求出 χ^2 值:

$$\chi^2 = \frac{N[ad - bc - 1/2N]^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}。$$

式中: N 表示总样方数, a 为 2 树种同时出现的样方数, b 、 c 为仅有 1 个树种出现的样方数, d 为 2 个树种均未出现的样方数。当 $P > 0.05$, 即 $\chi^2 < 3.841$ 时, 2 个种分布关联不明显; 当 $0.01 < P < 0.05$, 即 $3.841 < \chi^2 < 6.635$ 时, 认为 2 个种间关联显著; 当 $P < 0.01$, 即 $\chi^2 > 6.635$ 时, 则 2 个种间关联极显著。当 $ad > bc$ 时为正关联, $ad < bc$ 时为负关联。

1.3.3 种对间相关性分析 应用定量数据对种间关系进行 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关分析^[2,5]。

Pearson 相关系数表达公式:

$$\gamma_P(i, k) = \frac{\sum_{j=1}^N (x_{ij} - \overline{x_i})(x_{kj} - \overline{x_k})}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (x_{ij} - \overline{x_i})^2 \sum_{j=1}^N (x_{kj} - \overline{x_k})^2}}。$$

式中: $\gamma_P(i, k)$ 为种 i 与 k 间的相关系数, x_{ij} 、 x_{kj} 分别是种 i 和 k 在样方 j 中的重要值, $\overline{x_i}$ 、 $\overline{x_k}$ 分别是种 i 和 k 在所有样方中重要值的均值, 重要值 = (相对频度 + 相对密度 + 相对显著度) / 3。 $\gamma_P(i, k)$ 取值为 $[-1, +1]$, 正值表示正相关, 负值表示负相关, 0 表示不相关。

Spearman 秩相关系数表达公式:

$$\gamma_S(i, k) = 1 - \frac{6 \sum_{j=1}^N d_j^2}{N^2 - N}。$$

式中: $d_j = (x_{ij} - x_{kj})$, x_{ij} 、 x_{kj} 分别为种 i 和种 k 在样方 j 中的秩。 $\gamma_S(i, k)$ 取值为 $[-1, +1]$, 正值表示正相关, 负值表示负相关, 0 表示不相关。

2 结果与分析

2.1 常绿阔叶次生林群落的总体关联性

计算得出 108 块样方的总体联结指数 VR 为

1.014, 大于 1, 说明种间总体呈现正关联。由于 VR 值接近 1, 表明正关联较弱。计算 $W = 109.512$, 查 χ^2 分布表知, $\chi^2_{0.95(108)} = 85.015$, $\chi^2_{0.05(108)} = 133.257$, 可见 $\chi^2_{0.95(108)} < W < \chi^2_{0.05(108)}$, 表明树种间总体关联不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 常绿阔叶次生林主要种群种对间的关联性

由图 1 可知, 231 个种对中, 呈正关联的共有 110 对, 呈负关联的 119 对, 呈不关联的 2 对, 正、负关联的种对数比值为 0.924; 极显著和显著相关的种对(含正、负关联)占所有种对数的 11.3%。结果表明, 种对间关系以负关联较多, 种对间关联性不强。

表现为极显著正关联的种对有苦槠-光叶山矾、苦槠-山矾、青冈栎-山矾、南酸枣-野柿子、欒木-光叶山矾、栲树-木荷; 显著正关联的种对有木荷-光叶山矾、米槠-木油桐、青冈栎-杨梅、乌饭-黄瑞木、木荷-南酸枣、杉木-南酸枣、栲树-野柿子、甜槠-山矾。由以上结果可知, 光叶山矾、山矾、杨梅、野柿子等小乔木生态适应性较强, 在常绿阔叶次生林中分布广, 处在亚林层, 易于相伴出现, 且能与苦槠、青冈栎等群落中的优势树种共同合理利用林分空间。

表现为极显著负关联的种对有青冈栎-欒木和青冈栎-拟赤杨, 显著负关联的种对有青冈栎-檫木、栲树-米槠、米槠-木荷、栲树-木油桐、拟赤杨-甜槠、枫香-杉木、枫香-栲树、栲树-拟赤杨、木荷-木油桐、杉木-欒木。由于拟赤杨、青冈栎、甜槠等优势树种可以构建成为群落的顶级树种, 其生境要求较相似, 因此对水热、空间等的竞争较为激烈, 这几种建群树种间独立出现的可能性较大。

2.3 常绿阔叶次生林主要种群种对间的相关性

由表 1 的 Pearson 相关系数可知, 231 个种对中, 正相关的种对有 77 对, 负相关的种对有 153 对, 不相关的种对有 1 对, 正、负相关的种对数的比值为 0.503, 极显著和显著相关的种对(含正、负相关)占总种对数的 7.4%, 所占比例偏低, 说明种对间的关系以负相关较多, 种对间关联性不强。

Spearman 秩相关系数结果如表 2 所示。由表 2 可知, 在 231 个种对中, 正相关的种对为 100 对, 负相关的种对 129 对, 不相关的种对为 2 对, 正、负相关的种对数的比值为 0.775, 极显著和显著相关的种对(含正、负相关)占所有种对数的 13.9%。结果表明, 种对间关系以负相关较多, 种对间关联性不强, 树种独立出现的概率较大。

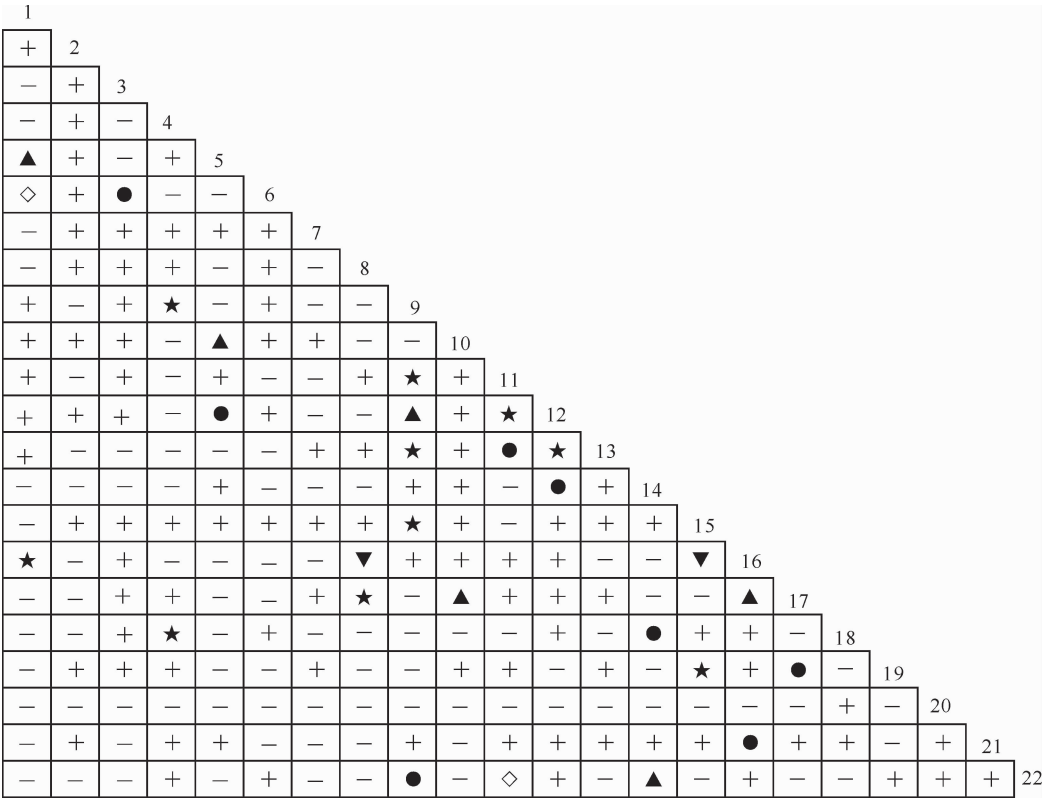


图 1 福建将乐林场常绿阔叶次生林 22 个主要树种的种间关联 χ^2 检验半矩阵

▲. 极显著正相关; ●. 显著正相关; +. 不显著正相关; ▼. 极显著负相关; ★. 显著负相关; -. 不显著负相关;
◇. 不相关; 1. 樟木; 2. 冬青; 3. 乌饭; 4. 枫香; 5. 光叶山矾; 6. 黄樟; 7. 黄樟; 8. 欒木; 9. 栲树; 10. 苦槠; 11. 米槠; 12. 木荷;
13. 木油桐; 14. 南酸枣; 15. 拟赤杨; 16. 青冈栎; 17. 山矾; 18. 杉木; 19. 甜槠; 20. 细枝桉; 21. 杨梅; 22. 野柿子

Fig. 1 Semi-matrix of interspecific correlation based on test of 22 main species in evergreen broad-leaved secondary forest in Jiangle forest farm

▲. Positive correlation at $P=0.01$; ●. Positive correlation at $P=0.05$; +. Non positive correlation; ▼. Negative correlation at $P=0.01$;
★. Negative correlation at $P=0.05$; -. Non negative correlation; ◇. Non correlation; 1. *Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl.;
2. *Ilex chinensis* Sims.; 3. *Vaccinium bracteatum* Thunb.; 4. *Liquidambar formosana* Hance; 5. *Symplocos lancifolia* Sieb. et Zucc.;
6. *Adinandra millettii* (Hook. et Arn.) Benth. et Hook. f.; 7. *Cinnamomum porrectum* (Roxb.) Kosterm.; 8. *Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliv.; 9. *Castanopsis* (D. Don) Spach; 10. *Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Scholl.; 11. *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hay.; 12. *Schima superba* Gardn. Et Champ.; 13. *Vernicia montana* Lour.; 14. *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill.; 15. *Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino.; 16. *Cylobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.; 17. *Symplocos caudata*; 18. *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; 19. *Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott.;
20. *Eurya loquaiana* Dunn; 21. *Myrica rubra* (Lour.) S. et Zucc.; 22. *Diospyros kaki silvestris*

Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数的结果均表现为显著、极显著正相关的种对有樟木-苦槠、杉木-细枝桉、栲树-野柿子, 表现为显著和极显著负相关的种对有拟赤杨-青冈栎、拟赤杨-甜槠、拟赤杨-栲树、栲树-枫香、栲树-苦槠、栲树-杉木、拟赤杨-山矾。细枝桉、野柿子、山矾等小乔木相伴出现的几率较大, 且能存在于林下层, 与高大乔木结伴出现的概率也较大; 优势乔木如拟赤杨、栲树、青冈栎等树种竞争较为激烈, 结伴出现的概率低。此结果与 χ^2 检验的结果较为一致。

对 3 种检验方法的结果进行比较, 结果如表 3 所示。表 3 结果表明, 大部分种对的种间联结未达到显著程度, 种间联结松散, 具有一定的独立性。这种松散性可能是由群落的演替阶段和群落本身的生态学特性造成的, 群落正处于不断完善阶段。 χ^2 检验表现为显著、极显著关联的种对为 26 对, Pearson 相关系数检验为 17 对, Spearman 秩相关系数检验为 32 对。可见, Spearman 秩相关系数检验显著(含极显著)相关的种对数均高于 χ^2 检验和 Pearson 相关系数检验结果。

表 1 福建将乐林场常绿阔叶次生林主要树种种对间的 Pearson 相关系数半矩阵

Table 1 Semi-matrix of Pearson's correlation coefficients of main species of evergreen broad-leaved secondary forest in Jiangle forest farm

编号 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	−0.078										
3	−0.032	0.069									
4	−0.113	0.080	−0.061								
5	0.226 *	0.014	−0.131	0.054							
6	−0.030	0.058	0.048	−0.005	−0.014						
7	−0.058	0.040	−0.024	0.139	−0.094	0.022					
8	−0.102	−0.047	0.209 *	0.071	−0.094	−0.026	−0.128				
9	−0.082	−0.046	−0.168	−0.197 *	−0.033	−0.030	−0.115	−0.088			
10	0.339 * *	−0.009	0.039	−0.035	0.176	−0.013	−0.015	−0.119	−0.258 * *		
11	0.270 * *	0.015	−0.044	−0.090	0.058	−0.106	−0.139	−0.107	−0.115	0.024	
12	−0.057	0.030	0.060	−0.138	0.022	−0.007	−0.052	−0.166	0.178	−0.118	−0.149
13	−0.022	−0.053	−0.025	−0.063	0.045	−0.064	0.054	0.130	−0.155	0.193 *	0.071
14	−0.022	−0.056	0.021	−0.086	0.034	−0.100	−0.143	−0.115	−0.003	−0.038	−0.097
15	−0.023	0.041	0.088	0.015	0.088	0.060	0.062	0.112	−0.276 * *	−0.109	0.000
16	−0.133	−0.033	−0.079	−0.138	−0.186	−0.038	−0.130	−0.154	0.107	−0.118	−0.014
17	0.046	−0.059	−0.045	0.106	0.027	−0.094	−0.063	−0.134	−0.126	0.177	0.153
18	−0.093	−0.097	−0.033	−0.132	−0.101	−0.033	−0.179	−0.121	−0.231 *	−0.146	−0.073
19	−0.105	−0.129	−0.099	0.047	−0.032	0.091	−0.006	−0.112	0.032	−0.116	−0.046
20	−0.075	−0.045	−0.090	−0.088	−0.063	−0.022	−0.118	−0.029	−0.011	−0.076	−0.073
21	−0.075	0.197 *	−0.090	0.119	0.010	−0.088	−0.058	−0.082	0.013	−0.079	−0.053
22	−0.085	−0.106	−0.102	0.022	−0.041	0.105	−0.109	−0.057	0.231 *	−0.123	−0.010

编号 No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
13	−0.185									
14	0.181	0.054								
15	−0.142	0.043	0.122							
16	0.073	−0.072	−0.078	−0.371 * *						
17	0.083	0.061	−0.062	−0.212 *	0.051					
18	−0.100	−0.100	0.039	−0.172	0.079	−0.063				
19	−0.016	−0.059	−0.029	−0.236 *	0.241 *	0.095	−0.004			
20	−0.048	−0.070	−0.056	−0.026	0.035	−0.105	0.221 *	−0.095		
21	0.007	0.029	−0.024	0.097	0.006	−0.036	−0.042	−0.083	0.046	
22	−0.011	−0.079	0.157	−0.076	0.073	0.012	−0.081	0.199 *	−0.023	0.008

注:编号对应的树种同图 1;*.表示显著相关($P<0.05$),* *.表示极显著相关($P<0.01$),0 表示不相关;表 2 同。
Note:The corresponding tree species names are showed in Fig. 1. * denotes significant correlation ($P<0.05$), * * denotes distinctly significant correlation ($P<0.01$),and 0 denotes no correlation. The same for Table 2.

表 2 福建将乐林场常绿阔叶次生林主要树种种对间的 Spearman 秩相关系数半矩阵

Table 2 Semi-matrix of Spearman's rank correlation coefficients of main species of evergreen broad-leaved secondary forest in Jiangle forest farm

编号 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	−0.113										
3	0.005	0.038									
4	−0.162	0.200 *	−0.057								
5	0.183	0.078	−0.122	0.078							
6	0.066	0.076	0.158	−0.127	−0.04						
7	−0.008	0.095	−0.016	0.139	−0.048	0.256 * *					
8	−0.075	0.060	0.067	0.044	−0.064	0.085	−0.033				
9	−0.015	−0.020	−0.167	−0.263 * *	−0.028	0.025	−0.105	−0.063			
10	0.229 *	0.060	0.090	−0.032	0.339 * *	0.082	0.032	−0.040	−0.229 *		
11	0.117	−0.143	−0.027	−0.124	0.097	−0.131	−0.209 *	−0.168	−0.160	0.000	

表 2(续) Continued table 2

编号 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	−0.002	0.071	0.057	−0.160	0.156	0.091	0.027	−0.144	0.342 * *	0.034	−0.157
13	0.077	−0.085	−0.035	−0.064	−0.036	−0.060	0.062	0.157	−0.212 *	0.156	0.131
14	0.056	−0.018	0.022	−0.039	0.123	−0.049	−0.196 *	−0.152	0.063	0.044	−0.064
15	−0.006	0.054	0.113	0.170	0.129	0.087	0.151	0.116	−0.300 * *	0.000	−0.231 *
16	−0.204 *	−0.046	−0.044	−0.196 *	−0.173	−0.150	−0.183	−0.279 * *	0.156	−0.101	0.193 *
17	−0.009	−0.042	0.017	0.117	−0.010	−0.113	−0.014	−0.227 * *	−0.119	0.246 *	0.250 * *
18	−0.023	−0.091	0.059	−0.201 *	−0.080	0.071	−0.248 * *	−0.123	−0.209 *	−0.090	0.004
19	−0.102	−0.071	−0.079	0.147	−0.009	−0.070	0.081	−0.100	−0.029	0.002	−0.004
20	−0.093	−0.046	−0.109	−0.121	−0.026	−0.022	−0.181	−0.053	−0.001	−0.087	−0.109
21	−0.093	0.074	−0.109	0.094	0.071	−0.117	−0.097	−0.071	0.039	−0.081	0.079
22	−0.113	−0.111	−0.132	0.031	0.013	0.046	−0.111	−0.089	0.208 *	−0.108	0.115

编号 No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
13	−0.239 *									
14	0.245 *	0.038								
15	−0.036	0.057	0.135							
16	0.153	−0.040	−0.070	−0.457 * *						
17	0.093	0.034	−0.110	−0.224 *	0.213 *					
18	0.075	−0.112	0.171	−0.079	0.077	−0.078				
19	−0.041	−0.010	−0.026	−0.219 *	0.177	0.221 *	−0.079			
20	−0.002	−0.084	−0.034	−0.059	−0.003	−0.157	0.212 *	−0.125		
21	0.101	0.042	0.057	0.021	0.115	0.009	0.017	−0.043	0.081	
22	0.145	−0.102	0.255 * *	−0.102	0.122	0.017	−0.048	0.185	0.037	0.154

表 3 福建将乐林场常绿阔叶次生林主要树种种对间 3 种检验结果的比较

Table 3 Comparison of three tests on main species of evergreen broad-leaved secondary forest in Jiangle forest farm

检验方法 Test method	极显著相关的种对数 Number of extremely significant correlation ($P<0.01$)		显著相关的种对数 Numbers of significant correlation($P<0.05$)		不显著相关的种对数 Number of insignificant correlation($P>0.05$)		不相关的 种对数 Number of non- correlation
	正相关 Positive	负相关 Negative	正相关 Positive	负相关 Negative	正相关 Positive	负相关 Negative	
χ^2 检验 χ^2 test	6	2	8	10	96	107	2
Pearson 相关系数 Pearson's correlation coefficient	2	3	8	4	67	146	1
Spearman 秩相关系数 Spearman's rank corre- lation coefficient	5	5	9	13	86	111	2

3 讨 论

根据外业调查结果,福建将乐林场常绿阔叶次生林中栲树、青冈栎、甜槠、苦槠等壳斗科植物数量较多,蓄积量较大,分布较广,表明这些树种在创造群落内部独特环境中起重要作用,对环境资源的利用能力较强,在群落中占据着优势地位,对该地区常绿阔叶次生林的恢复和可持续性经营有着重要影响。据此笔者建议该林场,与栲树、青冈栎、甜槠等有显著正关联的树种可作为经营目标树加以保留,负关联的树种可以适当伐除,确保演替正向进行,促使常绿阔叶次生林健康稳定生长。

种间关联性分析时, χ^2 检验的数据是基于树种存在与否的二元定性数据,在一定程度上弱化了树

种间的关联性,不能区分联结强度的大小。Pearson 相关系数检验的数据是基于样方调查的连续性数据,要求原始数据服从正态分布。Spearman 秩相关系数检验是非参数检验,不要求数据符合正态分布,因而使用更为方便灵活。本研究将 3 种检验方法结合使用,能更客观地反映将乐国有林场常绿阔叶次生林主要种群的种间联结性。

4 结 论

福建将乐国有林场常绿阔叶次生林的总体关联指数 VR 为 1.014,正关联较弱。通过 χ^2 检验,231 个种对中,呈正关联的为 110 对,负关联的 119 对,不关联的 2 对,正、负关联的种对数比值为 0.924;极显著和显著相关的种对(含正、负关联)占所有种

对数的 11.3%。Pearson 相关系数检验结果显示,正相关的种对为 77 对,负相关的种对为 153 对,不关联的种对为 1 对,正、负相关的种对数比值为 0.503,极显著和显著相关的种对(含正、负相关)占所有种对数的 7.4%。Spearman 秩相关系数检验结果表明,正相关的种对为 100 对,负相关的种对为 129 对,不关联的种对为 2 对,正、负相关的种对数比值为 0.775,极显著和显著相关的种对(包含正、负相关)占所有种对数的 13.9%。说明 22 个主要种群种对间的关系以负相关较多,种间关联性不强,树种独立出现的概率较大。

[参考文献]

- [1] 郭志华,卓正大,陈洁,等.庐山常绿阔叶、落叶阔叶混交林乔木种群间联结性研究[J].植物生态学报,1997,21(5):424-432.
Guo Z H, Zhuo Z D, Chen J, et al. Interspecific association of trees in mixed evergreen and deciduous broadleaved forest in Lushan mountain [J]. Acta Phytoecologica Sinica, 1997, 21 (5): 424-432.
- [2] Huang S N, Li Y D. Tree population mortality, recruitment and growth during a 15-year period of secondary succession in tropical montane rainforests at Jianfengling on Hainan Island, China [J]. Acta Phytoecologica Sinica, 2000, 24(6): 710-717.
- [3] 付必谦.生态学实验原理与方法[M].北京:科学出版社, 2006:153-163.
Fu B Q. Ecology experiment theory and method [M]. Beijing: Science Press, 2006: 153-163.
- [4] 郭忠玲,马元丹,郑金萍,等.长白山落叶阔叶混交林的物种多样性、种群空间格局及种间关联性研究[J].应用生态学报, 2004, 15(11): 2013-2018.
Guo Z L, Ma Y D, Zheng J P, et al. Biodiversity of tree species, their populations' spatial distribution pattern and interspecific association in mixed deciduous broad-leaved forest in Changbai Mountains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15 (11): 2013-2018.
- [5] 张金屯.数量生态学[M].北京:科学出版社, 2011: 100-112.
Zhang J T. Quantitative ecology [M]. Beijing: Science Press, 2011: 100-112.
- [6] 王乃江,张文辉,陆元昌,等.陕西子午岭森林植物群落种间联结性[J].生态学报, 2010, 30(1): 67-78.
Wang N J, Zhang W H, Lu Y C, et al. Interspecific association among the plants communities in the forest at Ziwouling Area in Shaanxi Province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(1): 67-78.
- [7] 刘淑燕,余新晓,陈丽华.北京山区天然林乔木树种种间联结与生态位研究[J].西北林学院学报, 2009, 24(5): 26-30.
Liu S Y, Yu X X, Chen L H. Interspecific association and niche research of natural forest in Beijing mountainous area [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(5): 26-30.
- [8] 黄宝强,罗毅波,于飞海,等.四川黄龙沟森林植被中兰科植物群落优势种间联结和相关分析[J].植物生态学报, 2007, 31(5): 865-872.
Huang B Q, Luo Y B, Yu F H, et al. Interspecific relationships of dominant species in orchid communities of forest vegetation in Huanglong valley, Sichuan, China [J]. Journal of Plant Ecology, 2007, 31(5): 865-872.
- [9] 柴勇,孟广涛,武力,等.馨香玉兰所在群落主要树种的种间联结性[J].西北林学院学报, 2009, 24(5): 31-35.
Chai Y, Meng G T, Wu L, et al. Interspecific associations of main tree species in the communities with *Magnolia odoratissima* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24 (5): 31-35.
- [10] 李刚,朱志红,王孝安,等.子午岭辽东栎群落乔木种间联结与取样面积[J].生态学杂志, 2008, 27(5): 689-696.
Li G, Zhu Z H, Wang X A, et al. Interspecific association of trees species in *Quercus wutaensis* communities in Ziwo Mountain related to quadrat size [J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(5): 689-696.
- [11] 宋春武,蒋进,范敬龙,等.从植物种间联结性探讨白梭梭种群生态组分类:以古尔班通古特沙漠为例[J].中国沙漠, 2012, 32(1): 77-85.
Song C W, Jiang J, Fan J L, et al. Ecological species groups division based on interspecific association: a case study in the Gurbantunggut Desert, Xinjiang, China [J]. Journal of Desert Research, 2012, 32(1): 77-85.
- [12] 金则新.浙江天台山常绿阔叶林优势种群结构及种间联结性研究[J].广西植物, 2002, 22(3): 203-208.
Jin Z X. Studies of dominant population structure and interspecific association of the evergreen broad-leaved forest in Tiantai Mountain [J]. Guihaia, 2002, 22(3): 203-208.
- [13] 袁建国,翁国杭,董蔚.石坪森林公园常绿阔叶林主要种群的种间联结性[J].浙江林学院学报, 2008, 25(3): 324-330.
Ai J G, Weng G H, Dong W. Interspecific association of primary plant populations in an evergreen broad-leaf forest at Shiyang Forest Park of Zhejiang province [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2008, 25(3): 324-330.
- [14] 张倩媚,陈北光,周国逸.鼎湖山主要林型优势树种种间联结性的计算方法研究[J].华南农业大学学报, 2006, 27(1): 79-83.
Zhang Q M, Chen B G, Zhou G Y. Interspecific association of the dominant species in two typical communities in Dinghushan, South China [J]. Journal of South China Agricultural University, 2006, 27(1): 79-83.
- [15] 简敏菲,刘琪璟,朱笃,等.九连山常绿阔叶林乔木优势种群的种间关联性分析[J].植物生态学报, 2009, 33(4): 672-680.
Jian M F, Liu Q J, Zhu D, et al. Inter-specific correlations among dominant populations of tree layer species in evergreen broad-leaved forest in Jiulianshan Mountain of Subtropical, China [J]. Journal of Plant Ecology, 2009, 33(4): 672-680.
- [16] 王伯荪.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.

Wang B S. Studies on the measuring techniques of interspecific association of lower-subtropical evergreen broad-leaved forests: I. The exploration and the revision on the measuring formulas of interspecific association [J]. Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica,1985,9(4):274-285.

[17] 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种间联结性 [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.

[18] Schluter D. A variance test for detecting species association with some example applications [J]. Ecology, 1984, 65(3): 998-1005.

(上接第 134 页)

[20] 俞月凤,宋同清,曾馥平,等. 杉木人工林生物量及其分配的动态变化 [J]. 生态学杂志,2013,32(7):1660-1666.

Yu Y F, Song T Q, Zeng F P, et al. Dynamics of artificial Chinese fir biomass and distribution [J]. Chinese Journal of Ecology,2013,32(7):1660-1666.

[21] 杨玉盛,何宗明,陈光水,等. 杉木多代连栽后土壤肥力变化 [J]. 土壤与环境,2001,10(1):33-38.

Yang Y S, He Z M, Chen G S, et al. PCA of soil fertility under different gaps of continuously planting Chinese fir [J]. Soil and Environmental Sciences,2001,10(1):33-38.

[22] 陈楚莹,张家武,周崇莲,等. 改善杉木人工林的林地质量和提高生产力的研究 [J]. 应用生态学报,1990,1(2):97-106.

Chen C Y, Zhang J W, Zhou C L, et al. Researches on improving the quality of forest land and the productivity of artificial *Conninghamia lanceolata* stands [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,1990,1(2):97-106.

[23] 方 晰,田大伦,项文化. 速生阶段杉木人工林碳素密度、储量和分布 [J]. 林业科学,2002,38(3):14-19.

Fang X, Tian D L, Xiang W H. Density, storage and distribution of carbon in Chinese fir plantation at fast growing stage [J]. Scientia Silvae Sinicae,2002,38(3):14-19.

[24] 田大伦,项文化,闻文德,等. 速生阶段杉木人工林产量结构及生产力的代际效应 [J]. 林业科学,2002,38(4):14-18.

Tian D L, Xiang W H, Wen W D, et al. Effect of successive rotation on productivity and biomass of Chinese fir plantation at fast growing stage [J]. Scientia Silvae Sinicae,2002,38(4):14-18.

[25] 范少辉,盛炜彤,马祥庆,等. 多代连栽对不同发育阶段杉木人工林生产力的影响 [J]. 林业科学研究,2003,16(5):560-567.

Fan S H, Sheng W T, Ma X Q, et al. Effect of successive planting on productivity of Chinese fir of different age plantations [J]. Forest Research,2003,16(5):560-567.