

## 叶山林场次生阔叶林乔木树种多样性及种间关联分析

郝耀锋, 樊丙玉, 吴开华, 黄庆丰\*

(安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036)

**摘要:** 通过铜陵叶山林场次生落叶阔叶林样地调查, 对乔木层物种丰富度指数、植物多样性指数、Pielou 均匀度指数、生态优势度指数、重要值和种间关联进行分析。结果表明, 在 12 块样地中共有乔木树种 19 种, 平均植物多样性指数、均匀度指数和生态优势度指数分别为 1.25、0.70 和 0.37。优势树种麻栎重要值为 105.3, 伴生树种化香、枫香和国槐重要值分别为 65.1、36.3 和 18.6。该森林类型为麻栎落叶阔叶混交林。19 个树种之间共存在 171 对相关, 但正关联树种对少于负关联树种对, 正负关联比小于 1, 说明该群落类型还处于演替阶段, 即由落叶阔叶林向常绿与落叶阔叶混交林过渡阶段。

**关键词:** 次生阔叶混交林; 树种多样性; 重要值; 种间关联; 叶山林场

中图分类号: S718.54

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2012)06-0915-05

### Analysis of tree species diversity and interspecific association of tree layer in secondary broad-leaved forest in Yeshan forest-farm

HAO Yao-feng, FAN Bing-yu, WU Kai-hua, HUANG Qing-feng

(School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** Based on the investigation of plots, the indexes of species richness, plant diversity, Pielou evenness and ecological dominance, important value and interspecific association of tree layer in secondary broad-leaved forest were calculated and analyzed in Yeshan forest-farm of Tongling county. The results showed that there are 19 tree species in the 12 plots. Mean indexes of plant diversity, evenness and ecological dominance are 1.25, 0.70 and 0.37, respectively. The important value of dominant tree, *Quercus acutissima*, is 105.3, and the companion tree species, *Platycarya strobilacea*, *Liquidambar formosana* and *Sophora japonica*, are 65.1, 36.3 and 18.6, respectively. This forest type is *Quercus acutissima* deciduous broadleaved mixed forest. One hundred and seventy-one tree species coexist correlation among 19 tree species, but the pairs of the positive associated tree species are less than the negative ones. The ratio between the positive and negative association is less than 1, which mean that this community type is still in successive stage, namely the transition stage from the deciduous broadleaved forest to the evergreen and deciduous broadleaved mixed forest.

**Key words:** secondary broad-leaved mixed forest; tree species diversity; importance values; interspecific association; Yeshan forest-farm

森林群落结构、物种多样性等研究有利于更好的认识群落的组成、结构、功能和动态, 掌握群落演替的一般规律, 以及认识生物多样性形成机制, 从而为生物多样性保护提供理论依据; 种间关联是对不同物种在空间分布上关联性的表达, 物种之间复杂的相互依存和相互制约关系对群落结构、群落特性和群落演替等至关重要<sup>[1]</sup>。对物种间关联进行

研究, 可以确定物种间关系, 深入研究种群分布格局及其动态, 可为群落密度控制、群落演替趋势、植被恢复与重建提供理论依据。因此, 群落结构、物种多样性、种间关联等成为生态学研究十分重要的内容和热点之一<sup>[2]</sup>。本试验对铜陵县叶山林场天然落叶阔叶混交林乔木树种多样性及其种间关联进行了分析研究, 以期了解乔木树种多样性及种间

收稿日期: 2012-05-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(31070569)资助。

作者简介: 郝耀锋, 男, 硕士研究生。E-mail: yaofenghao@sohu.com

\* 通讯作者: 黄庆丰, 男, 教授。E-mail: huangqf@ahau.edu.cn

关联特征,为次生林植被恢复和物种多样性保护提供理论依据。

## 1 研究地概况

研究地点位于安徽省铜陵县叶山林场,长江中下游南岸,地理坐标为东经 117°42'00"~118°10'6"、北纬 30°45'12"~31°07'56"。亚热带湿润季风气候,全年气候温暖湿润,四季分明;年平均气温 17.8℃,年平均降雨量 1 370 mm,雨量充沛,无霜期年平均为 230 d;地貌主要为丘陵,主要土壤类型有黄红壤、石灰土,土层厚度 80~120 cm 之间,pH 值均在 6.8~7.2 之间;全年日照 2 000~2 050 h,光照充足。叶山林场经营总面积近 600 hm<sup>2</sup>,林场内现存植被保存完好,森林覆盖率 93% 以上。栎类天然次生林,从建国初期开始封育以来至今未进行过大的人为与自然干扰,林分保存十分完好,树种组成丰富,主要组成树种有麻栎 (*Quercus acutissima*)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、白栎 (*Quercus albus*)、黄檀 (*Dalbergia hupeana*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*) 等,具有我国亚热带南北植物分布最典型过渡地带特点。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查

2011年5月在安徽省铜陵县叶山林场笠帽山内选择地形条件、群落外貌特征和树种组成相似具有代表性的地段,设置 1.08 hm<sup>2</sup> (90 m×120 m) 的大样地一块作为此次的调查样地,用相邻网格法将其划分为 12 块 30 m×30 m 的样方。进行每木检尺,起侧直径 5.0 cm,记录乔木树种的种类、树高、胸径、冠覆、枝下高以及样地坡度、坡向、土壤类型等林木和林地因子。12 块乔木调查样方林分乔木胸径 6~43 cm,树高 8~17 m,林木株数 42~65 株,主要组成树种有麻栎 (*Quercus acutissima*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、化香 (*Platycarya strobilacea*)、茅栗 (*Castanea mollissima*) 等,样方坡向为西南坡,平均坡度 25.5°,平均海拔高度 410 m。

### 2.2 植物多样性分析

乔木树种多样性采用 Shannon-wiener 指数 ( $H'$ )、均匀度指数 ( $J'$ )、生态优势度 ( $D$ ) 和重要值 ( $IV$ )<sup>[3]</sup>。相关计算公式如下:

$$\text{Shannon-wiener 指数: } H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$\text{均匀度指数: } J' = \frac{H'}{\ln S}$$

$$\text{生态优势度指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$$

相对多度 = (某种植物的个体数/同一生活型植物的个体总数) × 100%

频度 = 该种植物出现的样方数/样方总数 × 100%

相对频度 = (该种的频度/所有种的频度总和) × 100%

相对显著度 = (样方中该种个体胸面积/样方中全部个体胸面积之和) × 100%

重要值:  $IV = \text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对显著度}$  式中,  $S$  为出现在样方中的乔木树种数;  $N_i$  为第  $i$  个树种的个体数,  $N$  为样方中乔木树种总个体数,  $P_i$  为第  $i$  种的个体数  $N_i$  占总个体数  $N$  的比例,即  $P_i = N_i / N$ ;  $i = 1, 2, 3, \dots, S$ <sup>[4]</sup>。

### 2.3 种间联结度测定

2×2 联列表是种间关联度测定的基础,测定联结度首先把待测定的成对物种在样方出现的样方数,排成 2×2 联列表再将联列表内的数据代入有关数学公式进行计算,最后根据计算结果来分析确定成对物种间的联结程度<sup>[5]</sup>

$\chi^2$  统计量度量是用来确定实测值与在机率基础上预期值之间偏差的显著程度。在种间联结测定的应用中,由于取样为非连续取样,自由度为 1,因此, $\chi^2$  统计量度量采用 Yates 连续校正公式计算:

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

式中,  $n$  为小样方总数,当  $\chi^2 < 3.841$  时,种间联结独立;当  $3.841 \leq \chi^2 < 6.635$  时,种间有一定的生态联结;当  $\chi^2 \geq 6.635$ ,种间有显著的生态联结; $\chi^2$  本身没有负值,判断正负联结的方法是用联结系数  $AC$ <sup>[6]</sup>。

$AC$  (association coefficient)<sup>[7]</sup>用来进一步检验由  $\chi^2$  统计量所测出的结果及说明种间联结程度,其计算公式如下:

$$\text{若 } ad \geq bc, \text{ 则 } AC = (ad-bc)/(a+b)(b+d)$$

$$\text{若 } bc > ad \text{ 且 } d \geq a, \text{ 则 } AC = (ad-bc)/(a+b)(a+c)$$

$$\text{若 } bc > ad \text{ 且 } d < a, \text{ 则 } AC = (ad-bc)/(b+d)(d+c)$$

$AC$  的值域为  $[-1, 1]$ ,  $AC$  值越趋近于 1,表明物种间的正联结性越强;相反,  $AC$  值越趋近于 -1,表明物种间的负联结性越强,  $AC$  值为 0,物种间完全独立<sup>[8]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 树种组成分析

12 块乔木样方树种重要值计算结果如表 1。由表 1 可知, 该森林类型乔木层有 19 种, 分属 12 科 17 属, 物种最多的科为壳斗科有 3 属 5 种, 即栎属、栗属、青冈属的麻栎、白栎、槲栎 (*Quercus aliena*)、茅栗 (*Castanea seguinii*) 和青冈栎。豆科、金缕梅科和榆科, 各有 2 属 2 种, 分别是: 豆科合欢属植物山合欢 (*Albizia kalkora*)、黄檀属植物黄檀; 金

缕梅科枫香属植物枫香、牛鼻栓属植物牛鼻栓 (*Fortunearia sinensis*); 榆科朴树属植物朴树 (*Celtis tetrandra*)、榆属植物榆树 (*Ulmus pumila*)。其它乔木树种均为 1 科 1 属。乔木层优势树种为麻栎, 其重要值为 105.3, 伴生树种分别是化香 (*Platycarya strobilacea*)、枫香 (*Liquidambar formosana*) 等, 重要值分别为 65.1 和 36.3, 3 个树种林木株数分别占大样地林木株数的 45.6%、16.5% 和 8.7%, 进一步说明麻栎为群落优势树种。

表 1 树种与重要值  
Table 1 Tree species and important values

序号 Number	树种 Tree genus	相对多度 Relative abundance	相对频度 Relative frequency	相对显著度 Relative dominance	重要值 Importance value
1	麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	44.90	16.0	44.4	105.3
2	化香 <i>Platycarya strobilacea</i>	22.30	16.0	26.8	65.1
3	枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	9.40	13.3	13.6	36.3
4	国槐 <i>Sophora japonica</i>	4.60	10.7	3.3	18.6
5	檫木 <i>Sassafras tzumu</i>	7.60	4.0	5.5	17.1
6	黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	2.03	9.3	1.0	12.4
7	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	4.30	5.3	1.5	11.0
8	朴树 <i>Celtis tetrandra</i>	1.30	6.7	0.7	8.7
9	茅栗 <i>Castanea seguinii</i>	0.55	4.0	0.8	5.3
10	白栎 <i>Quercus fabri</i>	0.70	2.6	0.8	4.2
11	青冈栎 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	0.40	1.3	0.5	2.2
12	榆树 <i>Ulmus pumila</i>	0.60	1.3	0.2	2.1
13	柘树 <i>Cudrania tricuspidata</i>	0.40	1.3	0.2	1.9
14	牛鼻栓 <i>Fortunearia sinensis</i>	0.20	1.3	0.3	1.8
15	山合欢 <i>Albizia kalkora</i>	0.20	1.3	0.2	1.7
16	野柿树 <i>Diospyros kaki var. silvestris</i>	0.20	1.3	0.1	1.6
17	槲栎 <i>Quercus aliena</i>	0.20	1.3	0.1	1.6
18	黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	0.20	1.3	0.1	1.6
19	油桐 <i>Vernicia fordii</i>	0.20	1.3	0.1	1.5

#### 3.2 树种多样性

群落组成和结构上的多样性是认识群落组织水平和功能状态的基础。对 12 块样方乔木树种多样性数量指标进行计算, 结果如表 2。由表 2 可知, 各样方树种多样性指数在 0.72~1.72 之间, 平均树种多样性为 1.25, 变化比较明显。2、5、6、7 和 8 号样方树种多样性数值低于平均值 1.25, 其余 7 个样方均大于或等于平均值 1.25, 其中 1、9 和 10 3 个样方多样性指数较大, 分别为 1.53、1.60 和 1.72。各样方树种均匀度指数在 0.46~0.91 之间, 平均值为 0.70, 有 8 个样方均匀度指数大于或等于平均值。各样方树种生态优势度在 0.21~0.63 之间, 平均值

为 0.37, 大于平均值的有 5、7 和 8 号, 其余样方树种生态优势度指数均小于平均值。12 个乔木样方树种多样性数量指标分析表明, 多样性指数和均匀度指数变化具有一致性, 而树种生态优势度指数与多样性指数和均匀度指数呈负相关关系, 即多样性指数、均匀度指数越低, 生态优势度指数越高, 说明样方被少数树种所控制, 从树种重要值来看这一少数树种就是麻栎, 它在群落中取建群种作用。

#### 3.3 种间联结性

种间关联是指不同物种的相互吸引或排斥的性质, 通常是由群落生境的差异影响了物种的分布引起的。依据群落内共同出现的物种对生境选择上

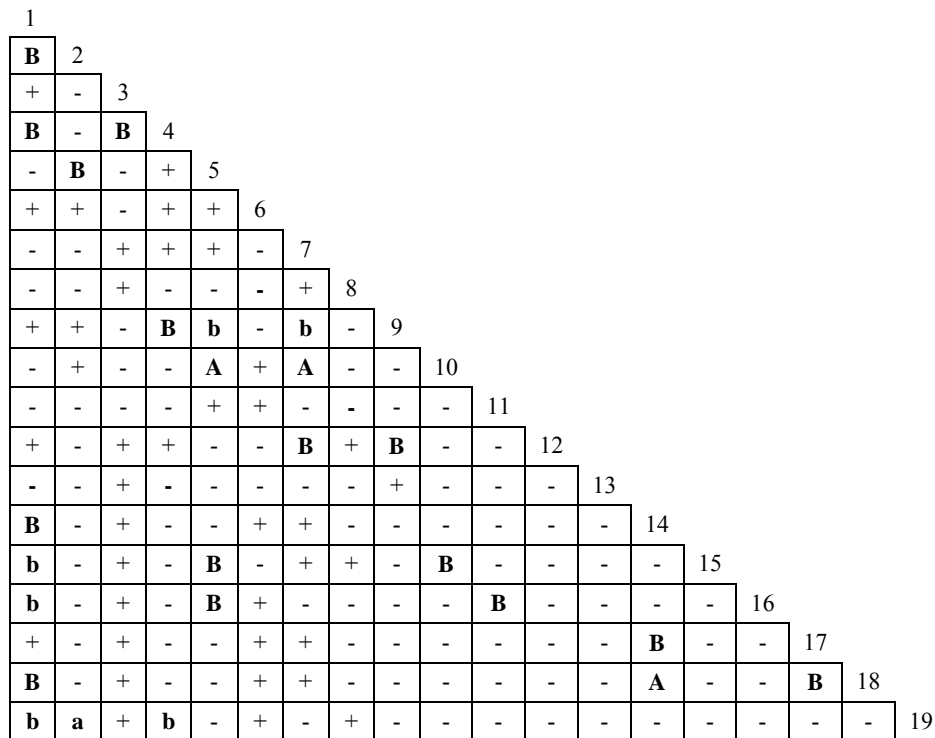
的异同及相互间的吸引或排斥状况，可将种间关系分成正相关、负相关或不相关 3 种类型<sup>[9]</sup>。物种的联结性与相关性是植物群落重要的数量和结构特征之一。

种间联结性的  $\chi^2$  检验可以反应种间的联结性

的显著程度，定性地判断种间的联结是否显著。对于种间的联结的显著性，单纯的用  $\chi^2$  是不全面的，结合 AC 来判断能较准确的说明。经统计分析原始 2×2 联列表和 ac 与 bd 间大小。利用公式计算得到  $\chi^2$  值和 AC 值，并根据此作出种间半矩阵图（图 1）。

表 2 各样地树种多样性指数  
Table 2 Index of tree diversity of each plot

样方 Quadrat	物种数 Species number	多样性指数 Plant diversity	均匀度指数 Evenness index	生态优势度指数 Ecological dominance
1	7	1.53	0.78	0.26
2	5	1.14	0.71	0.36
3	5	1.47	0.91	0.21
4	5	1.44	0.90	0.24
5	5	0.81	0.51	0.59
6	6	1.23	0.69	0.35
7	5	0.74	0.46	0.62
8	4	0.72	0.52	0.63
9	9	1.60	0.73	0.24
10	9	1.72	0.78	0.21
11	6	1.25	0.70	0.34
12	6	1.33	0.74	0.33
平均 Average	6	1.25	0.70	0.37



A 为极显著正相关, A represents positive correlation at the 0.01 level; B 为显著正相关, B represents positive correlation at the 0.05 level ;“+”为不显著正相关, “+” represents no significant positive correlation“ - ”为不显著负相关, “ - ” represents no significant negative correlation; b 为显著负相关, b represents negative correlation at the 0.05 level ; a 为极显著负相关, a represents negative correlation at the 0.01 level

图 1 19 个树种种间联结半矩阵图

Figure 1 Semi-matrix diagram of interspecific association among 19 tree species

从图 1 中可以看出, 19 个树种之间共存在 171 对相关, 其中, 正相关 58 对, 占总对数的 33.92%, 包括极显著正相关 3 对, 占总对数的 1.76%, 显著正相关 15 对, 占总对数的 8.77%, 不显著正相关 40 对, 占总对数的 23.39%; 负相关 113 对, 占总对数的 66.08%, 其中, 极显著负相关 1 对, 占总对数的 0.58%, 显著负相关 6 对, 占总对数的 3.51%, 不显著负相关 106 对, 占总对数的 61.99%。正负关联比为 0.51, 小于 1, 说明群落间处于演替阶段。黄连木、朴树、柘树等树种相对比较独立, 无显著关联。

林分优势树种麻栎与伴生种化香、枫香、国槐之间存在显著正相关, 表明这几个树种在群落中相伴出现的机率较大, 对生境的要求比较一致。存在显著负相关的种类有麻栎与山合欢、麻栎与野柿树、麻栎与油桐、化香与油桐、国槐与油桐、檫木与茅栗、杉木和茅栗共 7 对。麻栎、化香、国槐为阳性喜光树种, 株数多、且形成随机分布的空间格局, 处在第一乔木层, 而油桐株数少、且高度较低、为被压木, 因此油桐与上述 3 个树种呈负关联。

#### 4 小结与讨论

本试验所调查的森林类型为落叶阔叶混交林, 乔木层树种分属 12 科 17 属 19 种, 优势树种为麻栎, 其重要值为 105.3, 伴生树种有化香、枫香、国槐等, 重要值分别为 65.1、36.3 和 18.6, 麻栎为优势树种, 其它树种为伴生树种。树种多样性指数为 1.25, 均匀度指数为 0.70, 生态优势度指数为 0.37。

$\chi^2$  检验表明, 在 19 种树种中, 有 171 对种间联结, 其中: 正相关 58 对, 占总对数的 33.92%; 负相关 113 对, 占 66.08%。林分优势树种麻栎与伴生种化香、枫香、国槐之间存在显著正相关, 表明这几个树种在群落中相伴出现的机率较大, 对生境的要求比较一致。

铜陵叶山林场地处北亚热带, 水热资源优越, 物种资源丰富, 地带性植被为北亚热带向暖温带过渡的常绿和落叶阔叶混交林, 受人为破坏等原因, 现存的森林类型多为次生常绿和落叶阔叶混交林以及人工林。本文所调查的森林类型为麻栎与化香、枫香等落叶阔叶树形成的混交林, 乔木树种多样性分析表明, 该森林类型乔木树种多样性较高为 1.25, 但与兰长春等<sup>[10]</sup>肖坑中亚热带常绿阔叶次生林中龄林林分平均多样性指数 1.79, 以及叶书有等<sup>[11]</sup>休宁县常绿阔叶林的类型及其群落物种多样性分析中

得出, 不同常绿阔叶林群落乔木层平均物种多样性为 2.60 都有较大距离。分析原因可能与自然干扰和人为有关, 被研究林分曾经遭受过雪灾, 致使一部分树木被压折、人工清理掉了; 另一方面, 叶山林场地处北亚热带, 而肖坑和休宁都在叶山林场的南面, 物种多样性有随纬度增加而逐渐减少的趋势, 本文结果也反映这一规律。

理论上讲, 当群落处于演替的初级阶段时, 物种之间的关联程度往往较低, 甚至产生较大的负关联, 竞争较为激烈, 随着群落进展演替的不断进行, 物种之间的正关联程度将会不断地增大, 其原因与物种对群落的选择和群落对生存物种的选择和淘汰有密切的关系, 当一个群落演替到顶级阶段时, 其构成群落的种类之间往往达到某种协调, 生态位彼此分化, 表现出明显的正关联特性。因此, 在演替初期正副关联比较低, 而到后期正副关联比越来越高, 群落结构越趋于稳定。本文正负关联比为 0.51, 小于 1, 说明该群落类型还处于演替阶段, 也就是由落叶阔叶林向常绿与落叶阔叶混交林过渡阶段。

#### 参考文献:

- [1] 张思玉. 桫欏群落内主要乔木种群的种间联结性[J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7(4): 335-339.
- [2] 江明喜, 黄汉东, 胡理乐. 后河自然保护区常绿阔叶阔叶混交林群落学特征研究[J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(5): 353-358.
- [3] 薛建辉. 森林生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005, 134-135.
- [4] 郭琳, 宋西德, 张永, 等. 永寿县刺槐人工林下植物多样性比较研究[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(3): 20-23.
- [5] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 77-80.
- [6] 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、种群空间分布格局及种间关联性研究[J]. 应用生态学报, 2004, 4(11): 2013-2017.
- [7] 李刚, 朱志红, 王孝安, 等. 子午岭乔木群落演替过程中种间联结性分析[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(11): 25-28.
- [8] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [9] 简敏菲, 刘琪琛, 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, 2033(4): 672-680.
- [10] 兰长春, 余艳峰, 刘波. 安徽肖坑亚热带常绿阔叶次生林的结构特征[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(11): 18-21.
- [11] 叶书有. 何云核, 吴昌富. 休宁县常绿阔叶林的类型及其群落物种多样性分析[J]. 安徽农业大学学报, 2001, 28(2): 182-186.