

## 叶山次生落叶阔叶林主要树种空间结构特征

樊丙玉, 郝耀锋, 吴开华, 黄庆丰\*

(安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036)

**摘要:** 通过对铜陵叶山林场天然次生落叶阔叶混交林内具有代表性的样地调查, 利用角尺度、混交度和大小比数 3 个林分空间结构参数分析了该次生落叶阔叶林林分空间结构特征。结果表明, 该林分乔木层共有 19 个树种, 麻栎是该森林类型的优势树种, 主要伴生树种为化香、枫香、檫木等; 该森林类型林分平均角尺度、平均混交度和平均大小比数分别为 0.556、0.525 和 0.497; 在林木空间格局上, 林分整体呈团状分布; 从林分种间隔离程度来看, 整体处于中度混交状态; 在林木大小分化程度上, 麻栎、化香、枫香和檫木在生长上整体处于中庸状态, 林木空间大小分化不大。该森林类型还处在不稳定阶段, 即落叶阔叶向常绿与落叶阔叶林演替过程中。

**关键词:** 次生落叶阔叶林; 空间结构; 角尺度; 混交度; 大小比数

中图分类号: S758.53

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2012)05-0765-05

## Spatial structure characteristics of main tree species in secondary deciduous broad-leaved forest in Yeshan

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

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

**Abstract:** Based on the investigation of typical plots of the natural secondary deciduous broadleaved mixed forest in Yeshan Forest-farm of Tongling city, the spatial structure features of this forest type were analyzed by using three spatial structure parameters (uniform angle, mingling degree and neighborhood comparison index). The results showed that there were 19 tree species in tree layer, of which *Quercus acutissima* was the dominant species of this forest type, and *Platycarya strobilacea*, *Liquidambar formosana*, *Sassafras tzumus* and so on were main associated tree species; the mean value of uniform angle index, mingling degree and neighborhood comparison of the stand in forest type were 0.556, 0.525 and 0.497, respectively. The pattern of tree spatial distribution of the stand was the cluster. The mingling degree of tree species of the stand was moderate mixed. *Quercus acutissima*, *Platycarya strobilacea*, *Liquidambar formosana* and *Sassafras tzumus* were the mean state in growing in the tree's size differentiation degree. The tree's size differentiation of this forest type was small. This forest type is still in the unstable stage, namely the transition stage from the deciduous broadleaved forest to the evergreen and deciduous broadleaved mixed forest.

**Key words:** secondary deciduous broad-leaved forest; spatial structure; uniform angle index; mingling degree; neighborhood comparison

林分的直径结构、树种组成和林木间的空间位置与林分的结构和功能有着很大的关系<sup>[1]</sup>。合理的林分结构可以充分发挥森林的多种基础功能, 促进林木生长和森林演替, 决定了林木之间竞争势态及其空间生态位, 它在很大程度上决定了林分的稳定性、发展的可能性和经营空间大小<sup>[2]</sup>。因此, 林分

空间结构的研究在现代森林经营中具有十分重要的意义, 在生产实践中需要更加全面的了解林分因子和空间分布信息。本文以铜陵叶山林场 20 世纪 50 年代初封育形成的天然次生落叶阔叶混交林为研究对象, 运用角尺度、混交度和大小比数 3 个林分空间结构参数<sup>[3-5]</sup>, 分析了该森林类型林分空间结构特

收稿日期: 2012-05-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(31070569)资助。

作者简介: 樊丙玉, 硕士研究生。E-mail: fanbingyu@163.com

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

征,为进一步揭示该森林类型林分空间结构特征及其演替动态,以及合理选择种群结构和近自然化森林经营提供理论依据。

## 1 研究区概况

试验地位于安徽省铜陵县叶山林场,长江中下游南岸,地势自南而北有低山区、丘陵区、洲圩区依次分布,属亚热带湿润季风气候。全年气候温暖湿润,四季分明。年平均降雨量 1 370 mm,雨量充沛,年平均无霜期为 230 d,全年日照 2 000~2 050 h,光照充足。林场地貌主要为丘陵,土壤类型主要为黄红壤、石灰土, pH 6.8~7.2,土壤厚度为 60~120 cm。林场内现存栎类天然林保存完好,从建国初期开始封育至今,未进行过人为与自然干扰,树种组成丰富,具有我国亚热带南北植物分布典型的过渡地带特点,自然条件比较复杂。主要的乔木树种有麻栎 (*Quercus acutissima*)、化香 (*Platycarya strobilacea*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*)、黄连木 (*Pistacia chinensis*)、山合欢 (*Albizia kalkora*)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、马尾松 (*Pinus massoniana*) 等。

## 2 研究方法

### 2.1 野外调查

在叶山 20 世纪 50 年代封育形成的天然次生落叶阔叶林内,选择有代表性的地段设置 1.08 hm<sup>2</sup> (90 m×120 m) 的典型样地一块,用相邻网格法将样地划分为 12 块 30 m×30 m 的小样方,进行样方每木调查,因本实验研究需要,起测直径设置为 5.0 cm<sup>[6]</sup>,记载树种名称、直径、树高以及样方坡度、坡向、海拔等林木和林地因子;同时,用全站仪进行每木定位,记录其三维坐标 (x, y, z),绘制立木平面位置图。为了避免边缘效应,在每块样方四周设置 5 m 的缓冲区,缓冲区内的树木只作相邻木记载<sup>[7]</sup>。大样地内坡向为西南坡,平均坡度 27.6°,平均海拔 410 m,土壤以黄红壤为主。

### 2.2 林木空间结构参数计算

空间结构单元是空间结构分析的基础,由参照树 *i* 与其最近 *n* 株相邻木组成,考虑到适用于人工林的特殊性,一般取 *n*=4,即对围绕参照树 *i* 最近的 4 颗相邻木的分布予以考虑。这种结构单元的可释性和可操作性较适宜描述林分的空间结构<sup>[4]</sup>,因此,本研究使用基于这种空间结构单元的角尺度、混交度和大小比数 3 个参数来描述林分的空间结构

特征。

角尺度 ( $W_i$ ) 被定义为两个相邻木之间的最小夹角  $\alpha$  小于标准角  $\alpha_0$  的个数占所考察的最近相邻木的比例。其表达式为:

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 z_{ij}$$

式中:一般使用标准角  $\alpha_0=72^\circ$ ,当第 *j* 个角  $\alpha$  小于标准角  $\alpha_0$  时,  $z_{ij}$  取值为 1,反之为 0<sup>[3,8]</sup>。 $W_i$  的取值分别有 0、0.25、0.50、0.75 和 1,对应的描述分别为绝对均匀、均匀、随机、不均匀和很不均匀,即  $W_i$  值越小,参照木周围的相邻木分布越均匀。

混交度 ( $M_i$ ) 用来说明混交林中树种空间隔离程度,指参照树 *i* 与 *n* 株最近相邻木不属于同一树种的个体所占比例,表达式为:

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n v_{ij}$$

式中:  $v_{ij}$  是一个离散性变量,当参照树 *i* 与第 *j* 株相邻木非同种时  $v_{ij}$  取值为 1;反之  $v_{ij}$  取值为 0<sup>[4]</sup>。 $M_i$  的取值分别为 0、0.25、0.5、0.75 和 1,对应的定性描述分别为零度混交、弱度混交、中度混交、强度混交以及极强度混交。

大小比数 ( $U_i$ ) 是描述林木尺寸大于参照树的相邻木占所考查的全部最近相邻木的比例。本研究采用胸径大小比数来说明林木大小分化程度,表达式为:

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n K_{ij}$$

式中:  $U_i$  为林木大小比数,参照树 *i* 比相邻木 *j* 小时  $K_{ij}=1$ ;反之  $K_{ij}$  取值为 0<sup>[5]</sup>。 $U_i$  的 5 种取值 0、0.25、0.5、0.75 和 1 对应于参照木所处生长状态的定性描述分别为优势、亚优势、中庸、劣势、和极劣势,  $U_i$  值越大参照树生长越不占优势。

## 3 结果与分析

### 3.1 林木空间分布格局

角尺度是通过描述相邻木围绕参照树的均匀性来判定林木的空间分布格局。林木空间分布格局有均匀、随机和聚集分布 3 种形式。当  $W_i < 0.475$  时为均匀分布,  $0.475 \leq W_i \leq 0.517$  时为随机分布,  $W_i > 0.517$  时为团状分布<sup>[9]</sup>。由表 1 可知,12 个样方平均角尺度取值在 0.500~0.641 之间,5 号和 10 号样方林木为随机分布,其余样方平均角尺度均大于 0.517,表明各样方林木均为团状分布;12 个样方(大样地)平均角尺度为 0.564,进一步说明该森林类型林木空间分布格局为团状分布。

表 1 各样方林分空间结构参数平均值

Table 1 The mean space structure parameters of each plot of the stand

样方 Plot	平均角尺度 ( $W_i$ ) Mean uniform angle index	平均混交度 ( $M_i$ ) Mean mingling degree	平均大小比数 ( $U_i$ ) Mean neighborhood comparison
1	0.578	0.602	0.473
2	0.598	0.580	0.464
3	0.641	0.815	0.457
4	0.625	0.733	0.533
5	0.515	0.417	0.500
6	0.563	0.527	0.547
7	0.531	0.328	0.547
8	0.578	0.336	0.491
9	0.540	0.701	0.491
10	0.500	0.594	0.453
11	0.533	0.343	0.470
12	0.566	0.493	0.537
平均 Average	0.564	0.539	0.497

表 2 林分主要树种空间结构参数平均值

Table 2 The mean value of space structure parameters of main tree species of the stands

树种 Tree species	株数 Number	平均角尺度 ( $W_i$ ) Mean uniform angle	平均混交度 ( $M_i$ ) Mean mingling	平均大小比数 ( $U_i$ ) Mean neighborhood comparison
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	242	0.515	0.290	0.444
化香 <i>Platycarya strobilacea</i>	121	0.533	0.607	0.397
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	51	0.566	0.820	0.305
檫木 <i>Sassafras tzumu</i>	41	0.445	0.171	0.443

林分主要树种林分空间结构参数平均值如表 2。由该表知, 优势树种麻栎平均角尺度为 0.515, 说明麻栎总体为随机分布。伴生树种化香、枫香、檫木平均角尺度分别为 0.533、0.566 和 0.445, 说明化香和枫香为团状分布, 而檫木为均匀分布。各主要树种林木角尺度分布频率如图 1。由该图可知, 麻栎均匀分布的林木占总株数的 16.5%, 随机分布的林木占 54.5%, 不均匀分布的林木占 20.2%, 团状分布的林木占 8.7%, 均匀和随机分布频率之和大于不均匀和团状分布频率之和, 进一步说明麻栎总体趋于随机和均匀分布。

伴生树种化香平均角尺度为 0.533, 说明其空间分布格局为团状分布, 但随机和均匀分布频率之和为 75.1%, 而不均匀和团状分布频率之和为 33.1%, 即随机分布的结构单元多于不均匀的单元; 枫香林木总体平均角尺度为 0.566, 也为团状分布, 均匀和随机分布的频率之和大于不均匀和团状分布的频率比例之和, 也是随机分布的结构单元多于不均匀的单元; 檫木平均角尺度为 0.445, 其分布格局为随机分布, 其中: 随机分布的林木为 51.2%, 均匀分布的林木为 24.4%, 不均匀分布的为 24.4%, 没有绝对均分布和绝对聚集分布的林木, 林木总体随机分

布的结构单元多于不均匀的单元。

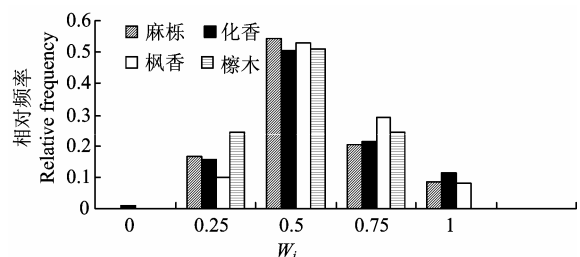


图 1 林分主要树种角尺度频率分布

Figure 1 The uniform angle frequency distribution of main tree species of the stands

### 3.2 林木种间隔离程度

混交度是描述群落中林木种间隔离程度的重要指标, 实际应用混交度比较各林分树种隔离程度时, 通常要分析各林分的混交度分布或比较该分布的均值。对于单优或多优种群采用分树种统计的方法, 以获得该树种在整个林分中的混交情况。而对于由多树种组成的、无明显优势种群的天然林来讲, 自然就没有分树种计算的必要<sup>[10]</sup>。

由表 1 知, 12 块样方林木平均混交度在 0.328~

0.815 之间，其中：8 块样方为中度以上混交，4 块样方为弱度至中度混交，大样地平均混交度为 0.539，说明了林分整体处于中度混交状态，大多数树种为不同树种混交，很少出现单株集聚。由表 2 可知，麻栎、化香、枫香、檫木林木总体平均混交度分别为 0.290、0.607、0.820 和 0.171，说明麻栎总体为弱度至中度混交，化香为中度至强度混交，枫香为强度以上混交，檫木为弱度混交。进一步分析各树种混交度分布频率（图 2），麻栎弱度以下混交的林木株数占该树种林木总株数的 57.9%，即样地中有一半以上的麻栎与本种伴生。化香弱度以下混交林木株数占样地该树种林木总株数的 18.2%，中度和强度以上混交占 81.8%。枫香强度以上混交的林木株数占样地内该树种林木总株数的 90.2%。这说明化香和枫香的混交度程度很高，即周围有 2 个以上树种与其伴生。檫木弱度以下混交的林木株数占样地檫木总株数的 70.7%，说明檫木混交度较低，总体呈单种集聚分布。

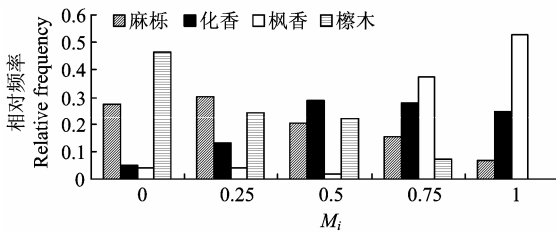


图 2 林分主要树种混交度频率分布

Figure 2 The mingling frequency distribution of main tree species of the stands

### 3.3 林木大小分化程度

大小比数是用以描述最近相邻木与参照木的大小关系的量化指标，能够体现出林木单株之间的竞争关系，生物学意义十分明显。根据比较和分析的指标不同可分为胸径大小比数、冠幅大小比数、树高大小比数，考虑到冠幅和树高的测定精确度较低，一般采用胸径大小比数。

如表 1 所示，12 个样方中林木平均大小比数在 0.453~0.547 之间，林分整体平均大小比数为 0.497，说明了林木单株之间竞争不激烈，林木分化程度较弱，林分整体处于中庸生长势态。由表 2 可知，麻栎、化香、枫香、檫木平均大小比数分别为 0.444、0.397、0.305 和 0.443，均介于亚优势和中庸之间。由图 3 可知，优势树种麻栎处于优势和亚优势的林木株数占样地麻栎总株数的 40.5%，中庸木为 21.1%，劣势和绝对劣势木为 38.4%；伴生树种化香

处于亚优势和优势的林木株数占样地该树种总株数的 42.1%，中庸木为 27.3%，劣势和绝对劣势木为 30.6%；枫香亚优势至优势林木株数占样地该树种总株数的 60.2%，中庸木占 5.9%，劣势至绝对劣势木占 31.4%；檫木优势至优势林木株数占样地该树种总株数的 41.5%，中庸木占 19.5%，劣势至绝对劣势木占 39.0%。林分优势树种麻栎平均大小比数大于伴生树种的平均大小比数，亚优势至优势的林木分布频率之和大于其他伴生树种两种分布频率之和，说明了麻栎在该林分中占有一定的优势地位。

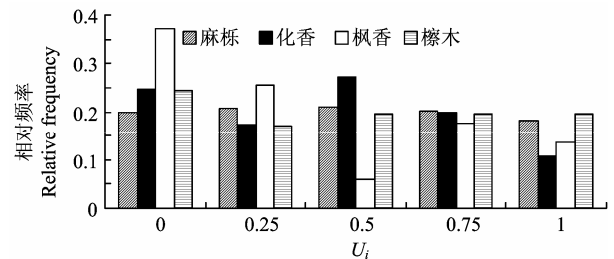


图 3 林分主要树种大小比数频率分布

Figure 3 The frequency distribution of main tree species neighborhood comparison of the stands

## 4 小结与讨论

落叶阔叶林是北亚热带主要森林类型之一，受人为破坏和自然灾害等原因，现存的多为天然次生落叶阔叶林。本文所调查的森林类型为麻栎与化香、枫香、檫木等树种组成的天然次生落叶阔叶混交林。

经过 50 多年的封育保护，该森林类型林分在林木空间格局上呈团状分布；优势树种麻栎为随机分布，伴生树种化香、枫香、檫木为团状分布。在林木种间隔离程度上，林分整体处于中度混交状态；优势树种麻栎和伴生树种檫木呈弱度混交，表现为单种集聚分布，种间隔离度小，而伴生树种化香和枫香为中度以上混交，种间隔离度较高。在林木大小分化程度上，麻栎、化香、枫香和檫木在生长上整体处于中庸状态，林木大小分化不大，林木单株之间竞争不激烈。

树种隔离程度越高，林分的结构越趋于稳定。经过长期封山育林得到恢复的天然林其树种混交度都很高<sup>[11]</sup>。恢复和发育较好的天然林分空间分布格局趋于随机分布，林分空间结构研究有助于了解林分的稳定性、发展的可能性和经营空间的大小。本文中的次生落叶阔叶林，林分混交度只有中度以上水平，林木空间分布格局总体上呈团状或集聚分布特征，这说明该森林类型还处在不稳定阶段。由于

该地地带性森林植被为北亚热带常绿与落叶阔叶林, 因此, 该森林类型还处在落叶阔叶林向北亚热带常绿与落叶阔叶林演替过程中。

### 参考文献:

- [1] 张建国, 段爱国, 童书振. 林分直径结构模拟与预测研究概述[J]. 林业科学研究, 2004, 17(6): 787-795.
- [2] 惠刚盈, 克劳斯·冯佳多. 德国现代森林经营技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001: 119-134.
- [3] 惠刚盈, von Gadow K, Albert M. 角尺度——一个描述林木个体分布格局的结构参数[J]. 林业科学研究, 1999, 35(1): 37-42.
- [4] 惠刚盈, 胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(1): 23-27.
- [5] 惠刚盈, von Gadow K, Albert M. 一个新的林分空间结构参数—大小比数[J]. 林业科学研究, 1999, 12(1): 1-6.
- [6] 李丽, 惠淑荣, 惠刚盈, 等. 不同起测直径对判定林木空间分布格局影响的研究[J]. 林业科学研究, 2007, 20(3): 334-337.
- [7] 周红敏, 惠刚盈, 赵中华, 等. 林分空间结构分析中样地边界木的处理方法[J]. 林业科学研究, 2009, 45(2): 1-6.
- [8] 惠刚盈, von Gadow K, 胡艳波. 林分空间结构参数角尺度的标准角选择[J]. 林业科学研究, 2004, 17(6): 687-692.
- [9] Hui G Y, von Gadow K. Das winkelmass-theoretische Oberlegungen zum optimalen standardwinkel. Allgemeine Forest und Jagdzeitung[J]. 2002, 173(9): 173-177.
- [10] 惠刚盈, 胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(1): 177-181.
- [11] 胡艳波, 惠刚盈. 优化林分空间结构的森林经营方法探讨[J]. 林业科学研究, 2006, 19(1): 1-8.

## 本刊外聘编委 黎志康研究员

中国农业科学院农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程首席科学家、国际水稻研究所驻中国代表科学家和全球水稻分子育种协作网协调科学家。

专业特长: 植物分子遗传学(基因定位、数量性状遗传作图、植物分子标记辅助育种、功能等位基因发掘和复杂农艺性状的功能基因组研究)及其在水稻育种、遗传和进化中的应用。国际动植物基因组年会植物分子育种分会的主持人, 国际遗传学大会 Invited Speaker。是美国科学促进会协会会员, 美国遗传学学会会员, 美国作物科学学会会员。

1974年10月-1977年9月就读于安徽农业大学, 1980年9月-1983年8月在中国农业科学院学习, 获硕士学位, 1985年1月-1989年7月在美国加州大学戴维斯校区学习, 获博士学位。1997年11月-2003年7月在国际水稻研究所遗传育种系任高级研究员, 2003至今在中国农业科学院作物科学研究所工作, 任水稻分子遗传和育种研究员。

在国外曾主持过8个项目的研究, 总研究经费额达300多万美元。曾设计、策划并主持了有11个国家和31个院所参加的“全球水稻分子育种计划”, 取得了重大的进展。目前主持的在研项目包括来自美国洛克菲勒基金的项目2项、国际农业研究中心挑战计划1项, 总研究经费额达170多万美元。此外还主持或承担国家科技部973、863和农业部948项目3项, 总研究经费额达700万人民币。