

松阔混交林林分空间结构分析

郑丽凤, 周新年, 江希钿, 官印生, 杨荣耀, 巫志龙

(福建农林大学, 福州 350002)

摘要: 利用混交度、大小比数和角尺度 3 种结构参数结合树种组成, 分析了松阔混交林林分空间结构。结果表明, 优势树种马尾松多呈单种聚集, 其余树种中、强度混交占了相当大的比例; 马尾松在空间大小对比上占有一定的优势, 其余树种则分化严重, 既有占优势的树种, 也有受压的树种; 从林木水平分布格局上看, 该地林分是以团状分布为主。

关键词: 马尾松; 针阔混交林; 空间结构; 混交度; 角尺度; 大小比数; 福建

中图分类号: S718.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2006)04-0275-06

Analysis of the Stand Spatial Structure of *Pinus massoniana*-Broadleaved Mixed Forest

ZHENG Li-feng, ZHOU Xin-nian, JIANG Xi-dian,
GUAN Yin-sheng, YANG Rong-yao, WU Zhi-long

(Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Stand spatial structure of *Pinus massoniana* and broadleaved mixed forest in Fujian was investigated using three structure parameters (mingling, neighborhood comparison, and uniform angle index — neighboring tree distribution pattern). The results showed that *P. massoniana* was the dominant species in the mixed forest, which exhibited aggregation of single species, and the rest tree species were more or most intensive in mingling. When using neighborhood comparison method to characterize the size differentiation of trees, *P. massoniana* had an advantage over other species which differentiated seriously both in dominant species and suppressed species. Considering tree distribution pattern using uniform angle index, the stands in this community was found to be a clumped distribution.

Key words: *Pinus massoniana*; Needlebroadleaved mixed forest; Spatial structure; Mingling intensity of populations; Uniform angle index; Neighborhood comparison; Fujian Province

林分空间结构是指林木在林地上的分布格局, 以及它的属性在空间上的排列方式, 也就是林木之间树种、大小、分布等的空间关系。林分空间结构决定了树木之间的竞争势及其空间生态位, 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的大小^[1]。分析林分空间结构并结合其他因素做全面分析, 对制定正确的经营措施有着十分重要的意义。松阔混交林是在原生的常绿阔叶林植被遭

到干扰、损害或破坏后, 林地空旷、裸露, 种子天然入侵林地后形成的, 从南方森林群落的自然演替角度来看, 其处在较初级的演替阶段, 物种多样性低、涵水功能差。目前, 用描述空间结构的混交度、大小比数和角尺度 3 个参数在北方森林群落结构中研究较多^[1-3], 而在南方松阔混交林的研究中则未见报道。本文利用这 3 个参数并结合林分树种组成对松阔混交林空间结构进行分析, 为制定合理的森林经

收稿日期: 2005-12-06 接受日期: 2006-04-05

基金项目: 福建省自然科学基金项目(E03001); 福建省林业厅科学基金项目(闽林科[2000]08 号文第 3(6)项) 资助

营目标和技术措施提供理论依据。

1 试验地概况

试验地设在福建农林大学南区后山,其地理坐标为 25°16′-26°39′ N, 118°23′-120°31′ E。属于福建省东部褶皱山地地貌,山势狭长,山矮坡陡。相对海拔在 300 m 以下,主要地带土壤为红壤。该区属亚热带海洋性湿润气候,年均气温 19.6℃,极端最高温 41.1℃,极端最低气温 -2.5℃。年均降水量 1 342.5 mm,无霜期 326 d。该处马尾松阔叶混交林是在自然林过度砍伐几十年后经一定程度的封育而得到恢复的林分,具有一定的植被代表性。

试验地以马尾松 (*Pinus massoniana*) 为优势树种,主要伴生树种有:台湾相思(*Acacia confusa*)、樟树(*Cinnamomum camphora*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、杨梅(*Myrica rubra*)、油杉(*Keteleeria fortunei*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、鹅掌柴(*Schefflera octophylla*)、刚竹(*Phyllostachys viridis*)等。

2 研究方法

2.1 调查方法

选择试验区具有代表性的典型地段设立标准地进行立木空间结构调查。设置 20 m×20 m 的 4 个标准地,计 1 600 m²,每个样地内又设 5 m×5 m 的小样方 16 个。采用全面调查法,调查样地内所有大于起测径阶(5 cm)的林木特征值,包括树木的相对 XY 坐标、树种、胸径、树高、冠幅等。

2.2 分析方法

植物群落由不同的植物种构成,重要值是反映树种在群落中的地位和作用的相对数量指标。重要值是根据密度、频度和优势度(树木胸高断面积)的相对值确定的,物种重要值越大,其在群落结构中的地位也越重要,因此可用其表征群落物种的结构变化状况^[4]。

林分内任意一株单株木和离它最近的 n 株相邻木均可以构成林分空间结构的基本单位—林分空间结构单元。空间结构单元核心的那株树被称为参照树,而最近的 n 株相邻树木则被称为相邻木, n 的取值不同,由参照树及其相邻木组成的结构框架大小就不同。Fueldner 选取 $n=3$ 分析混交林空间结构,即“结构 4 组法”,而惠刚盈等则认为 $n=4$ 更能恰

当分析林分空间结构^[5-8]。本文取 $n=4$,即参照树及其周围 4 株相邻木组成的结构单元为基础,利用混交度(mingling)^[5]、大小比数(neighborhood comparison)^[6]及角尺度 (uniform angle index - neighboring tree distribution pattern)^[7]等空间结构描述松阔混交林林分空间结构。

树种混交度被定义为参照树的 n 株最近相邻木中与参照树不属同种的个体所占的比例,用以描述树种的空间隔离程度,或者说树种组成和空间配置情况(描述非同质性),用公式(1)表示为

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (1)$$

式中: V_{ij} 是一个离散性的变量,其值定义为:当参照树 i 与第 j 株相邻木非同种时 $V_{ij} = 1$,反之 $V_{ij} = 0$ ^[5]。

大小比数是大小分化度的改进,是指胸径大于参照树的相邻木占 n 株最近相邻木的株数比例,用以描述林木个体大小分化程度,或者说是树种的生长优势程度(描述非均一性),用公式(2)表示为

$$U_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij} \quad (2)$$

式中: K_{ij} 是一个离散性的变量,其值定义为:当参照树 i 比相邻木 j 小时 $K_{ij} = 0$,反之 $K_{ij} = 1$ 。大小比数量化了参照树与其相邻木的关系,其值 U_i 越低,说明比参照树大的相邻木越少^[6]。

角尺度用来描述相邻树木围绕参照树的均匀性,用角尺度描述林木个体在水平地面上的分布形式,或者说是种群的空间分布格局(描述非规则性)。任意两个邻接最近相邻木的夹角有两个,小角为 α ,最近相邻木均匀分布时的夹角设为标准角 α_0 ,对于 $n = 4$,标准角的可能取值范围为(60°, 90°),最优标准角为 72°^[7,8]。角尺度被定义为 α 角小于标准角 α_0 的个数占所考察的 n 个夹角的比例。用公式(3)表示为

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_{ij} \quad (3)$$

式中: Z_{ij} 是一个离散性的变量,其值定义为:当第 j 个 α 角小于标准角 α_0 时 $Z_{ij} = 1$,反之 $Z_{ij} = 0$ ^[7]。

3 松阔混交林林分空间结构分析

3.1 树种组成

表 1 所示为该松阔混交林各样地乔木层的重

表 1 各样地乔木层主要树种的重要值
Table 1 Importance values in tree species

样地 Plot	植物 Species	相对多度 Relative abundance	相对优势度 Relative superiority	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value
1	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	50.000	67.411	58.333	175.744
	乌桕 <i>Sapium sebiferum</i>	14.286	3.484	16.667	34.436
	台湾相思 <i>Acacia confusa</i>	14.286	10.404	8.333	33.023
	杨梅 <i>Myrica rubra</i>	7.143	17.444	8.333	32.920
	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	14.286	1.257	8.333	23.876
2	台湾相思 <i>Acacia confusa</i>	45.000	36.503	46.667	128.170
	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	35.000	30.627	33.333	98.960
	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	20.000	32.870	20.000	72.870
3	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	83.784	71.354	71.429	226.566
	台湾相思 <i>Acacia confusa</i>	10.811	26.846	14.286	51.943
	鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	2.703	1.375	7.143	11.221
	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	2.703	0.425	7.143	10.271
4	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	37.037	54.470	45.000	136.507
	台湾相思 <i>Acacia confusa</i>	44.444	36.412	40.000	120.856
	油杉 <i>Keteleeria fortunei</i>	7.407	7.160	5.000	19.567
	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	7.407	1.275	5.000	13.682
	鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	3.704	0.683	5.000	9.387

要值。可以看出,在样地 1、3、4 中马尾松都呈绝对优势,尤其是样地 3 的马尾松重要值达到 226.566;样地 2 台湾相思占一定优势,其次是马尾松,再次是樟树,但三者相差不大。

3.2 林木种间关系

图 1 展示了 4 块样地的林木平均混交度及 5 种

混交度的分布频率。样地 1、样地 4 中强度混交 (1 株单木周围有 3 株相邻木属于其它树种, $M_i=0.75$) 的比例最高,其平均混交度均在 0.6 左右,说明这 2 块样地同树种单种聚集在一起的情况较多;样地 2 中度混交 (1 株单木周围有 2 株相邻木属于其它树种, $M_i=0.50$) 的比例最高,说明这块样地中大多树种的周围既有同树种也有别的树种;样地 3 中零度

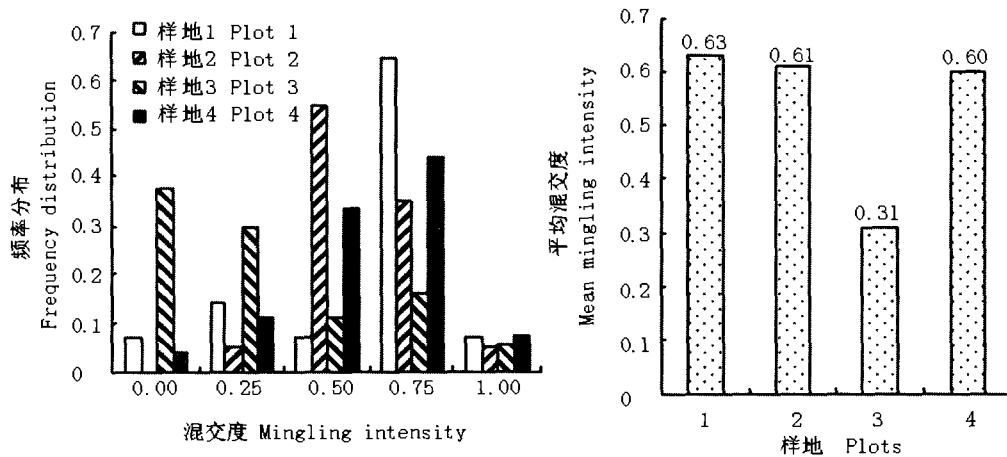


图 1 林分平均混交度及其分布

Fig. 1 Mean mingling intensity in stands and its distribution

混交 (1 株单木周围 4 株最近相邻木均为同种, $M_i=0$) 的比例最高, 平均混交度只有 31%, 说明在这块样地里多数是同树种单种聚集在一起, 结合树种组成说明这块样地马尾松占绝对优势。

按树种分析(表 2), 可以看出马尾松的平均混交度只有 0.37, 而其它树种平均混交度几乎都在 0.5 以上, 最高的混交度为 1.00。从总体上来说, 在这种天然林中马尾松较多呈现单种聚集, 而其它树种中度混交、强度混交以及极强度混交占了很大的比例。

进一步分析表明, 零度混交在马尾松单木中较多(有 27% 的马尾松以本种为伴), 在台湾相思中也有 4% 的台湾相思以本种为伴。在樟树、杨梅、油杉、乌桕、鹅掌柴及杉木等树种的单木中 $M_i=0$ 的比例几乎都为零。而在没有零度混交的树种中, 仅有樟树有轻度混交的现象。杨梅、油杉、乌桕、鹅掌柴和

杉木等树种零度混交和轻度混交都没有, 全都是强度混交和极强度混交。

总的说来该松阔混交林作为优势树种的马尾松较多呈单种聚集, 其余树种则散生在马尾松中。

3.3 林木大小比数分化程度

表 3 描述 4 块样地中的一些主要树种的大小比数分布。根据大小比数的定义 U_i 越大代表相邻木越大, 而参照树不占优势。马尾松处于劣势和绝对劣势状态的情况相对较少, 有 55% 的马尾松生长上处于优势地位, 27% 的马尾松处于受压状态, 18% 处于中庸状态。台湾相思各种状态都有, 且相对樟树来说, 还是比较占优势的。各树种平均大小比数的取值范围从 0 到 88%, 反映了树种空间大小分化和大小组合的极大差异。平均大小比数在 0.25 以下的只有杨梅一个树种, 它们在与其最近相邻木所组成

表 2 各树种平均混交度及其组成
Table 2 Mean mingling intensity for different tree species

树种 Species	M_i					平均 Mean
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.27	0.24	0.25	0.24	0.00	0.37
台湾相思 <i>Acacia confusa</i>	0.04	0.11	0.30	0.48	0.07	0.61
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	0.00	0.14	0.29	0.28	0.29	0.64
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
油杉 <i>Keteleeria fortunei</i>	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.75
乌桕 <i>Sapium sebiferum</i>	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.75
鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.75

表 3 各树种平均大小比数及其组成
Table 3 Mean neighborhood comparison for different tree species

树种 Species	U_i					平均 Mean
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.22	0.33	0.18	0.14	0.13	0.42
台湾相思 <i>Acacia confusa</i>	0.22	0.16	0.26	0.11	0.26	0.51
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	0.14	0.00	0.28	0.29	0.29	0.64
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
油杉 <i>Keteleeria fortunei</i>	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.63
乌桕 <i>Sapium sebiferum</i>	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.75
鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.75
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.88

的空间单元中,大多数情况下都比其相邻木大,而马尾松的平均大小比数为0.42,介于0.25与0.50中间,生长上介于优势和中庸状态之间,生长上占一定优势。台湾相思的平均大小比数在0.50左右,生长上处于中庸状态,在由它构造的结构单元中,比它大和比它小的相邻木数量基本一致。樟树和油杉的平均大小比数大于0.50,但没有达到0.75,这两个树种单木在构成结构单元时,两三株相邻木较粗大的情况经常发生,生长上不占优势。乌桕、鹅掌柴和杉木受压较严重,尤其是杉木,有一半的参照树完全受压。

从上面的分析来看,马尾松在空间大小对比上占有一定的优势,其余树种则分化严重,既有占优势的树种,也有受压的树种。

3.4 林木个体空间分布格局

用角尺度描述林分中的林木个体分布格局的时候,关注林木个体之间的方位关系,不需要分树种统计,只要考虑整个样地的取值情况即可^[9]。根据角尺度的定义, W_i 的值越大则参照树周围的相邻木分布越不均匀。

图2给出4块固定样地的平均角尺度及其取值分布。4块样地中 $W_i=0$ 的比例都不高,这说明了绝对均匀情况很少或几乎没有。 $W_i=0.50$ 的比例在4块样地都最高,样地的平均角尺度取值在0.518~0.611之间,各个样地的平均角尺度的取值分别为:0.518、0.563、0.655、0.611。由于随机分布的角尺度取值范围是 $0.475 \leq \bar{W} \leq 0.517$,当 $\bar{W} < 0.475$ 就是均匀分布, $\bar{W} > 0.517$ 就为团状分布^[7,9]。以此作为林分林木分布的判别标准,判定本试验地的林分分布格

局均为团状分布,这与刘健^[10]等研究闽北天然针阔混交林马尾松种群空间分布格局时,认为马尾松种群呈小规模丛生聚集分布的结论是吻合的。

4 结论和讨论

总的说来,本松阔混交林中作为优势树种的马尾松较多呈单种聚集分布,其余树种中、强度混交占了相当大的比例。树种空间大小分化和大小组合的差异极大,马尾松在空间大小对比上占有一定的优势,其余树种则分化严重,既有占优势的树种,也有受压的树种。平均角尺度的分析结果表明,松阔混交林的林分分布格局基本上以不均匀分布为主。

邻体研究结果表明,参照树与四周的邻体距离有关,本文取 $n=4$,即以参照树及其周围4株相邻木组成的结构单元为基础,来研究松阔混交林林分空间结构,是基于以下几点考虑:1)确定邻体的方法。张跃西在测定马尾松林分干扰指数中,将以基株为中心,以2~6 m为半径圆周内的所有个体确定为邻体^[11]。洪伟等对闽北马尾松人工林邻体干扰效应的分析表明,当基株到邻体之间的距离大于4 m时影响植物生长的主要因素不是邻体干扰,而是环境因素^[12]。2)本研究地内的林分密度及树冠所影响的范围。据调查,样地林分密度为594株 hm^2 ,树冠的平均冠幅为3.1 m,最大10.1 m。3) n 取4时空间结构信息比较完整,符合自然情况,生物学意义明显,可释性和可操作性都比较强^[1]。

马尾松林是我国南方森林生态系统退化的一个主要类型,退化的主要原因是由于人为干扰所致,退化的特征表现在物种多样性丧失、群落结构

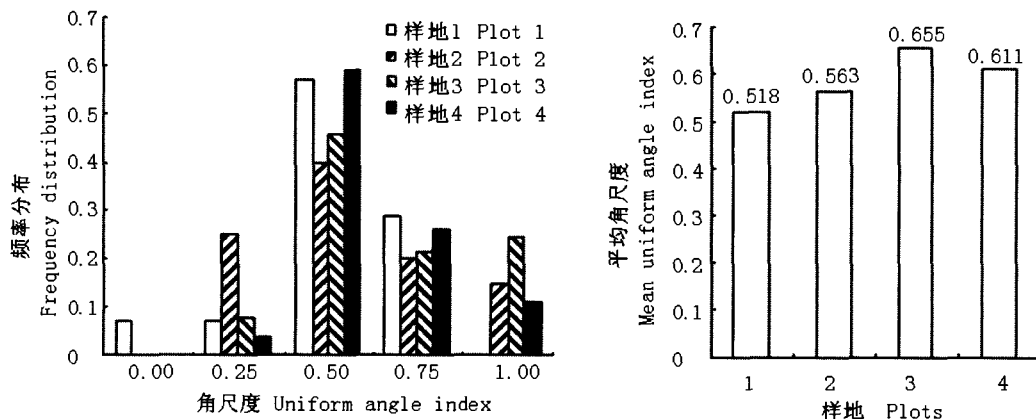


图2 样地1-4的平均角尺度及其分布

Fig. 2 Mean uniform angle index and its distribution in the four plots

不稳定和病虫害危害严重。马尾松林退化生态系统的改造将以重建并恢复到常绿阔叶林为目标,在经营上可采用单株择伐或团状择伐。择伐木的确定首先是生长不良且没有成材希望或是形质不良的林木;第二以有利于增大混交度为原则;第三由于一般常绿阔叶林个体多呈随机分布,因此角尺度大于 0.517 的单木可视为干扰树,予以伐除。通过实施择伐经营,力求提高松阔混交林混交度,降低角尺度,促进林下常绿阔叶树种的生长与群落恢复,从而加速林分向常绿阔叶林演替。

参考文献

- [1] Hu Y B(胡艳波), Hui G Y(惠刚盈), Qi J Z(戚继忠), et al. Analysis of the spatial structure of natural Korean pine broadleaved forest [J]. For Res(林业科学研究), 2003, 16(5):523-530.(in Chinese)
- [2] Tang M P(汤孟平), Tang S Z(唐守正), Lei X D(雷相东), et al. Study on spatial structure optimizing model of stand selection cutting [J]. Sci Silv Sin(林业科学), 2004, 40(5):25-31.(in Chinese)
- [3] Zhang Q(张群), Fan S H(范少辉), Shen H L(沈海龙). Influence of the spatial structure of tress, etc. on the young trees of *Pinus koraiensis* under natural secondary forest [J]. For Res(林业科学研究), 2004, 17(4):405-410.(in Chinese)
- [4] Qiu R H(邱仁辉), Chen H(陈涵). Effects of selective cutting of different intensities on the tree layer structure and species diversity of evergreen broadleaved forest [J]. Chin J Eco-Agri(中国生态农
业学报), 2005, 13(3):158-161. (in Chinese)
- [5] Hui G Y(惠刚盈), Hu Y B(胡艳波). Measuring species spatial isolation in mixed forests [J]. For Res(林业科学研究), 2001, 14(1):177-181.(in Chinese)
- [6] Hui G Y(惠刚盈), von Gadow K, Albert M. A new parameter for stand spatial structure neighborhood comparison [J]. For Res(林业科学研究), 1999, 12(1):1-6.(in Chinese)
- [7] Hui G Y(惠刚盈), von Gadow K, Albert M. The neighborhood pattern — a new structure parameter for describing distribution of forest tree position [J]. Sci Silv Sin(林业科学), 1999, 35(1):37-42.(in Chinese)
- [8] Hui G Y(惠刚盈), von Gadow K, Hu Y B(胡艳波). The optimum standard angle of the uniform angle index [J]. For Res(林业科学研究), 2004, 17(6):687-692.(in Chinese)
- [9] von Gadow K, Hui G Y. Characterizing forest spatial structure and diversity [A]. In: Proceedings of the SUFOR International Workshop “Sustainable Forestry in Temperate Regions” [C]. Sweden: Lund University, 2002.
- [10] Liu J(刘健), Chen P L(陈平留), Lin Y S(林银森). Spatial distribution pattern of masson pine population in natural forest mixed with conifer and broad-leaved tree [J]. J Fujian Coll For(福建林学院学报), 1996, 16(3):229-233.(in Chinese)
- [11] Zhang Y X(张跃西). Application and improvement of the neighborhood interference model [J]. Acta Phytoecol Geobot Sin(植物生态学与地植物学学报), 1993, 17(4):352-357.(in Chinese)
- [12] Hong W(洪伟), Wu C Z(吴承祯). Study on the improvement and application of the neighborhood interference index model [J]. Sci Silv Sin(林业科学), 2001, 37(sp.1):2-5.(in Chinese)