

文章编号:1001-1498(2003)05-0523-08

吉林蛟河天然红松阔叶林的空间结构分析*

胡艳波¹, 惠刚盈¹, 戚继忠², 安慧君³, 郝广明²

(1. 中国林业科学研究院林业研究所,北京 100091;2. 北华大学林学院,吉林 吉林 132013;

3. 北京林业大学森林资源与环境学院,北京 100083)

摘要:利用混交度、大小比数和角尺度等三种结构参数,分析了红松阔叶天然林的空间结构。用平均混交度和混交度分布分析了林分的树种空间配置情况,得到该种林分主要以中、强度混交为主;用平均角尺度和角尺度分布分析了林木水平分布格局,得到该种林分以随机分布为主等结论。同时还应用大小比数和混交度分析了一些主要树种的空间属性,发现两种参数的结合可以清楚地描述树种的空间属性。

关键词:红松阔叶混交林;空间结构;混交度;大小比数;角尺度

中图分类号:S791.247 **文献标识码:**A

传统林学中对于植被结构的研究,主要集中在描述群落的树种组成和空间分布、群落成层性、年龄组成、生物量分配等。随着近自然森林经营的兴起,森林的结构、过程和诸多关系等详细信息越来越成为森林经营的前提,其中涉及单木之间空间关系的林分空间结构越来越受到人们的重视。林分空间结构是指林木在林地上的分布格局及其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大小^[1]。分析和重建林分空间结构是研制新一代林分生长模型的重要基础,也是制定森林经营规划方案的前提,因此近年来对林分空间结构的研究倍受关注,提出了多种描述林分空间结构的参数^[1~3]。红松阔叶林是我国东部小兴安岭和长白山地区森林的顶级植被,红松阔叶天然林是阔叶红松原始林过伐几十年后经封育得到恢复的林分,具有一定的植被代表性。为了更好地保护和经营红松阔叶天然林,并促进其向阔叶红松林转变,必须清楚地了解林分的空间结构现状及发展趋势。本文利用描述空间结构的混交度、大小比数和角尺度等参数分析了红松阔叶天然林林分的空间结构,为制定和实施森林经营及保护规划提供可释性强的空间结构信息支持。

1 试验地概况

吉林蛟河的红松阔叶林位于蛟河县前进乡境内的吉林林学院实验林场东大坡自然保护区内,其地理坐标为 43°51' ~ 44°05' N, 127°35' ~ 127°51' E。属于吉林省东部褶皱断山地地貌,

收稿日期:2002-12-20

基金项目:引进国际先进农业科学技术项目“天然林恢复和经营模式技术引进(99-4-18)”

作者简介:胡艳波(1975—),辽宁宽甸人,研究实习员,硕士。

* 参加野外调查的还有吉林省蛟河实验林场的陶丽霞、张生、徐炳芳、孙国文等同志,在此一并致谢!

长白山系张广才岭支脉断块中山地貌,山势浑圆,东北部山高坡陡,西南部地势平缓。相对海拔在 800 m 以下,主要地带土壤为暗棕壤。该区属温带大陆性季风湿润气候,年平均气温 3.4 以下。年平均降水量 710 mm 左右,年蒸发量 1 000 mm 以上。

该区属于长白山植物区系。试验地主要树种有:红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)、杉松(*Abies holophylla* Maxim.)、臭冷杉(*A. nephrolepis* Maxim.)、鱼鳞云杉(*Picea jezoensis* Carr.)、色木(*Acer mono* Maxim.)、核桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica* Rupr.)、黄波罗(*Phellodendron amurense* Rupr.)、蒙古栎(*Quercus mongolica* Fisch.)、千金榆(*Carpinus cordata* Bl.)、东北槭(*A. mandshuricum* Maxim.)、裂叶榆(*Ulmus laciniata* Mayr)、紫椴(*Tilia amurensis* Rupr.)等。层外植物有山葡萄(*Vitis amurensis* Rupr.)、五味子(*Schisandra chinensis* Baill)、软枣猕猴桃(*Actinidia arguta*(Sieb. et Zucc.) Planch. ex Mix)等。常见的下木有花楷槭(*A. ukurunduense* Trautv. et Mey)、胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)、楔叶绣线菊窄叶变种(*Spiraea canescens* D. Don var. *oblanceolata* Rehd.)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*(Rupr. et Maxim) Harms)等。

2 研究方法

2.1 调查方法

本研究采用了全面调查法,调查样地内所有大于起测径阶(3.1 cm)的林木特征值,即树木的相对 XY 坐标、树种、胸径、树高、冠幅等(图 1),利用这些特征值计算林分空间结构参数。样地按照一般林业野外调查要求设置。主分析样地是 6 块有代表性、能够反映该林区林分的空间结构状况、面积为 30 m × 30 m 的固定样地,其调查数据用于计算所有结构参数。辅助分析样地是 20 块随机设置的 20 m × 30 m 的临时样地,其调查数据用于计算混交度和大小比数。

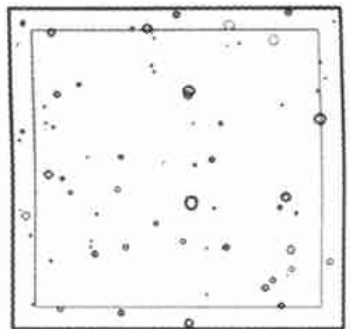


图 1 固定样地林木定位图

2.2 分析方法

按照森林资源清查和森林经理的观点,从 3 个方面入手完整描述天然林的空间结构:(1)树种的空间隔离程度,或者说天然林的树种组成和空间配置情况(描述非同质性);(2)林木个体大小分化程度,或者说是树种的生长优势程度(描述非均匀性);(3)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)^[4~6]。

空间结构分析以空间结构单元分析为基础。空间结构单元由任意 1 株单木与其最近几株相邻木构成,单元核心的单木被称作参照树。许多研究表明,在 1 株参照树与 4 株相邻木组成的结构单元中,4 株最近相邻木与参照树构成的结构关系有 5 种,即零度、弱度、中度、强度、极强度,过渡阶段完整,符合自然情况,生物学意义明显,空间结构信息比较完整。另外,这种结构单元的可释性和可操作性都比较强,较适宜于描述林分的空间结构^[1,3,7],因此本文采用这种结构单元定义所有结构参数,并使用树种混交度描述树种空间隔离程度,使用大小比数描述林木大小分化程度,使用角尺度描述林木水平分布格局。

树种混交度(M)被定义为参照树 i 的 4 株最近相邻木中与参照树不属同种的个体所占的比例,用公式(1)表示为:

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 ij \quad \text{其中: } ij = \begin{cases} 1, & \text{当参照树 } i \text{ 与第 } j \text{ 株相邻木非同种时} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

大小比数是指胸径、树高或冠幅等大于参照树的相邻木占 4 株最近相邻木的株数比例,公式(2)为:

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 kij \quad \text{其中: } kij = \begin{cases} 1, & \text{如果参照树 } i \text{ 比相邻木 } j \text{ 小} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (2)$$

角尺度(W)用来描述相邻树木围绕参照树 i 的均匀性。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 。角尺度(W)被定义为 α 角小于标准角 α_0 的个数占所考察的 4 个夹角的比例。表达式为:

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 zij \quad \text{其中: } zij = \begin{cases} 1, & \text{当第 } j \text{ 个 } \alpha \text{ 角小于标准角 } \alpha_0 \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

根据(1)、(2)和(3)式中各参数的定义,得出参数取值的含义如图 2 所示。

参数取值	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
混交度 ○ ● : 代表两个树种	 零度混交	 弱度混交	 中度混交	 强度混交	 极强度混交
大小比数 ● ● ● : 代表不同大小	 优势	 亚优势	 中庸	 劣势	 绝对劣势
角尺度 α : 相邻木夹角 α_0 : 标准角	 绝对均匀	 均匀	 随机	 不均匀	 团状

图 2 结构参数取值及含义

以上概念都是针对一个空间结构单元而言的,在分析整个林分的空间结构时,需要计算林分内所有结构单元的参数平均值,并将其作为分析的基础。其中,通过分析林分平均混交度和各树种混交度^[1],研究天然林树种空间配置情况;通过分析各树种大小比数研究该树种在林分内的生长状况^[2];通过分析样地平均角尺度研究林木水平地面上的分布格局^[3]。

3 红松阔叶林空间结构分析

3.1 林木种间关系

天然林树种丰富,搭配复杂。图 3 展示了 6 块样地的林木平均混交度的分布。在每一块样地中 M_i 从 0 到 1 的各取值的比例逐渐增大,这说明在这些林分里同树种聚集在一起的情况为数不多,多数树种不与本树种为伴。总的来看,6 块样地的平均混交度都很高,最高的平均混交度甚至接近 90%。这说明天然林经营和保护越好,树种孤立的情况越少,树种之间的隔离程度越小,树种组成的结构越多样,林分的稳定性也会相应增强。

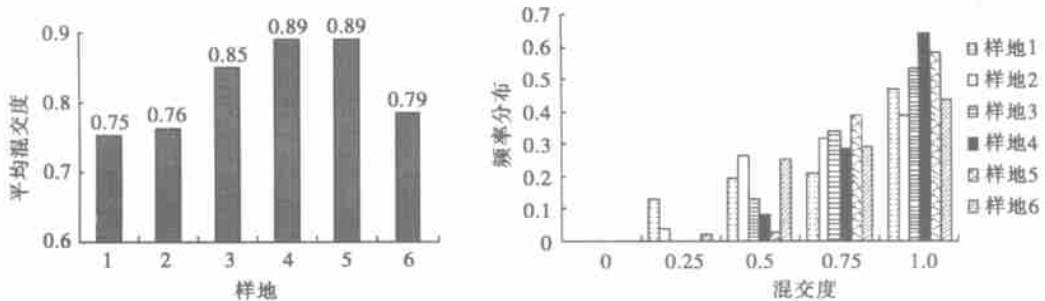


图 3 林分平均混交度及其分布

为进一步得到树种隔离程度的信息,应用临时样地数据进行树种混交度分析(表 1,图 4)。由此可以看出:树种的平均混交度都在 0.5 以上,最高的混交度接近 1.0。从总体上说,在这种天然林中树种零度混交和轻度混交的比例不高,中度混交和强度、极强度混交占很大比例,树种很少呈现单种聚集,多为不同树种混交。树种之间的混交度属性差异很大。

零度混交(1 株单木周围 4 株最近相邻木皆为同种, $M_i = 0$),仅在青楷槭单木中较多(有 45% 的青楷槭仅以本种为伴),在色木、核桃楸、千金榆等树种的单木中 $M_i = 0$ 的比例极低。在没有零度混交的树种中,水曲柳、紫椴、杉松、裂叶榆、白扭槭、香杨等有轻度混交

的现象(1 株单木周围有 1 株相邻木属于其它树种, $M_i = 0.25$)。所有树种零度混交和轻度混交比例之和都不超过 20%。蒙古栎、枫桦、黄榆、红松、黄波罗和鱼鳞云杉等树种零度和轻度混交都没有。在主要树种中,除蒙古栎单木有 60% 属于中度混交,其它树种中度混交的比例不超过 30%,也就是说,各树种强度和极强度混交的比例合计都超过 50%,红松的强度和其强度混交的比例合计超过了 80%,黄波罗和鱼鳞云杉等甚至全都是强度和极强度混交。

表 1 由参照树数据求得各树种

树种	平均混交度 (\bar{M}) 及其组成					\bar{M}
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	
青楷槭	0.45	0.00	0.00	0.00	0.55	0.55
蒙古栎	0.00	0.00	0.60	0.20	0.20	0.65
色木	0.06	0.13	0.22	0.17	0.42	0.69
水曲柳	0.00	0.18	0.20	0.23	0.40	0.71
核桃楸	0.02	0.07	0.21	0.30	0.40	0.75
千金榆	0.02	0.11	0.18	0.20	0.49	0.76
香杨	0.00	0.10	0.19	0.29	0.43	0.76
紫椴	0.00	0.09	0.18	0.27	0.45	0.77
杉松	0.00	0.03	0.29	0.21	0.47	0.78
枫桦	0.00	0.00	0.15	0.52	0.33	0.80
裂叶榆	0.00	0.03	0.19	0.16	0.62	0.84
白扭槭	0.00	0.03	0.08	0.33	0.56	0.85
黄榆	0.00	0.00	0.11	0.37	0.53	0.86
红松	0.00	0.00	0.12	0.32	0.56	0.86
黄波罗	0.00	0.00	0.00	0.44	0.56	0.89
鱼鳞云杉	0.00	0.00	0.00	0.08	0.92	0.98

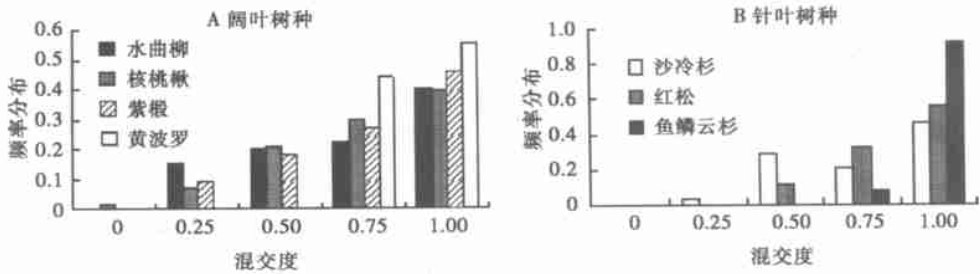
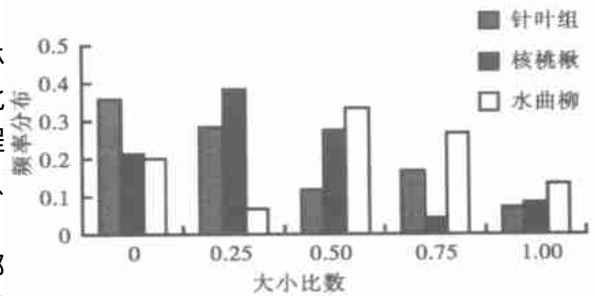


图 4 几个主要树种的混交度分布

3.2 林木大小分化程度

天然林树种众多,大小不同的各树种林木错落地分布在一起,分析各个树种大小比数分布,以此判断各树种林木的大小分化程度。图 5 表现了 6 块样地中的一些珍贵、阔叶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,而参照树越不占优势。从上图可见,针叶树种处于中庸状态的情况较少,处于优势的情况较多。也就是说,针叶树大多是大树。结合树种混交度分析可知,针叶树种的混交度都很高,大多针叶树种的大树周围聚集了相对小的其它树种。核桃楸较占优势,水曲柳受压较多。



(针叶树:红松、杉松、鱼鳞云杉;阔叶树:水曲柳、核桃楸)

图 5 针、阔叶树种大小比数的比较

进一步通过临时样地的数据对树种的大小比数作分析。图 6、表 2 是各树种的大小比数分布。平均大小比数取值范围从 24% 到 69%,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 左右的有两个树种:香杨和核桃楸,它们在与最近相邻木所组成的空间单元中,多比其相邻木大,而杉松、鱼鳞云杉、红松、黄波罗和枫桦的平均大小比数大于 0.25 小于 0.50,在生长上介于优势和中庸状态之间,生长上占一定优势。紫椴、黄榆的平均大小比数在 0.50 左右,生长上处于中庸状态,在由它们构造的结构单元中,比它们大和比它们小的相邻木数量基本一样。青楷槭、蒙古栎、色木、水曲柳、千金榆、白扭槭和裂叶榆的平均大小比数比 0.50 大,但没有达到 0.75,这些树种单木在构成结构单元时,

表 2 各树种平均大小比数 (\bar{U}) 及其组成

树种	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	\bar{U}
香杨	0.43	0.29	0.19	0.10	0.00	0.24
核桃楸	0.44	0.23	0.15	0.13	0.04	0.28
杉松	0.38	0.12	0.21	0.21	0.09	0.38
鱼鳞云杉	0.25	0.25	0.25	0.17	0.08	0.40
红松	0.32	0.20	0.16	0.20	0.12	0.40
黄波罗	0.11	0.33	0.33	0.22	0.00	0.42
枫桦	0.15	0.33	0.22	0.22	0.07	0.44
紫椴	0.14	0.32	0.23	0.16	0.16	0.47
黄榆	0.16	0.32	0.05	0.26	0.21	0.51
青楷槭	0.09	0.27	0.18	0.27	0.18	0.55
蒙古栎	0.10	0.20	0.20	0.40	0.10	0.55
色木	0.15	0.21	0.14	0.22	0.28	0.57
水曲柳	0.20	0.08	0.18	0.30	0.25	0.58
千金榆	0.06	0.12	0.22	0.29	0.31	0.67
白扭槭	0.08	0.17	0.11	0.28	0.36	0.67
裂叶榆	0.08	0.11	0.14	0.32	0.35	0.69

两、三株相邻木较粗大的情况经常发生,生长上不占优势。千金榆、白扭槭和裂叶榆受压最严

重,有超过各自 1/3 的参照树完全受压,4 株相邻木都比参照树大。

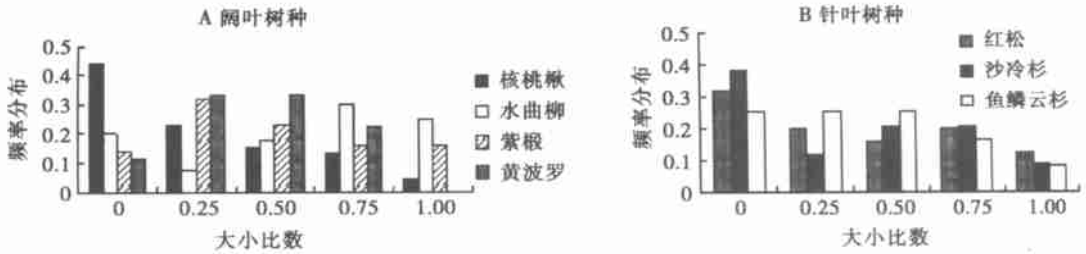


图 6 几个主要树种的大小比数组成

综上所述,针叶树种在空间大小对比上占有一定的优势,阔叶树种则分化严重,既有占优势的树种也有受压的树种。临时样地的分析结果与固定样地的分析结果是一致的。

混交度和大小比数是描述空间结构的重要参数,通过它们可以了解树种的空间特性,特别是林业经营上的目的树种,如:红松和水曲柳、核桃楸、黄波罗等三大硬阔。在这种天然林林分中,有 50% 的红松生长上处于优势地位,30% 的红松处于受压状态,20% 处于中庸状态。红松混交度分析表明:超过 80% 的红松周围都是其它树种,这说明该树种多与其它树种混交在一起,同种聚集的情况不多,并且红松在生长上占有一定优势,这与实地调查情况相符。核桃楸、水曲柳和黄波罗也多与不同树种邻接,黄波罗的混交程度最高。在大小配置上,核桃楸和黄波罗多处于优势状态,水曲柳多处于劣势。

3.3 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时,关注林木个体之间的方位关系,不必象分析混交度和大小比数那样分树种统计,只要考虑整个样地的取值情况即可。对于 4 株最近相邻木而言,最优标准角为 72° ^[7],随机分布的角尺度取值范围是 $[0.475, 0.517]$ ^[8],因此平均角尺度小于 0.475 的分布就是均匀分布,大于 0.517 就是团状分布。根据这些原则计算并判断林木个体的空间分布格局。图 7 给出 6 块固定样地的平均角尺度及其取值分布。

根据角尺度的定义, w_i 值越大参照树周围的相邻木分布越不均匀。由图 7 可知,6 块样地中 $w_i = 0$ 、 $w_i = 1$ 的比例都不高,也就是说绝对均匀和绝对不均匀的情况都不多。 $w_i = 0.25$ 、 $w_i = 0.75$ 的比例稍高,多数样地中前者的比例稍高于后者,或者说均匀分布的单元多于不均匀分布的单元,4、5 号样地尤为明显。样地的平均角尺度取值在 0.500 左右,4、5 号样地平均角尺度取值小于 0.475,两者为均匀分布,其它样地为随机分布。可以认为东大坡的林分分布格局多数是随机分布。

4 结论

吉林蛟河红松阔叶天然林的树种零度混交和轻度混交的比例不高,中度混交和强度、极强度混交占很大比例,树种很少呈现单种聚集,多为不同树种混交。树种之间的混交度属性差异很大。树种空间大小分化和大小组合的差异极大,针叶树种在空间大小对比上占有一定的优势,阔叶树种则分化严重,既有占优势的树种也有受压的树种。结合混交度和大小比数分析红松和水曲柳、核桃楸、黄波罗等三大硬阔的空间属性,并辅以实地调查可知,在这种天然林林分

中,红松多与其它树种混交,同种聚集的情况不多,并且在生长上占有一定优势。核桃楸、水曲柳和黄波罗也多与不同树种邻接,黄波罗的混交程度最高。在大小配置上,核桃楸和黄波罗多处于优势状态,水曲柳多处于劣势。平均角尺度的分析结果表明,东大坡红松阔叶混交林的分布格局基本上以随机分布为主。

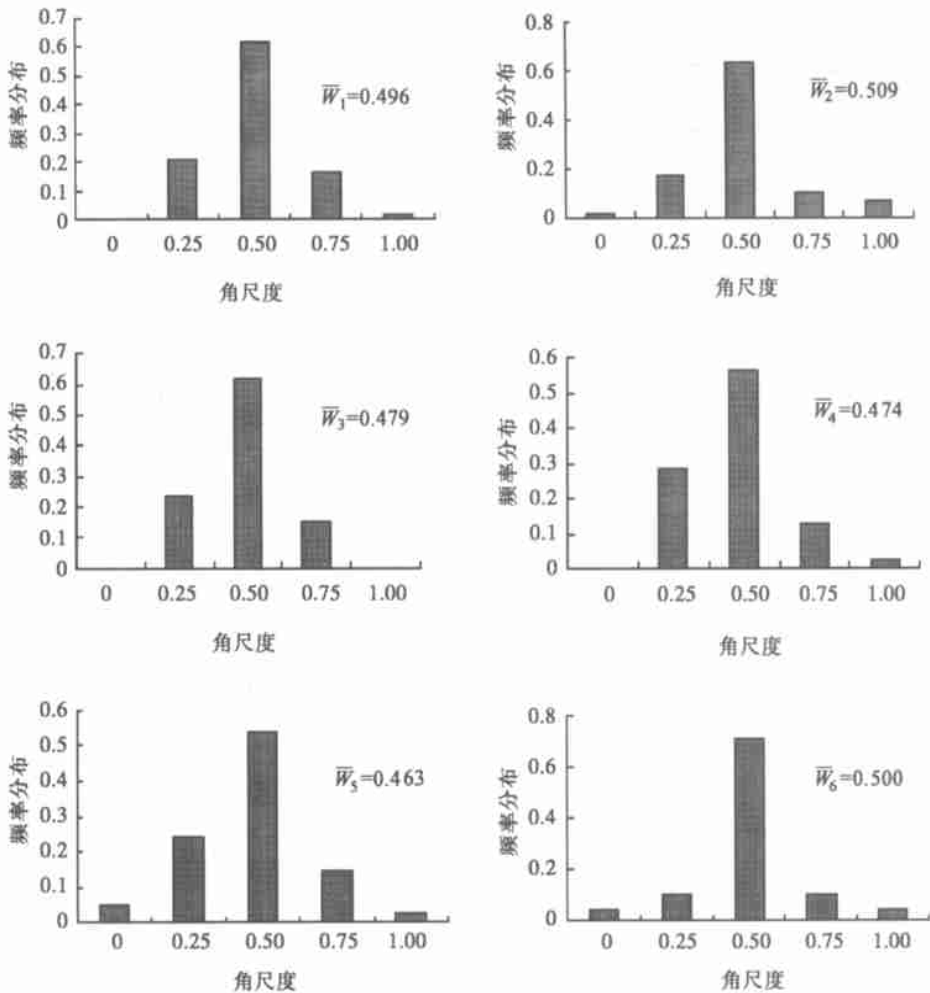


图 7 样地 1~6 的平均角尺度(\bar{W}_i)及其取值分布

一般来说林分的空间结构越优,林分的功能越强、稳定性越高。本文所分析的红松阔叶天然林是阔叶红松原始林过伐几十年后经封育得到恢复的林分,并非是空间结构最优的林分。同地段最优的林分空间结构应该是原始森林的空间结构。若要调整现有的天然林空间结构,应该调查同地段的原始森林空间结构,应用文中所提到的结构参数和其他指标,对比分析两者在树种混交程度、单木大小分化程度以及林木水平分布格局等方面的差别,制订相应的现有空间结构调整规划。

参考文献:

- [1] 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
- [2] 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
- [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, 1999, 35(1):37~42
- [4] von Gadow K, Fueldner K. Zur Methodik der Bestandesbeschreibung[R]. Kieken: Vortrag anlaesslich der Jahrestagung der AG Forsteinrichtung, 1992
- [5] Fueldner K. Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwaeldern[M]. Göttingen: Cuvillier Verlag Göttingen, 1995
- [6] Kotar M. Verteilungsmuster der Bäume in einer Optimalphase im Urwald[R]. Zvolen: Vortrag beim "Symposium ueber die Urwaelder", 1993
- [7] Hui G Y, von Gadow K. Das Winkelmaß - Herleitung des optimalen Standardwinkels[J]. Allg Forst- u J-Ztg, 2003, 173(10):173~177
- [8] von Gadow K, Hui G Y. Characterizing forest spatial structure and diversity[A]. Proceedings of the SUFOR International Workshop "Sustainable Forestry in Temperate Regions"[C]. Sweden: Lund university, 2002

Analysis of the Spatial Structure of Natural Korean Pine Broad Leaved Forest

*HU Yarbo*¹, *HUI Gangying*¹, *QI Ji-zhong*², *AN Hui-jun*³, *HAO Guang-ming*²

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2. The Faculty of Forest Resources and Environment of Beihua University, Jilin 132013, Jilin, China;

3. College of Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In this paper, three parameters were considered to be the suitable ones to describe stand spatial structure completely. The first one was mingling, which could be used to analyze the spatial distribution and isolation of species in the stands. The second one was neighborhood comparison, which could be used to characterize the size differentiation of trees. The third was neighborhood pattern, which could be used to describe the distribution of tree positions. The three parameters were used together in analyzing and describing spatial structure of Korean pine broad leaved forest. When using the distribution and the mean of mingling to analyze the spatial collocation of species in the stands, the authors could conclude that mingling intensity of most stands were middling and the most intensive. Tree position distribution was analyzed by using the mean and the distribution of neighborhood pattern. It was concluded that random distribution was the main spatial characteristics of most stand. After using neighborhood comparison and mingling to analyze spatial characteristic of main species, the authors could also consider that the combination of two parameters could be described the spatial characteristic of species clearly.

Key words: Korean pine broad-leaved forest; spatial structure; mingling; neighborhood comparison; neighborhood pattern