

金沟岭天然和半天然混交林林分空间结构比较

张会儒, 李春明, 武纪成

中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091

摘要 使用角尺度、混交度和大小比数 3 个林分空间结构参数, 对长白山过伐林区特有的半天然落叶松 (*Larix olgensis*)–云杉 (*Picea jazoensis*)–冷杉 (*Abies nephrolepis*) 混交林和未受人为干扰的原始天然混交林进行了空间结构分析和比较。结果表明, 两种林分具有相同的平均角尺度 0.52, 林木皆为团状分布; 半天然落叶松云冷杉混交林的平均混交度为 0.64, 呈现中度混交特征; 从胸径大小比数来看, 林分中针叶树种具有胸径优势, 尤其是云杉的胸径优势最突出, 红松 (*Pinus koraiensis*) 则分化严重, 生长处于劣势。原始天然混交林的平均混交度为 0.83, 高于半天然落叶松云冷杉混交林, 呈现强度混交特征; 从胸径大小比数看, 阔叶树种胸径优势明显, 针叶树种中只有冷杉处于优势, 红松和云杉都处于劣势。

关键词 天然混交林; 半天然落叶松云冷杉混交林; 角尺度; 混交度; 大小比数

中图分类号 S757.7

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)19-0079-06

Comparison of Spatial Structure for Natural and Semi-natural Mixed Forests in Jingouling Forestry Farm, Jilin Province of China

ZHANG Huiru, LI Chunming, WU Jicheng

Institute of Forest Resource Information Techniques, China Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Abstract Three indices (uniform angle index, mingling index and neighborhood comparison ratio) are used to describe and compare the spatial structure of the natural mixed forest undisturbed by human activities and the semi-natural mixed stand of larch (*Larix olgensis*)–spruce(*Picea jazoensis*)–fir(*Abies nephrolepis*) which only exists in the over-logged forest of Changbai Mountains. Results indicate that two stands have the same uniform angle index of 0.52, with tree distribution being clustered. The average mingling index of the semi-natural mixed forest of larch–spruce–fir is 0.64, with

moderate mixed characteristics; the coniferous trees (esp. spruce) in the stand are dominant as seen from the neighborhood comparison ratio based on Diameter at Breast Height (DBH), while the Korean pine (*Pinus koraiensis*) is in polarization and inferior position. The average mingling index of the natural mixed forest is 0.83 and higher than that of the semi-natural mixed forest of larch–spruce–fir, with intense mixed characteristics and higher stability; hardwood trees in the stand are dominant as seen from the neighborhood comparison ratio based on DBH, while the coniferous trees are in inferior position except spruce. The results could be used to optimize the spatial structure and near natural management of the over-logged forests and plantations.

Keywords natural mixed forest; semi-natural mixed forest of larch–spruce–fir; uniform angle index; mingling index; neighborhood comparison

中国东北地区存在着大面积森林, 是中国木材的主产区。由于长期过度利用和保护不善, 大量原始天然混交林受到不同程度的干扰和破坏而形成了过伐林、次生林等森林群落, 这些森林的结构优化是亟待解决的问题。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

收稿日期: 2009-09-01

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A08); 引进国际先进农业科学技术计划(948 计划)项目(2008-4-60)

作者简介: 张会儒(中国科协所属全国学会个人会员登记号: A020100737S), 研究员, 研究方向为森林可持续经营、森林资源管理与决策, 电子信箱: huiru@caf.ac.cn



林分混交度是林木点混交度的平均值,即

$$\overline{M}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^NM_i$$

式中, N 为林分内林木株数。

大小比数 U 定义为林木尺寸大于参照树的相邻木数占所考查的全部最近相邻木的比例。林木尺寸指标可以是胸径、树高和冠幅等,本研究采用胸径。大小比数公式为

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

式中, U_i 为林木大小比数。 K_{ij} 取值为

$$K_{ij}=\begin{cases}1 & \text{相邻木 } j \text{ 的胸径比参照树 } i \text{ 小} \\ 0 & \text{其他}\end{cases}$$

依树种计算的大小比数的均值即为树种在林分所测指标上的优势程度,可用下式计算:

$$\overline{U}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^NU_i$$

式中, N 为所观察的树种的参照树的数量。

上述 3 个描述森林空间结构的参数都是针对一个空间结构单元而言的,每棵树都可以作为参照树。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,通过分析标准地平均角尺度研究林木水平地面上的分布格局;通过分析各树种混交度和林分平均混交度研究天然林树种组成和空间配置情况;通过分析各树种大小比数说明该树种在林分内的生长优势的程度^[9]。

3 结果与分析

空间结构参数计算由 Winkelmass 1.0 软件完成。计算时,为避免边缘效应,标准地内距每条边线 5 m 之内确定为缓冲区,其余部分为核心区。缓冲区内的林木只作为相邻木处理,不作为参照树进行空间结构参数的统计,对核心区内全部树木作为参照树进行空间结构参数计算。经全林调查,半天然落叶松云冷杉混交林标准地共有林木 278 株,其中核心区内 174 株;原始天然混交林标准地共有 139 株,其中核心区内 86 株。

3.1 林木空间分布格局

经统计计算,两个林分林木平均角尺度均为 0.52,其角尺度取值及频率分布见表 2。

表 2 林木角尺度的取值和频率分布							
Table 2 Value and frequency of uniform angle index							
标准地林分类型		角尺度取值和株数频率分布					平均角尺度
半天然落叶松云冷杉混交林	角尺度	0	0.25	0.5	0.75	1	0.52
	株数	2	34	99	26	13	
	频率	0.01	0.2	0.57	0.15	0.07	
原始天然混交林	角尺度	0	0.25	0.5	0.75	1	0.52
	株数	2	15	50	12	7	
	频率	0.02	0.17	0.58	0.14	0.08	

由表 2 可知,两种林分中角尺度取值为 0 和 1 的频率都很低,半天然落叶松云冷杉混交林分别只有 1%和 7%,原始天然混交林分别为 2%和 8%,说明林分中很均匀的结构单元极少,而很不均匀的结构单元也较少。角尺度的取值为 0.5 的出现频率最高,半天然落叶松云冷杉混交林达到了 57%,而原始天然混交林达到了 58%。半天然落叶松云冷杉林在 0.5 取值右侧的频率之和(0.22)稍高于左侧之和(0.21),原始天然混交林在 0.5 取值右侧的频率之和 (0.22) 稍高于左侧之和 (0.19)。可见,这两种林分的角尺度分布接近正态分布。依照空间分布格局的判定标准,平均角尺度在 0.475~0.517 之间为随机分布,小于 0.475 为均匀分布,大于 0.517 为团状分布^[14],由于两种林分的平均角尺度均为 0.52,可认为两种标准地的林木分布格局属于轻度团状分布。一般情况下,天然混交林处于顶级群落,水平分布格局大部分为随机分布,但因立地微环境的差异或在枯倒木形成初期,碾压幼树、形成林窗、发生更

新等会暂时打破森林原有的稳定状态,从而使林木的水平分布格局变为轻度的团状分布,随着自然演替其林木水平分布格局会逐渐趋于随机分布^[15]。本研究中原始天然混交林即属于此种情况。而落叶松云冷杉混交林正处在演替的中后期,随着演替进程的发展,将不断地向当地的顶级群落发展,其林木分布格局也会逐渐趋向于随机分布。

3.2 林分树种组成和空间配置

表 3 给出了计算得出的两种林分各树种混交度的大小及其频率分布。可以看出,半天然落叶松云冷杉混交林中,除落叶松和冷杉外,各树种的中度混交和强度混交、极强度混交的频率很高,没有出现单种聚集,均为不同树种混交。针叶树种中,冷杉的强度和极强度混交的频率之和达到 0.73;阔叶树都不存在零度和弱度混交的情况;水曲柳、椴树、色木和枫桦这 4 个树种在中度混交到极强度混交中共同占有的比例较大。云杉和白桦由于数量很少,其周围最近的 4 株相邻木



表 4 各树种胸径大小比数及其频率分布
Table 4 Value and frequency of neighborhood comparison ratio based on diameter at breast height for different species

树种	株数/株		混交度频率分布										平均混交度	
			0		0.25		0.5		0.75		1			
	林分 1	林分 2	林分 1	林分 2	林分 1	林分 2	林分 1	林分 2	林分 1	林分 2	林分 1	林分 2	林分 1	林分 2
红松	9	10	0.11	0.10	0	0.10	0.22	0.30	0.22	0.20	0.45	0.30	0.72	0.63
云杉	4	16	0.75	0	0.25	0.06	0	0.44	0	0.25	0	0.25	0.05	0.67
冷杉	30	18	0.17	0.33	0.13	0.33	0.27	0.23	0.2	0.11	0.23	0	0.55	0.28
水曲柳	10	3	0.20	0.33	0	0.67	0.1	0	0.4	0	0.30	0	0.65	0.17
椴树	12	15	0	0.33	0.17	0.13	0.08	0.2	0.58	0.20	0.17	0.13	0.69	0.42
榆树	5	2	0	0	0.2	0.5	0.40	0	0.20	0.50	0.20	0	0.60	0.50
色木	17	6	0.24	0.50	0.06	0.17	0.18	0	0.28	0.33	0.24	0	0.56	0.29
枫桦	13	4	0	0.25	0.15	0.50	0.31	0.25	0.23	0	0.31	0	0.67	0.25
杂木	2	12	0	0	0	0.17	0.5	0.17	0.50	0.17	0	0.50	0.45	0.75
白桦	3		0.33		0.33		0		0.34		0		0.33	
落叶松	69		0.32		0.26		0.23		0.13		0.06		0.34	
全林地	174	86											0.49	0.48

注:林分 1 为半天然落叶松云冷杉混交林,林分 2 为原始天然混交林。
Notes: No. 1 stand represents semi-natural mixed forest of larch-spruce-fir, No. 2 stand represents natural mixed forest.

大小比数取值 0 和 0.25 的频率之和为 1, 这是因为水曲柳数量较少但胸径都很大,在结构单元中处于明显优势地位。椴树的大小比数从 0 到 1 都有分布,分化比较严重,但其均值为 0.42,总体上处于亚优势地位。色木和枫桦的平均胸径大小比数在 0.20~0.30 之间,其地位介于优势和亚优势状态之间;其中枫桦的大小比数为 0 和 0.25 的频率累计达到了 0.75,表明枫桦的周围相邻木中较大树木很少,它在结构单元中也处于明显的优势地位。榆树的大小比数为 0.5,说明在结构单元中胸径比它大和比它小的数量上基本相同,处于中庸地位。杂木的大小比数最大,它在林中处于劣势。在针叶树中,冷杉的大小比数最小,其中大小比数为 0.75 和 1.0 的频率合计为 0.11,所以冷杉是明显具有生长优势的树种。红松和云杉的平均胸径大小比数都在 0.6~0.7 之间,据此可以判断在由它们构成的结构单元中,它们处于劣势,属于被压木。红松大小比数为 0.75 和 1.0 的频率合计为 0.50,大小比数为 0 和 0.25 的频率合计为 0.20,大小比数为 0.5 的频率为 0.30,这些充分说明红松分化严重,但总体上生长处于劣势。

4 讨论

1) 在天然混交林中,树种的高度混交是群落稳定的重要因素。在自然演替中经自稀疏作用,林木株数虽不断减少,蓄积量却很高,林木分布格局也会趋于随机分布,树种混交度也不断增高,不同树种占据各自有利的生态位,形成稳定的森林群落。对比分析天然混交林与同地段其他受干扰林分在林木水平分布格局、树种混交程度和单木大小分化程度等方面的差别,可为同地区的过伐林和人工林的近天然化经营提供可参考的科学依据。在制定林分空间结构优化调整的森林

经营措施时,可以根据林分平均角尺度以及各树种的角尺度、混交度和大小比数的取值和分布情况,分树种来确定采伐木,逐步使林分空间结构得到调整,接近最优结构。

2) 本研究采用的 3 个空间结构参数:角尺度、混交度和大小比数,概念上易于理解且测量时比样方法和距离法操作简易,对复杂林分结构具有很强的解析能力。混交度这一概念能够清楚地表明任意一株树的最近相邻木为其它树种的概率,还从单木角度给出树种空间搭配状况,比林学中常用的混交比具有更大的信息量。依树种计算出的大小比数量化了参照树与其相邻木的大小相对关系,每个树种的大小比数均值在很大程度上反映了林分中的树种优势^[12]。

3) 本研究所分析的半天然落叶松云冷杉混交林是在 20 世纪 60 年代营造的长白落叶松人工纯林经人为干扰(采伐)和自然演替逐渐形成的,而本研究中还未考虑采伐对林分空间结构的影响;另外,由于本次空间结构调查没有进行所有林木的树高测量,所以缺乏以树高为大小比数测度指标的树种优势比较,这有待以后深入研究。

5 结论

1) 通过对半天然落叶松云冷杉混交林和原始天然混交林分空间结构分析,表明这两种林分的角尺度接近正态分布,林分的平均角尺度为 0.52,林木分布为团状分布。

2) 半天然落叶松云冷杉混交林的平均混交度为 0.64,表明它是一个由不同树种组成呈现中度混交结构状态的较复杂森林群落;林分的胸径大小比数的平均值为 0.49,但各树种的平均胸径大小比数取值范围为 0.05~0.72,反映出该林分内树种大小分化存在很大差异。从总体上看,针叶树种具有

胸径优势,尤其是云杉的胸径优势最突出,红松则分化严重,生长处于劣势,阔叶树种大部分处于劣势。

3) 原始天然混交林的平均混交度高达 0.83,说明此林分是一个由不同树种组成呈现极强度混交结构状态的复杂森林群落;通过林木胸径比较,阔叶树种胸径优势明显,针叶树种中只有冷杉处于优势地位,红松和云杉都处于劣势。两种林分对比分析表明原始天然混交林比半天然落叶松云冷杉混交林的结构稳定。

参考文献 (References)

- [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.
Hui Gangying, Hu Yanbo. *Forest Research*, 2001, 14(1): 177-181.
- [2] 侯向阳, 韩进轩. 长白山红松林主要树种空间格局的模拟分析 [J]. 植物生态学报, 1997, 21(3): 242-249.
Hou Xiangyang, Han Jinxuan. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, 21(3): 242-249.
- [3] 李盾, 黄楠, 王强, 等. 天然次生林林木空间格局及更新研究 [J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(5): 4-6.
Li Dun, Huang Nan, Wang Qiang, et al. *Journal of Northeast Forestry University*, 2004, 32(5): 4-6.
- [4] 汤孟平, 唐守正, 雷相东, 等. 林分择伐空间结构优化模型研究 [J]. 林业科学, 2004, 40(5): 25-31.
Tang Mengping, Tang Shouzheng, Lei Xiangdong, et al. *Scientia Silvae Sinicae*, 2004, 40(5): 25-31.
- [5] 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.
Hui Gangying, von Gadow K, Albert M. *Scientia Silvae Sinicae*, 1999, 35(1): 37-42.
- [6] 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.
Hui Gangying, von Gadow K, Albert M. *Forest Research*, 1999, 12(1): 1-6.
- [7] 安慧君, 惠刚盈, 郑小贤, 等. 不同发育阶段阔叶红松林空间结构的初步研究[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 2005, 36(6): 714-718.
An Huijun, Hui Gangying, Zheng Xiaoxian, et al. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol: Natural Science Edition*, 2005, 36(6): 714-718.
- [8] 孔令红, 郑小贤. 金沟岭林场云冷杉林空间分布格局及更新研究[J]. 林业调查规划, 2007, 32(1): 1-3.
Kong Linghong, Zheng Xiaoxian. *Forest Inventory and Planning*, 2007, 32(1): 1-3.
- [9] 贾秀红, 郑小贤. 长白山过伐林区云冷杉针阔混交林空间结构分析[J]. 华中农业大学学报: 自然科学版, 2006, 25(4): 436-440.
Jia Xuhong, Zheng Xiaoxian. *Journal of Huazhong Agricultural University: Natural Science Edition*, 2006, 25(4): 436-440.
- [10] 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.
Hu Yanbo, Hui Gangying. *Forest Research*, 2006, 19(1): 1-8.
- [11] 吕林昭. 长白山落叶松人工天然混交林空间格局研究 [J]. 内蒙古林业调查设计, 2007, 30(3): 57-62.
Lu Linzhao. *Inner Mongolia Forestry Investigation and Design*, 2007, 30(3): 57-62.
- [12] 惠刚盈, 克劳斯·冯多佳. 森林空间结构量化分析方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2003.
Hui Gangying, von Gadow K. *Quantitative analysis method for forest*

spatial structure [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2003.

- [13] 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.
Hui Gangying, von Gadow K, Hu Yanbo. *Forest Research*, 2004, 17(6): 687-692.
- [14] 惠刚盈, 胡艳波. 角尺度在林分空间结构调整中的应用[J]. 林业资源管理, 2006(2): 31-35.
Hui Gangying, Hu Yanbo. *Forest Resources Management*, 2006(2): 31-35.
- [15] 惠刚盈, von Gadow K, 胡艳波, 等. 结构化森林经营 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
Hui Gangying, von Gadow K, Hu Yanbo, et al. *Structure—Based forest management*[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2007.
- [16] 安慧君. 阔叶红松林空间结构特征研究[M]//唐守正. 东北天然林生态采伐更新技术研究. 北京: 中国科学技术出版社, 2005: 547-553.
An Huijun. Study on the spatial structure characters of broad-leaved korean pine forest [M]//Tang Shouzheng. *Research on Techniques of Ecology-based Harvesting and Regeneration for Natural Forest in Northeast of China*. Beijing: China Science and Technology Press, 2005, 547-553.

(责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·



“第 11 次(2009 年)全国 动物毒物学学术 研讨会”征文

为了及时总结我国动物毒物学及相关领域研究进展,增进同行间的沟通与了解,促进高等学校、科研院所和地方基层单位之间的相互交流与合作,提高动物毒物学的研究和应用水平,经中国畜牧兽医学会批准,由中国畜牧兽医学会动物毒物学分会主办、广东海洋大学承办的“第 11 次(2009 年)全国动物毒物学学术研讨会”将于 2009 年 11 月下旬在广东省湛江市召开。

会议内容包括:环境毒物的生物学标志研究进展,生化与分子毒物学研究进展,饲料毒物的检验与脱毒技术,草地有毒植物研究进展,常见动物中毒病的诊断与防治技术,毒物与毒素的开发利用,动物毒物学与营养代谢病等。征文截稿日期:2009 年 10 月 30 日。

联系方式:广东省湛江市湖光岩广东海洋大学农学院(524088) 陈进军;电话:13828219598;电子信箱:jjchen777@yahoo.com.cn。