应用与环境生物学报 2010, **16**(4): 529~534
Chin J Appl Environ Biol=ISSN 1006-687X
2010-08-25
DOI: 10.3724/SP.J.1145.2010.00529

长白山阔叶红松林林分空间结构*

夏富才[1,2] 赵秀海[1**] 潘春芳[1] 贾玉珍[1] 汪金松[1]
([1]北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室 北京 100083)
([2]北华大学林学院 吉林 132013)

摘 要 在长白山北坡自然保护区内, 建立面积为1 hm^{2}的阔叶红松林永久标准样地, 对胸径1 cm以上的每株树木进行定位监测, 用空间结构参数——混交度、大小比数和角尺度分析该林分的空间结构. 结果表明: 该林分树木个体总体上处于中度混交水平, 处于乔木上层和中层的树种混交度以强度混交和完全混交为主, 明显高于乔木下层树种的混交度; 基于胸径计算的大小比数和基于树高计算的大小比数的结果基本一致, 都能客观反映该林分在垂直方向上的分化; 树木个体整体分布格局与树木大小密切相关, 当树木个体起测径阶1 cm≤DBH<6 cm时, 林分呈聚集分布的格局, 当起测径阶DBH>6 cm时, 林分呈随机分布的格局. 图1 表4 参25

关键词 林分结构; 阔叶红松林; 混交度; 大小比数; 角尺度; 长白山
CLC S718.45 (23)

Stand Structure of Broad-leaved and Korean Pine (*Pinus koraiensis*) Mixed Forest in the Changbai Mountains, China*

XIA Fucai[1,2], ZHAO Xiuhai[1**], PAN Chunfang[1], JIA Yuzhen[1] & WANG Jinsong[1]
([1]*Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University*, Beijing 100083, China)
([2]*Forestry College of Beihua University*, Jilin 132013, Jilin, China)

Abstract A 1 hm^2 broad-leaved & Korean pine (*Pinus koraiensis*) mixed forest plot was established in the Changbai Mountains, China in the period of 2006~2007. All the trees in the plot with DBH≥1 cm were positioned and monitored. The spatial structure parameters, mingling, angel index, and neighborhood comparison, were applied to describe the spatial structure of this stand. The results showed: 1) the mingling intensity of all trees was middling, and the mingling intensities of trees situated on the upper and middle storey were intensive and most intensive, which were more intensive than those mainly situated on the lower storey; 2) neighborhood comparison calculated based on DBH was almost the same as that based on height, both of which could reflect the differentiation of the stand vertically; 3) the overall distribution pattern was closely related to the minimum measured diameter (DBH), if 1 cm≤DBH<6 cm, the distribution pattern of all trees was aggregated, while if DBH≥6 cm, the distribution pattern was random. Tab 1, Fig 4, Ref 25

Keywords stand structure; broad-leaved and Korean pine mixed forest; mingling; neighborhood comparison; angel index; Changbai Mountains
CLC S718.45 (23)

林分结构可简单定义为植物有机体在水平方向和垂直方向上的组成[1], 它在水平方向和垂直方向上的异质性对树木生长、植物多样性变化、动物栖息地形成以及林火行为等有重要影响[2~3]. Nakashizuka等认为, 在温带森林, 无论幼龄林还是成龄林, 垂直异质性对物种共存的贡献都大于干扰及生物体的相互作用, 尤其在成龄林, 垂直异质性比水平异质性扮演着更重要的角色[4]. 尽管林分结构是决定森林生长、功能以及干扰机制的一个关键因子[5], 但传统的林分结构分析多关注于树木平均大小和密度等, 对林分的空间特征如空间结构及空间利用能力等无法提供更多的信息, 已难以满足林分动态分析以及森林经营管理的需要[6~7]. 近年来, 理论统计模拟和实践检验均表明: 以相邻木为单元构建的林分空间结构参数, 在描述林分水平异质性和垂直异质性时具有更强的可释性[8]. 该方法运用混交度描述树种组成和空间配置情况, 运用角尺度描述树木水平分布格局, 运用大小比数描述树种的生长优势程度. 理论上, 在相邻木结构单元中, 胸径大的树木比胸径小的树木或者长势高的树木比长势低的树木生长上占优, 而且, 由于长势更高的树木可能获得更好的光照条件等, 更能反映树木的生长优势, 因此, 在最近邻体单元模型中选择树高来判定树木在生长上的优势与否将直接反映林分在垂直方向上的异质性. 然而, 由于树木的高度难以准确测量, 在已有的相关研究中, 都是用胸径大小来判定树种在生长上的优势度[9]. 但树木生长受气候带、立地条件、树种特性等影响, 径生长和高生长可能并不一致, 因此运用胸径大小代替树高来判定不同树种在垂直方向上的优势度的可行性值得进一步研究.

阔叶红松林是我国东北主要的植被类型, 以物种多样性和保有温带森林特有物种如人参(*Panax ginseng* C. A. Meyer)、东北虎(*Panthera tigris* altaica)而闻名[10]. 如何获取

收稿日期: 2009-09-27 接受日期: 2009-11-05
*“十一五”国家科技支撑计划项目(No. 2008BADB0B0503)资助 Supported by the National “11th Five-year Plan” Science & Technology Pillar Program of China (No. 2008BADB0B0503)
**通讯作者 Corresponding author (E-mail: zhaoxh@bjfu.edu.cn)

当地有价值和可释性强的阔叶红松林的结构信息，是从事生物多样性保护和森林经营管理的前提. 孙中伟等通过实地绘制定位投影图分析了阔叶红松林的垂直成层性[11]，孙中伟、张春雨、Zhanqing Hao等运用点格局方法分析了该林型的种群分布格局及其相关性[12~14]，可至今还缺乏对长白山自然保护区内保护完好的原始阔叶红松林的林分空间结构研究. 本文拟解决的问题是：1）从林分水平格局和垂直格局方向上量化原始阔叶红松林林分空间结构；2）探讨运用胸径参数代替树高参数分析原始林中树木在垂直方向上的优势度的可行性.

1 实验地概况

阔叶红松林广泛分布于长白山区海拔500~1 100 m 的山地之间，立地类型多为平缓的坡地，排水良好. 属于典型的温带大陆性山地气候，受东面海洋季风的影响，夏季温暖多雨，冬季寒冷干燥，年均温19~41 ℃. 年均降雨量630~780 mm，主要集中在6~8月. 土壤为发育在火山上的暗棕色森林土[15]. 阔叶红松林群落植物种类丰富，林分结构复杂，为复层异龄林. 本实验地设在中国科学院长白山森林生态系统研究定位站附近，海拔784 m. 该样地调查到20余个树种，共计1 802株，平均胸径为8.6 cm. 树种组成如表1所示.

2 研究方法

2.1 调查方法

2006年7月，在阔叶红松林所在地区用TOPCON全站仪设置了100 m×100 m固定样地，记录样地内所有胸径大于1 cm或者树高大于1.3 m的树木个体相对坐标、树种、胸径、冠幅等. 并于2007年4月中旬，在落叶阔叶树未展叶时利用红外测高仪（jx257000012）测定去年已定位的树木的树高.

2.2 分析方法

采用惠刚盈等的研究方法[6]，用树种混交度描述树种空间隔离程度，用大小比数描述树木大小分化程度，用角尺度描述树木水平分布格局.

表1 阔叶红松林树种组成概况

Table 1 Tree species in the broad-leaved & Korean pine mixed forest

	树种 Species	株数（*N*） Number	相对胸高断面积（%） Relative basal area
红松	*Pinus koraiensis* Sieb.	88	23.82
蒙古栎	*Quercus mongolica* Fish.ex Turcz.	45	20.38
紫椴	*Tilia amurensis* Rupr.	134	18.23
水曲柳	*Fraxinus mandshurica* Rupr.	32	15.60
色木槭	*Acer mono* Maxim.	250	6.41
青杨	*Populus cathayana* Rehd.	1	2.88
假色槭	*A. pseudo-sieboldianum* (Pax.) Kom.	322	2.88
春榆	*Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg.	42	2.48
糠椴	*T. mandshurica* Rupr.et Maxim.	64	1.88
青楷槭	*A. tegmentosum* Maxim.	144	1.32
白牛槭	*A. mandshuricum* Maxim.	48	1.17
白桦	*Betula platyphylla* Suk.	3	1.01
怀槐	*Maackia amurensis* Rupr.et Maxim.	14	0.55
簇毛槭	*A. barbinerve* Maxim.	546	0.45
拧劲槭	*A. triflorum* Kom.	14	0.40
黄檗	*Phellodendron amurense* Rupr.	3	0.24
山丁子	*Malus baccata* (L.) Borkh.	8	0.15
花楷槭	*A. ukurunduense* Trautv.et Mey.	36	0.14
水榆	*Sorbus alnifolia* (Sieb.et Zucc.) K.Koch	3	0.01
裂叶榆	*U. laciniata* (Trautv.) Mayr.	5	0

2.2.1 树种混交度

树种混交度（M）可定义为与参照树i最近的4株相邻木中与参照树不V同种个体所占的比例，表示为：

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

$M_i=0$，零度混交；$M_i=0.25$，弱度混交；$M_i=0.5$，中度混交；$M_i=0.75$，强度混交；$M_i=1$，完全混交.

2.2.2 大小比数

大小比数（U）是指胸径、树高或冠幅大于参照树的相邻木占最近4株相邻木的株数比例，表示为：

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

$U_i=0$，目标树为绝对优势；$U_i=0.25$，目标树为亚优势；$U_i=0.5$，目标树处于中庸；$U_i=0.75$，目标树处于劣态；$U_i=1$，目标树处于绝对劣态.

2.2.3 角尺度

角尺度（W）可用来描述相邻木围绕参照树i的均匀性程度. 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. 则角尺度（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. 表示为：

$$W_i=\frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4}z_j \text{，其中，} Z_i=\begin{cases}1, & \text{当第j个a角小于标准角a}_0\\ 0, & \text{否则}\end{cases} \quad (3)$$

$W_i=0$，相邻木结构单元水平分布绝对均匀；$W_i=0.25$，均匀分布；$W_i=0.5$，随机分布；$W_i=0.75$，不均匀分布；$W_i=1$，团状分布.

用角尺度描述林分中的树木个体分布格局时，关注树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°，随机分布的平均角尺度（$\overline{W}$）取值范围是[0.475, 0.517]，因此$\overline{W}$小于0.475 时就是均匀分布，$\overline{W}$大于0.517时就是团状分布，根据这些原则计算并判断树木个体的空间分布格局.

3 结果与分析

3.1 树种混交度分析

全部树种的平均混交度（$\overline{M}$）为0.53，同树种完全聚集的株数比例为23.3%，弱度混交的比例为13.0%，中度混交的比例为15.2%，强度混交的比例为20.7%，完全混交的比例为27.9%. 中度以上混交度株数高于弱度混交和零度混交水平，说明该群落中同种树种聚集在一起的情况较少，整个林分所有树木总体上处于中度混交的水平. 从树种角度分析，槭属类树种如簇毛槭、花楷槭、青楷槭、假色槭的平均混交度均小于0.5，且零度混交和弱度混交的的比例较高. 其他树种（除黄檗外）的混交度均大于0.5，强度混交和极强度混交的比例较高，树种很少呈现单种聚集，多为不同树种混交（表2）. 样地中的优势树种红松、蒙古栎、水曲柳很少出现零度混交和弱度混交的现象，另一个优势树种色木槭有少量个体出现了单种聚集的现象. 由于样地中白桦（3株）及青杨（1株）株数较少，混交度达到了完全混交的水平.

3.2 树木大小比数分化程度

3.2.1 树高大小比数分析

根据大小比数的定义，U_i越大代

表2 各树种平均混交度($\overline{M}$)及其频率分布

Table 2 The tree species' average mingling and frequencies

树种 Tree species	M					$\overline{M}$
	0	0.25	0.5	0.75	1	
A. barbinerve	0.53	0.20	0.14	0.08	0.05	0.23
A. ukurunduense	0.50	0.14	0.06	0.08	0.22	0.35
P. amurense	0.50	0.00	0.00	0.25	0.25	0.44
A. tegmentosum	0.30	0.11	0.19	0.23	0.17	0.46
A. pseudo-sieboldianum	0.24	0.14	0.26	0.22	0.15	0.48
T. mandshurica	0.23	0.08	0.17	0.23	0.28	0.56
A. mono	0.03	0.10	0.16	0.35	0.36	0.72
T. amurensis	0.05	0.12	0.09	0.32	0.42	0.73
A. triflorum	0.13	0.00	0.00	0.33	0.53	0.78
A. mandshuricum	0.00	0.13	0.10	0.19	0.58	0.81
U. japonica	0.00	0.00	0.12	0.19	0.69	0.89
P. koraiensis	0.00	0.00	0.00	0.40	0.60	0.90
U. laciniata	0.01	0.00	0.03	0.28	0.67	0.90
S. alnifolia	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	0.92
M. baccata	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	0.94
F. mandshurica	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	0.94
M. amurensis	0.00	0.00	0.00	0.14	0.86	0.96
Q. mongolica	0.00	0.00	0.00	0.09	0.91	0.98
B. platyphylla	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
P. cathayana	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00

表相邻木越大, 而参照树越不占优势. 结合树种混交度分析, 由表3可知, 该样地树种的树高平均大小比数($\overline{U}_h$)的取值范围在0~0.75之间, 反映了树种在大小空间分化和大小组合上的差异. 总体上处于优势的树种有5种, 除偶见种黄檗和青杨外, 其余3个树种都是该样地中位于林冠上层的优势树种, 且蒙古栎、水曲柳、红松处于优势和亚优势的个体总和均大于或者等于95%, 处于中庸、劣态和完全劣态的个体很少, 因此, 在竞争中处于优势状态; 大小比数取值范围在0.25~0.5之间的树种有7种, 在生长上介于优势和中庸状态之间, 它们构成了林冠中层的主体; 总体上处于劣态的树种有8种, 除裂叶榆、山丁子和糠椴外, 其余都是槭属类树种, 这些树种处于中庸、劣态和完全劣态的树种比例远远高于处于优势和亚优势的个体, 且它们的个体数总和远远高于林冠上层树种, 说明在该样地中, 存在竞争激烈的下木层.

表3 各树种的平均树高大小比数及其频率分布

Table 3 Neighborhood comparison of average height and their frequencies distribution of each tree species

树种 Tree species	U_h					$\overline{U}_h$
	0	0.25	0.5	0.75	1	
P. amurense	1	0	0	0	0	0
P. cathayana	1	0	0	0	0	0
Q. mongolica	0.68	0.18	0.1	0.03	0.03	0.14
P. koraiensis	0.75	0.13	0	0	0.13	0.16
F. mandshurica	0.58	0.26	0.12	0.03	0.01	0.16
M. amurensis	0.36	0.45	0.09	0	0.09	0.25
S. alnifolia	0.33	0.33	0.33	0	0	0.25
T. amurensis	0.37	0.28	0.12	0.08	0.14	0.34
U. japonica	0.21	0.3	0.21	0.09	0.18	0.43
A. mandshuricum	0.17	0.23	0.37	0.13	0.1	0.44
A. triflorum	0.2	0	0.6	0.2	0	0.45
M. baccata	0.18	0.18	0.27	0.36	0	0.45
T. mandshurica	0.15	0.33	0.19	0.17	0.15	0.46
A. mono	0.11	0.24	0.19	0.25	0.21	0.55
A. tegmentosum	0.17	0.11	0.25	0.23	0.24	0.57
A. ukurunduense	0.09	0.21	0.21	0.21	0.27	0.59
A. pseudo-sieboldianum	0.13	0.15	0.2	0.22	0.29	0.6
A. barbinerve	0.07	0.13	0.2	0.25	0.35	0.67
U. laciniata	0	0.2	0	0.4	0.4	0.75

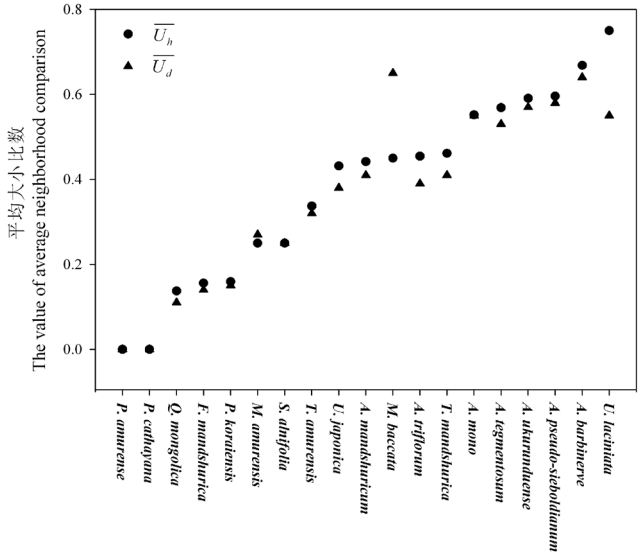


图1 样地中树高平均大小比数与胸径平均大小比数比较

Fig. 1 Comparison of average height neighborhood comparison and average DBH neighborhood comparison in the plot

3.2.2 **树高大小比数与胸径大小比数比较**　以树木胸径为参数, 计算各树种的大小比数, 胸径平均大小比数($\overline{U}_d$)的取值范围为0~0.65, 这反映了树种在大小空间分化和大小组合上的差异. 限于篇幅, 本文未列出各个树种胸径大小比数的具体分布. 比较各树种树高平均大小比数与胸径平均大小比数(表3, 图1), 可以看出各树种在用胸径和树高分别得出的大小比数数值大小基本一致, 波动幅度很小. 树高大小比数取值范围更大, 各树种树高平均大小比数基本都比各自相应的胸径平均大小比数略大, 说明树木高生长方向上的空间竞争比横向生长方向上的竞争更激烈. 山丁子树高平均大小比数比胸径平均大小比数低的原因可能是在原始林中, 山丁子喜光, 属于林冠中层树种, 生长上处于亚优势. 而裂叶榆树高平均大小比数偏低的原因可能是, 裂叶榆耐阴, 生长上处于劣态. 因此, 除个别稀有树种的树高大小比数和胸径大小比数

表4 不同胸径角尺度(W)频率分布及平均角尺度($\overline{W}$)

Table 4 The frequencies distribution of neighborhood pattern and the average value in different DBH class

树木起测径阶 Value of minimum measured diameter (d/cm)	W					$\overline{W}$
	0	0.25	0.5	0.75	1	
1	0.007	0.178	0.559	0.189	0.067	0.533
2	0.007	0.189	0.563	0.172	0.069	0.527
3	0.005	0.175	0.562	0.182	0.077	0.538
4	0.006	0.194	0.522	0.202	0.076	0.537
5	0.005	0.195	0.57	0.167	0.063	0.523
6	0.008	0.211	0.568	0.161	0.053	0.510
7	0.008	0.201	0.574	0.168	0.049	0.512
8	0.012	0.215	0.578	0.162	0.032	0.497
9	0.013	0.204	0.583	0.169	0.031	0.501
10	0.013	0.214	0.579	0.168	0.026	0.495

相差较大外, 其余树种的树高大小比数和胸径大小比数基本一致, 都能反映该林分在垂直方向上的分化.

3.3 树木个体空间分布格局

由表4可知, 按照不同的树木起测直径计算, 该样地中角尺度(W)取值为0和1的频率都较低, 即样地中绝对均匀和团状分布的结构单元都较少见, 角尺度取值为0.25和0.75的频率稍高, 即均匀分布的结构单元数和不均匀分布的结构单元数基本一致. 角尺度取值为0.5的频率均超过了50%, 说明该样地中常见的是随机分布的结构单元. 当起测径阶小于6 cm时, 平均角尺度($\overline{W}$)值均大于0.517, 说明起测直径小, 林分中包含的团状分布单元多, 林分所有树木个体整体也呈聚集分布, 当起测直径大于6 cm时, 平均角尺度值开始小于0.517, 说明6 cm以上的个体总体上呈随机分布.

4 结论与讨论

本文研究表明, 在水平方向上, 原始阔叶红松林处于中度混交的水平, 各树种的混交度可能因树种优势度、繁殖方式、林分发育程度不同而不同. 本文的研究结果和徐海等在蛟河地区的研究结果一致, 即天然阔叶红松林中, 树木混交度随着胸径的增大呈逐渐递增的趋势[16]. 该林分下层乔木介于弱度混交和中度混交之间, 说明以营养繁殖为主的下木层同种个体经常聚集在一起, 再以丛生单元为主体与其它树种混生. 位于群落中层和上层的树种强度混交和极强度混交的比例很高. 该林分水平分布格局随起测径阶不同而不同, 当起测直径小于6 cm时, 林分呈聚集分布格局, 当起测直径大于6 cm时, 林分呈随机分布格局. 针对该林分不同垂直高度的物种种群格局研究也表明, 大径木几乎在所有尺度上为随机分布和均匀分布, 小径木则在较小的尺度上趋向于聚集分布[14]. 在许多相关研究中也得到了同样的结果[17~18]. 一些学者认为, 在较高层次树种的随机分布和均匀分布源于对光照、水分、营养等资源的种内和种间竞争[19, 21]. 一些学者认为小径木的聚集格局源于栖息地异质性[22~23]和有限的种子传播能力[24]. 在阔叶红松林中, 当起测直径小于一定程度时, 包含了更多的以营养繁殖为主的小乔木, 这些小乔木丛生状特点明显, 混交度水平低, 因此可能使林分整体上呈现聚集分布格局, 随着起测直径增大, 树木间由于自疏和它疏作用等调节, 生态位互补效应增强, 相邻木挤在一起的现象大幅度减少[16], 空间结构趋于优化, 树木分布格局更符合资源随机分布的特点, 使林分整体呈现为随机分布格局.

在垂直方向上, 孙中伟曾以树高和重要值为基础将该群落乔木层分为3个层次[11], 位于群落最上层乔木的高度约在23~28 m之间, 主要树种包括水曲柳、紫椴、糠椴、红松、蒙古栎, 位于群落中层的乔木高度约在16~20 m之间, 是该群落树种最丰富的层次, 主要树种以色木槭为主, 包括春榆、白牛槭、拧劲槭、怀槐等, 第3个层次是15 m以下的下木层, 这个层次以槭属类植物为主. 这种以树木个体为参数的统计结果忽略了树种的空间结构信息, 不能客观反映树种相互间的关系及垂直方向的分化程度. 本文研究显示, 该群落的优势种红松和蒙古栎由于缺乏更新, 以大树居多, 生长上处于绝对优势, 而紫椴和糠椴由于更新良好, 处于中庸和劣态的个体占34%(表3), 与相邻个体竞争激烈. 据我们统计, 怀槐最大胸径不超过26 cm, 而在垂直方向上处于优势的个体却较多, 可能是对林隙更新敏感的树种. 因此, 本文运用大小比数较好地反映了该林分在垂直方向上的分化程度及竞争态势.

另外, 在理论上, 树高直接地体现了林分结构在垂直方向上的异质性, 由于受研究条件限制, 树高、冠幅等不容易准确测量, 实践中经常用胸径大小来代替树高作为林分垂直方向分化研究的参数. 本文研究显示, 用胸径参数和树高参数作为大小比数来分析林分在垂直方向上的分化的结果基本一致. 因此, 实践中, 在温带原始落叶针阔混交林, 运用胸径大小比数代替树高大小比数研究林分结构在垂直方向上的异质性以节省人力和物力是可行的. 在其它地区是否可行, 则需进一步研究.

本文研究的阔叶红松林是当地保护完好的原始森林, 是近自然经营的“模板”. 依据本文研究结果及相关结构化森林经营理论[25], 在人为调整森林结构时, 应针对顶极或主要伴生树种的中大径木的空间结构参数如角尺度、竞争树大小比数和混交度来进行空间结构调整, 使经营对象处于竞争优势或不受到挤压的威胁, 整个林分的格局趋于随机分布, 群落生物多样性得到提高, 从而使组成林分的树木个体和组成森林的森林分子即林分群体均获得健康.

References

1 Kimmins JP. Forest Ecology. New York, USA: **Macmillan Inc., 1996**

2 Waltz AT, **Fulé PZ, Covington WW, Moore MM. Diversity in ponderosa** pine forest structure following ecological restoration treatments. *For Sci*, 2003, **49** (6): 885~900

3 Youngblood A, Max T, Coe K. Stand structure in eastside old-growth ponderosa pine forests of Oregon and northern California. *For Ecol & Manage*, 2004, **199** (2): 191~217

4 Nakashizuka T. Species coexistence in temperate, mixed deciduous forests. *Trends Ecol Evol*, 2001, **16** (4): 205~210

5 Suzanne B. The role of spatial pattern in controlling forest dynamics. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, Spring, 2005

6 惠刚盈, 克劳斯, 冯佳多. 森林空间结构量化分析方法. 北京: 中国科学技术出版社, 2003

7 Stone JN, Porter JL. Proceedings of a Workshop on Structure, Process, and Diversity in Successional Forests of Coastal British Columbia, Victoria, British Columbia. Northwest Science, 1998, **72** (S2): 25~26

8 Hui GY (慧刚盈), Li L (李丽), Zhao ZH (赵中华), Dang PX (党普兴). The comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2007, **27** (11): 4717~4729

9 Hu YB (胡艳波), Hui GY (惠刚盈), Qi JZ (戚继忠). Analysis of the spatial structure of natural Korean pine broad leaved forest. *For Res*, 2003, **16** (5): 523~530

10 Yang X, Xu M. Biodiversity conservation in Changbai Mountain Biosphere Reserve, northeastern China: State, problem, and strategy. *Biodiv Conserv*, 2003, **12** (5): 883~903

11 Sun ZW (孙中伟), Zhao SD (赵士洞). Community features of Tilia-Korean pine forest on northern slope of Changbai Mountains. *Chin J*

Ecol (生态学杂志), 1995, **14** (5): 26~30

12 Sun ZW (孙中伟), Zhao SD (赵士洞). Interspecific association and correlation of lime-broad leaved Korean pine forest on the northern slope of Changbai Mountain. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 1997, **8** (2): 119~122

13 Zhang CY (张春雨), Zhao XH (赵秀海), Wang XY (王新怡). Spatial pattern and canopy structure of Korean pine broadleaved forests in Changbaishan Mountains. *J Beijing For Univ* (北京林业大学), 2006, **28** (S2): 45~52

14 Hao ZQ, Zhang J, Song B, Ye J, Li BH. Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest. *For Ecol & Manage*, 2007, **252** (1): 1~11

15 Cheng BR (程伯容) , Xu GS (许广山) , Ding GF (丁桂芳). Litter fall and its nutrient content of dominant types of forest ecosystem in Changbai Mountain. *For Ecosyst Res* (森林生态系统研究), 1984, **4**: 19~ 24

16 Xu H (徐海), Hui GY (惠刚盈), Hu YB (胡艳波), Li CS (李储山), Lin TX (林天喜), Zhang XL (张显龙), Wu XJ(吴相菊). Analysis of spatial distribution characteristics of trees with different diameter classes in natural Korean pine broad leaved Forest. *For Res* (林业科学研究), 2006, **19** (6): 687~691

17 Salas C, LeMay V, Núñez P, Pacheco P, Espinosa A. Spatial patterns in an old-growth Nothofagus obliqua forest in south-central Chile. *For Ecol & Manage*, 2006, **231** (1): 38~46

18 Condit R, Ashton PS, Baker P, Bunyavejchewin S, Gunatilleke S, Gunatilleke N, Hubbell SP,Foster RB, Itoh A, LaFrankie JV, Lee HS, Losos E, Manokaran N, Sukumar R, Yamakura T. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science*, 2000, **288** (5470): 1414~1418

19 Kenkel NC. Pattern of self-thinning in jack pine: Testing the random mortality hypothesis. *Ecology*, 1988, **69** (4): 1017~1024

20 He FL, Duncan RP. Density-dependent effects on tree survival in an old-growth Douglas fir forest. *J Ecol*, 2000, **88** (4): 676~688

21 Boyden S, Binkley D, Shepperd W. Spatial and temporal patterns in structure, regeneration, and mortality of an old-growth ponderosa pine forest in the Colorado Front Range. *For Ecol & Manage*, 2005, **219** (1): 43~55

22 Chapin FS, McGraw JB, Shaver GR. Competition causes regular spacing of alder in Alaskan shrub tundra. *Oecologia*, 1989, **79** (3): 412~416

23 Chapin FS, Walker LR, Fastie CL, Sharman LC. Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay, Alaska. *Ecol Monogr*, 1994, **64** (2): 149~175

24 Hubbell SP. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. Princeton, USA: Princeton University Press, 2001

25 Hui GY (惠刚盈), Hu YB (胡艳波), Zhao ZH (赵中华). Further discussion on "**structure-based forest management**". *World For Res*, 2009, **22** (1): 14~19

欢迎订阅2011年《分子植物育种》

《分子植物育种》是一份为转基因育种、分子标记辅助育种及常规育种服务的科学杂志，也是中国唯一的一份以育种为名的科学杂志。于2003年创刊，创刊伊始即被美国化学文摘(CA)，中国科学引文数据库、中国科技期刊全文数据库、中国引文数据库，中国科技期刊数据库、中文科技期刊数据库，中国核心期刊（遴选）数据库，中国生物学文摘和中国生物学数据库等多家中外文献数据库收录。同时，《分子植物育种》已建立了全英文的期刊网站，定期发布学术动态、出版信息及期刊近期目录等，实现作者编者读者同步分享。

本刊设置固定栏目和随机栏目。固定栏目常设研究论文（An Article）和研究报告（A Letter），主要发表最新的原始研究成果。随机栏目根据稿源可能设研究评述（A Review）、研究资源（A Resource）、数据分析（Analysis）、技术主题（Technology Feature）等栏目，还可能设置刊登有关科学新闻、科学简讯、专利、短评、书评等方面的栏目。本刊在栏目设置和文体格式上参照国际著名周刊《自然》及《自然遗传学》的刊发形式。主要围绕水稻、小麦、玉米、油菜、大豆、棉麻、薯类、果树、蔬菜、花卉、茶叶、林草等方面。《分子植物育种》已经成为植物育种及相关研究领域研究成果发表和交流的最重要学术平台，代表了目前中国分子植物育种的现实情况，是了解中国分子植物育种的一个重要窗口。

欢迎订阅《分子植物育种》，本刊单月28日出版，国内定价：￥40.00/期，￥240.00/年；国际定价：$40.00/期，$240.00/年。国内统一刊号：CN46-1068/S，国际标准刊号：ISSN 1672-416X，邮发代号：84-23。订户可到当地邮局订阅，或直接汇款至编辑部，免收邮费。

地址：海南省海口市海秀大道128号双岛公寓13B室　邮编：570206
联系电话：0898-68966415　传真：0898-68958180
E-mail：mpb@hibio.org, mpb@molplantbreed.org　网址：www.molplantbreed.org