

大辽河流域天然杨桦林空间结构分析

周娟¹, 陈丽华¹, 郭文体¹, 武巧英¹, 李长暄¹, 李海燕²

(1. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室,
北京 100083; 2. 辽宁老秃顶子国家级自然保护区抚顺管理局, 辽宁 抚顺 113208)

摘 要:以辽宁老秃顶子国家自然保护区内天然杨桦林为研究对象,利用混交度、胸径和树高大小比数、角尺度 3 个林分空间结构参数分析了林分空间结构特征。结果表明:林分平均混交度为 0.62,其强度和极强度混交比例达 53.1%,黄桦、山杨的平均混交度分别为 0.87 和 0.74,表明天然杨桦林混交程度较高;以胸径、树高为参数的大小比数基本一致,表明黄桦、山杨处于优势向亚优势的过渡状态,且优势木的比例都超过 70%;林分平均角尺度为 0.52,黄桦和山杨的平均角尺度分别为 0.54、0.55,呈聚集分布。

关键词:天然杨桦林;混交度;大小比数;角尺度;空间结构

中图分类号:S718.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)06-0077-07

Spatial Structural Characteristics of Natural *Populus davidiana*-*Betula Platyphylla* Forest in the Great Liaohe River Basin

ZHOU Juan¹, CHEN Li-hua¹, GUO Wen-ti¹, WU Qiao-ying¹, LI Chang-xuan¹, LI Hai-yan²

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Fushun Authority of Liaoning Laotudingzi National Nature Reserve, Fushun, Liaoning 113208, China)

Abstract: Taking Natural *Populus davidiana*-*Betula allegheniensis* secondary forests in the Liaoning Laotudingzi National Nature Reserve as the research object, we used the mingling degree, breast height (DBH) and height neighborhood comparison and the uniform angle index to analyze the spatial structural characteristics of the mixed forest. The results showed that the average mingling degree was 0.62, with the individuals at high and extremely high mingling degree reached to 53.1%, and the average mingling degree of *Betula allegheniensis* and *Populus davidiana* was 0.87 and 0.74, respectively, indicating that Natural *Betula allegheniensis*-*Populus davidiana* secondary forests was mixed with high mingling degree. The neighborhood comparison based on the diameter at DBH and tree height was almost the same, suggesting that the *Betula allegheniensis* and *Populus davidiana* were in the transition state from dominant to subdominant, and the proportion of the dominant trees were more than 70%. The average uniform angle index of the whole stand, *Betula allegheniensis* and *Populus davidiana* was 0.52, 0.54 and 0.55, respectively. The forest plantation presented a gathering distribution pattern and the proportion of trees that had the mingling degree reached to 53.1%.

Key words: natural *Populus davidiana*-*Betula allegheniensis* secondary forests; mingling degree; neighborhood comparison; uniform angle index; spatial structure

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,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^[1-3],其有助于对混交林的经营措施进行有力评价,有助于新的林分生长模型的研究,同时还有助于森林经营方案的制

定^[4]。因此,近年来对林分空间结构的研究倍受关注,Gadow^[5-6]、惠刚盈等^[7-8]提出以相邻木为单元来构建林分空间结构参数,能较好地解释林分水平和垂直异质性^[9]。3个空间结构参数(混交度、大小比数和角尺度)分别描述树种组成及空间配置情况、树种生长优势度和树木水平分布格局^[10-11]。

收稿日期:2013-02-28

修回日期:2013-04-09

资助项目:辽河上游水源涵养林体系构建技术与示范(2011BAD38B0502)

作者简介:周娟(1987—),女,湖北宜昌人,在读硕士,主要从事水土保持方面的研究。E-mail:zhoujuanly@126.com

通信作者:陈丽华(1957—),女,北京市人,教授,博士生导师,主要研究方向为城镇规划和水土保持。E-mail:c_lihua@bjfu.edu.cn

目前已有许多研究采用空间结构参数来分析林分空间结构,而关于次生林空间结构的研究较少。本文运用林分空间结构的混交度、大小比数和角尺度3个参数对老秃顶子自然保护区内的天然山杨林进行空间结构分析,以明确林分结构,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 研究区概况

研究区位于辽宁省抚顺市老秃顶子国家级自然保护区,地理坐标为 $124^{\circ}41'13''$ — $125^{\circ}05'15''$ E; $41^{\circ}11'11''$ — $41^{\circ}21'34''$ N,总面积 $15\,217.3\text{ hm}^2$ 。区内土壤以棕壤和暗棕壤为主,土壤湿润,有机质含量高,pH值 $5.15\sim 6.12$,棕壤为本区的地带性土壤,主要分布于海拔 900 m 以下的落叶阔叶林中,暗棕壤为本区的垂直地带性土壤,主要分布于海拔 900 m 以上的中山草甸和暗针叶林中;气候属北温带大陆性季风气候,由于受海洋气候的影响,雨量充沛,年降水量 $900\sim 1\,200\text{ mm}$,且多集中在 $6\sim 8$ 月,相对湿度 67% ,极端最高气温 37.2°C ,极端最低气温 -37.5°C ,年平均气温 5.2°C ,年无霜期 133 d 。保护区内水资源丰富,共有大小河流 17 条,其中老秃顶子山西麓的 3 条河流属太子河水系,是辽宁省第三大河太子河的发源地,本区还是辽河的发源地和鸭绿江的重要源头之一,为重要的水源涵养林区。

保护区内森林以天然次生林和人工林为主,主要乔木树种有蒙古栎(*Quercus mongolica*)、白桦(*Betula platyphylla*)、黄桦(*Betula allegheniensis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、落叶松(*Larix gmelinii* Rupr.)、山杨(*Populus davidiana*)、花曲柳(*Fraxinus rhynchophylla*)、花楷槭(*Acer ukurunduense* Trautv. et Mey.)、胡桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、色木槭(*Acer mono* Maxim.)、千金榆(*Carpinus cordata*)、槐树(*Sophora japonica* L.)、青楷槭(*Acer tegmentosum* Maxim.)、毛榛子(*Corylus mandshurica*)等。

2 研究方法

2.1 野外调查

本研究试验地设置在辽宁省抚顺市老秃顶子国家自然保护区内,海拔 620 m ,坡向为西南坡,其平均坡度为 8° ,林内郁闭度达到了 0.95 。于 2012 年的 $7\sim 8$ 月在自然保护区内选择具有代表性的以黄桦和山杨为优势种的天然次生林作为研究对象,采用固定样地调查法进行调查。选择 1 块 $60\text{ m}\times 60\text{ m}$ 标准地,采用相邻网格法,将样地划分为 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 的小样方,调查时将每个小样方的西南角设定为坐标原

点,用皮尺分别测量单元中每株树木的位置坐标(x, y)(x, y 分别表示东西和南北方向坐标,其中坐标原点在样地的西南角)。用GPS对样地边界上每个网格结点进行定位,测定样地坡度、坡向、经纬度、海拔、地形地貌等立地因子,并记录树木的名称、坐标、树高、胸径、冠幅、枝下高、优势度、损伤状况、干型质量、病虫害和起源等。

2.2 数据分析

以样地调查数据为基础,分别计算天然山杨林内各种树种的混交度、大小比数和角尺度,计算时为了消除处于林分边缘树木系统的影响,设置了 3 m 的缓冲区,实际计算面积为 $2\,916\text{ m}^2$ 。李丽等^[12]研究认为,随着样地面积的变化,其对应林木的空间分布格局不同,样地面积小的时候这种差异尤为明显。样地面积 $\geq 2\,500\text{ m}^2$ 时,随着样地面积的增大,出现了其对应林木的空间分布格局趋于稳定的局面,能够较真实地反映林木的空间分布格局。本研究中天然山杨林样地面积完全可以满足林分空间结构分析的需要。

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(非同质性);(2)林木个体大小分化程度(非均一性);(3)林木个体空向分布格局(非规则性)^[13]。空间结构分析以空间结构单元分析为基础。本文采用树种混交度描述空间隔离程度,用大小比数描述林木大小分化程度,用角尺度描述林分水平分布格局。

(1)树种混交度(M_i):指参照树 i 的 4 株最近相邻木中与参照树不属于同种个体所占的比例。公式为^[14]:

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

式中: n ——参照树的总株数。当参照树 i 与相邻木 j 为同种时, $V_{ij}=0$;为非同种时, $V_{ij}=1$ 。当考虑参照树周围的 4 株相邻木时, M_i 的 5 种取值 $0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$,分别对应混交度的描述为零度、弱度、中度、强度和极强度混交。

(2)树种大小比数(U_i):指胸径大于参照树的相邻木占 4 株最近相邻木的株数比例,可用胸径、树高和冠幅表示。公式为^[8]:

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

若相邻木 j 比参照树 i 小, $k_{ij}=0$;否则, $k_{ij}=1$ 。同样考虑参照树周围有 4 株林木的情况, M_i 的 5 种取值: $0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$,分别对应参照树在 4 株相邻木中不同的优势程度。即:优势、亚优势、中庸、劣

态和绝对劣态。即 k_{ij} 为 0(相邻木均比参照树小)、0.25(1 株相邻木比参照树大)、0.5(2 株相邻木比参照树大)、0.75(3 株相邻木比参照树大)和 1(4 株相邻木比参照树大)。

(3) 树种角尺度(W_i):指 α 角小于标准角 α_0 的个数占所考察的 4 个夹角的比例,其中 α 与 α_0 这样定义: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 。惠刚盈等^[15]认为,标准角的可能取值范围为: $60^{\circ}\leq\alpha_0\leq90^{\circ}$, 72° 是一个最优的标准角。Gadow 和 Hui^[16]的研究表明:随机分布的平均角尺度取值范围是 $[0.475,0.517]$,当 $\bar{W}<0.475$ 时为均匀分布; $0.475\leq\bar{W}\leq0.517$ 时,为随机分布; $\bar{W}>0.517$ 时为团状分布。本文据此判定林分的空间分布格局。角尺度公式为^[7]:

$$W_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^nZ_{ij}$$

当 α 角小于标准角 α_0 ,则 $z_{ij}=1$;否则 $z_{ij}=0$,其中 $n=4$ 。判定林木分布格局的林分角尺度平均值 \bar{W} 计算公式^[7]:

$$\bar{W}=\frac{1}{n}\sum W_i$$

为能明显地表达出混交度等结构参数的林学意义,本研究选用 $n=4$,即在参照树周围选用 4 株相邻木组成一个结构框架。研究表明,由 1 株参照树与 4

株相邻木所组成的结构单元中,参照树与 4 株最近相邻木构成的结构关系有 5 种:零度、弱度、中度、强度和极强度。 $n=3$ 或 $n=5$ 时,在类型划分上仅有 4 种或 6 种,缺乏中间过渡类型,不符合自然规律; $n=4$ 时,过渡阶段更加完整,生物学意义更加明显,空间结构信息较完整,且这种结构单元的可释性和可操作性均较强,适宜于描述林分的空间结构特征^[10,17]。

3 结果与分析

3.1 天然杨桦林树种组成

天然杨桦次生林物种丰富度较高,由表 1 可以看出,天然杨桦林样地内共有 21 种乔木,总计 938 株。其中色木槭和花楷槭的种群密度最高,这两个种群在数量上占样地总数的 36.46%,但其平均胸径和树高分别只有 3.57 cm,3.11 cm 和 4.91 m,4.75 m,在数量上占优势的这两个树种在生长上并不占优势,其胸径和树高都很小,处于整个乔木林层结构的下层。而平均胸径和平均树高都显示为最大的是黄桦和山杨,再其次是白桦,它们虽然在数量上不占绝对优势,但这些树种处于林分的最上层,枝叶繁盛,冠幅大,能够接受最充足的阳光,它们是整个样地的建群树种。就相对胸高断面面积而言,黄桦和山杨所占的比例也是最大的,分别达到了 18.49%和14.71%,不难发现虽然色木槭数量上是最多的,可是胸高断面面积所占的比例却不是最大的。

表 1 样地各树种林分因子统计

树种	株数	所占比 例/%	胸径/cm			树高/m			相对胸高断 面积/%
			D_{max}	D_{min}	$D_{平均}$	H_{max}	H_{min}	$H_{平均}$	
色木槭	204	21.68	13.0	2.0	3.57	12.0	3.0	4.91	10.43
花楷槭	113	12.01	6.0	2.0	3.11	6.0	4.0	4.75	5.03
槐树	81	8.61	14.5	3.0	6.55	19.0	4.0	7.95	7.60
黄桦	79	8.40	21.7	11.9	16.34	21.0	18.0	19.25	18.49
花曲柳	68	7.23	19.9	2.0	10.27	22.0	4.0	13.33	10.00
山杨	67	7.12	18.0	12.5	15.33	21.0	18.0	19.00	14.71
白桦	62	6.59	31.6	2.2	10.54	22.0	3.0	9.14	9.36
蒙古栎	51	5.42	19.3	2.0	9.84	20.0	4.0	11.00	7.19
紫椴	38	4.04	5.0	2.2	3.06	6.0	2.9	3.600	1.67
青楷槭	37	3.93	7.0	2.5	4.56	10.0	4.0	6.80	2.42
胡桃楸	30	3.19	28.3	6.5	15.98	22.0	6.0	16.25	6.87
毛榛子	29	3.08	4.0	2.0	2.58	5.0	3.0	4.25	1.07
刺老芽	23	2.44	2.8	2.0	2.53	5.0	2.0	3.17	0.83
暴马丁香	16	1.70	3.1	2.0	2.30	5.8	3.2	3.75	0.53
落叶松	15	1.59	12.0	8.4	9.25	15.0	11.0	12.00	1.99
千金榆	15	1.59	4.7	2.0	3.20	5.5	3.6	4.50	0.69
糠椴	5	0.53	6.8	4.4	5.70	9.0	5.1	8.00	0.41
大果榆	4	0.43	3.3	2.1	2.70	5.5	3.7	4.90	0.15
大叶杨	2	0.21	6.8	4.2	5.50	6.0	4.0	5.00	0.16
黄菠萝	1	0.11	15.0	15.0	15.00	20.0	20.0	20.00	0.19
水曲柳	1	0.11	13.3	13.3	13.30	19.0	19.0	19.00	0.21

3.2 林木种间结构分析

混交度反映林分种间隔离程度,一般认为混交度越大,林分相对越稳定。从表 2 可以看出,色木槭、花楷槭、紫椴和青楷槭这 4 个树种的平均混交度小于 0.5,处于弱度混交与中度混交之间,且这几个树种的树高胸径都比较小,因此有的就两三株生长在一起,导致周围同种树较多,混交度小。黄桦和山杨为此样地中的优势树种,黄桦的极强度混交比例甚至达到了 0.58,强度混交比例为 0.34,其平均混交度也达到 0.87,说明黄桦的混交程度很高,周围很少出现同类

树种伴生的情况;对于山杨而言,整体处于强度混交,也以强度混交和极强度混交比例为最大,混交程度较好。槐树和白桦的平均混交度分别为 0.61 和 0.57,处于中度混交到强度混交之间;花曲柳、蒙古栎、胡桃楸等其余树种也都处于强度混交到极强度混交之间,整体的混交度都很高,每个树种周围很少有同种树种伴生。这与实际调查情况相符,株数少的树种基本都零星均匀分布在整個样地中,株数多的树种有的就两三株长为一簇,长的高大的树种就均匀分布在整個林分中,周围都是其它树种的小树。

表 2 林分混交度及频率分布

树种	频率分布					平均混交度
	零度混交(0)	弱度混交(0.25)	中度混交(0.5)	强度混交(0.75)	极强度混交(1.0)	
色木槭	0.19	0.25	0.36	0.14	0.06	0.41
花楷槭	0.17	0.23	0.30	0.14	0.16	0.47
槐树	0.06	0.16	0.21	0.40	0.17	0.61
黄桦	0.00	0.01	0.06	0.34	0.58	0.87
花曲柳	0.01	0.06	0.13	0.32	0.47	0.79
山杨	0.00	0.06	0.22	0.42	0.30	0.74
白桦	0.03	0.18	0.39	0.29	0.11	0.57
蒙古栎	0.02	0.10	0.14	0.27	0.47	0.77
紫椴	0.18	0.47	0.21	0.11	0.03	0.33
青楷槭	0.11	0.35	0.32	0.14	0.08	0.43
胡桃楸	0.00	0.03	0.00	0.43	0.53	0.87
毛榛子	0.00	0.00	0.10	0.21	0.69	0.90
刺老芽	0.00	0.00	0.09	0.22	0.70	0.90
暴马丁香	0.00	0.00	0.06	0.25	0.69	0.91
落叶松	0.00	0.00	0.00	0.20	0.80	0.95
千金榆	0.00	0.07	0.20	0.27	0.47	0.78
糠椴	0.00	0.00	0.00	0.20	0.80	0.95
大果榆	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	0.94
大叶杨	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
黄菠萝	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
水曲柳	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
全林分	0.083	0.157	0.227	0.245	0.287	0.624

零度混交、弱度混交,甚至是中度混交在落叶松、糠椴、大果榆、大叶杨、黄菠萝、水曲柳这些树种的单木中均来出现,这与这些树种的数量少有关,且都为零星分布。研究所有树种的平均混交度发现,全林分平均混交度达到 0.62,零度、弱度、中度、强度和完全混交比例分别为 8.3%,15.7%,22.7%,24.5%和 28.7%,可以看出以极强度混交、强度混交和中度混交的比例为最大,说明天然杨桦林混交程度较高,经营保护较好,树种组成结构多样,林分比较稳定。

3.3 林木大小分化程度

3.3.1 胸径大小比数 大小比数用来表征林木大小分化程度,胸径大小比数指胸径大于参照树的相邻木占 4 株最近相邻木的株数比例,其值越大代表相邻木

越大,而参照树越不占优势,林分主要组成树种胸径大小比数分布见表 3。表 3 中,黄桦和山杨作为优势树种,它们的平均大小比数都分别只有 0.06 和 0.07,而且黄桦和山杨的优势木和亚优势木的比例之和都达到了 100%,说明它们在生长上占绝对优势,且单木的胸径基本上都比较大。其次是胡桃楸,其优势木的比例超过了一半,而优势木与亚优势木比例之和也达到了 87%,生长优势比较明显。槐树、花曲柳、白桦、蒙古栎和落叶松这 5 个树种整体介于亚优势木和中庸木之间,每个树种各单木之间胸径差别比较大,因此从优势木到劣态木之间都有概率分布。色木槭、花楷槭、紫椴、青楷槭和刺老芽的平均胸径大小比数分别为 0.63,0.69,0.54,0.55 和 0.70,处于中庸木和亚

劣态木之间;毛榛子、千金榆、暴马丁香等则处于受压迫状态,这些树种的胸径都普遍很小,在生长上极不占优势。所有树种平均大小比数的取值范围在 0~0.94 之间,反映了林木空间大小分化的差异性极大。

表 3 林分胸径、树高大小比数分布

树种	胸径大小比数					平均	树高大小比数					平均
	0	0.25	0.5	0.75	1		0	0.25	0.5	0.75	1	
色木槭	0.04	0.12	0.28	0.37	0.19	0.63	0.09	0.15	0.31	0.25	0.19	0.57
花楷槭	0.08	0.06	0.21	0.32	0.33	0.69	0.07	0.10	0.14	0.35	0.34	0.70
槐树	0.10	0.26	0.42	0.15	0.07	0.46	0.15	0.20	0.32	0.16	0.17	0.50
黄桦	0.77	0.23	0.00	0.00	0.00	0.06	0.85	0.14	0.01	0.00	0.00	0.04
花曲柳	0.38	0.22	0.16	0.18	0.06	0.33	0.25	0.31	0.21	0.10	0.13	0.39
山杨	0.76	0.21	0.03	0.00	0.00	0.07	0.76	0.21	0.03	0.00	0.00	0.07
白桦	0.32	0.19	0.21	0.19	0.08	0.38	0.26	0.19	0.21	0.19	0.15	0.44
蒙古栎	0.22	0.39	0.14	0.10	0.16	0.40	0.16	0.33	0.29	0.14	0.08	0.41
紫椴	0.03	0.24	0.42	0.18	0.13	0.54	0.11	0.32	0.32	0.24	0.03	0.44
青楷槭	0.00	0.19	0.51	0.22	0.08	0.55	0.11	0.19	0.41	0.24	0.05	0.49
胡桃楸	0.57	0.30	0.10	0.03	0.00	0.15	0.47	0.37	0.17	0.00	0.00	0.18
毛榛子	0.00	0.03	0.14	0.38	0.45	0.81	0.00	0.10	0.17	0.34	0.38	0.75
刺老芽	0.00	0.22	0.13	0.30	0.35	0.70	0.00	0.00	0.22	0.26	0.52	0.83
暴马丁香	0.00	0.00	0.06	0.44	0.50	0.86	0.00	0.00	0.00	0.44	0.56	0.89
落叶松	0.33	0.40	0.07	0.20	0.00	0.28	0.13	0.33	0.27	0.27	0.00	0.42
千金榆	0.00	0.00	0.33	0.27	0.40	0.77	0.07	0.20	0.27	0.13	0.33	0.62
糠椴	0.00	0.00	0.00	0.60	0.40	0.85	0.00	0.00	0.20	0.40	0.40	0.80
大果榆	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	0.94	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	0.94
大叶杨	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.88
黄菠萝	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
水曲柳	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
全林分	0.23	0.18	0.21	0.22	0.16	0.47	0.24	0.18	0.21	0.19	0.17	0.47

3.3.2 树高大小比数 树高大小比数(表 3)指树高大于参照树的相邻木占 4 株最近相邻木的株数比例,取值范围在 0~0.94 之间。黄菠萝和水曲柳由于数量少,且比最近 4 株林木高,树高大小比数都为 0;在林分的垂直方向上,黄桦和山杨在树高上是最占优势的两个树种,平均树高大小比数分别只有 0.04 和 0.07;花曲柳、白桦、蒙古栎等 6 个树种处于亚优势到中庸过渡的状态,个体数量较多,竞争较激烈;在生长上处于中庸向劣态过渡,其大小比数在 0.5~0.75 范围内的树种有 4 种,分别是色木槭、花楷槭、槐树和千金榆,除千金榆外,其余 3 个树种在数量上是林分中最多的,表明该林分中层个体间竞争十分激烈。处于亚劣态到劣态的树种多但数量都很少,它们处于林冠层的下层,且周围林木大部分都比这几个树种高,所以竞争中处于受压迫状态。

3.3.3 胸径大小比数和树高大小比数的比较 树高大小比数与胸径大小比数都表现为大树占优势,同时在数值上还表现出一定的差异性,但变化幅度较小,能反映出该林分在垂直方向上的分化。胸径和树高大小比数都介于 0~0.94 之间,有一半的树种表现为

平均树高大小比数大于胸径大小比数,可以看出胸径和树高平均大小比数在数值大小上并没有表现为哪一方偏大的趋势(图 1)。大多数树种在胸径大小比数和树高大小比数上的表现是一致的,有少部分树种在两者的表现上有一定的区别,紫椴和青楷槭在胸径大小比数上处于亚优势木到中庸木之间,而在树高大小比数上却是处于中庸木到亚劣态木之间,说明这两个树种在在树高生长方向的竞争较横向生长方向的竞争更为激烈。

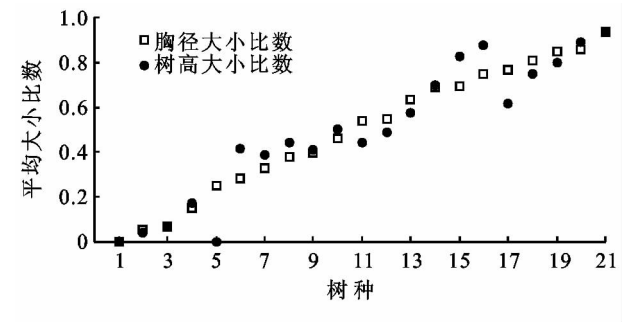


图 1 胸径与树高的平均大小比数

注:1) 黄菠萝;2) 黄桦;3) 山杨;4) 胡桃楸;5) 水曲柳;6) 落叶松;7) 花曲柳;8) 白桦;9) 蒙古栎;10) 槐树;11) 紫椴;12) 青楷槭;13) 色木槭;14) 花楷槭;15) 刺老芽;16) 大叶杨;17) 千金榆;18) 毛榛子;19) 糠椴;20) 暴马丁香;21) 大果榆。

3.4 林木空间分配格局

用角尺度描述林分中的林木个体分布格局时,关注的是林木个体之间的方位关系,根据角尺度的定义, W_i 值越大表示参照树周围的相邻木分布越不均匀。由表 4 可知,所有树种总体上呈均匀分布、随机分布和不均匀分布的比例相等,而绝对均匀分布和绝对不均匀分布所占比例均较小。对于 4 株最近相邻木而言,随机分布的角尺度取值范围是[0.475, 0.517],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,根据这个原则来判

断林木个体的空间分布格局。其中花楷槭、白桦、青楷槭、毛榛子、刺老芽、落叶松、千金榆和大叶杨这 8 个树种的平均角尺度均小于 0.475,说明它们整体呈均匀分布;色木槭、蒙古栎和黄菠萝的平均角尺度分别为 0.48、0.50 和 0.50,属于随机分布的范畴,且绝对均匀和绝对不均匀分布的比例都很小;其余树种的平均角尺度均比 0.517 要稍大,说明它们总体为聚集分布,树种不均匀分布的比例都要大于均匀分布的比例。从全林分整体来看,平均角尺度为 0.52,呈现聚集分布。

表 4 林分角尺度及频率分布

树种	频率分布					平均角尺度
	绝度均匀(0)	均匀(0.25)	随机(0.5)	不均匀(0.75)	绝对不均匀(1)	
色木槭	0.09	0.32	0.21	0.35	0.03	0.48
花楷槭	0.07	0.38	0.27	0.15	0.13	0.47
槐树	0.05	0.19	0.21	0.28	0.27	0.64
黄桦	0.09	0.20	0.32	0.23	0.16	0.54
花曲柳	0.06	0.09	0.19	0.46	0.21	0.67
山杨	0.09	0.19	0.36	0.15	0.21	0.55
白桦	0.15	0.25	0.34	0.13	0.13	0.46
蒙古栎	0.06	0.31	0.22	0.37	0.04	0.50
紫椴	0.00	0.05	0.37	0.32	0.26	0.70
青楷槭	0.16	0.35	0.22	0.11	0.16	0.44
胡桃楸	0.03	0.10	0.40	0.23	0.23	0.63
毛榛子	0.24	0.31	0.24	0.17	0.03	0.36
刺老芽	0.09	0.43	0.17	0.26	0.04	0.43
暴马丁香	0.06	0.19	0.44	0.25	0.06	0.52
落叶松	0.27	0.33	0.13	0.20	0.07	0.37
千金榆	0.27	0.20	0.33	0.13	0.07	0.38
糠椴	0.00	0.20	0.20	0.40	0.20	0.65
大果榆	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	0.63
大叶杨	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.38
黄菠萝	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50
水曲柳	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.75
全林分	0.09	0.26	0.26	0.26	0.13	0.52

4 结论与讨论

本研究采用树种混交度从单木的角度描述林分树种空间搭配及排列形式,天然杨桦林在空间结构单元中主要以极强度混交为主,处于中度和强度混交的林木比例也较大,且全林分平均混交度达到 0.62,说明天然山杨林整体上的混交状况良好,林分中同种林木聚集在一起的情况并不多,大多数林木与其他树种为伴,同种隔离程度较高。作为优势树种的黄桦和山杨,其混交程度也是比较高的,分别达到了 0.87 和 0.74。

本文采用大小比数分析林分中所有树种在胸径、树高指标上的优劣程度,结果表明这两个指标在数值上具有一定的差异性,同时大致规律表现出一致性,

这与实际情况也很吻合,树高高往往胸径也比较大,这样的单木在胸径和树高大小比数上都占优势。就全林分来看,胸径和树高大小比数虽然在 $M_i=0$ 时的比例为最大,但在这五种状态下比例相差却不大。

天然杨桦林内林木有的呈丛状聚集分布,可能经过自疏或人为干扰,成林后林木聚集程度有所下降,研究全林分平均角尺度发现,林分整体呈聚集分布,且绝对均匀和绝对不均匀分布这两种极端情况所占比例非常小。就各树种而言,花楷槭、白桦、青楷槭、毛榛子、刺老芽、落叶松、千金榆和大叶杨这 8 个树种呈均匀分布;色木槭、蒙古栎和黄菠萝属于随机分布的范畴;其余树种的平均角尺度均比 0.517 要稍大,说明它们总体为聚集分布。

利用以空间结构单元为基础的树种混交度、大小比数和角尺度等参数分析林分空间结构,便于人们对森林的结构有一个比较清晰的认识^[18]。在调整森林结构时,应针对顶极或主要伴生树种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,林分群体均健康成长。

参考文献:

[1] 闫东锋,何静,郭芳,等. 宝天曼栎类天然次生林乔木层种间联结性研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(1):26-30.

[2] 柴勇,孟广涛,武力,等. 馨香玉兰所在群落主要树种的种间联结性[J]. 西北林学院学报,2009,24(5):31-35.

[3] 李明辉,何风华,刘云,等. 林分空间格局的研究方法[J]. 生态科学,2003,22(1):43-50.

[4] 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.

[5] Gadow K V. Continuous Cover Forest Assessment, Analysis Scenarios[C]. International IUFRO Conference, Goettingen, Germany, 2001:19-21.

[6] Gadow K V, Hui G Y. Modeling Forest Development [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,1999.

[7] 惠刚盈, Gadow K V, 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.

.....

(上接第 76 页)

[5] 李根柱. 新材料蓄水渗膜在干旱半干旱地区造林应用的研究[D]. 北京:北京林业大学,2004.

[6] 夏江宝,张光灿,孙景宽,等. 山杏叶片光合生理参数对土壤水分和光照强度的阈值效应[J]. 植物生态学报,2011,35(3):322-329.

[7] 刘硕,贺康宁. 不同土壤水分条件下山杏的蒸腾特性与影响因子[J]. 中国水土保持科学,2006,4(4):66-70.

[8] 郎莹,张光灿,张征坤,等. 不同土壤水分下山杏光合作用响应过程及其模拟[J]. 生态学报,2011,31(16):4999-4508.

[9] 王铎,刘广全,土小宁,等. 黄土高原农牧交错带山杏光合特征测定分析[J]. 西南林业大学学报,2011,31(1):22-26.

[10] 张征坤,张光灿,刘顺生,等. 土壤水分对山杏光合作用日变化过程的影响[J]. 中国水土保持科学,2012,10

[8] 惠刚盈, Gadow K V, 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.

[9] 惠刚盈,李丽,赵中华,等. 林木空间分布格局分析方法[J]. 生态学报,2007,27(11):4717-4729.

[10] 胡艳波,惠刚盈,戚继忠,等. 吉林蛟河天然红松阔叶林的空间结构分析[J]. 林业科学研究,2003,16(5):523-530.

[11] 安慧君,张韬. 异龄混交林结构的定量分析[M]. 北京:中国环境科学出版社,2004.

[12] 李丽,惠淑荣,惠刚盈,等. 森林结构调查最小面积的研究[J]. 林业资源管理,2007(2):47-51.

[13] 李明辉,何风华,刘云,等. 林分空间格局的研究方法[J]. 生态科学,2003,22(1):43-50.

[14] 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.

[15] 惠刚盈, Gadow K V, 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.

[16] Gadow K V, Hui G Y. Characterizing forest spatial structure and diversity[C]//Proceedings of the SUFOR conference ‘Sustainable Forestry in Temperate Regions’,2002:7-9.

[17] 邓送求,闫家锋. 南京紫金山枫香风景林空间结构分析[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2010,34(4):117-122.

[18] Dungan J L, Perry J N, Dale M R T, et al. A balanced view of scale in spatial statistical analysis [J]. Ecography,2002,25(2):626-640.

.....

(3):99-104.

[11] 夏江宝,张光灿,刘京涛,等. 遮光处理对山杏幼苗光合特性的影响[J]. 西北植物学报,2010,30(11):2279-2285.

[12] Nagaraj N, Reese J C, Kirkham M B, et al. Relationship between chlorophyll loss and photosynthetic rate in Greenbug (Homoptera: Aphididae) damaged sorghum [J]. Journal of the Kansas Entomological Society,2002,75(2):101-109.

[13] 靳甜甜,刘国华,胡婵娟,等. 黄土高原常见造林树种光合蒸腾特征[J]. 生态学报,2008,28(11):5758-5765.

[14] 黄志霖,郑红建,李大明,等. 翼式鱼鳞坑整地方法研究[J]. 河南林业科技,1999,19(4):27-36.

[15] 赵忠,李鹏,王乃江. 渭北黄土高原主要造林树种根系分布特征的研究[J]. 应用生态学报,2000,11(1):37-39.