

小陇山辽东栎次生林的结构特征和物种多样性

袁士云^{1,2} 张宋智³ 刘文桢³ 马建伟³

(1. 甘肃省小陇山林业实验局 天水 741020; 2. 中国林业科学研究院林业研究所 国家林业局林木培育
重点实验室 北京 100091; 3. 甘肃省小陇山林业实验局林业科学研究所 天水 741020)

摘 要: 运用混交度、角尺度、大小比数、林层数等林分空间结构参数,直径分布和物种多样性等非空间结构参数,对小陇山林区辽东栎天然林林分结构特征进行分析研究。结果表明:小陇山林区辽东栎天然林群落的灌木层和草本层物种丰富,多样性高;乔木层物种多样性指数明显低于灌木层和草本层;直径分布特征表现为典型的异龄林直径分布特征;林分天然更新良好,辽东栎实生苗占幼苗总数的 46%;林分中林木个体分布角尺度均值为 0.541,林木个体水平分布格局属团状分布;群落的树种隔离程度较高,平均混交度高达 0.71,群落中 77.4% 以上的林木处于中度混交以上,处于强度混交的比例也接近于 24%;林分中各树种以胸径作为比较指标的大小比数排序为:锐齿栎 > 辽东栎 > 漆树 > 灯台树 > 华山松 > 青榨槭 > 三桠乌药 > 椴树 > 秦岭白蜡 > 柞木;在垂直结构方面,林分的平均林层数为 2.45 层,林层分化明显。依据辽东栎林分的天然更新和结构特征提出经营建议。

关键词: 辽东栎;次生林;多样性;结构特征;小陇山

中图分类号:S718.54 文献标识码:A 文章编号:1001-7488(2010)05-0027-08

Tree Species Diversity and Structure Characteristic of Secondary Forests of *Quercus liaotungensis* on Xiaolongshan

Yuan Shiyun^{1,2} Zhang Songzhi³ Liu Wenzhen³ Ma Jianwei³

(1. Xiaolongshan Forest Experiment Bureau of Gansu Province Tianshui 741020;

2. Research Institute of Forestry, CAF Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration Beijing 100091;

3. Forestry Research Institute of Xiaolongshan Forestry Experimental Bureau Tianshui 741020)

Abstract: The stand structure characteristics of secondary forests of *Quercus liaotungensis* on Xiaolongshan was analyzed using spatial structure and non-spatial structure indicators such as mingling, uniform angle index, neighborhood comparison, diameter distribution, layer number and species diversity. The results showed that the species number of shrub layer and the herb layer was abundant and the species diversity was high. The species diversity index of the arbor layer was significantly lower than shrub layer and herb layer. Feature of the stand diameter distribution was typical uneven-aged forest character. The stand natural regeneration was good and the number of *Q. liaotungensis* seedlings accounted for 46% of the total number of seedlings. The stand mean angle index was 0.541, and the pattern of individual tree horizontal distribution was cluster distribution. The species segregation was high and the average value of mingling was 0.71. Approximate 77.4% individual trees was medium mingling and 24% individual tree was intensive mingling in stands. The order of tree species neighborhood comparison compared with breast height diameter was as follow: *Quercus aliena* var. *acuteserrata*, *Q. liaotungensis*, *Rhus verniciflora*, *Cornus controversa*, *Pinus armandi*, *Acer davidii*, *Lindera obtusiloba*, *Tilia tuan*, *Fraxinus paxiana*, *Crnus macrophylla*. The stand average layer number was 2.45 on vertical structures and the layer was clearly differentiated. Some management advices are proposed according to the regeneration and structure characters of the forests.

Key words: *Quercus liaotungensis*; secondary forests; diversity; structure characteristics; Xiaolongshan

实现森林可持续经营的基础是拥有健康稳定的森林,而一个健康稳定的森林生态系统必然要求具有物种多样性、结构多样性、空间异质性和多种功

能。森林的空间结构特征体现了林木个体在林地上的分布格局及其属性在空间上的排列方式,决定了林木个体之间的竞争势与空间生态位,在很大程度上

上影响着林分的稳定性、发展方向和经营措施。传统的森林经理调查体系主要调查林木的胸径、树高和总收获量以及林分属性的统计分布(如直径分布等),目的是为木材生产服务,忽略了林分空间结构信息和多样性信息。而经典的植被生态学调查提供的是一种统计格局,注重生态因子的测定,得出的结果很抽象,难以直接从中导出森林经营的具体技术。目前应用的基于相邻木空间关系的林分空间结构描述方法,正是利用了结构的可解析性,为结构化经营提供了科学依据(惠刚盈等,2007)。调整并维持林分合理的空间结构和生物多样性,是实现森林可持续经营目标的重要技术途径,涉及林木个体之间空间关系的林分空间结构及其关系的描述和解释已成为森林结构研究的焦点(Moeur,1993;汤孟平,2003)。

小陇山林区地处秦岭山脉西端,是我国西北地区重要的天然林区,在水源涵养、保持水土、维护地区生态平衡、提高环境质量、保护生物多样性以及林业生产等方面发挥着重要作用。辽东栎(*Quercus liaotungensis*)林是暖温带落叶阔叶林北部地区分布较广的森林植物群落,分布范围为 $32^{\circ}08'—44^{\circ}05' N$, $103^{\circ}01'—130^{\circ}02' E$ (火树华,1992),属地带性植被类型。主要分布于辽东半岛北部丘陵地区、河北北部和西部山地、山西恒山以南的山地、陕西和甘肃黄土高原以及秦岭山地(陈灵芝等,1990),在岷江上游的四川理县也有分布(宿以明,2003)。以往对辽东栎的研究主要在树种起源(孙书存等,2000;高贤明等,2001)、种群动态变化(侯继华等,2004)、优势树种的空间分布格局(张金屯等,2006;伊力塔等,2008)、物种多度沿海拔梯度的分布(冯云,2007)、生物多样性(秦娟等,2007;康永祥等,2007;赵则海等,2004)、辽东栎群落类型及其生态位、优势种群生态位(康永祥等,2007;2008)、天然更新(田丽等,2007;伊力塔等,2007)等方面,研究地点主要集中于河北东灵山、西北黄土高原区及山西灵空山等地。

辽东栎在小陇山的分布已属于该群落分布区的南缘,是小陇山林区地带性顶极群落之一。以往对小陇山林区地带性植被群落的研究主要集中在锐齿栎方面(巨天珍等,1995;索安宁等,2004;2005;王勤花等,2006;赵中华等,2008),对辽东栎的研究则很少见。小陇山林区是我国西北地区重要的次生林区,辽东栎次生林是该地区主要的林分类型之一。加强各类林分类型特征的研究,对于科学合理的经营和利用次生林具有重要意义。本研究应用基于相

邻木空间关系的林分空间结构描述方法,重点采用角尺度、大小比数和混角度等空间结构参数,对小陇山林区的辽东栎林分结构特征和多样性进行分析,同时进行天然更新调查研究,以期从优化辽东栎林分空间结构和充分利用林分自身天然更新能力的角度出发,为保护和合理经营辽东栎次生林林提供依据。

1 小陇山林区自然地理概况

小陇山林区位于我国秦岭山脉的西端,甘肃省的东南部,地理坐标 $104^{\circ}22'—106^{\circ}43' E$, $33^{\circ}30'—34^{\circ}49' N$ 。属于亚热带北缘暖温带山地半湿润气候区,区内年均温度 $7\sim 12\text{ }^{\circ}C$, $\geq 10\text{ }^{\circ}C$ 的年积温 $3\ 563.9\text{ }^{\circ}C$,年日照时数 $2\ 098.7\text{ h}$ 。年均降水量 $460\sim 800\text{ mm}$, $50\%\sim 60\%$ 的降水集中在7、8、9月,无霜期185天。由于秦岭山脊的屏障作用,受蒙古区气旋影响较小,全年盛行东风和西北风。由于小陇山林区特殊的地理位置,加上特殊的环境条件,生物的地理成分、区系成分复杂多样,是甘肃生物种质资源最丰富的地区之一。小陇山林区海拔 $2\ 200\text{ m}$ 以下主要是以锐齿栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)和辽东栎为主的天然林;在栎林带内分布华山松(*Pinus armandi*)、白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)、漆树(*Rhus verniciflora*)、冬瓜杨(*Populus purdomii*)、千金榆(*Carpinus cordata*)、甘肃山楂(*Crataegus kansuensis*)、刺楸(*Kalopanax septemlobus*)等乔木树种,灌木有美丽胡枝子(*Lespedeza thunbergii*)、光叶绣线菊(*Spiraea japonica* var. *fortunei*)、中华绣线菊(*Spiraea chinensis*)、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)、华北绣线菊(*Spiraea fritschiana*)、连翘(*Forsytia suspense*)、卫矛(*Euonymus alatus*)、山豆花(*Lespedeza tomentosa*)等。

2 研究方法

2.1 野外调查

研究地选在小陇山林业实验局百花林场,林分为华山松-辽东栎混交林。该林分于1983年进行过1次中等强度(蓄积的31%)的抚育,属于受人干扰较弱的次生林。样地位于秦岭南坡,海拔 $1\ 670\sim 1\ 820\text{ m}$ 。坡度 30° ,坡向南偏东(阳坡)。带状连续设置 $28.28\text{ m}\times 28.28\text{ m}$ 的样地6个,样地间隔 5 m ,总面积 $4\ 800\text{ m}^2$ 。用罗盘仪和Vertex III测高测距仪进行全株定位,同时记录坡位。对胸径大于 4 cm 乔木层进行每木检尺,并实测树高、枝下高、胸

径、冠幅;在样地内的四角和中心设置 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的样方 5 个,进行灌木和草本及天然更新调查,记录灌木、草本、幼树幼苗的种类、高度、株数、盖度。

2.2 内业分析

植物的多样性用 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数计算。

Margalef 丰富度指数: $R_1 = (S - 1) / \ln N$, 式中: S 为树种数, N 为所有树种的个体总数;

Shannon-Wiener 指数: $H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$, 式中 p_i 为第 i 个树种株数占林分总株数的比例, s 为林分中树种的数目;

林分空间结构运用森林空间结构分析软件 Winkelmass 分析,主要计算的参数有角尺度、混交度、大小比数、林层数。

角尺度(W_i)用来描述相邻树木围绕参照树 i 的均匀性。任意 2 个邻接最近的相邻木夹角有 2 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 ($\alpha_0 = 72^\circ$)。角尺度(W_i)被定义为 α 角小于标准角 α_0 的个数占所考察 4 个夹角的比例。 W_i 表达式为:

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 z_{ij} \quad (1)$$

其中,当第 j 个 α 角小于标准角 α_0 时, $z_{ij} = 1$; 否则 $z_{ij} = 0$ 。角尺度的均值可用来判断林分中林木的分布格局,当 $\overline{W_i}$ 取值范围属于 $[0.475, 0.517]$ 时为随机分布, $\overline{W_i} > 0.517$ 时为聚集分布, $\overline{W_i} < 0.475$ 时为均匀分布(惠刚盈 2003; 2007)。

混交度(M_i)用来说明混交林中树种的空间隔离程度,被定义为参照树 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(von Gadow, 1992; 1993; 惠刚盈等 2001),用公式表示为:

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_{ij} \quad (2)$$

其中,当参照树 i 与第 j 株相邻木非同种时, $v_{ij} = 1$; 否则 $v_{ij} = 0$ 。

大小比数(U_i)用来描述林木的大小分化程度,被定义为大于参照树的相邻木数占所考察的 4 株最近相邻木数的比例,其比较的指标可以是胸径、树高或树冠的大小。用公式表示为:

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n k_{ij} \quad (3)$$

其中,如果相邻木 j 比参照树 i 小, $k_{ij} = 1$; 否则 $k_{ij} = 0$ 。

林层数被定义为由参照树及其最近 4 株 4 相邻

株树所组成的结构单元中,该 5 株树按树高可分层次的数目。以结构单元来统计或调查,然后统计各结构块中处于 1、2、3 层的比例,从而估计各层林木所占的比例。树高一般相差 5 m 即可划分为不同的层次(惠刚盈 2003)。

Winkelmass 在计算 3 个空间结构参数时为避免边缘效应对林分结构的影响,本研究设置了 2 m 缓冲区,每个样地的核心区面积为 $24.28\text{ m} \times 24.28\text{ m}$ 。

3 结果与分析

3.1 辽东栎次生林的树种组成与多样性

小陇山林区辽东栎群落物种组成丰富,表 1 显示了调查样地树种组成的数量特征。样地有乔木 26 种,乔木树种按重要值排列在前 5 位的是辽东栎、华山松、椴树(*Tilia paucicostata*)、漆树、青榨槭(*Acer davidii*),其中辽东栎为主要建群种和优势种;灌木层 52 种,排在前 5 位的是美丽胡枝子、卫矛、连翘、胡颓子、桦叶荚蒾(*Viburnum betulifolium*);草本层为 43 种,苔草(*Carex* spp.)为优势种,其次为绣线菊(*Spiraea* spp.)、野棉花(*Anemone tomentosa*)、山豆花。灌木层和草本层物种比乔木层更为丰富。

在样地内乔木层中,胸高断面积较大的前 10 个种群分别是辽东栎、锐齿栎、华山松、椴树、漆树、山榆(*Ulmus glabra*)、白桦(*Betula platyphylla*)、青榨槭(*Acer davidii*)、青肤杨(*Rhus potaninii*)、毛柃(*Swida walteri*)和灯台树(*Cornus controversa*);相对显著度较大的前 5 个种群是辽东栎、锐齿栎、华山松、椴树、漆树,辽东栎达到 65.24%,锐齿栎为 13.72%,华山松和椴树为 5% 以上,漆树大于 1%,其余都在 1% 以下。辽东栎种群在群落中无论是胸高断面积还是相对显著度均最大;锐齿栎、白桦、青肤杨种群断面积较大,但其相对频度却较低,数量很少,说明其在群落中主要以大径木的形式存在;华山松、椴树、漆树、青榨槭等在断面积和频度方面均在较前的位置,在该群落中为亚优势种群。结果表明:辽东栎是该群落中的建群种,占到总株树的 31.9%;亚优势种群为椴树、华山松、漆树、青榨槭、锐齿栎,其余 20 种为伴生树种。乔木中出现漆树、灯台树、秦岭白蜡(*Fraxinus paxiana*)、桦叶四蕊槭(*Acer tetramerum* var. *betulifolium*)、红肤杨(*Rhus punjabensis*)等典型的暖温带成分,但比例较低,只有漆树比例较高(样地株树的 7.6%)。

乔木层的多样性指数分别为 $R_1 = 4.421$, $H' = 2.255$;灌木的多样性指数分别为 $R_1 = 8.661$, $H' =$

3.151; 草本层多样性指数分别为 $R_1 = 5.947$, $H' = 2.466$ 。乔木层的多样性指数显著低于灌木层,也低于草本层,这与秦娟等(2007)、康永祥等(2007)的研究结论一致。这种顺序体现了暖温带山地半湿

润气候区物种多样性特征,与小陇山辽东栎林分的灌木层相对发达的实际情况相符。灌草层物种丰富度较高,可能与辽东栎林分的林冠空隙大、透光率较高有关。

表 1 样地树种组成的数量特征

Tab. 1 Tree species quantity composition of plot

树种 Tree species	株数 Tree number	相对多度 Relative abundance/%	相对显著度 Relative dominance/%	相对频度 Relative frequency	重要值 Important value
辽东栎 <i>Quercus liaotungensis</i>	298	31.92	65.24	8.57	35.24
椴 树 <i>Tilia paucicostata</i>	194	20.76	5.63	8.57	11.65
华山松 <i>Pinus armandi</i>	123	13.17	8.88	8.57	10.21
漆树 <i>Rhus verniciflora</i>	71	7.59	1.35	8.57	5.84
青榨槭 <i>Acer davidii</i>	46	6.03	0.67	5.71	4.14
锐齿栎 <i>Quercus aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	38	4.02	13.72	8.57	8.77
三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	35	3.79	0.23	5.71	3.24
灯台树 <i>Cornus controversa</i>	27	3.13	0.34	5.71	3.06
株木 <i>Cornus macrophylla</i>	12	1.34	0.16	2.86	1.45
秦岭白蜡 <i>Faxinus paxiana</i>	10	1.12	0.26	2.86	1.41
色木槭 <i>Acer mono</i>	10	1.12	0.19	4.29	1.87
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	8	0.89	0.83	1.43	1.05
山榆 <i>Ulmus glabra</i>	8	0.89	0.83	4.29	2.00
茶条槭 <i>Acer ginnala</i>	6	0.67	0.21	2.86	1.25
青肤杨 <i>Rhus potaninii</i>	6	0.67	0.66	2.86	1.40
杜氏鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	4	0.45	0.03	2.86	1.11
桦叶四蕊槭 <i>Acer tetramerum</i>	4	0.45	0.02	1.43	0.63
多毛樱桃 <i>Cerasus polytricha</i>	2	0.22	0.01	1.43	0.55
鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	2	0.22	0.01	1.43	0.55
甘肃山楂 <i>Crataegus kansuensis</i>	2	0.22	0.04	1.43	0.56
红肤杨 <i>Rhus punjabensis</i> var. <i>sinica</i>	2	0.22	0.04	1.43	0.56
黄花柳 <i>Salix caprea</i>	1	0.22	0.01	2.86	1.03
柳 <i>Salix matsudana</i>	1	0.22	0.02	1.43	0.56
毛榛 <i>Swida walteri</i>	1	0.22	0.36	1.43	0.67
青皮槭 <i>Acer hersii</i>	1	0.22	0.01	1.43	0.55
兴山榆 <i>Ulmus bergmanniana</i>	1	0.22	0.25	1.43	0.63

3.2 辽东栎次生林直径分布和天然更新特征

辽东栎天然林群落的直径分布(图1)显示,随着直径的增大,林木株数开始急剧减少,而在径级为24 cm和32 cm时,林木株数分布呈现小幅增加,这可能与过去不合理的经营或人为干扰有关;但从整体来看,辽东栎天然林的直径分布特征基本符合典

型异龄林直径分布特征。林分中,胸径10 cm以下的林木株数占林分总株数的60.36%,中小径木的比例较高,说明有利于维持辽东栎群落演替的稳定性。

调查显示,辽东栎群落的天然更新状况良好,树种39种,数量达4 523株·hm²。其中辽东栎为

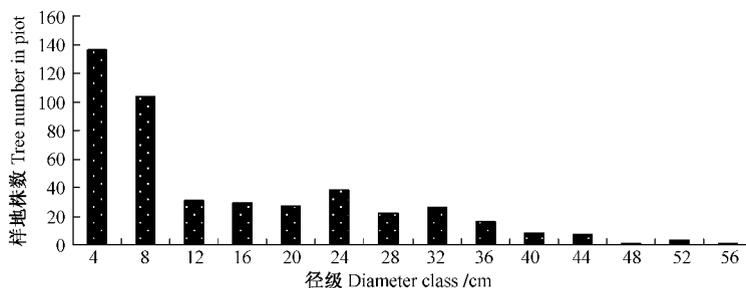


图 1 小陇山林区辽东栎天然林林木直径分布

Fig. 1 Diameter distribution of *Q. liaotungensis* secondary forests

2 081株·hm⁻² ,均为实生苗 ,占更新幼苗幼树总量的 46%。其中 ,高度小于 20 cm 的幼苗所占比例极大 ,达到 82.7% ,高度大于 200 cm 的幼树只有 5.9%。分析认为 ,在自然状态下秦岭南坡辽东栎混交林中 ,尽管实生苗高度小于 20 cm 的幼苗死亡率高 ,更新成功的比例低 ,但实生苗基数较大 ,在群落进展演替中可发挥着重要的作用。

3.3 林分空间结构特征

3.3.1 群落个体的水平空间分布格局 林木水平分布格局的角尺度分布(图 2)显示 ,小陇山林区辽东栎天然林群落角尺度分布频率右侧明显大于左侧 ,其角尺度的均值为 0.541 ,落在取值范围 [0.475 , 0.517]之外 ,说明林分内林木整体分布格局属聚集分布(Hui *et al.* , 2002 ;惠刚盈 2007)。从林木的角尺度分布频率可知 ,群落中林木大多数个体处于随机分布 , $W_i = 0.5$ 达到 50.0% ;处于均匀分布 ,即 $W_i = 0$ 或 $W_i = 0.25$ 的比例总计为 19.96% ,其中林木个体处于很均匀分布的比例仅为 0.22% ;而处于聚集分布 ,即 $W_i = 0.75$ 或 $W_i = 1$ 的比例为 30.05% ,其中显著聚集分布的比例为 6.73%。由此说明 ,群落中林木个体总体上处于聚集分布的状态 ,处于很均匀和很不均匀这 2 种极端状况的情况较少。进一步分析群落的优势树种辽东栎的分布格局可知 ,辽东栎的平均角尺为 0.537 ,属于聚集分布格局范畴 ,但已经非常接近随机分布。整个林分不

管是总体还是个体 ,随着林木种群或个体之间的相互竞争 ,其水平分布格局将由聚集分布向随机分布的方向演变。

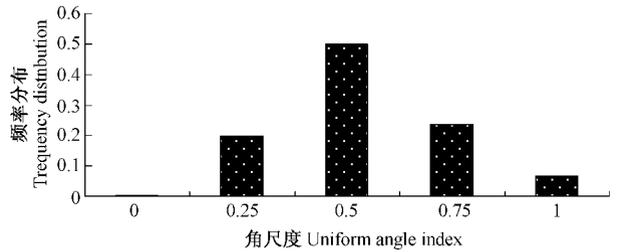


图 2 小陇山林区辽东栎天然林角尺度频率分布

Fig.2 Uniform angle index frequency distribution of *Q. liaotungensis* secondary forests

3.3.2 树种空间隔离程度 辽东栎林群落混交度分布(图 3)显示 ,小陇山林区辽东栎次生林群落混交程度较高 ,树种隔离程度较大 ,群落的平均混交度为 0.71。群落中 77.4% 以上的林木个体处于中度以上混交 ;处于极强度混交 ,即参照树与周围 4 株最近相邻林木与参照树不属于同一种的比例为 33% ;处于强度混交的比例也接近于 24% ;群落中只有 1.8% 的林木个体处于零度混交。也就是说 ,在群落中只有极个别林木与周围最近 4 株相邻木均为同一树种 ,同种个体聚集较少 ,而大多数林木与其他树种相伴而生。优势树种辽东栎的平均混交度为 0.62 ,处于中度混交状态。

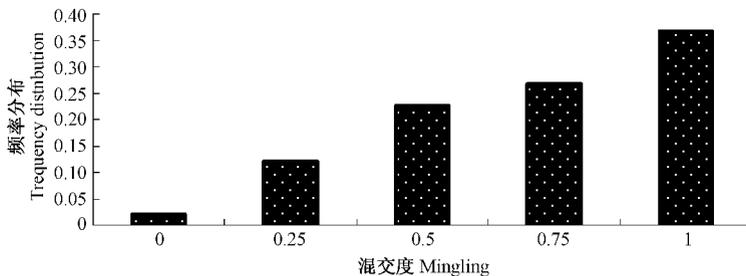


图 3 小陇山林区辽东栎天然林混交度频率分布

Fig.3 Mingling frequency distribution of *Q. liaotungensis* natural forest

3.3.3 林木大小分化程度 表 2、图 4 显示了林分中断面积较大的前 10 个树种的大小比数分布频率和均值分布。以胸径作为比较指标的大小比数反映了结构单元中参照树与相邻木个体之间的竞争关系。大小比数为 0 的参照树个体处于绝对竞争优势 ,大小比数为 0.25 参照树个体处于竞争优势 ,树种平均大小比数则反映了林分中各树种作为参照树的结构单元中与相邻木大小关系的平均状态。由图 4 可知 ,小陇山林区辽东栎次生林群落中各树种平

均大小比数的排列顺序为 :锐齿栎 > 辽东栎 > 漆树 > 灯台树 > 华山松 > 青榨槭 > 三桠乌药 > 椴树 > 秦岭白蜡 > 栎木 ,锐齿栎和辽东栎处于竞争优势状态。进一步分析各树种大小比数频率分布(表 2)可以看出 ,群落中锐齿栎 83.3% 的个体大小比数为 0 或 0.25 ,处于优势以上竞争地位 ,辽东栎个体的 74.9% 处于优势以上竞争地位。74.9% 的辽东栎个体的大小比数为 0 或 0.25 ,处于优势以上地位。即邻近辽东栎个体的其他 4 个个体中 ,或都较辽东

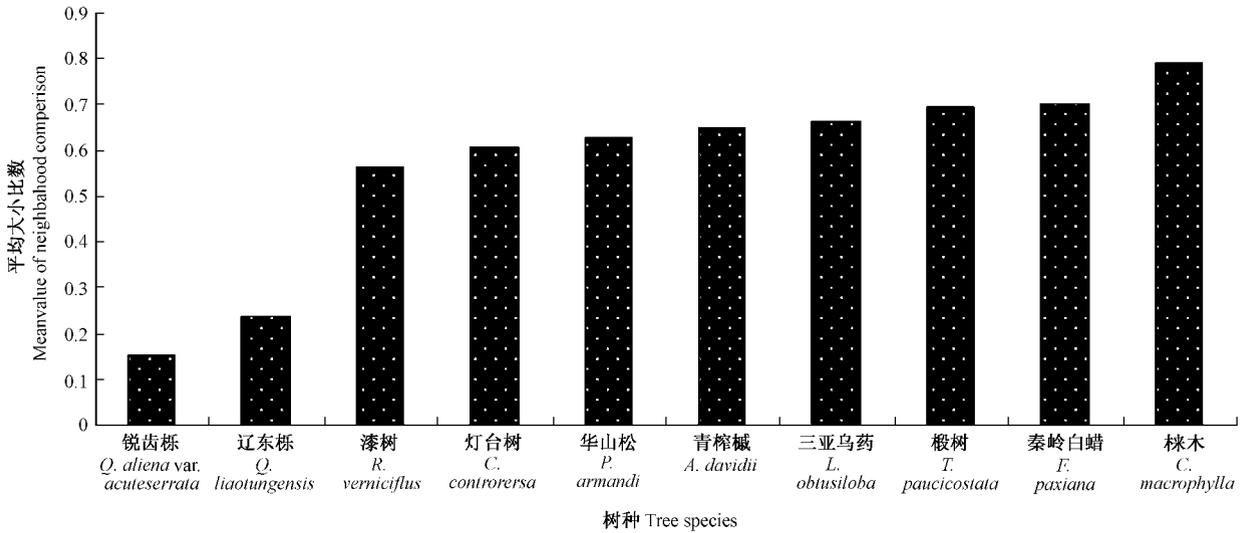


图 4 群落中断面积较大的前 10 个树种的平均大小比数

Fig. 4 The neighborhood comparison mean value of ten larger basal area tree species in stand

表 2 群落中断面积较大的前 10 个树种的大小比数频率分布

Tab. 2 Neighborhood comparison frequency distribution of ten larger basal area tree species in stand

树种 Tree species	大小比数取值 Value of neighborhood comparison				
	0	0.25	0.5	0.75	1
辽东栎 <i>Q. liaotungensis</i>	0.448	0.301	0.140	0.084	0.028
椴树 <i>T. paucicostata</i>	0.033	0.141	0.217	0.228	0.380
华山松 <i>P. armandi</i>	0.017	0.136	0.390	0.237	0.220
漆树 <i>R. verniciflora</i>	0.094	0.281	0.188	0.156	0.281
青榨槭 <i>A. davidii</i>	0.074	0.111	0.259	0.259	0.296
锐齿栎 <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	0.611	0.222	0.111	0.056	0.000
三桠乌药 <i>L. obtusiloba</i>	0.118	0.176	0.118	0.118	0.471
灯台树 <i>C. controversa</i>	0.071	0.214	0.143	0.357	0.214
栎木 <i>C. macrophylla</i>	0.000	0.000	0.333	0.167	0.500
秦岭白蜡 <i>F. paxiana</i>	0.000	0.200	0.200	0.200	0.400

栎小,或只有 1 个个体比辽东栎大。而漆树、灯台树、华山松、青榨槭、三桠乌药、椴树、秦岭白蜡则处于中庸或劣势地位,栎木受压,处于绝对竞争劣势。群落中也有少数处于中庸、劣势和绝对劣势的辽东栎个体。栎木则大多数处于中庸、劣势及绝对劣势的地位,可能是由于该种群进入群落的时间较晚,处

于种群的初始演替阶段。

3.3.4 辽东栎次生林群落垂直结构特征 图 5 显示 448 棵参照树与相邻木构成的结构单元的林层数频率分布。从图 5 可以看出,辽东栎次生林群落乔木层垂直结构分化明显,平均林层数为 2.45 层,群落中绝大多数林木个体处于 2 层或 3 层的复层结构单元中,其中,处于 1 层结构中的林木个体占 15.47%,处于 2 层结构中的林木个体占 23.77%,处于 3 层结构中的占 60.76%。分析群落中的林木个体的树高,把林木以相差 5 m 划分 1 个层次,可将群落乔木层划分为 3 个亚层,第 I 亚层树高一般在 17 m 以上,第 II 亚层在 12 ~ 17 m 之间,第 III 亚层 12 m 以下。

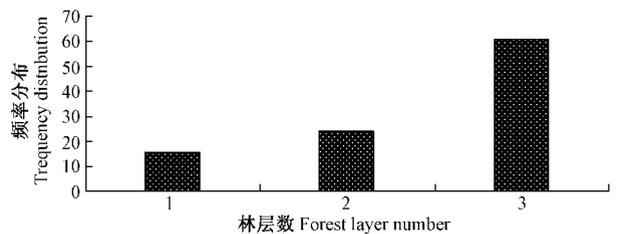


图 5 林分林层数频率分布

Fig. 5 Forest layer frequency distribution of stand

4 结论与讨论

1) 小陇山林区辽东栎次生林群落物种丰富,多样性高,种群结构稳定性高。乔木层物种多样性指数明显低于灌木层和草本层。林分中辽东栎为优势种,占株树的 31.9%,主要伴生树种有椴树、华山松、漆树、青榨槭、锐齿栎。比较其他研究者在河北东灵山、西北黄土高原区及山西灵空山等地的研究

结果(赵泽海等,2002;冯云等,2007;高贤明等,2001),小陇山林区辽东栎次生林群落物具有较高的物种多样性,这可能与小陇山辽东栎次生林处于我国辽东栎地理分布的南缘,所研究群落位于秦岭南坡有关。相比其他研究区域,秦岭南坡拥有较好的水、热等自然条件,有利于维持较高的物种多样性。

2) 林分直径结构基本符合典型异龄林特征。胸径 10 cm 以下的个体比例较高,表现出群落中各种群在不同世代间演替的相对稳定性。林下天然更新良好,更新树种丰富,辽东栎为 $2\ 081\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$,均为实生苗,占更新苗木总量的 46%,具有进展演替的趋势。

3) 辽东栎次生林林分平均角尺度为 0.541,辽东栎种群平均角尺度为 0.537,林分内林木个体和辽东栎种群的分布格局均属于轻微的聚集分布。天然林群落的空间分布格局由聚集趋向随机,其群落或种群的结构越趋稳定(张金屯等,2006;赵中华等,2008;伊力塔等,2008)。整个群落和辽东栎种群的角尺度值已接近随机分布格局的指标值范围 [0.475, 0.517]。说明该群落的空间结构相对稳定,辽东栎种群分布格局则更接近随机分布,其空间结构趋向更稳定的方向发展。林分中 77.4% 以上的林木个体处于中度以上混交,群落的平均混交度为 0.71,林木个体空间隔离程度高,群落的稳定性和生态功能较高。以胸径相对大小为比较指标的树种平均大小比数排列顺序为:锐齿栎 > 辽东栎 > 漆树 > 灯台树 > 华山松 > 青榨槭 > 三桠乌药 > 椴树 > 秦岭白蜡 > 椴木。虽然锐齿栎 83.3% 的个体大小比数为 0 或 0.5,但相对显著度只有 13.72%;而辽东栎相对显著度达到 65.24%,74.9% 的辽东栎个体大小比数为 0 或 0.25,具有个体竞争优势,说明林分中建群树种辽东栎成为趋向稳定的演替种群。乔木层垂直结构中,处于 1、2、3 层的林木个体比例分别为 15.47%、23.77%、60.76%,平均林层数为 2.45 层。明显的林层分化使林木个体充分利用不同的空间生态位,有利于保持林分的持续稳定性。

辽东栎林分次生林群落的树种组成十分丰富,树种多样性较高,群落中除具有构成当地森林群落的主要树种外,还有一些稀有种的出现。林分结构特征在时间上多代混生,中、小径木占多数,并表现出随径级增大数量减少的趋势。小陇山林区的辽东栎次生林无论建群种还是主要伴生种,胸径 10 cm 以下个体比例较高,与其他地区大多数落叶林一样,在自然状态下是比较稳定的正向演替群落类型。

有性繁殖与植物种群的持久性等各种生态学现象相联系(Bradshaw,1984)。从林分中的更新幼苗来看,辽东栎的更新幼苗数量较多,且均为实生苗,与高贤明等(2001)对北京地区辽东栎林分的研究结果相反。同时也说明在辽东栎次生林群落在无人干扰状态下的天然更新以实生苗为主。实生苗较伐根萌生株具有更加持久的竞争力,在后期的竞争中逐步处于优势地位,更有利于维持建群种的优势。在群落的水平分布格局方面,群落整体及主要树种辽东栎种群的分布格局为接近随机分布的聚集分布,说明林分已处于演替的中期阶段。

本研究仅针对小陇山林区的辽东栎次生林群落的结构和更新特征,其应用意义在于对辽东栎林分进行经营时,应从林分的天然更新和结构特征出发,在调整林分林木分布格局时选择角尺度值为 0.75 和 1 的个体为潜在调整对象,促进群落分布向随机分布格局发展;调整树种组成时,宜尽可能保留辽东栎、椴树、华山松、锐齿栎和漆树等树种的优良个体,将数量较多的其他伴生树种作为调整对象,以维持中度以上混交度为目标($M \geq 0.5$),并在调整后第 2 年实施除蘖措施,为实生苗发育提供生存空间。选择保留稀有树种,以维持乔木层的物种多样性。

参 考 文 献

- 陈灵芝,鲍显诚,陈清朗,等.1990.天津和北京地区植物生态学研究//中国科学院植物研究所和动物研究所.北京地区生物和生态学研究.北京:中国海洋地理出版社,1-42.
- 冯云,马克明,张育新,等.2007.北京东灵山辽东栎(*Quercus liaotungensis*)林沿海拔梯度的物种多度分布.生态学报,27(11):4743-4750.
- 高贤明,王巍,杜晓军,等.2001.北京山区辽东栎林的径级结构、种群起源及生态学意义.植物生态学报,25(6):673-678.
- 侯继华,黄建辉,马克平.2004.东灵山辽东栎林主要树种种群 11 年动态变化.植物生态学报,28(5):609-615.
- 火树华.1992.林木学.北京,中国林业出版社.
- 惠刚盈,克劳斯·冯佳多.2003.森林空间结构量化分析方法.北京:中国科学技术出版社.
- 惠刚盈,克劳斯·冯佳多,胡艳波,等.2007.结构化森林经营.北京:中国林业出版社.
- 巨天珍.1995.天水小陇山锐齿栎群落种间关系定量分析.西北植物学报,15(3):250-253.
- 康永祥,张巧明,岳军伟.2007.小陇山辽东栎林林窗特征初步研究.安徽农业科学,35(9):1608-1609,2734.
- 孙书存,陈灵芝.2000.东灵山区辽东栎种子库统计.植物生态学报,24(2):215-221.
- 索安宁,巨天珍,张俊华,等.2005.甘肃小陇山锐齿栎群落生物量动态研究.生态学杂志,24(4):377-381.
- 索安宁,巨天珍,张俊华,等.2004.甘肃小陇山锐齿栎群落生物多样性特征分析.西北植物学报,24(10):1877-1881.

- 汤孟平. 2003. 森林空间结构分析与优化经营模型的研究. 北京: 北京林业大学博士学位论文.
- 田 丽, 王孝安, 郭 华, 等. 2007. 黄土高原马栏林区辽东栎更新特性研究. 广西植物, 27(2): 191 - 196.
- 王勤花, 巨天珍, 常成虎, 等. 2006. 甘肃小陇山锐齿栎种群结构分析. 广西植物, 21(1): 38 - 42.
- 王 巍, 刘灿然, 马克平, 等. 1999. 东灵山两个落叶阔叶林中辽东栎种群结构和动态. 植物学报, 41(4): 425 - 432.
- 伊力塔, 韩海荣, 程小琴, 等. 2008. 灵空山林区辽东栎(*Quercus liaotungensis*)种群空间分布格局. 生态学报, 28(7): 3254 - 3261.
- 张金屯, 孟东平. 2006. 芦芽山油松 - 辽东栎林优势树种空间分布格局研究. 西北植物学报, 26(8): 1682 - 1685.
- 张文辉, 赵则海, 孙海琴, 等. 2002. 东灵山辽东栎林优势林木种群直径结构的研究. 植物研究, 22(1): 84 - 90.
- 赵则海, 杨逢建, 丛沛桐, 等. 2002. 东灵山辽东栎林木本植物多样性的研究. 植物研究, 22(4): 439 - 443.
- 赵中华, 惠刚盈, 袁士云, 等. 2008. 小陇山锐齿栎天然林的树种多样性和结构特征. 林业科学, 44(5): 605 - 610.
- Andersson C. 1992. The effect of weevil and fungal attacks on the germination of *Quercus robur* acorns. Forest Ecology and Management 50: 247 - 251.
- Bradshaw A D. 1984. Ecological significance of genetic variation between populations//Dirzo R, Sarukhan J. Perspectives on plant population ecology. Sunderland: Sinauer 213 - 228.
- Espelta J, Riba M M, Retana J. 1995. Patterns of seedling recruitment in West-Mediterranean *Quercus ilex* forests influenced by canopy development. Journal of Vegetation Science, 6: 465 - 472.
- von Gadow K. 1993. Zur bestandesbeschreibung in der forsteinrichtung. Forest und Holz, 48(21): 602 - 606.
- von Gadow K, Füedner K. 1992. Zur methodik der bestandesbeschreibung. Vortrag anlaesslich der Jahrestagung der AG Forsteinrichtung in Klieken bDessau.
- Hui G Y, von Gadow K. 2002. Das winkelmass: theoretische überlegungen zum optimalen standardwinkel. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 173(9): 173 - 177.

(责任编辑 郭广荣)