

小陇山油松天然林结构特征

刘文桢¹, 赵中华^{2*}, 惠刚盈², 张宋智¹

(1. 甘肃省小陇山林业实验局林业科学研究所, 甘肃 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)

摘要:利用固定样地每木定位调查数据和相关分析统计软件,对小陇山林区油松天然林的结构特征进行了分析。结果表明:油松天然林树种组成丰富,群落中共出现18个树种,油松占绝对优势,但样地树种隔离程度较低,属于弱度混交。油松天然林的直径分布为多峰山状曲线,油松种群的直径分布近似于正态分布,可用3参数Weibull分布拟合;树高随胸径的增大而增加,胸径与树高的关系可运用幂函数进行拟合。林分中油松个体的胸径、树高和冠幅的大小分化差异明显,整体上表现为中庸状态;油松天然林林木分布格局为随机分布,油松种群分布格局也为随机分布。

关键词:油松;天然林;结构特征;小陇山

中图分类号:S718.54

文献标识码:A

Structure Characters of *Pinus tabulaeformis* Natural Forest on Xiaolong Mountain

LIU Wen-zhen¹, ZHAO Zhong-hua², HUI Gang-ying², ZHANG Song-zhi¹

(1. Xiaolongshan Research Institute of Forestry of Gansu Province, Tianshui 741020, Gansu, China; 2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China;)

Abstract: The structure characters of *Pinus tabulaeformis* natural forest on Xiaolong Mountain, Gansu Province was studied by fixed sample survey of each tree positioning data with statistical software, the result showed that the tree composition of *Pinus tabulaeformis* natural forest was abundants, there had 18 tree species in community dominated by *P. tabulaeformis*, however, the degree of tree species segregation was lower and the average value of mingling was weak. The diameter at breast height (DBH) distribution of forest stand followed a multi-shaped peak curve and the DBH distribution of *P. tabulaeformis* population approximated to normal distribution and it was well fitted by Weibull function, the tree height increased with the tree DBH increasing and the relationship between tree height and DBH was well fitted by power function. The individual size of DBH, tree height and crown width of *P. tabulaeformis* in stand was significantly differentiated; the average state belonged to medium. Both the horizontal distribution patterns of stand and *P. tabulaeformis* population were random distributed.

Key words: *Pinus tabulaeformis*; natural forest; structure character; Xiaolong Mountain

森林结构是产生功能的基础,只有合理的结构才能产生良好的功能。森林生态系统的结构及其组成复杂多样,一直是关注的重点。以往的研究多以林分的树种组成、直径分布、年龄、树高分布、层次结

构等特征为主,近年来,林分的空间结构成为森林经营和分析中的一个重要因子^[1],越来越受到人们的重视^[2-3]。天然林是森林生物与环境相互依存和相互作用长期协同进化的产物,是由丰富多彩的生物

收稿日期:2011-02-12

基金项目:林业研究所基本科研业务费专项基金(2722-16);秦岭西段典型森林生态系统健康维护与经营技术示范(200804022G)

作者简介:刘文桢(1969—),男,甘肃天水人,工程师,主要从事森林经营、森林培育研究。

* 通讯作者。

和环境组成的动态复合体。分析研究天然林生态系统的结构特征,不仅有助于弄清天然林群落种间种内关系、演替规律和生态功能的发挥机制,还能为次生林经营和人工林改造,模仿天然林群落,人为促进顺向演替提供理论依据。

油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)是我国北方地区优良的造林树种之一,广泛分布于 $102^{\circ}\sim 118^{\circ}\text{E}$, $33^{\circ}\sim 43^{\circ}\text{N}$ 的广阔地带,在保持水土、涵养水源、维护地区生态平衡和林业生产等方面起着重要作用。甘肃省小陇山林区地处西秦岭北坡,是我国西北地区重要的天然次生林区,也是该省油松天然林分布最多的林区。有关小陇山林区油松天然林的研究报道并不多见,主要集中在油松天然林种群数量特征、人工造林及抚育间伐技术等方面^[4-7],油松天然林的结构特征还未见报道。本文分析了小陇山林区油松天然林群落的结构特征,以期为更好地保护和利用油松天然林资源,制定合理地油松人工林经营措施提供依据。

1 研究区及样地概况

小陇山林区位于甘肃省东南部($33^{\circ}31'\sim 34^{\circ}41'\text{N}$, $104^{\circ}23'\sim 106^{\circ}43'\text{E}$),是暖温带向北亚热带过渡地带,属湿润和半湿润类型,兼有我国南北气候的特点。年平均气温 $7\sim 12^{\circ}\text{C}$,年均降水量 $600\sim 900\text{mm}$,年日照时数 $1\,520\sim 2\,313\text{h}$,无霜期 $130\sim 220\text{d}$,区内秦岭以北的地带性土壤为灰褐土,以南为黄褐土,垂直分布比较明显^[5]。小陇山林区有苔藓、蕨类、裸子和被子植物224科945属2700多种。木本植物以壳斗科(Fagaceae)、桦木科(Betulaceae)、松科(Pinaceae)、杨柳科(Salicaceae)、榆科(Ulmaceae)等植物为主。

甘肃小陇山林区油松天然林分布较为集中的地区为百花林场、龙门林场和张家林场,地理坐标为 $106^{\circ}15'\sim 106^{\circ}30'\text{E}$, $34^{\circ}16'\sim 34^{\circ}25'\text{N}$,样地位于龙门林场姚坝经营区,海拔1345m,境内地势由西北向东南倾斜,样地平均坡度 29° ,东北坡向,林分郁闭度为0.9,样地内共调查到18个乔木树种,259株大于起测胸径5cm的林木,平均胸径23.2cm,平均树高19.5m。

2 研究方法

2.1 野外调查

2010年6月,在全面踏查的基础上,选取保存

较好的油松天然林,在其内设置 1hm^2 ($100\text{m}\times 100\text{m}$)固定样地,用罗盘仪和超声波测距仪对样地内胸径大于5cm的林木进行每木定位,并记录树种、胸径、树高和冠幅,调查林分的郁闭度、坡度、土壤状况等,在样地内4个角及样地中心设置 $5\text{m}\times 5\text{m}$ 的小样方,调查样方内更新幼树和灌木、草本植物。

2.2 内业分析

2.2.1 胸径分布拟合 直径分布是林分内各种大小直径林木的分配状态,将直接影响到树木的树高、干形、材积、材种、树冠等因子^[8]。本研究起测胸径为5cm,径阶宽度为2cm。在径级分布规律研究中,本研究采用3参数Weibull分布拟合油松天然林直径分布,其概率密度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq d \\ \frac{c}{b} \left(\frac{x-d}{b} \right)^{c-1} \exp \left\{ - \left(\frac{x-d}{b} \right)^c \right\}, & x > d \end{cases} \quad (1)$$

式中: a 、 b 、 c 分别为位置参数、尺度参数和形状参数, d 为对应径阶直径。当 $c \leq 1$ 时, $f(x)$ 随 x 的增大而减小; $1.0 < c < 3.6$ 时,分布形状偏于左边; $c = 3.6$ 时,近似正态分布; $c > 3.6$ 时,偏于右边。

2.2.2 树高分布拟合 运用幂函数方程对油松树高与胸径的关系进行拟合,其表达式为:

$$H = a(D + c)^b \quad (2)$$

式(2)中: H 为树高; D 为胸高直径; a 、 b 、 c 为待定参数。

胸径分布和树高分布拟合运用SPSS(11.0)统计软件实现。

2.2.3 空间结构特征研究 运用森林空间结构分析软件Winkelmass分析林分的水平结构,主要计算的参数有用来描述相邻树木围绕参照树 i 的均匀性的角尺度(W_i),描述林木大小分化程度大小比数(U_i)^[9]和用来说明混交林中树种空间隔离程度的混交度(M_i)^[10],用修正的林分平均混交度计算公式计算群落平均混交度^[11];为避免边缘效应对林分结构的影响,本研究在计算空间结构参数时设置了3m缓冲区。

3 结果与分析

3.1 油松天然林树种组成

表1表明:在油松天然林群落中,共有树种18种,油松占绝对优势,其相对多度和相对显著度分别达74.52%和91.94%;油松的平均胸径和平均树高

最大,分别为 25.7 cm 和 20.0 m,占据林分的上层;林分中华山松相对多度和相对显著度分别为 12.36% 和 5.49%,为亚优势种群,其平均胸径和平均树高分别为 15.4 cm 和 15.8 m;其它树种均为阔叶树,相对多度和相对显著度都比较低,大多数树种为林分的下层木,只有个别树种的胸径、树高较大,如栓皮栎,平均胸径和树高分别达 19.8 cm 和 15.5 m,但

数量较少。林分中针叶树种的冠幅相对较小,油松的平均冠幅半径为 3.5 m,华山松的平均冠幅半径为 3.2 m,阔叶树种的冠幅较大,最大的为湖北海棠,冠幅半径达 5.4 m,最小的为双盾,平均冠幅半径为 2.5 m。林分树种除了常见种外还出现了个别稀有种,如三桠乌药,但其数量较少,胸径、树高相对较小,为下层木。

表 1 油松样地核心区内的树种组成及数量特征

树种	林分密度/ (株·hm ⁻²)	平均胸径/ cm	断面积/ (m ² ·hm ⁻²)	平均树高/ m	平均冠幅/m		相对显著度/ %	相对多度/ %
					东西	南北		
油松	772	25.7	10.027	20.0	6.7	7.1	74.52	91.94
兴山榆	8	14.2	0.032	14.1	8.7	9.2	0.77	0.29
小叶朴	4	6.9	0.004	7.7	8.2	8.4	0.39	0.03
唐棣	4	6.7	0.004	14.8	7.8	4.4	0.39	0.03
双盾	48	6.6	0.041	5.0	4.6	5.2	4.63	0.38
栓皮栎	8	19.8	0.061	15.5	9.0	9.2	0.77	0.56
三桠乌药	4	6.6	0.003	10.2	7.2	7.6	0.39	0.03
青榨槭	4	6.3	0.003	10.2	7.6	7.2	0.39	0.03
毛柞	4	5.2	0.002	8.2	4.7	4.4	0.39	0.02
黄栌	12	7.5	0.013	4.7	3.3	4.2	1.16	0.12
华山松	128	15.4	0.599	15.8	6.4	6.4	12.36	5.49
湖北海棠	4	10.9	0.009	12.3	11.2	10.2	0.39	0.09
红瑞木	8	10.8	0.018	12.0	7.1	7.0	0.77	0.17
多毛樱桃	4	9.4	0.007	11.6	9.2	9.9	0.39	0.06
大叶朴	4	11.2	0.010	10.7	8.7	9.4	0.39	0.09
长序稠李	4	7.8	0.005	11.3	8.8	10.2	0.39	0.04
茶条槭	12	16.2	0.061	8.9	7.1	9.1	1.16	0.56
白桦	4	8.2	0.005	11.2	8.7	9.6	0.39	0.05

注:华山松(*Pinus armandi* Franch.)、三桠乌药(*Lindera obtusiloba* Blume)、青榨槭(*Acer davidii* Franch.)、多毛樱桃(*Cerasus polytricha* (Koe-hne) Yü et Li.)、毛柞(*Cornus macrophylla* Wall.)、稠李(*Padus racemosa* (Lam.) Gilib.)、白桦(*Betula platyphylla* Suk.)、黄栌(*Cotinus coggygia* Scop.)、湖北海棠(*Malus hupehensis* (Pamp.) Rehd.)、兴山榆(*Ulmus bergmanniana* Schneid.)、唐棣(*Amelanchier sinica* (Schneid.) Chun)、红瑞木(*C. alba* L.)、小叶朴(*Celtis bungeana* Bl.)、大叶朴(*C. koraiensis* Nakai)、茶条槭(*Acer ginnala* Maxim.)、双盾(*Dipelta floribunda* Maxim.)、栓皮栎(*Quercus variabilis* Blume)。

3.2 油松的直径分布

与大多数天然林一样,油松天然林的直径分布较为复杂,整体表现为多峰山状曲线。林分中油松个体的胸径 Weibull 分布函数拟合表明(图 1):油松个体的胸径主要分布在 14~34 cm,占油松个体总数的

80.3%,胸径大于 34 cm 和小于 14 cm 的个体数较少,大约各占 10% 左右(图 1-a);油松径级分布能够很好地用 Weibull 分布进行拟合(图 1-b),形状参数 $c = 3.02$ ($R^2 = 0.86$, $P < 0.05$),油松胸径分布呈左偏,且形状趋于正态分布($c = 3.6$)。

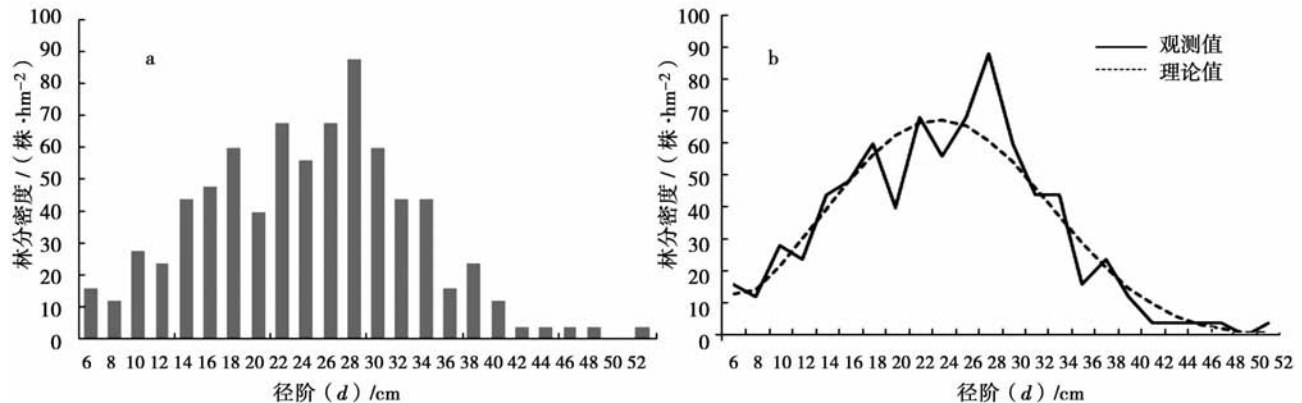


图 1 油松直径分布和 Weibull 函数拟合

3.3 油松的树高分布

一般而言,林木树高与胸径呈正相关关系,为了解油松天然林中油松个体树高结构规律及树高与胸径的变化规律,绘制树高曲线(图2)。本研究选用幂函数进行拟合,拟合结果为:

$$H = 10.342(D - 5.732)^{0.198} (R^2 = 0.933)$$

树高与胸径关系拟合效果良好。

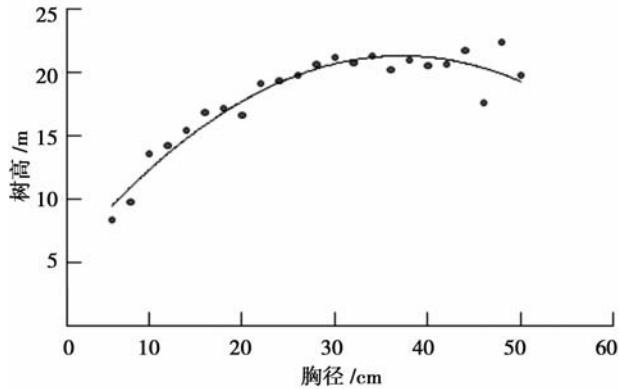


图2 油松树高曲线图

3.4 油松天然林空间结构

3.4.1 林木个体的水平空间分布格局 运用林分空间结构分析软件 Winkelmass 对油松天然林样地定

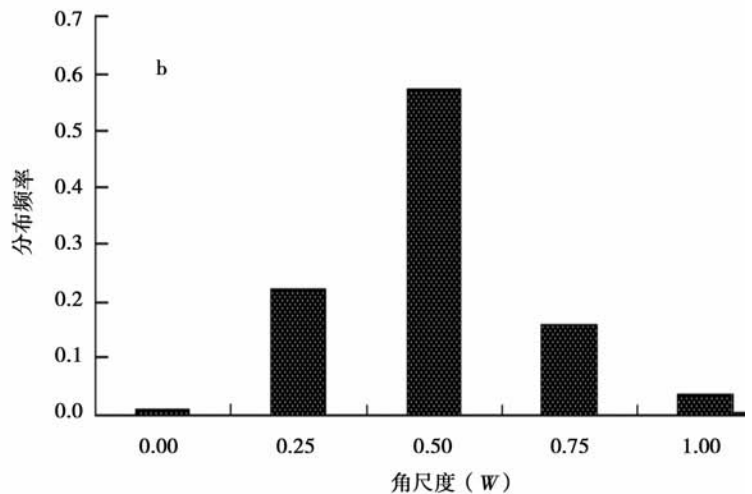
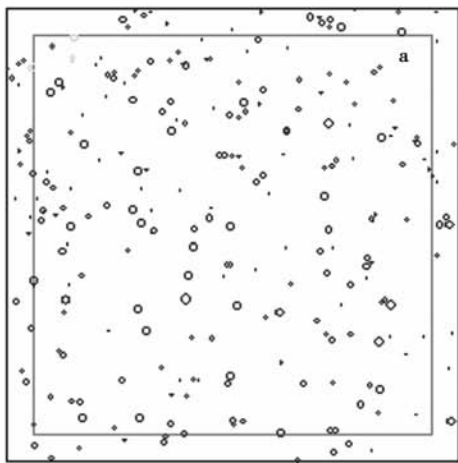


图3 油松天然林中林木的分布格局及角尺度频率分布

3.4.2 林分中林木个体大小分化程度 大小比数能够量化林分中树木的大小分化程度,在一定程度上体现了林分中各树种的竞争关系,可选用胸径、树高和冠幅作为比较指标。本研究分别用这3个指标对油松天然林中优势度在前5位的树种油松、华山松、双盾、栓皮栎和茶条槭的大小比数进行计算,结果见表2。

位数据进行分析,产生林分内林木分布的点格局图(图-a)和角尺度分布图(图3-b)。林分的水平分布格局通过判断和统计由参照树与其相邻木构成的夹角是否大于标准角来描述相邻木围绕参照树的均匀性。

图3-b表明:油松天然林中参照树与其最近4株相邻木构成的结构单元中,角尺度小0.5与大于0.5的分布频率大致相等,其均值为0.497,属随机分布的范畴。分析林分中林木个体的分布特征可知:角尺度为0或0.25的比例总计为23.1%,其中,相邻木很均匀的分布在参照树周围,即角尺度为0的比例仅为1%,而处于不均匀或团状分布的比例分别为15.9%和43.6%,处于随机分布的林木比例,即 $W_i = 0.5$ 的比例达57.4%。由此说明,群落中林木个体的最近4株相邻木均匀和团状分布这两种极端状况的情况较少,总体上处于随机分布的状态。将样地调查数据中其它树种的坐标去除,运用 Winkelmass 空间结构分析软件分析油松种群的分布格局^[12],计算得出样地中油松种群的平均角尺度为0.502,群落中油松种群的分布格局也为随机分布,符合顶极群落中优势种群分布格局特征。

由表2可以看出:不同指标表征不同树种的大小比数略有差别。油松为林分中的主要树种,不同指标的大小比数在不同状态的分布差异不大,它们的平均大小比数也相差不大,总体上为中庸状态,说明林分中油松个体的胸径、树高、冠幅大小分化差异明显;以双盾、华山松、栓皮栎和茶条槭为参照树,以胸径和树高计算的平均大小比数表明,这几个树种

表2 油松天然林中主要树种的不同生长指标的大小比数

树种	生长指标	大小比数分布频率					平均大小比数
		0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	
油松	胸径	0.285	0.218	0.223	0.161	0.114	0.400
	树高	0.259	0.233	0.212	0.192	0.104	0.412
	冠幅	0.228	0.259	0.228	0.140	0.145	0.429
双盾	胸径	0.000	0.000	0.000	0.167	0.833	0.958
	树高	0.000	0.000	0.000	0.250	0.750	0.938
	冠幅	0.000	0.000	0.000	0.750	0.333	0.896
栓皮栎	胸径	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	0.875
	树高	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	0.875
	冠幅	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.125
华山松	胸径	0.000	0.125	0.313	0.219	0.344	0.695
	树高	0.031	0.063	0.188	0.313	0.344	0.688
	冠幅	0.125	0.063	0.063	0.281	0.125	0.383
茶条槭	胸径	0.000	0.333	0.000	0.333	0.333	0.667
	树高	0.000	0.000	0.000	0.333	0.667	0.917
	冠幅	0.333	0.000	0.000	0.667	0.000	0.500

在结构单元中处于劣态或绝对劣态的地位;以冠幅计算的大小比数表明,栓皮栎、华山松的冠幅相对较大,在结构单元中分别处于优势和亚优势的地位,而茶条槭则处于中庸状态。以上分析可以看出:大小比数反映了树种个体在结构单元中的竞争状况和关系,而要反映每个树种在林分中的优势程度,还需要结合各树种的相对显著度进行分析^[11]。

3.4.3 树种空间隔离程度 树种隔离程度指的是树种在群落中的空间配置,它是林分空间结构的重要组成部分,是群落的树种混交状况的表达形式。混交度(M_i)可用来说明混交林中树种空间隔离程度, M_i 的5种取值,即0.00、0.25、0.50、0.75或1.00,即零度、弱度、中度、强度和极强度混交。

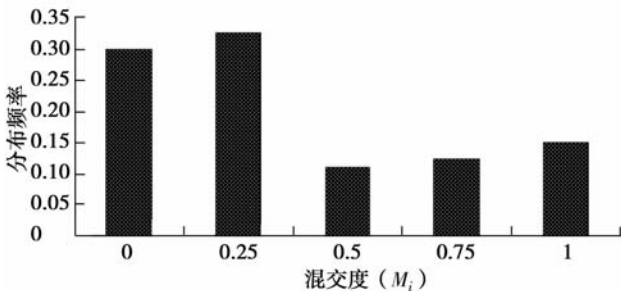


图4 油松天然林混交度及频率分布

由图4可以看出:油松天然林树种混交程度不高,林分中处于零度混交与弱度混交的比例较大,分别达到29.7%和32.3%,即参照树与周围最近4株相邻木属于同一种或仅有1株不是同种的比例高达62%,而处于强度混交和极强度混交的比例分别为

12.3%和14.9%,也就是说林分中只有27.2%的林木最近4株相邻木有1株为同种或全部为不同树种。林分的平均混交度为0.376,属于弱度混交向中度混交的状态,修正的林分平均混交度值为0.19,林分树中隔离程度较低。这可能是由于长期的自然演替,油松种群逐步占据了林分的上层空间,林分的郁闭度增加,导致林下一些喜光树种不能更新进入群落,从而形成树种组成较为单一的林分。需要指出的是,在进行样地踏查时发现,在油松天然分布较为集中的百花林场、张家林场和龙门林场所见到的油松天然林大多接近纯林,且呈斑块状镶嵌分布,没有大面积连片分布,其成因有待进一步研究。

4 结论与讨论

小陇山林区龙门林场的油松天然林树种组成丰富,群落中共有18个树种,油松的株数比例达到7成以上,断面积比例达到9成以上,其次为华山松种群,株数比例为5.5%,断面积比例达到12.36%;油松天然林的树种隔离程度不高,林分平均混交度只有0.19,属于弱度混交。油松天然林的直径分布为多峰山状曲线,油松种群的直径分布近似于正态分布,可用3参数Weibull函数进行很好的拟合,油松的树高随胸径的增大而增加,胸径与树高的关系可运用幂函数进行拟合。油松天然林林分平均角尺度为0.497,属于随机分布,油松种群平均角尺度为0.502,也为随机分布。以主要树种胸径、树高和冠

幅分别作为比较指标分析树种的竞争状态,林分中油松个体的胸径、树高和冠幅的大小分化差异明显,整体上表现为中庸状态,双盾、华山松、栓皮栎和茶条槭等以胸径、树高作为比较指标,整体上处于劣态或绝对劣态的地位;栓皮栎、华山松个体的冠幅相对较大,其它树种则较小。

由于现存的油松天然林相对较少,有关油松天然林的研究也相对较少。总结近年来有关不同地区油松天然林的报道可以看出,油松天然林的树种组成结构相对简单,在油松天然林中混生少量的乡土树种,有些则为油松纯林^[12-14],如张赞等^[12]报道的北京松山自然保护区的油松天然林即为纯林,而本研究油松天然林虽然林分中出现了 18 个树种,但这些树种的比例十分低,油松占绝对优势;油松天然林的胸径分布特征也不尽相同,罗瑞平等^[13]对黄龙山油松天然林直径分布的研究结果表明,在混生有 2 成辽东栎的油松天然林中,直径分布呈典型的倒“J”型分布,而本研究则与张赞等的研究结果相似,即油松天然林的直径分布趋于正态分布,这可能与油松天然林的树种组成、林木个体年龄结构等存在一定的关系,其原因有待进一步探讨。

参考文献:

[1] 惠刚盈,赵中华,胡艳波. 结构化森林经营指南[M]. 北京:中国林业出版社,2010

- [2] Moer M. Characterizing spatial patterns of trees using stem mapped data[J]. *Forest Science*, 1993, 39(4): 756-775
- [3] 汤孟平. 森林空间结构分析与优化经营模型的研究[D]. 北京:北京林业大学,2003
- [4] 蔺雨阳,王得祥,雷瑞德,等. 秦岭西段天然油松种群的数量特征研究[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(4): 180-185
- [5] 胡 宏. 浅谈小陇山林业实验局油松造林技术[J]. *甘肃科技*, 2008, 24(24): 174-175
- [6] 赵中华,袁士云,惠刚盈,等. 甘肃小陇山 5 种不同灌木林改造模式对比分析[J]. *林业科学研究*, 2008, 21(2): 262-267
- [7] 赵中华,袁士云,惠刚盈,等. 经营措施对林分空间结构特征的影响[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2008, 36(7): 135-141
- [8] 孟宪宇. 测树学[M]:第二版. 北京:中国林业出版社, 1996:66-80
- [9] 惠刚盈,克劳斯·冯佳多. 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
- [10] von Gadow K, Fuldner K. Zur Methodik der Bestandesbeschreibung[R]. Vortrag anlaesslich der Jahrestagung der A G Forsteinrichtung in Klieken b. Dessau, 1992:122-138
- [11] 惠刚盈,克劳斯·冯佳多,胡艳波,等. 结构化森林经营[M]. 北京:中国林业出版社,2007
- [12] 张 赞,赵亚洲,张春雨,等. 北京松山油松种群结构及空间分布格局[J]. *应用与环境植物学报*, 2009, 15(2): 175-179
- [13] 罗瑞平,亢新刚. 黄龙山林区天然油松林直径结构规律[J]. *林业调查规划*, 2006, 31(3): 86-88
- [14] 苏 薇,岳永杰,余新晓. 油松天然林群落结构及种群空间分布格局[J]. *东北林业大学学报*, 2009, 39(3): 18-21