

浙江省景宁中山区 3 个柏科树种人工林直径分布特征研究

徐端妙¹, 葛永金², 袁位高³, 刘日林¹, 朱锦茹³, 林坚¹, 焦洁洁³, 蓝巧美⁴

(1. 景宁县林业总场, 浙江 景宁 323500; 2. 丽水市林业科学研究院, 浙江 丽水 323000;
3. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 4. 丽水市莲都林场, 浙江 丽水 323000)

摘要: 2016 年 6 月, 对引种于景宁县草鱼塘林场中山区的 35 年生日本扁柏 *Chamaecyparis obtusa*, 日本花柏 *Chamaecyparis pisifera* 和日本香柏 *Thuja standishii* 3 个树种纯林分直径进行调查, 分析其直径分布规律。结果表明, 3 个树种纯林径阶多集中分布在 16 ~ 26 cm 径阶, 林分平均胸径最大为日本香柏; 大径木比率从大到小依次为日本花柏>日本香柏>日本扁柏; 林木总断面积从大到小分别为日本香柏 ($69.79 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$)>日本花柏 ($58.29 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$)>日本扁柏 ($42.16 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$); 3 个树种偏度系数绝对值从大到小分别为日本香柏 (0.47)>日本扁柏 (0.39)>日本花柏 (0.03)。利用正态分布函数和 Γ 分布函数分别对 3 个林分进行直径分布拟合和卡方检验, 日本扁柏、日本花柏林分直径均符合正态分布函数, 其中日本扁柏还服从 Γ 分布函数。研究结果表明, 3 个树种林分生长均有较好的适应性, 在林分经营过程中, 可选用正态分布函数作为日本扁柏、日本花柏等树种的株数分布预测函数指导林分间伐, 使林木直径结构达到最佳状态。

关键词: 日本花柏; 日本香柏; 日本扁柏; 直径结构; 正态分布

中图分类号: S794.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3776 (2019) 06-0007-05

Diameter Distribution of Three Species of *Cupressaceae* in Jingning County

XU Duan-miao¹, GE Yong-jin², YUAN Wei-gao³, LIU Ri-lin¹, ZHU Jin-ru³, LIN Jian¹, JIAO Jie-jie³, LAN Qiao-mei⁴

(1. Jingning Forest Farm of Zhejiang, Jingning 323500, China; 2. Lishui Academy of Forestry of Zhejiang, Lishui 323000, China; 3. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China; 4. Liandu Forestry Farm of Lishui, Lishui 323000, China)

Abstract: Investigations were implemented in June 2016 on diameter of 35-year pure forest plantation of *Chamaecyparis obtuse*, *C. pisifera* and *Thuja standishii* in Jingning, Zhejiang province. The results showed that the diameter class of three species plantation distributed mostly in 16-26 cm, *T. standishii* plantation had the maximum mean DBH. The average rate of large diameter tree was ordered by *C. pisifera*>*T. standishii*>*C. obtuse*. Total basal area of different plantations was followed by *T. standishii* ($69.79 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-2}$)>*C. pisifera* ($58.29 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-2}$)>*C. obtuse* ($42.16 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-2}$). Absolute value of skewness of 3 different plantations was as follows: *T. standishii* (0.47)>*C. pisifera* (0.39)>*C. obtuse* (0.03). Diameter distribution of three plantations was fitted and chi square tested by normal and gamma distribution function, it demonstrated that *C. obtuse* and *C. pisifera* stand had normal distribution function, while *C. obtuse* also obeyed the gamma function. The investigation resulted that 3 species had good adaptability of growth in Jingning. Normal distribution function was recommended for thinning of *C. obtuse* and *C. pisifera* plantation.

Key words: *Chamaecyparis obtuse*; *C. pisifera*; *Thuja standishii*; diameter distribution; normal distribution

收稿日期: 2019-05-22 ; 修回日期: 2019-10-17

基金项目: 浙江省景宁县重点科技项目 (2017A02), 浙江省重大科技专项 (2015C02016)

作者简介: 徐端妙, 工程师, 从事森林生态和森林经营研究; E-mail: 705241632@qq.com. 通信作者: 焦洁洁, 助理研究员, 从事森林经营技术研究; E-mail: jjjjjust@163.com.

柏科 Cupressaceae 树种作为珍贵硬木用材, 具有优良的材性和独特的香味, 是社会经济发展的重要战略资源。日本扁柏 *Chamaecyparis obtusa*, 日本花柏 *Ch. pisifera* 和日本香柏 *Thuja standishii* 等柏科树种, 具有较强的气候和土壤适应能力, 是优良的中高山地区观赏树种和用材树种^[1]。我国自上世纪二三十年代, 即陆续从日本引种^[2-4], 也在引种适应性和早期生长等方面做了一些研究^[5-8], 但对林分直径结构规律的研究仍未见相关报道。林分直径结构规律是林分结构中最基础、最重要的规律, 无论是在理论还是在实际应用中, 林分直径结构是最重要、最基本的林分结构^[9]。直径和树高是 2 个最主要的测树因子, 相对于树高, 直径更便于测定, 且林分内各种大小直径树木的分配状态, 将直接影响树木的树高、干形、材积、材种及树冠等因子的变化^[10]。合理的林分直径结构是充分发挥森林各种功能, 尤其是木材产出功能的基础^[11]。目前关于林分直径规律的研究大多集中在杉木 *Cunninghamia lanceolata*^[12-13]、松 *Pinus* spp. 类^[14-19]等树种的研究, 而对中山地区引种的柏科树种的林分直径规律研究较少。

浙江省景宁畲族自治县位于浙江西南部, 属浙南中山区, 景宁县草鱼塘林场从 1968 年开始引种包括日本扁柏、日本花柏和日本香柏在内的柏科树种, 在中山地区进行了造林试验。本文通过研究景宁县 1980 年造林的 3 个柏科树种纯林林分的直径分布规律, 为柏科树种纯林林分科学和高效的经营提供科学依据。

1 试验地自然概况

试验地设在景宁县草鱼塘林场, 27°51'N, 119°41'E, 海拔 1 120 ~ 1 370 m, 属中亚热带季风气候, 年平均气温 12.8℃, 最热月平均气温 22.6℃, 最冷月平均气温 2.8℃, 历年极端最低气温 -14.0℃, 年平均降水量 1 918 mm, 年蒸发量 1 000 mm, 年均相对湿度 86%, 年日照时数 1 617.6 h, 无霜期 196 d。研究对象为日本扁柏、日本香柏和日本花柏 3 种柏科人工纯林, 3 种林分均于 1980 年春季造林, 共计面积 20 hm² 余, 坡位中下坡, 坡度 25°以下, 使用苗木为 1 年生扦插裸根苗, 初始造林密度 3 000 株·hm⁻², 土壤为山地黄壤, 土层较厚约 70 cm, 林下草本及灌木稀少。

2 材料与方法

2.1 试验设计与数据采集

试验于 2016 年 6 月, 在 3 个树种的纯林林分内典型地段, 各设置一个面积为 50 m × 50 m 的大样地, 主林冠层每木检尺, 胸径 5.0 cm 起测, 调查因子为株数、胸径、树高。

2.2 研究方法

林分直径结构特征研究, 以所测各林木胸径值为基础数据, 利用 Origin7.0 绘制直方图, 选用 Gauss 方程进行直方图拟合, 参照任珺^[18]等的研究, 本文定义 5 cm ≤ 胸径 < 25 cm 的林木为中径木, 胸径 ≥ 25 cm 的林木为大径木, 计算 3 个柏科树种的中大径木的比率。参考胡焕香^[27]等的研究, 本研究拟利用 Forstat.0 软件, 选择正态分布函数和 Γ 分布函数对景宁县中山地区造林的 3 个柏科树种纯林林分进行胸径分布拟合, 计算相应偏度系数和峰度系数, 拟合结果用 χ^2 检验法进行检验。其中正态分布的概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (1)$$

式中, μ 表示随机变量 x 的数学期望, 即林分平均直径, σ 表示林分直径标准差。

Γ 分布函数概率密度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp(-\frac{x}{\beta}), & x > 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中, α 表示为形状参数, β 表示尺度参数。

3 结果与分析

3.1 3 个柏科树种胸径和树高测定结果

根据样地实测数据如表 1, 3 个柏科树种林分平均胸径表现为日本香柏 (23.10 cm) > 日本花柏 (22.45 cm) > 日本扁柏 (20.47 cm); 林分平均树高则为日本花柏 (15.2 m) > 日本扁柏 (11.7 m) > 日本香柏 (10.9 m)。

表 1 3 个柏科树种的人工纯林样地基本概况
Table 1 Mean number, DBH and height in sample plots of 3 species of Cupressaceae

样地号	树种组成	检尺株数/hm ²	胸径分布范围/cm	林分平均胸径/cm	林分平均树高/m
1	日本扁柏	4 575	9.8 ~ 37.0	20.47±4.62	11.7±1.2
2	日本花柏	5 625	10.5 ~ 33.8	22.45±3.52	15.2±1.2
3	日本香柏	4 620	10.6 ~ 36.0	23.10±3.92	10.9±1.4

3.2 林分径阶结构特点

经统计分析, 3 个柏科树种人工林的直径与株数分布如图 1。从图 1 可知, 日本扁柏纯林较集中分布在 18 ~ 26 cm 的中径木, 其林木株数所占比重较大 (76.25%), 其中又以 22 cm 直径的林木株数最多, 达到整个林分林木总株数的 19.92%。日本花柏主要以分布在 18 ~ 26 cm 的中径木居多, 该区间林木株数占比高达 85.60%, 20 cm 直径的林木株数出现峰值, 占整个调查林分林木总株数近 22.93%。相对于日本扁柏和日本花柏林分, 日本香柏林分直径生长较大, 其直径分布峰值亦相对左偏, 林分直径多集中在 16 ~ 28 cm, 其株数占比高达 86.69%, 其中以 24 cm 径阶株数最多, 占比近 25.01%。

3 个柏科树种在造林 35 年后, 大径木比率为日本香柏 (27.27%) > 日本花柏 (25.34%) > 日本扁柏 (14.42%)。林分总断面积从大到小分别为日本香柏 (69.79 m²·hm⁻²) > 日本花柏 (58.29 m²·hm⁻²) > 日本扁柏 (42.16 m²·hm⁻²)。对 3 个树种的径阶分布图进行 Gauss 拟合, 其相关系数 R² 在 0.93 ~ 0.98 之间, 拟合效果较好 (图 1)。

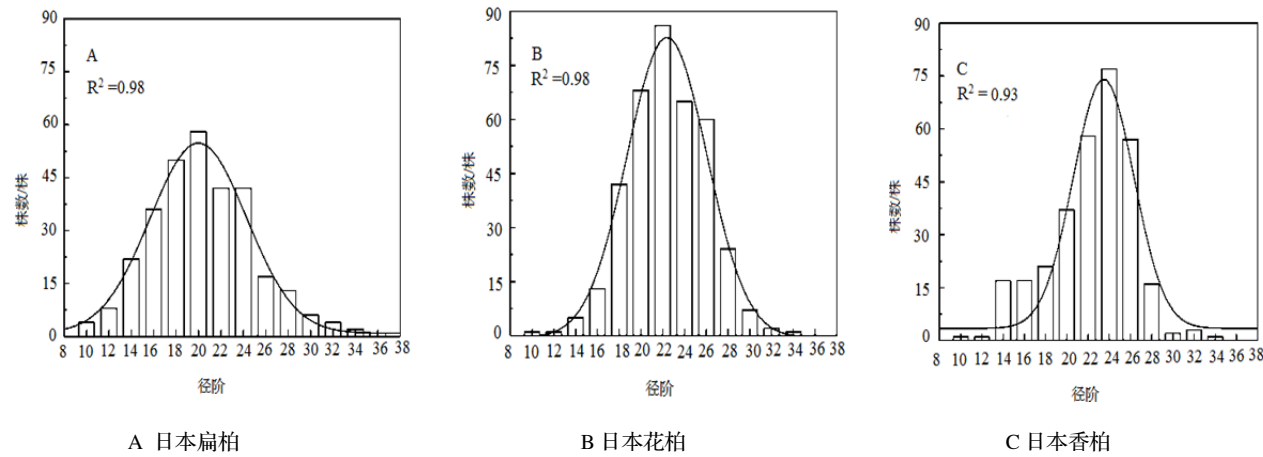


图 1 3 个柏科树种纯林林分各径阶分布株数直方图及 Gauss 拟合曲线

Figure 1 Histogram and Gauss fitting curve of DBH distribution of each sample plots

3.3 林分直径的拟合与检验

偏度系数用来衡量分布的不对称程度或偏斜的程度, 负值表示均值在峰值左边, 正值则表示均值在峰值右边。日本扁柏偏度系数 (0.39) > 0, 说明其人工林直径分布呈右偏, 日本香柏 (-0.47) 和日本花柏 (-0.03) 偏度系数均 < 0, 说明其直径分布呈左偏, 3 个树种偏度系数绝对值从大到小分别为日本香柏 (0.47) > 日本扁柏 (0.39) > 日本花柏 (0.03)。从峰度系数来看, 其峰度系数均 > 0, 表明柏科人工林直径分布属单峰形, 林分直径分布比较集中, 直径分布曲线较正态分布陡峭。

本研究利用正态分布函数和 Γ 分布函数分别对 3 个柏科树种林分进行直径分布拟合, 各参数估计值如表 2。经检验, 3 个树种卡方值均小于显著性水平 (0.05) 值, 因此认为林分直径均符合正态分布函数, 其中日

本扁柏还服从 Γ 分布函数。根据样本实测资料,利用以上 2 个函数估计求得各径阶的实际株数与理论株数,如表 3。由上述分析可以看出,3 个柏科树种林分的直径规律分布不尽一致,在研究林分直径分布规律时,可选用正态分布函数作为 3 个柏科树种的株数分布预测函数,在林分抚育过程中,可按照正态分布函数的预测值,通过合理间伐,使林木直径结构达到最佳状态。

表 2 林分直径分布特征值及相关函数的参数估计值
Table 2 Eigenvalue of stand DBH distribution and parameters of correlation function

项目	参数	日本扁柏	日本花柏	日本香柏
直径分布特征	平均值/cm	20.47	22.45	23.10
	标准差/cm	4.62	3.52	3.92
	偏度系数	0.39	-0.03	-0.47
	峰度系数	0.26	0.15	0.18
正态分布函数	μ /cm	20.47	22.45	23.10
	σ /cm	4.62	3.52	3.92
	χ^2	12.51	7.74	7.70
	$\chi^2_{0.05}$	19.675	18.307	18.307
Γ 分布函数	α	19.48	39.39	32.48
	β	1.05	0.57	0.69
	χ^2	5.51	73.08	90.08
	$\chi^2_{0.05}$	18.307	16.919	16.919

表 3 各径阶实际株数与分布函数拟合结果
Table 3 Actual number of diameter class individual and the fitting result of distribution function

林分类型	类别	径阶/cm													
		10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
日本扁柏	实际株数/株	4	8	22	36	50	58	42	42	17	13	6	4	2	1
	正态分布理论值/株	6.4	10.2	20.2	33.3	45.6	52.0	49.3	38.9	25.5	14.0	6.3	2.4	0.8	0.2
	Γ 分布理论值株	2.5	9.0	22.5	38.9	50.7	52.8	45.8	34.1	22.3	13.1	7.0	3.4	1.6	1.1
日本花柏	实际株数/株	1	1	5	13	42	68	86	65	60	24	7	2	1	0
	正态分布理论值/株	0.3	1.3	5.5	17.1	39.2	66.1	82.1	75.2	50.7	25.2	9.2	2.5	0.6	0.8
日本香柏	实际株数/株	1	1	17	17	21	37	58	77	57	16	2	3	1	1
	正态分布理论值/株	0.6	2.0	6.7	17.0	33.7	51.7	61.6	57.0	40.9	22.8	9.8	3.3	1.1	1.3

4 结论与讨论

在林业生产中,林分直径分布规律是准确评价营林措施、制定主伐年龄的基础,而对林分直径研究主要通过胸径的研究来实现^[20-21]。由于直方图能直观地反映出不同径阶的分布状况而被广泛应用^[22-25]。在本研究中,3 个柏科树种在造林 35 年后,林木中径木的比率的基本都在 3/4 以上,直方图及 Gauss 函数拟合曲线呈单峰形,林分中的中径木株数较多,其直径分布比较集中。本研究利用正态分布函数和 Γ 分布函数对林木直径分布进行拟合和检验,结果表明,正态分布函数能较好地拟合除日本花柏外的其他 2 个树种(日本扁柏、日本香柏),由于正态分布只有两个参数,分布曲线变化小,一般只用来拟合林分发育过程中某一阶段的直径分布,但在本文研究过程中,相比 Γ 分布函数,正态分布函数具有较好的适用性,调查的林分在造林 35 年后,在林分的生长发育过程中,通过长时间的种间竞争,其直径分布确实遵从正态分布或近似正态分布有关^[12]。本研究结果也表明正态分布作为经典的林分直径结构模型,仍具有重要意义^[26]。在林业生产实践中,不同林分的直径结构仍需根据林分本身的特征来选择适宜的密度函数^[27-28]。在本研究中,尽管 3 个柏科树种林分的直径规律分布不尽一致,研究结果显示,可选用正态分布函数作为日本扁柏和日本花柏等树种的株数分布预测函数,在林分抚育过程中,可按照正态分布函数的预测值,通过合理间伐,使林木直径结构达到最佳状态。

参考文献:

[1] 江泽平,王豁然. 柏科的分类和分布: 亚科、族和属[J]. 植物分类学报, 1997, 35 (5) : 1 - 10.
[2] 林协. 日本花柏、日本扁柏生长发育规律的初步研究[J]. 林业科技通讯, 1987 (12) : 10 - 13.

- [3] 方胜. 日本扁柏引种推广技术研究[J]. 浙江林业科技, 1993, 13(6): 1-5.
- [4] 杜有新. 优良速生用材树种日本花柏的研究[J]. 江西林业科技, 1999, 3: 9-10.
- [5] 徐正法. 日本扁柏生物学及其造林技术研究[J]. 江西林业科技, 1988(6): 22-23.
- [6] 王月英, 金川. 24 个柏类树种引种试验初报[J]. 浙江林业科技, 1990, 10(2): 24-28, 38.
- [7] 罗仲春. 日本扁柏造林应用技术研究[J]. 湖南林业科技, 1992, 19(1): 24-28.
- [8] 洪昌端, 沈辛作, 张都海, 等. 日本扁柏等 7 个树种在浙江引种总结[J]. 浙江林业科技, 1993, 13(4): 1-9.
- [9] 李凤日. 林木直径分布的研究[J]. 林业译丛, 1986(4): 12-18.
- [10] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 73-86.
- [11] 姚爱静, 朱清科, 张宇清, 等. 林分结构研究现状与展望[J]. 林业调查规划, 2005, 30(2): 70-76.
- [12] 周国模. 杉木人工林直径分布的研究[J]. 福建林学院学报, 1992, 12(4): 399-406.
- [13] 段爱国, 张建国, 童书振, 等. 杉木人工林林分直径结构动态变化及其密度效应的研究[J]. 林业科学研究, 2004, 17(2): 178-184.
- [14] 黄家荣, 孟宪宇, 关毓秀. 马尾松人工林直径分布神经网络模型研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(1): 28-31.
- [15] 黄庆丰. 马尾松林分直径结构规律的研究[J]. 安徽农业大学学报, 1998, 25(1): 23-25.
- [16] 王方, 郑小贤, 蒋桂娟. 不同密度落叶松人工林直径结构研究[J]. 内蒙古林业调查设计, 2011, 34(5): 9-11.
- [17] 王春香, 张秋良, 春兰, 等. 大青山落叶松人工林直径分布规律的研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2011, 42(3): 349-355.
- [18] 任珺, 陶玲. 落叶松人工林直径分布模型及应用的研究[J]. 甘肃农业大学学报, 1999, 34(4): 365-368.
- [19] 武纪成. 落叶松冷杉林结构特征及调整研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2008: 11-38.
- [20] 陈孟广, 葛永金, 刘日林, 等. 日本柏在浙江中山地区的生长量检测[J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(1): 13-15.
- [21] 李芳东, 李宗然, 周道顺, 等. 兰考泡桐林分结构规律研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(2): 114-120.
- [22] 黄清麟. 福建青冈萌芽林分结构及生产力的研究[J]. 福建林学院学报, 1995, 15(2): 107-111.
- [23] 陈昌雄, 陈平留. 闽北天然异龄林林分结构规律的研究[J]. 福建林业科技, 1997, 24(4): 1-4.
- [24] CHOKKALINGAM U, WHITE A. Structure and spatial patterns of trees in old-growth northern hardwood and mixed forests of northern Maine[J]. Plant Ecol, 2001, 156(2): 139-160.
- [25] WAYAN C. Zipperer Species composition and structure of regenerated and remnant forest patches within an urban landscape[J]. Urban Ecosyst, 2002, 6: 271-290.
- [26] BAILEY R L. Individual tree growth derived from diameter distribution models[J]. For Sci, 1980(26): 626-632.
- [27] 胡焕香, 余济云, 刘立武, 等. 海南阿陀岭 4 种加勒比松林分直径分布规律研究[J]. 中国农学通报 2012, 28(22): 16-21.
- [28] 周永奇, 李际平, 曹小玉. 福寿林场杉木人工林不同林龄直径结构研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(7): 61-66.