

# 杉木不同龄组直径分布研究

刘丽颖<sup>1</sup>, 张绍轩<sup>1</sup>, 任佳佳<sup>1</sup>, 孟京辉<sup>2\*</sup>, 李磊<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071001; 2. 北京林业大学 林学院, 北京 100038)

**摘要:**采用传统标准地调查方法,取得数据,利用ForStat的统计分布假设检验对幼、中、近、熟4种林分径阶分布数据进行 $\chi^2$ 检验。结果表明,Logistic分布假设检验对幼中近熟林的p值均大于0.05,适用于幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林的径阶分布;幼龄林左尾林木株数大于右尾林木株数,中龄林、近熟林、成熟林右尾分布株数多于左尾分布株数;杉木直径Logistic分布的离散程度随林龄增加而增加,但林木直径分布成尖峰状态,杉木林分中林木比较集中在均值区域。

**关键词:**不同龄组; 直径分布; 杉木林; 拟合曲线

**中图分类号:**S758.55      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2015)01-0178-06

Diameter Distribution of *Cunninghamia lanceolata* in Different Age Groups

LIU Li-ying<sup>1</sup>, ZHANG Shao-xuan<sup>1</sup>, REN Jia-jia<sup>1</sup>, MENG Jing-hui<sup>2\*</sup>, LI Lei<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China;

2. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Aimed at studying the distribution of diameter grade in different age groups of *Cunninghamia lanceolata*, relative data of *C. lanceolata* were obtained by traditional methods of investigation. ForStat software was adopted to conduct  $\chi^2$  test of hypothesis testing on the distribution of diameter grade. The results indicated the p values of various age groups about hypothesis testing of Logistic distribution were all more than 0.05, applicable to the diameter grade distribution of four different stand age classes, young, middle-age, near-mature, and mature forest. In young growth, the left tail number of trees was higher than the right tail number of trees, however, in other age classes, the number of right tail was more than the left tail. Discrete degree of Logistic diameter distribution of increased with the increase of tree age, however, the diameter distribution was into the peak state, *C. lanceolata* stand were more concentrated in the mean value region.

**Key words:** different age group; diameter distribution; *Cunninghamia lanceolata* forest; fitting curve

林分内各种大小直径林木按径阶的分配状态称作林分直径结构,无论是在理论研究中还是在生产实践中,直径结构都是最重要的林分结构,它直接影响着林木的树高、干形、材积、材种及树冠等因子的变化,是制定森林经营技术及编制经营数表的依据。杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方和福建省重要造林树种,也是福建省最重要的用材树种,分布广、栽培历史悠久,对其研究甚多,并取得了大

批重要成果。全国第6次森林资源清查结果表明,分布在福建、江西、湖南、浙江、广西、广东、贵州7省(自治区)的杉木林面积占全国杉木林总面积的89.83%,福建则占了13.79%,可见杉木在推动、促进我国南方杉木速生丰产林建设中起到了重要作用,其生长快,材质好,是建筑家具制造等行业重要原料树种。同时杉木林还具有显著的涵养水源、固碳释氧等生态功能<sup>[1-10]</sup>。对杉木人工林林分直径结

收稿日期:2014-04-21 修回日期:2014-05-09

基金项目:中央高校基本科研业务费专项(YX2013-37);中央高校基本科研业务费专项(TD2011-09)。

作者简介:刘丽颖,女,硕士研究生,研究方向:森林资源管理理论与技术。E-mail:897939972@qq.com

\*通信作者:孟京辉,男,博士,讲师,研究方向:近自然森林经营及模型模拟技术。

构动态变化规律进行研究,期待为杉木人工林的定向培育提供科学的理论依据。

## 1 研究区概况

试验地设在福建省将乐县国有林场。将乐县位于福建省西北部,金溪中游,属亚热带气候,既有大陆气候特征,又兼有海洋气候特色。全区气候温和,雨量充沛,四季分明,年平均气温 $18.7^{\circ}\text{C}$ ,无霜期273 d,年均降水量1 676.3 mm,境内气温较高,夏季时间长,冬天较暖和,霜冻较少,生长期长;土壤为山地红壤,土层厚50~80 cm。森林资源比较丰富,保留着许多原始状态的森林,其中7个中亚热带植被类型、高等木本植物631种。天然杉木阔叶树混交林,也是该地区最主要的植被类型。杉木造林密度为3 600株·hm<sup>2</sup>,造林初期进行过补植割灌,

1990—1992年采取过间伐,保留密度为2 850株·hm<sup>-2</sup>左右,2005年11月进行炼山、整地<sup>[11]</sup>。

## 2 材料与方法

### 2.1 样地设置

2012年8—9月,在将乐国有林场选择具有代表性的杉木幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林为研究对象,每种林型随机选取4块标准地(20 m×20 m),共16块标准地(表1),4种林组的胸径相互之间不存在显著相关。标准地选择遵循试验样地与周边环境的一致性原则,避开林缘带状区域,对16块杉木固定标准地的林木进行每木检尺(实测胸径、树高等指标)。根据每木检尺的结果,以1 cm为径阶,统计各径阶林木的株数。

表1 不同龄组杉木林分基本参数

Table 1 Basic characteristics of *C. lanceolata* forest

龄组	面积/m <sup>2</sup>	样地个数	胸径/cm		树高/m		平均株数/株	平均郁闭度
			平均值	标准差	平均值	标准差		
幼龄林	20×20	4	12.28a	2.38	9.0	1.21	478	0.95
中龄林	20×20	4	13.81b	4.37	10.0	2.84	420	0.90
近熟林	20×20	4	15.73c	5.23	16.7	4.45	428	0.90
成熟林	20×20	4	21.41d	6.34	19.1	6.01	213	0.85

## 2.2 研究方法

根据数据幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林4个林组的各径阶林木频数的统计情况分析结果,采用Forstat2.1<sup>[12]</sup>统计软件中“统计分布假设检验”功能进行检测,从软件所提供的12种假设检验分布中选择5种连续分布(正态分布、韦布分布、Logistic分布、对数正态分布、伽玛分布),由样本提供的信息,建立频率密度分布直方图,分别与5种分布的密度

参数曲线进行拟合性检验,检测方法均为卡方检验。

## 3 结果与分析

### 3.1 幼龄林直径结构与分布拟合

利用ForStat2.1的“统计分布假设检验”功能,对将乐国有林场的4块幼龄林标准地杉木胸径的株数数据进行直径分布拟合。对杉木幼龄林径阶株数的拟合结果与频率分布进行检验(图1,表2)。

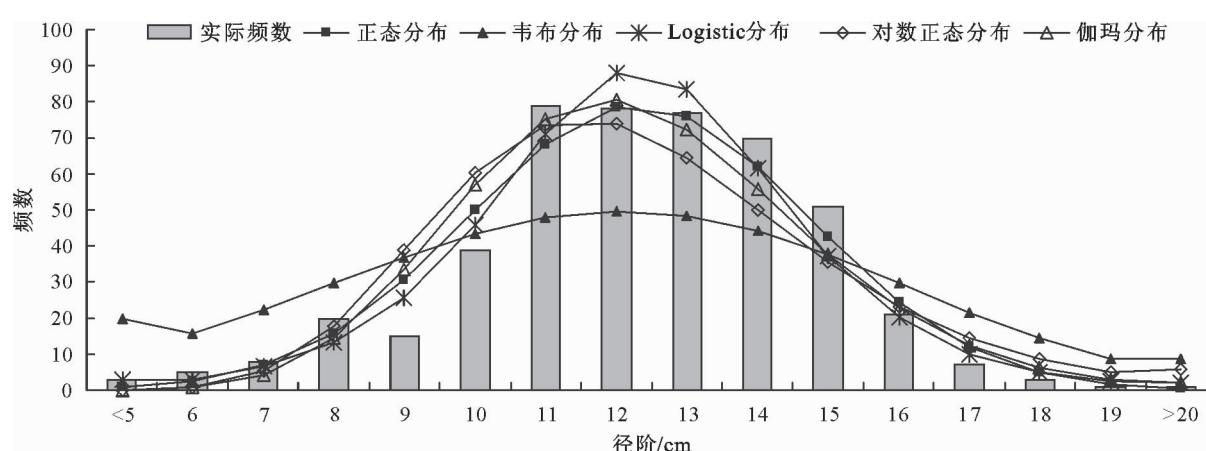


图1 幼龄林直径分布与分布拟合曲线

Fig. 1 Diameter distribution and distribution curve fitting of young forest

表 2 幼龄林分布曲线数据统计量

Table 2 Young forest distribution curve data statistics

密度函数	偏度	峭度	卡方 $\chi^2$	自由度	卡方 $\chi^2_{0.05}$	$>\chi^2_{0.05}$ 的概率 $p$
正态分布	-0.31	0.37	25.99	13	22.36	0.017 03
韦布分布	-0.31	0.37	155.35	13	22.36	0.000 00
Logistic 分布	4.50	20.50	22.33	13	22.36	0.050 49
对数正态分布	-0.31	0.37	235.29	13	22.36	0.000 00
伽玛分布	-0.31	0.37	171.68	12	21.03	0.000 00

将 4 个标准地的直径数据进行合并,根据样地调查数据,幼龄林林分平均胸径为 12.28 cm,在 5.0~19.8 cm 之间变动,径阶分布范围较大,最小径级为 5.0,最大径级为 20.0,统计幼龄林的径阶分布株数作直方图(图 1)。可以看出,幼龄林直径结构相对简单,分布呈单峰山状分布,径阶结构中,株数主要分布在 11~14 cm 径阶之间,其中 11 cm 径阶的林木株数最大,随着径阶的增大,株数开始逐渐递减,到达 17 cm 径阶之后,递减速度开始变缓并趋于平稳。其中 8~16 cm 径阶的林木株数所占比重最多,累计已达到

94.14%,中部径阶的林木分布占主要部分,两边株数分布较少,小径阶林木株数略大于大径级林木株数。

幼龄林的 5 种分布的卡方检验结果(表 2)可以看出幼龄林直径不服从正态分布、韦布分布、对数正态分布和伽玛分布。幼龄林的直径分布仅符合 Logistic 分布。

### 3.2 中龄林直径结构与分布拟合

对 4 块中龄林标准地杉木胸径的株数数据进行直径分布拟合,对杉木中龄林径阶株数的拟合结果与频率分布进行检验(图 2,表 3)。

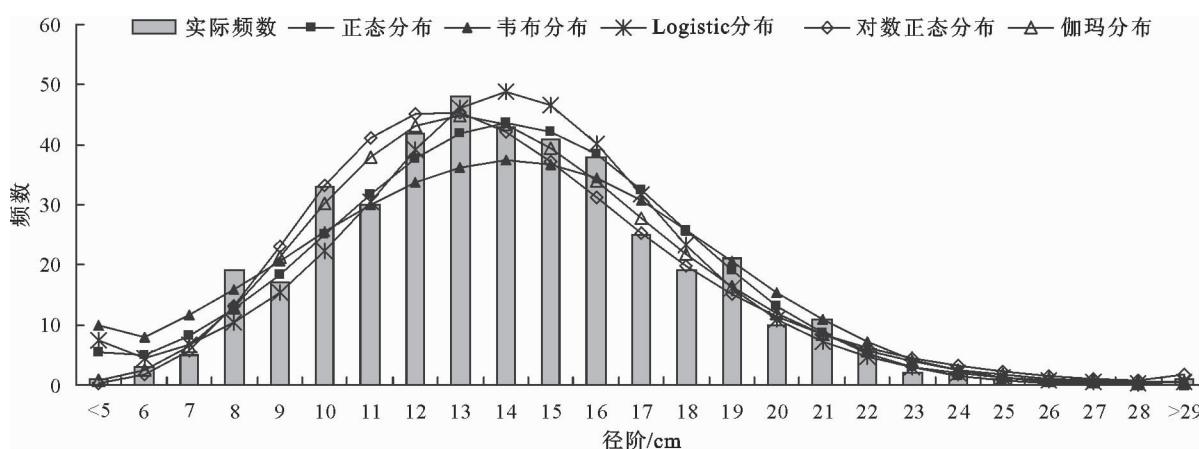


图 2 中龄林直径分布与分布拟合曲线

Fig. 2 Diameter distribution and distribution curve fitting of middle-age forest

表 3 中龄林分布曲线数据统计量

Table 3 Middle-age forest distribution curve data statistics

密度函数	偏度	峭度	卡方 $\chi^2$	自由度	卡方 $\chi^2_{0.05}$	$>\chi^2_{0.05}$ 的概率 $p$
正态分布	0.48	0.37	50.81	22	33.92	0.000 46
韦布分布	0.48	0.37	51.96	22	33.92	0.000 32
Logistic 分布	4.50	29.50	28.86	22	33.92	0.148 92
对数正态分布	0.48	0.37	19.49	22	33.92	0.614 98
伽玛分布	0.48	0.37	12.24	21	32.67	0.933 04

将中龄林 4 个标准地的直径数据进行合并,中龄林林分平均胸径为 13.81 cm,在 5~29.5 cm 之间变动,径阶分布范围较大,最小径级为 5 cm,最大径级为 29 cm,统计中龄林的径阶分布株数如图 2 所示。可以看出,中龄林直径结构相对比幼龄林复杂,分布依然呈单峰山状分布,其径阶结构中,13 cm 径阶的林木株数最大,随着径阶的增大,株数开始逐渐递减,到达 23 cm 径阶之后,递减速度开始变缓并

趋于平稳。其中,8~21 cm 径阶的林木株数所占比重最多,累计达到 94.52%,和幼龄林不同,其峰值偏左,但大径阶的林木数量多于小径阶的林木数量。

中龄林的 5 种分布的卡方检验可以看出(表 3),中龄林直径分布不符合正态分布和韦布分布。而对于 Logistic 分布,对数正态分布和伽玛分布,其  $\chi^2$  值均小于临界值( $\chi^2_{0.05}$ ),结合偏度,峭度分析,说明中林龄直径分布符合 3 种分布(图 2)。

### 3.3 近熟林直径结构与分布拟合

对4块近熟林标准地杉木胸径的株数数据进行直径分布拟合,对杉木近熟林径阶株数的拟合结果与频率分布进行检验(图3,表4)。

将近熟林4个标准地的直径数据进行合并,近熟林林分平均胸径为15.73 cm,在4.5~30.9 cm之间变动,径阶分布范围较大,最小径级为5 cm,最大径级为31 cm,统计近熟林的径阶分布株数如图3所示。可以看出,近熟林直径结构相对与中龄林相

似,分布依然呈单峰山状分布;其径阶结构中,16 cm径阶的林木株数最大,随着径阶的增大,株数开始逐渐递减,到达25 cm径阶之后,递减速度开始变缓并趋于平稳。其中,7~24 cm径阶的林木株数所占比重最多,累计百分比已达到91.36%,近熟林中间部分径阶的林木分布占多数,大径阶分布多于小径阶。

近熟林的5种分布的卡方检验可以看出近熟林直径分布不符合韦布分布、对数正态分布和伽玛分布,而符合正态分布和Logistic分布。

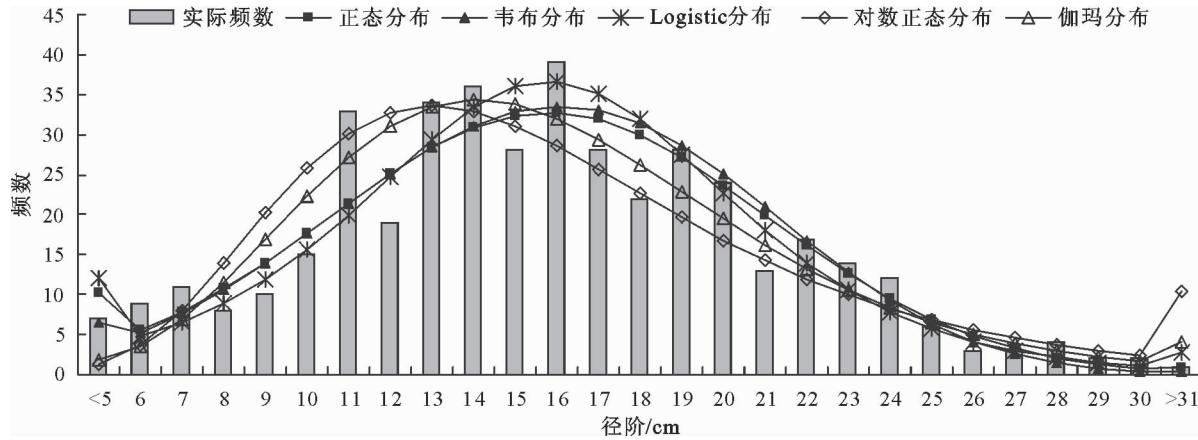


图3 近熟林直径分布与分布拟合曲线

Fig. 3 Diameter distribution and distribution curve fitting of nearly mature forest

表4 近熟林分布曲线数据统计量

Table 4 Nearly mature forest distribution curve data statistics

密度函数	偏度	峭度	卡方 $\chi^2$	自由度	卡方 $\chi^2_{0.05}$	$>\chi^2_{0.05}$ 的概率 $p$
正态分布	0.23	-0.20	28.55	24	36.42	0.237 34
韦布分布	0.23	-0.20	40.12	24	36.42	0.020 78
Logistic 分布	4.50	31.50	36.11	24	36.42	0.053 58
对数正态分布	0.23	-0.20	77.63	24	36.42	0.000 00
伽玛分布	0.23	-0.20	49.94	23	35.17	0.000 94

### 3.4 成熟林直径结构与分布拟合

对4块成熟林标准地杉木胸径的株数数据进行

直径分布拟合,对杉木成熟林径阶株数的拟合结果与频率分布进行检验(图4,表5)。

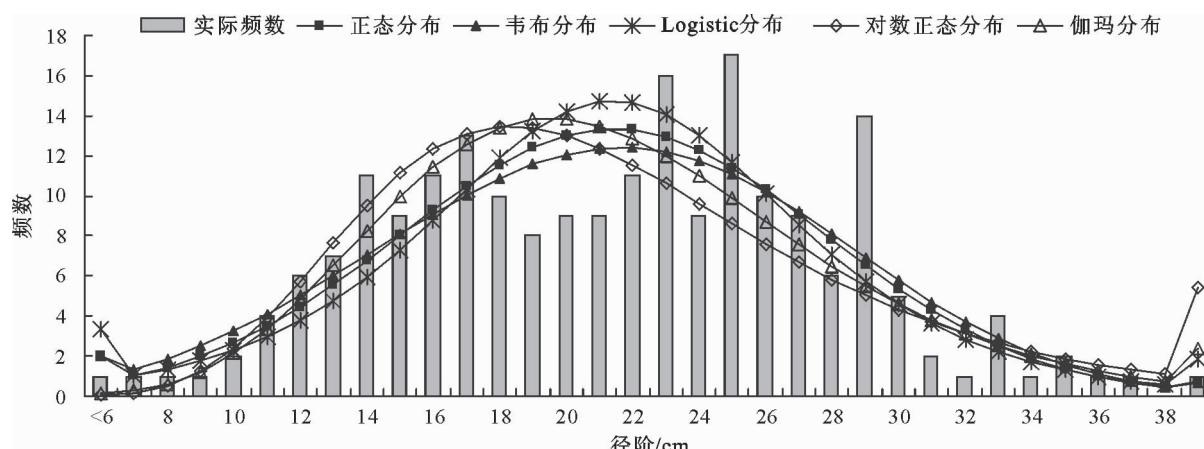


图4 成熟林直径分布与分布拟合曲线

Fig. 4 Diameter distribution and distribution curve fitting of mature forest

表 5 成熟林分布曲线数据统计

Table 5 Mature forest distribution curve data statistics

密度函数	偏度	峭度	卡方 $\chi^2$	自由度	卡方 $\chi^2_{0.05}$	$>\chi^2_{0.05}$ 的概率 $p$
正态分布	0.09	-0.47	29.10	31	44.99	0.563 98
韦布分布	0.09	-0.47	27.65	31	44.99	0.638 96
Logistic 分布	5.50	39.50	39.37	31	44.99	0.143 84
对数正态分布	0.09	-0.47	67.08	31	44.99	0.000 18
伽玛分布	0.09	-0.47	42.70	30	43.77	0.062 21

将成熟林 4 个标准地的直径数据进行合并, 成熟林林分平均胸径为 21.41 cm, 在 6.2~38.8 cm 之间变动, 径阶分布范围在所有林组中最大, 最小径级为 6 cm, 最大径级为 39 cm, 统计成熟林的径阶分布株数如图 4 所示。可以看出, 成熟林直径结构相对与成熟林相反, 出现多峰现象, 在 17、25、27 cm 径阶都出现峰值; 其径阶结构中, 25 cm 径阶的林木株数最大, 随着径阶的增大(除 29 cm 径阶之外), 株数开始逐渐递减, 29 cm 径阶之后, 递减速度开始变缓并趋于平稳。在 12~30 cm 径阶的林木株数所占比重最多, 累计达到 89.20%, 成熟林中间部分径阶的林木分布占多数, 其大径阶分布株数多于小径阶分

布株数。

成熟林的 5 种分布的卡方检验可以看出(表 5), 成熟林直径分布符合正态分布、韦布分布、Logistic 分布和伽玛分布, 而仅仅不符合对数正态分布。

### 3.5 同龄组直径结构对比分析

使用 ForStat 的“统计分布假设检验”功能, 对杉木径阶株数数据进行直径的正态分布、韦布分布、Logistic 分布、对数正态分布、伽玛分布的检验, 并计算出幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林的理论频数, 其 Logistic 分布适合 4 个林组, 视为杉木各林组最佳分布, 按其各分布类型建立其分布图(图 5)。

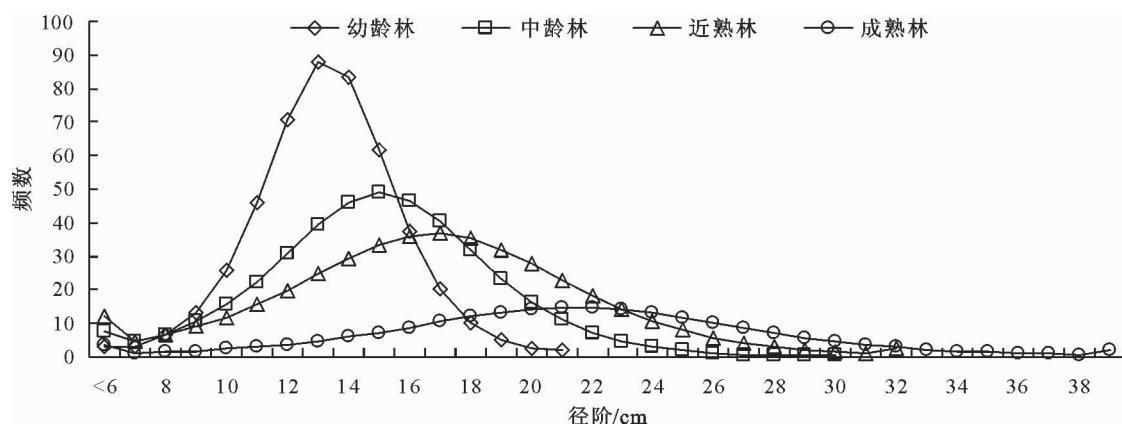


图 5 杉木 Logistic 分布拟合曲线特征

Fig. 5 Logistic distribution curve fitting features of *C. lanceolata*

由图 5 可以看出, 杉木人工林随着林龄的增加, 曲线的理论频数最高值逐渐降低, 而径阶范围逐渐增大, 直径的曲线离散程度随林龄增加而增加。幼龄林与伐后的中龄林、近熟林径级分布均有一个峰值, 成熟林有多个峰值, 经卡方检验, 均符合 Logistic 分布, 随着林龄增加各龄组的峰值向大径级位置偏移, 其分布范围明显地向大径级扩展, 这也与张水松<sup>[16]</sup>等研究认为, 间伐后林木直径生长量有显著增加, 小径级林木减少, 大径级林木数量明显增加<sup>[9]</sup>相一致, 研究地虽然有人为干扰, 但是杉木生长服从自然稀疏规律<sup>[13-17]</sup>。

## 4 结论与讨论

根据数据幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林 4 个

林组的各径阶林木频数的统计情况分析结果, 利用 Forstat2.1 中“统计分布假设检验”功能进行检测, 选择正态分布、韦布分布、Logistic 分布、对数正态分布、伽玛分布这 5 种常用的连续分布假设检验, 其卡方检验结果为: 幼龄林的直径分布只符合 Logistic 分布; 中龄林的直径分布分别符合对数正态分布、伽玛分布、Logistic 分布; 近熟林的直径分布分别符合对数正态分布、Logistic 分布; 成熟林的直径分布分别符合正态分布、韦布分布、Logistic 分布、伽玛分布的; Logistic 分布假设检验对 4 个林组的  $p$  值均略  $>0.05$ , 适用幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林 4 个林组。杉木人工林随着林龄的增加曲线的理论频数最高值逐渐减小, 而径阶范围逐渐增大。

幼龄林中, 8~16 cm 径阶的林木分布占主要部

分,两边株数分布较少,小径阶(左尾)林木株数略大于大径级(右尾)林木株数。中龄林、近熟林、成熟林分别在8~21 cm、7~24 cm、12~30 cm 径阶里杉木株数所占比重最大,占总株数百分比依次为94.52%、91.36%、89.20%,径阶两端,大径阶(右尾)分布株数多于小径阶(左尾)分布株数。

杉木林分直径结构,以其直径百分数分布规律,经卡方检验,均呈 Logistic 分布的峭度和峭度都为正值,偏向大径阶方向,直径分布在图型上的离散值随林龄增加而增加,这与张水松<sup>[16]</sup>的研究相同,幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林中直径分布为右偏,林内株数位于均值右边杉木的比位于左边杉木的少,林木直径分布成尖峰状态,杉木林分中林木比较集中在均值区域。

## 参考文献:

- [1] 孟伟,陈彩虹,胡焕香,等.青石冈林场木荷直径结构研究[J].林业资源管理,2013(2):89-93.  
MENG W, CHEN C H, HU H X, et al. Study on diameter structure of schima superba in Qingshigang Forest Farm[J]. Forest Resources Management, 2013(2):89-93. (in Chinese)
- [2] 周宁,郑小贤,赵洪生,等.金沟岭林场针阔混交林直径结构动态分析[J].林业资源管理,2010(5):61-64.  
ZHOU N, ZHENG X X, ZHAO H S, et al. Dynamic analysis on diameter structure of mixed coniferous and broadleaved forest in Jingouling Forest Farm[J]. Forest Resources Management, 2010(5):61-64. (in Chinese)
- [3] 张建国,段爱国,童书振.林分直径结构模拟与预测研究概述[J].林业科学研究,2004,17(6):787-795.  
ZHANG J G, DUAN A G, TONG S Z. Review on the modeling and prediction of stand diameter structure[J]. Forest Research, 2004,17(6):787-795. (in Chinese)
- [4] APPS M J, KURZ W A. The role of Canadian forests in the global carbon budget[C]// KANNINEN M. Carbon balance of the world's forest ecosystems: towards a global assessment. Helsinki: Publications of Academy of Finland, 1994:14-39.
- [5] PIELKE R A J, CONANT R T. Best practices in prediction for decision-making: lessons from the atmospheric and earth sciences[J]. Ecology, 2003, 84(6): 1351 -1358.
- [6] CURTIS R O. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas-fir[J]. For. Sci., 1967, 13 (4): 365 -375.
- [7] 唐守正,郎奎建,李海奎.统计和生物数学模型计算[M].北京:科学出版社,2008: 291-296.
- [8] 孟宪宇.测树学[M].2版.北京:中国林业出版社,1996:66-95.
- [9] 黄家荣,郭芳,高光芹,等.毛白杨农田防护林带直径分布预测[J].西北林学院学报,2010,25(5):140-145.  
HUANG J R, GUO F, GAO G Q, et al. Diameter distribution forecast of *Populus tomentosa* shelterbelts[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25 (05): 140-145. (in Chinese)
- [10] 宁杨翠,郑小贤,蒋桂娟,等.长白山天然云冷杉异龄林林分结构动态变化研究[J].西北林学院学报,2012,27(02):169-174.  
NING Y C, ZHENG X X, JIANG G J, et al. Dynamic change of spruce-fir natural forests in Changbai Mountain[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27 (02): 169-174. (in Chinese)
- [11] 谢汝根.2个杉木优良品种不同造林密度效果初探[J].福建林业科技,2011,38(2):73-76..  
XING R G, Preliminary study on 2 superior varieties of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) hook and their different planting density effects[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2011,38(2):73-76. (in Chinese)
- [12] 唐守正,郎奎建,李海奎.统计和生物数学模型计算(ForStat)教程[M].北京:科学出版社,2009.
- [13] 吴承祯,洪伟,闫淑君,同龄纯林自然稀疏过程的经验模型研究[J].应用生态学报,2005,16(2):233-237.  
WU C Z, HONG W, YAN S J. Experience model for self-thinning process of even-aged pure stands[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005,16(2):233-237. (in Chinese)
- [14] 江希钿,王素萍,杨锦昌.马尾松人工林种群自然稀疏模型的研究[J].热带亚热带植物学报,2001,9(4):295-300.  
JIANG X D, WANG S P, YANG J C. Self-thinning model in plantation of *Pinus massoniana* Lamb[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany,2001,9(4):295-300. (in Chinese)
- [15] 谭红辉,方升佐,丁贵杰,等.马尾松人工同龄纯林自然稀疏规律研究[J].林业科学研究,2010,23(1):13-17.  
CHEN H H, FANG S Z, DING G J, et al. Study on the natural thinning of even-aged pure masson pine plantation [J]. Forest Research, 2010,23(1):13-17. (in Chinese)
- [16] 张水松,陈长发,何寿庆,等.杉木林间伐强度自然稀疏与结构规律研究[J].林业科学,2006,42(1):55-62.  
ZHANG S S, CHEN C F, HE S Q, et al. The natural thinning and structural Pattern of the intermediate cutting intensity in the *Cunninghamia lanceolata* stand[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006,42(1):55-62. (in Chinese)
- [17] ZHANG S S, CHEN C F, HE S Q, et al. The natural thinning and structural pattern of the intermediate cutting intensity in the *Cunninghamia lanceolata* stand[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006,42(1):55-62.