

文章编号:1001-1498(2004)02-0178-07

杉木人工林林分直径结构动态变化 及其密度效应的研究*

段爱国¹, 张建国^{1**}, 童书振¹, 保尔江², 何彩云¹

(1. 中国林业科学研究院林业研究所,北京 100091; 2. 新疆阿尔泰地区林科所,新疆 阿勒泰 836500)

摘要:利用杉木人工林固定样地的观测数据,采用偏度、峰度、直径变动系数、径阶株数分布及累积直径频率等指标对杉木人工林林分直径结构动态变化规律及其密度效应进行了探讨,结果表明:(1)在6~20 a内,偏度先为负值,后由负值逐渐趋向于正值,表现为先右偏后左偏,偏度绝对值先变小后变大,任何时期,密度高的林分其偏度值越大,由负向正变化的时间越早;(2)峰度随年龄的变化规律不明显,相对于高密度的林分,低密度林分的峰度值更大,且不论低密度还是高密度,峰度值都趋向于0;(3)直径变动系数随着林分年龄的增长总体上呈微弱增加的趋势,而且前期逐渐减小,后期(郁闭后)缓慢增大,高密度林分的直径变动系数较低密度的大,也更早地呈增大趋势;(4)对于任一相同的株数累积频率范围,密度越高的林分所对应的直径区域中值越小;(5)林分径阶株数分布直观地说明了上述结论。

关键词:杉木人工林;直径结构;动态变化;密度;指标

中图分类号:S791.27 **文献标识码:**A

随着林分的生长发育,林木遗传性、微环境以及密度、间伐等人为经营措施将影响到立木的竞争能力及林分整体竞争的剧烈程度,从而形成林分直径结构动态变化进程。林分直径结构动态变化的规律,可作为制定和检查营林技术措施效果的依据之一。在森林培育的整个过程中,林分密度是林业工作者所能控制的主要因子,也是形成一定林分水平结构的基础,密度是否合适直接影响到人工林生产力的提高和功能的最大发挥。国内外学者^[1~7]曾对人工林密度的效应进行了多方面的研究报道。密度效应可概括为初植密度以及经营过程中密度调控这两方面的作用,就初植密度对林分直径结构动态变化的影响,国外学者展开过相关的研究^[8,9],但相对林分直径结构变化规律在整个林分结构动态变化规律中所占的重要地位,这些研究工作还远远不够。与全林分生长指标(如平均胸径、平均树高、平均断面积等)不同,林分直径结构动态规律的描述不能由临时样地内少量的解析木资料得到,而需固定样地的长期观测数据,这也是限制此领域研究工作深入的主要原因。杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)是我国最重要的用材林树种之一,对杉木人工林林分直径结构动态变化规律进行研究具有十分重要的理论和实践意义,能为杉木人工林的定向培育提供科学的理论依据。

收稿日期:2002-11-28

基金项目:国家“十五”攻关项目“南方主要针叶用材林树种新品种选育及培育技术”

作者简介:段爱国(1976—),男,湖北荆州人,硕士。

* 中国林业科学研究院林业所盛炜彤、刘景芳先生及亚热带林业实验中心的同仁们为本试验作了大量的工作,特此致谢!

** 通讯作者

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设置在江西省分宜县大岗山实验局(现为亚林中心)年株林场场部后山,于1981年春采用1年生苗营造试验林。该地处于114°33'E,27°34'N,海拔250m,低山,母岩为砂页岩,黄棕壤,年平均气温16.8℃,年降水量1656mm,年蒸发量1503mm。

1.2 试验设计及数据采集

由2m×3m(A)、2m×1.5m(B)、2m×1m(C)、1m×1.5m(D)、1m×1m(E)5种密度组成一个区组,重复3次,共15个小区,分别计为(a₁、a₂、a₃;b₁、b₂、b₃;c₁、c₂、c₃;d₁、d₂、d₃;e₁、e₂、e₃),每个小区面积为600m²,则5种初植密度分别为1667、3333、5000、6667、10000株/hm²。采用随机区组排列,并在每个小区四周各设计两行同样密度的保护带。对每株树挂牌记号作连续观测,10年生前逐年调查,10a后作隔年调查,测定每木胸径,用断面积加权法,求算林分平方平均胸径,至1999年止。

1.3 研究方法

将各林分胸高直径的调查数据采用2径阶划分法分别统计各径阶的分布株数,建立各林分直径株数分布和累积频率分布数据库。采用描述林分直径分布曲线的形状统计量偏度(SK)、峰度(ST)及不均质性指标——变动系数(C.V)进行研究。首先根据各样地林分直径测值求算出林分各年龄时期的偏度、峰度及直径变动系数,然后就上述各项指标分别作出动态趋势曲线,并结合林分直径株数分布直观图及Richards生长方程所描述的林分直径累积分布曲线,探索林分直径结构动态变化规律及密度对其的影响。偏度、峰度及变动系数指标采用的数学表达式如下:

$$SK = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left[\frac{X_i - \bar{X}}{S} \right]^3$$

$$ST = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left[\frac{X_i - \bar{X}}{S} \right]^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

$$C.V = \sqrt{\frac{D_g^2 - \bar{X}^2}{\bar{X}^2}}$$

以上表达式中, n 为林分株数, X_i 为林分每木直径, \bar{X} 指林分算术平均直径, S 为标准差, D_g 为林分断面积平均直径。

2 结果与分析

2.1 林分直径结构偏度变化情况及密度对其的影响

图1描述了偏度随林分年龄的变化规律。从图中可以看到偏度在本文研究的年龄范围内总体上是随林分年龄的增加而变大,早期偏度值为负值,并由负值逐渐趋向于正值,即先右偏后左偏;前期右偏程度逐渐变小,后期左偏程度逐渐变大,偏度绝对值先变小后变大,即林分直径分布的非对称性是先减弱后增强。

从图1可以看到,随着初植密度的增大,林分直径分布偏度值依次增大,为消除偶然误差及其它因素的影响,考察100、300、600株时的情形(其中300株和600株时为相同的立地指数

级),可以发现在任何时期,株数密度高的林分其偏度值大,高密度林分曲线始终在低密度林分曲线之上,换言之,株数密度越高的林分偏度值由负向正变化的时间越早。从该图中可清楚地看到某些年龄时段,密度已影响到偏度的左右偏状况,当低密度为右偏时,高密度已为左偏。从图 1 中还可以看到,密度为 $1\ 667\ \text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的低密度林分,生长至指数年龄时其偏度值才抵达 0 点左右(即正态分布时偏度的性状),此前一直处于右偏状态。

图 1 $600\ \text{m}^2$ 内不同初植密度时偏度随林分年龄的变化

人工林林分的生长过程大致可分为自由生长期、竞争期和自然稀疏期等 3 个时期。从本文研究结果来看,如不考虑个体大小、遗传及微环境差异,在林分郁闭前的自由生长时期,杉木人工林林分直径分布曲线均呈右偏情形,一定时期内,右偏程度会加大,实际林分直径分布甚至出现了截右分布状况,而且低密度林分较高密度林分右偏趋势更明显,也就导致前期高密度林分偏度值要大于低密度林分偏度值,并为后来一定时期一直表现为大奠定基础。随着林分的发展,强烈的竞争最终将导致大量林木的自然稀疏,高密度的林分促进了林分竞争,也使林分自然稀疏的发生时间来的更早。自然稀疏一旦发生,首先淘汰的是严重被压的林木,人工林内主要为小径阶的林木,于是,林分算术平均直径会显著提高,而直径分布最高峰所对应之径阶值还会保持不变或移动较小,这样就必然导致林分直径分布曲线向左偏。林分发展至自然稀疏后期,自然稀疏的这种效应减弱,会使左偏程度相应减弱,又由于林分直径生长较为缓慢,致使林分径阶间株数的转移趋于平衡,从而使林分偏度值接近 0,呈现正态分布状态。这与 Westoby 等^[5]的研究结果大致相同;但有一点不同,即偏度最大值出现的时间不一样。Westoby 等指出偏度最大值出现在刚刚开始稀疏的林分,而本试验的研究结果表明,林分发生自然稀疏存在一个过程,在这一过程的前期,偏度值是逐渐增大,当然林木株数不可能无限制地减少,在林分经过一定程度的自然稀疏后,林分密度最终会保持在一个较稳定的范围之内,这样至少是在自然稀疏阶段的某个时期偏度值达到最大,而不是发生在刚刚开始稀疏时。

偏度的这种动态变化规律对指导不同密度杉木人工林的间伐作业具有重要的理论和实践意义。不同初植密度林分的偏度变化规律不一样,因此,其适宜间伐的时间亦存在很大差别。从右偏转向左偏的时间越早,适宜的间伐年龄就越靠前,而当这种转变的趋势明显加强时,说明林分已处于激烈的竞争时期,宜开始进行间伐。结合图 1 可知,随着初植密度的增大,林分间伐的年龄应更小,初植密度为 $10\ 000\ \text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的林分(14 指数级)宜在 8 年生左右时进行间伐,而初植密度为 $1\ 667\ \text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的林分在达指数年龄时亦可不予间伐。

2.2 林分直径结构峰度变化情况及密度对其的影响

图 2 描述了不同密度时林分直径分布曲线峰度随林分年龄的变化规律。从图 2 可以看

出,总体上,峰度随时间的增长呈下降趋势,但这种变化规律并不明显;同一年龄时期,各林分峰度值分散在时间轴两侧,其值有正有负,说明林分尖峭平坦程度不一。

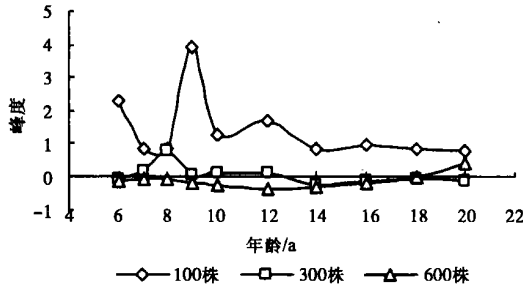


图 2 600 m² 内不同初植密度时峰度随林分年龄的变化

在研究年龄范围内低密度林分的峰度值要大于高密度林分的峰度值,而且不论低密度还是高密度峰度值都趋向于 0。1 667 株·hm⁻²的低密度林分的峰度值始终表现为正值,表示林分直径分布曲线尖峭。5 000 株·hm⁻²的中密度林分及 10 000 株·hm⁻²的高密度林分峰度值均比较接近 0,且各自在一定年龄即发生大量自然稀疏以后有增大趋势。峰度直观地反映了林分直径在某一径阶范围内株数分布的集中程度,对实现预先的培育目标具有重要的指导意义。低密度林分峰度值大,表明低密度林分能更有效地实现单一材种的培育目标。研究林分峰度时,发现并非所有的林分直径均为单峰山状分布,也出现了双峰的现象,图 3 描述的是 3 区组 a₃ 小区直径株数分布的动态变化状况。从图 3 可以直观地看到林分株数的双峰分布状态,并且这种双峰分布还会随着林分年龄的增加而在一定年龄阶段内得以延续。描述林分分布峰度时,一般是以其最高峰为研究对象。

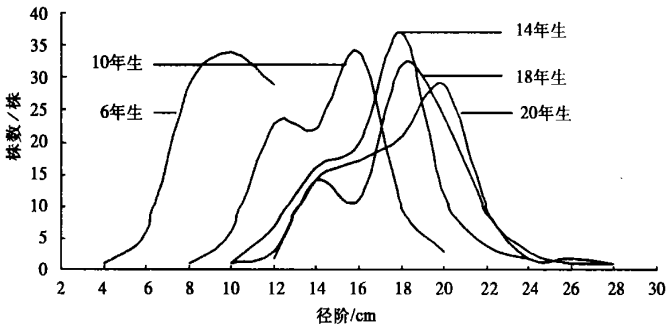


图 3 径阶株数频率分布的动态变化

2.3 林分直径变动系数变化的情况及密度对其的影响

图 4 描述了直径变动系数随时间的变化趋势。从图 4 可以看到,直径变动系数随着林分年龄的增长总体上呈微弱增加趋势,而且前期逐渐减小,后期缓慢增大。究其原因,可作如下解释:C.V 定义为胸高直径标准差与平均胸高直径的比值,表示一种相对变动程度,早期由于林分平均直径增长较快,而林分直径标准差虽然也增加,但增长幅度赶不上平均直径的增长,故 C.V 值逐渐减小,随着林分年龄的增长,林分竞争加剧,分化日趋严重,将导致标准差继续

增加而林分直径的生长受到一定程度的抑制,这样就会使 $C.V$ 值减小的幅度逐渐变小,当林分发展到自然稀疏阶段时,激烈的自然稀疏会使林分内小径阶林木枯死而遭淘汰,标准差减小,而平均直径变大,这样 $C.V$ 值降低,在第一次激烈的稀疏后,林分 $C.V$ 值主要受两种因素的影响,一为平均直径的增大导致的 $C.V$ 减小,另一就是大径阶林木迅速向前推移致使直径标准差变大,从而导致 $C.V$ 值增大,此点从林分左偏程度增大可得到佐证,最后两种因素作用的结果导致 $C.V$ 值呈增大趋势。密度越高,剧烈的自然稀疏出现的愈早,自然就可能导致其直径变动系数较低密度小,并且较早地呈增大趋势。直径变动系数反映了林分直径分布的离散程度,与偏度相同,该指标的研究结果表明,低密度的直径变动系数更小,有利于某一材种的定向培育,而高密度林分更能满足多规格材种的需要。

图 4 600 m² 内不同初植密度时直径变动系数随年龄的变化

2.4 林分直径株数分布和累积分布的变化情况及密度对其的影响

前面从林分直径分布的三个特征值(偏度、峰度和变动系数)出发,探讨了密度对林分直径分布的动态变化规律的影响,为更直观地反映这种规律,下面从林分直径株数分布及累积分布曲线这两个综合性指标进行进一步的分析说明。

图 5 描述了典型的不同密度时林分直径累积分布曲线的状况。图 5 中 4 个样本立地指数级均为 14,从左至右密度依次增加,分别为 3 333、5 000、6 667、10 000 株·hm⁻²,从图中可以看到,任一相同株数累积分布时刻,高密度林分的累积百分比所对应的直径较低密度小,这说明对于一个相同的株数百分比范围,密度越高的林分所对应直径区域中值越小,即林分整体直径构成要小,这必将导致材种规格降低。

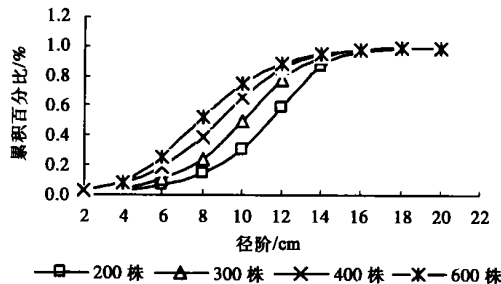


图 5 不同密度林分的累积直径分布

图 6、7 分别描述了低密度(3 333 株·hm⁻²)和高密度(10 000 株·hm⁻²)林分典型的直径结

构动态变化进程。图 6、7 分别为相对低密度与高密度林分自 6 年生到 20 年生的直径分布隔年动态变化进程。从此两图可以直观地看到林分直径分布指标偏度、峰度及直径变动系数的变动情况,同时反映出三者动态变化规律的统一性。图 6 中偏度始终表现为右偏,但右偏程度逐渐降低,图 7 中偏度值表现为从右偏逐渐过渡至左偏,这些与前面的分析完全吻合。

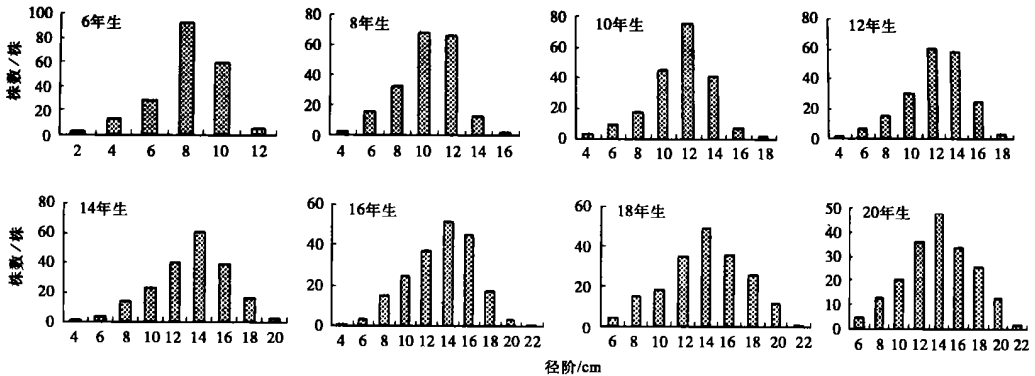


图 6 低密度(3 333 株 hm^{-2}) 林分直径株数分布动态变化进程

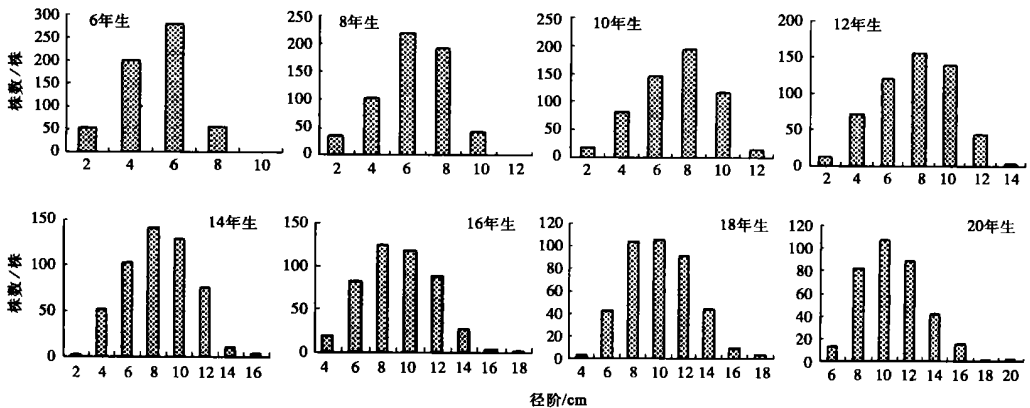


图 7 高密度(10 000 株 hm^{-2}) 林分直径株数分布动态变化进程

3 结论

(1) 本文研究的年龄范围(6 ~ 20 a)内总体上偏度是随林分年龄的增加而变大,早期偏度为负值,并由负值逐渐趋向于正值,即先右偏后左偏;前期右偏程度变小,后期左偏程度逐渐变大,偏度绝对值先变小后变大,即林分直径分布的非对称性是先减弱后增强;峰度随时间的变化规律不明显,林分尖峭平坦程度不一,低密度林分较高密度林分而言,其峰度值要大;直径变动系数随着林分年龄的增长总体上呈微弱增加的趋势,而且前期逐渐减小,后期(指郁闭以后)为缓慢增大;林分直径株数频率分布证实了上述结论。

(2) 任何时期,株数密度高的林分其偏度值大,换言之,林分株数密度越高,林分偏度值由负向正变化的时间越早;本研究年龄范围内低密度林分的峰度值要大于高密度林分的峰度值;高密度林分的不均质性较低密度为大,且高密度林分的直径变动系数较低密度林分更早期地

开始呈增大趋势。直径结构的这种动态变化规律对指导不同密度杉木人工林的间伐及定向培育的实施具有重要的理论和实践意义。随着初植密度的增大,林分间伐的年龄应更小,600株的林分(14指数级)宜在8年生左右时进行间伐,而100株的林分在达指数年龄时亦可不予间伐。低密度的林分有利于某一材种的定向培育,而高密度林分更能满足多规格材种的需要。

(3)在任一相同株数累积分布范围,密度越小,林分的累积百分比所对应的径阶中值越大,且偏度值愈小,即株数更多地分布在径阶较大的范围内,有利于中大径材的形成。

参考文献:

- [1] FAO. Terms and Definitions, Working Paper 1[M]. FRA2000. Rome, 1998
- [2] ABARE. Global Outlook for Plantation[M], ABARE Research Report Commonwealth of Australia, 1999
- [3] 沈国舫. 森林培育学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001
- [4] 孟宪宇. 使用 Weibull 函数对树高分布和直径分布的研究[J]. 北京林学院学报, 1988, 10(1): 40~48
- [5] Westoby M, Howell J. Self-thinning: The effect of shading on glasshouse populations of silver beech (*Beta vulgaris*) [J]. J Ecol 1986, 69: 359~365
- [6] 童书振, 张建国. 杉木林密度间伐试验[J]. 林业科学, 2000, 36(专刊 1): 86~89
- [7] 童书振, 盛伟彤, 张建国. 杉木林分密度效应研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(1): 66~75
- [8] Gates DJ, Memurtrie R, Borough CJ. Skewness reversal of distribution of stem diameter in plantations of *Pinus radiata* [J]. Aust For Res, 1983, 13: 267~270
- [9] Takashi KUNISAKI. DBH distribution dynamics of evenaged tree populations[J]. Jpn J For Plane, 2001, 35: 31~45

Studies on Dynamics of Diameter Structure of Chinese Fir Plantations and Affection of Density on It

DUAN Ai-guo¹, ZHANG Jian-guo¹, TONG Shu-zhen¹, BAO Er-jiang², HE Cai-yun¹

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 2. Aertai Forestry Institute, Xinjiang 836500, China)

Abstract: Using data from permanent sample plots, this paper studied the dynamics of diameter structure of Chinese fir plantations and affection of density on it, some criterions was adopted such as skewness, kurtosis, variance coefficient, cumulative diameter distribution curves and frequency distribution and so on. The results show: 1. In the age range of 6~20, the value of skew changes from negative to positive, the absolute value of skew first gets small, then change to big, at any time, high density stands have the bigger skew, the higher the density of stands is, the earlier the skew varies from negative to positive; 2. The variance law of kurtosis with age is not obvious, kurtosis of stands with low density is bigger than stands with high density, and the value of kurtosis, both of them, tends to 0 at last. 3. The diameter variance coefficient shows weakly increasing tendency with age on the whole, and declines in earlier stage, then increases after canopy closure. non-evenness quality of high density stands is relatively big, and the bigger the density is, the earlier the variance coefficient of diameter shows increasing tendency. 4. At any range of cumulative frequency distribution, the more smaller the density is, the bigger the middle value of diameter class is, which benefits the formation of middle and big wood. 5. The size-class distribution testifies these conclusions.

Key words: Chinese fir plantation; diameter structure; dynamics; density; indices