

## I-69 杨年轮宽度和密度变异规律

王家祥<sup>1</sup>, 夏萍<sup>2\*</sup>, 刘盛全<sup>2</sup>

(1. 安徽六安职业技术学院, 安徽 六安 237158; 2. 安徽农业大学工学院, 安徽 合肥 230036)

**摘要:**以 I-69 杨木材为试样,运用树木年轮图像分析系统和树木年轮分析系统获取年轮宽度和年轮密度数据,并对组成成分径向变异和轴向变异规律进行了分析。结果表明:I-69 杨木材密度的径向变异规律随树龄增加而增大,最大密度波动较大,最小密度随树龄增加总体趋势下降,早材密度、晚材密度随树龄增加而增加;年轮组成成分各项指标株内径向变异极显著,株间径向变异不显著。年轮密度各组成成分随高度增加而增加,其中年轮平均密度、早材密度、最小密度增加量较小,年轮最大密度、晚材密度增加量较大;相对而言,I-69 杨木材密度径向变异大于轴向变异。

**关键词:** I-69 杨;年轮宽度;年轮密度;变异;年轮图像

中图分类号:S781

文献标识码:A

## Studies on Variation of Poplar I-69 Tree-ring Width and Tree-ring Density

WANG Jia-xiang<sup>1</sup>, XIA Ping<sup>2</sup>, LIU Sheng-quan<sup>2</sup>

(1. Lu'an Vocational Technology College in Anhui, Lu'an 237158, Anhui, China;

2. School of Engineering, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China)

**Abstract:** Poplar I-69 wood was chosen as the sample, the data of the components of tree-ring width and density were accessed by Tree-Ring Image Analysis System and Tree-Ring Analysis System and the radial and axial variations of the components were analyzed. The results showed that: the radial variation of the density of poplar I-69 increased along with the tree age. The maximum density fluctuated heavy, the minimum density decreased along with increase of the tree age on the whole. The density of earlywood and latewood increased along with the tree age. The radial variation of the tree-ring components was significant within individual trunk, but no difference among trunks. The components of the tree-ring density increased along with the tree height, there into, the tree-ring average density, earlywood density and minimum density increased less, while the tree-ring maximum density and latewood density increased more. Comparatively, the radial variation of the density of poplar I-69 was larger than that of the axial variation.

**Key words:** poplar I-69; tree-ring width; tree-ring density; variation; tree-ring image

年轮宽度是树木生长量的主要指标,年轮密度是衡量木材性能和质量指标之一<sup>[1-4]</sup>。早期木材变异性研究只是在不同树种间进行比较,粗略地描述材性从髓心到树皮变动的大趋势,经多年的发展,变

异性研究已从生长轮间深入到生长轮内。

木材生长轮密度是表征木材材质综合变异的重要指标。通过分析生长轮内木材密度的变异,可以探明树木形成过程中,各种外在因素和内部遗传特

性。Fukazawa<sup>[5]</sup>研究日本柳杉(*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don)生长轮密度发现:早、晚材木材密度差异较大,晚材密度是早材密度的1~2.8倍,这种比值随树种不同而变化。Tajima<sup>[6]</sup>研究花旗松(*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco)时发现早、晚材相差2~2.5倍。Hodge和Purnell<sup>[7]</sup>用X射线木材密度计对湿地松(*Pinus elliotii* Engelm.)木材密度、过渡年龄和胸径生长的遗传参数进行了研究。Abdel等<sup>[1]</sup>采用微密度仪对花旗松进行了研究,结果表明:花旗松在幼龄期进行选择,控制成熟材的材性,在年轮平均密度、早材平均密度、晚材率和晚材宽度等特征值指标上均有可行性;而且,增加幼龄期的年轮宽度不会导致成熟材木材密度降低。

杨树生长迅速、适应性强、轮伐期短、经济价值高,已成为我国栽培面积最大的速生丰产树种,2010年我国杨树林面积居世界第一。因此,在我国研究杨树木材性质的变异规律意义重大。本文以I-69杨(*Populus deltoides* cv. I-69/55)为研究对象,采用法国南希实验室的软X射线对试样进行拍摄;运用树木年轮图像分析系统获取年轮密度径向变化数据;再通过树木年轮分析系统自动计算年轮数,年轮宽度、早材宽度、晚材宽度、晚材率等年轮宽度组成成分,年轮平均密度、最大密度、最小密度、早材密度、晚材密度等年轮密度组成成分;并对树木年轮组成成分径向变异和轴向变异规律进行分析。

## 1 材料与方法

### 1.1 试材采集

试材采集于安徽省天长市,该市位于安徽省江淮丘陵的东部,气候为北亚热带季风气候;阳光充足、气候温和、雨量适中。年平均气温15.4~16.6℃,1月均温1.17℃,7月均温27.6℃,降水量1041mm;日照时数2197h;无霜期220d。试验地设置在该市城西林场,林地于1991年开始造林,样木均生长发育良好,干形通直圆满。本试验采集3株(株号P1、P2、P3)无明显缺陷的试材,采集时间为2003年12月,试材具体数据见表1。

表1 试材数据

试材	树龄/a	高度/m	直径/cm
P1	12	6.4	23.5
P2	12	7.2	24.2
P3	12	8.2	24.6

试材采集按照国家标准《木材物理力学试材采集方法》(GB1927—91)<sup>[8]</sup>规定。采用破坏性取样,分别在基部0.3m、胸高部1.3m、及2m、4m、6m处截取50mm厚圆盘,从通过圆盘南北向截取试条,随后将试条精确加工成厚度为1.8mm、宽度为10mm、其长度为髓心到树皮距离的试样,共15个样本。将试样放至温度20℃,湿度为65%的环境中平衡,直至木材含水率达到12%,测定径向长度、质量和实际厚度。按照国家标准GB1933—91<sup>[9]</sup>,用称量法分别测定试条的气干密度。图1为圆盘截取位置图、图2为试条制作示意图(说明:由于I-69杨髓心易断,第一年年轮参数误差偏大,因此,数据分析从第二轮开始)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试条预处理 先将准备好的试样放在抽提器里分3步进行抽提,第一步用苯-乙醇抽提16~17h,第二步用无水乙醇抽提6~7h,最后用热水抽提2~3h,抽提出细胞壁中的抽提物质;再将试样放入恒温恒湿箱中(GZX-9023MBE电热恒温鼓风干燥箱)使含水率达到12%左右。

1.2.2 软X射线拍摄 软X射线拍摄是在法国南希实验室进行的。

利用树木年轮图像分析系统获取年轮密度径向变化数据,利用树木年轮分析系统自动计算年轮数、年轮密度和宽度等组成成分。

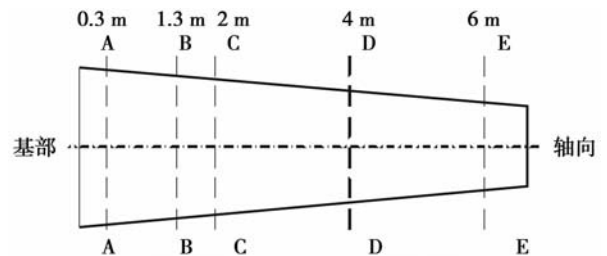


图1 圆盘截取位置图

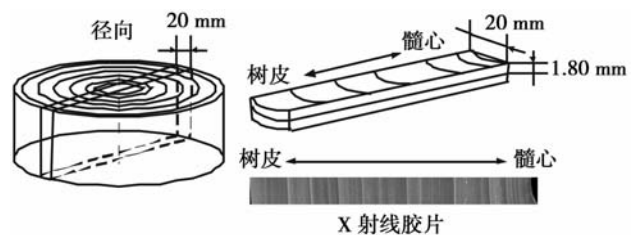


图2 试条制作示意图

## 2 结果与分析

### 2.1 年轮密度变异

I-69 杨为心边材无区别的散孔或半环孔材,结构甚细,均匀;年轮略明显,轮间呈深色带。图3为I-69 杨胸高部年轮密度图谱,从图中可以看出,I-69 杨在髓心处密度偏小,靠近树皮处密度偏大,总体呈S形变化。年轮密度图谱不仅可以反映年轮间密度变化,而且还可以反映年轮内密度细变化。图4为I-69 杨不同高度下年轮宽度和年轮密度组成成分径向变异图。从图中可以看出:不同高度下年轮宽度径向变异趋势是一致的;不同高度下年轮密度变异趋势也是一致的。表2为年轮组成成分统计分析,结果表明:年轮宽度、最小密度、晚材率变异系数较大,年轮宽度变异系数为42.36%;年轮密度、早材密度、晚材密度、最大密度变异系数较小,年轮密度变异系数为5.95%。也就是说,I-69 杨年轮密度组成成分变异小;年轮宽度组成成分变异大,由此也可以说明,I-69 杨材材质较为均匀。

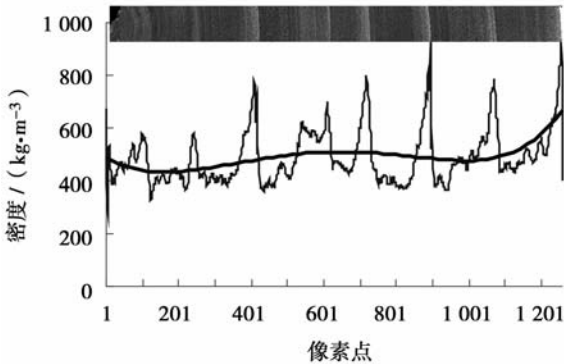


图3 年轮密度图谱

表2 年轮组成成分统计分析

指标	平均值	标准偏差	变异系数/%
年轮密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	484	0.028	5.95
年轮宽度/mm	10.86	4.6	42.36
晚材率/%	32.85	23.51	71.57
最小密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	168	0.064	38.14
早材密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	452	0.035	7.76
最大密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	863	0.125	13.34
晚材密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	562	0.061	10.96
早材宽度/mm	7.38	4.16	56.37
晚材宽度/mm	3.48	3.04	87.36

### 2.2 年轮组成成分径向变异

2.2.1 年轮密度组成成分径向变异规律 木材密度指标的大小及其变异是木材材性改良和定向培育

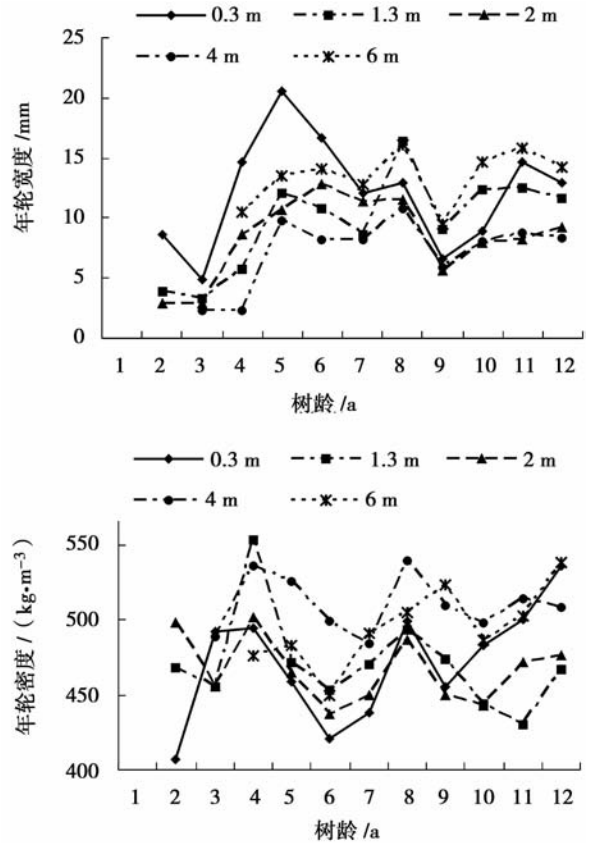


图4 不同高度下I-69 杨年轮宽度、年轮密度径向变异

的主要依据和理论基础<sup>[10-13]</sup>。图5为年轮密度、宽度与树龄关系图,从图中可以看出:I-69 杨年轮密度变化不大,变化范围为 $418 \sim 584 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,变异系数为5.95%。髓心附近第2~3轮密度稍大;第4~8轮略降低;随后密度缓慢增加,密度从内向外呈S形变化,密度径向变异属于Pansin I型。总的来说,杨树木材密度的径向变异规律是随树龄增加而增大,这符合阔叶树材散孔材沿半径方向的变化规律<sup>[1]</sup>,即自髓心向树皮方向逐渐增大。从图中还可以看出:最大密度波动较大。

2.2.2 年轮宽度组成成分径向变异规律 从图5中还可以看出:I-69 杨的年轮宽度变化较大,变化范围为 $1.37 \sim 25 \text{ mm}$ ,变异系数为42.36%。髓心附近年轮宽度小;第3~5轮宽度急剧增加;第6~12轮基本平稳波动。其中前期生长量较大,波动也较大,是杨树的速生长期,第6年轮是一个过渡年限,以后年轮宽度保持稳定并略有下降。整个生长过程可分为生长初期、速生期、生长后期。

### 2.3 年轮组成成分轴向变异

木材密度沿树干高度方向变化规律性不强。Panshin等<sup>[2]</sup>认为有两种情况,其一,由树基向树梢

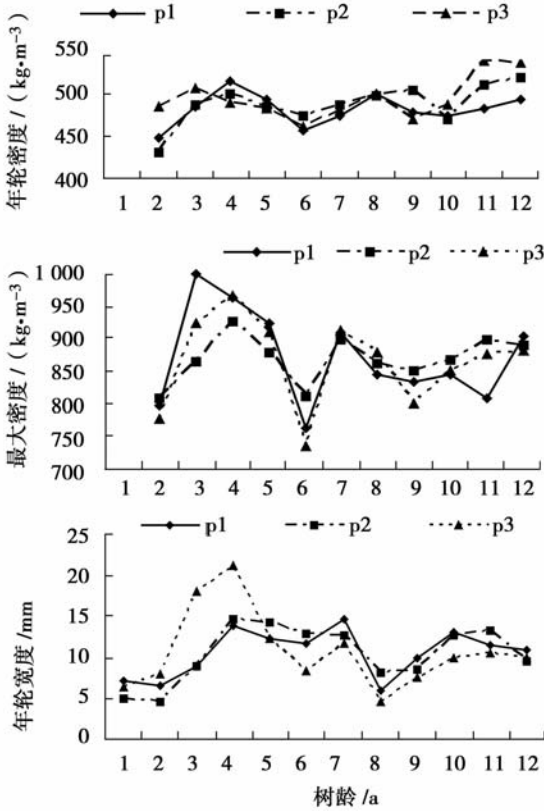


图5 年轮密度、宽度径向变异

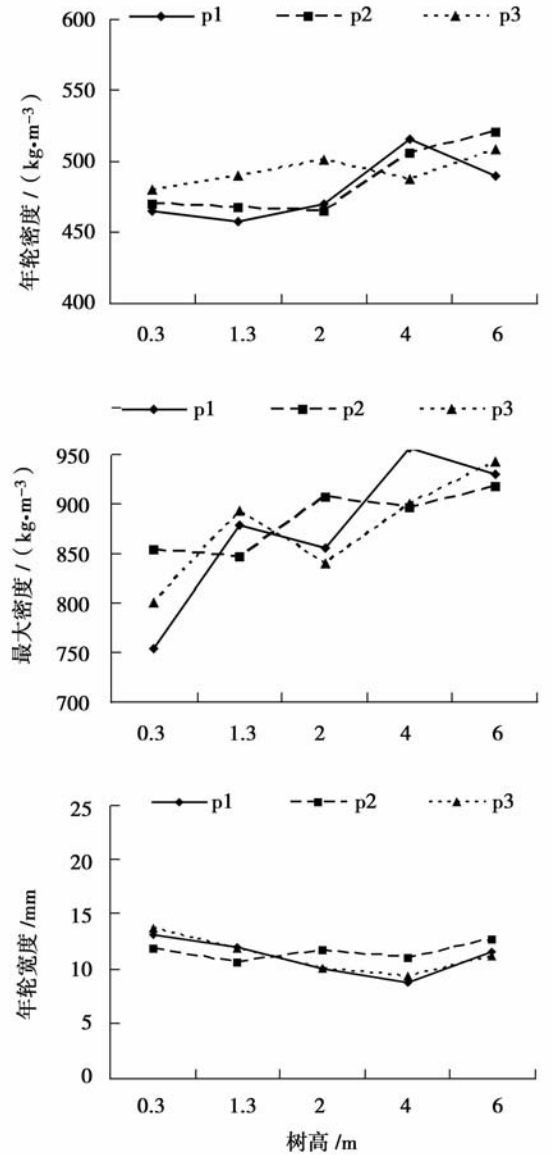


图6 年轮密度、宽度轴向变异

逐渐减小,这种模式包括针叶材大部分树种;其二,由树基向树梢逐渐增加,如柳杉,侧柏 (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) 等。除以上两种外, Koga 等<sup>[14]</sup>对冷杉 (*Abies balsamea* (L.) Mill.) 年轮宽度、年轮密度组成成分株间和株内变异进行了研究,结果表明:冷杉株间和株内两者的变化都很大,但是树间的变化相对小一些;冷杉年轮密度组成成分变异比年轮宽度组成成分小;轴向变异小于径向变异;底部到顶端不同位置的年轮宽度和年轮密度大多呈显著相关。

图6为I-69杨年轮密度、宽度轴向变异,从图中看出:年轮密度各组成成分随高度增加而增加。从图6中还可以看出:基部处(0.3 m)年轮宽度最大,4 m高度处宽度最小,随后又增加。不同高度I-69杨年轮密度组成成分双因素方差分析表明:年轮密度、最大密度、晚材密度株内轴向变异显著、株间变异不显著;年轮宽度、最小密度、晚材率株内、株间轴向变异均不显著。年轮组成成分与树高回归分析结果表明:多项式模型能较好地描述年轮组成成分与树高的关系。相对而言,木材密度径向变异大于轴向变异,因此,径向变异仍然是变异研究的重点。

### 3 小结

本文运用树木年轮图像分析系统和树木年轮分析系统获取年轮组成成分数据,对I-69杨木材年轮宽度和年轮密度组成成分径向变异和轴向变异规律进行了分析,有关结论如下:

(1)不同高度下I-69杨年轮宽度和年轮密度趋势是一致的。I-69杨在髓心处密度偏小,靠近树皮处密度偏大,总体呈S形变化。I-69杨年轮密度组成成分变异较小;年轮宽度组成成分变异较大;I-69杨木材材质较为均匀。

(2)I-69杨木材密度变化不大,变化范围为418~584 kg·m<sup>-3</sup>;密度的径向变异规律是随树龄

增加而增大,最大密度波动较大,最小密度随树龄增加总体趋势下降,早材密度、晚材密度随树龄增加而增加;早材密度与晚材密度差值随树龄的增加而增加,表明 I-69 杨生长后期年轮密度变异大。I-69 杨的年轮宽度变化较大,变化范围为 1.37 ~ 25 mm。年轮宽度和密度各项指标株内径向变异极显著,株间径向变异不显著。

(3)年轮密度各组成成分随高度增加而增加,其中,年轮平均密度、早材密度、最小密度增加量较小,年轮最大密度、晚材密度增加量较大。年轮宽度组成成分轴向变异,基部处(0.3 m)年轮宽度最大,4 m 高度处宽度最小,随后又增加。年轮密度、最大密度、晚材密度株内轴向变异显著、株间变异不显著;年轮宽度、最小密度、晚材率株内、株间轴向变异均不显著。相对而言,I-69 杨木材密度径向变异大于轴向变异,因此,径向变异仍然是变异研究的重点。

#### 参考文献:

- [1] Abdel-Gadir A Y, Krahmer R L, McKimmy M D. Relationships between intra-ring variables in mature Douglas-fir trees from provenance plantations[J]. Wood Fiber Sci., 1993, 25(2): 182 - 191
- [2] Panshin A J, DeZeeuw C. Textbook of Wood Technology[M]. New-York: McGraw-Hill Book Company, 1980
- [3] 鲍甫成, 江泽慧. 中国主要人工林树种木材性质[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997: 1 - 92
- [4] 徐有明, 林 汉, 张卓文, 等. 火炬松种源顺纹抗压强度变异及与树龄、晚材率、木材密度相关分析[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(4): 19 - 22
- [5] Fukazawa K. Studies on the relation between physical properties and growth condition for planted sugi in central district of Japan (V); on the specific gravity, fiber saturation point and volumetric shrinkage of the spring and summerwood[J]. Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, 1959, 20(1): 93 - 118
- [6] Tajima T. Tree Growth and Wood Properties. Research Report, Faculty of Agriculture[R]. Tokyo University, Tokyo, 1967: 208
- [7] Hodge G R, Purnell R C. Genetic parameter estimates for wood density, transition age, and radial growth in slash pine[J]. Can J For Res, 1993, 23: 1881 - 1891
- [8] GB 1927—91 木材物理力学试材采集方法.
- [9] GB/T 1933—91 木材密度测定方法.
- [10] 刘盛全, 江泽慧, 鲍甫成. 人工林杨树木材性质与生长培育关系的研究[J]. 林业科学, 2001, 37(2): 90 - 96
- [11] 任海青, 中井孝. 人工林杉木和杨树木材物理力学性质的株内变异研究[J]. 林业科学, 2006, 42(3): 13 - 20
- [12] 姜笑梅, 殷亚方, 浦上弘幸. 北京地区 I - 214 杨树木材解剖特性与基本密度的株内变异及其预测模型[J]. 林业科学, 2003, 39(6): 115 - 121
- [13] 费本华, 阮锡根. 北京地区气温和降水对银杏木材年轮和密度的影响[J]. 林业科学研究, 2001, 14(2): 176 - 180
- [14] Koga S, Zhang S Y. Relationships between wood density and annual growth rate components in balsam fir (*Abies balsamea*) [J]. Wood Fiber Sci., 2002, 34: 146 - 157