

楸树心材与边材的生长特征及变异规律

邓丽萍, 任素红, 吕建雄, 王玉荣, 任海青, 赵荣军

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 为系统了解珍贵阔叶树楸树心材与边材的生长特征及边心材转化规律, 采用树木年轮分析仪对5株楸树不同树高处的圆盘进行年轮数、宽度等生长特征测定, 建立心材与树木各生长量之间的回归模型。结果表明: 楸树年轮宽度在10~15年达到峰值, 可持续10年左右; 心材起始树龄为5.26 a, 心材形成速率为0.90轮/a; 属于生长收获周期短、心材形成时期较早且形成速率较快的树种。

关键词: 楸树; 心材; 边材; 生长特征; 变异规律

中图分类号: S781.1; S792

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654 (2019) 04-0009-05

Growth Characteristics and Variation of Heartwood and Sapwood of *Catalpa bungei*

DENG Li-ping, REN Su-hong, LU Jian-xiong, WANG Yu-rong, REN Hai-qing, ZHAO Rong-jun

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: To better understand growth characteristics of heartwood and sapwood and variation in heartwood formation of *Catalpa bungei*, a series of experiments were conducted to measure ring number, and widths of heartwood and sapwood at different tree heights by using tree-ring measuring station. A regression model of relationship between heartwood and tree growth was established.

The results showed that annual ring widths of the trees reached peak at the 10th~15th year and could maintain the peak in 10 years. The heartwood started to form at age 5.26 a, and the heartwood growth rate was 0.90 rounds /a. It was concluded that *Catalpa bungei* is a hardwood species with a short growing and harvesting period, an early heartwood forming period and a fast growing rate.

Key words: *Catalpa bungei*; heartwood; sapwood; growth characteristics; variation

心材是珍贵树种的主要用材部分, 是体现珍贵树种木材质量与价值的主体。然而, 多数珍贵树种生长周期长, 且在生长高峰期前形成的心材比例少、木材机械强度低、易开裂, 利用价值不高。

收稿日期: 2019-01-13; 修改日期: 2019-06-14

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“珍贵阔叶树心边材结构与性质对加工利用的影响机制”(CAFYBB2017ZX003); “十三五”国家重点研发计划资助“木材细胞壁结构调控对性能的影响机制”(2017YFD0600202)。

作者简介: 邓丽萍(1993—), 女, 硕士研究生。Email: 1206320827@qq.com。

责任作者: 赵荣军, 女, 研究员。Email: rongjun@caf.ac.cn。

边材向心材的转化过程是复杂的生理学过程。心材的生物量, 对于木材尤其是珍贵阔叶树种木材的质量与价值具有重要影响, 而边材含量会直接或间接地影响树木生长、水分利用效率及树干的呼吸潜力^[1]。二者在生理结构和物理化学特性上具有本质的不同, 因此, 研究珍贵树种心边材的生长特征及变化规律, 对于构建树木生长收获模型、筛选优质心材树种、建立木材质量评价标准及有效利用木材等, 均具有重要意义。

楸树(*Catalpa bungei*)属紫葳科(Bignoniaceae)

梓树属(*Catalpa*),是我国特有的珍贵阔叶树种之一,主要分布于北纬22~42°、东经88~123°,在河南、安徽、山东、江苏、山西、湖北、陕西等省的种类和数量最多。我国的楸树种质资源丰富,基因类型复杂,再加上自然杂交、遗传变异和人工选择作用,形成了在形态特征、材质特性和生长速度等方面具有显著差异的新类型。市场需求的持续增加,而科学栽培技术发展相对较慢,造成了楸树木材在市场上资源短缺且价格昂贵的现状。

目前的研究集中在楸树的生物学特性、种质资源现状、分类和良种选育、苗木繁殖等方面,对于楸树生长过程中心材的发育形成及其沿树高的纵向变化规律尚未见报道。

本研究以楸树为研究对象,通过树干及圆盘解析,分析其生长过程中心边材的生长特征及沿树高纵向的变异规律,以期对楸树的定向培育、构建楸树心材生长收获模型及木材资源的高效利用,提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

楸树林分位于河南省洛宁县,人工栽植,单层阔叶林,地位级Ⅱ级,自然生长。随机选取5株生长正常且无明显缺陷的楸树样木,基本情况见表1。

表1 样木信息一览表

Tab.1 List of wood sample information

样木编号	树龄/a	树高/m	胸径/cm	圆盘数
I	33	14.9	27.6	4
II	31	17.0	25.4	5
III	44	20.3	30.4	9
IV	44	15.8	29.1	5
V	36	15.8	25.5	4

分别在树干基部和胸高1.3 m处各取一个厚度5 cm的圆盘,胸高1.3 m以上的木段每隔2.5 m截取一个圆盘。因树高差异,每株样木所获得的圆盘个数不同,共计27个。

1.2 试验方法

将圆盘表面抛光,采用LINTAB™6树木年轮分析仪,根据心材与边材颜色差异,区分心边材的界限,如图1所示。

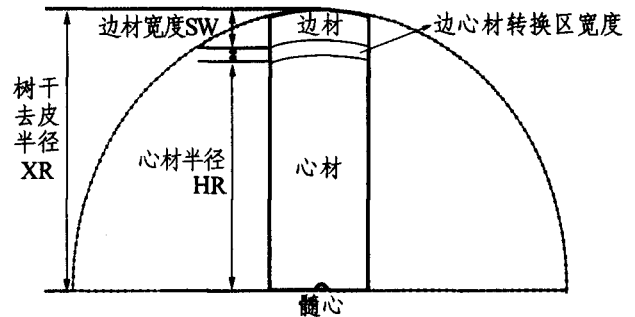


图1 圆盘分析示意图

Fig.1 Schematic diagram for wood disc analysis

结合高分辨率立体显微镜及配套的TSAP-Win分析软件,对圆盘按照东、南、西、北四个方向,分别自髓心向树皮,逐个测算年轮宽度。

统计分析的圆盘因子包括:树干去皮半径(xylem radius, XR)、心材半径(heartwood radius, HR)、边材宽度(sapwood width, SW),以及边心材转化区的年轮数及宽度等。

边材面积=圆盘面积-以心材半径和边心材转化区宽度之和为半径的圆面积;

心材/边材率=心材/边材面积占圆盘截面的面积比率。

2 结果与讨论

2.1 楸树年轮宽度

如图2所示,随着树龄的增加,楸树年轮宽度呈现先增加后减小的变化趋势。其原因是发育初期生长状态不稳定,期间生长轮宽度较窄,而当树木进入稳定生长期,其年轮宽度呈现逐步上升趋势。在10~15年树龄的木质部中,年轮宽度达到峰值,持续10年左右,之后随着树龄的递增而减小。

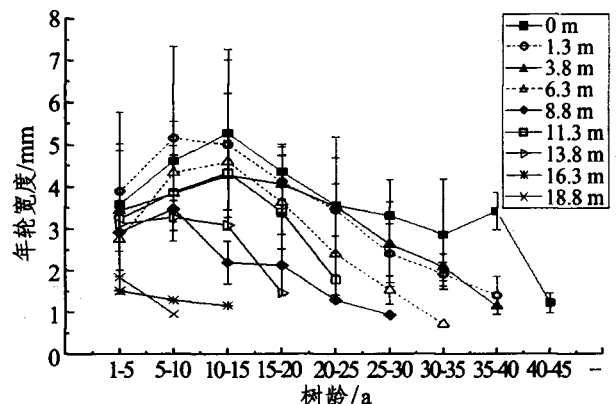


图2 年轮宽度的径向变异

Fig.2 Radial variation in growth ring widths

图2还显示楸树年轮宽度在树干纵向分布上的总体表现:随着树高增加,年轮宽度基本呈现减小的趋势,树干基部的年轮宽度最大而树干梢部最小。树高11.3 m处的平均年轮宽度有异常偏高,可能是树木生长过程受到外界环境或人为干扰造成的。

生长轮宽度反映了树木每年生长的快慢,是林木生长量的重要指标。生长轮宽度在径向上的变化,反映出其自身的生长规律,同时也能够揭示和预测树木在未来的生长增量潜力。年轮宽度会因气候、环境以及人为因素的干扰,在一定程度上导致不规则变化,但其总体趋势一致。

落叶松、樟子松等^[2-3]针叶树的起始年轮宽度通常较小,到达峰值通常需5~10年。而楸树的起始年轮的宽度比峰值年轮宽度窄,但仍处于中等偏上的较高范围,且年轮宽度峰值出现较晚。因此,楸树的径向生长特征更有利于提早收获最大材积,从而缩短培育时间,降低经营成本。

速生美洲黑杨在第3个年轮达到峰值,持续1年左右后缓慢下降^[4],尽管较早达到年轮宽度峰值,但生长增量的潜力远不如楸树。

2.2 楸树心材起始树龄及树干去皮半径

参照已有研究^[5],采用一次线性模型估算心材起始树龄。如图3所示,将树干各高度的心材年轮数和圆盘年轮数分布于坐标轴上,拟合回归直线的斜率表示心材的形成速率,即每年边材向心材转化的年轮数;直线外推与横坐标的交点,即心材起始树龄^[6]。

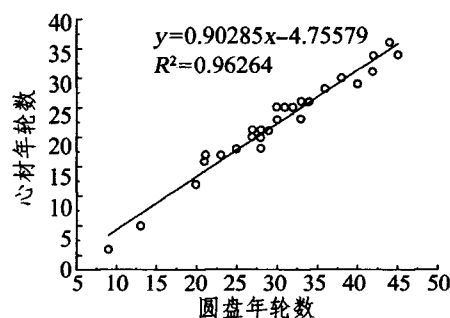


图3 心材年轮数随圆盘年轮数的变异

Fig.3 Variation of heartwood ring number with cambial ages

随着圆盘年轮数增加,心材年轮数总体呈现增加趋势,说明楸树心材的生长,是随着树龄增加由边材逐渐转化的。回归曲线的斜率,即心材的平均形成速率为0.90轮/a,推算出心材起始树龄为5.26 a。

图4所示为心材半径随去皮半径的变化规律,和心材年轮数与圆盘年轮数的变化趋势一致,且其拟合直线的决定系数 $R^2 > 0.99$,说明两者有显著线性相关性。心材半径与树干去皮半径回归直线的斜率,表示心材的形成速率,即边材向心材转化的速率;直线外推与横坐标的交点,表示心材起始树干去皮半径,即心材即将形成时的树干去皮半径。

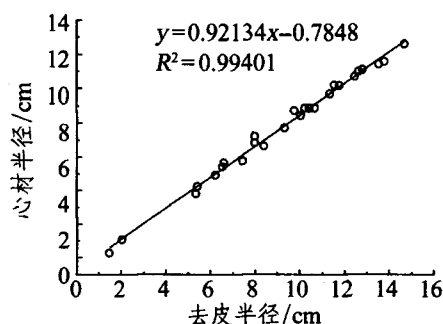


图4 心材半径随树干去皮半径的变异

Fig.4 Variation of heartwood radius with xylem radius

当圆盘断面去皮半径为0.85 cm时开始形成心材,之后树干去皮半径每生长1 cm,心材半径生长0.92 cm。半径的拟合结果比年轮数的拟合结果更精准。

由表2可以看出:不同树种的心材起始树龄及形成速率差异明显,且同一树种不同种源的树木心材形成规律也存在较大差异;与红锥等阔叶树种相比,楸树属于心材形成时期较早、且形成速率也较高的优良树种。

表2 不同树种的心材起始树龄及心材形成速率

Tab.2 Heartwood initiation ages and heartwood forming rates of different tree species

树种	心材起始树龄/ a	心材形成速率/ (轮·a ⁻¹)
楸树 (<i>Catalpa bungei</i>)	5.26	0.90
水曲柳 ^[7] (<i>Fraxinus mandshurica</i>)	8.5	0.97
胡桃楸 ^[7] (<i>Juglans mandshurica</i>)	5.4	0.93
黄菠萝 ^[7] (<i>Phellodendron amurense</i>)	5.9	1.04

2.3 楸树心材与边材比例

由图5可以看出,随树高的增加,楸树心材率递减,边材率递增。在树干基部附近,心材率在75%上下波动;树高5 m以上逐渐降低,树梢部18.8 m处降到3.80%。树高≥13.8 m后,心材率和边材率的变异幅度更为显著。

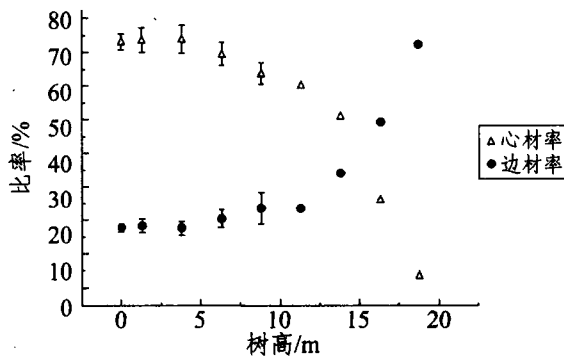


图5 平均心材率与边材率随树高的变异

Fig.5 Variation of average heartwood rates and sapwood rates with tree heights

楸树心材半径与边材宽度比值变化如图6所示。树高 <5 m时,心材半径与边材宽度的比值在7~12较高范围内,树高 ≥ 5 m后比值明显下降,在树干梢部的比值甚至 <1 。表明树干梢部几乎是由新形成的无心材材质的木质部组成,与东北主要树种心材和边材的生长特征相同^[7-8]。

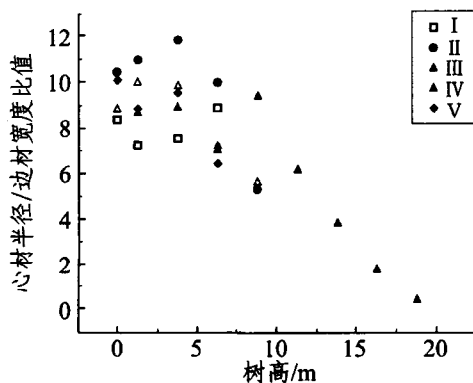


图6 心材半径与边材宽度的比值随树高的变异

Fig.6 Variation of ratio of heartwood radius to sapwood width with tree heights

不同地区树种的研究结果不尽相同,如加拿大松心材在树高方向上的生长变化无一定规律,主要是受到当地多风气候的影响,导致树木在生长过程中剧烈摇晃而促进了不同阶段心材的形成速率^[9]。

2.4 楸树心材与边材沿树高生长的变化关系

树木生长到一定年龄,树干直径增长到一定的程度,边材才以相对稳定的速率向心材转化,但由于各个树种的转化速率不同,导致了树种间边材年轮数在沿树干方向的变化不同^[10]。

如图7所示,楸树心材年轮数随树高的变化规律,与圆盘年轮数随树高的变化规律一致,均随树

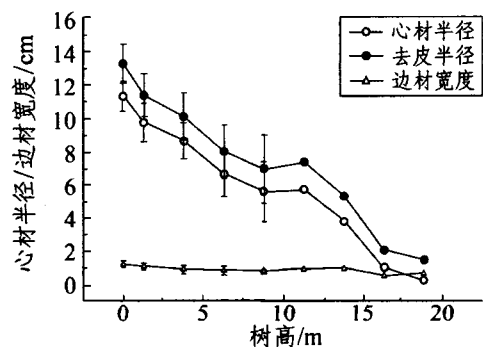
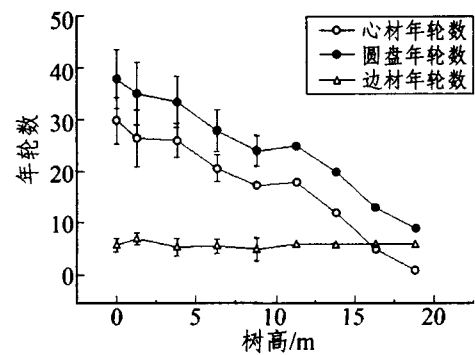


图7 圆盘、心材与边材随树高的变异

Fig.7 Variation of growth rings, heartwood and sapwood with tree heights

高的递增而减小,而楸树边材的年轮数则随树高的递增保持相对稳定,在2个年轮数的范围内波动。

同样,楸树心材半径总体上随着树高的增大而减小,心材的外形与树木主干保持一致。边材宽度随树高的变化相对稳定,与边材年轮数随树高的变化表现出相同规律,但树干基部的边材宽度明显高于其他树高位置的边材宽度。

通过比较可以得出,楸树心材和边材的生长趋势在形成层的变化过程中存在明显差异,心材的生长几乎与形成层的生长保持一致,具有高度线性相关性,这对于楸树心材量的掌握和获取,有一定参考价值。

由于用半径拟合楸树心边材变化比年轮数效果更好,且由图7可以看出,心材半径随树高的变化速率在树高8.8 m之下和之上并不相等,这可能是由于心材半径受到圆盘年轮数和树木早期径向生长量共同制约所致^[9]。

分别拟合树高8.8 m以下和以上的心材半径、边材宽度与树高的线性关系,如图8所示;根据线性拟合结果,分别拟合出楸树心材与边材在不同树高上的生长示意图,如图9所示。

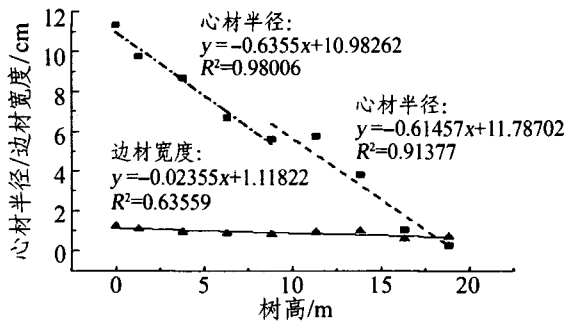


图8 不同树高的心材半径和边材宽度的变化

Fig.8 Variation of heartwood radius and sapwood width with tree heights

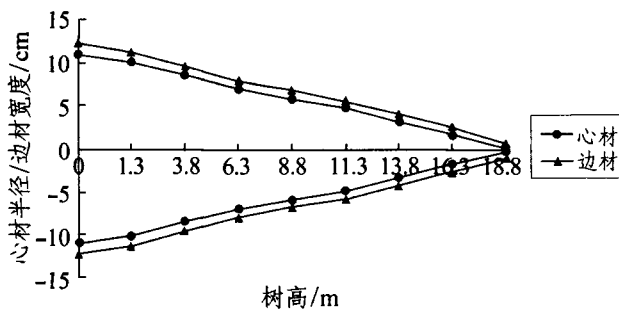


图9 楸树心材与边材生长示意图

Fig.9 Growth diagram of heartwood and sapwood of *Catalpa bungei*

楸树心材年轮数、半径与树木主干共同遵从随树高的增加而减小的生长规律，心材与树木主干的生长变化保持高度的一致性。边材年轮数及宽度的生长随树高的增加虽未见明显变异，但边材在树干基部的宽度值最大，印证了树木普遍的生长规律，即随着树木年龄和直径的增长，树冠持续增大，维持整个树木机体生理活动所需要的输导组织增多，因此边材面积（宽度）不断增加^[11]。

由此可见，楸树心材和边材的生长规律在树木生长过程中存在明显差异而又各自特征分明，这一特性为楸树心材与边材生长量和蓄积的掌握和测算提供了依据。

3 结论

1) 楸树年轮宽度，在径向随着树龄的增加呈先增后减的趋势；在纵向随着树高的增加而递减；年轮宽度在 10~15 a 达到峰值，持续 10 a 左右；心材起始树龄为 5.26 a，心材形成速率为 0.90 轮/a，属于生长收获周期短、心材形成时期较早、形成速率较快的珍贵阔叶树种。

2) 楸树心材和边材的生长特征及变异规律存在明显差异，心材与树木主干的生长变化具有一致的变异规律，而边材则始终保持相对稳定，这一特性为楸树的心材生长收获模型构建及其定向培育等提供了理论依据。

楸树试材采集得到中国林业科学研究院王军辉研究员和河南省林科院张江涛研究员的大力支持和帮助，特此谢忱。

参考文献:

- [1] Wadsworth F H, González E. Sustained mahogany (*Swietenia macrophylla*) plantation heartwood increment[J]. Forest Ecology & Management, 2008, 255(2): 320-323.
- [2] 刘铭宇. 人工落叶松樟子松内部结构及木材密度的变化特征[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013.
- LIU M Y. The variation of the artificial Larch and *Pinus sylvestris* internal structure and wood density[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2013.
- [3] 刘青华, 张蕊, 金国庆, 等. 马尾松年轮宽度和木材基本密度的种源变异及早期选择[J]. 林业科学, 2010, 46(5): 49-54.
- LIU Q H, ZHANG R, JIN G Q, et al. Variation of ring width and wood basic density and early selection of *Pinus massoniana* provenances[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2010, 46(5): 49-54.
- [4] 徐有明, 翁文源, 张友华. 美洲黑杨不同径级木材纤维、导管形态及其基本密度的差异[J]. 安徽林业科技, 2011, 37(1): 2-9.
- XU Y M, WENG W Y, ZHANG Y H, et al. Difference in timber fiber vessel and basic density of *Populus deltoides* with different diameter classes[J]. Anhui Forestry Science and Technology, 2011, 37(1): 2-9.
- [5] Fleur Longuetaud, Frédéric Mothe, Jean-Michel Leban, et al. *Picea abies* sapwood width: Variations within and between trees[J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 2006, 21(1): 41-53.
- [6] Knapic S, Tavares F, Pereira H. Heartwood and sapwood variation in *Acacia melanoxylon* R. Br. trees in Portugal[J]. Forestry, 2006, 79(4): 371-380.
- [7] 王兴昌, 王传宽, 张全智, 等. 东北主要树种心材与边材的生长特征[J]. 林业科学, 2008, 44(5): 102-108.
- WANG X C, WANG C K, ZHANG Q Z, et al. Growth characteristics of heartwood and sapwood of the major tree species in northeastern China[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2008, 44(5): 102-108.
- [8] 郭妍雪, 姜立春. 人工兴安落叶松心材边材变异及生长特征[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(6): 93-97.
- GUO Y X, JIANG L C. Variation of heartwood and sapwood and growth characteristics of artificial dahurian larch[J]. Journal of Northeastry University, 2015, 43(6): 93-97.
- [9] Climent J, Chambel M R, Gil L, et al. Vertical heartwood variation patterns and prediction of heartwood volume in *Pinus canariensis* Sm [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 174(1-3): 203-211.
- [10] Miranda I, Gominho J, Lourenço A, et al. The influence of irrigation and fertilization on heartwood and sapwood[J]. Revue Canadienne De Recherche Forestière, 2006, 36(36): 2675-2683.
- [11] Shinozaki K, Yoda K, Hozumi K, et al. A quantitative analysis of plant form the pipe model theory I. Basic analysis[J]. Japanese Journal of Ecology, 1964, 14(30): 95-105.

(责任编辑 向琴)