

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.02.011

## 青钱柳解剖性质研究

冯明章<sup>1</sup>, 杨黑石<sup>2</sup>, 潘芳雅<sup>3</sup>, 张博<sup>3</sup>, 齐锦秋<sup>3\*</sup>, 辜云杰<sup>4</sup>

(1. 喜德县东西河林场, 四川 喜德 616750; 2. 雷波林业局西宁管理处, 四川 雷波 616550;  
3. 四川农业大学, 四川 成都 611130; 4. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081)

**摘要:**以青钱柳(*Cyclocarya paliurus*)树干1.3 m处圆盘为研究对象,通过木材解剖测定其生长轮纤维长度、宽度、长宽比、壁厚、腔径、壁腔比和导管长度、宽度、长宽比、壁厚、腔径、壁腔比,研究各个指标随生长轮龄增长的径向变异规律。结果表明:青钱柳纤维长度、纤维长宽比随生长轮龄的增长总体呈增长的径向变异规律;而纤维宽度、纤维壁厚、纤维腔径、纤维壁腔比随生长轮龄的增长没有明显的变异规律。青钱柳导管长度、导管宽度、导管壁厚、导管腔径随生长轮龄的增长总体呈增长的径向变异规律;导管长宽比、导管壁腔比随生长轮龄的增长没有明显的变异规律。

**关键词:**青钱柳;解剖性质;纤维;导管;径向变异

中图分类号:S718.47

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2017)03-0056-06

## A Study of Anatomical Properties of *Cyclocarya paliurus*

FENG Ming-zhang<sup>1</sup> YANG Hei-shi<sup>2</sup> PAN Fang-ya<sup>3</sup> ZHANG Bo<sup>3</sup>  
QI Jing-qiu<sup>3\*</sup> GU Yun-jie<sup>4</sup>

(1. East and West River Forest Farm of Xide County, Xide 616750, Sichuan, China;

(2. Xining Management office of Leibo Forestry bureau, Leibo 616550, Sichuan, China;

3. Sichuan Agricultural University, Chengdu 610081, Sichuan, China;

4. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** In this paper, taking disks of *Cyclocarya paliurus* trunk at 1.3 m as the research object, through the wood anatomic method measurement was conducted on its growth round fiber length, width, aspect ratio, cavity diameter, wall thickness, wall cavity ratio and tube length, width, aspect ratio, cavity diameter, wall thickness and wall cavity ratio, and studies were made of the various indicators along with the growth ring radial variation patterns of age growth. The results showed that *Cyclocarya paliurus* fiber length and fiber length-width ratio along with the growth of the age of growth ring overall had a growing radial variation law; And fiber width, fiber wall thickness, diameter, fiber wall cavity ratio along with the growth of the age of growth ring exhibited no obvious variation regularity. *Cyclocarya paliurus* catheter in the wall thickness, length, width of catheter, guide catheter lumen diameter along with the growth of the age of growth ring radial variation regularity of overall increased; Catheter length-width ratio, guide wall cavity ratio along with the growth of the growth ring of age had no obvious variation rule.

**Key words:** *Cyclocarya paliurus*, Anatomical properties, Fiber, Catheter, The radial variation

收稿日期:2017-03-14

基金项目:四川省公益性科研院所基本科研项目(JB2016-07)。

作者简介:冯明章(1967-),男,林业工程师,长期从事林业科技推广工作。

## 引言

青钱柳 (*Cyclocarya paliurus*) 又名青钱李 (江西)、山麻柳 (四川)、甜茶树 (贵州)、一串钱 (湖北) 等,是胡桃科古老特有单种属,为我国所特有,属濒危树种,集用材、绿化、保健、药用于一身<sup>[1]</sup>。

由于青钱柳主要分布在中国,因此国外涉及青钱柳的研究比较少,仅限于对青钱柳药用价值的研究<sup>[2]</sup>。国内对于青钱柳的研究主要集中于青钱柳的开发利用,种子育苗技术和其化学成分及药理活性的研究等等。谢明勇等对青钱柳的生物学特性、资源分布、树种培育、化学成分、生物活性及产品开发等方面的研究进展进行了较为全面的介绍与分析<sup>[3]</sup>。陈志刚在其研究中指出,青钱柳喜阴、耐寒,要求深厚、喜风化岩湿润土质,在自然状态下结实率低,种子空粒率高,很难成片生长。青钱柳耐旱,萌芽力强,生长中速<sup>[4]</sup>;邓波等以 4 a 生的青钱柳 7 个家系为试验对象,开展了青钱柳幼龄期生长速率、微纤丝角、基本密度及结晶度家系之间变异的研究,表明其在家系之间都存在显著差异<sup>[5]</sup>;青钱柳种子具有深度休眠性,自然状态下需要 2 a~7 a 才能发芽出苗<sup>[6]</sup>;野生青钱柳成材率低,其木材难以被利用,对此陈水玉提出了青钱柳杉木混交造林技术<sup>[7]</sup>,通过试验,该方法较大程度提高了青钱柳的生产量;刘娟等归纳整理了青钱柳及药理活性研究进展<sup>[8]</sup>,综述了青钱柳的化学成分和药理作用。

树的一生受到遗传潜势和环境因子的影响,所以善用木材必须了解其构造,必须知道构造如何不同、为何不同<sup>[9]</sup>。木材性质是由构成木质部的细胞类型、形态、数量以及细胞排列方式所决定<sup>[10]</sup>,是木材利用的基础,人们对一个树种木材高效利用的前提主要依赖于对其材性的研究和了解<sup>[11]</sup>。

青钱柳为散孔材,导管分子较长<sup>[12]</sup>,其材质密度比胡桃楸的大,硬度适中,干燥快,切削容易且切面光滑,适宜做家具、农具、胶合板及建筑材料等<sup>[13]</sup>。但是,由于青钱柳在我国分布广泛,不同种源或家系间在性状上存在显著的变异<sup>[14]</sup>。

相较于对青钱柳育苗技术和药用价值的研究,国内对于青钱柳木材性质的研究相对较少。洪俊溪对青钱柳的木材的物理性能进行了研究,在其研究中指出青钱柳的木材纹理直,结构略细,重量和硬度

适中,干燥快,稍耐磨、切削容易、且切面光滑、油漆和胶粘性良好,钉着力中<sup>[15]</sup>。木材解剖性质是材性研究的一个主要部分,早在 1918 年 Bailey<sup>[16]</sup>就对木材解剖性质和变异性进行过研究,随着木材科学的发展,木材解剖性质不断得到深入研究。王玉<sup>[17]</sup>等利用扫描电镜和常规石蜡切片技术对青钱柳的根、茎、叶进行了系统的观察和研究,并试图探讨营养器官的解剖结构与生态适应性的关系,为青钱柳的推广栽培提供科学依据。

目前国内对于青钱柳木材解剖性质的研究相对较少,可以采用木材切片法和光学显微技术,研究青钱柳木材的微观特征,分析青钱柳木材的解剖性质,对青钱柳进行材质预测及为其高效加工利用提供科学的理论基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究地概况

沐川县隶属于乐山市,位于四川盆地西南部,地势由西南向东北倾斜。平均海拔高度为 397 m,气候冬暖夏凉,雨量充沛,阴雨寡照,属亚热带季风性湿润气候。年平均气温 17.3℃,最冷月平均气温 7.2℃,最热月平均气温 26.2℃,年平均降水量 1 332 mm,平均日照时数 968h。沐川县森林经营所位于沐川县沐溪镇,海拔 476 m,地理位置:北纬 28°58'04.25",东经 103°54'12.31"。

### 1.2 试验材料

在沐川县森林经营所所辖林区中的青钱柳天然林分布区,设置 3 个 20 m×20 m 的标准地,每个标准地选择一株平均木作为解析木,以 3 株 40 a 以上的青钱柳树干 1.3 m 处圆盘作为研究试材。

### 1.3 试验方法

以下实验均在四川农业大学林学院木材科学与工程系实验室进行。

#### 1.3.1 年轮的分界

青钱柳的生长轮明显<sup>[18]</sup>,沿青钱柳木材圆盘北侧方向,用带锯机截取通过髓心的木条。在木条上以红色线为锯切线,黑色线为数年轮所用辅助线,并从髓心开始对每个年轮进行标记并编号,用刀片逐一将每个年轮劈下并单独用封口袋封存。

#### 1.3.2 制作临时切片

①先将每个年轮正中取下约为 1 mm×1 mm×

10 mm 大小的小木块,放入试管中,加入 10% 硝酸和 10% 铬酸 1:1 混合液,用量为药液淹没木材为度;

②在室温下放置 10 h ~ 15 h,待小木棍变为透明为止;

③离析结束后,用蒸馏水冲洗式样;

④用解剖针将式样取下一小撮放置在载玻片上,用纸巾把蒸馏水吸干,滴一滴番红染色两分钟左右,用纸巾吸干剩余的番红溶液,滴一滴甘油,用解剖针轻捣式样,待完全分离后,盖上盖玻片,并编号(每个小试样做 5 ~ 6 个临时切片);

### 1.3.3 制作永久切片

①由于青钱柳的材质较软,将已处理好的小木块分别截取一小块,放入装有蒸馏水并编号的培养皿中浸泡约 24 h;

②待小样块软化可以切片后,用切片机将每个小样块的横切面和弦切面切下 5 张 ~ 6 张约 30  $\mu\text{m}$  的切片,放回培养皿中,以待备用;

③染色:用镊子夹住切片边缘,在培养皿边沿拂去(减少对番红的稀释,以下每一个转移步骤都是如此),放置于盛有番红的蒸馏水中染色 1 min 左右(每个切面选取 3 张 ~ 4 张);

④漂洗:用蒸馏水洗去染液;

⑤脱水:严格控制时间按以下顺序进行脱水,30% 酒精(5 min)→50% 酒精(5 min)→70% 酒精(5 min)→90% 酒精(5 min)→95% 酒精(5 min)→无水酒精(10 min)→无水酒精 + 二甲苯 1:1 溶液(5 min);

⑥透明:用二甲苯浸泡处理(10 min);

⑦封片:用镊子取出横切面切片和弦切面切片各一张,在载玻片上放正,滴一滴中性树胶,用镊子取一片盖玻片,缓慢压在切片上。用镊子的另一端对盖玻片施压,排出气体,并编号(每个小试样做 5 ~ 6 个永久切片);

### 1.3.4 拍照及测量

相同编号的切片的每个数据取 62 个数值,去掉最大值和最小值再取平均值。

①用 Image-pro Express 软件对临时切片进行显微拍照,保存图片,测定木纤维、导管的长度和宽度,并用 excel 保存数据。

②用 DP2 软件对永久切片逐一进行显微拍照,保存图片,然后用木材研究软件测定其木纤维、导管的腔径和壁厚。

### 1.3.5 数据整理

以试验得到的 3 株青钱柳平均数据,计算各生长轮纤维平均长度和宽度、导管平均长度和宽度,再计算出各年轮纤维、导管的长宽比和壁腔比。

## 2 结果与分析

### 2.1 青钱柳材纤维长度、纤维宽度、纤维长宽比的径向变异规律

如图 1,表示青钱柳各生长轮平均纤维长度随生长轮龄增长的径向变异。从图 1 中可以看出,青钱柳的纤维长度随生长轮龄的增大总体呈增长的趋势,纤维长度在髓心处平均长度最小,为 615  $\mu\text{m}$ ;靠近树皮几个生长轮的平均纤维长度达到最大,为 1 635  $\mu\text{m}$ 。

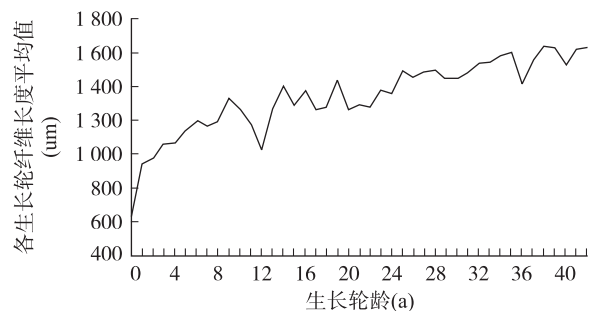


图 1 青钱柳各生长轮纤维长度随生长轮龄增长的径向变异

图 2 表示的是青钱柳各生长轮纤维宽度随生长轮龄增长的径向变异,从中可以直观的看出,青钱柳各生长轮纤维宽度随生长轮龄的增长变化不大,在 27  $\mu\text{m}$  左右波动。

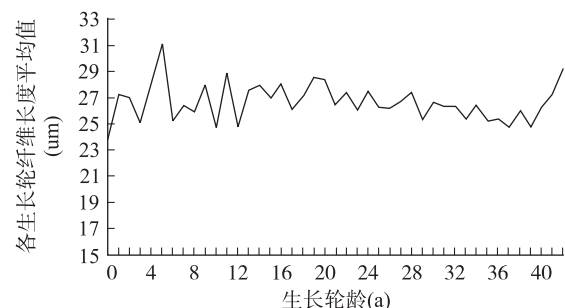


图 2 青钱柳各生长轮纤维宽度随生长轮龄增长的径向变异

由此可以得出结论,青钱柳随生长轮龄的增大,纤维宽度变化不大,而纤维长度总体呈增长的趋势。

而其中前 9 年纤维长度增长最快,表明纤维长度处于生长期,对应的青钱柳处于生长发育阶段;而后面纤维长度的增长趋于缓和,表明纤维长度趋于成熟,对应的青钱柳趋于成熟阶段。

图 3 表示青钱柳各生长轮纤维长宽比随生长轮龄增长的径向变异。纤维长宽比是纤维长度和纤维宽度的比值,是纤维长度和宽度共同作用的结果,与木材的物理性质有着密切关系。从图 3 中可以看出,纤维长宽比随生长轮龄的增大总体呈增长的趋势,与纤维长度的径向变异规律类似,最小值在靠近髓心的一端,为 26;最大值在靠近树皮的一端,为 65。

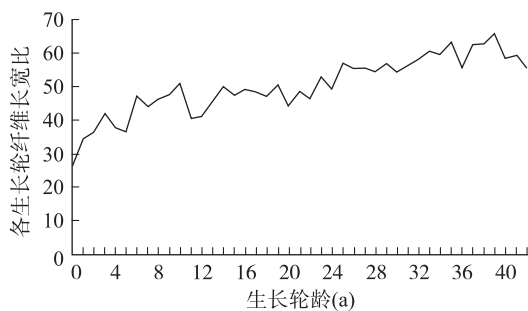


图 3 青钱柳各生长轮纤维长宽比随生长轮龄增长的径向变异

## 2.2 青钱柳材纤维壁厚、纤维腔径、纤维壁腔比的径向变异规律

图 4 表示青钱柳各生长轮纤维壁厚随生长轮龄增长的径向变异。纤维壁厚主要影响木材的密度,与木材的力学强度密切相关。可以看出,纤维壁厚绝大部分在 2~4  $\mu\text{m}$  之间,随生长轮龄的增长变化幅度不大。

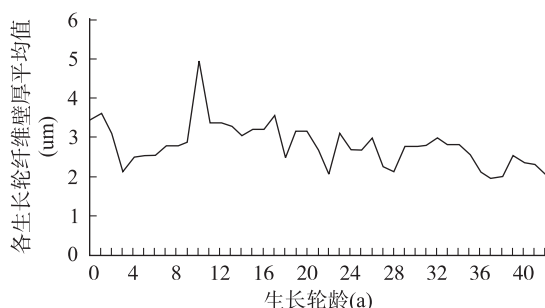


图 4 青钱柳各生长轮纤维壁厚随生长轮龄增长的径向变异

图 5 表示的是青钱柳各生长轮纤维腔径随生长轮龄增长的径向变异。观察可以看出,随生长轮龄的增大,纤维腔径没有明显的变异规律,绝大部分在

20  $\mu\text{m}$  左右。但是局部呈现出增长或减少的变异,很可能是由于气候、水分、养分等环境因子的影响造成的。

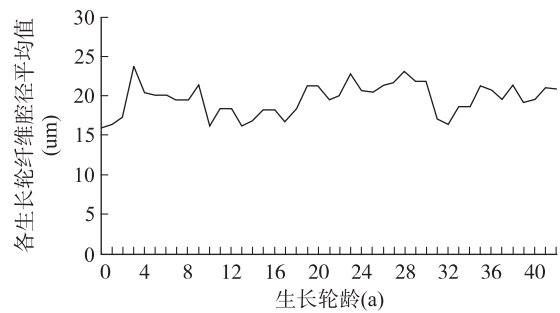


图 5 青钱柳各生长轮纤维腔径随生长轮龄增长的径向变异

青钱柳各生长轮纤维壁腔比随生长轮龄增长的径向变异如图 6 所示。纤维壁腔比是纤维壁厚与纤维腔径的比值,主要影响木材的密度,即纤维壁腔比越大,木材的密度越大。从图 6 可知,青钱柳纤维壁腔比没有明显的径向变异规律。

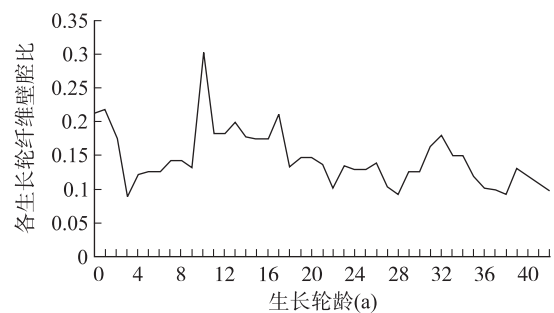


图 6 青钱柳各生长轮纤维壁腔比随生长轮龄增长的径向变异

## 2.3 青钱柳导管长度、导管宽度、导管长宽比的径向变异规律

青钱柳各生长轮导管长度随生长轮龄增长的径向变异如图 7 所示,从变化图中可以观察到,在生长轮龄为 0~2 时,各生长轮导管长度呈快速增长趋势;生长轮龄大于 2 时,增长速度趋于缓和,相邻生长轮间导管长度出现较大波动。

图 8 表示的是青钱柳各生长轮导管宽度随生长轮龄增长的径向变异。导管宽度一般反映出导管的大小,导管分子的大小不一,随树种及所在部位而异。从图 8 中可以看出,青钱柳导管宽度在 65  $\mu\text{m}$ ~210  $\mu\text{m}$  之间,随生长轮龄的增大纤维长度总体呈增长的趋势。与导管长度变异规律类似,生长轮龄

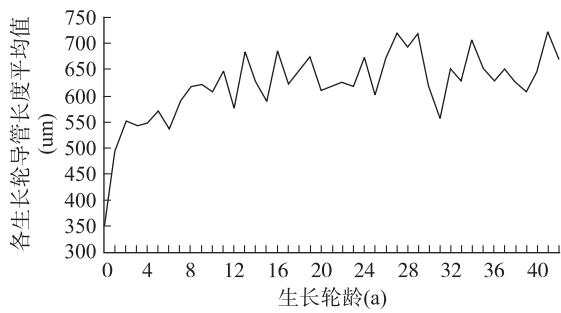


图7 青钱柳各生长轮导管长度随生长轮龄增长的径向变异

为0~2时,增长迅速;生长轮龄大于2a时,增长速度趋于缓和,相邻生长轮间出现波动。

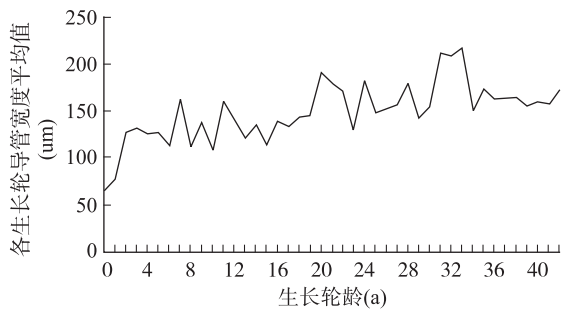


图8 青钱柳各生长轮导管宽度随生长轮龄增长的径向变异

青钱柳各生长轮导管长宽比随生长轮龄增长的径向变异如图9所示。导管长宽比直接影响导管的形态,导管长宽比越大,导管形态越细长,反之,导管越粗短。如图,导管长宽比的范围在2.64~6.45,随生长轮龄的增长总体呈降低的趋势。

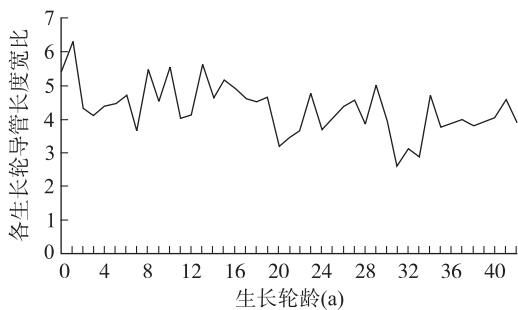


图9 青钱柳各生长轮导管长宽比随生长轮龄增长的径向变异

#### 2.4 青钱柳导管壁厚、导管腔径、导管壁腔比的径向变异规律

青钱柳各生长轮导管壁厚随生长轮龄增长的径向变异如图10所示,在生长轮龄0~2范围内,导管

壁厚呈迅速增长;当生长轮龄大于2时,导管壁厚径向变异趋于平缓,在5.4 um~7.9 um范围内。

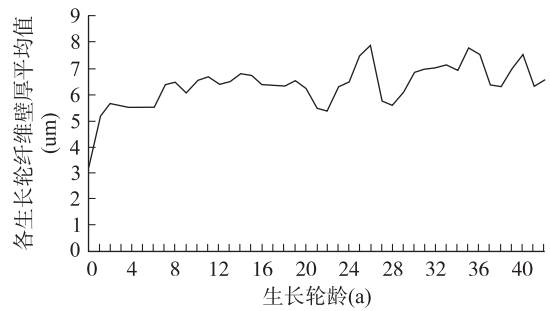


图10 青钱柳各生长轮导管壁厚随生长轮龄增长的径向变异

图11表示的是青钱柳各生长轮导管腔径随生长轮龄增长的径向变异。读图可知,随生长轮龄的增长,青钱柳各生长轮导管腔径总体呈现增长的趋势。其中在生长轮龄为0~2时,导管腔径增长迅速;当生长轮龄大于2时,导管腔径变异总体增速减小,相邻生长轮间导管腔径大小呈现较大的波动。

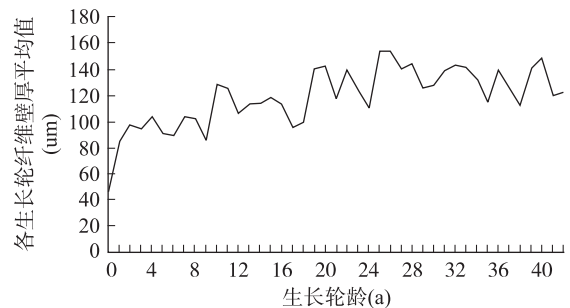


图11 青钱柳各生长轮导管腔径随生长轮龄增长的径向变异

图12表示青钱柳各生长轮导管壁腔比随生长轮龄增长的径向变异。导管壁腔比即导管壁厚与导管腔径的比值,与木材的密度、孔隙率等物理性质密切相关。从图12中可以看出,青钱柳导管壁腔比在

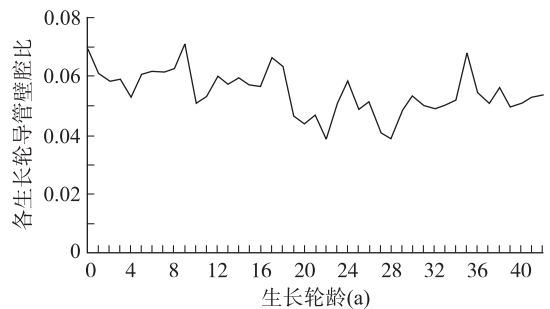


图12 青钱柳各生长轮导管壁腔比随生长轮龄增长的径向变异

0.038~0.070 范围内变化,随生长轮龄的增长总体呈降低的变异规律。

### 3 结论

青钱柳纤维长度、纤维长宽比随生长轮龄的增长总体呈增长的径向变异规律。纤维在生长轮龄为 0 时平均长度最小,为 615  $\mu\text{m}$ ;最外部几个生长轮的平均纤维长度达到最大,为 1 635  $\mu\text{m}$ 。类似地,纤维长宽比最小值在靠近髓心的一端,为 26;最大值在靠近树皮的一端,为 65。

青钱柳纤维宽度、纤维壁厚、纤维腔径、纤维壁腔比随生长轮龄的增长没有明显的变异规律。纤维宽度的范围在 23.6  $\mu\text{m}$ ~31.2  $\mu\text{m}$  之间,变异幅度较小,其中髓心最小,为 23.6  $\mu\text{m}$ ;生长轮龄为 5 a 时最大,为 31.2  $\mu\text{m}$ 。纤维壁厚的变异范围为 1.96  $\mu\text{m}$ ~4.94  $\mu\text{m}$ ,绝大部分在 2  $\mu\text{m}$ ~4  $\mu\text{m}$  之间。纤维腔径在生长轮龄为 10 a 时最小,为 16.3  $\mu\text{m}$ ;在生长轮龄为 3 a 时最大,为 23.8  $\mu\text{m}$ 。纤维壁腔比分别在生长轮龄为 3 a 和生长轮龄为 10 a 时达到最小和最大,最小值为 0.09,最大为 0.3。

青钱柳导管长度、导管宽度、导管壁厚、导管腔径随生长轮龄的增长总体呈增长的径向变异规律。它们的变异规律类似,在生长轮龄为 0~2 a 时,增长迅速;在生长轮龄大于 2 a 时,增速变小,并呈波动增长。其中导管长度在髓心处最小,为 358  $\mu\text{m}$ ,在生长轮龄为 41 a 时最大,为 721  $\mu\text{m}$ ;导管宽度在髓心处最小,为 65  $\mu\text{m}$ ,在生长轮龄为 33 a 时最大,为 216  $\mu\text{m}$ ;

导管壁厚在髓心处最小,为 3.26  $\mu\text{m}$ ,在生长轮龄为 26 a 时最大,为 7.88  $\mu\text{m}$ ;导管腔径在髓心处最小,为 47  $\mu\text{m}$ ,在生长轮龄为 25 a 时达到最大,为 154  $\mu\text{m}$ 。

青钱柳导管长宽比、导管壁腔比随生长轮龄的增长总体呈降低的变异规律。导管长宽比在生长轮龄为 1 a 时最大,达到 6.35;在生长轮龄为 31 a 时最小,为 2.64。导管壁腔比在变异范围 0.038~0.070 之间,总体呈下降趋势。

### 参考文献:

- [1] 周莉荫,戴小英,黄丽莉,等. 青钱柳研究进展[J]. 江西林业科技,2007,(5):34~38.
- [2] Kurihara H, Fukami H, Kusumoto A, et al. Hypoglycemic action of *Cyclocarya paliurus*( Bata1. ) Iljinskaj in normal and diabetic mice [J]. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*,2003,67(4):877~880.
- [3] 谢明勇,谢建华. 青钱柳研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2008,27(1):113~121.
- [4] 陈志刚. 青钱柳特征特性及种子育苗技术[J]. 安徽农学通报,2015,21(17):98~99.
- [5] 邓波,杨万霞,方升佐,等. 青钱柳幼龄期生长与木材性状表现及其性状相关分析[J]. 南京林业大学学报,2014,38(5):113~117.
- [6] 时德瑞,周运兰,唐鑫,等. 青钱柳育苗技术[J]. 南方园艺,2015,26(2):1~2.
- [7] 陈水玉. 青钱柳杉木混交造林技术[J]. 绿色科技,2015(4):48~50.
- [8] 刘娟,王存琴. 青钱柳化学成分及药理活性研究进展[J]. 包头医学院学报,2015,31(8):144~145.
- [9] 何天相. 中国木材解剖研究的回顾与展望[J]. 广东林业科技,1991(1):1~4.
- [10] 罗建勋,卢丹,齐锦秋,等. 香椿木材年轮宽度与解剖形态特征研究[J]. 西南林业大学学报,2015,35(2):95~99.
- [11] 梁善庆,罗建举. 人工林米老排木材解剖性质及其变异性研究[J]. 北京林业大学学报,2007,29(3):142~147.
- [12] 韩丽娟,周春丽,吴树明. 国产胡桃科次生木质部导管分子的比较解剖及其系统位置的讨论[J]. 西北植物学报,2002,22(6):1426~1431.
- [13] 连雷龙. 青钱柳的栽培技术[J]. 林业科技开发,2003,17(3):51~52.
- [14] 余诚棋,杨万霞,方升佐,等. 青钱柳种源间苗期性状变异分析[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2010,31(1):34~38.
- [15] 洪俊溪. 青钱柳人工林材性试验研究[J]. 福建林学院学报,1997,17(3):214~217.
- [16] BAILEY I W, TUPPER W W. Size variation in tracheary cell(I): Comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams and angiosperms[J]. *Proc Amer Arts and Sci*,1918,54:149~204.
- [17] 王玉,赵虎,洪香香. 青钱柳营养器官的解剖结构及其生态适应性[J]. 东北林业大学学报,2011,39(10):40~44.
- [18] 谢福惠,牟继平. 胡桃科各属的木材解剖[J]. 广西农业大学学报,1995,14(4):321~324.