



王建忠,刘衡,覃林波,等.树龄对大花序桉木材力学性质的影响[J].黑龙江农业科学,2020(4):78-81.

树龄对大花序桉木材力学性质的影响

王建忠¹,刘 衡²,覃林波¹,郑伟清²,费晓云¹,符韵林²

(1.广西壮族自治区国有东门林场,广西 崇左 532108;2.广西大学 林学院,广西 南宁 530004)

摘要:为促进大花序桉树种的培育以及其木材利用,选取大花序桉为试验材料,开展不同树龄大花序桉力学性质的比较研究。结果表明:5、17、29、35年生木材的抗弯弹性模量分别为12.72、15.69、17.51、15.86 GPa,抗弯强度分别为99.19、121.87、136.10、128.18 MPa,顺纹抗压强度分别为47.40、58.95、62.49、65.25 MPa,冲击韧性分别为80.56、94.76、102.19、102.80 kJ·m⁻²,端面硬度分别为6.51、7.56、8.49、8.89 kN;随树龄增加,木材抗弯弹性模量及抗弯强度先增大再减小,在29年生时最大,顺纹抗压强度、冲击韧性及硬度逐渐增大。树龄对大花序桉木材的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度、硬度等指标具有极显著影响,对其冲击韧性不具有显著影响;根据木材物理力学性质分级表,各树龄的大花序桉木材力学性能均较优良,以29年生的木材最为优良,其综合力学性能属于高等强度,可以用于高强度要求场合。

关键词:大花序桉;树龄;力学强度

大花序桉(*Eucalyptus cloeziana*),又名昆士兰桉,桃金娘科桉属,是我国引进的人工林树种之一,主要分布在广东、广西和海南等地。其生长迅速,树干通直,木材材性优良,是理想的实木大径材^[1]。木材的力学性能对木材的利用有着十分重要的意义,因此,有必要对大花序桉木材的力学性质进行研究。目前,有学者对大花序桉的木材力学性质进行了研究。陈健波等^[2]研究了18年生大花序桉11个种源木材顺纹抗压强度在种源间的变异情况,结果发现不同种源的抗弯强度有着

显著差异,最大值为83.4 MPa,最小值为69.8 MPa。项东云等^[3]研究了18年生大花序桉11个种源木材抗弯弹性模量在种源间的变异情况,结果发现不同种源的抗弯强度存在显著差异,最大值为26.71 GPa,最小值为23.50 GPa;周维等^[4]研究发现6年生大花序桉的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度均值分别为10.67、127.92和60.27 MPa,其木材综合品质属于高等级材;杨中宁^[5]研究了大花序桉力学特性在种源之间的变异关系。目前,对大花序桉力学性能的研究多集中于分析其不同种源之间的力学性能差异,对不同树龄之间大花序桉力学性质差异的报道较少。有鉴于此,本研究开展了不同树龄大花序桉木材力学性质的比较研究,以为大花序桉树种的定向培育以及木材工业化利用提供理论支撑。

收稿日期:2020-01-05

基金项目:国家重点研发计划课题(2016YFD0600502);广西大学科研项目。

第一作者:王建忠(1985-),男,硕士,工程师,从事桉树遗传改良及无性系开发研究。E-mail:379760245@qq.com。

通信作者:符韵林(1977-),男,博士,教授,从事木材材性及其功能性改良研究。E-mail:fylin@126.com。

Hydraulic Architecture Characteristics of *Populus russkii* Under Different Yellowing Degree

Gulinaer·Bahetibieke¹, Alehesi·Jiaerdemulati², HAN Wei-min³, WANG Mei⁴

(Agriculture College, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: In order to promote the adaptability of afforestation in Northwest China, In this article, hydraulic architecture characteristic parameters of *Populus russkii* which is the important tree species was measured and analyzed by a "flushing method" with 3 treatments (two treatments of yellowing degree treatments and a treatment of regular growing). Each treatment had 12 repeated samples. The results showed that the Kh , Ks , LSC and Hv was affected by the stem segment diameter, the relationship between the index and the diameter was positive correlation. Also the Kh , Ks and LSC could be decreased along with the yellowing degree's increasing. However, change of Huber value was not significant under different yellowing degree. The embolism could be decreased along with the yellowing degree's increasing.

Keywords: *Populus russkii*; hydraulic architecture; hydraulic conductivity; embolism

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试样采集 试验材料于 2018 年 7 月采自广西国有东门林场雷卡分场。在样地内选取平均木作为样木进行采集,5、17、29、35 年生大花序桉样木分别采集 8 株(平均树高 16.5 m,平均胸径 17.9 cm)、8 株(平均树高 27.0 m,平均胸径 23.9 cm)、8 株(平均树高 30.1 m,平均胸径 28.1 cm)、3 株(平均树高 32.7 m,平均胸径 36.0 cm)。具体采集方法参照国家标准《木材物理力学试材采集方法》进行^[6]。

广西东门国有林场位于广西壮族自治区西南方向,22°40′N,108°35′E,属亚热带季风气候,年平均气温 22.5℃,平均降雨量 1 100 mm。

1.1.2 实验仪器与设备 恒温恒湿箱(LRHS-101-LH,上海林频仪器股份有限公司),干燥箱(FD-115,德国宾德公司),推台锯(MJ-263C1-28/45,山东东维木机械有限公司),数显游标卡尺(150T,德国美耐特公司),数显螺旋测微仪(C73105,青海量具刃具厂),万能力学试验机(CMT5504,深圳新三思材料检测有限公司),摆锤式冲击试验机(ZBC3000,德国 MTS 公司)。

1.2 方法

参照 GB/T1929-2009《木材物理力学试材锯解及试样截取方法》^[7]、GB/T1928-2009《木材物理力学试样方法总则》^[8]对木段进行加工测定。

测定指标包括抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度和冲击韧性及硬度。各试样数量及规格见表 1,试验前将试样平衡含水率至 12%。利用 SPSS 22.0 软件进行数据处理,以各项平均值为最终测试结果。

表 1 力学性能测试试样尺寸
Table 1 Test sample size of mechanical properties

| | 试样尺寸(长×宽×高) | |
|---|------------------------------------|--------|
| 测试指标 | Sample size | 数量/个 |
| Test indicators | (Length×Width×Height)/ mm×mm×mm | Number |
| 弹性模量 Modulus of elasticity | 20×20×300 | 237 |
| 抗弯强度 Bending strength | 20×20×300 | 237 |
| 顺纹抗压强度 Compressive strength parallel to grain of wood | 20×20×30 | 319 |
| 冲击韧性 Impact toughness | 20×20×300 | 120 |
| 硬度 Hardness | 50×50×70 | 419 |

2 结果与分析

2.1 力学性能

大花序桉木材主要物理性质的测定结果见表 2。

表 2 不同树龄大花序桉力学性能

Table 2 Mechanical properties of *Eucalyptus cloeziana* with different tree ages

| 指标 Indicators | 5 年生 5-year-old trees | 17 年生 17-year-old trees | 29 年生 29-year-old trees | 35 年生 35-year-old trees |
|---|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 抗弯弹性模量 Modulus of elasticity/GPa | 12.72±1.968 | 15.69±2.163 | 17.51±1.942 | 15.86±2.117 |
| 抗弯强度 Bending strength/MPa | 99.19±18.374 | 121.87±20.743 | 136.10±15.683 | 128.18±17.623 |
| 顺纹抗压强度 Compressive strength parallel to grain of wood/MPa | 47.40±6.894 | 58.95±7.352 | 62.49±9.232 | 65.25±19.880 |
| 冲击韧性 Impact toughness/(kJ·m ⁻²) | 80.56±30.852 | 94.76±39.597 | 102.19±38.406 | 102.80±38.089 |
| 硬度 Hardness/kN | 端面 Cross | 7.56±1.543 | 8.49±1.187 | 8.89±1.502 |
| | 径面 Tangential | 2.92±1.538 | 4.47±1.212 | 6.49±1.125 |
| | 弦面 Radial | 3.24±1.377 | 4.52±1.156 | 6.33±1.268 |

2.1.1 抗弯弹性模量 随树龄的增加,木材抗弯弹性模量呈先增大再减小的趋势,在 29 年生时达到最大值。17 年生比 5 年生木材增加了 23.3%,29 年生比 17 年生木材增加了 11.6%,35 年生比

29 年生木材降低了 9.4%。
2.1.2 抗弯强度 随树龄的增加,木材抗弯强度的变化趋势与抗弯弹性模量一致,均呈先增大再减小的趋势,在 29 年生时达到最大值。17 年生

比 5 年生木材增加了 22.9%，29 年生比 17 年生木材增加了 11.7%，35 年生比 29 年生木材降低了 5.8%。

根据木材物理力学性质分级表^[9]，木材抗弯强度在 88.3~117.6 MPa 时为中等，在 117.6~142.1 MPa 时为高，5 年生木材抗弯强度等级为中等，17、29、35 年生木材抗弯强度均为高，这说明不同树龄的大花序桉均具有较好的韧性。

2.1.3 顺纹抗压强度 随树龄增加，木材顺纹抗压强度逐渐变大，但增幅越来越小，在 35 年生时达到最大值。17 年生比 5 年生木材增加了 24.4%，29 年生比 17 年生木材增加了 6.0%，35 年生比 17 年生木材增加了 4.4%。

根据木材物理力学性质分级表^[9]，木材顺纹抗压强度在 44.2~58.9 MPa 时为中等，在 58.9~73.5 MPa 时为高，5 年生木材顺纹抗压强度等级为中等，17、29、35 年生木材顺纹抗压强度均为高，这说明不同树龄的大花序桉均具有较高的支撑能力，可以作为结构用材使用。

2.1.4 冲击韧性 随树龄增加，木材冲击韧性逐渐变大，但增幅越来越小，在 35 年生时达到最大值。17 年生比 5 年生木材增加了 17.6%，29 年生比 17 年生木材增加了 7.8%，35 年生比 29 年生木材增加了 0.5%。

根据木材物理力学性质分级表^[9]，木材冲击韧性在 24.6~83.5 kJ·m⁻² 时为中等，在 83.5~142.2 kJ·m⁻² 时为高，5 年生木材冲击韧性等级为中等，17、29、35 年生木材冲击韧性均为高，良好的冲击韧性意味着大花序桉可以用于桥梁、枕木等部件的制作。

2.1.5 硬度 随树龄增加，木材端面、径面及弦面的硬度均逐渐变大，但增幅越来越小，在 35 年生时达到最大值。对于端面硬度，17 年生比 5 年生木材增加了 16.1%，29 年生比 17 年生木材增加了 12.3%，35 年生比 17 年生木材增加了 4.7%；对于径面硬度，17 年生比 5 年生木材增加了 53.1%，29 年生比 17 年生木材增加了 34.5%，35 年生比 29 年生木材增加了 8.0%；对于弦面硬度，17 年生比 5 年生木材增加了 39.5%，29 年生比 17 年生木材增加了 40.0%，35 年生比 29 年生木材增加了 3.6%。

根据木材物理力学性质分级表^[9]，不同树龄木材端面硬度等级均为硬，说明大花序桉木材具有良好的硬度，是较好的家具、建筑等用材，但不易于切削加工，这与刘雪峰等^[10]的研究结果一致。

2.2 树龄对大花序桉力学性质的影响

由表 3 可以看出，树龄对大花序桉木材的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度和硬度等指标具有极显著影响，对其冲击韧性不具有显著影响。树龄小树木的生长速度快，树木的年轮较宽，早材率高而晚材率低，木材密度也较低，导致树龄小的木材力学性能较差，这与周贤武等^[11]的研究结果一致。同时，本研究发现 29 年生之后的大花序桉木材力学性质逐渐趋于稳定。

表 3 树龄对大花序桉木材力学性能影响的显著性分析

| Table 3 Significance analysis of the influence of tree age on the mechanical properties of <i>Eucalyptus cloeziana</i> wood | | | |
|---|---------------|------------------------|--------------------|
| 指标 Indicators | | P | 显著性 Significant |
| 抗弯弹性模量/GPa Modulus of elasticity/GPa | | 3.07×10 ⁻⁹ | ** |
| | | | |
| 抗弯强度/MPa Bending strength/MPa | | 5.84×10 ⁻⁷ | ** |
| | | | |
| 顺纹抗压强度/MPa Compressive strength parallel to grain of wood/MPa | | 2.64×10 ⁻¹⁸ | ** |
| | | | |
| 冲击韧性 Impact toughness/(kJ·m ⁻²) | | 0.635 | |
| 硬度 Hardness/kN | 端面 Cross | 1.54×10 ⁻¹⁶ | ** |
| | 径面 Tangential | 3.27×10 ⁻⁴⁵ | ** |
| | 弦面 Radial | 1.53×10 ⁻⁴⁴ | ** |

注：** 表示树龄对该项性能具有极显著影响。
Note: ** indicates that the age of the tree has a large significant effect on the performance of the tree.

3 结论与讨论

不同树龄大花序桉木材力学性能均有差别，5、17、29、35 年生木材的抗弯弹性模量分别为 12.72、15.69、17.51、15.86 GPa；抗弯强度分别为 99.19、121.87、136.10、128.18 MPa；顺纹抗压强度分别为 47.40、58.95、62.49、65.25 MPa；冲击韧性分别为 80.56、94.76、102.19、102.80 kJ·m⁻²；端面硬度分别为 6.51、7.56、8.49、8.89 kN。抗弯弹性模量及抗弯强度随树龄的增加先增大再减小，在 29 年生时最大；顺纹抗压强度、冲击韧性及硬度随树龄的增加而增大。各项力学性能中，树龄对大花序桉木材的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度、硬度等指标具有极显著影响，对其冲击韧性不具有显著影响。

根据木材物理力学性质分级表,各树龄的大花序桉木材力学性能均较优良,且其力学强度优于水杉^[12]、日本落叶松^[13]、榎木^[14]、进口桃花心木^[15]、进口辐射松木^[16]、莎丽格木^[17]、北美鹅掌楸木^[18]等木材,用途广泛。其中,以 29 年生的木材最为优良,其抗弯强度、顺纹抗压强度及冲击韧性等级均为高,硬度等级为硬,综合力学性能属于高等强度,可以用于高强度要求场合,是良好的结构用材。因此,开发我国大花序桉工程木制结构材料将具备较强的市场竞争力和广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] Li C, Weng Q, Chen J B, et al. Genetic parameters for growth and wood mechanical properties in *Eucalyptus cloeziana* F. Muell[J]. New Forests, 2017, 48(2): 33-49.
- [2] 陈健波,项东云,张照远,等.大花序桉木材顺纹抗压强度变异研究[J].林业工程学报,2009,23(4):63-66.
- [3] 项东云,王明麻,黄敏仁,等.大花序桉木材抗弯弹性模量变异研究[J].华南农业大学学报,2012,33(1):73-76.
- [4] 周维,卢翠香,杨中宁,等.大花序桉种源幼林木材力学性质研究[J].西南林业大学学报,2014,34(6):79-84.
- [5] 杨中宁.大花序桉幼龄材纤维与力学特性种源变异的研究[D].南宁:广西大学,2011.
- [6] GB/T1927-2009.木材物理力学试材采集方法[S].北京:北

- 京标准出版社,2009.
- [7] GB/T1929-2009.木材物理力学试材锯解及试样截取方法[S].北京:北京标准出版社,2009.
- [8] GB/T1928-2009.木材物理力学试样方法总则[S].北京:北京标准出版社,2009.
- [9] 中国林业科学院木材工业研究所.中国主要树种的木材物理力学性质[M].北京:中国林业出版社,1982.
- [10] 刘学锋,黄腾华,陈少雄,等.6种桉树大径材机械加工性能评价[J].桉树科技,2019,36(3):8-15.
- [11] 周贤武,张俊珍,周海宾,等.树龄对日本落叶松木材物理力学性质的影响[J].林业工程学报,2014,28(4):54-57.
- [12] 丁次平,杨丽森,李军章,等.江汉平原水杉、池杉、落羽杉物理力学性能比较研究[J].湖北林业科技,2012,178(6):40-44.
- [13] 邢新婷,张赛男,赵川,等.日本落叶松进口木材主要物理力学性质研究[J].木材加工机械,2017,28(1):9-12.
- [14] 于朝阳,裴姗姗,胡进波,等.百叶窗用榎木解剖构造及主要物理力学性能[J].林业工程学报,2019,4(3):165-170.
- [15] 吴艳华,贾茹,任海青,等.进口桃花心木木材物理与力学性能评价[J].木材工业,2019,33(2):44-47.
- [16] 吴艳华,孙海燕,任海青,等.进口辐射松木材物理与力学性能评价[J].木材工业,2019,33(2):52-54.
- [17] 于朝阳,裴姗姗,胡进波,等.莎丽格木材解剖学特征及物理力学性能研究[J].林产工业,2018,45(11):20-24.
- [18] 葛晓伟,吴智慧,黄琼涛,亚美马褂木物理力学性能及其用于实木家具的适应性研究[J].林产工业,2019,46(7):27-29.

Effects of Tree Age on Mechanical Properties of *Eucalyptus cloeziana* Wood

WANG Jian-zhong¹, LIU Heng², QIN Lin-bo¹, ZHENG Wei-qing², FEI Xiao-yun¹, FU Yun-lin²

(1. State owned Dongmen forest farm of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Chongzuo 532108, China;
2. College of forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: In order to promote the cultivation of *Eucalyptus cloeziana* tree species and its wood utilization, *Eucalyptus cloeziana* was selected as the experimental material to carry out a comparative study on the mechanical properties of *Eucalyptus cloeziana* of different tree ages. The results showed that the flexural modulus of 5, 17, 29 and 35 year old wood was 12.72, 15.69, 17.51 and 15.86 GPA respectively, the flexural strength was 99.19, 121.87, 136.10 and 128.18 MPa respectively, the compressive strength along grain was 47.40, 58.95, 62.49 and 65.25 MPa respectively, the impact toughness was 80.56, 94.76, 102.19 and 102.80 kJ·m⁻² respectively, and the hardness of end face was 6.51, 7.56, 8.49 and 8.89 respectively Kn; with the increase of tree age, the modulus of elasticity and flexural strength of wood increase first and then decrease, and the maximum value was at 29 years old, and the compressive strength, impact toughness and hardness along grain increase gradually. The age of tree has a very significant impact on the bending modulus, bending strength, compressive strength along grain, hardness and other indexes of *Eucalyptus cloeziana* wood, but has no significant impact on its impact toughness; according to the classification table of wood physical and mechanical properties, the mechanical properties of *Eucalyptus cloeziana* wood at all ages are better, the 29 year old wood is the best, its comprehensive mechanical properties belong to high strength, which can be used for high strength where strength is required.

Keywords: *Eucalyptus cloeziana*; tree age; mechanical properties