

# 观光木人工林木材物理力学性质的研究

韦鹏练<sup>1</sup>, 黄腾华<sup>2</sup>, 符韵林<sup>2\*</sup>

(1. 国际竹藤中心, 北京 100102; 2. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530004)

**摘 要:**为了摸清观光木人工林木材的基础材性, 对其进行合理的开发和利用, 测定和分析了 27 年生观光木人工林木材的主要物理力学性质。结果表明, 观光木人工林木材属轻密度等级材; 体积干缩系数属小, 差异干缩属中等。抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度和冲击韧性分别为 79.79、6 517.88、42.38 MPa 和 26.01 kJ·m<sup>-2</sup>, 对应的强度等级分别为 2 级、1 级、2 级和 2 级; 端面、弦面和径面的硬度分别为 43.66、30.62 MPa 和 27.48 MPa, 其中端面和弦面硬度均达到了中等硬度水平。木材的综合强度为 122.17 MPa, 属高强度树种; 木材的综合品质系数达到 2 929.7×10<sup>5</sup> Pa, 属于高等级材。

**关键词:** 观光木; 人工林; 物理性质; 力学性质

**中图分类号:** S781.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-7461(2014)06-0221-05

## Physical and Mechanical Properties of *Tsoongiodendron odorum* Woods

WEI Peng-lian<sup>1</sup>, HUANG Teng-hua<sup>2</sup>, FU Yun-lin<sup>2\*</sup>

(1. International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China;

2. College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China)

**Abstract:** Physical and mechanical properties of the woods collected from a 27-year old *Tsoongiodendron odorum* plantation were analyzed to provide scientific evidence for the rational development and application of the wood. The results showed that the wood belonged to low density grade wood. The oven-dried volumetric shrinkage coefficient was small, and the difference of oven-dried shrinkage was belonging to middle category. The values of bending strength, modulus of elasticity, compressive strength parallel to grain and impact toughness were 79.79 MPa, 6 517.88 MPa, 42.38 MPa and 26.01 kJ·m<sup>-2</sup>, respectively. The grade of bending strength, compressive strength parallel to grain and impact toughness were of the second level and modulus of elasticity was of the first level. The values of hardness on cross, tangential and radial surfaces were 43.66 MPa, 30.62 MPa and 27.48 MPa, respectively. The hardness of cross and tangential surfaces were medium. The comprehensive strength was 122.17 MPa, belonging to high strength species. The comprehensive quality coefficient was 2 929.7×10<sup>5</sup> Pa, belonging to high quality wood.

**Key words:** *Tsoongiodendron odorum*; plantation wood; wood physical property; wood mechanical property

观光木(*Tsoongiodendron odorum*)又名香花木、观光木兰、宿轴木兰、香花楠, 属木兰科常绿乔木, 古老孑遗树植物, 国家二级保护植物, 主要分布在贵州、湖南、广东、广西、福建、海南、云南东南部、江西南部及台湾等地, 在越南北部也有分布<sup>[1-2]</sup>。该

树种树形优美, 树干通直, 高可达 20 多 m, 胸径可达 1 m 以上<sup>[3]</sup>; 生长速度快, 20 年生的观光木人工林年均胸径生长达 1.04 cm, 年均树高生长量达 0.83 m<sup>[1]</sup>。自 1963 年被发现以来, 对观光木的研究已引起了越来越多的关注。在过去的几十年里, 科研人

收稿日期: 2014-03-04    修回日期: 2014-03-17

基金项目: 广西自然科学基金重点项目(2010GXNSFD013024); “十一五”广西林业科技项目(桂林科学[2009]第 22 号)。

作者简介: 韦鹏练, 男, 在读博士, 研究方向: 木材科学与技术。E-mail: ztzxwpl@163.com

\* 通信作者: 符韵林, 男, 博士, 教授, 研究方向: 木材材性及其功能改良。E-mail: fylin@126.com

员对其生理生态<sup>[4-6]</sup>、生长规律<sup>[7]</sup>、驯化栽培技术<sup>[8]</sup>、种苗繁育<sup>[9]</sup>、DNA 提取<sup>[10]</sup>、病虫害防治<sup>[11]</sup> 等方面进行广泛研究,取得了很多成果,这些研究对观光木的种植、培育、保护和开发都起到了极大的促进作用。2010 年,广西林业厅将观光木列为了广西重点发展的珍贵乡土树种。但在观光木人工林木材材性及加工利用方面的研究还鲜见报道。木材材性决定了木材的利用,其中物理力学性质是木材材性的主要组成部分,在决定木材的利用途径及加工工艺方面有重要的参考价值。因此,对观光木人工林木材的物理力学性质展开研究,以获取观光木人工林木材的基础材性,让人们认识和掌握其木材性质,为观光木的保护和合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试材采自广西壮族自治区南宁市梁凤江国家森林公园试验林区(22°34′31″N—22°46′51″N,108°15′14″E—108°22′22″E)。根据林分的生长情况,选取 6 株生长正常,具代表性的植株作为样木,分别编号(G1、G2、G3、G4、G5、G6)。样木的基本情况见表 1,树龄 27 a。采集方法参照 GB/T1927-2009《木材物理力学试材采集方法》<sup>[12]</sup>规定的方法进行。样木伐倒后,在 0、1.3、3.3、5.3、7.3、9.3、11.3 m(至树干直径小于 6 cm 止)处各锯取 2 个厚约 5 cm 的圆盘,用以测定观光木人工林木材的生长轮宽度、生材密度、生材含水率、树皮率及各项解剖性质。在 1.3~3.3、5.3~7.3 m 与 9.3~11.3 m 处各锯取 2 m 长的木段作为标准木段用来测定观光木人工林木材的物理力学性质。

表 1 样木的基本情况

Table 1 The basic situation of the sample trees

样木编号	胸径/cm	树高/m	枝下高/m
G1	23.9	23.5	13.8
G2	17.2	20.7	9.4
G3	11.8	17.0	11.1
G4	21.2	20.6	15.5
G5	27.6	24.1	13.4
G6	15.6	8.5	8.5
平均值	19.6	19.1	12.0

1.2 试样制作及测试方法

参照国家标准 GB/T 1929-2009《木材物理力学试件锯解及试样截取方法》<sup>[13]</sup>中的规定制取试样。各项物理力学指标依据国家标准 GB/T1932~1942—2009《木材物理力学试验方法》<sup>[14]</sup>进行测定。物理性质测定指标包括生长轮宽度、基本密度、气干密度、全干密度、湿胀率、干缩性和吸水性;力学性能测

试指标主要有木材硬度、抗弯强度、抗弯弹性模量、冲击韧性和顺纹抗压强度。其中抗弯强度、抗弯弹性模量和硬度测试是在 SANS 万能试验机上进行,冲击韧性测试是在摆锤式冲击试验机上进行。

2 结果与分析

2.1 木材物理性质

2.1.1 生长轮宽度 宽度是生长轮组成的基本特征,直接反应了树木生长的快慢,是林木生长量的重要指标,对树木的年生长量和木材材积有重要影响,同时也是引起树木材性变化的重要因素之一。由表 2 看出,观光木人工林木材生长轮的平均宽度为 4.25 mm,反映了其较快的生长速度。其径向变异表现出自髓心向外先增大后减小的变化趋势(图 1)。在树木生长前 6 a,生长轮的宽度是一个迅速增大的过程,最大值达 10.24 mm;7~10 a 时,生长轮宽度减小很快,10 a 后下降变得平缓,15~18 a 变化比较稳定,而 18 a 后又开始出现明显的波动变化,这可能与其生长环境的变化有关。

2.1.2 木材密度 木材密度是木材的一项重要物理性质指标,通过密度的大小可以大致判断木材的各项力学性质。在相同含水率条件下,密度越大,木材的硬度及强度也越大。由表 2 看出,观光木人工林木材的基本密度、气干密度和全干密度分别为 0.417、0.463 g·m<sup>-3</sup>和 0.426 g·m<sup>-3</sup>,变异系数分别为 7.74%、6.77%和 7.31%,变异性较小。根据木材材性 5 级分级标准<sup>[15]</sup>判定,观光木木材的密度处于第 2 级,属轻,这与观光木的速生性有一定关系。从密度来看,观光木人工林木材密度较小,切削时阻力也相对较小,因此易于进行旋切或刨切等机械加工。

2.1.3 干缩湿胀性 干缩湿胀是木材的固有性质,是木材利用的中一大缺陷。干缩湿胀的发生会引起木材尺寸的变化,而当沿各方向的干缩或湿胀不均匀时,就会引起开裂和变形的产生,从而影响木材制品的利用。木材干缩湿胀的大小一般通过干缩率和湿胀率来表示。对于木材的干缩性质,干缩系数和弦径向的干缩差异是 2 项重要的指标。从表 2 来看,观光木人工林木材的弦向、径向和体积全干干缩率分别为 5.92%、3.06%和 10.21%,对应的干缩系数分别为 0.197%、0.102%和 0.34%,差异干缩为 1.935。根据体积干缩系数 5 级分级标准判定,观光木人工林木材的干缩性处于第 2 级水平(0.301%~0.400%)<sup>[15]</sup>,属小。从差异干缩分级规定来看,观光木人工林木材的全干差异干缩处于第 3 级(1.61~2.1)<sup>[15]</sup>,属中等水平。观光木人工林木材的弦

向、径向和体积气干干缩率分别为 2.02%、0.82%和 3.02%，对应的干缩系数分别为 0.124%、0.05%和 0.185%，差异干缩为 2.463。从干缩率和干缩系数来比较，气干材各项指标均较全干材为小，但是从

差异干缩来看，气干差异干缩要比全干差异干缩要大得多，说明气干时木材干缩的不均匀性很大，容易引起开裂和变形，因此，在气干或窑干前期要注意控制干燥速度，以避免产生严重的干燥缺陷。

表 2  观光木人工林木材物理性质测定结果  
Table 2  Wood physical property of *T. odorum* timber

试验项目		试样数	平均值	标准差	标准误	变异系数/%	准确指数/%
生长轮宽度/mm		/	4.250	2.170	0.160	51.03	7.61
基本密度/(g·m <sup>-3</sup> )		356	0.417	0.032	0.002	7.74	1.15
气干密度/(g·m <sup>-3</sup> )		174	0.463	0.030	0.002	6.77	1.04
全干密度/(g·m <sup>-3</sup> )		174	0.426	0.030	0.002	7.31	1.13
全干到气干湿胀率/%	弦向	183	1.670	0.290	0.022	17.62	2.61
	径向	183	1.070	0.190	0.014	17.340	2.57
	体积	183	2.960	0.520	0.039	17.56	2.60
全干到饱水湿胀率/%	弦向	183	6.370	0.770	0.057	12.16	1.80
	径向	183	3.100	0.590	0.044	19.04	2.82
	体积	183	10.420	1.380	0.102	13.28	1.96
气干干缩率/%	弦向	174	2.020	0.340	0.026	16.85	2.56
	径向	174	0.820	0.170	0.013	20.21	3.06
	体积	174	3.020	0.500	0.038	16.39	2.49
气干干缩系数	弦向	174	0.124	0.021	0.002	16.81	2.55
	径向	174	0.050	0.010	0.001	20.26	3.07
	体积	174	0.185	0.031	0.002	16.46	2.50
气干差异干缩			2.463				
全干干缩率/%	弦向	174	5.920	0.650	0.049	10.99	1.67
	径向	174	3.060	0.490	0.037	16.02	2.43
	体积	174	10.210	1.230	0.093	12.05	1.83
全干干缩系数	弦向	174	0.197	0.022	0.002	10.99	1.67
	径向	174	0.102	0.016	0.001	16.02	2.43
	体积	174	0.340	0.041	0.003	12.05	1.83
全干差异干缩			1.935				

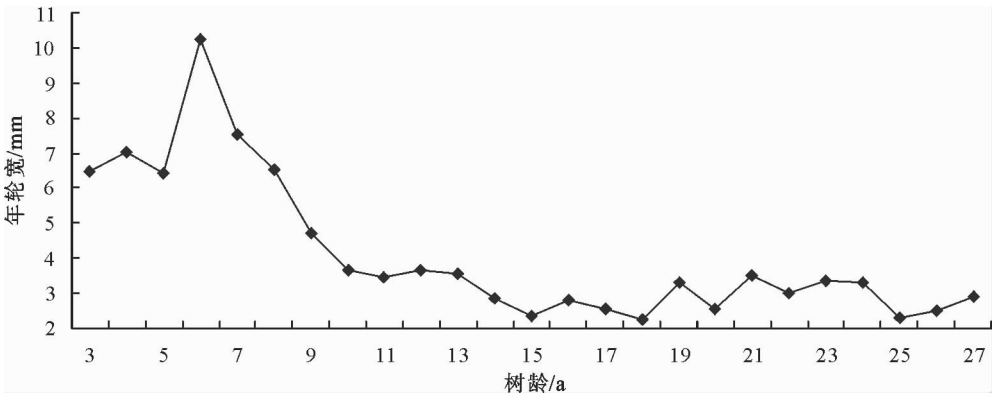


图 1  观光木生长轮宽度的径向变异

Fig. 1  Radial variation for annual ring width of *T. odorum* timber

从全干状态到气干状态，观光木木材的弦向、径向和体积湿胀率分别为 1.67%、1.07%和 2.96%；从全干状态到饱水状态，观光木人工林木材的弦向、径向和体积湿胀率分别为 6.37%、3.1%和 10.42%。表明尺寸稳定性在从全干状态到气干状态时表现较好，但从全干至饱水状态则较差。

2.1.4  木材吸水性 木材的吸水性能对木材的药剂浸注有重要影响。不同高度位置的观光木人工林木材的吸水性能变化见图 2。随着树高的增加，木材的吸水性减小，这可能是由于树干方向木材的化学组成发生变化而造成。在前 12 昼夜，木材的吸水率增加比较快，其平均吸水率在前 6 h 内就从全干

吸水至 30.2%，1 昼夜后增至 47.39%；12 昼夜之后，吸水率的增加变缓，24 昼夜以后就趋于稳定了。从平均吸水率来看，其在 12 昼夜时就达到了 123.44%，最大值为 145.51%，这反映了观光木人工林木材良好的浸注性。

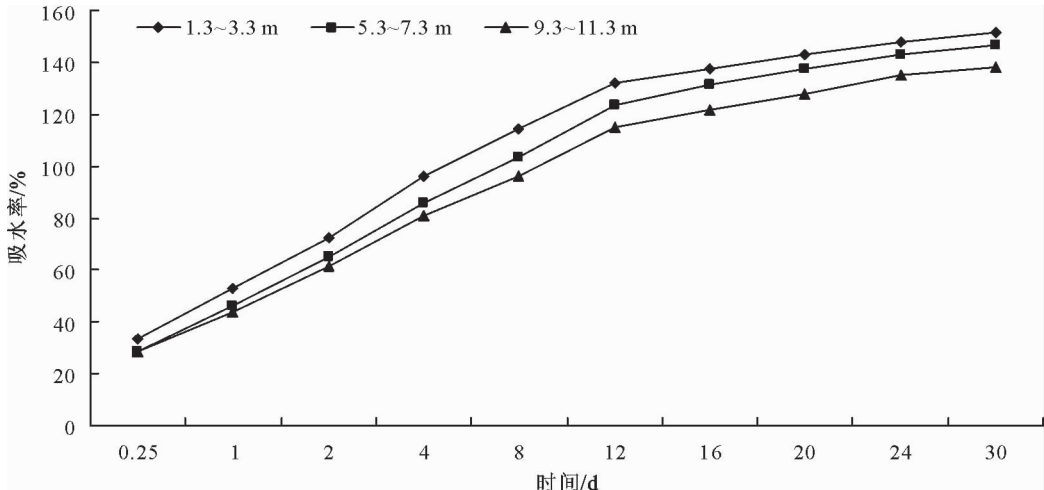


图 2 不同高度木材吸水率随时间的变化曲线

Fig. 2 The variation of water absorption at different height with time

2.2 木材力学性质

观光木人工林木材的力学性质测定结果(表 3)可以看出,观光木木材的端面硬度、弦面硬度和径面硬度分别为 43.66、30.62 MPa 和 27.48 MPa,三者的比例为 1∶0.7∶0.63,端面与弦面和径面的硬度差别较大,弦面与径面相差较小。根据木材材性 5 级分级标准,观光木木材的弦面硬度达到 3 级水平(30.1~500 MPa)<sup>[15]</sup>,端面硬度达到 3 级(40.1~65 MPa)<sup>[15]</sup> 硬度水平。观光木人工林木材的抗弯强度、抗弯弹性模量和顺纹抗压强度分别为 79.79、6 517.88 MPa 和 42.38 MPa,对应的强度等级分别为 2 级(55.1~90.0 MPa)、1 级(≤7.5 GPa)和 2 级(30.1~45.0 MPa)<sup>[15]</sup>。其木材冲击韧性为 26.01 kJ·m<sup>-2</sup>,处于第 2 级(25.1~85.0 kJ·m<sup>-2</sup>)<sup>[15]</sup>。

木材作承重构件使用时一般主要考虑木材的抗弯强度和顺纹抗压强度,通常以这 2 项指标之和表

示木材的综合强度,以此来判定该种木材承重性能的优劣。根据测定结果计算可得观光木人工林木材的综合强度为 122.17 MPa,属高强度树种(107.9~166.6 MPa)<sup>[16]</sup>。衡量木材品质的优劣并不仅仅只看它的各项极限强度。在一些特殊的应用场合,既要求木材具有高的力学强度,也要求其具有较轻的自身重量,也就是它的强重比或比强度,称之为品质系数。其中最为重要的 2 项指标为顺压品质系数和静曲品质系数,两者之和又称为木材的综合品质系数。根据综合品质系数的大小可以将木材分为 3 个等级<sup>[16]</sup>,第 1 类为低等级材,综合品质系数<1 960×10<sup>5</sup> Pa;第 2 类为中等级材,综合品质系数在1 961×10<sup>5</sup>~2 156×10<sup>5</sup> Pa 之间;第 3 类为高等级材,综合品质系数>2 156×10<sup>5</sup> Pa。计算得出观光木人工林木材的综合品质系数达到 2 929.7×10<sup>5</sup> Pa,属于高等级材。

表 3 观光木人工林木材力学性质测定结果

Table 3 Wood mechanical property of *T. odorum* timber

试验项目	试样数	平均值	标准差	标准误差	变异系数/%	准确指数/%	
抗弯强度/MPa	89	79.79	9.63	1.02	12.07	2.56	
抗弯弹性模量/MPa	89	6 517.88	1 261.82	133.75	19.36	4.10	
顺纹抗压强度/MPa	89	42.38	4.31	0.46	10.16	2.15	
冲击韧性/(kJ·m <sup>-2</sup> )	122	26.01	11.71	1.06	45.01	8.15	
硬度/MPa	端面	78	43.66	21.16	2.40	48.46	10.97
	弦面	78	30.62	3.33	0.38	10.89	2.47
	径面	78	27.48	4.14	0.47	15.06	3.41

3 结论与讨论

观光木人工林木材具有较快的生长速度,其平

均生长轮宽度为 4.25 mm,最大达 10.24 mm。观光木人工林木材属于密度轻、干缩性小的一类木材,其基本密度、气干密度和全干密度分别为 0.417 g·

$\text{m}^{-3}$ 、 $0.463\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $0.426\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ ;弦向、径向和体积全干干缩率分别为 $5.92\%$ 、 $3.06\%$ 和 $10.21\%$ ,对应的干缩系数分别为 $0.197\%$ 、 $0.102\%$ 和 $0.34\%$ 。

除抗弯弹性模量较低外,观光木人工林木材的主要力学指标均达到或接近中等强度水平,综合品质系数高,综合强度达到高强度树种要求,属于高等级材。其抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度和冲击韧性分别为 $79.79,6\ 517.88,42.38\text{ MPa}$ 和 $26.01\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ,端面、弦面和径面的硬度分别为 $43.66,30.62\text{ MPa}$ 和 $27.48\text{ MPa}$ ,综合强度为 $122.17\text{ MPa}$ ,综合品质系数为 $2\ 929.7\times10^5\text{ Pa}$ 。

从主要物理力学性质来看,观光木是一种速生优质树种,适合发展人工林种植。另外其木材心材呈淡绿褐色,具清晰美观的花纹,同时还具有一股清香气味,很适合用于制造中高档实木家具,或是进行刨切作珍贵装饰薄木利用,可以替代一部分生长缓慢,资源越来越稀缺的珍贵树种,是具有发展潜力的珍贵人工林树种。

进一步研究应对观光木人工林木材的锯、刨、砂光、车削等机械加工性能以及涂饰性能进行测试,为其高附加值利用途径的选择提供参考依据,充分发挥观光木人工林木材的利用价值。

参考文献:

[1] 邱德英,彭春良,康用权,等. 优良乡土树种观光木选育与栽培技术研究[J]. 湖南林业科技,2009,36(2):19-21.  
QIU D Y, PENG C L, KANG Y Q, *et al.* Research on the breeding and cultivation technique of *Tsoongiodendron odorum* [J]. Hunan Forestry Science and Technology,2009,36(2):19-21. (in Chinese)

[2] 叶书有. 优良观赏树种—观光木生物学特性及栽培技术[J]. 林业实用技术, 2009(1):55-56.  
YE S Y. Biotic features and planting technology of the excellent ornamental trees *Tsoongiodendron odorum* [J]. Practical Forestry Technology, 2009(1):55-56. (in Chinese)

[3] 杜铃,周菊珍,蓝田,等. 观光木的采种育苗技术[J]. 广西林业科学,2001,30(2):101.  
DU L,ZHOU J Z, LAN T, *et al.* Technique of seed collection and seeding cultivation of *Tsoongiodendron odorum* [J]. Guangxi Forestry Science,2001,30(2):101. (in Chinese)

[4] 孙谷畴,赵平,曾小平,等. 不同光强下焕镗木和观光木的光合参数变化[J]. 植物生态学报,2002,26(3)355-362.  
SUN G C, ZHAO P, ZENG X P, *et al.* Changes of leaf photosynthetic parameters in leaves of *Woonyoungia septentrionalis* and *Tsoongiodendron lotungensis* under different growth-ir-

radiation[J]. Journal of Plant Ecology, 2002, 26(3): 355-362. (in Chinese)

[5] 许松葵,薛立. 6 种阔叶树种幼林的叶形状特征[J]. 西北林学院学报,2012,27(6):20-25.  
XU S K, XUE L. Leaf characteristics of six broadleaved stands[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(6):20-25. (in Chinese)

[6] 谢安德,王凌晖,潘启龙,等. 盐分胁迫对观光木幼苗生长及生理特性的影响[J]. 西北林学院学报,2012,27(2):22-25.  
XIE A D, WANG L H, PAN Q L, *et al.* Effects of salt stress on growth and physiological characteristics of *Tsoongiodendron odorum* seedlings[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012,27(2):22-25. (in Chinese)

[7] 池毓章. 观光木播种苗生长规律及育苗技术研究[J]. 福建林业科技,2007,34(1): 122-125.  
CHI Y Z. The study on growth regularity and the technology of grow seedings of *Tsoongiodendron odorum* Chun[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2007,34(1): 122-125. (in Chinese)

[8] 刘春华,张春能,郑燕明. 观光木人工林驯化栽培试验和生产力研究[J]. 福建林业科技,1993,20(2):45-49.  
LIU C H, ZHANG C N, ZHENG Y M. Studies on the domestication culture test and system productivity of *Tsoongiodendron odorum* plantation[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 1993,20(2):45-49. (in Chinese)

[9] 郭承则. 珍稀濒危树种观光木的引种研究[J]. 湖南林业科技, 1996,23(3):67-68.  
GUO C Z. Research on the introduction of the rare and endangered tree species *Tsoongiodendron odorum* [J]. Hunan Forestry Science and Technology,1996,23(3):67-68. (in Chinese)

[10] 陈建,曹福祥. 观光木基因组 DNA 提取方法的研究[J]. 湖北农业科学,2010,49(5): 1035-1037.  
CHEN J, CAO F X. Research on the isolation of genomic DNA from *Tsoongiodendron odorum* Chun[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2010,49(5): 1035-1037. (in Chinese)

[11] 谢宝多,曹跃进,唐明武,等. 观光木青枯病的研究[J]. 中南林学院学报,1985,5(1): 42-50.  
XIE B D, CAO Y J, TANG M W, *et al.* Study of bacterial wilt of *Tsoongiodendron odorum* [J]. Journal of Central South Forestry University, 1985,5(1): 42-50. (in Chinese)

[12] 中国木材标准化技术委员会. GB/T1927—2009 木材物理力学试材采集方法[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[13] 中国木材标准化技术委员会. GB/T1929—2009 木材物理力学试材锯解及试样截取方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2009.

[14] 中国木材标准化技术委员会. GB/T1932~1942-2009 木材物理力学试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[15] 李坚. 木材科学研究[M]. 北京:科学出版社,2009:6.

[16] 尹思慈. 木材品质和缺陷[M]. 北京:中国林业出版社,1990.