

广西南宁 46 年生降香黄檀人工林生长规律

梁建平¹, 蒋军林¹, 秦武明², 吴道念¹, 严理², 吴敏¹, 姜翠²

(1. 广西良凤江国家森林公园, 广西南宁 530031; 2. 广西大学林学院, 广西南宁 530004)

摘要: 针对广西南宁良凤江树木园内 46 年生降香黄檀 *Dalbergia odorifera* 人工林生长规律进行研究, 通过进行树干解析的方法阐述这一珍贵红木树种的生长规律。结果表明: 46 年生降香黄檀平均树高、胸径、去皮单株材积分别为 18.70 m, 21.6 cm 和 0.401 9 m³·株⁻¹。降香黄檀的树高连年生长量呈现明显的“高一低—高”规律, 幼苗期其高增长较快, 至 35 年生之后呈现较稳定的树高生长趋势并最终达到 18.70 m。降香黄檀的胸径生长在 46 年生的生长期中出现 2 次较明显的稳定期, 分别是 14~28 年生及 32~46 年生。在材积生长量方面, 降香黄檀的材积生长在珍贵阔叶树中处于中上水平。降香黄檀在 8 年生前后开始出现心材, 46 年生时心材直径平均值为 10.8 cm。图 5 表 2 参 18

关键词: 森林培育学; 降香黄檀; 生长规律; 红木; 心材

中图分类号: S718.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2015)04-0523-06

Growth rule for a 46-year-old *Dalbergia odorifera* in Nanning, Guangxi

LIANG Jianping¹, JIANG Junlin¹, QIN Wuming², WU Daonian¹, YAN Li², WU Min¹, JIANG Cui²

(1. Guangxi Liangfengjiang National Forest Park, Nanning 530031, Guangxi, China; 2. College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, Guangxi, China)

Abstract: To protect a precious redwood tree, *Dalbergia odorifera*, this study determined the growth rule for a 46-year-old *D. odorifera* from Liang Fengjiang Garden in Nanning, Guangxi. Results showed an average tree height of 18.7 m, DBH of 21.6 cm, and volume of 0.401 9 m³·tree⁻¹. Tree height followed an annual increment pattern of “high—low—high” from the seedling stage to 35 years of age. Afterward a relatively stable growth in tree height occurred. DBH growth had two relatively obvious plateaus from years 14–28 and 32–46. Volume growth was high for a precious hardwood with heartwood in the most recent 8 years averaging a diameter of 10.8 cm. [Ch, 5 fig. 2 tab. 18 ref.]

Key words: silviculture; *Dalbergia odorifera*; growth rule; redwood; heartwood

降香黄檀 *Dalbergia odorifera* 属蝶形花科 Papilionaceae 黄檀属 *Dalbergia*, 又名海南黄花梨, 花梨木, 花梨母等。其树高为 10~15 m, 树皮粗糙呈褐色, 羽状复叶, 圆锥花序, 荚果舌状^[1], 原产于海南岛, 其木材质极佳, 是国家红木标准认定的 33 种红木中原产中国的珍贵种的一种, 仅次于最为优异的檀香紫檀 *Pterocarpus santalinus*^[2]。其心材呈红褐色, 材质坚实厚重纹理细腻多变, 为上等家具良材; 有香味, 可作香料; 根部心材名降香, 为良好的镇痛剂, 又治刀伤出血。降香黄檀木料与鸡翅木、紫檀木、铁力木并称中国古代“四大名木”^[3]。由于过度采伐, 降香黄檀一度濒危, 被列为国家二级保护植物, 但受其心材市场价格的不断攀升, 近年来降香黄檀人工林栽植已蔚然成风。文献[4]记载降香黄檀 7~8 年生可形成心材, 黎素平等^[5]研究认为是 9~15 年生, 但由于现存人工种植的降香黄檀大都林龄较小, 因而国内对于降香黄檀生长规律的研究几乎空白(朱声管等人曾对降香黄檀幼苗进行研究^[6])。目前, 研究主要集中在幼苗生长及生理实验^[7-11]等方面。本研究的降香黄檀树龄 46 a, 已经达到成材的年限, 进

收稿日期: 2014-11-04; 修回日期: 2014-12-15

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(2012jjAA30094)

作者简介: 梁建平, 教授级高级工程师, 从事森林培育研究。E-mail: ljptgj@163.com

行生长规律剖析将会为降香黄檀的栽植、抚育管理乃至投资提供一定理论依据。

1 试验地概况

试验地位于广西南宁良凤江国家森林公园内, 22°40'N, 108°21'E。园内地貌多为较低矮山丘, 坡度较小, 水热丰富, 海拔为 80~220 m, 相对高度 30~140 m, 年平均气温为 21.6 °C, 1月平均气温为 12.4 °C, 极端最低气温-1.4 °C, 7月平均气温 28.3 °C, 极端最高气温 39.5 °C, 年平均霜期 5 d, 年降水量 1 340 mm, 4~9月为雨季, 相对湿度 65%~80%。土壤类型为砂页岩发育形成的赤红壤, 厚度为 80 cm 以上。所选降香黄檀人工林为 1968 年栽植, 面积为 1.5 hm², 平均树高为 18.7 m, 平均胸径 21.6 cm。与海红豆 *Adenanthera pavonina*, 枸骨木 *Swida wilsoniana* 和阴香 *Cinnamomum burmanni* 等混交。混交林中降香黄檀保留密度为 75 株·hm⁻², 林分郁闭度为 0.8。

2 材料与方法

2.1 标准地设置与调查

根据试验地内不同立地情况设置 3 块标准地, 面积均为 20 m × 20 m, 共计 1 200 m²。记录每块标准地的立地情况(坡位、坡向、坡度、海拔等), 在样地内对降香黄檀进行每木检尺, 测量其树高、胸径、枝下高、冠幅等信息, 并测量记录样地内混交树种的平均树高和平均胸径。

2.2 试验方法

根据降香黄檀每木检尺的统计数据(表 1), 在每块标准地分别选取 2 株生长正常、具有代表性的平均木(因 50 年生降香黄檀价值珍贵, 故伐倒木数量较少)。在伐倒前标记树木生长南北向, 对标准木在离地 10 cm 处进行机械伐倒, 此后在 0, 1.3, 1.6, 3.6, 5.6 m……按 2 m 分段依次截取 5 cm 厚的圆盘(截取到枝顶末梢)。在圆盘的一面做好标记(南北线、截段记号), 将圆盘在现场用保鲜膜密封处理, 于当日带回实验室进行树干解析(采用传统年轮确定法与年轮扫描仪相结合的方法), 分析降香黄檀树高、胸径、材积的具体生长情况。

树木的胸高形数是指其材积与以树干胸高断面作为比较圆柱体之比, 它的大小可以反映树干粗度变化的快慢, 其计算公式为 $f_{1.3} = V / (g_{1.3} \cdot h)$ 。其中: V 为材积, $g_{1.3}$ 为胸高断面积, h 为树高。

表 1 立地条件及每木检尺平均数

Table 1 Site conditions and every wood scaling averages

样地号	坡向	坡位	坡度/(°)	海拔/m	胸径/cm	树高/m	枝下高/m	株数/株
1	东南	中	5	90	5.4~22.9	5.6~19.3	1.2~8.2	28
2	东	中	5	95	9.9~21.0	6.1~18.8	2.9~9.0	25
3	西南	中	8	130	8.5~22.0	5.1~19.8	2.3~10.4	30

3 结果与分析

3.1 树高生长规律分析

由表 1 可知: 46 年生降香黄檀的树高平均值为 18.70 m。降香黄檀作为优质红木用材树种, 其树高生长较一般速生树种较低, 但高于南方铁杉 *Tsuga tchekiangensis* 等树种, 尤其是其前 10 年生能达到 5.78 m 的树高, 是南方铁杉前 10 年生树高总生长量 1.78 m 的 3.24 倍^[12]。由图 1 可知: 降香黄檀树高在生长过程中其平均生长量大体维持在 0.5 m·a⁻¹ 的速率, 在 10 年生达到最大 5.78 m·a⁻¹, 此后下降并趋于稳定。而连年生长量则随年龄增长出现较剧烈的变化趋势, 其中树高连年生长量最大值出现在第 6 年, 为 0.865 m·a⁻¹, 最小值出现在 26 年生为 0.055 m·a⁻¹。并且在 38 年生之前大致呈现“高一低一高”的趋势, 在 38 年生之后逐步稳定在 0.3 m·a⁻¹ 左右。树木的高生长受到诸多因素的影响, 包括外界的光、热、水、养分以及内部植物生长调节物质、生长节律等。从降香黄檀较明显的高生长波动趋势可以推测, 受环境变化影响较大, 具体原因有待更详细的气候资料验证, 也可能是由于外源刺激内部生长调节机制所导致, 但总体降香黄檀的高生长在早期具有较大潜力。

3.2 胸径生长规律

46 年生降香黄檀平均胸径为 21.6 cm。据图 2 可见：降香黄檀生长过程中出现了 2 次较长的稳定期，自最初的最大连年生长量 $1.3 \text{ cm}\cdot\text{a}^{-1}$ 一直下降到第 10 年的 $0.5 \text{ cm}\cdot\text{a}^{-1}$ ，下降幅度达到了 160%，可知降香黄檀的胸径生长在幼苗期保持较高的生长速度，此后一直下降。在 11 年生时短暂升高到 $0.65 \text{ cm}\cdot\text{a}^{-1}$ ，此后从第 14~28 年，降香黄檀的胸径连年生长量较稳定的保持在 $0.4 \text{ cm}\cdot\text{a}^{-1}$ 附近。这一阶段为降香黄檀胸径生长的第 1 个稳定期。在第 30 年出现短暂升高后同样快速进入下降期，32~46 年生，中间虽有较小升降，但此阶段降香黄檀的胸径生长大致维持在 $0.2\sim 0.3 \text{ cm}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

相较于高生长的明显波动，降香黄檀的粗生长较稳定。但混交种植的降香黄檀人工林中其他树种的抚育方式、采伐年限、林冠变化等诸多因素直接影响到林分密度，降香黄檀胸径生长与密度的关系值得进一步实验论证。作为多年培育的大径材树种，降香黄檀胸径还是保持了较高的生长速度，若能合理抚育将会表现出更大生长潜力。

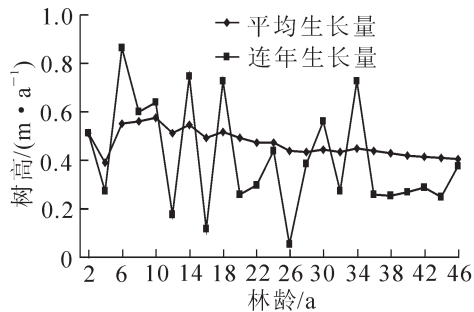


图 1 降香黄檀树高生长过程

Figure 1 *Dalbergia odorifera* tree height growth

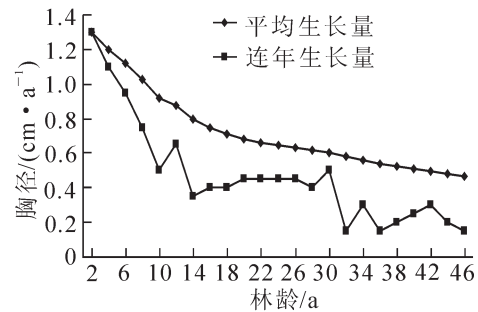


图 2 降香黄檀胸径生长过程

Figure 2 *Dalbergia odorifera* DBH growth

3.3 材积生长规律

46 年生降香黄檀平均单株材积生长量为 0.4019 m^3 。由图 3 可知：降香黄檀的材积平均生长量在 4 年生中一直处于波浪式增长，最终达到了 $0.087 \text{ m}^3\cdot\text{a}^{-1}$ 。在 14 年生之前其连年生长较平缓，自第 18 年开始出现快速增长，在 40 年生时达到最高的 0.017 m^3 ，其中 22 年生，24 年生，36~38 年生出现较大幅度下降，但总体一直保持增长趋势。从材积生长趋势可以看出降香黄檀连年生长量与平均生长量远未达到相交的时间点，证明其距离数量成熟还有较大差距，林木材积增长的空间很大。

3.4 胸高形数与树高指数

胸高形数可以反映出树干形状的通直和完满度。由图 4 可以看出：降香黄檀的胸高形数呈现下降并趋于稳定的趋势，其中 2 年生胸高形数值极高的原因为高增长显著大于粗增长。其胸高形数一直保持在 0.5 以上，最低值为 18 年生的 0.514，46 年生时为 0.586，高于 36 年生顶果木 *Acrocarpus fraxinifolius* 的 0.45^[13]，可看出降香黄檀具有干形通直的生长特点，这是保证出材率的重要特征。树高指数是树高与胸径生长率的比值，一定程度反映树木高生长的能力。从图 5 可以看出：除个别年份树高指数数值小于 1，降香黄檀生长的绝大部分年限都大于 1，说明降香黄檀保持了较高的高生长态势。

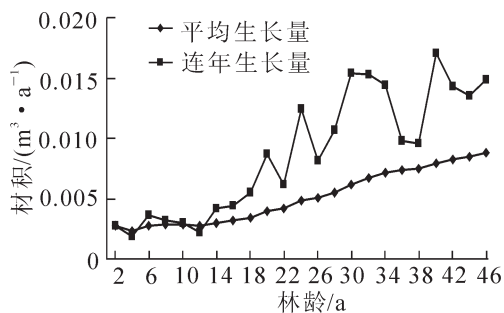


图 3 降香黄檀材积生长过程

Figure 3 *Dalbergia odorifera* volume growth

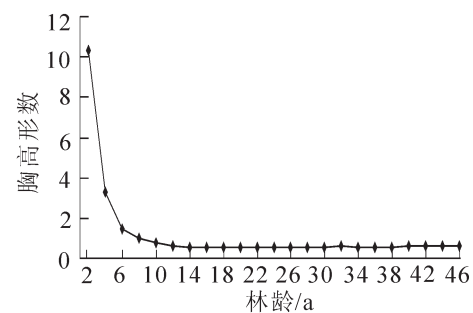


图 4 降香黄檀胸高形数

Figure 4 *Dalbergia odorifera* breast height form factor

3.5 生长率

树木生长率可表现其生长相对速度的快慢,由普雷斯勒生长率公式: $z_{(t)} = \frac{y_t - y_{t-n}}{y_t + y_{t-n}} \times \frac{200}{n}$ 。其中: y_t 为 t 年的生长量, y_{t-n} 为 t 至 n 年的生长量。计算可得表 3。由表 3 及图 5 可知: 降香黄檀的树高、胸径及材积生长率均随着林龄增加而降低, 并且均是先快后慢的趋势。胸径的生长率下降平稳, 自第 14 年的 3.23% 至第 46 年的 0.7% 缓慢下降; 树高和材积的生长率下降趋势波动较大, 其中树高的生长率自 12 年生至 36 年生大致遵循一升一降的趋势, 此后稳定为 1.5%~2.0%; 材积的生长率受到树高与胸径生长率的共同影响, 表现为前期急剧下降, 第 12~26 年波动较大, 此后趋于平缓。

3.6 心材生长规律

46 年生降香黄檀人工林的心材生长规律如表 2 所示。由表 2 可知: 降香黄檀在 8 年生前后开始出现心材, 与前人的研究相符。46 年生时平均心材直径为 10.8 cm, 对应的胸径为 21.6 cm, 所采样木中最大心材直径为 16.9 cm, 对应胸径为 25.8 cm。可以看到: 自心材出现时心材比为 7.30% 至第 46 年时为 49.54%, 年增长速率为 1.11%, 最大心边材比出现在 38 年生, 为 50.00%, 但是此后一直保持在 49.00% 以上。

在对心材的分析中发现降香黄檀树干的心材生长具有随机性, 例如会出现树干两端生长心材但中段无心材的现象, 以及同一断面出现 2 处甚至 3 处心材生长点并且相互不融合等现象。

表 2 降香黄檀整树胸径和心材

Table 2 *Dalbergia odorifera* whole-tree diameter at breast height, heartwood

林龄/a	整树胸径(去皮)/cm	心材直径/cm	心材比/%	林龄/a	整树胸径(去皮)/cm	心材直径/cm	心材比/%
2	2.6	0	0.00	26	16.4	6.5	39.63
4	4.8	0	0.00	28	17.2	7.1	41.28
6	6.7	0	0.00	30	18.2	7.7	42.31
8	8.2	0.6	7.32	32	18.5	8.5	45.95
10	9.2	1	10.87	34	19.1	9.0	47.12
12	10.5	2.1	20.00	36	19.4	9.2	47.42
14	11.2	2.5	22.32	38	19.8	9.9	50.00
16	12	2.8	23.33	40	20.3	10.1	49.75
18	12.8	3.3	25.78	42	20.9	10.3	49.28
20	13.7	4.5	32.85	44	21.3	10.6	49.77
22	14.6	5.3	36.30	46	21.6	10.7	49.54
24	15.5	5.8	37.42				

4 结论与讨论

46 年生降香黄檀人工林平均树高、胸径和单株去皮材积分别为: 18.70 m, 21.6 cm 和 $0.4019 \text{ m}^3 \cdot \text{株}^{-1}$ 。降香黄檀的树高、胸径生长都有各自的规律性, 树高的连年生长量呈现明显的“高一低一高”规律, 幼苗期高增长较快, 至 35 年生之后树高生长较稳定。广西南宁地区 46 年生的灰木莲 *Manglietia glauca* 树高为 22.80 m^[14], 黑龙江省伊春地区 46 年生长白落叶松 *Larix olgensis* 平均树高可达 23.7 m^[15], 福建光泽地区 46 年生南方铁杉平均树高为 11.8 m^[12]。降香黄檀的胸径生长在 46 年的生长期中出现 2 次较明显的稳定期, 分别是 14~28 年生及 32~46 年生。在这 2 个时期内, 降香黄檀的胸径生长没有太大的波动。对比发现: 46 年生灰木莲胸径为 21.72 cm, 长白落叶松为 20.70 cm, 福建光泽地区南方铁杉为 21.25 cm。可以看出, 降香黄檀的胸径生长大致与灰木莲等阔叶树以及长白落叶松、南方铁杉等针叶树达到同一水平。在材积生长量方面, 对比可知 46 年生灰木莲材积为 $0.4695 \text{ m}^3 \cdot \text{株}^{-1}$, 46 年生南方铁杉

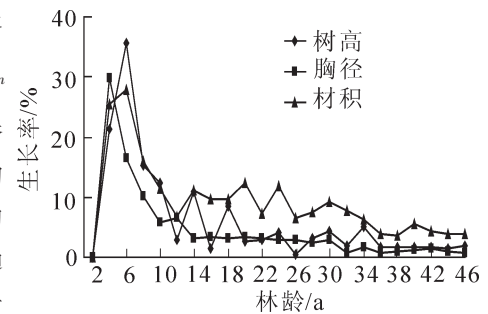


图 5 降香黄檀生长率

Figure 5 *Dalbergia odorifera* growth rates

去皮材积为 $0.2239 \text{ m}^3 \cdot \text{株}^{-1}$, 可知降香黄檀的材积生长处于较高水平。其连年生长量呈现波浪式增长, 在 14 年生之前其连年生长较平缓, 自 18 年生开始出现快速增长, 在 40 年生时达到最高的 $0.017 \text{ m}^3 \cdot \text{株}^{-1}$, 其间的 22 年生、24 年生、36~38 年生出现较大幅度下降, 但总体趋势一直处于较快增长。从材积生长趋势可以看出: 降香黄檀连年生长量与平均生长量远未达到相交的时间点, 证明其距离数量成熟还有较大差距, 其材积增长的空间还很大。根据材积的波动变化可推测降香黄檀材积生长受到温度、降水及林冠变化导致的光照变化等季节性或周期性外界环境影响。降香黄檀的胸高形数维持在 0.5 以上, 表明其树干通直圆满, 树高、胸径及材积生长率均随着林龄增加而降低, 并且均是先快后慢的趋势。其中胸径的生长率下降平稳, 树高和材积的生长率下降趋势波动较大。

降香黄檀的心材形成机理较复杂, 目前对各种产生心材树种的研究发现, 其形成机理主要表现在边材向心材转变的过程中发生的一系列理化变化, 包括酶活性、含水量、营养元素等物质的变化以及特殊代谢物的产生等^[16]。而决定心材数量或体积的临界点在于树体的生长发育中边材和心材的比例达到利于自身生长的最佳水平^[17], 所以在理论上可以通过人工干预如修枝等手段和人为外源刺激等方法促进降香黄檀心材的形成。贾瑞丰^[18]研究发现: 降香黄檀的心材形成主要来自于水分胁迫、真菌菌液、生长调节物质等改变了树体的内部代谢或直接加速边材转变成为心材。降香黄檀在第 8 年前后开始出现心材, 46 年生时心材直径平均值为 10.8 cm, 对应植株胸径为 21.6 cm。可以看到自心材出现时心边材比例 7.3% 至 46 年生时 49.54%, 年增长速率为 1.11%, 最大心边材比出现在第 38 年, 此后一直保持在 49.00% 以上, 较稳定。

本研究中发现: 降香黄檀作为名贵的红木用材树种, 其生长速度在某些方面并不缓慢, 若能保证立地条件和幼苗期通直的生长趋势, 降香黄檀的成材率极为可观, 但由于心材的生长具有不确定性, 因而对于降香黄檀的种植推广不能盲目。另一方面, 可适当人工干预其心材的形成, 诸如在其胸径、树高及材积生长的高峰期加大水肥的供给; 幼苗期对混交树种进行适当整枝以保证光照强度; 在其心材形成初期采用外源刺激的手段加速其生长等。

5 参考文献

- [1] 韦直. 中国植物志: 第 40 卷第 1 分册[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 18107-2000 红木[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [3] 徐呈祥. 中国红木树种引种栽培研究进展[J]. 世界林业研究, 2011, 24(6): 65 - 71.
XU Chengxiang. Research advances of introduction and cultivation of Hongmu tree species in China [J]. *World For Res*, 2011, 24(6): 65 - 71.
- [4] 孟慧, 杨云, 陈波, 等. 外界刺激降香黄檀心材类物质形成[R]. 中国植物学会药用植物及植物药专业委员会. 第 8 届全国药用植物及植物药学术研讨会论文集. 呼和浩特, 2009.
MENG Hui, YANG Yun, CHEN Bo, et al. External stimuli *Dalbergia odorifera* L. substances heartwood formation [R] //Chinese Plant Academic Society Medicinal and Plant Medicine Specialized Committee. *Eighth Session of National Medicinal Plant and Plant Medicine Academic Seminar Collection*. Huhhot, 2009.
- [5] 黎素平. 降香黄檀树皮率、心材率及木材密度研究[J]. 广西林业科学, 2012, 41(2): 86 - 90.
LI Suping. Study on bark percentage, heartwood percentage and wood density of *Dalbergia odorifera* [J]. *Guangxi For Sci*, 2012, 41(2): 86 - 90.
- [6] 朱声管, 江海涛, 蒋凡. 1~3 年生降香黄檀生长量研究[J]. 中国农业信息, 2013(11): 176 - 178.
ZHU Shengguan, JIANG Haitao, JIANG Fan. The study on 1-3 years old *Dalbergia odorifera* growth [J]. *China Agric Inf*, 2013(11): 176 - 178.
- [7] 吴银兴. 不同抚育方式对降香黄檀生长的影响[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(15): 173 - 174.
WU Yinxing. Effects of different culture methods on the growth of *Dalbergia odorifera* [J]. *Anhui Agric Sci Bull*, 2011, 17(15): 173 - 174.
- [8] 李芸瑛. 不同光照强度对降香黄檀幼苗生长及光合特性的影响[J]. 农业与技术, 2014, 34(3): 13 - 15.
LI Yunying. Effects of different light intensity on photosynthetic characteristics and growth of *Dalbergia odorifera* seedlings [J]. *Agric Technol*, 2014, 34(3): 13 - 15.

- [9] 吴朝辉. 不同光照强度和施肥水平对降香黄檀容器苗质量的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
WU Zhaohui. *Effect of Different Light Intensity and Fertilizer Levels on Quality of Dalbergia odorifera Container Seedlings* [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010.
- [10] 莫惠芝, 吴永彬, 彭桂香, 等. 光合细菌对降香黄檀幼苗的生长效应研究[J]. 广东农业科学, 2014(2): 70 – 74.
MO Huizhi, WU Yongbin, PENG Guixiang, *et al.* Study on the effects of photosynthetic bacteria on the growth of *Dalbergia odorifera* [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2014(2): 70 – 74.
- [11] 吴国欣, 王凌晖, 梁惠萍, 等. 氮磷钾配比施肥对降香黄檀苗木生长及生理的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(2): 296 – 300.
WU Guoxin, WANG Linhui, LIANG Huiping, *et al.* Fertilizer treatments for growth and physiology of *Dalbergia odorifera* seedlings [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2012, 29(2): 296 – 300.
- [12] 吕曼芳. 珍贵树种顶果木人工林生长规律及价值核算研究[D]. 南宁: 广西大学, 2013.
LÜ Manfang. *The Growth Regularity and Value Accounting Research of Precious Species Acrocarpus. fraxinifolius Plantation* [D]. Nanning: Guangxi University, 2013.
- [13] 罗金旺. 福建光泽南方铁杉天然林的生长规律与生物量[J]. 福建林学院学报, 2011, 31(2): 156 – 160.
LUO Jinwang. Growth and biomass of *Tsuga chinensis* var. *tchekiangensis* in a natural forest in Guangze, Fujian, China [J]. *J Fujian Coll For*, 2011, 31(2): 156 – 160.
- [14] 韦善华, 覃静, 朱贤良, 等. 南宁地区灰木莲人工林生长规律研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 174 – 178.
WEI Shanhua, QING Jing, ZHU Xianliang, *et al.* Growth regularity of *Manglietia glauca* plantation growing in Nanning [J]. *J Northwest For Univ*, 2011, 26(5): 174 – 178.
- [15] 王秀云. 不同年龄长白落叶松人工林碳储量分布特征[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
WANG Xiuyun. *Distribution of Carbon Storage for Larix olgensis Plantation of Different Stand Ages* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2011.
- [16] TURNER J, LAMBERT M J. Nutrient cycling within a 27-year-old *Eucalyptus grandis* plantation in New South Wales [J]. *For Ecol Manage*, 1983, 6(2): 155 – 168.
- [17] GARTNER B L. Stem hydraulic properties of vines vs. shrubs of western poison oak, *Toxicodendron versilobum* [J]. *Oecologia*, 1991, 87(2): 180 – 189.
- [18] 贾瑞丰. 降香黄檀人工促成心材的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014.
JIA Ruifeng. *Studies on Artificially Induced Heartwood Formation of Dalbergia odorifera* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2014.