

文章编号: 1001-1498(2008)02-0212-05

# 引进树种印度黄檀解剖构造变异性质 及其化学性质的研究

石雷<sup>1</sup>, 孙庆丰<sup>2</sup>, 邓疆<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 2. 东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:**采用木材定量解剖方法和木材化学性质分析方法,对引进的印度黄檀解剖构造性质径向变异特征和化学性质进行了系统研究,结果表明:印度黄檀木材纤维长度和宽度均值分别是 1 430.87、18.02  $\mu\text{m}$ ,导管分子长度和直径平均值分别是 204.13、146.46  $\mu\text{m}$ ,微纤丝角平均值是 12.24°。印度黄檀的解剖构造特征的径向变异趋势有的明显,有的不明显。印度黄檀木材 pH 值为 5.39,其结果为开发和培育印度黄檀优质材提供了基础数据和理论指导。

**关键词:**印度黄檀;解剖构造;变异;化学性质;引进树种  
中图分类号: S781 文献标识码: A

## Study on Anatomical Structure Variation and Chemical Properties of Introduced *Dalbergia sissoo* Roxb

SHI Lei<sup>1</sup>, SUN Qing-feng<sup>2</sup>, DENG Jiang<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Resource Insects, CAF, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Material Science and Engineering College, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

**Abstract:** The anatomical structure variation and chemical properties of *Dalbergia sissoo* introduced from Nepal in Yuanjiang of Yunnan Province were studied with quantitatively and chemically analytic methods. The results showed that the fiber length and width were 1 430.87  $\mu\text{m}$  and 18.02  $\mu\text{m}$  in average. The length and diameter of pore were respectively 204.13  $\mu\text{m}$  and 146.46  $\mu\text{m}$  in average. The microfibril angle was 12.24° in average. The radial variation tendency of anatomical structure of some *D. sissoo* was significant while others insignificant. The pH of *Dalbergia sissoo* was 5.39. The studies offered basic data and theoretical guidance for developing and breeding high quality *Dalbergia sissoo*.

**Key words:** *Dalbergia sissoo*; anatomical structure; variation; chemical properties; introduced species

木材材性是木材合理开发利用的基础,木材解剖性质和木材材性关系密切,随着木材科学的发展,木材解剖性质研究<sup>[1-3]</sup>也不断深入。目前,由于木材资源由天然林向人工林发展,所以人工林材性研究已经成为木材科学研究的主要对象。人工林材性研究不但为林木培育提供基础数据,同时也是评价营

林措施成败的关键。

印度黄檀 (*Dalbergia sissoo* Roxb.) 属蝶形花科黄檀属植物,原产于印度、尼泊尔、巴基斯坦、孟加拉国、巴西、马达加斯加等国<sup>[4]</sup>。中国林科院资源昆虫研究所自 1999 年开始在云南元江进行引种栽培,印度黄檀不仅是紫胶虫的优良寄主植物,而且是世界

收稿日期: 2007-10-13

基金项目: 国家林业局“948 项目“印度黄檀优良抗逆性种质材料及快繁技术引进”(2006—4—58)、国家科技支撑子专题“优质珍贵用材树种黄檀新品种选育”(2006BAD01A1604)的部分研究内容

作者简介: 石雷(1971—),云南江川人,高级工程师,在职博士生。

上最重要的红木树种之一,为高档的家具、橱柜及装饰用木材,也是重要的薪材、荫蔽、防护及粗饲料树种,因此印度黄檀是一种难得的多用途红木树种。目前国内尚少见对其解剖构造变异和化学性质的系统研究,本文对云南元江人工培育的印度黄檀木材的解剖构造变异和化学性质做了较为系统研究,以期探求其木材材质变异的内在规律,为建立“培育-材性-加工利用”一体化的模式提供基础数据和科学的理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试材为尼泊尔种源,采自中国林科院资源昆虫研究所元江试验站,7年生,采伐时间 2006年 7月。

### 1.2 试验方法

1.2.1 解剖性质 选取树干通直,生长良好的印度黄檀,与胸径处取厚为 2 cm 的圆盘,在圆盘上按生长轮数从髓心向外依次截取火柴杆状的小木段,经 1:1 的过氧化氢和冰醋酸混合液离析,采用 Moti-

图像测量系统,测定木材纤维和导管的各特征数量值,样本数为 60。按木材定量解剖常规方法,测出每个年轮内的组织比量,微纤丝角测量采用碘染色法,通过制作切片后在光学显微镜下直接测量。

1.2.2 化学成分 在每根原木梢部、中部和基部分别截取 3个 10 cm 厚的圆盘,剥皮并去除有缺陷部分,切成小薄片,采用四分法充分混合均匀后磨成木粉,过筛,取通过 40目而留于 60目的部分作为化学成分含量分析试样。化学成分的测定按照 GB/T2677.2-5-93及 GB/T2677.6-9-94<sup>[5]</sup>所规定的方法进行测定,其中,纤维素含量的测定采用硝酸乙醇法<sup>[6]</sup>,木材 pH值的测试方法按照 GB6043-85<sup>[7]</sup>中所规定的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 解剖性质

将印度黄檀木质部细胞的各生长轮内的解剖性质测量数据进行统计分析,结果见表 1。

表 1 印度黄檀解剖构造径向变异参数

项目	生长轮数							平均值	
	1	2	3	4	5	6	7		
木纤维特征值	长度/ $\mu\text{m}$	1 305.39	1 302.62	1 423.03	1 443.23	1 492.56	1 516.83	1 532.41	1 430.87
	宽度/ $\mu\text{m}$	13.57	14.35	14.72	16.53	20.68	23.67	22.62	18.02
	壁厚/ $\mu\text{m}$	4.85	5.11	5.31	5.49	5.63	5.27	5.37	5.29
	长宽比	70.13	72.37	75.61	74.78	83.03	87.12	92.17	79.32
	壁腔比	0.741	0.822	0.853	0.762	0.784	0.822	0.795	0.797
导管分子特征值	腔径比	0.637	0.576	0.641	0.562	0.592	0.627	0.579	0.602
	长度/ $\mu\text{m}$	200.31	202.34	203.98	206.20	205.27	204.21	206.61	204.13
	直径/ $\mu\text{m}$	132.63	145.16	152.34	146.34	145.46	150.83	152.44	146.46
	壁厚/ $\mu\text{m}$	3.65	3.72	3.74	4.14	4.53	4.23	3.85	3.977
	壁腔比	0.162	0.157	0.146	0.146	0.152	0.143	0.138	0.149
微纤丝角/ $^{\circ}$	腔径比	0.827	0.835	0.912	0.869	0.872	0.877	0.912	0.872
		14.53	14.24	14.35	12.55	10.56	9.87	9.62	12.24

#### 2.1.1 纤维形态参数径向变异

(1)长度和宽度:木材纤维长度是评定造纸和纤维板原料品质优劣的重要指标,木纤维愈长,可提高纸页撕裂度、耐破度和耐折度。木纤维长度小于 500  $\mu\text{m}$ 时,很难生产出合格的纤维板<sup>[8]</sup>。表 1 表明,印度黄檀木材纤维长度平均值为 1 430.87  $\mu\text{m}$ ,变化范围在 1 302.62 ~ 1 532.41  $\mu\text{m}$ ,纤维形态均匀,木纤维长度远大于 500  $\mu\text{m}$ ,说明印度黄檀木材为纸浆和纤维板生产的优质原料。根据分级标准<sup>[9]</sup>,属于“中等”级别,说明印度黄檀虽然生长快,但材质

并没有下降,总体水平较好。纤维宽度平均值为 18.02  $\mu\text{m}$ ,变幅范围在 13.57 ~ 23.67  $\mu\text{m}$ ,变幅范围大,变异趋势明显,与印度黄檀所处的生长环境和当地的气象因子有关,元江是典型的热河谷气候,气象因子影响着木材的生长,根据分级标准<sup>[9]</sup>,属 2级;纤维长度和宽度由髓心向外呈递增趋势,根据 Pan-shin等<sup>[10]</sup>总结出木材变异模式的 3种类型,印度黄檀纤维长度和宽度的变异模型属于 Pan-shin 的变异模式(图 1和表 1)。

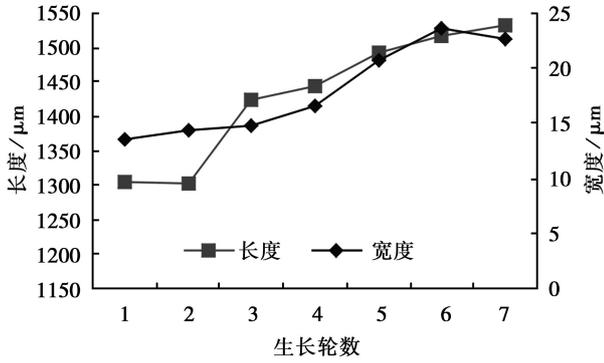


图 1 纤维长度和宽度径向变异曲线

(2)长宽比和壁厚:纤维长宽比与木材物理性质有密切关系,是衡量纤维质量的重要指标。长宽比大的纤维适于造纸材料,获得的纸张强固性和割裂性都好。有关学者研究认为,长宽比大于 33,壁腔比小于 1,纤维之间方能很好交织;长宽比越大,纤维之间的结合能力越好,利于提高纤维板产品的质量<sup>[11]</sup>。印度黄檀纤维长宽比平均值为 79.32,变幅范围在 70.13~92.17,变异明显;壁厚平均值为 5.29 μm,变幅范围在 4.85~5.63 μm,变异趋势由髓心向外增加后降低,根据分级标准<sup>[9]</sup>,属 4 级(图 2 和表 1)。

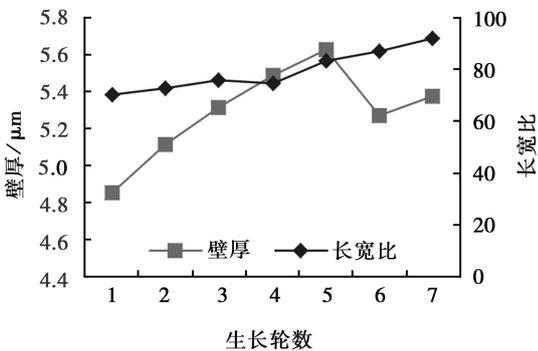


图 2 纤维壁厚和长宽比的径向变异曲线

(3)壁腔比与腔径比:纤维壁腔比平均值为 0.797,变幅范围在 0.741~0.853(图 3 和表 1),纤维壁腔比由髓心向外呈现波动趋势;纤维腔径比(纤维柔性系数)是表明纤维柔性强度的指标,变异趋势由髓心向外呈波动趋势,变异规律不明显,平均值为 0.602。

### 2.1.2 导管分子形态参数和微纤丝角径向变异

(1)分子长度和直径:印度黄檀导管分子长度平均值为 204.13 μm,变幅范围在 200.31~206.61 μm,根据分级标准<sup>[9]</sup>,属于“很短”级别。根据 Frost<sup>[12-13]</sup>和 Takhtajan<sup>[14]</sup>研究认为导管分子长者原始,短者进化,说明印度黄檀属于比较进化的种类;

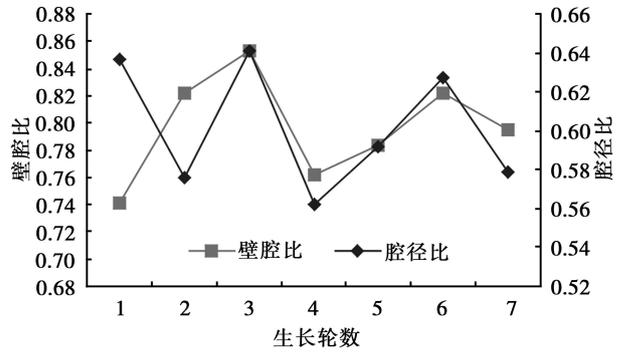


图 3 纤维壁腔比和腔径比径向变异曲线

导管分子直径平均值为 146.46 μm,变幅范围在 132.63~152.44 μm,根据分级标准<sup>[9]</sup>,属于“中等”级别,导管分子长度和直径由髓心向外呈递增趋势,二者最小值均在髓心附近,最大值在靠近树皮附近,仍有增大的趋势,这与木材是 7 年生,处于生长旺盛期有关(图 4 和表 1)。

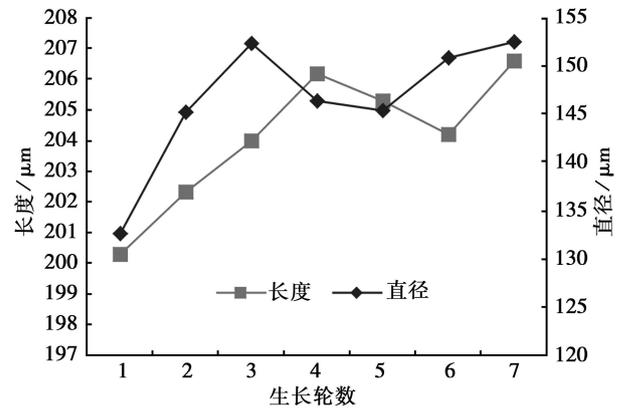


图 4 导管长度和直径的变异曲线

(2)分子壁厚和壁腔比:导管分子壁厚平均值为 3.977 μm;导管分子壁腔比平均值为 0.149,变幅范围在 0.138~0.162,由髓心向外呈小幅递减趋势,变异趋势明显,这与纤维壁腔比变异规律完全相反(图 5 和表 1)。

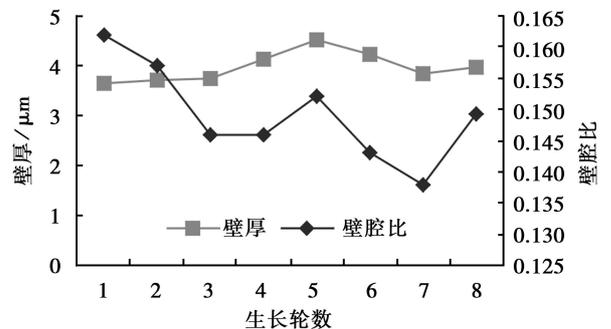


图 5 导管壁厚和壁腔比的变异曲线

(3)腔径比和微纤丝角:分子腔径比平均值为 0.872,变幅范围为 0.827~0.912,变异幅度不大,变异趋势由髓心向外先增加后降低而后增加。木材细胞壁次生壁中层(s<sub>2</sub>)的微纤丝角是木材机械性能的主要决定因子之一,特别影响木材的弹性模量和异向收缩性,微纤丝角与木材密度也存在一定的相关关系,并与木材强度和硬度密切相关。表 1 表明,印度黄檀木材微纤丝角平均值为 12.24°;沿髓心向外呈递减趋势。微纤丝角值比较小,说明印度黄檀木材的抗拉强度和伸缩性强(图 6 和表 1)。

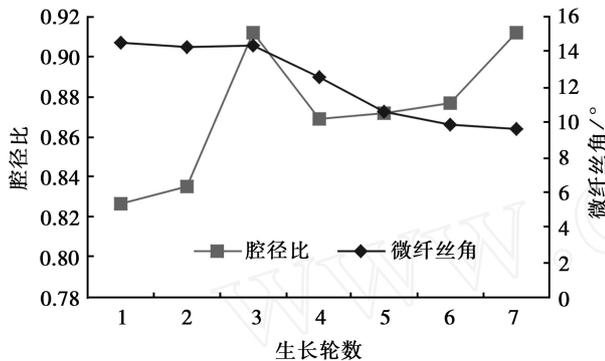


图 6 导管腔径比和微纤丝角的变异曲线

2.1.3 组织比量径向变异 木材组织比量主要研究木材显微构造的数量特征,根据构造分子的数量特征将木材构造特征同木材材性联系起来,找出解剖特征与材性间的规律性。因此,木材组织比量的研究是寻求木材解剖特征与其他材性间关系的一种重要手段。有必要积累一些组织比量的数据,找出变化规律,为树木改良和定向培育提供理论依据。

表 2 组织比量和胞壁率

项目	生长轮数							平均值
	1	2	3	4	5	6	7	
纤维比量 / %	59.74	61.23	59.22	63.71	64.52	63.84	63.23	62.21
导管比量 / %	19.13	20.62	21.73	19.8	20.45	18.37	18.68	19.83
射线比量 / %	19.52	17.61	16.33	13.52	12.76	17.18	16.65	16.22
胞壁率 / %	67.51	66.24	61.83	66.92	67.52	68.36	65.17	66.22

表 2 表明,纤维比量平均值为 62.21%,变幅范围在 59.22%~64.52%。一般认为,当木纤维比量在 50% 以上就适合作纤维板原料,所以印度黄檀木材是纤维板的好原料。导管比量平均值为 19.83%,变幅范围在 18.37%~21.73%,纤维比量沿髓心向外呈增加趋势,导管比量沿髓心向外呈递减趋势(图 7 和表 2)。木射线比量平均值为 16.22%,变幅为 12.76%~19.52%,变异趋势为由髓心向外呈减少,变幅范围较大,变异明显。胞壁率

影响着木材的密度,印度黄檀胞壁率的平均值为 66.22%,变幅范围为 61.83%~68.36%,变异趋势为降低-增加-降低,在第 3 生长轮时达到最低值 61.83%。

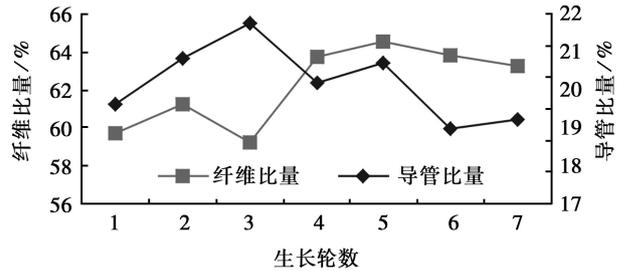


图 7 纤维比量和导管比量的变异曲线

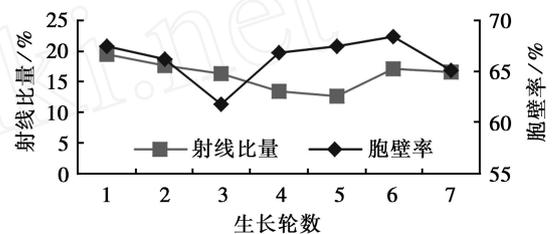


图 8 射线比量和胞壁率的变异曲线

## 2.2 化学性质

木材的化学性质特征通常是以它们的化学成分来表达,木材是由无数成熟细胞组成的,因此其化学性质特征实际上是成熟细胞化学成分的综合,成熟细胞分为细胞壁、细胞腔和细胞间隙。因此,论述木材化学成分时,就有机物而论,有细胞壁物质和非细胞壁物质之分,此外还有无机盐类。木材的主要化学成分有灰分、冷热水抽提物、1% NaOH 抽提物、苯醇抽提物、半纤维素(阔叶材中以多戊聚糖为主)、木质素和纤维素等。

表 3 印度黄檀化学性质

项目	平均值 / %	标准误差	标准差 / %	变异系数 / %	准确指数
纤维素	34.37	1.14	2.79	8.13	6.64
综纤维素	65.07	1.61	3.94	6.06	4.94
酸不溶木素	25.06	1.44	3.53	14.11	11.52
抽 乙醚	4.40	0.15	0.37	8.49	6.93
提 苯醇	9.58	0.86	2.11	22.01	17.97
物 1%NaOH	19.96	1.10	2.69	13.45	10.99
含 热水	6.36	0.13	0.33	5.13	4.19
量 冷水	4.52	0.10	0.26	5.65	4.62
灰分	0.76	0.05	0.13	17.57	14.35
pH 值	5.39	0.11	0.26	4.79	3.91

纤维素是木材细胞壁的骨架物质,与木材性能、纸浆得率及纸浆质量关系密切。综纤维素是指除去半纤维素后剩余纤维素和木质素含量的

总和,影响着木材的价值和使用范围。木质素除赋予木材强度外,还给予木材一定的尺寸稳定性。表 3 表明,印度黄檀木材中纤维素的含量是 34.37%, 综纤维素的含量是 65.07%, 酸不溶木素的含量是 25.06%。

木材化学成分中抽出物含量影响着木材天然耐久性、材色和木材的加工利用<sup>[15]</sup>。表 3 表明,印度黄檀中乙醚、苯醇、1% NaOH、热水、冷水的含量分别是 4.40%、9.58%、19.96%、6.36%和 4.52%;灰分主要是 K、Na、Mg、Ca 等的无机盐类,对木材的握钉力、胶接有一定的影响。表 3 表明,印度黄檀木材中灰分的含量为 0.76%。木材的 pH 值对制定木材应用范围和加工工艺具有重要意义,与木材胶合、木材变色、金属腐蚀和胶接性能等有密切关系<sup>[16-17]</sup>,而印度黄檀木材的 pH 值为 5.39。

### 3 结论

人工培育的印度黄檀木材纤维长度和宽度均值分别是 1430.87  $\mu\text{m}$  和 18.02  $\mu\text{m}$ , 纤维形态均匀,同时纤维的各数量特征值均分别达到造纸或者纤维板的要求,说明人工培育的印度黄檀非常成功,材性优良,培育措施得当;导管分子长度和直径平均值分别是 204.13  $\mu\text{m}$  和 146.46  $\mu\text{m}$ ,从进化角度来看,印度黄檀属较进化树种,从利用角度来看印度黄檀木材中的导管分子在应用中能够大部分使用,从而提高了木材的利用率,降低了损耗。

印度黄檀的解剖构造特征的径向变异趋势有的明显,有的不明显,而通过对变异趋势的分析,不但为其进一步培育措施的改进提供一定的理论指导,同时也为其制定合理的采伐时段提供科学依据。

通过对印度黄檀木材中化学成分的研究,为其将来的实际生产应用范围和制定相应的加工工艺提供了基础数据,同时对木材的材色和耐久性的评估提供基础数据。

### 参考文献:

- [1] Kisser J G. History of wood anatomy[J]. Wood Sci Techno, 1967, 1(2): 161 - 164
- [2] Paramesw A N, Liese W. Variation of cell length in bark and wood of tropical trees[J]. Wood Sci and Techno, 1974, 8(2): 81 - 90
- [3] Bass P. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy history and perspectives[C]//New perspectives in wood anatomy. Boston: International Association of Wood Anatomists (Forestry Sciences), 1982: 23 - 58
- [4] Tewari D N. A Monograph on *Dalbergia sissoo* Roxb[M]. India: International Book Distributors, 1994
- [5] 中国标准出版社. 中国林业标准汇编: 木材与木制品卷[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998
- [6] 北京造纸研究所. 造纸工业化学分析[M]. 北京: 轻工业出版社, 1975
- [7] Schimleck L R, Evans R. Estimation of wood stiffness of with cement cores by near withdrawer spectroscopy: the development and application of calibrations based on selected cores[J]. IAWA 2002, 23(3): 217 - 224
- [8] 赵 砾. 湿法硬质纤维板生产常用灌木及阔叶乔木原料的综合分析[J]. 林产工业, 1991, 38(2): 40 - 43
- [9] 李 坚. 木材科学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002
- [10] Panshin A J, Zeeuw C. Textbook of wood technology[M]. 4th ed. New York: Mc Graw-Hill Company, 1980: 37
- [11] 制浆造纸手册编写组. 制浆造纸手册(第一分册): 纤维原料和化工原料[M]. 北京: 轻工业出版社, 1987
- [12] Frøsteh. Specialization in secondary xylem of dictyledons ( ): Evolution of end wall of vessel segments[J]. Botanical Gazette, 1930, 90: 198 - 212
- [13] Takhtajna JNA A. Morphological evolution of the angiosperm[M]. Moscow: Agricultural Press, 1984: 5
- [14] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985: 186 - 203, 309 - 312
- [15] Xu W, Steiner P R. A Statistical Characterization of the Horizontal Density Distribution in Flakeboard[J]. Wood and Fiber Science, 1995, 27(2): 160 - 167
- [16] 雷得定, 吕 斌. 我国刨花板质量状况的评述[J]. 木材工业, 1993, 7(4): 36
- [17] Length C A. Investigations of Flakeboard Mat Consolidation Part I Characterizing the Cellular Structure[J]. Wood and Fiber Sci, 1996, 28(2): 153 - 167