

孙 瑾, 王晓静, 王 飞, 等. 滇西南地区樟科 17 种木材解剖特征研究[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(5): 102-107.

滇西南地区樟科 17 种木材解剖特征研究

孙 瑾, 王晓静, 王 飞, 徐恩光, 高振忠
(华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】为樟科木材识别与系统分类研究提供依据。【方法】利用光学显微镜及扫描电子显微镜对木材结构进行观察。【结果和结论】观察结果表明 17 种樟科木材结构具有以下特征:散孔材,管孔组合主要为单管孔和短径列复管孔(2~3 细胞),偶见管孔团。导管分子仅具单穿孔或兼有单穿孔和梯状穿孔,梯状穿孔横隔数 3~14 个;管间纹孔式互列。木射线由单列射线和多列射线构成,单列射线稀少,多列射线宽多为 2~3 细胞。射线类型主要为异形 II 型和异形 III 型,少数异形 I 型。导管射线间纹孔式多为大圆形及圆肾形。轴向薄壁组织主要为环管束状、轮界状。射线细胞和轴向薄壁细胞中普遍存在油细胞或黏液细胞。根据观察结果,依据 17 种木材结构编制木材分类检索表。对导管分子穿孔板的研究表明,樟科木材属间和种间的进化程度不一致,琼楠属 *Beilschmiedia* 和厚壳桂属 *Cryptocarya* 木材在一定程度上是较为进化的属种。

关键词:樟科;木材结构;木材识别
中图分类号:S781.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2014)05-0102-06

Wood anatomical characteristics of 17 Lauraceae species
from southwest of Yunnan

SUN Jin, WANG Xiaojing, WANG Fei, XU Enguang, GAO Zhenzhong
(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】The wood structures of 17 species belonging to Lauraceae from southwest of Yunnan were studied in order to provide a basis for wood identification, systematics, and taxonomy. 【Method】Wood samples were observed with the help of light microscope and scanning electron microscope. 【Result and conclusion】The results showed that the wood this studied had the following characteristics: The wood had diffuse porous with solitary pores and short radial multiple pores (2 – 3 cells), and few pore clusters for all the species. The vessels had two kinds of perforation plates: Only simple and both with simple and scalariform perforation and the number of scalariform perforation plate bars were from 3 to 14. The intervessel pitting was alternate. Wood rays were made up of few uniseriate and many multiseriate rays, and multiseriate rays often had 2 – 3 cells in the widest place. Most ray types were heteromorphosis II and heteromorphosis III, but few heteromorphosis I existed as well. The types of vessel-ray pitting were almost large circular and reniform shape. Axial parenchyma was almost vasicentric and terminal parenchyma. Oil cells or mucous cells were widespread in ray and axial parenchyma cells. Wood classification table is made based on the observations in order to provide the basis for wood identification. The study of vessel perforation plates show that degree of evolution of wood belonging to Lauraceae is inconsistent, and *Beilschmiedia* and *Cryptocarya* are relatively evolutionary genera to some extent.

Key words: Lauraceae; wood structure; wood identification

樟科 (Lauraceae) 植物是被子植物的基本类群之一,全世界约 50 属,2 500 ~ 3 000 种,广泛分布于热带及亚热带地区^[1]. 我国产 24 属,约 430 种,其中云南约有 19 属 223 种,居于全国各省区之首^[2]. 樟科植物作为我国重要的经济林木,不仅是林业、工业和药用原料的来源,也是园林及绿化的重要树种. 樟科植物木材具有重大的利用价值,例如樟属 *Cinnamomum* 木材是优良的家具材,香樟是世界著名的箱柜用材,檫木 *Sassafras tzumu* 是很好的造船用材^[3]. 国内外对于樟科木材结构的研究已见报道^[3~9], Richter^[4]、Stern^[5] 和林松^[6] 等国内外学者通过樟科木材解剖特征与系统分类的研究,为樟科植物系统分类提供依据;同时也为樟科木材识别提供大量的资料. 但世界范围内樟科植物种类繁多,依然有许多樟科木材,尤其是云南当地的一些木材,其木材解剖结构特征在相关文献中鲜见报道,对于这些木材结构的研究有助于丰富樟科木材解剖研究的现状,在前人研究基础上更进一步地发展. 本文选取了 17 种采自云南的樟科植物作为研究对象,其中麻栗坡油丹 *Alseodaphne marlipensis*、云南厚壳桂 *Cryptocarya yunnanensis* 等 7 种为云南特有的树种,利用光学显微镜及扫描电镜对其木材结构进行详细观察,并对解剖特征进行分析,以期 为樟科植物分类与识别及其木材的开发利用提供一定的依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究所用的樟科 7 属 17 种木材标本均采自滇西南地区,由华南农业大学李秉滔教授鉴定,现存放在华南农业大学木材标本室,详见表 1.

1.2 切片制备方法

1.2.1 光学显微镜下观察材料的制备 1) 制作木材切片:取约 1.0 cm × 1.0 cm × 1.0 cm 的新鲜木材试块进行水煮软化. 待软化适当后充分水洗,并用 Leica SM2000R 滑走切片机制备横、径及弦切面厚度为 12 ~ 20 μm 的切片,依次经质量分数为 1% 的番红溶液染色、各级浓度乙醇脱水、二甲苯透明、中性树脂胶封片后用于观察. 2) 木材离析:将木材样品制成火柴状的细条,加入质量分数为 30% 的硝酸及少量氯酸钾在水浴锅下煮至充分离析,清水洗净后,用质量分数为 1% 的番红溶液进行染色,并用于观察. 利用 Leica DFC295 显微镜拍摄木材三切面及离析图像,并采用 Leica 公司的 LAS V3.6 软件随机测量导管分子长度和弦向直径各 30 个,木纤维长度、弦向直径及胞腔直径各 60 个,求平均值,用 Excel 软件计算其标准差.

1.2.2 扫描电镜下观察材料的制备 用单面刀片将样品切成可供观察的木材薄片,喷金镀膜后在 FEIXL-30ESEM 环境扫描电镜下观察并照相.

表 1 研究材料及来源
Tab.1 Materials and their sources

属名	树种名称	采集地	采集编号
油丹属 <i>Alseodaphne</i>	麻栗坡油丹 <i>A. marlipensis</i>	上韦龙村	WS0273
	西畴油丹 <i>A. sichouensis</i>	河口县瑶山乡	WS0584
琼楠属 <i>Beilschmiedia</i>	白柴果 <i>B. fasciata</i>	大锡厂村	WS0151
	厚叶琼楠 <i>B. percoriacea</i>	老母龙	WS0390
	红毛琼楠 <i>B. rufohirtella</i>	老母龙	WS0428
	西畴琼楠 <i>B. sichouensis</i>	麻栗坡天保	WS0365
	滇琼楠 <i>B. yunnanensis</i>	小平安村	WS0304
樟属 <i>Cinnamomum</i>	云南樟 <i>C. glanduliferum</i>	幸福厂	WS0083
	大叶桂 <i>C. iners</i>	羊麻子坡	WS0023
	卵叶桂 <i>C. rigidissimum</i>	偏岩村	WS0258
	细毛樟 <i>C. tenuipilum</i>	老母龙	WS0389
厚壳桂属 <i>Cryptocarya</i>	云南厚壳桂 <i>C. yunnanensis</i>	牛山堡村	WS0330
山胡椒属 <i>Lindera</i>	乌药 <i>L. aggregata</i>	偏岩村	WS0259
	绒毛钓樟 <i>L. floribunda</i>	干坝子	WS0179
	假桂钓樟 <i>L. tonkinensis</i>	麻栗坡天保	WS0357
木姜子属 <i>Litsea</i>	红叶木姜子 <i>L. rubescens</i>	下大锡厂	WS0001
润楠属 <i>Machilus</i>	黄绒润楠 <i>M. grijsii</i>	大锡厂村	WS0145

2 结果与分析

2.1 生长轮

樟科木材的生长轮轮廓多为圆滑或略具波浪状(图 1a). 生长轮明显程度以及形成原因不尽相同. 有些生长轮是由轮界状的轴向薄壁组织形成的, 如麻栗坡油丹、琼楠属的木材(图 2a); 有些是由早晚材纤维壁厚不同造成的, 如云南樟、大叶桂、乌药、黄绒润楠等(图 2b).

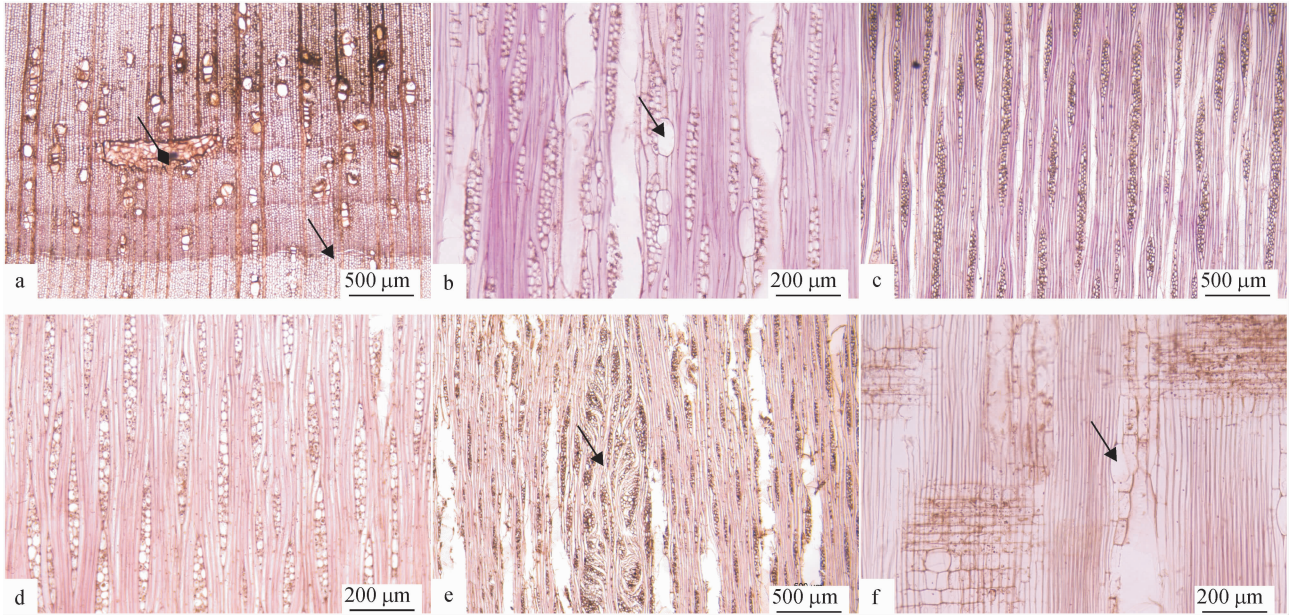
2.2 导管分子

木材导管分布均为散孔材, 管孔组合为单管孔和径列复管孔(多为 2~3 细胞), 偶见管孔团. 管孔排列形式有星散状、径列、斜列等(图 1a、2a、2b). 木材导管分子具梯形穿孔板和单穿孔板 2 种. 油丹属、琼楠属木材及卵叶桂、云南樟、乌药和假桂钩樟木材仅观察到单穿孔(图 2c), 其他树种同时具有单穿孔和梯状穿孔(图 2d). 梯状穿孔板隔膜数范围为 2~14 条, 详见表 2. 导管间纹孔式多为互列(图 2e). 导管射线纹孔式有圆肾形、大圆形及刻痕状(图 2f、2g、2h).

在西畴琼楠木材结构中观察到明显的螺纹加厚, 且螺纹加厚存在于整个导管壁中(图 2c). 麻栗坡油丹观察到附物纹孔, 附物多存在于具缘纹孔的纹孔口, 圆球形或不规则形状(图 2i). 导管分子长度均值范围为 320~550 μm. 根据 IAWA 的划分标准^[10], 导管分子长度的平均值短至中等, 弦向直径多数为中等水平.

2.3 木射线

17 种樟科木材的木射线均非叠生, 具有单列和多列射线(图 1b、1c、1d). 单列射线稀少, 大叶桂等木材具极少单列射线, 单列射线高度均为 10 个细胞以下, 一般为 2~5 个细胞(图 1b、1c). 多列射线较多. 所观察的木材射线中, 多列射线宽度多为 2~3 列细胞(图 1b), 仅琼楠属和木姜子属的红叶木姜子多列射线多为 3~5 列细胞(图 1c). 红毛琼楠和红叶木姜子的多列木射线高度较高, 有些甚至达到 100 个细胞以上(图 1c). 卵叶桂木材中观察到聚合木射线(图 1e). 木材的射线类型以异形 II 型和异形 III 型为主(图 1b、1c), 偶尔具有异形 I 型, 如西畴琼楠、细毛樟和绒毛钩樟等(图 1d).



a: 乌药, 横切面, 三角形箭头所示为生长轮, 菱形箭头所示为髓斑; b: 云南樟, 弦切面, 箭头所示为油细胞或黏液细胞; c: 红叶木姜子, 弦切面; d: 绒毛钩樟, 弦切面; e: 卵叶桂, 弦切面, 箭头所示为聚合木射线; f: 云南厚壳桂, 弦切面, 箭头所示为油细胞或黏液细胞.

图 1 6 种樟科木材的光学显微镜图

Fig. 1 Optical micrographs of wood from 6 Lauraceae species

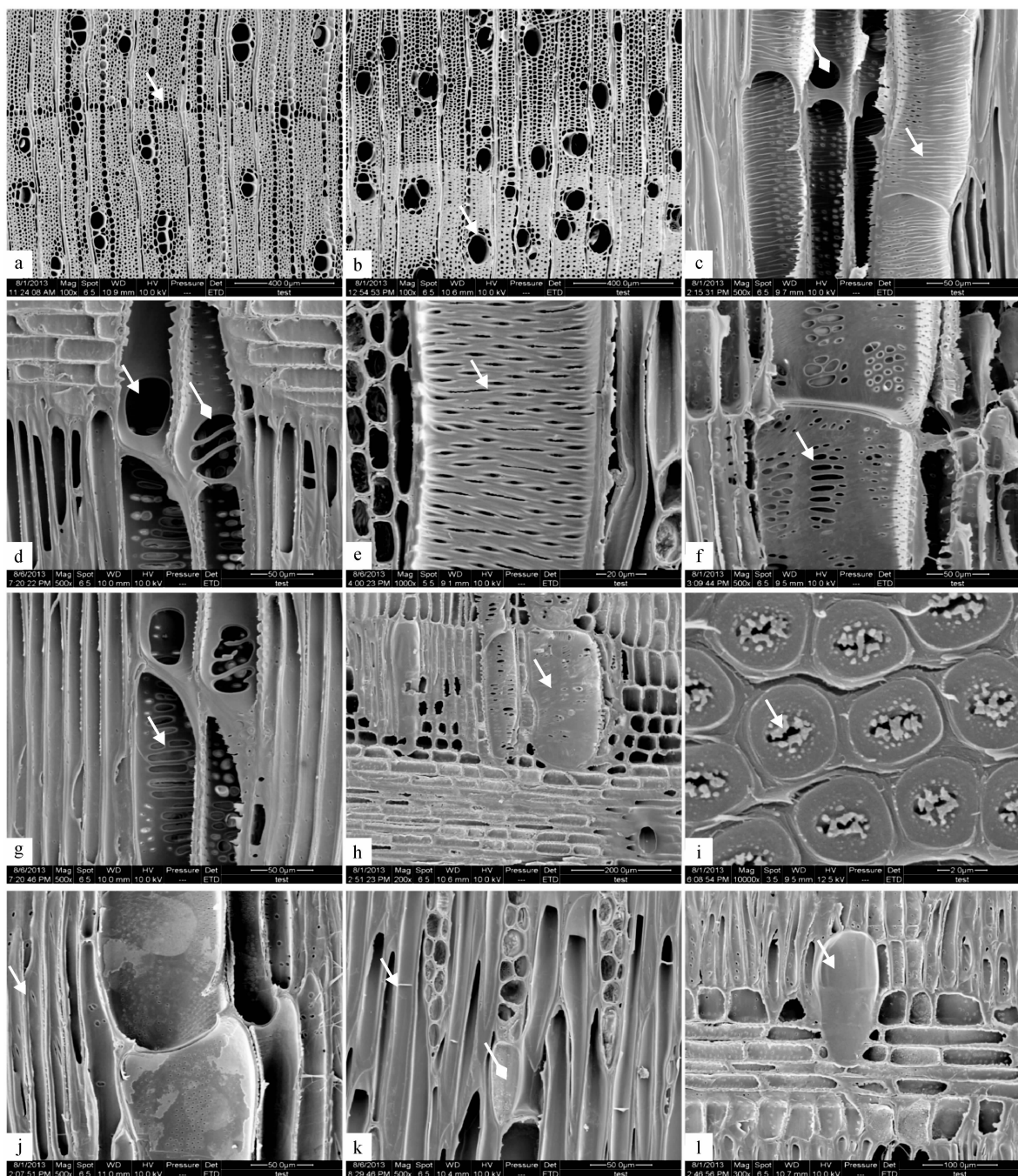
2.4 木纤维

木纤维多由多数纤维状管胞及少量韧型纤维组成(图 2g、2j). 在云南厚壳桂、黄绒润楠及山胡椒属的木材中均观察到分隔木纤维(图 2k).

木材纤维分子的长度均值在 950~1 230 μm 之间, 根据 IAWA 的分类标准^[10], 为短至中等水平.

2.5 轴向薄壁组织

轴向薄壁组织多为环管束状或稀疏环管状(图 1a、2a、2b), 在油丹属的麻栗坡油丹及琼楠属的厚叶琼楠、西畴琼楠和红毛琼楠中观察到轮界状轴向薄壁组织(图 2a).



a: 麻栗坡油丹, 横切面, 箭头所示为柅界状轴向薄壁组织; b: 云南樟横切面, 横切面, 箭头所示为单管孔; c: 西畴琼楠, 径切面, 三角形箭头所示为导管壁螺旋加厚, 菱形箭头所示为单穿孔; d: 绒毛钩樟, 径切面, 三角形箭头所示为单穿孔, 菱形箭头所示为梯状穿孔; e: 大叶桂, 弦切面, 箭头所示为互列管间纹孔式; f: 滇琼楠, 径切面, 箭头所示为导管射线纹孔式; g: 绒毛钩樟, 径切面, 箭头所示为刻痕状导管射线纹孔式; h: 厚叶琼楠, 径切面, 箭头所示为导管射线纹孔式; i: 麻栗坡油丹, 弦切面, 箭头所示为附物纹孔; j: 麻栗坡油丹, 径切面, 箭头所示为纤维状管胞; k: 黄绒润楠, 弦切面, 三角形箭头所示为分隔纤维, 菱形箭头所示为油细胞或黏液细胞; l: 厚叶琼楠, 径切面, 箭头所示为油细胞或黏液细胞。

图2 9种樟科木材的扫描电子显微镜图

Fig. 2 SEM photographs of wood from 9 Lauraceae species

2.6 油细胞或黏液细胞及髓斑

油细胞或黏液细胞在樟科木材中普遍存在(图1b、1f、2k、2l),有些木材油细胞或黏液细胞含量较多,如油丹属、琼楠属木材及云南樟(图1b),有些木材油细胞或黏液细胞含量较少,如红叶木姜子等(图

1c). 油细胞或黏液细胞不仅存在于射线细胞中也存在于轴向薄壁组织中(图 1f). 在乌药和假桂钓樟的横切面上观察到髓斑(图 1a).

2.7 主要解剖特征

樟科 7 属 17 种木材的主要解剖特征如表 2 所示.

表 2 樟科木材解剖特征
Tab.2 Wood anatomic features of Lauraceae

树种	导管分子					木纤维					多列木射线	
	平均长度/	平均弦向	长宽比	穿孔板	梯状穿孔	平均长度/	平均弦向	胞腔直径/	双壁厚/	长宽比	宽度	高度
	μm	直径/μm		类型 ¹⁾	板横隔数	μm	直径/μm	μm	μm		(细胞数)	(细胞数)
麻栗坡油丹	328.19±78.86	71.04±9.30	4.62	a		971.87±99.88	13.22±2.85	8.56±2.20	4.66	73.50	2~3	5~16
西畴油丹	432.33±119.63	96.33±14.90	4.49	a		1 114.97±142.24	22.56±6.93	17.93±6.00	4.63	49.42	2~3	4~32
白柴果	379.94±59.92	95.73±16.45	3.97	a		1 068.25±181.40	20.88±4.99	15.99±4.65	4.89	51.16	2~5	7~12
厚叶琼楠	406.90±118.77	101.56±20.69	4.01	a		1 127.43±145.71	17.07±4.55	9.62±2.95	7.45	66.03	3~5	8~33
红毛琼楠	415.50±84.21	129.46±22.34	3.21	a		1 111.72±161.44	19.37±5.32	13.98±5.18	5.39	57.39	2~4	8~76
西畴琼楠	328.28±82.80	92.53±18.08	3.55	a		1 221.62±154.07	16.30±4.70	11.82±4.19	4.49	74.94	2~4	5~27
滇琼楠	351.30±91.77	83.76±18.17	4.19	a		976.28±135.98	28.72±24.18	20.66±16.50	8.06	34.00	2~4	6~22
云南樟	403.30±103.25	72.00±7.81	5.60	a,b	4~8	1 122.66±153.18	18.05±4.83	13.58±4.31	4.47	62.19	2~3	7~26
大叶桂	464.65±108.16	87.51±16.66	5.31	a,b	3~9	1 066.71±165.99	16.52±4.38	13.58±3.97	2.94	64.58	2~3	10~27
卵叶桂	357.37±75.57	78.18±19.63	4.57	a		955.25±138.05	17.76±4.24	13.60±3.83	4.17	53.77	2~4	7~28
细毛樟	520.23±101.34	111.92±18.94	4.65	a,b	3~11	1 052.95±102.46	17.00±4.13	11.11±4.23	5.88	61.95	2~3	10~38
云南厚壳桂	521.63±140.94	88.29±13.29	5.91	a		1 080.98±131.49	16.87±5.22	12.68±4.64	4.20	64.06	2~3	6~24
乌药	373.17±83.39	73.72±11.45	5.06	a		1 086.85±209.94	17.21±3.98	12.85±3.55	4.36	63.15	2~3	6~23
绒毛钓樟	461.13±78.24	69.23±14.54	6.66	a,b	2~5	1 063.72±126.19	15.15±3.88	11.50±3.60	3.64	70.22	2~3	6~41
假桂钓樟	541.60±122.98	105.09±20.95	5.15	a		1 129.98±122.37	18.60±4.63	12.29±4.54	6.31	60.75	2~4	8~65
红土木姜子	398.87±129.27	47.39±10.10	8.42	a,b	4~14	1 067.39±167.26	17.69±4.64	11.50±3.92	6.19	60.33	2~4	6~113
黄绒润楠	467.44±92.15	78.42±15.67	5.96	a,b	7~14	1 003.57±150.71	18.24±4.77	13.28±4.29	4.96	55.01	2~3	6~20

1) a = 单穿孔, b = 梯状穿孔.

2.8 木材分类检索表

根据对滇西南地区樟科 7 属 17 种木材解剖特征观察,分析木材构造特征的相同性和差异性,编制出樟科 3 属 7 种木材的分类检索表,为滇西南地区樟科木材识别提供依据. 检索表如下:

- 1 仅具单穿孔 2
- 1 具单穿孔和梯状穿孔 3
- 2 多列射线宽多数为 3~5 细胞 琼楠属
- 2 多列射线宽多数为 2~3 细胞 4
- 3 多列射线宽多数为 3~5 细胞 红叶木姜子
- 3 多列射线宽多数为 2~3 细胞 5
- 4 导管具螺纹加厚 西畴油丹
- 4 导管不具螺纹加厚 6
- 5 具分隔纤维 7
- 5 不具分隔纤维 樟属
- 6 具附物纹孔 麻栗坡油丹
- 6 不具附物纹孔 8
- 7 梯状穿孔板横隔数为 2~5 绒毛钓樟
- 7 梯状穿孔板横隔数为 7~14 黄绒润楠
- 8 具聚合木射线 卵叶桂
- 8 不具聚合木射线 9
- 9 不具髓斑 云南厚壳桂
- 9 具髓斑 山胡椒属

3 讨论与结论

3.1 滇西南 17 种木材的结构特征

樟科木材结构较为相似,所观察的 17 种木材均
<http://xuebao.scau.edu.cn>

为散孔材,管孔组合多为单管孔及短径列复管孔(2~3 细胞),少数管孔团. 导管间纹孔式为互列,导管射线间纹孔式为圆肾形、大圆形及刻痕状. 射线类型多为异形 II 型和异形 III 型,部分树种具少数异形 I 型. 油细胞或黏液细胞普遍存在于射线细胞和轴向薄壁组织中,油丹属、琼楠属及云南樟等木材油细胞或黏液细胞含量较多. 导管分子长度及纤维长度均属于短至中等的水平. 前人研究表明,樟科木材除檫木属外均为散孔材,射线类型多为异型,并且普遍存在油细胞和黏液细胞^[4-9],本文研究与前人相符.

螺纹加厚在樟科木材中较为少见,Richter^[4]曾指出螺纹加厚存在于樟科的莲桂属 *Dehaasia* 和油丹属中,西畴油丹导管壁具螺纹加厚,可作为其木材鉴定的重要依据. 关于樟科木材结构的报道中较少见到附物纹孔,但本文在麻栗坡油丹中观察到明显的附物纹孔. 前人研究表明山胡椒属和润楠属的木材均具分隔纤维,而油丹属、琼楠属、厚壳桂属不具分隔纤维^[7],但本文在厚壳桂属的云南厚壳桂中观察到分隔纤维. 樟属的卵叶桂具聚合木射线,而前人仅在厚壳桂属中观察到这种特化机体^[7-8],并且卵叶桂仅具单穿孔,在结构上更类似于厚壳桂属的木材.

木材解剖特征可以为木材识别提供重要依据. 由于樟科木材普遍具有油细胞或黏液细胞,因此通过是否含有油细胞或黏液细胞较为容易地识别出樟科木

材.但在樟科内各个属间,尤其种间木材结构特征交叉、重叠现象严重,因此仅仅通过木材解剖结构特征进行樟科植物的种间识别具有一定难度和不确定性.

3.2 滇西南 17 种木材穿孔板特征与系统学关系

本文研究的木材中,除油丹属、琼楠属木材和卵叶桂、云南樟、乌药及假桂钓樟仅有单穿孔外,其余均同时具有单穿孔和梯状穿孔,梯状穿孔板隔膜数少至中等.研究表明单穿孔较梯状穿孔而言为进化^[11],樟科木材既有单穿孔也有梯状穿孔,其导管是原始形态到进化形态的过渡状态,这与前人的研究相符^[4,9].本文研究的樟属、山胡椒属、木姜子属、润楠属木材同时具有单穿孔和梯状穿孔,其中部分树种仅有单穿孔,说明各个属中不同树种的演化程度也不一致.前人研究的油丹属兼具梯状穿孔^[5,9],本文所观察的油丹属 2 种木材均为单穿孔.琼楠属与厚壳桂属木材仅有单穿孔,表明其在一定程度上是较为进化的属种.

参考文献:

[1] 李捷,李锡文.世界樟科植物系统学研究进展[J].云南植物研究,2004,26(1):1-11.
[2] 查凤书,何丽香,杨飞,等.云南樟科植物多样性的空间分布格局[J].楚雄师范学院学报,2008,23(9):90-94.
[3] 成俊卿,杨家驹,刘鹏.中国木材志[M].北京:中国林

业出版社,1992:352-358.

[4] RICHTER H G. Anatomie des sekundären Xylems und der Rinde der Lauraceae [M]. Hamburg: Verlag Parey, 1981: 1-148.
[5] STERN W L. Comparative anatomy of xylem and phylogeny of Lauraceae [D]. Chicago: University of Illinois, 1954.
[6] 林松.广东樟科主要属种的木材系统解剖[J].华南农业大学学报,1990,11(4):79-85.
[7] METCALFE C R. Anatomy of the Dicotyledons: Vol III [M]. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press,1987:152-173.
[8] DADWELL H E, ECKERSLEY A M. The wood anatomy of some Australian Lauraceae with method for their identification [J]. Bull Counc Sci Ind Res Aust, 1940, 34 (132):5-48.
[9] 高振忠,孙瑾,吴鸿,等.樟科 10 属 14 种木材解剖学特征的比较研究[J].林业科学研究,2009,22(3):413-417.
[10] IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification [J]. IAWA Bulletins, 1989, 10 (3): 269-332.
[11] BAILEY I W. The development of vessels in angiosperms and its significance in morphological research[J]. Amer J Bot, 1944, 31(7): 421-428.

【责任编辑 李晓卉】

(上接第 101 页)

参考文献:

[1] 敖惠修,何道泉,张祝平,等.广东石灰岩地区的任豆群落[J].热带地理,1997,17(3):275-276.
[2] 蔡乙东,曾巧如.任豆育苗及造林实用技术[J].热带林业,2006,34(2):45-46.
[3] 侯伦灯,李玉蕾,李平宇,等.任豆树综合利用研究[J].林业科学,2001,37(3):139-143.
[4] 王军峰,吕明亮,柳新红,等.翅荚木栽培香菇试验[J].浙江林业科技,2009,29(4):83-85.
[5] 覃勇荣,蒋光敏,岑忠用,等.喀斯特地区造林先锋树种任豆种子萌发特性研究[J].种子,2008,27(12):15-21.
[6] 曹艳云,彭玉华,郝海坤,等.配方施肥对任豆容器苗生长的影响[J].林业科技开发,2010,24(5):77-81.
[7] 袁德义,邹锋,何小勇,等.翅荚木组培快繁技术的研究[J].中南林业科技大学学报,2010,30(6):60-63.
[8] 黄学明,廖世全.翅荚木适生立地条件调查分析[J].林业科技通讯,1993(7):19-20.
[9] 童方平,李贵,刘振华,等.造林初植密度对翅荚木幼龄林木材热值影响的研究[J].中国农学通报,2011,27 (19):10-13.

[10] 何茂盛.任豆速生桉混交林经济、生态效益俱佳[J].中国林业,2011(16):48.
[11] 柳新红,何小勇,袁德义,等.翅荚木地理种源苗期遗传性状变异[J].林业科学研究,2007,20(6):814-819.
[12] 何小勇,赵思东,柳新红,等.翅荚木的天然分布与引种栽培[J].浙江林业科技,2006,26(5):61-65.
[13] 韦娇媚,唐玉贵,黄志娟.任豆种子发芽对干旱胁迫的响应[J].广西林业科学,2010,39(2):73-77.
[14] 魏来,苏冬梅,柳新红,等.低温锻炼对翅荚木幼苗抗氧化酶活性和保护物质的影响[J].浙江林业科技,2007,27(2):45-47.
[15] 何小勇,赵思东,袁德义,等.翅荚木苗期生长模型及其生长参数研究[J].江西农业大学学报,2008,30(1):81-85.
[16] 胡集瑞.任豆树实生苗生长规律研究[J].林业勘察设计,2008(2):140-142.
[17] 董江水.应用 SPSS 软件拟合 Logistic 曲线研究[J].金陵科技学院学报,2007,23(1):21-24.
[18] 朱仁海,杨琪瑜,沈文瑛.统计分析方法[M].北京:中国林业出版社,1990.
[19] 黄少伟,谢维辉.实用 SAS 编程与林业试验数据分析[M].广州:华南理工大学出版社,2001.

【责任编辑 李晓卉】