

云南主要竹材的构造及化学组成的研究*

王昌命¹ 王 锦^{1,2} 邓启平¹ 木乔英¹ 肖绍琼¹
(1.西南林学院, 昆明 650224; 2.云南大学生命科学学院, 昆明 650031)

摘 要: 通过对 16 种云南主要竹材的竹壁进行制片和离析, 系统地进行了解剖观察、统计和分析。对 10 种重要的云南主要竹材的化学组成成分进行了分析, 结合竹材的纤维素、木素、半纤维素、灰分和二氧化硅的含量、纤维形态特征以及造纸对纤维形态和化学组成成分的要求, 对竹材的造纸性能进行了综合分析和评价, 筛选出了适合造纸的竹种, 为竹材的合理利用提供了科学依据。

关键词: 竹材 构造 化学组成 造纸

A Study on the Structure and Chemical Component of Bamboo Culms mainly Distributed in Yunnan

Wang Chang-Ming¹ Wang Jin^{1,2} Deng Qi-Ping¹ Mu Qiao-Ying¹ Xiao Shao-Qiong¹
(1.Southwest Forestry College, Kunming 650224;2.College of Life Science, Yunnan University, Kunming 650031)

Abstract: The 16-species bamboo culms distributed in Yunnan were sectioned and dissolved in 30% nitric acid, and also extensively investigated, observed and analyzed. The chemical component of 10-species bamboo culms were chemically analyzed. The capability of paper making was synthetically analyzed and estimated according to content of cellulose, lignin, hemicellulose, ash and SiO₂, the morphological characteristics of fibers. The bamboo species used for paper making were selected. The data could be used for scientific and reasonable utilization of bamboos.

Key words: Bamboo culm, Structure, Chemical component, Paper making

云南是全国竹类资源最为丰富的省份之一, 全省有竹子 200 余种, 约占全国的一半, 竹子是云南的一大自然优势, 具有广阔的开发利用前景^[1]。

李正理、温太辉、周文伟、周芳纯等对竹秆的壁结构进行了较为系统的解剖学研究^[2, 3, 4], 目前大多数研究集中在竹子的形态学特征、分类学特征、竹子物理力学性质等, 对化学组成成分及造纸性能分析的研究较少。本研究通过对 16 种云南主要竹材的竹壁构造的观察及 10 种竹材的化学组成成分的分析, 对其造纸性能进行了综合评价。

1 材料和方法

1.1 材料的采集及切片和离析材料的制作

竹材实验材料, 分别按不同的竹龄采集竹秆的上、中、下段的中间竹节, 采集的竹种、产地详见表 1-1。分别取采集的每段竹秆的秆凹对面的竹壁, 常规方法制片。

1.2 化学分析

化学分析按照有关的国家标准进行, 纤维素用硝酸-乙醇法测定、二氧化硅含量参照《造纸工业分析》一书中关于纸的二氧化硅含量分析方法测定。试样准备参照 GB/2677, 其它分析测定的指标按照 GB/T2677.2-93、GB/T2677.3-93、GB/T2677.4-93、GB/T2677.5-93、GB/T2677.6-94、GB/T2677.8-94 和 GB/T2677.9-94 进行测定。

* 云南省自然科学基金项目(1994C030Q)资助

第一作者简介: 王昌命, 1966 年生, 男, 西南林学院教务处处长, 理学博士, 副教授。主要从事木材学和植物生态学方面的研究。电话: 0871-3862008; 电子邮件: jeanwang@public.km.yn.cn

表 1-1 竹材实验材料的编号、采集地、竹种名称

序号	竹种名称	拉丁文	采集地点
1	籐竹	Bambusa blumeana	云南河口
2	黄金间碧玉	Bambusa vulgaris cv. Vitata Chia	云南河口
3	小叶龙竹	Dendrocalamus barbtus	云南猛仑
4	龙竹	Dendrocalamus giganteus	云南景洪
5	麻竹	Dendrocalamus latiflorus	云南河口
6	黄竹	Dendrocalamus membranaceus	云南景洪
7	甜龙竹	Dendrocalamus hamiltonii	云南景洪
8	牡竹	Dendrocalamus sp.	云南景洪
9	昆明实心竹	Fargesia yunnanensis	昆明西山
10	马关大节竹	Indosasa purpurea	云南屏边
11	中华大节竹	Indosasa sinica	云南屏边
12	梨藤竹	Melocalamus sp.	云南屏边
13	慈竹	Neosinocalamus affinis	昆明西山
14	金竹	Phyllostachys nigra	云南河口
15	箬竹	Qiongzhusa tumidinoda	昆明西山
16	沙罗单竹	Schizostachyum funghomii	云南河口

2 结果与分析

通过 16 种竹材的微观构造的制片与观察、20 种离析材料的分析和统计以及 10 种竹材的化学组成成分分析,结合分布、蓄积量及造纸有关的 11 项化学分析指标和竹材的结构特点等筛选出了适合云南造纸用的竹种。

2.1 竹材结构

主要研究竹秆壁的解剖构造,结果表明,表皮、皮层、基本组织和竹壁腔在不同竹种中表现出基本相似的特征,变化较大的主要是维管束的类型、维管束的结构和组成分子的数量特征(表 2-1,表 2-2),其中维管束的变化最为明显,表现出六种类型^[3],其中封闭型在目前的文献中尚未见报道。

表 2-1 三年生竹材形态特征的数量特征值

序号	竹种名称	纤维长度 (mm)	纤维宽度 (μm)	平均长宽比	纤维壁厚度 (μm)	纤维腔宽度 (μm)	平均壁腔比	杂细胞含量 (%)	维管束密度 (个/ mm^2)	后生导管直径 (μm)
1	籐竹	2.65	46.27	57.27	10.01	1.66	6.03	55	3.09	130.3
2	黄金间碧玉	2.60	38.32	67.85	11.74	2.17	5.41	45	3.09	104.0
3	小叶龙竹	3.22	33.03	97.49	13.81	1.67	8.27	15	3.97	103.3
4	龙竹	2.72	26.37	103.2	7.87	2.16	3.64	30	3.75	97.80
5	麻竹	3.08	46.11	66.80	12.61	1.91	6.60	50	2.16	95.90
6	黄竹	3.03	40.55	74.72	14.39	1.43	10.1	20	3.75	107.5
7	甜龙竹	3.11	47.7	65.20	11.98	1.95	6.14	50	1.95	132.8
8	牡竹	2.70	42.67	63.28	14.26	1.50	9.51	30	5.90	110.3
9	昆明实心竹	2.93	56.45	51.90	12.87	3.49	3.69	45	2.88	140.0
10	马关大节竹	2.77	48.89	56.66	17.62	2.04	8.64	35	5.41	80.3
11	中华大节竹	2.38	51.94	45.82	15.28	2.25	6.79	20	2.59	145.5
12	梨藤竹	2.66	40.81	65.18	9.04	2.76	3.28	55	8.50	65.2
13	慈竹	2.40	52.87	45.39	11.57	4.81	2.41	30	5.60	79.0
14	金竹	2.87	45.47	63.12	9.24	3.29	2.81	20	8.70	79.0
15	箬竹	2.50	46.51	53.75	11.51	1.36	8.46	20	4.85	70.2
16	沙罗单竹	2.59	38.32	67.59	11.82	3.06	3.86	45	4.26	105.3

*数量特征值均为平均值

通过 16 种竹材的纤维分析,整体来看,竹材纤维的长度介于针叶材纤维和阔叶材纤维之间。王菊华等^[5]对多种常用造纸原料纤维进行了分析,针叶材纤维通常为 3-4 毫米,阔叶材纤维通常为 1-2

毫米。从宽度来讲，竹材纤维的宽度较宽，基本接近常见造纸原料中最宽的针叶材（30-60 毫米）。从纤维的角度分析，竹材应为较好的造纸原料。

表 2-2 二年生竹材中段维管束的类型和纤维束的结构特点

Table 2-2 The structural characteristics and vascular bundle types of 2-year bamboos sampled in mid-area of culm

序号	竹种	维管束主要类型	维管束的结构特点	维管束微观图片
1	籐竹	断腰型	纤维束中具有大量大细胞腔的细胞	图版, 1
2	黄金间碧玉	断腰型	纤维束中具有少量大细胞腔的细胞	图版, 2
3	小叶龙竹	断腰型	纤维束中不具大细胞腔的细胞	图版, 3
4	龙竹	断腰型	内纤维束基本具大细胞腔的细胞	图版, 4
5	麻竹	开放型	内纤维束的外侧具有少量大细胞腔的细胞	图版, 5
6	黄竹	断腰型	纤维束中不具大细胞腔的细胞	图版, 6
7	甜龙竹	双断腰型	内外纤维束中具有大量大细胞腔的细胞	图版, 7
8	牡竹	断腰型	纤维束中具有少量大细胞腔的细胞	图版, 8
9	昆明实心竹	断腰型	内纤维束基本具大细胞腔的细胞	图版, 9
10	马关大节竹	开放型或半开放型	纤维束中基本不具大细胞腔的细胞	图版, 10
11	中华大节竹	封闭型或半开放型	纤维束中基本不具大细胞腔的细胞	图版, 11
12	梨藤竹	断腰型	纤维束外围具有大量大细胞腔的细胞	图版, 12
13	慈竹	断腰型	纤维束中具有少量大细胞腔的细胞	图版, 13
14	金竹	半开放型或封闭型	纤维束外围具有大量大细胞腔的细胞	图版, 14
15	箬竹	开放型	纤维束外围基本不具大细胞腔的细胞	图版, 15
16	沙罗单竹	开放型	纤维束外围具有少量大细胞腔的细胞	图版, 16

维管束描述均采用竹青与竹黄交界处的维管束，此处的维管束分化已成熟，具有稳定性。维管束密度的变化表现为从竹青到竹黄逐渐变疏，自上段至下段表现为由大到小的趋势。

2.2 化学成分

10 种蓄积量较大的竹材，对其竹材水分、灰分、NaOH 抽出物、热水抽出物、冷水抽出物、乙醚抽出物、苯醇抽出物、木素、纤维素、多戊糖和 SiO₂ 等进行了分析测定，结果见表 2-3。

表 2-3 10 种竹材化学成分

Table 2-3 The chemical component of 10-species bamboos

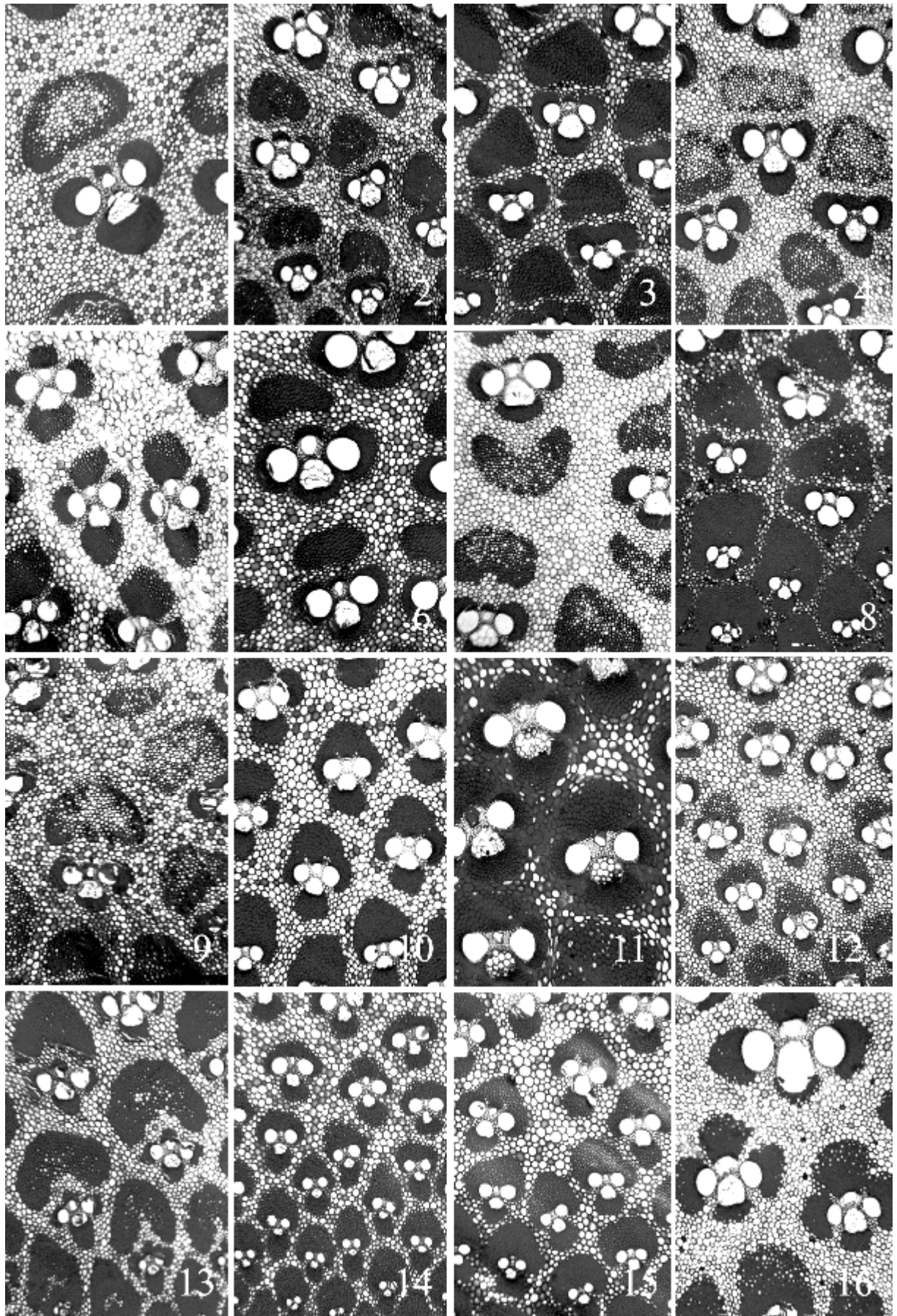
序号	名称	水分 (%)	灰分 (%)	NaOH 抽出物 (%)	热水抽出物 (%)	冷水抽出物 (%)	乙醚抽出物 (%)	苯醇抽出物 (%)	木素 (%)	纤维素 (%)	多戊糖 (%)	SiO ₂ (%)
1	龙竹	8.11	1.33	31.06	16.03	14.81	0.53	4.90	23.7	46.9	16.5	0.66
2	小叶龙竹	6.50	2.87	27.09	13.51	12.06	0.30	2.83	28.2	49.3	15.9	2.54
3	黄竹	7.53	2.68	28.38	12.18	10.86	0.27	3.45	28	50.1	19	2.15
4	沙罗单竹	7.49	2.28	27.64	12.17	10.46	0.32	2.22	22.6	52.2	17.9	1.09
5	慈竹	6.87	2.50	30.26	12.66	10.27	0.33	3.91	24	50.8	18.0	1.99
6	中华大节竹	7.07	0.75	26.11	11.76	9.59	0.17	2.39	26.5	50.7	15.3	0.31
7	籐竹	6.58	1.71	32.66	15.91	13.79	0.25	3.99	23.4	46.6	15.2	0.46
8	梨藤竹	6.32	1.31	29.56	15.25	12.66	0.18	3.58	22.2	49.4	16.0	0.80
9	昆明实心竹	6.65	1.10	31.63	14.66	12.80	0.17	4.68	23.3	46.4	17.5	0.56
10	黄金间碧玉	6.92	1.55	31.15	15.45	13.09	0.25	1.98	23	45.8	17.2	0.27

通过对 10 种云南主要竹材的化学组成成分、结构组成分子的数量特征的分析与观察；结合影响造纸性能的主要指标：纤维长度长，长宽比大则纤维交织能力强，成纸强度高；纤维素含量愈高，纸浆得率愈高；木素含量愈低，制浆、漂白愈容易；多戊糖影响打浆和成纸的透明，含量高，打浆容易，纤维的结合强度也越大；灰分和二氧化硅含量愈高，则碱回收愈困难。

通过综合分析，龙竹、昆明实心竹、梨藤竹、沙罗单竹、黄竹、黄金间碧玉、慈竹、中华大节竹和小叶龙竹依次为优选竹种。

参考文献

- 1 薛纪如. 论云南竹业现状及竹类资源开发利用战略. 竹类研究, 1993 (1): 50-53.
- 2 李正理, 靳紫宸, 腰希申. 12 种国产竹材的比较解剖观察. 植物学报, 1960; 3:
- 3 温太辉, 周文伟. 中国竹类维管束解剖形态的研究初报. 竹子研究汇刊, 1985; 4 (1): 1-21.
- 4 周芳纯, 张春霞. 竹材的构造. 竹类研究, 1990; 9 (1): 83-106.
- 5 王菊华, 华宁熙. 龙须草、竹子等七种非木材造纸原料的纤维形态与超微结构. 竹浆龙须草浆学术论文专辑, 1991: 10-18.



图版 1-16. 云南主要竹材的横切面, 示维管束的类型.
Plate 1-16. Cross section of bamboo culm, showing the types of bundles