

臺灣省林業試驗所合作報告

第二〇號

中國農村復興聯合委員會

合 作

CO-OPERATIVE BULLETIN

of

TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No. 20

in co-operation with

THE JOINT COMMISSION ON RURAL RECONSTRUCTION



臺灣主要竹材纖維形態及化學組成試驗

谷雲川 邱俊雄

Tests on Fiber Morphology and Chemical
Composition of Important Bamboos in Taiwan

by

Y. C. Ku

C. H. Chiou

中華民國六十一年二月

臺灣省林業試驗所印行

Published by

TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

Taipei, Taiwan, China

Feb. 1972

臺灣省林業試驗所合作報告

第二〇號

中國農村復興聯合委員會

合 作

CO-OPERATIVE BULLETIN

of

TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No. 20

in co-operation with

THE JOINT COMMISSION ON RURAL RECONSTRUCTION



臺灣主要竹材纖維形態及化學組成試驗

谷雲川 邱俊雄

Tests on Fiber Morphology and Chemical
Composition of Important Bamboos in Taiwan

by

Y. C. Ku

C. H. Chiou

中華民國六十一年二月

臺灣省林業試驗所印行

Published by

TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

Taipei, Taiwan, China

Feb. 1972

目 次

(Contents)

一、緒 言 (Introduction)	1
二、供試竹材 (Bamboos for Test)	1
三、纖維形態 (Fiber Morphology)	2
1. 方法 (Methods)	2
2. 結果 (Results)	3
四、化學組成之分析 (Chemical Analysis of Bamboos)	3
1. 方法 (Methods)	3
2. 結果 (Results)	5
五、參考文獻 (Literature Cited)	7
六、英文摘要 (English Summary)	7

臺灣主要竹材纖維形態及化學組成試驗

谷雲川 邱俊雄

Tests on Fiber Morphology and Chemical Composition of Important Bamboos in Taiwan

by

Y. C. Ku C. H. Chiou

提要 本試驗乃是就本省最常見之桂竹、籐竹、荊竹、長枝竹、孟宗竹、綠竹及竹變等七種竹材加以分析。每種竹材並就其一年生，二年生及三年生以上分別測定其纖維長寬及其各種化學性質。本省七種竹材各種平均值如下：纖維長度為 2.874mm，寬度為 17 μ ，其長寬比則為169。其化學組成灰分為1.9%，熱水抽出物為5.7%，百分之一燒碱抽出物為 28.5%，苯醇抽出物為5.3%，乙醚抽出物為0.58%，戊醣為 19.5%，木質素為22.9%，全纖維素為82.8%，以及 α -纖維素為54.6%。

一、緒 言 (Introduction)

竹材為臺灣主要造紙原料之一種，其纖維長度與針葉樹相同，但其寬度較細而顯得特別細長，故為一優良造紙原料，本省地處亞熱帶，不論雨量，溫度及濕度均適宜生長竹類，而且三、四年即可伐採利用，本省有些手工紙廠更利用一年生竹類做為手工紙之原料，再加上竹類多生長於交通方便之地，故各紙廠多樂於採用。

近年來由於竹材需要量日增，因而有關當局正在大量推廣植竹事業。同時對於竹材之利用價值，亦從多方面進行研究。例如竹材之性質以及竹材之防腐防蟲等試驗工作，均足以提高竹之利用價值 (3) (4)。

本試驗之目的乃是配合竹材性質及竹材防腐等試驗，得出其纖維形態及化學性質，使竹材之基本資料更加完全。以供造紙工業，纖維工業以及竹產製造業者所參考。

本試驗承國家科學委員會之補助，得以完成，謹此致謝。

二、供試竹材 (Bamboos for test)

本試驗乃是採用本省產量最多之桂竹，籐竹，荊竹，長枝竹，孟宗竹，綠竹及竹變等七種竹材為試材。所有竹材均採自六龜分所扇平第二試驗地，海拔高度約在 700公尺左右，每一種竹材均分別採一年生三株，二年生三株及三年以上三株，並在每一株 0.3米，竹高1/3及2/3處各採取約 1米長之一段。故每一年生之試材共有九段。

今將供試竹材列表於下：

第一表 試 材 種 類

Table 1. Species of Raw Materials

編號 No.	樹 種 Species			高 度 Height (m)	胸高直徑 D.B.H. (cm)	生材含水量 Moisture Content of Green Wood %	比 重(4) Specific gravity
	中 名 Local Name	學 名 Scientific Name	年 齡 Age (year)				
1	桂 竹	Phyllostachys makinoi Hay.	1	11.5	5.8	47.35	0.709
			2	11.2	5.3	42.35	
			3年以上 over 3	10.8	5.2	38.84	
2	蘆 竹	Sinocalamus latiflorus McClure	1	18.0	11.7	69.65	0.459
			2	17.5	10.7	54.97	
			3年以上 over 3	15.2	9.1	40.95	
3	薊 竹	Bambusa stenostachya Hackel	1	18.6	9.5	66.64	0.601
			2	18.0	9.0	45.90	
			3年以上 over 3	16.6	8.4	42.19	
4	長 枝 竹	Leleba dolichoclada Odashima	1	11.0	5.9	56.65	0.729
			2	11.2	6.0	44.10	
			3年以上 over 3	10.5	5.3	38.78	
5	孟 宗 竹	Phyllostachys edulis Houzeau de Lehaie	1	8.2	6.6	43.72	0.721
			2	8.0	6.2	41.11	
			3年以上 over 3	7.2	6.4	36.64	
6	綠 竹	Leleba oldhami Nakai	1	9.0	5.1	61.31	0.671
			2	8.0	4.7	48.72	
			3年以上 over 3	7.2	4.7	47.87	
7	竹 變	Bambusa beeheyana Munro Var. pubescens (Li) Lin	1	16.8	9.9	63.90	0.734
			2	13.3	8.2	51.95	
			3年以上 over 3	13.2	10.23	38.81	

三、纖維形態 (Fiber Morphology)

1. 方法 (Methods)

將每一種年齡上中下三段試材分別切成火柴桿狀，混合均勻後取一部份放入試管中加清水煮沸，使其組織鬆弛並排出所有竹材內部之空氣，然後再倒掉水加入濃硝酸及氫酸鉀，所加硝酸之量以蓋住竹材為原則。徐徐加熱直到有氣泡發生為止，作用的速度可以由氫酸鉀添加量來控制，繼續操作直到竹材完全漂白後，倒去酸液，再用清水洗二三次，用力搖動即可供做觀測，每一種試材觀測二百根纖維

維以上，在顯微鏡下測定其長寬度，並求其平均值(1)。

2. 結果 (Results)

茲將結果列表如下：

第二表 竹材纖維長寬度

Table 2. Fiber Dimension of Bamboos

編號 No.	樹種 Species	年齡 Age (year)	纖維長度 Fiber Length(mm)			纖維寬度 Fiber Width(μ)			長寬比 L/W Ratio
			最大 Max.	最小 Min.	平均 Ave.	最大 Max.	最小 Min.	平均 Ave.	
1	桂竹 Phyllostachys makinoi	1	4.4	0.9	2.398	34	9	20.6	116
		2	5.4	1.1	2.856	34	7	17.6	162
		3年以上 over 3	4.3	1.1	2.472	60	9	18.1	137
2	麻竹 Sinocalamus latiflorus	1	5.1	1.0	2.820	26	4	14.6	193
		2	5.0	0.9	3.062	43	9	21.1	145
		3年以上 over 3	6.0	1.0	3.088	37	7	18.1	171
3	蔣竹 Bambusa stenostachya	1	3.7	1.6	3.118	26	7	14.2	220
		2	5.5	1.1	3.248	30	4	13.3	244
		3年以上 over 3	4.4	1.1	2.596	30	4	12.5	208
4	長枝竹 Leleha dolichoclada	1	4.4	1.1	2.814	39	4	14.2	198
		2	4.6	1.0	2.976	30	4	13.8	216
		3年以上 over 3	4.8	1.1	3.112	30	4	15.9	196
5	孟宗竹 Phyllostachys edulis	1	4.0	0.9	2.458	24	7	12.9	191
		2	4.7	1.0	2.958	30	9	16.3	181
		3年以上 over 3	4.5	1.0	2.556	27	11	16.3	157
6	綠竹 Leleba oldhami	1	3.7	0.8	2.435	41	4	19.8	123
		2	4.5	0.8	2.682	32	7	18.1	148
		3年以上 over 3	4.8	1.4	2.756	50	9	16.3	169
7	竹變 Bambusa beeheyana Munro Var. pubescens	1	4.7	1.4	3.134	24	12	18.3	171
		2	6.0	1.8	3.882	34	17	25.9	150
		3年以上 over 3	6.5	1.0	2.940	27	9	19.0	155

四、化學組成之分析 (Chemical Analysis of Bamboos)

1. 方法 (Methods) ⁽¹⁾⁽²⁾

將採回之每一種年齡九段試材分別切成火柴桿狀，混合均勻後在磨粉機內磨成竹粉，以通過40目

篩而遺留於60目篩上者，盛於緊蓋之瓶內，供為分析之用。所有之分析均重覆一次，在允許誤差內求其平均值，下列分析除全纖維素及 α -纖維素用 Wise Methods 外，其餘均用 TAPPI (Technical Association of Pulp and Paper Industry Standards.) 標準。

(1) 含水量 (Moisture Content)：取試料二克，置於保持 $105 \pm 3^\circ\text{C}$ 之烘箱中，待其重量不變時為止，稱其重量。求其水份對氣乾重之百分率。即為試料中之含水量。

(2) 灰分 (Ash)：取試料 5 克，置於坩堝中，在蒙孚爐 (Muffle furnace) 內溫度 $575 \pm 25^\circ\text{C}$ 。至少保持 3 小時或需視需要延長，灰化至 Carbon 完全除去時取出，放乾燥器中冷卻，稱其重。計算其佔絕乾重之百分率，即為灰分含量。

(3) 熱水抽出物 (Hot Water Extractives)：稱取絕對試料約 $2 \pm 0.1\text{g}$ ，放 200ml 之三角瓶中，加蒸餾水 100ml。上裝設逆流冷卻以保持其水之容積，在湯浴器中煮沸三小時，以二號玻璃濾杯過濾，熱水洗滌數次，於 $105 \pm 3^\circ\text{C}$ 。之烘乾箱中烘乾至恆量，再放入內有濃硫酸之乾燥器中冷卻，並置入有蓋之稱量瓶中稱量。

(4) 百分之一燒碱抽出物 (One Per Cent Caustic Soda Extractives)：稱取絕對乾試料約 $2 \pm 0.1\text{g}$ ，放入 200ml. 之燒杯中，加入用吸管取 1% NaOH 溶液 100ml. 小心攪拌，蓋上錶面玻璃，放在沸水浴上煮沸一小時，自放上後於 10、15 及 25 分時各攪拌 3 秒鐘。溫度保持 $97-100^\circ\text{C}$ 。一小時後用一號玻璃濾杯過濾，殘渣先以熱水洗再以 50ml. 10% 醋酸溶液沖洗，最後用熱水洗，以 $105 \pm 3^\circ\text{C}$ 之溫度烘乾，稱其重算其失重對試料重之百分率。

(5) 苯醇抽出物 (Alcohol-Benzene Extractives)：先將 Soxhlet 抽出器的抽出瓶 (Extract flask) 洗淨，乾燥及稱重。再稱取絕對乾試料 $2 \pm 0.1\text{g}$ 放入 Tared filtering crucible 中 (或以 Extraction Thimble 圓筒濾紙代用) 其口覆一小圓錐形細銅絲網以防試料落失。然後再將此 Crucible 連試料置於 Soxhlet 抽出器中，以 200ml. 苯與乙醇之混合液 (67:33)，在滾沸中抽 6~8 小時，然後蒸發溶解部份，將乾燥抽出瓶，在 $105 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 烘乾箱中烘乾，計算其殘渣重對全乾重之百分率，即為苯醇混合液抽出物。

(6) 乙醚抽出物 (Ether Extractives)：除抽出用藥品以 200ml. 乙醚外，其餘與苯醇抽出物相同。

(7) 戊醣 (Pentosans) 含量：稱絕乾試料二克置於 250ml. 之燒瓶中 (註)，瓶口置分液漏斗與一玻璃管，連玻璃管於冷卻器上，加 100ml. 之 12% 之 HCl (比重為 1.06)，蒸餾之，令每 10 分鐘餾出液為 30ml. 即補充 12% HCl 溶液 30ml 使附著於燒瓶裡側之試料沖洗下去，如是繼續蒸餾，直至蒸餾液 360ml. 時為止，再加 40ml. 過濾後之三羥基苯 (Phloroglucind) 液 (在一週前調製，11 克三羥基苯加入 300ml. 之 12% 熱 HCl 溶液中，再以冷的 12% HCl 溶液稀釋至 1500ml. 配製而成) 於此餾出液中，靜置 16 小時，取上面澄清液以醋酸苯胺劑試之，以不生粉紅色為度，否則再加三羥基苯溶液，將沉澱物 (Furfural Phloroglucide) 在四號玻璃杯中濾過。再以 150ml. 冷水洗滌，洗滌時注意隨時使水保持於濾杯中，直到洗滌完成。在 $100-105^\circ\text{C}$ 。之空氣烘箱內乾燥二個半小時，放於乾燥器中冷卻，稱其重量。依此重量，由公式 $\text{Pentosans} = (a + 0.0052) \times f$ 算出戊醣之重量，計算出其佔試料絕乾重之百分率。(註) 加小片石臘或少許玻璃珠或剛灼燒之浮石

$a =$ 呋喃甲醣三羥基苯 (Furfural phloroglucide) 的克數。

若 a 小於 0.03g $f = 0.895$ 。

若 a 在 0.3—0.3g 之間 $f = 0.887$ 。

若 a 大於 0.3g $f = 0.882$ 。

(8) 木質素 (Lignin) 含量：稱取經醇苯混合液抽出後之絕乾試料 $1 \pm 0.1\text{g}$ ，用 50ml. 之酒精洗滌後置於燒杯中，以 400ml. 之熱水煮三小時，過濾，並用 100ml. 熱水洗，再用 50ml. 酒精洗，氣乾。將氣乾試料移入小型燒杯中，一面攪拌一面慢慢注入 15ml. 72% 冷硫酸 ($12-15^\circ\text{C}$)，

溫度始終使保持在 18—20°C. 並時常加以攪拌，放置二小時後加 560ml. 之蒸餾水，稀釋成 3% 濃度之 H_2SO_4 液。煮沸四小時，瓶口上裝置逆流冷却器，始終保持 H_2SO_4 一定之濃度。冷却沉澱後，經三號濾杯過濾，用 500ml. 熱水洗滌至酸性反應消失時為止。在 $105 \pm 3^\circ C$. 下乾燥，稱重計算其含量。

(9) 全纖維素 (Holo-Cellulose) 含量：稱取 5 克經苯醇混合液抽出後之試料，放入內有 160ml 蒸餾水之 250ml 三角瓶中，上用小三角瓶口向下蓋住，再滴入 10 滴 (0.5ml) 之冰醋酸及放入 1.5 克之亞氯酸鈉 ($NaClO_2$)。將三角瓶放入湯浴器中，溫度保持在 70—80°C. 同時不斷搖動，在一小時後再加入 10 滴冰醋酸及 1.5 克亞氯酸鈉，並繼續加熱一小時。如此處理三次即可，最好能使纖維素中之木質素含量在 2~4%。全部完了後將三角瓶放入盛有冰之容器中冷却，然後倒入二號玻璃濾杯中，先用冰水洗再用約 200ml. 之 Acetone 洗。置於烘箱中溫度保持 60°C. 經過一夜後稱取其重量，再算全纖維素之含量。

(10) α -纖維素 (α -Cellulose) 含量：由上項所得之乾燥全纖維素，放入 300ml. 燒杯中，加入 50ml. 17.5% 之 NaOH 溶液，上蓋以表面玻璃，始終保持在 20°C. 半小時後加入 50ml. 蒸餾水並加以攪拌。六分鐘後移入二號濾杯過濾，並用鹼性濾液洗滌，再用 900ml. 蒸餾水來洗，然後用 40ml. 10% 冰醋酸來洗，再用 1000ml. 熱水來洗。在 $105 \pm 3^\circ C$. 溫度下烘乾，稱重算其重量。

2. 結果 (Results)

茲將分析結果列表如下：

第三表 化學組成之分析

Table 3. Chemical Analysis of Bamboos

編號 No.	樹種 Species	年齡 Age (year)	含水量 M.C. (%)	灰分 Ash (%)	抽出物 Extractives (%)			戊糖 Pentosans (%)	木質素 Lignin (%)	全纖維素 Holo- Cellulose (%)	α-纖維素 α-Cellulose (%)	
					熱水 Hot Water	1%燒鹼 1%NaOH	苯醇 Alcohol- Benzene					乙醚 Ether
1	桂竹 Phyllostachys makinoi	1	9.38	1.70	4.30	25.95	4.84	0.43	24.19	25.27	21.20	48.72
		2	10.47	1.66	4.42	25.58	4.68	0.47	20.31	22.39	80.14	48.61
		3年以上 over 3	9.78	1.51	4.25	29.68	2.87	0.52	19.59	25.89	82.14	49.47
2	蘆竹 Sinocalamus latiflorus	1	8.74	1.51	3.08	29.92	4.16	0.86	19.88	19.24	77.60	49.04
		2	9.06	2.68	5.82	27.40	4.83	0.35	16.98	18.00	78.71	49.94
		3年以上 over 3	10.71	2.92	5.77	26.60	7.37	0.85	19.40	24.16	78.98	50.94
3	荊竹 Bambusa stenostachya	1	14.21	2.94	8.94	30.48	3.62	0.54	21.01	24.01	86.30	51.62
		2	7.66	1.62	7.29	28.28	5.30	0.72	20.22	23.38	86.07	50.06
		3年以上 over 3	9.92	1.29	5.93	30.21	4.20	0.82	21.06	23.57	86.07	50.62
4	長枝竹 Leleba dolichoclada	1	11.86	1.56	3.64	30.15	10.80	0.88	20.62	21.39	87.51	53.15
		2	12.89	1.65	2.94	28.14	4.42	0.91	20.10	22.87	86.43	51.53
		3年以上 over 3	12.64	1.19	6.06	28.32	8.37	0.57	19.76	22.03	85.36	49.66
5	孟宗竹 Phyllostachys edulis	1	13.92	1.70	3.15	29.89	4.35	0.65	21.52	24.97	85.32	48.66
		2	16.97	1.72	3.26	31.40	4.68	0.29	22.83	22.47	82.13	47.14
		3年以上 over 3	13.82	1.12	8.06	30.30	4.01	0.46	24.60	26.52	89.94	49.26
6	綠竹 Leleba oldhami	1	12.57	1.85	7.48	27.99	4.38	0.72	12.26	22.60	86.73	53.24
		2	12.82	2.55	1.65	25.08	4.99	0.42	11.40	25.90	84.68	51.46
		3年以上 over 3	12.79	2.17	3.84	22.77	5.61	0.44	16.94	24.38	81.56	51.54
7	竹變 Bambusa beesheyana Munro Var. pubescens	1	10.51	1.35	8.18	31.16	5.44	0.44	17.88	18.46	78.91	50.01
		2	10.33	2.50	9.74	30.66	5.21	0.44	19.48	21.94	77.70	46.46
		3年以上 over 3	10.37	1.82	11.37	30.20	7.25	0.43	18.88	21.36	75.22	45.52

* Ash and Lignin Uncorrected

五、參考文獻 (Literature cited)

1. Tappi Standards 1963
2. Wise: Wood Chemistry 1952
3. 林維治、康佐榮、黃松根、江濤：臺灣主要竹林資源之調查。1962。
4. 馬子斌：臺灣省主要竹材之物理性質及力學性質。1964
5. 谷雲川、黃麗炎、林澤南、潘登灶：臺灣主要樹材纖維形態及化學組成試驗。1965
6. 木原芳次郎、小原彥之丞：纖維植物。1942
7. 野仲忠彥、川村一次：纖維形態及木材成份に就て。1941

六、英文摘要 (English Summary)

Tests on Fiber Morphology and Chemical Composition of Important Bamboos in Taiwan

by

Y. C. Ku C. H. Chiou

A. Bamboos for Test

One year, two years and over three years of *Phyllostachys makinoi* Hay, *Sinocalamus latiflorus* McClure, *Bambusa stenostachya* Hackel, *Leleba dolichoclada* Odashima, *Phyllostachys edulis* Houzeau de Lehaie, *Leleba oldhami* Nakai and *Bambusa beecheyana* Munro Var. *pubescens* were used in this experiment respectively. All the samples were collected at Lu-Kuei Branch Experiment Station of Taiwan Forestry Research Institute, in the southern part of Taiwan. Some data about samples are shown in Table 1.

B. Fiber Morphology

Cut bamboos into pieces $1/2$ to $3/4$ inch long, split lengthwise into pieces not more than $1/8$ inch on a side, and boil in water in a test tube until thoroughly saturated or until all of the air is expelled. Pour off the water, cover the chips with conc. HNO_3 , added powdered KCIO_3 , and warm the mixture until bubbles are evolved. The speed of the reaction is controlled primarily through the quantity of KCIO_3 added. Care should be exercised in these macerations because a too vigorous treatment may result in disintegration of the fibers. Continue the treatment until the chips are bleached, then pour off the acid, rinse the chips in several changes of water, and make a fiber length and width under a microscope, each species is no less than 200 fibers. Results are given in Table 2.

C. Chemical Analysis of Bamboos

According to Tappi Standard Method T 11 m-59 to prepare wood samples for chemical analysis.

1. Moisture Content: According to Tappi Standard Method T 11 m-59.
2. Ash: According to Tappi Standard Method T 15 m-58.
3. Hot Water Solubility: According to Tappi Standard Method T 6 m-59.
4. 1% NaOH Solubility: According to Tappi Standard Method T 4 m-59.

- 5. Alcohol-Benzene Solubility: According to Tappi Standard Method T 6 m-59.
- 6. Ether Solubility: According to Tappi Standard Method T 5 m-59.
- 7. Pentosans: According to Tappi Standard Method T 13 m-54.
- 8. Lignin: According to Tappi Standard Method T 13 m-54.
- 9. Holo-cellulose: According to Wise Method (1952)
- 10. Alpha-cellulose: According to Wise Method (1952)

Results are shown in Table 3.