

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

第二名

030806

芒草・變裝・show！

— 芒草纖維作為造紙新原料的可行性研究

學校名稱：臺東縣立寶桑國民中學

作者：  國二 倪毓均  國二 邱筱歲  國二 邱榆尹	指導老師：  楊惠如  黃耀生
---	-----------------------------

關鍵詞：芒草、造紙原料、紙張性質測試

## 壹、摘要

本研究在探討以「芒草」作為造紙新原料的可行性。本研究目的有三：A 從芒草紙的外觀、抗張強度、吸水性、透水性等紙張性質，來探討芒草造紙的可行性。B 比較芒草纖維紙、闊葉木纖維紙、複合纖維紙的差異性。C 探討芒草紙的應用與推廣價值。

研究結果發現：a 芒草紙與一般紙造紙原料—闊葉樹紙漿，在書寫上並無太大差異。b 纖維交織情況會影響紙張的抗張強度、吸水性及透水性。c 芒草紙在應用部分，其抗張強度好，適合做紙袋；透水性較差，適合做紙杯墊；在外觀上具有古典美，在強調個別化的時代，可做為藝術材料。由以上結果，我們評估其可行性甚高。因為「芒草」生長季短，且生長速度快，取用它不但對生態無礙，還能為芒草找到新的經濟價值。

## 貳、研究動機

- 一、在上自然課時，老師提到：「雨林大約每六秒鐘消失一個足球場大的面積，每天則消失8.6萬公頃」。這個數字十分驚人，大量砍伐樹木，使可行光合作用的植物減少，造成二氧化碳持續增加，是造成全球暖化的兇手之一。
- 二、目前造紙原料90%是來自木材，森林長期過量砍伐，面積大量減少，雖使生活便利，卻也導致生態失衡。
- 三、為了解決森林面積大量減少的問題，許多國家推廣使用「再生紙」，近年來使用的比例逐漸增加。但回收再製的過程中，卻浪費更多的能源，雖減少木材的使用，但並不環保。
- 四、去年是以檳榔果實作為造紙原料，發現纖維過粗，無法交織堆疊，只能製成複合紙，而且檳榔樹的種植，對水土保持有害。

從以上四個觀點，我們思考是否可以找尋新的造紙原料，所以開始從生活周遭找起。我們試圖從校園中尋找，試過各種校園中的雜草，發現纖維量過少，無法讓纖維產生交織。一日回家路上，發現芒草在環境中十分普遍，且無太大的經濟價值。於是開始探討以芒草作為造紙新原料的可行性。如此一來，不僅能減少樹木的砍伐，也能賦予芒草新的經濟價值。

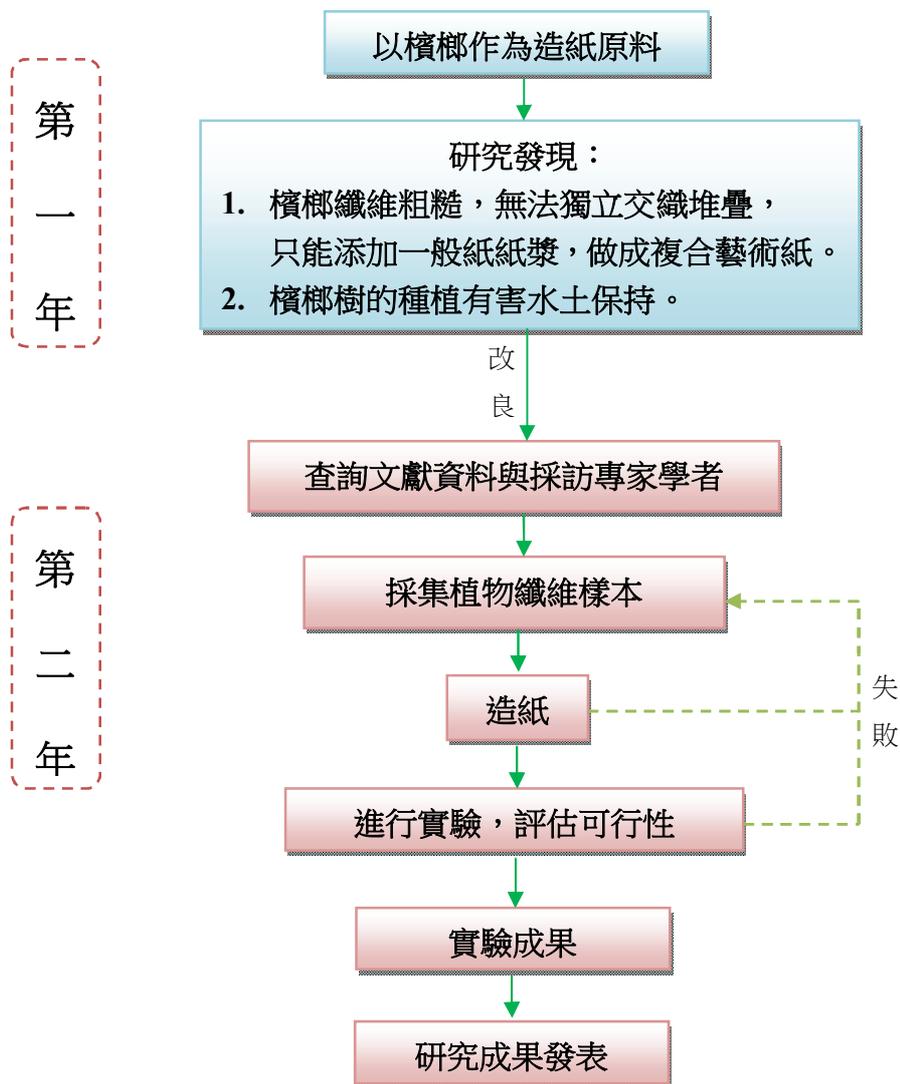
## 參、研究目的

- 一、創新使用芒草纖維造紙的可行性評估
  - (一) 芒草做為造紙原料的實驗研究
  - (二) 芒草紙的外觀觀察
  - (三) 芒草紙的抗張強度研究
  - (四) 芒草紙的吸水性研究
  - (五) 芒草紙的透水性研究
- 二、芒草纖維、闊葉樹纖維、複合紙的比較研究
  - (一) 外觀比較
  - (二) 抗張強度比較
  - (三) 吸水性比較
  - (四) 透水性比較
- 三、芒草紙張的應用與推廣價值
  - (一) 芒草紙的藝術價值
  - (二) 市場上的推廣價值

## 肆、研究設備及器材

- 一、紙漿製作器材：  
芒草纖維(八丈芒)、闊葉樹纖維(構樹)、木槌、石頭、氫氧化鈉
- 二、抄紙實驗器材：  
紙漿、絹框、護備膠膜、濾網、塑膠盒、燒杯、吸水抹布、陰性聚丙烯醯銨
- 三、外表觀察器材：  
相機、透明直尺
- 四、透水性實驗器材：  
夾子、滴管、紅墨水、三角架、攝影機、培養皿、碼錶
- 五、吸水性實驗器材：  
透明直尺、紅墨水、夾子、碼錶、培養皿、攝影機、自製吸水性測量器
- 六、抗張強度實驗器材：  
電子天平、砂子、塑膠盒、夾子、掛勾、自製抗張強度測量器

### 伍、研究過程或方法



(圖 5-1)、研究歷程流程圖

一、創新使用芒草纖維造紙的可行性評估

(一) 芒草紙製作

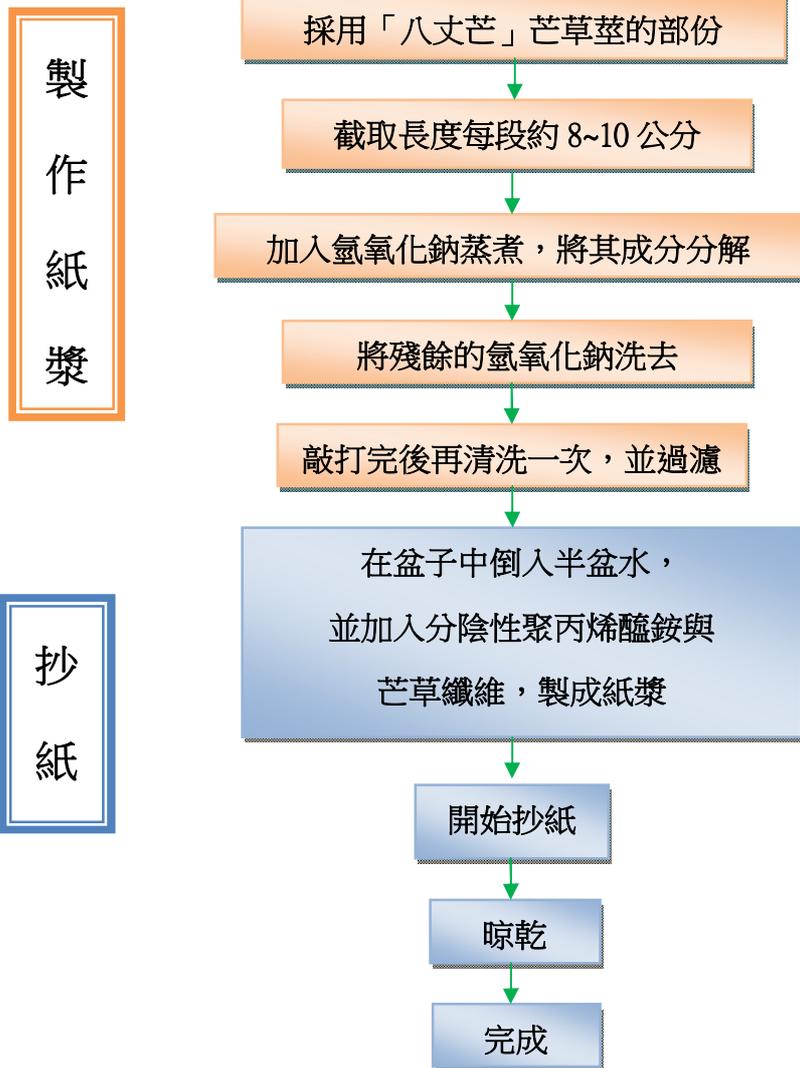
1. 文獻探討

- (1) 一般造紙原料是使用木材，由於長期過量砍伐樹木，每逢下雨，時常會有土石流發生。而且可行光合作用的植物減少，使二氧化碳含量持續增加，是造成全球暖化的兇手之一。
- (2) 造紙的方法大約有四步驟：A 散漿－加入水於漿片等原料中，並將其分散混合。B 網部－使紙漿流到網上並均勻分布。C 壓榨－將網面移開後的濕紙壓榨使之去除水分。D 乾燥－雖經過壓榨，但仍含有高達 70% 的水分在其中，此時已無法使用任何方式壓除水分，故使其自然晾乾。
- (3) 選擇實驗材料－芒草：由於它的葉片、葉鞘以及稈部都含有大量的纖維，根據文獻內容－中國造紙的歷史悠久，在東漢時期，主要以樹皮、麻類及藤類等作為造紙原料。晉朝時期開始使用竹材，到宋朝時已大量使用竹材為原料，同時草類也開始成為輔助原料，部分摻入紙漿中。且稻草和芒草都是屬於短纖維植物，因細長纖維所製成之紙張，其紙力及保存性較佳，因此我們嘗試使用芒草作為造紙新原料。

(表 5-1)、八丈芒的資料

	
芒草：所有芒屬植物的統稱	
品種名稱	八丈芒
生長地區	A. 非洲與亞洲的亞熱帶與熱帶地區。
	B. 以雜草的形式，生存於野外或人工設施周圍。
應用範圍	A. 作能源作物，以生產生物燃料，主要為酒精。
	B. 用來作為觀賞植物。

- 2. 歷程：我們先試著從蒸煮芒草莖稈獲取纖維，一開始因為藥劑問題一直沒有理想的結果，就去文獻中找資料。研讀文獻時，發現台北的林業試驗所，有個「手工造紙研究室」，我們試著連絡研究室的負責人，規劃了一趟「台北做紙之旅」，才真正解決這個問題。我們學習以手工紙手法製作芒草紙，過程雖繁複，但製成品效果佳。



(圖 5-2)、造紙流程圖

3.製做紙漿

		
<p>1. 採用「八丈芒」芒草莖的部份</p>	<p>2. 截取長度每段約8~10公分</p>	<p>3. 加入氫氧化鈉持溫蒸煮<sup>1</sup>，將其木質素溶除，使纖維分解</p>
		
<p>4. 將殘餘的氫氧化鈉洗去</p>	<p>5. 敲打<sup>2</sup>完後再清洗<sup>3</sup>一次</p>	<p>6. 過濾芒草纖維</p>
		
<p>7. 取芒草之纖維量50g</p>	<p>8. 在盆子中倒入半盆水，並加入陰性聚丙烯醯銨</p>	<p>9. 紙漿完成後，即可開始抄紙</p>

(圖 5-3)、製作紙漿流程圖

(表5-2)、芒草纖維蒸煮實驗設計<sup>4</sup>

氫氧化鈉：芒草纖維	沸騰後持溫時間		
20%(20 克：100 克)	2hr	4hr	6hr
30%(30 克：100 克)	2hr	4hr	6hr
40%(40 克：100 克)	2hr	4hr	6hr

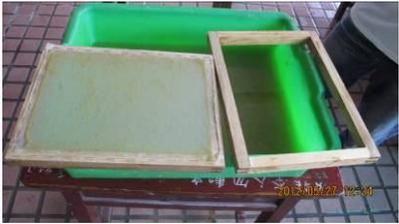
<sup>1</sup> 蒸煮過程不將水份之得失列入實驗變因內。根據參考文獻〈造紙纖維材料與造紙方法對紙質文物保存之影響〉，蒸煮的目的是利用化學藥品及高溫蒸煮的條件下，將原料中之木質素溶除，使纖維各自解離。

<sup>2</sup> 敲打：達到帚化起毛之效果，增加纖維氫鍵，增強紙力。

<sup>3</sup> 清洗：將汁液洗淨。

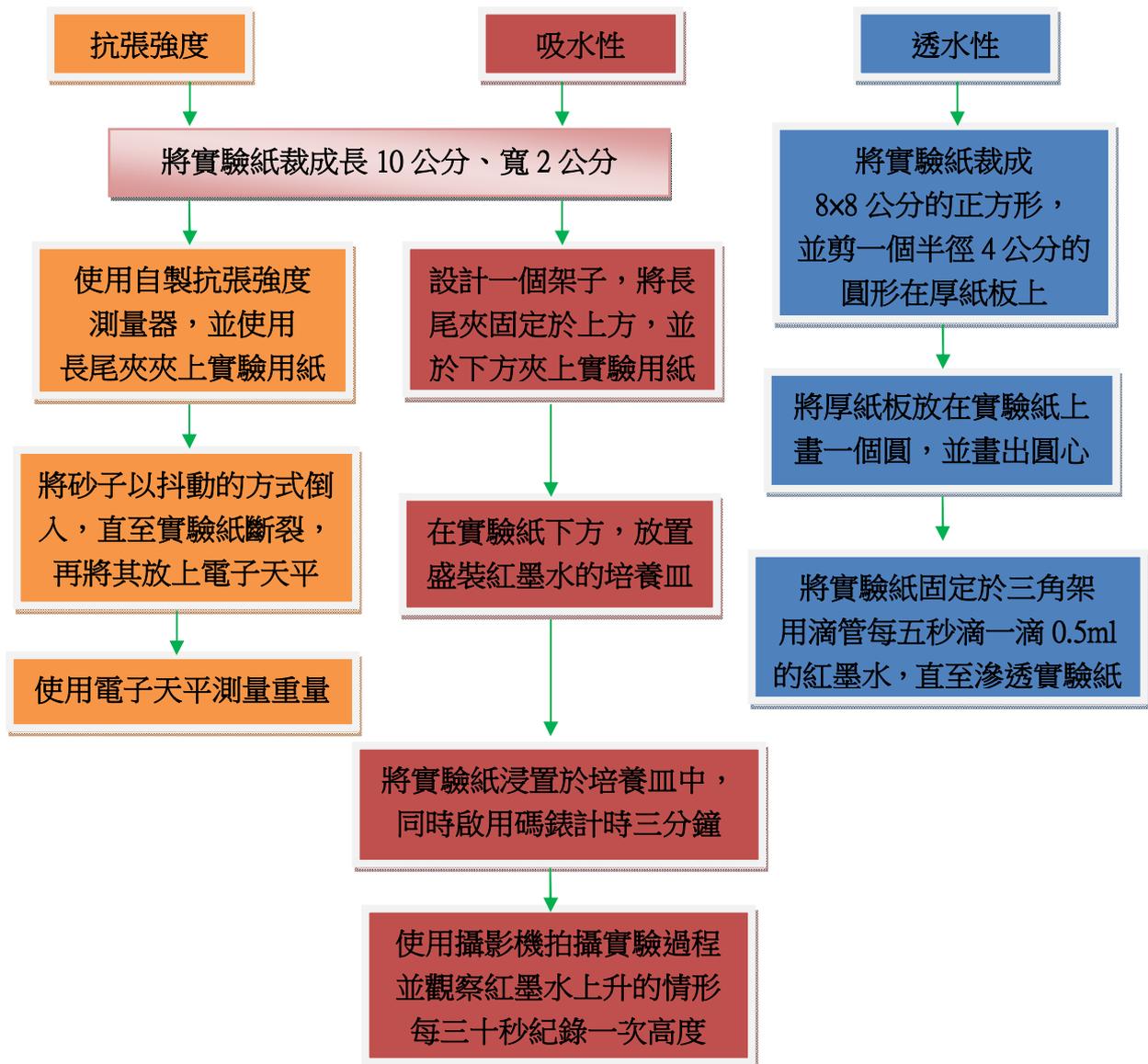
<sup>4</sup> 以上實驗參數以(持溫時間)/( 氫氧化鈉：芒草纖維)表示，如：2hr/40%。

4. 紙張製作

		
<p>1. 取芒草之纖維量50g</p>	<p>2. 在盆子中倒入半盆水，並加入陰性聚丙烯醯銨</p>	<p>3. 加入芒草纖維，並攪拌均勻</p>
		
<p>4. 開始抄紙，每種實驗各抄5張紙</p>	<p>5. 紙張塑形，並放上護貝膠模</p>	<p>6. 倒扣至桌上</p>
		
<p>7. 壓乾水分</p>	<p>8. 紙張完成</p>	<p>9. 晾乾</p>

(圖 5-4)、芒草紙製作流程

(二) 芒草紙實驗設計與操作



(圖5-5)、實驗設計流程圖

1. 芒草紙的外觀觀察：為比較不同時間蒸煮時間紙張的光滑性與顏色
2. 芒草紙的抗張強度實驗：為研究製成芒草紙能承受之重量

		
<p>1. 準備抗張強度測量工具</p>	<p>2. 準備實用的砂子</p>	<p>3. 將實驗用紙裁成長 10 公分、寬 2 公分</p>
		
<p>4. 使用自製抗張強度測量器將長尾夾夾上實驗用紙</p>	<p>5. 將砂子以抖動的方式倒入塑膠盒，直至實驗紙斷裂，再將塑膠盒放上電子天平</p>	<p>6. 使用電子天平測量實驗紙斷裂時所承載的砂子量，再減去塑膠盒的重量。</p>

(圖 5-6)、「抗張強度」實驗

3. 芒草紙的吸水性實驗：為研究製成芒草紙之吸水性

		
<p>1. 準備吸水性實驗器材</p>	<p>2. 將實驗用紙裁成長 10 公分、寬 2 公分</p>	<p>3. 設計一個架子，將長尾夾固定於上方，並於夾子下方夾上實驗用紙</p>
		
<p>4. 在實驗紙下方，放置一個盛裝紅墨水的培養皿</p>	<p>5. 將實驗紙浸置於裝有紅墨水的培養皿中，同時啟用碼錶計時三分鐘</p>	<p>6. 使用攝影機拍攝實驗過程，觀察紅墨水上升的情形，並每三十秒紀錄一次</p>

(圖 5-7)、「吸水性」實驗過程

4. 芒草紙的透水性實驗：為研究製成芒草紙之透水性

		
<p>1. 準備透水性實驗器材</p>	<p>2. 將實驗用紙裁成 8x8 的正方形</p>	<p>3. 將厚紙板放在實驗用紙上畫一個圓</p>
		
<p>4. 將實驗用紙固定於三角架上</p>	<p>5. 用滴管每五秒滴一滴為 0.5ml 紅墨水</p>	<p>6. 滴至水滴滲透實驗紙</p>

(圖 5-8)、「透水性」實驗過程

二、純芒草紙、純闊葉樹紙<sup>5</sup>、複合紙<sup>6</sup>實驗設計：

## (一) 紙張製作

(表5-3)、不同比例複合纖維紙製作

芒草纖維 <sup>7</sup> ：闊葉木纖維 <sup>8</sup>	沸騰後持溫時間	氫氧化鈉：芒草纖維
1：2 (100 克：200 克)	4hr	40%
1：1 (100 克：100 克)		
2：1 (200 克：100 克)		

## (二) 實驗設計

- 1.外觀比較：為研究製成紙張的光滑性與顏色
- 2.抗張強度比較：為比較製成紙張能承受之重量
  - (1) 將所有「張力實驗」的數據製作成趨勢圖。
  - (2) 比較數據。
- 3.吸水性比較：為比較製成紙張之吸水性
  - (1) 將所有實驗紙「吸水性實驗」的數據製作成趨勢圖。
  - (2) 比較數據。
- 4.透水性比較：為比較製成紙張之透水性
  - (1) 將所有實驗紙「透水性實驗」的數據製作成趨勢圖。
  - (2) 比較數據。

## 三、純芒草紙之應用設計：

## (一) 藝術方面的應用

- 1.窗飾：以組合屋作為樣本
  - (1) 自行購買材料包，並完成組裝。
  - (2) 貼上純芒草紙，觀察使用效果。
- 2.繪圖紙：
  - (1) 使用水彩顏料為繪畫工具。
  - (2) 觀察其顏料在芒草紙之變化。

## (二) 日常生活的應用

- 1.書寫紙：使用鉛筆及原子筆為書寫工具，並觀察其書寫效果。
- 2.書籤：
  - (1) 剪一個圖形並做外觀美編。
  - (2) 將其護貝。
- 3.紙袋：挑選出抗張強度最大之純芒草紙，並摺成紙袋的樣子
- 4.杯墊：剪一個圖形，大小只要適合杯底大小。

<sup>5</sup> 純闊葉樹為一般紙漿的原料。

<sup>6</sup> 不同芒闊比混合而成的複合性紙張。

<sup>7</sup> 芒草纖維以4hr/40%來做比較。

<sup>8</sup> 以上實驗參數以芒草纖維：闊葉樹纖維表示，如芒闊比為1：2。

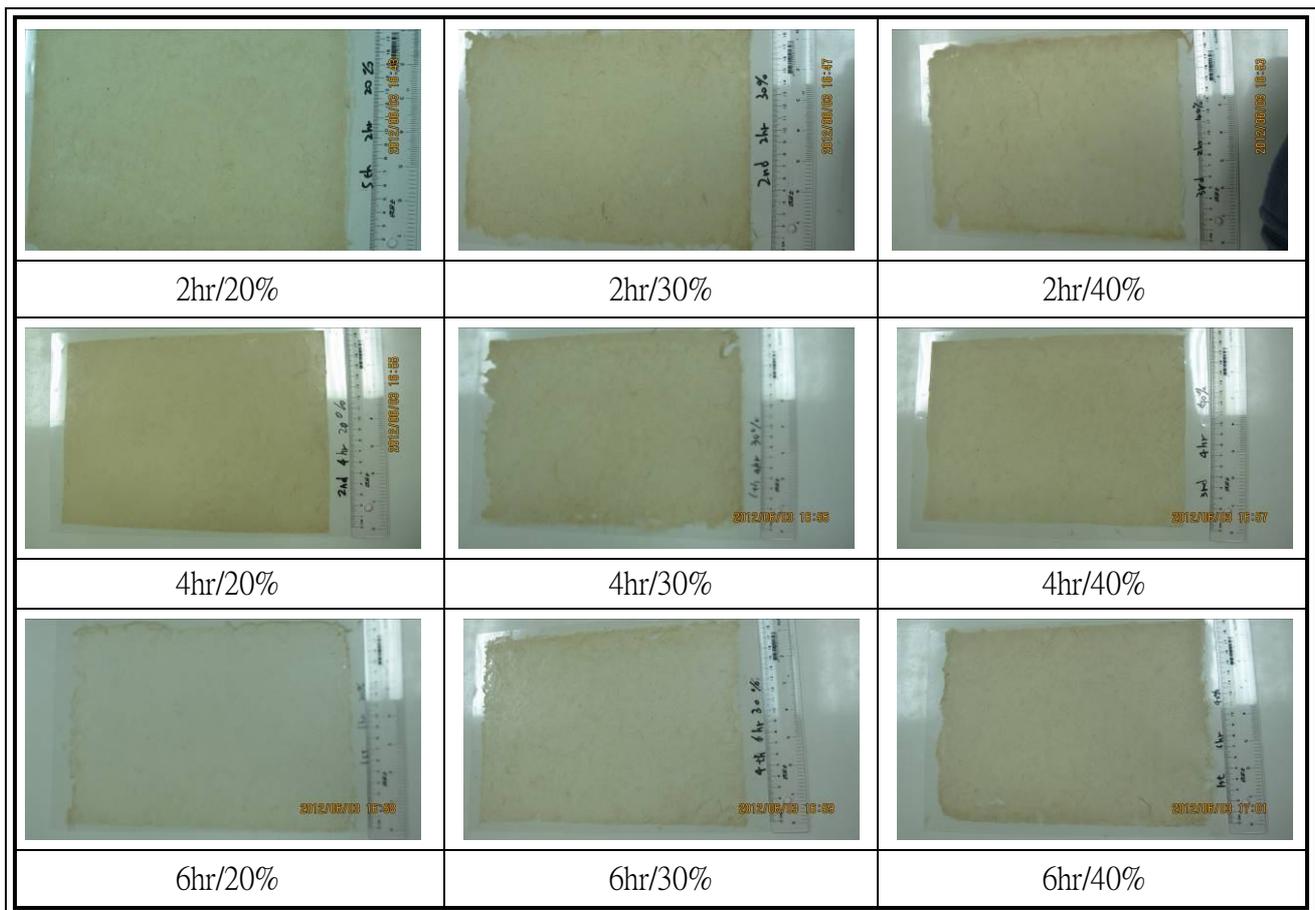
## 陸、 研究結果

### 一、創新使用芒草纖維造紙的可行性評估：

#### (一) 芒草做為造紙原料的實驗研究：

1. 在林業試驗所手工造紙研究室裡，我們學習到正確的造紙方法，實驗過程，雖然知道專業機器可以降低誤差，但台北距離遙遠，無法長期使用專業實驗室，決定以傳統的手工方式做紙，但在過程中，盡量做到一致性，減少誤差的產生。
2. 經過紙張性質測試，確認芒草替代一般紙漿的可行性高。

#### (二) 芒草紙的外觀觀察



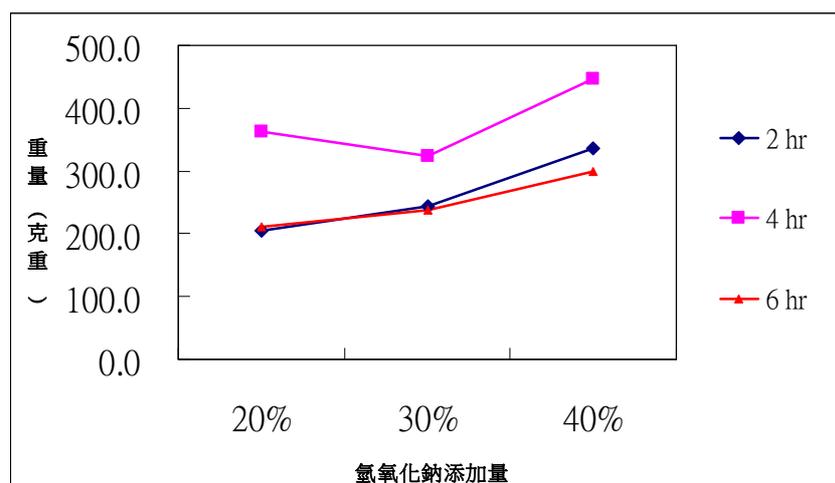
(圖6-1)、各比例純芒草紙

1. 說明：6hr 各個比例的芒草紙比 4hr 各個比例的芒草紙解纖狀況佳，纖維間交織緊密，因此表面光滑細緻。
2. 分析：氫氧化鈉藥劑比例多寡會影響紙張粗糙程度。多則影響紙張纖維越來越細緻，少則影響紙張纖維越來越粗糙。

(三) 芒草紙的抗張強度實驗結果：

(表6-1) 、不同芒草紙之抗張強度實驗結果(皆取測量5次之平均值)

	20%	30%	40%
2 hr	203.9 克重	243.6 克重	336.7 克重
4 hr	362.7 克重	324.4 克重	446.8 克重
6 hr	210.4 克重	237.4 克重	298.8 克重



(圖6-2) 、純芒草紙「抗張強度」實驗結果

#### 1.說明

- (1) 4 hr /40%的芒草紙抗張強度最大；2hr /20%的芒草紙抗張強度較小；蒸煮 6 hr 的芒草紙抗張強度是整體中最小。
- (2) 4hr/40%的芒草紙大部分解纖完整，分布纖維相對較纖細。

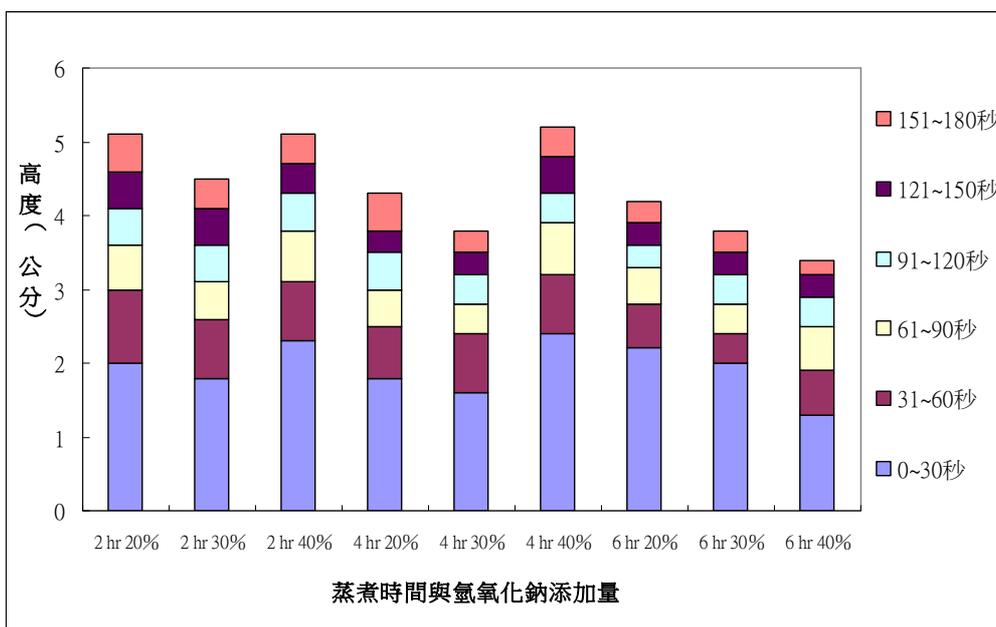
#### 2.分析

- (1) 持溫時間的長短會影響抗張強度大小。因此，持溫時間長，影響解纖情況好，導致抗張強度大；而持溫時間短，影響解纖情況差，導致抗張強度小。
- (2) 纖維交織情況是影響抗張強度大小的關鍵。因此，纖維交織情況好，纖細纖維所產生的纖毛有助於纖維間交織緊密，並增強紙張抗張強度；而纖維交織情況差，其粗糙纖維不容易交織堆疊，使得纖維交織鬆散並且降低紙張抗張強度。
- (3) 持溫 2 hr 及 6 hr 中抗張強度隨藥品添加量增加而增加。

(四) 芒草紙的吸水性實驗結果：

(表 6-2)、不同芒草紙之吸水性實驗結果(皆取測量 5 次之平均值)

	第 30 秒 上升高度	第 60 秒 上升高度	第 90 秒 上升高度	第 120 秒 上升高度	第 150 秒 上升高度	第 180 秒 上升高度
2 hr 20%	2.0 公分	1.0 公分	0.6 公分	0.5 公分	0.5 公分	0.5 公分
2 hr 30%	1.8 公分	0.8 公分	0.5 公分	0.5 公分	0.5 公分	0.4 公分
2 hr 40%	2.3 公分	0.8 公分	0.7 公分	0.5 公分	0.4 公分	0.4 公分
4 hr 20%	1.8 公分	0.7 公分	0.5 公分	0.5 公分	0.3 公分	0.5 公分
4 hr 30%	1.6 公分	0.8 公分	0.4 公分	0.4 公分	0.3 公分	0.3 公分
4 hr 40%	2.4 公分	0.8 公分	0.7 公分	0.4 公分	0.5 公分	0.4 公分
6 hr 20%	2.2 公分	0.6 公分	0.5 公分	0.3 公分	0.3 公分	0.3 公分
6 hr 30%	2.0 公分	0.4 公分	0.4 公分	0.4 公分	0.3 公分	0.3 公分
6 hr 40%	1.3 公分	0.6 公分	0.6 公分	0.4 公分	0.3 公分	0.2 公分



(圖 6-3)、純芒草紙「吸水性」實驗結果

1.說明

- (1) 4 hr /40%的芒草紙吸水性最強；6 hr /40%的芒草紙吸水性較弱；蒸煮 2 hr 的芒草紙的吸水性強弱較一致。
- (2) 4hr/40%的芒草紙解纖情況雖佳，但其中還是有分佈少許粗糙的纖維，有助於提升吸水性。

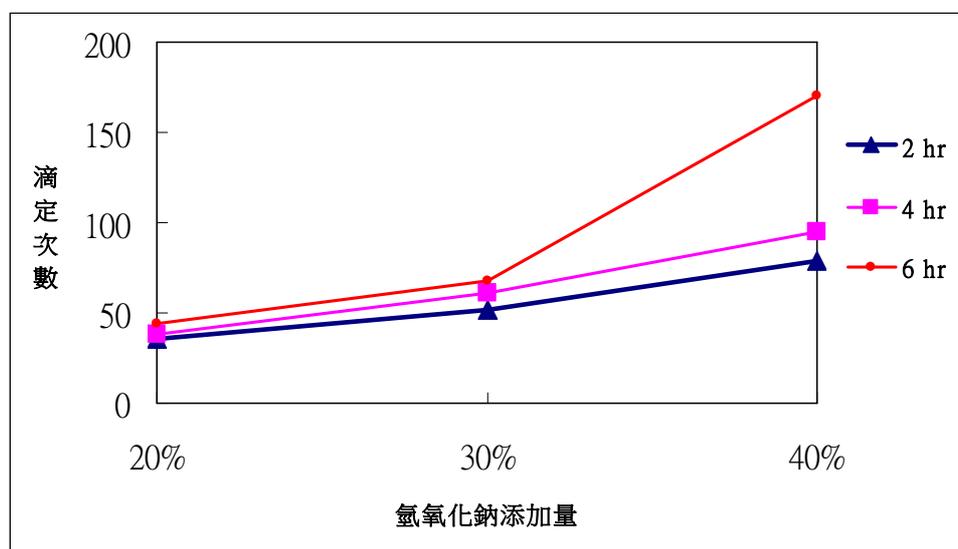
## 2.分析

- (1) 不同的解纖情況會影響吸水性強弱。因此，解纖情況好，影響吸水速度減緩，導致吸水性差；而解纖情況差，影響吸水速度提升，導致吸水性佳。
- (2) 實驗過程中若遇到較粗糙纖維時會加快吸水速度。

(五) 芒草紙的透水性實驗結果：

(表6-3)、不同芒草紙之透水性實驗結果(皆取測量5次之平均值)

	20%	30%	40%
2 hr	36 次	52 次	79 次
4 hr	38 次	61 次	95 次
6 hr	44 次	68 次	170 次



(圖6-4)、純芒草紙「透水性」實驗結果

## 1.說明

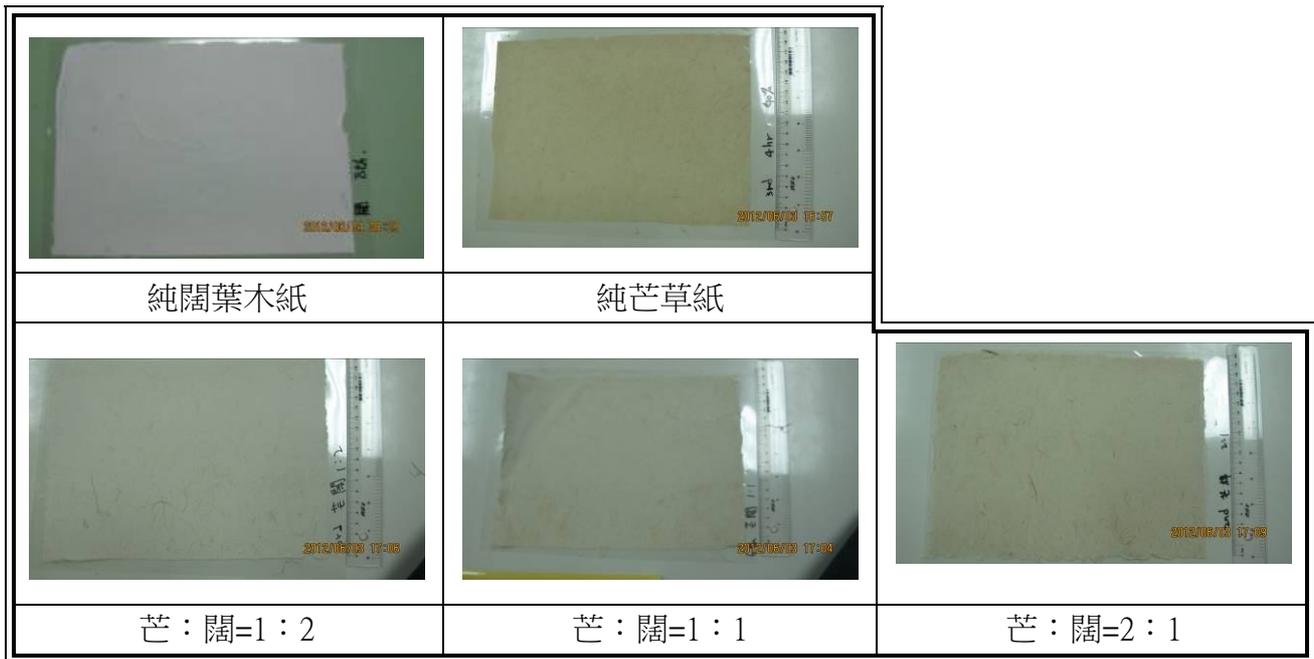
- (1) 2 hr /20%的芒草紙透水性最強；6 hr/ 40%的芒草紙透水性是整體中最弱的；蒸煮 4 hr 芒草紙的透水性強弱較一致。
- (2) 2hr/20%的芒草紙解纖情況差，纖維交織鬆散。

## 2.分析

- (1) 纖維交織情況會影響透水性數據的差異。因此，纖維交織情況好，影響透水性差；而纖維交織情況差，影響透水性好。
- (2) 纖維交織情況會影響紅墨水的擴散。因此，纖維交織情況好，有助於紅墨水向周圍擴散；而纖維交織情況差，阻止紅墨水向周圍擴散，使囤積在中心點的水量越來越多直至滲透紙張。

二、純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙的比較研究：

(一) 外觀比較



(圖6-5)、純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙

1.說明

(1) 複合紙中，芒闊比為 1：2 的厚度最薄；芒闊比為 2：1 的厚度最厚；純闊葉樹紙的表面最光滑細緻。

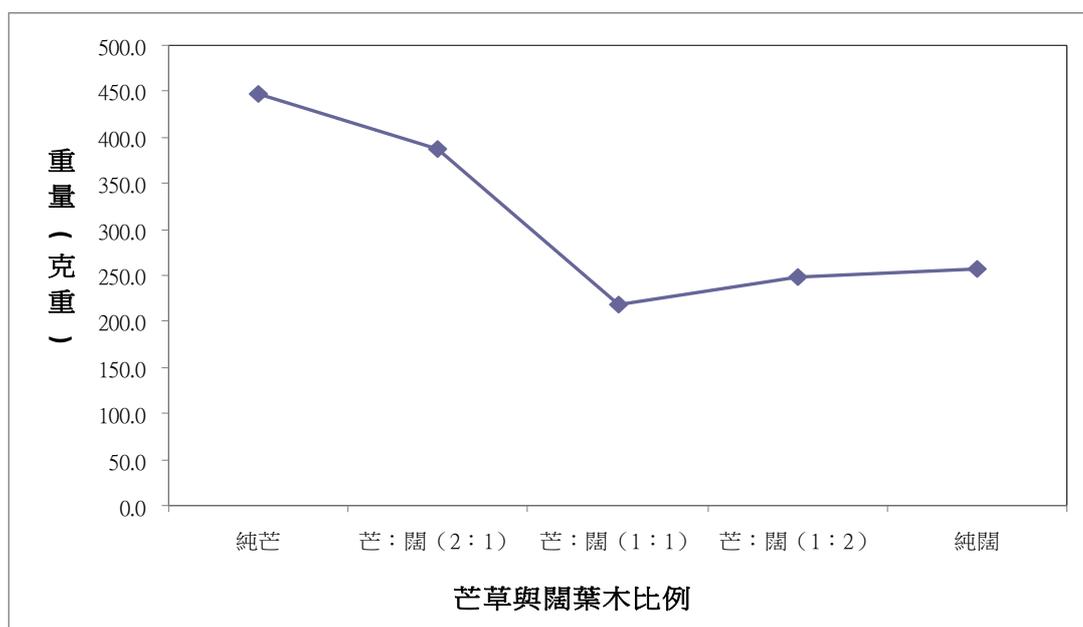
(2) 芒草纖維比例越高，顏色越黃；闊葉樹纖維比例越高，顏色越白。

2.分析：芒草纖維與闊葉樹纖維量的多寡會影響紙張粗糙程度。因此，芒草纖維多，影響紙張纖維較粗糙；而芒草纖維少，則影響紙張纖維較細緻。

(二) 純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙的抗張強度研究結果：

(表6-4)、純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙之抗張強度研究結果(皆取測量5次之平均值)

純芒	446.8克重
芒：闊=2：1	387.4 克重
芒：闊=1：1	218.3 克重
芒：闊=1：2	248.4 克重
純闊	257.6 克重



(圖6-6)、純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙「抗張強度」實驗結果比較

1.說明

- (1) 複合紙中，芒闊比為 2：1 的抗張強度最大；芒闊比為 1：1 的抗張強度最小；純闊葉樹紙的抗張強度較芒闊比為 1：2 複合紙大一些；純芒草紙的抗張強度為整體中最大。
- (2) 芒草屬短纖，纖維間交織緊密，因此抗張強度最大。

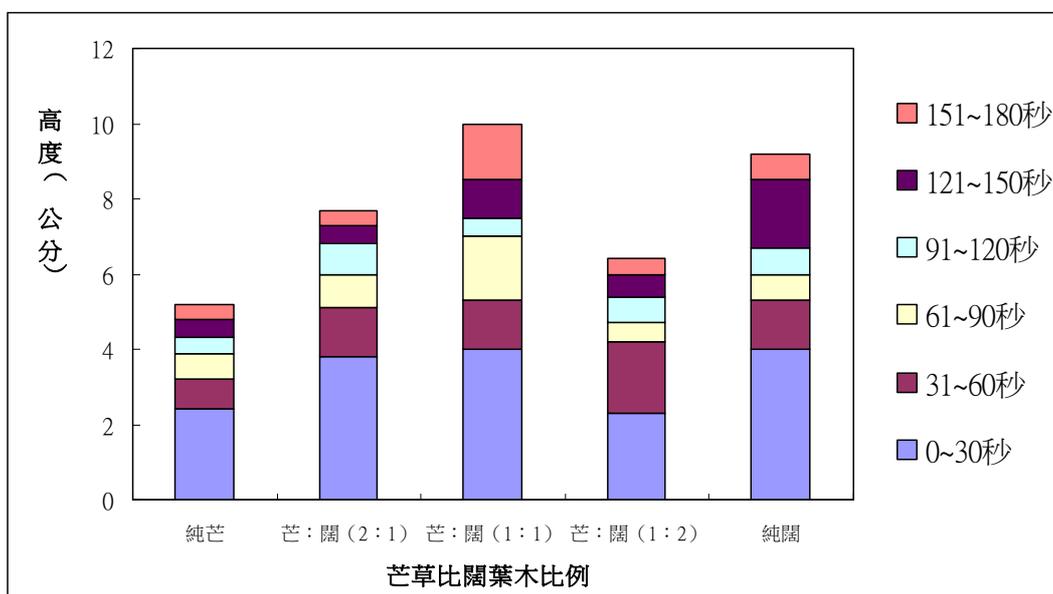
2.分析：

- (1) 長短纖混合會影響纖維交織情況較差。
- (2) 加入芒草纖維有助於提升抗張強度。

(三) 純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙的吸水性實驗結果：

(表 6-5)、純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙之吸水性實驗結果(皆取測量 5 次之平均值)

	第 30 秒 上升高度	第 60 秒 上升高度	第 90 秒 上升高度	第 120 秒 上升高度	第 150 秒 上升高度	第 180 秒 上升高度
純芒	2.4 公分	0.8 公分	0.7 公分	0.4 公分	0.5 公分	0.4 公分
芒：闊=1：2	3.8 公分	1.3 公分	0.9 公分	0.8 公分	0.5 公分	0.4 公分
芒：闊=1：1	4 公分	1.3 公分	1.7 公分	0.5 公分	1 公分	1.5 公分
芒：闊=2：1	2.3 公分	1.9 公分	0.5 公分	0.7 公分	0.6 公分	0.4 公分
純闊	4 公分	1.3 公分	0.7 公分	0.7 公分	1.8 公分	0.7 公分



(圖 6-7)、純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙「吸水性」實驗結果比較

1.說明

- (1) 複合紙中，芒闊比為 1：1 的吸水性最好；芒闊比為 1：2 的吸水性最差；純芒草紙的吸水性為整體中最差。
- (2) 表面纖維粗細均勻分佈，可提升吸水性。

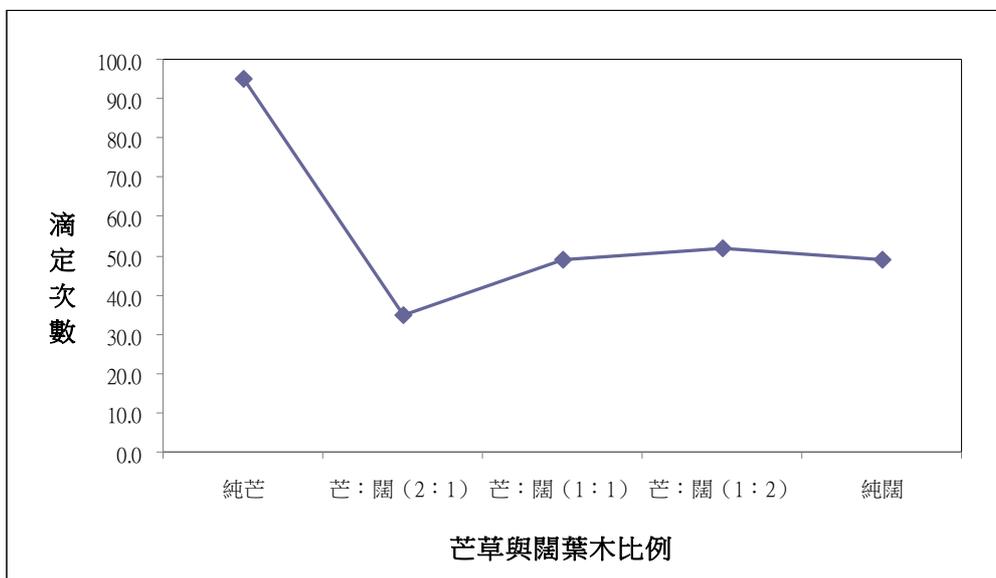
2.分析

- (1) 加入適量的闊葉樹纖維會提升吸水性，但過量或過少會使吸水性減弱。
- (2) 解纖程度會影響吸水性強弱。
- (3) 芒草纖維與闊葉樹纖維混合有助於提升吸水性。
- (4) 實驗過程中若遇到較粗糙纖維時會使吸水速度加快。

(四) 純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙的透水性實驗結果：

(表 6-6)、純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙的透水性實驗結果(皆取測量 5 次之平均值)

紙張種類	紅墨水滴定次數
純芒	95 次
芒：闊=2：1	35 次
芒：闊=1：1	49 次
芒：闊=1：2	52 次
純闊	49 次



(圖6-8)、純芒草紙、純闊葉樹紙、複合紙「透水性」實驗結果比較

1.說明

- (1) 複合紙中，芒闊比為 2：1 之透水性最好；芒闊比為 1：2 的透水性最差；純闊葉樹紙的透水性，與複合紙差異不大；純芒草紙的透水性為整體中最差的。
- (2) 纖維交織情況較差，提升透水性。

2.分析：

- (1) 芒草纖維與闊葉樹纖維的交織情況會影響透水性。纖維交織情況好，透水性差；纖維交織情況差，透水性好。
- (2) 纖維交織情況會影響紅墨水的擴散。纖維交織情況好，有助於紅墨水向周圍擴散；纖維交織情況差，阻止紅墨水向周圍擴散，使囤積在中心點的水量越來越多直至滲透紙張。

三、純芒草紙之應用設計：

(一) 藝術方面的應用

1.窗飾：以組合屋作為樣本

- (1) 美觀效果佳，具古典美。
- (2) 紙張纖維分布不均，使透光效果不同。



(圖 6-9)、芒草紙的窗飾製作

2.繪圖紙

- (1) 闊葉樹為一般紙漿原料。繪畫時，容易暈開且不易著墨。
- (2) 純芒草紙作為繪圖紙的繪畫感覺如同宣紙。

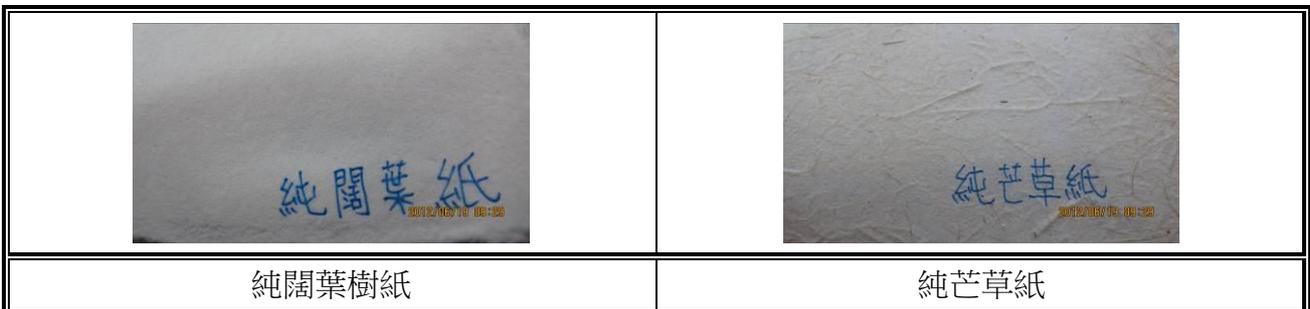


(圖 6-10)、繪圖紙應用

(二) 日常生活的應用

1.書寫紙

- (1) 闊葉樹為一般紙漿原料。
- (2) 純芒草紙的書寫效果如同純闊葉樹紙。



(圖 6-11)、書寫紙應用

2.書籤：將其護貝後，使用效果如同一般書籤，方便且實用。



(圖6-12)、芒草紙的書籤製作

3.紙袋：可用來裝小用品，且方便攜帶與收納。



(圖6-13)、芒草紙的紙袋製作

4.杯墊：

- (1) 許多人是使用衛生紙當作杯墊，但使用完畢後就丟掉，這也是一種垃圾污染。
- (2) 使用芒草紙製程的杯墊，使用效果較衛生紙佳，且可重複使用，不會造成污染。



(圖6-14)、芒草紙的杯墊製作

## 柒、討論

### 一、造紙歷程

- (一) 此研究歷經兩年，第一年我們以檳榔果實作為造紙原料，發現纖維過粗，無法獨立交織堆疊，只能製成複合紙，而且檳榔樹的種植，對水土保持有害。
- (二) 去年六月，縣賽結束後我們決定繼續此一議題研究，先針對第一年的問題思考，試著從生活周遭找起，發現使用一般草地上的雜草效果並不理想，成品與一般我們對紙的印象完全不同。
- (三) 經查詢文獻資料，發現稻草是可以製成紙的，而且成品與一般我們對紙的印象完全相同，經過討論，我們發現其中最大的差異就是雜草的纖維過粗，所以無法達到理想的纖維交織，因此，如何解決解纖問題是我們能否做出一張理想的紙的關鍵。



(圖7-1)、各種紙漿製成的紙

- (四) 一日回家途中，發現學校附近的一塊空地有一些較高大的雜草叢，媽媽說那可能是芒草，因為它不像草地上的雜草短小，與搜尋到的資料—稻草有些類似，根據文獻資料—有些手工造紙原料例如構樹皮，容易產生不吸墨之樹脂斑點，且隨存放時間增長，斑點現象更嚴重。身為禾本科的芒草，不會有樹脂斑點的問題，所以我們決定試試看。隔天我們請班上幾位同學陪我們帶工具去取，發現其「莖」的部分纖維較多，但由於纖維解纖問題的關係，使抄紙過程不順利。



(圖7-2)、採集芒草

(五) 但我們無法取用更細緻纖維的問題依然無法解決，在參考文獻中，我們發現林業試驗所裡有個手工造紙研究室，為了找尋答案，因此我們打電話去問，發現王國財老師已經退休，而後幸好有研究室的叔叔願意幫我們解答，但因經過幾次電子郵件往返，仍有些問題無法獲得解答，所以決定利用寒假上台北找答案，才真正解決我們的問題。

		
<p>聽研究員講解</p>	<p>討論所學到的東西</p>	<p>製作紙漿</p>
		
<p>學習抄紙</p>	<p>練習抄紙</p>	<p>練習</p>

(圖7-1)、「學習做紙之旅」

## 二、藥劑選擇

### (一) 藥劑的酸鹼性選擇

1. 根據參考文獻－中性的瀘紙及微鹼性的道林紙，白度的穩定性較佳，酸性的道林紙較差，而新聞紙之變色最明顯。新聞紙容易變色的主要原因是因為採用機械木漿所造成。道林紙雖屬於鹼性上膠紙，但也產生明顯的變色現象，其主要原因是為了節省成本而在紙張中摻入了少量的機械目將所致。
2. 由於不易變色且可節省成本的關係，所以我們決定使用鹼性藥劑。

### (二) 藥劑種類選擇：過程中，初步非常不理想，經過一再的嘗試，徹底了解每一種藥劑的鹼性程度後，最後終於找到符合本實驗需求的藥劑－氫氧化鈉。

1. 碳酸氫鈉：先前經過適當比例調配，但兩千克的水始終無法讓三百五十克的碳酸氫鈉完全溶解，之後雖經長達六小時的蒸煮時間，但解纖情況仍不理想，且使消耗的能源提升，並不環保。
2. 碳酸鈉：解纖情況比之前使用的碳酸氫鈉好許多，但因蒸煮時間過長，導致消耗的能源多，對生態環境來說也是另一種衝擊。
3. 氫氧化鈉：因為此藥劑剛好涉及到理化課程的內容，讓我們對屬於強鹼性質的氫氧化鈉有了更進一步的了解。根據參考文獻－1851 年 Watt 等人利用氫氧化鈉溶液蒸煮木材，獲得品質優於磨木紙漿的化學木材紙漿。我們決定試用氫氧化鈉。經過測試後，結果如先前預期：解纖情況最理想。

### (三) 分散劑的使用

1. 歷程：原本我們一直在煩惱有關於纖維放入水中時會糾結在一起的問題，後來我們查詢文獻又詢問過專家學者，決定使用分散劑－陰性聚丙烯醯銨，使纖維能均勻分散到水中。
2. 傳統造紙是使用馬拉巴栗樹幹做為分散劑。但經過種種考量，我們決定使用陰性聚丙烯醯銨作為此研究所使用的分散劑。
3. 調配：本身對於環境無任何汙染。取 0.5g 的陰性聚丙烯醯銨並慢慢加入 1000ml 的水，邊攪拌邊加入，最後放置一天，使陰性聚丙烯醯銨溶解於溶液中。
4. 功用
  - (1) 讓纖維可以懸浮在水中，不致快速沉澱。
  - (2) 抄紙時可以使纖維濾水較慢，較能抄出分布均勻的紙張。

## 三、實驗結果數據討論

### (一) 純芒草紙

1. 張力實驗：
  - (1) 6hr 各比例的芒草紙其數據結果異常。經過討論，我們得到結果：持溫時間過長會使解纖過度，進而破壞纖維本質和組織，使得抗張強度降低。
  - (2) 4hr 30% 的芒草紙其數據結果異常。經過討論，我們得到結果：因紙張各處解纖情況較不平均，造成數據結果的差異。
2. 吸水性實驗：120 秒過後的數據結果異常。經過討論，我們得到結果：因紙張各處解纖情況不平均，造成數據結果的差異。

### (二) 複合紙

1. 張力實驗：純芒草紙之抗張強度較複合紙大。經過討論，我們得到結果：長短纖混合製作的紙張，會使纖維堆疊情況差，導致抗張強度降低。
2. 吸水性實驗：60 秒過後各數據結果異常。經過討論，我們得到結果：因紙張各處解纖情況不平均，造成數據結果的差異。

## 捌、結論

- 一、創新使用芒草纖維造紙的可行性評估
  - (一) 根據紙張性質測試，可使用「芒草」作為造紙新原料。
  - (二) 芒草紙的外觀兼具特色與美感且富變化，可延伸並廣泛應用。
- 二、芒草纖維、闊葉樹纖維、複合紙的比較研究
  - (一) 純芒草紙的抗張強度大小較複合紙還大。
  - (二) 純芒草紙的吸水性較複合紙差。
  - (三) 純芒草紙的透水性較複合紙差，具有防水功能。
- 三、芒草紙張的應用與推廣價值
  - (一) 芒草紙的外觀兼具特色與美感且富變化，適合應用於藝術方面。  
例如：卡片製作。
  - (二) 芒草紙不易透水，具有防水功能，故適合應用於日常生活。例如：杯墊、紙袋、窗飾。
  - (三) 因芒草容易取得，且不會造成生態失衡，且消耗能源低，兼顧環保與經濟價值

## 玖、參考資料及其他

- 一、汪文豪。2008.8.4。  
〈古紙今生 讓書畫再走千年 現代造紙家 王國財〉。天下雜誌
- 二、汪文豪。2009.12。  
〈用科學與詩詞與古人對話 古紙新造的現代蔡倫－王國財〉。台灣林業
- 三、楊心豪 2008.03-04。2003。〈台灣驕傲--精緻的手工造紙〉。源雜誌。頁68-73
- 四、錢存訓。1975. 12。〈中國古代的造紙原料〉。  
香港中文大學中國文化研究所學報。頁27-39
- 五、陳大川。1985。〈台灣造紙史話－從樹皮布到手工造紙〉。長春棉紙基金雜誌
- 六、陳璽敬、黃美賢。2008。  
〈融合地方特色與文化創意 促成埔里造紙產業的發展模式〉
- 七、陳文祈。2009.10。〈漂流木於生質能源利用之可行性〉。台灣林業
- 八、張豐吉。2004。〈造紙纖維材料與造紙方法對紙質文物保存之影響〉。漿紙技術
- 九、陳興國。1997.9。〈開闢造紙原料新途徑〉。漿與紙
- 十、彭元興、蕭孟官、王益真、鄧澤殷、張清賀。2008。  
〈製漿造紙產業的綠色環保及森林永續經營認證系統介紹〉
- 十一、李良娉、柯佳伶、劉蕙、賴玉玲。  
《國中自然與生活科技第二冊》。台北市。康軒文教事業。第四章。2011
- 十二、李良娉、柯佳伶、劉蕙、賴玉玲。  
《國中自然與生活科技第四冊》。台北市。康軒文教事業。第三章。2011
- 十三、國立台灣科學教育館。歷屆優勝作品。取自  
<http://www.ntsec.gov.tw/User/Article.aspx?a=119>
- 十四、廣興紙寮。取自<http://www.taiwanpaper.com.tw/news.php>

## 【評語】 030806

1. 本作品主旨在於探討利用芒草做為造紙原料的可行性。
2. 本研究結果可大量減少樹木的砍伐，對全球暖化的減緩，特別值得嘉許。
3. 本作品具團隊創意，值得後續深入研究與精進。