

屏東縣第65屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學(二)

組 別：國小組

作品名稱：紙上新「織」機

關 鍵 詞：瓊麻纖維、膠黏劑、活性炭（最多三個）

編號：A7021

摘要

東漢時期，蔡倫改良了以樹皮、破布、麻繩製作的紙張，解決人類書寫與記錄的需求，使「紙」成為文明發展的重要媒介。然而，傳統造紙技術須砍伐大量樹木，導致森林面積驟減，加劇地球暖化。身為國小學生，我們希望從家鄉的環境特色出發，不僅發揚在地產業，更實踐綠色環保，促進永續發展。

瓊麻於日治時期被引進台灣，曾是恆春半島的重要經濟作物，但隨著尼龍繩的普及，瓊麻的應用日漸式微。本研究希望「返古利今」，透過科學探究，為瓊麻開創新價值，讓這項傳統資源展現不同面貌，成為家鄉的「新纖維」。

我們運用天然膠黏劑（玉米澱粉、蕃薯粥、蘆薈）測試瓊麻紙張的可行性，並探討不同化學處理（氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭）對紙張品質的影響。實驗主要分為三個目的：

1. 分析不同水溶液對瓊麻纖維結構的影響。
2. 比較紙漿與膠黏劑的比例對紙張韌性的影響。
3. 評估瓊麻紙張與的性質差異。

透過這項研究，我們期待瓊麻紙張能成為環保替代方案，減少樹木砍伐，為綠色未來盡一份心力。

目錄

壹、	研究動機	1
貳、	研究目的	2
參、	研究設備及器材	3
肆、	研究過程與方法	3
伍、	研究結果	4
陸、	討論	8
柒、	結論	8
捌、	參考資料及其他	9

壹、 研究動機

近年來，全球暖化帶來的問題越來越嚴重，大家開始關心環保，希望讓地球能夠永續發展。而紙張是我們每天都會用到的東西，從衛生紙到包裝紙，生活中處處可見。但造紙業每年要砍掉大量樹木，光是製作一公噸的紙，就需要約 20 棵生長 20 到 40 年的大樹，這不僅讓森林面積變小，也破壞動物的棲息地，甚至可能污染水源。

為了減少對森林的傷害，我們開始尋找可以替代木材的環保原料。在這個過程中，我們發現瓊麻的纖維十分堅韌，過去常被用來製作繩索、漁網、布料，甚至是戰艦纜繩。瓊麻纖維強韌又耐用，如果能夠運用在造紙上，或許能提供一種既環保又具有地方特色的新選擇。

因此，我們希望透過科學實驗，研究如何用瓊麻纖維來製作紙張，並測試它的抗張強度、撕裂程度、生物分解能力以及書寫流暢度。我們期待瓊麻紙能成為一種對環境友善、可持續發展的造紙材料，幫助減少森林砍伐，讓地球變得更美好！

貳、 研究目的

在這項研究中，我們希望找出最適合製作瓊麻紙的方法，並了解瓊麻紙的特性。因此，我們將進行以下幾項探討：

一、 探討不同水溶液對瓊麻纖維結構變化的影響

瓊麻纖維需要經過處理才能變成紙張的原料，我們會使用不同的水溶液來浸泡瓊麻纖維，觀察它的結構變化，找出最能讓纖維變得柔軟且適合造紙的方法。

二、 比較不同紙漿與膠黏劑比例對紙張韌性與成形的影響

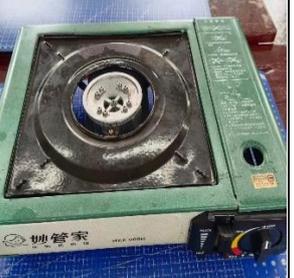
造紙過程中，紙漿和膠黏劑的比例會影響紙張的強度和外觀。我們將測試不同的組合，觀察瓊麻紙的韌性和成形狀況，找出最佳的製作方式。

三、 分析瓊麻紙張與張性質的差異

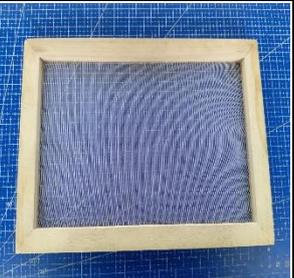
為了了解瓊麻紙的特性，我們會和進行比較，包括燃燒測試、吸水測試、生物分解速度以及書寫流暢度，評估瓊麻紙是否能成為環保紙張的新選擇。

參、 研究設備與器材

一、基本設備（用於測量、觀察與加工）

名稱	果汁機	生物顯微鏡	電子秤	卡斯爐
說明	打漿，將瓊麻纖維與水混合成紙漿	觀察纖維的長短與結構	測量樣本重量，確保實驗數據準確	加熱煮沸瓊麻纖維，進行化學處理
圖片				

二、造紙工具（用於造紙與過濾）

名稱	抄網(紗窗網目)	鍋具	盤子	濾網
說明	抄取紙漿製成紙張	煮沸瓊麻纖維，進行軟化與化學處理	盛裝浸泡或處理後的纖維	將煮沸處理後的瓊麻段撈起
圖片				
名稱	收納箱	餐巾紙	抹布	
說明	存放紙漿樣本與試驗結果	吸收抄紙後的多餘水分，加快乾燥	壓除紙張內部水分，使其更均勻成形	
圖片				

三、原料與添加劑（用於紙張製作）

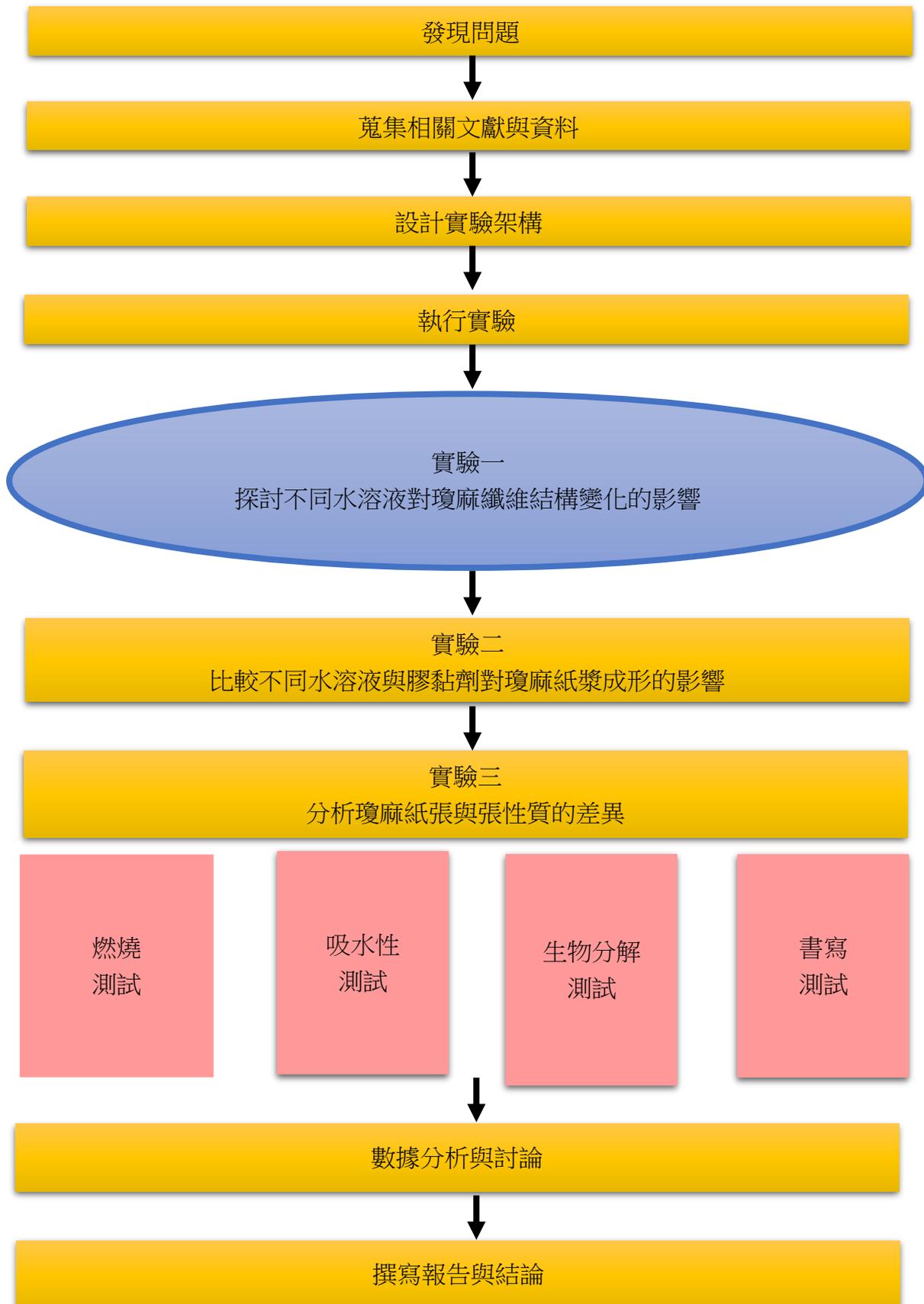
名稱	瓊麻	蘆薈	蕃薯粥	玉米澱粉
說明	主要造紙材料，提供纖維來源	天然膠黏劑，提升紙張柔軟度與吸水性	天然膠黏劑，增強紙張韌性	天然膠黏劑，增加紙張強度
圖片				

四、化學試劑（用於處理纖維結構）

名稱	木灰	氫氧化鈉	活性炭	碳酸氫鈉
說明	製作木灰水，使纖維軟化	分解瓊麻纖維，提高打漿效率	降低紙張防潮性，提高透氣性	軟化纖維，提升紙張柔韌性
圖片				

肆、 研究過程或方法

一、 實驗流程圖



二、文獻探討

(一)瓊麻纖維

瓊麻 (Agave sisalana) 是一種多年生纖維作物，原產於墨西哥。其纖維具有高韌性和耐水性，傳統上被用於製作繩索、編織材料等。瓊麻曾是重要的經濟作物，特別是在恆春半島地區。隨著合成纖維的興起，瓊麻的經濟價值逐漸下降。然而，隨著環保意識的提升，瓊麻纖維作為可再生資源，在手工編織等領域重新獲得關注。

(二)膠黏劑

在造紙過程中，膠黏劑的選擇對紙張的性能至關重要。天然膠黏劑因其來源廣泛、無毒和製備簡單等優點，受到越來越多的關注。

粥是由米煮制而成，主要成分為澱粉。在製紙中，蕃薯粥可作為天然膠黏劑使用，其優點包括：環保無毒：來源天然，對環境友好、成本低廉：米是常見的農作物，價格相對低廉。

蘆薈含有豐富的多醣體和黏液質，具有一定的黏性。在製紙中，蘆薈凝膠可作為天然膠黏劑，其特點包括：生物降解性：易於被自然分解，減少環境污染、抗菌性：蘆薈具有天然的抗菌特性，有助於延長紙張的保存期限。

玉米澱粉是一種常用的天然膠黏劑，在製紙工業中應用廣泛。其優點包括：黏著力強：經過適當的改性處理後，玉米澱粉的黏性可與部分合成膠黏劑相媲美、可再生性：玉米為可再生資源，符合可持續發展的要求。

(三)活性炭

1、結構與特性

活性炭 (activated carbon) 是一種多孔性的含碳物質，它具有高度發展的孔隙構造，其組成物質除了碳元素外，尚含有少量的氫、氮、氧及灰份，其結構則為碳形成的六環物堆積而成。

2、活性炭功能

活性炭最常用於吸附水中有機物，如農藥、三鹵甲烷、臭味分子等。由於活性炭的表面積大，因此自來水水中的氯氣也會與碳表面反應而降低。

三、實驗步驟

(一)實驗一：探討不同水溶液對瓊麻纖維結構變化的影響

- 1、採集新鮮瓊麻葉後，再用自來水將其表面的雜質去除。
- 2、將清洗後的瓊麻剪成3-5公分的大小，並把1200g的瓊麻段分別放到自來水與木灰水的溶液裡，需浸泡12小時。
- 3、分別裝1000mL自來水，取100g自來水浸泡的瓊麻與100g木灰水浸泡的瓊麻，各自以小火煮2小時。
- 4、觀察瓊麻段分別浸泡自來水與木灰水後的外觀、纖維拉力度、軟化程度。

(二)實驗二：比較不同水溶液與膠黏劑對瓊麻紙漿成形的影響

- 1、將100g瓊麻（自來水組與木灰水組）與三種膠黏劑(10g蘆薈、10g蕃薯粥、10g玉米澱粉)各分成六組。
- 2、將浸泡12小時並煮沸2小時後的瓊麻（自來水組與木灰水組）取出，分別添加不同膠黏劑後，加入300mL自來水與100g瓊麻，使用果汁機打成紙漿。接著，將紙漿細分為兩組：
 - (1)未經化學處理組
 - (2)化學處理組（添加3g氫氧化鈉、2g碳酸氫鈉和2g活性碳）
- 3、分別將六組的紙漿各自倒入裝有1200mL自來水的收納箱裡，並使用抄網均勻鋪設紙漿。
- 4、用餐巾紙與抹布將抄網上多餘的水分吸除，並從抄網上將成形的紙張取下後，放於室外自然風乾。
- 5、觸摸紙張的質地(粗糙或平滑)、觀察紙張在顯微鏡下的纖維分布。

(三)實驗三：瓊麻紙張與張性質測試

我們製作了十二種不同的瓊麻紙與比較，並測試它們的抗張強度、折疊次數、吸水性、生物分解和書寫效果。

- 1、燃燒測試：

目的：測試不同配方瓊麻紙的燃燒特性，包括燃燒速度、煙霧情況及燃燒後殘留物，評估其可燃性與環保可降解性，並進一步分析添加不同成分（如蕃薯粥、蘆薈、玉米澱粉）對瓊麻紙燃燒特性的影響。

我們會準備一張瓊麻紙和一把金屬鑷子。用鑷子夾住紙張的一角，慢慢將它靠近酒精燈的火焰，直到紙開始燃燒。當火焰出現時，立刻啟動計時器，開始計算從燃燒開始到完全熄滅所花的時間。在紙張燃燒的過程中，要仔細觀察是否產生煙霧。如果煙霧很多，可能表示紙張裡含有水分或其他物質。這些現象都要詳細記錄下來。

等到紙張完全燃燒後，觀察剩下的殘渣，看看它是變成灰燼，還是留下黑色的焦炭。記錄殘渣的顏色和形狀，並比較不同種類的瓊麻紙燃燒後的變化，找出哪種紙燃燒得最完全，哪種會留下較多的殘渣。

2、吸水性

目的：測試瓊麻紙的吸水能力，以評估其適合作為吸水紙、濾紙或其他應用的可能性。

我們先把12條不同性質的瓊麻紙與放進裝有10cc的紅色顏料小水杯，觀察紙條吸水的上升高度，以及是否有剩餘的紅色顏料水。

3、水分生物分解

目的：測試瓊麻紙的可生物降解性，以評估其環保價值。

我們把瓊麻紙與各剪成5cm × 5cm的小方塊，放進裝有自來水的果凍杯裡，觀察24-48小時內分解的情形，並用相機拍照記錄。

4、書寫效果

目的：測試瓊麻紙的書寫適應性，了解其適合作為一般書寫紙的可能性。

我們用鉛筆、彩色筆、原子筆和簽字筆在瓊麻紙上寫字，看看字跡清不清楚，還有墨水會不會暈開。

伍、研究結果

一、實驗一：探討不同水溶液對瓊麻纖維結構變化的影響

實驗方法：本實驗的目的是比較自來水與木灰水對瓊麻纖維軟化的效果，以了解哪種處理方式更有利於紙漿製作。最後，透過觀察纖維的顏色變化、拉力度與軟化程度來評估不同水溶液對瓊麻纖維的影響。

實驗結果：

測試項目	自來水組	木灰水組
顏色變化	無明顯變化	顏色變深，呈黃褐色
纖維拉力度	纖維較緊，不易拉開	纖維較鬆，較容易拉開
軟化程度	仍然有韌性，較難撕開	變得較軟，容易撕成細小纖維

結果發現：木灰水處理過的瓊麻纖維變得更柔軟、較易分解成細小纖維。自來水處理的瓊麻纖維則保持較高韌性，可能影響紙張成形的均勻度。另外，在顯微鏡下觀察到，用木灰水浸泡過的瓊麻纖維顏色較深，而且水分充足；用自來水浸泡過的瓊麻纖維顏色較淺，有細微的水珠附著在上面。



浸泡自來水的瓊麻



顯微鏡底下的纖維



浸泡木灰水的瓊麻

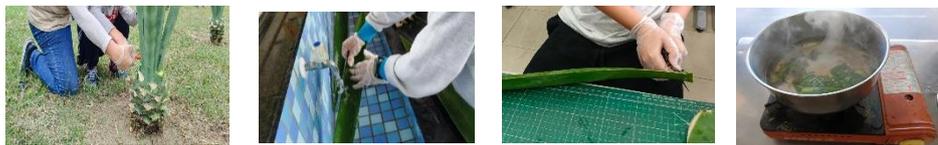


顯微鏡底下的纖維

二、實驗二：比較不同膠黏劑對瓊麻紙漿成形的影響。

實驗方法：探討不同水處理方式及膠黏劑對瓊麻紙漿成形的影響，我們選擇了自來水處理組與木灰水處理組的瓊麻纖維，並分別加入三種天然膠黏劑（蘆薈、蕃薯粥、玉米澱粉）進行比較。

取材與軟化步驟：



採集瓊麻葉 → 清洗瓊麻葉 → 裁剪瓊麻葉 → 煮瓊麻葉

造紙步驟：



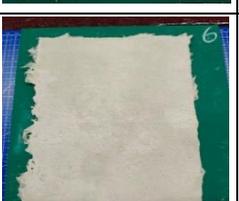
打漿 → 取漿 → 倒漿 → 抄網



→ 取網定形 → 吸取紙漿水分 → 紙張晒乾即可

實驗結果：

測試項目	玉米澱粉組	蕃薯粥組	蘆薈組
紙張強度	最結實，不易撕破	最耐折，較有彈性	最柔軟，容易破
觸摸測試	表面光滑	有彈性但略粗糙	表面粗糙，像吸水紙
纖維分布（顯微鏡觀察）	纖維排列較緊密， 結構完整	纖維均勻， 但部分區域較鬆散	纖維排列較疏鬆， 孔洞較多

測試 項目 膠黏劑	自來水浸泡 (未經處理)	木灰水浸泡 (未經處理)	自來水浸泡 (加入氫氧化鈉、 碳酸氫鈉、活性 碳)	木灰水浸泡 (加入氫氧化鈉、 碳酸氫鈉、活性 碳)
蘆薈				
蕃薯粥				
玉米澱粉				

結果發現：

玉米澱粉瓊麻紙最結實，紙張表面較光滑，纖維排列緊密，適合書寫與印刷。

蕃薯粥瓊麻紙最耐折，有彈性但表面較粗糙，纖維分布均勻但結構稍鬆散，適合製作可摺疊的紙張。

蘆薈瓊麻紙最吸水，紙張較柔軟，纖維排列疏鬆，表面孔洞較多，適合作為吸水紙或過濾紙。

三、實驗三：瓊麻紙張與市售影印紙性質測試。

實驗方法：為了更全面地評估瓊麻紙的實用性，我們將不同配方製成的瓊麻紙進行比較。我們評估瓊麻紙的燃燒測試、吸水性、生物分解能力與書寫效果，以確定其在日常使用中的影響。

實驗結果：

(一)耐燃度-比較不同紙張的燃燒特性

編號	浸泡液	膠黏劑	額外試劑	殘渣
1	自來水	蘆薈	無	
2	木灰水	蘆薈	無	
3	自來水	蕃薯粥	無	
4	木灰水	蕃薯粥	無	
5	自來水	玉米澱粉	無	
6	木灰水	玉米澱粉	無	

7	自來水	蘆薈	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、 活性炭	
8	木灰水	蘆薈	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、 活性炭	
9	自來水	蕃薯粥	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、 活性炭	
10	木灰水	蕃薯粥	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、 活性炭	
11	自來水	玉米澱粉	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、 活性炭	
12	木灰水	玉米澱粉	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、 活性炭	

結果發現：

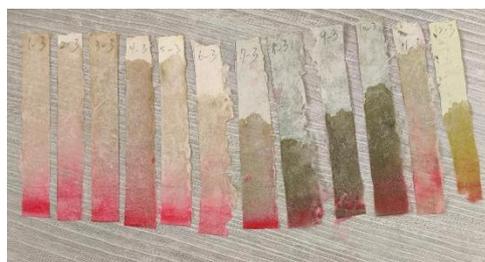
1.未經處理的細瓊麻紙

可能的原因：棉麻紙由天然纖維結構構成，內部孔隙豐富多，容易吸收氧氣，助長燃燒。

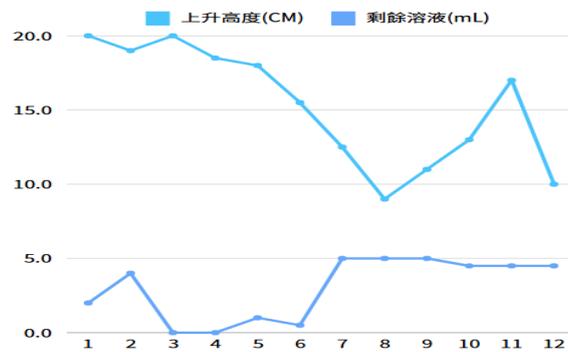
2.添加凝膠黏劑（如蘆薈、澱粉）處理的瓊麻紙

可能的原因：黏土可能在紙張表面形成一層保護膜，使燃燃不易進行，或燃燃過程中產生的碳化層、緩燃速率。

(二)吸水性-比較紙張的吸水能力



編號	浸泡液	膠黏劑	額外試劑	上升高度(CM)	剩餘溶液(mL)
1	自來水	蘆薈	無	20	2
2	木灰水	蘆薈	無	19	4
3	自來水	蕃薯粥	無	20	0
4	木灰水	蕃薯粥	無	18.5	0
5	自來水	玉米澱粉	無	18	1
6	木灰水	玉米澱粉	無	15.5	0.5
7	自來水	蘆薈	氫氧化鈉、碳酸氫 鈉、活性炭	12.5	5
8	木灰水	蘆薈	氫氧化鈉、碳酸氫 鈉、活性炭	9	5
9	自來水	蕃薯粥	氫氧化鈉、碳酸氫 鈉、活性炭	11	5
10	木灰水	蕃薯粥	氫氧化鈉、碳酸氫 鈉、活性炭	13	4.5
11	自來水	玉米澱粉	氫氧化鈉、碳酸氫 鈉、活性炭	17	4.5
12	木灰水	玉米澱粉	氫氧化鈉、碳酸氫 鈉、活性炭	10	4.5



結果發現：

這次的實驗發現，不同的浸泡方式和膠黏劑會影響瓊麻紙的吸水高度。使用自來水浸泡的瓊麻紙，吸水高度普遍較高，最高達 20 公分，而木灰水浸泡的則略低。當加入氫氧化鈉、碳酸氫鈉和活性碳後，吸水高度明顯下降，最低只有 9 公分，顯示試劑可能讓紙張變得較不吸水。

此外，剩餘水量的變化也很明顯。沒有試劑時，大部分水被紙張吸收，而加入試劑後，殘留水量增加，如「木灰水+蘆薈+試劑」的組合，最後仍有 5 mL 水未被吸收。這顯示試劑可能改變了紙張內部結構，使其不易透水。

這些結果讓我們知道，不同的材料搭配會影響瓊麻紙的吸水能力，未來可以進一步研究試劑的濃度對紙張性能的影響。

(四)生物分解-比較不同紙張在 3 天內的降解速度

編號	浸泡液	膠黏劑	額外試劑	第一天	第三天
1	自來水	蘆薈	無		
2	木灰水	蘆薈	無		
3	自來水	蕃薯粥	無		
4	木灰水	蕃薯粥	無		

5	自來水	玉米澱粉	無		
6	木灰水	玉米澱粉	無		
7	自來水	蘆薈	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭		
8	木灰水	蘆薈	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭		
9	自來水	蕃薯粥	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭		
10	木灰水	蕃薯粥	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭		
11	自來水	玉米澱粉	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭		
12	木灰水	玉米澱粉	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭		

結果發現：

1.未經處理的細瓊麻紙

在 3 天內降解速度最快，表面纖維逐滴滲透，水分滲透後使紙結構明顯變脆，部分區域甚至出現明顯裂痕分解。

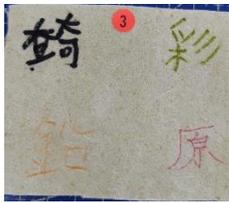
可能的原因：瓊麻紙本身由天然植物纖維組成，沒有額外的化學試驗劑或黏土劑，使其在水中容易被水解或微生物分解。

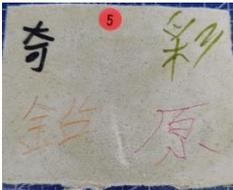
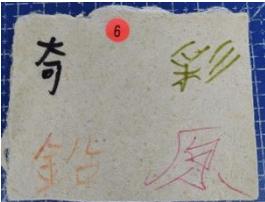
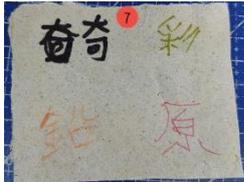
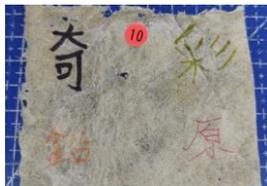
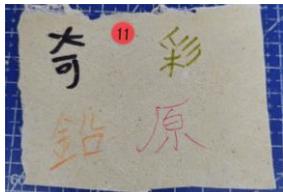
2.添加凝膠黏劑（如蘆薈、澱粉）處理的瓊麻紙

相較於木材加工麻紙，降解速度稍慢，3 天內仍保持完整的結構，但表面開始改變，部分區域顯示出現有離散的痕跡。

可能原因：黏黏糊糊增強了紙張內部構件的構造，使其不易因水分滲透而分解，但期間仍會逐漸降解。

(五)書寫效果-比較不同紙張寫字的效果

編號	浸泡液	膠黏劑	額外試劑	字體呈現
1	自來水	蘆薈	無	
2	木灰水	蘆薈	無	
3	自來水	蕃薯粥	無	
4	木灰水	蕃薯粥	無	

5	自來水	玉米澱粉	無	
6	木灰水	玉米澱粉	無	
7	自來水	蘆薈	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭	
8	木灰水	蘆薈	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭	
9	自來水	蕃薯粥	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭	
10	木灰水	蕃薯粥	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭	
11	自來水	玉米澱粉	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭	
12	木灰水	玉米澱粉	氫氧化鈉、碳酸氫鈉、活性炭	

結果發現：

1.無添加膠黏劑

純瓊麻紙具備良好的吸墨性，能夠呈現墨水的濃淡變化，書寫效果自然。

2.添加膠黏劑處理的瓊麻紙

(1)黏黏劑處理使紙張表面變得更加平滑，有效降低筆尖與紙張表面的摩擦力，提升書寫時的流暢度。

(2)寫下的字跡均有力且清晰，墨水吸收為準，不易被發現散佈或模糊印刷痕跡。

陸、討論

一、瓊麻纖維處理方式的影響

果顯示，木灰水比自來水更能有效軟化瓊麻纖維，使其更容易打漿並製成紙張。這可能與木灰水的鹼性特質有關，有助於破壞纖維內部的結構，使其更具柔軟性。

此外，化學處理對瓊麻纖維的影響各有不同，氫氧化鈉的效果最明顯，能夠快速分解纖維並提升紙漿的均勻度，但過量使用可能會影響環保性。氯化鈉則能提供一定的強度，但影響較為有限，而碳酸氫鈉則能適度提升柔軟度。

二、不同膠黏劑對紙張強度的影響

添加不同膠黏劑後，發現玉米澱粉的紙張具有最強的抗張強度與耐撕裂度，適合書寫與印刷用途。蕃薯粥則能有效提升紙張的韌性，使其能夠耐折，不易破裂，適合需要頻繁折疊的應用。蘆薈雖然能提升紙張的柔軟性，但其對整體結構的影響較小，導致紙張較為脆弱，適合吸水類用途。

三、瓊麻紙張的環保性與影響

研究結果顯示，瓊麻紙張的吸水性優於一般紙張，且能夠在土壤中迅速分解，30 天內可見明顯降解跡象，符合生物可降解標準。這代表瓊麻紙張不僅可以減少森林砍伐，還能避免傳統紙張所造成的環境污染。

然而，瓊麻紙張的製作仍有挑戰，例如如何提升紙張的平滑度與均勻性，使其能夠更廣泛地應用於日常生活中。此外，膠黏劑的選擇仍有改進空間，例如探索其他天然樹膠或植物黏液，以提升紙張的耐用性與環保性。

柒、結論

- 一、瓊麻纖維經適當處理可製作成紙張，且具良好強度與吸水性。
- 二、木灰水可有效軟化纖維，提升紙張韌性。
- 三、蕃薯粥與玉米澱粉作為膠黏劑能提高紙張強度，蘆薈則較適合提升柔韌性。
- 四、瓊麻紙可生物降解，是環保可行的造紙選擇。

捌、參考資料及其他

<https://taiwanindex.nmth.gov.tw/theme/detail/68>張靜宜 | 昔日榮光：恆春瓊麻工業

<https://ws.ktnp.gov.tw/001/Upload/245/refile/7223/112477/24cb3f38-4bb6-4fe5-a95b-c80fbb7f02cb.pdf>

恆春特產- 瓊麻、洋蔥、港口茶

<https://scholars.tari.gov.tw/bitstream/123456789/16831/3/54-7-1.pdf> 第四章纖維作物之研究與發展

<https://youth.chtf.org.tw/diary/3778> 蹲點日誌 - 屏東 大光社區 - 瓊麻抽絲起高樓

郭怡岑，謝雨倫（1998）。點「殼」成紙~菱角殼製漿造紙影響之研究~。第48屆全國中小學科展生活與應用科學科。

蘇承宏、林仲甫、林昱廷（2011）。環保糯米膠。第 51 屆全國中小學科展生活與應用科學科。

何雅琦，楊漢威，湯智強，馮宜璇（1990）。奇妙的造紙方法。第30屆全國中小學科展應用科學科。

胡金印(2022)。恆春地區瓊麻產業的興衰、轉型與影響。

李佳芸、胡璧薰、李孟庭、錢彥愷、周宜萱()。天然多功能黏紙王~天然物質製作黏著劑之探討。第49屆全國中小學科展化學科。

葉若璽、徐健國(2018)。纖維植物×造紙。林業研究專訊第25期。