

# 文化部文化資產局

## 文化活動補助案

文化部文化資產局文化資產保存修復及管理維護補助計畫（A 類）

### 2022 文化部文化資產學院人才培育計畫-研發群組

以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修復用手工紙之探討

#### ■ 研發群組

## 成果報告書

補助機關：文化部文化資產局

研究單位：國立嘉義大學

計畫主持人：夏滄琪

中華民國 111 年 12 月 02 日



## 補助案基本資料表

計畫名稱	以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討		
受補助單位	國立嘉義大學		
計畫主持人	夏滄琪	連絡電話	0937545822
計畫年期	<input type="checkbox"/> 單年期 <input checked="" type="checkbox"/> 多年期 (共 <u>3</u> 年，本年度為第 <u>3</u> 年)	本年度 執行期間	111年1月14日 至 111年12月31日 (補助日為核定日起算)
類型	<input checked="" type="checkbox"/> 五大主題 <input type="checkbox"/> 其他		
附件	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>※必備附件</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>計畫整體經費報告表</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>預算數與實支數對照表</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>費用結報明細表</p> <p><input type="checkbox"/>原始支出憑證_____冊_____件。</p> <p>(私立單位適用)</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>※其他附件</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>投稿文章(含研討會)。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>光碟<u>1</u>片。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>著作權授權同意書(正本)。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>個人所得歸戶證明(正本)。</p> <p><input type="checkbox"/>其他(_____)</p> </div> </div>		
受補助 單位或 主持人	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 20px;">   </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">(請務必加蓋受補助單位戳記或計畫主持人印章)</p>		

## 一、 目錄

補助案基本料表 .....	I
一、目錄 .....	II
二、摘要 .....	1
三、前言 .....	4
四、研究動機與目的 .....	6
五、文獻探討 .....	7
六、研究方法 .....	10
七、結果與討論 .....	22
八、參考文獻 .....	46
九、執行成果說明 .....	49
十、計畫相關經費說明表 .....	107



## 圖目錄

圖 1 本試驗之流程圖 .....	10
圖 2 月桃植株 .....	11
圖 3 CIELAB 色彩空間示意圖 .....	18
圖 4 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之 pH 值變化 .....	24
圖 5 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之吸水度變化 .....	25
圖 6 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之抗張指數變化 .....	26
圖 7 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之濕潤抗張指數變化 .....	27
圖 8 試驗紙樣經 72 h 劣化後之色差 .....	29
圖 9 試驗紙樣經 72 h 劣化後之白度 .....	30
圖 10 試驗紙樣經 72 h 劣化後之回色指數 .....	31
圖 11 兩種市售白京和紙之 SEM 照相 500x .....	35
圖 12 三種市售書畫用紙之 SEM 照相 500x .....	36
圖 13 兩種月桃宣紙之 SEM 照相 500x .....	36
圖 14 抽象水墨畫家劉輝雄博士揮毫作品 .....	37
圖 15 書法家陳政見教授揮毫作品-1 .....	38
圖 16 書法家陳政見教授揮毫作品-2 .....	39
圖 17 書法家陳政見教授揮毫作品-3 .....	40
圖 18 書法家陳政見教授揮毫作品-4 .....	41

圖 19 林清鏡教授揮毫作品 .....	42
圖 20 蕭惠禎老師揮毫作品 .....	43

## 表目錄

表 1 月桃圓形手抄紙之原料.....	12
表 2 月桃葉鞘以蘇打法製漿之蒸解條件.....	14
表 3 試驗用紙樣之基本性質分析.....	23
表 4 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之耐折強度變化.....	28
表 5 不同墨汁濃度於各紙樣之擴散圖像.....	33
表 6 不同墨汁濃度於各紙樣之擴散縱橫向比值.....	34

## 二、 摘要

本研究旨在探討臺灣特有之多年生常綠性草本原生植物－月桃 (*Alpinia zerumbet*) 葉鞘，研製兼具棉紙強韌性及宣紙細緻、濕潤特性之書畫用手工紙。藉由製漿、手工紙抄造、紙張力學性質測定及墨暈試驗，分別比較月桃無礬、半礬手工紙與無礬白京和紙、半礬白京和紙、紅星牌棉料單宣、棉紙和清澄宣等 5 種知名市售書畫手工紙；並經乾熱 (105°C) 及高溫、高濕 (85°C/85%RH)、QUV 等加速劣化處理，以評估自行研製月桃書畫用宣紙之適用性。歸納試驗結果得知，在耐折強度結果呈現：月桃半礬手工宣紙優於受測試之所有市售紙樣，月桃無礬手工紙則在抗張強度有較佳表現，在墨暈性質方面，月桃半礬宣吸墨後之墨暈縱橫向比值趨近於 1，顯示出紙質之潤墨性較均一；在耐候性質評估方面，經乾熱劣化後，月桃無礬及半礬手工宣紙，在耐折與抗張強度皆優於市售紙樣；經高溫、高濕劣化後，月桃無礬及半礬手工宣紙具有較佳之耐折與濕潤抗張強度。經測試吸水性質知，月桃手工宣紙與市售宣紙之吸水度相差在伯仲之間。總結本研究試驗結果，月桃手工紙之耐折、抗張、濕潤抗張、吸水性、墨暈均勻性俱優，另經加速老化後之安定性亦佳。由纖維材料特性及書畫專家揮毫試紙評析結果，顯示本研究研製之月桃手工宣紙，具有優質書畫用紙之特性，可以提供為藝術界高級書畫用紙材之新選擇。

關鍵字：月桃、手工紙、宣紙、墨、書畫用紙

The purpose of this research is to explore the leaf sheaths of *Alpinia zerumbet*, a native plant of perennial evergreen herbs unique to Taiwan, and to develop handmade paper for calligraphy and painting that has both the strength of Main paper and the fine and moist characteristics of Shiuan paper. Through pulping, hand-made papermaking, paper mechanical properties measurement and ink halo test, the comparison of *Alpinia zerumbet* Banyan, Alum-free handmade paper and Alum-free Baijing Washi, Banyan Baijingwashi, Hongxing brand Main material, single Shiuan paper, of 5 kinds of local well-known commercial calligraphy and painting handmade paper, including paper and Qingcheng Shiuan paper; and accelerated aging by dry heat (105°C), high temperature, high humidity (85°C/85%RH), and QUV to evaluate the self-developed Shiuan paper for *Alpinia zerumbet* calligraphy and painting applicability. According to the test results, in terms of flexural strength, *Alpinia zerumbet* semi-alum handmade Shiuan paper is superior to all the commercial paper samples tested, and *Alpinia zerumbet* alum-free handmade paper has better performance in tensile strength and ink halo properties. , the ratio of the vertical and horizontal of the ink halo after *Alpinia zerumbet* half alum to absorb the ink is near 1, which shows that the paper has evenly ink moisturizing; The folding endurance and tensile strength of handmade Shiuan paper are better than those of commercial paper samples; after being aged by high temperature and high humidity, *Alpinia zerumbet* alum-free and half alum handmade Shiuan paper has better folding endurance and wet tensile strength. After testing the water absorption of the paper, the difference between *Alpinia zerumbet* handmade Shiuan paper and commercially available Shiuan paper is comparable. Based on the results of this study, *Alpinia zerumbet* handmade paper has excellent folding resistance, tensile strength, wet tensile strength, water absorption, and uniformity of ink halo, and the stability after accelerated aging is also good. According the well fiber characteristics and evaluated described by experts, the self-developed *Alpinia zerumbet*

hand-made Shiuan paper, is a high-quality paper for calligraphy and painting, and can provide a new choice for high-end calligraphy and painting paper in the art world.

Keywords: *Alpinia zerumbet*, handmade paper, Shiuan paper, ink, calligraphy and painting paper

### 三、 前言

中國古代文房四寶中的墨和紙，是中國傳統書法藝術的主要材料和載體，其中宣紙因具有色澤耐久、吸水能力強、紋理清晰、潤墨性好、不變形性及抗蟲性能等特色，是中國紙的代表種類，宣紙起於唐代，具有淵遠流長的歷史，且因易於保存、經久不脆、不會褪色之特點，宣紙故有「紙壽千年」，被公認為書畫創作的上等紙張（范東雲、李海晟，2013），因此造紙術對於文化發展及人類文明傳承有著重大的貢獻。手工紙本身給人的自然、質樸、親近感是其他物品無法取代的，若是與書畫互相結合、彼此相輔相成，更能夠提高手工紙及書畫本身的藝術價值及文化意義（徐建國等，2016）。

宣紙是承載中國書法、繪畫及許多藝術創作的重要基材，歷代文人之思想精華及藝術大師淋漓盡致不朽之創作，皆需要仰賴宣紙的傳承與發揚光大，但宣紙極易受到外界影響而逐漸劣化，像是光線、溫度、溼度等因子，再加上創作時使用的墨汁、顏料，以及裱褙時膠水內所含之明礬等，這些將促使作品加速劣化，而劣化的程度會依據紙張的成分有所不同，因此如何減緩紙張的劣化速度，及延長其保存與提高其耐久性，為各國所重視（Oye,1988）。

現代化工業生產對於傳統手工造紙業產生了巨大衝擊，工業革命後，以機器取代人力也成為各個產業的目標，且因傳統手工造紙費時費力、人力成本高，抄紙師傅也需要經驗的累積與培育，再加上生產材料價格的上漲，有些地區的手工

紙廠為了降低生產成本，因此可能選擇降低原料的品質，或是添加工業造紙的廢料，造成抄造出的手工紙質量下降，導致手工紙品質不一（金江蓮，2015）。

因此考慮到紙廠生產的需求，以及如何在紙張品質與經濟利益之間取得平衡，紙廠通常選擇纖維長且容易處理的植物來製漿，隨著時代的變遷及科技的發展，手工紙除了在技術進行改良與革新外，更為了進一步提升手工紙的特色、質感，因此目前有許多選用在地材料—本土植物纖維，來作為製作具特色的手工紙，依此生產的紙張性質也會因人、因地、因時而有所差異（陳佳琦、徐建國等，2021）。

本研究以臺灣原生植物月桃 (*Alpinia zerumbet*) 作為製作書畫用紙的主要原料，對於臺灣各族群，包括平埔南島各族群原住民、臺、閩、客族群來說，月桃都是重要的民族植物，也因為月桃性喜高溫潮濕環境，所以在庭院、田野，甚至是路旁草叢都可以見其蹤跡，而不同族群皆有不同的稱呼方式，但它多樣的使用方式也成為各個民族之間的記憶（陳科廷、董景生，2018），像是以月桃葉包裹糯米，製作成特色食物的月桃粽，或是使用曬乾後的月桃根莖及果實製成可健脾暖胃、舒緩身體不適的治病良藥，因此將民俗植物—月桃融入宣紙中，進而製作成的創新書法用紙，除了能展現具有本地植物的質地、特色，更希望能提供書法家有一種全新的體驗。



#### 四、 研究動機與目的

隨著科技的進步及生活水準的提升，各種產業更加發達，用紙量需求也隨之增加，且紙的種類、規格、品質要求也愈發嚴格，本研究針對文化用紙進行探討，文化用紙包含書籍、影印紙、報紙、畫紙等等，與文化息息相關，承載著歷史的脈絡和文化的軌跡（張豐吉，2006）。

蔡倫發明造紙術已有一千九百多年的歷史，從前使用樹皮、破布等作為造紙之原料，如今各地以在地特色做為發想，研製出各式各樣用途、種類等手工紙，手工紙具有紋理、親近感、樸實是一般機器紙無法比擬的。如今時代的趨勢，機器紙生產速度較快，手工紙又因人力工時的成本高漲，手工紙產業正急遽萎縮，但是手工紙所傳遞的溫度正是目前我們所重視的，除了能夠因應人們的需求改變紙張的特性外，製漿造紙的過程比機械製漿來的溫和，加上此過程纖維原料破壞較少、纖維較長，因此手工紙之壽命相較於機器紙長，這也就是前人給予手工紙「紙壽千年」之美譽（陳佳琦、徐建國，2015）。

從古至今，中國書法一脈相承，正所謂「晉人尚韻，唐人尚法，宋人尚意，元明尚態。」不同朝代依附著時代的變遷、風土民情的轉變，進而衍生不同書畫方式，結合自我的人格特色，創造出屬於自己和當代的韻味，在這淵遠流長的歷史洪流中，青史留名，萬古流芳（張春發，2008）。本研究利用臺灣本土植物一月桃，結合雁皮、長纖與短纖等常用紙張纖維，研製兼具書法與繪畫特點之宣紙，創造在地植物的利用價值。

## 五、 文獻探討

### (一) 宣紙歷史及原料

宣紙是傳承歷史之美的文化瑰寶，最早的歷史可以追溯到唐代，而在宋代時，造紙業愈發昌盛，在宣州一代所製作的紙張更是為當時大家所嚮往，因此便以府治宣城為名，故稱「宣紙」。宣紙以輕、薄、韌，且用於書法或繪畫上，其效果具墨分五色、墨濃不滯、墨淡不薄、擴散均勻、層次清晰、耐老化、黃化程度低、柔軟耐久，是其他書畫用紙所望塵莫及，也是最佳的傳統文化代表（趙代勝等，2014）。

在宣紙製作時選用的材料與涇縣的地理位置有十分密切的關係，因為青檀為當地主要樹種之一，因此青檀樹皮成為了宣紙的主要原料，後人更認為宣紙具有如此良好之特性，關鍵就在於青檀樹皮，而當地又種植水稻，水稻便也成為了原料之一。

宣紙由青檀皮紙漿（長纖維）和種植在沙田裡的稻草（短纖維）所組成，前者屬於韌皮纖維中的木本植物，是其中較為纖細、柔軟的纖維，是造紙的良好材料，後者屬於韌皮纖維中的草本纖維，纖維韌性極強，而且不易腐爛，但若添加過多稻草漿，會使紙質變硬、吸墨性變差，因此添加比例還是以青檀皮為主。青檀皮纖維決定宣紙的韌性和拉力，稻草稈纖維則決定宣紙的層次性和填充作用，兩者融合在一起使紙呈現十分獨特的吸墨性及墨暈性（趙代勝，2014）。

### (二) 宣紙分類

宣紙有許多分類方式，主要依照原料配比和墨跡擴散性能進行分類最為常見，但若要進行細分，可以再細分為加工方法、紙張規格、簾紋與厚薄等（王陽，2018）。

### 1. 原料配比分類

宣紙是由青檀皮和沙田稻草兩種原料製作而成，依照兩者配比的不同可分為特淨、淨皮和棉料三大種類，特淨皮裡的青檀皮紙漿所佔比例約為 85-95%，適合繪製潑墨山水畫，更能輕易表現出墨暈的層次及效果、耐久性能佳、可收藏且不易經蟲蛀而毀損、可反覆著墨、使墨色飽滿圓潤、適用性十分良好，也因青檀皮含量高，製作成的宣紙強度性能越好，但是紙張的柔軟度及平滑度都會有所下降，所以並不是青檀皮添加越多越好（王陽，2018）。

淨皮中的青檀皮紙漿所佔比例約為 60-85%，適宜書寫及繪畫，繪畫方面可描摹花鳥及人物，暈染程度較特淨皮低，但仍有外圍墨暈（王陽，2018）。

棉料中的青檀皮紙漿佔比較低，約佔比例為 40-60%，主要因宣紙輕薄柔軟、適合裝裱書畫、線裝書印刷，或製作加工紙，因此皮料含量不高，但是使用範圍還是十分廣泛（王陽，2018）。

### 2. 墨跡擴散性能分類

以墨跡擴散性能可將宣紙分為生宣、半熟宣及熟宣三種。

生宣是指未添加明礬製作而成的宣紙，表面的觸感較為粗糙，紙張的白度較高，也擁有較佳的柔軟度，因生宣只含有原漿料，纖維結構中具有較多孔隙的特

點，所以生宣對於墨汁的吸收性較佳，但凡落筆處皆能留墨，當文人在同一處進行描摹時，墨韻及層次的變化便可疊加，因此使用生宣需好好掌握墨汁的濃淡程度，使用淡墨水書寫時，墨汁容易滲入、化開，暈染效果極佳、渲染速度快，而使用濃墨水書寫時，便可輕易控制，適合書寫草書、行書等運比較快速的字體，或是用於繪畫手法中的潑墨畫、積墨法及寫意繪畫等，書寫楷書、隸書及篆書等速度較緩慢的字體則需要掌握水分。生宣種類有夾貢、玉版、淨皮、單宣、棉連等（王陽，2018）。

半熟宣是指添加二分到七分明礬製作而成的宣紙，由生宣加工而成，其利用豆漿汁或糯米湯混合少許明礬後浸透生宣，至於陰暗處乾燥而成。紙張性能介於生宣及熟宣之間，其吸水力、暈染效果適中，適合初學者、書法或繪畫，「玉版宣」即屬於此類（王陽，2018）。

熟宣是以生宣為基礎進一步加工的產品，在製作時添加或刷塗上明礬，是全礬的宣紙，故紙張質地較生宣來的更為硬挺，且吸水性能不佳，繪畫著墨時墨水不會暈染，此特點可使熟宣用於繪製工筆畫、書寫楷書或抄經寫小字，而非水墨寫意畫，且因其吸墨後之濕潤強度佳、紙張不易破損，所以可在同一處多次下筆。如經久藏則可能出現「漏礬」或脆裂等現象。此外，熟宣可以進行再加工，使紙張充滿不同的花紋、顏色及版面格式，像是珊瑚、雲母箋、冷金、灑金、蠟生金花羅紋及桃紅虎皮等，皆是由熟宣再進行加工製成的花色紙（王陽，2018）。

## 六、 研究方法

### (一) 試驗流程

參照本研究室先前研製月桃紙漿，並與南投福隆造紙廠黃國權董事長討論，決定月桃書畫用紙之配比，其中雁皮、短纖、長纖紙漿原料，和濕強劑 (PAE) 及上膠劑 (AKD) 皆由該公司提供。選取市售基重 40-50 g/m<sup>2</sup> 之書畫用紙，與本研究抄造 45 g/m<sup>2</sup> 基重的書畫用手抄紙，進行實驗測試及專家評比。

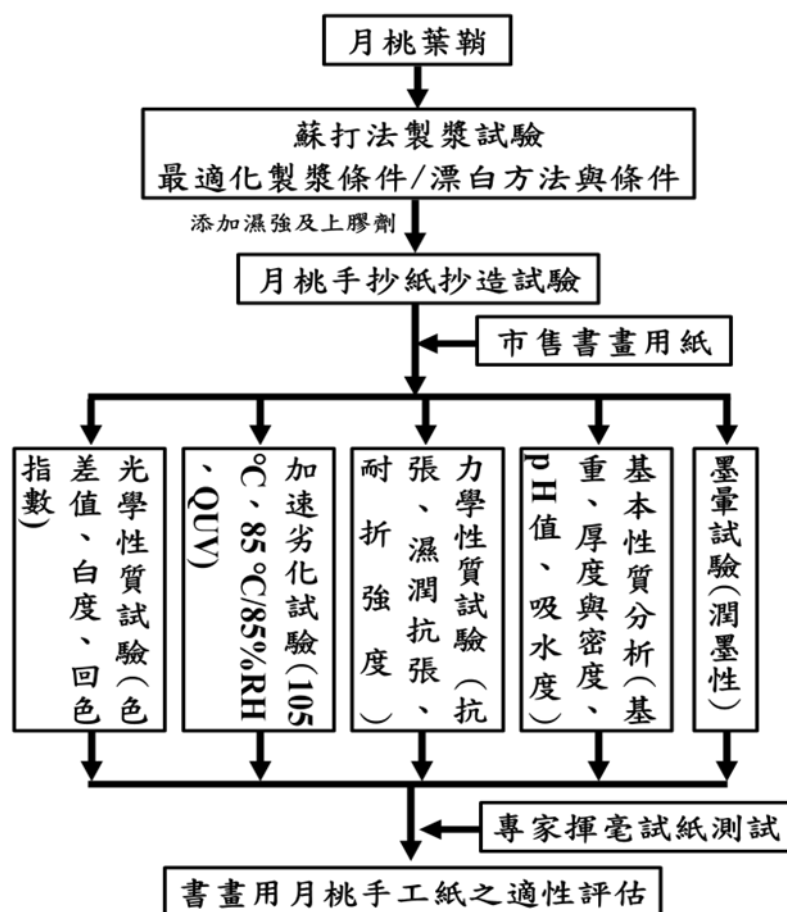


圖 1 本試驗之流程圖

## (二) 試驗材料

### 1. 月桃葉鞘

本試驗之月桃圓形手抄紙之原料，採集自國立嘉義大學蘭潭校區 2-3 年生之月桃 (*Alpinia zerumbet*)，取其葉鞘部位，經壓榨機去除水分後，裁剪成約 10 cm 長，並封入夾鏈袋冷藏保存，以進行製漿之用；與南投福隆造紙廠合作生產之大量月桃書畫用紙，月桃葉鞘原料則是由月桃故事館所提供，經由壓榨機處理後進入製漿流程。



圖 2 月桃植株

### 2. 月桃圓形手抄紙原料

本研究與福隆造紙廠合作製作之月桃圓形手抄紙，原料配方係改良紙廠手工紙配比調整而成，採用月桃 (*Alpinia zerumbet*)、長纖 (NBKP)、雁皮

(*Wikstroemia sikokiana*)、短纖 (LBKP)等四種漿料，並添加濕強劑 (PAE) 及上膠劑 (AKD)，依表 1 之配比混合抄製。

表 1 月桃圓形手抄紙之原料

配料		來源
紙漿	月桃	本研究製漿試驗
	長纖	
	雁皮	購自福隆棉紙廠
	短纖	
填加劑	濕強劑 (PAE)	福隆棉紙廠提供
	上膠劑 (AKD)	

### 3. 市售手工紙及墨汁

本試驗除與福隆棉紙廠合作製作月桃纖無礬宣紙與月桃纖半礬宣紙外，令選取市面上常見之書畫用紙進行評比，如無礬厚白京和紙、半礬厚白京和紙、紅星牌棉料單宣、棉紙及清澄宣。墨汁則選用市占率大的市售吳竹墨滴，以進行墨暈試驗。

### (三) 試驗儀器

- 1.四效式蒸解釜 (連勝工業，型號 F3.91)。
- 2.平篩機 (連勝工業，型號 302)。
- 3.散漿機 (連勝工業，型號 303)。
- 4.游離度試驗機 (連勝工業，型號 305-TA2516)。

- 5.圓形手抄紙機 (連勝工業，型號 306)。
- 6.手抄紙壓榨機 (連勝股份有限公司，型號 9000)。
- 7.錶盤厚度儀 (TECLOCK, SM-112)。
- 8.抗張強度試驗機 (Hitachi, M1219P)。
- 9.耐折強度試驗機 (Hitachi, M1066E)。
- 10.色差儀 (KONICA MINOLTA, CR-300)。
- 11.白度計 (Tokyo Denshoku Reflectometer, TC-6D)。
- 12.QUV 紫外光耐候試驗機 (Q-Lab, LU-0801、燈管型號：UVB-313nm)。
- 13.光學顯微鏡 (Leica, DM750)。
- 14.掃描式電子顯微鏡 (SEM) (ProX, Pheom)

#### (四) 試驗方法

##### 1.月桃葉鞘之蘇打法製漿

使用四效式蒸解釜以蘇打法 (Soda process，簡稱 AP)將月桃葉鞘進行製漿試驗，製漿條件為表 1 (陳盈君，2020)，蒸煮完成後，將蒸解罐放置冷卻，且等待壓力計歸零時，方可倒入洗衣袋中，以水沖洗搓揉後，使用平篩機進行篩選，可通過的部分為後續抄紙用之紙漿，接著放入脫水機脫水，此即為月桃漿料。



表 2 月桃葉鞘以蘇打法製漿之蒸解條件 (陳盈君，2020)

用藥量 (%)	NaOH* : 22
液比	6 : 1
升溫時間 (min)	40
最高溫度 (°C)	150
保持時間 (min)	180
抄紙基底之漂白濃度 (%)	4

\*蒽醌：0.01%，為蒸煮助劑，提升紙漿收率、強度、脫木質素作用；漂白步驟：將紙漿以濕式散漿機散漿後，將水和次氯酸鈉皆裝進夾鏈袋混合，並置於 40°C 的水浴鍋浸泡搓揉，待 30 min 後倒出且以清水沖洗掉次氯酸鈉，即為漂白完成。

## 2. 手工紙抄造

### (1) 打漿

以 CNS12495 標準為基礎，量取 10,000 mL 的水及秤取漂白完成之月桃漿料絕乾 157 g，添加至荷蘭式打漿機中，在槓桿懸臂上添加荷重，以荷蘭式打漿機內部和底部之刀片將紙將進行分散，待纖維離散完成後，以進行後續的游離度試驗。

### (2) 游離度

根據 CNS11211 標準：紙漿游離度試驗法 (加拿大標準游離度法)，每間隔一段時間，取出 190 mL 之打漿試樣，添加水將其稀釋至 1,000 mL，測定並記錄游離度變化，待測得之游離度降至  $400 \pm 10$  mL/C.S.F 時，即可將漿料取出，作為後續抄紙之原料。

### (3) 抄紙

參照 CNS11212 標準：物理試驗用手抄紙抄造法，將紙漿加水稀釋至 2,000 mL，並使用標準離散機 (Standard disintegrator) 將漿料分散均勻，經 10 min 後即可使用標準手抄紙機 (sheet machine) 抄製與本試驗的市售相近、基重為 45 g/m<sup>2</sup> 之圓形手抄紙。

### 3. 紙樣之基本性質試驗

#### (1) 基重

按照 CNS1352 標準：紙及紙板基重試驗法，即單位面積紙及紙板之質量，以 g/m<sup>2</sup> 表示，將紙樣裁切至適當之尺寸，並利用電子天平逐一測量其重量，以下列算式計算試樣平均之基重。

$$\text{基重 (g/m}^2\text{)} = \frac{10,000 \times W}{n \times y \times z}$$

式中，W：n 張試樣之總質量 (g)

n：試樣之張數

y：試樣之長度 (cm)

z：試樣之寬度 (cm)

#### (2) 厚度及密度

依照 CNS3685 標準：紙及紙板厚度及密度試驗法，紙張之單張厚度 (single sheet thickness) 為一定壓力下，以錶盤厚度儀，量測紙或紙板兩平行面之數值。

密度即為紙張單位容積量，利用以下公式進行計算。

$$\text{紙張密度 (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{基重 (g/m}^2\text{)}}{\text{厚度 (mm)} \times 1,000}$$

### (3) pH 值 (酸鹼值)

依照 CNS15444 標準：紙漿、紙及紙板水溶性萃取液酸鹼度試驗法 (冷水萃取法)，秤取  $2 \pm 0.1$  g 之氣乾試樣，添加 100 mL 蒸餾水或去離子水至含有試樣之燒杯中，所有試樣皆須浸潤，放置 1 h 期間須至少晃動燒杯一次，將過濾後之溶液加入 2 mL KCl 溶液，以進行後續測定之工作。

### (4) 吸水度

將紙樣按照 CNS1351 標準：紙、紙板及紙漿一樣本之調製與試驗之標準狀態，再依據 CNS11291 標準：手抄紙物理性質試驗法裁切紙樣之尺寸，取得試樣為  $15 \times 150$  mm 後，參考葉仁正 (2006) 之文獻，先將試樣之吸水端浸入水面下 10 mm，進行本次紙樣之纖維毛細吸液高度的測定，待量測之紙樣浸潤 10 min 後，迅速於試樣上畫下記號，以便後續量測紙樣之吸水高度。

## 4. 紙樣之力學性質試驗

依據 CNS1351 標準：紙、紙板及紙漿一樣本之調製與試驗之標準狀態，本紙張力學性質試驗皆以上述規範參照調製，後續按照 CNS11291 標準：手抄紙物理性質試驗法，裁切尺寸為  $15 \times 150$  mm 之紙樣，接著進行下列試驗。

### (1) 抗張強度試驗

根據 CNS12607 標準：紙及紙板抗張性質試驗法 (恆速伸長法)，設定本試驗兩鉗頭之起始跨距為  $(180 \pm 1)$  mm，且兩鉗頭引張速率為  $(20 \pm 5)$  mm/min，若單一試片斷裂時間超過 30 sec，須加快引張速率，使試驗在 15-30 sec 之間完成，

並記錄所用之引張速率。調整試樣並以鉗頭夾緊上端，將鬆弛部分端正後夾緊下端鉗頭，待試驗結束後，記錄標尺上之斷裂力 (kgf)，並以下列公式計算其抗張強度 (kN/m)。

$$\text{抗張強度 (kN/m)} = 9.81 \times \frac{\text{斷裂力 (kgf)}}{\text{試樣寬度 (mm)}}$$

$$\text{抗張指數 (N·m/g)} = 1000 \times \frac{\text{抗張強度 (kN/m)}}{\text{氣乾基重 (g/m}^2\text{)}}$$

## (2) 濕潤抗張強度試驗

依照 CNS5177 標準：紙及紙板濕潤抗張強度試驗法進行試驗，將本次紙樣放入  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  之蒸餾水，使其濕潤飽和後取出，置於吸水紙上，上面再以一張吸水紙覆蓋，用手輕壓以去除過剩之水分，接著迅速依 CNS12607 之標準進行抗張強度之測定，並計算其數值。

## (3) 耐折強度試驗

按照 CNS10378 標準：紙及紙板耐折強度試驗法 (MIT 試驗機) 規範，將耐折度試驗機的曲折裝置之鉗頭調整至垂直，並對柱塞施以耐折試驗所需之張力荷重 (1kgf，必要時可於 0.5-1.5 kgf 之範圍內調整)，鎖緊柱塞張力固定其螺栓，將本次試驗之紙張上端放入荷重夾具內夾緊，下端則將試樣拉緊後，放入曲折裝置的鉗頭夾緊，接著放鬆柱塞張力固定的螺絲。將計數器歸零後，按下試驗機電源，使曲折裝置開始來回振盪擺動 (全周期為  $135^\circ$ )，待試樣折斷後，即可讀取計數器之數值，即為耐折強度。

## 5.紙樣之光學性質試驗

### (1) 色差值

根據 CNS10136 標準：不透明材料色差表示方法，使用色差儀進行測定，紙樣因加速劣化而產生顏色上之差異，色差儀之色彩參數 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 可明確區分色彩變化之程度，並以下列算公式計算色差值 ( $\Delta E^*$ )，每一試樣皆測定三點。

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

式中，

$\Delta E^*$ ：色差值

$L^*$ ：為明度值，正值趨往白色，負值趨往黑色。

$a^*$ ：為紅綠色值，正值趨往紅色，負值趨往綠色。

$b^*$ ：為黃藍色值，正值趨往黃色，負值趨往藍色。

2：為劣化後數值。

1：為劣化前數值。

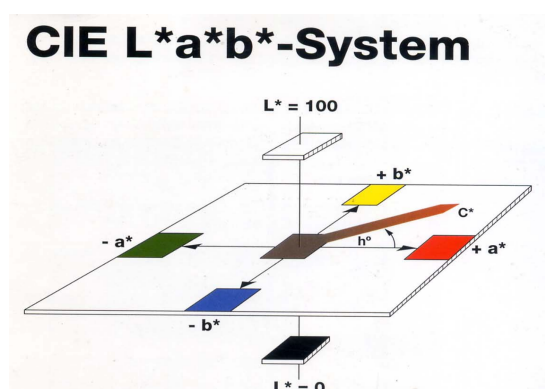


圖 3 CIELAB 色彩空間示意圖

## (2) 白度

根據 CNS1466 標準：紙漿、紙及紙板白度試驗法（方向性 457 nm 反射率法），紙樣經加速劣化產生白度之變化，使用 45°/0°定向藍光白度儀，以方向性反射率法量測紙漿、紙及紙板試樣在 457 nm 波長之白度試驗法，每一試樣皆測定 3 點，並記錄之數值。

## (3) 回色指數 (Post color number, P.C. NO.)

紙漿於高溫、光照或是較潮濕的環境，都可能產生顏色的變化，此稱為回色 (Color reversion)，如何保有紙樣原本之色彩是對於紙漿的重大挑戰。紙張之回色 (或稱返黃、變黃) 可成為判斷劣化程度之最明顯分級；前人使用 Gierz 氏，此以 Kubelka-Munk 氏之理論為基礎推導出 P.C. No.(Post Color Number)，以下列公式進行運算，得出之數值越小表示劣化的回色程度較輕，反之則嚴重 (張豐吉，1984；林郁卉，1988)。

$$P.C.No. = 100 \left[ \left( \frac{K}{S} \right)_2 - \left( \frac{K}{S} \right)_1 \right]$$

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_\infty)^2}{2R_\infty}$$

$R_\infty$  = 於 457 nm 時紙張之反射率

K = 吸收係數；S = 散射係數

## 6. 紙樣之墨暈試驗

本試驗擬呈現書法家使用墨汁揮毫時，可能因為墨汁的不同、紙樣的不同或毛筆的不同，而有不同的書畫呈現方式，及墨汁暈染的不同。

## (1) 潤墨性

本試驗以 CNS1351 標準：紙、紙板及紙漿—樣本之調製與試驗之標準狀態，製作紙樣後，取用市售吳竹墨滴，將墨汁分別稀釋為 100、20、5 及 1%(墨之固形分分別為 11.86、2.50、0.58、0.10%)，使用定量吸管取 50  $\mu$ L 之墨水，且於 1 mm 高度滴落墨汁於紙樣，進而觀察並記錄墨汁的擴散及濕潤情況，以此步驟對各種紙樣進行試驗 (Wu, 2016)。

## 7. 紙樣之加速劣化試驗

依照 CNS1351 標準：紙、紙板及紙漿—樣本之調製與試驗之標準狀態，製作紙樣後，將紙樣繪製 3 個量測點，在進行劣化前分別以白度計和色差計進行量測，將試樣分別放置於 105°C 之烘箱中、85°C/85%RH 之恆溫恆濕機中，及使用 UVB-313 nm 紫外燈管之 QUV 加速劣化試驗機內，設定溫度為 45°C，以上三種劣化條件皆進行 72 h 之試驗 (許湘澄，2018)。

## 8. 紙樣之纖維型態之觀察

### (1) 掃描式電子顯微鏡 (SEM) 觀察

掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, SEM) 是透過偵測器聚焦電子束 (Electron Beam)，掃描試樣的表面，使表面產生電子訊號，進而產生樣品表面放大的影像，本試驗將各紙樣裁切成符合 SEM 觀察之載台大小，接著放入鍍金操作台進行鍍金，完成後進行後續的觀察步驟。

## 9.書畫專家試墨

由於紙樣中含有不同原料及填料，接觸相同濃度的墨汁仍會有不同差異，不論是紙張接觸墨汁後，產生與原墨色不同之墨暈，或是因吸水程度的不同，而導致墨暈擴散的大小有所不同。本試驗敦請水墨抽象畫家劉輝雄博士、書法專家陳政見教授、水墨山水大師林清鏡教授及水墨國畫老師蕭惠禎老師進行試墨揮毫，透過四位老師運筆的感受，分別給予紙樣的評語參考，為月桃宣紙提供改良方向。



## 七、 結果與討論

### (I) 紙樣之基本性質試驗

#### 1.基重、厚度及密度

本研究紙樣之基本性質，其中包含基重、厚度、密度、pH 值及吸水度等，這些基本性質與書畫時之運筆及墨暈相關。由表 3 得知，本次試驗的市售書畫用紙樣之基重大多數約為 40.3 – 50.1 g/m<sup>2</sup>，故本研究所抄製的圓形紙及手工紙設定之基重約在 45.0 g/m<sup>2</sup> 左右。

下表為各種紙樣之厚度，除紅星牌的棉料單宣較薄外，其他差異並不大，因此若是基重較高，紙樣的密度便會提高，高密度可使書法家筆下的墨水不容易暈染，進而成為不同繪畫特色，因本試驗所抄製之圓形紙製作方法較方形紙不同，因此紙張的基重雖相仿，但是厚度與密度仍與方形紙之間有較大差異。

表 3 試驗用紙樣之基本性質分析

	紙樣	基重(g/m <sup>2</sup> )	厚度(mm)	密度(g/m <sup>3</sup> )
圓形紙	月桃無礬	45.2(0.14)	0.07(0.001)	0.65(0.01)
	月桃半礬	45.2(0.14)	0.08(0.002)	0.60(0.02)
市售	無礬白京和紙	48.9(0.41)	0.12(0.004)	0.40(0.01)
	半礬白京和紙	40.3(1.36)	0.11(0.007)	0.36(0.03)
	紅星牌 棉料單宣	23.7(0.57)	0.08(0.005)	0.29(0.03)
	棉紙	46.5(0.98)	0.13(0.006)	0.36(0.02)
	清澄宣	50.1(1.08)	0.13(0.005)	0.40(0.02)
方形紙	月桃無礬宣紙	45.2(1.81)	0.13(0.004)	0.34(0.01)
	月桃半礬宣紙	43.2(2.69)	0.13(0.010)	0.34(0.02)

註：( )括號內之數值為標準差

無礬、半礬白京和紙：雁皮、長纖、短纖及修邊紙漿

棉紙：雁皮、長纖、修邊紙漿及模造紙漿

清澄宣：雁皮、長纖、短纖、修邊紙漿、模造紙漿及竹漿

月桃無礬宣紙：雁皮 25%、月桃 35%、短纖 5%、長纖 35%及濕強劑 1.01%

月桃半礬宣紙：雁皮 25%、月桃 35%、短纖 5%、長纖 35%、濕強劑 1.01%  
及上膠劑 0.32%

濕強劑：聚醯胺環氧氯丙烷 (Polyamide epichlorohydrin resin，縮寫為 PAE)

上膠劑：烷基烯酮二聚體 (Alkyl Ketene Dimer，縮寫為 AKD)

## 2. pH 值 (酸鹼值)

由圖 4 得知，本研究生產之月桃無礬、半礬宣紙的酸鹼值，較諸市售紙樣低，其他市售紙樣未劣化之 pH 值約為 7，且經由乾熱及高溫高濕劣化後，紙張的酸鹼值下降不少，月桃無礬及半礬宣紙也有些微降低，依下降趨勢來看，月桃紙樣較其他紙樣相對的平緩。

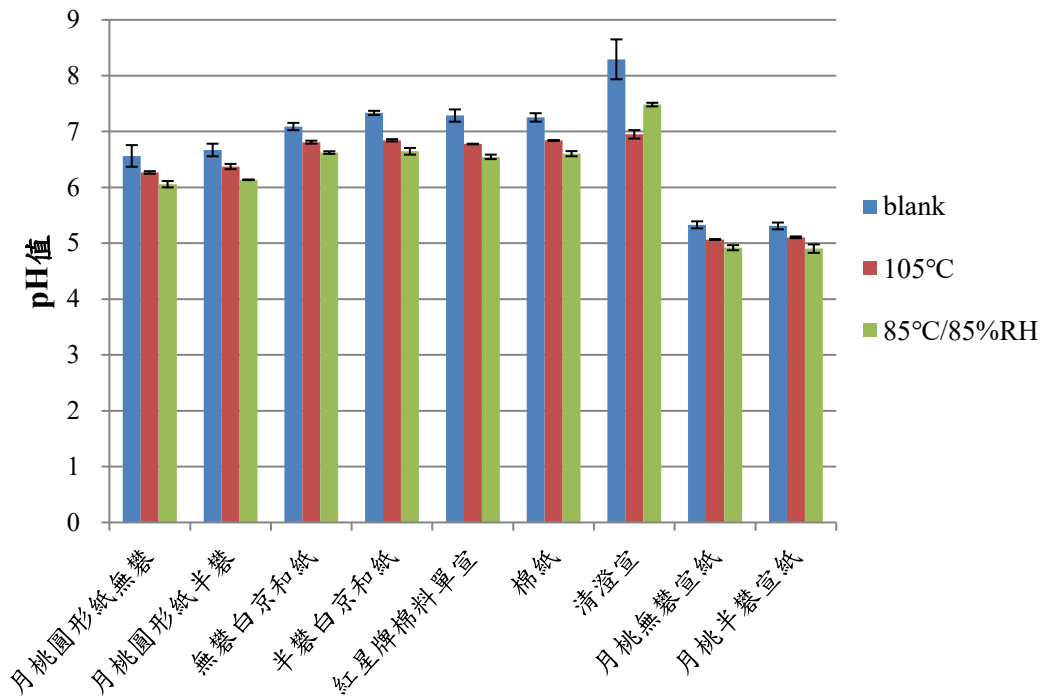


圖 4 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之 pH 值變化

若為提升月桃無礬及半礬宣紙之酸鹼值，可添加碳酸鈣以增加其鹼度，使紙張長久放置下也能維持中性，且不易酸化。碳酸鈣若是適當添加，也能使紙張的柔軟度增加，及增強墨與紙的對比，反之，如果添加過量，則不適合進行書法及繪畫，因為碳酸鈣與墨汁相融，會使墨汁的原色降低，原本黑白分明的書畫會呈現灰色的特殊顏色。

### 3. 吸水度

試驗抄製之月桃宣紙可大致分為無礬及半礬兩種，因添加上膠劑所製成之宣紙較不易暈染，吸水能力也較弱，所以無礬較半礬宣紙的吸水度佳。紅星牌棉料單宣與其他紙樣相比，吸水度是最佳的，推測為此試驗紙樣之密度較低，因此吸水性能較其他密度高的紙樣為佳；實驗室所抄造的月桃圓形紙，吸水性能較其他紙樣差，其原因應為紙張密度較高之緣故。

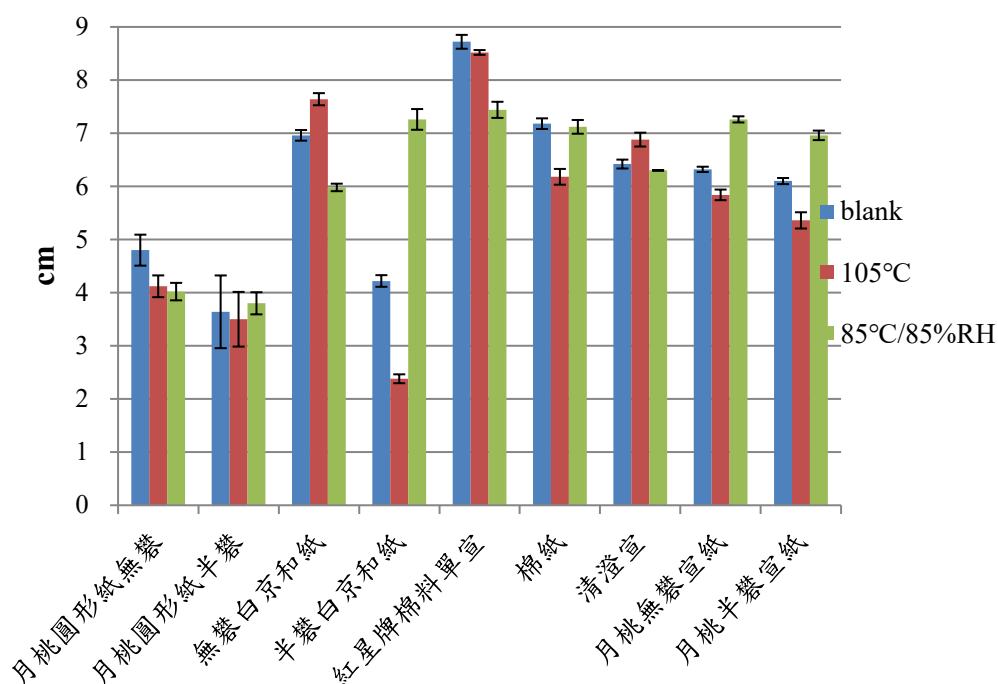


圖 5 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之吸水度變化

## (II) 紙樣之力學性質試驗

### 1. 抗張強度試驗

紙張之抗張強度以抗張指數為單位進行比較，抗張指數經除以紙樣之基重，較為準確。由圖 6 可得知，同為月桃無礬及半礬紙，圓形紙密度較大，因此圓形紙之抗張強度較優於方形月桃宣紙。其他市售紙樣與月桃方形紙相比，可以發現，本研究研發之月桃宣紙的抗張強度，較所有市售紙樣佳，即使經過 105°C 劣化，月桃宣紙的抗張強度依然優於其他市售，顯示出月桃宣紙之力學性質不比市售遜色，更擁有良好的應用潛能，而 105°C 及 85°C/85%RH 兩種劣化條件相比，以 105°C 劣化後紙樣的抗張指數差異較小。

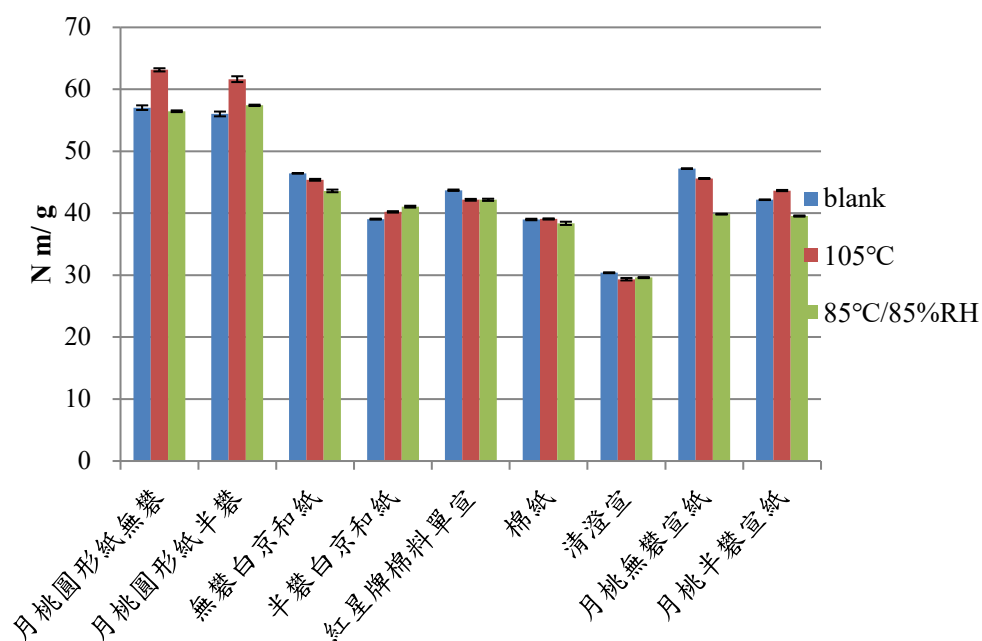


圖 6 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之抗張指數變化

## 2.濕潤抗張強度試驗

紙張之濕潤抗張強度試驗以抗張指數為單位進行比較，抗張指數係除以紙樣之基重，因此較為準確。以月桃圓形紙及方形紙相比較，可以發現月桃圓形紙因基重相同、厚度較薄的關係，所以紙張密度較大，由圖 7 可得知，月桃圓形紙的濕潤抗張指數皆大於方形紙，若將方形紙與其他市售紙樣相比，方形紙雖略遜色市售無礬及半礬白京和紙，然依然與其他市售紙樣為優秀。

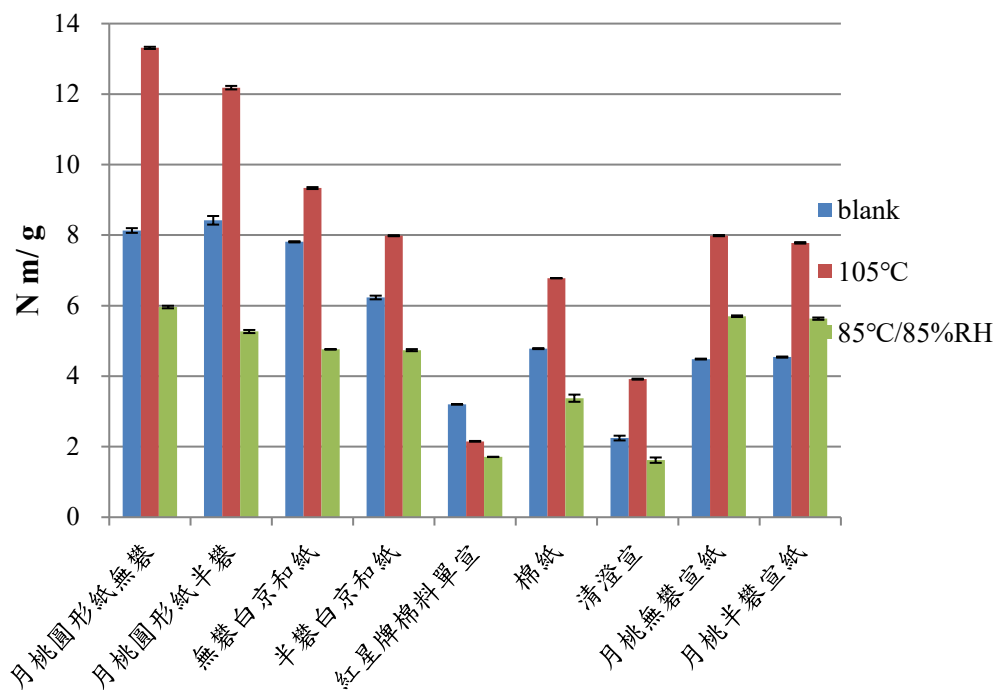


圖 7 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之濕潤抗張指數變化

### 3.耐折強度試驗

本研究九種紙樣之耐折強度如表 4 所示，因圓形紙密度高，其耐折強度遠大於其他紙樣，與其他紙樣相比，以方形的月桃半礬宣紙之耐折強度最佳，經 105°C 及 85°C/85%RH 兩種條件的劣化後，多數紙樣在 85°C/85%RH 的劣化條件下，耐折強度 105°C 的劣化條件者為高。

表 4 試驗紙樣經加速劣化 72 h 後之耐折強度變化

紙樣		耐折 (次/0.5kg)		
		blank	105°C	85°C/85%RH
圓形紙	月桃無礬	583.67(106.50)	481.00(52.77)	493.00(134.73)
	月桃半礬	668.00(117.58)	540.40(87.99)	410.33(90.05)
市售	無礬白京和紙	70.33(8.74)	64.25(11.15)	87.67(9.61)
	半礬白京和紙	31.75(3.30)	31.00(3.92)	32.80(4.49)
	紅星牌 棉料單宣	17.20(2.77)	9.40(1.14)	13.40(2.30)
	棉紙	65.50(8.89)	37.20(6.83)	26.80(3.19)
	清澄宣	29.60(2.88)	20.60(6.54)	27.40(5.94)
方形紙	月桃無礬宣紙	62.75(6.40)	68.33(7.02)	40.25(7.72)
	月桃半礬宣紙	74.75(22.25)	67.75(6.56)	51.75(12.04)

### (III) 紙樣之光學性質試驗

#### 1.色差值

由圖 8 可得知，經 105°C 劣化 72 h 後，市售紙樣之色差值差異不大，唯有清澄宣及無礬白京和紙之色差值較低，顯示其色差穩定性較高，而兩種方形的月桃宣紙之色差較大，分別為 4.09 及 4.07，推測為製漿過程之木質素仍殘留許多，

為改善色差值的變化，可著重於製漿條件的更改，亦可能因手工紙工廠製漿，木質素殘留量較之實驗室為多之故。

經 85°C/85%RH 劣化後 72 h，市售紙樣之色差值相差不大，以紅星牌棉料單宣最低為 4.07，月桃圓形及方形紙之色差變化最大，顯示月桃宣紙在高溫高濕環境中之色差穩定性較差，且在月桃方形紙的表面上，可清楚看見月桃的葉鞘纖維，在工廠製漿方面，可列為改善之重點。

經 QUV 劣化 72 h 後，紅星牌棉料單宣之色差值僅呈現些微變化為 1.73，顯示紅星牌棉料單宣在三種劣化中，具有最佳之顏色穩定性，而月桃圓形紙及方形紙和其他市售紙樣相比，其色差值差異在伯仲之間，然色差值偏高，已達可感色差及明顯色差之等級。

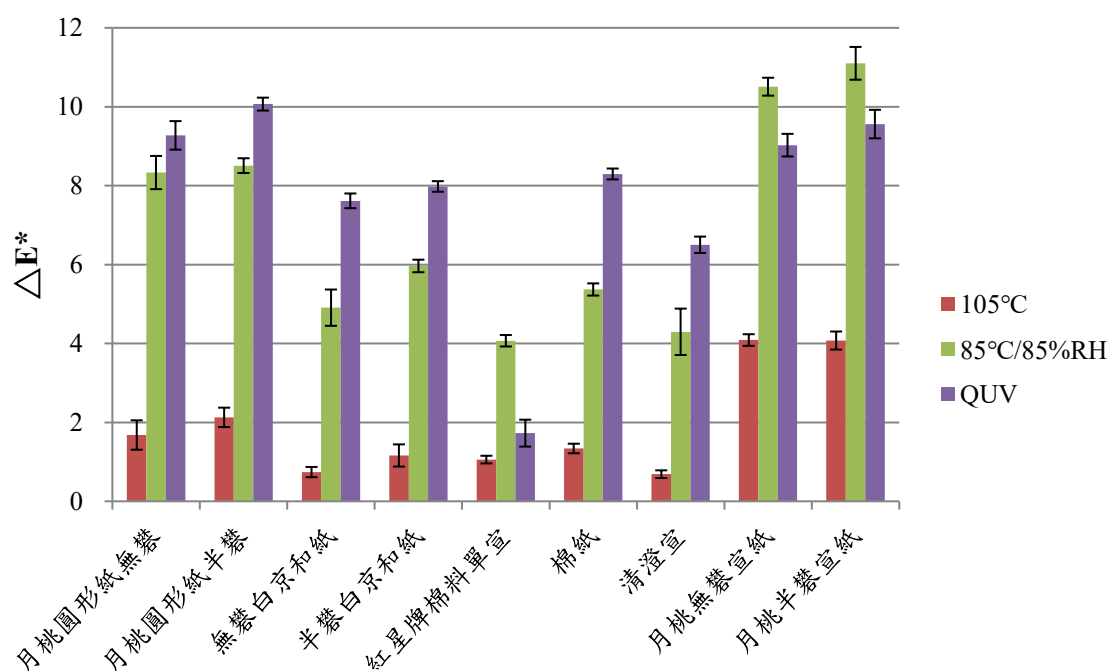


圖 8 試驗紙樣經 72 h 劣化後之色差



## 2.白度

經 105°C 加速劣化 72 h 後，市售書畫用紙之白度呈現相同趨勢略為下降，如圖 1 所示，尤其以清澄宣之白度下降最小，顯示紙樣在高溫環境下較具白度穩定性，而月桃圓形紙及方形紙之白度，相較於五種市售書畫用紙之差異較大。

經 85°C/85%RH 劣化 72 h 後，五種市售書畫用紙之白度下降趨勢相似，其中以紅星牌棉料單宣之白度差異最小，兩種月桃宣紙白度差異較大，其中以月桃方形紙之差異更大。

經 QUV 劣化 72 h 後，所有紙樣之白度差異相似，又以月桃半礬宣紙之差異較大，而紅星牌棉料單宣則有返白之趨勢，其白度甚至比未劣化高。

綜合上述，推測工廠所生產之月桃無礬及半礬宣，因製漿方式與實驗室相比較難精準掌控，可能導致木質素留存較多，因此月桃方形紙較圓形紙之白度差異大、紙樣偏黃偏暗。

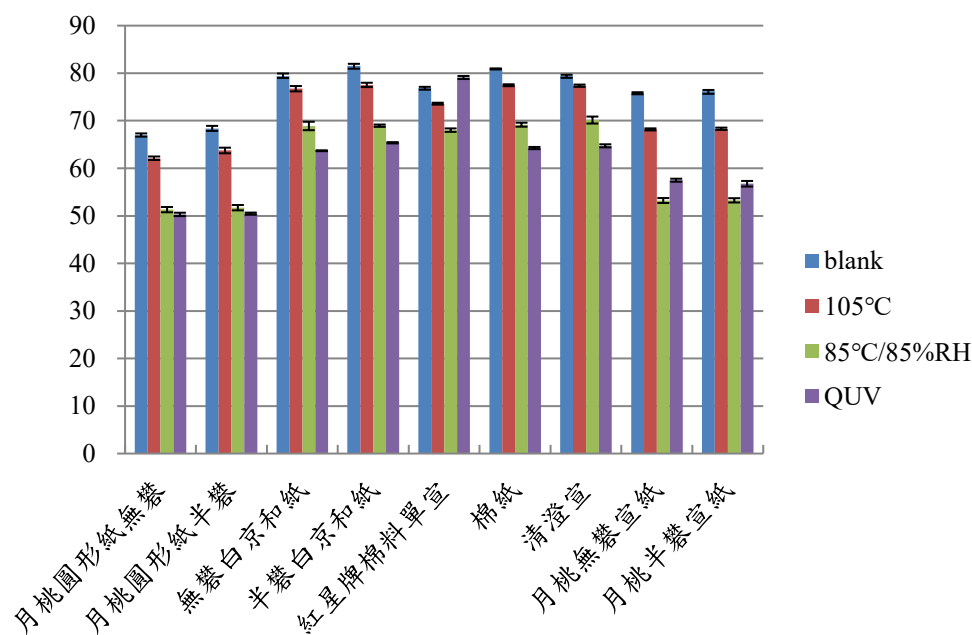


圖 9 試驗紙樣經 72 h 劣化後之白度

### 3.回色指數 (Post color number, P.C.No.)

根據圖 9 之白度，可進行回色指數的推導，於圖 10 中可見，月桃圓形紙的回色指數相較方形紙優良，市售紙樣間差異並不大，唯有紅星牌棉料單宣的回色指數呈現較低的數值。在三種劣化條件相比之下，大多數紙樣的 QUV 照光後之數值都較 85°C/85%RH 及 105°C 為大，即是更朝向變黃的情況發展，相反的，月桃方形紙及紅星牌棉料單宣則有差異，月桃方形紙以 85°C/85%RH 的回色指數較高，紅星牌棉料單宣於 85°C/85%RH 劣化後，更是出現了負數，表示回色程度越輕、紙張是朝向變白的情況發展。

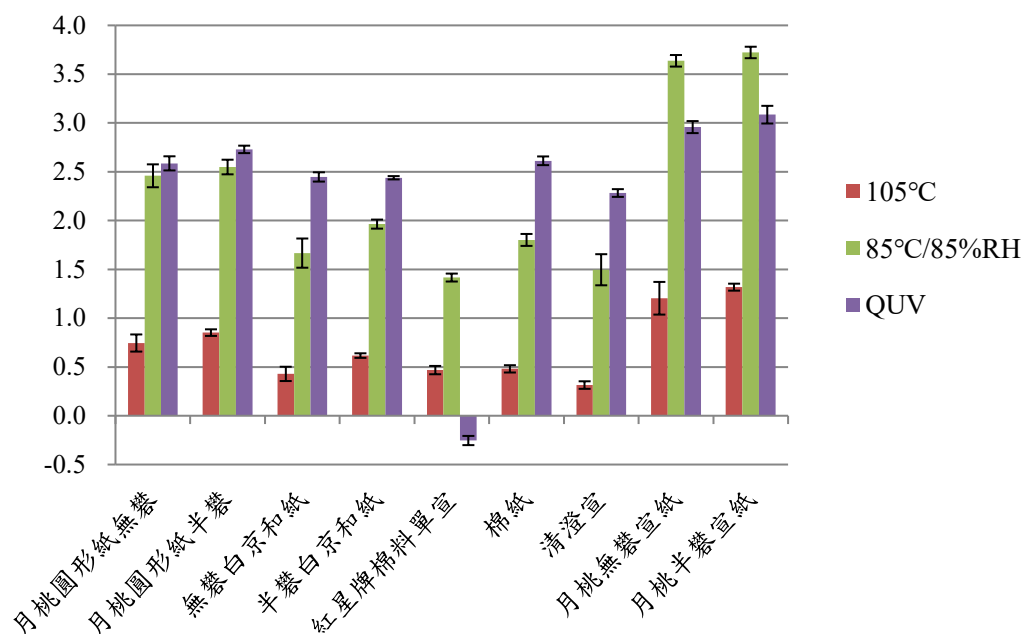


圖 10 試驗紙樣經 72 h 劣化後之回色指數

#### (IV) 紙樣之墨暈試驗



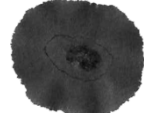
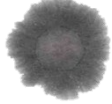



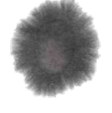




























##### 1. 潤墨性

墨水於宣紙上進行擴散，擴散大小、方向，甚至是形狀都難以預測，宣紙具有極強的吸附性能，墨水的顆粒能在宣紙上形成自然的斑斕色彩，也因手工宣紙的特殊，即可表現焦、濃、淡、枯及濕等五種墨色，與機器紙有截然不同的感受，不論是潑墨、破墨、積墨、水暈和墨跡，皆能體現出宣紙具有獨特無比的紙張墨色韻味 (吳世新，2008)。

表 5 為不同墨汁濃度於各紙樣之擴散圖像，可以發現添加碳酸鈣之清澄宣，墨色相較於其他紙樣來的淡，而於密度較高的圓形紙上，可發現墨色相較其他紙樣黑。

當墨接觸紙面時，隨著書畫者的筆力輕重、墨量多寡和技法的不同，墨汁的滲透程度和擴散作用會變化不一，墨汁於紙張擴散時，此之橫向與縱向的比值若為 1，且距離此比值越接近，表示此紙樣的潤墨性越佳 (劉仁慶、胡玉熹，1985)，於表 6 中可得出，月桃宣紙的潤墨性於濃墨時較為穩定，且在四種濃度中皆可維持 0.9 以上之比值，相較其他市售紙樣來的更趨近於圓形，而圓形紙因密度較高之故，潤墨性較方形紙高，由此可知，月桃宣紙之潤墨性可媲美其他市售紙樣。

表 5 不同墨汁濃度於各紙樣之擴散圖像

紙樣	墨汁固形分 (%)			
	S1	S2	S3	S4
月桃圓形紙 無礬				
月桃圓形紙 半礬				
無礬 白京和紙				
半礬 白京和紙				
紅星牌 棉料單宣				
棉紙				
清澄宣				
月桃 無礬宣紙				
月桃 半礬宣紙				

註：墨汁固形分 S1=11.86%；S2=2.50%；S3=0.58%；S4=0.10%。

表 6 不同墨汁濃度於各紙樣之擴散縱橫向比值

紙樣	墨汁固形分 (%)			
	S1	S2	S3	S4
月桃圓形紙無礬	0.86(0.01)	0.93(0.07)	0.99(0.02)	0.98(0.02)
月桃圓形紙半礬	1.00(0.00)	0.92(0.04)	0.98(0.08)	1.00(0.00)
無礬白京和紙	0.92(0.03)	0.93(0.03)	0.92(0.03)	0.92(0.03)
半礬白京和紙	0.88(0.04)	0.88(0.08)	0.90(0.06)	0.85(0.04)
紅星牌棉料單宣	1.00(0.05)	0.93(0.03)	0.94(0.02)	0.87(0.04)
棉紙	1.00(0.00)	0.93(0.03)	0.89(0.02)	0.86(0.03)
清澄宣	1.09(0.06)	0.93(0.07)	0.90(0.04)	0.86(0.01)
月桃無礬宣紙	0.96(0.08)	0.91(0.05)	0.91(0.01)	0.90(0.05)
月桃半礬宣紙	0.96(0.04)	0.90(0.02)	0.95(0.05)	0.95(0.04)

註：( )括號內之數值為標準差

墨汁固形分 S1=11.86%；S2=2.50%；S3=0.58%；S4=0.10%。

## (V) 紙樣之纖維型態之觀察

### 1. 掃描式電子顯微鏡 (SEM) 觀察

本研究選用市售兩種白京和紙之纖維型態如圖 11 所示，兩種白京和紙皆可觀察到闊葉木纖維、針葉木纖維及纖維較細長之雁皮纖維。

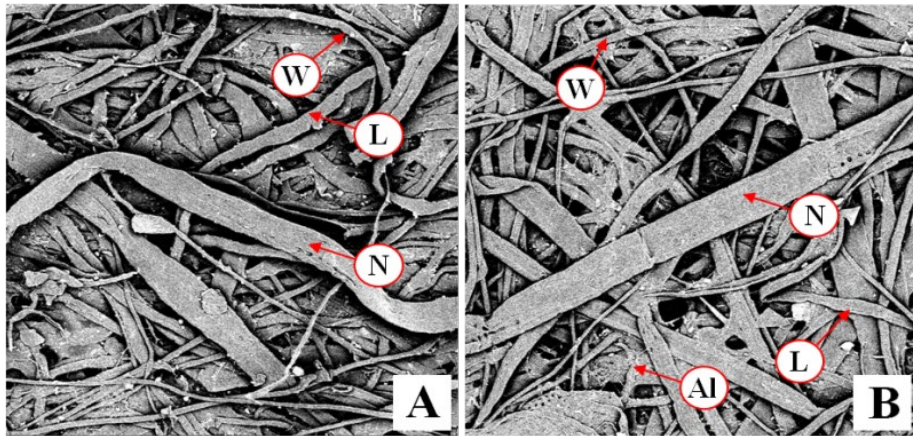


圖 11 兩種市售白京和紙之 SEM 照相 500x (A)無礬 (B)半礬。

W-雁皮纖維；L-闊葉木漿；N-針葉木漿

如圖 12 所示，紅星牌棉料單宣主要由稻草纖維及青檀皮纖維組成，故從圖 12A 中可見稻草之表皮細胞、稻草薄壁細胞及檀皮纖維於其中；棉紙中觀察到雁皮纖維及針葉木纖維；清澄宣除了包含雁皮纖維、闊葉木纖維、針葉木纖維及檀皮纖維外，另存在有大量的碳酸鈣顆粒。



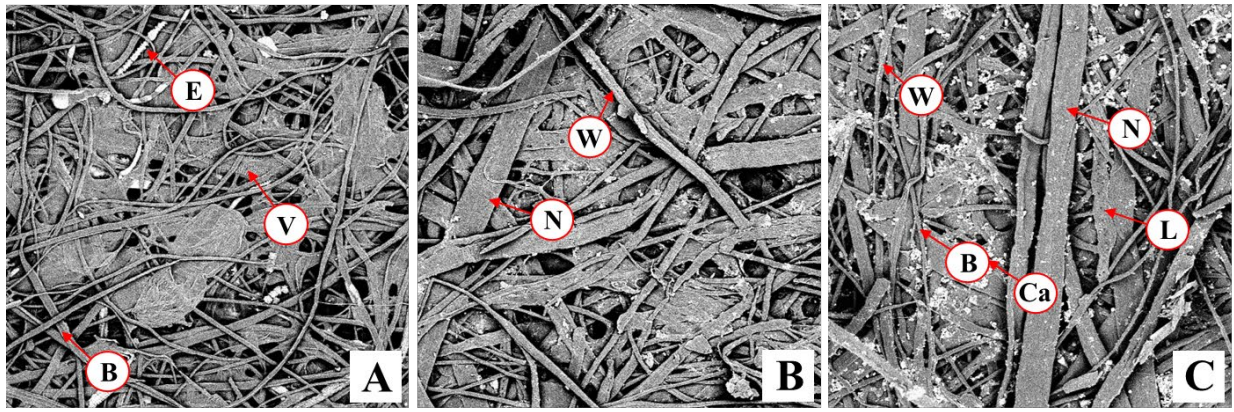


圖 12 三種市售書畫用紙之 SEM 照相 500x (A)紅星牌棉料單宣 (B)棉紙 (C)清澄宣。E-稻草表皮細胞；V-導管；B-檀皮纖維； W-雁皮纖維；L-闊葉木漿；N-針葉木漿；Ca-碳酸鈣

兩種月桃宣紙之纖維型態如圖 13 所示，於月桃宣紙中皆可觀察到月桃葉鞘纖維、雁皮纖維、闊葉木纖維、針葉樹纖維，部分纖維具有壁孔 (pit)，其中月桃半礬宣紙存在膠狀之明礬，如圖 13B。

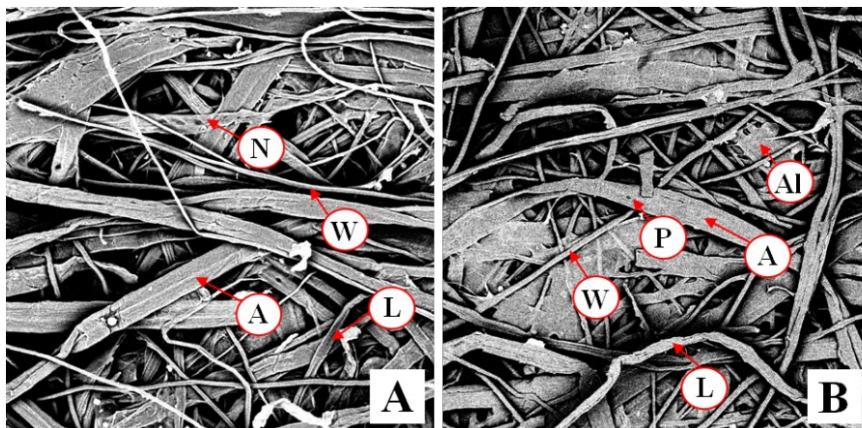


圖 13 兩種月桃宣紙之 SEM 照相 500x (A)無礬 (B)半礬。 A-月桃葉鞘纖維；W-雁皮纖維；L-闊葉木漿；N-針葉木漿；P-壁孔

## (VI) 書畫專家試墨

本研究敦請四位書畫專家進行揮毫評析，第一位係請法國秋季沙龍入選抽象水墨畫家劉輝雄博士進行試墨，藝術家表示月桃無礬宣紙的強韌及墨韻特性，十分適合其畫風，熱愛揮毫抽象畫風的劉博士，經常遇到畫紙禁不起毛筆用力的刷塗，繪畫抽象畫時需要於毛筆添加大量墨水，不只墨用的多、水也用的多，對於月桃的讚譽就在於，用力揮毫時，月桃無礬宣紙強韌固實，且吸墨效果十分顯著，暈染效果也相當有層次。



圖 14 抽象水墨畫家劉輝雄博士揮毫作品

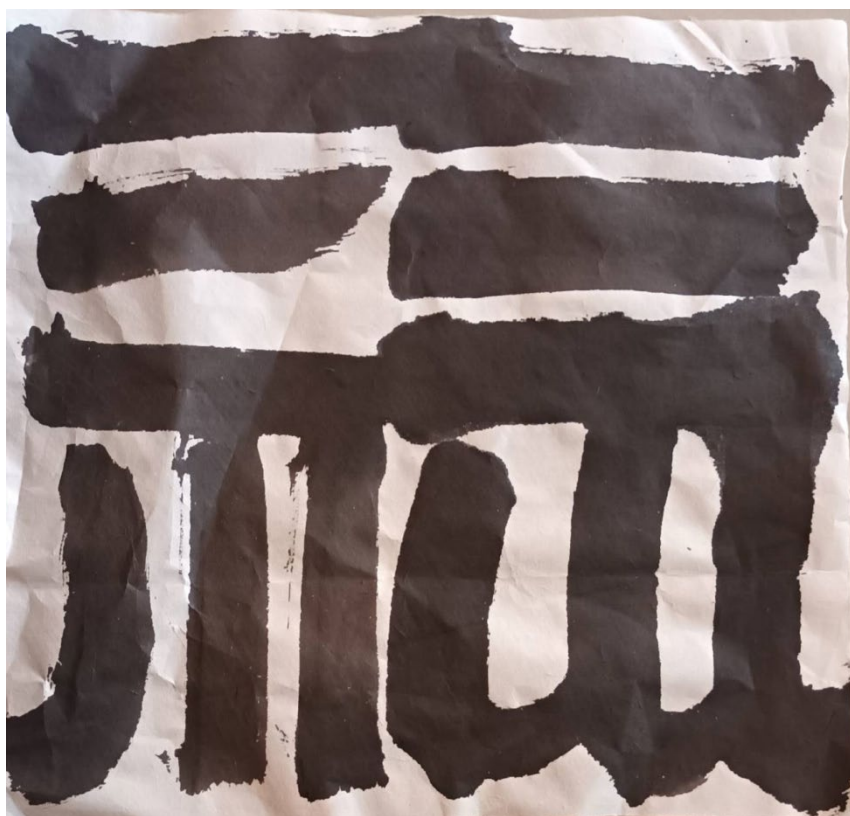


第二位敦請書法家陳政見教授試墨，如圖 15，書法家以橫畫豎直的文字作畫，並以篆書、森林及花花草草作為前景，輔以色彩增加畫面多樣性。亮面作畫，除噴彩有水份易暈染外，濃墨速筆不易吸入紙中。



圖 15 書法家陳政見教授揮毫作品-1

書法家單純筆畫試磨墨汁，於圖 16A 可以發現，書寫月桃宣紙粗糙面具有吸滲墨的效果，而在圖 16B 則可得知，於月桃宣紙光滑面書寫時，筆畫中會出現類似污漬的現象，且無法自然擴散，必須重新繪製才能產生繪畫效果，但是紙上散發的墨色仍是相當分明。



A



B

圖 16 書法家陳政見教授揮毫作品-2

圖 17 則為單一文字圖形化創作的作品，右邊是以光滑面進行書寫，顯然墨色無法吸入紙中，左邊以粗糙面進行書寫時，則可發現墨汁滲透效果較佳，但兩者皆有創作特色，未滲入紙中亦有輕飄之美。

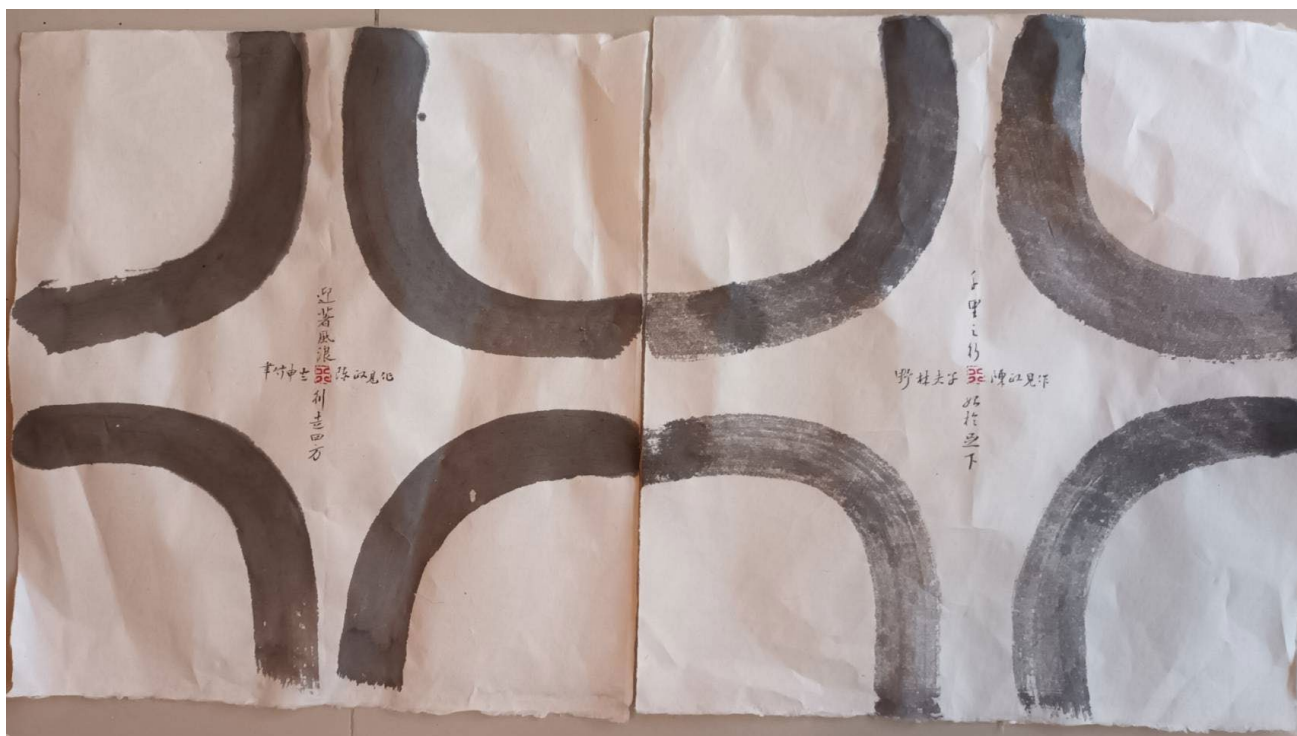


圖 17 書法家陳政見教授揮毫作品-3

下圖則以狂草做少字書，以淡墨疾書力求作畫效果，左邊以光滑面進行書寫，起筆處暈染效果水與墨似乎是涇渭分明，右邊以粗糙面進行書寫，起筆處並未水墨分離，且整體有吸墨效應。

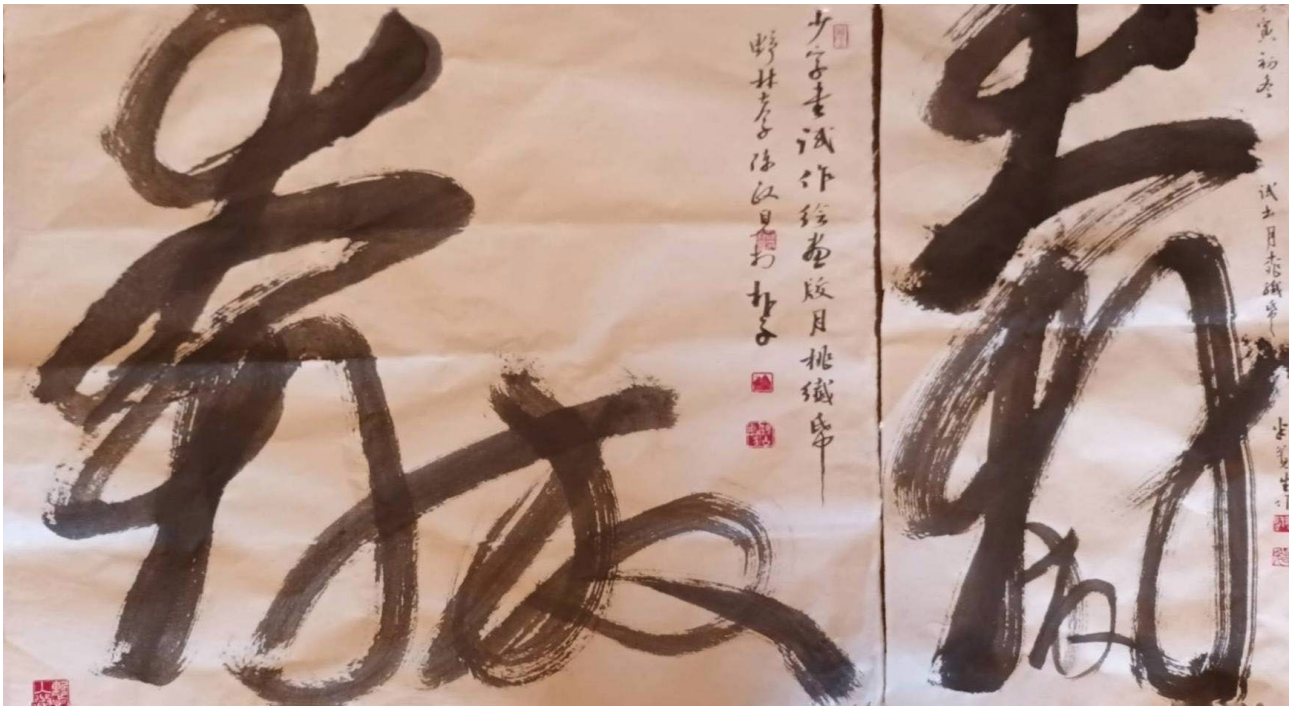


圖 18 書法家陳政見教授揮毫作品-4

第三位敦請具全國美展永久免審資格的水墨大師林清鏡教授試墨，藝術家擅長揮毫水墨山水畫，於水墨畫領域涉略極深，在嘗試以月桃無礬宣紙進行繪畫後，評論月桃無礬宣紙雖紙質較為粗糙，若是於此需表現具有綿延山線及重巒疊障之感的高聳山脈，對於他而言是非常好發揮的特點，且繪製雲海之表現及濕染也相當不錯、黑白分明、有層次等特點，給予月桃宣紙極佳評價。



圖 19 林清鏡教授揮毫作品



第四位敦請擅長水墨畫的嘉義市美術協會藝術家蕭惠禎老師試墨，老師巧與水墨結緣，在充滿情感的揮毫下，以月桃無礬宣紙作為媒介，給予真情的評語及建議，月桃宣紙容易表現蒼勁的樹枝及樹幹，且因紙張厚實之故，易醒色、固墨及穩定性佳，於噴濕後勾畫水波紋，顯得生動鮮活，若噴濕後再畫遠山，更能掌握得宜、深淺墨色分明，所描繪之山林更顯層巒疊翠之感。老師另外提供一些改良意見，因月桃宣紙較為厚實，以噴濕方式作畫時，需添加較多水量，因此容易導致紙張含水量過高、出現暈染出輪廓的毛邊，若單純沾取墨汁進行繪畫，因吸水快速，在表現抑揚頓挫走筆快時，容易出現乾筆，不易表現流暢感，且太多乾筆感覺毛躁乾澀不溫潤，上述評語可做為月桃宣紙改良之方向。



圖 20 蕭惠禎老師揮毫作品

## 結論

本計畫研製月桃無礬及半礬宣紙，進行紙張之基本性質、力學性質、光學性質、墨暈及纖維型態等試驗，由基本性質試驗中可得知，月桃宣紙之基重與市售紙樣差異不大，符合一般書畫用紙的基本條件。於 pH 值測定中，月桃宣紙未劣化的酸鹼值較市售紙樣來的低，可添加適量碳酸鈣提升酸鹼度，劣化後下降趨勢相較市售紙樣平緩，可推測月桃宣紙酸鹼度維持較為穩定。於吸水度試驗中，因無礬紙未添加上膠劑，故吸水度皆較半礬佳，與市售紙樣相較差異並不大，具有良好吸水性能。

在力學性質試驗結果可看出，月桃宣紙的抗張強度較所有市售者為佳，經 105°C 劣化 72 h 後仍具有較佳優勢，顯示月桃宣紙不遜色其他市售紙，更擁有良好保存之潛能。於濕潤抗張比較中，月桃宣紙雖略遜色市售無礬及半礬白京和紙，但差異並無太大，且與其他測試之市售紙樣相比更是優秀許多。於耐折強度試驗中，月桃半礬宣紙之耐折強度為所有紙樣中最佳的。

在紙樣之光學性質分析中，經 105°C 劣化後 72 h，月桃宣紙之色差值較大；85°C/85%RH 劣化 72 h 後，月桃宣紙之色差值變化大，可看見紙樣纖維表面之月桃葉鞘纖維；月桃宣紙與市售紙樣相比，其色差值差異在伯仲之間，然而色差值偏高已達可感色差及明顯色差等級。由白度試驗中可發現，在 105°C、85°C/85%RH 及 QUV 加速劣化 72 h 後，月桃宣紙之白度相較所有市售數值低。於回色指數計算中，發現在三種劣化條件相比之下，大多數紙樣的 QUV 數值都相

較 85°C/85%RH 及 105°C 大，月桃宣紙亦呈現黃化之現象。綜合上述，推測為月桃宣紙製漿過程之木質素仍殘留許多，為改善色差值的變化，可著重於製漿條件的更改，亦可能因工廠製漿生產未移除過量的木質素而致。

敦請專家試墨後，由評語可知：月桃無礬宣紙紙質較為粗糙，若需表現具有綿延山線及重巒疊障之感的高聳山脈，或是蒼勁的樹幹及樹枝，於此是較易發揮之特點，且因紙張厚實之故，易醒色、固墨及穩定性佳，於噴濕後勾畫水波紋，顯得生動鮮活，繪製雲海之表現及濕染也相當不錯、黑白分明、有層次等特點，若是噴濕後再畫遠山，更能掌握得宜、深淺墨色分明，所描繪之山林更顯層巒疊翠之感，另外因月桃宣紙較為厚實，以噴濕方式作畫時，需添加較多水量，因此容易導致紙張含水量過高、出現暈染出輪廓的毛邊，若單純沾取墨汁進行繪畫，因吸水快速，在表現抑揚頓挫走筆快時，容易出現乾筆，不易表現流暢感，且太多乾筆感覺毛躁乾澀不溫潤，以上評語可供後續改良月桃宣紙之參考方向。

綜合本研究結果，月桃無礬及半礬宣紙之耐折、抗張、濕潤抗張、吸水性、墨暈均勻性俱優，另經加速老化後之安定性亦佳，顯示本研究抄造之月桃手工宣紙，係為優質書畫用紙，可供藝術界高級書畫用紙材之新選擇。



## 八、 參考文獻

1. CNS 11291 (1985) 手抄紙物理性質試驗法。經濟部中央標準局。
2. CNS 5177 (1987) 紙及紙板濕潤抗張強度試驗法。經濟部中央標準局。
3. CNS 11212 (1992) 物理試驗用手抄紙抄造法。經濟部中央標準局。
4. CNS 11211 (1994) 紙漿游離度試驗法 (加拿大標準游離度法)。經濟部中央標準局。
5. CNS 1351 (2005) 紙、紙板及紙漿一樣本之調製與試驗之標準狀態。經濟部中央標準局。
6. CNS 1352 (2008) 紙及紙板基重試驗法。經濟部中央標準局。
7. CNS 3685 (2008) 紙及紙板厚度及密度試驗法。經濟部中央標準局。
8. CNS 1466 (2011) 紙漿、紙及紙板白度試驗法 (方向性 457 nm 反射率法)。經濟部中央標準局。
9. CNS 15444 (2011) 紙漿、紙及紙板紙漿、紙及紙板水溶性萃取液酸鹼度試驗法 (冷水萃取法) 測定酸鹼值。經濟部中央標準局。
10. CNS 1466 (2016) 紙漿、紙及紙板白度試驗法 (方向性 457 nm 反射率法)。經濟部中央標準局。
11. CNS 10378 (2017) 紙及紙板耐折強度試驗法 (MIT 試驗機)。經濟部中央標準局。
12. CNS 11211 (2017) 紙漿游離度試驗法 (加拿大標準游離度法)。經濟部中央

標準局。

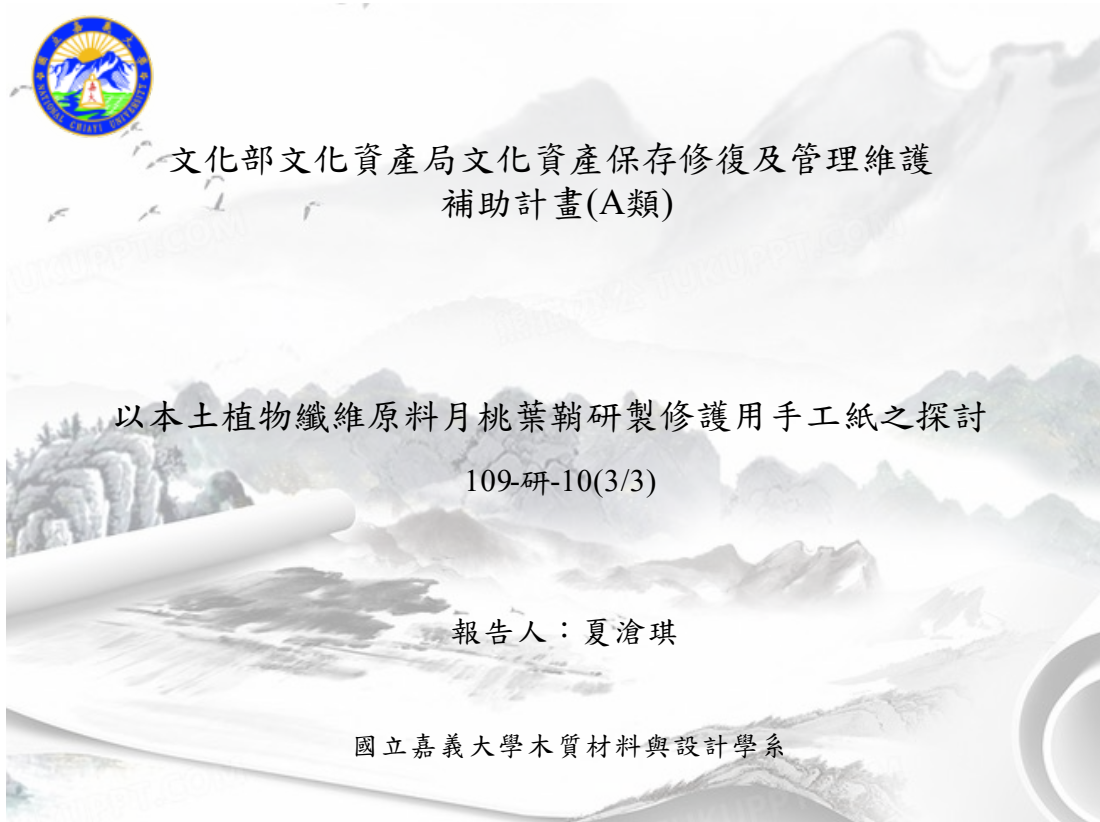
13. CNS 11219 (2017) 手抄紙物理性質試驗法。經濟部中央標準局。
14. CNS 12495 (2017) 實驗室紙漿叩解法 (打漿機法)。經濟部中央標準局。
15. CNS 10136 (2018) 不透明材料色差表示方法。經濟部中央標準局。
16. CNS 12607 (2018) 紙及紙板抗張性質試驗法 (恆速伸長法)。經濟部中央標準局。
17. 王陽、盛傑、張志禮、楊仁黨 (2018) 宣紙的生產工藝與發展。中國造紙 37(11): 61-68。
18. 吳世新 (2008) 宣紙生產工藝與潤墨。中華紙業 29(7): 64-67。
19. 林郁卉 (1988) 紙張劣化性質探討。國立中興大學森林學研究所碩士論文。78 頁。
20. 金江蓮 (2015) 中國傳統造紙技藝的現狀及發展前景初探。學理論 (6): 133-135。
21. 范東雲、李海晟 (2013) 宣紙上的墨水擴散模擬。電腦應用 33 (11): 3220-3223。
22. 徐健國、林柏亨、王菊華、陳彪、王珊 (2016) 中國大陸手工紙現況與未來發展對策。林業研究專訊 23(6): 28-31。
23. 張豐吉 (1984) 紙之劣化。漿與紙月刊 67: 86-88。
24. 許湘滢 (2018) 不同色溫發光二極體對書畫材料之影響。國立嘉義大學木質

材料與設計學系研究所碩士論文。頁。

25. 陳佳琦、徐健國 (2021) 手工紙新品研發-以臺灣在地纖維為材料。林業研究專訊 28(2)：62-65。
26. 陳盈君 (2020) 月桃葉鞘研製書法用手工紙。國立嘉義大學木質材料與設計學系研究所碩士論文。136 頁。
27. 陳科廷、董景生 (2018) 臺灣月桃的民族植物利用。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 32(1)：1-14。
28. 趙代勝、劉曉兵、殷春前 (2014) 宣紙潤墨性測試方法標準研究。中華紙業 (14)：36-39。
29. 劉仁慶、胡玉熹 (1985) 宣紙潤墨性之研究。中國造紙 2：23-29。
30. Oye, R.1988. Degradation of Library Materials and its Preservation. Mokuzai Gakkaish,. 34(10), 781-787.
31. Wu, S., Wu, X., & Chu, P. K. (2016). Ink dispersion on Qianlong Xuan paper with improved ink expression. Journal of Materials Science & Technology, 32(2), 182-188.

## 九、 執行成果說明

### (一) 成果發表活動之簡報



#### 前言



## 前言

---



3

## 研究動機與目的

---



4

## 研究動機與目的

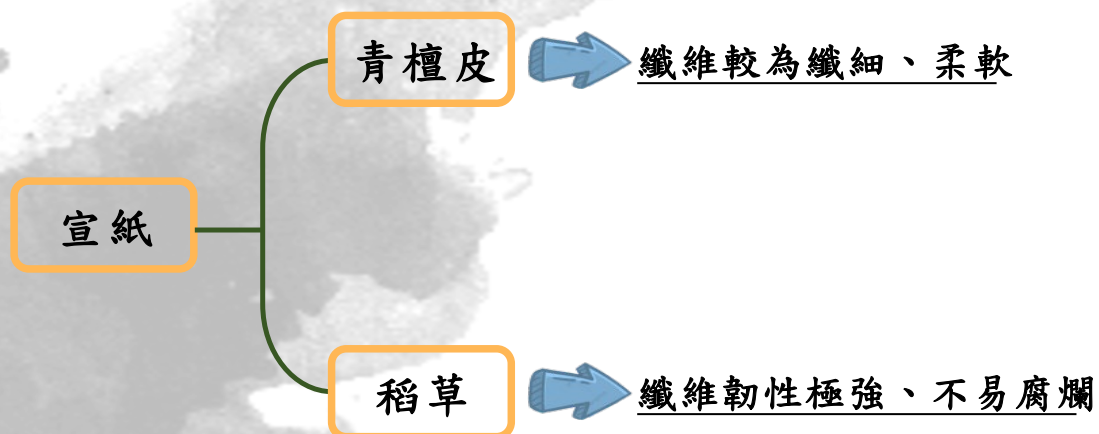


月桃



5

## 文獻回顧-宣紙



6



## 材料與方法

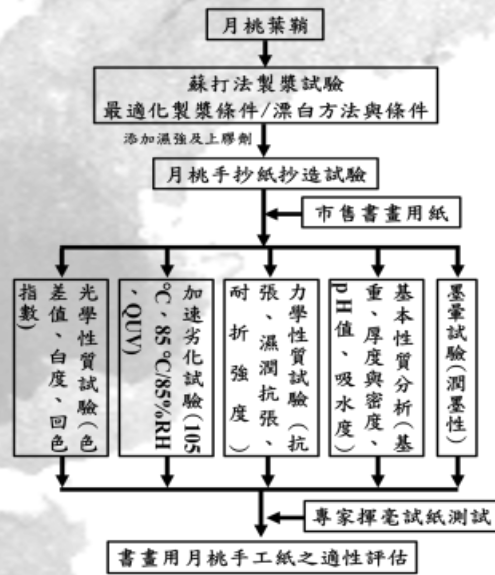


圖1 本試驗之流程圖

7

## 材料與方法

本試驗之月桃圓形手抄紙之原料，採集自國立嘉義大學蘭潭校區2-3年生之月桃 (*Alpinia zerumbet*)，取其葉鞘部位，經壓榨機去除水分後，裁剪成約 10 cm長，並封入夾鏈袋冷藏保存，以進行製漿之用；與南投福隆棉紙廠合作生產之大量月桃書畫用紙，月桃葉鞘原料則是由月桃故事館所提供，經由壓榨機處理後進入製漿流程。



圖2 月桃植株

8

## 材料與方法-月桃圓形手抄紙原料

本研究與福隆造紙廠合作製作之月桃圓形手抄紙，原料配方係改良紙廠手工紙配比調製而成，採用月桃 (*Alpinia zerumbet*)、長纖 (NBKP)、雁皮 (*Wikstroemia sikokiana*)、短纖 (LBKP) 等四種漿料，並添加濕強劑 (PAE) 及上膠劑 (AKD)，依表1之配比混和抄製。

表1 月桃圓形手抄紙之原料

	配料	來源
紙漿	月桃	本研究製漿試驗
	長纖	
	雁皮	購自福隆棉紙廠
	短纖	
填充劑	濕強劑 (PAE)	福隆棉紙廠提供
	上膠劑 (AKD)	

9

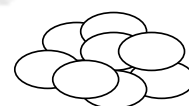
## 材料與方法-月桃葉鞘之蘇打法製漿



月桃葉鞘



四效式蒸解釜



NaOH : 22 %



蒽醌 : 0.01%

最高溫度 : 150 °C  
升溫時間 : 40 min  
保持時間 : 180 min  
NaClO漂白濃度 : 4 %

(陳盈君, 2020) 10



## 材料與方法-紙張基本性質分析-基重

---

基重即為紙張單位面積之重量。依據CNS1352標準：紙及紙板基重試驗法規定，將試樣裁切至適合之尺寸，再利用電子天平逐一測量其重量，並以下式計算試樣之平均基重。

$$\text{基重 (g/m}^2\text{)} = \frac{10,000 \times W}{n \times y \times z}$$

式中，W：n 張試樣之總質量 (g)

n：試樣之張數

y：試樣之長度 (cm)

z：試樣之寬度 (cm)

11

## 材料與方法-紙張基本性質分析-厚度與密度

---

紙張厚度依據CNS3685標準：紙及紙板厚度及密度試驗法，在一定壓力下，使用錶盤厚度儀量測試樣之厚度。密度即為紙張單位容積量，並利用下式作計算。

$$\text{紙張密度 (g/m}^3\text{)} = \frac{\text{基重 (g/m}^2\text{)}}{\text{厚度 (mm)} \times 1000}$$

12

### 材料與方法-紙張基本性質分析-pH值 (酸鹼度)

---

依CNS 5471標準之規定，使用冷水萃取法，取2 g氣乾紙樣，加入100 mL 蒸餾水，放置1 h後，濾取萃取液於燒杯中，並加入2 mL KCl溶液，搖晃均勻後，進行紙張酸鹼值之測定。



OHAUS STARTER-3100

13

### 材料與方法-紙張基本性質分析-吸水度

---

依照CNS11291標準：裁切成15×150 mm，將紙樣吸水端浸入水面下10 mm，進行各紙樣纖維毛細吸液高度之測定，量測紙樣於浸水10 min後，迅速畫下記號，記錄液面上吸水高度。



(葉仁正，2006)

14

## 材料與方法-紙張力學性質分析-抗張強度試驗

根據CNS1354標準：紙及紙板抗張性質試驗法（擺錘法）規定，將試片以夾距10 cm之夾具平直夾緊，鉗頭垂直固定，擺錘施以負重直至斷裂，測量其斷裂力，抗張強度則根據以下公式作計算。

$$\text{抗張強度 (kN/m)} = 9.81 \times \frac{\text{斷裂力 (kgf)}}{\text{試樣寬度 (mm)}}$$



Hitachi M1219P

15

## 材料與方法-紙張力學性質分析-耐折強度試驗

根據CNS10378紙及紙板耐折強度試驗法（MIT試驗機）規定，將耐折度試驗機之曲折裝置鉗頭調整為垂直，施加試驗所需張力荷重（1 kgf）後，鎖緊柱塞張力固定螺栓，將試樣放入鉗具固定後，放鬆柱塞張力，調整螺栓使荷重符合設定之張力。

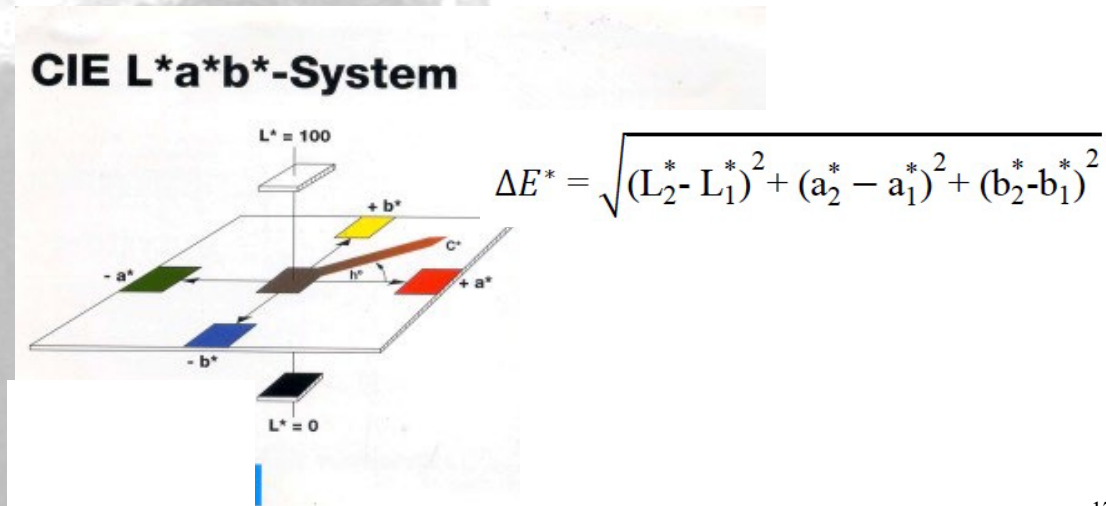


Hitachi M1066E

16

## 材料與方法-紙張光學性質分析-色差值

依照CNS10136不透明材料色差表示方法進行試驗，使用色差儀測定加速劣化前後，色彩參數 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ，並依下式計算色差值( $\Delta E^*$ )，每一樣品測定三點。



17

## 材料與方法-紙張光學性質分析-白度

依據CNS1466紙漿、紙及紙板白度試驗法 (方向性457nm反射率法)，利用定向藍光白度儀進行紙樣量測，測定紙樣加速劣化前後，在457nm波長時之反射率(%GE)並記錄之。



Tokyo Denshoku Reflectometer TC-6D

18



## 材料與方法-紙張光學性質分析-回色指數(P.C. No.)

無論漂白或未漂白紙漿，其白度是無法持久不變的，在光線、熱、化學物質或在高濕度下易加速紙漿之回色 (Color reversion)。紙張之回色 (或稱變黃、返黃)，可作為評估劣化程度之最直接指標。

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}}$$

$$\text{P. C. No.} = 100 \left[ \left( \frac{K}{S} \right)_2 - \left( \frac{K}{S} \right)_1 \right]$$

(張豐吉，1984；林郁卉，1988) 19

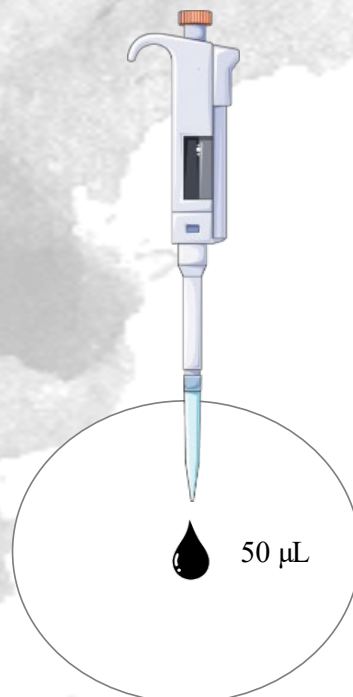
## 材料與方法-紙樣之墨暈試驗-潤墨性

100%

20%

5%

1%



(Wu, 2016) 20

## 材料與方法-紙樣之纖維型態之觀察-SEM

掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, SEM) 是透過偵測器聚焦電子束 (Electron Beam)，掃描試樣的表面，使表面產生電子訊號，進而產生樣品表面放大的影像，本試驗將各紙樣裁切成符合SEM觀察之載台大小，接著放入鍍金操作台進行鍍金，完成後進行後續的觀察步驟。



(ProX, Pheom)

21

## 結果與討論

表3 試驗用紙樣之基本性質分析

	紙樣	基重(g/m <sup>2</sup> )	厚度(mm)	密度(g/m <sup>3</sup> )
圓形紙	月桃無礬	45.2(0.14)	0.07(0.001)	0.65(0.01)
	月桃半礬	45.2(0.14)	0.08(0.002)	0.60(0.02)
市售	無礬白京和紙	48.9(0.41)	0.12(0.004)	0.40(0.01)
	半礬白京和紙	40.3(1.36)	0.11(0.007)	0.36(0.03)
	紅星牌 棉料單宣	23.7(0.57)	0.08(0.005)	0.29(0.03)
	棉紙	46.5(0.98)	0.13(0.006)	0.36(0.02)
	清澄宣	50.1(1.08)	0.13(0.005)	0.40(0.02)
方形紙	月桃無礬宣紙	45.2(1.81)	0.13(0.004)	0.34(0.01)
	月桃半礬宣紙	43.2(2.69)	0.13(0.010)	0.34(0.02)

22

## 結果與討論

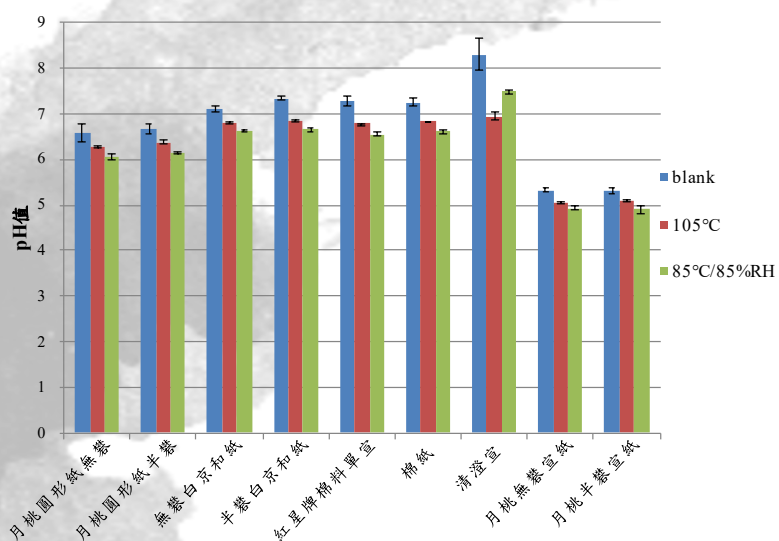


圖4 試驗紙樣經加速劣化72 h後之pH值變化

23

## 結果與討論

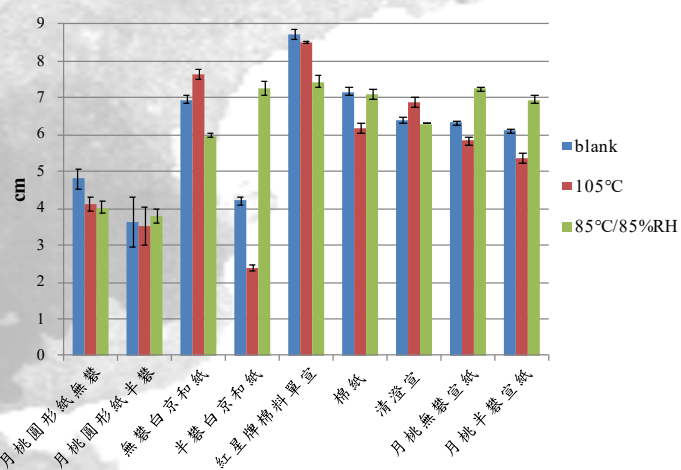


圖5 試驗紙樣經加速劣化72 h後之吸水度變化

24

## 結果與討論

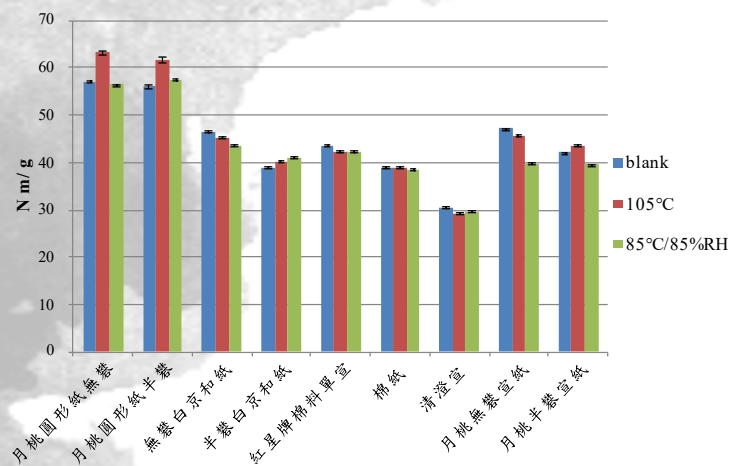


圖6 試驗紙樣經加速劣化72 h後之抗張指數變化

25

## 結果與討論

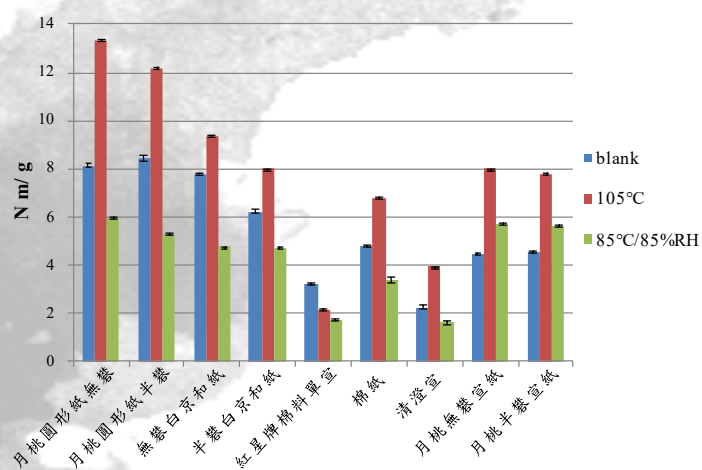


圖7 試驗紙樣經加速劣化72 h後之濕潤抗張指數變化

26



## 結果與討論

表4 試驗紙樣經加速劣化72h後之耐折強度變化

紙樣		耐折 (次/0.5kg)		
		blank	105°C	85°C/85%RH
圓形紙	月桃無礬	583.67(106.50)	481.00(52.77)	493.00(134.73)
	月桃半礬	668.00(117.58)	540.40(87.99)	410.33(90.05)
市售	無礬白京和紙	70.33(8.74)	64.25(11.15)	87.67(9.61)
	半礬白京和紙	31.75(3.30)	31.00(3.92)	32.80(4.49)
	紅星牌 棉料單宣	17.20(2.77)	9.40(1.14)	13.40(2.30)
	棉紙	65.50(8.89)	37.20(6.83)	26.80(3.19)
	清澄宣	29.60(2.88)	20.60(6.54)	27.40(5.94)
	月桃無礬宣紙	62.75(6.40)	68.33(7.02)	40.25(7.72)
方形紙	月桃半礬宣紙	74.75(22.25)	67.75(6.56)	51.75(12.04)

27

## 結果與討論

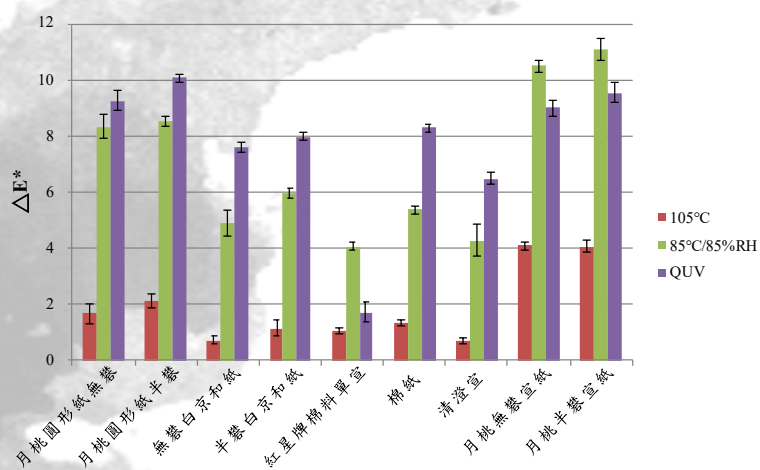


圖8試驗紙樣經72h劣化後之色差

28

## 結果與討論

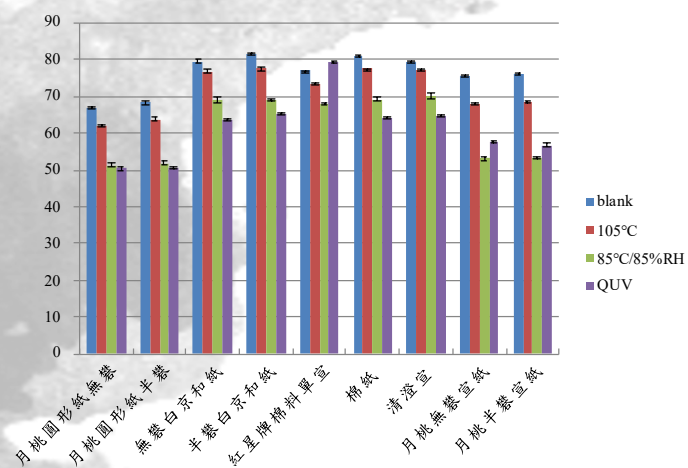


圖9 試驗紙樣經72h劣化後之白度

29

## 結果與討論

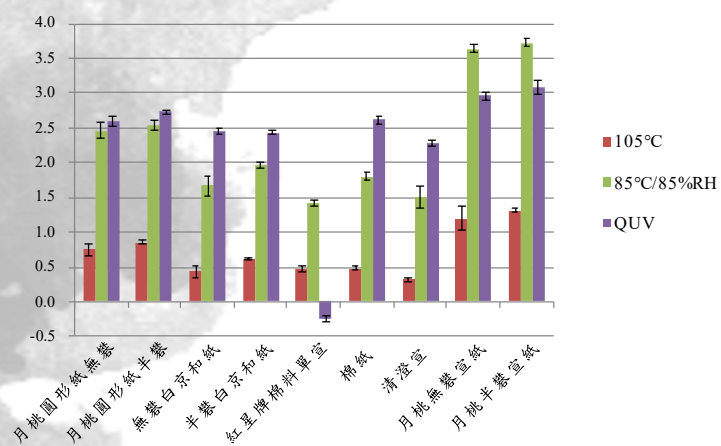


圖10 試驗紙樣經72h劣化後之回色指數

30

## 結果與討論

表5 不同墨汁濃度於各紙樣之擴散圖像

紙樣	墨汁固形分 (%)			
	S1	S2	S3	S4
月桃圓形紙 無卷				
月桃圓形紙 半卷				
無卷 白京和紙				
半卷 白京和紙				
紅星牌 棉料單宣				

31

## 結果與討論

續表5 不同墨汁濃度於各紙樣之擴散圖像

棉紙				
清澄宣				
月桃 無卷宣紙				
月桃 半卷宣紙				

註：墨汁固形分 S1=11.86%；S2=2.50%；S3=0.58%；S4=0.10%。

32

## 結果與討論

表6 不同墨汁濃度於各紙樣之擴散縱橫向比值

紙樣	墨汁固形分 (%)			
	S1	S2	S3	S4
月桃圓形紙無礬	0.86(0.01)	0.93(0.07)	0.99(0.02)	0.98(0.02)
月桃圓形紙半礬	1.00(0.00)	0.92(0.04)	0.98(0.08)	1.00(0.00)
無礬白京和紙	0.92(0.03)	0.93(0.03)	0.92(0.03)	0.92(0.03)
半礬白京和紙	0.88(0.04)	0.88(0.08)	0.90(0.06)	0.85(0.04)
紅星牌棉料單宣	1.00(0.05)	0.93(0.03)	0.94(0.02)	0.87(0.04)
棉紙	1.00(0.00)	0.93(0.03)	0.89(0.02)	0.86(0.03)
清澄宣	1.09(0.06)	0.93(0.07)	0.90(0.04)	0.86(0.01)
月桃無礬宣紙	0.96(0.08)	0.91(0.05)	0.91(0.01)	0.90(0.05)
月桃半礬宣紙	0.96(0.04)	0.90(0.02)	0.95(0.05)	0.95(0.04)

33

## 結果與討論

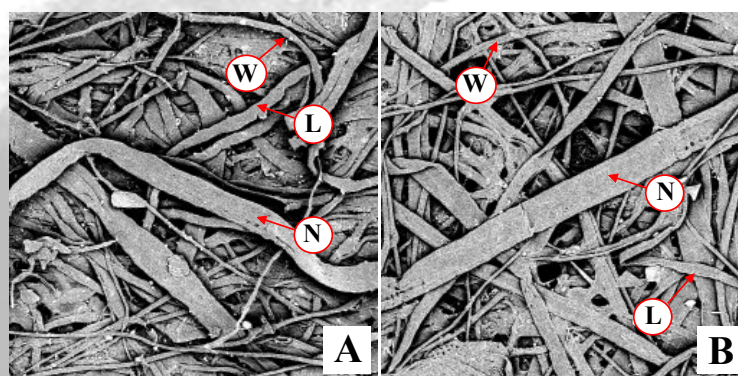


圖11 兩種市售白京和紙之SEM照相500x (A)無礬 (B)半礬。

W-雁皮纖維；L-闊葉木漿；N-針葉木漿

34



## 結果與討論

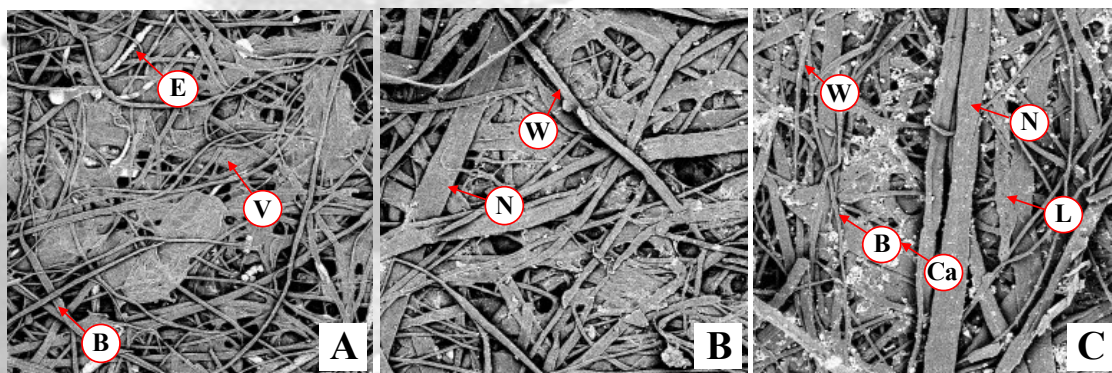


圖12 三種市售書畫用紙之SEM照相500x (A) 紅星牌棉料單宣(B) 棉紙 (C) 清澄宣。  
E-稻草表皮細胞；V-導管；B-檀皮纖維；W-雁皮纖維；L-闊葉木漿；N-針葉木漿；Ca-碳酸鈣

35

## 結果與討論

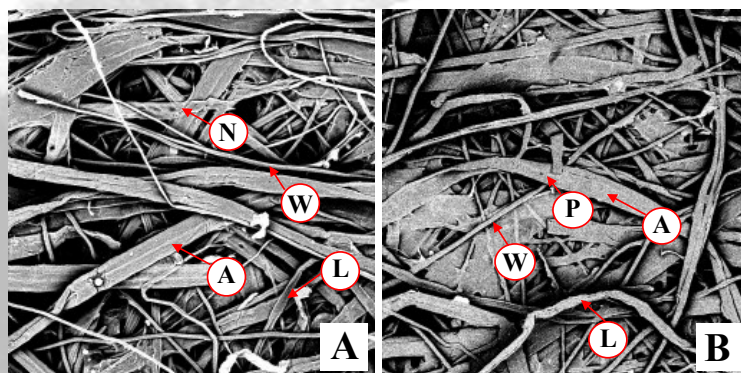


圖13 兩種月桃宣紙之SEM照相500x (A) 無摺 (B) 半摺。  
A-月桃葉鞘纖維；W-雁皮纖維；L-闊葉木漿；N-針葉木漿；P-壁孔

36

## 結果與討論

---



圖14 抽象水墨畫家劉輝雄博士揮毫作品

37

## 結果與討論

---



圖15 書法家陳政見教授揮毫作品

38

## 結果與討論

---



圖16 書法家陳政見教授揮毫作品

39

## 結果與討論

---



圖17 書法家陳政見教授揮毫作品

40



## 結果與討論

---

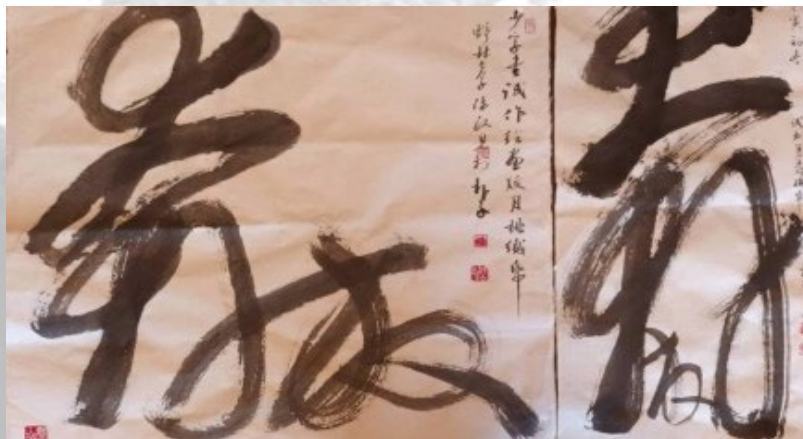


圖18 書法家陳政見教授揮毫作品

41

## 結果與討論

---



圖19 林清鏡教授揮毫作品

42



## 結果與討論



圖20 蕭惠禎老師揮毫作品

43

## 結論

本計畫研製月桃無礬及半礬宣紙，進行紙張之基本性質、力學性質、光學性質、墨暈及纖維型態等試驗，由基本性質試驗中可得知，月桃宣紙之基重與市售紙樣差異不大，符合一般書畫用紙的基本條件。於吸水度試驗中，因無礬紙未添加上膠劑，故吸水度皆較半礬佳，與市售紙樣相較差異並不大，**具有良好吸水性能。**

在力學性質試驗結果可看出，月桃宣紙的抗張強度較所有市售者為佳，經105°C劣化72 h後仍具有較佳優勢，**顯示月桃宣紙不遜色其他市售紙，更擁有良好保存之潛能。**於濕潤抗張比較中，月桃宣紙雖略遜色是受無礬及半礬白京和紙，但差異並無太大，且與其他測試之市售紙樣相比更是優秀許多。於耐折強度試驗中，**月桃半礬宣紙之耐折強度為所有紙樣中最佳的。**

44

## 結論

在紙樣之光學性質分析中，經105°C劣化後72 h，月桃宣紙之色差值較大；85°C/85%RH劣化72 h後，月桃宣紙之色差值變化大，與市售紙樣相比，其色差值差異在伯仲之間，然而色差值偏高已達可感色差及明顯色差等級。於回色指數計算中，發現在三種劣化條件相比之下，多數紙樣的QUV數值都相較85°C/85%RH及105°C大，月桃宣紙亦呈現黃化之現象。綜合上述，推測為月桃宣紙製漿過程之木質素仍殘留許多，為改善色差值的變化，可著重於製漿條件的更改，亦可能因工廠製漿生產未移除過量的木質素而致。

45

## 結論

敦請專家試墨後，由評語可知：月桃無礬宣紙紙質較為粗糙，若需表現具有綿延山線及重巒疊障之感的高聳山脈，或是蒼勁的樹幹及樹枝，於此是較易發揮之特點，且因紙張厚實之故，易醒色、固墨及穩定性佳，於噴濕後勾畫水波紋，顯得生動鮮活，繪製雲海之表現及濕染也相當不錯、黑白分明、有層次等特點，若是噴濕後再畫遠山，更能掌握得宜、深淺墨色分明，所描繪之山林更顯層巒疊翠之感

另外因月桃宣紙較為厚實，以噴濕方式作畫時，需添加較多水量，因此容易導致紙張含水量過高、出現暈染出輪廓的毛邊，若單純沾取墨汁進行繪畫，因吸水快速，在表現抑揚頓挫走筆快時，容易出現乾筆，不易表現流暢感，且太多乾筆感覺毛躁乾澀不溫潤，以上評語可供後續改良月桃宣紙之參考方向。

46

## (二) 《文化資產保存學刊》之投稿文章

(投稿文資學刊稿件)

### 研發以奈米纖維素添加之修護用月桃葉鞘纖維手工紙

Development of hand-made paper for repair with  
*Alpinia zerumbet* nanocellulose fiber additives

夏滄琪<sup>1</sup> 李盈緻<sup>2</sup>

作者簡介:

\*國立嘉義大學木質材料與設計學系 副教授(通訊作者，

Email: [tcshiah@mail.ncyu.edu.tw](mailto:tcshiah@mail.ncyu.edu.tw))

Associate Professor, Department of Wood-Based Materials and Design, National Chiayi University, 300 Syuefu Rd., Chiayi City 600355, Taiwan ;

[tcshiah@mail.ncyu.edu.tw](mailto:tcshiah@mail.ncyu.edu.tw)

<sup>2\*</sup>國立嘉義大學木質材料與設計學系 學士

Bachelor, Department of Wood-Based Materials and Design, National Chiayi

University, 300 Syuefu Rd., Chiayi City 600355, Taiwan

## 摘要

本研究以月桃 (*Alpinia zerumbet*) 之葉鞘纖維--台灣原生多年生草本薑科 (Zingiberaceae) 植物纖維，添加奈米纖維素進行研製修護用手抄紙之研究。試驗以 TEMPO 鹼性氧化法製備月桃紙漿奈米纖維素，透過傅立葉轉換紅外光譜分析、羧酸鈉含量測定、穿透式電子顯微鏡觀察，藉以確認奈米纖維素奈米化程度。隨月桃手抄紙添加奈米纖維素後，手工紙樣及粗糙面之平滑度皆有提升。在添加量為 1% 時，撕裂強度最佳。當奈米纖維素添加超過 3% 時，會使紙張之吸水度劇烈下降，此將會影響裱褙時漿糊之分散，故推知奈米纖維素不宜超過此添加量。添加月桃奈米纖維素提升試驗手抄紙之紙力，優於雁皮奈米纖維素添加者。與市售裱宣相較發現，研究之月桃手抄紙之抗張、耐折及濕潤抗張強度，皆優於市售宣紙，當奈米纖維素添加量為 1% 時，抗張及耐折強度即有顯著提升。另由加速劣化試驗結果可知，手抄紙之顏色變化與白度劣化程度，皆與市售裱宣相近。綜合本研究結果得知，添加奈米纖維素可改善月桃手抄紙的性質，顯示添加月桃奈米纖維素之月桃手工紙，具有潛力成為兼具有台灣在地植物特色，與優良紙力性質的修護用紙，提供紙質文物維護裱修人員之另一種選擇。

關鍵字：月桃、奈米纖維素、宣紙、棉紙、修護用手工紙

## Abstract

In this study the leaf sheath fiber of Taiwan's native perennial herb were selected, Zingiberaceae: *Alpinia zerumbet* for the test of adding nanocellulose additives by handmade paper. With TEMPO alkaline oxidation method to prepare nanocellulose. With FTIR analysis, sodium carbide content determination, TEM observation to confirm the degree of nanosateration. After *Alpinia zerumbet* nanocellulose added, both side of paper surface smoothness can be improved. At the addition of 1% obtained the best tear strength, when nanoculose added above 3%, will make the water absorption of paper drop significantly, which will affect the dispersion of mended paste on the repair, so avoid exceed this amount of addition. When *Alpinia zerumbet* nanocellulose added, strength enhancement for the handmade paper of *Alpinia zerumbet*, is better than that of *Wikstroemia sikokiana* nanocellulose added. By the paper strength test, compared with the commercial paper, tensile, folding endurance and wet tensile strength are better than that of xuan paper. When nanocellulose added concentration of 1%, tensile strength and folding endurance is significantly improved. After the accelerated aging test, the color change of handmade paper and whiteness degradation degree are near by the commercial mounting paper. Comprehensive research results can be obtained that the addition of nanoculose can improve the properties of the *Alpinia zerumbet* handmade paper. Showing that *Alpinia zerumbet* handmade paper added by *Alpinia zerumbet* nanocellulose, has the potential to become presented of native plant of Taiwan, and excellent paper strength for the repair paper relics, can provide another option for paper conservation fields.

Key words : *Alpinia zerumbet*, Nanocellulose fibers, shuan paper, mien paper, handmade paper for repair

## 一、前言

月桃(*Alpinia zerumbet*)台灣原生種薑科 (*Zingiberaceae*) 植物，遍布於台灣中低海拔山野地區，原料取得容易，其葉鞘纖維甚長，韌性頗佳，故常用於編織，而台灣光復初期及日本，有以月桃造紙之先例 (張豐吉，2006)。月桃葉鞘纖維長寬比 (201) 與青檀皮 (243) 相近 (許湘澄等，2017)。純月桃手抄紙之紙張力學性質佳，其耐折強度可達 713 (次數)，優於雁皮纖維紙張 (147) (許湘澄等，2017；彭元興等，2016)，具有成為修護用手工紙原料之潛能。

奈米材料具有極大的表面積，及多樣且強大的功能性，因此受到了廣泛的關注，而奈米纖維素纖維亦屬於此類材料，天然奈米纖維素被評估為優秀的尖端材料科學奈米元素，奈米纖維素是高度結晶之奈米材料，由定向排列的分子鏈組成，並且具有極高的縱橫比 (長度達微米等級，而寬度為 3-20 nm)，以及其獨特的性能。

奈米纖維素纖維為可再生生物質材料，且具分解性及化學安定性，TEMPO (2,2,6,6-tetramethyl-piperidiny1-1-oxyl radical) 氧化奈米纖維素 (Nanocellulose fiber, NCF) 具均一的寬度(約 3 nm)、高透明性可利用在需求透明性的材料，由於 NCF 表面具荷電，基於此具離子鍵等的形成可賦與各種機能性，TEMPO 氧化 NCF 的纖維寬度不受針葉樹或闊葉樹的影響，約均一的在 3 nm 左右 (蘇裕昌，2018)，在許多領域中可作為性能增強添加劑，在造紙產業中也大量的應用，日本製紙公司致力於開發 NFC 在紙製品上的新應用方法，如抗菌、除臭紙的產品開發創新等 (河崎雅行，2015)。

在近代造紙產業中致力於推動各種新興技術及研發，其中以奈米纖維素最為熱衷，而日本的造紙事業對此之研究，於學術界中佔有重要的地位，此外，更發展出能商業規模生產 TEMPO 氧化奈米纖維素的設備，奈米纖維素表面上存在高密度的羧基，帶有負荷電特性的 TEMPO 氧化 NCF，在作為紙張之內添、外部添加時可生產具有多種特性的紙張、或可改善紙張性質、或作為機能性添加劑改善紙機操作性等 (Kitaoka *et al.*, 1999；磯貝明 *et al.*, 2005；蘇裕昌，2018)。

本研究係針對月桃葉鞘之製漿造紙技術進行研發，作為手工紙之優質纖維原料，配合新興科技奈米材料添加劑，增添其性質強度，探討研製兼具棉紙強韌性，與宣紙細緻濕潤特性之修護用手工紙的可能性，並可藉由本地原生植物纖維原料，增加環境資源利用，降低手工紙原料之生產成本，期以研製兼具台灣本地特色，並具有奈米科技助力，更具強勁及保存性之修護用手工紙，利於提升國內手工紙廠之未來展往，提供修護人員另一種保存與修護用紙新選擇。

## 二、文獻回顧

### 2.1 月桃簡介

月桃植株高 2-4 m (圖 1A)，具木質化根莖，於地表下以合軸形態生長，呈叢生狀，其分枝末端垂直地面長出葉芽；葉長 40-80 cm，寬 10-15 cm，單葉，互生，長橢圓至披針狀，先端漸尖，基部楔形，葉緣及中肋兩側被毛，葉帶有薑的香氣；葉舌 (ligule) 長橢圓，全緣或兩裂，外表被毛，葉無柄 (圖 1B)；葉莖由多層葉鞘 (sheath) 相互包捲而成 (圖 1C)，無分枝；花序為頂生 (terminal)，位在葉鞘內軸，春夏間由葉莖先端抽出垂生花序 (圖 1D)，



長 15-40 cm，呈密錐狀 (thyrses) 或總狀 (raceme)，全軸密被短軟毛；小苞片膨大卵形，花萼管狀，花冠呈裂片長橢圓，外表白色而微帶紅暈，內側由雄蕊轉化變成的大型唇瓣，呈黃色，基部至邊緣有紅色蜜腺引導條紋及斑點；花後結桔紅色球形蒴果，外表具多條突起的稜線，內有 25-40 個黑褐色種子，具白色膜質假種皮 (aril)。花期：4-10 月，果期：6 月至翌年 1 月(陳文彬，2011；郭育姮，2006)。

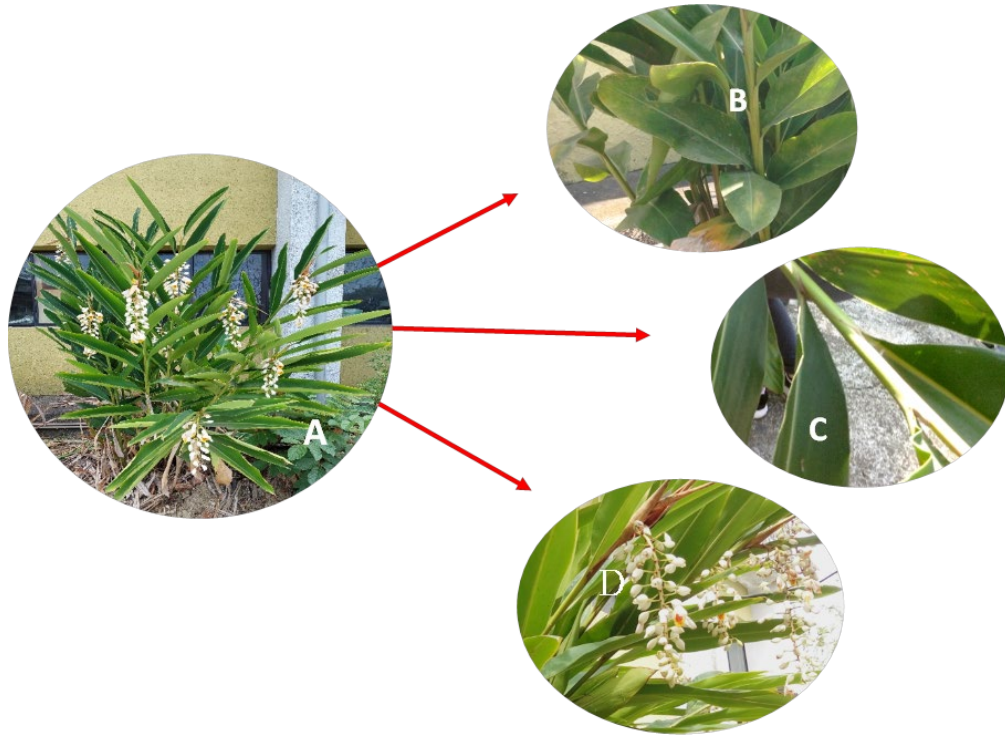


圖 1 月桃 (*Alpinia zerumbet*) 植株之外觀 (A)植株 (B)葉鞘 (C)葉 (D)花

## 2.2 手工紙

顧名思義，以人工抄造而成，手工紙強度優於機器紙，加上製漿條件緩和，纖維破壞少，保存年限也比機器紙更為長久(陳佳琦、徐建國，2015)。手工紙具有吸水性佳、收縮均勻、耐久性優，透光看可見竹簾紋及刷痕等特徵，依原料類、紙張特性、產地、製法等因素而冠以不同的名稱。手工紙無法以機器紙替代之優勢，為可隨時調整紙張性質之特性，縱使生產數量遠不及機器紙，但仍廣泛運用在許多地方，而手工紙的纖維分散均勻，幾乎無方向性，因部分原料纖維較長於機器紙纖維，一般將手工紙依原料和用途作為區分(葉育廷，2011)。

### 2.2.1 製造手工紙之原料

#### 1. 麻類纖維

可分為苧麻(*Boehmeria nivea* Gaud)、大麻(*Gannbis sativa*)、亞麻 (*Linum usitiatissimum* Linn.)，而苧麻在古代造紙所使用的敝布和魚網，即以苧麻為主要原料，顯示苧麻用於造紙由來悠久纖維平均長度約103 mm，為纖維植物中纖維長度最長者，現今用於製造鈔票紙、證券紙及捲菸紙等(王菊華，1999)

## 2.竹類纖維

竹類纖維平均長度 1.9 mm，平均寬度 13.2  $\mu\text{m}$ ，纖維長寬比約161，其纖維素及木質素含量與木材相近，竹材為優良之造紙原料，其質細滑、吸水性佳、且具發墨色、一筆鋒之優點，當今竹紙品項名目繁多，依其用途可分為文化用紙，如連史紙、大千書畫紙、貢川紙、毛邊紙及玉扣紙等)、衛生用紙(如表芯紙) 及祭祀用紙(如冥紙) (王菊華，2006；王詩文，2001)。

## 3.棉類纖維

棉類纖維之纖維素含量極高，木質素含量低，纖維較長，纖維平均長度 4.7~8.3 mm，平均寬度 13~16.4  $\mu\text{m}$ ，纖維長寬比約 500，與構樹皮相當，富彈性且柔軟，為原料品質優質之造紙原料，最廣泛應用於紙鈔之製造，高級水彩紙多以此為主漿料(彭元興、徐建國，2015)。

## 4. 其他

鳳梨葉纖維，鳳梨科，多年生草本植物，纖維平均長度 3.4 mm，平均寬度 6.4 $\mu\text{m}$ ，纖維長寬比約 527，與闊葉樹纖維相當，張豐吉(1997)已成功開發高品質之手工紙鳳梨宣，其紙漿力學性質優良、易漂白，適合製造手工紙宣紙及其他特殊用途。

各種造紙用纖維原料之纖維長寬比如表 1。

表 1 各種造紙用纖維原料之纖維長寬比

原料種類	纖維長度 (mm)			纖維寬度 ( $\mu\text{m}$ )			長寬比
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	
泰國構樹皮	19.3	5.6	9.8	33.3	6.0	18.1	543
日本構樹皮	19.9	3.6	9.3	41.7	10.0	20.0	466
菲律賓雁皮	5.1	1.1	3.1	21.7	3.3	9.5	327
日本雁皮	6.8	1.6	4.4	26.7	6.0	13.6	322
大陸三桠皮	8.2	1.6	4.3	33.3	3.3	14.5	309
青檀皮	3.7	0.8	2.6	16.7	12.7	10.6	243
鳳梨葉	6.3	1.7	3.4	10.2	3.0	6.4	527
稻草	1.8	0.3	0.9	15.0	3.0	6.4	134
針葉樹材	6.0	0.8	3.1	75.0	2.0	41.0	76
闊葉樹材	2.7	0.5	1.2	37.0	1.0	22.0	57
月桃葉鞘	6.0	0.4	1.9	20.0	5.0	9.6	201

\*部分資料引用自張豐吉(2004)，陳盈君(2020)

## 2.3 書畫修護用紙

紙質修護為一門結合傳統技術與科學研究的綜合性應用，修護師須具備紙質保存科學之基礎知識(周寶中，2000)，為了妥善修護破損的藏書，對於修護的材料要求很高，一般而言，多是利用市售手工紙，係因手工紙係由人工抄製，紙張的質感較好，纖維較機械紙長，易於搭接修護(童芷珍，2014)。紙質書畫文物基底材料主要由天然植物纖維組成，除了日經月累

的自然劣化，經過長時間的外在環境條件變化，包含溫度、濕度、光照、污染、生物性危害及人為損壞等保存因素，促使化學性、物理性及生物性劣化等狀況發生(葉仁正，2006；楊時榮，1991)。

為求妥善修護壞損之紙質書畫文物以延續其價值，對於修護用途之材料要求甚高，因此，紙質修護多使用市售手工紙，實因手工紙纖維異向性低、質感佳、纖維較機械紙長，易於搭接修復(童芷珍，2014)。台灣保存修護界常用之手工紙可概分為棉紙及宣紙兩大類，棉紙紙力佳、易於操作，多為裱褙店所採用，但質地較為粗糙且吸水性較差；宣紙紙質柔軟、細緻且吸水性佳，適於修護與裝裱，然而其紙張力學性質差，操作較棉紙不易(彭元興等，2016)。

(1)棉紙：依據 CNS2382 規定，包含手工棉紙及機械棉紙兩種，手工棉紙通常用於毛筆書寫、繪畫；機械棉紙則常用於燈籠、工業用、手工藝、包裝等用途，通常由構樹、麻類、化學木漿組成，而原料比例因應各紙廠需求，而有所變化。依某紙廠提供的原料配比例，A 廠為 60%楮皮漿與 40%長纖木漿製成 274 棉紙，B 廠由 30%楮皮漿、30%長纖木漿、30%短纖木漿、10%草漿所製成 274 棉紙，棉紙通常用於裱褙裝框與卷軸使用，為最普遍使用命紙材料。

(2)宣紙：CNS 2382 標準，依結構又可分為單宣及雙宣，單宣係一次抄造完成者，雙宣為兩張單宣抄疊而成，而又可依有無上膠者分為生宣及熟宣，生宣為未上膠者，熟宣為上膠者，原料通常由雁皮、青檀、三桠、草本漿、竹漿等，地方紙廠所提供的 294 裱宣原料比例為 45%雁皮、20%草漿、35%竹漿製成，再精裱卷軸時，因部分作品都以宣紙為主，命紙用宣紙時，其特性與作品較為相近，卷軸成品平整度好，但其濕潤強度較弱，操作時難度較高，易破損皺褶不易復原，建議由技藝較純熟者使用較佳。

## 2.4 奈米纖維素添加劑

二十世紀，人們的環保意識抬頭，開始重視永續發展這項概念，纖維素材料代表我們行星上最豐富之可再生資源，並在因應全球對可再生材料日益擴增的需求上扮演重要角色(王益真、彭元興，2016)。植物纖維素具有高結晶度與高長寬比，因為植物細胞壁中的纖維素纖維，通過多個氫鍵緊密地相互鍵結，僅通過一些機械處理就很難區分纖維素原纖維，故分離出完整的纖維素微纖維具有相當的難度，且會伴隨很大的重量及產量損失，故奈米纖維素的提取是進一步發展最重要的技術，製成的奈米紙具有很好的機械性，遠高於一些常用的工程塑膠及天然纖維，而與鋼鐵材料相當(范綱竹、李振綱，2020)，纖維素奈米材料強度甚高，加上其低密度，容許開發廣範圍高強度、低比重複合材(王益真、彭元興，2016)。可能的應用領域包括汽車車體鈑件、航太內裝材料、輕質建築材料兼具絕緣與隔音。TEMPO 氧化的奈米纖維素(Nanocellulose fiber, NCF)為極細的纖維且維持高結晶性，與石英玻璃相同，具良好的低熱線膨脹性質，此外，其具均一寬度(約 3 nm)、高透明性，可利用在需求透明性的材料，由於 NCF 表面具電荷，藉離子鍵等的形成可賦與各種機能性(蘇裕昌，2018)。

## 三、試驗材料方法

### 3.1 試驗流程

本研究採用 4%已漂月桃紙漿做為抄紙材料，抄造基重 60g/m<sup>2</sup> 手抄紙，藉由添加不同



比例之雁皮及月桃奈纖維素，探討奈米纖維素的添加對於月桃修護用手工紙之影響，並與市售 294 裱宣進行比較，藉以研發具優良性質之修護用手工紙。規劃本研究流程圖如圖 2。

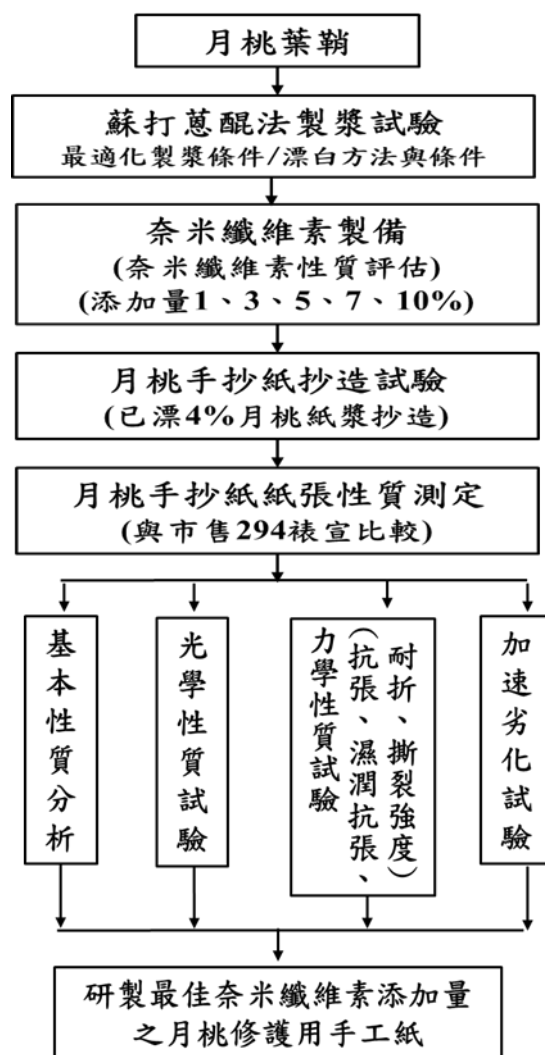


圖 2 本研究之流程圖

## 3.2 試驗材料

採集自國立嘉義大學蘭潭校區後山 2~3 年生之月桃(*Alpinia zerumbet*)，取其葉鞘部位，進行製漿性質之影響分析。奈米纖維素添加劑則使用，雁皮及月桃漿料以鹼性 TEMPO 法製備之奈米纖維素添加劑。以市售裱宣作為對照組。

## 3.3 試驗方法

### 3.3.1 月桃葉鞘之蘇打蔥醌法製漿試驗

以蘇打蔥醌法並以四效式蒸解釜(型號 F3.91，連勝工業)對月桃葉鞘進行製漿試驗，表 2 之製漿條件 (陳盈君，2020)，待蒸解完成後將蒸煮罐進行降溫，等壓力計歸零後，

再使用濾水袋包裹利用清水進行清洗，去除殘留的鹼液藥品。以脫水機脫水後，取樣並計算其含水率，推算總得之絕乾漿料重。

表 2 以蘇打法製漿進行月桃葉鞘蒸煮

用藥量	NaOH：22%
液比	6：1
升溫時間	40 min
最高溫度	150℃
持溫時間	180 min
次氯酸鈉漂白濃度	4%

### 3.3.2 奈米纖維素製備條件

依本研究先前製備如表 4，取絕乾重 10 g 紙漿加入 1000 mL 蒸餾水，以 500 rpm 均勻攪拌 30 min，使紙漿均勻混合後，加入 0.1mmol/g 的 TEMPO 和 1 mmol/g 溴化鈉 (NaBr) 藥劑，而後攪拌 30 min 使化學藥劑充分和紙漿混合。加入 12%次氯酸鈉後，以 1N NaOH 將 pH 值調整至 10，即開始氧化反應，持續以 500 rpm 均勻攪拌，此同時以 pH meter 監控其 pH 值，配合 1N NaOH 維持 pH 值為 10，反應過 5 hr 後取出纖維，過濾其溶劑，再以酒精攪拌濾洗 2 次後，放置保存(Saito *et al.*, 2007)，取 0.1%奈米纖維素以超音波震盪器處理 30min，過程中不斷以磁石攪拌，使奈米纖維素均勻分散在水中，完成的奈米纖維素利用封口臘膜封存，避免水氣逸散改變濃度(潘婷等，2020)。

表 3 本研究之奈米纖維素製備條件

奈米纖維素漿料	雁皮漿/月桃漿
TEMPO 添加量	0.1 mmol/g
其餘藥量	NaBr：1 mmol/g；NaClO：6 mmol/g
反應時間	5 hr
pH 值	10

### 3.3.3 羧酸鈉含量測定

取 0.2 g 絕乾奈米纖維素加入 200 mL 蒸餾水，攪拌均勻使其溶解，再加入 7 mL 0.1N 氯化氫(HCl)以及 10 mL 0.1N 氯化鈉(NaCl)，持續攪拌使其反應 30 min，利用 0.01N 氫氧化鈉(NaOH)滴定之，記錄其 pH 值以及電導度變化，並利用以下式作計算羧酸鈉含量，藉以判斷 TEMPO 法反應之程度。(Isogai, Saito & Fukuzumi, 2011)。

$$\text{羧酸鈉含量}(\text{mmol/g}) = \frac{(A-B) \times 0.1}{\text{重量}}$$

A：pH 值微分之最大值

B：電導度曲線之反趨點

### 3.3.4 變化奈米纖維素添加濃度

將奈米纖維素與水均勻混和為濃度 3%，並依紙漿絕乾重添加 1、3、5、7、10% 等濃度，再參照 CNS12495 之規定抄製成圓形手抄紙，進行後續修護用紙之紙張性質測試。

## 3.4 手工紙之抄造及紙張性質分析

### 3.4.1 月桃紙漿纖維型態觀察

經蘇打法製漿完成後，秤取絕乾重 1 g 之月桃紙漿，置於燒杯中並加入 RO 水 100 mL，以磁石攪拌機攪拌 1 min 後，以滴管吸取燒杯中分散均勻之紙漿，置於玻片上，以光學顯微鏡(纖維照相系統 Leica DM750)、掃描式電子顯微鏡(SEM)及穿透式電子顯微鏡(TEM)下觀察其纖維型態及特徵。

### 3.4.2.打漿及抄紙

稱取絕乾重 157 g 紙漿，並加入 10,000 mL 的水，濃度大約在 1.57%，以荷蘭式打漿機先將紙漿離散，待纖維分離後，在懸臂上添加荷重，並每隔一段時間取出 190 mL 試樣後稀釋置 1,000 mL，測定並記錄游離度變化，直至游離度為  $400 \pm 10$  mL/C.S.F，游離度到達後將漿料脫水，並取樣烘乾計算其含水率。

參照 CNS11212 物理試驗法，漿紙漿稀釋置 2,000mL 並使用散漿機進行散漿 10min 後，使用標準手抄紙機(Sheet machine)抄製基重  $60\text{g/m}^2$  之圓形手抄紙。

### 3.4.3 手抄紙之基本性質分析

手抄紙之基本性質包含基重、厚度、密度、pH 值等，此類因子皆會對修護師在進行裱褙的過程中產生影響。

#### (1)基重

依據 CNS1352 紙及紙板基重試驗法規定，量測紙樣單位面積之重量，才切過後進行重量測量，依以下公式做計算：

$$\text{基重}(\text{g/m}^2) = \frac{10,000 \times n \text{ 張試樣之總重量}(\text{g})}{\text{試樣張數} \times \text{試樣長度}(\text{cm}) \times \text{試樣寬度}(\text{cm})}$$

#### (2)厚度與密度

紙張厚度依據 CNS3685 紙及紙板厚度及密度試驗法，在一定壓力下，用錶盤厚度儀量測之。密度利用下式作計算：

$$\text{紙張密度}(\text{g/m}^3) = \frac{\text{基量}}{\text{厚度} \times 1000}$$

### (3) pH 值

依 CNS 5471 之規定，使用冷水萃取法，取 2 g 氣乾紙樣，加入 100 mL 蒸餾水，放置 1 hr 後，濾取萃取液於燒杯中，並加入 2 mL KCl 溶液，進行紙張酸鹼值之測定。

#### 3.4.4 紙張之吸水度

依 CNS 1351 調製紙樣後，裁切成 15×150 mm，將紙樣吸水端浸入水面下 10 mm，進行紙張纖維毛細吸液高度之測定，量測紙樣於浸水 10 min 後，迅速畫下記號，紀錄水面以上吸水高度(葉仁正，2006)，圖 3 為吸水度試驗示意圖。

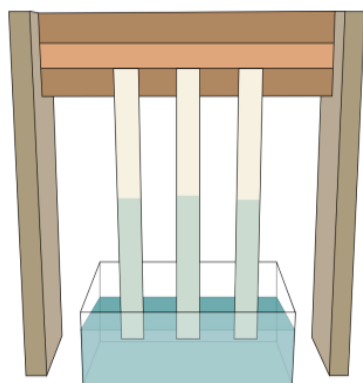


圖 3 紙張吸水度測試示意圖(修改自葉仁正，2006)

#### 3.4.5 紙面平滑度試驗

依 CNS 1351 調製紙樣後，依 CNS 2513 進行紙張平滑度測試，使用貝克式平滑度儀進行試驗，待 1 min 受測試樣穩定後，將調整開關栓調整至 380mmHg 後迅速推壓並轉動調整栓至關閉位置，以碼表或自動計時器紀錄壓力降至 360mmHg 所需時間，此值及維持 10L 空氣通過試樣台之平面及試樣所需秒數。

#### 3.4.6 加速劣化試驗

依 CNS 1351 調製紙樣後，裁切成適當的大小，將紙樣分別置於 105°C 烘箱內，以及固定於放置板上之 QUV 紫外光照射儀(燈管型號：UVB-313)中，分別於 24-72 hr 後，取出紙樣，測定其白度和色彩參數  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b$ ，並計算色差值 ( $\Delta E^*$ )。

### 3.5 紙張光學性質測試

#### 3.5.1 色差值

依照 CNS10136 不透明材料色差表示方法，使用色差儀測定加速劣化前後色彩  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ，並依下式計算色差值( $\Delta E^*$ )，每一樣品測定三點。

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

### 3.5.2 白度

依據 CNS1466 紙漿、紙及紙板白度試驗法，利用定向藍光白度儀量測紙樣，測定紙樣加速劣化前後，於 457nm 波長之反射率（%）並作紀錄。

## 3.6 紙張力學性質測試

依 CNS 1351、11291 之規定調製紙樣並裁切成 15×150 mm，依 CNS 1354、10378、1355 分別測定紙張抗張強度、耐強度及撕裂強度。

### 3.6.1 抗張強度試驗

根據 CNS1354 抗張性質試驗法(擺錘法)規定，將試片以夾距 10cm 之夾具平直夾緊，鉗頭垂直固定，擺錘施以負重直至斷裂，測量其斷裂力。抗張指數則根據以下公式作計算：

$$\text{抗張指數(N}\cdot\text{m/g)} = 1000 \times \frac{\text{抗張強度(kN/m)}}{\text{氣乾基重(g/m}^2\text{)}}$$

### 3.6.2 濕潤抗張強度試驗

根據 CNS5177 紙及紙板濕潤抗張強度試驗法測定濕潤強度，將紙樣放入 23±1℃ 的蒸餾水中，浸泡 10 s 完全濕潤後，將其放上吸水紙上，隨後再覆蓋一層吸水紙，將多餘的水分吸乾後，依 CNS1354 測量其斷裂力，並計算抗張指數。

### 3.6.3 耐折強度試驗

根據 CNS10378 耐折強度試驗法規定，使用負重 1 kgf 作測驗，以負荷張力 1 kgf、角度 135±2° 弧度來回擺動直至斷裂，紀錄其擺動次數。

### 3.6.4 撕裂強度試驗

根據 CNS1355 撕裂強度試驗法測定紙張撕裂強度，放上切割完成紙樣，固定於夾具上，利用儀器上之裁紙刀在試樣上劃下一切口，固定完成旋轉開關後將擺錘放下，使紙張撕裂測量其撕裂強度，再觀察指針刻度計下撕裂強度。

## 四、結果與討論

### 4.1 奈米化程度判定—羧酸鈉含量

奈米纖維素在不同反應時間處理下，其奈米化程度不同，因此可藉由滴定羧酸鈉含量來分辨，經測定未漂白及已漂白月桃漿料之 K 價分別為 2.4 與 8.6。未漂白月桃漿製備之羧酸鈉含量經反應時間 1、2、3、4、5 hr 反應後，分別為 0.45、0.73、0.77、0.79、0.81 mmol/g，而已漂月桃漿製備之奈米纖維素之羧酸鈉含量，經反應時間 1、2、3、4、5 hr 後，分別為 0.42、0.57、0.76、0.84、0.87 mmol/g，由圖 4 可知，已漂白月桃漿料羧酸基呈線性增，而未漂白月桃漿料羧酸基則呈現趨緩，代表經次氯酸鈉漂白處理有助於纖維奈米化。

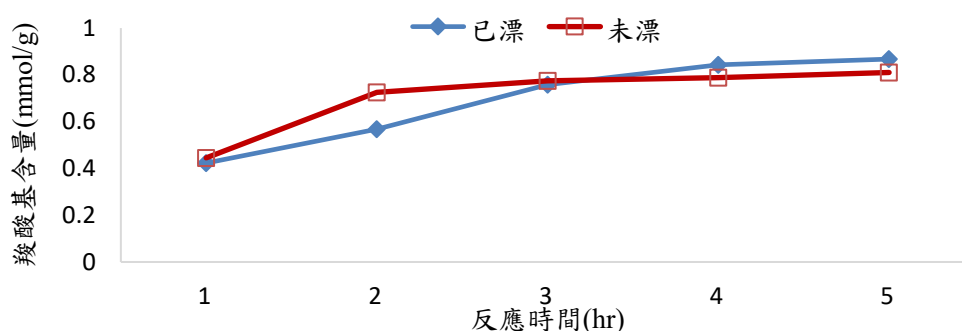


圖 4 不同反應時間月桃奈米纖維素之羧酸鈉含量

### 4.2 傅立葉轉換紅外光譜分析

圖 5 為不同反應時間的月桃奈米纖維素 FTIR 圖，其不同的羧酸鈉含量可於  $1600\text{ cm}^{-1}$  位置上的 C=O 訊號峰可發現，原纖維素上的 COOH 中的 C=O 訊號峰是在  $1720\text{ cm}^{-1}$  位置上，由於氧化反應使其 C6 位置上帶有 COONa 官能基，故其位置也轉移到  $1600\text{ cm}^{-1}$  (陳姿妏，2014)，隨著反應時間的增加，其羧酸鈉含量越高，此處峰值即會有增加的情況，由圖 6 可知，隨著反應時間的增加， $1600\text{ cm}^{-1}$  與  $2900\text{ cm}^{-1}$  訊號峰之比值亦隨之增加。

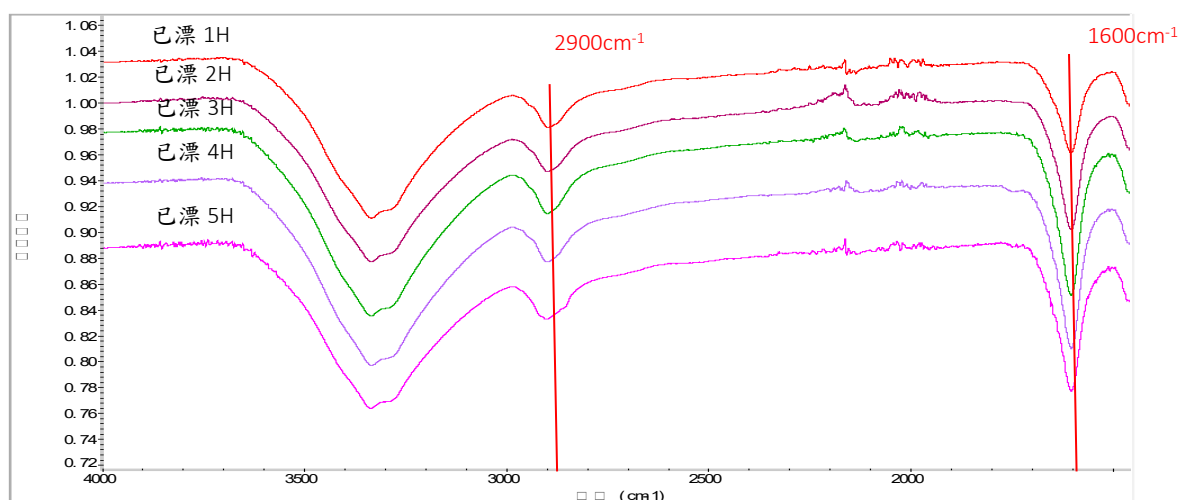


圖 5 不同反應時間之已漂月桃奈米纖維素 FTIR 光譜圖

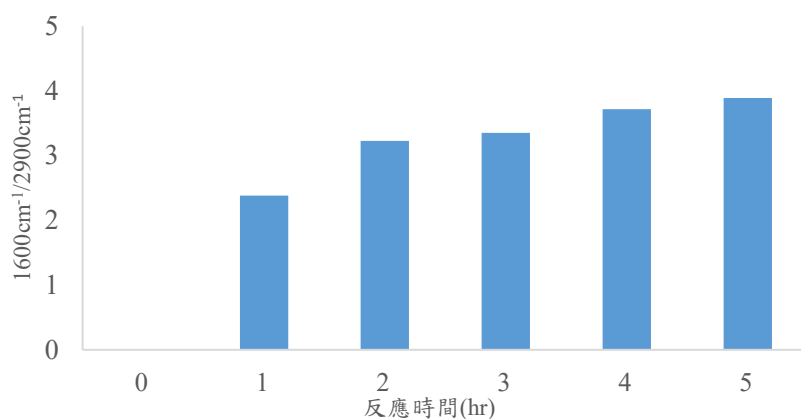


圖 6 反應時間對奈米纖維素 FTIR 光譜之  $1600\text{cm}^{-1}$  與  $2900\text{cm}^{-1}$  吸收峰值比值之影響

#### 4.3 月桃紙漿纖維型態觀察

置於光學顯微鏡(纖維照相系統 Leica DM750)下觀察，由圖 7A 可觀察出月桃葉鞘纖維呈現中間寬而兩邊狹長的特徵，圖 7B 中可觀察到月桃纖維所含的薄壁細胞，而圖 7C 觀察到一些微壓紋，這些與市售手工紙原料構樹(*Broussonetia papyrifera*)、青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)及亞麻(*Linum usitatissimum*)纖維有相似特徵，而月桃纖維長寬比為 201(陳盈君，2020)與宣紙原料青檀皮(243)相近(陳盈君，2020)，且紙力優異。圖 8 為基重  $60\text{g/m}^2$  月桃手抄紙，經光學顯微鏡觀察後，可觀察到奈米纖維素添加時，使紙張纖維分布更加緻密，增加紙張密度。



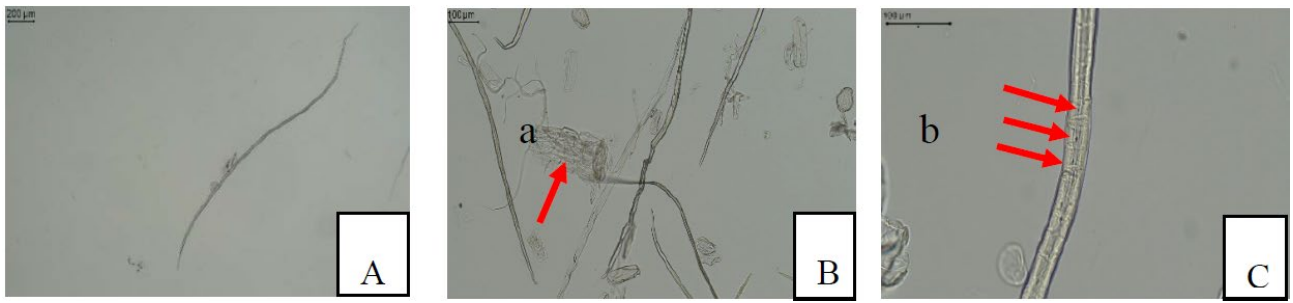


圖 7 月桃葉鞘纖維型態觀察 (A) 4x (B) 10x (C) 40x。a-薄壁細胞 b-壁孔 (本研究拍攝)

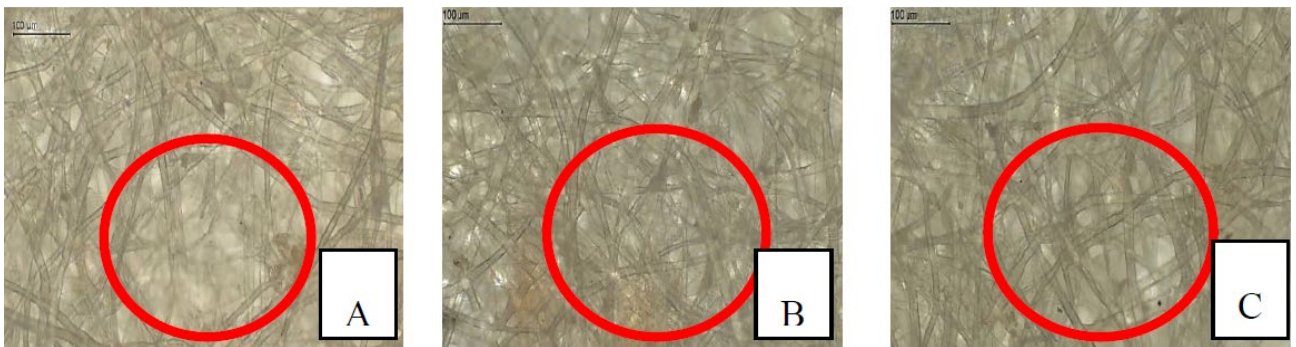


圖 8 添加奈米纖維素之月桃手抄紙顯微觀察 (A)未添加 NCF 之月桃手抄紙 (20x) (B)添加 10%月桃 NCF 之月桃手抄紙 (20x) (C)添加 10%雁皮 NCF 之月桃手抄紙 (20x)

#### 4.4 掃描式電子顯微鏡觀察

由圖 9 所示，當加入奈米纖維素後，紙張纖維之間可觀察到細微的奈米纖維的分布 (圖 9B)，亦可觀察到纖維間有膜狀之奈米纖維素分佈(圖 9C)，因此添加奈米纖維素後會減少纖維之間的空隙，使紙張強度提升。

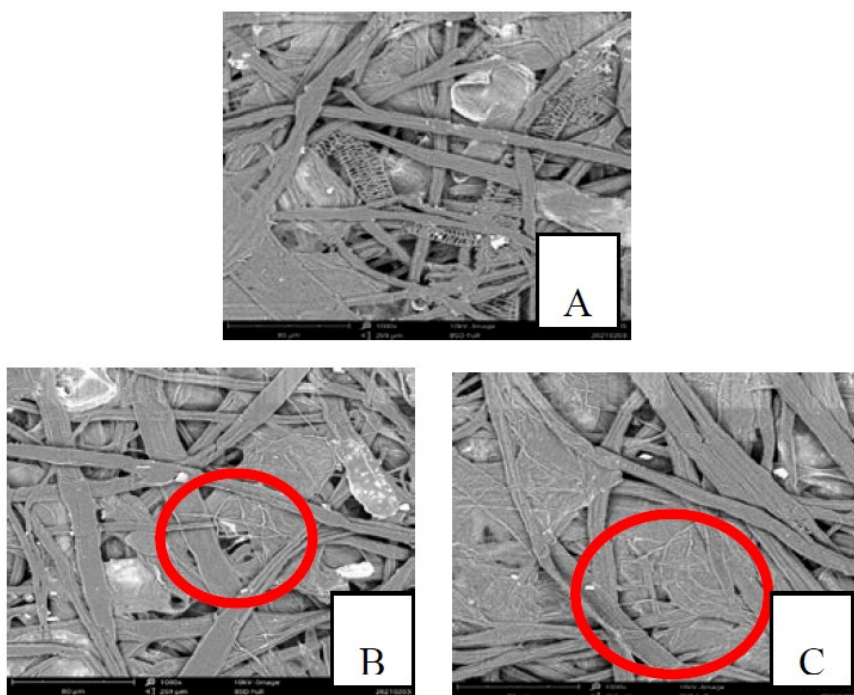


圖 9 添加奈米纖維素之月桃手抄紙顯 SEM 照相(A)未添加 NCF 之月桃手抄紙 (1000X) (B)添加 10%月桃 NCF 之月桃手抄紙 (1000X) (C)添加 10%雁皮 NCF 之月桃手抄紙 (1000X)

#### 4.5 穿透式電子顯微鏡

經 TEMPO 氧化後能使纖維素寬度降低，由於纖維間氫鍵強度降低，經機械處理後可得到單一纖維，利用穿透式電子顯微鏡觀察其形態，奈米之定義為尺寸小於 100 nm，由圖 10B 可知，反應 5hr 後之已漂月桃奈米纖維素有達到奈米尺寸之條件，並與雁皮之奈米纖維素進行比較。

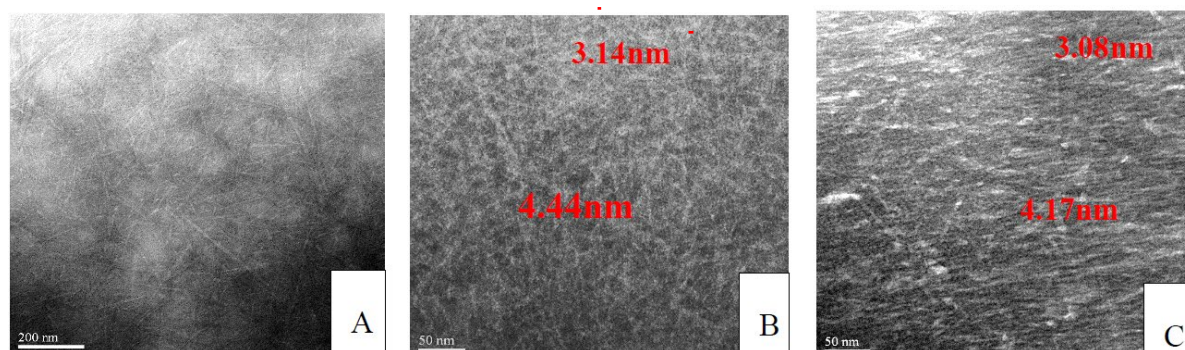


圖 10 月桃與雁皮纖維之奈米纖維素 TEM 照相 (A)月桃 NCF (15000x) (B)月桃 NCF (35000x) (C)雁皮 NCF (35000x)

#### 4.6 手抄紙之基本性質分析

由表 4 可知，當奈米纖維素添加量增加，紙張的緻密程度也隨之增加，其原因為奈米纖維素具有高結晶性(蘇裕昌，2018)，增加紙張纖維中的結晶區域，而添加奈米纖維素後亦能使紙張維持在中性值，有助於紙張性質穩定。

表 4 試驗用紙張基本性質分析

紙樣	奈米纖維素 添加量(%)	基重 (g/m <sup>2</sup> )	厚度 (mm)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	白度 %GE	pH 值
294 裱宣		29±0	0.08±0	0.36±0	81.14±0.0	9.17±0
月桃手抄紙 (Blank)		60±0	0.12±0.4	0.52±0	63.4±0.2	7.16±0
月	1	60±0.0	0.11±0.7	0.55±0.0	63.3±0.1	6.93±0.0
桃 雁	3	60±0.0	0.10±0.5	0.59±0.0	61.77±0.2	7.04±0.0
手 + 皮	5	60±0.0	0.10±0.5	0.59±0.0	61.5±0.3	7.14±0.0
抄 NCF	7	60±0.0	0.10±0.0	0.6±0.0	62.63±0.3	7.05±0.0
紙	10	60±0.0	0.09±0.1	0.67±0.0	62.55±0.4	7.9±0.0
月	1	60±0.0	0.1±0.4	0.57±0.0	63.63±0.3	7.03±0
桃 月	3	60±0.0	0.1±0.1	0.6±0.0	63.4±0.1	7.13±0
手 + 桃	5	60±0.0	0.09±0.1	0.61±0.0	63.57±0.1	6.57±0
抄 NCF	7	60±0.0	0.09±0.2	0.61±0.0	63.6±0.3	7.72±0
紙	10	60±0.0	0.09±0.2	0.62±0.0	63.23±0.4	7.16±0

#### 4.7 紙張吸水度

圖 11 中，未添加奈米纖維素之月桃手抄紙吸水度為 5.52cm，當奈米纖維素添加達 3% 時，雁皮與月桃奈米纖維素下降程度最為劇烈，分別為 4.7cm 與 4.5cm，因奈米纖維素具有高結晶的特性，添加於紙張中，纖維中的結晶區的增加，造成紙張整體吸水度下降，由圖 12 可知，添加雁皮漿及月桃漿奈米纖維素之月桃手抄紙，因添加了奈米纖維素，使吸水度稍遜於市售 294 裱宣。

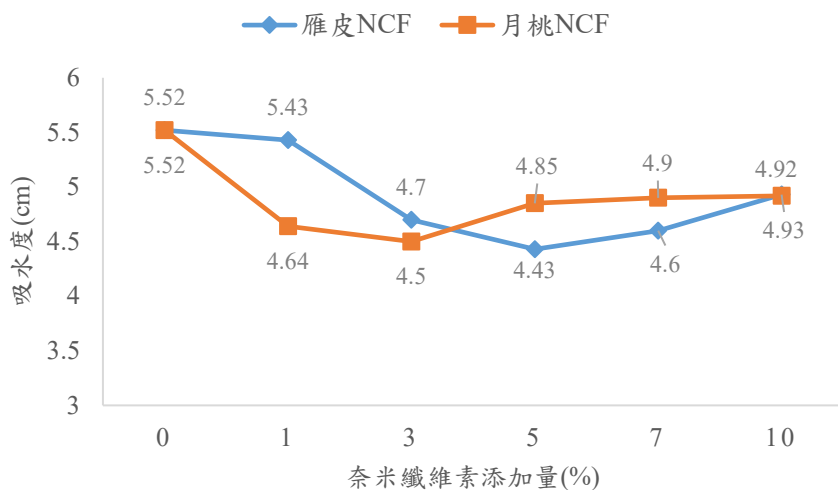


圖 11 添加奈米纖維素對月桃手抄紙吸水度之變化

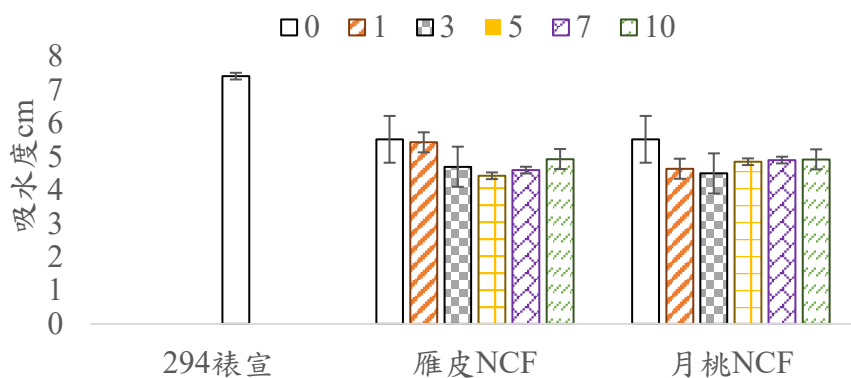


圖 12 奈米纖維素添加量對月桃手抄紙與市售裱宣之吸水度比較

#### 4.8 紙張之平滑度

當書畫作品以捲曲方式收藏時，裱件背面通常會接觸畫心，故紙張平滑度會影響作品保存(彭元興等，2016)，在進行裱褙時，第一道工序為初裱，將命紙之粗糙面貼附於作品背後，第二道工序將覆背紙之光滑面貼附於作品表面，故紙張平滑度會影響作品保存。由表 5 中可知，未添加奈米纖維素之月桃手抄紙，平滑面及粗糙面之平滑度為 32.5 sec 與 4.1 sec，而添加奈米纖維素後，因奈米纖維素有極大的表面積高結晶特性，可增加纖維間的結合與紙張緻密度，故提高平滑度。

表 5 添加奈米纖維素對月桃手抄紙平滑度之影響

		奈米纖維素添加量(%)				
平滑面	0	1	3	5	7	10
月桃手抄紙 (Blank)	32.5±1.7	—	—	—	—	—
月桃手抄紙 + 雁皮 NCF	32.5±1.7	34.4±2.6	40.0±13.6	61.2±5.6	48.8±5	42.0±5
月桃手抄紙 + 月桃 NCF	32.5±1.7	45.4±1.5	46.5±1	43.7±2	47.6±1.7	43.6±2.7
粗糙面	0	1	3	5	7	10
月桃手抄紙 (Blank)	4.1±0.4	—	—	—	—	—
月桃手抄紙 + 雁皮 NCF	4.1±0.4	4.6 ±0.4	4.5±0.4	4.2 ±0.3	4.4±0.3	4.3 ±0.4
月桃手抄紙 + 月桃 CNF	4.1 ±0.4	4.8± 0.4	4.4 ±0.2	4.6±0.3	4.4 ±0.1	4.1±0.2

#### 4.9 抗張強度變化

由圖 13 發現，隨雁皮及月桃奈米纖維素添加量的增加，月桃手抄紙之抗張指數亦隨之提升，推測可能是因為在添加奈米纖維素後，其表面積大且尺寸小，使紙漿和奈米纖維素之氫鍵結合增強，致使紙張強度提升(陳姿紋 2014)。另由圖 14 中可知，未添加奈米纖維素之月桃手抄紙，其抗張強度 61.91 Nm/g 明顯優於市售裱宣抗張指數 32.69 Nm/g。而當奈米纖維素添加量為 1%時，雁皮與月桃奈米纖維素抗張指數之上升程度最為顯著，分別為 3.96 與 4.24Nm/g，而後隨添加量增加抗張指數逐漸趨緩，而添加月桃奈米纖維素之手抄紙，其抗張強度大於添加雁皮奈米纖維素者，可能係因月桃手抄紙之纖維與月桃奈米纖維素有較高的相容性之故。當奈米纖維素添加量為 1%時，對強度提升最為明顯，添加奈米纖維素之月桃手抄紙之抗張指數優於未添加者，並優於 294 裱宣者。

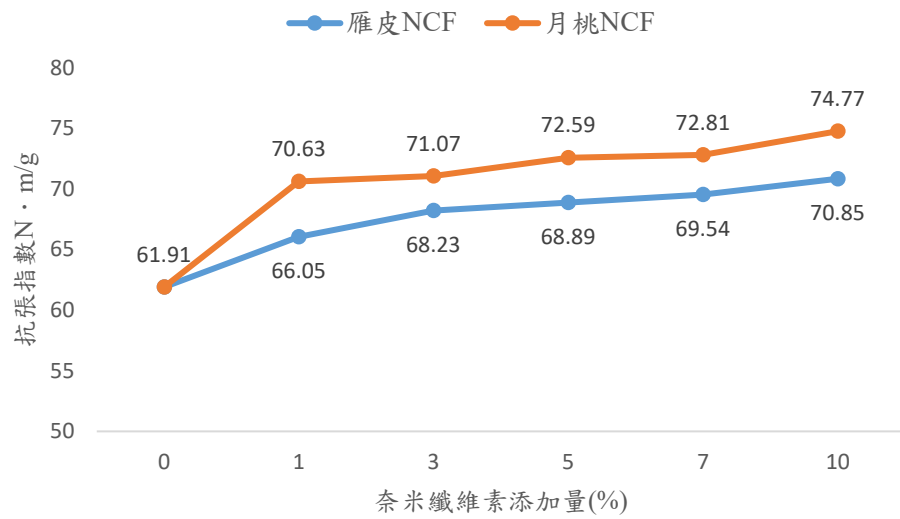


圖 13 奈米纖維素添加量對月桃手抄紙抗張指數之影響

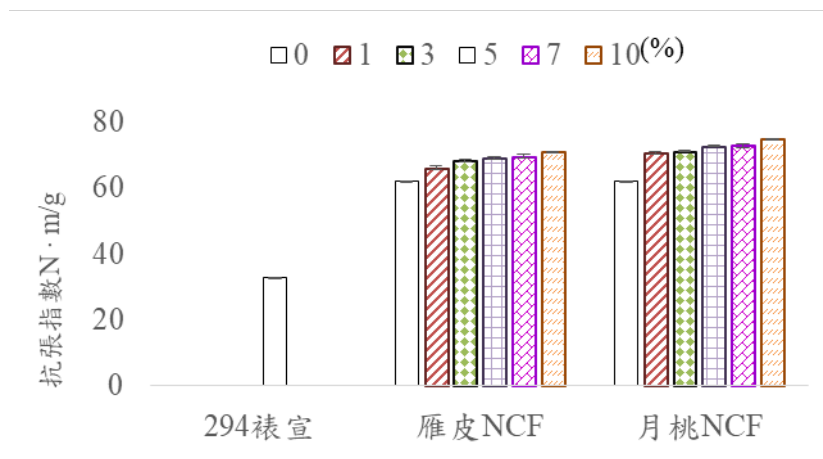


圖 14 添加奈米纖維素之月桃手抄紙與市售裱宣抗張指數之比較

#### 4.10 濕潤抗張強度變化

由圖 15 中可看出，在未添加奈米纖維素時其濕潤抗張指數高達 40.88 Nm/g，明顯優於市售裱宣之 3.49Nm/g，而添加雁皮奈米纖維之濕潤抗張強度介於 27.8~34.33 Nm/g 間；添加月桃奈米纖維其濕潤抗張指數介於 26.43~39.24 Nm/g，兩者皆優於市售 294 裱宣縱向濕潤抗張指數，顯示添加奈米纖維素後之月桃手工紙，具有成為修護用紙之潛力。

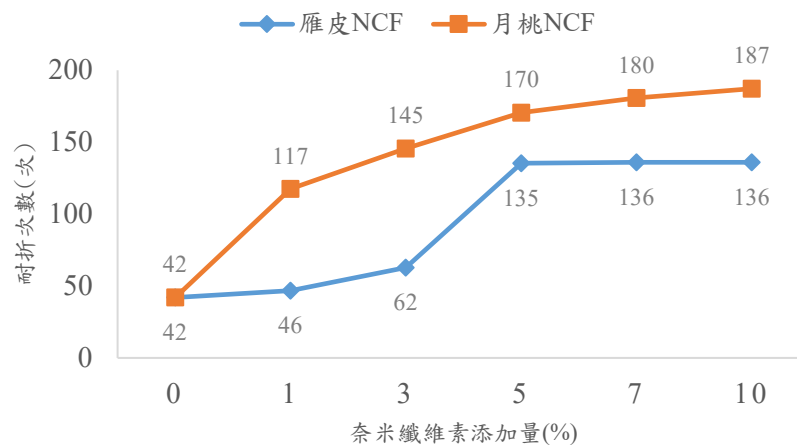


圖 15 添加奈米纖維素月桃手抄紙與市售裱宣濕潤抗張強度之比較

#### 4.11 耐折強度變化

由圖 16 可知，隨著奈米纖維素添加量的增加，耐折強度的次數也隨之增加，添加月桃奈米纖維素耐折強度高於添加雁皮奈米纖維素之耐折強度，未添加奈米纖維素之月桃手抄紙耐折強度為 42 次高於市售宣紙耐折強度 2 次，添加雁皮奈米纖維素月桃手抄紙，添加量為 5%時(135.33)強度增強最為顯著，添加月桃奈米纖維素月桃手抄紙，添加量為 1%時(117)強度增加最顯著。

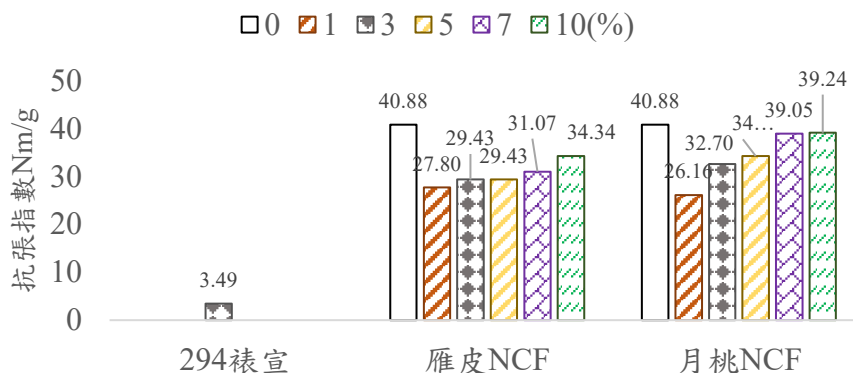


圖 16 添加奈米纖維素對月桃手抄紙耐折強度之影響



#### 4.12 撕裂強度變化

由圖 17 中發現，添加雁皮與月桃奈米纖維素之月桃手抄紙之撕裂強度相近，添加雁皮奈米纖維素之撕裂強度介於 4.38~5.18mN 之間，而添加月桃奈米纖維素之撕裂強度介於 4.43~4.83 間，未添加奈米纖維素之撕裂強度為 5.3mN，但隨奈米纖維素添加量上升，撕裂強度皆呈現下降，在奈米纖維素添加量為 1%時，添加雁皮奈米纖維素與月桃奈米纖維素之月桃手抄紙撕裂強度最高，分別為 5.18mN 與 4.83mN。根據前人研究，紙張密度提高，其蓬鬆程度下降，因此造成撕裂強度下降，添加後對於撕裂強度有減弱的效果。

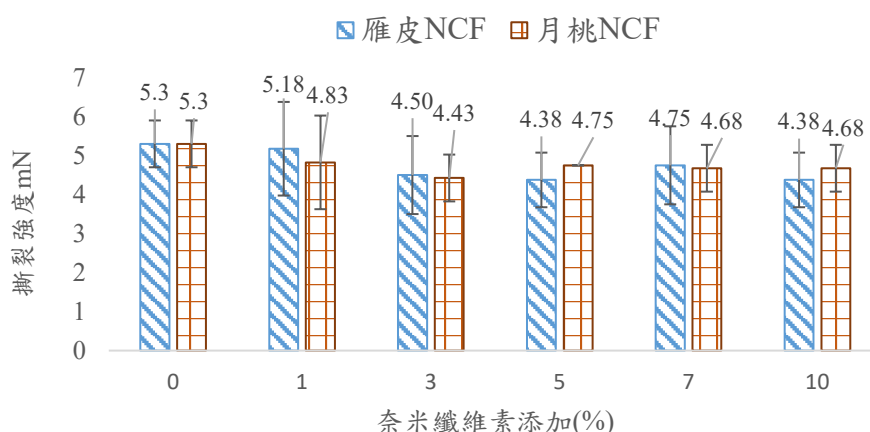


圖 17 添加奈米纖維素對月桃手抄紙撕裂強度之影響

#### 4.13 QUV 加速劣化試驗

由表 6 可知，在 QUV 光照劣化至 72hr 後，L\*值下降，a\*與 b\*值上升，有黃化的現象，而市售裱宣之 b\*值上升值大於添加奈米纖維素之紙樣。

表 6 添加奈米纖維素之月桃手抄紙與市售裱宣經 QUV 加速劣化 72hr 後之顏色變化

	照射時間 (hr)	白度 %GE	Δ 白度(%)	L*	a*	b*	ΔE*
294 裱宣	0	80.14	15.5	93.85	-0.44	5.20	9.21
	72	67.74		87.02	0.31	11.35	
雁皮 NCF 添加量 1%	0	63.30	5.2	92.08	0.0	13.78	5.32
	72	56.77		89.83	0.26	15.55	
月桃 NCF 添加量 1%	0	63.63	5.7	93.03	-0.30	13.63	12.72
	72	56.70		88.28	0.23	13.68	

#### 4.14 105°C 加速劣化試驗

由圖 18 及圖 19 中可觀察出，在高溫環境中，添加奈米纖維素之月桃手抄紙，與市售裱宣色差及白度劣化趨勢相近。

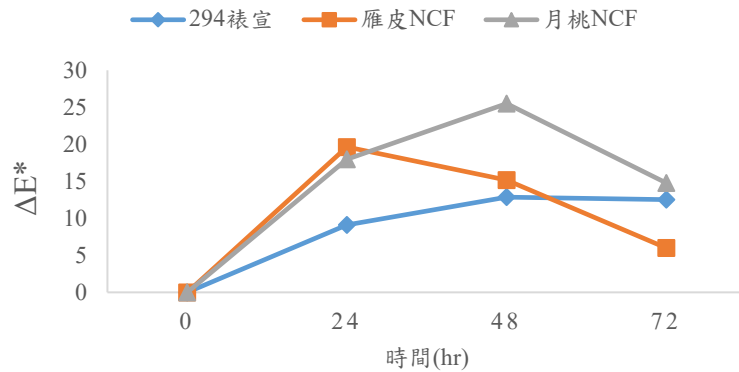


圖 18 添加奈米纖維素之月桃手抄紙與市售裱宣經 105°C 加速劣化 72hr 之色差值變化

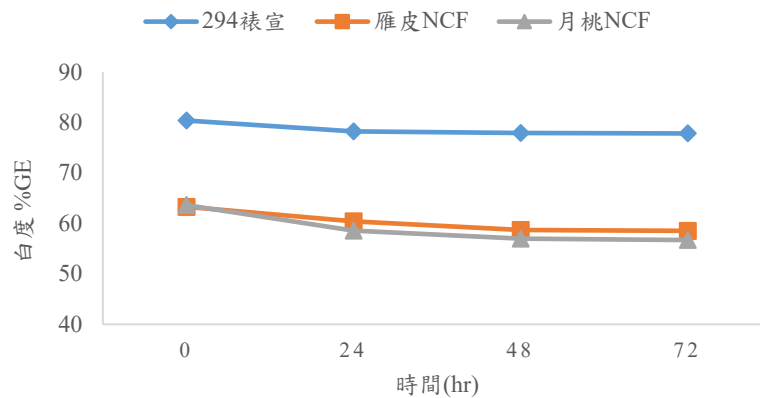


圖 19 添加奈米纖維素之月桃手抄紙與市售裱宣經 105°C 加速劣化 72 hr 後之白度變化

## 五、結論

本研究以評估本土植物月桃葉鞘纖維作為書畫修護用紙之可能性。綜合本研究之試驗結果可知，紙力提升以添加月桃奈米纖維素優於雁皮奈米纖維素添加者。奈米纖維素添加超過3%時，將使手抄紙吸水度下降劇烈，此性質將會影響修護裱褙時的漿糊之分散，紙樣之平滑度隨著奈米纖維素的添加而提升，紙樣光滑面在奈米纖維素添加量月桃為5%及雁皮7%時最佳，而粗糙面則以1%添加最佳。撕裂強度因手抄紙添加奈米纖維素使紙張緻密程度增加，使蓬鬆應力下降，在添加量為1%時撕裂強度最佳。經紙力強度測試中，當奈米纖維素添加濃度為1%時，抗張及耐折強度即有顯著提升，而與市售裱宣比較時，抗張、耐折及濕潤抗張強度皆優於市售宣紙。為評估紙張之安定性，而進行加速劣化試驗後，手抄紙之色差與白度劣化程度與市售裱宣相差不遠，顯示月桃手抄紙添加奈米纖維素後，有潛力成為良好的修護用紙。

◎謝誌：本研究感謝文化部文化資產局 109-研-10(33)研究計畫補助、另承蒙綜合紡織研究所、林業試驗所木纖組、文化部文化資產保存研究中心、台南藝術大學博古所協助儀器及試驗，特致謝忱。

## 參考文獻

1. 張豐吉 (2006) 認識圖書紙質。佛教圖書館館刊 43：9~23。
2. 許湘澄、杜明宏、陳盈君、夏滄琪 (2017) 月桃葉鞘應用於手工紙之研發。中華林產事業協會學術論文暨研究成果研討會摘要集。87~88。
3. 蘇裕昌 (2018) TEMPO 氧化纖維素奈米纖維的性質及其在紙製品上的應用。製漿技術 VOL 22 No.4 :1~6。
4. 陳文彬 (2011) 細說台灣原生植物—北台灣。書林出版有限公司。470 頁。
5. 郭育姣 (2006) 台灣月桃屬(薑科)植物分類與根莖精油分析之研究。國立嘉義大學森林暨自然資源研究所碩士論文。1~8、77~78 頁。
6. 葉育廷 (2011) 手工紙吸水性質之改良。國立嘉義大學林產科學暨家具工程學系研究所碩士論文。第 4~10 頁。
7. 陳佳琦、徐健國 (2015) 臺灣手工紙的過去，現在與未來。林業研究專訊 22(2)：3~6。
8. 王菊華 (1999) 中國造紙原料纖維特性及顯微圖譜。北京：中國輕工業出版社。
9. 王菊華 (2006) 中國古代造紙工程技術史。山西省：山西教育出版社。7、122~125、428~430、478~480 頁。
10. 王詩文 (2001) 中國傳統手工紙事典。台北市：財團法人樹火紀念紙文化基金會。72 頁。
11. 彭元興、徐建國 (2015) 甚麼是好紙—談鈔票用紙與書畫用紙性質要求。林業研究專訊 22(2)：23~28 頁。
12. 張豐吉 (1977) 鳳梨葉之製漿造紙試驗。科學發展月刊 5(1)：15~23。
13. 陳盈君 (2020) 月桃葉鞘研製書法用手工紙。國立嘉義大學木質材料與設計學。第 55~57 頁。
14. 周寶中 (2000) 文物保護科技文集。國立歷史博物館行。32~97 頁。
15. 葉仁正 (2006) 澱粉酵素應用於書畫裱褙襯紙揭離之技術。國立嘉義大學林產暨自然資源研究所碩士論文。41 頁
16. 楊時榮 (1991) 圖書維護學。南天書局有限公司出版。1~4 頁。
17. 童芷珍 (2014) 古籍修護技術。復旦古籍所。上海古籍出版社。
18. 彭元興、余世宗、徐健國 (2016) 裱褙用紙之研製及性質分析。國立臺灣博物館學刊 69(3)：15~22。
19. 賴炤銘、李錫隆 (2003) 奈米材料的特殊效應與應用。CHEMISTRY (THE CHINESE CHEM. SOC., TAIPEI) Vol. 61, No. 4 : 585~597。
20. 王益真、彭元興 (2016) 老材料 新使命：奈米纖維素的發展。林業研究專訊 Vol.23 No.6 : 40~43。
21. 范綱竹、李振綱 (2020) 奈米纖維素的製備及應用。科學期刊 572 : 36~41。
22. 潘婷等 (2020) 添加不同植物奈米纖維素纖維對於紙張強度之影響。林產工業 38(3) : 173~180 頁。
23. Cheng-Yen Chiang 1 , Kun-Shan Chen , Chih-Yuan Chu , Yang-Lang Chang and Kuo-Chin Fan (2018) Color Enhancement for Four-Component Decomposed Polarimetric SAR Image Based on a

24. Isogai, A., Saito, T., & Fukuzumi, H. (2011) TEMPO-oxidized cellulose nanofibers . *Nanoscale* 3(1): 71-85.
25. Kitaoka T., Isogai A., Onabe F. 1999 Chemical modification of pulp fibers by TEMPO-mediated oxidation. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 14(4), 279-284.
26. Smith, R.M. (1990) .*Alpinia*(Zingiberaceae): a proposed new infrageneric classification. *Edinburgh Journal of Botany*, 47(1),1-75.
27. Saito, T., Nishiyama, Y., Putaux, J.-L., Vignon, M., & Isogai, A. (2006). Homogeneous Suspensions of Individualized Microfibrils from TEMPO-Catalyzed Oxidation of Native Cellulose. *Biomacromolecules*, 7(6), 1687–1691.
28. 河崎雅行，石塚一彦，川崎賢太郎 2018 TEMPO 酸化 CNF の紙製品への適用。紙パ技協誌 71(4) : 394-398.
29. 磯貝明、小保方 隆夫、齊藤繼之 2005 湿潤紙力剤 に關する最近の研究。紙紙漿技術タイムス 48(7) : 9-16.

### (三) 公文往返之紀錄

公文日期	文號	主旨
111/01/13	文資研字第 11130006932 號	有關「2021 文化部文化資產學院」研發群組延續型計畫期末考評暨本年度核定補助結果，詳如說明，請查照。
111/01/27	嘉大木字第 1119000499 號	本校申請貴局「2022 文化部文化資產學院」研發群組補助編號：109-研-10(3/3)計畫「以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討」修正計畫書，業已採電子檔案上傳，請查照。
111/03/15	嘉大木字第 1119001190 號	檢送本校申請貴局「2022 文化部文化資產學院補助計畫」研發群組「以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討」計畫(補助編號：109-研-10(3/3))之第 1 期款預開收據 1 份，請查照惠撥。
111/11/09	文資研字第 1113012635 號	有關本局「2022 文化部文化資產學院補助計畫」教學、研發及推廣群組成果報告書等結案資料繳交，請貴單位確依說明事項辦理，至紉公誼。
111/11/15	文資研字第 1113012771 號	有關本局「2022 文化部文化資產學院補助計畫」所補助國立學校辦理之計畫，均採支用單據留存學校方式辦理，請貴校依規定妥善保存，以備查核，請查照。
111/12/02	嘉大木字第 1119005952 號	檢送本校木質材料與設計學系執行貴局文資學院研發群組編號：109-研-10(3/3)計畫「以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討」結案資料，請查照。

#### (四) 歷年相關研究成果概述

藉由本研究成果深入了解月桃葉鞘纖維之纖維特性及化學組成分含量，以及不同原料型態對於製漿性質之影響，將此結果作為製造月桃葉鞘紙漿最佳條件之依據，開發利用非木本植物之纖維。藉由本研究成果與市售修護用途手工棉紙及宣紙比較，探討研製兼具強韌及細緻具濕潤特性手工紙之可能性，期達到市售修護用手工紙性質，增加台灣本土原生植物之利用與發展性，降低台灣手工紙廠進口纖維原料之成本壓力，利於提升國內手工紙廠之未來展往，並提供兼具台灣本土特色，且符合保存與修護用途之月桃手工紙。

本計畫第一年已達成三項目標如下：

- 1.進行本土原生植物-月桃葉鞘採集、製漿性質分析試驗。
- 2.建置製漿及手工紙抄造設備及系統。
- 3.完成月桃葉鞘纖維製造手工紙技術之研究與開發。

本計畫第二年已達成三項目標如下：

- 1.進行月桃葉鞘纖維奈米纖維素製造試驗分析。
- 2.添加奈米纖維素完成月桃葉鞘纖維製造修護用手工紙之技術建置。
- 3.請專業表被師父三與紙張性質評估。

本計畫第三年已達成三項目標如下：

- 1.進行月桃葉鞘纖維研製書畫用手工紙之試驗分析。
- 2.與市售優質書畫用手工紙，進行墨暈、吸水性等之比較。



### 3.邀請專業書法及繪畫專家進行試墨揮毫評估。

藉由市售常用書畫裱修用紙性質之探討，研製基重為 30 g/m<sup>2</sup> 之月桃手工紙，並以市售修護用紙之紙力性質為比較依據，期達到合於修護用手工紙水準之力學特性，酸鹼值的部分則須達到為弱鹼，經參考手工紙廠之配比，設定為三種類型紙樣進行試製，A-1 手工月桃仿裱褙宣紙之月桃比例較低，添加入裁邊紙以及碳酸鈣，使紙張較為柔軟，B-1 月桃手工紙之月桃漿添加比例較高，且無加入裁邊紙，再將兩種配比分為有無濕強劑之添加 (A-2、B-2)。經試驗結果發現，市售之書畫修護用紙白度約在 75% GE，而本研究之月桃修護用紙則平均為低 (70% GE)，係因雁皮以及月桃漿料之白度較低，在酸鹼值的部分，月桃修護用紙平均則高於市售之修護用紙，其中 B-1 紙之樹皮配比較高，故其紙力皆大於 A-1 紙，此外月桃修護用紙之紙力部分優於市售修護用紙，但在吸水性則略低於市售修護用紙。於 QUV 加速照光老化試驗中得知，經劣化後之試樣紙力明顯下降，且酸鹼值也會有降低之趨勢，而色差值則平均約為 8 左右。藉由本研究發現月桃纖維有成為書畫裱修用紙原料之潛力，期能降低台灣手工紙廠進口纖維原料之成本壓力，並有利於提升國內手工紙廠之新材料開發，並開發出兼具台灣本土特色植物纖維之書畫修護用手工紙。

本研究之學術發表情形如下：

#### 期刊論文：

- 1.月桃葉鞘應用於手工紙之研發 (2019) 林產工業 37(4)：229-236 (學術論文)

2.添加不同植物奈米纖維素對於紙張強度之影響 (2019) 林產工業 28(3)：173-180 (學術論文)

3.應用鳳梨葉奈米纖維素改良月桃修護用手工紙之研究 (2022) 林產工業 39(2)：65-76 (學術論文)

#### **研討會論文：**

修護用手工紙之研發-以台灣本土植物月桃纖維為例：《中華林學會》109 年森林資源永續發展研討會 (109.11.12)

#### **海報發表：**

109 年中華林產事業協會學術論文暨研究成果研討會海報發表：月桃葉鞘應用於修護用手紙之初探 (109.06.05)

2020 文化部文化資產學院成果展：以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討研發成果海報 (109.11.26-28)

110 年中華林產事業協會學術論文計研究成果研討會海報發表：以 TEMPO 氧化法研製台灣本土植物月桃葉鞘纖維之奈米纖維素 (110.06.04)

110 年中華林學會森林資源永續發展研討會海報發表：奈米纖維素添加堆於月桃裱修用手工紙之探討 (110.10.28)

111 年中華林學會森林資源永續發展研討會海報發表：書畫用月桃手工宣紙適性評估 (111.10.27)

#### **碩士論文：**

陳盈君 (2020) 月桃葉鞘研製書法用手工紙。國立嘉義大學木質材料與設計學系  
研究所碩士論文。

**大學畢業專題論文：**

李盈緻 (2021) 月桃葉鞘纖維配合奈米纖維素添加劑應用於修護用手工紙之研  
發。國立嘉義大學木質材料與設計學系論文。

## (五) 文化部文化資產學院研發群組計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

### (一) 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

☒達成目標

☐未達成目標（請說明，以 100 字為限）

☐實驗失敗

☐因故實驗中斷

☐其他原因

說明：

### (二) 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文：☐已發表 ☐未發表之文稿 ☐撰寫中 ☒無

專利：☐已獲得 ☐申請中 ☒無

技轉：☐已技轉 ☐洽談中 ☒無

其他：（以 100 字為限）

海報發表：111 年中華林學會森林資源永續發展研討會海報發表：書畫用月桃手工宣紙適性評估 (111.10.27)

文化資產保存學刊發表：研發以奈米纖維素添加之修護用月桃葉鞘纖維手工紙 (111.12) (已投稿尚未刊登)

### (三) 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

月桃係屬臺灣特有之常綠性多年生草本植物，廣泛分佈於台灣低海拔山野林下，植株之蘊藏量甚為豐富，本研究計畫之合作企業（華實興業股份有限公司—月桃故事館）與農民契作月桃栽植，每年收取約有 100 噸之月桃葉、葉鞘及果實(種子)提煉抽出成份，應用於保健、化妝、保養產品，其廢棄之葉鞘正可提供製漿造紙之用，既可因前處理而減少藥劑使用量，更可充分應用廢棄物產生有用之資源，而達於“循環經濟”之效益。由試驗知：蘇打法製漿之收率約為 45%上下(所得紙漿之木質素含量遠低於構樹紙漿)。將可朝向提高收率之方向研發，未來十分具有實際開發成為高級之書法用手工紙及修裱修護用手工紙之潛力。

本研究擬與手工紙廠（福隆棉紙公司）合作，協助進行月桃葉鞘之製漿造紙技術之研發，開發作為手工紙之優質纖維原料，探討研製兼具棉紙強韌性與宣紙細緻，具濕潤特性之修護用手工紙的可能性，並可藉由本地原生植物纖維原料，增加環境資源利用，降低手工紙原料之生產成本，期以研製兼具台灣本地特色，且符合保存修護用途之手工紙，利於提升國內手工紙廠之原料供應，並提供紙質修護人員另一種保存與修護用紙之新選項。本計畫之第三年成果

達成目標項目：1. 進行月桃葉鞘纖維研製書畫用手工紙之試驗分析。2. 與市售優質書畫用手工紙，進行墨暈、吸水性等之比較。3. 邀請專業書法及繪畫專家進行試墨揮毫評估。

## (六) 文化部文化資產學院研發群組計畫成果彙整表

成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號..等)
學術性論文	國內	期刊論文	4	篇	1.月桃葉鞘應用於手工紙之研發：(2018)林產工業 37(4)：229-236(學術論文) 2.添加不同植物奈米纖維素對於紙張強度之影響 (2019) 林產工業 28(3)：173-180 (學術論文) 3.應用鳳梨葉奈米纖維素改良月桃修護用手工紙之研究 (2022) 林產工業 39(2)：65-76 (學術論文) 4.研發以奈米纖維素添加之修護用月桃葉鞘纖維手工紙 (2022) 文化資產保存學刊 (已投稿尚未刊登)
		研討會論文	3	篇	1.修護用手工紙之研發-以台灣本土植物月桃纖維為例：《中華林學會》109 年森林資源永續發展研討會(109.11.12) 2.以 TEMPO 氧化法研製台灣本土植物月桃葉鞘纖維之奈米纖維素：110 年中華林產事業協會學術論文計研究成果研討會海報發表(110.06.04) 3.奈米纖維素添加對於月桃裱修用手工紙之探討：110 年中華林學會森林資源永續發展研討會海報發表(110.10.28)
		專書		本	
		專書論文		章	
		技術報告		篇	
		其他	2	篇	1. 2020 文化部文化資產學院成果展：以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討研發成果海報(109.11.26-28) 2.嘉大校訊 105 期專題報導：臺灣民俗植物月桃葉鞘纖維研發書畫用紙(110.09.10)
	國外	期刊論文		篇	
		研討會論文		篇	
		專書		本	
		專書論文		章	
		技術報告		篇	
		其他		篇	
專利	國內	發明專利		件	
		新型專利		件	
		設計專利		件	
	外國	發明專利		件	

		其他		件	
技 轉	國內	(新臺幣)		元	
	國內	(新臺幣)		元	
參 與 計 畫 人 力	本 國 籍	大專生	3	人次	甘庭瑜、林弈均、邱于婷
		碩士生	4	人次	李孟鴻、李汶蔚、王怡仁、曾春元
		博士生		人次	
		專任人員 (博士級)		人次	
		專任人員 (非博士級)		人次	
	非 本 國 籍	大專生		人次	
		碩士生		人次	
		博士生		人次	
		專任人員 (博士級)		人次	
		專任人員 (非博士級)		人次	
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					



## 十、計畫相關經費說明表

### 接受文化部文化資產局補（捐）助計畫整體經費報告表

中華民國 111 年度

單位：新臺幣元

受補（捐）助單位 名 稱	國立嘉義大學木質材料與設計學系				
補 助 計 畫 名 稱	建構文化資產守護網絡－2022 文化部文化資產學院補助計畫研發群組 以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討				
經 費 執 行 事 項	科目名稱	原核定金額（元）		實際支用金額（元）	
		補助款	配合款	補助款	配合款
	人 事 費	382,735	0	381,898	0
	業 務 費	309,915	141,177	309,915	141,177
	雜 支	34,630	0	34,630	0
	行 政 管 理 費	72,720	0	72,720	0
	合 計	800,000	141,177	799,163	141,177
	補 助 比 例	100%		99.9%	
計畫完成結餘款 (請填入補助款結餘)	金 額	837 元 結餘款謹依規定繳回國庫，請貴局逕自第 2 期款扣減			
	結 餘 款 說 明	(如:人事費餘 1 萬元，業務費-差旅費餘 5000 元)			
計 畫 執 行 情 形	■已完成                      □未完成				
計畫內工作項目 未 完 成 原 因					

說明：

1. 各機關補（捐）助其他政府機關或私人團體私人經費，應全部逐項列入本表。
2. 補（捐）助金額係指補（捐）助機關當年實際撥付補（捐）助數。
3. 實際支用金額係指受補（捐）助單位實際支用數，若補（捐）助金額為其支出之一部份者，則按補（捐）助比例計算之。
4. 本表應依工作計劃科目順序填列，每一科目實際支用金額應結一小計，並於備註記預算數額，所有科目之實際支用金額應結一總計並於備註欄註記預算總數。

建構文化資產守護網絡－2022 文化部文化資產學院補助計畫

研發群組－以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討

預算數與實支數對照表

單位：新臺幣元

預 算 科	預 算 細 目	核 準 預 算 金 額 (補助+配合)	實支金額	結餘溢支 金 額	憑證起迄編號	說 明 (實支金額)
1.人事費	1-1 計畫主持人費	110,000	110,000	0		
	1-2 研究人力費：兼任助理	264,000	264,000	0		
	1-3 二代健保	8,735	7,898	837		補助款 8,735 餘 837 元繳回
	1-1 至 1-3	382,735	381,898	837		
2.業務費	2-1 設備維護費	50,000	50,000	0		
	2-2 耗材費	401,092	401,092	0		補助款 259,915 校配合款 141,177
	2-1 至 2-2	451,092	451,092	0		補助款 309,915 校配合款 141,177
3.雜支	3-1 雜支	34,630	34,630			
4.行政管理費	4-1 行政管理費	72,720	72,720			
總 計		941,177	940,340	837		補助 800,000 校配合款 141,177

註：1. 無核列預算科目及細目者免填本表  
2. 表格若不敷使用請自行增列

建構文化資產守護網絡－2022 文化部文化資產學院補助計畫

費用結報明細表

年度：111 年 12 月 02 日

第 01 頁

計畫 名稱	研發群組－以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工 紙之探討								總計 金額	940,340 元整 (請填入實際支付補助款及校配合款總 額)						
支 用 內 容																
憑證 號碼	用途別	摘 要	小 計							合 計						
			佰	拾	萬	仟	佰	拾	元	佰	拾	萬	仟	百	拾	元
1	人事費	付【計畫用】111 年 2、3 月 李汶蔚、李孟鴻學習型－兼 任研究助理－研究助學金			3	2	6	7	6			3	2	6	7	6
2	人事費	付【計畫用】夏滄琪 111 年 2、3 月計畫主持人費			2	0	0	0	0			5	2	6	7	6
3	人事費	付【計畫用】夏滄琪 111 年 2、3 月計畫主持人費--機關 負擔補充健保費					4	2	2			5	3	0	9	8
4	人事費	付【計畫用】111 年 4 月李 汶蔚、李孟鴻學習型兼任研 究助理研究助學金			1	6	3	3	8			6	9	4	3	6
5	人事費	付【計畫用】夏滄琪 111 年 4 月計畫主持人費			1	0	0	0	0			7	9	4	3	6
6	人事費	付【計畫用】夏滄琪 111 年 4 月計畫主持人費--機關負擔 補充健保費					2	1	1			7	9	6	4	7
7	人事費	付【計畫用】111 年 5 月李 汶蔚、李孟鴻學習型兼任研 究助理研究助學金			1	6	3	3	8			9	5	9	8	5
8	人事費	付【計畫用】夏滄琪 111 年 5 月計畫主持人費			1	0	0	0	0		1	0	5	9	8	5
9	人事費	付【計畫用】夏滄琪 111 年 5 月計畫主持人費--機關負擔 補充健保費					2	1	1		1	0	6	1	9	6
10	人事費	付【計畫用】111 年 5 月王 怡仁學習型-兼任助理-研究 助學金				8	1	6	9		1	1	4	3	6	5

11	人事費	付【計畫用】111年6月李汶蔚、李孟鴻學習型-兼任研究助理-研究助學金			1	6	3	3	8		1	3	0	7	0	3
12	人事費	付【計畫用】夏滄琪 111 年 6 月計畫主持人費			1	0	0	0	0		1	4	0	7	0	3
13	人事費	付【計畫用】夏滄琪 111 年 6 月計畫主持人費--機關負擔補充健保費					2	1	1		1	4	0	9	1	4
14	人事費	【計畫用】付 6 月王怡仁學習型兼任助理研究助學金				8	1	6	9		1	4	9	0	8	3
15	人事費	【計畫用】付 111 年 7 月李汶蔚、李孟鴻學習型－兼任研究助理－研究助學金			1	6	3	3	8		1	6	5	4	2	1
16	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 7 月計畫主持人費			1	0	0	0	0		1	7	5	4	2	1
17	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 7 月計畫主持人費－機關負擔補充健保費					2	1	1		1	7	5	6	3	2
18	人事費	【計畫用】付 7 月王怡仁學習型兼任助理研究助學金				8	1	6	9		1	8	3	8	0	1
19	人事費	【計畫用】付 111 年 8 月李汶蔚、李孟鴻學習型－兼任研究助理－研究助學金			1	6	3	3	8		2	0	0	1	3	9
20	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 8 月計畫主持人費			1	0	0	0	0		2	1	0	1	3	9
21	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 8 月計畫主持人費－機關負擔補充健保費					2	1	1		2	1	0	3	5	0
22	人事費	【計畫用】付 8 月王怡仁兼任助理研究助學金(學習型)				8	1	6	9		2	1	8	5	1	9
23	人事費	【計畫用】付 111 年 9 月李汶蔚、李孟鴻學習型－兼任研究助理－研究助學金--含機關負擔補充健保費			1	6	3	3	8		2	3	4	8	5	7
24	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 9 月計畫主持人費			1	0	0	0	0		2	4	4	8	5	7

25	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 9 月計畫主持人費--機關負擔補充健保費					2	1	1		2	4	5	0	6	8
26	人事費	【計畫用】付 9 月王怡仁兼任助理研究助學金(學習型)				8	1	6	9		2	5	3	2	3	7
27	人事費	【計畫用】付 111 年 10 月李汶蔚、李孟鴻學習型—兼任研究助理—研究助學金			1	6	3	3	8		2	6	9	5	7	5
28	人事費	【計畫用】付 111 年 10 月王怡仁、曾春元學習型—兼任研究助理—研究助學金			1	6	3	3	8		2	8	5	9	1	3
29	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 10 月計畫主持人費			1	0	0	0	0		2	9	5	9	1	3
30	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 10 月計畫主持人費--機關負擔補充健保費					2	1	1		2	9	6	1	2	4
31	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 11-12 月計畫主持人費			2	0	0	0	0		3	1	6	1	2	4
32	人事費	【計畫用】付夏滄琪 111 年 11-12 月計畫主持人費--機關負擔補充健保費					4	2	2		3	1	6	5	4	6
33	人事費	【計畫用】付 111 年 11-12 月李汶蔚.李孟鴻學習型-兼任研究助理-研究助學金			3	2	6	7	6		3	4	9	2	2	2
34	人事費	【計畫用】付 111 年 11-12 月王怡仁.曾春元學習型-兼任助理-研究助學金			3	2	6	7	6		3	8	1	8	9	8
補助款合計				3	8	1	8	9	8		3	8	1	8	9	8
35	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(夏滄琪代墊)				1	4	4	0				1	4	4	0
36	材料費	付【計畫用】付計畫用耗材(定性濾紙等)			2	0	3	0	0			2	1	7	4	0
37	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(月桃紙漿)				8	0	0	0			2	9	7	4	0
38	材料費	付【計畫用】實驗材料費(定性濾紙等)			3	0	0	2	0			5	9	7	6	0
39	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(棉紗原料)(夏滄琪代墊)				8	5	0	0			6	8	2	6	0

40	材料費	【計畫用】付計畫用實驗材料費(麻紗原料)(夏滄琪代墊)				9	5	0	0			7	7	7	6	0
41	材料費	付【計畫用】計畫用材料費(氦氣)			2	0	0	0	0			9	7	7	6	0
42	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(酒精、工作裙等)(夏滄琪代墊)				8	8	1	0		1	0	6	5	7	0
43	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(血清瓶)				2	9	9	0		1	0	9	5	6	0
44	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(月桃纖紙等)			1	8	8	0	0		1	2	8	3	6	0
45	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(夾鏈袋等)(夏滄琪代墊)				5	5	0	0		1	3	3	8	6	0
46	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(膠手套等)(夏滄琪代墊)				5	1	3	0		1	3	8	9	9	0
47	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(襪襪紙)				9	8	0	0		1	4	8	7	9	0
48	材料費	【計畫用】付實驗用材料費(整理箱等)(夏滄琪代墊)					6	0	0		1	4	9	3	9	0
49	材料費	【計畫用】付實驗用材料費(氮氣6米)				2	4	0	0		1	5	1	7	9	0
50	材料費	【計畫用】付實驗用材料費(定性濾紙等)			3	7	2	5	0		1	8	9	0	4	0
51	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(鳳梨纖紙全開等)			3	7	8	5	2		2	2	6	8	9	2
52	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(75%防疫酒精等)				1	5	8	5		2	2	8	4	7	7
53	材料費	【計畫用】付計畫用材料費(鳳梨纖紙半開等)			2	0	9	9	5		2	4	9	4	7	2
54	材料費	【計畫用】付計畫用鳳梨纖維解纖(夏滄琪代墊)				7	5	0	0		2	5	6	9	7	2
55	材料費	【計畫用】付實驗用材料費(塑膠培養皿等)				2	9	4	3		2	5	9	9	1	5
補助款合計				2	5	9	9	1	5		2	5	9	9	1	5
56	雜支	【計畫用】付計畫用雜支(夏滄琪代墊)					3	6	7					3	6	7

57	雜支	【計畫用】付計畫用雜支(夏滄琪代墊)				7	6	0				1	1	2	7
58	雜支	【計畫用】付計畫用雜支(修理門鎖)(紙張性質研究室)			1	5	0	0				2	6	2	7
59	雜支	【計畫用】付計畫用實驗室辦公耗材(電池等)			4	6	6	3				7	2	9	0
60	雜支	【計畫用】付計畫雜支費用(實驗室電腦處理)				6	3	0				7	9	2	0
61	雜支	【計畫用】付計畫用海報輸出、郵資 2 式(夏滄琪代墊)					9	2				8	0	1	2
62	雜支	【計畫用】付計畫用海報輸出、郵資 2 式(夏滄琪代墊)			2	4	0	0			1	0	4	1	2
63	雜支	【計畫用】付實驗室用碳粉匣(KYOCERA 碳粉匣)		1	4	2	7	1			2	4	6	8	3
64	雜支	【計畫用】付實驗室用修繕更換喇叭門鎖(木工廠接菌室)				5	0	0			2	5	1	8	3
65	雜支	【計畫用】付實驗室用雜支(原子印、五金刷等)(夏滄琪代墊)				4	4	3			2	5	6	2	6
66	雜支	【計畫用】付實驗室用雜支(原子印、五金刷等)(夏滄琪代墊)				1	2	0			2	5	7	4	6
67	雜支	【計畫用】付計畫用雜支(夏滄琪代墊)(藍靛精粉等)			3	4	5	1			2	9	1	9	7
68	雜支	【計畫用】付計畫用雜支(影印費用)			1	3	5	3			3	0	5	5	0
69	雜支	【計畫用】付計畫用雜支(創見外接硬碟及雙頻無線路由器 2 式)			4	0	8	0			3	4	6	3	0
補助款合計				3	4	6	3	0			3	4	6	3	0
70	設備使用及維護費與租金	【計畫用】付計畫用雜支(印表機維修)			2	5	0	0				2	5	0	0
71	設備使用及維護費與租金	【計畫用】付計畫用設備維修費(恆溫恆濕機)			4	0	0	0				6	5	0	0



72	設備使用及維護費與租金	【計畫用】付實驗用儀器搬運費用				9	4	5	0			1	5	9	5	0
73	設備使用及維護費與租金	付【計畫用】計畫用設備維修費用(電源線路配裝)			3	4	0	5	0			5	0	0	0	0
補助款合計					5	0	0	0	0			5	0	0	0	0
74	管理費	111D3-004 行政管理費			7	2	7	2	0			7	2	7	2	0
補助款合計					7	2	7	2	0			7	2	7	2	0
	校配合款	【計畫用】配合款—支付印表機碳粉匣費用一式(夏滄琪)				2	9	3	6				2	9	3	6
	校配合款	【計畫用】配合款—支付電腦用無線鍵盤滑鼠費用一式(夏滄琪)				1	0	5	0				3	9	8	6
	校配合款	【計畫用】配合款—支付研究室冷氣控制器修理費用一式(夏滄琪)				1	6	8	0				5	6	6	6
	校配合款	【計畫用】配合款—支付實驗用燒杯、酒精等耗材費用一式(夏滄琪)代墊				2	6	0	0				8	2	6	6
	校配合款	【計畫用】配合款—付實驗室用衛生紙及擦手紙費用一式(夏滄琪)				1	0	6	1				9	3	2	7
	校配合款	【計畫用】配合款—支付實驗室印表機用碳粉匣費用(夏滄琪)			1	1	9	9	4			2	1	3	2	1
	校配合款	【計畫用】配合款—支付實驗室電腦維修更換電源供應器費用(夏滄琪)				1	2	0	0			2	2	5	2	1
	校配合款	【計畫用】配合款—支付實驗室用防水噴漆、外接式行動硬碟費用共2式(夏滄琪代墊)				3	6	1	7			2	6	1	3	8
	校配合款	【計畫用】配合款—支付寄送計畫用實驗品郵資(夏滄琪)						8	0			2	6	2	1	8

	校配合款	【計畫用】配合款—支付色差計機台校正費用一式(夏滄琪)				7	1	4	0				3	3	3	5	8
	校配合款	【計畫用】配合款—支付木工廠實驗室門鎖更換費用一式(夏滄琪)				1	3	0	0				3	4	6	5	8
	校配合款	【計畫用】配合款—實驗室用文具及實驗用耗材共3式(夏滄琪)					8	8	7				3	5	5	4	5
	校配合款	【計畫用】配合款—支付教師執行計畫期中討論會議餐費共2式(夏滄琪)				1	8	0	0				3	7	3	4	5
	校配合款	【計畫用】配合款—支付木工廠儲放計畫用材料區帆布安裝設置費用(夏滄琪)			1	5	4	3	5				5	2	7	8	0
	校配合款	【計畫用】配合款—支付計畫實驗用耗材、配鎖及郵資共6式(夏滄琪代墊)				2	1	9	5				5	4	9	7	5
	校配合款	【計畫用】計畫配合款—支付實驗室印表機碳粉匣費用一式(夏滄琪代墊)				1	2	9	6				5	6	2	7	1
	校配合款	【計畫用】配合款—付實驗用毛巾麻紗材料費用(夏滄琪代墊)				9	5	0	0				6	5	7	7	1
	校配合款	【公務用】毛巾棉紗—製作毛巾用等(夏滄琪代墊)				7	1	5	0				7	2	9	2	1
	校配合款	【公務用】付製作鳳梨毛巾—纖維原料等			1	6	1	2	8				8	9	0	4	9
	校配合款	【公務用】付鳳梨纖維粉碎—萃取實驗用(夏滄琪代墊)				4	5	0	0				9	3	5	4	9
	校配合款	【公務用】毛巾棉紗—製作毛巾用等(夏滄琪代墊)				3	7	5	0				9	7	2	9	9
	校配合款	【教學研究訓輔用】支付夏滄淇紙質實驗室用品一式(夏滄琪代墊)			4	3	8	7	8		1	4	1	1	7	7	
校配合款合計				1	4	1	1	7	7		1	4	1	1	7	7	
本頁合計				9	4	0	3	4	0		9	4	0	3	4	0	

註：

- 1.憑證號碼按「粘貼憑證用紙」上之原始單據（如發票、收據、支出證明單.....等）依序編號，編於各單據上之右下角，但一張「粘貼憑證用紙」粘貼一張以上之單據者，該紙上之「憑證編號」欄須書明「0 號至 0 號」，但本明細表仍應按各單據逐一依序填列。
- 2.用途別欄請依預算明細表所列人事費、業務費、旅運費.....等依序填列。

## 著作權授權同意書

本校(單位)國立嘉義大學木質材料與設計學系 接受文化部文化資產局之補助，以提供民眾文化資產學習之管道、培植文化資產人才與提升文化資產保存能力養成為主要目標，於 111 年 1 月 14 日至 111 年 12 月 31 日辦理 以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討(109a-研-10)計畫，本校(單位)同意將該研究執行期間所產生出的成果授權予文化部文化資產局作非營利之無限期使用，包含著作之重製、公開口述、公開播送、公開上映、公開演出、公開展示、改作及編輯等權能。

立書代表人 夏滄琪  (簽章)

通信地址 嘉義市 600355 學府路 300 號 國立嘉義大學

中 華 民 國 111 年 11 月 23 日

## 個人所得歸戶證明

有關本單位於 111 年度辦理「建構文化資產守護網絡-2022 文化部文化資產學院補助計畫」研發群組，研究案「以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討(109a-研-10)」獲 文化部文化資產局核定補助新臺幣 80 萬元整，本單位將確實辦理本案相關二代健保、及各類所得申報及歸戶，如有漏報情事，概由本單位自行負責。

此致

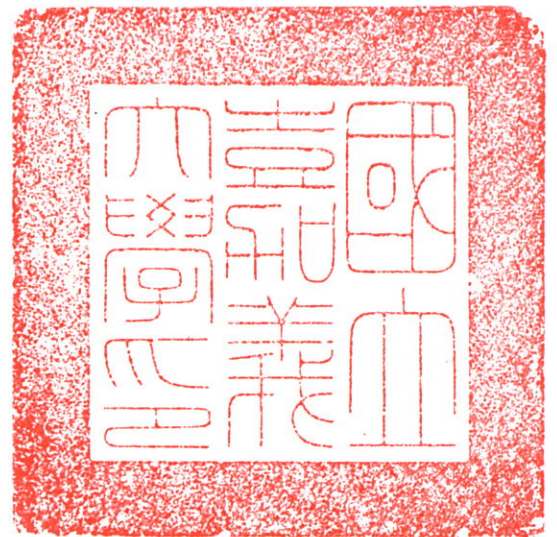
文化部文化資產局

立書單位：國立嘉義大學（請加蓋印信）

負責人：林翰謙 校長（請蓋章）

統一編號：66019206

地址：嘉義市東區學府路 300 號 國立嘉義大學



中華民國 111 年 11 月 23 日

## 國立嘉義大學



(111會計年度專用)

自行收納款項統一收據

中華民國

111年

12月

~02

日

(111)嘉大其補字第

025440 號

繳款人	收入科目及代碼	事由
文化部文化資產局	419810-4002 其他中央機關補助收入 111D3-004	計畫名稱:以本土植物纖維原料月桃葉鞘研製修護用手工紙之探討 計畫編號:109-研-10(3/3) 第二期 計畫主持人:夏滄琪 備註:預開收據 匯款銀行:中國信託商業銀行嘉義分行 帳號:082350003063 戶名:國立嘉義大學402專戶
	金額	
	399,163	
新臺幣: 參拾玖萬玖仟壹佰陸拾參元整		025440

經手人: 組員蘇世珍 主辦出納:



主辦會計:



機關長官:



表單編號:045-5 (本收據未經經手人簽章無效)

第一聯: 收據