

新北市 113 學年度中小學科學展覽會
作品說明書

科別：生活與應用科學科(三)

組別：國小組

作品名稱：校園植物與廢紙結合為再生紙之探討研究

關鍵字：再生紙、植物纖維、抄紙

編號：

摘要

學生對掃不完的校園落葉，和在學校最不缺的回收紙拿來嘗試做手抄紙，試著製作再生紙使用。將廢紙與水、單純的校園落葉與水、廢紙與校園落葉，所調配而打出來的紙漿，透過抄紙後成為能再利用的紙，將這些成功的再生紙經由實驗測量，如吸水性、保水性、纖維強韌度以及厚度，並找出適當的用途與實用性。例如:可以用來製作卡片、手工書。將學校的樟樹、大王椰子的纖維做成紙，因為顏色的關係在書寫方面並不明顯，但特殊的質感與顏色可做為美術方面的應用，例如提供給美勞老師與美術班作為創作時參考等。

壹、前言

一、研究動機

「紙」，一直是生活常見與使用的物品，不管在各種書籍、作業本、月曆、發票……等，太多觸及所見都是紙製而成。在一次看環保新聞報導時，記者說到地球的垃圾越來越多，廢紙的累積量也越來越多。因此，我們便想出了利用廢紙製造再生紙，是否能代替一般工廠製造的 A4 紙。此外，我們還想到利用校園中常見的校園植物嘗試造紙，並與廢紙混合來造紙，來改善影印紙的用量或者其他用途使用，為地球盡一份心力。

二、研究目的

(一)探討如何製造再生紙。

- 1.適合製作再生紙的原料、材料。
- 2.製作再生紙所需的工具。
- 3.製作再生紙的流程。

(二)探討不同校園植物製成之再生紙的特性。

- 1.自製再生紙的吸水性。
- 2.自製再生紙的纖維強韌度。
- 3.自製再生紙的顏色。
- 4.自製再生紙是否可用來書寫?

(三)比較自行製造的再生紙與市售紙的不同。

- 1.比較自製再生紙和市紙吸水性的差異。
- 2.比較自製再生紙和市售紙纖維強韌度的差異。

三、文獻回顧

(一) 探究造紙的原理與回收紙

造紙的原理是纖維的重組技術，不同的纖維形成不同的紙張，而纖維的則取自於各種天然植物，經過各種加工而行成紙張。而回收紙經過散漿、脫墨、抄紙乾燥後，做成再生紙。以廢紙為造紙原料，紙漿的得漿率約在 75%-85%。(廣興紙寮、鼎銅環保)

(二)歷屆科展作品探討

1. 垃圾變黃金--大王椰子樹的風華再現(第 47 屆國小組生活與應用科學)：此研究探討大王椰子樹葉的纖維又長又有韌性，是製作紙張的好原料；纖維顏色呈黃褐色，展現出植物原始的天然色澤；在利用植物纖維製成手抄紙的過程中，看到簡單的變化，增減輔助劑的量時發現，添加輔助劑可以改變紙張的觸感跟外觀，同樣可以增加紙張的韌性，但過多的輔助劑並不會增加紙張的韌性；製程中纖維的長短也會影響紙張的外觀與韌性，長纖維所製出的紙張較粗操及有韌性，反之，短纖維的紙張則較為柔細與易斷；添加合成紙可以使手抄紙張變得堅硬有韌性；若纖維浸泡過漂白水所形成的抄紙外觀與手感與韌性均有改變，浸泡時間愈長，對上述的影響也愈大。(劉育昇等，2009)
2. 紙復回春~再生紙(第 56 屆國小組生活與應用科學)：此研究探討不同的原生紙本身的印刷顏色會造成手抄再生紙在外觀上有顏色的不同。不同原生紙的再生紙觸感會有差異。不同的原生紙種類對再生紙性質的影響、再生紙張纖維粗加上組織密實可以支撐較重砵碼數。再生紙來源取得容易，周遭的廢紙、植物的根、莖、葉等具有纖維的都可以用來造紙，但製作過程費工又費水。(陳玟諺等，2016)

貳、研究設備及器材

項目	內容							
研究設備	鐵鍋		果汁機		瓦斯爐		電腦	
								
研究器材	量杯	鑷子	抄紙網	抄紙框	毛巾	攪拌棒	水盆	橡皮槌
								
	長尾夾	鐵架	電子秤	尺	砝碼	瓦斯		
								

媒染劑	文山糊	造紙膠	氫氧化鈉	石灰
				

材料	碎廢紙	市售 A4 紙	烏柏	樟樹	大王椰子
					

圖 1、本研究之設備與器材

參、研究過程或方法

一、研究架構

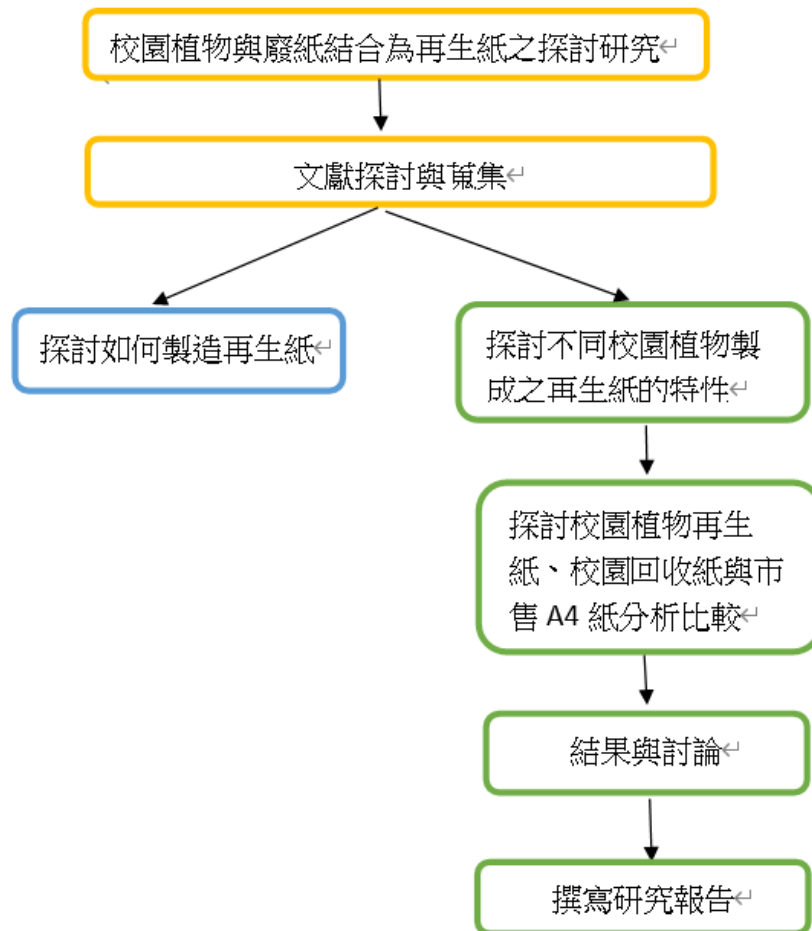


圖 2、本研究之研究架構

二、實驗原理

造紙的原理是纖維的重組技術，不同的纖維形成不同的紙張，而纖維的則取自於各種天然植物，經過各種加工而行成紙張、樹葉等為材料。紙的製作過程與纖維原料皆是影響紙張品質的主要因素。

三、研究過程與方法

(一)製造回收紙再生紙

原料:廢紙(50)g、水(4000)ml、文山糊(30)g

- 1.碎紙機裡不需要用到的小碎紙。
- 2.將這些小碎紙浸入水中泡軟，大概需要半天至一天的時間；但也可以將這些碎紙與水置於瓦斯爐上開大火煮 10~20 分鐘也可以達到效果。
- 3.將軟化的紙水放入果汁機攪打成紙漿。
- 4.將紙漿均勻倒入濾網當中，並且稍微施壓把水與紙泥分離。
- 5.將紙漿抄紙數次後。
- 6.利用毛巾將多餘的水排出，並且用吹風機把紙泥吹乾就大功告成了！

● 操作的步驟:

- 1.從辦公室碎紙機拿已碎成廢紙的小碎紙。
- 2.把紙拿去果汁機攪打成紙漿。
- 3.把紙漿跟水分離。
- 4.將紙漿抄紙數次。
- 5.最後將抄好的紙漿自然風乾就大功告成了！



圖 3a、手抄回收紙再生紙



圖 3b、曬乾後回收紙再生紙

圖 3、製造回收紙再生紙

(二)製造植物再生紙

● 實驗步驟：

1. 泡：將植物浸泡於水中。
2. 剪：將植物可做纖維的部分，剪成均勻小段。
3. 煮：將剪成小段加入氫氧化鈉後再熱煮，直到纖維分離。
4. 洗：待纖維冷卻後，沖洗至摸起來澀澀不滑。
5. 搥：以橡皮槌將纖維搥軟，並挑出雜質。

6. 絞：用果汁機將纖維絞碎。
7. 拌：將絞碎的纖維倒入水盆中攪拌均勻製作紙漿。
8. 抄：將紙漿放入抄紙框，自然風乾就完成了。

依據以上步驟，我們設計製作植物再生紙的實驗：

2-1 原料：烏柏樹葉(50)g、水(1000)毫升、橡皮槌纖維(1000)下

- 實驗步驟：
 - 1.將植物浸泡於水中。
 - 2.將植物沖洗乾淨。
 - 3.將植物剪成小段。
 - 4.以橡皮槌將纖維槌軟。
 - 5.用果汁機將纖維絞碎。
 - 6.將紙漿放入抄紙框並曬乾。
- 實驗結果：將烏柏葉漿乾燥一周後觀察，卻發現無法成型，推測原因為：
 - 1.未加入石灰粉(石灰粉使纖維分散)
 - 2.未加入造紙膠(使植物纖維的浮力加大)

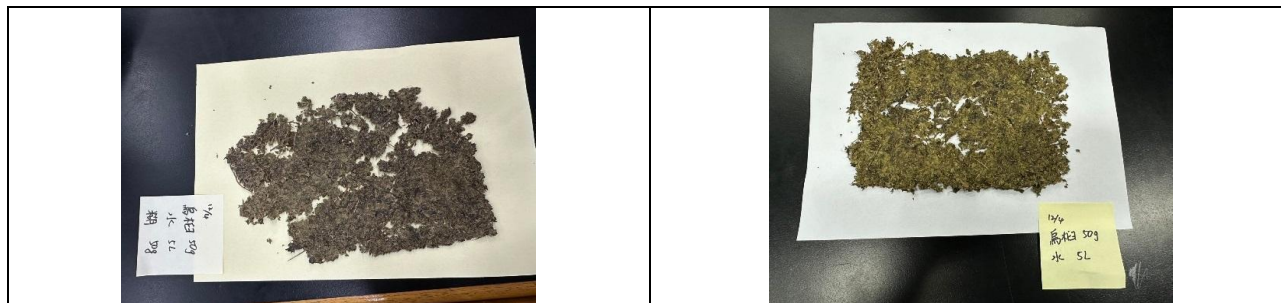


圖 4、製作烏柏葉再生紙

2-2：用樟樹葉做再生紙

原料：樟樹葉(100)g、水(1000)毫升、橡皮槌纖維(1000)下、石灰粉(20)g、造紙膠(100)ml

原料	樟樹葉	水	捶打次數	蒸煮液	造紙膠
使用量	(100)g	(1000)毫升	(1000)下	石灰水溶液 20g/1L	(100)ml

- 實驗步驟：
 - 1.將植物浸泡於水中。
 - 2.將植物沖洗乾淨。

- 3.將植物剪成小段。
- 4.用水煮，有加石灰粉。
- 5.以橡皮槌將纖維搥軟。
- 6.用果汁機將纖維絞碎。
- 7.將紙漿放入抄紙框並曬乾。

● 實驗結果:

將樟樹葉泡水一周後觀察，但抄紙並乾燥後，卻發現無法成型。



圖 5、樟樹葉製造再生紙

2-3：用樟樹葉做再生紙

原料：樟樹葉(150)g、水(2000)毫升、橡皮槌槌纖維(500)下、氫氧化鈉(20)g、造紙膠(50)ml

原料	樟樹葉	水	捶打次數	蒸煮液	造紙膠
使用量	(150)g	(2000)毫升	(500)下	氫氧化鈉水溶液 20g/1L	(50)ml

● 實驗步驟：

- 1.將植物浸泡於水中。
- 2.將植物沖洗乾淨。
- 3.將植物剪成小段。
- 4.用水煮，有加氫氧化鈉。
- 5.以橡皮槌將纖維搥軟。
- 6.用果汁機將纖維絞碎。
- 7.將紙漿放入抄紙框並曬乾。

● 實驗結果：將樟樹葉泡水一周後觀察，抄紙並乾燥後，可以成型。



圖 6、樟樹葉自製紙

2-4：用大王椰子葉做再生紙

原料：大王椰子(100)g、水(2000)毫升、橡皮槌纖維(500)下、氫氧化鈉(20)g、造紙膠(50)ml

原料	大王椰子葉	水	捶打次數	蒸煮液	造紙膠
使用量	(100)g	(2000)毫升	(500)下	氫氧化鈉水溶液 20g/1L	(50)ml

● 實驗步驟：

- 1.將植物浸泡於水中。
- 2.將植物沖洗乾淨。
- 3.將植物剪成小段。
- 4.以橡皮槌將纖維槌軟。
- 5.用果汁機將纖維絞碎。
- 6.將紙漿放入抄紙框並曬乾。

● 實驗結果：將大王椰子泡水一周後觀察發現樹葉變軟了，煮樹葉加入氫氧化鈉的時候水的顏色變深了又變軟，抄紙並乾燥後，可以成型。

	
圖 7a、用電子秤量所需的造紙膠	圖 7b、抄紙狀況
	
圖 7c、大王椰子自製紙	

圖 7、大王椰子製造再生紙

2-5 混和植物纖維和再生紙漿

原料：大王椰子(20g)廢紙(40g)、水(2000)毫升、橡皮槌槌纖維(500)下、造紙膠(70)ml

原料	大王椰子/紙漿	水	捶打次數	蒸煮液	造紙膠
使用量	大王椰子(20g) 廢紙(40g)	(2000)毫升	(500)下	氫氧化水溶液 20g/1L	(70)ml

- 實驗步驟:

- 1.將植物浸泡於水中。
 - 2.將植物沖洗乾淨。
 - 3.將植物剪成小段。
 - 4.以橡皮槌將纖維搥軟。
 - 5.用果汁機將纖維絞碎。
 - 6.將紙漿放入抄紙框並曬乾。
- 實驗結果：將大王椰子水一周後觀察，但抄紙並乾燥後，發現有成型。



圖 8a、調配紙漿



圖 8b、抄紙狀況



圖 8c、大王椰子+廢碎紙再生紙

圖 8、混和植物纖維和再生紙漿製造再生紙

實驗內容：

品種	重量	水	橡皮槌纖維	添加物 1	添加物 2	熬煮	
廢碎紙	50g	4000ml	無	文山糊 30g	無	無	
烏桕	50g	1000ml	1000 下	石灰粉 20g	造紙膠 100ml	煮 20 分	
樟樹葉	100g	1000 ml	1000 下	石灰粉 20g	造紙膠 100ml	煮 20 分	
樟樹葉	150g	2000ml	500 下	氫氧化鈉水溶液 20g/1L	造紙膠 50ml	煮 20 分	
大王椰子	100g	2000 ml	500 下	氫氧化鈉 20g	造紙膠 70ml	煮 30 分	
大王椰子+廢紙	42g 84g	3400ml 紙漿 1500 大王椰子漿 200ml 水盆抄紙 4000ml(椰子 21g42g)	無	無	造紙膠 40ml	無	

圖 9、混和植物纖維和再生紙漿製造再生紙

四、比較再生紙和市售紙的實驗

(一)吸水性實驗

操作變因：不同種類的紙

控制變因：紙的大小、滴落位置

應變變因：不同紙的吸水性

研究步驟：

- 1.將紙裁剪成邊長為 3cm 的正方形，分別放置於培養皿內。
- 2.用滴管從紙的角落開始滴入水滴讓紙開始吸水並觀察。
- 3.直至紙再也無法將水吸入後，紀錄已滴下的水量。

(二)比較再生紙和市售紙強韌度的實驗

操作變因：不同種類的紙

控制變因：紙的大小(3cmx6cm)、砝碼的重量(10g)、鐵架、長尾夾、穿洞位置(離底邊

1cm)

應變變因：砝碼的數量

研究步驟：

- 1.將紙用長尾夾夾在鐵架上，並使用鑷子在紙上打洞。
- 2.將砝碼吊在小洞中，若紙沒有破裂，就再增加一個砝碼。
- 3.重複步驟 2 直到紙破裂為止，計算破裂時的砝碼數量。
- 4.每種紙重複測量三次，再計算平均值，最後紀錄實驗結果。

（三）比較再生紙和市售紙保水性的實驗

操作變因：不同種類的紙

控制變因：水(30ml)、紙的大小（3cmx3cm）、泡水時間(10s)

應變變因：再生紙的保水性如何

研究步驟：

- 1.將所有的紙裁成邊長為 3cm 之正方形，並測量原重量。
- 2.將紙泡入水中十秒後拿出，測量紙的重量變化，再記錄研究結果。

（四）比較再生紙和市售紙的書寫實驗

操作變因：不同種類的紙

控制變因：書寫的內容(波浪狀)、筆的種類(油性原子筆、中性原子筆、水性美工筆、鉛筆、奇異筆)

應變變因：筆跡

研究步驟：

- 1.使用油性原子筆（藍）、中性原子筆（黑）、水性美工筆(藍)、鉛筆及奇異筆(黑)在紙張上劃記，並記錄研究結果。

肆、研究結果

一、市售紙與自製再生紙之特性

比較項目	市售 A4 紙	廢碎紙	樟樹葉		大王椰子	大王椰子+廢紙
大小	A4	A4	A4	A5	A5	A4
重量	5.10g	7.96g	3.33g	2.2g	5.97g	7.25g
厚度	0.1mm	0.3mm	0.3mm	0.7mm	1.3mm	0.45mm
顏色(目測)	白色	白色	咖啡色	咖啡色	淺咖啡色	米白色
顏色 (色碼、 RGB、 HSL)	#E2E2DA rgb(226, 226, 218) hsl(60, 12%, 87%)	#DFDFD3 rgb(223, 223, 211) hsl(60, 16%, 85%)	#B6956D rgb(182, 149, 109) hsl(33.33, 33%, 57%)	#C9A978 rgb(201, 169, 120) hsl(36.3, 43%, 63%)	#A3A3A3 rgb(163, 163, 163) hsl(38.11,40 %, 64%)	#E2DCD0 rgb(227, 221, 209) hsl(40, 24%, 85%)

圖 10、比較再生紙和市售紙的特性

二、比較再生紙和市售紙的吸水性實驗

比較項目	市售 A4 紙	廢碎紙	樟樹葉		大王椰子	大王椰子+廢碎紙
大小	A4	A4	A4	A5	A5	A4
重量	5.10g	7.96g	3.33g	2.2g	5.97g	7.25g
厚度	0.1mm	0.3mm	0.3mm	0.7mm	1.3mm	0.45mm
吸水性	0.5ml	0.5ml	0.6ml	0.7ml	1ml	0.5ml
吸水速度	次慢	最快	適中	適中	最慢	次快

圖 11、比較再生紙和市售紙的吸水性

三、比較再生紙和市售紙強韌度的實驗

比較項目	市售 A4 紙	廢碎紙	樟樹葉		大王椰子	大王椰子+廢碎紙
大小	A4	A4	A4	A5	A5	A4
重量	5.10g	7.96g	3.33g	2.2g	5.97g	7.25g
厚度	0.1mm	0.3mm	0.3mm	0.7mm	1.3mm	0.45mm
纖維強韌度 1	280g	250g	30g	20g	700g	250g
纖維強韌度 2	310g	330g	50g	40g	730g	250g

纖維強韌度 3	350g	360g	70g	50g	900g	280g
纖維強韌度 平均值 (四捨五入至 小數第一位)	313.3g	313.3g	50g	36.7g	776.7g	260g

圖 12、比較再生紙和市售紙強韌度



圖 13、比較再生紙和市售紙強韌度

四、比較再生紙和市售紙保水性的實驗

比較項目	市售 A4 紙	廢紙	樟樹葉		大王椰子	大王椰子+ 廢紙
原紙大小	A4	A4	A4	A5	A5	A4
原紙量	5.10g	7.96g	3.33g	2.2g	5.97g	7.25g
厚度	0.1mm	0.3mm	0.3mm	0.7mm	1.3mm	0.45mm
紙片重（吸 水前）	0.07g	0.1g	0.03g	0.04g	0.15g	0.12g
紙片重（吸 水後）	0.18g	0.35g	0.28g	0.21g	0.48g	0.49g

圖 14、比較再生紙和市售紙保水性

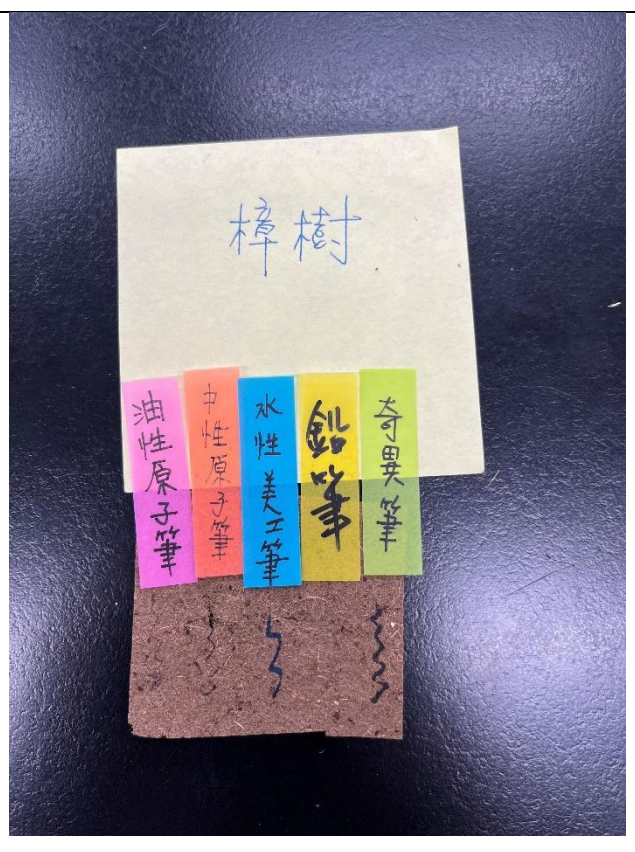
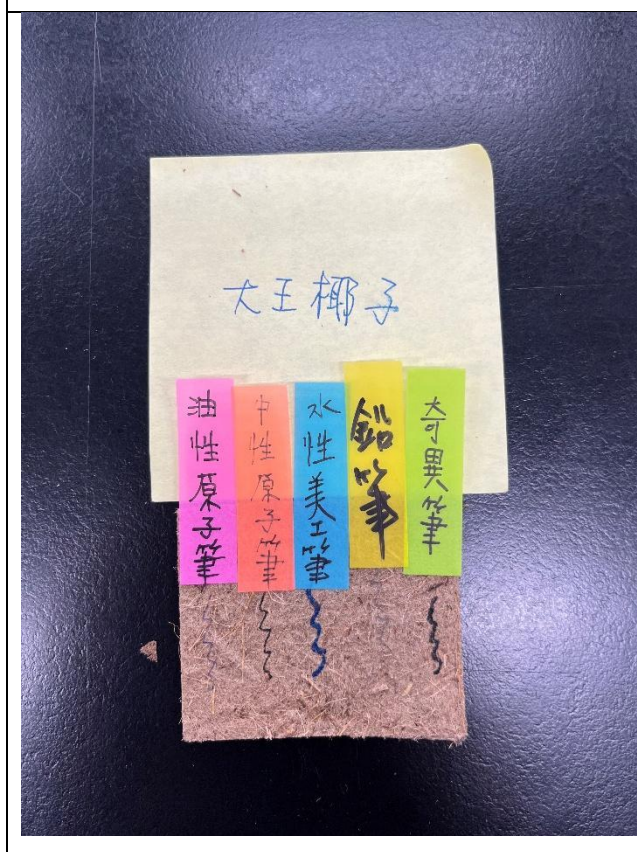
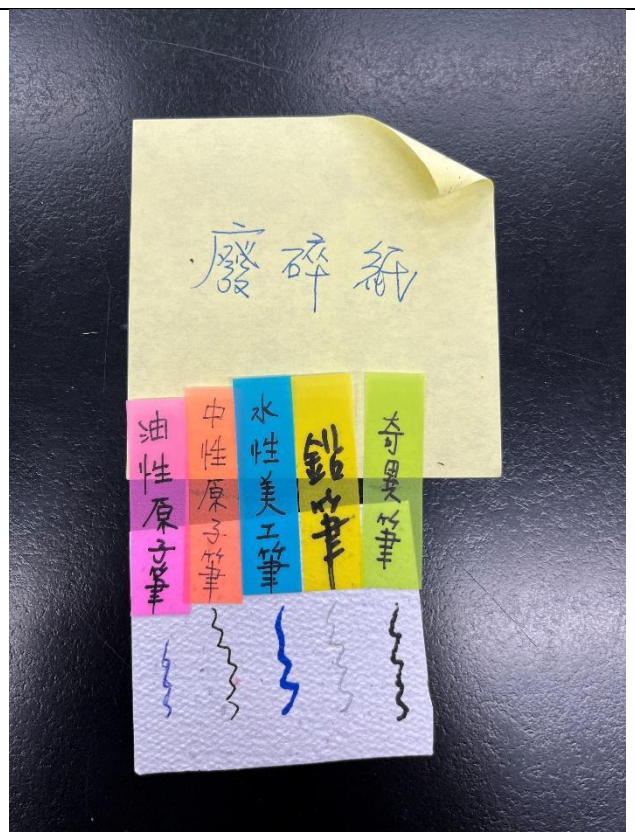
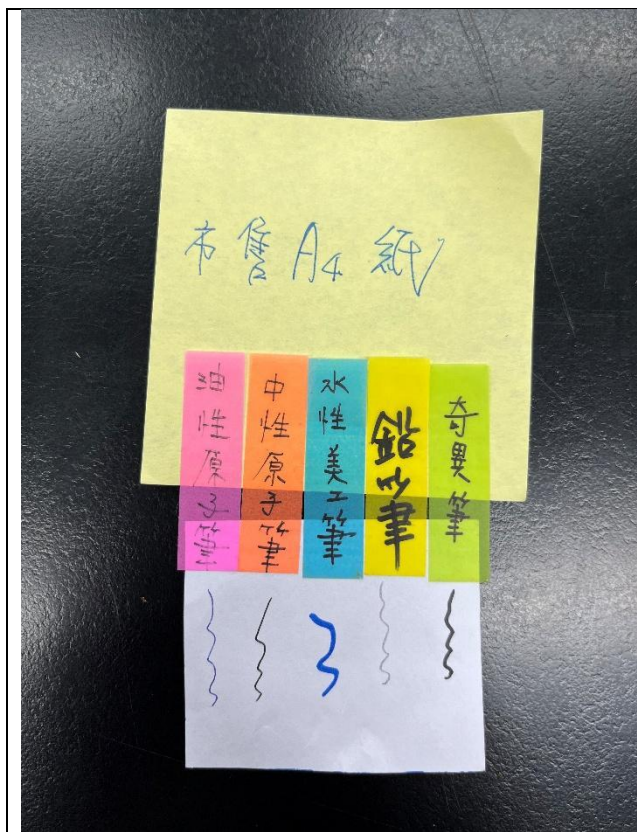


圖 15、比較再生紙和市售紙保水性

五、比較再生紙和市售紙的書寫實驗

比較項目	市售 A4 紙	廢碎紙	樟樹葉		大王椰子	大王椰子+ 廢碎紙
大小	A4	A4	A4	A5	A5	A4
重量	5.10g	7.96g	3.33g	2.2g	5.97g	7.25g
厚度	0.1mm	0.3mm	0.3mm	0.7mm	1.3mm	0.45mm
顏色(目測)	白色	白色	咖啡色	咖啡色	淺咖啡色	米白色
使用油性原子筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡不明顯		可以書寫 筆跡不明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用中性原子筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡不明顯		可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用水性美工筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯		可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用鉛筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	難以書寫 難以看見		可以書寫 筆跡非常不明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用奇異筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯		可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯

圖 16、比較再生紙和市售紙的書寫



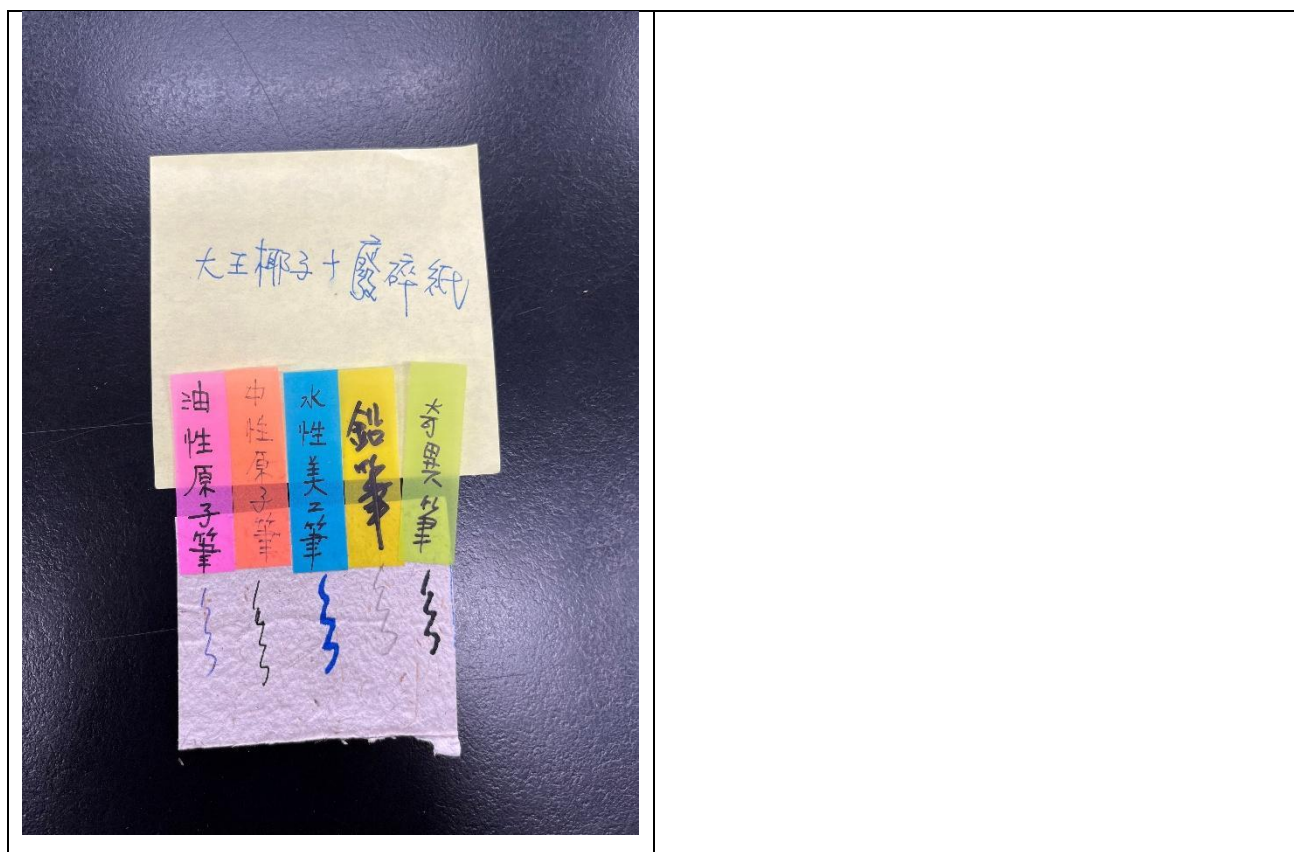


圖 17、比較再生紙和市售紙的書寫

實驗結果總表：

比較項目	市售 A4 紙	廢碎紙	樟樹葉		大王椰子	大王椰子+廢紙
大小	A4	A4	A4	A5	A5	A4
重量	5.10g	7.96g	3.33g	2.2g	5.97g	7.25g
厚度	0.1mm	0.3mm	0.3mm	0.7mm	1.3mm	0.45mm
顏色(目測)	白色	白色	咖啡色	咖啡色	淺咖啡色	米白色
顏色 (色碼、 RGB、HSL)	#E2E2DA rgb(226, 226, 218) hsl(60, 12%, 87%)	#DFDFD3 rgb(223, 223, 211) hsl(60, 16%, 85%)	#B6956D rgb(182, 149, 109) hsl(33.33, 33%, 57%)	#C9A978 rgb(201, 169, 120) hsl(36.3, 43%, 63%)	#A3A3A3 rgb(163, 163, 163) hsl(38.11,40 %, 64%)	#E2DCD0 rgb(227, 221, 209) hsl(40, 24%, 85%)
使用油性原子 筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡不明 顯	可以書寫 筆跡不明 顯	可以書寫 筆跡不明 顯	可以書寫 筆跡明顯
使用中性原子 筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡不明 顯	可以書寫 筆跡不明 顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用水性美工 筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用鉛筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	難以書寫 難以看見	難以書寫 難以看見	可以書寫 筆跡非常 不明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用奇異筆書 寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯
吸水性	0.5ml	0.5ml	0.6ml	0.7ml	1ml	1ml
保水性(吸水 前)	0.07g	0.1g	0.03g	0.04g	0.15g	0.12g
保水性(吸水 後)	0.18g	0.35g	0.28g	0.21g	0.48g	0.49g
纖維強韌度 1	280g	250g	30g	20g	700g	250g
纖維強韌度 2	310g	330g	50g	40g	730g	250g
纖維強韌度 3	350g	360g	70g	50g	900g	280g
纖維強韌度平 均值 (四捨五入至 小數第一位)	313.3g	313.3g	50g	36.7g	776.7g	260g

圖 18、實驗結果總表

伍、討論

一、製作再生紙的原料、材料

製作再生紙不外要蒐集可以利用的廢紙，校園裡的廢紙來源來自行政處室與教室內。這次的廢紙來自處室碎紙機裡的碎廢紙，因為容易取得；而校園植物的取得並不如想像中的容易，如有些校園植物過於高大。

在處理校園植物製作成再生紙的過程中，發現一取得這些植物就要浸泡，纖維較容易軟化，原先預定要從掃地時取得的樹葉來當材料，並非每一種植物都可以，例如：烏柏就不容易成形。



圖 19、校園植物

二、影響製作自製紙製作的原因

碎廢紙紙漿本身製作再生紙很容易成型，但在製作植物自製紙時，需要很多步驟與添加物。

在探討如何製造植物自製紙的過程中，發現在熬煮時要加入氫氧化鈉，並在抄紙時加入造紙膠，添加的重量也必須掌控。

植物自製紙的性質與原料有相當大的關係，例如：大王椰子自製紙比樟樹自製紙還要強韌。

三、自行製造的再生紙與市售紙的不同

自行製造的再生紙與市售紙在製作方式、品質、用途的不同：

項目/種類	自行製造的再生紙	市售 A4 紙
-------	----------	---------

製作方式	廢碎紙與校園植物手工打漿，再經過壓制、乾燥等步驟製成。	原生紙漿（來自樹木）經過嚴格的生產流程。
紙張品質	質地較粗糙，表面可能不夠光滑，吸水性較弱，顏色較深或不均勻，適合手作用途（如卡片、杯墊等）。	紙張平整、耐用、顏色均勻，適合一般書寫、印刷、辦公使用。
用途	適合結合校園課程與藝術創作、DIY手工藝品、環保包裝、裝飾用途。	適用範圍廣泛如：辦公室文件、筆記本、教科書、包裝材料等。
環保影響	可以減少紙張浪費，減少對新木漿的需求，環保度高，但製作過程可能需較多水資源。	市售紙通常需要大量的木漿。

陸、結論

一、製作再生紙的方法

(一)適合的材料有：廢碎紙、大王椰子、樟樹

(二)不適合的材料有：烏柏

二、製作再生紙所需的工具

有用到的工具：電子秤、文山糊、氫氧化鈉、造紙膠、鐵鍋、瓦斯爐、果汁機、量杯、

抄紙網、抄紙框、毛巾、攪拌棒、水盆、橡皮槌、石灰。

三、製作再生紙的流程

(一) 步驟及比例

1. 再生紙

(1)從辦公室碎紙機拿已碎成廢紙的小碎紙。

(2)把紙拿去果汁機攪打成紙漿。

(3)把紙漿跟水分離。

(4)將紙漿抄紙數次。

(5)最後將抄好的紙漿自然風乾。

2. 植物再生紙

(1)將植物浸泡於水中一日以上。

(2) 將植物沖洗乾淨。

(3)將植物剪成小段。

(4)加入氫氧化鈉熬煮 20 分鐘以上。

(5)將植物拿出後沖洗乾淨。

(6)將植物放進夾鏈袋中，使用橡皮槌將纖維搥軟。

(7)用果汁機將纖維絞碎。

(8)將纖維漿倒入水中，並加入造紙膠，進行抄紙。

(9)將抄好的紙自然風乾。

四、比較市售紙、廢碎紙與校園植物自製紙的特性

比較項目	市售 A4 紙	廢碎紙	樟樹葉 A4	樟樹葉 A5	大王椰子	大王椰子 + 廢紙
大小	A4	A4	A4	A5	A5	A4
重量	5.10g	7.96g	3.33g	2.2g	5.97g	7.25g
厚度	0.1mm	0.3mm	0.3mm	0.7mm	1.3mm	0.45mm
顏色(目測)	白色	白色	咖啡色	咖啡色	淺咖啡色	米白色
顏色 (色碼、RGB、HSL)	#E2E2DA rgb(226, 226, 218) hsl(60, 12%, 87%)	#DFDFD3 rgb(223, 223, 211) hsl(60, 16%, 85%)	#B6956D rgb(182, 149, 109) hsl(33.33, 33%, 57%)	#C9A978 rgb(201, 169, 120) hsl(36.3, 43%, 63%)	#A3A3A3 rgb(163, 163, 163) hsl(38.11, 40%, 64%)	#E2DCD0 rgb(227, 221, 209) hsl(40, 24%, 85%)
使用油性原子筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡不明顯	可以書寫 筆跡不明顯	可以書寫 筆跡不明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用中性原子筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡不明顯	可以書寫 筆跡不明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用水性美工筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用鉛筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	難以書寫 難以看見	難以書寫 難以看見	可以書寫 筆跡非常不明顯	可以書寫 筆跡明顯
使用奇異筆書寫	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯	可以書寫 筆跡明顯
吸水性	0.5ml	0.5ml	0.6ml	0.7ml	1ml	0.5ml
吸水速度	次慢	最快	適中	適中	最慢	次快
纖維強韌度 平均值 (四捨五入至小數第一位)	313.3g	313.3g	50g	36.7g	776.7g	260g

五、總結

- (一)以校園植物自製再生紙立意良好，但必須考慮原料取得的難易度，若要大量取得，必須在校園植物修剪時來取得是較合適的，無法隨時取得，而一取得必須立即浸泡，較能軟化易於製作；另外需有空間來存放這些原料，在製紙的過程中也是需要大量的水，會增加再生紙的成本。
- (二)廢紙易於取得，若要除去油污與鉛墨等雜質，需大量的水與加入化學物質，此在校園環境的維護與成本計算值得考量。
- (三)校園植物與廢紙結合為再生紙之成品，因成品顏色在書寫利用上，雖然以油性、水性原子筆及鉛筆來測試，但無法像一般作業本及市售紙相較下的流利與保存，容易影響被大量使用的方便性。
- (四)若以校園植物與廢紙結合為再生紙之顏色、吸水性、纖維強韌度等向度來看，可以配合藝術與人文、校定課程等，運用在課程上來發展出校園特色，例如：卡片的製作、燈罩、藍晒圖的創作、杯墊、紙袋……。這些不僅符合研究之目的，亦能將校園植物與廢紙在校園內再被運用。

柒、參考文獻資料

一、網路相關資料

CHP 華紙製作過程家建議 https://www.chp.com.tw/product/product_learn

小小造紙家/手抄紙/再生紙

[https://www.youtube.com/watch?v=q6Jc1jamElA\(131011\)](https://www.youtube.com/watch?v=q6Jc1jamElA(131011)) /小仕老師/美感教育課程

科學教育.造紙實驗/古法造紙術/DIY 手工製作

[https://www.youtube.com/watch?v=9Y2FQPjesSE\(1131014\)](https://www.youtube.com/watch?v=9Y2FQPjesSE(1131014))

[科學教育.造紙實驗/古法造紙術/DIY 手工製作](https://www.youtube.com/watch?v=9Y2FQPjesSE(1131014)) (1131014)

二、文獻資料

劉育昇、林羿廷、張祖瑜、李宜珊、林書賢、陳貝旻。2009。垃圾變黃金--大王椰子樹的風華再現。中華民國第四十七屆中小學科學展覽會作品說明書。

陳玟諺、陳秉宏、官靖恩、林承萱。紙復回春~再生紙。2016。中華民國第56屆中小學科學展覽會作品說明書。