

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

080120

在毛「毛細」雨中，「紙」為你綻放

學校名稱：新北市板橋區大觀國民小學

作者： 小五 施鈞澤 小五 黃宇邦 小五 楊宇婕	指導老師： 羅奕婷 葉雅婷
---	-----------------------------

關鍵詞：紙花、毛細現象

摘 要

我們探究了影響紙花開花的因素，包括紙張種類、纖維與摺線方向、紙張寬度、花瓣瓣數以及摺（壓）的力量、水溫等。結果發現，紙花並不會因紙張寬度的不同而受影響。但紙張種類選擇報紙和未印刷的報紙才會開花，且必須使摺線方向與纖維方向互相垂直。另外，我們也發現了花瓣瓣數如果越多，則紙花開得越快；還有摺（壓）的力量越小，紙花開得越快。

此外，在夾角 90° 纖維方向中，不同花瓣長度的紙花，花瓣都會展開。在夾角 90° 纖維方向中，不同寬度的紙花，花瓣都會展開；而在夾 0° 纖維方向中，不同寬度的紙花，則是全部都不會開。不同摺花瓣的力量與不同花瓣瓣數同時改變時，皆可讓紙花開花，但十二瓣是開得最快的；而當水溫越高時，紙花的開花速度越快。

壹、研究動機

我跟同學討論今年想要研究的主題，大家提了很多想法，像是史萊姆、熱黏土、Ooho...等，當我提出「紙花」時，大家都說不錯，因為在四年級的自然課上到「水的奇妙現象」時，老師有教到「毛細現象」，當時老師還讓我們做紙花的實驗，我們都玩瘋了！

記得那時候，老師讓我們嘗試製作自己的紙花，結果發現班上同學們的紙花有的開很快，有的開很慢；有些人做出來的紙花有特別的造型，但卻無法開花。那時我就想為什麼大家做的紙花開的速度不一樣，又有哪些因素影響著紙花開不開花？終於，這次可以好好的一探究竟了！

貳、研究目的

- 一、探討「紙張種類、纖維與摺線夾角、寬度、摺花瓣力量、花瓣瓣數」對紙花開花的影響。
- 二、探討「纖維與摺線夾角和花瓣長度」對紙花開花的影響。
- 三、探討「纖維與摺線夾角和寬度」對紙花開花的影響。
- 四、探討「摺花瓣力量與花瓣瓣數」對紙花開花的影響。
- 五、探討「水溫」對紙花開花的影響。

參、研究設備及器材



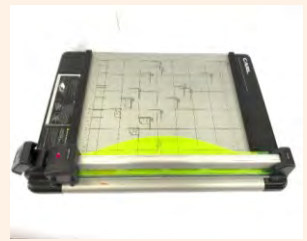
重物 (45 公克重)



切圓器



尺



裁紙刀



剪刀



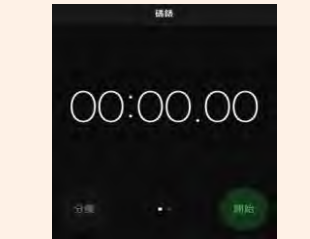
小刀



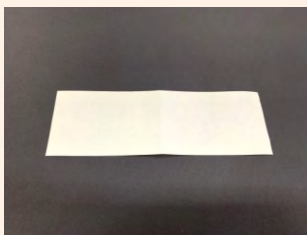
水盆



相機



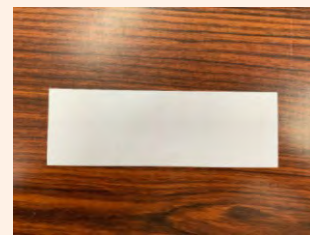
計時器



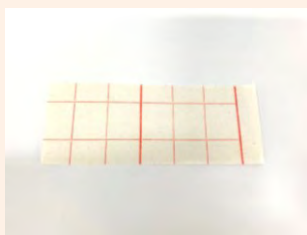
未印刷報紙



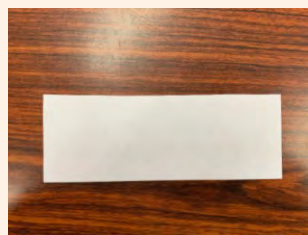
報紙



影印紙



毛邊紙

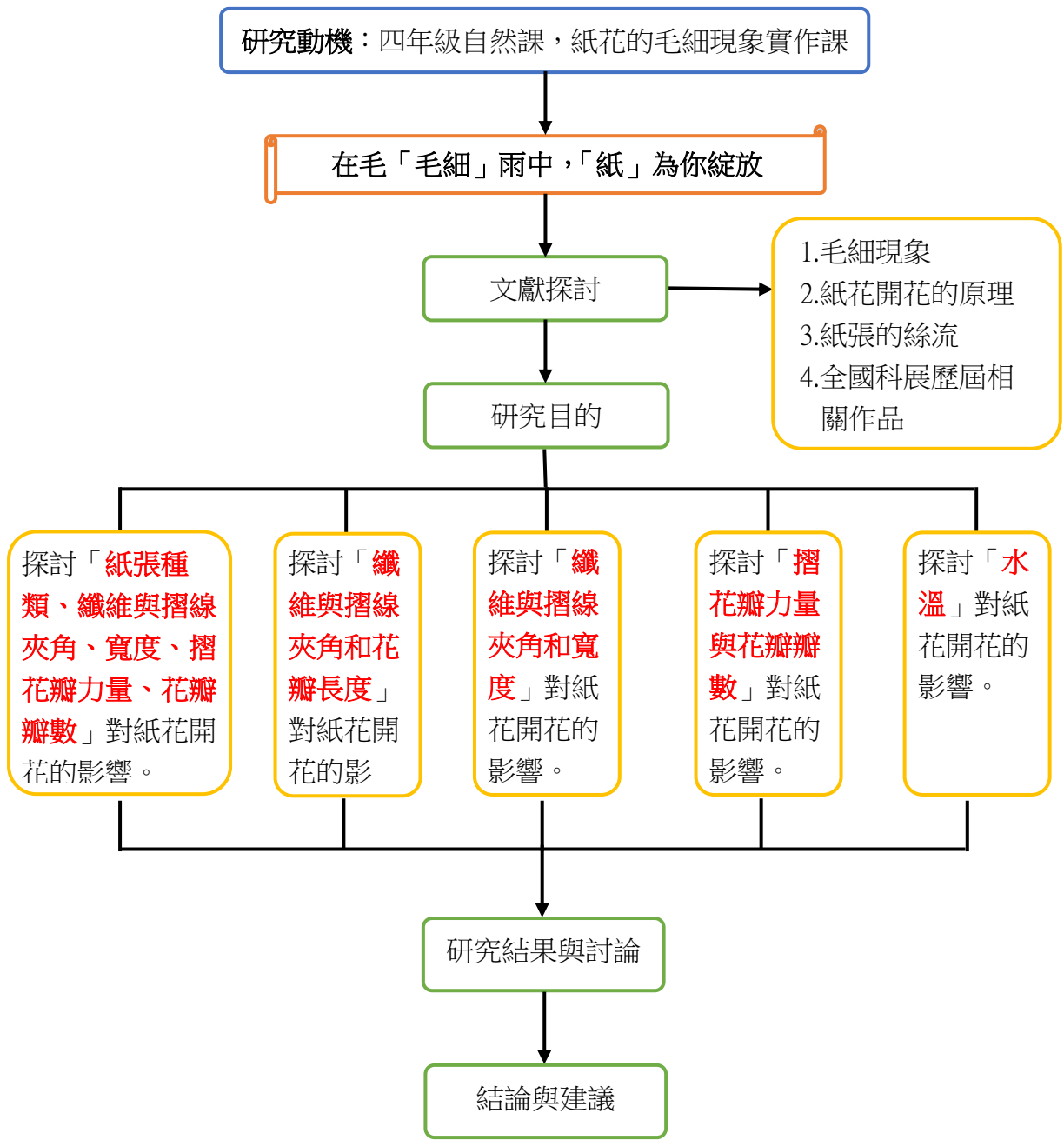


白報紙



行動顯微鏡

肆、研究架構圖



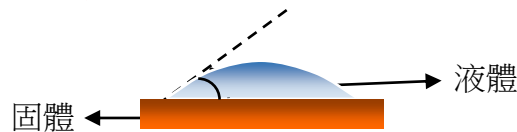
伍、研究過程或方法

一、文獻探討

(一) 毛細現象

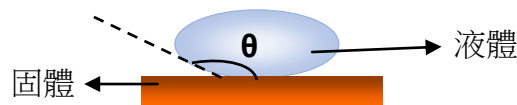
毛細現象是指附著力與內聚力（表面張力）相互作用的結果。所謂的附著力是當液體與固體接觸的時候，液體的表面分子與固體的表面分子會產生一個互相吸引的力。而毛細現象會出現兩種情況：

- 1.當**附著力大於液體的內聚力**時，液體會出現散布在固體表面的狀態，且液體與固體接觸面的**夾角會小於 90 度**，如圖一。



圖一 毛細現象—液體與固體接觸角 $<90^\circ$

- 2.當**附著力小於液體的內聚力**時，液體則會形成顆粒的狀態，此時液體與固體接觸面的**夾角會大於 90 度**，如圖二。



圖二 毛細現象—液體與固體接觸角 $>90^\circ$

(二) 紙花開花的原理

紙張的結構組成複雜，主要由纖維、膠料、色料等組成，而纖維與纖維之間則存在細縫。因此，當紙張碰到水時，水會在纖維間的細縫移動，而纖維會吸收水分，使紙張溼掉。因此，紙花開花的原理與毛細現象有關。

因為**紙花實驗**是水溶液與紙張間發生的毛細現象，此種毛細現象為液體與固體的接觸面夾角 $<90^\circ$ 的情形，即是**液體與物體間的附著力大於液體本身所產生的內聚力（表面張力）**，此時液體會沿著物體的細縫來移動。

當紙張在乾燥的情況下，將紙張摺起，造成纖維被彎折；而將紙張放置水面上，**水會因毛細現象進入紙張，進而使纖維吸水，而吸收水分的纖維會被撐開，促使纖維回復成原本的樣貌，就像被彎折的充氣加油棒，在灌入水或空氣後，會回復原本筆直的狀態；**而此種情況，看起來就像是紙花的花瓣漸漸盛開。

(三) 紙張的絲流

紙張纖維排列的固定方向稱為絲流，而紙張的絲流方向可分為兩種：

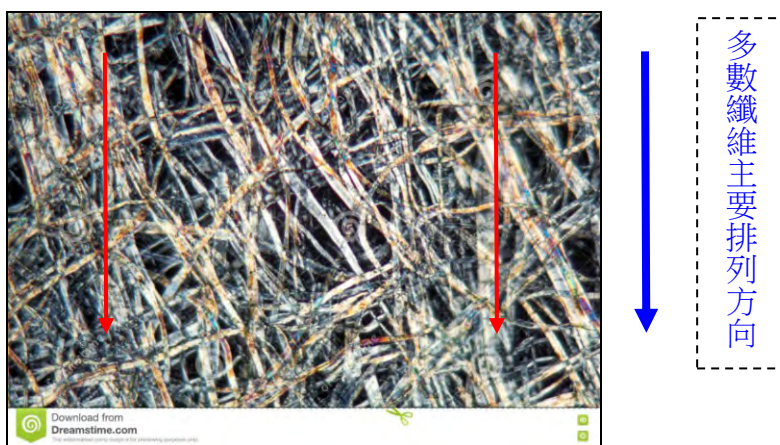
- 1.長絲流：纖維排列方向與紙張的長邊平行，又稱順絲流、縱紋紙。
- 2.短絲流：纖維排列方向與紙張的短邊平行，又稱逆絲流、橫紋紙。

絲流的方向會影響紙張的印刷、裝訂、加工等過程，但絲流的方向是否會影響紙花開花的結果？則是我們有興趣探討的其中一項變因。

(四) 實測紙張絲流

檢測紙張的絲流方向，我們採用了三種方法：

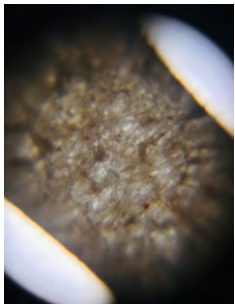


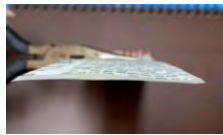
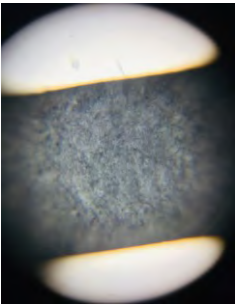
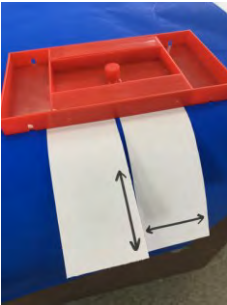


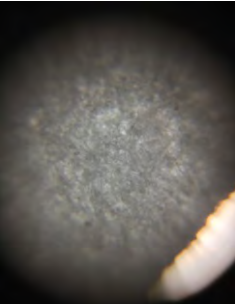

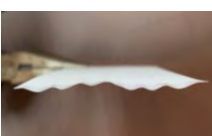

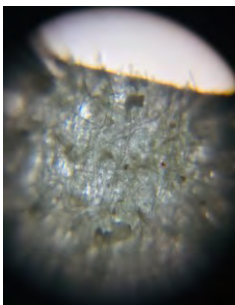

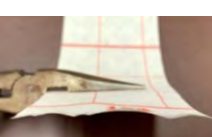



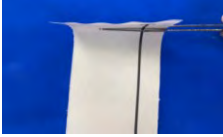
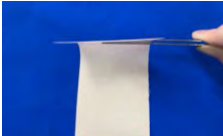
1. **行動顯微鏡**：使用行動顯微鏡觀察纖維排列的方向，結果發現五種紙質並沒有太大的差異，可能是顯微鏡倍率不足。但從網上查詢相關資料可以發現，紙張纖維在顯微鏡下，還是有多數固定的主要排列方向，如圖三。



圖三 顯微鏡下的紙張纖維排列方向
(來源：Dreamstime 圖庫)

2. **彎曲測試**：將同一張紙裁剪成相同大小，但不同裁剪方向的紙張，再將兩張紙放在桌子邊緣，觀察兩張紙的彎曲情形。結果發現，彎曲角度較大的，代表絲流方向與桌面平行為短絲流；彎曲角度較小的則相反，為長絲流。
3. **沾水測試**：將彎曲測試後的紙張取來，將紙張的短邊沾水，觀察兩張紙沾水後的變化。結果發現，紙張呈現直線狀的，代表絲流方向與沾水面平行，為短絲流；紙張呈現波浪狀的，則代表絲流方向與沾水面垂直，為長絲流。

三種實測的結果，整理表格如下：

紙張材質	行動顯微鏡	彎曲測試	絲流	沾水測試
報紙			長	
			短	
影印紙			長	
			短	
白報紙			長	
			短	
毛邊紙			長	
			短	
未印刷報紙			長	
			短	

(五) 歷屆全國中小學科學展覽相關研究

參展屆數	研究者	研究題目	研究主要概念	本研究可參考之概念
第 41 屆	鍾牧辰 黃炳擘 吳昇鴻 賴軒汝	毛細現象 的另一章	運用下降法及上升法 求表面張力的大小，並 藉此驗證是否符合表 面張力的標準值。	經過下降法與上升法的實 驗，證明表面張力仍是影 響毛細現象的主因。
第 48 屆	陳泊宇 林潔心 曹茗凱	力爭上游 的水溶液 — 毛細現 象的探索	實驗採用長方形的紙 條進行測量，探討以下 概念： 一、影響毛細現象因素 的探討。 二、調查日常生活中毛 細現象的例子。 三、探討毛細現象在生 活上的應用。	一、紙張材質越疏鬆，水 位上升越高。 二、溶液濃度與水位上升 高度成反比。 三、溶液溫度與水位上升 高度成正比。
第 52 屆	蔡仁一 王鈺雯 翁敬堯 簡好璇 黃耘家 陳俞亦	彩虹玫瑰 新視界 — 染色花探 秘	透過植物內的維管束 運輸與毛細現象的關 聯性，將食用色素打入 花莖的維管束中，開發 出自製的「染色玫 瑰」。	植物體內包含維管束，而 能讓色素水往上傳到花 瓣，是因為維管束中的毛 細現象作用的關係。
第 54 屆	蕭韻雯 莊于萱 黃惠嫻	春暖花開 — 探究紙 花的開花 現象	實驗採用正方形的紙 張，製成紙花進行測 量，藉此探討紙張的孔 隙大小對紙花在不同 條件下的開花效果。	一、選擇「15x15」蠟光色 紙為實驗主要材料。 二、紙花底部吸水面的不 同摺線數量不會影響 紙花開花。 三、紙花在不同水溫下開 花快慢呈正向影響。

綜合以上之研究可以發現，不論是紙張的吸水測試，或是植物的染色實驗，都與毛細現象有關。而在第 54 屆的紙花實驗中，研究者使用正方形的蠟光紙進行實驗，發現了紙張的孔隙大小與水溫是影響紙花開花的主要因素，但卻未詳細探究紙花開花的主要變因。

而且過去我們都知道紙花能夠開花主要是因為毛細現象，但到底是怎樣影響它開花，卻極少人深入去探討，因此我們希望透過這次的實驗，能夠找出受到摺壓的紙花，到底是受到什麼因素影響才能開花。

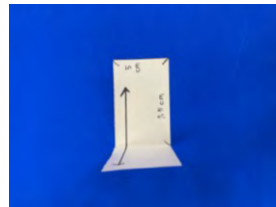
二、實驗設計

(一) 紙花製作過程

為了能夠更精確的找出影響紙花開花的因素，所以紙花的型態分成兩種來進行操作：

1. 單瓣紙花製作步驟（以未印刷報紙為例）

圖示



步驟

(1) 準備 A4 未印刷報紙。

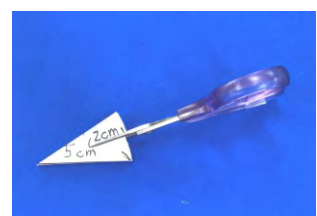
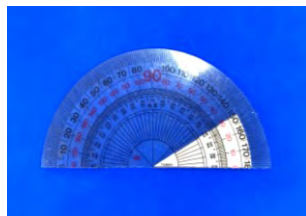
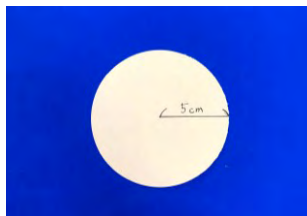
(2) 垂直纖維方向，將紙張剪切為長 15 公分、寬 5 公分的長方形紙條。

(3) 將紙條從長邊對摺，使其底面變為長 7.5 公分、寬 5 公分，並稍微按壓出摺痕。

(4) 將重物置於紙張上方，壓住 5 秒鐘後，將重物移開。

2. 圓形多瓣紙花製作步驟（以未印刷報紙的十二瓣紙花為例）

圖示



步驟

(1) 將未印刷報紙裁切成半徑 5 公分的圓。

(2) 使用量角器切分成十二等分後，形成十二分之一圓。

(3) 利用剪刀剪一道長 2 公分的切口，即為花瓣。

圖示



步驟

(4) 將剪好的花瓣展開，形成花瓣長 2 公分的紙花。

(5) 將每片花瓣按照順序往圓心摺，形成紙花苞。

(6) 將重物置於紙張上方，壓住 5 秒鐘後，將重物移開。

(二) 紙花開花計時標準

紙花在計時器到達 5 秒時，放入靜止的水面，且紙花底面需與水面貼平，至花瓣完全開啟到貼平水面為計時終止，所讀秒數再扣除起始的 5 秒即為花開時間。

將時間設定為 5 秒才放紙花，是為了降低按壓計時器時所可能造成的人為誤差。

圖示



步驟

- (1) 計時器到達 5 秒時，將紙花放入靜止的水中。
(2) 紙花底面與水面貼平。

圖示

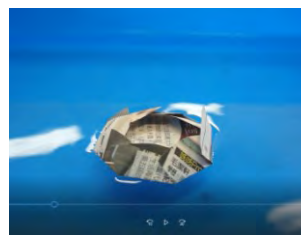


步驟

- (3) 花瓣完全開啟到貼平水面，計時終止。
(4) 將讀取到的秒數減去開頭的 5 秒鐘，方為紙花開花時間。

(三) 紙花開花動態畫面輔助

為了能減少實驗的人為誤差，所以採用錄影的方式從旁輔助紀錄，並為實驗留下動態紀錄結果。以下分別放上一組單瓣紙花與一組圓形多瓣紙花動態紀錄為代表：



(1) 單瓣紙花開花情況

(2) 圓形多瓣紙花開花情況

伍、研究結果

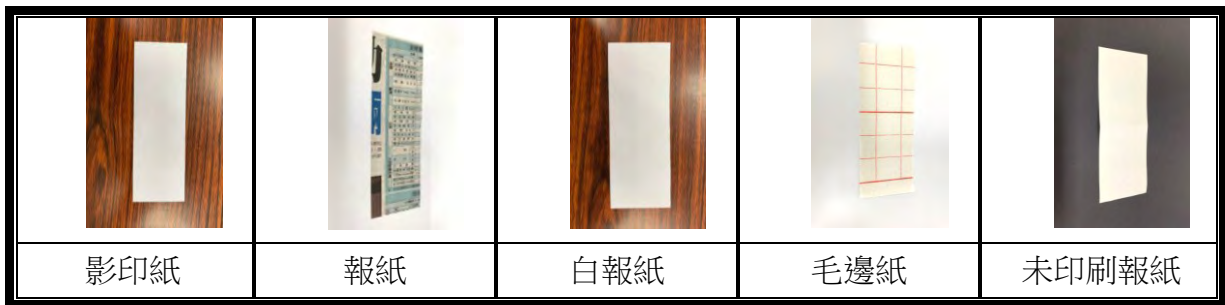
實驗一之 1：不同種類的紙張對紙花開花的影響

操縱變因：**不同紙張**—影印紙、報紙、白報紙、毛邊紙、未印刷報紙。

控制變因：紙張大小長 15 公分寬 5 公分、垂直纖維方向將紙對摺、壓一個重物 5 秒鐘。

實驗步驟：

- (一) 準備影印紙、報紙、白報紙、毛邊紙、未印刷報紙等五種紙張，並將紙張剪切為長 15 公分、寬 5 公分的長方形紙條。
- (二) 將紙條從長邊對摺，底面變為長 7.5 公分、寬 5 公分，並稍微按壓出摺痕後，將重物置於紙張上方，壓住 5 秒鐘後，將重物移開。
- (三) 將壓好的紙，水平輕放於無波動的水面上，同時計時，直到摺起的一端展開至貼平水面時停止計時。
- (四) 每種紙張重複步驟 (二)、(三) 各五次，並記錄時間。

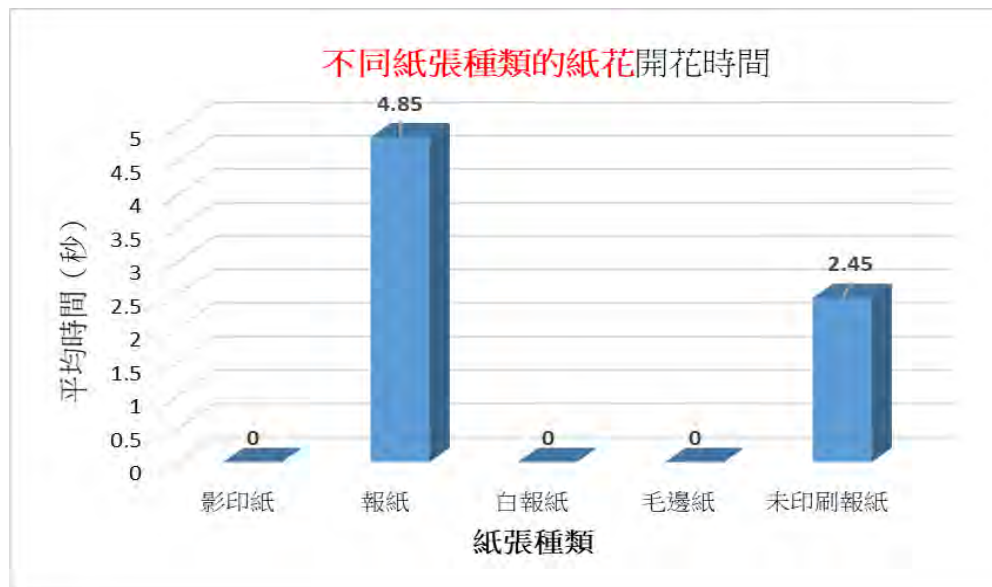


實驗結果：

表一 **不同種類的紙張**所製成紙花實驗數據

紙張種類	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註
影印紙	×	×	×	×	×	3 秒時，底面紙溼掉。
報紙	3.39	3.16	7.32	5.64	5.53	取集中值三個平均為 4.85 秒。
白報紙	×	×	×	×	×	65 秒時，底面紙溼掉。
毛邊紙	×	×	×	×	×	10 秒時，底面紙溼掉。
未印刷報紙	2.06	1.97	2.90	2.48	2.27	取集中值三個平均為 2.45 秒。

×：表示紙花未開花 時間單位：秒(s)



圖四 不同紙張種類的紙花開花時間

研究發現：

- (一) 在實驗了影印紙、報紙、白報紙、毛邊紙以及未印刷報紙所製成的紙花，結果發現報紙與未印刷報紙的紙花會開花，其他像是影印紙、白報紙以及毛邊紙則無法開花。
- (二) 根據實驗結果發現，在此控制變因條件下，報紙以及未印刷報紙所製作的紙花花瓣會展開，為了進一步比較有印刷與無印刷報紙的開花效果是否有差異，因此後續單一操作變因的實驗使用紙張設定為報紙與未印刷報紙；雙操作變因的實驗則使用未印刷報紙。

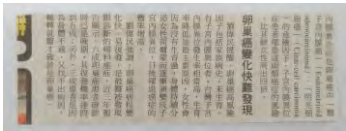



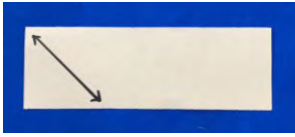
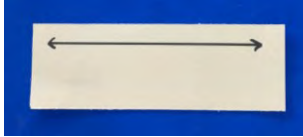
實驗一之 2：不同纖維方向摺線對紙花開花的影響

操縱變因：**纖維與摺線方向夾角**—0 度、45 度、90 度。

控制變因：紙張大小長 15 公分寬 5 公分、將紙對摺、壓一個重物 5 秒鐘。

實驗步驟：

- (一) 將報紙、未印刷報紙分別剪裁出縱、橫及斜 45 度的長方形紙條，其長 15 公分寬 5 公分。
- (二) 將紙條從長邊對摺，底面變為長 7.5 公分、寬 5 公分，並稍微按壓出摺痕後，將重物置於紙張上方，壓住 5 秒鐘後，將重物移開。
- (三) 將壓好的紙，水平輕放於無波動的水面上，同時計時，直到摺起的一端展開至貼平水面時停止計時。
- (四) 每種纖維摺線方向重複步驟 (二)、(三) 各五次，並記錄時間。

平行纖維	夾 45 度	垂直纖維
		
		

實驗結果：

表二 **不同纖維方向摺線**所製成紙花實驗數據

纖維方向	紙張種類	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註
平行	報紙	×	×	×	×	×	接觸水面的紙緣會呈現波浪狀。
	未印刷報紙	×	×	×	×	×	
夾 45 度	報紙	×	×	×	×	×	花瓣容易斜斜翹起。
	未印刷報紙	×	×	×	×	×	
垂直	報紙	3.92	5.99	2.67	8.23	5.12	取集中值三個平均為 5.01 秒。
	未印刷報紙	2.14	2.82	3.03	2.68	2.03	取集中值三個平均為 2.55 秒。

×：表示紙花未開花 時間單位：秒(s)



圖五 不同纖維方向摺線的紙花開花時間

研究發現：

- (一) 為控制實驗變因，因此在裁剪報紙時，皆為裁成長 15 公分、寬 5 公分，在裁剪平行與垂直方向時，還算容易。但在裁剪夾 45 度的紙時，較為困難，因此，我們先摺出 45 度，再利用摺出的斜邊裁剪紙張，這樣剪出的紙可直接從長邊對摺，保持實驗的控制變因。
- (二) 當纖維與摺線方向平行的紙花，接觸到水面後，會看到接觸水面的紙張邊緣呈現波浪狀，而不是平的。
- (三) 纖維與摺線方向夾 45 度的紙花，在摺好後皆會斜斜翹起。
- (四) 報紙及未印刷報紙在纖維與摺線方向平行以及相互夾 45 度的情況下，摺起的花瓣皆無法展開。只有纖維與摺線方向互相垂直的花瓣可以展開。

研究討論：

- 從毛細現象去分析，紙張本身的孔隙就像無數的毛細管，可以促使毛細現象的產生；但從本實驗可以發現，紙張中的纖維方向也是影響紙花開花與否的重要因素。
- 纖維方向為垂直的狀態，就好像多根排成一列的對摺吸管，當水同時進入管中時，此時水會充滿吸管，再加上水進入時所給予管壁的力，產生了轉動力矩，促使纖維能回復成原本平直的狀態。
- 而纖維方向為平行和夾 45 度的情形，則因為纖維排列方向的關係，使得毛細現象所產生的力不足以在面上產生轉動力矩，故無法讓紙花開花。

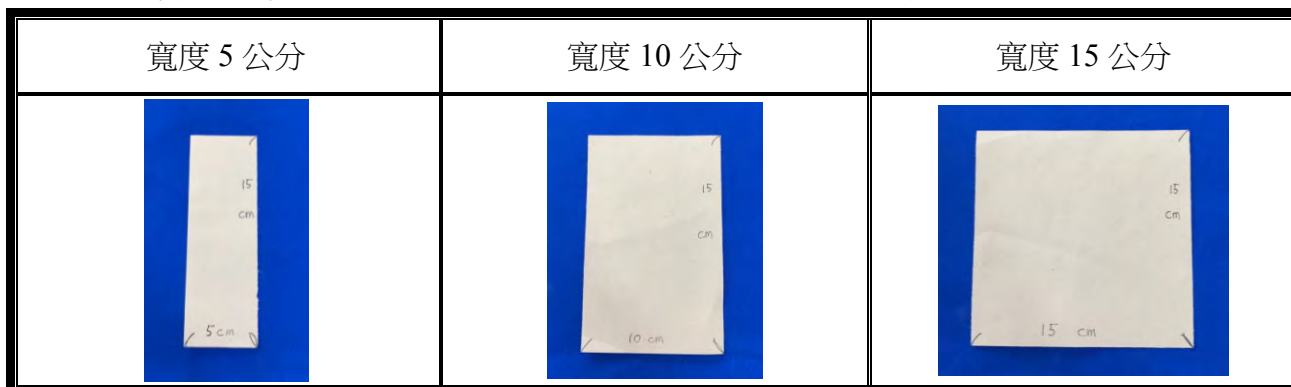
實驗一之3：不同寬度的紙張對紙花開花的影響

操縱變因：**不同紙張寬度**—長為 15 公分，寬分別為 5 公分、10 公分、15 公分。

控制變因：垂直纖維方向將紙對摺、壓一個重物 5 秒鐘。

實驗步驟：

- (一) 將報紙、未印刷報紙剪裁出長 15 公分，寬分別為 5 公分、10 公分以及 15 公分的紙條。
- (二) 將紙條從長邊對摺，使底面變成長 7.5 公分，寬度不變，並稍微按壓出摺痕後，將重物置於紙張上方，計時 5 秒後，將重物移開。
- (三) 將壓好的紙，水平輕放於靜止水面上，同時計時，直到摺起的一端展開至貼平水面時停止計時。
- (四) 每種紙張寬度重複步驟 (二)、(三) 各五次，並記錄時間。



實驗結果：

表三 **不同寬度紙張**所製作紙花的實驗數據

紙張寬度	紙張種類	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
5 公分	報紙	2.97	2.08	4.32	2.85	5.76	3.38
	未印刷 報紙	1.90	2.12	2.11	1.97	2.07	2.26
10 公分	報紙	4.17	1.53	1.58	2.38	2.35	2.10
	未印刷 報紙	2.17	1.95	2.05	2.05	2.25	2.24
15 公分	報紙	7.47	5.55	5.32	3.79	3.22	4.89
	未印刷 報紙	2.85	1.70	2.28	2.03	2.09	2.13

時間單位：秒(s)



圖六 不同寬度的紙花開花時間

研究發現：

- (一) 實驗發現，紙張寬度在 5 公分、10 公分以及 15 公分時，摺起的花瓣都可以展開。
- (二) 實驗前認為紙張寬度越寬，越不容易開花，也就是花瓣面積越大，越不容易開花。但實驗的結果是，**紙張寬度不會影響紙花是否開花。**
- (三) 實驗結果發現，**報紙的開花時間**快慢順序為寬 10 公分紙條最快、寬 5 公分紙條次之、寬 15 公分紙條最慢，**並非是越寬越慢**；但**未印刷的報紙結果卻不盡相同**，在不同寬度的情況下，**時間落差為 0.1 秒上下，沒有明顯的差別。**

研究討論：

- 從實驗中可以發現，**不論紙張寬度為多少，皆可讓紙花開花**，表示毛細現象所產生的力，**可以產生足以讓紙花開花的轉動力矩。**
- 針對開花速度的快慢，可從實驗發現，報紙與未印刷報紙的開花速度不盡相同，兩者最大的差異為是否印刷，因此，**是否印刷會影響紙花開花的速度。**

實驗一之 4：不同摺花瓣的力量對紙花開花的影響

操縱變因：**不同摺（壓）的力量** — 一個重物（45 公克重）、兩個重物（90 公克重）、三個重物（135 公克重）。

控制變因：紙張大小長 15 公分寬 5 公分、垂直纖維方向對摺、重物壓的時間為 5 秒鐘。

實驗步驟：

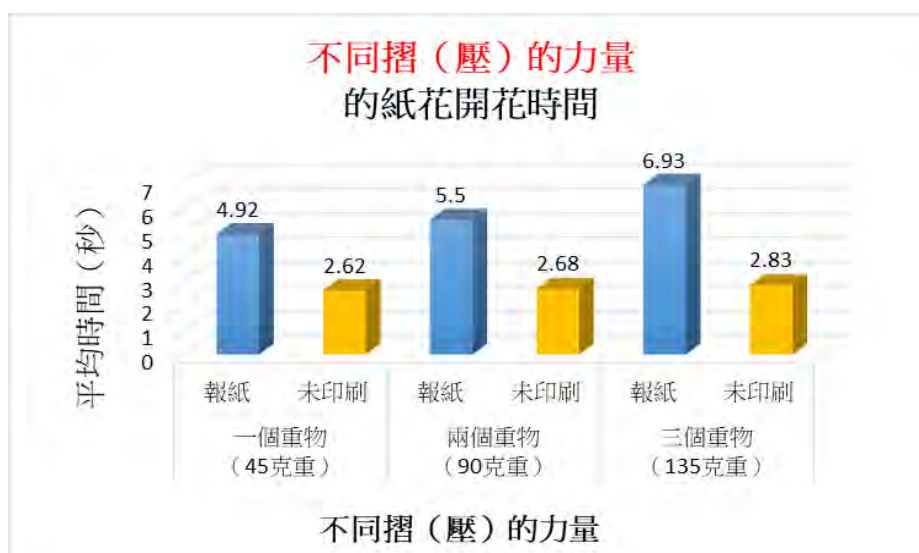
- （一）將報紙、未印刷報紙剪裁成長 15 公分寬 5 公分的紙條。
- （二）將紙條從長邊對摺，底面變為長 7.5 公分、寬 5 公分，並稍微按壓出摺痕後，將重物置於紙張上方，壓住 5 秒鐘後，將重物移開。
- （三）將壓好的紙，水平輕放於靜止水面上，同時計時，直到摺起的一端展開至貼平水面時停止計時。
- （四）改變步驟（二）壓紙的重物數量，一到三個重物，每種重量重複五次實驗，並記錄時間。

實驗結果：

表四 **不同摺（壓）的力量**所製作的紙花實驗數據

摺（壓）重量	紙張種類	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註（取集中值 3 個平均）
一個重物 (45 克重)	報紙	4.54	5.50	4.72	4.20	6.72	4.92
	未印刷 報紙	2.70	2.79	2.64	2.45	2.52	2.62
兩個重物 (90 克重)	報紙	6.15	7.90	4.77	4.18	5.58	5.50
	未印刷 報紙	2.68	2.69	2.68	2.46	3.21	2.68
三個重物 (135 克重)	報紙	7.07	8.77	7.05	6.67	6.31	6.93
	未印刷 報紙	2.60	2.83	3.06	2.51	3.08	2.83

時間單位：秒(s)



圖七 不同摺壓的力量的紙花開花時間

研究發現：

- (一) 壓一至三個不同數量重物的紙花，花瓣都會展開。
- (二) 花瓣展開時間由快到慢依序是壓一個重物（45 克重），壓兩個重物（90 克重），壓三個重物（135 克重），**即摺（壓）紙花花瓣的力量會影響紙花開花的時間。**
- (三) 發現摺（壓）的力量越大，則紙花花瓣要展開且貼平水面的時間較長；摺（壓）的力量越小，則紙花花瓣展開至貼平水面的時間越短。

研究討論：

- 從實驗中可以發現，**不論摺壓的力量為多少，皆可讓紙花開花，表示毛細現象所產生的力，可以產生足以讓紙花開花的轉動力矩。**
- 針對開花速度的快慢，可從實驗發現，當摺壓的力量越大，報紙與未印刷報紙的開花速度越慢，可能因為摺壓時所產生的摺痕太深，此時需花更多的力方可抵抗摺壓所產生的力，進而產生足以讓紙花開花的轉動力矩。

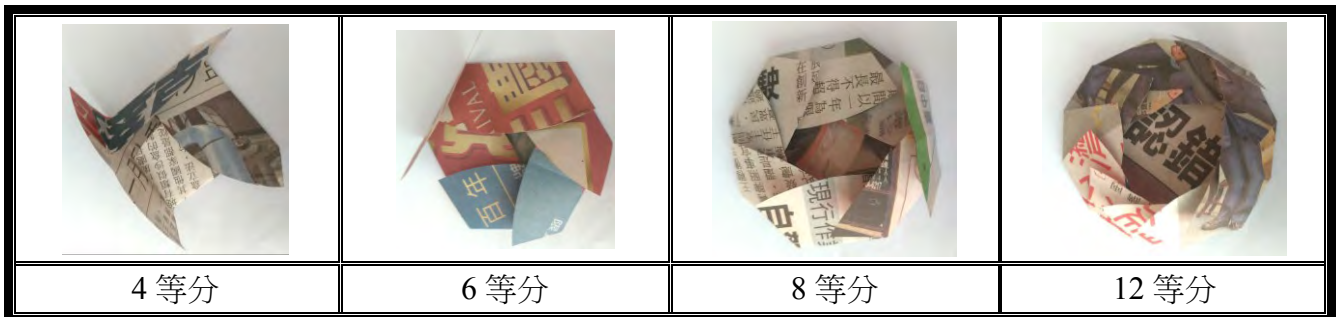
實驗一之 5：不同的花瓣瓣數對紙花開花的影響

操縱變因：**不同花瓣瓣數**—4 瓣、6 瓣、8 瓣、12 瓣。

控制變因：紙張大小為半徑 5 公分的圓、花瓣 2 公分、壓一個重物 5 秒鐘。

實驗步驟：

- (一) 將報紙、未印刷報紙剪裁成半徑 5 公分的圓，並分別摺成四分之一圓、六分之一圓、八分之一圓以及十二分之一圓後，利用剪刀剪一道長 2 公分的切口，即為花瓣。
- (二) 將每片花瓣往圓心摺，形成紙花苞，並置於重物下方壓 5 秒鐘。
- (三) 將壓好的紙花苞輕輕平放於靜止水面上，同時計時，直到每片花瓣貼平水面時，停止計時。
- (四) 每種花瓣瓣數重複步驟 (二)、(三) 各五次，並記錄時間。



實驗結果：

表五 **不同花瓣瓣數**的紙花實驗數據

花瓣瓣數	紙張種類	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
4 等分	報紙	16.94	9.42	11.80	15.09	19.75	14.61 秒
	未印刷報紙	5.94	8.63	5.32	4.90	11.79	6.63 秒
6 等分	報紙	6.25	6.50	32.36	13.92	20.67	13.69 秒。聽到紙摩擦的聲音
	未印刷報紙	4.78	3.90	5.15	5.71	4.72	4.88 秒
8 等分	報紙	9.00	12.80	6.20	19.74	15.26	12.35 秒。聽到紙摩擦的聲音
	未印刷報紙	3.46	2.98	3.16	3.28	3.24	3.23 秒
12 等分	報紙	4.62	10.77	10.69	10.62	11.53	10.69 秒
	未印刷報紙	3.45	3.16	2.98	3.30	2.94	3.15 秒

時間單位：秒(s)



圖八 不同花瓣瓣數的紙花開花時間

研究發現：

- (一) 在製作紙花時，4等分的花瓣所摺出來的紙花，花瓣會外露也會相互摺到。6等分、8等分以及12等分的花瓣所摺出來的紙花，花瓣不會露出底面也不會相互摺到。
- (二) 不同花瓣瓣數的紙花，花瓣都會展開。
- (三) 不論是報紙或未印刷的報紙，花瓣展開時間由快到慢依序是12個等分的花瓣，8個等分的花瓣，6個等分的花瓣、4個等分的花瓣。即**花瓣瓣數的多寡會影響開花時間，紙花花瓣瓣數越多，開花所需的時間就越短。**
- (四) 在實驗等待報紙花瓣展開貼平水面時，**可以聽到紙摩擦的聲音，推測應是花瓣與花瓣在展開時相互摩擦所產生的聲音。**

研究討論：

- 從實驗中可以發現，**不論花瓣瓣數為多少，皆可讓紙花開花，表示毛細現象所產生的力，可以產生足以讓紙花開花的轉動力矩。**
- 針對開花速度的快慢，可從實驗發現，當花瓣瓣數越多，報紙與未印刷報紙的開花速度越快。

實驗二：不同纖維與摺線方向夾角和不同花瓣長度對紙花開花的影響

實驗設計：從實驗一之 5 發現圓形的紙花花瓣並不會像實驗一之 2 一樣受纖維方向的影響，我們猜測可能與花瓣的長度有關係；因此我們選擇底面積固定、改變花瓣長度的方式來進行驗證。

操縱變因：**纖維與摺線方向夾角**— 0 度、45 度、90 度。

不同花瓣長度 — 2 公分、2.5 公分、3 公分.....6.5 公分、7 公分、7.5 公分。

控制變因：紙張底面積皆為長 7.5 公分寬 5 公分、重物壓的時間為 5 秒鐘。

實驗步驟：

- (一) 將未印刷報紙分別裁剪成三種夾角 0 度、45 度、90 度，並將三種夾角紙張的寬固定為 5 公分，而長由 15 公分依序遞減 0.5 公分至長為 9 公分的紙條。
- (二) 將紙條從長邊對摺，底面皆為長 7.5 公分、寬 5 公分、**花瓣長度則為 (總長-7.5)**，並稍微按壓出摺痕後，將重物置於紙張上方，壓住 5 秒鐘後，將重物移開。
- (三) 將壓好的紙，水平輕放於靜止水面上，同時計時，直到摺起的一端展開至貼平水面時停止計時。
- (四) 改變步驟 (二) 的花瓣長度，由 2 公分到 7.5 公分，每種花瓣長度重複五次實驗，並記錄時間。

實驗結果：

表六 「纖維與摺線方向**夾角 90 度**」與「不同花瓣長度」對紙花開花的影響

花瓣長度 (公分)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
2.0	4.31	3.86	4.03	3.78	3.28	3.89
2.5	3.17	3.73	2.84	3.46	3.07	3.23
3.0	3.57	3.33	3.33	3.20	3.42	3.36
3.5	3.25	3.40	3.63	3.89	3.30	3.44
4.0	3.30	3.56	3.02	2.90	3.53	3.28
4.5	2.99	2.73	3.31	3.37	3.03	3.11
5.0	3.33	2.93	3.11	2.75	3.18	3.07
5.5	3.08	2.45	2.20	2.75	2.85	2.68
6	2.80	2.75	2.79	2.62	2.16	2.72
6.5	2.48	2.58	3.00	2.61	2.28	2.45
7	3.01	2.56	2.93	2.45	2.05	2.65
7.5	1.82	1.92	1.99	2.08	1.86	1.92

時間單位：秒(s)

表七 「纖維與摺線方向夾角 45 度」與「不同花瓣長度」對紙花開花的影響

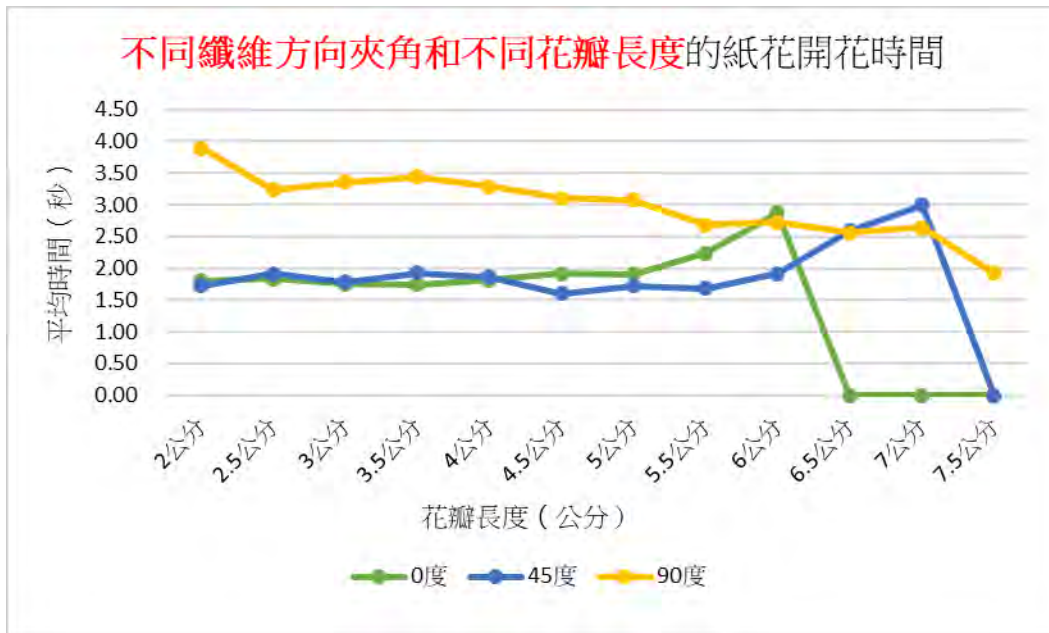
花瓣長度 (公分)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
2.0	1.65	2.11	1.66	1.76	1.76	1.73
2.5	1.98	1.86	1.90	2.05	1.68	1.91
3.0	1.88	1.92	1.72	1.75	1.59	1.78
3.5	2.12	2.01	1.96	1.80	1.73	1.92
4.0	1.83	2.07	1.73	2.04	1.70	1.87
4.5	1.42	1.53	1.71	1.87	1.56	1.60
5.0	1.43	1.72	1.84	1.75	1.70	1.72
5.5	1.72	1.63	1.69	1.65	2.08	1.69
6.0	2.02	1.98	1.88	1.88	1.57	1.91
6.5	2.74	2.08	2.98	2.14	2.88	2.59
7.0	2.28	5.35	3.24	2.45	3.28	2.99
7.5	×	×	×	×	×	×

×：表示紙花未開花 時間單位：秒(s)

表八 「纖維與摺線方向夾角 0 度」與「不同花瓣長度」對紙花開花的影響

花瓣長度 (公分)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
2.0	2.08	1.88	1.65	1.61	1.88	1.80
2.5	1.73	1.83	1.84	2.05	1.78	1.84
3.0	1.75	1.75	1.68	1.88	2.23	1.75
3.5	1.74	1.69	1.79	1.7	1.88	1.74
4.0	1.86	1.58	1.85	1.84	1.74	1.81
4.5	2.46	2	1.76	1.86	1.9	1.92
5.0	1.95	2.03	1.74	1.65	2.44	1.91
5.5	2.32	2.6	1.85	1.83	2.53	2.23
6.0	3.43	3	2.52	2.54	3.08	2.87
6.5	×	×	×	×	×	×
7.0	×	×	×	×	×	×
7.5	×	×	×	×	×	×

×：表示紙花未開花 時間單位：秒(s)



圖九 不同纖維方向夾角和不同花瓣長度的紙花開花時間

研究發現：

- (一) 在夾角 90° 纖維方向中，不同花瓣長度的紙花，花瓣都會展開；在夾 45° 纖維方向中，則是 7.5 公分時不會開；在夾 0° 纖維方向中，則是 6.5、7、7.5 公分時不會開。
- (二) 實驗發現，在夾 90° 的情況下，當花瓣長度越短，紙花開花的速度反而越慢；但在夾角為 45° 和 0° 時，開花速度沒有顯著差別，但卻出現不會開花的狀態。
- (三) 從本實驗可以發現，當花瓣長度為 2 公分的時候，不論夾角是幾度都可以開花；因此也證明了，圓形花瓣為什麼可以不受纖維方向夾角的影響而開花。

研究討論：

- 從實驗中可以發現，在夾角 90° 纖維方向時，不同花瓣長度的紙花，花瓣都會展開；在夾 45° 纖維方向時，則是 7.5 公分不會開；在夾 0° 纖維方向中，則是 6.5、7、7.5 公分時不會開。無法開啟的紙花，可能是纖維所產生的毛細現象的力，無法產生讓紙花足以開花的力量。

實驗三：纖維與摺線夾角和寬度對紙花開花的影響

實驗設計：從實驗一之 2 發現纖維方向會影響紙花開花與否，實驗一之 3 發現寬度並不會影響紙花是否會開花；但若同時改變兩種變因，是否會出現不一樣的結果，因此本實驗採用改變「纖維與摺線夾角」和「寬度」的方式來進行探究。

操縱變因：纖維與摺線方向夾角—0 度、45 度、90 度。

不同寬度—5 公分、7 公分、9 公分、11 公分、13 公分、15 公分。

控制變因：紙張長度皆為 15 公分、重物壓的時間為 5 秒鐘。

實驗步驟：

- (一) 將未印刷報紙分別裁剪成三種夾角 0 度、45 度、90 度，並將三種夾角紙張的總長固定為 15 公分，而寬分別裁剪為 5 公分、7 公分、9 公分、11 公分、13 公分、15 公分的紙條。
- (二) 將紙條從長邊對摺，使底面變成長 7.5 公分，寬度不變，並稍微按壓出摺痕後，將重物置於紙張上方，壓住 5 秒鐘後，將重物移開。
- (三) 將壓好的紙，水平輕放於靜止水面上，同時計時，直到摺起的一端展開至貼平水面時停止計時。
- (四) 改變步驟 (二) 的花瓣長度，由 2 公分到 7.5 公分，每種花瓣長度重複五次實驗，並記錄時間。

實驗結果：

表九 「纖維與摺線方向夾角 90 度」與「不同寬度」對紙花開花的影響

寬度 (公分)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
5	2.40	1.96	2.56	2.03	2.58	2.33
7	2.25	2.38	1.81	2.19	1.80	2.08
9	2.57	2.28	2.65	1.95	2.33	2.39
11	2.05	1.86	2.49	2.80	3.16	2.45
13	1.38	2.10	1.81	1.90	1.95	1.89
15	2.85	1.70	2.28	2.03	2.09	2.13

×：表示紙花未開花 時間單位：秒(s)

表十 「纖維與摺線方向夾角 45 度」與「不同寬度」對紙花開花的影響

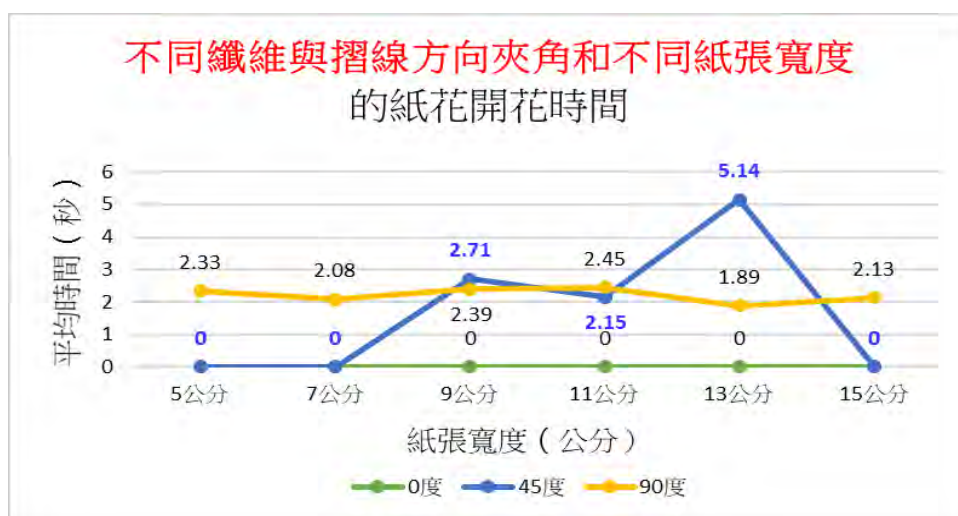
寬度 (公分)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
5	×	×	×	×	×	×
7	×	×	×	×	×	×
9	3.78	2.12	2.85	2.57	2.70	2.71
11	2.16	1.94	2.26	2.03	2.67	2.15
13	5.23	5.08	5.10	2.88	5.30	5.14
15	×	×	×	×	×	×

×：表示紙花未開花 時間單位：秒(s)

表十一 「纖維與摺線方向夾角0度」與「不同寬度」對紙花開花的影響

寬度 (公分)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
5	×	×	×	×	×	×
7	×	×	×	×	×	×
9	×	×	×	×	×	×
11	×	×	×	×	×	×
13	×	×	×	×	×	×
15	×	×	×	×	×	×

×：表示紙花未開花 時間單位：秒(s)



圖十 不同纖維與摺線方向夾角和不同紙張寬度的紙花開花時間

研究發現：

- (一) 從本實驗可以發現，不同纖維與摺線方向夾角和不同紙張寬度的確會影響紙花是否開花。
- (二) 在夾角 90°纖維方向中，不同寬度的紙花，花瓣都會展開；在夾 45°纖維方向中，只有寬度為 9 公分、11 公分、13 公分會開；而在夾 0°纖維方向中，則是全部都不會開。
- (三) 在開花速度方面，夾 90°的情況下，紙花開花的速度沒有明顯差異；但在夾角為 45°時，寬度為 13 公分時，開花速度明顯變得較慢。

研究討論：

- 從實驗中可以發現，在夾角 90°纖維方向中，不同寬度的紙花，花瓣都會展開；而在夾 0°纖維方向中，則是全部都不會開。無法開啟的紙花，可能是孔隙產生的毛細現象加上纖維所產生毛細現象的力，還是無法產生讓紙花足以開花的力量。

實驗四：摺花瓣力量與花瓣瓣數對紙花開花的影響

實驗設計：從實驗一之 4 發現摺花瓣力量會影響紙花開花的速度，實驗一之 5 發現花瓣瓣數也會影響紙花開花的速度；但若同時改變摺花瓣力量和花瓣瓣數，是否會影響紙花開花的情形。

操縱變因：不同摺（壓）的力量——一個重物（45 公克重）、兩個重物（90 公克重）、三個重物（135 公克重）。

不同花瓣瓣數——4 瓣、6 瓣、8 瓣、12 瓣。

控制變因：紙張大小為半徑 5 公分的圓、花瓣 2 公分、壓重物 5 秒鐘。

實驗步驟：

- （一）將未印刷報紙剪裁成半徑 5 公分的圓，並分別摺成四分之一圓、六分之一圓、八分之一圓以及十二分之一圓後，利用剪刀剪一道長 2 公分的切口，即為花瓣。
- （二）將每片花瓣往圓心摺，形成紙花苞，並分別置於 45 克重、90 克重、135 克重的重物下方壓 5 秒鐘，。
- （三）將壓好的紙花苞輕輕平放於靜止水面上，同時計時，直到每片花瓣貼平水面時，停止計時。
- （四）每種花瓣瓣數重複步驟（二）、（三）各五次，並記錄時間。

實驗結果：

表十二 「摺壓的力量 45 克重」與「不同花瓣瓣數」對紙花開花的影響

一個重物 (45 克重)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註（取集中值 3 個平均）
4	16.02	3.07	4.53	4.26	4.08	4.29
6	2.54	2.59	2.93	3.14	2.60	2.71
8	2.04	2.14	2.24	2.37	2.03	2.14
12	1.83	2.10	1.90	2.07	2.30	2.02

時間單位：秒(s)

表十三 「摺壓的力量 90 克重」與「不同花瓣瓣數」對紙花開花的影響

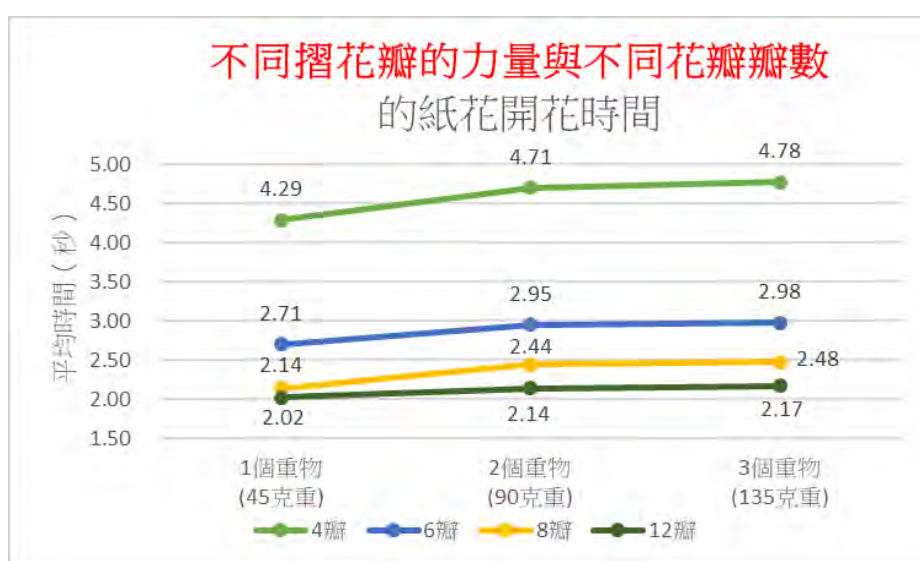
二個重物 (90 克重)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註（取集中值 3 個平均）
4	4.68	4.79	4.23	4.66	15.46	4.71
6	2.45	2.95	2.96	2.95	3.03	2.95
8	2.53	2.36	2.46	2.51	2.27	2.44
12	2.19	2.59	1.93	2.30	1.86	2.14

時間單位：秒(s)

表十四 「摺壓的力量 135 克重」與「不同花瓣瓣數」對紙花開花的影響

三個重物 (135 克重)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
4	4.89	5.04	4.76	3.11	4.68	4.78
6	2.63	2.98	4.41	2.84	3.12	2.98
8	3.07	2.65	2.32	2.46	2.17	2.48
12	1.87	2.25	2.17	2.30	2.09	2.17

時間單位：秒(s)



圖十一 不同摺花瓣的力量與不同花瓣瓣數的紙花開花時間

研究發現：

- (一) 從本實驗可以發現，不同摺花瓣的力量與不同花瓣瓣數同時改變時，皆可讓紙花開花。
- (二) 從圖十一可以發現，當摺壓力量增加時，紙花開花速度有些微增加；而不同花瓣瓣數還是影響紙花開花的最大原因，不論重物多重，十二瓣的紙花都是開最快的。

研究討論：

- 從實驗中可以發現，不論花瓣瓣數與摺壓力量為多少，皆可讓紙花開花，表示毛細現象所產生的力，可以產生足以讓紙花開花的轉動力矩。
- 但在圓形多瓣花的形態下，摺壓的力量卻對紙花開花的速度影響不大。

實驗五：不同水溫對紙花開花的影響

實驗設計：採用實驗數據相對穩定的 12 辦紙花來進行水溫實驗，看看水溫會不會影響紙花開花。

操縱變因：**不同水溫** —10 度、20 度、30 度、40 度、50 度、60 度、70 度。

控制變因：紙張大小為半徑 5 公分的圓、花瓣 2 公分、壓一個重物 5 秒鐘。

實驗步驟：

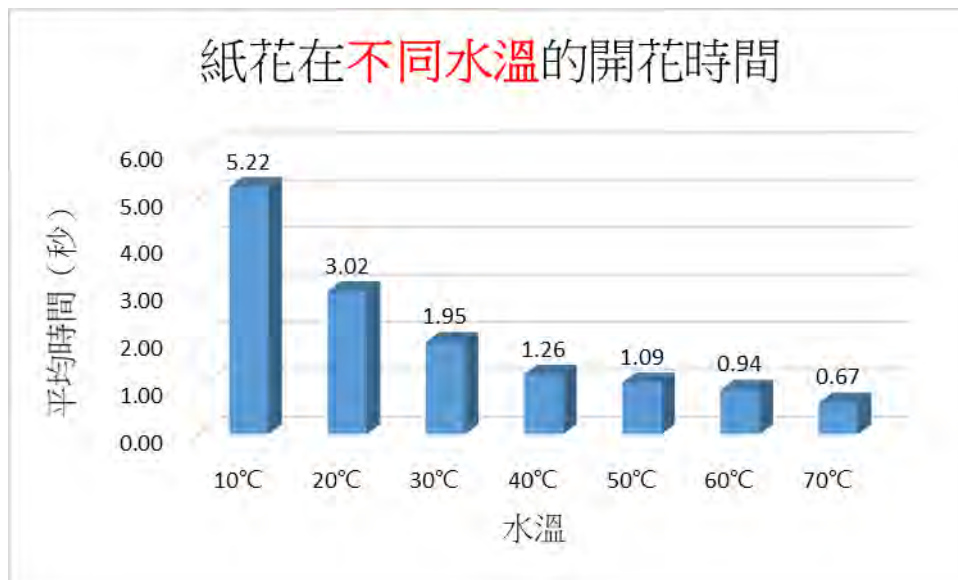
- (一) 將未印刷報紙剪裁成半徑 5 公分的圓，摺成十二分之一圓後，利用剪刀剪一道長 2 公分的切口，即為花瓣。
- (二) 將每片花瓣往圓心摺，形成紙花苞，並置於 45 克重的重物下方壓 5 秒鐘，。
- (三) 將壓好的紙花苞輕輕平放於靜止水面上，同時計時，直到每片花瓣貼平水面時，停止計時。
- (四) 每種花瓣瓣數重複步驟 (二)、(三) 各五次，並記錄時間。

實驗結果：

表十五 「不同水溫」對紙花開花的影響

水溫(°C)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註 (取集中值 3 個平均)
10	4.82	4.84	5.46	5.35	5.55	5.22
20	3.12	3.01	2.89	2.97	3.08	3.02
30	1.98	2.01	2.05	1.85	1.79	1.95
40	1.30	1.14	1.33	1.11	1.38	1.26
50	1.14	1.03	1.12	1.10	1.05	1.09
60	0.94	0.89	0.85	1.01	0.98	0.94
70	0.72	0.58	0.73	0.65	0.63	0.67

時間單位：秒(s)



圖十二 紙花在不同水溫的開花時間

研究發現：

- (一) 從本實驗可以發現，不論水溫的溫度是幾度，都可以讓 12 瓣的紙花開花。
- (二) 從圖十二可以發現，當水溫升高的時候，紙花開花的速度會加快；亦即水溫越高，紙花開花速度越快。

研究討論：

- 從實驗中可以發現，不論水溫的溫度是幾度，皆可讓紙花開花，表示這些溫度下的毛細現象所產生的力，可以產生足以讓紙花開花的轉動力矩。
- 當水溫升高的時候，液體之表面張力會隨之減小。因為溫度上升時，熱導致分子運動變得激烈，使得分子間的引力亦趨向於零，因此表面張力變得很小；此時附著力遠大於內聚力，使得紙花因為毛細現象的作用，而能夠更快速的展開。

陸、結論與建議

一、研究結論

- (一) 紙張的種類會影響紙花開花，報紙與未印刷的報紙紙花的花瓣皆會展開，而白報紙、影印紙以及毛邊紙的花瓣無法展開。
- (二) 花瓣的摺線方向與紙張纖維方向的夾角會影響紙花開花，摺線方向與紙張纖維方向垂直的花瓣會展開，而平行紙張纖維方向及夾 45 度的紙花無法展開。
- (三) 紙張的寬度不會影響紙花開花，實驗結果發現，5 公分、10 公分及 15 公分的紙所製作的紙花都會開花。
- (四) 紙花的花瓣瓣數會影響紙花開花速度，開花速度由快到慢分別是 12 瓣，8 瓣，6 瓣，4 瓣。花瓣瓣數越多，紙花開得越快。
- (五) 摺（壓）花瓣的力量會影響紙花開花，紙花開花速度由快到慢分別是壓一個重物（45 克重），壓兩個重物（90 克重），壓三個重物（135 克重）。摺（壓）花瓣力量越大，開花速度越慢。
- (六) 在夾角 90°纖維方向中，不同花瓣長度的紙花，花瓣都會展開；在夾 45°纖維方向中，則是 7.5 公分時不會開；在夾 0°纖維方向中，則是 6.5、7、7.5 公分時不會開。在開花速度方面，夾 90°的情況下，當花瓣長度越短，紙花開花的速度反而越慢；但在夾角為 45°和 0°時，開花速度沒有顯著差別。
- (七) 不同纖維與摺線方向夾角和不同紙張寬度的確會影響紙花是否開花。在夾角 90°纖維方向中，不同寬度的紙花，花瓣都會展開；在夾 45°纖維方向中，只有寬度為 9 公分、11 公分、13 公分會開；而在夾 0°纖維方向中，則是全部都不會開。
- (八) 不同摺花瓣的力量與不同花瓣瓣數同時改變時，皆可讓紙花開花。當摺壓力量增加時，紙花開花速度有些微增加；而不同花瓣瓣數還是影響紙花開花的最大原因，不論重物多重，十二瓣的紙花都是開最快的。
- (九) 不論水溫的溫度是幾度，都可以讓 12 瓣的紙花開花；當水溫越高，紙花開花速度越快。

二、建議

- (一) 紙花實驗是個簡單易操作的活動，但若選用材料不甚，或製作細節未注意到，也容易造成實驗結果不理想的狀況；雖然未印刷的報紙實驗效果較好，但因取得較困難，因此建議選用隨手可得的報紙進行操作，不僅省錢，還很環保喔！
- (二) 研究限制：
1. 紙張材質只依現有材料進行挑選、實驗。
 2. 紙花花瓣數為人工剪裁，恐有誤差。
 3. 實驗次數設定為 5 次，未加以擴大。
- (三) 未來研究建議：
1. 可選擇更多種的紙張材質來進行實驗、比較。
 2. 紙花花瓣數可用電腦繪圖直接列印、剪裁，可降低人為誤差。
 3. 增加實驗次數，可降低實驗誤差。
 4. 可加入不同種類、不同濃度、不同酸鹼性的水溶液來進行實驗。

柒、參考資料

- 一、國民小學自然與生活科技課本第四冊四年級下學期（2017）(P.50)。翰林出版。
- 二、國民小學自然與生活科技課本第五冊五年級上學期（2018）(P.27)。南一出版。
- 三、飛盟廣告。紙張特性介紹一絲流。取自 <https://reurl.cc/67dNr>
- 四、許良榮。科學遊戲實驗室—紙花。取自 <http://scigame.ntcu.edu.tw/paper/paper-001.html>
- 五、蔡仁一、王鈺雯、翁敬堯、簡好璇、黃耘家、陳俞亦（2012）。彩虹玫瑰新視界—染色花探秘。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會國小物理科，國立台灣科學教育館，台北。
- 六、蕭韻雯、莊于萱、黃惠葵（2014）。春暖花開—探究紙花的開花現象。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會國小物理科，國立台灣科學教育館，台北。
- 七、曾秋雲。快樂教師電子報（第 137 期，2014 年 8 月 15 日）。
取自 <https://www.945enet.com.tw/epaper/contents/ha/137/03.htm>
- 八、鍾牧辰、黃炳曄、吳昇鴻、賴軒汝（2001）。毛細現象的另一章。中華民國第 41 屆中小學科學展覽會國小物理科，國立台灣科學教育館，台北。
- 九、陳泊宇、林潔心、曹茗凱（2008）。力爭上游的水溶液—毛細現象的探索。中華民國第 48 屆中小學科學展覽會國小物理科，國立台灣科學教育館，台北。

【評語】 080120

1. 題目屬於廣泛被探究的內容、結果若能發展應用則更佳。
2. 有些實驗是不需要的，有些則可理論推知。
3. 作品可了解自然現象。



摘要

我們探究了影響紙花開花的因素，包括紙張種類、纖維與摺線方向、紙張寬度、花瓣瓣數以及摺（壓）的力量、水溫等。結果發現，紙花並不會因紙張寬度的不同而受影響。但紙張種類選擇報紙和未印刷的報紙才會開花，且必須使摺線與纖維方向互相垂直。另外，我們也發現了花瓣瓣數如果越多，則紙花開得越快；還有摺（壓）的力量越小，紙花開得越快。

此外，在夾角 90° 纖維方向中，①不同花瓣長度及②不同寬度的紙花，花瓣都會展開；而在夾 0° 纖維方向中，不同寬度的紙花，則是全部不會開。不同摺花瓣的力量與不同花瓣瓣數同時改變時，皆可讓紙花開花，但十二瓣是開得最快的；而當水溫越高時，紙花的開花速度越快。

壹 研究動機

我跟同學討論今年想要研究的主題，大家提了很多想法，像是史萊姆、熱黏土、Ooho...等，當我提出「紙花」時，大家都說不錯，因為在四年級的自然課上到「水的奇妙現象」時，老師有教到「毛細現象」，當時老師還讓我們做紙花的實驗，我們都玩瘋了！

記得那時候，老師讓我們嘗試製作自己的紙花，結果發現班上同學們的紙花有的開得很快，有的開得很慢；有些人做出來的紙花有特別的造型，但卻無法開花。那時我就想為什麼大家做的紙花開的速度不一樣，又有哪些因素影響著紙花開不開花？終於，這次可以好好的一探究竟了！

貳、研究目的

01
探討「紙張種類、纖維與摺線夾角、寬度、摺花瓣力量、花瓣瓣數」對紙花開花的影響。

02
探討「纖維與摺線夾角和花瓣長度」對紙花開花的影響。

03
探討「纖維與摺線夾角和寬度」對紙花開花的影響。

04
探討「摺花瓣力量與花瓣瓣數」對紙花開花的影響。

05
探討「水溫」對紙花開花的影響。

參

研究設備及器材

重物 (45公克重)	裁紙刀	尺	切圓器	小刀
水盆	剪刀	手機	計時器	行動顯微鏡
未印刷報紙	報紙	影印紙	毛邊紙	白報紙

肆

研究過程或方法

毛細現象是指附著力與內聚力（表面張力）相互作用的結果。

而毛細現象會出現兩種情況：

(1)附著力**大於**液體的內聚力 (2)附著力**小於**液體的內聚力

紙張的纖維與纖維之間存在細縫。當紙張在乾燥的情況下，將紙張摺起，造成纖維被彎折；而將紙張放置水面上，**水會因毛細現象進入紙張，進而使纖維吸水，而吸收水分的纖維會被撐開**，促使纖維回復成原本的樣貌。

紙張纖維排列的固定方向稱為絲流，絲流可分為兩種：

(1)**長絲流**—纖維排列方向與紙張的**長邊平行**。

(2)**短絲流**—纖維排列方向與紙張的**短邊平行**。

(1)行動顯微鏡—從網上查詢資料可以發現，**紙張纖維在顯微鏡下，還是有多數固定的主要排列方向**。

(2)彎曲測試—彎曲**角度大為短絲流**；彎曲**角度小為長絲流**。

(3)沾水測試—紙張呈現**直線狀為短絲流**；紙張呈現**波浪狀為長絲流**。

綜合以上之研究可以發現，**不論是紙張的吸水測試，或是植物的染色實驗，都與毛細現象有關**；但到底是怎樣的機制影響紙花開花，卻極少人深入去探討。

文獻探討

1 毛細現象

2 紙花開花原理

3 紙張絲流

4 實測絲流

5 歷屆科展作品

實測絲流結果

紙張材質	行動顯微鏡	彎曲測試	絲流	沾水測試
報紙			長	
			短	
影印紙			長	
			短	
白報紙			長	
			短	
毛邊紙			長	
			短	
未印刷報紙			長	
			短	

實驗設計

1. 單瓣紙花製作步驟 (以未印刷報紙為例)

圖示	步驟
	① 準備A4未印刷報紙。
	② 垂直纖維方向，將紙張剪切為長15公分、寬5公分的長方形紙條。
	③ 將紙條從長邊對摺，使其底面變為長7.5公分、寬5公分，並稍微按壓出摺痕。
	④ 將重物置於紙張上方，壓住5秒鐘後，將重物移開。

2. 圓形多瓣紙花製作步驟 (以未印刷報紙的十二瓣紙花為例)

圖示	步驟
	① 將未印刷報紙裁成半徑5公分的圓。
	② 使用量角器切分成十二等分，形成十二分之一圓。
	③ 利用剪刀剪一道長2公分的切口，即為花瓣。
	④ 將剪好的花瓣展開，形成花瓣長2公分的紙花。
	⑤ 將每片花瓣按照順序往圓心摺，形成紙花苞。
	⑥ 將重物置於紙張上方，壓住5秒後，將重物移開。

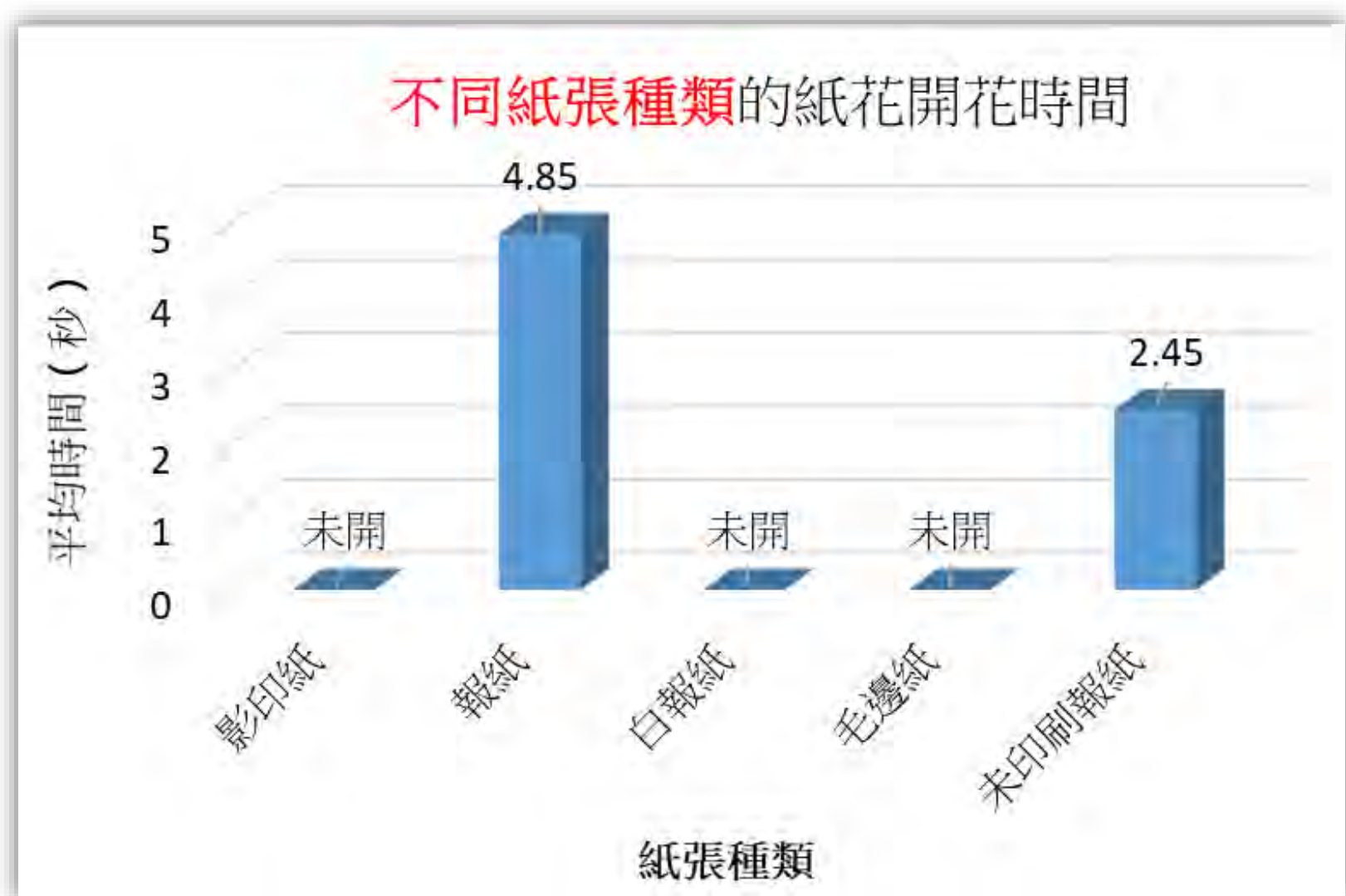
實驗一

「不同種類的紙張」對紙花開花的影響

操縱變因

不同紙張—影印紙、報紙、白報紙、毛邊紙、未印刷報紙。

實驗結果



實驗討論

結果發現，**報紙與未印刷報紙的紙花會開花**。因此後續**單操作變因**實驗使用紙張為**報紙與未印刷報紙**；**雙操作變因**的實驗則使用**未印刷報紙**。

實驗二

「不同纖維方向摺線」對紙花開花的影響

操縱變因

不同纖維與摺線方向夾角—0度、45度、90度。

平行纖維(0度)	夾45度	垂直纖維(90度)

實驗結果



實驗討論

- 紙張本身的孔隙就像無數的毛細管，可以促使毛細現象的產生；但從本實驗發現，**紙張中的纖維方向**卻是影響紙花開花與否的重要因素。
- 只有纖維與摺線方向**互相垂直的花瓣**可以展開。當水同時進入纖維中時，此時水會充滿纖維，再加上毛細現象所給予纖維管壁的力，**合力產生了轉動力矩**，促使纖維能回復成原本平直的狀態。

實驗三

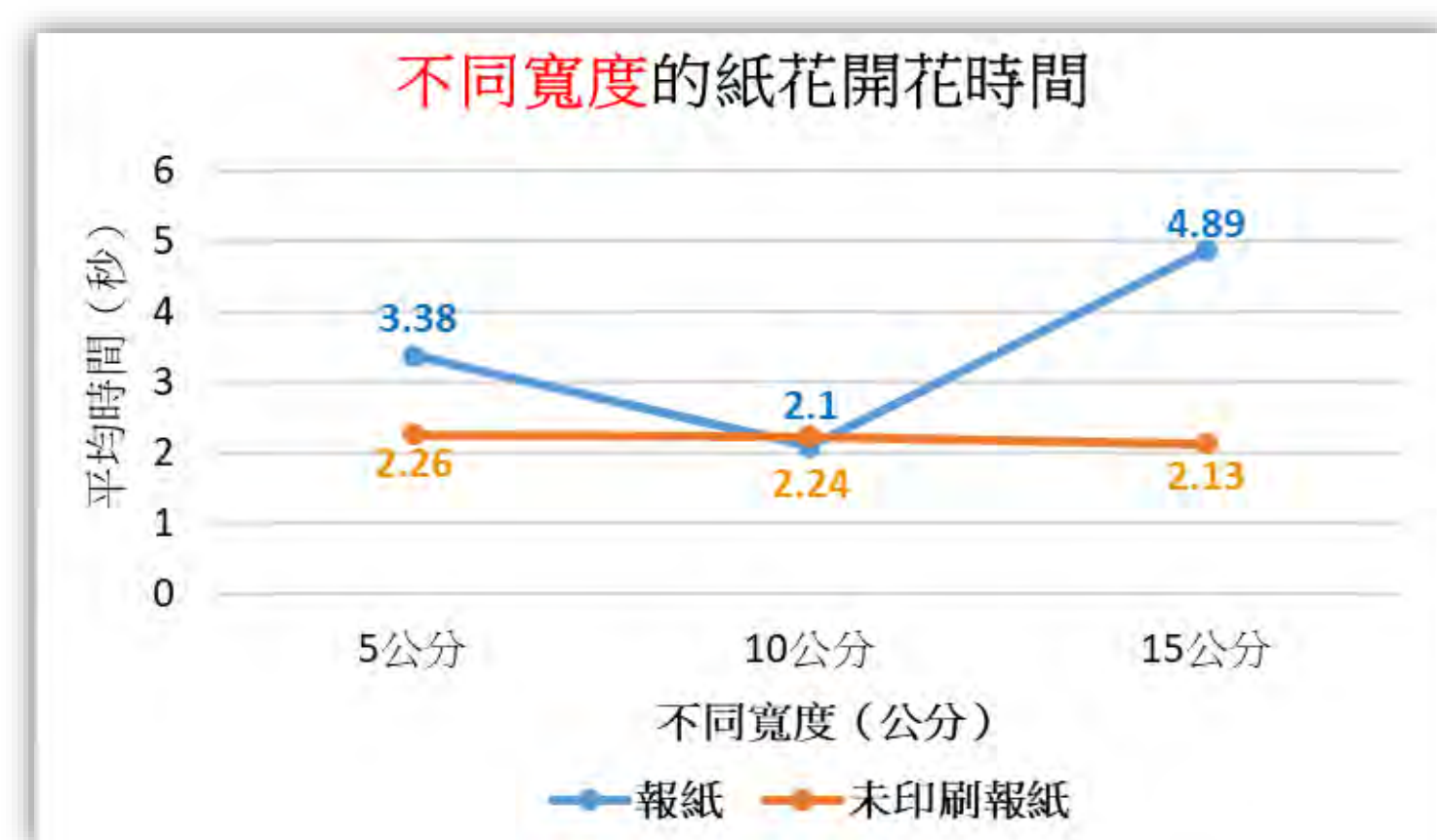
「不同寬度的紙張」對紙花開花的影響

操縱變因

不同寬度—長為15公分，寬分別為5公分、10公分、15公分。

寬度5公分	寬度10公分	寬度15公分

實驗結果



實驗討論

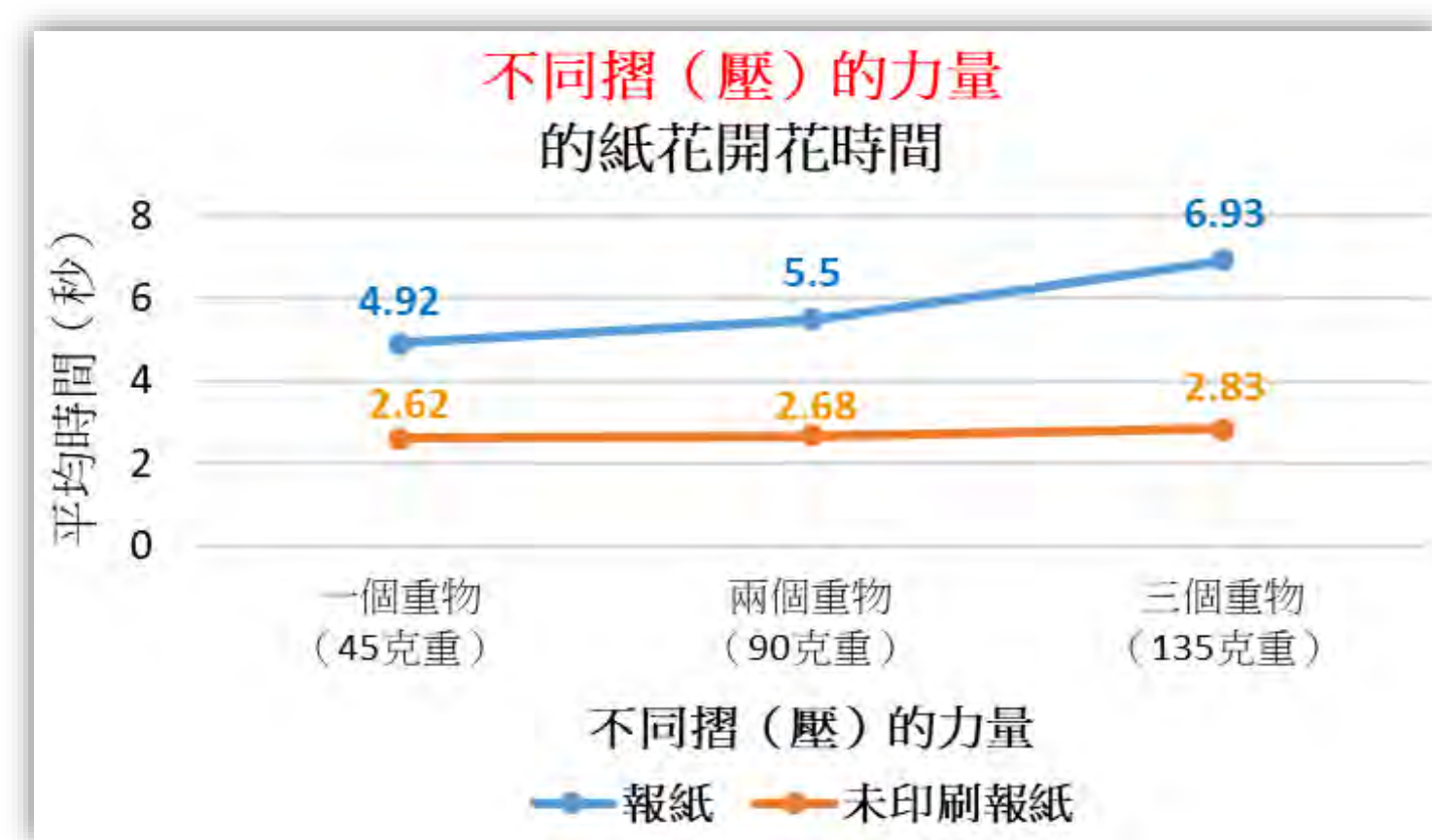
不論紙張寬度為多少，皆可讓紙花開花，表示**紙張寬度不會影響紙花是否開花**。

實驗四

「不同摺花瓣的力量」對紙花開花的影響

操縱變因

不同摺(壓)的力量—一個重物(45克重)、兩個重物(90克重)、三個重物(135克重)。



實驗討論

- 不論摺壓的力量為多少，皆可讓紙花開花。
- 摺(壓)花瓣的力量會影響紙花開花的時間。

實驗五

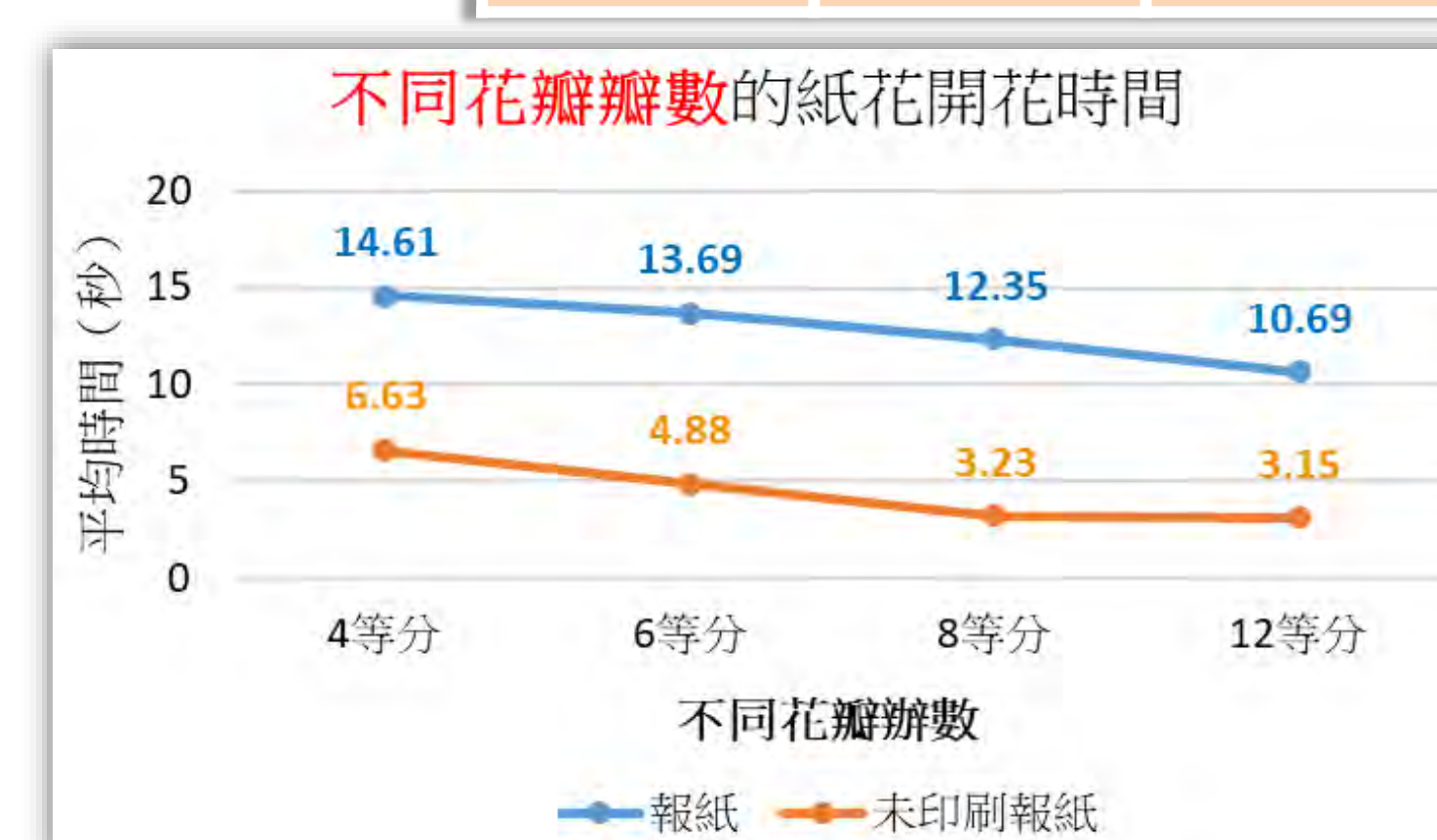
「不同的花瓣瓣數」對紙花開花的影響

操縱變因

不同花瓣瓣數—4瓣、6瓣、8瓣、12瓣。

4瓣	6瓣	8瓣	12瓣

實驗結果



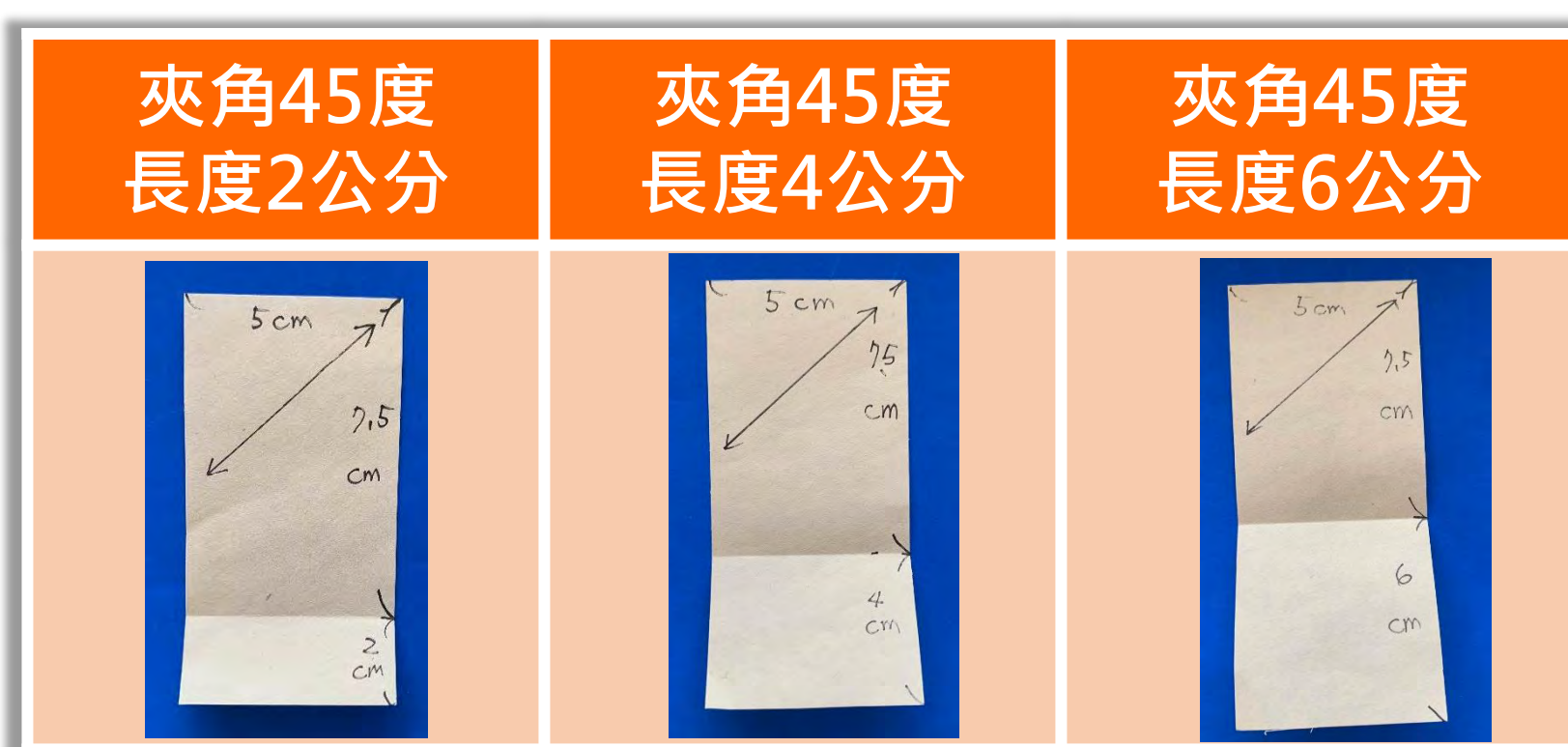
實驗討論

- 不論花瓣瓣數為多少，皆可讓紙花開花。
- 花瓣瓣數的多寡會影響開花時間。

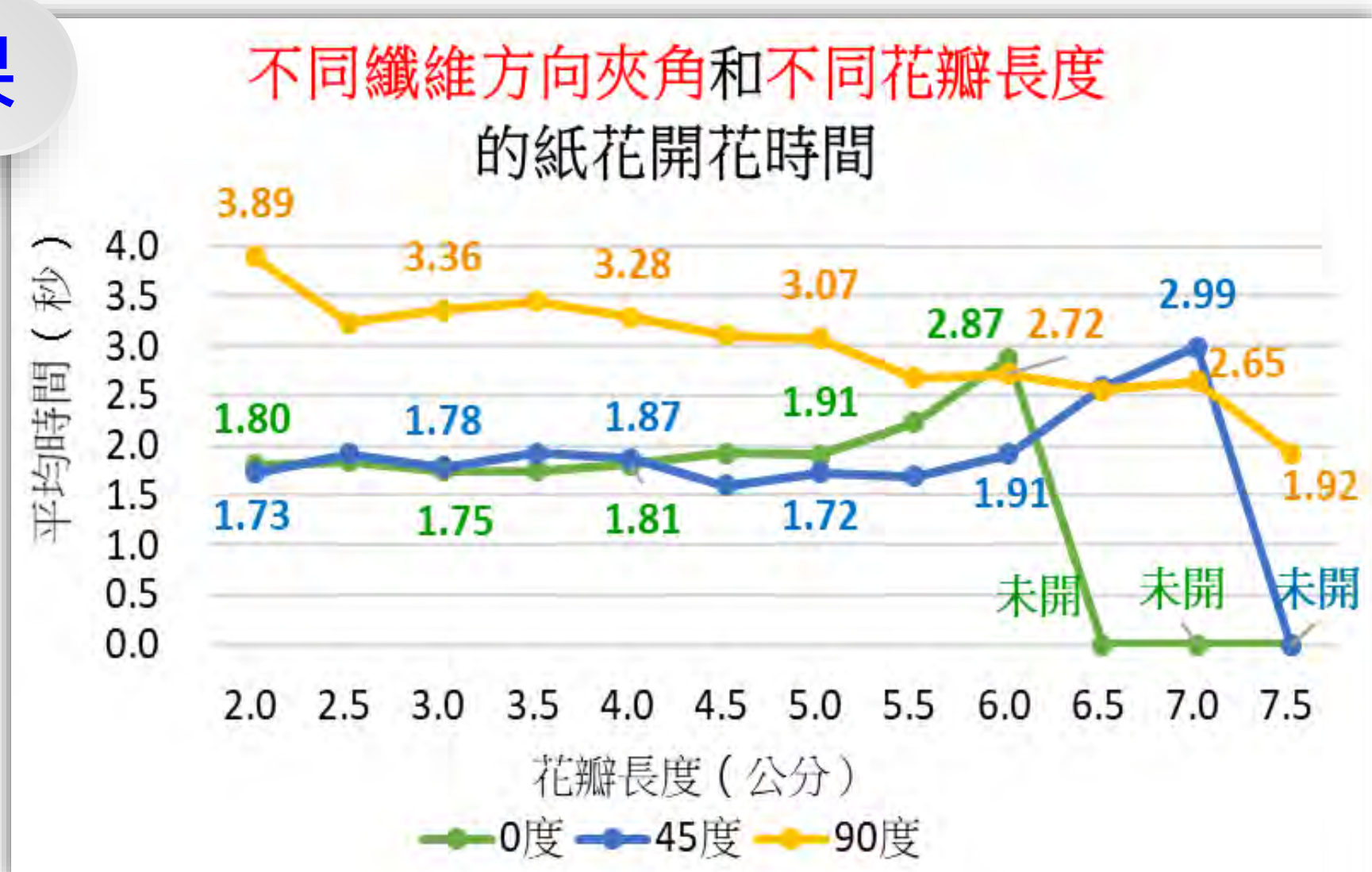
「不同纖維與摺線方向夾角」和「不同花瓣長度」對紙花開花的影響

操縱變因

不同纖維與摺線方向夾角—0度、45度、90度。
不同花瓣長度—2公分、2.5公分、3公分.....6.5公分、7公分、7.5公分。



實驗結果



實驗討論

- 在夾90°的情況下，皆會開花，而且當花瓣長度越短，紙花開花的速度反而越慢。
- 在夾角為45°和0°時，開花速度沒有顯著差別，但卻出現不會開花的狀態。
- 當花瓣長度為2公分時，不論夾角是幾度都可以開花。

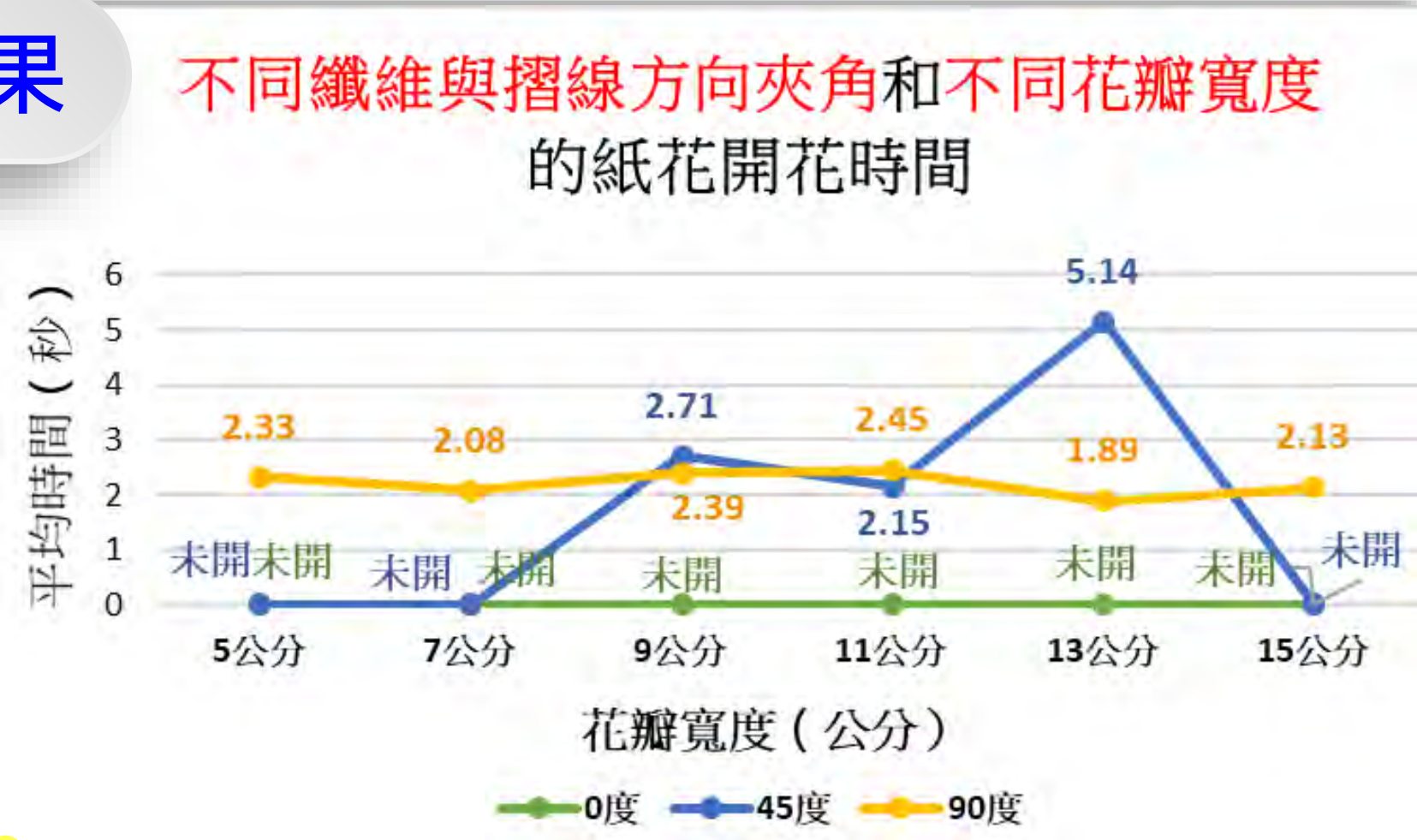
「不同纖維與摺線方向夾角」和「不同花瓣寬度」對紙花開花的影響

操縱變因

不同纖維與摺線方向夾角—0度、45度、90度。
不同花瓣寬度—5公分、7公分、9公分、11公分、13公分、15公分。



實驗結果



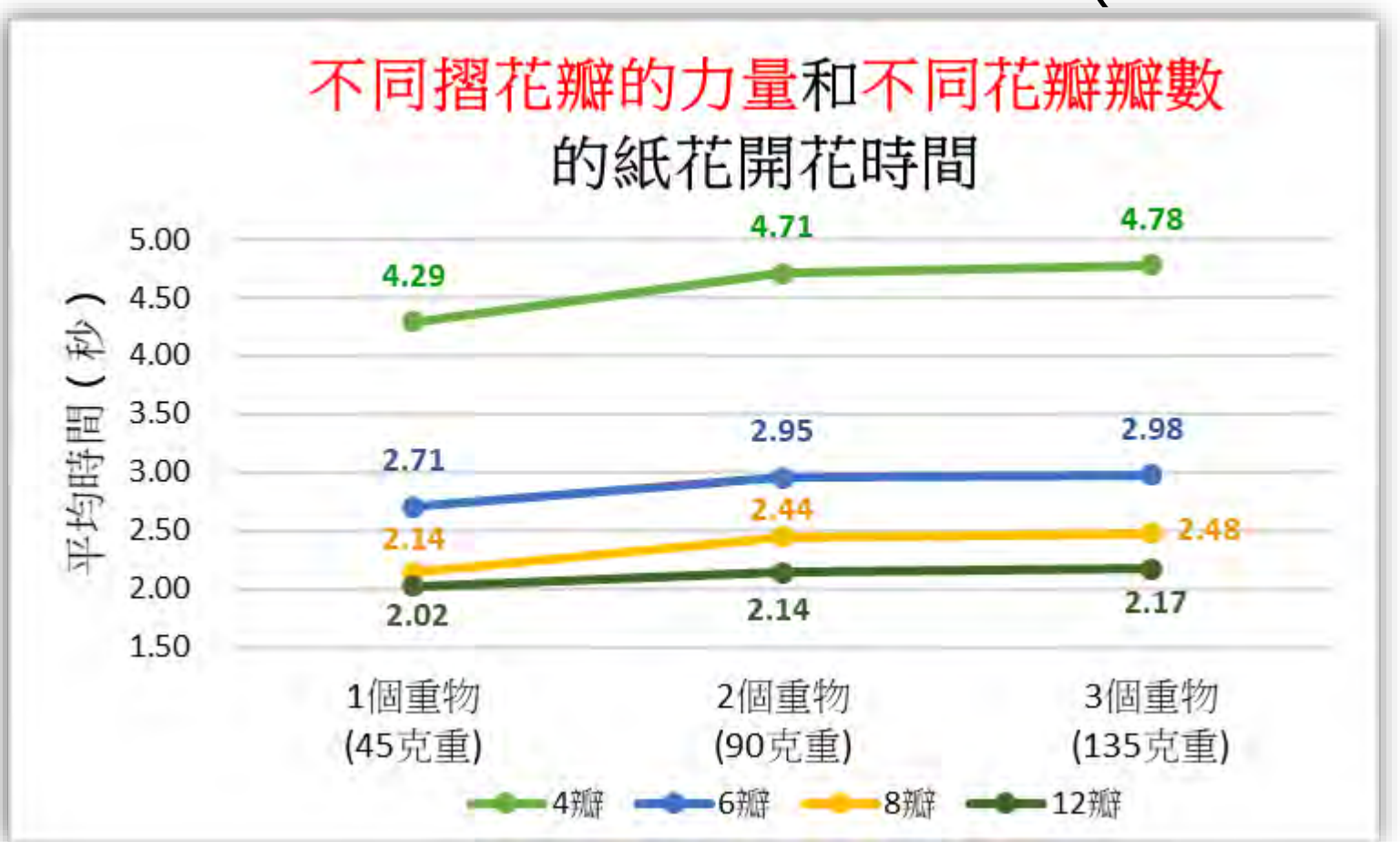
實驗討論

- 在夾角90°纖維方向中，不同寬度的紙花，花瓣都會展開；而在夾0°纖維方向中，則是全部都不會開。
- 在開花速度方面，夾90°的情況下，紙花開花的速度沒有明顯差異；但在夾角為45°時，寬度為13公分時，開花速度明顯變得較慢。

「不同摺花瓣力量」和「不同花瓣瓣數」對紙花開花的影響

操縱變因

不同花瓣瓣數—4瓣、6瓣、8瓣、12瓣。
不同摺（壓）的力量—一個重物(45克重)、兩個重物(90克重)、三個重物(135克重)



實驗結果

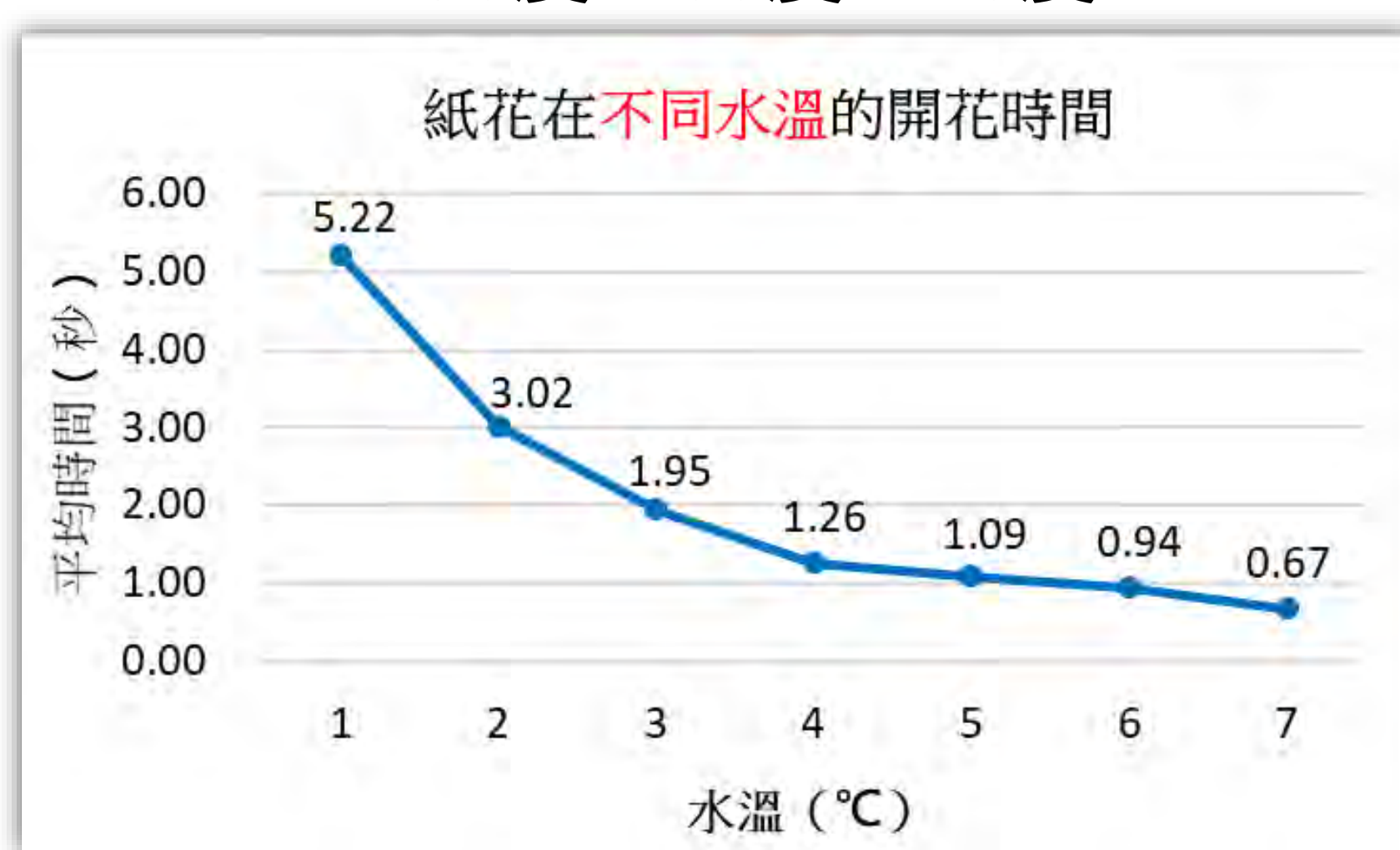
實驗討論

- 不論花瓣瓣數與摺壓力量為多少，皆可讓紙花開花。
- 不同花瓣瓣數還是影響紙花開花速度的最大原因。

「不同水溫」對紙花開花的影響

操縱變因

不同水溫—10度、20度、30度、40度、50度、60度、70度。



實驗結果

實驗討論

- 不論水溫為幾度，皆可讓12瓣的紙花開花。
- 當水溫升高的時候，液體之表面張力會隨之減小。此時附著力遠大於內聚力，使得紙花因毛細現象的作用，而能夠更快速的展開。

陸 結論與建議

【結論】

- 紙張的種類會影響紙花開花，報紙與未印刷報紙的紙花花瓣會展開，而白報紙、影印紙以及毛邊紙的花瓣無法展開。
- 花瓣的摺線方向與紙張纖維方向的夾角會影響紙花開花，摺線方向與紙張纖維方向垂直的花瓣會展開，而平行紙張纖維方向及夾45度的紙花無法展開。
- 紙張的寬度不會影響紙花開花，實驗發現，5公分、10公分及15公分的紙所製作的紙花都會開花。
- 紙花的花瓣瓣數會影響紙花開花速度，花瓣瓣數越多，紙花開得越快。
- 摺（壓）花瓣的力量會影響紙花開花，摺（壓）花瓣力量越大，開花速度越慢。
- 「不同花瓣長度」的紙花，①夾角90°，花瓣都會展開；②夾角45°，長度為7.5公分不會開；③夾角0°，長度為6.5、7、7.5公分時不會開。
- 「不同花瓣寬度」的紙花，①夾角90°，花瓣都會展開；②夾角45°，寬度為9公分、11公分、13公分會開；③夾角0°，全部都不會開。
- 不同摺花瓣的力量與不同花瓣瓣數同時改變時，皆可讓紙花開花。不論重物多重，十二瓣的紙花都是開最快的。
- 不論水溫的溫度是幾度，都可以讓12瓣的紙花開花；當水溫越高，紙花開花速度越快。

【建議】

- 紙花實驗是個簡單易操作的活動，但若選用材料不慎，或製作細節未注意到，也容易造成實驗結果不理想的狀況；雖然未印刷的報紙實驗效果較好，但因取得較困難，因此建議選用隨手可得的報紙進行操作，不僅省錢，還很環保喔！
- 研究限制：
 - 紙張材質只依現有材料進行挑選、實驗。
 - 紙花花瓣數為人工剪裁，恐有誤差。
 - 實驗次數設定為5次，未加以擴大。
- 未來研究建議：
 - 可選擇更多種的紙張材質來進行實驗、比較。
 - 紙花花瓣數可用電腦繪圖直接列印、剪裁，可降低人為誤差。
 - 增加實驗次數，可降低實驗誤差。
 - 可加入不同種類、不同濃度、不同酸鹼性的水溶液來進行實驗。