

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

030312

保衛細胞不保衛？

學校名稱：新北市立二重國民中學

作者：  國二 陳柏勳  國二 李芯叡  國一 蕭莞芸	指導老師：  鍾兆晉  李訓安
---	-----------------------------

關鍵詞：保衛細胞、形變、水楊酸( $\text{CH}_4(\text{OH})(\text{COOH})$ )

## 摘要

在前人的研究中，我們得知保衛細胞只作為控制氣孔，藉此使植物氣體交替，不過，在本實驗中卻觀察到保衛細胞在不同條件下，隨著溫度以及土壤濕度的提高，氣孔會為了避免表皮細胞相互擠壓而縮小，而在保衛細胞完全失水的情況，氣孔會呈現幾乎關閉，且植物葉片會向下表皮彎曲，使我們證明了保衛細胞的開闔確實有調控葉片形狀變化的功能。而我們也根據實驗結果推斷出保衛細胞能以開闔氣孔避免表皮細胞因環境因素而互相擠壓，且仍會預留縫隙來緩解葉片的變形，更讓我們了解保衛細胞其實不只有控制氣體交替的功用，也默默地接任伸縮縫，以物理的性質保衛了植物。

## 壹、研究動機

在上生物課時，老師總是說保衛細胞並不如其名有保衛的功用，而是作為氣體交換的氣孔，但是我們對這說法抱持著懷疑的態度。我們想到了在橋上或鐵軌上總是會預留伸縮縫使橋或鐵軌不會因熱脹冷縮而毀損，所以我們認為保衛細胞或許在葉片上也扮演了這樣的角色，使葉面結構不受到破壞。在某種意義上以物理學的原理「保衛」了植物，因此我們決定去觀察植物保衛細胞的變化情形。

由於不同特徵、結構以及生長環境的植物保衛細胞會有所差異，例如單、雙子葉植物的保衛細胞各有不同，單子葉植物有副衛細胞而雙子葉植物沒有，因此我們希望能將這些變因對保衛細胞的影響觀察出來，並統整實驗結果，以證明我們的假說。

## 貳、研究目的

- 一、整理保衛細胞研究之相關文獻。
- 二、尋找控制保衛細胞的藥物及方法。
- 三、比較不同環境下的植物保衛細胞的開闔情形。
- 四、調控保衛細胞開闔並以生物物理學的觀點切入了解保衛細胞的功能。
- 五、證明不易變形的葉片，保衛細胞密度會改變。

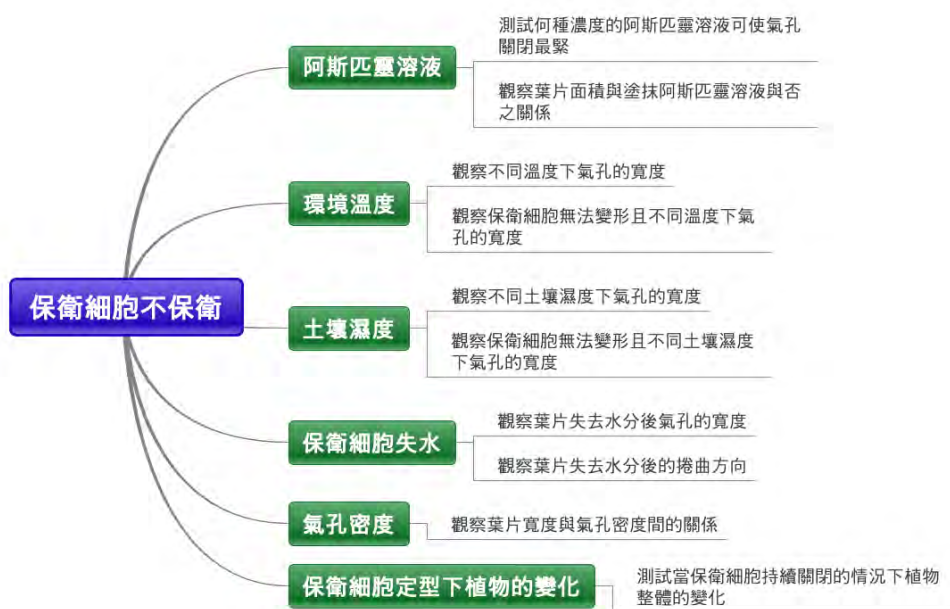
## 參、研究設備及器材

表一、研究設備及器材

編號	設備名稱	數量	單位	用途	型號及大小
一	筆	1	枝	用於記錄實驗結果	
二	電腦	1	台	用於編寫研究報告	
三	顯微鏡	1	台	用於觀察保衛細胞	
四	美工刀	1	枝	用於切割葉的表皮	
五	盆栽	5	個	用於栽種實驗用植株	20*60*15cm
六	盆栽底盤	5	個	用於防止盆栽水分溢出	20*60*3cm
七	烤箱	1	台	用於改變實驗環境溫度	
八	培養皿	20	個	用於裝載葉片	
九	阿斯匹靈	100	顆	用於使氣孔關閉	
十	水			用於灌溉植株	
十一	黃金葛	20	株	作為實驗植株	
十二	落地生根	20	株	作為實驗植株	
十三	燒杯	5	個	用於盛裝實驗溶液	500mL
十四	量杯	1	個	用於量測溶液多寡	10mL
十五	載玻片	100	片	用於製作觀察樣本	
十六	蓋玻片	100	片	用於製作觀察樣本	
十七	解剖刀	1	枝	用於取下葉下表皮	
十八	培養皿	5	個	用於放置實驗葉片	
十九	錫箔紙	1	捲	用於放置在烤盤上	
二十	加熱平板	1	台	用於將水加熱	
二十一	塑膠袋	50	個	用於防止玻片與水接觸	
二十二	溫度計	1	個	用於量測溶液溫度	
二十三	鐵架	1	個	用於懸掛溫度計	
二十四	鐵鏟	2	枝	用於挖掘土壤	
二十五	鑷子	1	枝	用於夾取葉下表皮	
二十六	鋁箔紙	1	捲	用於鋪在烤盤上方	

## 肆、研究過程與方法

本研究針對保衛細胞物理及生物特性所做的系列實驗結構如圖一。




圖一、「保衛細胞不保衛」實驗架構圖。

### 一、查詢實驗相關文獻

- (一) 查詢單、雙子葉植物保衛細胞有何不同
- (二) 查詢影響保衛細胞氣孔開闔的因素
- (三) 查詢實驗用植株之相關資料

### 二、觀察不同環境及特徵的植物保衛細胞的開闔情形

#### (一) 實驗採用植株

種類	單子葉 ( <i>Epipremnum aureum</i> )	雙子葉 ( <i>Bryophyllum pinnatum</i> )
品種		
保衛細胞		

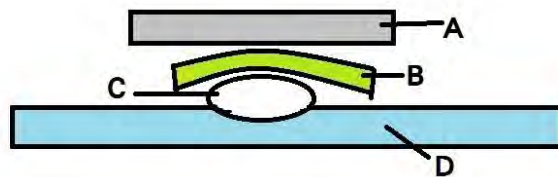
圖二、本研究之實驗所採用的主要植株。

## (二) 觀察阿斯匹靈水溶液對植物葉片的保衛細胞的影響

### 1. 測試何種濃度之阿斯匹靈水溶液可使保衛細胞關閉最為密合

實驗設計說明：由於在日後的實驗中需要用到阿斯匹靈水溶液使保衛細胞定形，因此我們須測試何種濃度之阿斯匹靈溶液控制保衛細胞關閉有最佳的效果。

- (1) 將各植株隨機取三片葉片並以解剖刀取下下表皮。
- (2) 調製 1%、2%、3%、4%、5% 之阿斯匹靈水溶液。
- (3) 將各濃度的阿斯匹靈水溶液滴 0.05mL 於載玻片上，再以下表皮覆蓋阿斯匹靈水溶液，並將蓋玻片放置於下表皮上方後計時十分鐘。
- (4) 待計時結束後，以複式顯微鏡倍率 1000X 觀察玻片。
- (5) 以軟體 S-Viewer 記錄氣孔最寬處的長度。



圖三、保衛細胞吸收阿斯匹靈水溶液操作示意圖。

(A：蓋玻片；B：葉下表皮；C：阿斯匹靈水溶液；D：載玻片)

### 2. 探討植物葉片在塗抹阿斯匹靈水溶液後面積的變化

實驗設計說明：由於我們的假說為當保衛細胞開闔時，葉片的面積會受到影響而變形，因此我們將測試當保衛細胞關閉時葉片面積的變形量，以驗證此假說。

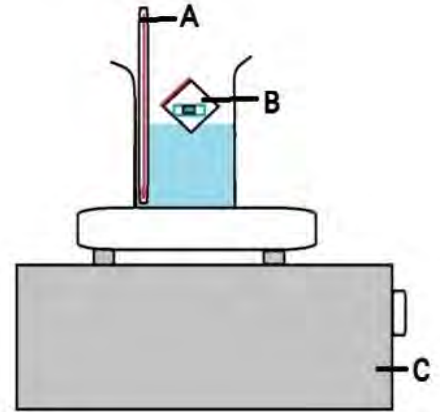
- (1) 將各植株隨機取三片葉片並以解剖刀取下下表皮，並量測其面積大小。
- (2) 將 4% 的阿斯匹靈水溶液滴 0.05mL 於載玻片上，再以下表皮覆蓋阿斯匹靈水溶液，並將蓋玻片放置於下表皮上方後計時十分鐘。
- (3) 待計時結束後，量測下表皮的面积，並比較其面積變化量。

### (三)在不同溫度下各種植物保衛細胞變化情形

#### 1. 觀察單、雙子葉植物的保衛細胞在溫度高低時的變化

實驗設計說明：由於我們的假說為當表皮細胞受到熱脹冷縮變化時，保衛細胞可擔任類似橋樑上的伸縮縫的功能，因此我們將植物的下表皮置於不同溫度下，並觀察保衛細胞的變化。

- (1) 將各植株隨機取三片葉片並以解剖刀取下下表皮。
- (2) 取水滴 0.05mL 用滴管滴於載玻片上，再以下表皮覆蓋水，並將蓋玻片放置於下表皮上方。
- (3) 將玻片裝於夾鏈袋中，隔水加熱至攝氏 30、40、50、60、70 度，並維持溫度 10 分鐘。
- (4) 待計時結束後，以複式顯微鏡倍率 1000X 觀察玻片。
- (5) 以軟體 S-Viewer 記錄並和其他溫度之葉片比較。



圖四、隔水加熱示意圖。(A：溫度計；B：將玻片放置於夾鏈袋中；C：加熱平板)

#### 2. 觀察單、雙子葉植物保衛細胞無法變形下，不同溫度高低時的變化

實驗設計說明：由於我們的假說為若是在保衛細胞無法變形的情況下，植物的葉片將會無法適應不同溫度下的環境，因此我們將下表皮覆蓋於阿斯匹靈溶液上，並觀察保衛細胞的變化。

- (1) 將各植株隨機取三片葉片並以解剖刀取下下表皮。
- (2) 取 0.05mL 的 4% 阿斯匹靈水溶液，用滴管滴於載玻片上，再以下表皮覆蓋水，並將蓋玻片放置於下表皮上方。
- (3) 將玻片裝於夾鏈袋中，隔水加熱至攝氏 30、40、50、60、

70 度，並維持溫度 10 分鐘。

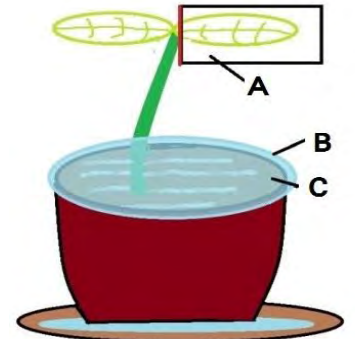
(4) 待計時結束後以複式顯微鏡倍率 1000X 觀察玻片。

(5) 以軟體 S-Viewer 記錄並和其他溫度之葉片比較。

#### (四)在不同土壤濕度下各種植物的保衛細胞變化情形

##### 1. 觀察單、雙子葉植物的保衛細胞在不同土壤濕度下的變化

實驗設計說明：由於我們的假說為保衛細胞具有伸縮縫的功能，因此我們在不同土壤濕度下觀察保衛細胞的變化，並探討在膨壓的情況下



保衛細胞是否同樣具有伸縮縫的功能。

圖五、不同土壤濕度對保衛細胞

(1) 於盆栽中倒入土和水比例分別為 5%、10%、15%、20%、25%的土，然後放入植株並將盆栽以保鮮膜封住。

影響之實驗設置圖。(A：以塑膠袋套住葉片；B：以保鮮膜將盆栽封住；C：在盆栽內加入不同土壤濕度的土)

(2) 以塑膠袋罩住葉片後計時四小時，如圖五。

(3) 待計時結束後，將葉下表皮以解剖刀切下製成玻片，並以複式顯微鏡倍率 1000X 觀察玻片。

(4) 以軟體 S-Viewer 記錄並和其他土壤濕度之葉片比較。

##### 2. 觀察單、雙子葉植物保衛細胞在無法變形下，不同土壤濕度下的變化

實驗設計說明：由於我們認為若是保衛細胞無法變形的情況下，葉片將會無法適應不同土壤濕度下的環境，因此我們將下表皮覆蓋於阿斯匹靈水溶液上，並觀察保衛細胞的變化。

(1) 於盆栽中倒入土壤濕度分別為 5%、10%、15%、20%、25%的土，接著放入植株再將盆栽以保鮮膜封住。

- (2) 隨機取三葉片以水彩筆塗抹 10mL 的 4%阿斯匹靈水溶液，並以塑膠袋罩住葉片後計時四小時。
- (3) 待計時結束後，將葉下表皮以解剖刀切下製成玻片，並以複式顯微鏡倍率 1000X 觀察玻片。
- (4) 以軟體 S-Viewer 記錄並和其他土壤濕度之葉片比較。

(五)在葉片失去水分下各種植物的保衛細胞的變化

1. 觀察單、雙子葉植物保衛細胞在失去水分下的變化

實驗設計說明：由於我們實驗了保衛細胞在不同土壤濕度下的變化，且觀察到濕度越高，保衛細胞就會越緊閉，因此我們想觀察若是在葉片完全失去水分的情況下，保衛細胞將會如何變化。

- (1) 於烤盤上鋪上錫箔紙，並放上黃金葛以及落地生根的葉片各三片。
- (2) 將烤盤放入烤箱之中，並將溫度調成攝氏 140 度後計時 1 分鐘。
- (3) 待計時結束後複式顯微鏡倍率 1000X 觀察葉片，並以軟體 S-Viewer 記錄並和其他土壤濕度之葉片比較。

2. 觀察單、雙子葉植物失去水分後葉片的捲曲方向

實驗設計說明：由於我們觀察到了大多數的枯葉的彎曲方向都是向下表皮彎曲，且我們認為此現象與保衛細胞有相關之處，因此我們將葉片放入烤箱之中，並觀察其葉片的捲曲方向是否與落葉相似。

- (1) 於烤盤上鋪上錫箔紙，並放上黃金葛及落地生根的葉片各三十片。
- (2) 將烤盤放入烤箱之中，並將溫度調成攝氏 140 度後計時 5 分鐘。
- (3) 待計時結束後，觀察葉片的捲曲方向，並記錄實驗結果。



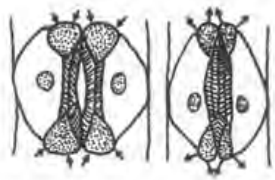
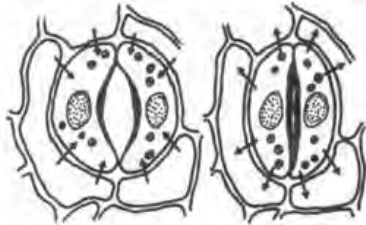
## 伍、研究結果

### 一、查詢實驗相關文獻

#### (一) 查詢單、雙子葉植物保衛細胞有何不同

比較單雙子葉植物保衛細胞的不同之處，如表二。

表二、單、雙子葉植物保衛細胞的不同之處

	單子葉	雙子葉
外型		
構造	<p>單子葉植物的保衛細胞多呈中間狹窄而兩端擴大之形狀，兩個保衛細胞兩端擴大部位，具有共同之細胞壁，因此之間的壓力變化可迅速達到平衡。(中華百科全書。1983。)</p>	<p>雙子葉植物的保衛細胞多呈腎臟型或半月形，細胞壁面對孔隙的一側較厚，而外側較薄，因此隨著細胞內壓的變化氣孔便可進行開閉運動。(中華百科全書。1983。)</p>

#### (二) 查詢影響保衛細胞氣孔開闔的因素

探討保衛細胞氣孔開闔的因素，如表三。

表三、已知保衛細胞氣孔開闔的因素

編號	項目	原理
一	光照	植物在光照下，鉀離子藉主動運輸進入保衛細胞，使保衛細胞的滲透壓增高，水分滲透進入保衛細胞，使細胞吸水而膨脹，使氣孔張開。(台灣 Word-氣孔運動)
二	溫度	氣孔張開度一般隨溫度的上升而減少，是因溫度過高會導致蒸騰作用過強，保衛細胞失水而氣孔關閉。(台灣 Word-氣孔運動)
三	風	使保衛細胞失去水分而導致氣孔關閉。(台灣 Word-氣孔運動)
四	化學物質	醋酸苯汞、阿特拉津、乙醯水楊酸等能抑制氣孔開放，降低蒸散作用。(台灣 Word-氣孔運動)

### (三) 查詢實驗用植株之相關資料

#### (1) 分類：

植物名	黃金葛	落地生根
界	植物界 Plantae	植物界 Plantae
門	被子植物門 Angiosperms	被子植物門 Angiosperms
綱	單子葉植物綱 Monocots	雙子葉植物綱 Magnoliopsida
目	澤瀉目 Alismatales	虎耳草目 Saxifragales
科	天南星科 Araceae	景天科 Crassulaceae
屬	麒麟葉屬 Epipremnum	落地生根屬 Bryophyllum
種	綠蘿 E. aureum	落地生根 B. pinnata

#### (2) 特徵：

##### A. 黃金葛

心形黃、綠斑駁的葉子為其特徵。由於其既耐陰又耐陽的特性，因此在校園內許多不同的環境中都可看到。

##### B. 落地生根

多年生，肉質，無毛；莖直立，高 30-100cm，少分歧。葉對生，上層多羽狀葉，下層單葉；小葉橢圓形，齒緣肉質。圓錐花序；花萼圓柱狀，紫綠色；花冠基部球狀八角形，綠白色，露出部分紅紫色；子房下位；雄蕊 8 個，附生於冠基。果實閉合；種子小，長橢形，光滑。

## 二、觀察不同環境及特徵的植物保衛細胞的開闔情形

### (一) 觀察阿斯匹靈水溶液對植物葉片對植物保衛細胞的影響

1. 探討何種濃度之阿斯匹靈水溶液可使保衛細胞關閉最為密合  
觀察不同濃度的阿斯匹靈水溶液使氣孔閉合的情形並比較，如表四、表五。可透過實驗結果發現以 4% 的阿斯匹靈水溶液可使植物的氣孔縮至最小。

2. 探討植物葉片在塗抹阿斯匹靈水溶液後面積的變化

觀察植物葉片在塗抹阿斯匹靈水溶液後面積的變化，如表六、表七。可透過實驗結果發現當葉片塗抹阿斯匹靈水溶液後，葉片的面積會減少，證明氣孔的關閉可使葉片面積發生變化。

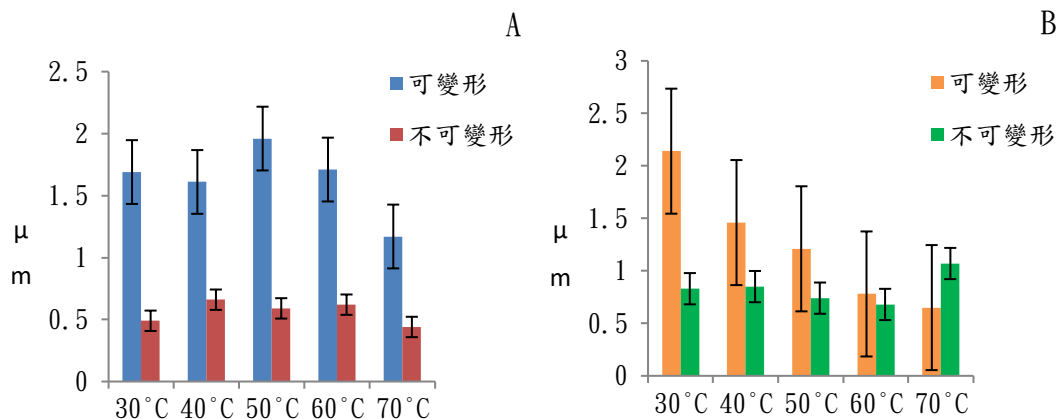
(二) 在不同溫度下各種植物保衛細胞變化情形

1. 探討不同溫度對植物葉下表皮的影響並比較

觀察不同溫度對保衛細胞的影響並比較，如表八、表九。可透過實驗結果發現，隨著溫度越高植物的氣孔寬度會越為緊密。

2. 探討在保衛細胞無法變形的情況下不同溫度對植物葉下表皮的影響並比較。

3. 比較各溫度及保衛細胞可否變形的情況下的氣孔大小及條件環境下植物下表皮氣孔的大小，如圖七、圖八。



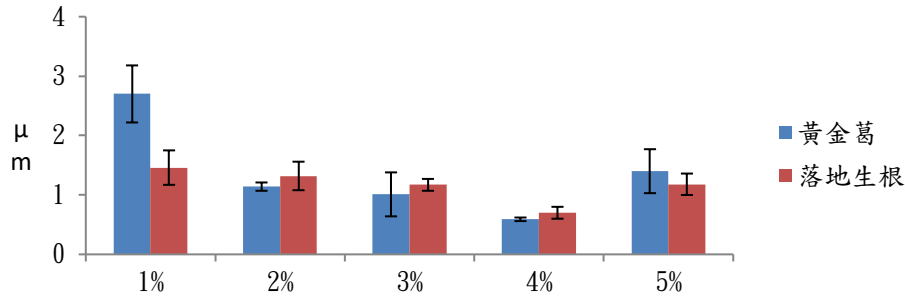
圖七、八、比較各溫度及保衛細胞可否變形的情況下的氣孔大小。

(A: 黃金葛；B: 落地生根)

觀察在保衛細胞無法變形的情況下不同溫度對保衛細胞的影響並比較，如表十、表十一。可透過實驗結果發現，在使保衛細胞無法變形的情況下，不論溫度高低氣孔幾乎都是維持關閉狀態。原先在不塗抹阿斯匹靈水溶液且低溫的情況下氣孔會維持開啟的狀態，使其強制關閉後，周圍的表皮細胞會有被拉張跡象。

(三) 比較阿斯匹靈水溶液各濃度時保衛細胞氣孔的大小

比較不同濃度的阿斯匹靈水溶液下植物下表皮氣孔的大小，如圖六。



圖六、比較阿斯匹靈水溶液各濃度及保衛細胞閉合時氣孔的大小。

(四) 在不同土壤濕度下各種植物保衛細胞的開闔情形

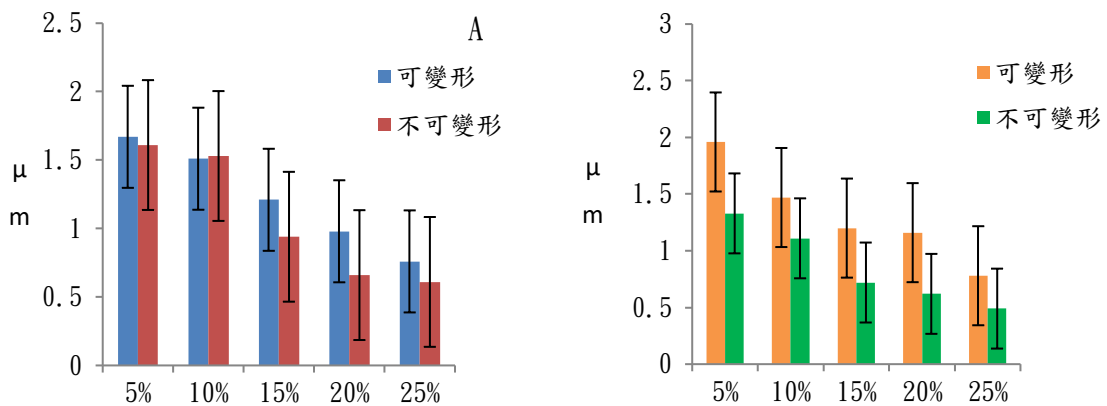
1. 觀察單、雙子葉植物的保衛細胞在不同土壤濕度下的變化

探討不同植物之保衛細胞在不同土壤濕度下的變化，如表十二、表十三。可透過實驗結果發現隨著土壤濕度的增高，氣孔會越為緊閉。

2. 觀察單、雙子葉植物保衛細胞無法變形、土壤濕度不同時的變化

探討保衛細胞在無法變形、土壤濕度不同時的變化，如表十四、表十五。可透過實驗結果發現當葉片塗抹阿斯匹靈水溶液時，隨著土壤越為潮濕，氣孔會越縮越小。

3. 比較不同土壤濕度、保衛細胞可否變形下葉下表皮氣孔大小。比較在不同土壤濕度、保衛細胞可否變形下的葉下表皮氣孔大小，如圖九、圖十。



圖九、十、保衛細胞可否變形下、不同土壤溼度的氣孔大小。  
(A: 黃金葛 ; B: 落地生根)

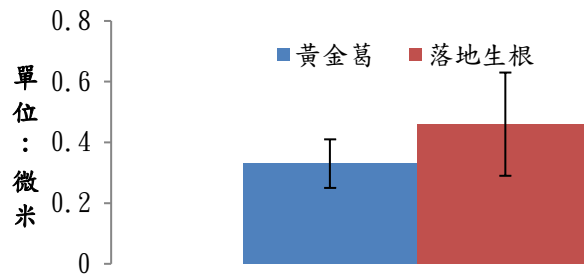
(五) 在葉片失去水分的情況下各種植物的保衛細胞的變化

1. 觀察單、雙子葉植物保衛細胞在失去水分下的變化

探討單、雙子葉植物的氣孔在失去水分下的寬度，如圖十一、表十六。可透過實驗結果發現，當植物的葉片失去水分時，氣孔的寬度會縮到極小，幾乎完全關閉的狀態。

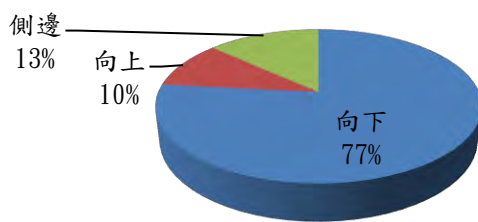
2. 觀察單、雙子葉植物失去水分後葉片的捲曲方向

探討單、雙子葉植物的葉片在失去水分情況下的彎曲方向，如附錄一、附錄二、圖十二、圖十三。可透過實驗結果發現，葉片的彎曲方向以向下表皮彎曲居多。



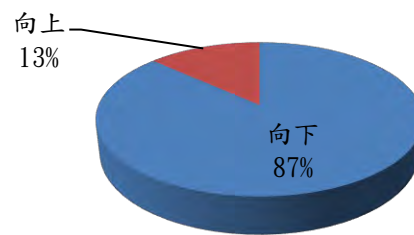
圖十一、單、雙子葉植物氣孔在失去水分下的寬度。

黃金葛葉片的捲曲方向



圖十二、黃金葛葉片的捲曲方向。

落地生根的葉片捲曲方向



圖十三、落地生根葉片的捲曲方向。

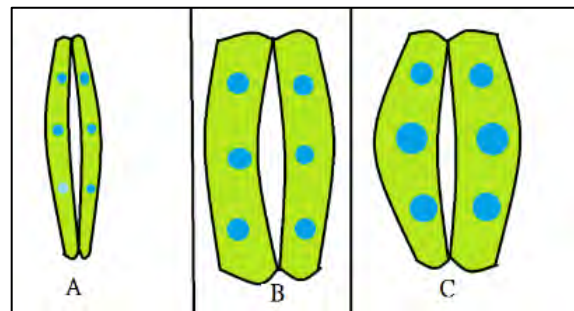
## 陸、討論

- 一、在查詢何種化學藥劑可使保衛細胞關閉時，我們發現醋酸苯汞、阿特拉津、乙醯水楊酸皆可達到此效果，但醋酸苯汞以及阿特拉津皆不溶於水，僅溶於有機溶液之中，我們擔心有機溶液會影響到保衛細胞的開闔，因此採用可溶於水的阿斯匹靈。
- 二、在探討何種濃度的阿斯匹靈水溶液可使氣孔關閉最緊密的實驗中，我們發現以濃度 4% 的阿斯匹靈水溶液可使氣孔關閉的最緊密，但到了 5% 時氣孔反而變得更大，我們認為是因為阿斯匹靈雖可使氣孔暫時關閉，但過了 4% 後因擴散作用，使保衛細胞無法吸收多餘的阿斯匹靈，反而吸收了外來的水分使氣孔張開，因此我們在接下來有關使保衛細胞定形的實驗中皆採用 4% 的阿斯匹靈水溶液。
- 三、在探討葉片塗抹阿斯匹靈水溶液後是否會造成其葉片面積變化的實驗中，我們發現葉片面積的確會因此變小，證明若是保衛細胞受到外力影響，葉片會因此而變形。
- 四、在改變環境溫度並觀察植物保衛細胞的實驗中，我們發現隨著溫度的提高，氣孔的寬度也隨之下降，我們認為是因為表皮細胞因熱脹冷縮而使體積變大，使保衛細胞受到擠壓而使氣孔縮小，達到舒張的效果，避免表皮細胞互相受到擠壓而受損。
- 五、在使保衛細胞無法變形並改變環境溫度以觀察植物保衛細胞的實驗中，我們發現由於氣孔被強制關閉，使原本應該維持葉面平衡的保衛細胞不但失去其功能，反而使周圍的表皮細胞也一併受到拉張，證明了若是保衛細胞在非自然情況下開合，周圍的表皮細胞便會受到牽連而變形。
- 六、根據氣孔開闔機制的探討的作品說書中所述，溫度對於保衛細胞的開闔為間接影響，多因使保衛細胞或植物代謝活性增加及影響呼吸作用

與光合作用的平衡所導致，但本實驗認為溫度對於保衛細胞開闔有直接的影響，因溫度增高可使表皮細胞的體積增大，進而擠壓到保衛細胞並影響其開闔。

七、由於在改變環境溫度並觀察植物保衛細胞的實驗中觀察到氣孔可舒張保衛細胞彼此間的擠壓，因此我們設想若是在膨壓的狀況下，保衛細胞是否也會發揮同樣的效用，因此我們接下來將會探討土壤濕度對氣孔開闔的影響。

八、在改變土壤濕度並觀察保衛細胞的實驗中，我們發現隨著土壤濕度提高，氣孔便會越為緊閉，我們認為此現象與教科書上所提到的膨壓現象相似，雖然保衛細胞缺水時會使氣孔關閉，但水分過於充足時氣孔也會關閉，達到舒張的功用，如圖十四。



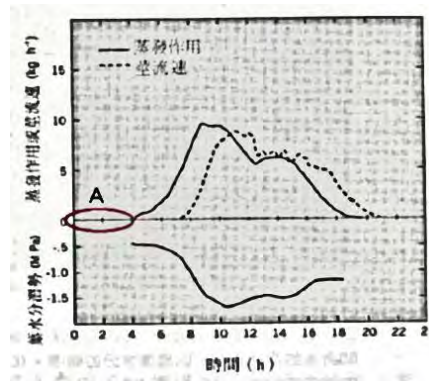
圖十四、不同水分含量時保衛細胞的開闔示意圖。

(A：缺水時；B：正常；C：水分過於充足時)

九、探討保衛細胞在無法變形、土壤濕度不同時的變化，我們發現雖然葉片有塗抹阿斯匹靈水溶液，但無法有效抑制氣孔關閉，最後的氣孔大小與無塗抹阿斯匹靈水溶液的葉片相比僅縮小了幾微米，我們認為是因為在植物吸收水分的期間也一併稀釋了阿斯匹靈的含量，造成塗抹與不塗抹阿斯匹靈水溶液的葉片氣孔寬度相差甚少。

十、因我們於文獻中查詢到植物於初始的四小時蒸散作用的強度會最低，因此我們選用四小時作為我們進行實驗的時間，並於計時結束後觀察

保衛細胞，如圖十五。



圖十五、時間與作用強弱關係圖

(A:於四小時前蒸散作用效果不明顯)

十一、由於我們進行了不同土壤濕度的實驗，且觀察到隨著土壤濕度越高，氣孔便會越為緊閉，於是我們設想若是在保衛細胞完全失水的情況下，氣孔寬度究竟會縮到多小，而在氣孔如此緊閉的情況下，葉片是否會因此而變形，因此在接下來的實驗中，我們將探討葉片在完全失水下的情形會有甚麼樣的變化。

十二、在使植物葉片失去水分的實驗中，我們發現氣孔的寬度會變得十分的小，氣孔的寬度甚至小於塗抹 4% 阿斯匹靈水溶液的葉片，我們認為除了水分散失外，高溫也使周遭的表皮細胞熱脹冷縮，導致保衛細胞受到擠壓，因此氣孔的寬度變得非常小，幾乎完全是密合的狀態，因此我們在下個實驗將會觀察在氣孔的寬度如此微小的狀態下，葉片會有甚麼變化。

十三、在使植物葉片失去水分並觀察其彎曲方向的實驗中，我們發現葉片彎曲的方向以向下表皮彎曲居多，向上表皮以及向側邊彎曲的較少，與落葉彎曲的方向相似，我們認為是因為在高溫下保衛細胞會呈現幾乎密合的狀態，失去了其舒張的功能，與落葉的情況相似，又因葉下表皮的氣孔數量較上表皮多，使下表皮因保衛細胞關閉而縮小的體積較上表皮多，導致下表皮的表面積較上表皮小，葉片也因此向下表皮彎曲。



## 柒、結論

本實驗以將葉片塗抹 4% 的阿斯匹靈水溶液做為控制氣孔開闔的方法。我們發現當葉片塗抹了阿斯匹靈水溶液後，葉片的「表面積」會較不塗抹阿斯匹靈水溶液的小，而隨著環境溫度、土壤濕度的提高，植物的「氣孔寬度」會越來越小，以達到舒張的效果且若是塗抹了阿斯匹靈水溶液，周圍的表皮細胞則會有被「拉張」的跡象，證明了若是保衛細胞無法隨著環境變化，葉片的面積便會受到一定程度之影響，而在保衛細胞完全失去水分的情況下，氣孔會呈現幾乎完全閉合的狀態，且葉片會「向下表皮捲曲」，與落葉相似，證明了若是保衛細胞完全失去了其功能性，葉片便會無法維持正常狀態，而是會變形捲曲，因此我們認為當保衛細胞開啟時，其舒張葉片的效果較好。在教科書上有說保衛細胞缺水時或任何其他會導致保衛細胞關閉的情況下，我們發現保衛細胞皆不會完全關閉，而是會預留些縫隙，我們便認為此縫隙是像橋樑上的伸縮縫一般，避免葉片在不同環境下變形而受到破壞，默默地保衛植物。而我們也希望在未來能夠觀察更多種類的植物，測試是否大多數的植物的保衛細胞都會有此伸縮縫的功用，證明本實驗所提出的假說為世界上的植物皆適用且吻合此說法，並將各項變因對保衛細胞的影響觀察得更為周全，且套出一個既定的公式後，將各項數值輸入程式之中，以程式模擬保衛細胞氣孔的變化，並將此應用在教育方面使學生可更為方便清楚的理解保衛細胞在不同環境下的開合情形。

## 捌、參考資料

### 一、書籍

- (一) 國立臺灣博物館。2014。「光」現 (photo) 合成 (synthesis) — 植物與光之間的愛恨糾結。臺灣博物第 122 期。24-33 頁。
- (二) 陳怡君。2010。綠野莘莊 - 新莊高中的花言草語。新莊高中。97 頁。
- (三) 徐國士。1987。臺灣野生草本植物。台灣省政府教育廳出版。81 頁。

(四)王聖方、吳賀偉、孫裕民、謝式法。中華民國第四十三屆中小學科學展覽會－高中組。生物科 040709。氣孔開闔機的探討。

## 二、網路資料

### (一)中華百科全書-氣孔

<http://ap6.pccu.edu.tw/Encyclopedia/data.asp?id=5738>

### (二)台灣 Word-氣孔運動
















<http://www.twword.com/wiki/%E6%B0%A3%E5%AD%94%E9%81%8B%E5%8B%95>

### (三)植物生理學








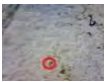







<file:///C:/Users/user/Downloads/%E6%A4%8D%E7%89%A9%E6%B0%B4%E4%BB%BD%E4%B8%8A%E5%8D%87%E7%9A%84%E5%8E%9F%E7%90%86.pdf>

## 玖、附錄







附錄一、不同濃度的阿斯匹靈水溶液對黃金葛氣孔閉合的效果(單位:微米  $\mu\text{m}$ )

溶液濃度 編號	1%	2%	3%	4%	5%
1 號葉					
氣孔寬度	3.25	1.07	0.89	0.63	1.16
2 號葉					
氣孔寬度	2.52	1.16	1.44	0.56	1.84
3 號葉					
氣孔寬度	2.33	1.21	0.72	0.60	1.21
平均	2.70	1.14	1.01	0.59	1.40
標準差	$\pm 0.48$	$\pm 0.07$	$\pm 0.37$	$\pm 0.03$	$\pm 0.37$







附錄二、不同濃度的阿斯匹靈水溶液對落地生根氣孔閉合的效果(單位:微米  $\mu\text{m}$ )

溶液濃度 編號	1%	2%	3%	4%	5%
1 號葉					
氣孔寬度	1.40	1.21	1.28	0.69	0.89
2 號葉					
氣孔寬度	1.20	1.16	1.16	0.80	1.41
3 號葉					
氣孔寬度	1.78	1.61	1.07	0.60	1.26
平均	1.46	1.32	1.17	0.70	1.18
標準差	$\pm 0.29$	$\pm 0.24$	$\pm 0.10$	$\pm 0.10$	$\pm 0.18$

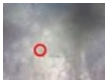














附錄三、黃金葛葉片在塗抹阿斯匹靈水溶液後面積的變化(單位:cm<sup>2</sup>)

	原先面積	塗抹後面積	變化量
一號葉			0.08
	0.16	0.08	
二號葉			0.12
	0.21	0.09	
三號葉			0.06
	0.19	0.13	
平均	0.18	0.10	0.08
標準差	±0.02	±0.02	X




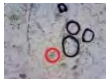











附錄四、落地生根葉片在塗抹阿斯匹靈水溶液後面積的變化(單位:cm<sup>2</sup>)

	原先面積	塗抹後面積	變化量
一號葉			0.02
	0.04	0.02	
二號葉			0.05
	0.09	0.04	
三號葉			0.01
	0.06	0.05	
平均	0.06	0.03	0.02
標準差	±0.02	±0.01	X



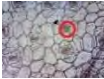












附錄五、不同溫度對黃金葛葉下表皮的變化(單位:微米  $\mu\text{m}$ )

溫度 編號	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
1 號葉					
氣孔寬度	1.61	1.81	1.72	1.60	1.20
2 號葉					
氣孔寬度	1.78	1.61	1.97	1.69	1.26
3 號葉					
氣孔寬度	1.70	1.41	2.20	1.84	1.07
平均	1.69	1.61	1.96	1.71	1.17
標準差	$\pm 0.08$	$\pm 0.20$	$\pm 0.24$	$\pm 0.12$	$\pm 0.09$
















附錄六、不同溫度對落地生根葉下表皮的變化(單位:微米  $\mu\text{m}$ )

溫度 編號	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
1 號葉					
氣孔寬度	2.40	1.16	1.61	0.82	0.44
2 號葉					
氣孔寬度	1.96	1.52	1.01	0.72	0.8
3 號葉					
氣孔寬度	2.08	1.72	1.01	0.8	0.72
平均	2.14	1.46	1.21	0.78	0.65
標準差	$\pm 0.22$	$\pm 0.28$	$\pm 0.34$	$\pm 0.05$	$\pm 0.18$









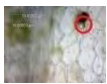






附錄七、保衛細胞無法變形的情況下不同溫度對黃金葛葉下表皮的變化(單位：微米  $\mu\text{m}$ )

溫度 編號	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
1 號葉					
氣孔寬度	0.40	0.60	0.82	0.8	0.61
2 號葉					
氣孔寬度	0.63	0.56	0.40	0.44	0.48
3 號葉					
氣孔寬度	0.46	0.83	0.56	0.63	0.23
平均	0.49	0.66	0.59	0.62	0.44
標準差	$\pm 0.11$	$\pm 0.14$	$\pm 0.21$	$\pm 0.18$	$\pm 0.19$










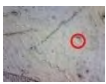





附錄八、保衛細胞無法變形的情況下不同溫度對落地生根葉下表皮的變化(單位：微米  $\mu\text{m}$ )

溫度 編號	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
1 號葉					
氣孔寬度	0.80	1.01	0.63	0.76	1.01
2 號葉					
氣孔寬度	0.44	0.80	0.60	0.68	1.20
3 號葉					
氣孔寬度	1.26	0.76	1.01	0.60	1.00
平均	0.83	0.85	0.74	0.68	1.07
標準差	$\pm 0.41$	$\pm 0.13$	$\pm 0.22$	$\pm 0.08$	$\pm 0.11$

附錄九、在不同土壤濕度下黃金葛的保衛細胞開闔情形(單位:微米  $\mu\text{m}$ )
















土壤濕度 編號	5%	10%	15%	20%	25%
1 號葉					
氣孔寬度	1.96	1.53	1.16	0.86	1.07
2 號葉					
氣孔寬度	1.81	1.41	1.07	1.02	0.4
3 號葉					
氣孔寬度	1.26	1.60	1.41	1.07	0.82
平均	1.67	1.51	1.21	0.98	0.76
標準差	$\pm 0.36$	$\pm 0.09$	$\pm 0.17$	$\pm 0.10$	$\pm 0.33$

附錄十、在不同土壤濕度下落地生根的保衛細胞開闔情形(單位:微米  $\mu\text{m}$ )

土壤濕度 編號	5%	10%	15%	20%	25%
1 號葉					
氣孔寬度	2.23	1.43	1.01	1.01	0.84
2 號葉					
氣孔寬度	1.78	1.44	1.34	1.21	0.72
3 號葉					
氣孔寬度	1.89	1.56	1.26	1.26	0.80
平均	1.96	1.47	1.20	1.16	0.78
標準差	$\pm 0.23$	$\pm 0.07$	$\pm 0.17$	$\pm 0.13$	$\pm 0.06$

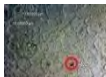






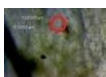







附錄十一、保衛細胞無法變形、不同土壤濕度時黃金葛的保衛細胞開闔情形(單

位:微米  $\mu\text{m}$ )

土壤濕度 編號	5%	10%	15%	20%	25%
1 號葉					
氣孔寬度	1.56	1.13	1.02	0.72	0.60
2 號葉					
氣孔寬度	1.58	1.07	1.00	0.70	0.83
3 號葉					
氣孔寬度	1.70	1.26	0.82	0.56	0.42
平均	1.61	1.53	0.94	0.66	0.61
標準差	$\pm 0.23$	$\pm 0.09$	$\pm 0.11$	$\pm 0.08$	$\pm 0.20$



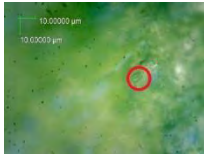



附錄十二、保衛細胞無法變形、不同土壤濕度時落地生根的保衛細胞開闔情形(單

位:微米  $\mu\text{m}$ )































土壤濕度 編號	5%	10%	15%	20%	25%
1 號葉					
氣孔寬度	1.56	1.06	0.84	0.44	0.40
2 號葉					
氣孔寬度	1.26	1.16	0.76	0.60	0.63
3 號葉					
氣孔寬度	1.16	1.12	0.56	0.82	0.44
平均	1.33	1.11	0.72	0.62	0.49
標準差	$\pm 0.20$	$\pm 0.05$	$\pm 0.14$	$\pm 0.19$	$\pm 0.12$

































附錄九、單、雙子葉植物氣孔在失去水分下的寬度(單位:微米  $\mu\text{m}$ )

	黃金葛	落地生根
一號葉		
氣孔寬度	0.28	0.63
二號葉		
氣孔寬度	0.44	0.48
三號葉		
氣孔寬度	0.39	0.29
平均	0.33	0.46
標準差	$\pm 0.08$	$\pm 0.17$

附錄十、黃金葛葉片在失去水分下的彎曲方向

	一	二	三	四	五	六
編號						
彎曲方向	向下	向下	向下	向下	向下	向下
	七	八	九	十	十一	十二
編號						
彎曲方向	向下	向下	向下	向下	向下	側邊
	十三	十四	十五	十六	十七	十八
編號						
彎曲方向	向下	向上	側邊	向上	向上	向下
	十九	二十	二十一	二十二	二十三	二十四
編號						
彎曲方向	向下	向下	側邊	向下	向上	向下
	二十五	二十六	二十七	二十八	二十九	三十
編號						
彎曲方向	向下	向下	向下	向下	側邊	側邊

附錄十一、落地生根葉片在失去水分下的彎曲方向

	一	二	三	四	五	六
編號						
彎曲方向	向下	向下	向上	向下	向下	向下
	七	八	九	十	十一	十二
編號						
彎曲方向	向下	向下	向下	向下	向下	向上
	十三	十四	十五	十六	十七	十八
編號						
彎曲方向	向下	向下	向下	向下	向下	向上
	十九	二十	二十一	二十二	二十三	二十四
編號						
彎曲方向	向下	向下	向下	向下	向下	向下
	二十五	二十六	二十七	二十八	二十九	三十
編號						
彎曲方向	向下	向下	向上	向下	向下	向下

## 【評語】 030312

1. 本科展研究作品在於探討不同環境下，單雙子葉植物保衛細胞的開合變化與其調控葉片形狀的關係。
2. 在發想的研究動機下，國中生作者能針對老師上課教學內容抱持懷疑的態度，富有科學精神。
3. 所採用的實驗設計及方法大致可行，不過，在不同土壤濕度的實驗中（阿斯匹靈處理組），下表皮覆蓋於水溶液上，濕度的影響因子是否仍存在，是有疑慮的。高溫造成的脫水現象，其合理性也應思考，自然狀態下的缺水可能較合適。有些實驗沒有附上結果的圖或表，如表 4~9，反而像是放在附錄中。下表皮塗抹與浸泡阿斯匹靈的方法，在敘述上是相同的，不甚合理。有些實驗缺乏適當的對照組，例如圖 11。此外，可善用統計方法，以正確評估比較之組別是否具有顯著的差異。是以，實驗結果尚不足以支持所提假說。

## 作品海報

# 壹、研究動機

在上生物課時，老師總是說保衛細胞並如其名有保衛的功用，而是作為氣體交換的氣孔，但我們對這說法抱著懷疑的態度。我們想到了在橋上總是會預留伸縮縫使橋不會因熱脹冷縮而毀損，所以我們認為保衛細胞或許在葉片上也扮演了這樣的角色，使葉面結構不受到破壞。不同特徵、結構及生長環境的植物保衛細胞也有所差異因此我們希望能將這些變因對保衛細胞的影響觀察出來以證明我們的假說。

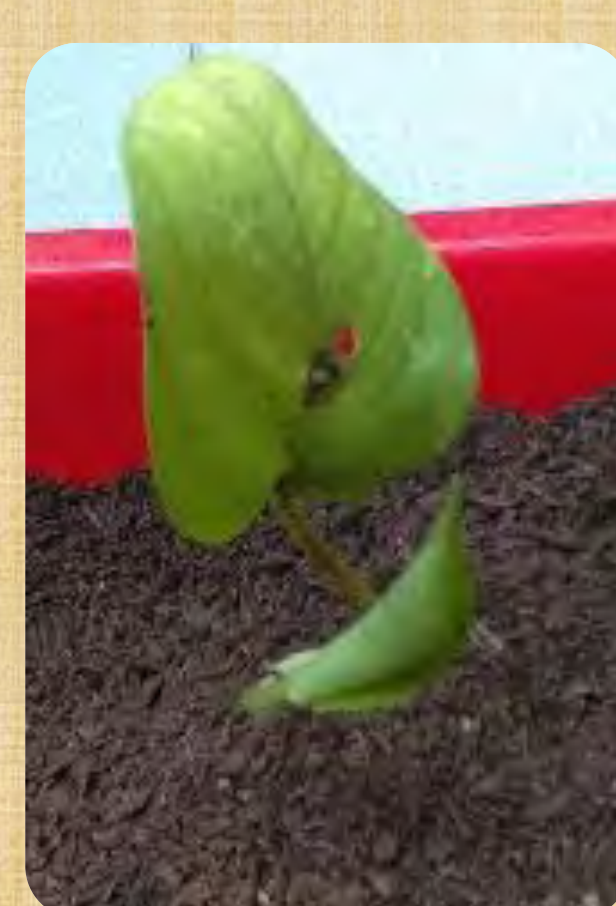
# 貳、研究目的

一、查詢實驗  
相關文獻

二、比較不同環境  
下的植物保衛細胞  
的開闔情形

三、以生物物理學的觀點  
切入了解保衛細胞的功能

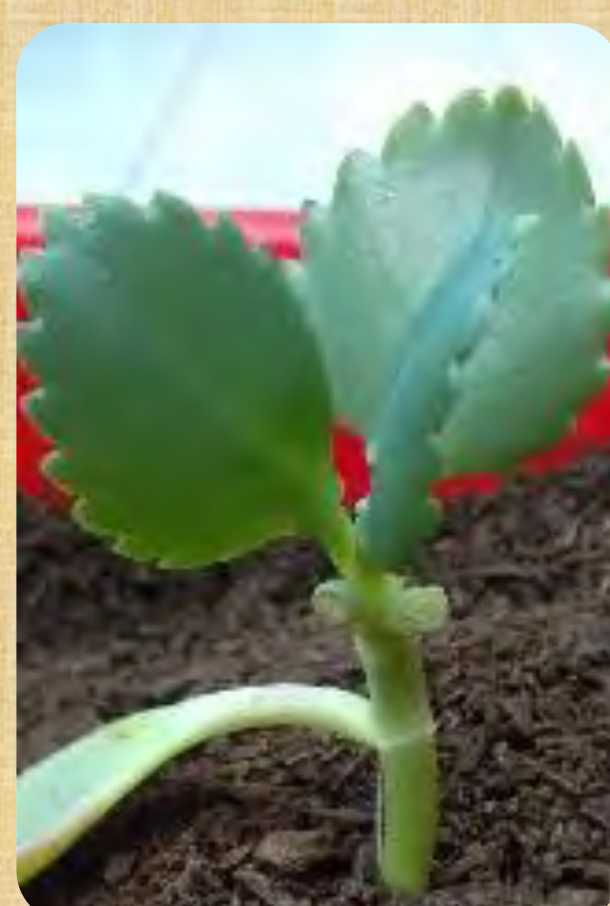
# 參、研究過程與方法



單子葉

黃金葛

*Epipremnum  
aureum*



雙子葉

落地生根

*Bryophyllum  
pinnatum*



單子葉

蘆薈

*Aloe vera*

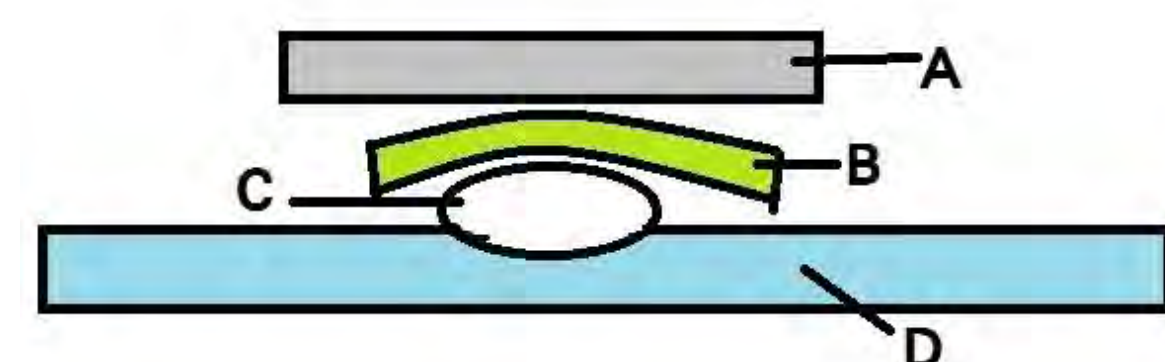
## 主題一：阿斯匹靈水溶液

### • 阿斯匹靈水溶液對保衛細胞的影響

將各濃度的阿斯匹靈水溶液滴0.05ml至玻片之中，並以顯微鏡觀察氣孔大小。

### • 葉片塗阿斯匹靈水溶液後面積的變化

將4%的阿斯匹靈水溶液滴0.05ml至玻片之中，並以顯微鏡觀察葉下表皮面積的前後變化。



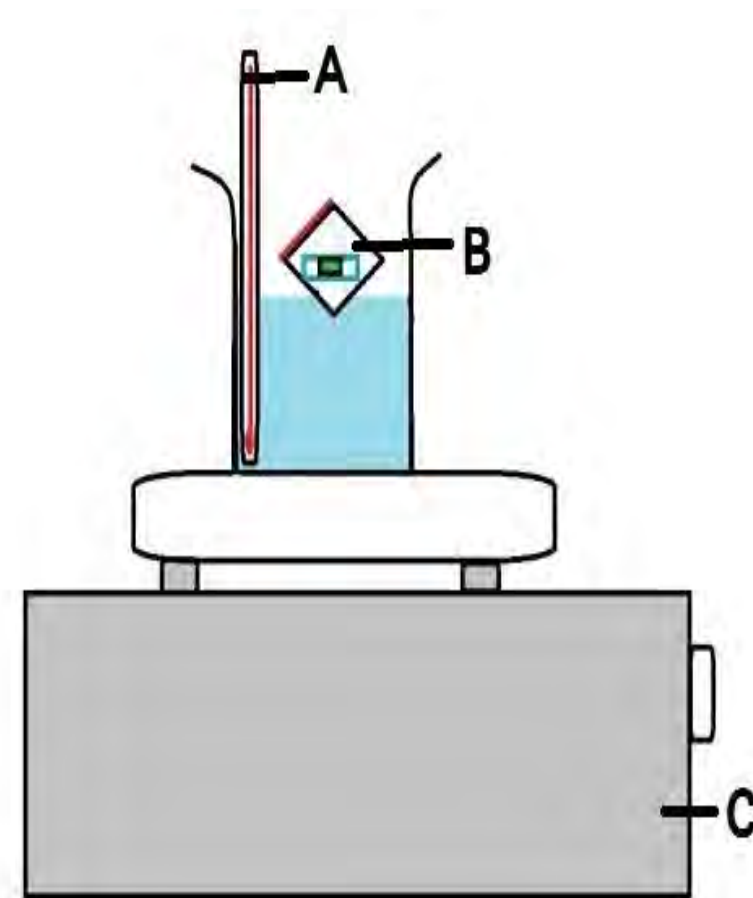
圖一、保衛細胞吸收阿斯匹靈水溶液操作示意圖。

A：蓋玻片；  
B：葉下表皮；  
C：阿斯匹靈水溶液；  
D：載玻片

## 主題二：環境溫度

### • 保衛細胞在能否變形、不同溫度高低下的變化

將水滴及4%的阿斯匹靈水溶液分別滴0.05ml至不同的玻片之中後隔水加熱至不同溫度，並以顯微鏡觀察氣孔大小。



圖二、隔水加熱示意圖。

A：溫度計；  
B：將玻片放置於夾鏈袋中；  
C：加熱平板

## 主題四：保衛細胞失水

### • 保衛細胞在失去水分下的變化

將植株葉片各取三片後放入烤箱之中，並將溫度調成攝氏140度，計時一分鐘後以顯微鏡觀察保衛細胞的變化。

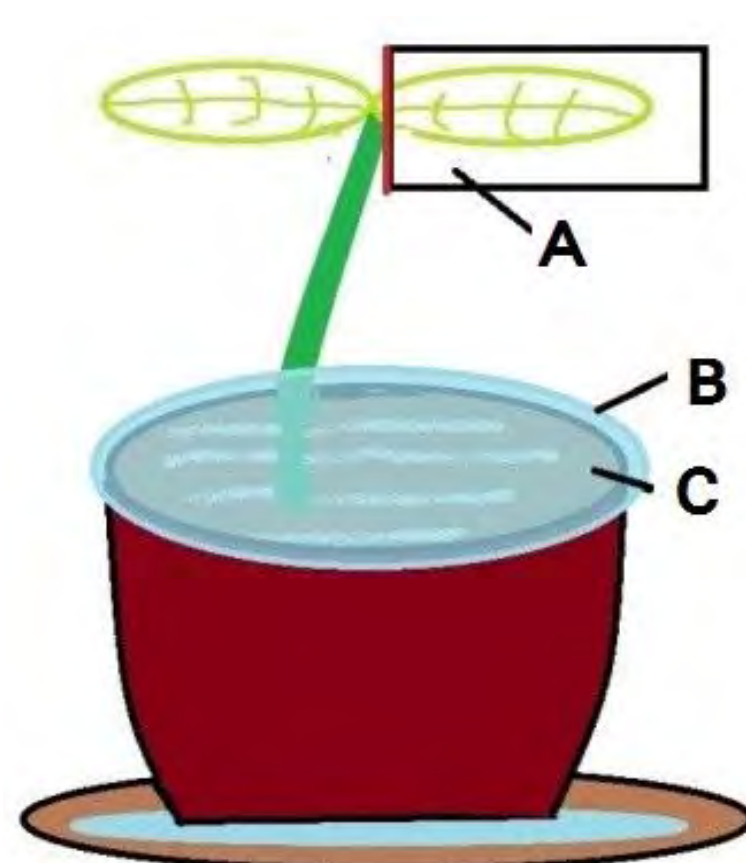
### • 植物失去水分後葉片的捲曲方向

將植株葉片各取三片後放入烤箱之中，並將溫度調成攝氏140度，計時五分鐘後觀察葉片捲曲方向。

## 主題三：土壤溼度

### • 保衛細胞在能否變形、不同土壤溼度高低下的變化

將植株放入裝有不同土壤溼度的土中，各植株隨機取三片葉片塗上4%的阿斯匹靈水溶液，並以塑膠袋罩住葉片、保鮮膜封住盆栽表面，計時4小時後以顯微鏡觀察氣孔大小



圖三、不同土壤溼度對保衛細胞影響之實驗設置圖。

A：以塑膠袋套住葉片；  
B：以保鮮膜將盆栽封住；  
C：盆栽內加入不同土壤溼度的土

## 主題五：葉片厚度&氣孔密度

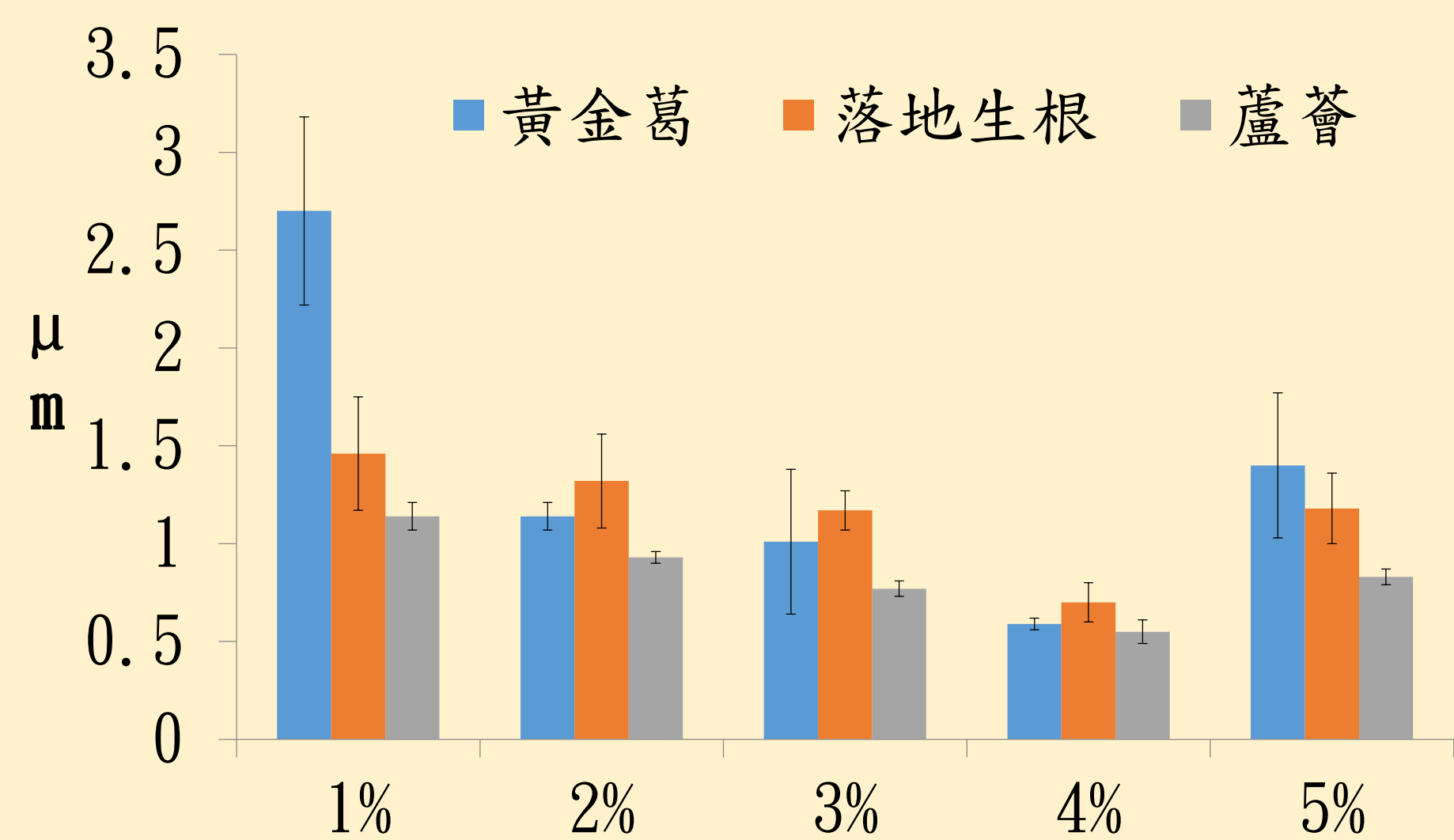
### • 實驗植株氣孔密度與葉肉組織厚度之關係

將植株葉片切下並觀察各種植株的氣孔密度並比較與其葉肉組織厚度之關係

# 肆、研究結果與討論

## 主題一：阿斯匹靈水溶液

### • 阿斯匹靈水溶液對保衛細胞的影響

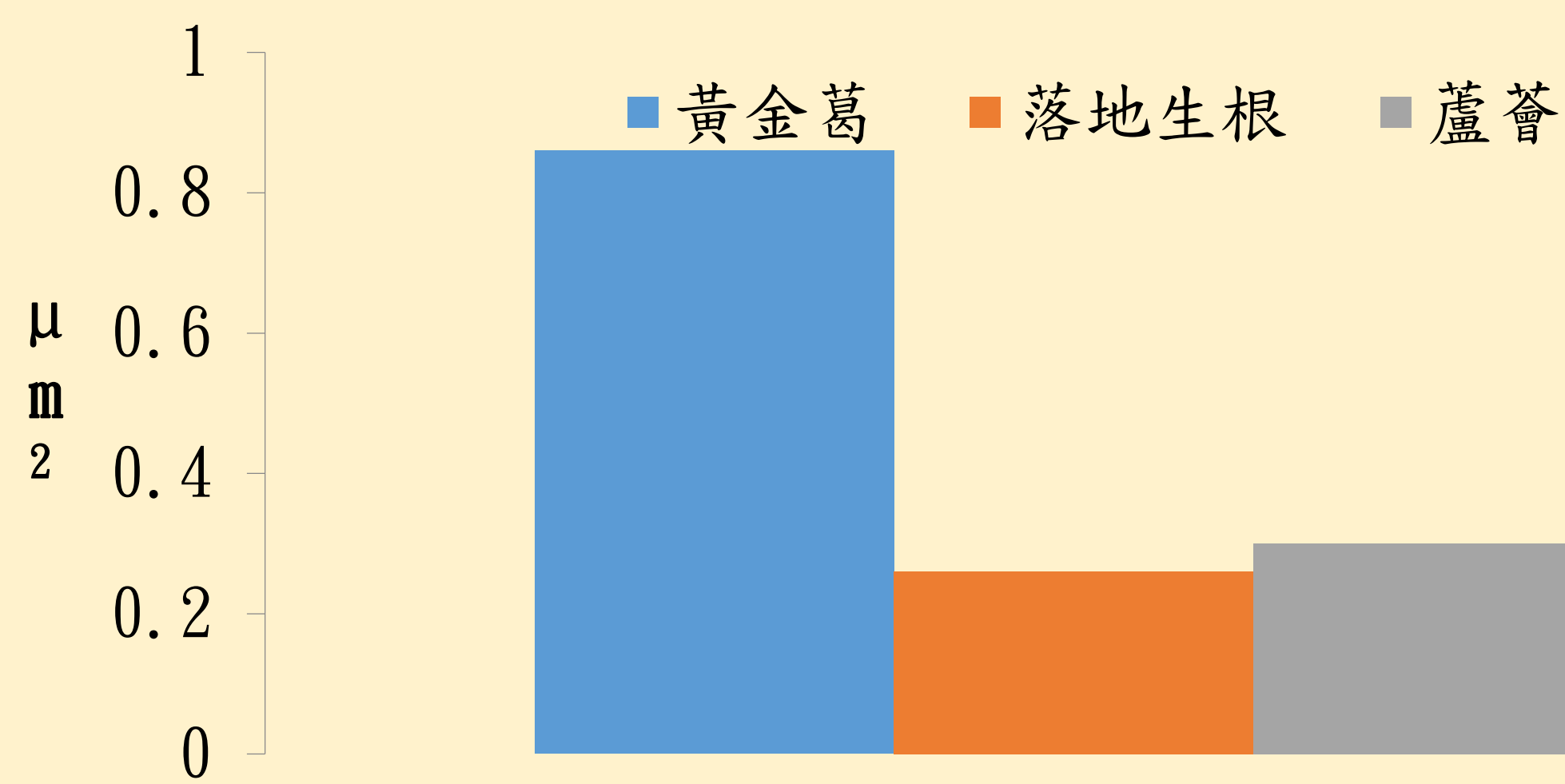


圖五、各濃度阿斯匹靈水溶液與氣孔寬度之關係。  
(可透過實驗結果發現以4%的阿斯匹靈水溶液可使植物的氣孔縮至最小。)

在查詢何種化學藥劑可使保衛細胞關閉時，我們發現醋酸苯汞、阿特拉津、乙醯水楊酸皆可達到此效果，但醋酸苯汞以及阿特拉津皆不溶於水，僅溶於有機溶液之中，而我們擔心有機溶液會影響到保衛細胞的開闔，因此採用可溶於水的阿斯匹靈。

我們發現以濃度4%的阿斯匹靈水溶液可使氣孔關閉的最緊，但到了5%時氣孔反而變得更大，我們認為是因為濃度過了4%後因擴散作用，使保衛細胞吸收了外來的水分使氣孔張開。

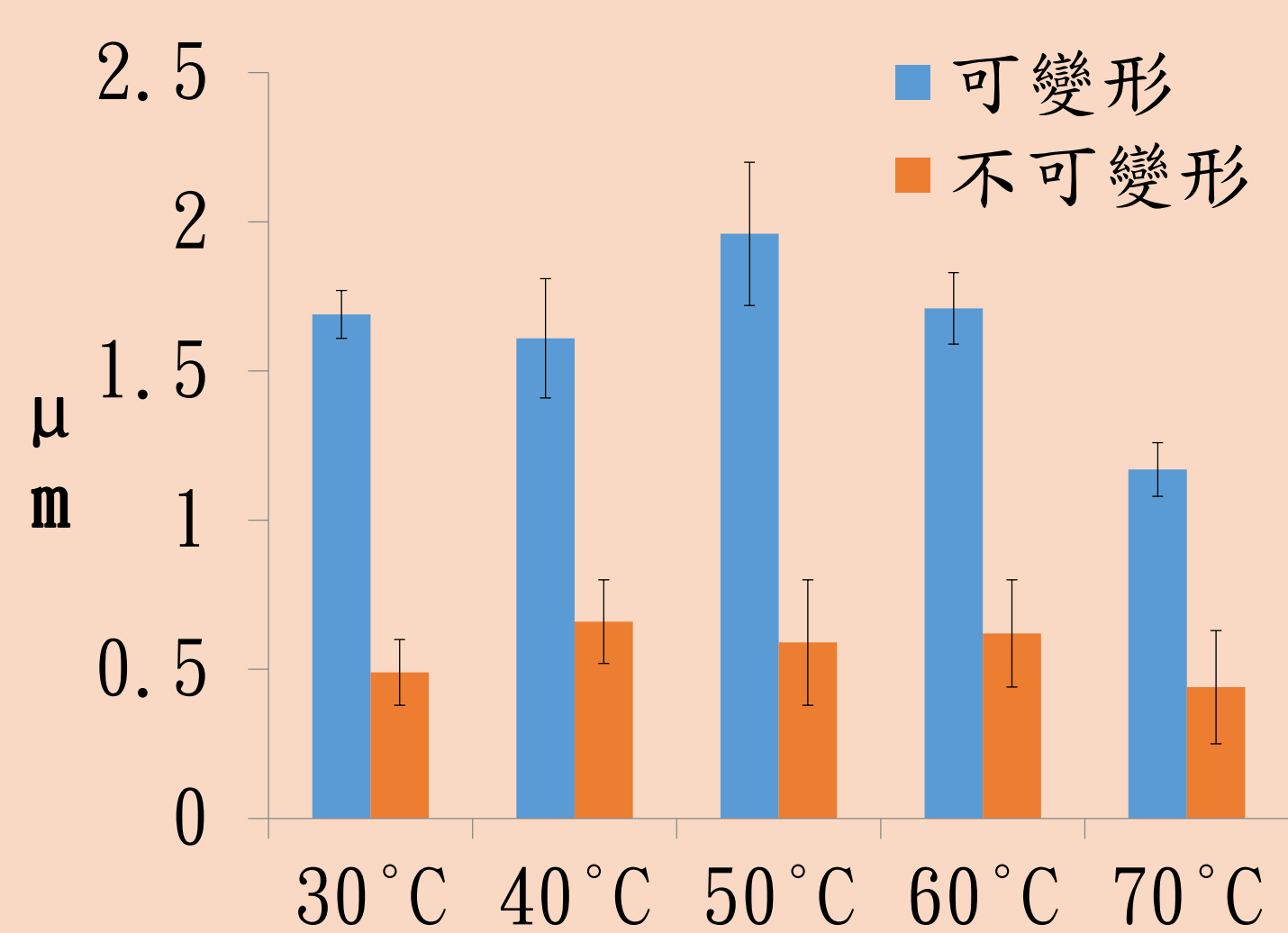
### • 葉片塗阿斯匹靈水溶液後面積的變化



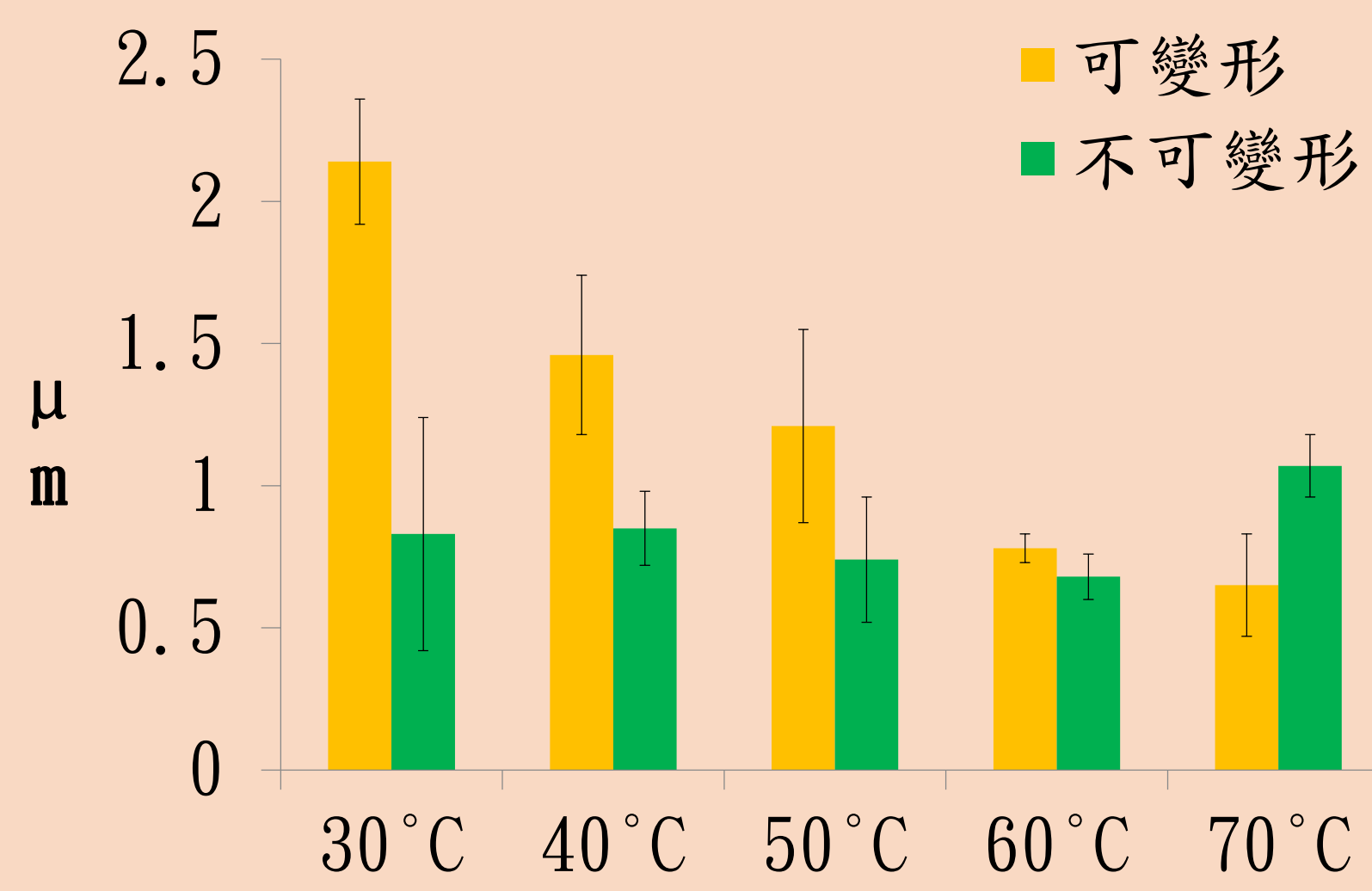
圖六、葉片塗抹阿斯匹靈溶液前後面積的變化。  
(可透過實驗結果發現當葉片塗抹阿斯匹靈水溶液後，葉片的面積會減少，證明氣孔的關閉可使葉片面積發生變化。)

## 主題二：環境溫度

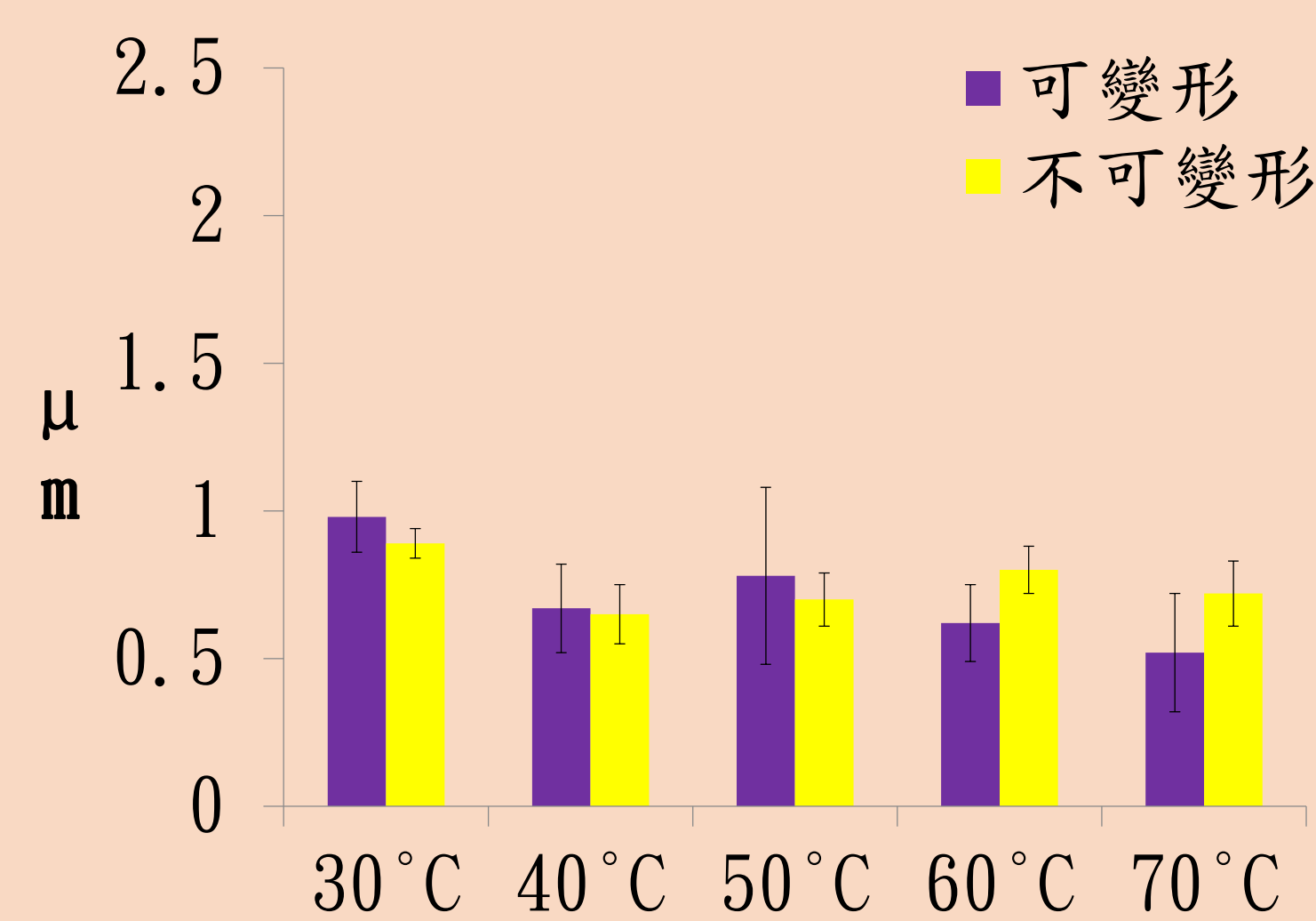
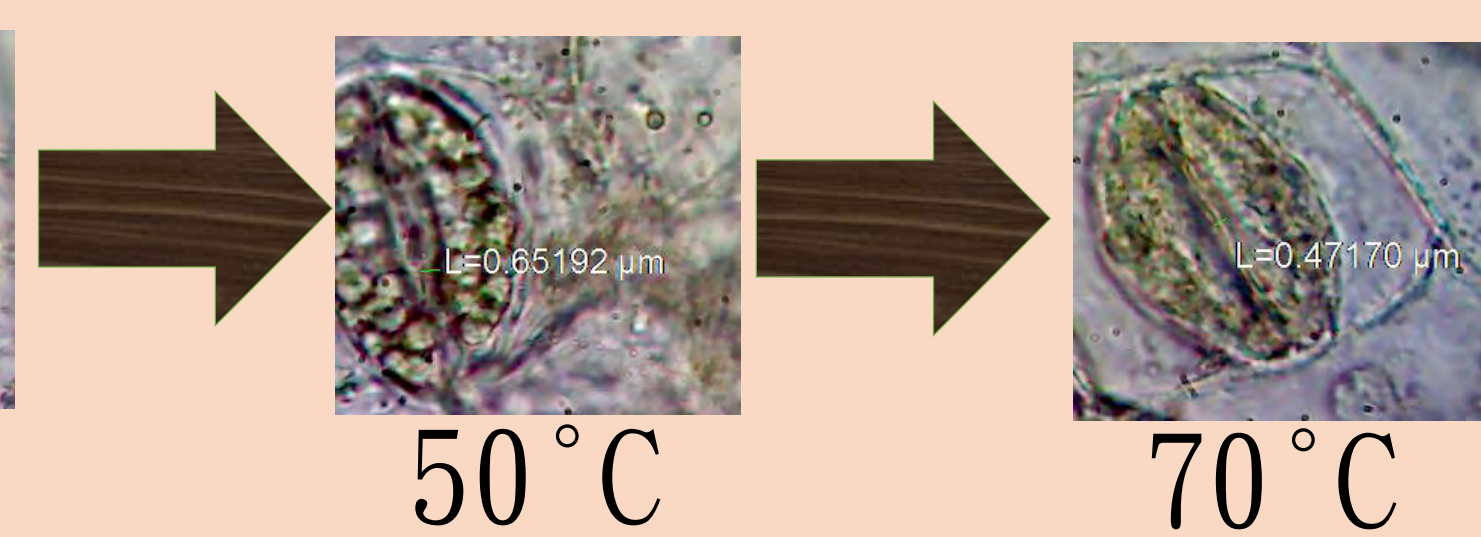
### • 保衛細胞在能否變形、不同溫度高低下的變化



圖七、黃金葛保衛細胞在不同溫度下的變化。



圖八、落地生根保衛細胞在不同溫度下的變化。



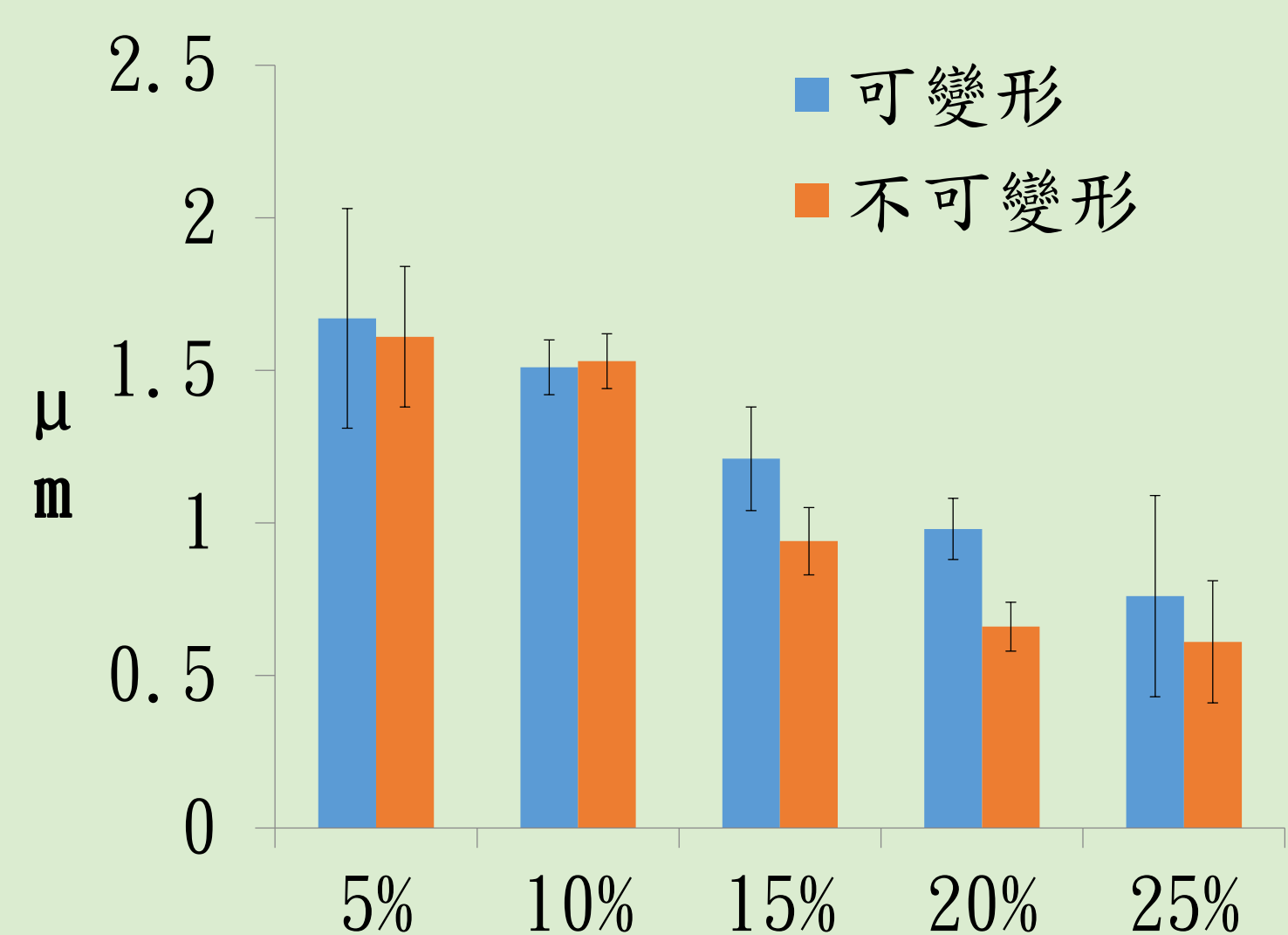
圖九、蘆薈保衛細胞在不同溫度下的變化。

(可透過實驗結果發現使保衛細胞無法變形的情况下，不論溫度高低氣孔幾乎是維持關閉狀態，等同於使其強制關閉，周圍的表皮細胞會有被拉張跡象。)

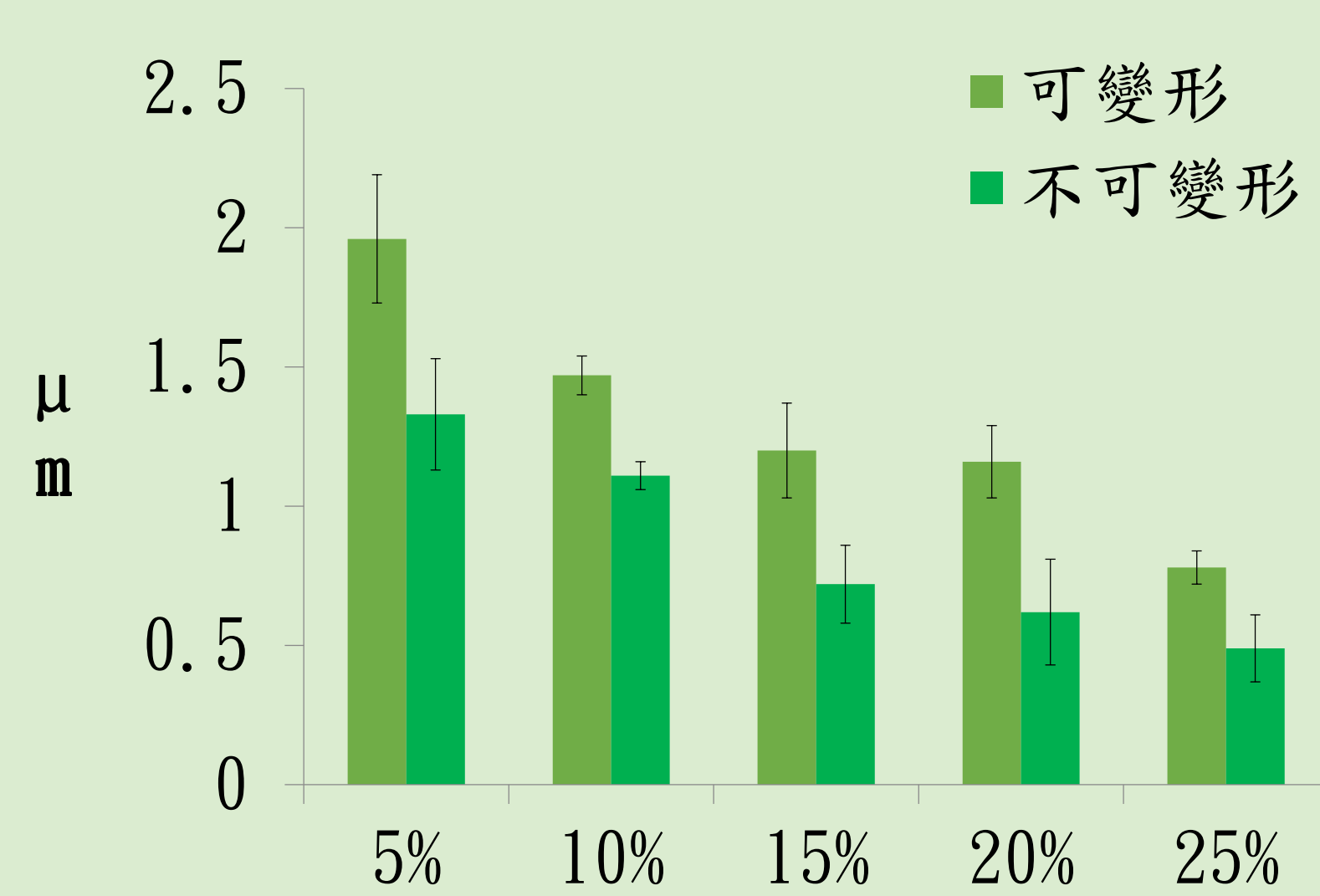
在使保衛細胞無法變形並改變環境溫度以觀察植物保衛細胞的實驗中，我們發現由於氣孔被強制關閉，使原本應該維持葉面平衡的保衛細胞不但失去其功能，反而使周圍的表皮細胞也一併受到拉張，證明了若是保衛細胞在非自然情況下開合，周圍的表皮細胞便會受到牽連而變形。

## 主題三：土壤溼度

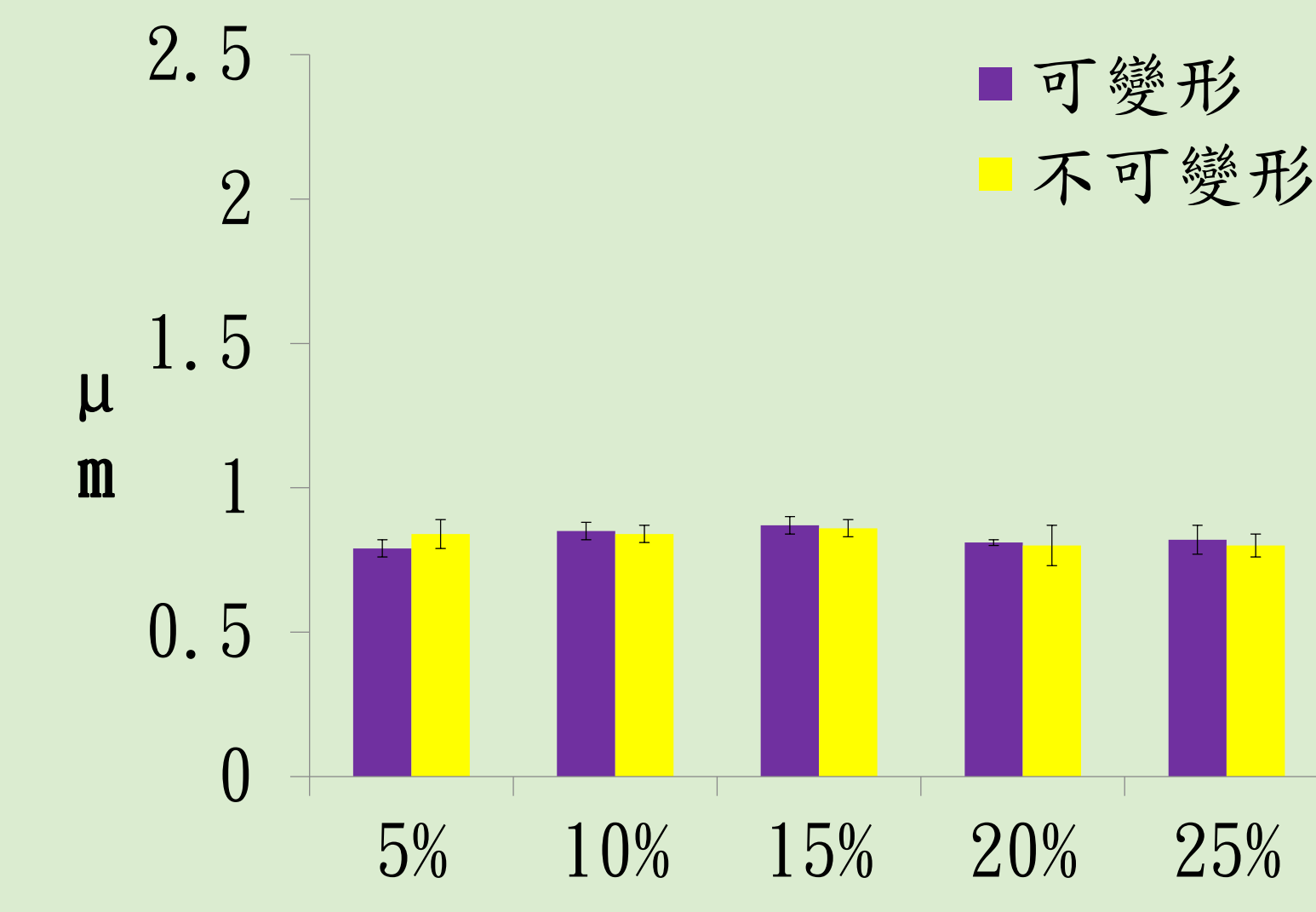
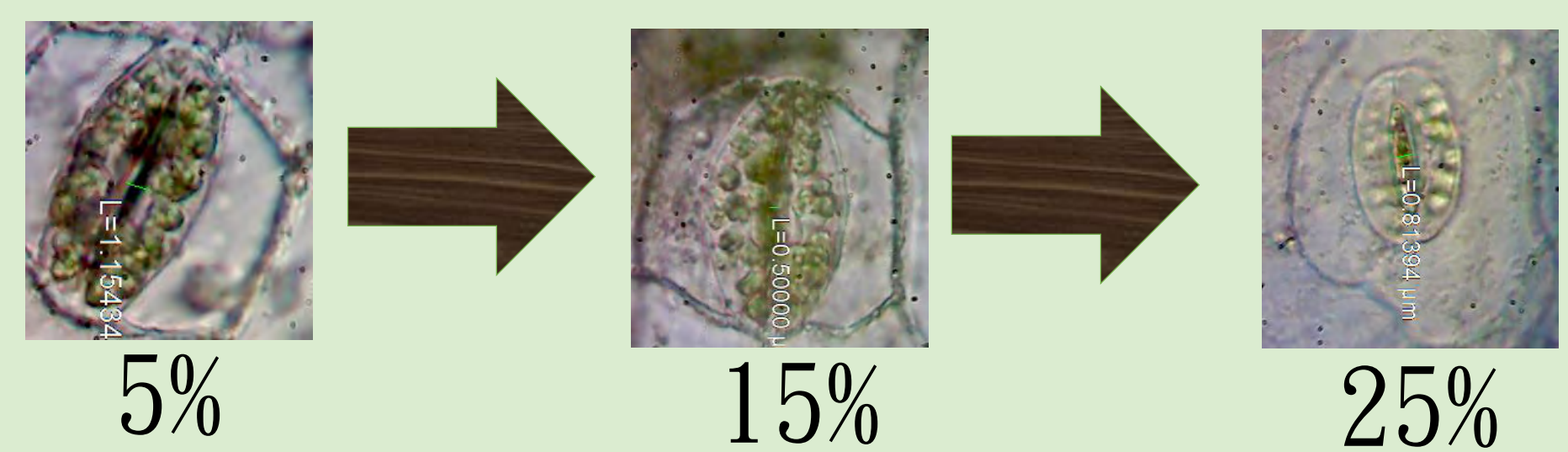
### • 保衛細胞在能否變形、不同土壤溼度高低下的變化



圖十、黃金葛保衛細胞在不同土壤溼度下的變化。



圖十一、落地生根保衛細胞在不同土壤溼度下的變化。



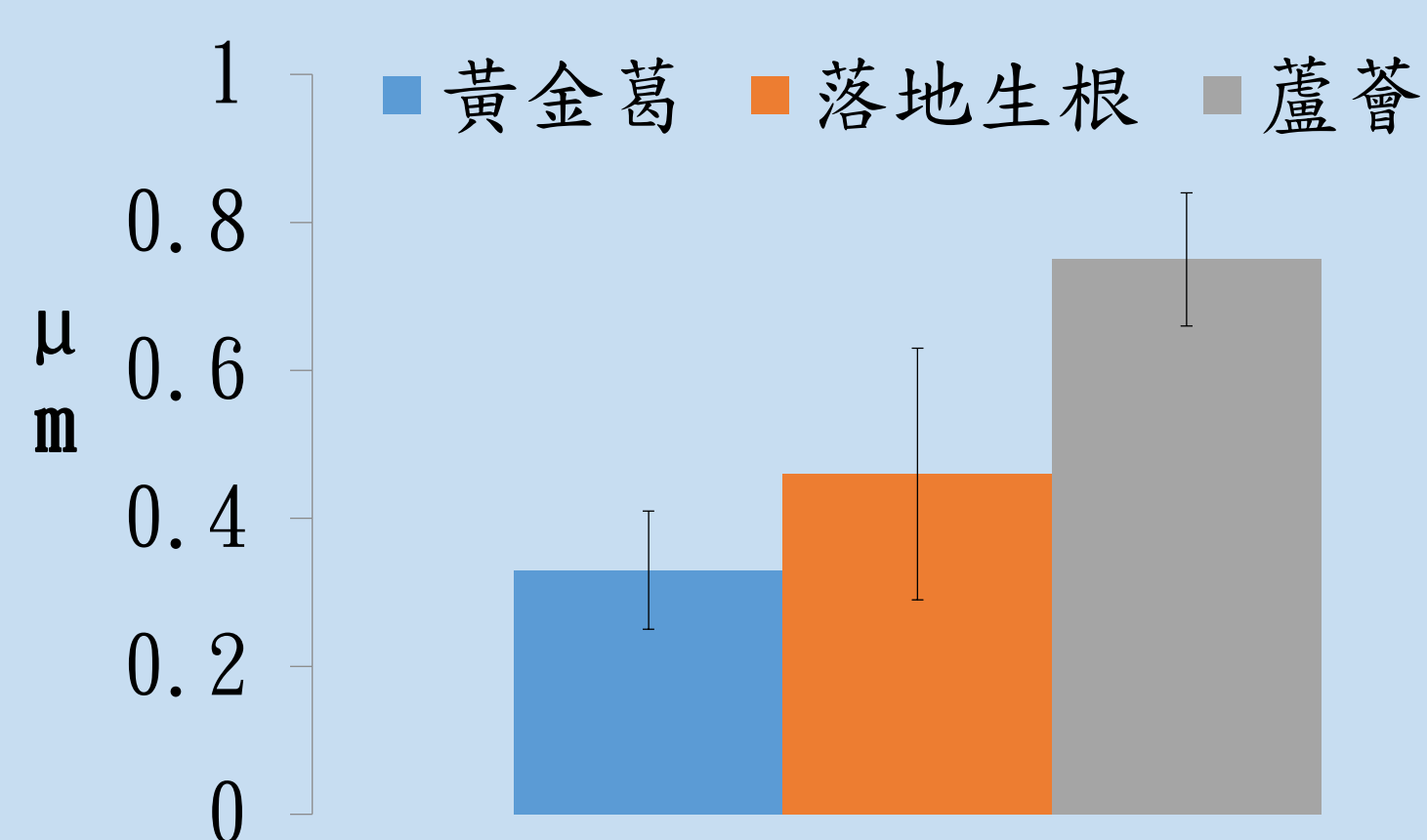
圖十二、蘆薈保衛細胞在不同土壤溼度下的變化。

(可透過實驗結果發現當葉片塗抹阿斯匹靈水溶液時，隨著土壤越為潮濕，氣孔會越縮越小。)

在改變土壤溼度並觀察保衛細胞的實驗中，我們發現隨著土壤溼度提高，氣孔便會越為緊閉，我們認為此現象與教科書上所提到的膨壓現象相似，雖然保衛細胞缺水時會使氣孔關閉，但水分過於充足時氣孔也會關閉，達到舒張的功用。

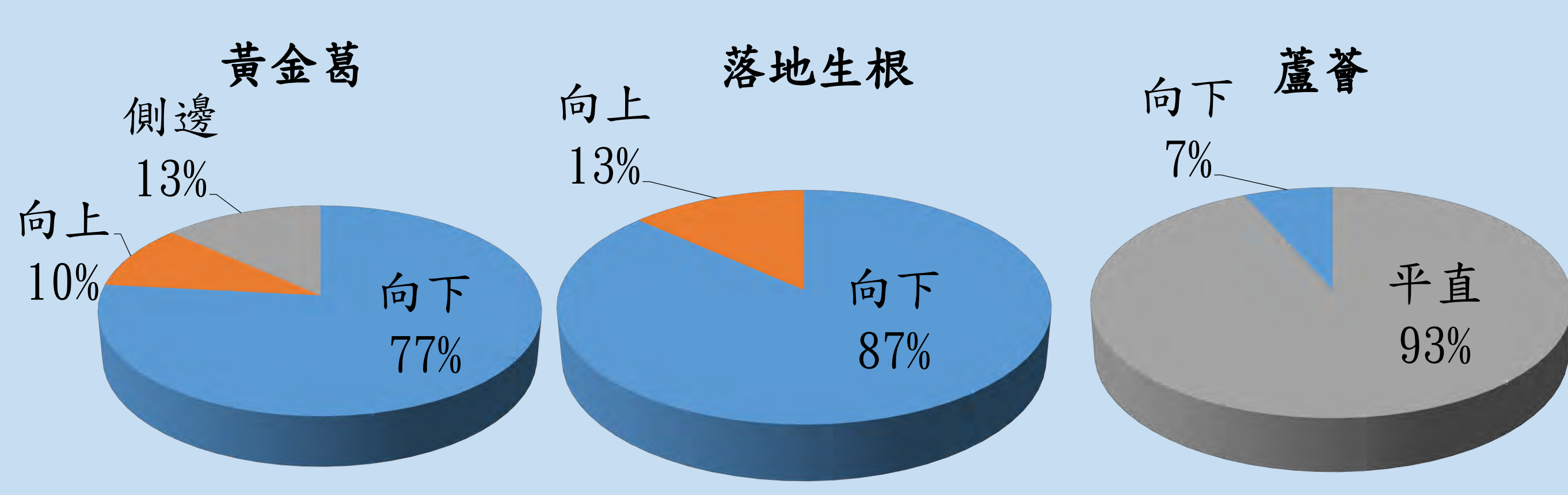
## 主題四：保衛細胞失水

### • 保衛細胞在失去水分下的變化



圖十三、實驗植株保衛細胞失去水分下的變化。  
(可透過實驗結果發現當植物的葉片失去水分時，氣孔的寬度會縮到幾乎完全關閉的狀態。)

### • 植物失去水分後葉片的捲曲方向



圖十四、實驗植株葉片失去水分後的捲曲方向。  
(可透過實驗結果發現，葉片的彎曲方向以向下表皮彎曲居多。)

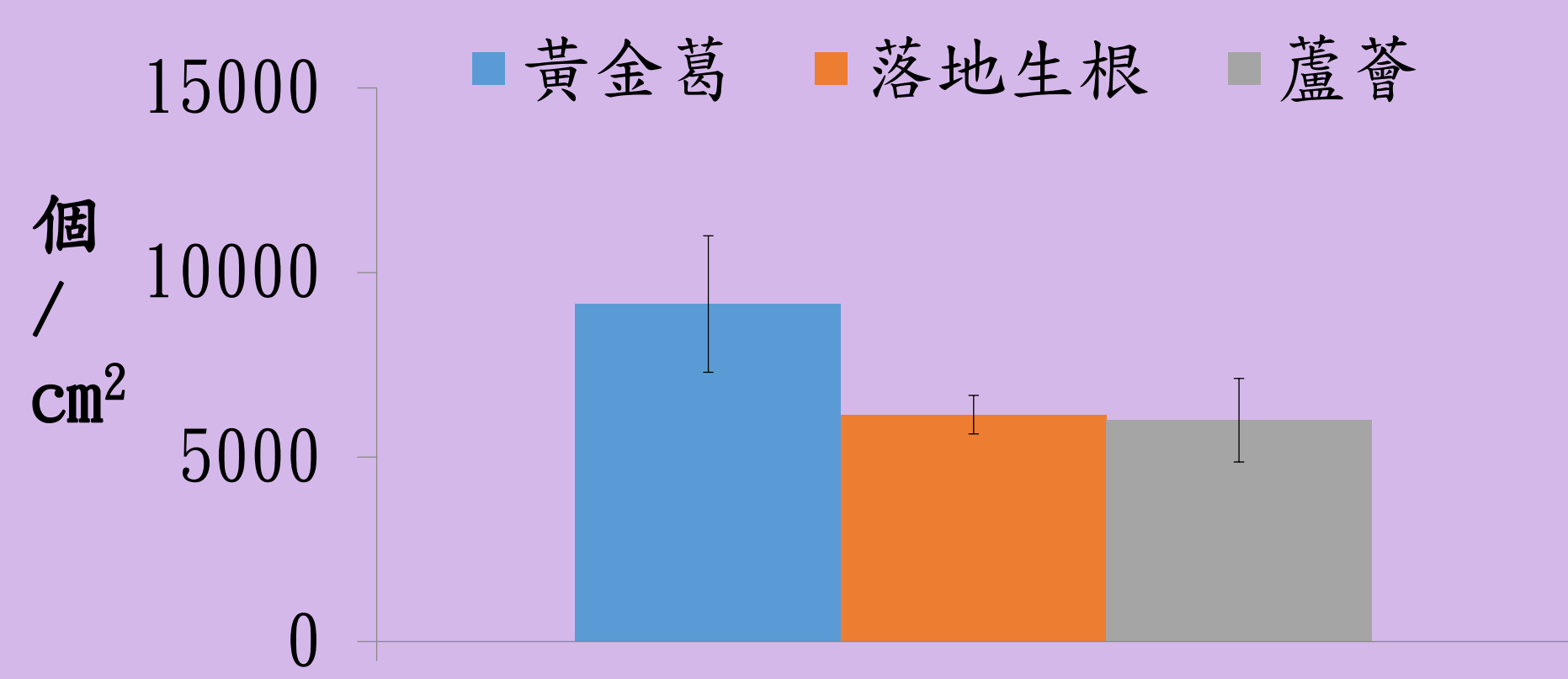
我們發現葉片彎曲的方向以向下表皮彎曲居多，與落葉彎曲的方向相似，我們認為是因為在高溫下保衛細胞會呈現幾乎密合的狀態，失去了其舒張的功能，又因葉下表皮的氣孔數量較上表皮多，使下表皮因保衛細胞關閉而縮小的表面積較上表皮多，導致下表皮的表面積較上表皮小，葉片也因此向下表皮彎曲。

## 伍、結論

- 一. 本實驗以將葉片塗抹4%的阿斯匹靈水溶液做為控制氣孔開闔的方法。我們發現當葉片塗抹阿斯匹靈水溶液後，葉片的「表面積」會較不塗抹阿斯匹靈水溶液小。
- 二. 隨著環境溫度、土壤濕度的提高，植物的「氣孔寬度」會越來越小，以達到舒張的效果且若是塗抹阿斯匹靈水溶液，周圍的表皮細胞則會有被「拉張」的跡象，證明若是保衛細胞無法隨著環境變化，葉片面積便會受到一定程度之影響。
- 三. 在保衛細胞完全失去水分的情況下，氣孔會呈現幾乎完全閉合的狀態，且葉片會「向下表皮捲曲」，與落葉相似，證明若是保衛細胞完全失去了其功能性，葉片便會無法維持正常狀態，而是會變形捲曲。
- 四. 根據實驗結果我們認為當保衛細胞開啟時，其舒張葉片的效果較好，因關閉狀況下表皮細胞易受到拉張。
- 五. 在教科書上有說在保衛細胞缺水時或任何其他會導致保衛細胞關閉的情況下，我們發現氣孔皆不會完全關閉，而是會預留些縫隙，在古典植物學中的解釋是因為氣孔必須保留縫隙交換氣體，而我們認為此縫隙也是像橋樑上的伸縮縫一般，避免葉片在不同環境下變形而受到破壞，默默地保衛植物。

## 主題五：葉片厚度&氣孔密度

### • 實驗植株氣孔密度與葉肉組織厚度之關係



圖十五、實驗植株氣孔密度與葉肉組織厚度之比較。  
(可透過實驗結果發現葉片葉肉組織越厚的植物，其氣孔密度就越低。)

我們認為是因為其葉片較不容易變形，因此對於氣孔減緩葉片變形的功能便較葉片較薄的植物需要，因此其氣孔密度較低。

## 陸、未來展望

- 一. 希望能夠觀察更多種類的植物，測試是否大多數的植物的保衛細胞都會有此伸縮縫的功用，證明本實驗所提出的假說為世界上的植物皆適用且吻合此說法的。
- 二. 能將各項變因對保衛細胞的影響觀察得更為周到，且套出一個既定的公式，並將各項數值輸入程式之中，以程式模擬保衛細胞氣孔的變化。
- 三. 將上述的程式及假說應用在教育方面使學生可更為方便清楚的理解保衛細胞在不同環境下的開闔情形，並使大家知道保衛細胞其實也可以保護植物不受到傷害。

## 柒、參考資料

1. 王聖方、吳賀偉、孫裕民、謝式法。中華民國第四十三屆中小學科學展覽會—高中組。生物科040709。氣孔開闔機制的探討。
2. 陳怡君。2010。綠野莘莊—新莊高中的花言草語。新莊高中。97頁。
3. 徐國士。1987。臺灣野生草本植物。台灣省政府教育廳出版。81頁
4. 國立臺灣博物館。2014。「光」現(photo)合成(synthesis)—植物與光之間的愛恨糾結。臺灣博物第122期。24-33頁。