

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

第三名

030301

衝出「風」鎖線 遠離「蕉」慮

—探討香蕉葉裂開的原因及演化意義

學校名稱：新北市立義學國民中學

作者： 國二 王翊瑄 國二 陳巧蓉 國二 張暄叡	指導老師： 陳又君 洪寬亮
---	-----------------------------

關鍵詞：風阻、裂痕、波浪

摘要

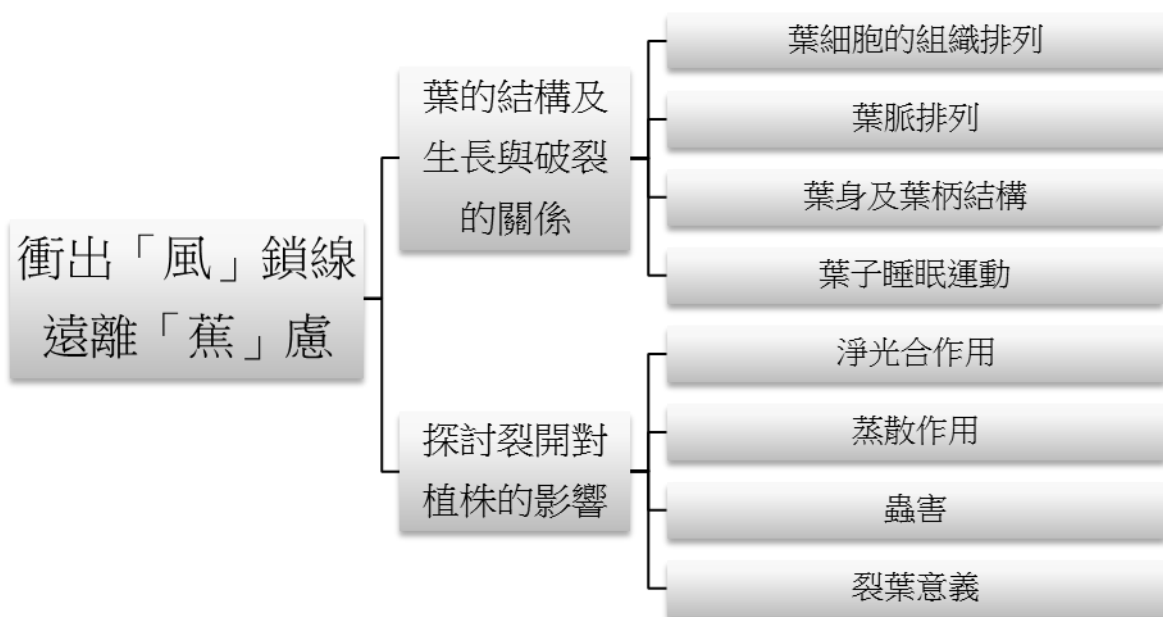
香蕉葉葉大且裂多，欲探討裂因及裂開對植株的影響，透過長期追蹤觀察發現：破裂是外力和葉結構作用的結果，生長過程中，葉面積增加，造成葉面上有大波浪區塊，葉脈與中肋夾角大且向外擴張，加上空腔結構，當風、雨施加外力時，各區受力不均，於區塊交接處造成破裂，再者由於葉柄因纖維老化與重力拉扯，導致逐漸下垂，故老、中、新葉破裂情形不盡相同。而葉子一旦破裂，水分散失使葉子重量減輕、面積變小、擺幅變大，越破越多。許多熱帶樹種，以大葉行光合作用並散熱，但葉大易使植株被吹倒，很多種類都具有複葉型態，而香蕉葉以裂開減少風阻，研究發現裂開不影響光合與蒸散作用，裂開處有單寧可防蟲害，因此香蕉葉裂開的型態有助於適應熱帶生存。

壹、 研究動機

有一次與家人出遊，偶然間看到一棵香蕉樹的葉子裂得破破爛爛，我們就想：同樣受風吹、日曬、雨打等環境外力，為什麼只有香蕉葉裂的特別多呢？其他的葉子為什麼不像香蕉葉這樣呢？我們對於香蕉的葉子為何會裂開，以及裂開之後的影響感到特別的好奇，香蕉樹葉子擁有其他葉子不同的特殊結構嗎？裂了之後會不會影響香蕉遭到病原體入侵的速度呢？

貳、 研究目的

- 一、探討香蕉葉裂開的方式
- 二、探討香蕉葉裂開的原因
- 三、探討裂開對植株的影響



參、 研究設備及器材

一、器材及藥品

(一)種植香蕉	培養土、花盆、等園藝工具
(二)香蕉葉的型態觀察及生理研究	手持式數位顯微鏡(AM-311)、 pH meter、烘箱(Deng Yng Circulator Oven DO60)、電子秤
(三)觀察風與葉的關係	捲尺、棉線、腳架、縮時攝影機(KING JIM recolo IR5)、單眼相機 (Nikon d3100 、Nikon d5000)、攝影器材(JVC HD 數位硬碟式攝影機 GZ-HD6U、LUMIX 類單眼相機 DMC-LX7)、工業用電風扇
(四)藥品	純水、殺蟲劑(葉潔)、硫酸鐵、pH meter 校正液

二、植物材料

香蕉移植及種植方法：

- (一)剪去枝葉防止水分散失
- (二)使用培養土混和校園的土種植於盆栽內
- (三)澆水並以塑膠袋、夾子和樹枝做為保水措施
- (四)放置在無強光的位置
- (五)待植株強壯，才移去塑膠袋
- (六)為方便觀察及採樣，決定在校園內種植香蕉苗

1.來源	附近國小後山、新莊	雲林斗六	桃園龍潭
2.後續安置地點			
	實驗室(無風室)	校園實驗用地	3 樓校長室陽台

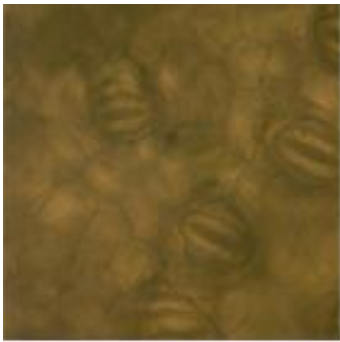
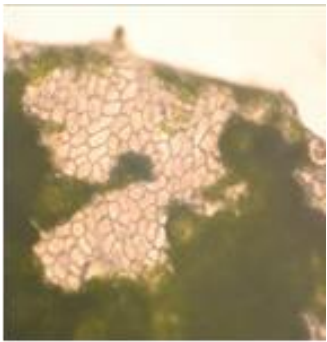
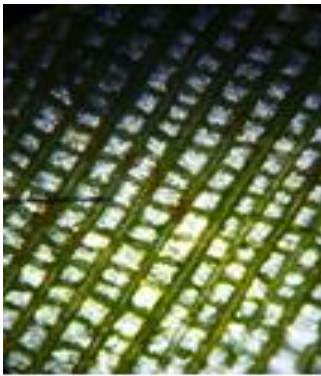
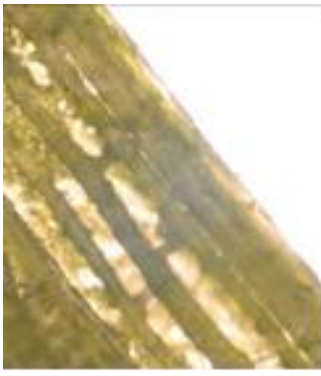
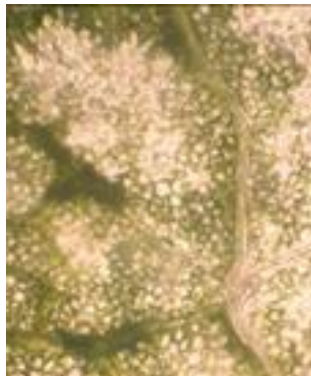
肆、 研究方法及討論

一、葉的結構及生長與破裂的關係

(一)葉的組織排列與破裂的關係

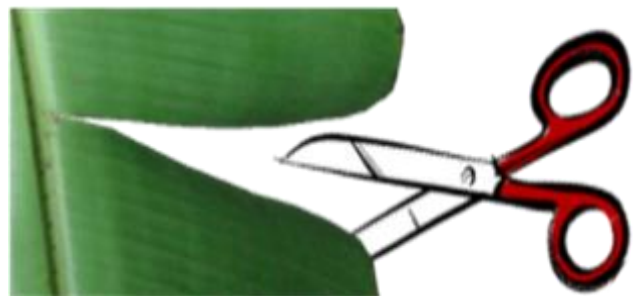
方法：本實驗將同為平行脈的野薑花，及網狀脈的桑樹做比較，以探討香蕉葉的組織排列有什麼特徵使得葉子易裂。

表一、香蕉葉、野薑花、桑樹之葉結構比較

植物 項目	香蕉	野薑花	桑樹
表皮細胞			
	平行排列矩形直壁細胞	六角形排列	不規則形狀
葉脈排列			
	空心空腔	空心空腔	細脈交錯

分析葉子的表皮細胞及葉脈排列對裂的影響：

- 1.香蕉與同為平行脈的野薑花比較：兩者皆有排列整齊、形狀規則的表皮細胞；上下表皮間的空心空腔皆為平行排列，但野薑花的表皮細胞為六角形嵌合，香蕉葉表皮細胞則以矩形排列且空腔較密，推測風吹時易因剪力裂開(圖一)。
- 2.香蕉與網狀脈的桑樹比較：桑樹表皮細胞不規則形狀、排列較亂；上下表皮間具有細脈交錯，不易裂開。

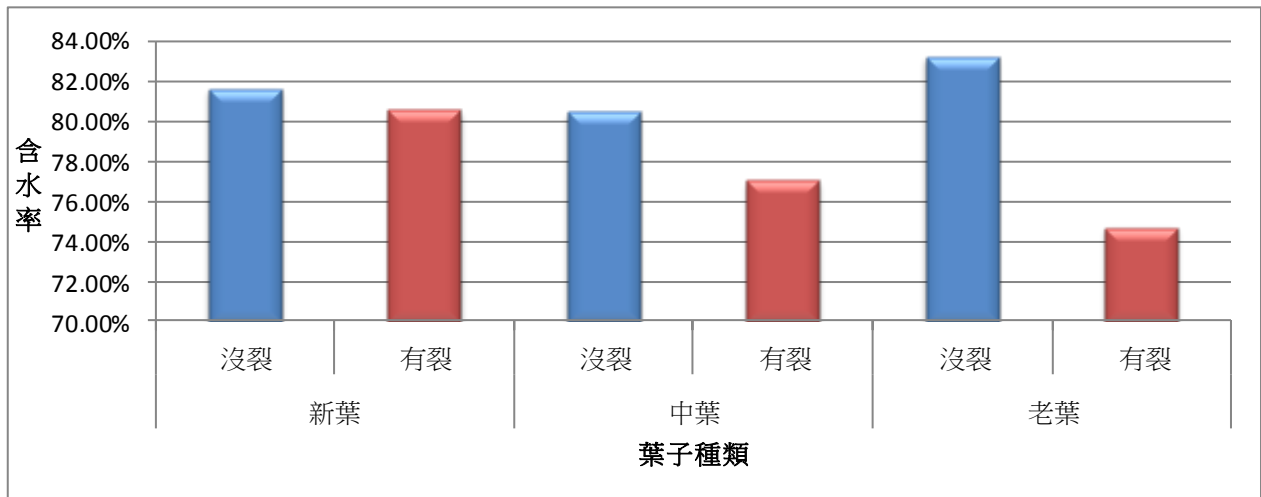


圖一、剪力示意圖

(二)葉子破裂後的含水率變化

方法：

- 1.選擇有裂、沒裂與三種葉齡(新葉、中葉、老葉)的葉片做組合，共六片
- 2.測量葉子減去中肋後的重量，烘乾後的再測重，計算葉肉含水率： $(\text{原重}-\text{乾重})/\text{原重}$



圖二、葉肉含水率

結果與分析：裂的葉子含水率皆低於沒裂的葉子，在破裂後因葉子失水，造成葉變乾、重量變輕，因此在受外力時，擺動更大。

(三)脈的排列與破裂的關係

1.葉脈形狀觀察

方法：比較香蕉葉與同為平行脈的月桃，發現：兩者脈的排列型態有所不同(表二)，香蕉的側脈與中肋的夾角 θ_1 遠大於月桃的 θ_2 ，香蕉葉葉端處的葉脈夾角較小，於葉中漸漸

變大，在葉基處與中肋幾乎垂直，葉脈排列呈些微輻射狀。

表二、香蕉葉與月桃葉的葉脈夾角示意圖

香蕉	月桃
	
香蕉葉脈和中肋的夾角遠大於月桃葉的夾角	

2.脈的排列對葉子與風的交互作用之影響

方法：

- (1)香蕉葉、月桃取葉寬的最大處中肋 5 公分並沿著葉脈撕開到葉緣 (表三)，為保持葉子原有的形狀，兩種植物樣本取相同中肋長度，但中肋到葉緣的長度是不一樣的。
- (2)將葉子分別黏貼在架子上，並在架子下貼上標有角度之標示紙(圖四、圖五)
- (3)放入風洞，架設攝影機分別以兩視角錄影，觀察葉子的擺動方式

表三、香蕉葉與月桃葉不同形狀的樣本

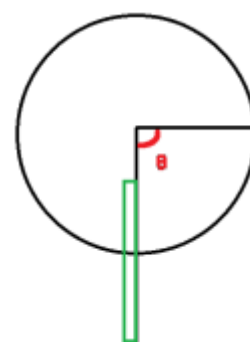
	
香蕉長方形樣本	月桃狹長型樣本



圖三、將葉子固定在支架上



圖四、繪製角度盤



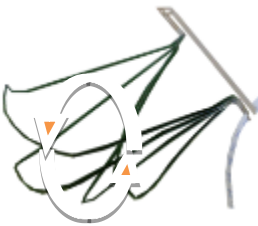
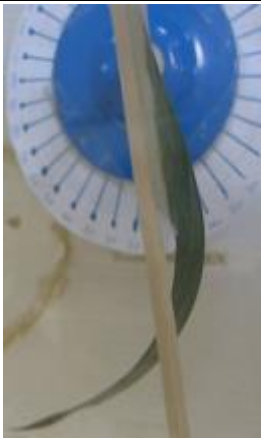
圖五、角度定義：風吹來的方向為零度，以逆時針計算葉子與風向的夾角



圖六、利用風洞探討不同葉脈與風的關係，將待測物放置測試段(圈選處)

結果：

表四、風向與葉的擺動關係

種類 項目	香蕉		月桃	
圖示				
說明	當香蕉葉與風呈 0~60、90~120、 0~270、310~350 度 時維持姿勢	當香蕉葉與風呈 70~80、120~150、 280~300 度時，出 現畫圈的晃動	當月桃葉與風呈 70~180、200、 230~350 度時維持 姿勢	當月桃葉與風呈 0~60、90、 210~250、340~350 度時，出現左右來 回擺動

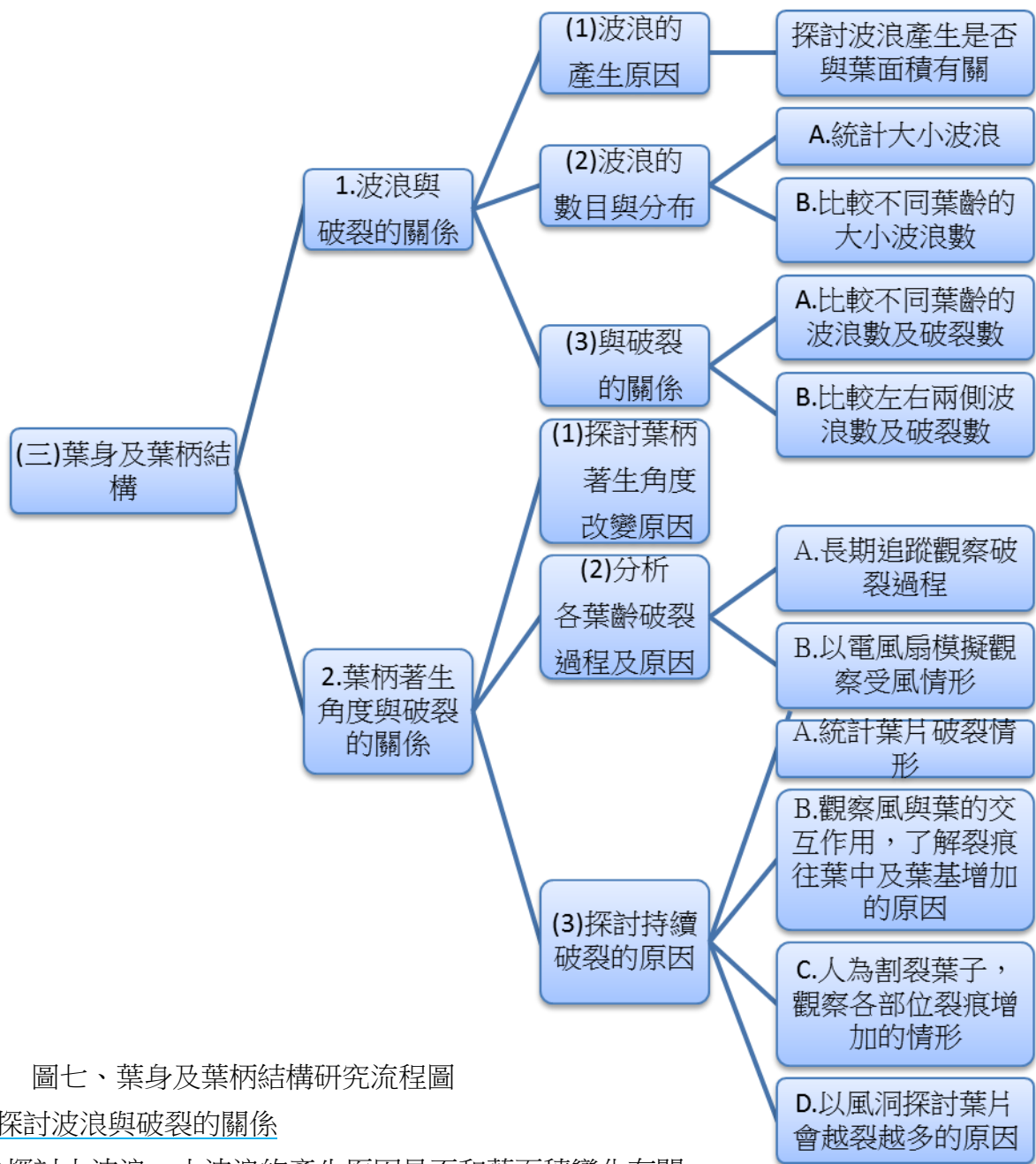
分析：

與網狀脈相比，平行脈在外力作用時較易受剪力作用，但香蕉葉的側脈和中肋夾角 θ_1 遠大於月桃葉的 θ_2 ，夾角的不同使葉子樣本的形狀不同，香蕉的長方形樣本容易產生捲曲，捲曲的葉片會導致受力不均，使樣本呈現畫圈的晃動，而月桃的狹長型樣本不易捲曲，因此受外力作用時，只會因為風向的不同而來回左右擺動。

(四)葉身及葉柄結構與破裂的關係

大量觀察香蕉葉發現葉表面有不平整的大區塊為大波浪，區塊間的葉緣則有許多不平的起伏為小波浪；香蕉葉在假莖上有不同的著生角度會影響這些波浪空間的位置，本實驗探討大小波浪及著生角度的形成原因以及對破裂的影響。

因為破裂與波浪和葉柄著生角度有很複雜的關係，所以我們把我們探討的方向及項目，做成組織圖(圖七)。

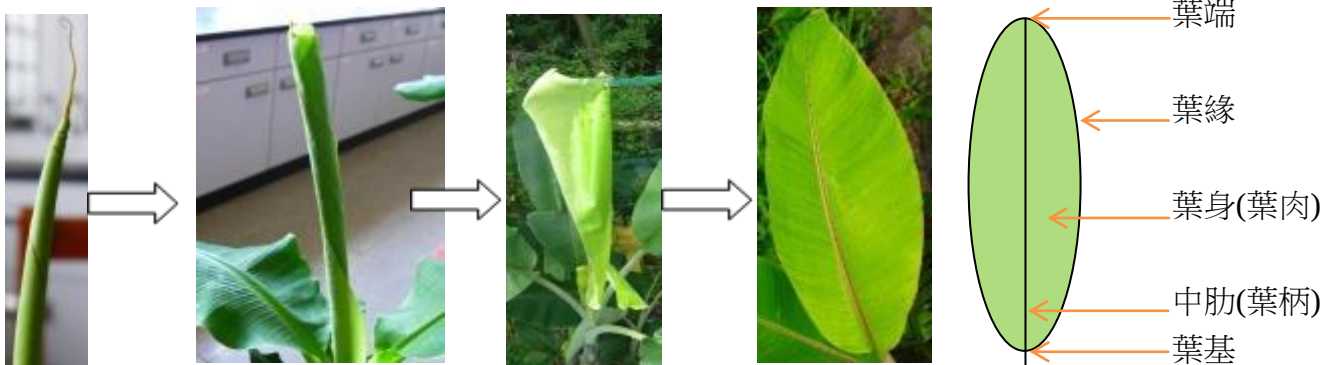


圖七、葉身及葉柄結構研究流程圖

1.探討波浪與破裂的關係

(1)探討大波浪、小波浪的產生原因是否和葉面積變化有關

方法：在五棵香蕉的葉子為新芽、剛展開及成葉時每隔 1 公分做一個標記，並長期追蹤 1-2 個月。若葉子未展開則標記於外露部分，每隔 1 公分做一個標記。



圖八、新芽 圖九、捲葉

圖十、半展開

圖十一、成葉

圖十二、結構說明



圖十三、成葉的面積變化

結果：

A. 葉子展開時，左側先開始(見圖十三)，葉柄增長快。

B. 依據文獻五中所提到植物莖的節間及葉的基部會有居間分生組織，觀察發現圖二十六紅框部分沒有任何標記，推測是因此區域在葉子生長過程中葉基部的居間分生組織使葉面積增加，生長過程中葉柄會增長，新長出的部分使葉表面及葉緣受到擠壓，導致波浪的產生。

(2)波浪的數目與分布

A. 統計大波浪、小波浪數目

本實驗先定義波浪的計算方式，探討波浪與葉齡、葉身兩側的關係。

大波浪與小波浪計算方式：凹處與凸處依照位置分別記為一個(圖十四、圖十五)



圖十四、大波浪示意圖，共 6 個大波浪

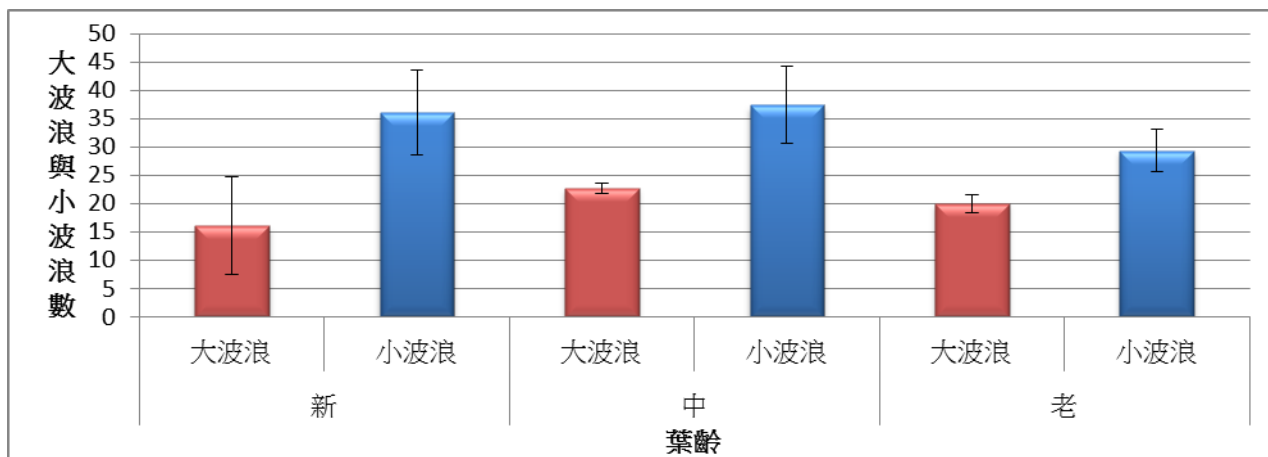


圖十五、小波浪示意圖，在葉緣有 6 個小波浪

B. 比較不同葉齡的大波浪、小波浪數目

本實驗為探討大小波浪是否會隨生長增加，及對破裂之影響。

方法：取老、中、新葉各 3 片，紀錄大小波浪數，分析三者的關係。



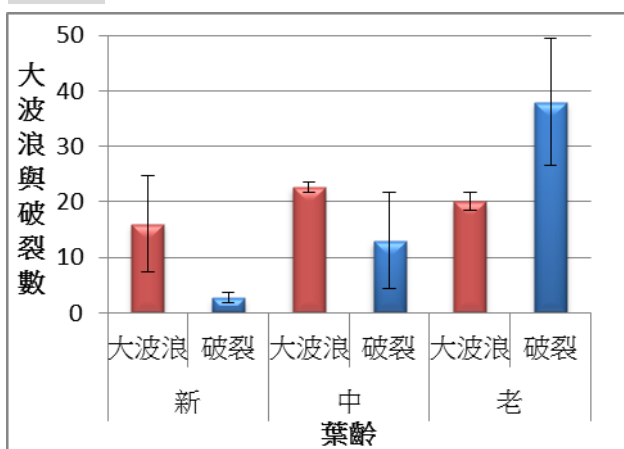
圖十六、葉齡與大小波浪的關係

結果與分析：在老中新三種葉齡中皆是小波浪數目比大波浪多，由新葉到中葉生長時，兩者會逐漸增加，但生長到老葉時波浪數會因為葉片裂開後葉肉交疊，而形狀趨於模糊，數量減少。

(3)波浪與破裂的關係

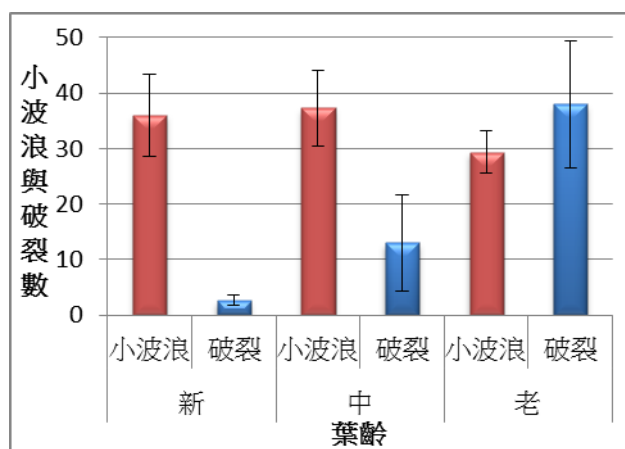
A.比較不同葉齡的大波浪、小波浪與破裂的關係

方法：取老、中、新葉各 3 片，紀錄大小波浪數及破裂數，分析三者的關係。



圖十七、不同葉齡的大波浪數與破裂數之關係

結果與分析：由新葉到中葉時，大波浪數與破裂數皆會增加，表示大波浪為影響破裂之因素，但老葉大波浪數會因葉片裂開後葉肉交疊，導致大波浪模糊而減少。

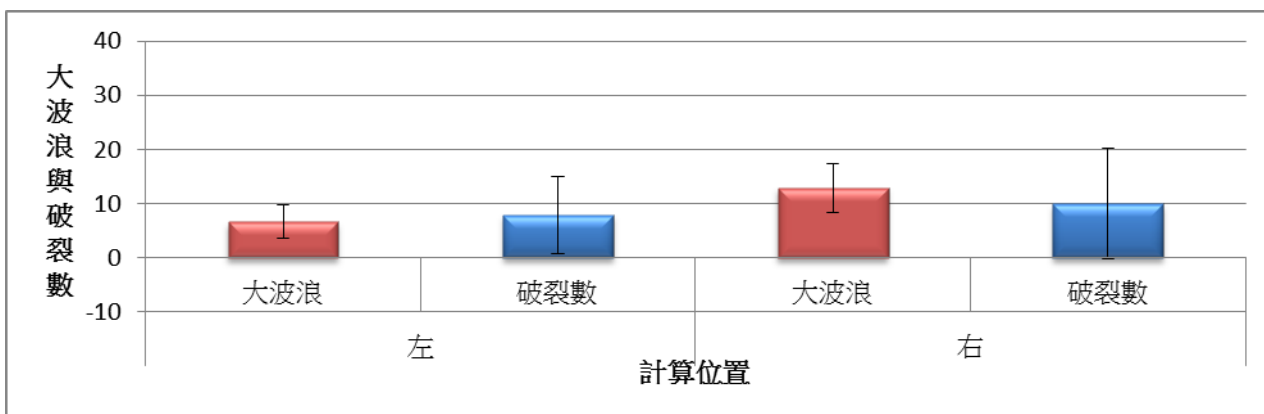


圖十八、不同葉齡的小波浪數與破裂數之關係

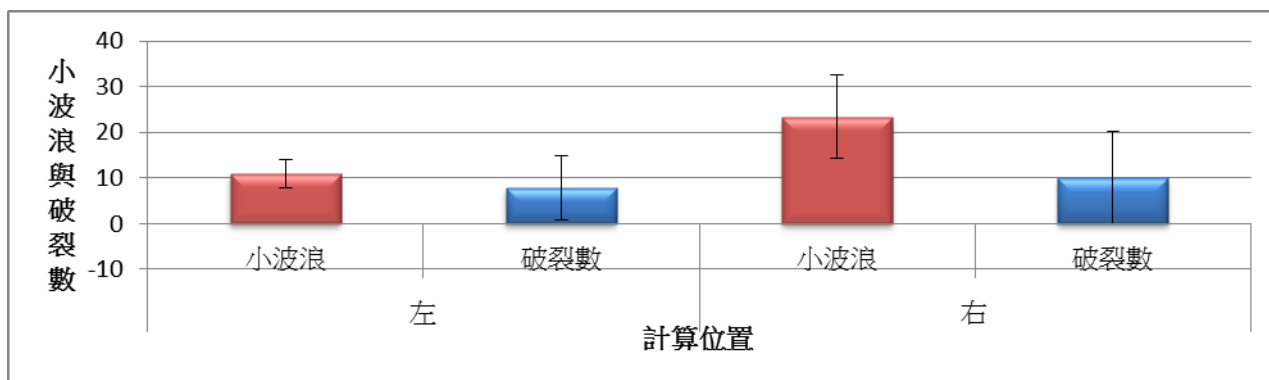
結果與分析：在新葉到中葉時，破裂數雖會持續增加，但小波浪數變化卻不明顯，因此兩者間無明顯關係。

B.探討葉身左右兩側波浪數目與破裂的關係

方法：觀察紀錄 9 片葉子的左右兩側(將葉片面向自己，右邊即為右側)的波浪及破裂數。



圖十九、比較中肋兩側的大波浪數與破裂數



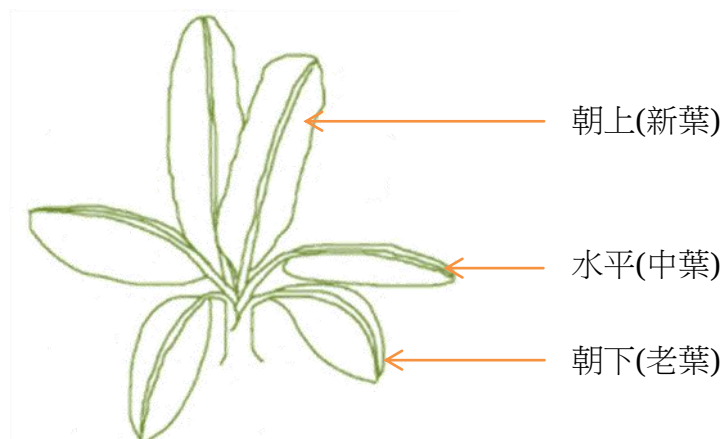
圖二十、比較中肋兩側的小波浪數與破裂數

結果與分析：同一片葉子左右波浪數目不同，大多數右側葉面上的波浪數及破裂數皆較多。

2.探討葉柄著生角度和破裂的關係

(1)探討葉柄著生角度的改變原因

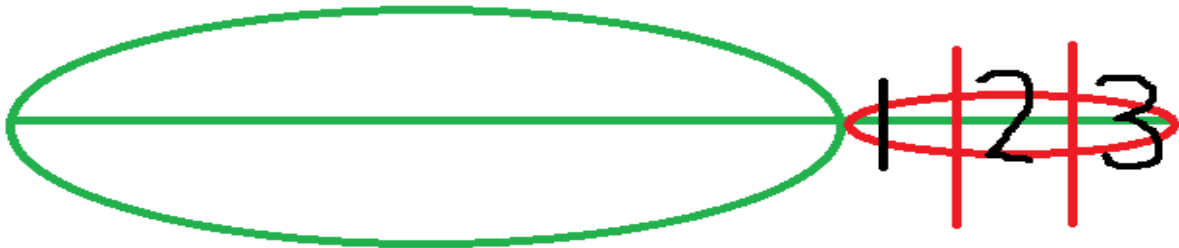
觀察發現葉柄的著生角度隨著生長有所不同，新葉時朝上；生長過程中趨於水平，本實驗稱為中葉；葉子更老時角度向下，本實驗稱為老葉。本實驗了解中肋纖維的老化與重力的拉扯及葉柄的結構是否影響葉柄著生角度。



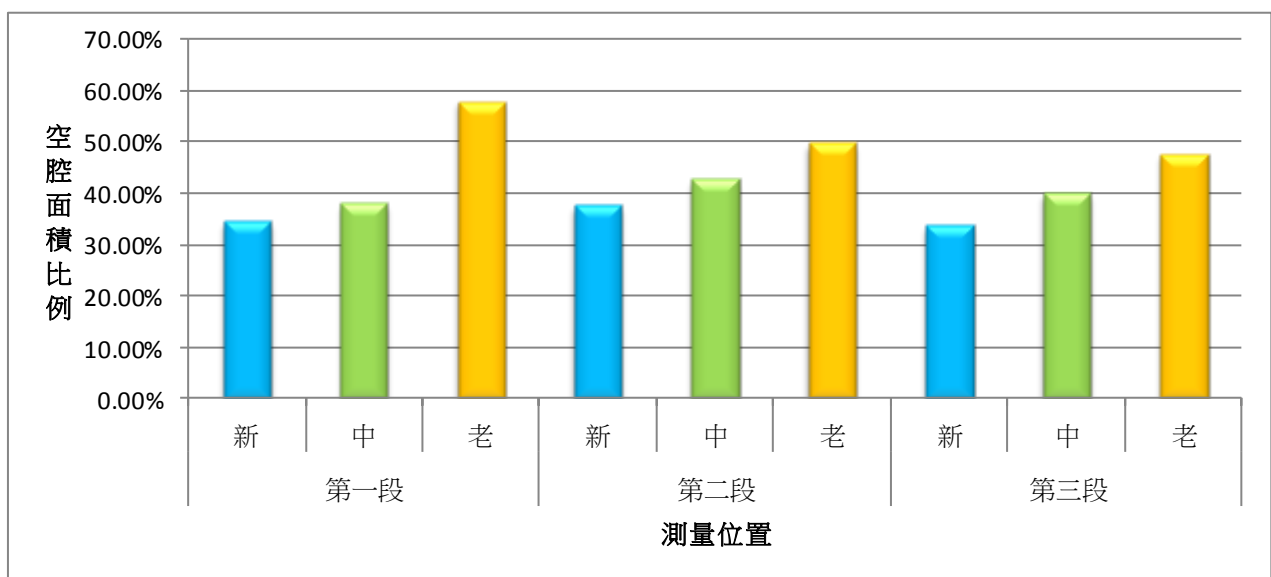
圖二十一、葉柄著生角度與葉齡定義示意圖

方法：

- A.擇老中新三種葉齡的中肋各一個，分成三段(圖二十二)以手持式顯微鏡拍攝縱切面
- B.以 Image J 計算空腔與中肋的面積，並計算空腔面積占中肋面積的比例(圖二十三)



圖二十二、中肋分段位置標示



圖二十三、空腔面積占中肋面積比例圖



圖二十四、新第三段葉柄



圖二十五、中第三段葉柄



圖二十六、老第三段葉柄

結果與分析：葉齡與空腔面積比例有關，朝下的葉柄空腔占中肋的面積比例較大(圖二十六)，表示在生長的過程中，細胞增長，使得空腔面積比例增加，造成原本緊密的結構變得較鬆散，支持力變小。

(2)分析不同葉齡的葉子破裂的過程及並探討其原因

方法：A.長期追蹤葉子及大量觀察裂痕，追蹤觀察五棵香蕉

B.以電風扇模擬風吹時的情形錄影觀察裂痕如何產生，請農會幫助向蕉農取得樣品三棵，自行運回實驗室後，將植株放入裝水的塑膠盆中，以鐵架、木以及童軍繩固定，置於無風室中，在旁架設兩台攝影機於能拍攝所有葉子的位置，再用三臺工業電風扇圍成圈，兩風扇間夾角 120° 且與香蕉植株等距，錄影紀錄



圖二十七、以風扇對植株施加外力，並以攝影機錄影紀錄風吹情形。

結果：

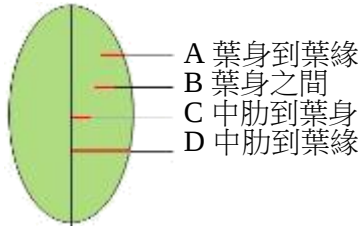
表五、.研究過程中發現的所有裂點位置

圖一、新葉破裂起點分布位置，靠近中肋的區域(圈選處)受中肋支持，較不易擺動	圖二、圖一的局部放大，裂點在脈上
圖三、中葉破裂起點	圖四、大波浪區塊在葉緣明顯的起伏，風吹時

分析不同葉齡和大波浪的裂點產生原因：

- A.新葉：觀察發現破裂起點位於靠近中肋的葉身，推測原因為葉身與中肋相連部分受中肋支撐，於是和中肋形成一個區塊，不易受風擺動，但由此區塊向外延伸到葉緣的部分，則會受風擺動，所以破裂點產生在中肋區塊的邊緣(表五、圖一，紅點處)，又因葉脈較葉肉堅硬，故新葉細胞受傷處多發生在葉脈(表五、圖一、圖二)。
- B.中葉和老葉：當葉柄逐漸下垂呈水平時，葉柄的 U 型結構使靠近中肋兩側的葉身略向上撐起，但近葉緣的葉身就因重力而下垂，在上升與下垂的交接處就是裂點(表五、圖三)。
- C.大波浪區塊起伏的位置：大波浪將葉面切割成數個大波浪區塊，大波浪區塊各自形成一體。當風雨外力來襲時，不同的大波浪區塊，受力不均，於區塊交界處，產生摺痕，形成破裂點，並在該點繼續產生裂痕。

表六、研究過程中發現的所有裂痕位置

 A 葉身到葉緣 B 葉身之間 C 中肋到葉身 D 中肋到葉緣		
圖一、裂痕示意圖	圖二、實際觀察裂痕的位置	
		
圖三、裂痕受風雨貫穿拉扯，葉面左右不平，造成剪力	圖四、裂痕至葉緣停止	圖五、A 種裂痕失水捲曲



結果分析：

- A. 葉子細胞壞死後左右失水縮小，破裂起點被拉開成為 B 裂痕
- B. 葉的裂點稍擴大成為裂痕後，又受風雨貫穿，當葉表面不平時，會產生上下的剪力，越裂越大。(表六、圖三)
- C. 因葉緣有角質增厚的情形，當葉子繼續受力拉扯時，裂痕會在葉緣處停止。(表六、圖四)
- D. 裂痕產生後，突破葉緣的角質層後，因為失水捲曲，受風不均產生剪力及擾流，裂痕繼續往中肋擴大。(表六、圖五)
- E. 香蕉葉在無風室中不會自然裂開，因為葉子生長時即使有波浪，但是沒有風吹，造成足夠使葉子裂開的外力。
- F. 大波浪擺動劇烈，產生剪力，從葉緣處撕開。(表六、圖六)
- G. 位於葉緣裂痕兩側上下擺動，易受剪力從葉緣處撕開，使裂痕擴大。(表六、圖七)
- H. 風吹時打到兩片葉子交疊的部分，若交疊處面積不大，兩片葉子擺動不一，會再交疊處的葉緣產生裂痕。(表六、圖八)

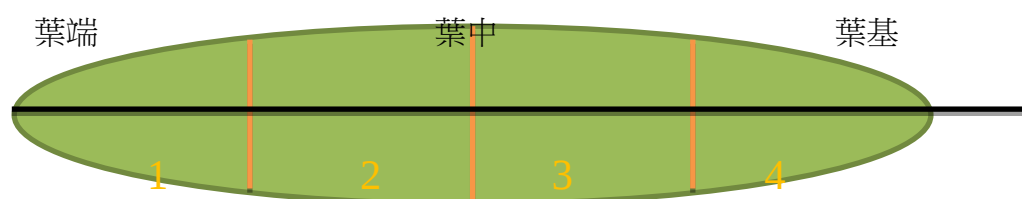
(3)探討持續破裂的原因，用以推測裂的過程

葉子裂開風阻降低，本實驗探討葉子為何裂的破破爛爛，及裂了之後是否會越裂越多。

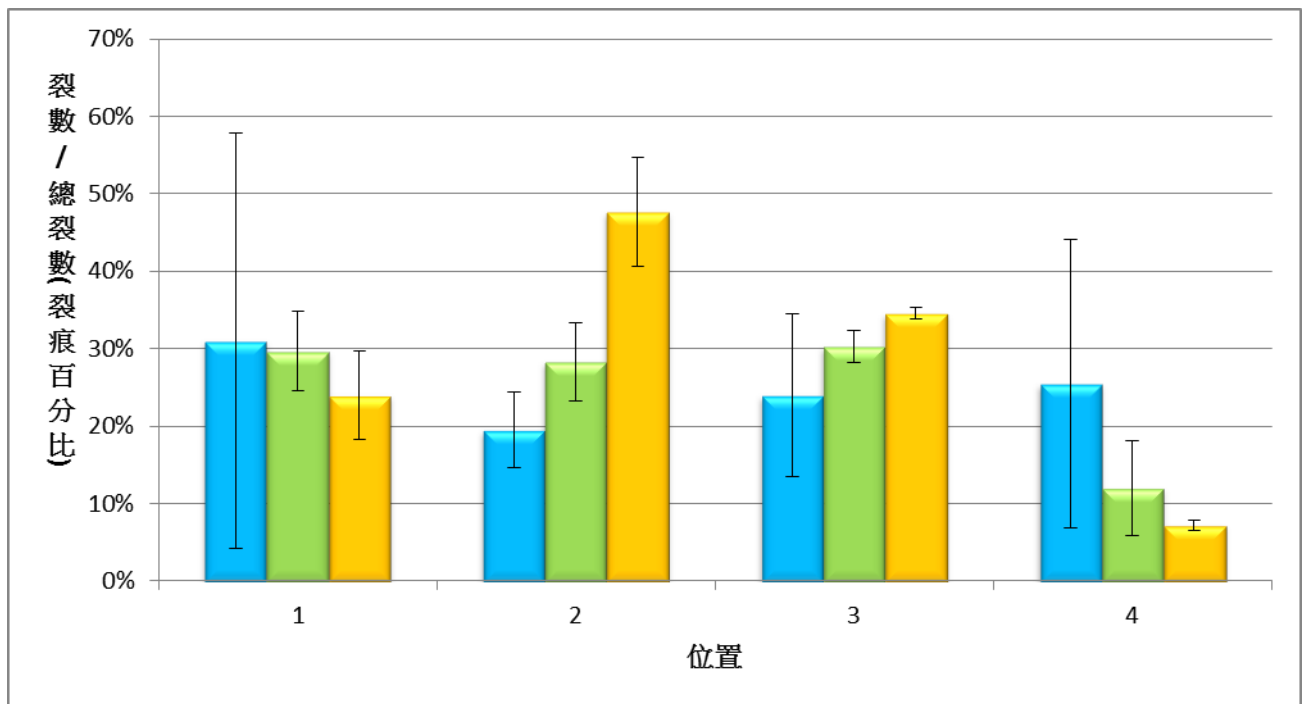
A.統計葉片破裂的情形

方法：

取老、中、新葉片各 3 片，每片葉子再細分為四部份觀察，計算葉子各部份裂痕數的百分比。



圖二十八、葉子分區示意圖



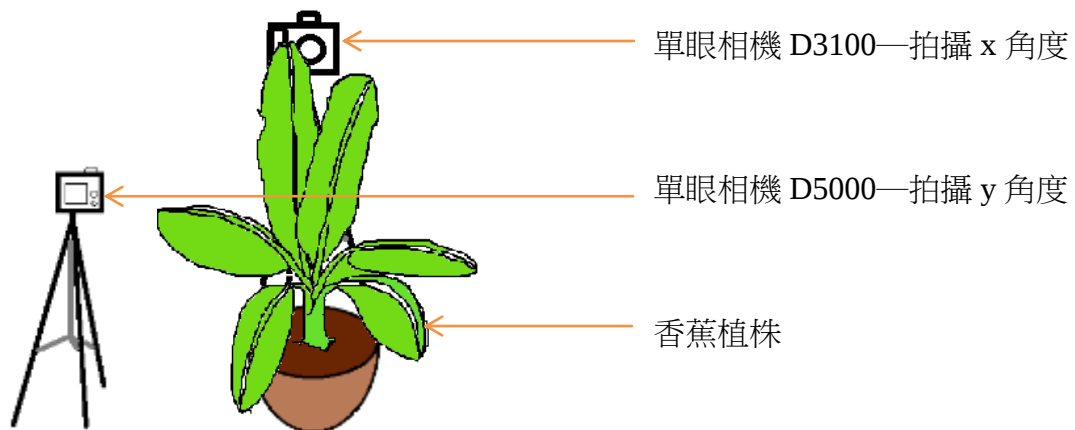
圖二十九、老中新與葉子分區各部份最易破裂處的裂痕數百分比

結果分析：新葉最易破裂處在葉端，隨著著生角度趨於水平及朝下時，最易破裂處逐漸由葉端向葉中增加。

B.觀察風與葉的交互作用，了解裂痕往葉中及葉基增加的原因

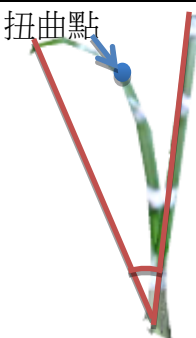
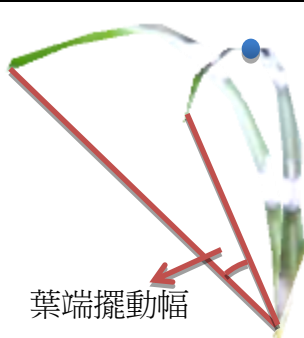
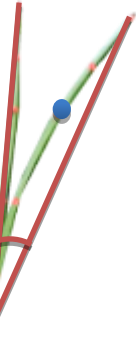
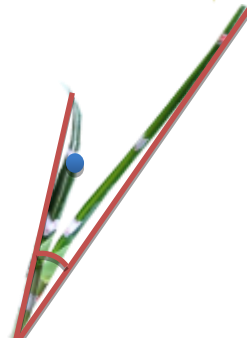
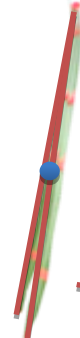
方法：

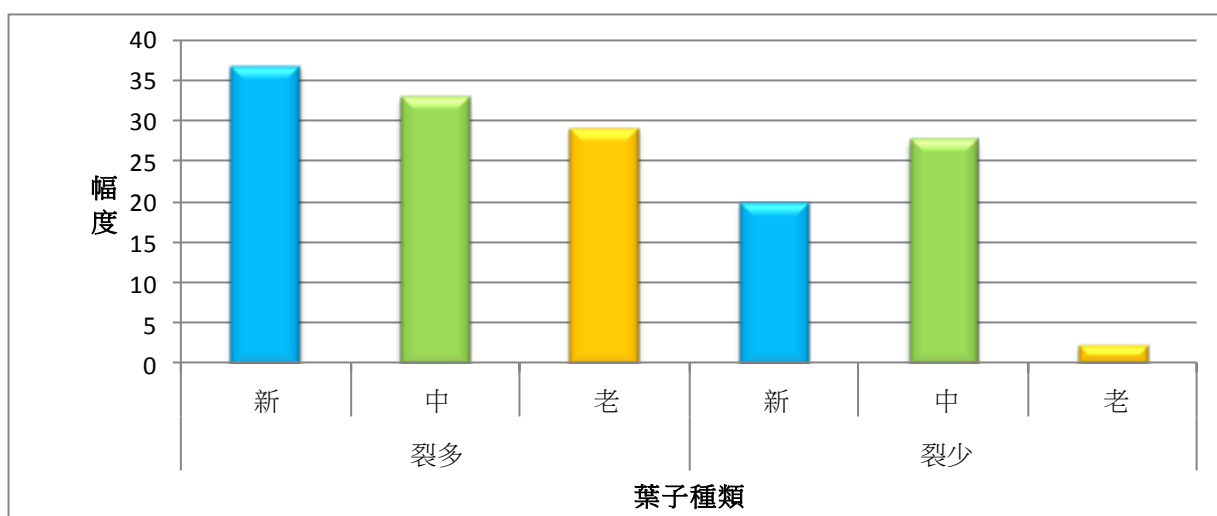
- 選擇不同破裂程度與三種著生角度(朝上、水平、朝下)的葉片做組合，共六片
- 架設單眼相機 D3100、D5000 於風吹時拍攝 x、y 兩種角度(圖三十)
- 使用擺幅實驗的影片，擇靜止與擺動幅度最大時，截取影像
- 將影像留下中肋部分後疊圖，使用 Image J 計算兩者葉端之間的幅度差



圖三十、擺幅實驗裝置示意圖

表七、葉端擺動幅度圖

	新葉	中葉	老葉
裂多			
裂少			



圖三十一、各葉齡的葉子與不同裂痕數之葉端擺動幅度

結果分析：由圖三十一可知裂多的葉子葉端擺動幅度較大，且葉子被風吹動時，除了產生擺動之外還會形成扭曲，因而造成葉端擺動幅度較大。

C.人為割裂葉子，觀察各部位裂痕增加的情形

本實驗探討相同葉齡，若葉子裂的位置分別為葉端、葉中、葉基，對新增裂痕之影響。

方法：

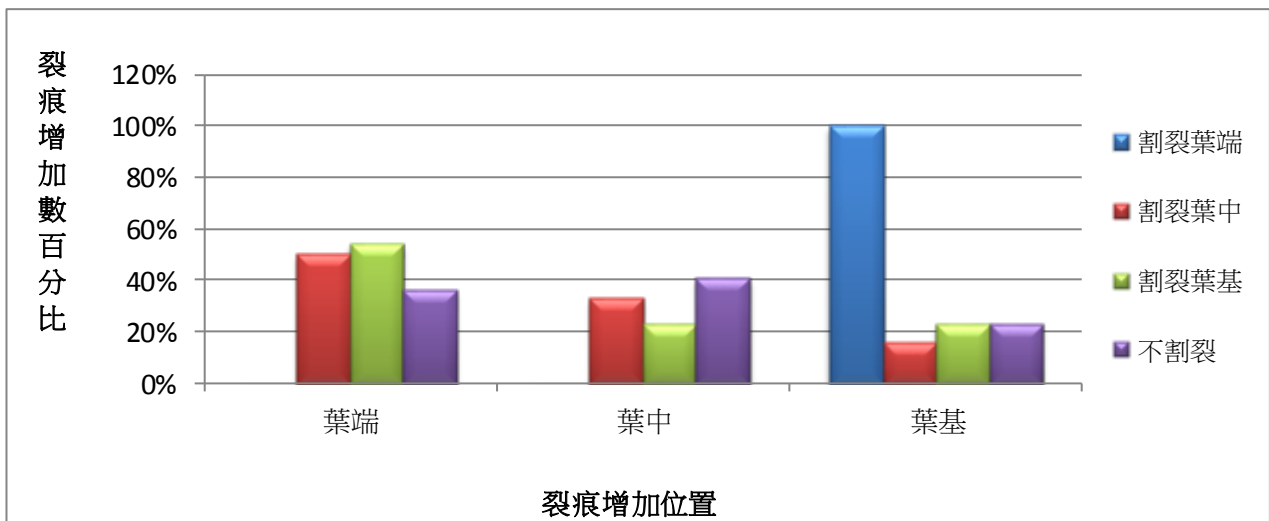
- 擇三片中葉，及一片對照組(均勻裂開)，將總長三等份為葉端、葉中、葉基，分別對葉端、葉中、葉基製造人為裂痕
- 每天紀錄一次增加的裂痕數，半個月後將數據作成圖表並分析



圖三十二、葉子分區示意圖



圖三十三、實驗操作圖示



圖三十四、人為裂痕製造區與裂痕增加數百分比

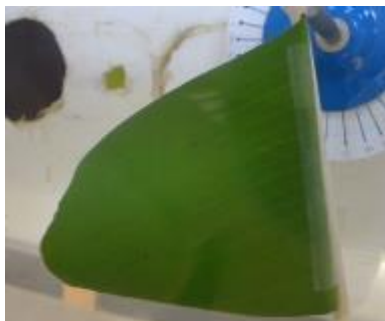
結果分析：

- 從圖中可發現：在葉端製造人為裂痕的葉片，全葉裂痕新增數最少、其次為葉中製造裂痕的葉片，葉基製造人為裂痕的葉片，裂痕增加最多，推論葉端裂開後會使風對整片葉子的作用減小，進而對葉中與葉基形成保護的效果，而裂在葉基處則因風對葉子其他部分仍具有作用，因此裂痕會持續增加。
- 對照組在葉端增加的裂痕數比實驗組多，推論對照組因葉中與葉基均有多處裂痕，由實驗組可知，兩處都會造成葉端裂痕數增加，因此對照組葉端裂痕最多。
- 綜合以上結果可推知葉端較葉中與葉基容易破裂，因此新葉裂痕數以葉端最多。之後逐漸往葉中裂開，葉基因葉端與葉中裂開後，風的作用減小，因此裂痕數最少。

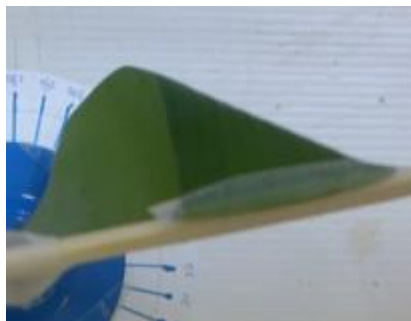
D.以風洞探討葉片會越裂越多的原因

方法：

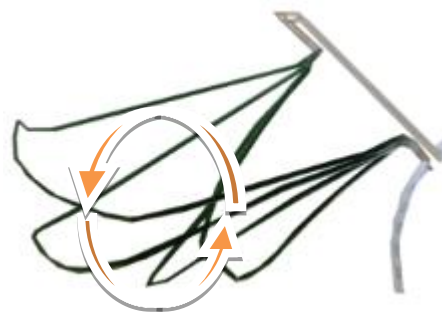
- 小片的樣本以中肋為基準剪 5 公分，大片則剪 10 公分，並沿葉脈撕開
- 將葉子分別黏貼在架子上，並在架子下貼上標有角度之標示紙
- 放入風洞以強風吹，並用攝影機分別以兩個視角錄影



圖三十五、不論風向為任何角度，大香蕉葉風吹時維持同姿勢



圖三十六、10~60、90~120、160~270、310~350 度的香蕉葉，風吹時維持同姿勢



圖三十七、70~80、120~150、280~300 度香蕉葉呈畫圈的晃動

結果分析：大香蕉葉在任何風向，風吹時的擺動皆維持同姿勢；小香蕉葉在特定的角度畫圈晃動，形變劇烈，因此面積小的葉子擺動較大，也較易裂開。

四、睡眠運動與裂的關係

文獻一中提到香蕉葉會有睡眠運動，且不論是否裂開都會同步進行，因此本實驗探討裂葉的睡眠運動是否會同步，或因裂痕左右側上下移動速度不均造成裂痕擴大。

方法：

- 將香蕉植株放置於無風室，以縮時攝影機每 10 分鐘拍攝一張，連續拍三天
- 取一個週期中變化量大的時段截圖



圖三十八、一個週期(從靜止到張開再閉合的睡眠運動)

結果分析：葉面同步移動且無速度不均情況，睡眠運動對裂痕無影響。

五、探討裂開對香蕉植株的影響及意義

此實驗從淨光合作用、蒸散作用及防蟲害等方面做觀察分析，了解葉子裂開對香蕉植株的生長是否有影響。

(一)淨光合作用

葉子為主要光合作用的部位，葉子裂開後是否會影響呢？利用碳酸氫鈉水溶液的酸鹼值變化代表二氧化碳的濃度變化，計算淨光合作用速率，淨光合作用與光合作用不同之處在於淨光合作用還包括呼吸作用。

方法：

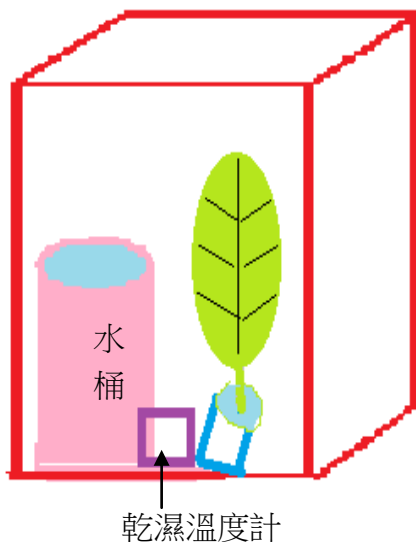
1. 10^{-5} M 碳酸氫鈉水溶液配置：

- (1)將 0.84g 的碳酸氫鈉裝入定量瓶中，加水到 100ml，搖晃直到粉末全溶解完
- (2)以 1 毫升的碳酸氫鈉水溶液加水至 1 公升的比例，配置 24 公升。
- (3)使用乾濕度實驗的裝置，將裝溶液的水桶放入其中
- (4)用 pH meter 測量 pH 值以代表二氧化碳的濃度

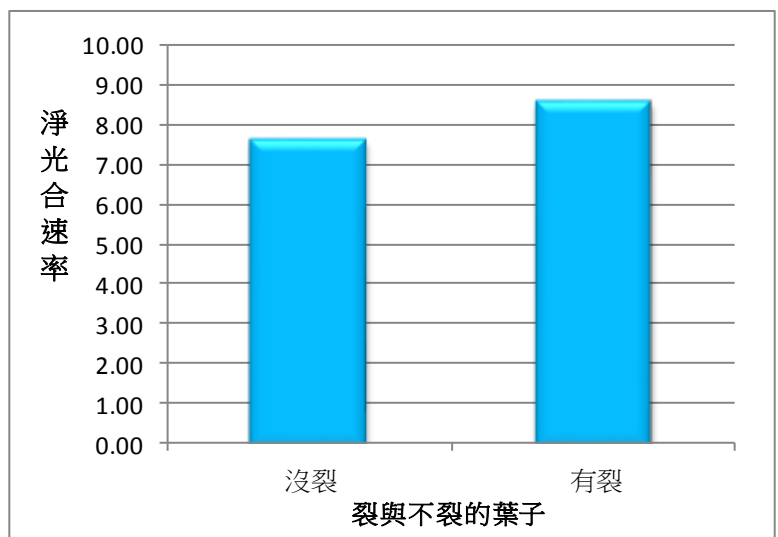
2.計算淨光合速率的方法(引用自文獻四)：

- (1)用氫的含量代表二氧化碳的濃度
- (2)初始的二氧化碳濃度為 d_1 ，實驗後的二氧化碳濃度為 d_2 ，其濃度差為 dCO_2 ，則 $dCO_2 = d_2 - d_1$
- (3)計算單位時間及單位體積下的二氧化碳濃度變化值： $[dCO_2(\mu\text{mol/L}) \times 12L] / (H^+ \times 60\text{min} \times 60\text{sec})$
- (4)計算葉片表面積的淨光合作用速率：淨光合速率($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$)=二氧化碳濃度變化值($\mu\text{mol CO}_2/\text{s}$) / 葉片總面積(m^2)

3.實驗樣本：取有裂、沒裂的香蕉葉樣本各一片。



圖三十九、淨光合作用實驗裝置圖



圖四十、裂與不裂淨光合速率比較
($\text{H}^+\text{mole/sec} \cdot \text{m}^2 \cdot 10^{-15}$)

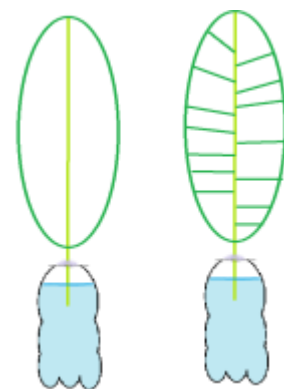
結果與分析：有裂的葉子淨光合作用的速率較大，但二者差距不大。

(二)蒸散作用

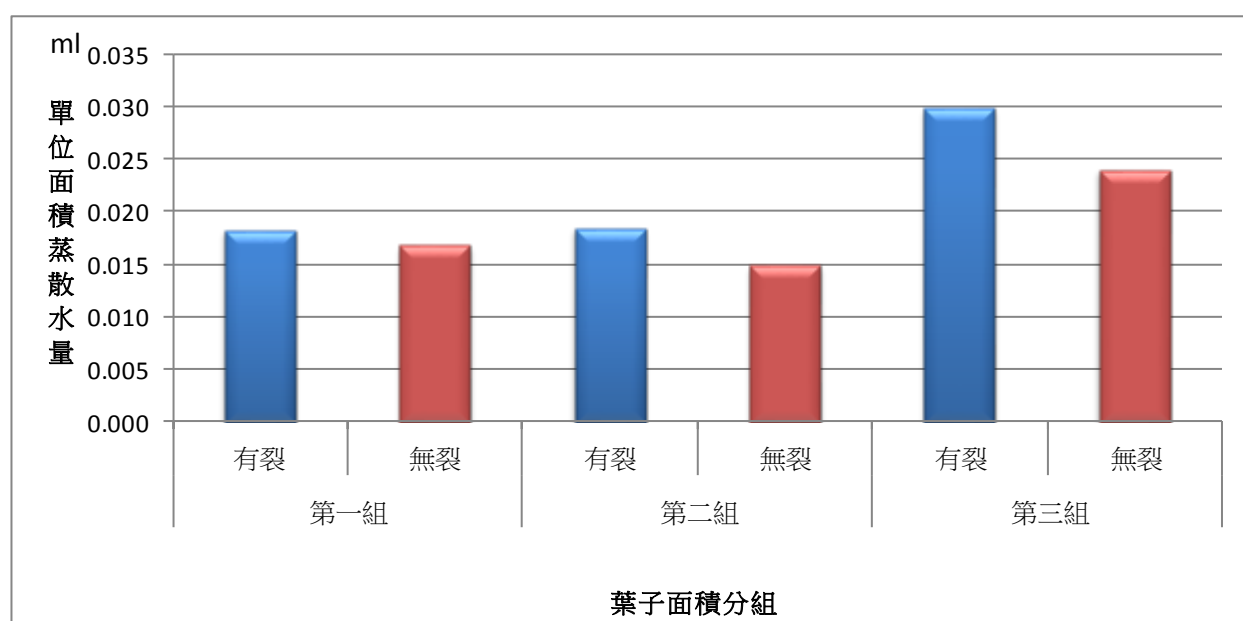
探討葉面裂開是否如同氣孔打開會影響植物的蒸散作用，
因此本實驗針對蒸散作用研究分析

方法：

- 1.取有裂、沒裂的香蕉葉樣本各 3 片，
拍照並用 Image J 計算葉子面積
- 2.以電子秤秤 1800g 的水放入瓶口切開的 2 公升保特瓶
- 3.用麥克筆標記最初水位線並以石蠟及黏土封住保特瓶口
- 4.待十天後(水位明顯低於出水位線)，將瓶子和葉子一起秤重。
- 5.以蒸散水量除以面積計算單位面積蒸散水量並以相近面積
進行分組(圖四十二)



圖四十一、蒸散作用裝置圖



圖四十二、蒸散作用比較圖

結果分析：裂開可增加蒸散作用，幫助植株散熱。

(三)蟲害

裂開可能導致害蟲較易入侵葉子，本實驗要驗證葉子裂開時是否會產生防蟲的單寧酸
(單寧酸加三價陽離子時會產生紫色或綠色的錯合物)，檢驗方法參照文獻四。

方法：

- 1.採集香蕉葉汁液樣本(淡黃色)
- 2.將香蕉葉汁液 0.5 毫升加入 1 毫升硫酸鐵水溶液(橘黃色)

結果與分析：香蕉葉汁液加硫酸鐵後產生綠色的錯合物，表示其中含有可以防蟲害(蚜蟲)
的單寧酸。

(四)裂葉具有的意義：

探討裂開對香蕉植株的抗風阻功能及意義，並與棕櫚科的羅比親王海棗比較葉片受風面積比例，了解差異。

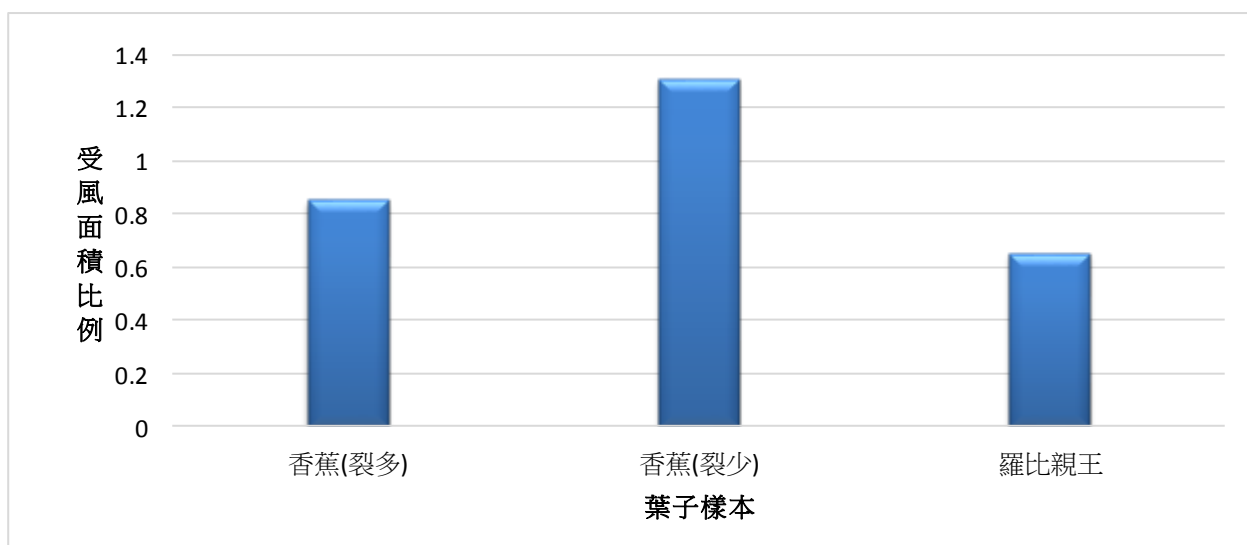
香蕉的大葉在熱帶中能增加行光合作用及蒸散作用機制，但是大葉的缺點是容易使植株被風吹倒，本實驗先探討香蕉葉裂開是否可以降低風的作用，再探討裂開是否與本身裂很多的羅比親王海棗類似，及兩者之間對抗風的機制是否相同。

方法：

- (1)搜尋羅比親王海棗及破裂程度極高與裂少香蕉葉的圖片
- (2)各擇一片角度相當的葉子以 Image J 計算受風面積及全部面積
- (3)受風面積/全部面積，計算受風面積比例



圖四十三、香蕉裂與不裂與羅比親王海棗採樣圖



圖四十四、香蕉裂與不裂與羅比親王海棗比較受風面積比例

結果分析：裂開後的受風面積比例接近羅比親王海棗，表示裂開的香蕉葉與複葉植物有類似的抗風阻型態。

伍、 結論

一、葉的結構及生長與破裂的關係

(一)葉細胞排列

香蕉葉表皮細胞排列整齊且形狀規則，上下表皮間為平行排列的空心空腔，風吹時易產生剪力裂開。

(二)葉脈排列

香蕉葉為平行脈，在外力作用時較易產生剪力，但香蕉葉的脈和中肋的夾角遠大於月桃葉，因此葉端易產生畫圈的晃動。

(三)葉身及葉柄結構

波浪是由於葉子的生長與葉柄老化而產生，波浪使外力在葉子上施力不均，造成裂點與裂痕，葉子著生位置不同，造成破裂由葉端向葉基增加，同時，破裂的區塊失水，風吹時，擺幅增加，造成裂痕數持續增加，葉子裂的更細碎。

(四)葉子睡眠運動與破裂的關係

葉面同步移動並無速度不均情況，因此推論睡眠運動對裂痕增加無影響。

二、裂開對植株之影響

(一)淨光合作用

沒裂的香蕉葉淨光合速率較高，因此香蕉葉能搶到較多光線以行光合作用。

(二)蒸散作用

有裂的香蕉葉蒸散作用較強，易散熱，有助於適應熱帶生活。

(三)蟲害

香蕉汁液中含有單寧，可以封住蚜蟲的口器。

(四)裂葉意義

香蕉葉裂開可降低風的作用與羅比親王有類似的抗風的機制。

陸、 參考資料

- 一、A.R. Ennos, H-Ch. Spatz and T. Speck. 2000. The functional morphology of the petioles of the banana, *Musa textilis*. *Journal of Experimental Botany*, Vol.51, No. 353, pp.2085-2093.
- 二、Alexander F. Skuth. 1927. Anatomy of leaf of Banana, *Musa sapientum* L. var. Hort. Gros Michel. *Botanical Gazette*. Vol.84, No.4 pp. 337-391
- 三、王月雲、陳是瑩、童武夫。2003。植物生理學實驗。103-106 頁。藝軒圖書出版社。台北。
- 四、謝筆鈞。2011 年。單寧酸。科學出版社。北京
- 五、黃宏璣。(民 103 年 6 月 11 日)。竹解析。聯合報。取自：
http://mag.udn.com/mag/edu/storypage.jsp?f_ART_ID=516897

【評語】 030301

1. 本作品實驗中，能設計「風洞」作為實驗工具，值得鼓勵嘉許。
2. 本作品寫作格式，沒有出現「結果」的標題。
3. 摘要只以純文字描述結果，無呈現任何數據。
4. 建議作品中的相片品質一定要非常好，如表一相片不是很清晰。
5. 作品中的表二、三、四、五、七，建議改用圖表示較佳。
6. 內文中文獻引用格式，請依 APA 格式書寫。
7. 建議對於結果需要做詳細描述，不要只有簡單幾句文字，要加上數據予以描述為佳。
8. 作品中的圖，請在內文中適當處引用。
9. 作品中建議做簡單統計分析，檢定是否達顯著差異。
10. 圖二十九建議標圖示，以顯示藍綠橘色長條圖所代表的意義。
11. 建議如果實驗有重複數，請在圖中要標示標準差(圖三十四、四十、四十二沒有標示)。
12. 建議要對圖三十九的裝置及如何測得淨光合作用做詳細描述，讓讀者可以依照你們的實驗過程進行相同的量測。