

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

040721

南美螳螂菊舌狀花在可見光與紫外光下的差異

學校名稱：臺北市立麗山高級中學

作者： 高二 王子軒 高二 陳威吏 高二 蕭有為	指導老師： 張素卿 許永昇
---	-----------------------------

關鍵詞：南美螳螂菊、紫外光、表皮細胞

摘要

南美螳螂菊的頭狀花序在肉眼見為黃色，而在紫外光下呈現出中間黑外圈白的情況，即舌狀花花瓣在前1/3 先端呈現白色，而後2/3 基部端和管狀花呈現黑色。為探討螳螂菊花先端及基部受結構或色素的影響如何，測量正面及背面之反射光譜並與加上水膜後之反射率作比較。另外計算花瓣結構及萃取液吸收率。冷凍SEM 照片顯示先端細胞較平坦，基部細胞較突起；以軟體繪製表皮細胞形狀模擬光折射進入後匯聚，結果顯示先端光匯聚在下層細胞而基部則較近上表皮處。分析加上水膜後的折射及反射光的路徑圖，顯示基部紫外光色素可能分布較下層，而先端則為可見光色素分布在下層，除了表面細胞形狀影響外，基部與先端花色素的量、分布及種類也會影響光反射。

壹、研究動機

生物課上到基礎生物<第 4 章植物的構造與功能>時，老師給我們看了很多在紫外光照射下所拍攝的植物圖片。其中一張是南美蟛蜞菊的頭狀花序，在紫外光下呈現出中間黑外圈白的情況，即舌狀花花瓣在前 1/3 先端呈現白色，而後 2/3 基部端和管狀花呈現黑色。由基礎物理(一)6-2 光與電磁波，我們得知這是因為先端可以反射紫外光而後端基部則否。南美蟛蜞菊為校園中常見的植物，平時以肉眼看見的頭狀花序為黃色，仔細觀察後才可看出舌狀花約基部 2/3 區的黃色較暗。然而為什麼一片舌狀花在紫外光下呈現截然不同的區域呢？由文獻我們得知蜜蜂、蝴蝶可以看見紫外光，所以南美蟛蜞菊的頭狀花序在昆蟲眼中為中間具有深色的同心圓，這是植物給傳粉者的蜜源標記。而引起我們好奇的問題是，南美蟛蜞菊舌狀花如何表現對紫外光不同的反射差異？是因為不同的花色素還是其它原因？為了瞭解我們決定組隊來探討這個問題。

貳、研究目的

- 一、比較蟛蜞菊舌狀花先端與後端基部之反射光譜。
- 二、比較蟛蜞菊先端與後端基部花瓣及色素萃取液吸收光譜之差異。
- 三、比較蟛蜞菊舌狀花先端與後端基部之上表皮細胞型態的差異，研究兩者之光學差異。
- 四、探討舌狀花縱切面結構與花色素分佈。

參、研究設備及器材

一、研究物種

南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)別稱三裂葉蟛蜞菊。蟛蜞菊屬在台灣有原生的雙花蟛蜞菊、單花蟛蜞菊；而南美蟛蜞菊則是外來種，原產地為美國佛州南方及熱帶美洲，台灣引進做為園藝栽培。莖匍匐蔓延，由節處容易發根，覆蓋性良好，因而廣佈於校園或公園作綠化。頭狀花序，單生於莖頂，鮮黃色。但在紫外光下可見包括管狀花及舌狀花基部 2/3 區皆為暗黑色，表示可吸收紫外光。(彩圖一、二)

二、實驗器材

(一)測量光譜：

1. 氙燈 (彩圖三)：接近太陽光譜，作為標準光源，光纖連接光譜儀與氙燈。
2. 光譜儀(ocean optics USB650 UV) (彩圖四)：可接收波長範圍 200~850nm 的光線並將訊號傳入電腦，測量物體對 200~850nm 光線的反射率、透射率。
3. 光纖 (彩圖五)：連接氙燈、光譜儀。
4. 白色標準板 (Thin Films) (彩圖六)：反射率為 100%，用以校正。
5. 自製箱 (彩圖七)：利用厚紙盒製作測量透射率、反射率兩種箱子，達成一個幾乎全暗的環境，使光譜儀之光譜不受其他光源干擾。
6. 測量軟體 (彩圖八)：安裝在電腦，可接收光譜儀的訊號。

(二)表面構造：

冷凍掃描式電子顯微鏡(FEI Quanta 200 SEM)：利用液態氮急速冷凍樣品，可以完整觀察新鮮花瓣表面細胞的形狀，由中央研究院植微所協助拍攝

(三)色素萃取液：

根據文獻 (Gorton & Vogelmann,1996) 調製萃取液 [甲醇(CH_3OH):蒸餾水(H_2O):鹽酸(HCl)=79:20:1]



彩圖一、可見光下的螳螂菊



彩圖二、紫外光下的螳螂菊



彩圖三、氙燈



彩圖四、光譜儀



彩圖五、光纖



彩圖六、白色標準板



彩圖七、自製箱



彩圖八、裝置圖

肆、研究過程或方法

一、反射光譜測量

(一)校正

1.安裝 SpectraSuite 測量軟體後分別連接電腦、光譜儀、氙燈及光纖。

2.開啟軟體，光纖測量端點放入自製箱中，以氙燈作為光源，經光纖直接打在自製箱內，將測量端點放入暗自製箱中，使其不受其他光源干擾，阻隔光譜儀光源，令光譜曲線趨近於零，並設定歸零。

3.放入白色標準板，點選 R 鍵(測量反射模式)，使各波長反射率維持 100%後即校正完畢。

(二)測量舌狀花先端和基部正面的反射光譜

1.取三朵蟛蜞菊頭狀花序，每朵取三片舌狀花瓣，共 9 片，依序放入自製箱中測量調整花瓣正面高度與白色標準板相同，打開氙燈照射舌狀花先端前 1/3 區，儲存測量數據移至後端基部 2/3 區測量並儲存數據。

2.將測量數據轉貼至 EXCEL 後，計算平均值並作圖。

(三)測量舌狀花先端和基部背面的反射光譜

重覆步驟(二)之方法測量舌狀花背面反射光譜，以了解正、背面反射率是否不同。

(四)測量滴上水膜後舌狀花先端和基部正面的反射光譜

重覆步驟(二)之方法測量舌狀花滴上水膜後基部和先端的反射光譜，以了解滴上水膜後的光譜變化。

二、花瓣及色素萃取液吸收光譜之測量

(一)吸收率計算

光照射花瓣，只會有反射、吸收和透射三種情形，即

$$\text{透射率} + \text{吸收率} + \text{反射率} = \text{入射光}(100\%)$$

因此 $\text{吸收率} = 1 - \text{反射率} - \text{透射率}$ 。

(二)透射率的測量

分別摘取三朵蟛蜞菊，每朵取三片且分成基部及先端，依序放入自製箱內，將花瓣固定，氙燈從一側放出光源，光譜儀從另一側接收。

(三)色素萃取液之吸收率

1.配製 11 罐各為 3.6ml 的萃取液，其比例為甲醇：水：鹽酸=79：20：1

2.取五朵蟛蜞菊，每朵取三片舌狀花，且分成先端及後端基部區；以打孔器取下固定的面積，分別放入裝有萃取液中浸泡，餘下一罐為空白組。將所有萃取液放置-20 度冰箱中 7 天。

3.利用光譜儀測量萃取液之透射率，先以空白液校正，餘依序測量，再計算吸收率。

4.比較吸收率以了解先端與基部之色素光譜。

三、舌狀花表面及縱切面構造

(一)以顯微鏡觀察上、下表皮的細胞形狀，將花瓣長軸方向對折後置於顯微鏡下觀察從先端到基部的細胞形狀，並拍照。

(二)取新鮮蟛蜞菊舌狀花放入冷凍式掃描電子顯微鏡下，分別觀察先端和基部的表皮細胞構造並拍照。

(三)觀察舌狀花縱切面構造

1.將刀片固定在光碟中間圓孔上。

2.取數片舌狀花，以胡蘿蔔片夾住固定。

3.將胡蘿蔔片來回刮過刀片以便將舌狀花削成薄片。

4.取舌狀花薄片，作成水埋切片標本。以顯微鏡觀察花瓣縱切面之構造並拍照。

(四)描繪光線進入上表皮細胞的情形

1.以 GeoGebra 繪圖軟體，模擬表皮細胞突出的外形畫出光線入射舌狀花上表皮先端及基部細胞的情形。

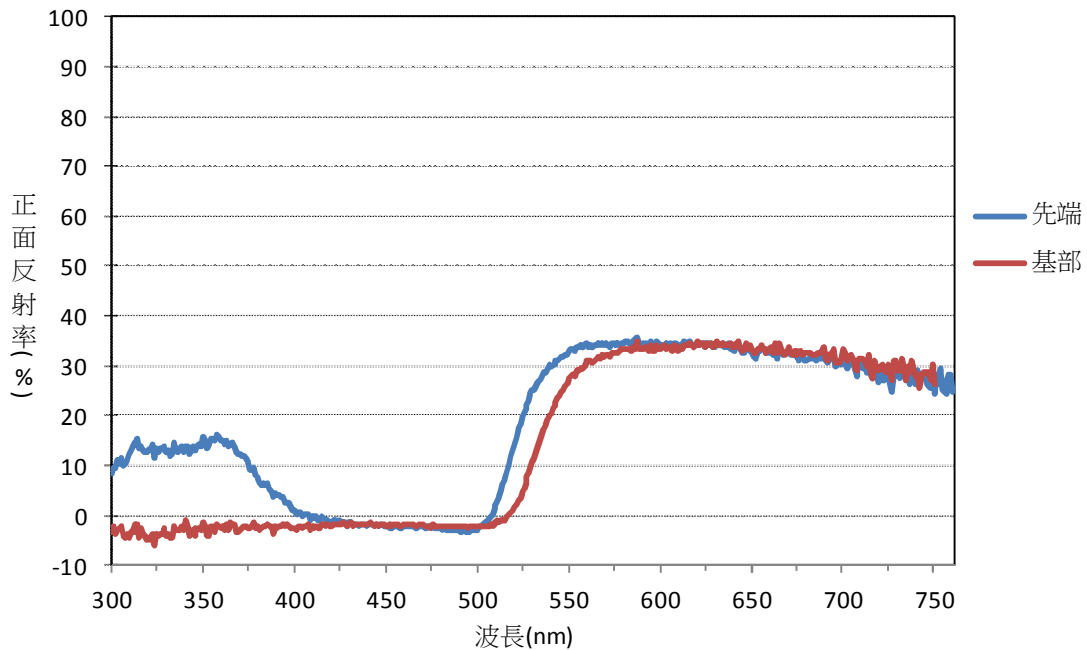
2.分析光線入射舌狀花上表皮先端及基部細胞的情形，比較光線入射基部及先端後的匯聚位置。

伍、研究結果

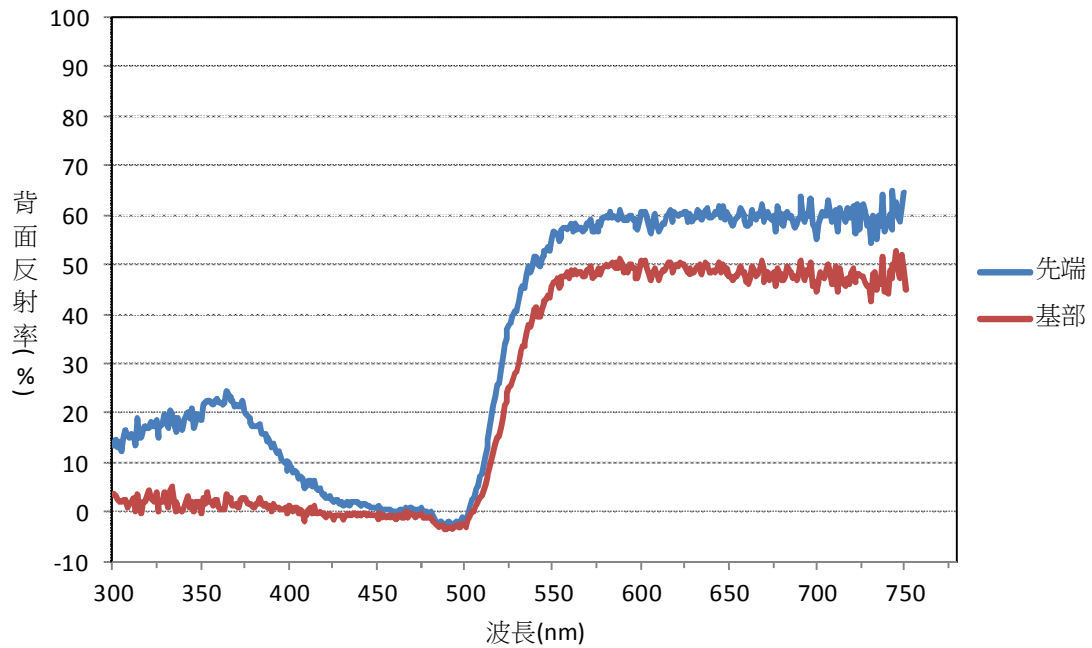
一、反射率光譜比較

圖(一)為螳螂菊舌狀花正面測量的反射光譜。比較先端與基部兩者後，可以發現先端在紫外光波段 300~400nm 間的反射率明顯較基部高，高峯值約在 15% 左右。同時先端在波段 500 ~ 600 nm 間反射率急升至 35% 左右也較基部高，而在 550~750nm 的可見光波段中反射率約維持在 30 ~ 35% 間。整體而言，由圖一的反射光譜結果與人眼實際所見的全黃色花序相符；若由蜜蜂眼中所見應該會有差異。

圖(二)為舌狀花背面的反射光譜，整體圖型趨勢與正面圖相差不大，但反射率卻相較高上許多，而實際觀察也發現背面較為亮黃色。

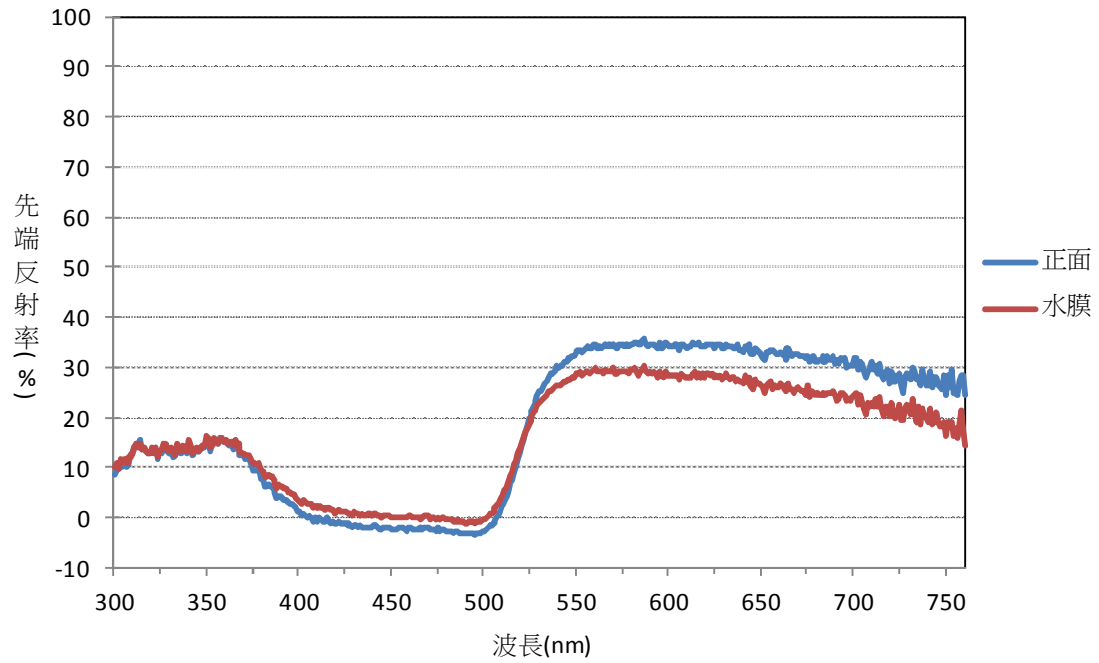


圖(一)螳螂菊舌狀花瓣正面先端與基部之反射光譜

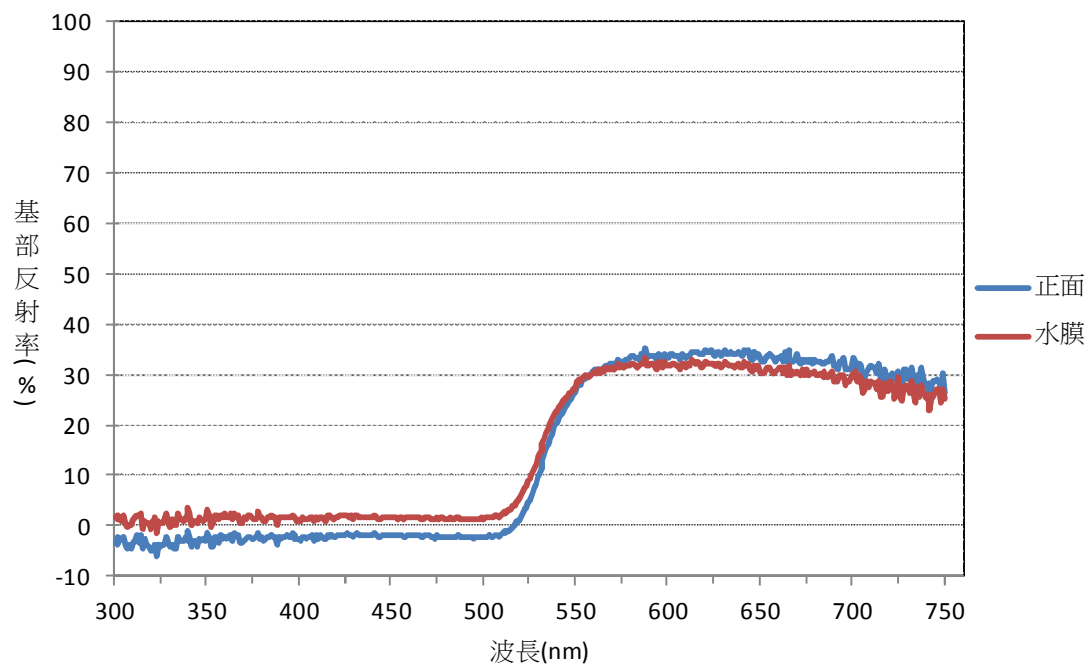


圖(二)蜻蝶菊舌狀花瓣背面先端與基部之反射光譜

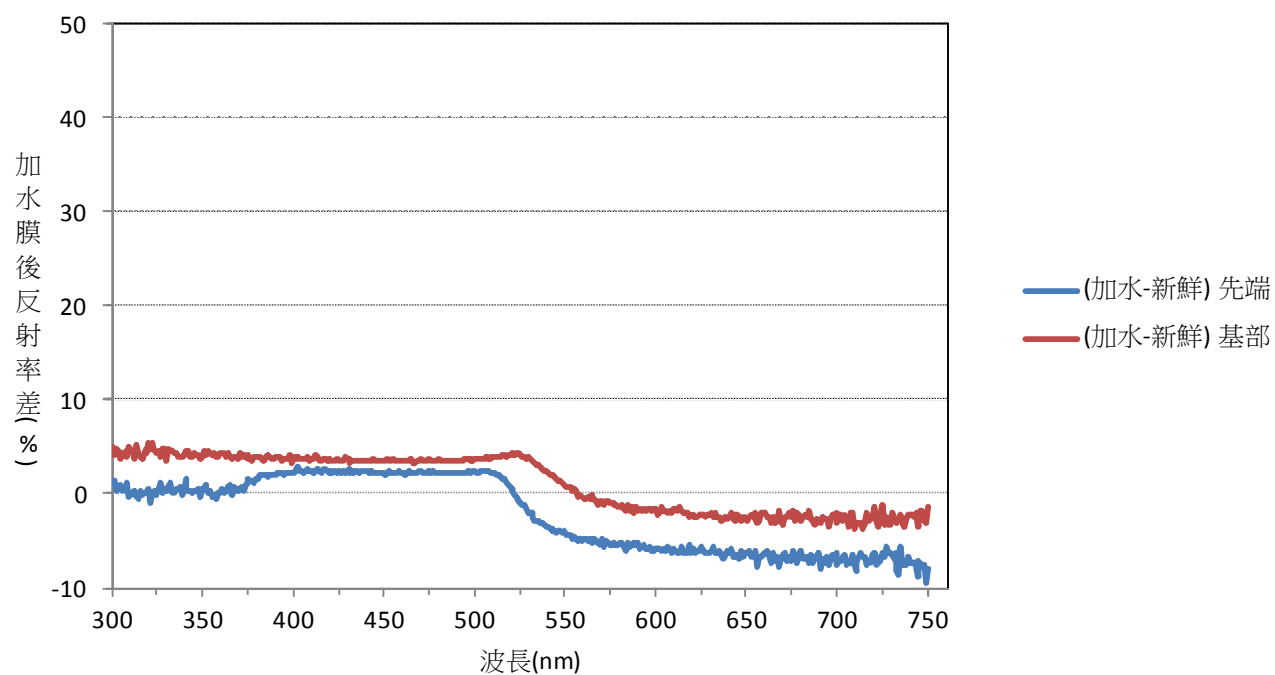
圖(三)及圖(四)為蜻蝶菊舌狀花加水膜後之反射光譜，與原正面直接測量之比較圖。由圖(三)可以得知先端在紫外光波段之反射率幾乎不變，400nm~500nm 則略上升，至約 500nm 以後則變小；圖(四)可見基部則在加水膜後，反射率從紫外光波段至波長 500nm 左右皆較未加水膜時高，之後亦變小。將加水膜後之反射率減原正面之反射率的差值呈現在圖(五)，則可以看出在紫外光波段基部的反射率上升較多，在可見光段先端下降幅度較基部明顯。



(三) 鸢尾菊舌狀花正面先端加水後之反射光譜比較圖



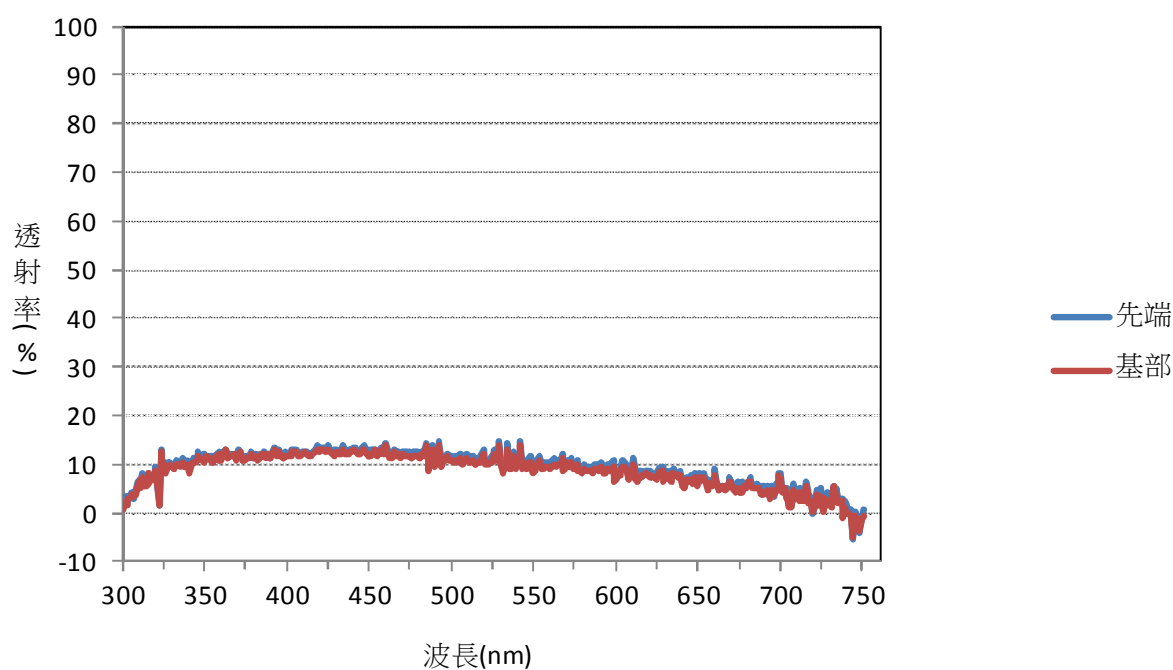
圖(四) 鸢尾菊舌狀花正面基部加水後之反射光譜比較圖



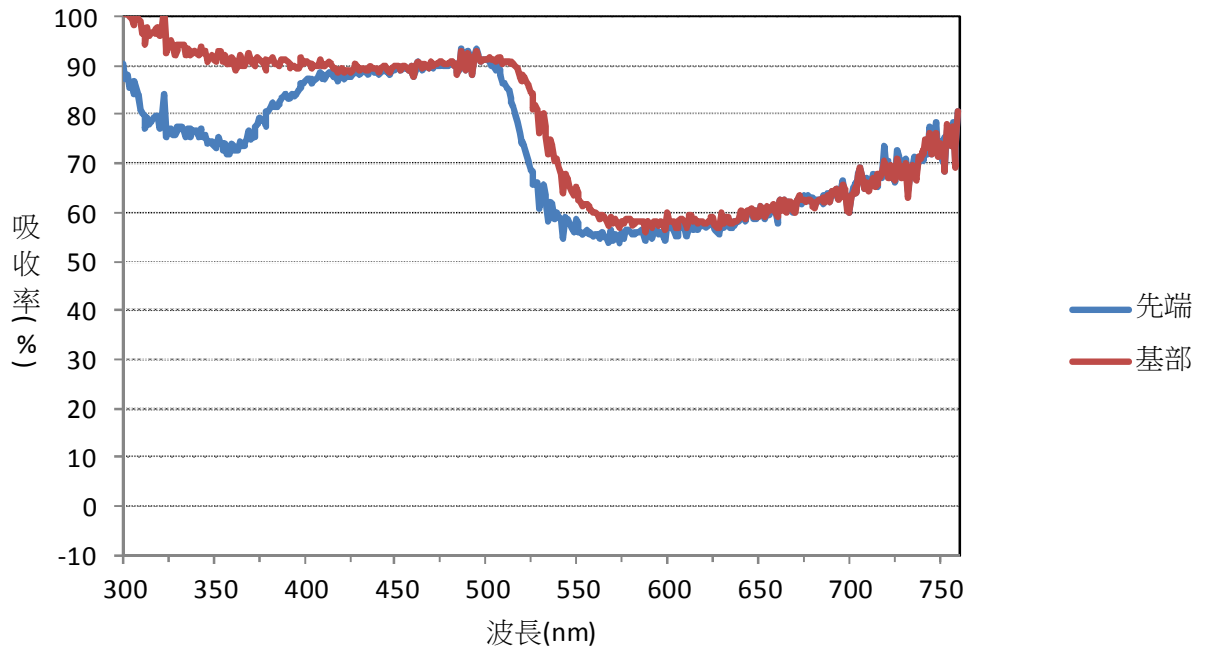
圖(五)螻蛄菊舌狀花正面加水後之反射光譜差值

二、吸收率光譜比較

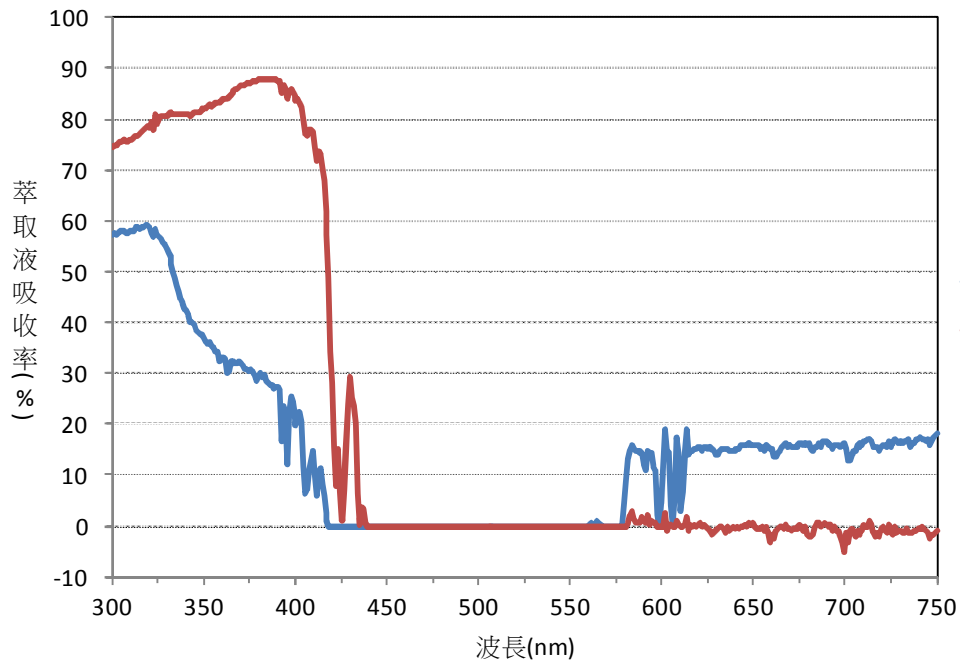
圖(六)為測量所得之螞蟥菊舌狀花先端和基部的透射率圖。由透射率及反射率我們計算吸收率如圖(七)。可知螞蟥菊舌狀花基部在紫外光波長範圍吸收率高於先端，而在其他的波段基部只有些微比先端高。另外，我們也測量螞蟥菊舌狀花萃取液的透射率，以相同的方法計算出萃取液的吸收率，如圖(八)。可知基部含有紫外光吸收色素較先端多；可見光吸收色素則先端高於基部。

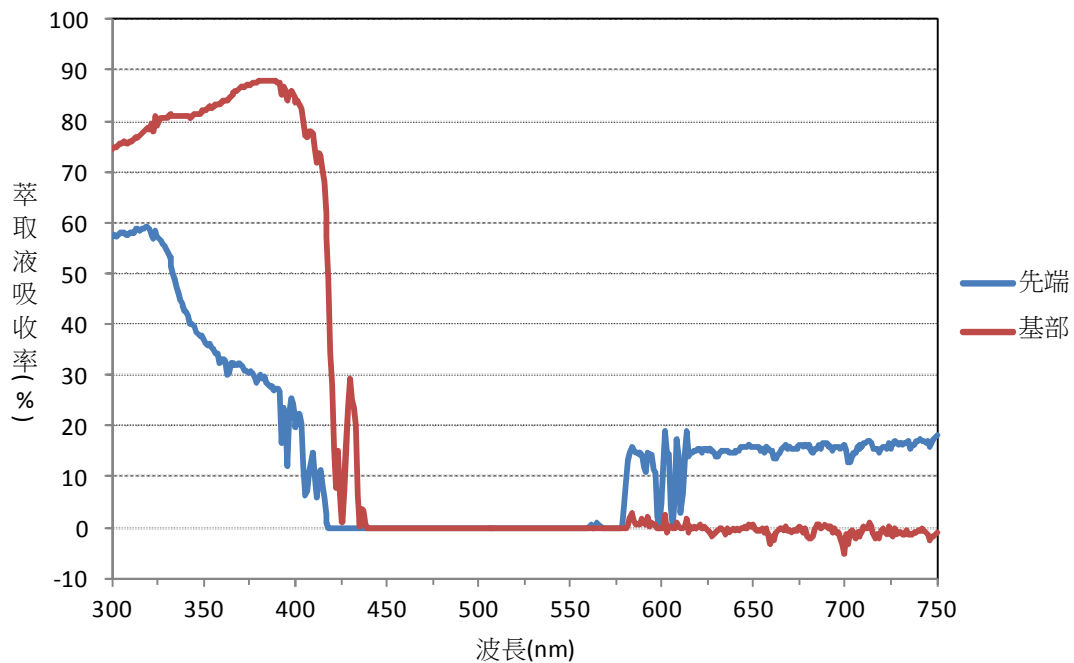


圖(六)螞蟥菊舌狀花透射率光譜



圖(七) 蝴蝶菊舌狀花瓣吸收率光譜



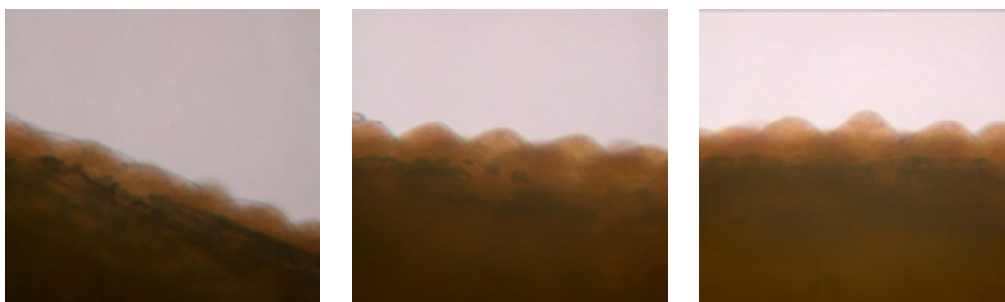


圖(八) 螳螂菊舌狀花瓣萃取液吸收率光譜

三、表面構造

(一) 先端到基部的表皮細胞形狀

由顯微鏡觀察比較先端至基部的上表皮細胞後發現，花瓣先端上表皮細胞形狀較多為扁平；而基部的細胞較多為圓錐狀(圖九)。



先端 I

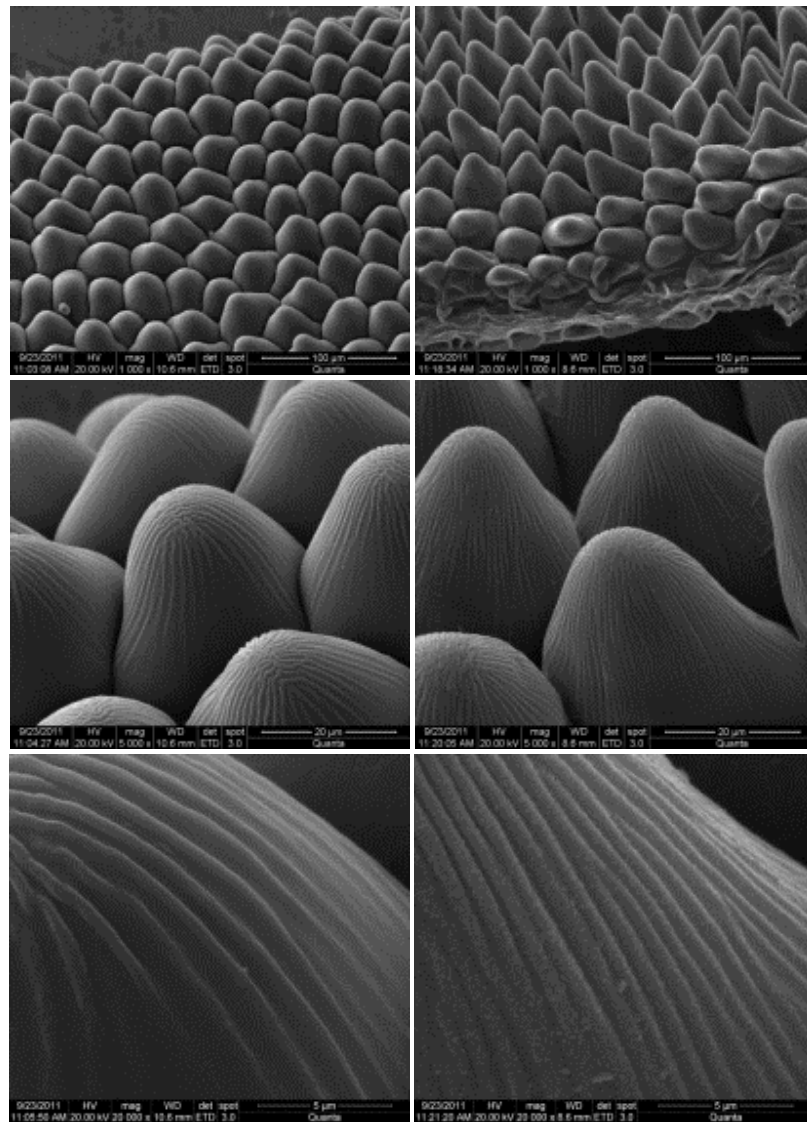
先端 II

基部

圖(九) 螳螂菊舌狀花瓣之上表皮細胞

(二) 冷凍掃描式電子顯微鏡的結果

我們觀察後發現，先端表皮細胞較基部的細胞略小，且較平坦。將上表皮細胞放大，可以看見長條狀的溝紋，先端細胞因細胞形狀較平坦而使溝紋看起來較疏。將溝紋持續放大，則在基部細胞可見一些點狀物不規則分布(圖十)。



先端

基部

圖(十) 蝴蝶菊舌狀花瓣之上表皮細胞(SEM)

(三)花瓣縱切面構造

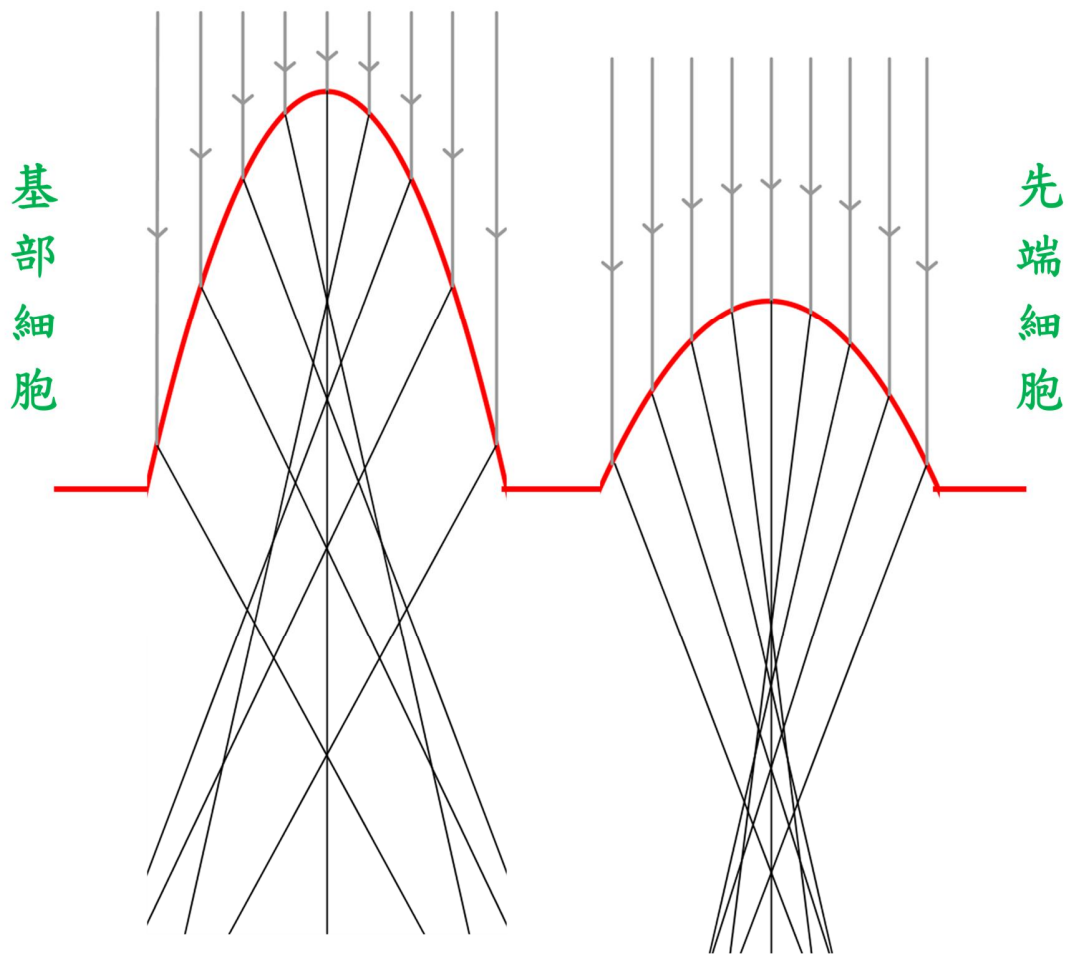
圖(十一)為螻蛄菊花瓣靠基部 2/3 區之橫切縱面，由圖可看出約由 3 ~ 4 層細胞所構成，中間的細胞較長。由顯微鏡觀察時上表皮細胞的顏色較深，是否色素與中間細胞不同則待進一步確認。



圖(十一)螻蛄菊花瓣橫切縱面

(四)光線入射舌狀花上表皮的情形

根據顯微鏡及 SEM 照相圖，以 GeoGebra 繪圖軟體畫出舌狀花上表皮先端及基部細胞的形狀。因測量時以氙燈為光源，故以平行入射之白光來繪圖。我們畫與細胞表面和外部的交界面垂直的法線，並測量法線與平行光的夾角(θ_1)，即入射角。我們假設細胞內的折射率接近水，細胞外介質為空氣，其中水折射率為 $n_1=4/3$ ，空氣為 $n_2=1$ 。依據司乃耳定律 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ，可計算出折射角(θ_2)，得出結果如(圖十二)。平行光折射進入先端表皮細胞多匯聚於較下層的細胞，而在基部表皮細胞多匯聚較上層的細胞，且聚光程度較先端差。



圖(十二)光線入射舌狀花上表皮先端與基部細胞折射示意圖

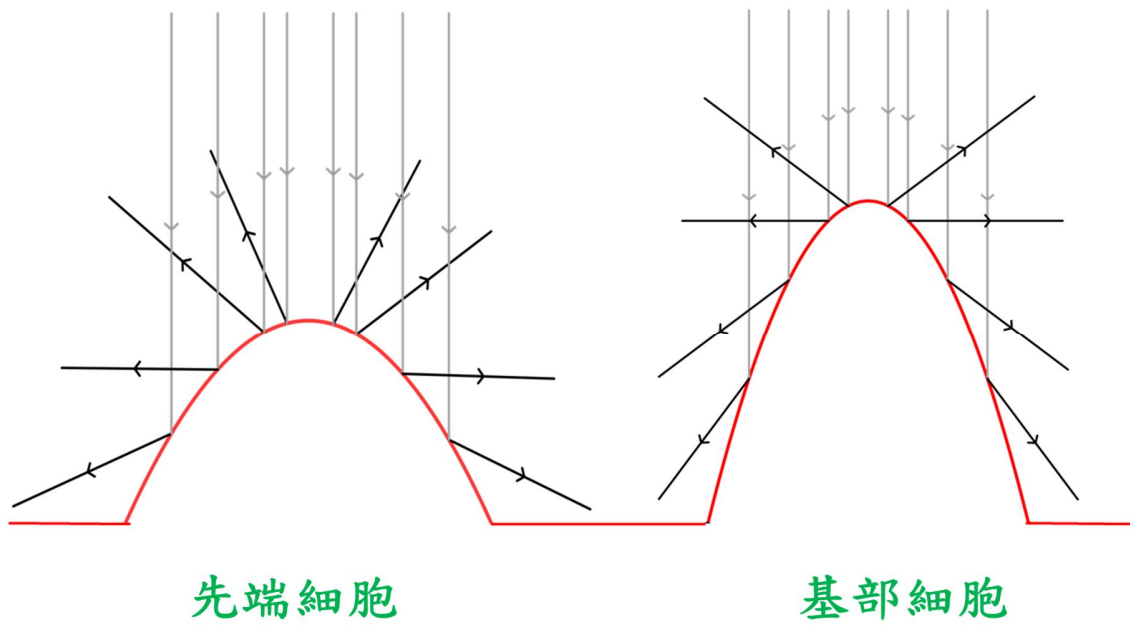
陸、討論

一、光譜比較:

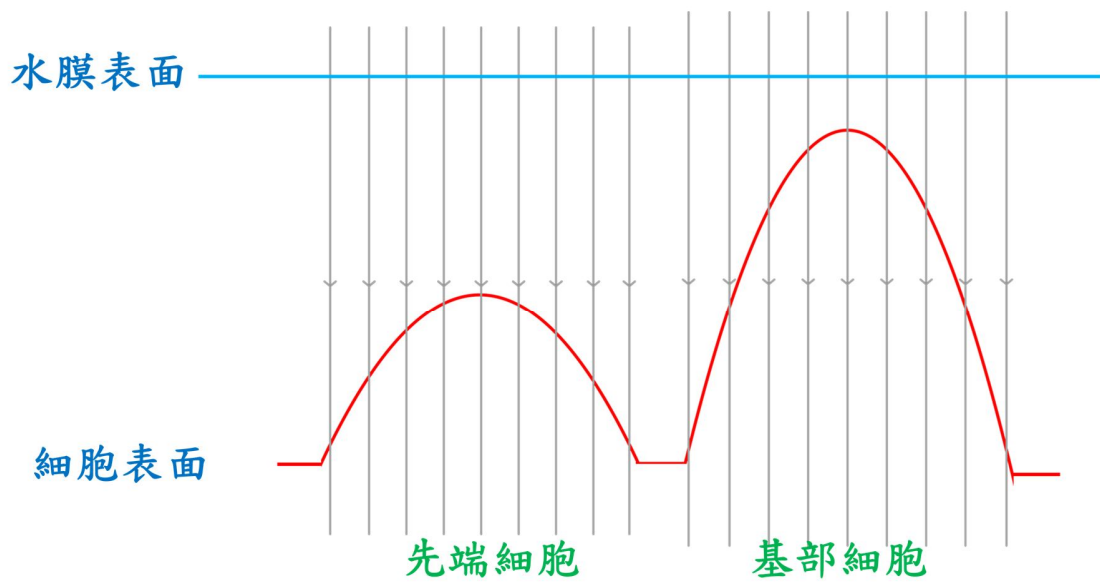
當光入射細胞可能被反射、穿透或吸收，測得舌狀花透射率光譜圖後發現先端細胞及基部細胞透射率大約相同，因此只有可能是吸收率和反射率不同。

以繪圖軟體模擬光線入射舌狀花上表皮先端及基部細胞情形如(圖十二)。光線入射舌狀花上表皮先端及基部細胞的反射情形如(圖十三)，先端細胞較平緩，故反射光較集中；基部細胞較尖故反射光較分散。滴上水膜後因入射角=反射角，光線依原路徑反射，使得基部細胞反射率上升較先端細胞多。在紫外光波長範圍，基部反射率上升較先端多，原本光進入基部匯聚在上表皮近處，假設細胞內介質折射率近似水，因介質折射率相同將不再折射，影響造成光匯聚在下層細胞如(圖十四)。根據文獻 (Gorton & Vogelmann, 1996) 金魚草花瓣上表皮近處花色素分布較多，下層細胞較少，因此我們推測基部反射率上升可能因為未滴水時光匯聚在基部細胞表皮近處含有較多吸收紫外光波長範圍花色素分布，而下層細胞則較少吸收紫外光波長範圍花色素。

滴上水膜後在波長範圍(400~500nm)先端和基部上升約相同，滴上水膜前，基部和先端反射率接近 0，滴上水膜後皆些微上升，能是因為反射光依原路徑反射，而造成滴上水膜後反射率上升。滴上水膜後在波長範圍(550~750nm)反射率卻下降，代表滴上水膜反射率下降且先端下降幅度較基部大。未滴水時光進入基部匯聚在上表皮較近處，先端匯聚在下層細胞，滴上水膜後，光進入基部和先端皆匯聚在下層細胞。推測基部細胞下層細胞含有較少可見光花色素而先端含有較多吸收可見光花色素。



圖(十三)舌狀花上表皮先端與基部細胞光線反射示意圖



圖(十四)舌狀花上表皮先端與基部細胞加水膜光線入射示意圖

二、先端與基部表面形態和光學差異

螳螂菊舌狀花和先端在紫外光波長反射率不同，我們推測可能因為花色素的影響或表面細胞構造，造成先端和基部反射率不同。閱讀文獻後發現(胡，2008)，若表面細胞排列成規則狀，且細胞間距大小和光波長吻合，可能造成干涉效應而加強或減少反射光強度。觀察冷凍掃描式電子顯微鏡的照片，基部細胞大小約 40 微米，先端細胞約 25 微米，遠大於光波長範圍。表面細胞上有成規則狀長條波紋，將溝紋持續放大，則在基部細胞可見一些點狀物不規則分布，然而大小依然遠超過光波長範圍，因此不可能產生干涉效應。

依據文獻(陳建宇。2002 年)我們了解花瓣表皮細胞形狀會影響花色。光進入不同介質時，因光在不同介質傳遞速度不同而產生折射，根據司乃耳定律， $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ， n 是介質的折射率，折射率即是光在真空中的速度(c)跟光在介質中的速度(v)之比， θ 是入射光(或折射光)與界面法線的夾角，叫做入射角(或折射角)。從冷凍掃描式電子顯微鏡的照片可以看出基部細胞形狀較凸起，先端細胞形狀較平緩，我們模擬光線折射進入細胞圖。光入射先端細胞會匯聚在下層細胞，光入射基部時會匯聚在離上表皮較近處，為了瞭解光匯聚情形對反射率造成的影響，我們在舌狀花上滴一層水膜，當光垂直入射通過水進入細胞時，因折射率相同將不在折射，影響造成光匯聚在下層細胞，測量光譜後得知，滴上水膜後反射率會上升，證明表面細胞形狀不同會影響反射率。至於匯聚在不同地方會影響反射率的原因，可能要進一步分析基部細胞和先端細胞內的花色素。

三、生物意義探討

南美蟛蜞菊舌狀花瓣的基部與先端，在紫外光下呈現不同的反射率，可能因兩者上表細胞形態及色素分布造成差異。由演化的觀念所學，生物構造應有它對應的功能。根據文獻 (Horovitz, A & Y. Cohen, 1972)，植物的蜜源標記可使傳粉者分辨出花的種類及花蜜所在的位置。我們知道蜜蜂、蝴蝶等傳粉者可以看到紫外光，南美蟛蜞菊應該為此而演化出先端與基部不同的機制。因此，未來應以蜜蜂、蝴蝶的視覺角度來研究南美蟛蜞菊的這些機制是否真的具有吸引傳粉者的功能。

柒、結論

一、螳螂菊舌狀花先端反射率在紫外光波長範圍高於基部，在可見光波長範圍則約相同，滴上水膜後基部在紫外光波長範圍反射率上升高於先端，

在可見光波常範圍反射率先端下降較基部多。

二、螳螂菊舌狀花基部吸收率在紫外光波長範圍高於先端，在可見光波長範圍則約相同；基部花色素吸收率在紫外光波長範圍高於先端，在可見光波長範圍較先端低。

三、螳螂菊舌狀花先端細胞較平坦，光折射進入後匯聚在下層細胞；基部細胞較凸起，光折射進入後匯聚在離上表皮較近處。滴上水膜後改變兩者之光線匯聚位置。

四、由本研究結果推測螳螂菊舌狀花基部下表皮可能含有較多吸收紫外光的花色素，而先端下層細胞可能含有較多吸收可見光的花色素。

捌、參考資料

一、中文部分

(一)、書籍

1. 王月雲、陳是瑩、童武夫。植物生理學實驗增訂本。藝軒出版社。(2007)。
2. 胡潛濱。奈米科技-基礎、應用與實作。高立圖書有限公司。(2008)
3. 葉芝嵐、佘瑞琳。大學化學實驗一暨實驗二，第二版。國立臺灣大學化學系。國立臺灣大學出版中心。(2006)

(二)、論文

1. 官曉青、劉黃碧圓、李堂察、蔡智賢(2007)。芭菲爾鞋蘭屬切花採後花被形態之變化。國立嘉義大學園藝系碩士論文。
2. 陳建宇(2002)。馬纓丹變!變!變!。台灣國際科學展覽會。高雄市立左營高中。

二、英文部分

- 1、Gorton, H. & T. C. Vogelmann. (1996). Effects of Epidermal Cell Shape and Pigmentation on Optical Properties of *Anfirrhinum* Petals at Visible and Ultraviolet Wavelengths. *Plant Physiol.* ,112, 879-888。
- 2、Horovitz,A & Y.Cohen. (1972). Ultraviolet Reflectance Characteristics in Flowers of Crucifers. *American Journal of Botany* . 59(7) , 706-713。

【評語】 040721

探討南美螳螂菊舌狀花如何表現對紫外光不同的反射差異。

1. 可探討花色素的分布是否會影響到反射的差異。
2. 對於圖之表示可以再修正，去橫線，圖（一）反射率只畫到 50 人即可，其餘圖以此類推。