

# 2022 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 060010

參展科別 植物學

作品名稱 酢漿草，也要午睡嗎?~探討酢漿草的光觸反應

得獎獎項

就讀學校 臺中市立臺中女子高級中等學校

臺中市私立明道高級中學(附設國中)

臺中市私立明道高級中學(附設國中)

指導教師 林傑民、邱雅琪

作者姓名 孟芸璟、林致宇、王好亘

關鍵詞 光度、睡眠運動、觸發運動

## 作者簡介



我們是一群熱愛生物的學生，分別來自台中女中及明道中學，很幸運能有這個機會入圍國際科展。當初在學習課本上的膨壓知識時，也實地進行了現象的觀察，發現與課本講得不盡相同，所以選擇了酢漿草作為研究方向。在研究的過程中，我們學習到了探究的精神、追根究柢的態度、操作實驗及電腦程式的技巧，更多的是科學的知識。一路上也感謝師長們的幫助和支持，我們才有了今日的成果。

## 摘要

觀察紫葉(*Oxalis triangularis*)、紫花(*Oxalis corymbosa*)、黃花(*Oxalis corniculata*)三種酢漿草葉片在早上打開，晚上閉合主要是受生理時鐘影響。實驗比較發現紫葉、紫花、和黃花酢漿草在中午強光日照下，都有葉片閉合的午睡運動，且對光線的敏感度：紫葉酢漿草>紫花酢漿草>黃花酢漿草。再用遮光網遮蔭控制光度試驗中，發現光強度是影響酢漿草午睡現象的主要因素，與水分蒸散較無關。推測其目的是避免葉綠素因強光作用而產生光氧化現象(photooxidation)，導致光合作用無法進行。而在溫度試驗也發現酢漿草在遮蔭高溫下(42°C)葉片會閉合，應是水分蒸散導致膨壓下降使葉片閉合。另在實驗過程中觀察到酢漿草也有觸發運動，在強風吹襲及水平、垂直晃動下均會導致葉片閉合，推測其目的在減少葉片摩擦產生傷口，避免病菌的感染。總結酢漿草葉片開閉受生理時鐘、光線、溫度、風吹震動及水分膨壓的影響。

## Abstract

The leaves of *Oxalis triangularis*, *Oxalis corymbosa*, *Oxalis corniculata* are open in the morning and close at night mainly by their biological clock. Nap-time movement, the leaf closure, was found among the leaves of those species under strong sunshine at noon according to the experiments. In terms of sensitivity to light, the three oxalis in descending order is *triangularis*, *corymbosa*, *corniculata*. What's more, it was found mostly the intensity of light, not water transpiration, that caused the nap-time movement of oxalis under the control of the intensity of light. The movement was speculated to block the photooxidation of chlorophyll under bright sunlight to ensure the process of photosynthesis. The closure also happened under 42° C, likely because of turgor pressure. There is another observation about "shaking." The shaking of leaves from strong winds, vertical or horizontal, both result in closure. The movement is believed to stop friction among leaves and infection coming afterward. To sum up, the causes of closure, also called nap-time movement, are biological clock, the intensity of light, temperature, wind, and turgor pressure.

## 壹、研究動機

酢漿草在生活中隨處可見，在國中一年級的自然課本中，提到了酢漿草的睡眠運動，早上葉片會展開，傍晚葉片會閉合。睡眠運動主要是受光線及水分膨壓的影響。其原理是葉柄水分流出細胞，水分減少造成膨壓喪失，使葉片下垂而造成葉片閉合的睡眠現象。而含羞草的觸發運動，也是當莖及葉片被觸動時，因為水分快速流出細胞，水分下降膨壓喪失，葉片會立刻緊閉下垂，兩者原理相似。

在日常生活中的觀察，我們發現酢漿草不單單只有在夜晚閉合，有部分紫花酢漿草竟在中午時段也有閉合現象。讓我們不禁開始好奇，酢漿草也會午睡嗎？酢漿草的午睡運動，受哪些環境因素影響而被觸發？又是哪些因素影響較大呢？因此藉由這次實驗我們想探討三種不同酢漿草的睡眠運動及影響葉片閉合的環境因子。

## 貳、研究目的

- 一、 田野調查，觀察紫葉、紫花、黃花三種酢漿草生長環境及開閉狀況。
- 二、 比較三種酢漿草早上葉片張開、強光葉片閉合、遮光葉片展開、傍晚葉片閉合的先後順序與所花費的時間。
- 三、 在日照下，觀察不同品種酢漿草，是否具有午睡運動的情形？
- 四、 不同光度環境下，觀察黃花、紫花酢漿草午睡運動的情形。
- 五、 利用遮光網調整光度，對黃花、紫花酢漿草午睡運動之影響。
- 六、 在中午時將三種酢漿草放在燒杯內(維持高濕度)與燒杯外(正常濕度)，及在葉面、葉背塗凡士林(防止水分蒸散)與不塗凡士林，進一步證實中午葉片閉合是否跟水分蒸散有關？
- 七、 光線確定是影響因素，探討強光對三種酢漿草葉片是否造成的影響？
- 八、 溫度高低，對酢漿草葉片閉合之影響。
- 九、 風吹、晃動對酢漿草葉片閉合之影響。

## 參、研究設備及器材

### 一、器材及設備

塑膠花盆(3 吋盆)	18*3=64 盆
紫葉酢漿草( <i>Oxalis triangularis</i> )	18 盆
紫花酢漿草( <i>Oxalis corymbosa</i> )	18 盆
黃花酢漿草( <i>Oxalis corniculata</i> )	18 盆
光度計	3 支
溫度計	9 支
500ml 玻璃燒杯	18 個
厚紙板、牙籤	數個
風速計	1 支
電風扇	3 台
凡士林	3 瓶
解剖顯微鏡	1 台
遮光網	一層、二層、三層
電風扇	1 台
汽車	1 台

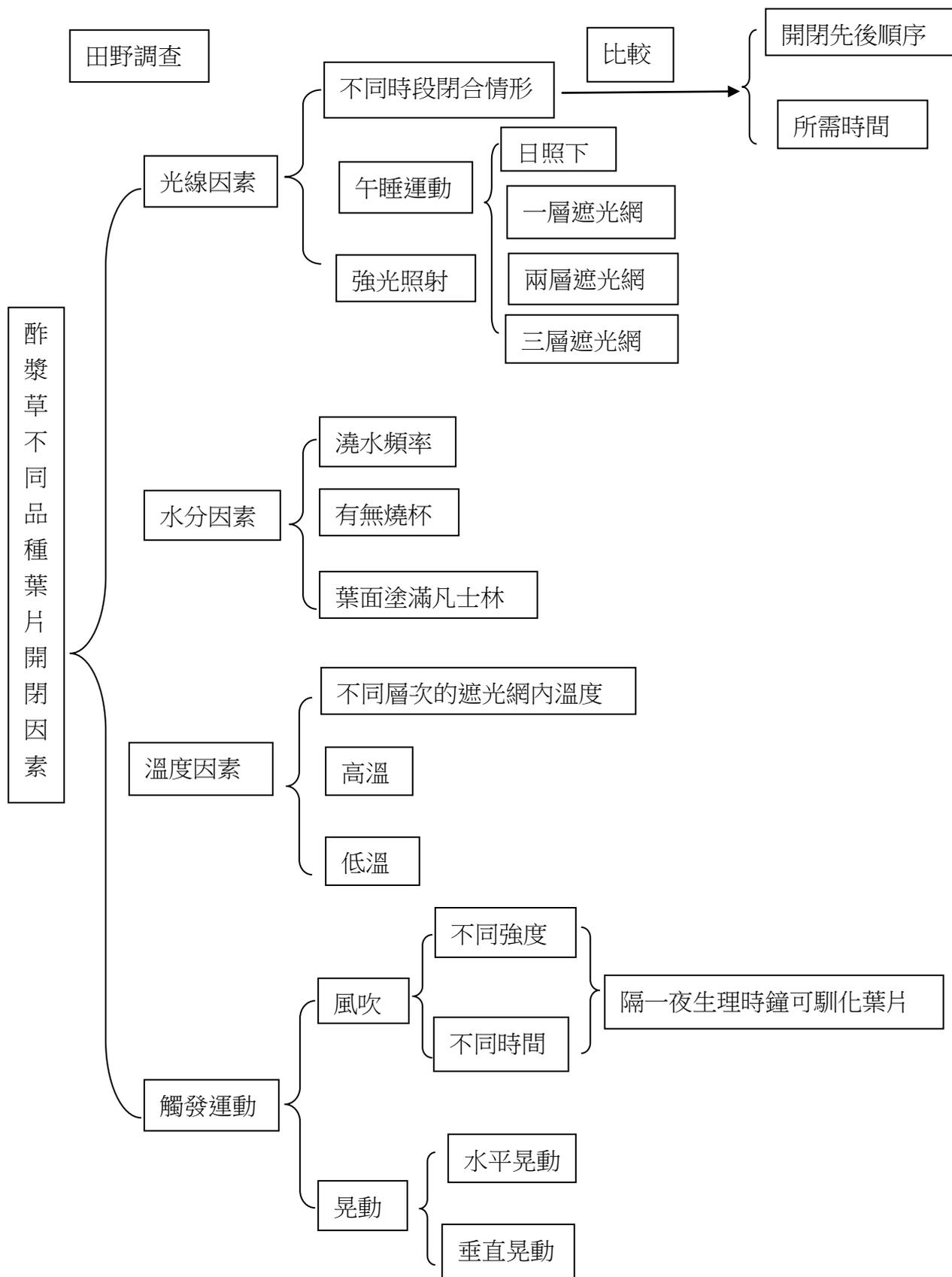
### 二、三種不同酢漿草簡易辨識法

中文名稱	黃花酢漿草	紫花酢漿草	紫葉酢漿草
學名	<i>Oxalis corniculata</i>	<i>Oxalis corymbosa</i>	<i>Oxalis triangularis</i>
科名	酢漿草科 Oxalidaceae	酢漿草科 Oxalidaceae	酢漿草科 Oxalidaceae
屬名	酢漿草屬 <i>Oxalis</i>	酢漿草屬 <i>Oxalis</i>	酢漿草屬 <i>Oxalis</i>
照片			
特色描述	黃花酢醬草的 3 枚小葉，葉片間有空隙，明顯分開，葉片較小，有地上莖，葉互生。會開花結果，果實為條狀的縱列蒴果	紫花酢漿草的 3 枚小葉，葉片間無明顯空隙，3 枚小葉通常重疊。紫花酢漿草沒有地上莖，由根生出葉，葉呈叢狀。	小葉倒三角形或倒箭頭形，表面紫色或深紫色，背面紫紅色，具毛，先端截形，中間略凹。

### 三、放置或觀察場所

- (一) 田野實地踏查。
- (二) 盆栽放置陽台，陽光可斜射處。或放置放置露臺，陽光可直曬處

#### 四、實驗流程圖



## 肆、研究過程或方法

### 一、田野調查，實際觀察紫葉、紫花、黃花三種酢漿草生長環境及閉合狀況

在校園中記錄三種酢漿草出現的地點及周圍環境，並分早上上學、中午午休、下午放學三時段觀察三種酢漿草在田野間開閉狀況。

### 二、比較三種酢漿草早上葉片張開、中午葉片閉合、下午葉片展開、晚上葉片閉合的先後順序與所花費的時間

(一)田野調查各植物分散太遠，為了實驗控制變因能固定，故將三種酢漿草種植於盆栽內，後續實驗以盆栽觀察。

(二)已知酢漿草開閉會受光線影響，想進一步知道不同品種對光線刺激反應，和整個反應時間是否呈正相關？因此設計以下實驗。

(三)將三種酢漿草分別種植於三吋的盆栽內，將盆栽放置陽台或露臺陽光可斜射或直射處。

(四)三位學生分開進行實驗，每種酢漿草各取 2-5 盆(確保每次每種葉片數量超過 10 片以上，材料如照片)，早上從完全閉合到完全展開；中午從完全展開到完全閉合；下午從完全閉合到完全展開；傍晚從完全展開到完全閉合，分別記錄三種酢漿草其葉數的開閉及時間，我們除了前置觀察外，再約好同一天同時異地、同時同地，每種酢漿草各記錄三天，每種酢漿草各有 27 次重複實驗(圖一)。葉片開閉紀錄，將葉片水平展開與葉柄垂直定義為全開(1 分)、葉片下垂約 45 度為半開(0.5 分)、葉片貼緊葉柄為完全閉合(0 分)，以上述三種區分方式來判別葉片開閉趨勢。



### 三、在日照下，觀察紫花、黃花、紫葉酢漿草，是否具有午睡運動的情形？

(一)為了更精確比較酢漿草葉片開閉，我們用量角器測量葉片與葉柄的角度。重新制定開閉標準如下，並依此標準記錄。

開 0 成：葉與莖的夾角為  $0^{\circ}$ (葉片閉合)

開 1 成：葉與莖的夾角為  $15^{\circ}$

開 2 成：葉與莖的夾角為  $30^{\circ}$

開 3 成：葉與莖的夾角為  $45^{\circ}$

開 4 成：葉與莖的夾角為  $60^{\circ}$

開 5 成：葉與莖的夾角為  $75^{\circ}$

開 6 成(全 開)：葉與莖的夾角為  $90^{\circ}$

(二)前一天晚上，將黃花、紫花酢漿草各 3 盆，紫葉酢漿草 1 盆放置於自早上 08:00 到傍晚 16:00 可完全照陽光、無遮蔭的日照場所。

(三) 三種酢漿草早、晚各澆水一次。

(四) 在 8:00、10:00、12:00、16:00 分別觀察記錄酢漿草葉片的開閉情形。

#### 四、在日照下，不同頻率澆水，觀察黃花、紫花酢漿草午睡運動的情形

(一) 前一天晚上，將黃花、紫花酢漿草各 6 盆，放置於日照場所。

(二) 其中黃花、紫花酢漿草各 3 盆，早、晚各澆水一次。

(三) 其中黃花、紫花酢漿草各 3 盆，每小時各澆水一次。

(四) 在 8:00、12:00、16:00 分別觀察記錄酢漿草葉片的開閉情形。

#### 五、在日照下、樹蔭下和紙箱內，觀察黃花、紫花酢漿草午睡運動的情形

(一) 分別在日照下、樹蔭下和不透光紙箱內的環境，分別放置黃花、紫花酢漿草各 3 盆。

(二) 酢漿草：日照下，每 1 小時各澆水一次；樹蔭下，早、晚各澆水一次；紙箱內，早、晚各澆水一次。

(三) 在 8:00、12:00、16:00 分別觀察記錄酢漿草葉片的開閉情形。

#### 六、使用遮光網，觀察在不同光度下，對黃花、紫花酢漿草午睡運動之影響

(一) 分為日照、遮一層、二層、三層遮光網，分別放置黃花酢漿草和紫花酢漿草各 3 盆。

(二) 各架好一支溫度計，測量溫度。

(三) 酢漿草：早、晚各澆水一次。

(四) 使用光度計，測量各情形下的光度。

(五) 在 8:00 ~ 16:00 每 30 分鐘，分別觀察記錄溫度、光度和葉片開閉情形。

(六) 實驗照片(如下)：



日照 ~ 紫花酢漿草



日照 ~ 黃花酢漿草



一層 ~ 紫花酢漿草



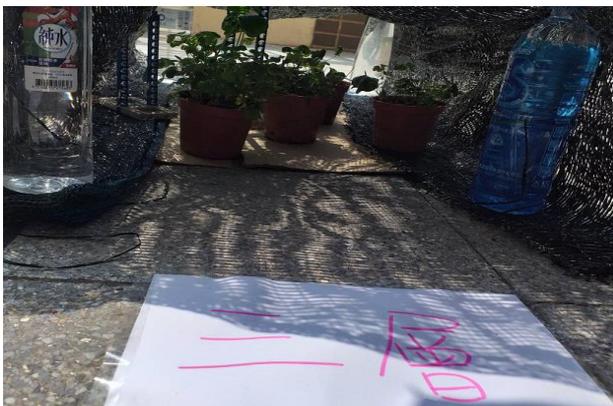
一層 ~ 黃花酢漿草



二層 ~ 紫花酢漿草



二層 ~ 黃花酢漿草



三層 ~ 紫花酢漿草



三層 ~ 黃花酢漿草

### 七、比較中午三種酢漿草在燒杯內與燒杯外(高濕度和正常盆栽)閉合的先後順序

(一) 假設酢漿草受光線影響，那就必須設計去除水分蒸散因素，實驗設計如下：

(二) 每種酢漿草各取六盆，分三組進行（如下照片）。

實驗組：覆蓋 500ml 燒杯，讓葉片在高濕環境下，確認葉片閉合是否為水分蒸散所導致。

對照組：不覆蓋燒杯。

此裝置有三組，各進行 6 次實驗，共重複實驗 18 次。

(三) 盆栽下方皆放淺盤裝少許水，避免盆栽過度乾燥。

(四) 每兩分鐘分別記錄三種酢漿草其葉數從完全展開、半開、全閉的葉片數量，直到全部葉片完全閉合，觀察實驗結束。



## 八、比較中午三種酢漿草葉面葉背塗凡士林與不塗凡士林，閉合的先後順序

(一)燒杯內仍讓葉子有蒸散的空間，而且燒杯內是否因為溫室效應導致葉片比沒蓋燒杯更快閉合？為了確定光線因素大於水分蒸散因素，因此更進一步直接在葉片上塗抹凡士林，去除葉片從氣孔蒸散因素，但凡士林是否有重量導致葉片受地球引力影響而加速閉合，因此設計以凡士林塗抹不同葉片數。

(二)每種酢漿草各取三盆，分三組進行（如下照片）：

實驗組：隨機挑選葉片，有些葉子選一葉、有些葉子選兩葉、有些葉子三葉分別在葉面、葉背塗上凡士林。

對照組：同盆的葉子不做處理。

(三)六盆栽下方皆放淺盆裝少許水，避免盆栽過度乾燥。

(四)每兩分鐘分別照相觀察三種酢漿草其葉片閉合狀況。

(五)有無塗抹凡士林非常容易觀察，表面產生油亮感即為有塗凡士林的葉片。

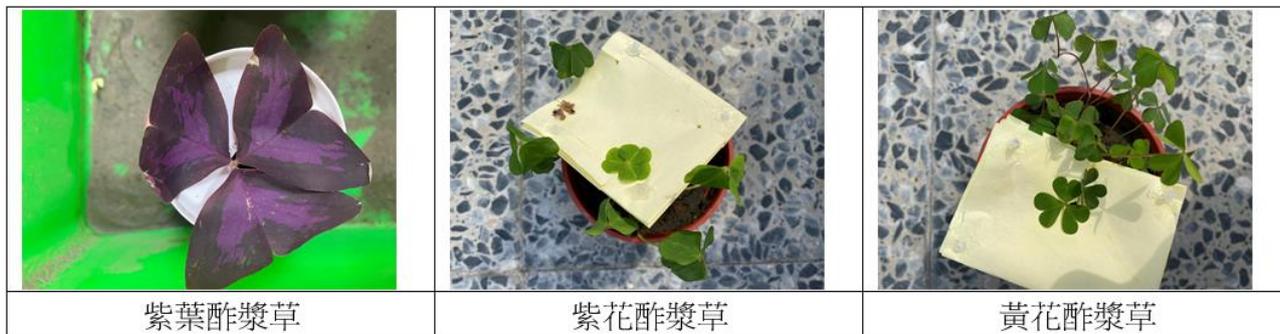


## 九、強光對三種酢漿草葉片造成的影響

(一)陽光下，撐開葉片，不讓葉片閉合(如下照片)

(二)實驗組：紫葉酢漿草葉片較大，以紙杯割開，將葉片鋪在紙杯杯底，讓葉片無法閉合，紫花酢漿草和黃花酢漿草葉片較小，以厚紙板四周插上牙籤，在厚紙板上切一切口，將葉片撐開平鋪在厚紙板上，使葉片遇到陽光直射仍無法閉合。(如圖四)

(三)對照組：不做處理。



## 十、溫度高低對酢漿草葉片開閉之影響

(一)使用遮光網，在不同溫度下，觀察二種酢漿草葉片開閉的情形：

1.分為日照下和遮一層、二層、三層遮光網，分別放置黃花、紫花酢漿草各3盆。

- 2.各架好一支溫度計，測量溫度。
  - 3.酢漿草：早、晚各澆水一次。
  - 4.在 8:00 ~ 16:00 每 30 分鐘，分別觀察記錄溫度和葉片開閉情形。
- (二) 在樹蔭下通風處及汽車內密閉高溫處，觀察二種酢漿草葉片開閉的情形：
- 1.分別在通風樹蔭下和日照下密閉汽車內遮蔭(沒有照光)之處。
  - 2.各架好一支溫度計，測量溫度。
  - 3.在 11:00 時，分別放置葉片全開的黃花、紫花酢漿草各 3 盆。
  - 4.酢漿草：早、晚各澆水一次。
  - 5.在 11:00~13:00 每 30 分鐘，分別觀察記錄酢漿草葉片開閉情形。
- (三) 低溫處理對三種酢漿草葉片開閉的影響：
1. 過程中遇到霸王寒流看到葉片整天全數閉合，但在室內的酢漿草卻依然展開，故想設計實驗確定低溫是否為影響葉片閉合的因素。
  2. 實驗組一：取葉片完全展開的三種酢漿草，每種酢漿草各取一盆，分別置於 10℃ 的冰箱內(冰箱內放置檯燈，亮度為 800 Lux 左右)，重複三次。
  3. 實驗組二：取葉片完全展開的三種酢漿草，每種酢漿草各取三盆，分別澆放 0℃ 冰塊的水，放置實驗室的實驗桌上觀察。
  4. 酢漿草：早、晚各澆水一次。:0~13:00 每 30 分鐘，分別觀察記錄酢漿草葉片開閉情形。
  5. 對照組：取葉片完全展開的三種酢漿草，每種酢漿草各取三盆，澆室溫自來水處理，放置實驗室的實驗桌上觀察。
  6. 每十分鐘分別照相記錄三種酢漿草其葉片變化，直到 40 分鐘冰塊完全融化為止，觀察實驗結束。(如下照片)：



#### 十一、 風吹、晃動對黃花、紫花酢漿草葉片閉合之影響

※※將黃花酢漿草和紫花酢漿草種在同一花盆裡，晃動力量相同，方便實驗比較。

(一) 吹動，對黃花、紫花酢漿草葉片閉合之影響：

- 1.不同風速，觀察二種酢漿草葉片閉合的情形：
  - (1)準備含有黃花和紫花酢漿草 9 盆。
  - (2)酢漿草：早、晚各澆水一次。
  - (3)準備小型、中型、大型電風扇三種，風力分為弱、中、強三種強度。
  - (4)風吹動前，黃花和紫花酢漿草各取一片葉片較大且全開、莖沒有傾斜的做觀察。

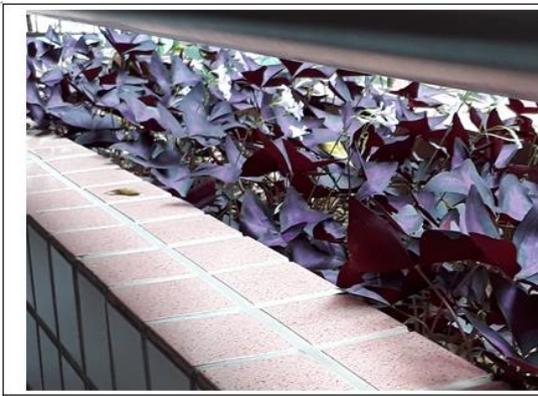
- (5)用三種不同強度的風力，各吹 15 分鐘，各重複 3 次。
  - (6)風吹動後，觀察酢漿草莖的傾斜角度及葉片的閉合程度。
  - (7)風吹動完後，每 10 分鐘記錄一次，觀察三十分鐘，求平均值。
- 2.在強風速下，吹動不同時間長度，觀察二種酢漿草葉片閉合的情形：
- (1)再準備含有黃花和紫花酢漿草 6 盆。
  - (2)酢漿草：早、晚各澆水一次。
  - (3)風吹動前，黃花和紫花酢漿草各取一片葉片較大且全開、莖沒有傾斜的做觀察。
  - (4)用風力強度為強的電風扇，分別各吹 10、5 分鐘，各重複 3 次。
  - (5)風吹動後，觀察酢漿草莖的傾斜角度及葉片的閉合程度。
  - (6)風吹動完後，每 10 分鐘記錄一次，觀察三十分鐘，求平均值。
- (二) 水平晃動，對黃花、紫花酢漿草葉片閉合程度之影響：
- 1.準備含有黃花和紫花酢漿草 3 盆。
  - 2.酢漿草：早、晚各澆水一次。
  - 3.水平晃動距離為二十公分
  - 4.晃動前，黃花和紫花酢漿草各取一片葉片較大且全開、莖沒有傾斜的做觀察。
  - 5.在水平桌面上，水平晃動 1 分鐘，重複 3 次。
  - 6.晃動完後，觀察酢漿草莖的傾斜角度及葉片的閉合程度。
  - 7.晃動完後，每 10 分鐘記錄一次，觀察三十分鐘，求平均值。
- (三) 垂直晃動，對黃花、紫花酢漿草葉片閉合程度之影響：
- 1.準備含有黃花和紫花酢漿草 3 盆。
  - 2.酢漿草：早、晚各澆水一次。
  - 3.在垂直牆壁上，晃動距離為十公分。
  - 4.晃動前，黃花和紫花酢漿草各取一片葉片較大且全開、莖沒有傾斜的做觀察。
  - 5.在牆壁，垂直晃動 1 分鐘，重複 3 次。
  - 6.晃動完後，觀察酢漿草莖的傾斜角度及葉片的閉合程度。
  - 7.晃動完後，每 10 分鐘記錄一次，觀察三十分鐘
- (四) 取葉片完全展開的三種酢漿草，置於最弱速（風速 389 ft/min）的電風扇前開始測試，電風扇必須開整晚至隔天早上再觀察結果。電風扇有迎風面和風吹不到的部分，對照組為同一盆栽風吹不到的部位觀察。



## 伍、研究結果與討論

### 一、田野調查，觀察紫葉、紫花、黃花三種酢漿草生長環境及閉合狀況

- (一)紫葉酢漿草出現在校園一樓花台、二樓花台，在校園中光線無法直射的位置，五樓花台也有移植，但陽光普照，生長狀況較差，葉片也較小。文獻指出此植物原產於巴西的外來種，在台灣主要為栽培觀賞植物，種子傳播不易，除了刻意摘種區域，校園中無發現自己繁殖的狀況，在野外幾乎找不到，不像另外兩種酢漿草較容易繁殖。三種酢漿草中，對光需求最低，在學校花台也是較陰暗空間才找得到如照片 1，若人工移植至強光處全日照無遮蔽，以紫葉酢漿草葉片最容易萎凋。
- (二)紫花酢漿草出現在各樓層花台、圍牆邊、樹蔭下。成熟葉片較黃花酢漿草葉片大，周圍若有產生遮陰處，族群密度較高，在完全無樹蔭或房舍遮蔽物的全日照土地上，例如四樓空中花園及操場中央草皮區找不到(如照片 2)。
- (三)黃花酢漿草出現在各樓層花台、圍牆邊、樹蔭下、停車場植草磚都找得到，但四樓空中花園及操場中央草皮區仍無。雖然在有遮陰處，或陽光下皆找的到，但遮陰處族群密度比陽光下大，且陽光直射的土地較為乾燥，葉片比遮陰處葉片小，顏色呈現有點綠中帶紫，且出現較多白斑(如照片 3)；在有遮陰的花台，水分充足，葉片較大，顏色呈現鮮綠色(如照片 4)。
- (四)三種酢漿草在中午陽光直射時會有閉合狀況，待遮陰出現，葉片又會展開，直到傍晚再度閉合。
- (五)因為三種葉片分散校園各地只能觀察分開觀察是否開閉，加上土壤、光線、水分太多因素不同，無法同時同步比較，所以將三種植物種在盆栽中進行後續實驗。



照片 1:紫葉酢漿草



照片 2:紫花酢漿草



照片 3:乾燥土地的黃花酢漿草



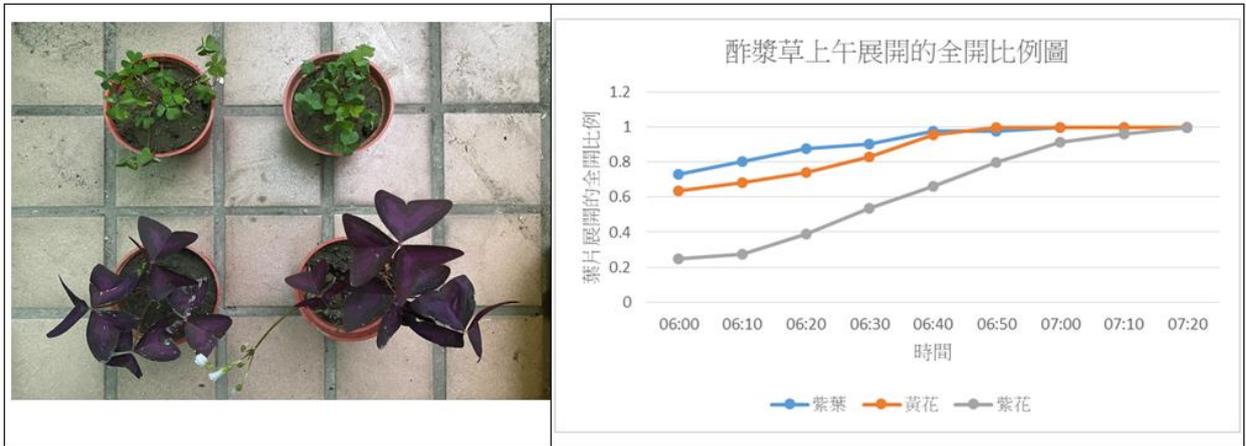
照片 4 潮濕土地的黃花酢漿草

## 二、比較三種酢漿草早上葉片展開、中午葉片閉合、下午葉片展開、晚上葉片閉合的先後順序與所花費的時間

### (一)結果：

觀察三種酢醬草整個葉片開閉的過程，當中某種酢醬草已經全開或全閉，但其他種酢醬草還處在半開、半閉的狀態，將時間記錄分析，以對照不同品種之間的明顯差異。

#### 1.早上葉片張開：

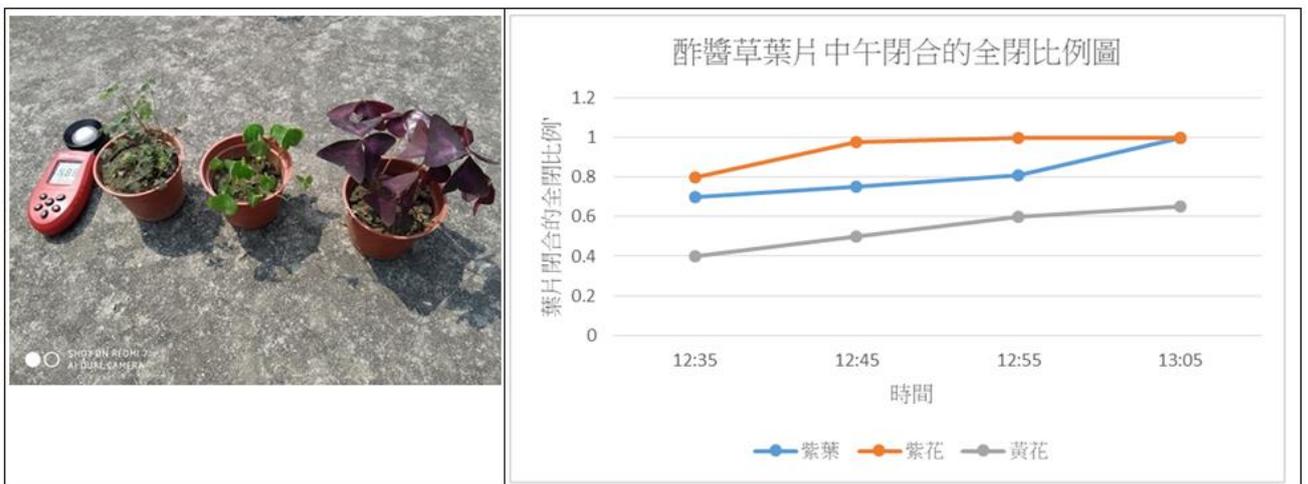


照片 5:早上葉片閉合

圖一:酢漿草上午葉片閉合順序與所花時間圖

由照片 5、圖一結果可知，葉片展開先後順序分別為：紫葉酢漿草葉片早上最早開始展開，黃花次之，紫花最慢展開，但所有葉片完全展開所需的時間分別為：黃花所需時間最短，紫葉次之，紫花從閉合到完全展開需花最久時間。

#### 2.中午葉片閉合：

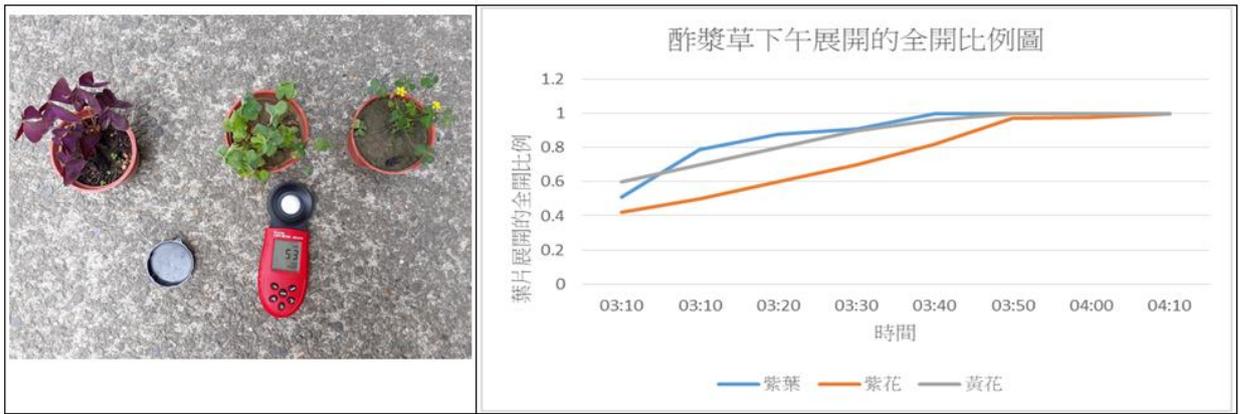


照片 6:中午葉片閉合

圖二:酢漿草中午葉片閉合順序與所花時間圖

由照片 6、圖二結果可知，葉片閉合先後順序分別為：紫花花酢漿草葉片中午最早開始閉合，紫葉次之，黃花花最慢閉合，但所有葉片完全閉合所需的時間分別為：紫花所需時間最短，紫葉次之，黃花從展開到完全閉合需花最久時間。

#### 3.下午葉片張開：

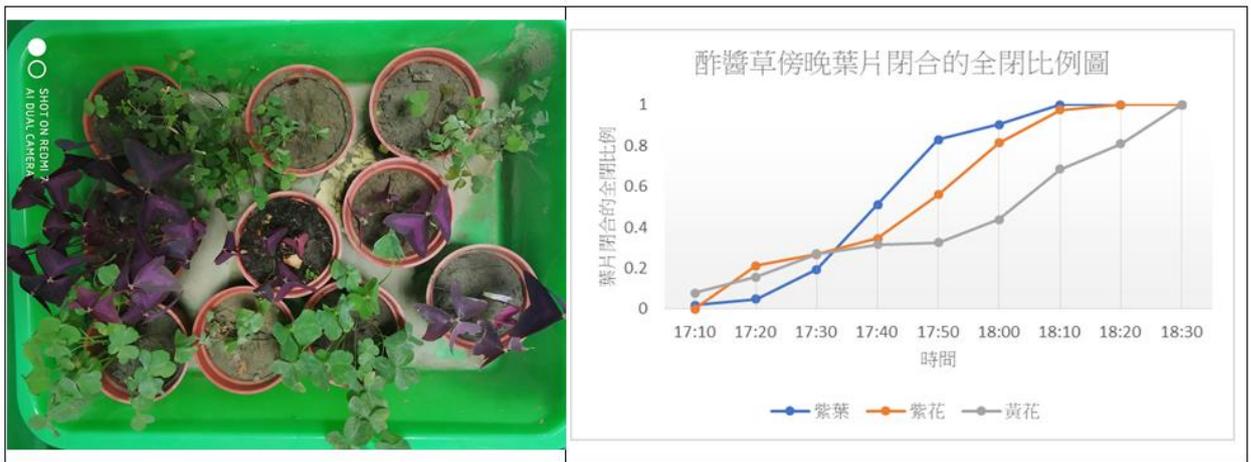


照片 7:下午葉片展開

圖三:酢漿草下午葉片展開順序與所花時間圖

由照片 7、圖三結果可知，葉片展開先後順序分別為：黃花酢漿草葉片下午最早開始展開，紫葉次之，紫花最慢展開，但所有葉片完全展開所需的時間分別為：紫葉所需時間最短，黃花次之，紫花從閉合到完全展開需花最久時間。

#### 4. 傍晚葉片閉合：



照片 8:傍晚葉片閉合

圖四:酢漿草傍晚葉片閉合順序與所花時間圖

由照片 8、圖四結果可知，葉片閉合先後順序分別為：黃花酢漿草葉片傍晚最早開始閉合，紫葉次之，紫花最慢展開，但所有葉片完全閉合所需的時間分別為：紫葉所需時間最短，紫花次之，黃花從閉合到完全展開需花最久時間。

綜合以上結果，三種酢漿草的開閉以表格呈現，開閉時間早晚及完成開閉速度分別以 1、2、3 表示

	紫葉酢漿草	紫花酢漿草	黃花酢漿草
早上展開順序	1	3	2
早上展開所需時間	2	3	1
中午閉合順序	2	1	3
中午閉合所需時間	2	1	3
下午展開順序	2	3	1
下午展開所需時間	1	3	2
傍晚閉合順序	2	3	1
傍晚閉合所需時間	1	2	3

## (二)討論：

- 1.前置測驗先觀察酢漿草葉片花多久時間開始有閉合反應，嘗試 10 分鐘、5 分鐘、2 分鐘、1 分鐘做紀錄，結果發現 5-10 分鐘內葉片變化最大，1 分鐘來不及紀錄三種結果，故採用 2 分鐘做紀錄，最能在短時間內觀察記錄其變化。
- 2.本來想架設錄影機直接攝影取代人工，但晚上無法清楚拍攝，如果架設紅光，根據**參考文獻指出，紅光會影響酢漿草開閉**，加上錄影機只能固定角度，有些角度拍攝不到，無法清楚觀察每片葉子的開閉，不得不犧牲睡眠以人工親自觀察記錄。
- 3.實驗過程中犧牲很多數據不能用，因為不同人雖然同時間，但異地觀察，三種酢漿草開始開閉時間的時間受光影響比例不同，無法以折線圖呈現，但**無論在何地，開閉的順序與所需時間長短是吻合的**，所以採用同時同地的數據為最終呈現數據。
- 4.根據紀錄結果發現，三種酢漿草葉片開閉受光線影響。三種酢漿草在早上當光線刺激時，會在短時間 5 分鐘內大量半開，也在短時間 10 分鐘內幾乎全開，剩下少數位於下位的葉片較照不到光線，較慢展開。但這點統計上，我們在計算上全閉合葉片數乘 0+半開葉片數乘 0.5+全開葉片數乘 1，**得到曲線無法呈現點時間內半開、短時間內全開的曲線**，只可以看得出開閉先後順序及總時間，這點有點可惜，但不知如何改進呈現數據。
- 5.由結果可得到一個趨勢：紫葉酢漿草對光線最敏感，弱光即開始開啟，但從開啟到閉合需時較久；紫花酢漿草對於造成葉片展開及傍晚閉合的光線較不敏感，最慢開始展開或閉合，也花最久時間展開，但中午對光線刺激卻非常敏感，很快開始閉合，閉合速度也很快；黃花酢漿草也野外調查即發現最耐強光，的確強光下最慢閉合，且不一定全部閉合，傍晚該閉合時，的確也花最久的時間完成閉合。**三種酢漿草受光刺激，開始產生植物感應，導致葉片展開或閉合的先後順序和整個完成開閉所需的時間，雖然都會閉合，但刺激因素不同，造成的反應也不同。**
- 6.在觀察過程中發現，葉片的開閉非同時開閉，有些快有些慢，發現和**葉片接受到的亮度有關**，清晨，照光面的葉片先開，背光面的葉片較慢開，從光度計上可看到葉片有無直接照光的光度差異很大；中午照光面的葉片先閉合，背光面的葉片較慢閉合；下午出現遮陰時，照光面的葉片先開，背光面的葉片較慢開；傍晚照光面的葉片先閉合，背光面的葉片較慢閉合。**更加佐證葉片的閉合除了生理時鐘，和光度有很大的關係**，此部分的觀察雖然沒有文獻特別說明，但普通生物學提到光敏素無法透過植物輸導組織送到其他部位，可以解釋每片葉子雖然受到光線影響，但每片葉片開閉時間可獨立進行。
- 7.因為初期繁殖不夠多盆的情形下，實驗必須家裡與學校兩邊進行，無意發現，將三種酢漿草放置車內後車廂中(車停地下室，亮度 0 Lux)的情況下，葉片在 7:00 仍然完全展開；將三種酢漿草放置於可透過客廳電燈亮度 150Lux 的陽台上，葉片在傍晚 6:00 居然完全閉合(照片 9)，可見早上酢漿草葉片完全展開和晚上葉片完全閉合可能**生理時鐘的因素大於亮度的因素**，這與 52 屆國中組科展中提到：在睡眠運動中，植物生理時鐘機制的影響力大於光線的影響力，二者結果吻合。



照片 9：傍晚 6:00 陽台微亮環境葉片仍完全閉合

8. 白天酢漿草完全展開後，因為要載去學校實驗，放置於後車廂完全無光處 20 分鐘後，葉片也會完全閉合(如照片 10)。此時**光線因素的影響又大於生理時鐘**。這點觀察，從 45 屆高中組科展、52 屆國中組科展都在探討日夜顛倒處理幾天後，會讓葉片在夜晚全開，顯示光線無法完全調控睡眠運動，但會影響生理週期。



照片 10：白天後車廂完全無光處 20 分鐘

9. 文獻中沒有人實驗觀察白天短暫全黑處理也會在短時間內觸發葉片閉合，我們觀察到這點，白天葉片不該閉合的時間遇到全暗環境也會閉合，和**亮度有關，且亮度因素又大於生理時鐘因素**。有趣的觀察是，當白天不該閉合時間以黑暗處理，會造成該盆傍晚的睡眠運動時間往後延後，原本覺得遇到不一樣的變化，害我們傍晚葉片閉合的睡眠運動的數據亂掉往後延了快一個小時，但意外的觀察結果，好像人類平時不睡午覺，突然睡了一覺，晚上就睡不著一樣。

### 三、在日照下，觀察紫花、黃花、紫葉酢漿草的午睡運動的情形

(一)結果：



黃花酢漿草



紫花酢漿草



紫葉酢漿草

2019.8.11 日照下	黃花酢漿草	紫花酢漿草	紫葉酢漿草
AM 08:00	全開	全開	全開
AM 10:00	全開	閉合	閉合
中午 12:00	閉合	閉合	閉合(莖下垂)
下午 16:00	全開	開 3 成	(樹蔭下) 全開

- 1.黃花酢漿草於正午時段才閉合，過了正午時段又逐漸展開，葉片午睡時間較短。
- 2.紫花酢漿草大約於上午 10:00 就閉合，並於下午 4 點才有展開的情形，葉片午睡時間較長。
- 3.紫葉酢漿草上午 10:00 葉片就已完全閉合，到中午強光下，莖還有嚴重垂下的現象。將它移到樹蔭下，約 30 分鐘後，葉片已展開；但莖仍下垂，未完全恢復。
- 4.觀察發現紫花、黃花和紫葉酢漿草在中午強光日照下，葉子都有閉合現象。其中紫葉和紫花酢漿草葉子閉合的情形，較黃花酢漿草更顯著。

(二)討論：

1. 三種酢漿草在近中午日照下葉片都有明顯閉合現象，與其在夜間睡眠運動葉片閉合相似，故稱之為「午睡運動」。因紫葉酢漿草在中午強光下，除葉片閉合外且莖亦下垂，有明顯萎凋現象，因怕其枯萎而至移至樹蔭下，發現葉片又展開，但莖仍下垂。推測酢漿草的午睡運動，應該跟光照強度與水分蒸散有關，故設計日照澆水及遮蔭實驗來探討光強度對葉片閉合(午睡運動) 的影響。
- 2.因為黃花和紫花酢漿草在周遭環境中較易尋見且好培植，而紫葉酢漿草數量很少，且中午日照下莖有嚴重垂下的現象，對葉片午睡運動的觀察較不便。所以，選取黃花酢漿草和紫花酢漿草做午睡現象的實驗。

四、在日照下，不同澆水頻率，觀察黃花和紫花酢漿草午睡運動的情形

(一)結果：如下表，發現澆水頻率不同，黃花及紫花酢漿草葉片閉合狀況都相同。

2019.8.11	日照下早晚各澆水一次		日照下每小時澆水一次	
品種	黃花	紫花	黃花	紫花
AM 08:00	全開		全開	
中午 12:00	閉合		閉合	
PM 16:00	全開		全開	

(二)討論：

澆水頻度不同，葉片閉合狀況都相同，代表水分供應不是影響午睡運動的主要因素。對照台中市科展報告(2006)「酢漿草，乖乖睡吧！」實驗中，酢漿草植株在正午用罐子罩住維持高濕度的狀況下，相較於對照組葉片僅有延遲閉合現象。綜合二者推測蒸散作用應不是影響午睡運動的主要決定因素，因在水分供應無虞，或高濕度情況下葉片仍會閉合午睡，故實驗轉往光照方向探討。而接下以水分供應早、晚各澆水一次為主進行試驗。

## 五、在日照下、樹蔭下和紙箱內，觀察黃花、紫花酢漿草午睡運動的情形

(一)結果：如下表。

2019.8.11	日照下		樹蔭下		不透光紙箱內	
品種	黃花	紫花	黃花	紫花	黃花	紫花
AM 08:00	全開		全開		全開	
中午 12:00	閉合		全開		閉合	
PM 16:00	全開		全開		閉合	

- 1.在烈日直射下，二種酢漿草在正午都有葉片閉合之午睡現象。
- 2.在樹蔭下，二種酢漿草在正午時段都沒有閉合午睡現象。
- 3.將葉片全開的酢漿草移至在毫無光線的紙箱內，葉片完全閉合未打開。

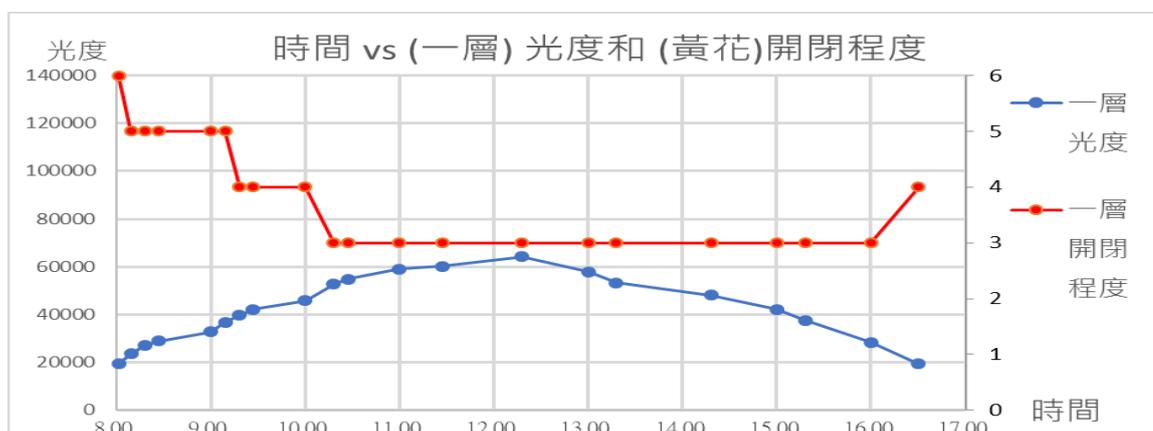
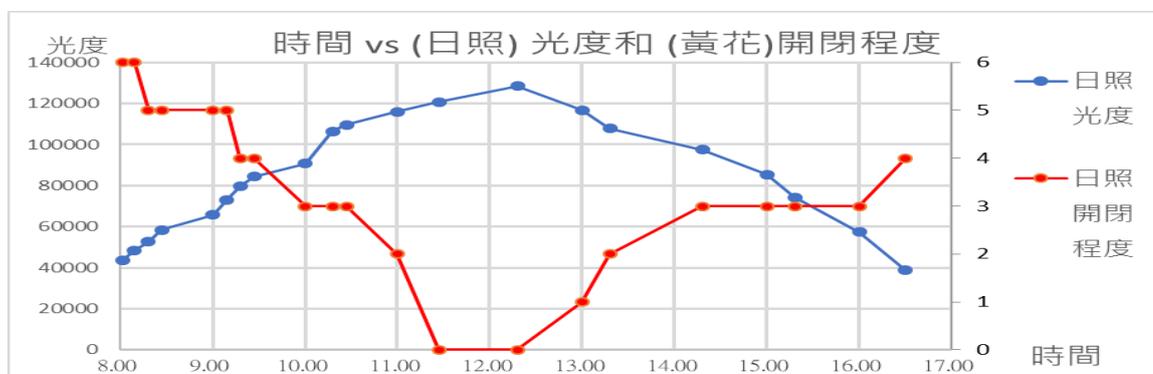
(二)討論：

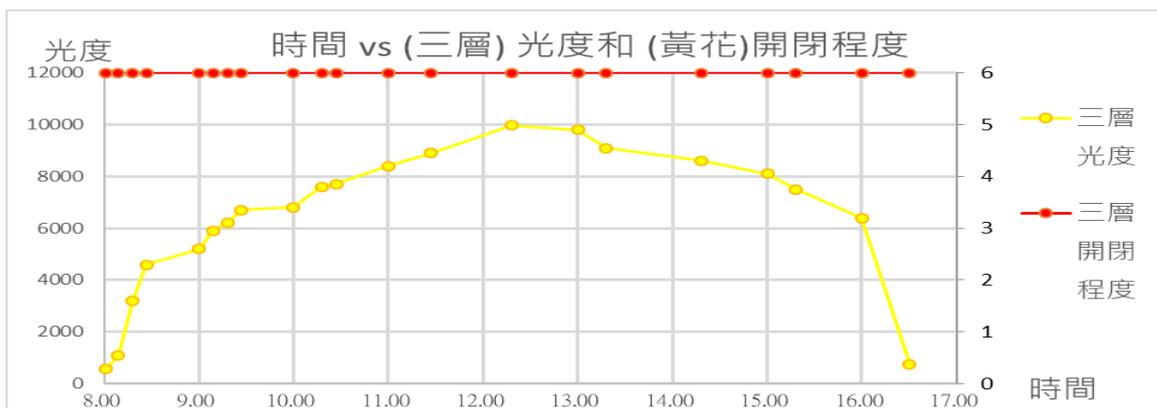
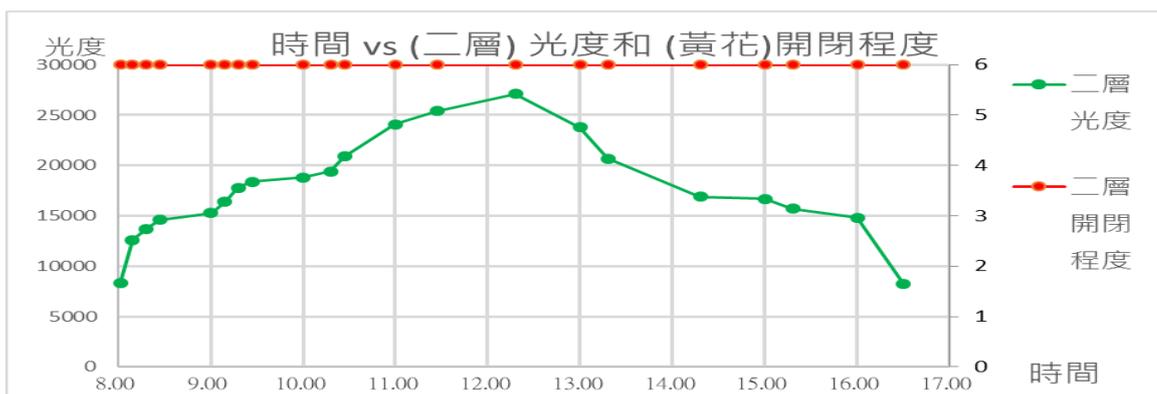
比較二種酢漿草置於日照、樹蔭及不透光紙箱三種環境下，在正午烈日直射及黑暗下，酢漿草葉片均會閉合，只有在樹蔭下葉片才保持全開。說明光太強及無光的情況下均會使酢漿草葉片閉合。參考文獻所得，酢漿草之睡眠運動是在光線減弱時葉片閉合，有光線時葉片會張開，但本實驗發現正午光太強也會使葉片閉合(午睡現象)，故下一實驗以遮光網遮蔭，控制光線強弱來探討光度對葉片閉合的影響。

## 六、使用遮光網，觀察在不同光度下，對黃花、紫花酢漿草午睡運動之影響

(一)結果：如下圖。

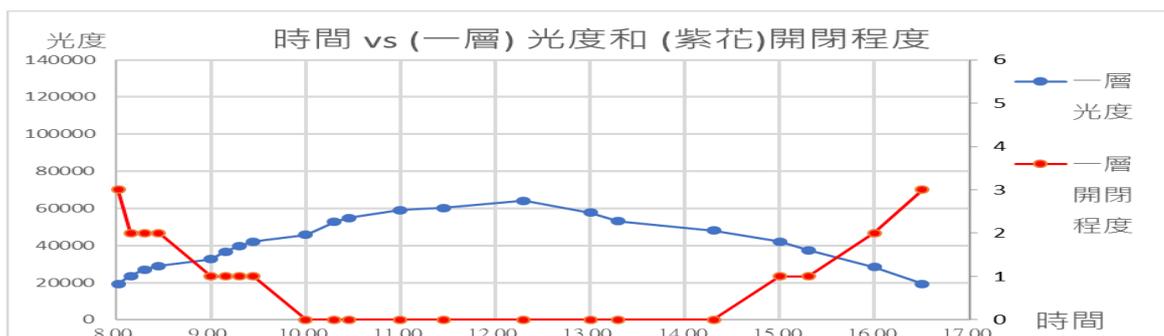
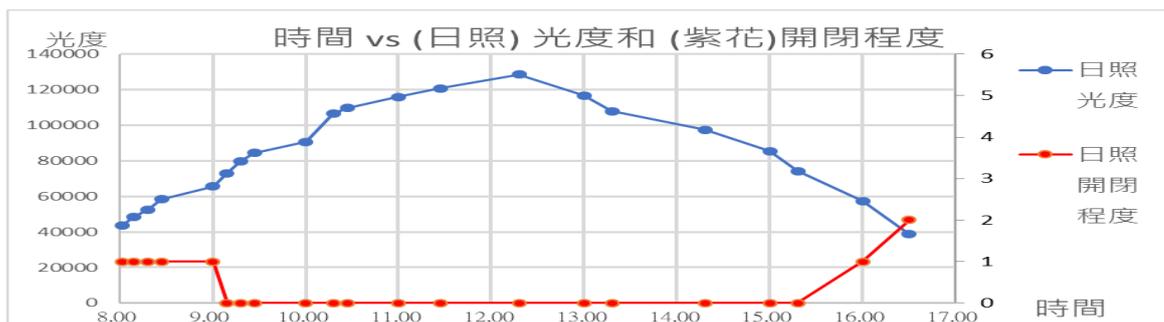
1.黃花酢漿草：

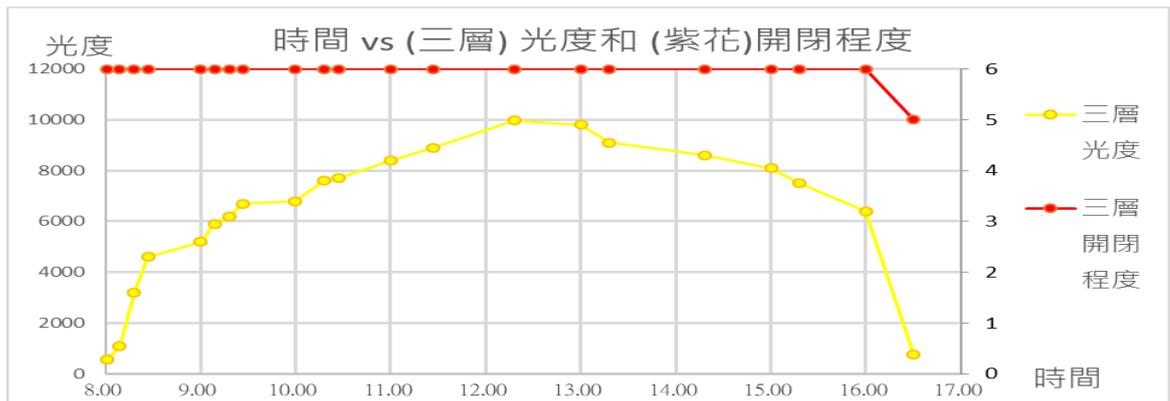
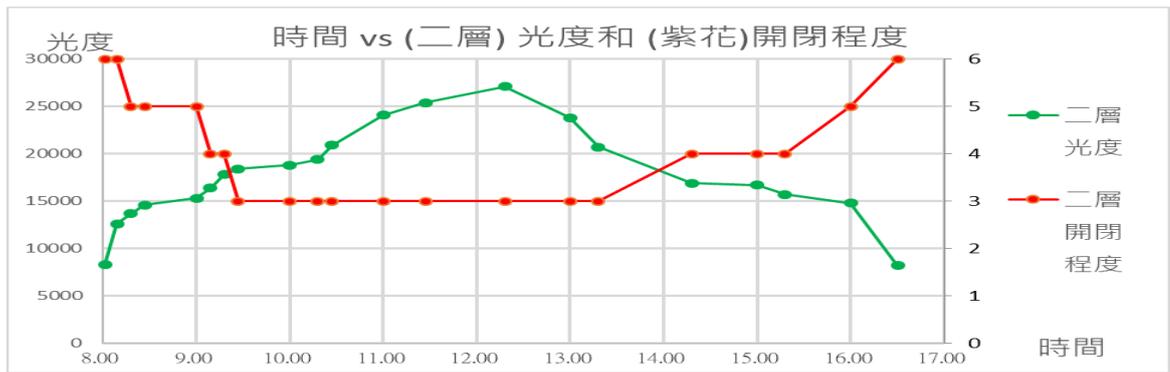




- (1)全日照(未遮光)八點鐘時光強度已達 43500 Lux，光強度接近 52600 Lux 時葉片開始閉合，光強度接近 120700 Lux 時葉片時葉片完全閉合。
- (2)遮一層遮光網日照強度在 19300 Lux~64200 Lux 間，葉片開閉介於 3~5 成間，葉片無法完全閉合(屬半閉合)。
- (3)遮二層遮光網日照強度在 8210 Lux~27100 Lux 間，葉片無閉合(全開)。
- (4)遮三層遮光網日照強度在 3400 Lux~9970 Lux 間，葉片無閉合(全開)。

## 2.紫花酢漿草：

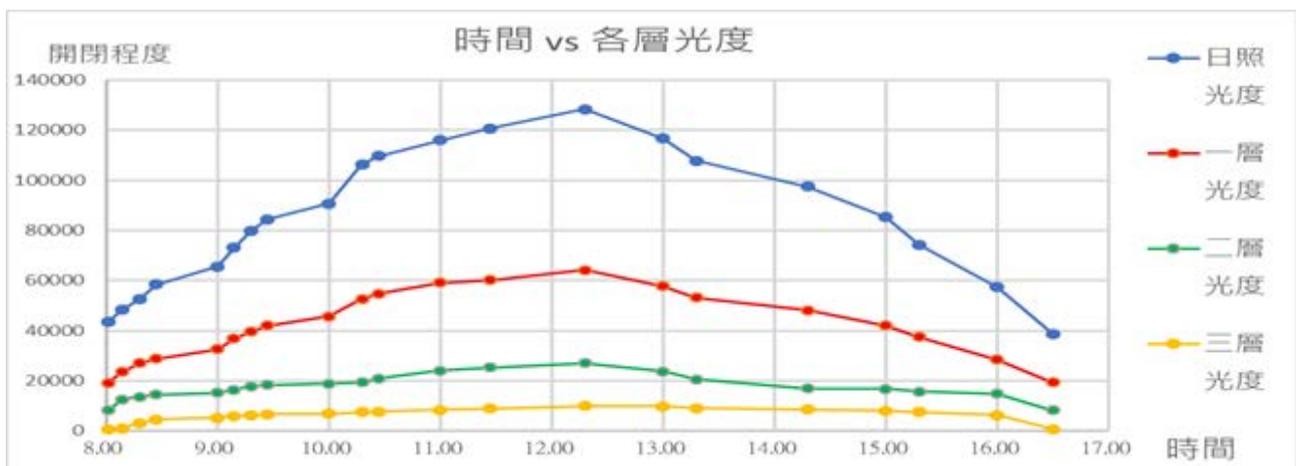




- (1)全日照(未遮光)八點鐘時光強度已達 43500 Lux，葉片僅開一成(幾乎閉合)。光強度約 73100 Lux 時葉片已完全閉合，至光強度接近 38700 Lux 時葉片才再微開。
- (2)遮一層遮光網日照強度約在 19300 Lux~64200 Lux 間，葉片幾乎全閉合(僅一開始微開一成)。
- (3)遮二層遮光網日照強度在 8210 Lux~27100 Lux 間，葉片開三成，至下午四點，光照強度降至 14800 Lux，葉片開五成。
- (4)遮三層遮光網日照強度在 3400 Lux~9970 Lux 間，葉片一直維持開五成。

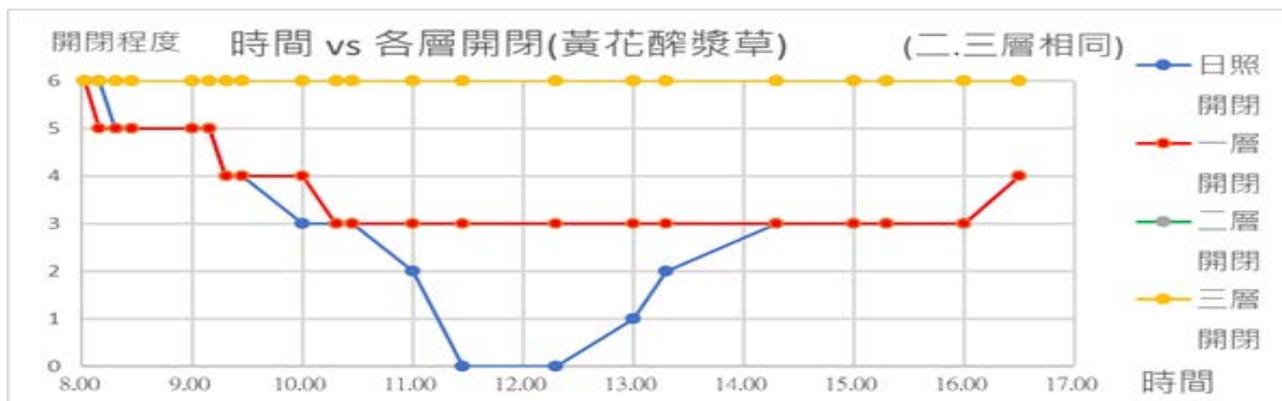
(二)討論：

- 1.以紫花酢漿草為例，統合全日照及蓋遮光網的光度數據如下圖，蓋遮光網會明顯降低光度，遮一層約減少 50%的照度，遮兩層再減少 50%的照度(剩 25%照度)，遮三成剩 12.5%照度。因此用遮光網遮光降低照度是可行方法，用來證明降低光度是否可以減少中午葉片閉合的午睡現象。

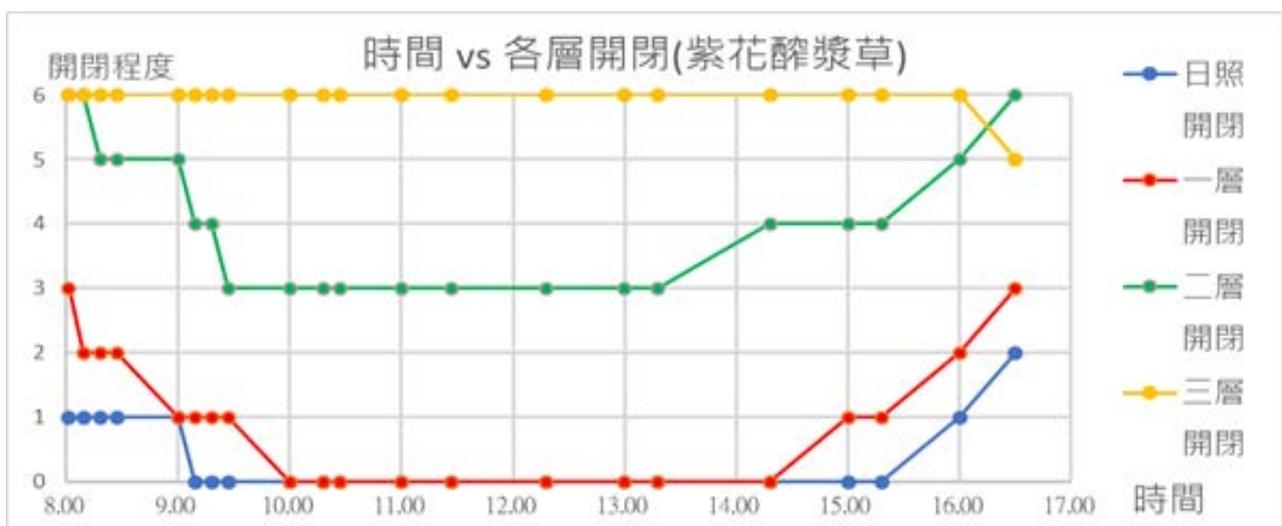


2.綜合黃花酢漿草遮光實驗，分析圖表如下圖。

- (1) 一如之前觀察，全日照在正午 (11:00~12:30 時)葉片全閉，進入午睡。
- (2) 遮一層遮光網在試驗時間內葉片維持 3~5 成的展開度。
- (3) 遮二及三層遮光網，因光度都在 27100 Lux 以下，葉片全開，無午睡現象。
- (4) 實驗證明光強度確實是影響黃花酢漿草午睡的重要因子。
- (5) 以上述數據分析，黃花酢漿草要在光強度 52600 Lux 以上葉片才有閉合現象，而要達到葉片完全閉合光強度需達到 120700 Lux。



3.綜合紫花酢漿草遮光實驗，分析圖表如下圖。



- (1) 紫花酢漿草較之黃花酢漿草對光度更為敏感，在遮三層遮光網光度約 3400 Lux ~ 9970 Lux 葉片即有閉合現象(葉片開五成)，遮二層遮光網光度約 8210 Lux ~ 27100 Lux 葉片維持開三成，而光強度在 45800 Lux 以上葉片全部閉合進入午睡狀態。
  - (2) 再次證明光強度也是影響紫花酢漿草午睡的重要因子，且午睡運動所需要的光強度較黃花酢漿草低。
- 4.一般認為夜間植物的睡眠運動在葉片閉合時可以減少溫度與水分的散失，而酢漿草中午葉片閉合(午睡現象)大都是認為葉片閉合是為了減少水分的蒸散。然本實驗卻發現在水分供應無虞情況下，光強度才是影響葉片閉合的主要因子。經查植物生理學課本，書中提到若日光太強會造成葉綠素分子氧化(光氧化

photooxidation)，因此我們認為酢漿草午睡現象是一種植物自我保護機制，在正午強光下葉片閉合，使光線無法直射葉片，可減少受光面積，並避免葉片中的葉綠素分子在強光下被氧化分解而失去吸收光能的作用，導致光合作用無法進行。

5.在觀察紫花酢漿草午睡現象過程中，發現遮光後會使環境溫度改變，為了確認溫度對午睡運動的關聯性，我們設計實驗探討溫度高低，對不同品種酢漿草的午睡運動的影響。

## 七、比較中午三種酢漿草在燒杯內與燒杯外(高濕度和正常盆栽)閉合的先後順序與所花費的時間

### (一)結果：

從上一個實驗觀察到葉片正中午會閉合，但和傍晚閉合狀況又不同，我們假設光線因素大於水分因素，因此想到高濕度(透明燒杯覆蓋下)與直接照光下，三種酢漿草和對照組無燒杯覆蓋的正常情況下，葉片閉合快慢有無差異，因此設計此實驗，結果如下：



照片 11:中午三種酢漿草在燒杯內與燒杯外比較

由照片 11 結果可知，**覆蓋燒杯的酢漿草已經全部閉合時，沒覆蓋燒杯的對照組還沒完全閉合**，其中無論燒杯內外皆以紫花酢漿草閉合速度最快，黃花酢漿草閉合速度最慢，甚至燒杯外有些葉片不閉合。

### (二)討論：

- 1.本實驗也是採用 2 分鐘做紀錄，剛開始使用 250ml 燒杯作實驗，葉片閉合速度較快，但空間不足，葉片展開會碰到燒杯壁，影響實驗觀察。後改用 500ml 燒杯，葉片閉合速度較慢，葉片不會受到燒杯壁阻擋有較大空間開閉。
- 2.有罩燒杯處理燒杯內濕度高，蒸散作用會變慢，但葉片在強光下也會閉合，可見蒸散作用導致葉片缺水並不是造成葉片閉合的主因，證實白天酢漿草葉片閉合主要是受光強度影響之結果一樣。但令人意外地，在光線直射下，三種燒杯內的酢漿草，閉合速度皆比無燒杯處理的對照組快。本以為在高濕度環境下，葉片水分蒸散慢，葉片閉合會更慢，事實則否，因此推測影響葉片閉合除了光度、水分應該還有其他因素。
- 3.一般而言有罩燒杯，燒杯內會有溫室效應而變悶熱(原本想測量燒杯內的溫度，但溫度計太長，無法測量，實在可惜)，這有可能導致葉片較快閉合，此部分可繼續深入研究。

## 八、比較中午三種酢漿草葉面葉背塗凡士林與不塗凡士林，閉合的先後順序與所花費的時間

### (一)結果：

為了更進一步確認燒杯內閉合快和蒸散作用無關，將酢漿草葉面、葉背塗上凡士林，堵住氣孔使水分完全無法蒸散。結果有塗凡士林的葉片閉合速度皆比無塗凡士林的葉片閉合速度快，如照片 12。



照片 12:三種酢漿草有無塗凡士林比較

### (二)討論：

- 1.塗凡士林的目的是將水分鎖在植物體內讓其無法蒸散，結果發現反而葉片閉合更快，可見蒸散作用真的不是正中午葉片缺水導致閉合的原因，加上前面實驗強光直射下，葉片會閉合，遮陰葉片會張開的實驗佐證，葉片閉合受到光線影響大於蒸散作用，顛覆課本提到酢漿草閉合是因為受到水份影響。
- 2.我們推測酢漿草因水分無法蒸散散熱，導致葉片溫度升高而閉合，然其閉合機制有待進一步探討。
- 3.在實驗時，需考慮有無塗凡士林的葉片，擺放方向要同時向光，絕對不能讓實驗組或對照組有一些向光有些背光，否則會造成實驗數據受光線影響而非水分蒸散。
- 4.為了避免塗抹凡士林造成葉片負擔，可能因為地球引力或沾黏影響葉片閉合，恰巧酢漿草有三片小葉，故隨機取葉片分別塗抹一片、兩片、三片，結果發現無論塗抹幾片小葉，三片小葉閉合是同步的，這好像我們瞳孔反射，雖然一個眼睛受到刺激，但兩眼的反應是同步，酢漿草也是如此，只要一葉塗抹凡士林，三葉均有共同反應，一起閉合，這又是一個意外的發現。

## 九、強光對三種酢漿草葉片造成的影響

為了探討為何酢漿草葉片在強光下會閉合，我們推測是強光會造成光氧化現象，可能會使葉片受損傷。因此我們將葉片撐開，不讓其閉合(照片 13)，目前只有紫葉酢漿草在下雨過後出太陽，葉片會出現白斑。其因也有可能是下雨的水珠在葉片上照光，有凸透鏡效果，導致花青素、葉綠體被破壞，其他兩種酢漿草還沒看到此現象(照片 14)，所以強光是否會破壞葉片，造成色素分解，需進一步做實驗驗證。



照片 13:紫葉酢漿草受到強光影響

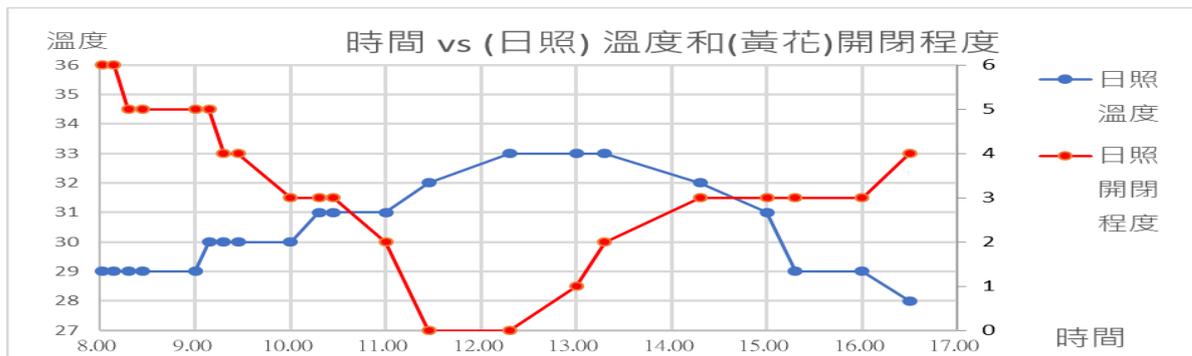


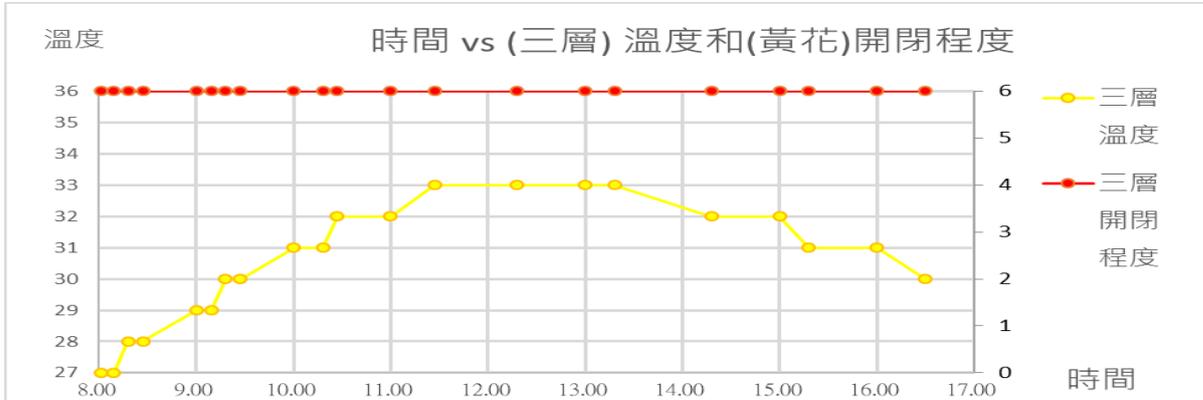
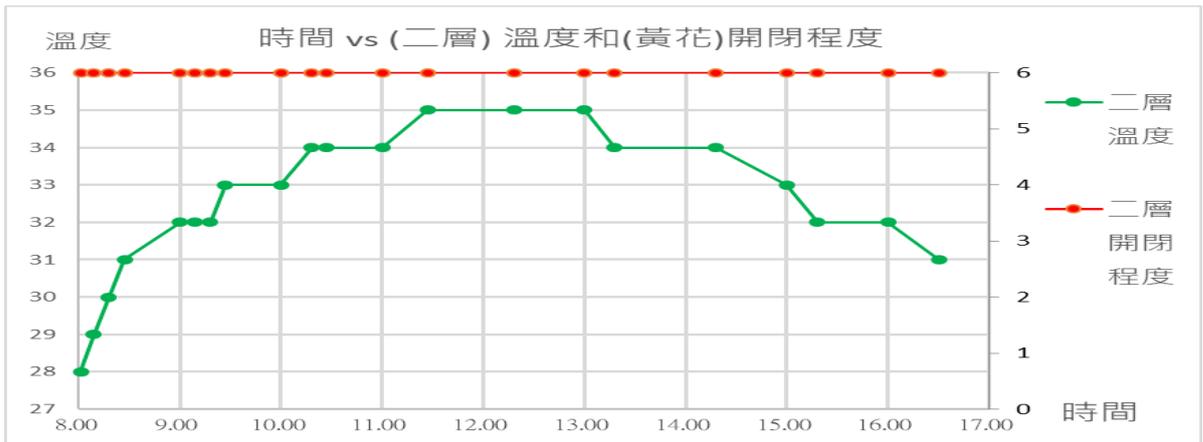
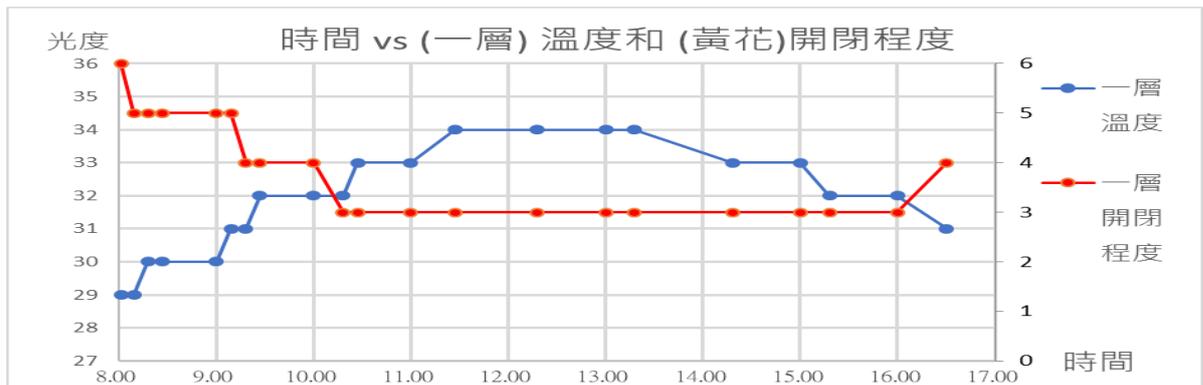
照片 14:紫花、黃花酢漿草受到強光影響  
 十、 溫度高低對酢漿草葉片開閉之影響

(一)使用遮光網，觀察在不同溫度下，觀察二種酢漿草午睡運動的情形。

1. 結果：二種酢漿草全日照(不遮)、遮一層遮光網、遮二層遮光網、遮三層遮光網  
 實驗溫度與葉片開閉程度結果如下。

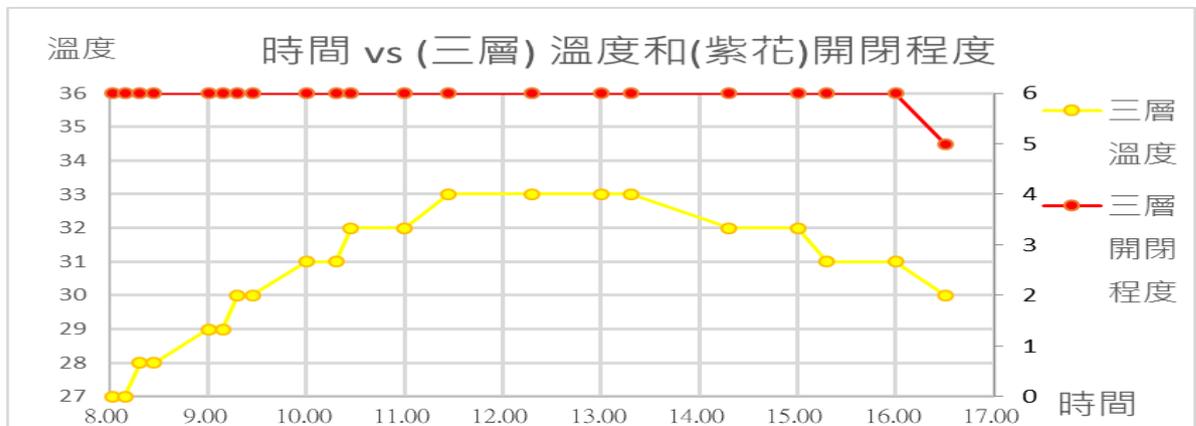
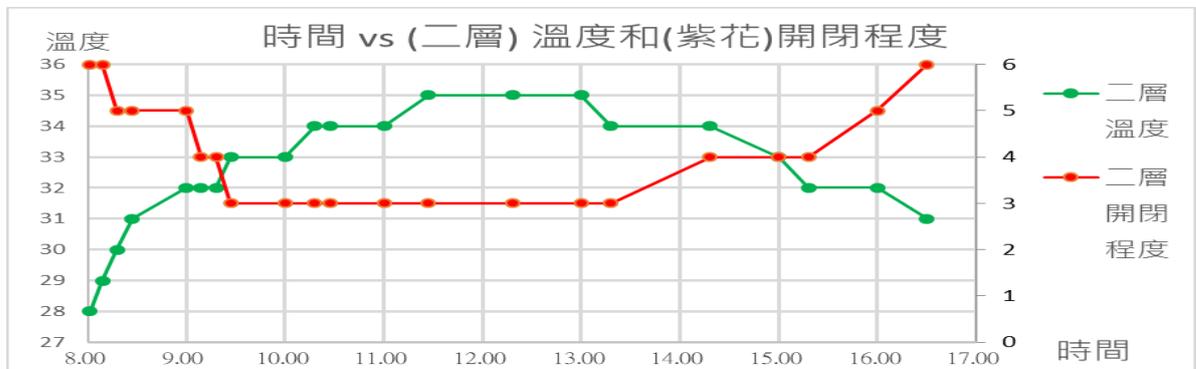
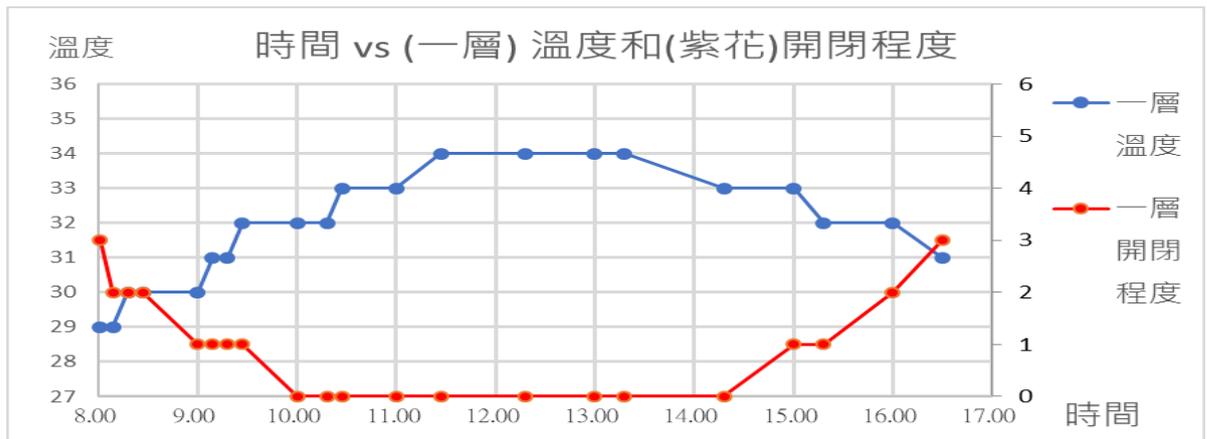
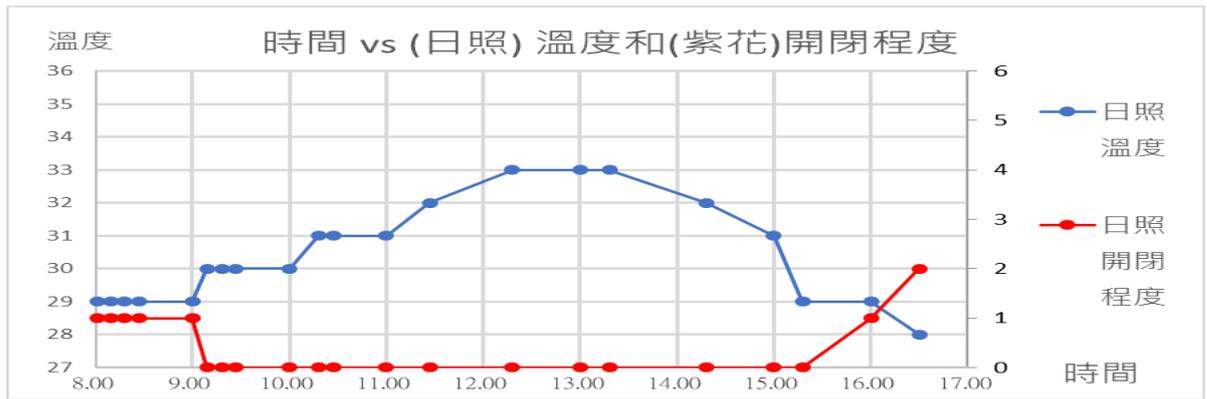
(1)黃花酢漿草：





- (A) 全日照(未遮光)在觀察期間，溫度從 29°C 上升至 33°C 再降回 28°C，葉片也隨之閉合，在 32°C 時完全閉合午睡，但下午一點溫度 33°C 葉片反而微張(開一成)。
- (B) 遮一層遮光溫度從 29°C 上升至 34°C 再降回 31°C，葉片從開五成閉合到開三成，下午 4:50 最後一次記錄回到開四成。
- (C) 遮二層溫度從 28°C 上升至 35°C 再降回 31°C，溫度雖升至 35°C 最高溫，但葉片一直維持全開(無午睡現象)。
- (D) 遮三層遮光網溫度從 27°C 上升至 33°C 再降回 30°C，葉片也是全開 (無午睡現象)。

(2) 紫花酢漿草：

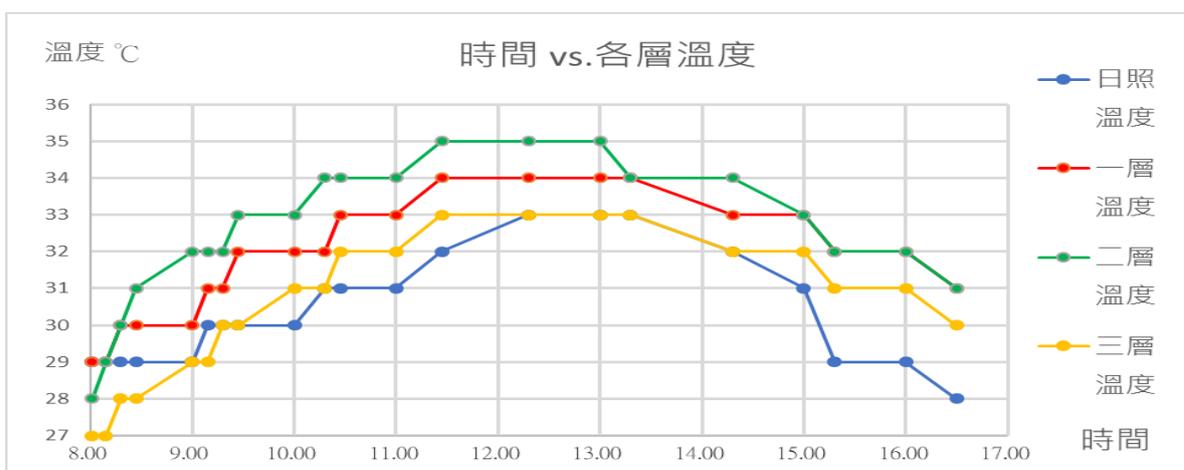


(A) 全日照(未遮光)在觀察期間，溫度從 29°C 上升至 33°C 再降回 28°C。上午 9 :

15 溫度達 30°C 時葉片全閉合，一直到下午溫度從 33°C 再降回 29°C 時葉片才又微開至一成，降至 28°C 時葉片微開二成。

- (B) 遮一層遮光溫度從 29°C 上升至 34°C 再降回 32°C，葉片從開三成到溫度升至 32°C 全閉合，下午溫度從 34°C 再降回 32°C 時葉片才恢復開一成。最後溫度降至 31°C，葉片開三成。
- (C) 遮二層溫度從 28°C 上升至 35°C 再降回 31°C，溫度雖升至 35°C 最高溫，期間葉片從全開到開三成，再恢復到全開，沒有完全閉合現象。
- (D) 遮三層遮光網溫度從 27°C 上升至 33°C 再降回 30°C，葉片維持全開（無午睡現象）。

2. 討論：全日照及使用遮光網的溫度變化如下圖。



(1) 在實驗中發現遮光網在開始記錄溫度時，會因遮光造成環境溫度較低，但隨著日照時間增加，遮一層與遮二層遮光網這兩組處理，溫度反而會比全日照(未遮光)還高，推測遮光網會使空氣不易對流散熱(熱空氣向上流動被阻礙)，故在遮二層遮光網測得最高溫 35°C。

(2) 比較正午 12:30 時，四組處理所測得之溫度及光度(如下表)，發現葉片閉合程度應該跟光度比較有關，因在最高溫 35°C 時，葉片並沒有完全閉合。

時間 12:30	日照	一層	二層	三層
溫度	33°C	34°C	35°C	33°C
光度(Lux)	128500	64200	27100	9970
黃花(展開程度)	0	3	6	6
紫花(展開程度)	0	0	3	6

(3) 從另一觀點比較不同時間相同溫度(33°C)，二種酢漿草葉片開閉情形如下表，發現溫度雖相同，但酢漿草葉片可從全閉到全開，配合光度數據比較，再次證明葉片閉合程度與光度較相關。

溫度 33°C	日照	一層	二層	三層
時間	12:30	11:00	10:00	12:30
光度(Lux)	128500	59100	18800	9970
黃花(展開程度)	0	3	6	6
紫花(展開程度)	0	0	3	6

(二)在樹蔭下通風處及汽車內密閉高溫處，觀察二種酢漿草午睡運動的情形。

1. 結果：在遮陰情況下，在高溫 42<sup>o</sup> C 時酢漿草葉片會閉合，數據如下表。

	樹下(低溫)通風處	汽車(高溫) 密閉處
中午	遮蔭未照光	遮蔭未照光
溫度	28 <sup>o</sup> C	42 <sup>o</sup> C
黃花(展開程度)	6	0
紫花(展開程度)	6	0

2. 討論：

大部分資料顯示若溫度高，使水分蒸發快，會造成葉片膨壓下降而導致葉片閉合。因此我們設計在樹蔭下通風處(氣溫維持在 28<sup>o</sup>C)及汽車內密閉高溫處(氣溫維持 42<sup>o</sup>C)二組實驗比較，資料如上表。實驗發現在樹蔭下低溫通風處，葉片完全展開；在密閉高溫汽車內，酢漿草葉片迅速閉合。推測車內因密閉高溫悶熱，葉片蒸散作用大，水分快速蒸散，膨壓迅速減小，致使葉片快速閉合。但相較於光度，溫度應該是影響酢漿草午睡運動的次要因子。

(三)低溫對三種酢漿草葉片開閉的比較。

1. 結果：在研究過程中遭遇幾波霸王寒流，導致葉片在大白天閉合，影響我們實驗觀察，無意間發現如果將盆栽移到室內，葉片並不會閉合，因此讓我們延伸多探討了一項影響葉片閉合的因素。圖 23 上圖為實驗前，確定每葉展開狀況，將三種酢漿草放於 10<sup>o</sup>C 冰箱內、澆 0<sup>o</sup>C 冰水、交自來水，結果經過 50 分鐘，直到第二組冰塊完全融化，三組葉片皆完全展開，不會閉合(下圖)，且有趣的是，葉片不但完全展開，葉緣還有些微往上翹起(下圖 )

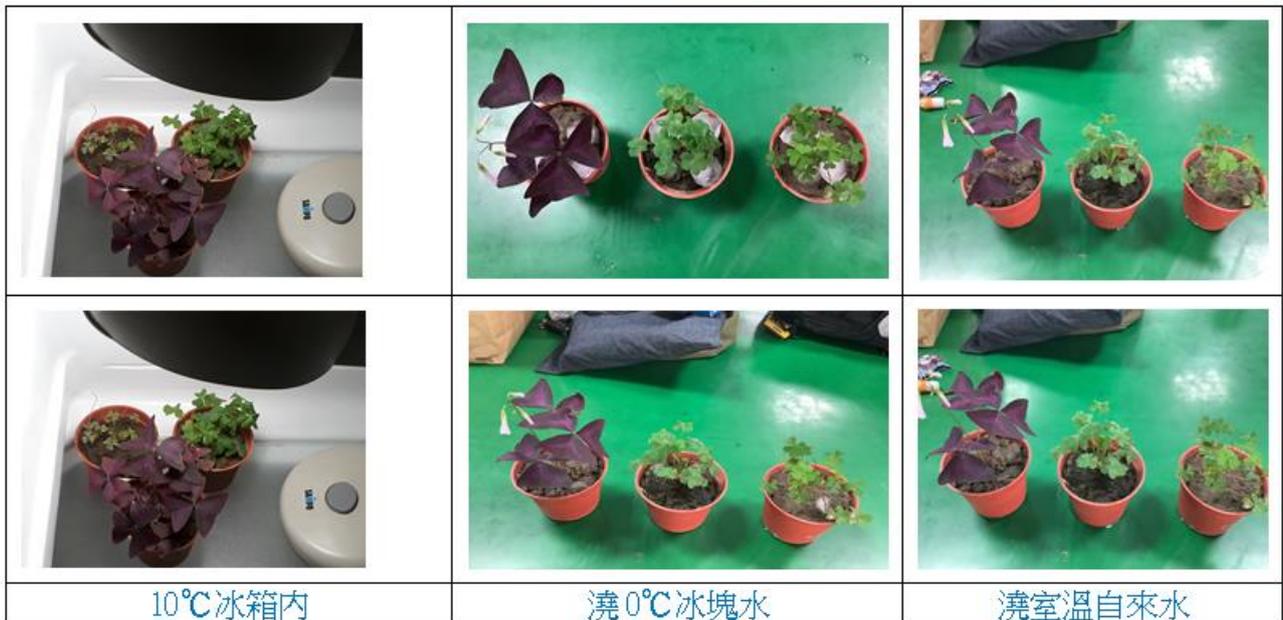


圖 23: 低溫對三種酢漿草葉片開閉的比較

2. 討論：

(1)調整冰箱低溫至 10<sup>o</sup>C，是因為台中地區霸王寒流來時，氣溫約 10<sup>o</sup>C，除非高山，

不會有低於零下的低溫，且前置測試實驗其實也有將酢漿草置於冷凍庫，結果發現酢漿草可能因為過於低溫產生結冰，一拿出冷凍庫全部萎凋，後續死亡，故後續正是實驗將三種完全展開葉的酢漿草置於冰箱 10°C 冷藏處，並拉檯燈 (4880lux) 去除酢漿草葉片在黑暗中閉合的因素下進行實驗。

- (2) 由圖 23 結果可知，可見霸王寒流看到的葉片閉合並不是因為低溫引起，而是有其他因素。
- (3) 因我們實驗移動酢漿草時，發現葉片也會閉合，之後又設計一系列風吹或晃動對不同品種酢漿草葉子閉合的影響，想進一步探討除了光照、溫度外是否還有其他因子影響酢漿草葉片的閉合。

## 十一、風吹、晃動對黃花、紫花酢漿草葉片閉合之影響

(一) 不同風速、吹動不同時間長度，對黃花、紫花酢漿草葉片閉合之影響：

1. 使用不同風速的電風扇吹動，觀察二種酢漿草葉片閉合的情形

(1) 結果：

(A) 小型風扇，風速: 約 6.6 (Km/h)，吹動時間: 15 分鐘，結果如下表：

小型風扇吹動風力較小，對於紫花、黃花酢漿草都沒有觸動葉子閉合現象。

小型風扇 品種	莖長度	風速	吹動時，莖 的傾斜角度	吹後，莖的 傾斜角度	吹後，葉子 展開角度
黃花	2.7cm	6.6	約 40	0	90
	4.5cm	6.6	約 40	0	90
	5.3 cm	6.6	約 40	0	90
紫花	5.6cm	6.6	約 40	0	90
	6.7cm	6.6	約 40	0	90
	9.8cm	6.6	約 40	0	90

(B) 中型風扇，風速: 約 10.0(Km/h)，吹動時間: 15 分鐘，結果如下表：

吹動的風力能讓酢漿草葉子微閉合角度 10 度。

中型風扇 品種	莖長度	風速	吹動時，莖 的傾斜角度	吹後，莖的 傾斜角度	吹後，葉子 展開角度
黃花	2.7cm	10.0	約 50	0	80
	4.5cm	10.0	約 50	0	80
	5.3 cm	10.0	約 50	0	80
紫花	5.6cm	10.0	約 50	0	80
	6.7cm	10.0	約 50	0	80
	9.8cm	10.0	約 50	0	80

(C) 大型風扇，風速: 約 15(Km/h) 吹動時間 15 分鐘，結果如下表：

酢漿草莖會傾斜、葉子會閉合，數據顯示莖越長葉子閉合越明顯。

大型風扇 品種	莖長度	風速	吹動時，莖 的傾斜角度	吹後，莖的 傾斜角度	吹後，葉子 展開角度
黃花	2.7cm	15.0	約 85	5	40
	4.5cm	15.0	約 85	10	30
	5.3 cm	15.0	約 85	15	20
紫花	5.6cm	15.0	約 85	15	15
	6.7cm	15.0	約 85	20	10
	9.8cm	15.0	約 85	30	0

(2) 討論：

(A) 比較 52 屆科展報告「不讓你睡～睡眠運動植物適應時差變化節奏之研究」，酢漿草在白天手碰觸 5 分鐘及吹強冷風，都會使葉片閉合，此與本實驗有相似之處。

(B) 而我們的實驗更進一步得知風越大會導致莖傾斜角度變大(小型及中型風扇吹後莖會復原)，葉片閉合的角度也越大(小型風扇吹後葉片不閉合)；此外莖長度越長，在風吹搖動下葉片閉合也越明顯。

2. 電風扇使用強風速下，吹動不同時間長度，對二種酢漿草葉片閉合的情形。

(1) 結果：大型風扇，風速: 約 15(Km/h)吹動時間 15、10、5 分鐘，數據如下表：  
酢漿草莖會傾斜、葉子會閉合，數據顯示莖越長葉子閉合越明顯。

酢漿草 品種	莖長度	吹動時 ，莖的傾斜角度			吹後， 莖的傾斜角度			吹後， 葉子閉合角度		
		15 分鐘	10 分鐘	5 分鐘	15 分鐘	10 分鐘	5 分鐘	15 分鐘	10 分鐘	5 分鐘
黃花	2.7cm	約 85	約 85	約 85	5	5	5	50	50	50
	4.5cm	約 85	約 85	約 85	10	10	10	60	60	60
	5.3 cm	約 85	約 85	約 85	15	15	15	80	80	80
紫花	5.6cm	約 85	約 85	約 85	15	15	15	75	75	75
	6.7cm	約 85	約 85	約 85	20	20	20	80	80	80
	9.8cm	約 85	約 85	約 85	30	30	30	90	90	90

(2) 討論：

(A) 而在強風吹襲 5 分鐘即可看見莖傾斜及葉片閉合的現象，延長風吹時間到 15 分鐘結果相同。

(B) 推測風吹酢漿草葉片會閉合，應該是為了減少葉子在擺動時相互碰觸摩擦，而造成葉子損傷，因葉片若有傷口容易造成病原菌的入侵。

(C) 由於莖越長擺動的角度會越大，故長莖擺動時葉片容易閉合亦可能是為了減少植株摩擦損傷。

(二) 水平晃動，對黃花、紫花酢漿草葉片閉合程度之影響。

1. 結果：水平晃動距離二十公分，晃動時間 1 分鐘，結果如下表：

水平晃動會使酢漿草莖傾斜、葉子閉合，且莖越長葉子閉合越明顯。

水平晃動	莖長度	晃動次數	晃動時，莖的傾斜角度	晃後，莖的傾斜角度	晃後，葉子閉合角度
黃花酢漿草	3.5cm	116	40	5	10
紫花酢漿草	7.6cm	116	75	25	80
黃花酢漿草	5.1cm	114	50	15	20
紫花酢漿草	9.5cm	114	85	30	90
黃花酢漿草	4.2cm	112	45	10	15
紫花酢漿草	6.9cm	112	70	20	80

## 2. 討論：

- (1)水平晃動會使莖傾斜，莖越長傾斜角度越大。比較同一種植物，也得到莖越長水平晃動過程中葉片閉合角度也越大。
- (2)水平晃動酢漿草葉片會閉合，推測同為減少葉子在擺動時相互碰觸摩擦，而造成葉子損傷。

### (三)垂直晃動，對黃花、紫花酢漿草葉片閉合程度之影響

1. 結果：垂直晃動距離為十公分，晃動時間 1 分鐘，數據如下表：

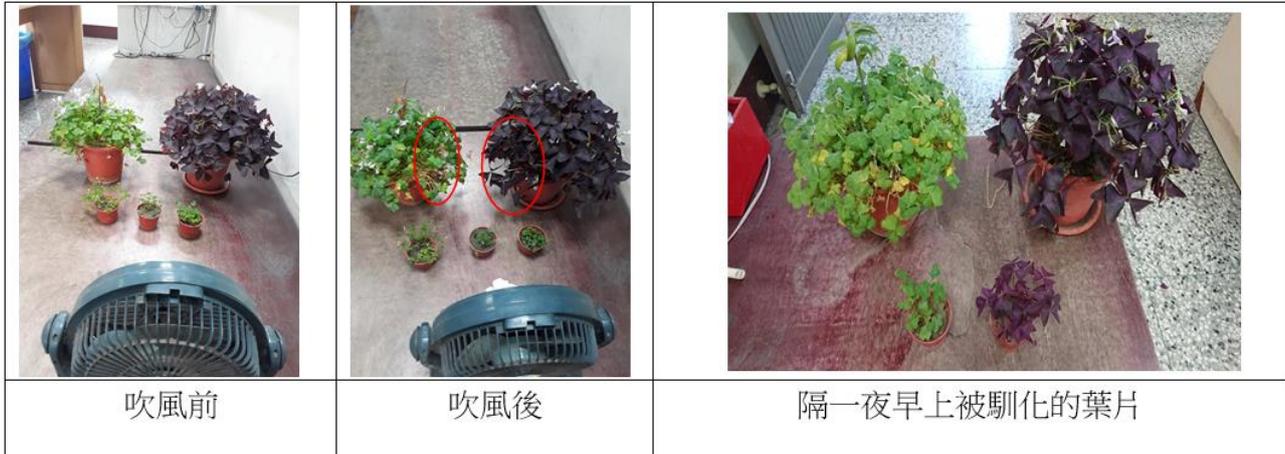
垂直晃動酢漿草莖不傾斜、但葉子會閉合，晃動次數越多葉子閉合越明顯。

垂直晃動	莖長度	晃動次數	晃動時情形	晃後，莖的傾斜角度	晃後，葉子閉合角度
黃花酢漿草	3.5cm	75	土壤	0	90
紫花酢漿草	7.0cm	75	鬆動(大)	0	90
黃花酢漿草	3.3cm	42	土壤	0	45
紫花酢漿草	7.8cm	42	鬆動(微)	0	90
黃花酢漿草	3.1cm	21	土壤	0	0
紫花酢漿草	7.3cm	21	鬆動(無)	0	90

## 2. 討論：

- (1) 垂直晃動會莖不會傾斜，因實驗中酢漿草的莖長度不一，難以得到一致性結果。勉強比較黃花酢漿草葉片閉合應跟搖晃次數有關，垂直晃動次數越多，葉片閉合越明顯；而紫花酢漿草不管晃動次數多少，葉片均完全閉合。
- (2) 觀察垂直晃動，土壤會隨之鬆動，不知是否有傷到植物的根（根毛斷掉）而影響到水分吸收，使葉片因水分不足而閉合，這部分需進一步實驗證明。
- (3) 因發現紫花酢漿草會在晃動中觸發葉子閉合，且極為敏感，進而影響到實驗。所以我們在實驗的前一天，就先把酢漿草放置於實驗的地點，避免晃動影響到實驗結果。
- (4) 為進一步證明風吹會導致葉片閉合，讓盆栽一面受風一面不受風(如照片 15)。電扇受風面部分的葉片如紅色圓圈處，葉片閉合，但風吹不到得外圍仍持需展開。我們另設計實驗讓電風扇一整晚不關，直到第二日上午，可發現所有葉片又會張開。此現象和花台觀察到的黃花酢漿草情況相同，花台的黃花酢漿草在霸王寒流當日，整天葉片閉合皆不展開(照片 16 上圖)，但第二天

早上雖然風大，葉片卻全部展開(照片 16 下圖)，經歷三次寒流皆有相同結果，猜測酢漿草葉片受到震盪會閉合減少傷害，但如果經過一整夜被風吹拂外加睡眠運動後，隔天早上是可被馴化順利展開葉片，但隔幾天未經風吹，再度遇到風吹，葉片會再度閉合。



照片 15:風吹對三種酢漿草葉片開閉的比較



照片 16: 黃花酢漿草寒流日(上圖)與隔天早上(下圖)

## 陸、結論

- 一、 田野調查結果，紫葉、紫花、黃花三種酢漿草生長環境皆在有遮陰處族群大於全日照環境下，分布區域以黃花酢漿草最廣，乾旱、遮陰皆可生存，紫葉酢漿草除了栽種區域，不易擴散繁殖。三品種皆早上展開、強光閉合、遮陰時展開、傍晚再閉合。
- 二、 三種酢漿草開始展開、閉合的先後順序，與完全展開、完全閉合所花費的總時間，不同種類狀況不同。紫葉酢漿草對光線最敏感，弱光即開始開啟，但從開啟到閉合需時較久；紫花酢漿草對於造成葉片展開及傍晚閉合的光線較不敏感，最慢開始展開或閉合，也花最久時間展開，但中午對光線刺激卻非常敏感，很快開始閉合，閉合速度也很快；黃花酢漿草也野外調查即發現最耐強光，的確強光下最慢閉合，且不一定全部閉合，傍晚該閉合時，的確也花最久的時間完成閉合。
- 三、 實驗觀察發現紫葉、紫花、和黃花酢漿草在中午強光日照下，都有閉合午睡運動；葉片閉合對光線的敏感度：紫葉酢漿草>紫花酢漿草>黃花酢漿草，此與三者生長環境有契合之處(紫葉酢漿草耐蔭，可在室內栽培；紫花酢漿草一般生長於蔭涼之處；黃花酢漿草除生長在陰涼地方，在全日照之處也可見其蹤跡)。
- 四、 在遮蔭控制光度探討酢漿草的午睡現象中，可大致推測出葉片閉合的光度範圍，但若要精確測出觸動閉合的光度，需要在控制溫度、濕度的生長箱中，以不同的光度照射，即有可能找出午睡現象所需的光度。
- 五、 比較光度、溫度與水分等因素，對酢漿草午睡運動的影響，發現光度大小有顯著的影響，可見光度為主要因素。酢漿草午睡現象是一種植物自我保護機制，葉片閉合使強光無法直射葉片並減少葉片受光面積，此可避免葉片中的葉綠素分子產生光氧化(photooxidation)作用而被分解，導致葉片無法吸收光能阻礙光合作用進行。綜合本實驗與前人研究，光照強度、水分及溫度都會影響白天酢漿草葉片閉合，三者之中應該以光強度為主要因子。
- 六、 強光下三種酢漿草在燒杯內高濕度環境下皆比燒杯外正常盆栽快速閉合，強光下三種酢漿草葉面葉背塗凡士林，葉片閉合速度比不塗凡士林快，而且只要塗一葉凡士林，另外兩葉會連動一起閉合，凡士林塗兩葉或三葉也都一樣。其因可能因葉片水分無法蒸發，導致葉溫過高，致使葉片閉合，但其閉合機制有待進一步探究。
- 七、 強光對三種酢漿草葉片目前只有紫葉酢漿草會造成白斑，紫花酢漿草有點黃化，黃花酢漿草沒有影響。若要直接證明強光酢漿草葉片之傷害，未來可測量是否在強光因光氧化產生自由基，或觀察葉綠素是否被破壞。
- 八、 在遮蔭下，過高的溫度(42℃)，水分蒸發越快，葉子閉合程度越明顯，但低溫並不會造成三種酢漿草葉片閉合，且葉緣會有些微翹起。
- 九、 強風吹或晃動達一定程度時，酢漿草的葉片會閉合，且紫花酢漿草對晃動的反應較黃花更敏銳。另酢漿草葉子的莖越長，晃動使莖傾斜程度越大，葉子閉合程度也越明顯。這些都說明酢漿草與含羞草一樣有觸發運動，只不過其觸發反應較含羞草慢。我們推測酢漿草葉片會觸發閉合，應該是為了減少葉子在擺動時相互碰觸摩擦，造成葉子損傷，而導致病原菌的入侵。但酢漿草葉片若經整晚吹風，經過一夜生理時鐘調整後可被馴化。
- 十、 綜合本實驗，生理時鐘、光線、溫度、風吹震動都是影響酢漿草葉片開閉的因素。

- (一) 酢漿草日夜的睡眠運動受生理時鐘調控，但在晚上葉片閉合時若照光葉片會打開同樣在白天將酢漿草置於暗室，葉片會閉合，光線有無會影響生理時鐘的週期。
- (二) 中午酢漿草午睡葉片閉合主要是強光照射的影響，與水分蒸散無關。
- (三) 高溫會使酢漿草葉片閉合，低溫則無影響。
- (四) 風吹震動會使酢漿草葉片閉合，但經過馴化後，同樣的風吹震動酢漿草葉片會展開。

## 柒、參考資料及其他

- 一、張碧員、張蕙芬 (1997)。臺灣野花 365 天。大樹文化事業股份有限公司。
- 二、鄭元春 (1980)。臺灣的常見野花(一)。渡假出版社有限公司。
- 三、易希道、許志超、李春序、謝萬權、宋世謹、周惠慈(民 77)。普通植物學。環球出版社。
- 四、柯勇 (2002)。植物生理學。藝軒出版社。
- 五、吳珮琪、黃立芸 (2002)。中央研究院生命科學專題研究報告。光質對田字草葉表皮型態和光合作用的影響。
- 六、陳佩君等四人 (1985) 酢漿草睡眠運動捉秘。第二十五屆中小學科學展覽 國中組。
- 七、李宗穎等四人 (2002) 馬齒莧的睡眠運動之再探討。第四十三屆中小學科學展覽 高中組。
- 八、王成宇等三人 (2005) 掌握幸運－南國田字草的型態生理與睡眠運動。第四十五屆中小學科學展覽 國中組。
- 九、李佺珉等四人 (2005) 酢漿草的睡眠運動。第四十五屆中小學科學展覽 高中組。
- 十、黃星丞等四人 (2006) 酢漿草，乖乖睡吧！第四十六屆台中市中小學科學展覽 國中組。
- 十一、蔡佩穎等二人(2012) 「不讓你睡～睡眠運動植物適應時差變化節奏之研究」。第五十二屆中小學科學展覽 國中組。

## 【評語】 060010

1. 團隊合作佳，具合作及研究熱忱。
2. 實驗數據大都為觀測之紀錄，未能探討生理機制。
3. 研究的創新性有加強空間。
4. 為國中組之創作，值得鼓勵繼續深入探討光對葉休眠之作用。