

# 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生物科

080315

淺眠與熟睡？探討含羞草葉柄的睡眠律動

學校名稱：高雄市新興區大同國民小學

作者：	指導老師：
小六 羅中則	曾秀玉
小五 謝謹暄	謝宜和
小六 王妍云	
小六 王妍樺	
小六 呂采蒨	
小六 黃薇珉	

關鍵詞：含羞草、葉柄、睡眠律動

# 淺眠與熟睡？探討含羞草葉柄的睡眠律動

## 摘要

含羞草睡眠運動的研究雖然很多，但目前為止對含羞草睡眠運動時葉柄會上下運動的觀察卻很少。在本研究中，利用資訊科技對含羞草睡眠運動進行 24 小時的觀察，整合記錄葉柄上下運動的週期，我們發現每晚含羞草葉柄會自發性的先下後上運動一回，此運動週期我們稱為含羞草葉柄的「**睡眠律動**」。此**睡眠律動**在幼株、成株明顯不同且與生長環境的日照和水份有關。在陽光充足下，幼株的葉柄會較快從低處爬升並在高處徘徊較久，隨著成長，成株的葉柄會逐漸變成在低處停留較久，近黎明時分才升至高處。若生長在無陽光照射的含羞草，則無此睡眠律動轉變，顯示植物也類似動物有淺眠和熟睡時期的不同睡眠律動型態。另外，若缺水時則睡眠律動會停止。



開花的含羞草，花不含羞哦！

## 壹、研究動機

在公園中看到一大片的含羞草，玩起來它還真含羞ㄟ!本想針對含羞草的運動探討一番，結果在歷屆科展作品中，發現對含羞草的睡眠運動和觸發運動探討還真多，也就參考並繼續觀察。初步結果我們發現含羞草的葉柄好像有不同的睡姿，是生長位置不同？還是特例？

## 貳、研究目的

- 一. 建置可以 24 小時且長期觀察含羞草的實驗環境。
- 二. 是否可獲得含羞草生物時鐘的規律？
- 三. 尋找含羞草睡眠運動中，是否有先下後上律動（睡眠律動）的存在？
- 四. 探討睡眠律動的特性與影響此律動的變因。



收集野地成株含羞草資料

## 參、研究設備及器材

含羞草、蘭花盆、粗吸管、長尾夾、數位相機、數位錄影機、攝影腳架、電腦、webcam(網路攝影機)、紅外線 webcam、USB 延長線、手電筒、數位解剖顯微鏡、手機 App 軟體-光照度計。拍照軟體(長晶追蹤器)，看圖軟體(ACD see)。

## 肆、研究過程與方法

### 一、文獻探討：

查閱相關研究含羞草的文獻中，有關光線強弱對睡眠運動的影響<sup>[2][3][8][9][11]</sup>，有關影響觸發運動因素的討論<sup>[4][5][6][8][9][10][11][12]</sup>，其中談到含羞草的生物時鐘需要調適幾天才能發展出新的生物時鐘，「生物時鐘機制」影響睡眠運動的能力比「光線」的影響因素強<sup>[14]</sup>；也討論到不同類型的環境因子(主要是光照和溼度)在打破睡眠運動之後，對其葉片復原時間所造成的影響<sup>[13]</sup>；更探討了外在刺激因素(雨滴大小、冷熱風、澆水量、碰觸物品、施力大小、光線亮度、盆栽/野地、幼苗/成株、色光)對睡眠運動與觸發運動的影響。如此，可以讓我們更了解含羞草對外界變因的適應與調節。然其中有兩篇<sup>[8][9]</sup>談及到葉柄有下垂與上挺的運動，但文中並未詳細說明在葉柄的上下運動是否有規律性與哪些因素有關？

## 二、查閱含羞草相關文獻：

(一) 含羞草植物在生物學的分類地位與特性如下：(圖 A、B)

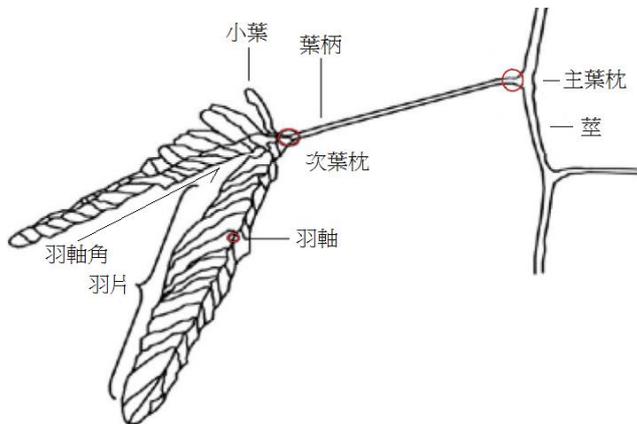
分類：被子植物門，雙子葉植物綱，豆目，豆科(Mimosoideae)，含羞草屬(Mimosa)

學名：Mimosa pudica L.

俗名：見笑花、怕癢花、懼內草。

鑑定特徵：

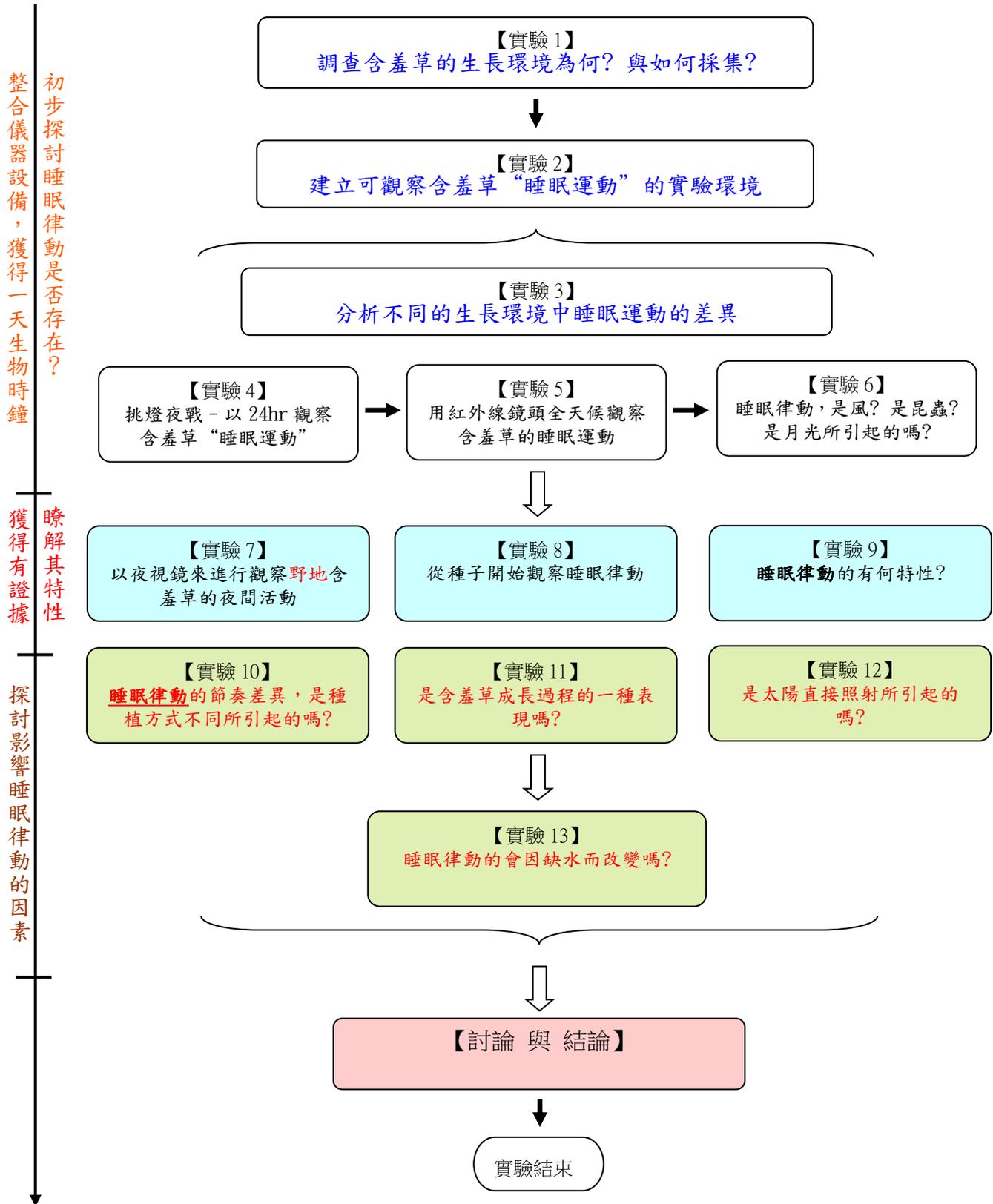
1. 多年生草本。
2. 葉總柄、羽葉柄、小葉柄基部有葉枕的構造。
3. 有觸發運動及睡眠運動，果實為節莢果。植株形態：宿根性草本，匍匐性半灌木狀，二回羽狀複葉，兩面疏被毛，先端銳形。生性強健粗放，土質不拘，以砂質土壤生育最佳。性喜高溫，耐旱。



## 三、實驗構思與儀器操作原理：

改良現有 webcam 的拍照設備，連續 24h 觀察紀錄自然生長的睡眠植物而求得生物時鐘的週期。為使拍攝設備的安全性(風雨的破壞、失竊的風險)與電源的長時間供應。因此，將睡眠植物移植盆栽中放置在教室後陽台栽種，盆栽以用過的飲料杯為主，一為環保省錢，再則盆口較小好比較生長狀態，並以 USB 延長線的連接將拍攝設備放置在教室內進行監拍，處理拍照設備的改良與拍照資料存取問題。期望對含羞草的睡眠運動有更進一步瞭解。

#### 四、實驗流程：

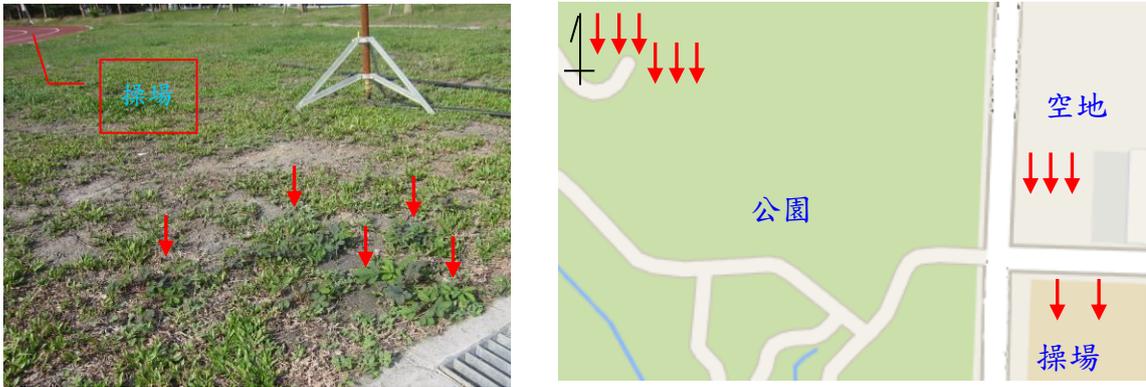


## 伍、研究結果與討論

### 實驗一：調查含羞草的生長環境為何？與如何採集？

#### (一) 調查含羞草的生長環境：

野外的含羞草總是一群、一群的平鋪在草地上，大都高度不高，生長在太陽可以直射的地方。(在下圖中，紅箭頭越多，代表含羞草數量越多)



#### (二) 如何採集含羞草：

採集時，面對一大片含羞草往往不易挖掘。挖掘時又容易被刺傷。挖掘後摘種時葉子如圖(1)，白天葉子依然下垂，過幾天就會死掉。須經修剪枝葉後，如圖(2)，隔日就可張開葉子，能繼續生長圖(3)。



經觀察討論後，發現一大片含羞草的周邊會有獨立小株的含羞草出現，採集獨立小株的含羞草就如同一般小草，不會傷人。如圖(4)中上方是**獨立小株**的含羞草，左側是**已採集**後所留下的小洞。



## 實驗二：建立可觀察含羞草“睡眠運動”的實驗環境

### [步驟]

1. 先試種含羞草，觀察生長是否良好。
2. 比較錄影與拍照方式，何者適合長時間記錄與觀看。並改良設備與拍攝方法。

### [結果]

1. 試種約二個月期間。觀察含羞草生長良好，會開花、但尚未結果實。
2. 錄影方式記錄詳細。但檔案很大(1hr 會大於 1G)，不易大量保存及查閱。若用數位相機拍照，須有人按拍照鈕，太耗人工，電池的電量也是一個大問題。拍照方式所產生檔案較小。
3. 因此，我們選擇“拍照方式、可自動按拍照鈕、可長期供電、價格要低”的儀器。目前僅 Webcam 是較可行的方向。在網路上 download 免費軟體(長晶追蹤器)<sup>[16]</sup>較符合我們的需求。



圖一



圖二



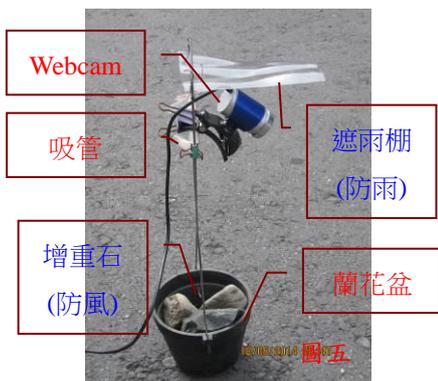
圖三



圖四

### [討論]

1. 圖一是教室內的電腦裝備；圖二、三、四是教室外陽台的含羞草盆栽與拍攝器材。
2. 因為我們需要多組腳架來架設 webcam 鏡頭；因此，改用寶特瓶當腳架(圖二)，再改進成使用蘭花盆及粗吸管當鏡頭的腳架(圖三)，(圖四)。
3. 改良攝影器材使能良防風、防雨如圖五、圖六。



圖五



圖六

4.以設定間隔 2 分鐘使 WebCam 拍一張照片為原則，那一天就可拍 720 張(1440 分/2 分=720 張)。再把看圖軟體(ASDsee)設定成 0.2 秒播放一張照片，就可以在 3 分鐘內(0.2 秒×720 張=144 秒)看完一天的運動方式。且每張照片的左上角皆有標上時間，就可以記錄運動開始與結束的時間。**就可超長時間觀察記錄，超省儲存空間又超快速查閱實驗結果。**

### 實驗三：分析不同的生長環境中睡眠運動的差異

[說明]

比較含羞草生長野外環境與教室外陽台之不同環境的差異。

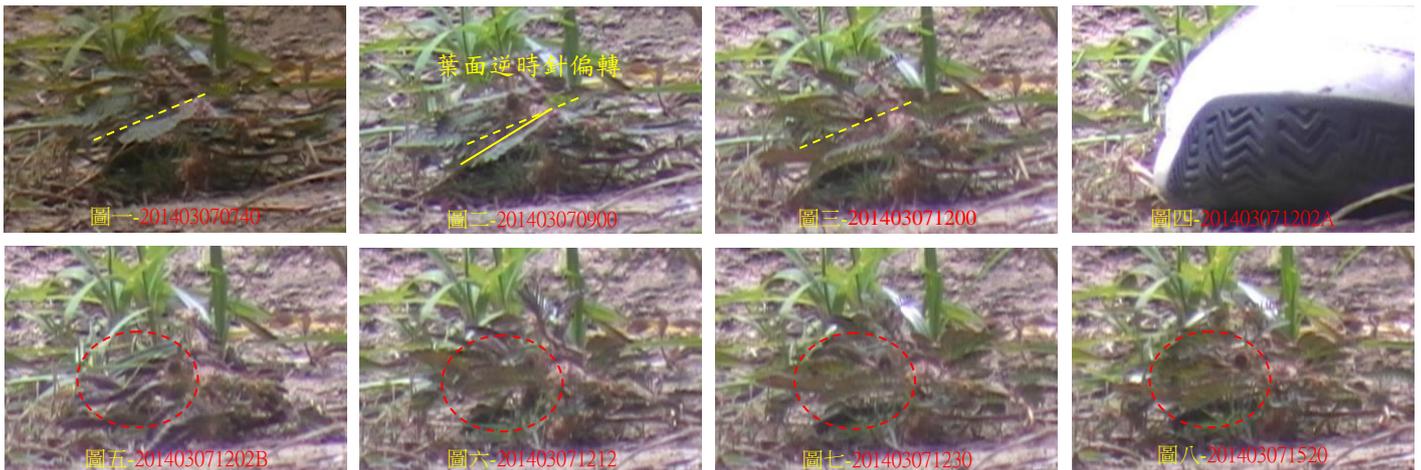
[步驟]

1. 架設錄影與拍照器材，將白天與夜晚生長在野外環境與教室外陽台的含羞草記錄。
2. 比較與討論結果。

[結果]



1. 野外環境的錄影結果如下：



2. 教室外陽台的拍照結果如下：



[討論]

1. 兩處拍攝結果的比較如下(以圖中圈起來的地方做比較)：

	野外環境的含羞草	教室外陽台的含羞草
白天	0900~0930：葉面會逆時針偏轉(圖一、二) 0930~1200：羽葉會上舉成 V 字(圖三) 1202：遭受人為踩踏(圖四) 1230：葉子的位置已改變(圖五、六、七) 1530：羽葉不上舉，平放(圖八) ☆☆ 天色昏暗，看不清楚葉面閉合的動作	0900~1200：葉面不會偏轉(圖 A) 1230：羽葉不會上舉(圖 B) 1706：可清楚看見葉面剛閉合的動作(圖 C) ☆☆ 不受人為踩踏，可清楚觀察
夜晚	沒光時無法拍攝	無法拍攝

2. 白天兩處的生長環境差異很大，白天運動方式也所有不同。由於目前兩者夜晚皆為無法拍攝，環境差異是否會對睡眠運動有影響就不得而知。
3. 但基於保護拍照設備與含羞草盆栽為原則，仍先以教室外陽台生長的含羞草來討論含羞草的睡眠運動有哪些規律。

實驗四：挑燈夜戰 - 以 24hr 觀察含羞草“睡眠運動”

[說明]

從文獻中得知<sup>[2]</sup>，光是影響含羞草睡眠運動的主因。但夜間無光時，照相設備無法發揮功能；故就以微弱 LED 燈光，且在照相設備可拍清楚照片的狀況下，希望在影響含羞草睡眠運動最小前提之下，來進行拍攝觀察。

[步驟]

1. 調整照光亮度，在照相設備可拍清楚照片之下的最微弱燈光。
2. 以光照度計測量，此時微弱燈光的光度。
3. 觀察數天後，比較與分析所拍得的照片，並加以討論。

[結果]

1. 調整 LED 燈光亮度後的拍攝觀察情形，如下圖所示(拍攝時間標示下方)。
2. 光照度計的讀數 107 Lux。



### [討論]

1. 觀察數天後，皆有週期性的運動方式。就以一天(2014/01/02)為例，簡述圖一至圖八中，葉子的睡眠運動狀態(以左葉為主-紅線段)。

圖一：白天葉面張開的狀態。

圖五：**葉柄處於最低點**。

圖二：右葉發生觸發運動。

圖六：**葉柄處於高點**。

圖三：葉子已進入睡眠的狀態。

圖七：葉面正在張開中。

圖四：葉面完全閉合。

圖八：葉面完全張開。

2. 羽葉會向上向前閉合，與文獻所提是相同的。但葉柄為什麼會有先下後上的運動，再配合羽軸角的張合，把睡眠運動變得很複雜。
3. 在夜間時段，葉柄的先下後上運動是我們所沒有看過的現象。因此，提出假設是「“葉柄的先下後上運動”是受到“微弱 LED 燈光”照射的影響。若沒有照光時，“葉柄就應該是不會先下後上的運動”」。
4. 因此，我們必須積極準備紅外線夜視拍攝器材，來印證我們的假設。

### 實驗五：用紅外線攝影全天候觀察含羞草的睡眠運動

[說明] 為了驗證我們的推論是否正確。

#### [步驟]

1. 選擇另一株含羞草，用具有紅外線夜視功能的 Webcam 來進行數天的拍攝記錄。
2. 比較與分析所拍得的照片，並加以驗證假設。

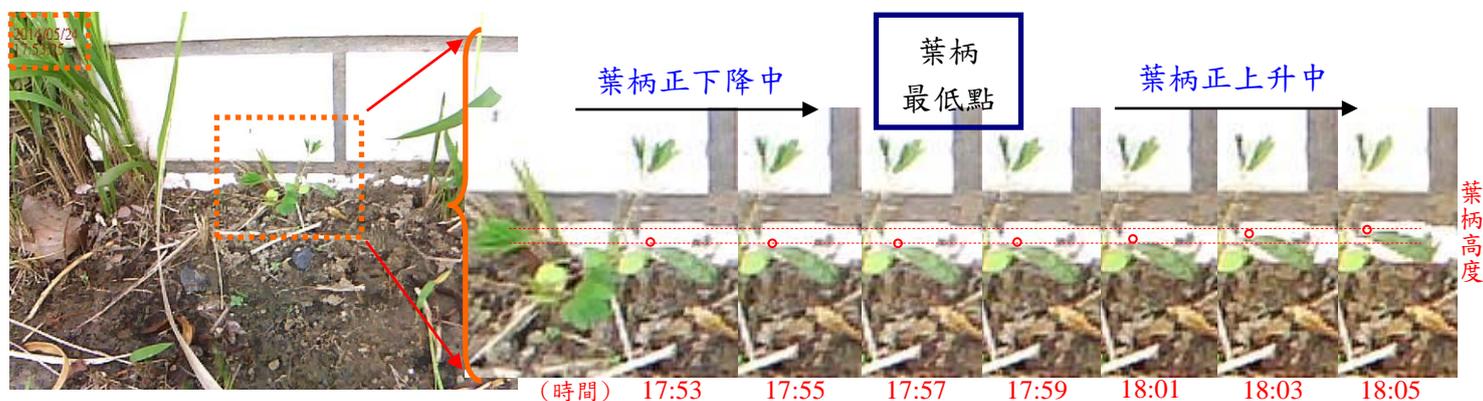
#### [結果]

觀察數天後，皆有週期性的運動方式。在紅外線拍攝記錄下，含羞草在夜間時葉柄仍會先下後上的運動。

#### [討論]

1. 在實驗四中，有可能剛好是挑中葉柄會先下後上運動的含羞草，所以在實驗五中，我們換另一盆含羞草。看看另一含羞草是否也有此特性。**其結果也會先下後上**。
2. 有可能在“微弱 LED 燈光”與“紅外線”下，兩者同時都會使含羞草葉柄先下後上運動嗎？因此，放棄自動拍攝觀察方式，改以人工方式，夜宿操場進行觀察與記錄。

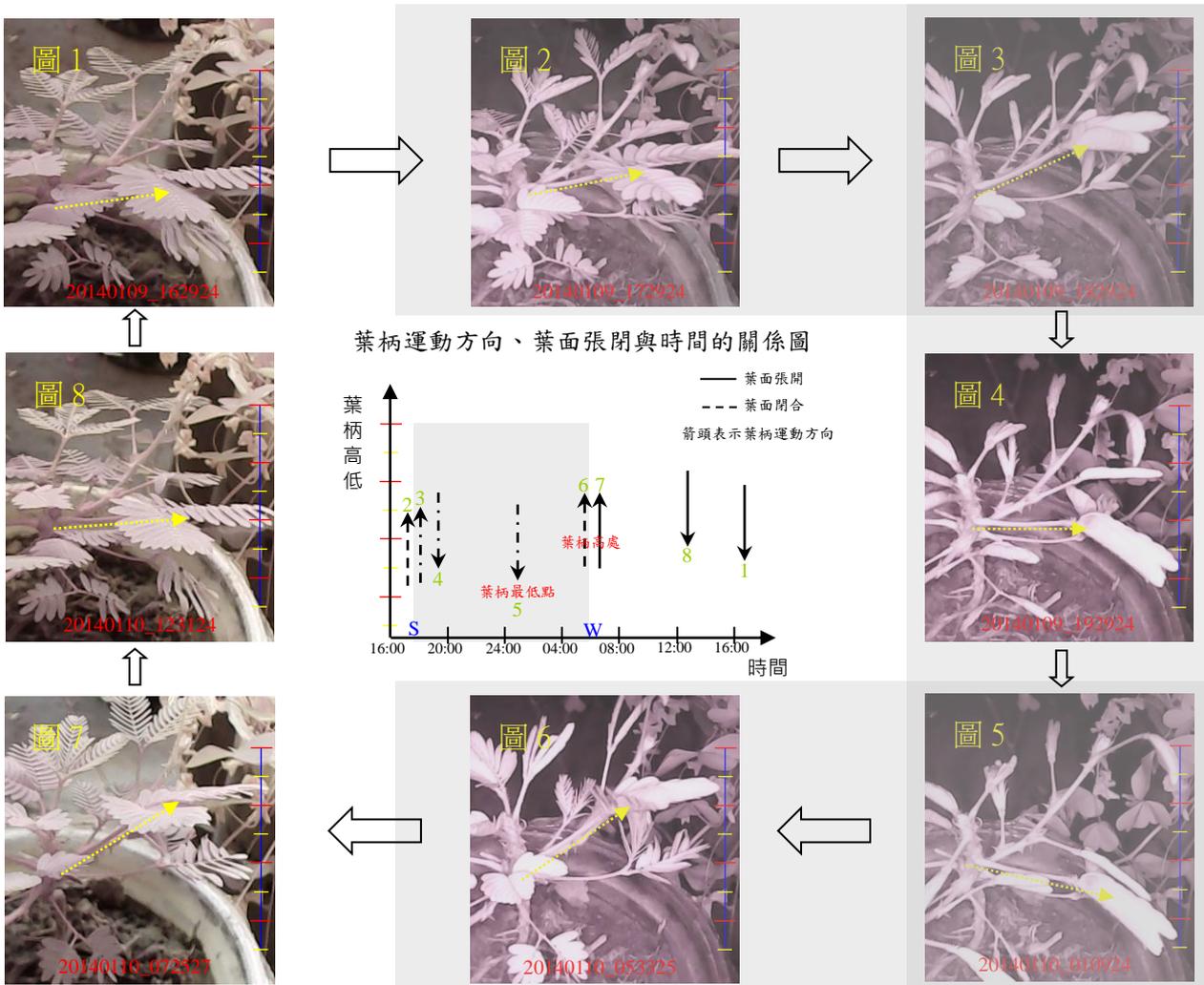
(1) 拍攝幼株含羞草的葉柄運動(每隔 2 分鐘拍一張，紅圈是次葉枕的上緣)：



(2) 拍攝成株含羞草的葉柄運動(約每隔 30 分鐘拍一張)：



3. 當晚我們使用了錄影機、數位相機、網路攝影機來拍攝含羞草的葉柄運動。很幸運的我們在天黑前就拍攝幼株含羞草的葉柄先下後上的運動。但只有數位相機拍到成株含羞草拍攝到清晨 3:00 後的向上的運動而已。所以睡眠律動是幼株比成株早發生。且在 AM2:00 左右看見東方的下弦月。
4. 經過此實驗驗證後，我們之前的假設是錯的。實際上含羞草應該在睡眠時間，葉柄是會先下後上運動。
5. 因此，我們以下列紅外線鏡頭拍得的圖 1 至圖 8，並配合葉柄高低與時間的關係圖來說明：「在一天中，含羞草葉面與葉柄的運動」。



分別敘述如下：

- (1). **虛線箭頭**所對應的時間就是我們所謂的含羞草睡眠時間(以黑底表示)。而**實線箭頭**所對應的時間就是我們所謂的含羞草甦醒時間(以白底表示)。
- (2). 圖一至圖二，含羞草開始進入睡眠狀態，亦是實線轉成虛線，時間約下午四點半至五點半，記為“S”；圖三至圖四，葉面會向上向前閉合後，接著是羽軸角閉合；圖五至圖六，含羞草開始進入甦醒狀態，亦是虛線轉成實線，時間約清晨四點半至五點半，葉面張開後，接著是羽軸角張開，記為“W”。圖七至圖八，葉面張開，葉柄逐漸下降。
- (3). 白天的含羞草，葉面張開，葉柄只會慢慢下降；而含羞草睡眠狀態時，葉柄的會先降到最低點、再升高至高處點。
6. 我們把“**含羞草在夜間睡眠時間，葉柄會先下後上的運動方式**”，就稱為含羞草的“**睡眠律動**”。即(1)羽葉閉合且羽軸角尚未閉合時，葉柄就開始向下；(2)葉柄到最低點；(3)葉柄向上至高點，且羽葉尚未張開前；這三段過程是在含羞草睡眠時期的運動行為，因此就稱為含羞草的“**睡眠律動**”。
7. 當我們解析含羞草的一天的睡眠動作後，不禁要問“**睡眠律動**”跟什麼因素有關？經討論後，我們列出幾個可能有關因素。有(1)月光(風、昆蟲)、(2)種植方式(野地，盆栽)、(3)幼株與成株的差異、(4)日照多寡、(5)澆水量、(6)溫度、(7)濕度、(8)觸發次數、(9)含羞草成長過程的特質……等等。因此，我們又往“**疑問**”開始出發了。



#### 實驗六:睡眠律動，是風？是昆蟲？是月光所引起的嗎？

##### [步驟]

1. 利用拍照所收集的資料，比較與分析，並加以驗證假設。
2. 查閱中央氣象局的月出資料<sup>[7]</sup>。

##### [結果與討論]

1. 若是風力因素，則葉子會偏向一側，或發生觸發運動，或從週邊其他植物的葉子也會偏向一側。但都沒有此偏向的照片，僅看見全部發生觸發運動的照片。
2. 若是昆蟲就會所引起的，僅會發生在局部的葉子上，不會全部葉子動作一致。
3. 若是月光因素，那陰天、雨天就不會發生此睡眠律動，也很可能與月亮圓缺週期有很大的關係。查閱 5/24 夜宿當天晚上月出的時間為 AM 01:50，但幼株比這時間早而成株比這時間晚。若與月光有關，應是在月出時間後發生才是合理。
4. 所以今後收集睡眠律動是否有規律性就變得很重要的工作。若有規律，且與月亮圓缺週期無關。那麼含羞草的葉柄是**自發性**先下後上的運動？



實驗七：以紅外線攝影來進行觀察野地含羞草的睡眠律動

[步驟]

1. 利用紅外線拍攝來進行觀察野地含羞草。
2. 分析比較與外陽台的含羞草，其睡眠律動是否不同。
3. 若有所不同，再將教室外陽台的含羞草移至野外，觀察睡眠律動是否有差異。

[結果]

1. 觀察設備如右，拍得野地含羞草照片如下：



圖 6-1

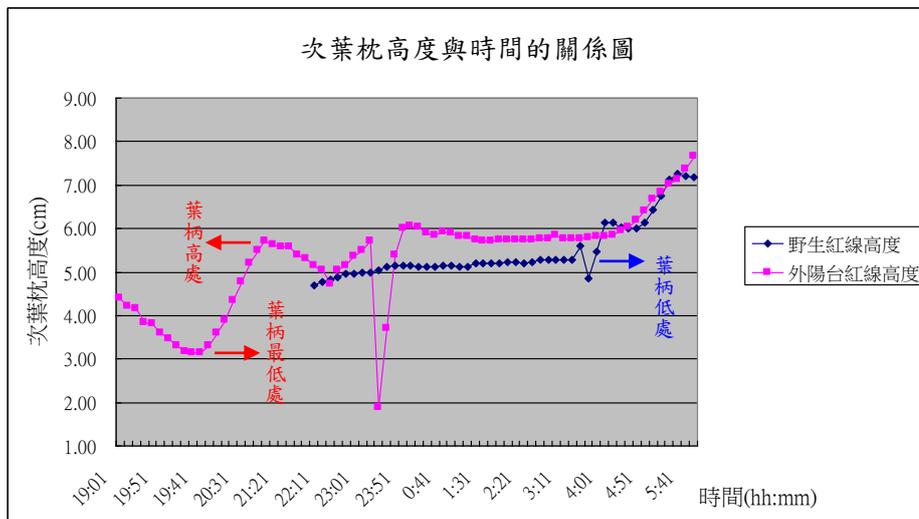


2. 同時段，拍得教室外陽台的含羞草照片如下：



[討論]

1. 野地及教室外陽台的含羞草都會有睡眠律動。
2. 我們以原照片大小為準，測量葉子的次葉枕垂直距離照片底部的高度(h)出來，繪出 h 與時間(t)的關係圖(簡稱高度-時間的關係圖，記為 h-t 圖)。時間距是 10 分鐘。獲得野地及教室外陽台的含羞草的 h-t 圖。如下：



ps: (1)在圖中兩條曲線各有一個向下的尖點，這是葉子在夜間發生了觸發運動。

(2)在野生中，pm 10:00 前未拍攝到照片。

3. 野地及教室外陽台含羞草的睡眠律動比較如下表。

時間 生長環境	04/07 約 23:41	04/08 約 04:45	04/08 約 05:45 後	小結論
野地	22:09:45 時葉柄由最低處開始上升	葉柄略上升中	葉柄上升 <u>角度大</u> ，羽軸角張開	葉柄在 <u>低處</u> 的時間較久
教室外陽台	22:15:06 時葉柄由最低處開始上升	葉柄已超過水平線，仍在上升中	葉柄上升 <u>角度小</u> ，羽軸角張開	葉柄在 <u>高處</u> 的時間較久

4. 都是先下後上的睡眠律動，但野地含羞草的葉柄在低處的時間較久，而教室外陽台含羞草的葉柄在高處的時間較久，其睡眠律動的節奏差異很大。

5. 以兩者的外觀來比較：

	野地含羞草(室外環境)	教室外陽台的含羞草
莖部	1. 莖部較近地面 2. 朝上部顏色偏紅，朝下部顏色為綠	1. 向上的直莖 2. 全部顏色偏綠



6. 對成株含羞草而言，生長環境的不同，睡眠律動的節奏也有所差異，且莖部生長差異很大。

### 實驗八：從種子開始觀察睡眠律動

[說明] 同地不同株的成株與幼株及不同地亦不同株的睡眠律動不同；那同一株會先後出現不同模式的睡眠律動嗎？我們決定從種子開始觀察。

#### [步驟]

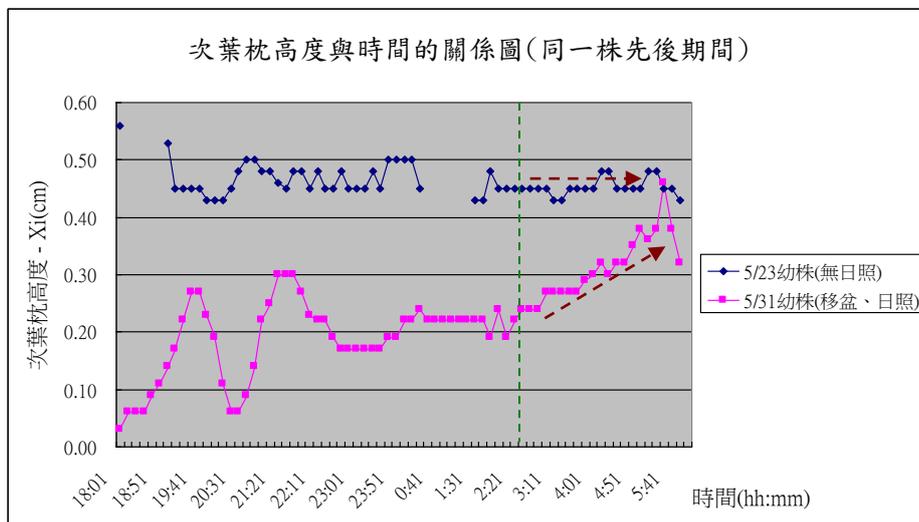
1. 收集含羞草的種子開始種植，發芽後每夜觀察葉柄的睡眠律動變化。
2. 在發芽處換盆後，移至有日照的花園，持續觀察葉柄的睡眠律動變化。
3. 將前後兩處所收集的照片，轉成 h-t 圖後，加以討論。

#### [結果]

1. 在發芽處，記錄  $h_1$  的照片高度值，換盆移至花園後，記錄  $h_2$  的照片高度值。兩張皆是同片葉子。

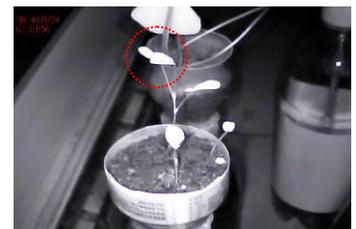


2. 畫出的 h-t 圖如下：



#### [討論]

1. 將兩曲線的特性列出，如下：
  - (1)5/23 的幼株，在凌晨 1 點~2 點時，因被另一葉遮住，無法測量 h 值。
  - (2)在 5/28 日移盆。
  - (3)兩處照片高度不同，因要的是高度與時間的變化關係，所以減個適當值( $X_i$ )使兩



- 曲線在約同高度中，幫助我們瞭解曲線間的相互關係。
- (4)在開始睡眠運動至約凌晨 3 點之前，5/23 幼株的葉柄在高點上上下下的次數較頻繁，而 5/31 幼株的葉柄在低點較趨平穩。
  - (5)從 h-t 圖中，得知 pm12:00 前，葉柄還會微幅上下振動。
  - (6)約凌晨 3 點之後，5/23 幼株的葉柄在高點將羽葉張開，5/31 幼株的葉柄由低點抬至高處後，再將羽葉張開。
2. 我們在同一株先後會出現不同模式的睡眠律動，也驗證睡眠律動的有不同模式存在。
  3. 我們將睡眠運動時葉柄處於高處的睡眠律動稱為**淺眠型睡眠律動**，因為葉面處於高處，動來動去徘徊不安的樣子。而將葉柄處於低處的睡眠律動稱為**熟睡型睡眠律動**，因為葉面處於低處，動也不動，安穩沉睡著。

### 實驗九：睡眠律動有何特性？

[說明] 要研究有哪些因素會此律動，就必須先從此律動有哪些特性著手。

[步驟]

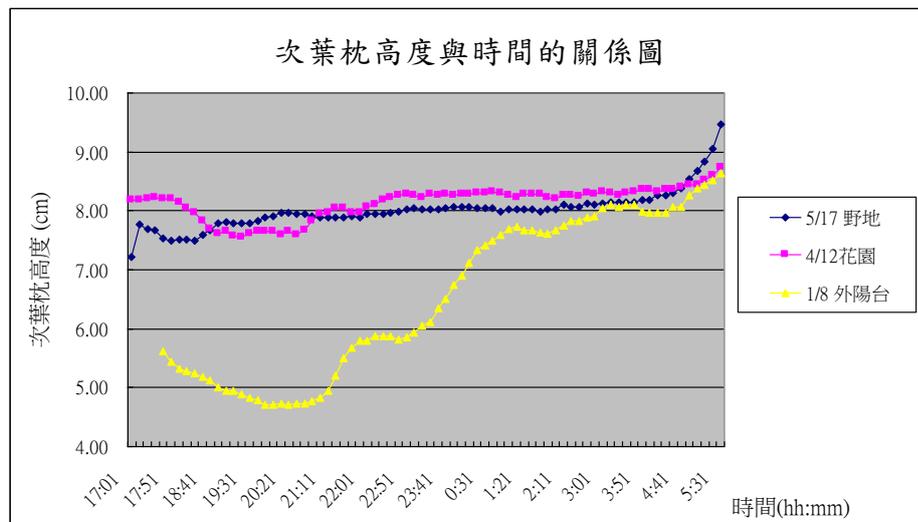
1. 長時間觀察成株在不同環境(野地、教室外陽台、花園)的睡眠律動。
2. 將收集的照片，轉成 h-t 圖後，加以討論。

[結果]

1. 以下是測量 教室外陽台、花園、野地 的葉柄高度(次葉枕至照片底部的高度)。



2. 在 h-t 圖中，共 3 條曲線。



[討論]

1. 長時間是指超過三星期的觀察時間。若將一處連續數日的資料畫出，會形成一種相似曲線。所以僅用三條曲線代表三處的特性。
2. 對成株含羞草睡眠律動的特性有：
  - (1) 只要生長環境穩定不改變，就此睡眠律動就穩定不太改變。我們認為是含羞草適應了此環境有關，稱為睡眠律動對環境的**適應性**。
  - (2) 不同的生長環境，就會有不同的睡眠律動。我們認為是含羞草隨著不同環境因素而改變律動規則，稱為睡眠律動與環境的**相依性**。

### 實驗十:睡眠律動的節奏差異，是種植方式不同所引起的嗎?

#### [步驟]

1. 挖取野地幼株、成株含羞草植入盆栽中，此兩盆栽放置於野地。
2. 在野地中，同時用紅外線攝影來進行觀察野地與盆栽含羞草的睡眠律動。
3. 比較與分析所拍得的照片，轉成 h-t 圖後，加以討論。

#### [結果]

1. 兩兩相互比較的照片。



2. 野地的資料( $h_1 \cdot h_4$ )很難測量。

#### [討論]

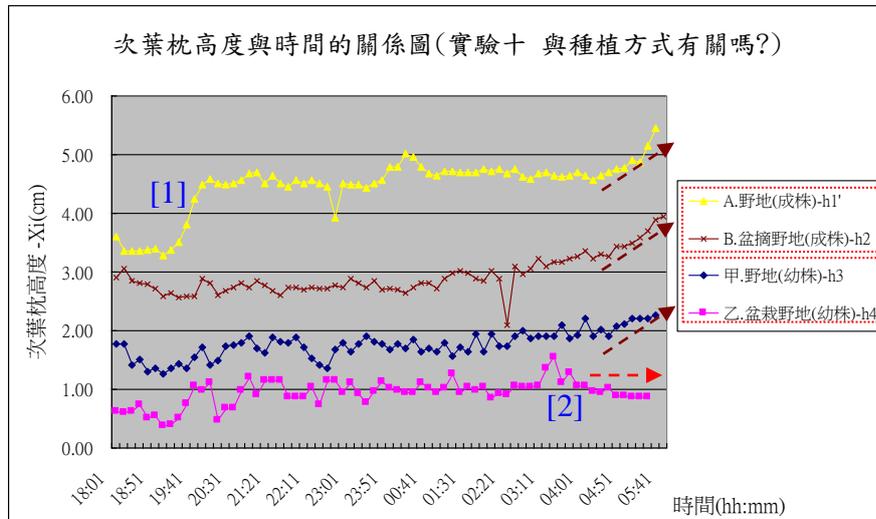
1. 因野地與盆栽有高度差，我們是同時用兩支攝影機來拍攝“同一地兩種栽種方式”的含羞草來解決，以分析出數據。。
2. 幼株之間的照片比較(其中  $h_1$ 、 $h_1'$  是同一株同一葉)：



3. 成株之間的照片比較



4. 其幼株之間與成株之間的 h-t 圖：



5. 在不同種植方式中，成株含羞草是相似，是屬於**熟睡型睡眠律動**。(整夜大都在低處，黎明時葉柄皆由低處向上迅速抬起)。幼株含羞草睡眠律動是不太相似。盆栽幼株沒有向上抬起。因此，我們推論種植方式不是影響睡眠律動節奏差異的因素。
6. 由於生長在野地和盆栽幼株含羞草睡眠律動，一為熟睡型一為淺眠型，我們懷疑是不是幼株的年齡是不同的，才會造成此結果。**因此設計下一個實驗來探討。**
7. 在標示[1]處，發現野地含羞草的低處有二階。我們無法解釋此現象。在標示[2]處，在盆栽野地的幼株中，我們從照片中觀察到葉柄都是處於高處。當繪出 h-t 圖時，才發現葉柄不是僅下上來回一次而已，還會有微幅的上下振動。

### 十一:睡眠律動的節奏差異，是含羞草成長過程的一種表現嗎?

#### [步驟]

1. 在花園中，用紅外線攝影來進行長時間觀察幼株成長過程的睡眠律動。
2. 比較的時間間隔是三星期(6/3、6/24、7/15)。
3. 比較與分析所拍得的照片，轉成 h-t 圖後，並加以說明。

#### [結果]

1. 三個成長階段的照片與葉柄高度。

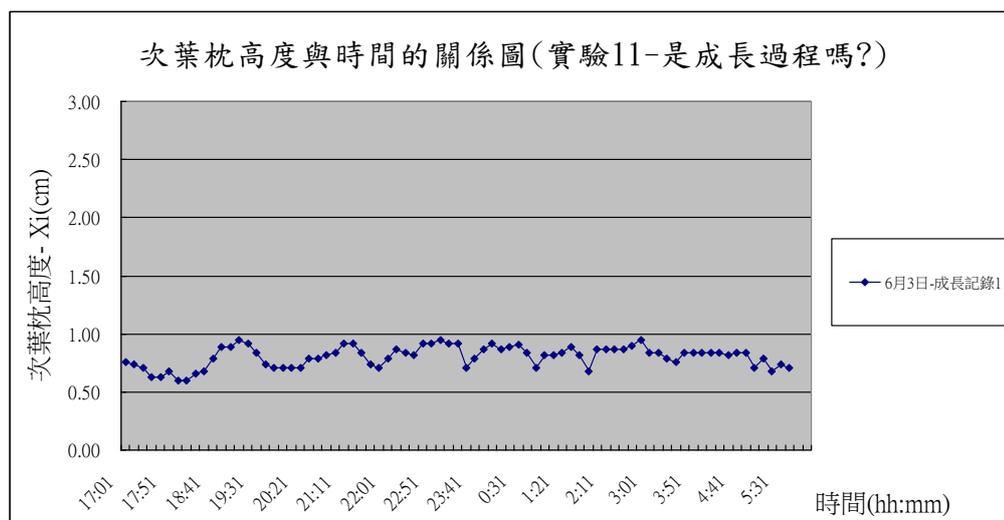


照片  
6/24 h-t 圖



照片  
7/15 h-t 圖

2. 畫出 h-t 圖如下：



#### [討論]

1. 從照片中得知，幼株葉柄在 6/3 夜間常處於高處，等黎明時直接在高處張開。我們用 h-t 圖將此情形記錄下來。此狀況與實驗十相似。
2. 我們想知道如何從睡眠律動的角度來區別幼株與成株的各階段的差異。

## 實驗十二:睡眠律動的節奏差異，是太陽直接照射所引起的嗎?

### [步驟]

1. 挖取兩棵野地幼株含羞草植入盆栽中，此盆栽放置在教室外陽台。
2. 進行觀察此盆栽含羞草的睡眠律動。
3. 觀察經五天後，再將一盆栽放置在野外，持續進行觀察記錄。
4. 比較與分析所拍得的照片，轉成 h-t 圖後，並加以說明。

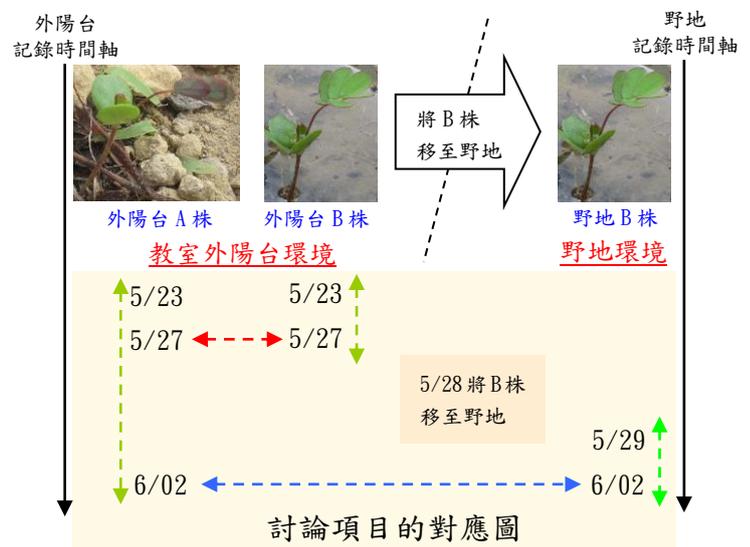
### [結果]

從 5/23 至 6/3 早上，分別觀察記錄  $h_1$ (外陽台 A 株)、 $h_2$ (外陽台 B 株)、 $h_3$ (野地 B 株) 的資料。

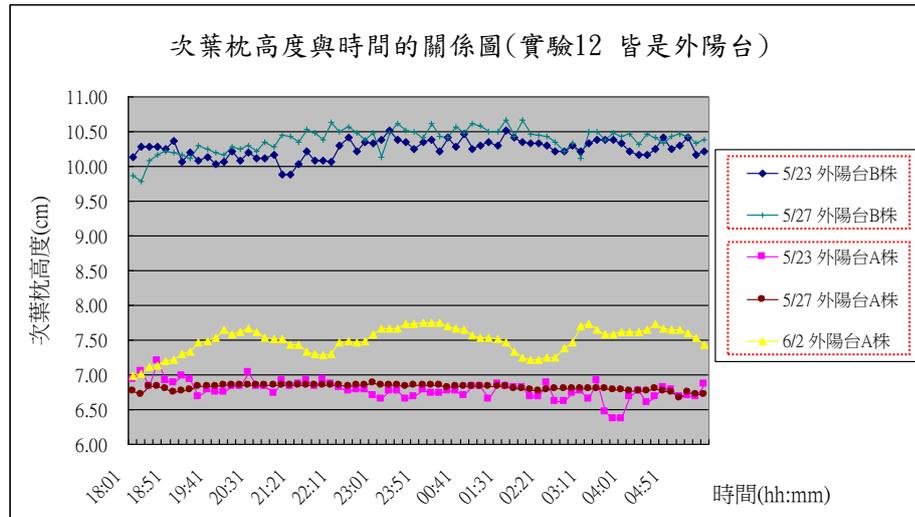


### [討論]

1. 畫出來表示事件與時間的順序關係。
  - (1) 外陽台 A 株，就是實驗的對照組。外陽台 B 株移成野地 B 株，就是實驗操縱組。
  - (2) 選擇幼株是因可透過種子發芽，獲得同一年齡的含羞草。又因不同年齡的幼株，其睡眠律動會改變。因此，要作兩種比對。
  - (3) 右圖中的箭頭縱向可以對照不同年齡的問題。
    - a. 外陽台 A 株 5/23 至 6/2，
    - b. 外陽台 B 株 5/23 至 5/27，
    - c. 野地 B 株 5/29 至 6/2。
  - (4) 右圖中的箭頭橫向可以對照有無太陽直接照射的因素。
    - a. 5/27 的外陽台 A 株與外陽台 B 株，
    - b. 6/2 的外陽台 A 株與野地 B 株。

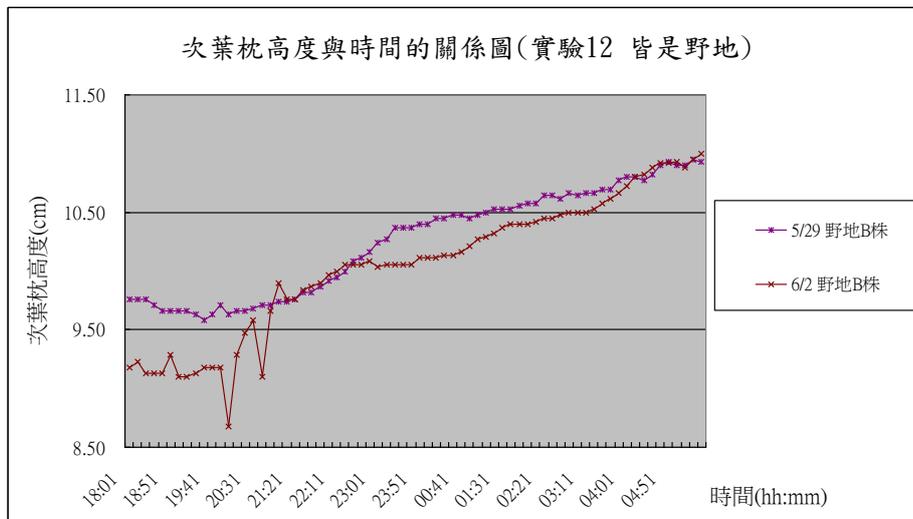


2. 畫出的皆在外陽台的 h-t 圖如下：



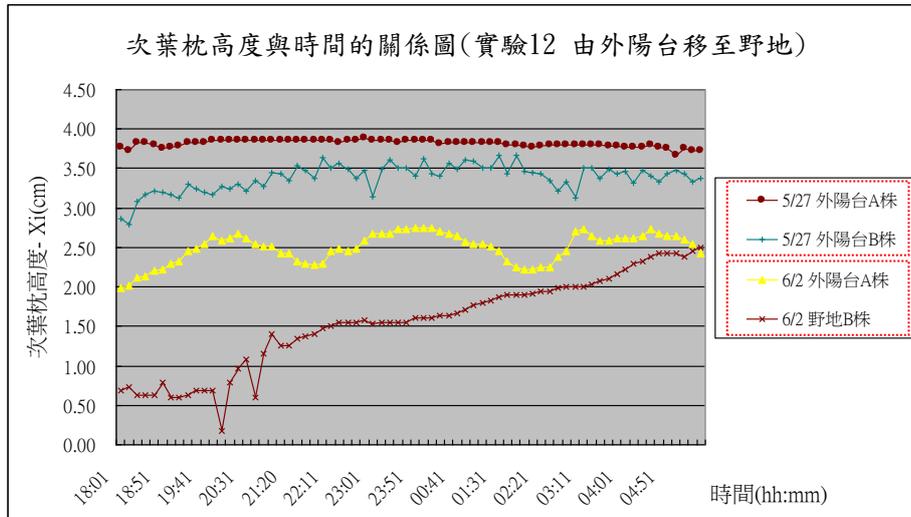
3. 含羞草在外陽台時的葉柄會高處且作為微幅的上下振動。隨著種植在外陽台的時間變久，葉柄上下振動速率會變慢(6/2)。

4. 畫出皆在野地的 h-t 圖如下：



5. 含羞草在野地時的葉柄會低處往上抬起。隨著種植在野地的時間變久，葉柄會從低處往上抬起的幅度越大。

6. 畫出皆在 5/27、6/2 兩日外陽台與野地的 h-t 圖如下：



7. 於 5/27 夜間時，同處於外陽台的 A、B 株葉柄處於高處；於 6/2 夜間時，A、B 株的睡眠律動的方式，已有明顯的差異，仍在外陽台的 A 株的葉柄依舊高處，但移至野地的 B 株的葉柄由低處向上抬的律動行為已形成。

8. 外陽台(位於一樓)與野地相差約 15 公尺左右，因此把溫度與濕度視為相近。又都是以盆栽種植。故此實驗把日照視為改變此睡眠律動節奏差異的主要因素。

### 實驗十三:睡眠律動會因缺水而改變嗎?

[說明] 含羞草的運動與膨壓有關,就是跟水份有關。

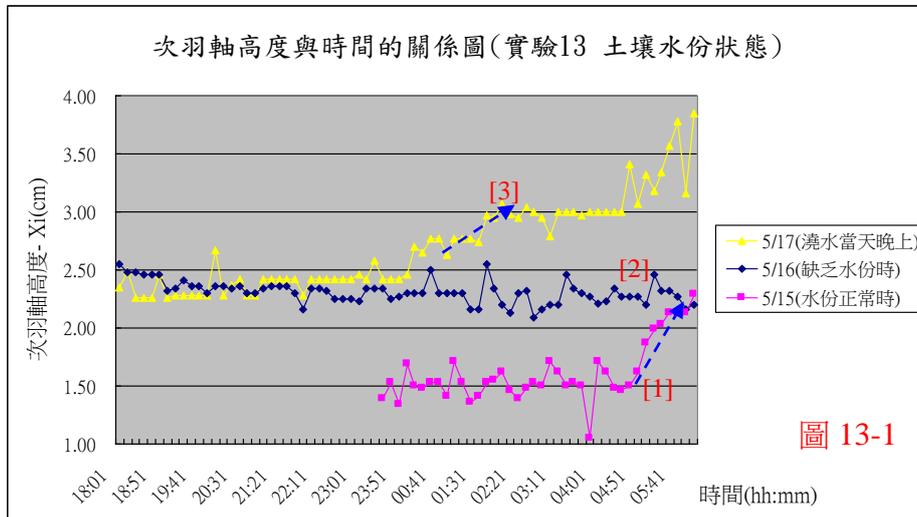
[步驟]

1. 選擇一棵成株含羞草連續幾日不澆水。用紅外線攝影來進行觀察睡眠律動。
2. 比較與分析所拍得的照片,轉成 h-t 圖後,並加以討論。

[結果]

將畫出下列三個時段的 h-t 圖

- (1) 5/15 pm11:30 左右~5/16 am6:00 左右,土壤水份還是正常值時。
- (2) 5/16 pm17:00 左右~5/17 am6:00 左右,土壤水份已是缺水狀態。(忘記澆水)
- (3) 5/17 pm17:00 左右~5/18 am6:00 左右,土壤水份恢復正常值時。(am 7:30 澆水)



[討論]

1. 在曲線 1(水份正常值)中,快天亮時成株的葉柄是由低處往上抬起。在曲線 2(缺水狀態)中,快天亮時葉柄沒有向上抬起,簡單來說:「睡眠律動已停止」。在曲線 3(恢復水份正常值)中,睡眠運動提早結束,睡眠律動的節奏提早抬起。
2. 我們以三天相同時段(清晨 03:10)來比較,缺水狀態時的睡姿與正常時不同,恢復水份正常值後,白天的葉面迅速張開,作息正常;當天晚上睡眠週期並沒有恢復正常,反而提早。



3. 在圖 13-2 中,從下圖箭頭所指的葉片裡,水份仍足夠,所以閉合狀況正常;在圖

13-3 中，當缺水狀態時，次葉枕已無法完全緊閉羽軸了。可見一般晚上時，並非所有方向的膨壓變小，而是白天時某一個方向的膨壓變大，到晚上時另一個方向的膨壓變大才對。

## 陸、實驗討論

1. 我們將含羞草的葉柄運動方向、葉面張閉情形與發生的時間繪成簡圖來說明，一天運動方式，當快速播放時有如在舞動一般。所以就稱他為“含羞草的舞動”，有時還會發生觸發運動，增加一些變化。
2. 之前的文獻是以角度來說明葉柄的律動，但我們是用高度的方式並畫出 h-t 圖後，才能進一步來探討睡眠律動的規律。
3. 在葉片旁放一把尺，往往會影響葉子的運動。且鏡頭的角度會影響讀取的刻度。如何量出葉柄的上下變化是很關鍵的。因此定義高度(h)是以拍照後，照片中次葉枕至照片底部的距離。

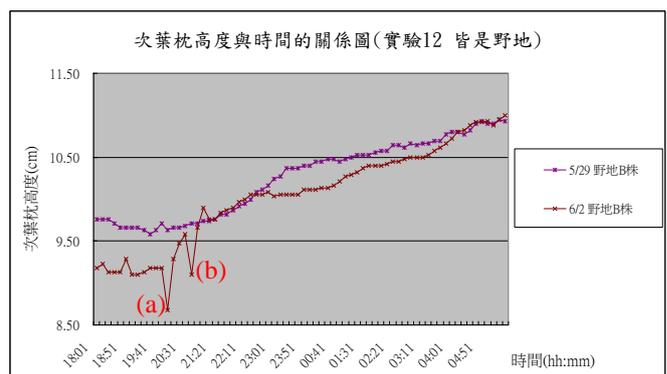
### 4. 如何畫出 h-t 圖?

- (1) 先將照片一張張貼在 Excel 的試算表上。
- (2) 紅色箭頭對準量測的高度(次葉枕至照片底部的距離)。
- (3) 讀取紅色箭頭內部參數值之一(高度 - h)。
- (4) 再將 h 與照片上時間作圖，即可畫出 h-t 圖。



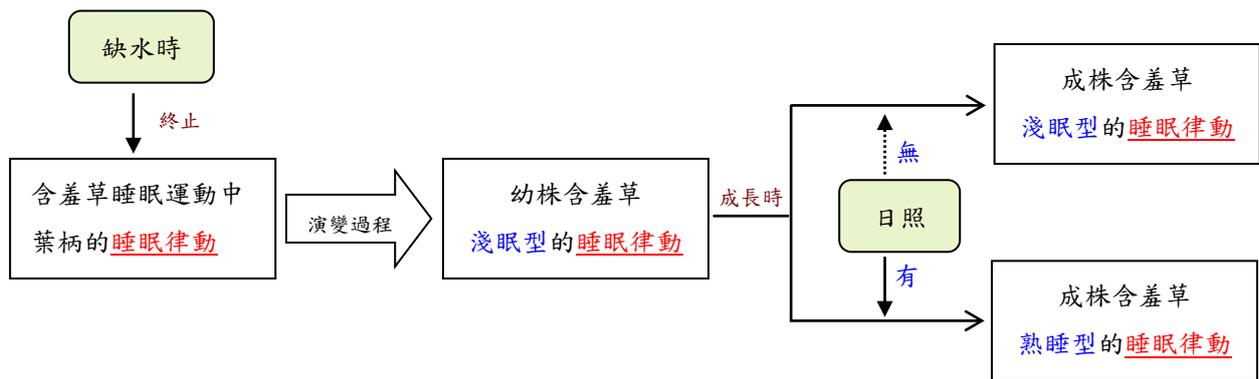
### 5 如何從 h-t 圖，判斷出發生了觸發運動。

- (1) 觸發運動的時間長，約 20 分鐘內。
- (2) 且葉柄會向下。因在 h-t 圖中的時間距是 10 分鐘，故由 3 個點組成向下的尖點時，就是發生了觸發運動。右圖中標示(a)、(b)處。



## 柒、結論

1. 發現每晚含羞草葉柄會自發性的先下後上運動一回，此運動我們稱為含羞草葉柄的「**睡眠律動**」。此**睡眠律動的節奏**與幼株、成株有所不同且與生長環境有無日照有關。在睡眠運動時，幼株的葉柄會在高處徘徊較久，稱為**淺眠型睡眠律動**；成株的葉柄會在低處停留較久，稱為**熟睡型睡眠律動**。生長在陽光充足的含羞草其睡眠律動會改變，會隨著成長而從**淺眠型**轉成**熟睡型**的睡眠律動。若生長在無陽光照射的含羞草，則無法轉變成熟睡型。若當土質缺乏水時，則此睡眠律動會停止。



2. 從教室邁向野外，由白天進入黑夜，在此時空交會之下，藉著一張張的舞姿，來探索睡眠的律動。水是律動的泉源，陽光是躁動小孩成長為沉睡巨人的淬煉。
3. 也許含羞草利用她的肢體語言在訴說著成長的喜悅與對環境的感受，而我們試著用有限的認知幫她解釋著…。

## 捌、參考資料及其他

1. 張乃千，教育部九十六年度中小學科學教育專案期末報告大綱。民國 102 年 09 月 16 日，取自：<http://www.sec.ntnu.edu.tw/Secproject/96/期末/期末報告 pdf 檔/花蓮縣立宜昌國小/花蓮縣立宜昌國小.pdf>
2. 含羞草-維基百科，自由的百科全書，民國 102 年 11 月 16 日，取 <http://zh.wikipedia.org/wiki/含羞草>。
3. 台南縣本土教學資源網 - 南瀛探索電子書，單元 61 含羞草，民 102 年 11 月 16 日，取 [http://ltrc.tnc.edu.tw/modules/tadbook2/view.php?book\\_sn=&bdsn=549](http://ltrc.tnc.edu.tw/modules/tadbook2/view.php?book_sn=&bdsn=549)
4. 超感應－含羞草的觸發運動，民國 102 年 11 月 16 日，取 [http://163.32.84.104/93homepage/PB/PB047/study/study\\_3.htm](http://163.32.84.104/93homepage/PB/PB047/study/study_3.htm)
5. 黃冠瑜，含羞草的非接觸性觸發運動，民 102 年 11 月 16 日，取 <http://www.shs.edu.tw/works/essay/2010/03/2010032901311558.pdf>
6. 植物的感應，葉枕 鉀離子 膨壓運動，民 103 年 4 月 8 日，  
<http://ms1.hkjh.tc.edu.tw/~pei14/add352.htm>
7. 中央氣象局，首頁>天文>月出月沒，民 103 年 4 月 10 日，  
<http://www.cwb.gov.tw/V7/astromy/moonrise.htm>
8. 林正偉，國小組生物科，中華民國第二十三屆中小學科學展覽：我對會運動的植物含羞草的探討。
9. 吳宗憲、吳宗翰，國小組生物科，中華民國第三十五屆中小學科學展覽：含羞草「害羞」的探討。
10. 林之淵、邱靜怡，高中組生物(生命科學)科，中華民國第四十四屆中小學科學展覽：Oh! my sports 含羞草。
11. 嚴浩禎、陳妍蓓等六人，國小組自然科 中華民國第四十六屆中小學科學展覽：我們的含羞草會伸懶腰。
12. 田弘康、張育蒲等四人，高中組生活與應用科學科，中華民國第四十六屆中小學科學展覽：含羞草的避震效應。
13. 林耕雍、李國昇，2008 年臺灣國際科展 植物學：「從害羞到大方需要多少時間」(環境因子對含羞草開葉時間的影響)。
14. 鄭立欣、唐立怡、林宥成，中華民國第五十一屆高雄市中小學科展 高中組 化學科：X 的晶奇秘辛－探討晶體的成長。
15. 蔡佩穎、劉丞軒，中華民國第五十二屆中小學科展 國中組 生物科：不讓你睡~睡眠運動植物適應時差變化節奏之研究。
16. 長晶追蹤器，民 102 年 03 月 16 日，取自：<http://www.chihjh.kh.edu.tw/htdocs/index.php>

玖、附記



## 【評語】 080315

1. 觀察記錄仔細，實驗設計及資料分析用心。
2. 自創淺眠及熟睡描述含羞草的睡眠律動過於主觀及擬人化。
3. 錄影觀察資料龐大，建議結果可更聚焦及統整，針對少數主題，  
例如造成幼株換成株睡眠律動差異的因素，深入探討。