

中華民國第四十五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

酢醬草的睡眠運動

國立虎尾高級中學

作者姓名：

高二 李侑珉 高二 丁偉洋 高二 韓筠茜
高二 張友薰

指導老師：

郭昭志

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別： 生 物 科

組 別： 高 中 組

作品名稱： 酢醬草的睡眠運動

關鍵詞： 睡眠運動、生理時鐘、光週期

編 號：

作品名稱：酢醬草的睡眠運動

摘要:

以(1)不同光週期(正常光週期 6~18 小時，延後 6、12、18 小時) (2)不同色光(紅、藍、綠) (3)連續日夜顛倒 1~3 天的光週期 (4)同株酢醬草不同葉片之間給於不同光週期 (5)不同時長的連續黑暗或光照來處理黃花酢醬草，觀察酢醬草葉片的睡眠運動是否會受到影響或者會互相影響。

我們發現生理時鐘扮演了一個重要的角色，而光線則會干擾生理時鐘的運作，野外黃花酢醬草的生理時鐘已與自然的光週期相配合，若我們改變光週期對生理時鐘的規律會有某種程度的干擾，而影響到睡眠運動。另外在日夜顛倒的光週期，若單獨給於藍或綠光的處理對黃花酢醬草睡眠運動的影響比紅光來的明顯。連續日夜顛倒處理後，酢醬草的睡眠運動被瓦解，無明顯的規律性。同株但不同的葉片給於不同光週期處理，彼此並不會互相影響。連續黑暗(或光照)越長，則葉片受光線(或黑暗)誘導開啓(或閉合)的速度越快。

壹、研究動機:

在觀察酢醬草葉片的睡眠運動時，發現在中午時分若將酢醬草由光亮處移至黑暗處一段時間，會發現酢醬草的葉片下垂呈睡眠狀態，似乎會受到光線的影響，經查詢資料發現植物的睡眠運動是因葉枕細胞膨壓改變所造成的一種可逆運動，且與光敏素有關(生命科學上冊第四章:植物的生長與運動)，一般認為是由植物本身的生理時鐘所調控(選修生物上冊第三章:維持生命現象的能量)，但是在我們日常觀察中卻發現酢醬草葉片的睡眠運動似乎與光線有某種程度的關聯，因若純粹受到生理時鐘所調控，那若給於不同的光線週期甚或其他環境因素改變時，應不會影響其睡眠運動的週期性才對，但是我們卻觀察到不同的結果因此激起了想去了解光線、生理時鐘或其他因素對酢醬草睡眠運動的影響。

貳、研究目的:

- 一、探討不同光週期對睡眠運動的影響
- 二、不同色光(紅、藍、綠)對睡眠運動的影響
- 三、連續日夜顛倒處理後，睡眠運動是否可被調控
- 四、探討同株酢醬草不同葉片之間睡眠運動是否會互相影響
- 五、不同時長的連續黑暗或連續光照對睡眠運動的影響

參、研究設備及器材:

黃花酢醬草(實驗前一週先行移植至小盆栽內，大小直徑約 10cm)、日光燈(JKS 36W 水草栽培專用燈，光強度 3300Lux)、不透光紙箱、三種透光玻璃紙(紅、藍、綠)，黑色壁報紙作成的黑色罩子。

肆、研究過程與方法:

將葉片閉合到開啓的過程區分成 1~5 個階段(1 代表完全閉合、3 代表半開、5 代表全開)，將每組實驗的 3 株酢醬草，在每個時段葉片的不同開啓程度，轉換成以 1~5 的數值來表示，且取其平均值作為判斷開啓程度的依據，若同株各葉片差異程度大，則將各葉片開啓程度分別判斷出後，求平均值作為此株酢醬草的開啓程度，且每一實驗皆採 3 重複，挑選狀況良好大小相近的植株進行實驗。

一、不同光線週期對酢醬草的睡眠運動影響

盆栽各依其光週期的設定而以人為的方式移動於光照與黑暗(暗箱)處理之間，裝置設置如下圖。

- (一) 以人工正常光週期處理酢醬草，每隔 2 小時紀錄其葉片開閉程度，以取得在正常光週期(6~18 小時)下的睡眠運動情形，用以作為對照組。
- (二) 將光週期延後 6 小時，其餘步驟同(一)。
- (三) 將光週期延後 12 小時，其餘步驟同(一)。
- (四) 將光週期延後 18 小時，其餘步驟同(一)。
- (五) 全天 24 小時連續光照，其餘步驟同(一)。
- (六) 全天 24 小時連續黑暗，其餘步驟同(一)。



二、不同色光對酢醬草的睡眠運動影響

將紙箱頂端面去除，分別覆蓋以紅、藍、綠三種相同材質的透光玻璃紙用以純化人工光源，以(1)正常的光週期(2)倒置的光週期分別處理酢醬草，每隔 2 小時紀錄其葉片開閉程度，並比較之間有無差異，實驗裝設如上圖。

三、連續日夜顛倒光週期 1~3 天對酢醬草的睡眠運動影響

取 9 株酢醬草置於完全倒置光週期 (6~18 時暗箱處理，18~翌日 6 時光照處理)的處理下經過 1 天、2 天、3 天後，分別各取出其中 3 株置於暗箱，每隔 2 小時持續 1 天，以觀察其葉片開閉狀況，探討是否可以透過調整光週期來調控其睡眠運動。

四、同株酢醬草的兩組葉片以不同的刺激(光照或黑暗)或不同光週期(正常與倒置光週期)處理，觀察兩組葉片是否會互相干擾

(一) 不同刺激(光照與黑暗)

將同株酢醬草分成 2 組，一組光照一組黑暗(以黑色壁報紙做成的罩子由上往

下罩住)，分別在 4 個時間點：上午 9:00、下午 15:00、上半夜 21:00、下半夜 3:00 進行實驗，每隔 10 分鐘紀錄一次葉片開閉程度，持續一小時。

(二) 不同光週期(正常光週期與倒置光週期)

將同株酢醬草葉片分成兩組，一組正常光週期，另一組倒置光週期，紀錄兩組葉片開閉程度 24 小時，然後置入暗箱再觀察 24 小時紀錄兩組葉片的睡眠運動是否有相互干擾的情況。

五、不同時長的連續黑暗或光照對睡眠運動的影響

(一) 連續黑暗:

從下午 18:00 後依序連續 2 小時、4 小時、6 小時的黑暗處理後，各取出 3 株酢醬草，以光照處理，每隔 0.5 小時紀錄葉片的開啓程度，比較不同時長的連續黑暗期後，光線對葉片開啓程度的影響。

(二) 連續光照

過程與連續黑暗相似，自早上 6:00 後依序經 2 小時、4 小時、6 小時的連續光照後，各取出 3 株酢醬草移入暗箱，每隔 0.5 小時觀察紀錄一次，比較葉片閉合是否與光照期長短有關。

伍、研究結果:

一、不同光週期對酢醬草睡眠運動的影響

將實驗一的六種不同光週期的結果，依各組平均值將各種光週期處理的葉片睡眠運動的規律性依序以圖一到圖六來表示。結果顯示黃花酢醬草的睡眠運動主要是受到生理時鐘的影響，而光線則會干擾生理時鐘的運作，且黃花酢醬草在下半夜(24~6)比上半夜(18~24)更容易受光線誘導而開啓葉片。

二、不同色光對睡眠運動的影響

不同色光(紅、藍、綠)以正常及倒置光週期單獨處理的結果如圖七~九，在正常光週期部分三種色光間並無明顯差別。而在倒置光週期部分，藍、綠光的影響則較紅光明顯。

三、連續日夜顛倒處理後，睡眠運動是否可被調控

日夜顛倒處理結果如圖十，連續處理 1 天及 2 天(隨後放在暗箱觀察一天)的結果相似，其葉片幾乎不開啓(約 1.5 程度)，而連續處理 3 天後，其葉片幾乎全開(約 4.7 程度)，且觀察到有部分葉片甚至有向上翹的情形發生。

四、探討同株酢醬草以不同光週期處理，葉片之間睡眠運動是否會互相影響

(一) 不同刺激(光照與黑暗)

同一株兩組葉片分別給予光照及黑暗處理，結果彼此並不會互相干擾。在白天 9:00 與 15:00 進行的實驗，發現給予黑暗處理的葉片在十分鐘內即開始閉合，而下午實驗組閉合速度及程度較上午實驗組快，且下午組 1 小時後完全閉合，而上午組

的閉合程度為 2，至於照光組葉片則持續開啓，並不會受黑暗組葉片閉合的影響(圖十一、十二)。

在晚上 21:00 與 3:00 進行的實驗，照光組的葉片在 20 分鐘後開始展開(圖十三、十四)，下半夜 3:00 實驗組，葉片開啓速度略快於上半夜 21:00 實驗組，且一小時後前者開展程度約 3.7 大於後者的 3，至於同株黑暗組葉片則持續閉合，並不會受光照組葉片開啓的影響。

(二) 不同光週期(正常光週期或倒置光週期)

兩組葉片各自依所受光週期來進行睡眠運動(圖十五)，與單獨進行其中任一項的結果相符合(正常光週期：圖一、倒置光週期：圖二)，兩葉片間不會相互干擾，且對於第二日暗箱處理也不會有影響，其葉片表現類似 24 小時全黑暗的处理一樣。

五、不同時長的連續黑暗或光照對睡眠運動的影響

(一) 連續黑暗期處理時間越長的葉片，受到光線誘導而啓動開啓的時間較短(連續 4 及 6 小時黑暗組在半小時左右，而 2 小時黑暗組則在 3.5 小時後)，並且達到葉片全開所需的時間也較短(根據圖十六的趨勢預估：連續 6 小時黑暗組約只需 4 小時、連續 4 小時黑暗組約需 5.6 小時、而連續 2 小時黑暗組則約需 8 小時)。

(二) 連續光照的三組(2 小時、4 小時、6 小時)，其葉片皆在黑暗處理開始後閉合，且連續光照越長者，其達到接近完全閉合程度所需的時間越短(依序為 5.5 小時、2.5 小時、略小於 2.5 小時)(圖十七)。

陸、討論

一、探討光線對睡眠運動週期性的影響

(一) 圖一得知在正常光週期(6~18)的時候，黃花酢醬草在此期間葉片皆展開，其他時間則閉合，這與在野外所觀察到相同光週期的酢醬草睡眠運動相符合，葉片展開的時間約為 5、6~17、18 期間，其它時間則閉合呈現睡眠狀態。

(二) 若將光週期往後延 6 小時(12~24)，則發現在原本照光的 6~12，在改為黑暗處理後，雖未照光但仍可見葉片約半開的狀態，而在其正常光週期內(6~18)的 12~18 時給於光照，其葉片則立刻全開，故在整個後延 6 小時的光處理期間(12~24)中，12~18(下午)正常的照光中葉片全開，但在 18~24(上半夜)雖照光但葉片仍未開。由圖二可看出生理時鐘的影響似乎超過光線的影響。

(三) 而將光週期延後 12 小時的處理(即日夜顛倒)如圖三，我們發現在正常光週期期間(6~18)，雖然以黑暗取代光照，但葉片仍然有微開的程度，顯示酢醬草內部的生理時鐘可以導致葉片進行開展，但由於當時可能欠缺光線的刺激故無法達到全開的狀態。而在原本應該黑暗的期間(18~6)，若給於光照，其葉片也只能達到稍微張開的程度，一直到接近其正常光週期的 2~6(下半夜)時，其葉片才開始漸漸開展至全開狀況，這顯然是生理時鐘所調控，光線並不能完全調控睡眠運動，但是會影響。

(四) 將光週期延後 18 小時的處理中(24~12)如圖四，在正常光週期(6~18)中的 6~12 給於光照，葉片幾乎全開，而在 12~18 期間，雖給於黑暗處理，但是葉片仍然呈現半開狀態，顯然是受生理時鐘的影響，如同圖三一樣。比較特別的是在 24~6(下半夜)

期間，原本屬於睡眠的時間，若給於光刺激則其葉片開啓程度很高，幾乎達到全開的狀態，類似的情形也發現在圖三的 24~6 及圖五的 24~6。似乎在酢醬草睡眠狀態的下半夜(24~6)若給於光刺激，則葉片很容易就甦醒而幾達全開狀態。相對的若在上半夜(18~24)給於光刺激則其葉片開啓程度如何呢？圖二及圖五的 18~24 表現出完全閉合狀態，圖三則達微開，為何圖三有較不同的結果呢？也許是因為光週期完全倒置，嚴重干擾其生理時鐘的運作，因此我們得到以下的結論，光線對於下半夜(24~6)刺激葉片開啓的影響似乎比上半夜(18~24)來的大，這或許與連續黑暗的長短有關，此點在後面的實驗五有相關討論。

- (五) 比較圖五(全日光照)及圖六(全日黑暗)的結果，我們發現兩者的睡眠運動週期相近，只是全黑暗組葉片開啓時間點(上午四點)比全光照組(凌晨零點)晚，且在葉片的開啓程度上有差異(在正常光週期(6~12)期間有照光的葉片全開(程度 5)，而黑暗組則微開(程度 2)，在此二組實驗的比較中，睡眠運動的規律似乎與生理時鐘有關，而光照則可誘導。

二、不同色光對睡眠運動週期性的影響

- (一) 用不同色光(紅、藍、綠)以正常的光週期處理的三組(圖七八九)，其葉片的睡眠運動週期完全相同，且與人工正常光週期(圖一)的結果也一致，可見不同色光在這個部分對黃花酢醬草的影響是一樣的，或者是說生理時鐘影響的節奏是一致的。其中綠色光組的葉片開啓的程度稍微低一點(4.67，全開狀態：5)，而這可能與光強度較弱有關係(紅光:472、藍光:1350、綠光:167、人工光源:3300 lux)。
- (二) 而在倒置光週期的部分，藍、綠光對夜間酢醬草的睡眠運動比紅光有較明顯的影響力，在高三選修生物(上)第十章課文中曾提到，植物葉片具有藍光受器可以接受刺激而引起氣孔開關，而睡眠運動也是如同氣孔開關一樣，是屬於膨壓運動，是否這也解釋了藍光為何影響較大的可能原因，但綠光則無法解釋(因其大部分應該會被葉片反射掉才是)，是否也有綠光受器或者是其波長與藍光接近或有其他機制則須進一步去研究。

三、連續日夜顛倒處理後其睡眠運動是否可被調控

得到這樣的結果出乎我們預期，圖十顯示其生理時鐘似乎有被破壞的情形，因為在日夜顛倒處理後隨後一天的暗箱觀察期間，其並未出現如同實驗一的全黑暗處理組(圖六)所表現出生理時鐘的規律性，這三組結果有某種程度的相似性及差異性，相似性是皆無明顯的規律性，差異性是連續日夜顛倒處理一及二天後，其葉片在第二及第三天的暗箱觀察中，皆低於 2 的程度(微開)，可是連續日夜顛倒處理三天的酢醬草，其葉片在隨後第四天的暗箱觀察中則幾乎全開(約 4.7 程度)，這點我們目前無法有較合理的推論來解釋這個現象。

四、探討同株酢醬草不同兩組葉片之間睡眠運動是否會互相影響?

(一) 不同刺激(光照與黑暗)

此實驗結果顯示酢醬草的葉片睡眠運動是彼此獨立的，不會互相影響，不像生命科學第四章提到的虛擬激素(開花素)，可通過韌皮部運輸而影響到整株開花，龍騰版教科書提到睡眠運動會受到光敏素的影響，顯然是光週期影響到光敏素的

合成而影響到睡眠運動，在植物荷爾蒙一書中描述光敏素並無法透過植物的輸導組織送到其他部位，此點亦可解釋本實驗所得到的結果。另外，下午組 15:00 黑暗處理的葉片，閉合的速度略快於上午組(9:00)，而下半夜組(3:00)以光照處理的葉片，開放的速度略快於上半夜(21:00)，這與先前接受的連續光照或連續黑暗的時間長短有關，在同樣具有睡眠運動的馬齒莧研究文獻(第 42 屆全國科展)曾經提出光線可能非啟動睡眠運動的因素，而可能是黑暗一段時間後葉片開啓，光照一段時間後葉片閉合的想法，基於此我們進行實驗五來測試這個想法。

(二) 不同光週期(正常光週期或倒置光週期)

在第一天同一棵同時進行實驗的兩組葉片(一組正常光週期、另一組倒置光週期)，皆表現出獨自進行各自的睡眠運動，表示與實驗四-1 的結論相同，兩組葉片之間不會相互干擾，不會像開花素一般可以藉輸導組織影響其它部位。而在第二天的暗箱觀察中，我們發現葉片的睡眠運動基本上還是符合生理週期，甚至是前一天經過日夜顛倒光週期的葉片也是，且也與全黑暗處理結果大略符合(圖六)，只是在白天 (6-18) 原本葉片該開啓的時段中，其葉片開啓的程度不高，這可能與缺乏光線的誘導有關。

五、不同時長的連續黑暗或光照對睡眠運動的影響

連續黑暗期處理時間越長的葉片，受到光線誘導而啟動開啓的時間較短，並且達到葉片全開所需的時間也較短，表示葉片經過一段時間的黑暗期後(大約四小時左右)，透過光線的誘導即可開始開啓，這與前述有關馬齒莧葉片開啓與閉合的想法符合，累積足夠的黑暗期後就可開啓葉片。另外還有一個可能，就是由於連續黑暗處理的時間越長(例如連續 6 小時黑暗組)，則時間上越接近早上(下半夜)，根據之前的觀察下半夜比上半夜更容易以光照誘導其葉片開啓，也就是說其有受到生理時鐘的影響，為了解是否只要累積足夠的黑暗期即可促進葉片開展的這個問題，進一步將生理週期的影響化為同步的實驗設計是必要的。而連續光照期越長，其葉片經黑暗處理後閉合的速度越快，連續光照的時間也約需四小時，但根據圖十一~十四，酢醬草所需的連續黑暗或連續光照約只需三小時左右。圖十六、十七可知若連續黑暗不夠久(例如 2 小時)，則須經光照一段時間後葉片才會開啓，但不管連續光照時間多短，一但給於黑暗處理葉片立刻開始閉合，顯現連續黑暗影響程度大於連續光照。

植物荷爾蒙一書(P 442)中提到銀河歡及含羞草羽狀複葉中的小葉片的睡眠運動會受到光敏素的控制，紅光使小葉片摺疊而遠紅光則使小葉片張開，因此光敏素必須為 Pfr 型時，小葉片才會摺疊。另根據龍騰版生命科學(上)第四章課文所描述 Pfr 在黑暗下會分解成沒有活性的 Pr 型式，那麼在晚上黑暗期間，基本上酢醬草體內的 Pfr 應較少，照以上說法其葉片應該不會摺疊才是，但這卻與實際狀況不符，我們觀察含羞草的小葉閉合情形，發現其小葉片是由下向上摺疊起來，若依照這個思維，是否酢醬草在白天因為照光，使得 Pfr 較多，也如同含羞草一般促進其葉片由下往上摺疊，因而造成葉片的開啓。在正午陽光普照的校園草地上，我們曾經觀察過有些酢醬草的葉片開啓程度超過 5，而呈現往上翹的情況，其是否是因為接受了強光而產生大量具生理活性的 Pfr，而造成過度向上開啓的現象，這個假設仍需要進一步實驗去驗證。然而我們也曾觀察到在特別炎熱且地面乾燥的情況下，酢醬草的葉片呈現完全閉合的

狀態，合理的推測是爲了減少水分的蒸散。

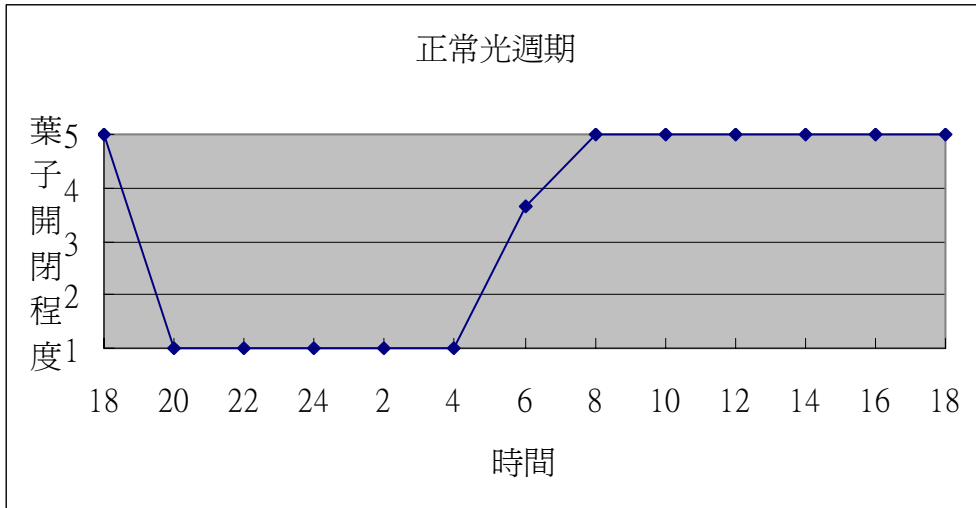
柒、結論

- 一、黃花酢醬草的睡眠運動主要是受到生理時鐘的影響，而光線會干擾生理時鐘的運作。黃花酢醬草在下半夜(24~6)比上半夜(18~24)更易受光線誘導而開啓葉片。
- 二、在正常光週期下(6~18)，不同色光(紅、藍、綠)對黃花酢醬草的睡眠運動週期沒有影響。但在倒置光週期的處理下(18~6)，藍、綠光對黃花酢醬草的睡眠運動週期影響較紅光明顯。
- 三、連續 1~3 天的日夜顛倒光週期並無法調控其葉片的開閉週期，且經過處理後期生理時鐘對葉片的影響也被破壞。
- 四、同株酢醬草不同部位的葉片，各自隨著所受光週期而開閉，彼此之間不會互相干擾影響。
- 五、連續黑暗或光照時間越長，葉片開啓或閉合所需的時間較短，速度也較快。

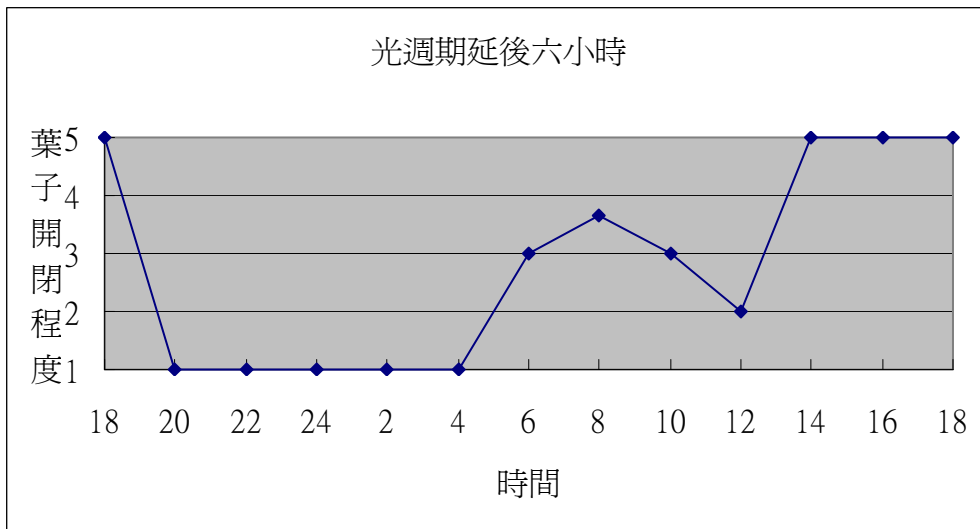
捌、參考資料及其他

- 一、李宗穎等四人(民 91)馬齒莧的睡眠運動之再探討。中華民國中小學科學展覽第 42 屆參展作品專輯光碟 <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/e/3>
- 二、陳佩君等四人 (民 84)。酢醬草睡眠運動捉秘。載於中華民國中小學科學展覽第 21~30 屆優勝作品專輯—國中組生物科合訂本(p205)。臺北市：國立台灣科學教育館
- 三、高景輝 (民 78)。植物荷爾蒙。臺北市：華香園出版社
- 四、施河(民 90)等八人。高三選修生物(上)。南一書局
- 五、楊冠政等六人。高二生命科學(上)。龍騰文化事業公司
- 六、上田 實(民 92)。首度闡明植物睡眠之謎：引起植物運動的化學物質。牛頓雜誌，237，16-21。

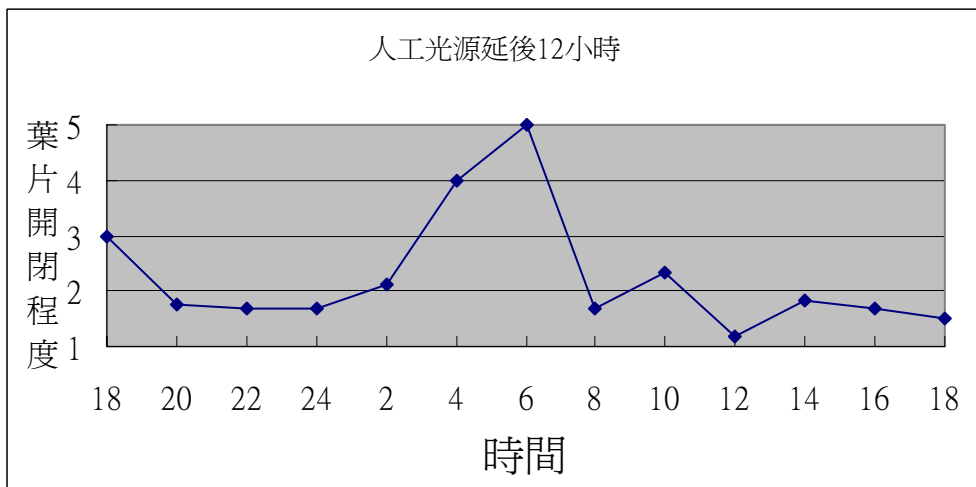
圖一



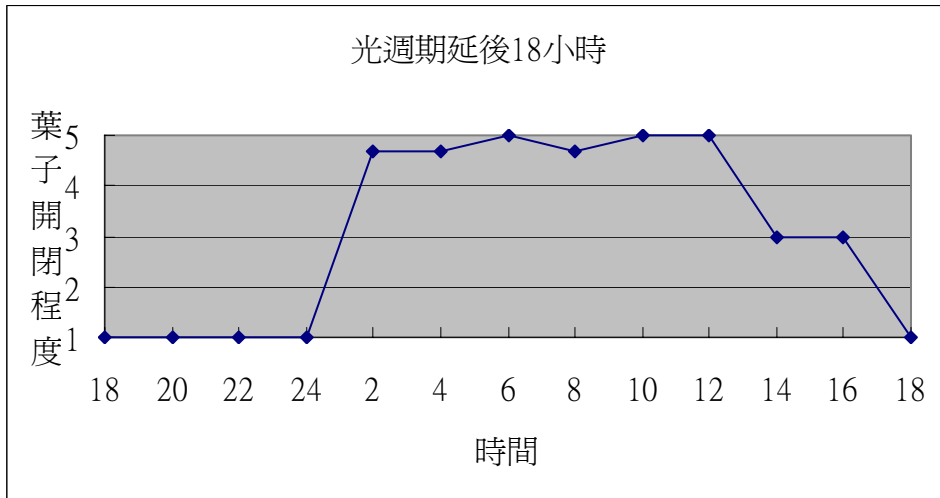
圖二



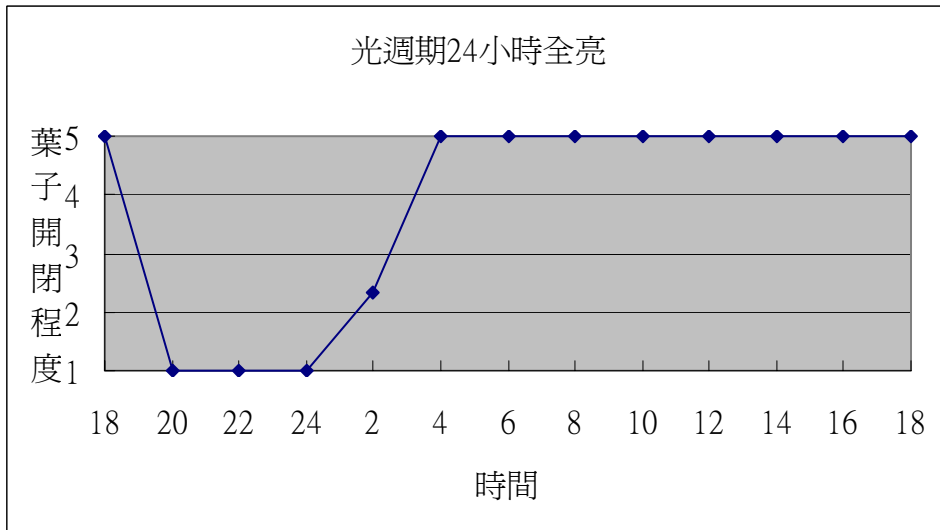
圖三



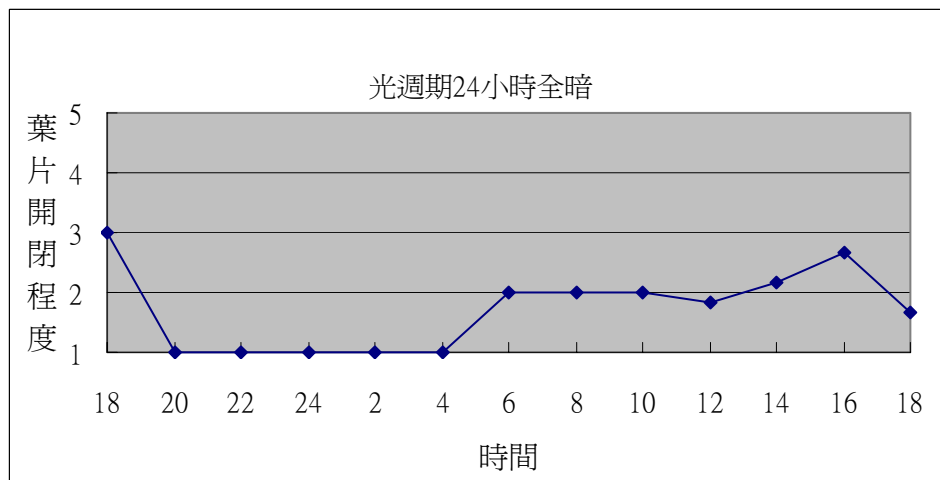
圖四



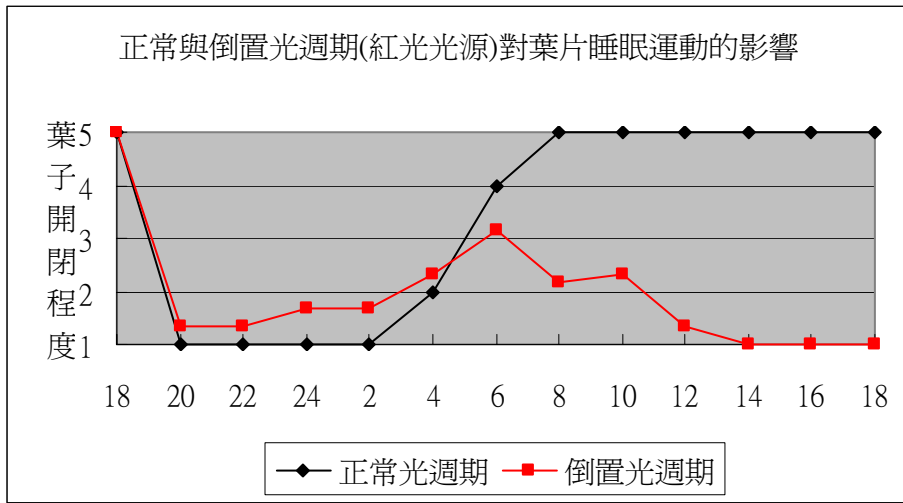
圖五



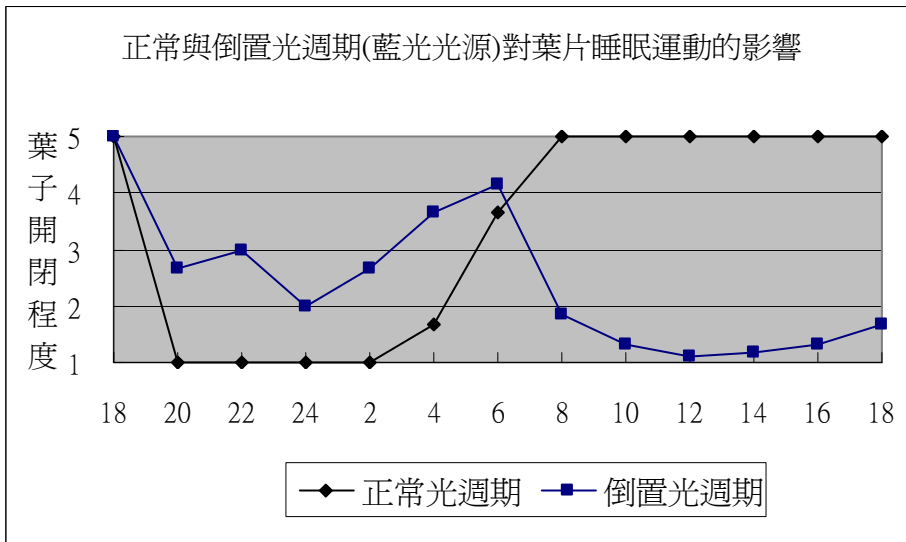
圖六



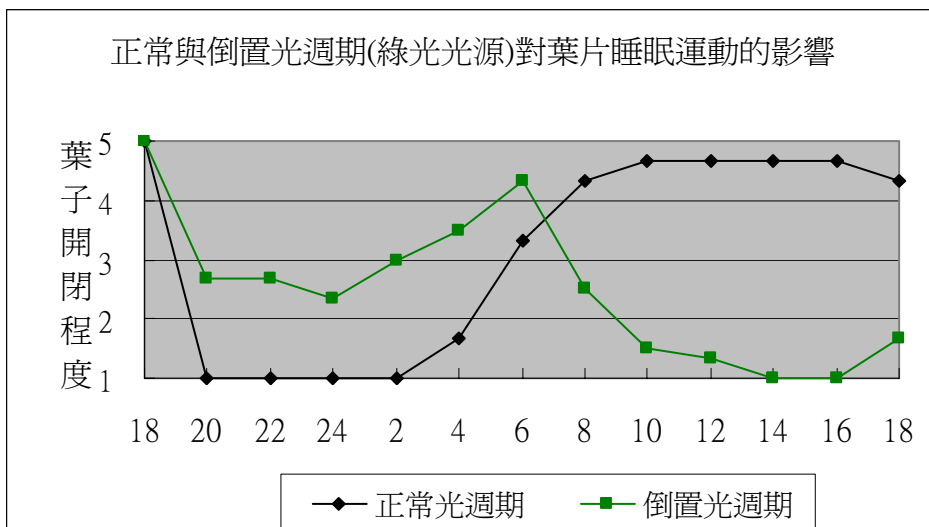
圖七



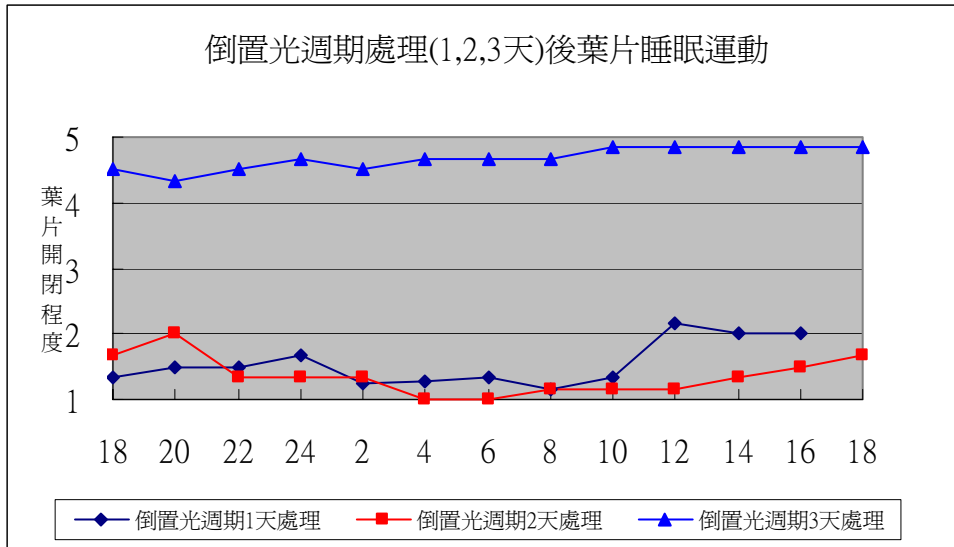
圖八



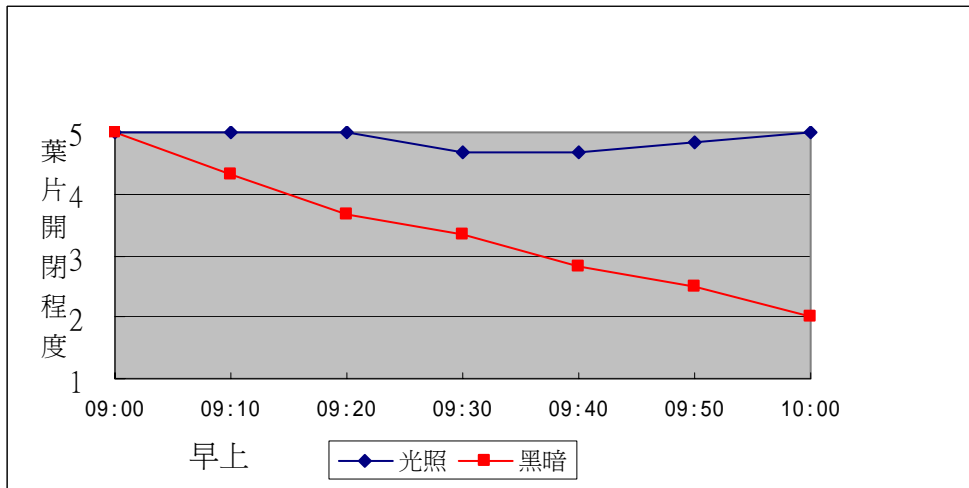
圖九



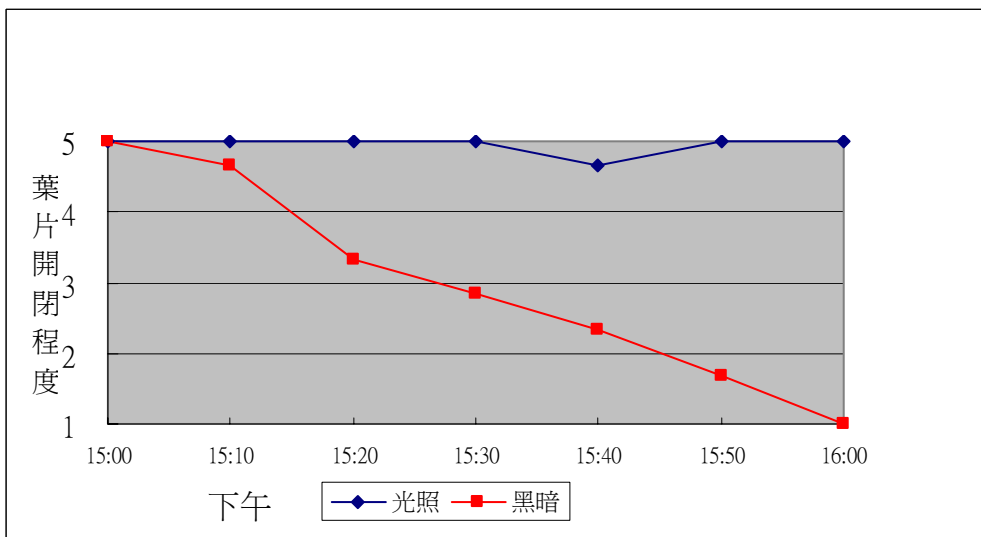
圖十



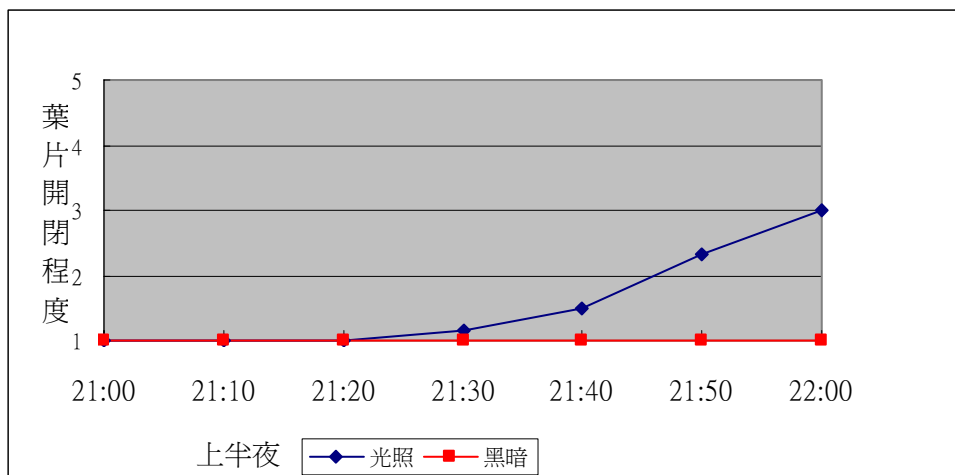
圖十一



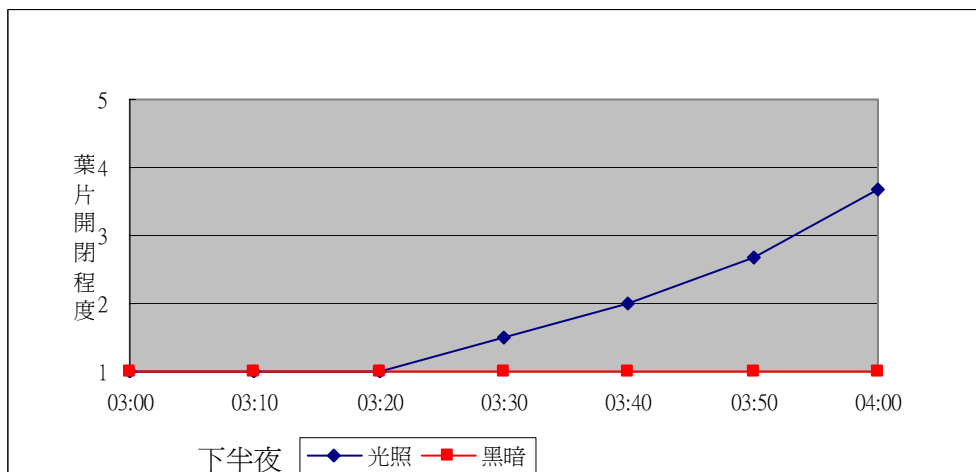
圖十二



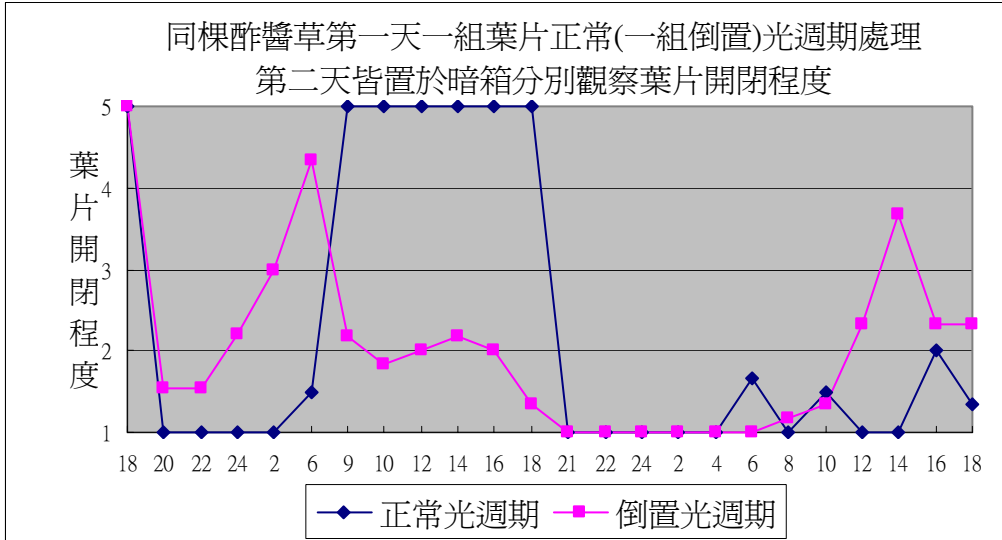
圖十三



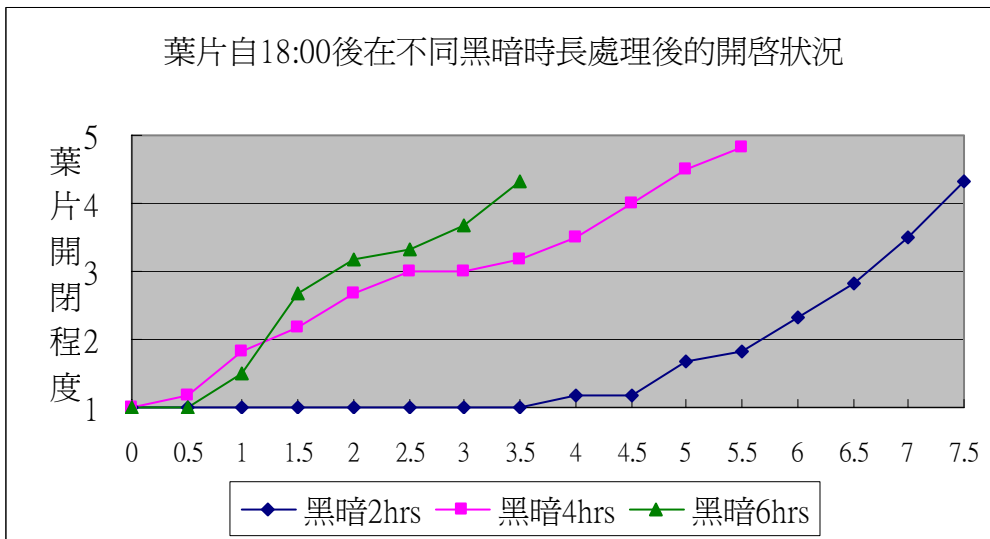
圖十四



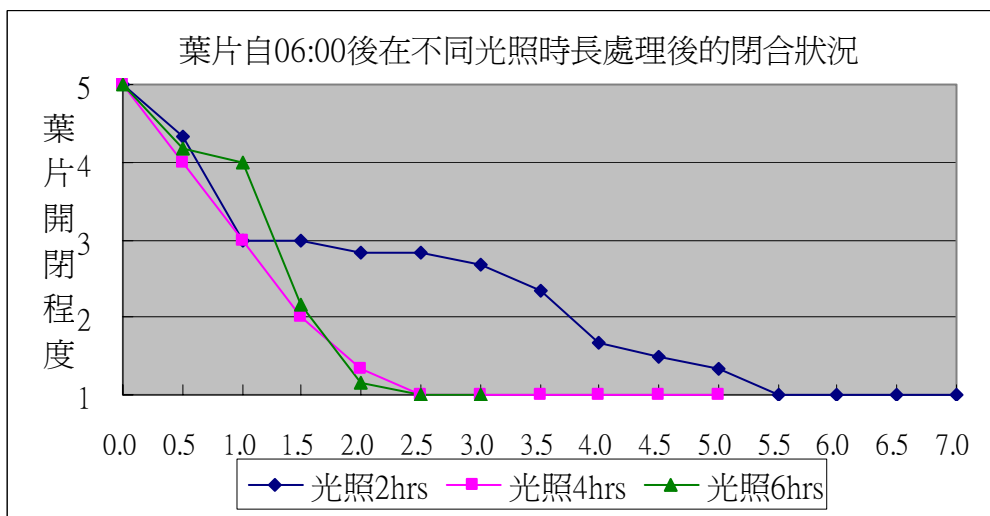
圖十五



圖十六



圖十七



中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 生物(生命科學)科

040721

酢醬草的睡眠運動

國立虎尾高級中學

評語：

本研究發現酢醬草葉片之睡眠運動與(1)光迴期及(2)日週期有關，但實驗設計並未充分證明上述論據。