

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

第二名

031722

掌握幸運—南國田字草的形態生理與睡眠運動之研究

臺北縣立福和國民中學

作者姓名：

國一 王成宇 國二 葉雅瑄 國二 林冠伯

指導老師：

朱明黛 胡青穎

摘要

南國田字草是一種浮葉性的水生蕨類，匍匐莖細長，橫臥在水中泥土或濕潤土壤裡，葉四枚對生於葉柄頂端，依生長環境不同，可分為水生葉及陸生葉，水生葉又分沉水葉、浮水葉及挺水葉三種。孢子囊群聚集特化成堅硬的孢子囊果，長於葉柄基部，孢子有大、小孢子兩型。四種葉形在氣孔分布密度上有相當的差異，澱粉含量以沉水葉最少。

南國田字草陸生葉隨著晝夜交替，具有週期性的睡眠運動，每天葉片開啓的最大角度和閉合時間有一定的時間範圍。黑暗期受光照干擾或連續照光、日夜顛倒，皆影響葉片的開閉時間與速率。

壹、研究動機

在一次永和社區大學生態之旅中，我們在中正橋下的水池中央，發現了一大片長得很像酢漿草的水生植物。詢問老師後，才知道它們叫做『南國田字草』，果然草如其名。老師又說，它們是一種蕨類植物，和我們在自然實驗課時觀察的「蕨」外形不一樣，孢子囊的位置也不一樣（南一版自然與生活科技第二冊第四章），後來又發現他們也可以長在水池邊的陸地上呢！好個『雙棲植物』，有趣的是，它們也有睡眠運動耶！這個讓我們驚喜連連的南國田字草，使我們更想認識它們，於是利用課餘時間，開始一連串的研究。

貳、研究目的

- 一、南國田字草形態與構造的觀察。
- 二、四種異型葉(沉水葉、浮水葉、挺水葉、陸生葉)的比較：
 - (一) 異型葉氣孔密度的比較。
 - (二) 異型葉澱粉含量的比較。
- 三、探討南國田字草於環境改變時氣孔密度的變化。
- 四、探討南國田字草的睡眠運動：
 - (一) 觀察正常晝夜下睡眠運動的日規律性。
 - (二) 觀察黑暗期被打破的睡眠運動。
 - (三) 觀察連續照光情況下的睡眠運動。
 - (四) 觀察日夜顛倒情況下的睡眠運動。

參、研究設備及器材

- 一、南國田字草來源：永和社區大學之生態實驗農場、台北植物園(皆經由許可而後取得)。
- 二、器材：昆蟲箱(29 X 25 X 20 cm)、花盆、數位相機(sony)、數位攝影機(sony)、複式顯微鏡、解剖顯微鏡、顯微測微器、南寶樹脂、110V, 27W 日光燈、110V, 27W 黃燈、光度計、量角器、分光光度計、磨鉢、溫度計、溼度計、燒杯、廣用試紙、刀片、1000 ml 量筒、勺子、濾紙、酒精燈、陶瓷纖維網、漏斗、電子秤。
- 三、藥品：碘液、澱粉、95%酒精。

肆、研究過程及方法

一、生長環境與形態觀察

- (一) 移植：到永和社區大學的生態實驗農場，移植一些南國田字草栽植於昆蟲箱，並分成水生與陸生植株(每盆約 50 株，共 10 盆)。
- (二) 觀測本校、社大生態實驗農場、植物園內的水質酸鹼度、日照情況、流動性，並比較三地的南國田字草生長情況。
- (三) 選取水生與陸生植株各四株，每日觀察捲曲幼葉至成葉的成長過程，並繪圖拍照攝影。〈觀察記錄 10-20 天〉
- (四) 徒手切片觀察根、葉、匍匐莖、葉柄、孢子囊果之內部構造並拍照。

二、異形葉的比較

(一) 氣孔形態、分布及密度

1. 分別取南國田字草的四種葉型：陸生葉、挺水葉、浮水葉、沉水葉，並把水份吸掉。
2. 以樹脂印模法取得四種葉型的上下表皮印模，觀察小葉的表皮細胞與氣孔。
3. 氣孔密度的測量
 - (1) 取 7-10 個視野(150 X)，計算視野內氣孔的數量。
 - (2) 以數位相機拍下氣孔分布的畫面後，輸入電腦，利用 ACDSsee 軟體與 PhotoImpact 軟體，輔助計算視野內的氣孔數目。

(二) 澱粉定量比較

1. 葉片中澱粉測定

- (1) 分別取南國田字草的四種異型葉各一株，只取其四片小葉的部分。
- (2) 將葉片放入沸水中加熱兩分鐘。
- (3) 改放入酒精中，隔水加熱至葉片顏色褪至近白色。
- (4) 將葉片放入沸水中漂洗。
- (5) 取出葉片，平放在培養皿中，滴取碘液於葉片上，觀察四種異型葉的碘液顏色變化。

2. 定量澱粉試驗

- (1) 分別取南國田字草的三種葉型：陸生葉、挺水葉、浮水葉，並把水份擦乾後，置於電子天平稱取各 0.5 克。
- (2) 重複 1.中(2)-(4)步驟。
- (3) 取出葉片，置於磨鉢中，加 5 ml 蒸餾水，磨碎成漿狀。
- (4) 用濾紙過濾，將濾液收集，待用。
- (5) 另取澱粉加蒸餾水，配製 0.5 mg/ml 的標準澱粉溶液，並往下稀釋配成 0.25, 0.125, 0.0625 mg/ml 等三種濃度。
- (6) 分別取 4 ml 上述澱粉溶液，各加入 0.05 ml 碘液，混合均勻後，以分光光度計測量在波長為 600 nm 時的吸光值，依其吸光度和濃度之關係，繪一標準曲線圖。
- (7) 將三種異型葉 4 ml 之過濾液，分別加入 0.05 ml 碘液，混合均勻後，測量其吸

光值大小，由標準曲線內找其澱粉濃度。

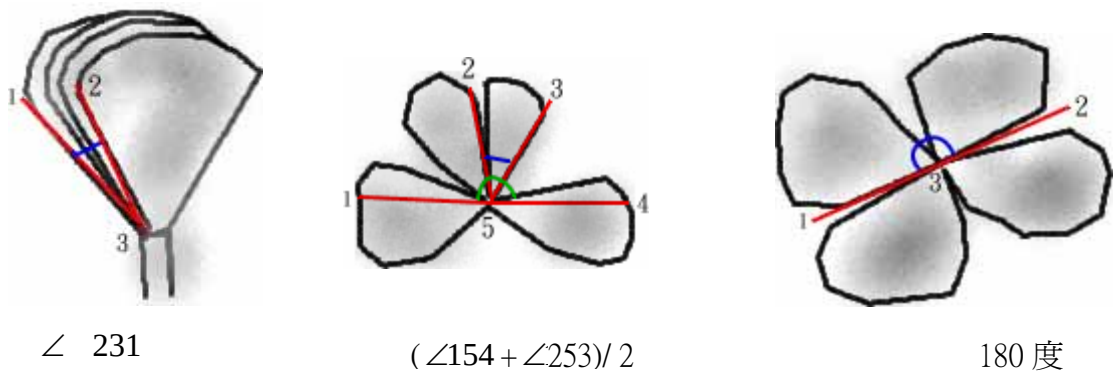
三、南國田字草於環境改變時氣孔密度的變化

- (一) 將陸生植株移至昆蟲箱中，水深為十公分，栽植至產生沉水葉。
- (二) 於七天及十四天後，取一株沉水葉植株，用樹脂轉印法，轉印其葉上下表皮，觀察氣孔分布情況，並計算單位面積內氣孔數目。

四、睡眠運動之相關研究 (93 年 12 月初至 94 年 5 月底)

- (一) 觀察正常晝夜下，南國田字草睡眠運動的周期性

從早上開啓一直到晚上閉合過程中，隨機選取盆中十株植株，利用量角器測量田字草四片小葉的開闔角度，取其平均值，同時記錄觀察時間及光線強度，並用數位攝影機，每五分鐘定點拍攝睡眠運動之開闔情況。



圖一 角度測量方式

- (二) 打破南國田字草的黑暗期對睡眠運動的影響

1. 夜晚照光時數長短，對其隔天睡眠運動的影響

- (1) 準備南國田字草四盆，一組為對照組(A)，三組為實驗組(B、C、D)。
- (2) 四盆先都置於室外，於晚上南國田字草小葉完全閉合後，將三盆實驗組移入室內，給予 110V, 27W 日光燈，距離十五公分光照，夜晚照光時間分三組如表一。
- (3) 觀察照光期間，測量小葉張合角度。
- (4) 將實驗組三盆(已照光 2h、4h、6h 後)再移至室外，繼續觀察並測量小葉在第二天的開闔角度與時間，並與對照組做比較。

表一：打亂黑暗期之夜晚照光時間處理方式

組別	照光來源：110V, 27W 日光燈
對照組(A)	置於正常室外環境
實驗組(B)	於 18:00~20:00 照光(兩小時)
實驗組(C)	於 18:00~22:00 照光(四小時)
實驗組(D)	於 18:00~24:00 照光(六小時)

2. 在不同光照來源下，對其隔天睡眠運動的影響
 - (1) 準備南國田字草兩盆，一組為對照組，二組為實驗組。
 - (2) 三盆先都置於室外，於晚上南國田字草閉合後，將兩盆實驗組移入室內，一組給予 110V, 27W 黃光，另一組給予 27W 白光，距離十五公分光照，夜晚照光時間六小時(18:00-24:00)。
 - (3) 觀察照光期間，測量小葉張合角度。
 - (4) 照光六小時後，將兩盆實驗組再移至室外，繼續觀察第二天小葉開闔角度與時間，並與對照組做比較。
- (三) 在連續光照下，對其睡眠運動的影響
 1. 準備南國田字草兩盆，一為對照組，一為實驗組。
 2. 給予實驗組 110V, 27W 日光燈，距離十五公分光照，連續光照五天。
 3. 觀察五天中是否仍有睡眠運動，記錄小葉開闔的時間與角度是否有所不同。
- (四) 日夜顛倒，對其睡眠運動的影響
 1. 準備一盆南國田字草。
 2. 於夜晚 18:00 至次日清晨 6:00 給予 110V, 27W 日光燈，距離十五公分照光，清晨 6:00 後移入黑暗紙箱中至夜晚 18:00。(12 小時光照期，12 小時黑暗期)
 3. 日夜顛倒一天後，第二天全日給予黑暗處理，記錄葉片第二天開闔的角度與時間。
 4. 重複以上 1- 3 步驟，進行日夜顛倒兩天、日夜顛倒三天，觀察與記錄隔天睡眠運動是否會重新建立新的習慣。

伍、研究結果與討論

一、南國田字草生長環境與形態觀察

(一) 簡介：

1. 分類：

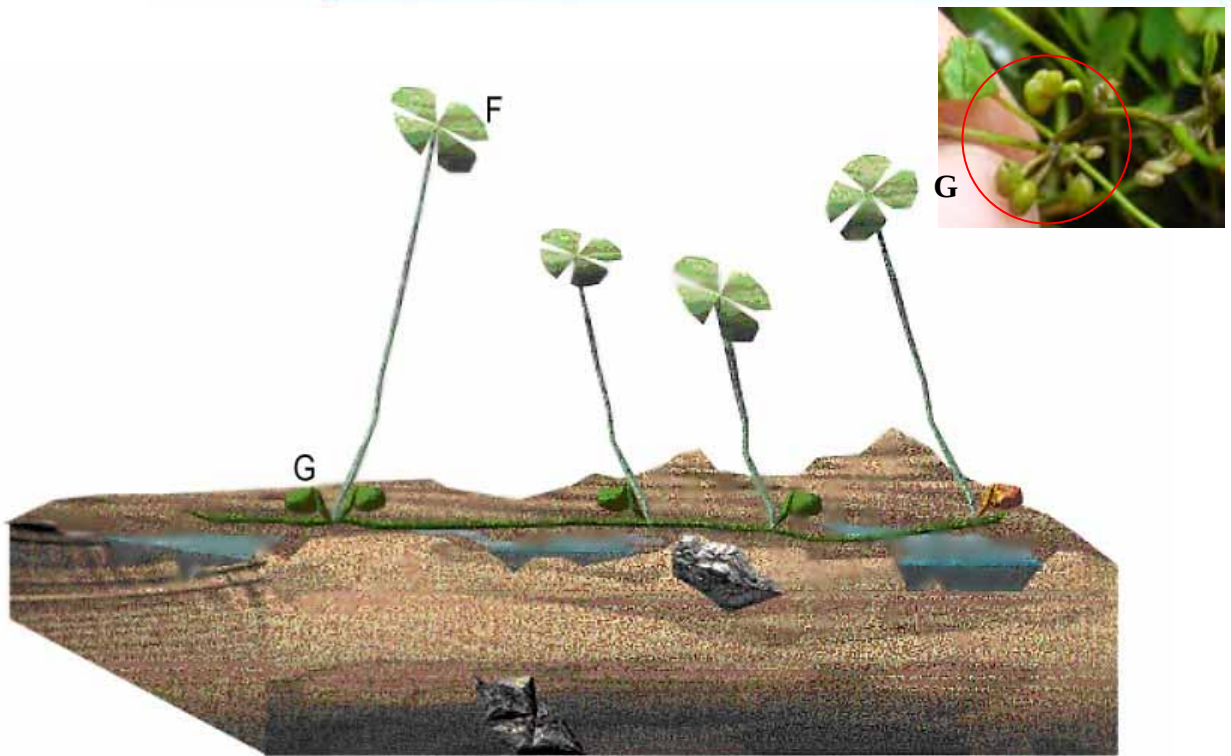
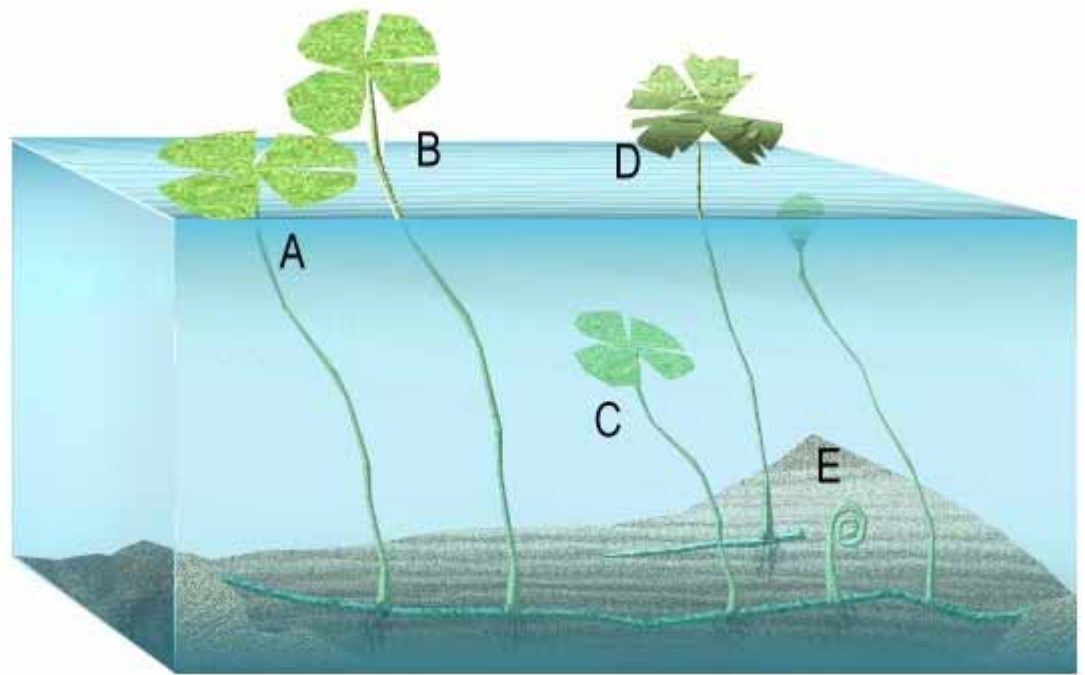
南國田字草學名為 *Marsilea quadrifolia*，屬於植物界，蕨類植物門，田字草科，田字草屬，全世界有 3 屬 53~75 種，但台灣只有一屬一種。

2. 習性：

在台灣原本常見於低海拔池塘、水田、濕地，但由於除草劑的使用，現在出現的機率大為減少。

3. 特徵 (圖二)：

- (1) 為多年生草本蕨類植物。
- (2) 屬於浮葉型的水生植物，其根與莖需著生於土中，根莖長匍匐狀。
- (3) 葉由四片小葉對生於葉柄頂端，小葉呈扇形，排列形狀像田字。
- (4) 分為水生葉和陸生葉，水生葉又有沉水葉、浮水葉和挺水葉三種型態。
- (5) 孢子囊果有柄，長於葉柄基部。



圖二 南國田字草外觀(A 浮水葉 B 挺水葉 C 沉水葉 D 裂葉 E 幼葉 F 陸生葉全緣 G 孢子囊果)

表二：不同生長環境的比較

生長地點	永和社大生態農場	台北植物園	學校水族箱中
水質酸鹼度	pH~7	pH~7	pH~7
水質流動性	靜水	靜水	靜水
日照程度	無遮蔽，充足	無遮蔽，充足	窗邊，光線中等
植物型態	▪陸生型。 ▪小葉葉緣有全緣及撕裂狀兩型。 ▪有許多綠色孢子囊果。	▪陸生型與水生型。 ▪水生型多是浮水葉與挺水葉，沉水葉較少。	▪陸生型與水生型。 ▪沉水葉多易枯黃。 ▪小葉大小比前兩地小。 ▪水中有一些海綿與小型纖毛蟲。



A 植物園

B 永和社大生態農場

C 水族箱

圖三 生長地

2. 討論：

- (1) 社大農場環境原本是水塘，現以人為所造成之枯水期，所以為陸生型葉，推測環境的改變，是我們發現長有孢子囊果的原因。
- (2) 觀察的十二月至三月期間，植物園與我們種植的沉水葉大多呈現枯黃，推測可能與冬天季節日照不夠充足有關。
- (3) 由參考資料九得知：夏季水分充足時，整個個體呈營養葉狀態，不會結出孢子囊果。冬季水不足時，生長環境不良，於是紛紛由葉柄基部長出孢子囊果，準備渡過嚴冬。

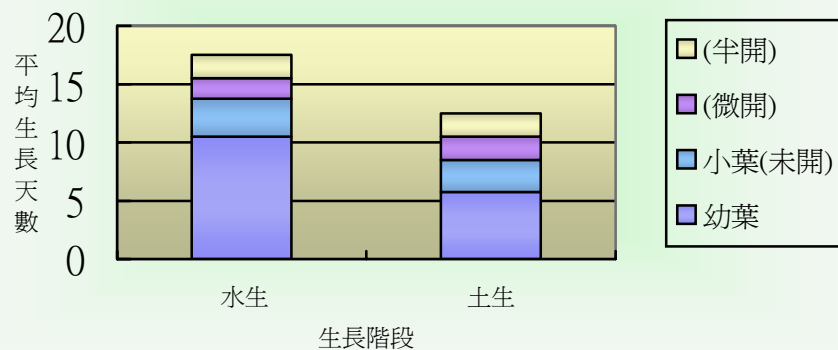
(三) 成長情形：

1. 葉成長觀察：表三，圖四。

表三：南國字草葉片各生長階段的區分及說明

生長期	幼 葉 期 (幼葉)	小 葉 期			成葉 (全開)
		小葉 (未開)	(微 開)	(半 開)	
說明	捲曲狀，以莖捲裹著未成熟的小葉	小葉挺出，不再被莖捲裹著；四片小葉合併尚未開展	小葉微張成二片狀，或四片微開	有同側之二小葉全張近似水平狀，另二片同側之小葉尚未全開	四片小葉呈水平狀張開
圖示					
小葉張合角度	0 度	未開 0 度	角度 < 90°	同側小葉： 2 片約呈 180 度 另 2 片 < 180 度	180 度

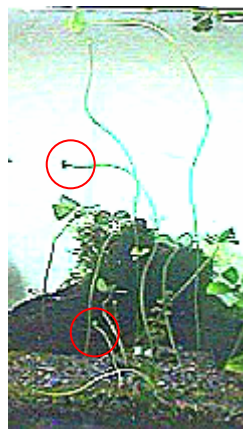
水生葉和陸生葉各生長階段平均生長天數比較



A 水生葉與陸生葉各階段平均生長天數比較



晚上 10 : 00



早上 7 : 40



中午 12 : 05



下午 2 : 00

B 沉水葉葉柄生長情形(一日內變化)



1.



2.



3.



4.



5.



6.

C 挺水葉彎折而成浮水葉之連續照片(一天內的變化)

圖四：葉與葉柄的生長情形

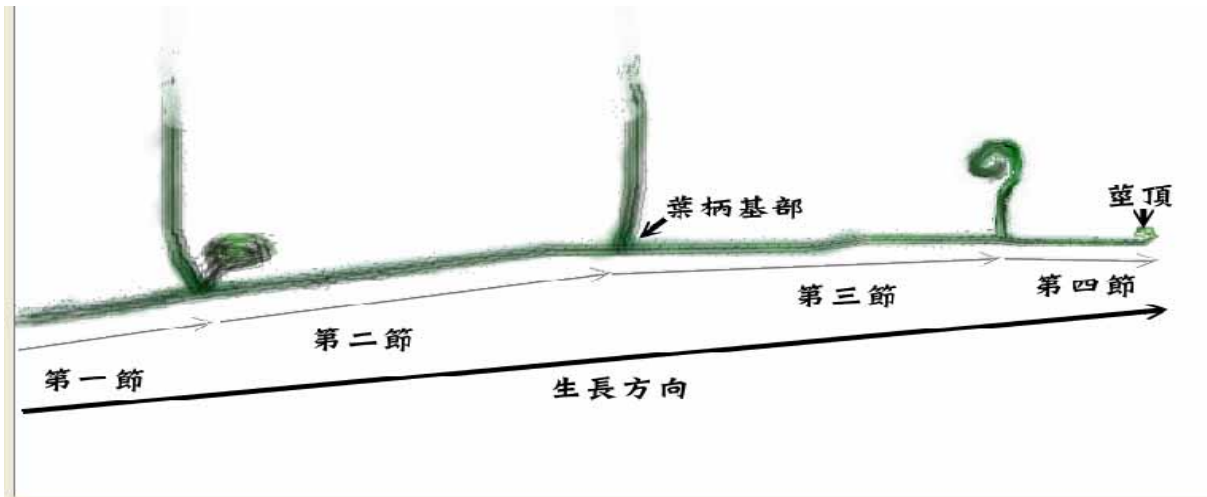
說明：

- (1)水生葉的平均生長天數較陸生葉多。
- (2)幼葉期之生長天數，水生葉明顯較陸生葉為長。

- (3)小葉期之生長天數，水生葉與陸生葉天數差異不明顯。
- (4)沉水葉只要四片小葉張開，葉柄便停止生長。
- (5)將陸生植株移植在水族箱中(水深 30 cm以上)，葉柄生長速度快而細，長至水面時，葉柄無法挺出液面，小葉會直接張開成浮水葉。(圖四 B)
- (6)若將陸生植株移植在水較淺的水族箱中(水深 15cm)，葉柄會挺出水面，一段時間後，葉柄彎折，小葉浮於水面。(圖四 C)

2. 匍匐莖的觀察：

- (1)匍匐莖細長，莖上有細毛。(圖五)
- (2)觀察匍匐莖生長速率只以水生植株為主，因為陸生植株的匍匐莖埋在土中，不方便測量。
- (3)莖上各小節以尖端(最末節)的生長速率最快。
- (4)當長出第三節時，第一節的生長速度趨緩或停止生長。
- (5)當第四節長出時，第二節成長趨緩，第一節則完全停止生長。

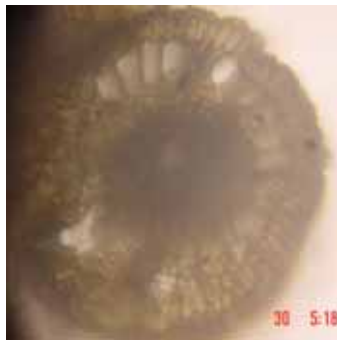


圖五 匍匐莖手繪圖，前端成捲曲

(四) 顯微鏡下：

1. 根橫切面：

水生型的根空腔，較陸生型明顯(圖六)。



A:水生型—沉水葉(100X)

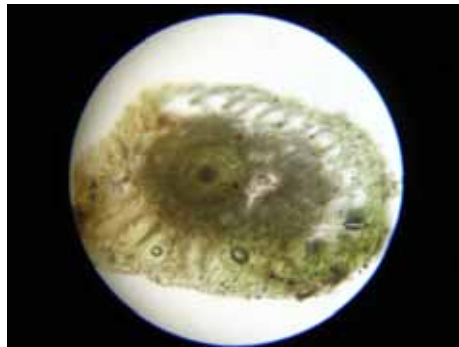


B:陸生型 (100X)

圖六 根橫切面

2. 匍匐莖橫切面：

陸生型、水生型皆可見到許多空腔，水生型的空腔較陸生型大(圖七)。



A 陸生型

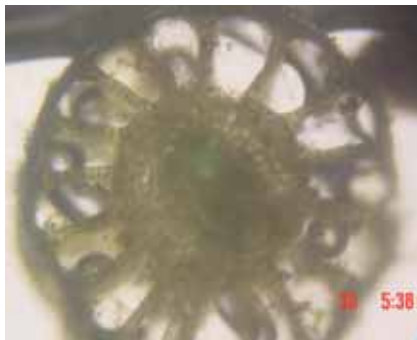


B 水生型—挺水葉

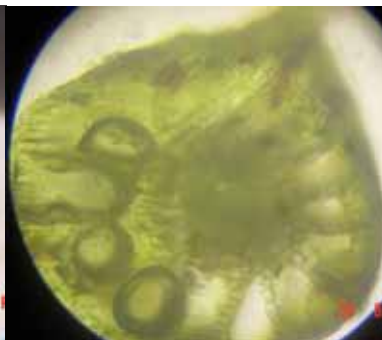
圖七：匍匐莖橫切面(40X)

3. 四種異型葉葉柄橫切面：(圖八)

四種異型葉的葉柄都有明顯的通氣組織，但在切面上所佔的比例，以水生葉較明顯。



A 陸生葉(100X)



B 浮水葉(100X)



C 沉水葉(100X)



D 挺水葉—水面上(100X)



E 挺水葉—水面下(100X)

圖八 四種異型葉葉柄橫切面

4. 葉橫切面：(圖九)

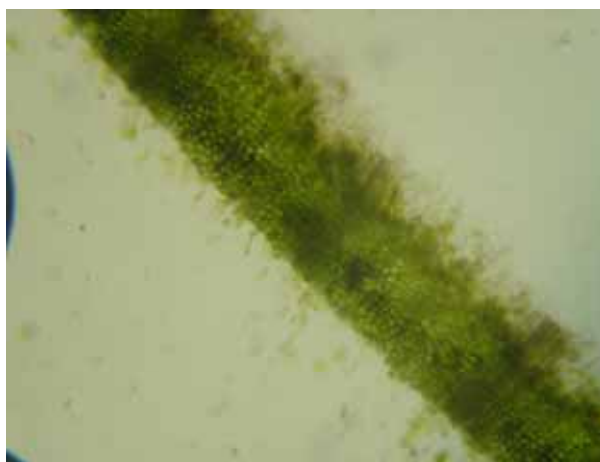
挺水葉與沉水葉之葉肉組織緊密，浮水葉的海綿組織較明顯。



A 挺水葉



B 浮水葉

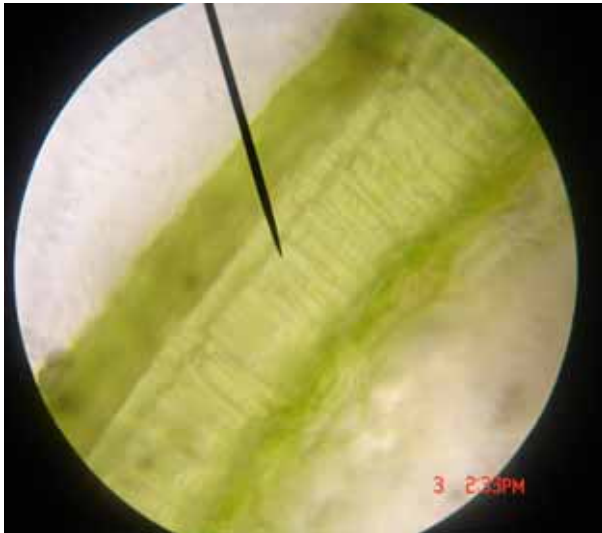


C 沉水葉

圖九 三種異型葉橫切面(150X)

5.孢子囊果：(圖十)

- (1)孢子囊果長圓腎形。
- (2)幼時密佈透明細密的毛，呈綠色，成熟後轉為褐色。
- (3)單一孢子囊果裡的孢子囊數平均約有 45 個，有大、小孢子囊之分。
- (4)單一小孢子囊裡的小孢子數目，觀察結果約 10-18 個，其中以 15 或 16 個最常出現，大孢子囊內有一個大孢子。



A.孢子囊果內壁之切面構造(400X)



B.大小孢子囊(紅色圈內為大孢子囊—其內大孢子未成熟，淺綠色為小孢子囊)(100X)



C.小孢子囊內的小孢子(150X)

圖十 孢子囊果

(一) 氣孔形態及密度：

1. 結果：表四

表四：異型葉上下表皮之氣孔密度

葉形態	陸生葉	挺水葉	浮水葉	沉水葉
上表皮	243	183	210	177
下表皮	167	126	64	6

(單位：個/平方公厘)

說明：

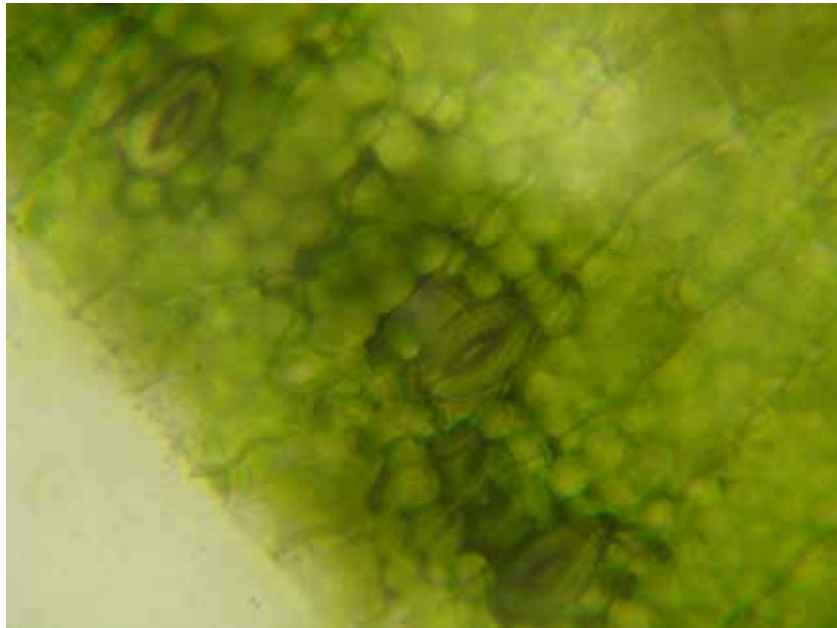
- (1) 四種葉型上下表皮皆有氣孔，陸生葉比水生葉多，上表皮又比下表皮多。
- (2) 保衛細胞及氣孔為橢圓形，表皮細胞不規則波浪型。(圖十一)
- (3) 四種葉型在上表皮氣孔密度上雖有差異，但差異不大。
- (4) 四種葉型在下表皮氣孔密度方面有顯著差異，陸生葉與挺水葉遠高於浮水葉和沉水葉，即陸生葉 > 挺水葉 > 浮水葉 > 沉水葉。



A 下表皮細胞與氣孔分布—沉水葉(150X)



B 上表皮細胞與氣孔分布—沉水葉(150X)



C 葉橫切看氣孔—沉水葉(150X)

圖十一 氣孔

2. 討論：

- (1) 陸生葉上下表皮皆有大量氣孔，浮水葉及沉水葉氣孔大多集中於上表皮，尤以沉水葉最明顯。
- (2) 田字草異形葉間上下表皮氣孔分布的改變和環境的適應有關，浮水葉與沉水葉氣孔集中於上表皮，有助於空氣中二氧化碳的利用，以提高光合作用的氣體交換。(林，91 年)

(二) 澱粉含量：

1. 葉片中澱粉測定：

- (1) 結果：圖十二



圖十二 葉片中碘液試驗顏色比較

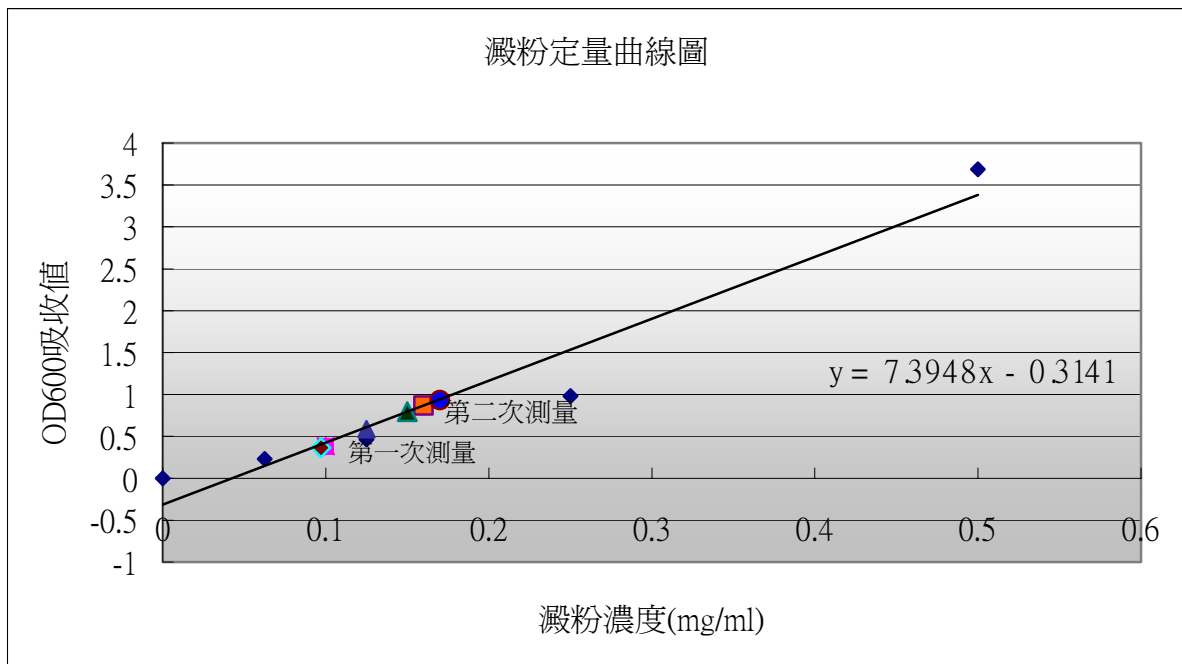
(由左至右，依序為沉水葉、浮水葉、挺水葉、陸生葉)

(2) 討論：

- 我們挑選葉大小相似的翠綠成葉，由碘液顏色深淺判斷，沉水葉的澱粉含量明顯最少，可能是因為冬天日照不足，葉子易枯黃之故，而其他三種異型葉沒有差別，顏色都非常深，表示澱粉含量很充足。
- 我們想更進一步的知道，這三種氣生葉澱粉含量是否有所不同，因此針對這三種異型葉，再去做以下定量的澱粉檢測。

2. 澱粉定量比較：表五、圖十三

三種異型葉澱粉含量差距不大。



圖十三 氣生葉之澱粉含量比較

(綠色記號為陸生葉，粉紅色記號為挺水葉，紫色記號為浮水葉)

表五：三種氣生葉的澱粉含量

葉型		陸生葉	挺水葉	浮水葉
澱粉 含量	第一次	0.13	0.1	0.1
	第二次	0.16	0.17	0.15
(單位：mg/ml)				

(三) 討論：

是否表示這三種氣生葉具有相同的光合作用速率，須要再作進一步探討，但根據文獻資料七 (林，91 年)中指出，田字草三種氣生葉為適應不同環境，可藉由外表形態(氣孔密度、葉片運動)、內部生理結構有效利用環境資源，以達到最佳的光合作用效率。

三、南國田字草於環境改變時的變化

(一)結果：

- 1.陸生植株移至水生環境第七天，取下表皮來觀察其氣孔分布，發現氣孔密度為 223 個/平方公厘，是屬於陸生葉的氣孔分布形態。
2. 陸生植株移至水生環境第十四天，取新長出的沉水葉下表皮來觀察其氣孔分布，發現氣孔密度為 12 個/平方公厘，氣孔數目很少，和表四中的沉水葉氣孔分布形態一樣。

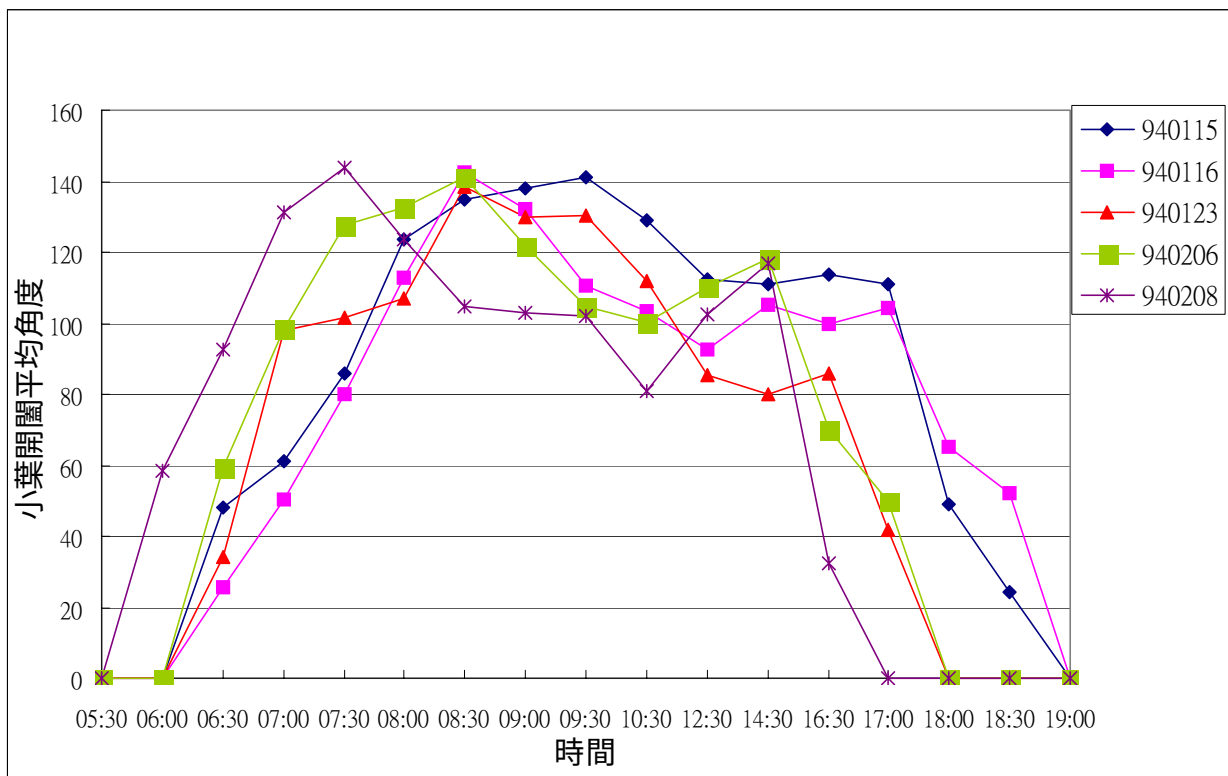
(二) 討論：

當棲地由陸生環境轉變成水生環境時，幼葉會快速的轉變成水生葉的狀態，當棲地由水生環境轉變成陸生環境時，是否也有相同的轉變，有待進一步的探討。

四、睡眠運動

(一) 正常晝夜下，南國田字草睡眠運動情形：

1. 結果：圖十四



圖十四 南國田字草正常晝夜下，小葉開闔角度與時間的關係

說明：

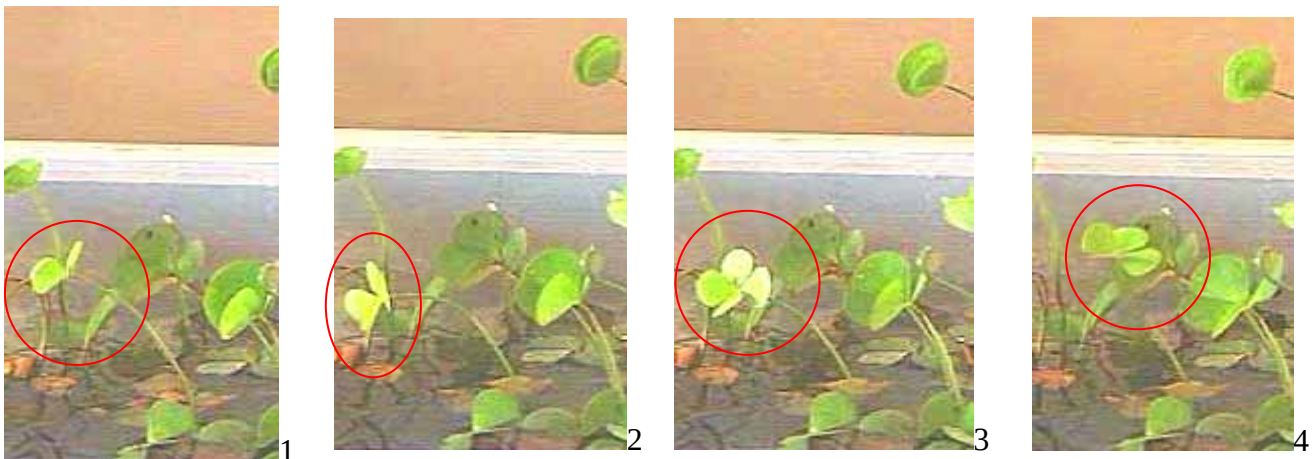
- (1) 測量時的天氣為陰天或晴天，溫度 12-16 度，濕度 60%-80%。
- (2) 我們同時也測量光強度，一天當中光強度最強的時段約是早上十點到下午兩點。
- (3) 觀察中發現，每棵植株開合角度會有其快慢差異，所以在隨機取樣時盡量選取翠綠植株，大致上，幼葉偏向晚開啓早閉合，老葉偏向早開啓晚閉合，開闔變化較新葉不明顯。
- (4) 陸生葉、挺水葉具有睡眠運動。(圖十五)

2. 討論：

- (1) 南國田字草在正常晝夜下(一月初至三月中)，能隨晝夜的更替作展開或閉合的變化。
- (2) 在進行實驗的期間，在清晨，小葉開始開啓的時間大約是 5:30~6:00 之間，傍晚小葉開始閉合的時間大約是 17:00~19:00 之間。
- (3) 早上約 7:30~9:30 之間，小葉開啓的角度會趨近於一天當中的最大角度，角度平均最大可達到 145 度。
- (4) 一天當中，光強度最強的時段，並不一定是小葉開啓的最大角度，所以我們推測光強度不是影響小葉開啓的唯一因素。
- (5) 從開始開啓至完全閉合的時間，平均約是 11.5~13 個小時，週期的長短是否隨季節影響有待進一步的探討。



A 小葉張開順序



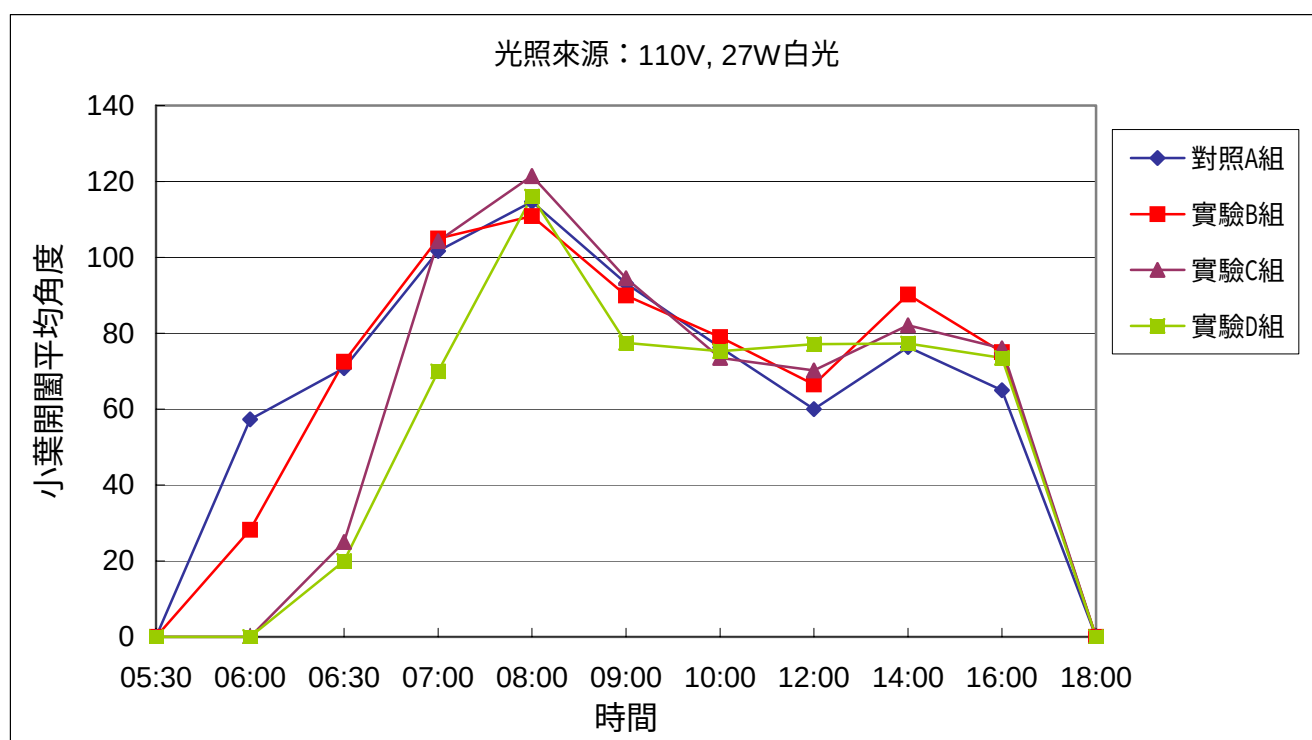


B 挺水葉會依照太陽位置改變而移動方向

圖十五 田字草對光的反應

(二) 打亂黑暗期對睡眠運動的影響：

1. 黑暗期受不同光照時數干擾，對隔天睡眠運動的影響：(圖十六)



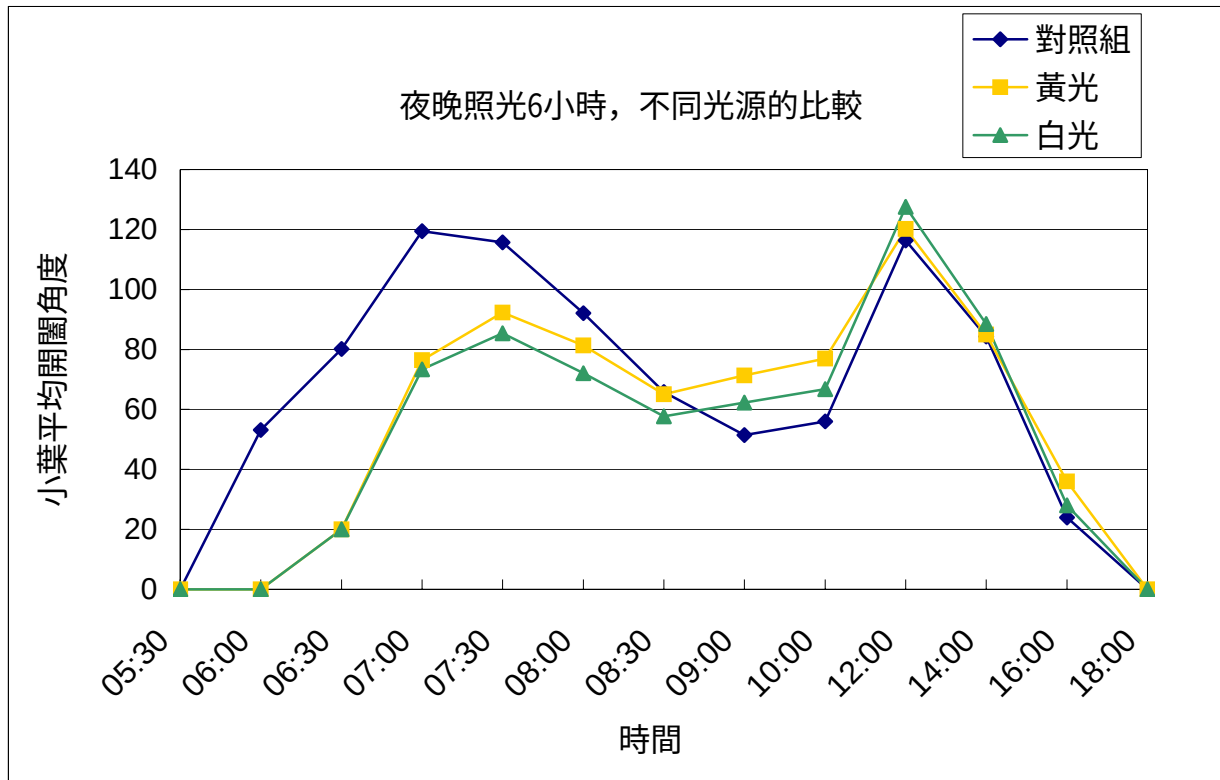
圖十六：夜晚光照時數長短，對第二天小葉開啓時間與速率

討論：

- (1) B 組(黑暗期中斷 2 小時)開閉時間正常。C、D 組(黑暗期中斷 4、6 小時)小葉延後開啓。
- (2) B、C、D 三組隔天小葉剛開啓時，開啓速率都比對照組慢。
- (3) 經過黑暗中光照處理後，隔天小葉開啓至最大角度時間和閉合時間皆與對照組相同。
- (4) 黑暗期受光照干擾時數長，主要影響小葉開啓的時間和速率。

- (5) 我們也實驗過，南國田字草小葉在白天開啓至最大角度後，將其置於黑暗盒子內四小時(10:00~14:00—中斷光照四小時)，之後再移至室外環境，觀察其小葉閉合時間，發現最後仍與對照組於同一時間閉合。

2. 在不同光照來源下，對其隔天睡眠運動的影響：(圖十七)

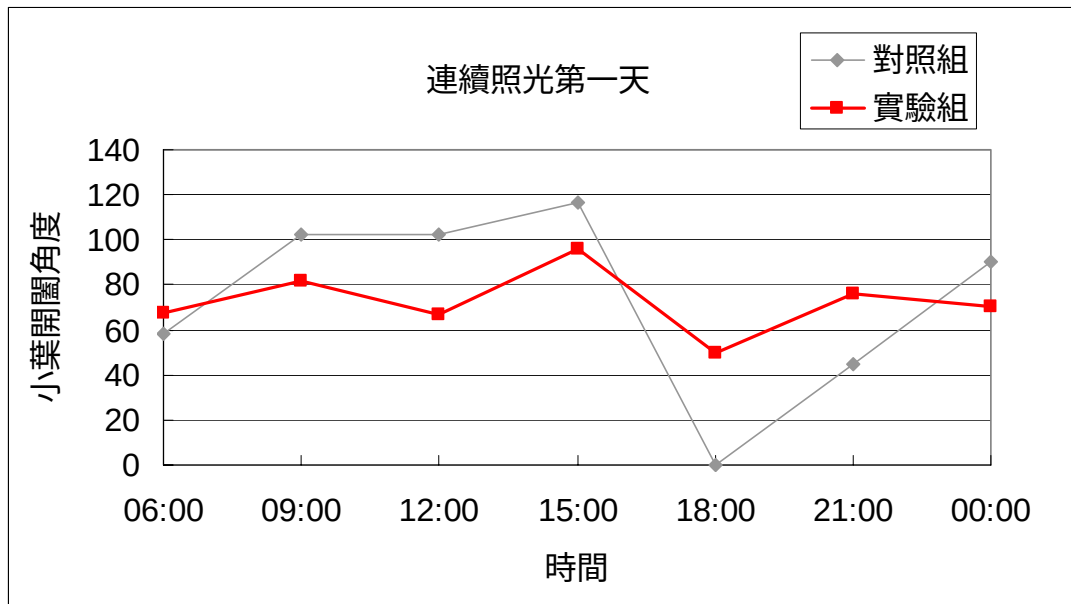


圖十七 夜晚不同光源的光照，對睡眠運動開啓時間與速度的影響

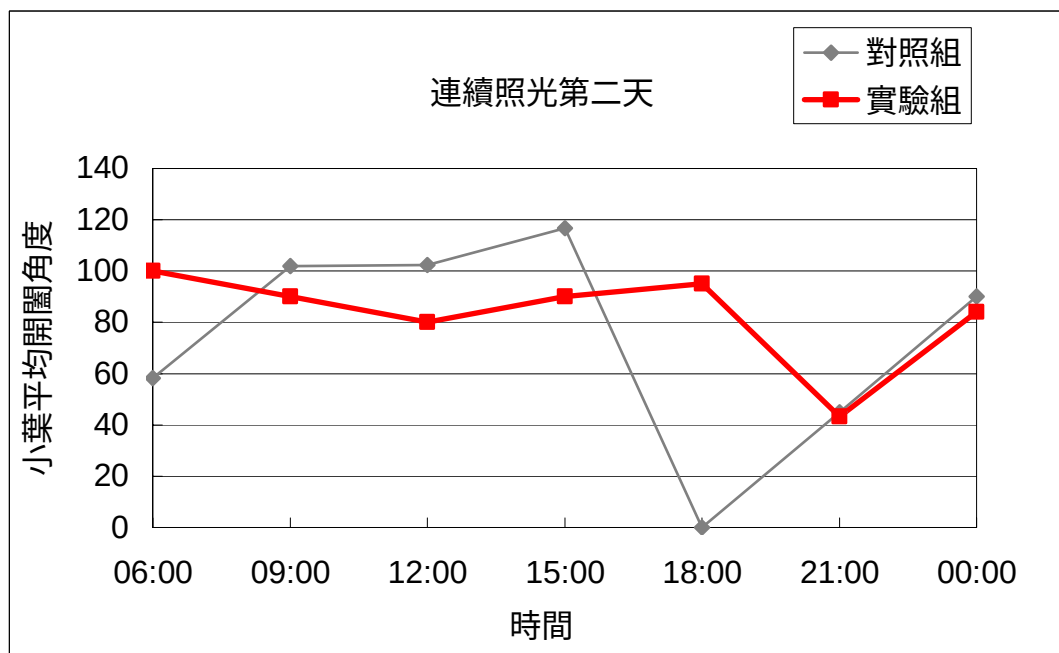
討論：

- (1) 白光組與黃光組隔天小葉開啓時間皆比對照組晚半小時，開啓的速率也較慢，一直到中午過後才慢慢追上對照組，並於同一時間閉合。
- (2) 黑暗期受白光和黃光的干擾，影響睡眠運動幾乎一致。
- (3) 綜合圖十六與圖十七，黑暗期受光照干擾，皆會影響第二天葉片開啓的時間。

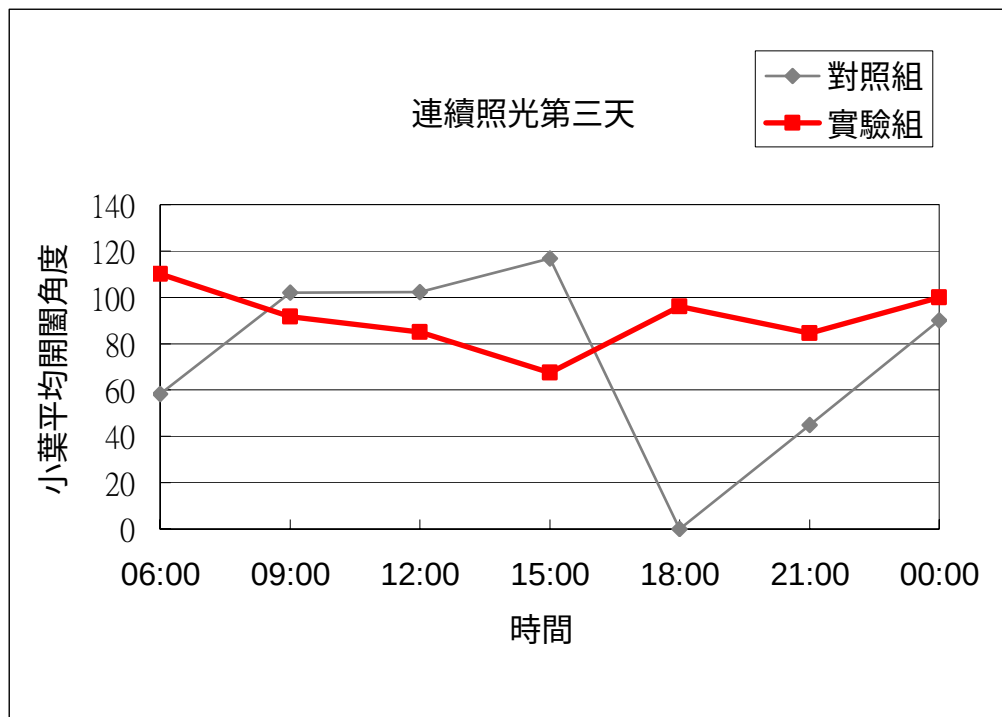
(三) 在連續光照下，對其睡眠運動的影響：(圖十八~圖二十二)



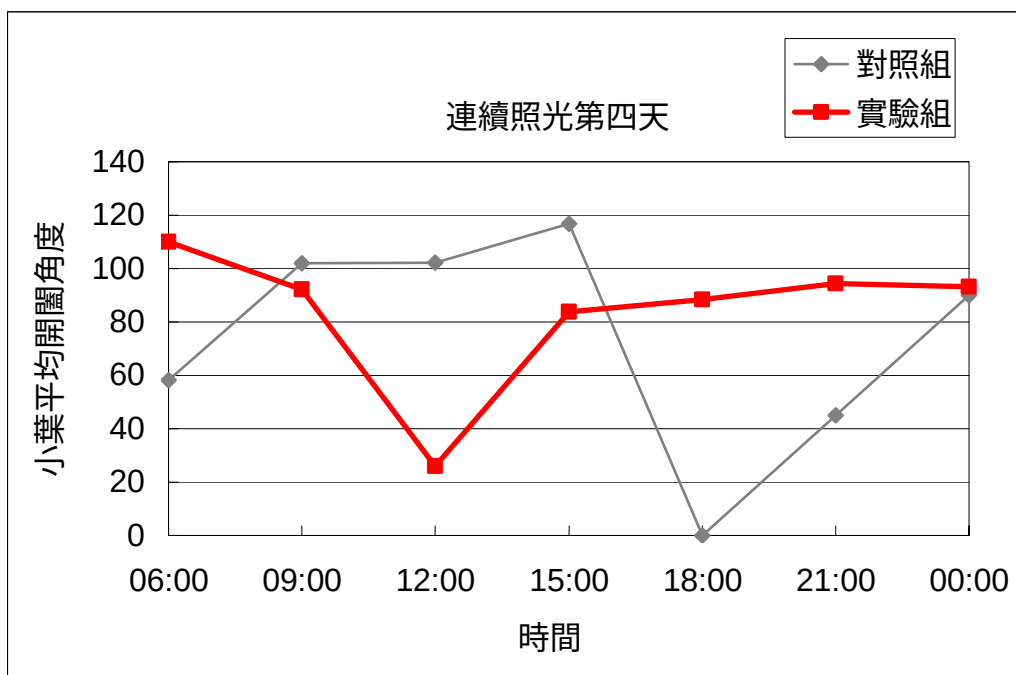
圖十八 連續照光第一天：小葉開合情形同對照組，但仍在晚上 18:00 時，有閉合的傾向，由於照光的影響，閉合角度約 50 度，並無完全閉合。



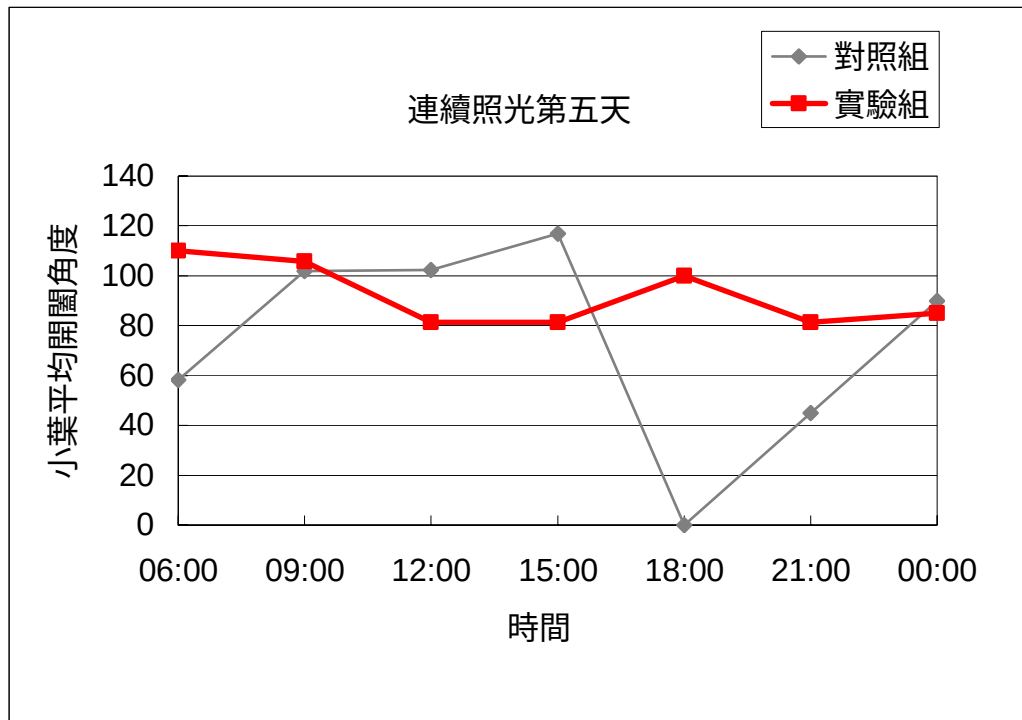
圖十九 連續照光第二天：小葉在晚上 21:00 時有閉合傾向，閉合的時間比對照組慢三個小時。



圖二十 連續照光第三天：小葉沒有閉合，整天都是張開狀態，張開角約在 60~100 度間。



圖二十一 連續照光第四天：中午小葉閉闔。

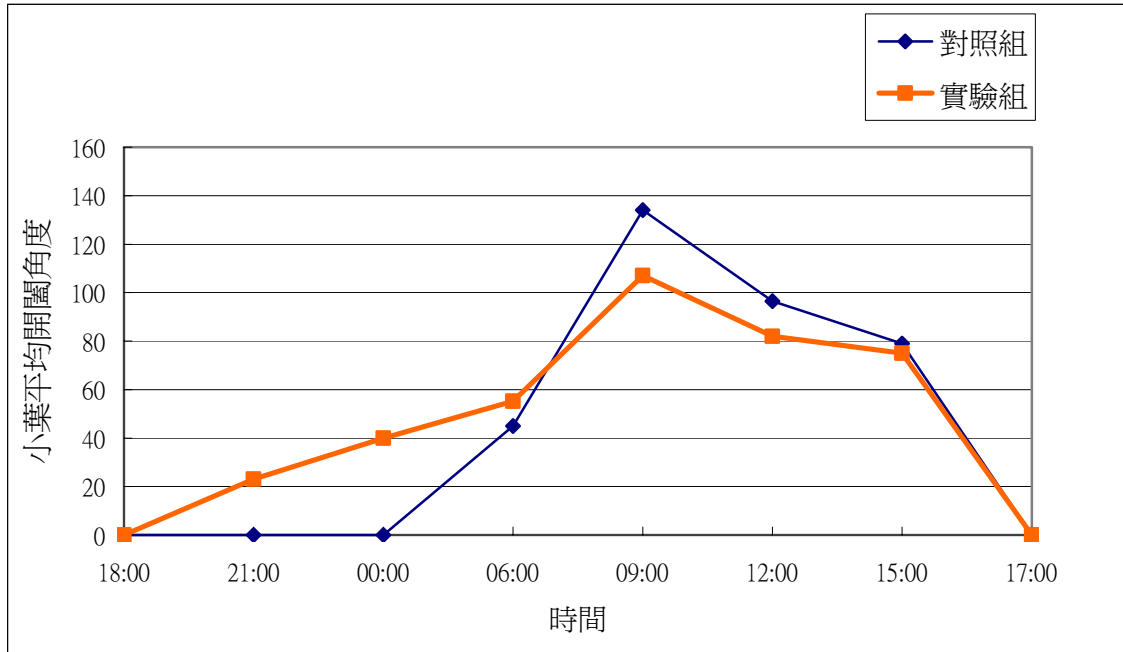


圖二十二 連續照光第五天：小葉一整天都是張開狀態。

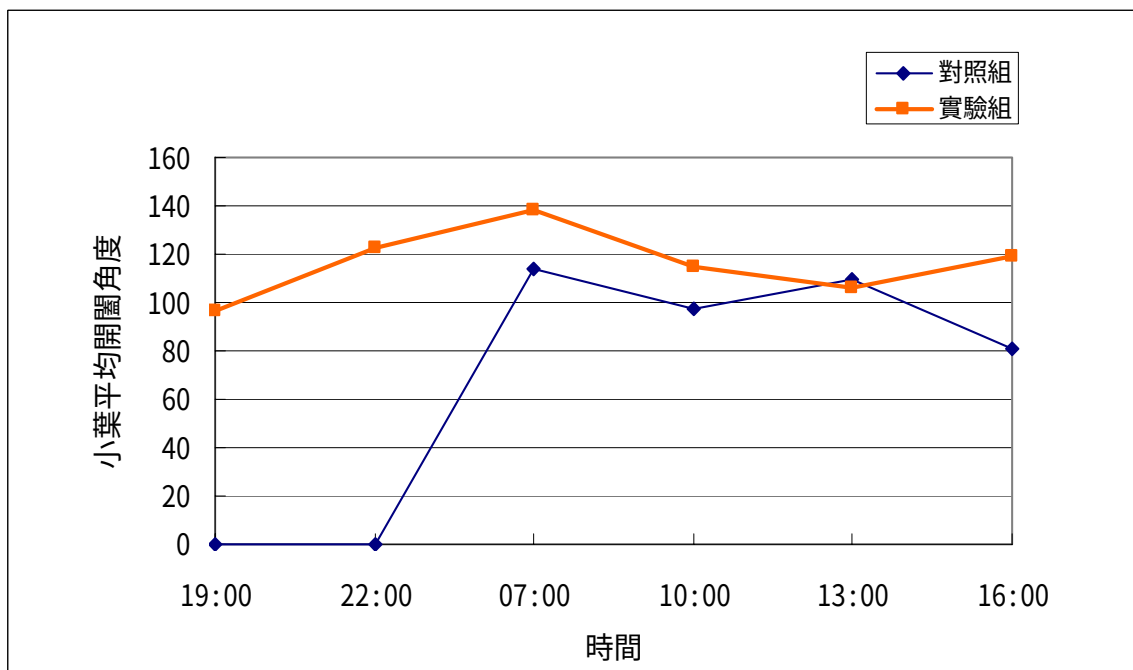
討論：

1. 我們一直觀察到第六天，小葉一整天仍是張開狀態，一直到第七天才有閉合傾向。
2. 連續照光第三天，原有的睡眠習慣已被打亂，整天都是張開狀態，一直到第四天中午才閉闔，和對照組作比較相當於閉闔時間延緩 18 小時。
3. 我們假設在連續照光處理下(外來的控制)，小葉應一直張開，但綜合圖十八到圖二十二的結果顯示，小葉仍有閉闔傾向，但周期超過二十四小時，我們推測連續照光的結果會打亂閉闔週期。
4. 我們也實驗過將田字草連續置於黑暗中兩天，置於黑暗中的第一天，依舊有睡眠運動，但實驗組比在正常情況下的葉片開闔角度小許多。在黑暗中的第二天，發現不少葉片出現枯黃的現象，可能是因為太久沒照光的關係，為了防止過多葉片枯死，因此停止實驗。

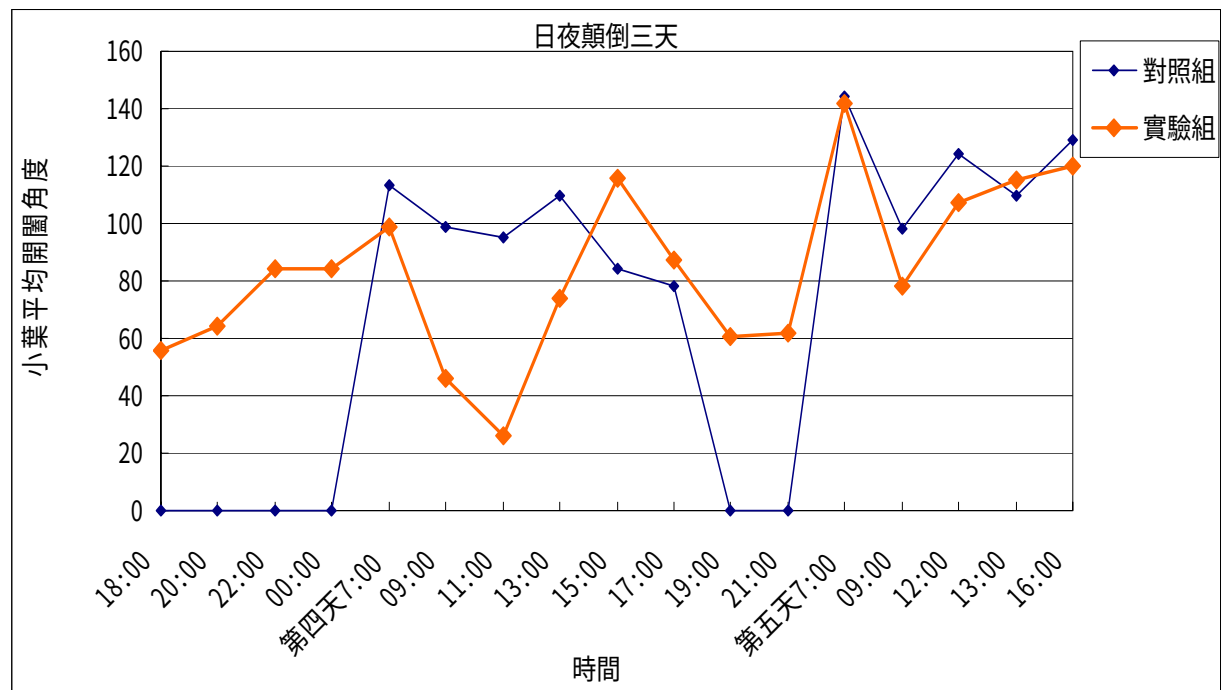
(四) 日夜顛倒，對其睡眠運動的影響 (圖二十二—圖二十四)：



圖二十二 日夜顛倒一天後：第二天小葉在夜晚九點之後漸漸打開，整晚角度皆是微開(60 度以下)，而白天的週期與對照組相似，並於同一時間閉合。



圖二十三 日夜顛倒兩天後：第三天小葉整晚都是開啓狀態，甚至在早上六點出現全天最開的角度(149 度)。



圖二十四 日夜顛倒三天後：第四天早上 9:00 至 11:00 小葉有較明顯的閉合傾向，但之後仍漸漸開啓，至中午 15:00 開至最大角度(120 度)，連續觀察到第五天，小葉開閉情形與對照組相同

討論：

1. 在日夜顛倒的處理下，實驗組小葉夜晚的開闔情形和對照組相反，即對照組閉，實驗組開，可是白天實驗組應閉，反而沒有閉，仍和對照組一樣開啓，沒有完全符合我們實驗預期(早上閉合，晚上開啓)。
2. 在日夜顛倒三天處理後，到第五天又恢復到原有的睡眠習慣。
3. 我們推測在日夜顛倒的處理下，小葉夜晚的閉闔習慣會被改變，而白天的開啓習慣沒有受到影響。

(五)綜合討論：

綜合(三)、(四)結果，我們推測睡眠運動雖易受外來的控制，但田字草本身也有一個內在的生理時鐘在控制(廖、徐，88 年)。

陸、結論

- 一、田字草是少見的兩棲蕨類，具有四種異型葉，即沉水葉、浮水葉、挺水葉和陸生葉。冬季時，當環境由水域轉為陸域時可在葉柄基部找到孢子囊果。
- 二、田字草的構造與適應
 - (一) 水生型與陸生型植株的根、匍匐莖、葉柄，皆具有通氣組織，水生型較陸生型明顯，有利於氣體的供應。
 - (二) 葉的氣孔分布：沉水葉、浮水葉氣孔集中於上表皮，有利於空氣中二氧化碳的利用。
 - (三) 當棲地由陸生環境轉變成水生環境，新長出之幼葉為水生型態的氣孔分布。
- 三、沉水葉沒有明顯的澱粉反應，浮水葉、挺水葉、陸生葉澱粉含量大致相同。
- 四、睡眠運動
 - (一) 田字草葉片的展開或閉合隨晝夜更替，有週期性的變化。
 - (二) 打破黑暗期會影響隔天葉片開啓的時間與速率，但不影響閉闔時間。
 - (三) 連續照光會延後葉片閉合時間，打亂日規律性。
 - (四) 日夜顛倒的處理下，葉片夜晚的閉合習慣被改變，而白天的開啓習慣沒有受到影響。

柒、參考資料及其他

- 一、參考資料
 - (一)、王月雲、陳是瑩、童武夫 (2000)。植物生理學實驗。台北市：藝軒出版社。
 - (二)、林春吉 (2000)。臺灣水生植物。台北市：田野影像出版社。
 - (三)、鄭湧涇、溫永福、周雪美、郭麗香 (1980)。生物學實驗。台北市：藝軒出版社。
 - (四)、廖玉琬、徐善德、林美華、謝永祥、吳弘達、鍾仁彬 (1999)。植物生理學。台北市：啓英文化事業有限公司。
 - (五)、郭城孟 (2001)。蕨類圖鑑。遠流台灣館。
 - (六)、台灣植物誌編輯委員會(1980)。台灣植物誌 第一卷。現代關係出版社。
 - (七)、台大生科碩士論文(民 91)。田字草異型葉和水陸環境變化的關係。台北市：林家宏。
 - (八)、中央研究院生命科學專題研究報告(民 91)。光質對田字草葉表皮型態和光合作用的影響。台北市：吳佩琪、黃立芸。
 - (九)、網站資料 <http://www.yctsayl.idv.tw>。

二、未來展望

- (一) 未來可以設計不同色光來源，中斷黑暗期，以觀察隔天小葉開啓時間是否有所不同。
- (二) 空氣中的溼度大小，是否也會影響睡眠運動週期，可再進一步探討。
- (三) 季節的更替，是如何影響睡眠運動的週期長短，還需要做更長期的觀察。
- (四) 四種葉型的光合作用速率是否相同，可以試著以其他方面，如葉綠素含量來探討。

三、幼葉成長至成葉各期開始的照片

分類	陸 生	
	E	F
幼 葉 期	 1/18	 1/23
小 葉 期	 1/25	 1/30  2/2
(微 開)	 1/28	 2/3
(半 開)	 1/30	 1/31
成 葉 (全 開)	 2/2	

四、實驗照片



氣孔觀察



氣孔觀察



植物園採集



永和社大農場採集



永和社大農場



顯微照相

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 生物及地球科學科

第二名

031722

掌握幸運—南國田字草的形態生理與睡眠運動之研究

臺北縣立福和國民中學

評語：

本作品從型態觀察到生理上的週期性檢視，皆有良好的實驗結果，將此結果應用在生態適應的解釋，；亦甚良好且可延伸，引出更深入的研究，表現優異。