

計畫名稱：具睡眠運動特性植物之基礎生物學研究與花蓮縣北區低海拔睡眠植物資源分佈調查及教學運用

主持人：張乃千

執行單位：花蓮縣宜昌國民小學

一、研究計畫之背景及目的：

本研究為延續性計畫，目前已初步確認花蓮縣北區平原地帶至少存在 20 科 78 種植物具睡眠運動特性，令人驚訝的是這其中包含了木本（大喬木、小喬木、灌木）與草本；陸生與水生；蕨類植物與開花植物。同時發現了除了過去科學界已知葉或花具睡眠運動外，另外也發現花葉均睡型的睡眠植物，目前雖不知裸子植物¹是否也存在具睡眠運動特性的科屬種，但不排除其可能性。

在基礎生物學上，科學界對於豆目中的蘇木科、蝶形花科、含羞草科三科植物葉片睡眠運動機制與構造已有相當了解與認識，這三科植物葉柄或小葉柄基部存在膨大的葉枕（pulvinus），葉枕兩側分布運動細胞，透過短週期的生物時鐘—概日韻律（circadian rhythm）調控生理活性物質（興奮物質、安眠物質）的濃度變化造成葉片週期性開闔現象，最特殊的是此種生理活性物質並非是所有植物共有的植物荷爾蒙，而是每種睡眠植物各有各的生理活性物質，日本科學家上田實等（Minoru Ueda, 2002）針對五種具睡眠運動植物，其中四種為豆目植物包括含羞草 *Mimosa pudica*（含羞草屬）、豆菜決明 *Cassia mimosoides* L. *Cassia occidentalis* L.（決明屬）、鐵掃帚 *Lespedeza cuneata* G. Don（胡枝子屬）、合歡 *Albizia julibrissin*（合歡屬），一種為大戟科植物—葉下珠 *Phyllanthus urinaria* L.（葉下珠屬或油柑屬），進行生理活性物質的分離與純化，從而在分子生物學層次解開微觀世界變化的規律，但此項重大進展仍偏重侷限在豆目植物上，巨觀層次上除蘇木科、蝶形花科、含羞草科等豆目植物外，由文獻分析及野外調查得知仍有許多植物科、屬、種亦具睡眠運動特性，然而這些植物在葉子基部是否同樣具有葉枕構造及運動細胞，以及花具睡眠運動特性和同種植物花葉均具睡眠運動特性，其運動機制與構造為何？除由外觀型態觀察比較，本研究試圖透過顯微鏡觀察植物組織切片方式來瞭解其運動機制。

此外研究者將運用文獻資料蒐集、睡眠植物種源蒐集並做栽培、室內實驗（連續光照、組織解剖探討²是否存在運動細胞或器官）、野外調查等方法，在基礎生物學層次試圖解開非豆目植物的睡眠之謎，並持續調查不同類型生育地，以建立花蓮縣北區低海拔具睡眠運動特性植物分布之較完整基本資料，作為日後鄉土科學探究及戶外環境教學的基礎。

¹ 包括麻黃科、銀杏科、松科、柏科、蘇鐵科

² 針對研究發現十七科包含大戟科 Euphorbiaceae、酢醬草科 Oxalidaceae、蘋科 Marsileaceae、小二仙草科（蟻塔科）Haloragaceae、天南星科 Araceae、千屈菜科 Lythraceae、柳葉菜科 Onagraceae、田麻科（椴樹科）Tiliaceae、藜科 Chenopodiaceae、菊科 Asteraceae、竹芋科 Marantaceae、茄科 Solanaceae、錦葵科 Malvaceae、馬鞭草科 Verbenaceae、睡蓮科 Nymphaeaceae、旋花科 Convolvulaceae、馬齒莧科 Portulacaceae，由其中選擇易於栽培及取得種類，針對葉部或花部做組織解剖並以顯微照相方式留下影像紀錄。

具體研究目標如下

- (一)、透過野外持續調查不同生育地以了解花蓮縣北區（三棧溪以南，壽豐溪以北，行政區域包括秀林鄉、新城鄉、花蓮市、吉安鄉與壽豐鄉）低海拔地區，有哪些植物具有睡眠運動特質。
- (二)、比較不同生育地分佈的睡眠植物科、屬、種異同點何在？
- (三)、探討豆目植物之外其他科、屬、種睡眠植物花或葉在細胞層次睡眠運動的機制及特性。
- (四)、運用以上研究結果發展一套以生物時鐘為核心概念之鄉土自然教材。

由於花蓮縣地形南北狹長，海拔西高東低，由海平面到三千多公尺的高山都有，氣候帶由平地到高山涵蓋了亞熱帶、溫帶、寒帶，棲地的多樣性也造就了物種的多樣性，故植物種類相當繁多。

在台灣高海拔、中海拔、低海拔生態環境差異很大，但與人類生活息息相關的低海拔，究竟存在多少種睡眠植物目前仍不清楚，還有許多未知與空白待解答與填補。

巨觀上本研究試圖廣續九十六年科教專案既有成果基礎上持續深入調查探討，透過弄清物種分佈瞭解其生態意義，以及透過光照控制實驗驗證野外調查成果判定為睡眠植物之植物名錄是否全然無疑；微觀上本研究將透過形態與組織方法，在細胞層次探討非豆目睡眠植物運動機制，透過對同種植物相同部位取樣切片，以顯微攝影方式比較瞭解奧妙何在？

因為經調查初步確認所得之睡眠植物名錄除豆目植物外，其他科屬仍有必要以更嚴謹的實驗方式進一步驗證。

在某些科屬例如：菊科 *Asteraceae* 中的大花咸豐草 *Bidens pilosa* var. *radiata* DC.、咸豐草 *Bidens pilosa* L. var. *minor* (Blume) Sherff、昭和草 *Crassocephalum rubens* (Juss. ex Jacq.) S. Moore、銀膠菊 *Parthenium hysterophorus* L.、艾草 *Artemisia princeps* Pamp. var. *orientalis* (Pamp.) Hara 等；茄科 *Solanaceae* 中的山煙草 *Solanum verbascifolium* L.、龍葵 *Solanum nigrum* L.、茄子 *Solanum melongena* L. 等；柳葉菜科中的 *Onagraceae* 黃花菱（瓜地馬拉水丁香）*Ludwigia sedoides*、黃花水龍 *Ludwigia x taiwanensis* Peng、白花水龍 *Ludwigia adscendens* (L.) Hara.、水丁香 *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Raven 等；小二仙草科（蟻塔科）*Haloragaceae* 中的青狐尾 *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.；天南星科 *Araceae* 中的大萍（大藻、水芙蓉）*Pistia stratiotes* L.；馬鞭草科 *Verbenaceae* 中的紫蝴蝶 *Clerodendrum ugandense* 等，由夜間拍攝之照片對比日間照片，植物體葉片似乎並非全部閉闔（頂端嫩葉部分閉闔明顯，老葉部分則不明顯），因而不確定是睡眠運動或生長運動。

二、執行單位對計畫支持（援）情形與參與計畫人員

基於過去執行一年計畫成效與經驗，行政上饒校長忠與教務翁主任珍珠均十分支持，野外調查工作則與協同研究人員陳建文老師一道跋山涉水，探勘與調

查野外樣區，並與研究者一起開發設計教材。

實驗設計部分承蒙師大生科系教授王玉麒老師指點及好友葉國政、朱何宗提供意見，對於研究者研究進行助益很大，在此一併向他們致謝。

三、研究方法：

在研究方法上本研究採用下列三種方式

1. 透過大學圖書館、專門圖書館相關期刊論文與線上資料庫，以及網路蒐集、閱讀相關中、西文資料。
2. 連續照光實驗植物，經種源蒐集與栽培後，挑選菊科中的大花咸豐草、艾草；天南星科中的大萍（大藻、水芙蓉）；小二仙草科（蟻塔科）中的青狐尾；錦葵科中的金午時花；大戟科中的紅乳草、小返魂、五蕊油柑；柳葉菜科黃花水龍；竹芋科中的豹紋竹芋、孔雀竹芋；馬齒莧科的馬齒牡丹；酢醬草科紫葉酢醬草等共 13 種，參見表一。

表一、連續黑暗與連續光照實驗植物一覽表

科別	物種	編號
菊科 Asteraceae	大花咸豐草 <i>Bidens pilosa</i> var. <i>radiata</i> DC.	1
	艾草 <i>Artemisia princeps</i> Pamp. var. <i>orientalis</i> (Pamp.) Hara	2
天南星科 Araceae	大萍（大藻、水芙蓉） <i>Pistia stratiotes</i> L.	3
小二仙草科（蟻塔科） Haloragaceae	青狐尾 <i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.	4
錦葵科 Malvaceae	金午時花 <i>Sida rhombifolia</i> L.	5
大戟科 Euphorbiaceae	紅乳草（小飛揚草） <i>Chamaesyce thymifolia</i> (L.) Millsp.	6
	小返魂 <i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thonn.	7
	五蕊油柑 <i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	8
柳葉菜科 Onagraceae	黃花水龍 <i>Ludwigia x taiwanensis</i> Peng	9
竹芋科 Marantaceae	豹紋竹芋 <i>Maranta leuconeura</i> Morr. Var. <i>massangeana</i> Schum	10
	孔雀竹芋	11
酢醬草科 Oxalidaceae	紫葉酢醬草 <i>Oxalis violacea</i> 'Purple Leaves'	12
馬齒莧科 Portulacaceae	馬齒牡丹 <i>Portulaca oleracea</i> 'Wildfire'	13

為避免日夜間實驗植物所受光照強度與光量差異過大，實驗植物均放置於室內，並以植物生長燈連續照明三天，實驗期間由架設三腳架之數位單眼相機（配備 70-200mm 變焦鏡頭），藉由定點、定時（由下午 16 時至晚上 20 時，間隔半小時拍攝一次）照相，來判斷這 13 種實驗植物其規律性運動究竟是生長性運動或者是由生物時鐘所調控之睡眠運動，同時結合植物體外觀（葉柄部份）型態拍照紀錄與比較，了解非豆目具規律性運動植物，如何清楚區別生長性運動與睡眠運動。

3. 資源調查：

(1) 調查方式：

- ①選取三棧溪（位於太魯閣國家公園內）與花蓮溪（包括木瓜溪）中、下游等地適當地點—出海口、河階、河床等，利用直線橫截樣區（line transect，又稱為線截法），調查地被層內睡眠植物的種類與分佈。
- ②利用 GPS 定位研究調查區位置（含海拔高度），登錄調查時間、調查者及生態環境。紀錄調查結果，並做生態攝影記錄。

(2)調查範圍：

- ①三棧溪中、下游海拔五百公尺以下地區。
- ②花蓮溪含木瓜溪中、下游海拔五百公尺以下地區。

(3) 調查期間：自九十七年四月一日起至九十七年十二月三十一日止。

勘查調查地區、確立樣區、物種鑑定、名錄建立。

樣區選擇與調查部分，野外採用直線橫截樣區（line transect，又稱為線截法），調查不同生育地內睡眠植物之優勢度與頻度，以定量方式作調查，於三棧溪、木瓜溪流域各擇定若干個適合之樣區，依地形與植被狀況於每塊樣區設置若 2 或 2 條以上 15 到 30 公尺長之線截樣區，紀錄植物種類，並計算其覆蓋度、相對覆蓋度。計算公式如下：

$$\text{覆蓋度 } C\% = \frac{\text{某種植物之線截長度}}{\text{線截總長度}} \times 100\%$$

$$\text{相對覆蓋度 } RC\% = \frac{\text{某種植物之覆蓋度}}{\text{所有植物覆蓋度之總和}} \times 100\%$$

四、目前完成程度

本年度研究者及偕同研究者已將三棧溪流域與木瓜溪流域內河床與河階地樣區調查完畢。並進行物種鑑定、拍照及建立植物名錄及花蓮縣低海拔地區睡眠植物影像資料庫。

樣區植群調查結果如下：

研究區一

三棧溪位在太魯閣國家公園的南部，與立霧溪、大甲溪、濁水溪、木瓜溪並稱太魯閣國家公園五大集水區，立霧溪流域佔園區面積的三分之二，三棧溪則佔太魯閣國家公園面積十分之一左右，約有 9000 公頃（約 90 平方公里），分南溪與北溪。北溪發源於塔山（海拔 2449 公尺）南麓，南溪集水區面積較大，發源於帕托魯山（海拔 3101 公尺），流長 24 公里。

三棧河流域研究者原本預定調查三處，經實地探勘，發現三棧北溪流短且腹地過於狹小，遂選擇三棧南溪調查，於三棧溪出海口附近海灘防風林設一號樣區，一號樣區採四條 30m 長截線，彼此平行間隔 5m 調查；三棧國小旁停車場對岸河階地設二號樣區，二號樣區採兩條 20m 長截線，彼此平行間隔 5m 調查；沿步道至中美合作取水口終點原欲選擇適當地點劃設三號樣區，因人為干擾較嚴重³ 植被相較為單一，故放棄劃設。

經觀察具規律性運動植物種類，一號樣區 20 種植物中存在 4 種；二號樣區 15 種植物中存在 4 種，調查結果參見表二、表三

表二、花蓮縣新城鄉三棧溪出海口附近樣區植群覆蓋度與相對覆蓋度

(以*註明者為具規律性運動植物)

植物名稱	科 別	覆蓋度 %	相對覆蓋度 %
馬鞍藤	旋花科	17.15	25.56
雞屎藤	茜草科	0.68	1.00
單花蟛蜞菊	菊科	6.83	10.18
*咸豐草		12.54	18.69
雛蕾草	禾本科	8.00	11.92
甜根子草		11.63	17.33
巴拉草		0.08	0.12
禾草		0.17	0.24
草海桐	草海桐科	1.15	1.71
禾葉芋蘭	蘭科	0.07	0.10
麥門冬	百合科	0.33	0.49
蔓荊	馬鞭草科	3.50	5.21
木麻黃	木麻黃科	0.75	1.11
血桐	大戟科	0.13	0.18
*銀合歡	含羞草科	2.08	3.10
刺桐	蝶形花科	0.33	0.49
*濱豇豆		0.96	1.43
*豆類		0.63	0.93
毛西番蓮	西番蓮科	0.04	0.06
福木	藤黃科	0.04	0.06

³ 步道前身原為中美合作水圳（水道）巡視路，沿山壁開鑿，於坡度較為平緩開闊處，當地村民開園種植大片山蘇，部分路段穿越森林底層，植被較完整，但面積均不大，露天無遮蔽處則為較大面積之草生地，步道終點則為取水口。

表三、三棧溪三棧國小旁停車場對岸河階地樣區植群覆蓋度與相對覆蓋度
(以*註明者為具規律性運動植物)

植物名稱	科 別	覆蓋度 %	相對覆蓋度 %
*咸豐草	菊科	30.88	26.22
*銀合歡	含羞草科	25.38	21.55
馬櫻丹	馬鞭草科	1.63	1.38
*豆類	蝶形花科	2.00	1.60
*葛		1.63	1.38
構樹	桑科	29.25	24.84
桑樹		1.25	1.06
血桐	大戟科	3.50	2.97
蟲屎		0.25	0.21
月桃	薑科	0.75	0.63
兩耳草	禾本科	8.00	6.79
馬唐		1.50	1.27
野棉花	錦葵科	0.34	0.28
麥門冬	百合科	4.63	3.92
山黃麻	榆科	6.75	5.73

研究區二

木瓜溪是花蓮溪最北，也是流域面積最大的支流。流經花蓮縣秀林鄉、壽豐鄉與吉安鄉，為吉安鄉與壽豐鄉的界河。木瓜溪擁有銅文蘭溪、清水溪、清流溪、龍溪（又稱巴托蘭溪）、鳳溪（又稱巴托魯溪）、檜溪、丸田溪、天長溪與奇萊溪等支流，其中以清水溪為最主要的支流。

木瓜溪發源於高聳的能高南山、奇萊主山及其南峰，總長為 42.78km，流域面積 468.21km²，而被命名為「木瓜溪」則是因為木瓜山聳立在該溪進入平原的要口。

木瓜溪上游坡度變化大，有利於水力發電，因水力資源豐沛及生態良好故被列為中央管理河川之一，參見表四，目前共建有銅門水壩與龍溪發電廠、龍澗發電廠、水濂發電廠、清水發電廠、清流發電廠、銅門發電廠、榕樹發電廠與初英發電廠等八座電廠，其中以龍澗發電廠的發電量最大。整個流域水力發電量於台灣排名第三，僅次於大甲溪與濁水溪，目前跨越木瓜溪的橋樑有五座，分別為連通左右兩岸的銅門村與榕樹村的新銅門大橋、台 9 丙線的仁壽橋、台 9 線的木瓜溪大橋、台 11 丙線的東華大橋與花東鐵路鐵橋。

表四、花蓮縣境、中央管河川及縣管河川基本概況

河別	河流名稱	流域面積 KM ²	平地流長 KM	平地平均坡度	計畫洪水量 (Q ₁₀₀) C. M. S
縣管 河川	吉安溪	42.16	8.10	1:101	574
	美崙溪	76.40	12.50	1:120	1,140
	立霧溪	616.30	5.10	1:170	
	和平溪	561.06	13.90	1:100	
中央 管河 川	秀姑巒溪本流	1,790.46	63.00	1:265	17,600
	支流樂樂溪	628.40	7.00	1:265	8,270
	支流卓溪	25.40	3.90	1:45	324
	支流豐坪溪	286.80	13.10	1:155	3,930
	支流紅葉溪	65.30	7.60	1:57	713
	支流富源溪	186.90	9.00	1:114	2,540
	花蓮溪本流	1,507.09	36.00	1:337	16,900
	支流光復溪	53.90	15.00	1:76	1,720
	支流馬鞍溪	161.80	8.00	1:71	2,040
	支流萬里溪	264.39	10.00	1:130	3,760
	支流壽豐溪	275.92	9.00	1:65	2,920
	支流木瓜溪	468.21	12.00	1:94	6,300

研究者原本預定調查五處，經實地探勘，發現無名溪翡翠谷腹地過於狹小難以調查，東華大橋附近河床廣大，鄰近堤防之河階地與河床大多為附近居民開墾利用種植農作與西瓜，河道中央腹地為水道所阻不易通過，遂於於木瓜溪中、下游流域選定木瓜溪支流清水溪為一號樣區、木瓜溪新銅門大橋下河階地為二號樣區，木瓜溪鄰台 9 丙線西寧寺下方河階地為三號樣區，一號樣區採兩條 20m 長截線，彼此平行間隔 5m 調查；二號樣區採兩條 20m 長截線，彼此平行間隔 5m 調查；三號樣區採兩條 15m 長截線，彼此平行間隔 5m 調查。

經觀察具規律性運動植物種類一號樣區 10 種植物中存在 2 種；二號樣區 16 種植物中存在 4 種；三號樣區 22 種植物中存在 2 種，調查結果如下表（表五、表六、表七）。

表五、花蓮縣壽豐鄉木瓜溪鄰台九丙西寧寺下方河階地樣區植群覆蓋度與相對覆蓋度
(以*註明者為具規律性運動植物)

植物名稱	科別	覆蓋度 %	相對覆蓋度 %
羅氏鹽膚木	漆樹科	47.17	21.66
*咸豐草	菊科	12.00	5.51
*茵陳蒿		4.00	1.83
甜根子草	禾本科	58.33	26.80
五節芒		50.67	23.27
雞屎藤	茜草科	25.33	11.63
九芎	千屈菜科	10.17	4.67
小毛蕨	金星蕨科	0.83	0.38
構樹	桑科	2.83	1.30
苦楝樹	楝科	7.33	3.36

表六、花蓮縣壽豐鄉木瓜溪新銅門大橋下河階地樣區植群覆蓋度與相對覆蓋度
(以*註明者為具規律性運動植物)

植物名稱	科別	覆蓋度 %	相對覆蓋度 %
*豆類	蝶形花科	2.5	0.84
*咸豐草	菊科	10.63	7.14
*茵陳蒿		8.50	5.71
木苧麻	蕁麻科	12.50	8.40
椴梧	胡頹子科	5.25	3.52
鱗蓋鳳尾蕨	鳳尾蕨科	0.75	0.50
芒草(五節芒)	禾本科	65.00	43.69
甜根子草		2.25	1.51
*銀合歡	含羞草科	17.25	11.59
羅氏鹽膚木	漆樹科	13.13	8.82
車桑子	無患子科	2.13	1.42
山葡萄	葡萄科	1.13	0.75
食茱萸	芸香科	0.25	0.16
九芎	千屈菜科	5.88	3.94
樟樹	樟科	0.50	0.33
月桃	薑科	1.13	0.75

表七、花蓮縣壽豐鄉木瓜溪支流清水流域樣區植群覆蓋度與相對覆蓋度
(以*註明者為具規律性運動植物)

植物名稱	科別	覆蓋度 %	相對覆蓋度 %
野桐	大戟科	19.25	14.09
粗糠柴		1.25	0.95
小毛蕨	金星蕨科	10.63	8.11
蕨		0.50	0.38
*咸豐草	菊科	25.50	19.46
捲柏	捲柏科	26.25	20.03
拔契	拔契科	3.13	2.38
雞屎藤	茜草科	2.00	1.52
小葉冷水麻	蕁麻科	4.13	3.25
鱗蓋鳳尾蕨	鳳尾蕨	2.00	1.52
桑樹	桑科	6.00	4.58
春不老	紫金牛科	6.50	4.96
木通	木通科	0.88	0.66
木苧麻	蕁麻科	5.63	4.29
串鼻龍	毛茛科	1.50	1.14
台灣蘆竹	禾本科	1.38	1.04
颱風草		1.88	1.43
禾草		2.25	1.71
刺茄	茄科	0.13	0.09
山芋	天南星科	2.25	1.71
九芎	千屈菜科	4.75	3.62
腎蕨	蓀蕨科	3.25	2.48

五、成果與效益

- 初步建立花蓮北部低山平原地區不同生育地間（廢耕休耕地、校園、河口海濱、河階地）具規律性運動特性之植物名錄，並瞭解不同生育地彼此間存在具規律性運動植物的科、屬、種間關聯與差異性。

(1) 校園生育地部份：

花蓮高農校園植物總數為 81 科 256 種，具規律性運動植物總數為 14 科 47 種；宜昌國小校園 80 科 235 種，具規律性運動植物總數為 12 科 26 種；北埔國小校園 66 科 125 種，具規律性運動植物總數為 10 科 20 種；志學國小校園 66 科 142 種，具規律性運動植物總數為 11 科 26 種。

(2) 苗圃部份：

寶島花園 96 科 290 種，具規律性運動植物總數為 10 科 18 種；鬱金香花園 95 科 307 種，具規律性運動植物總數為 14 科 30 種。

(3) 休耕地：

花蓮市十六股豐川休耕地 11 科 16 種，具規律性運動植物總數為 2 科 2 種；吉安鄉永安村全民社區住宅附近休耕地 8 科 12 種，具規律性運動植物總數為 5 科 7 種。

(4) 河床河階地：

新城鄉三棧溪出海口附近樣區 14 科 20 種，具規律性運動植物總數為 3 科 4 種；三棧溪三棧國小旁停車場對岸河階地樣區 11 科 15 種，具規律性運動植物總數為 3 科 4 種；壽豐鄉木瓜溪鄰台九丙西寧寺下方河階地樣區 8 科 10 種，具規律性運動植物總數為 1 科 2 種；壽豐鄉木瓜溪新銅門大橋下河階地樣區 14 科 16 種，具規律性運動植物總數為 3 科 4 種；壽豐鄉木瓜溪支流清水溪流域樣區 14 科 16 種，具規律性運動植物總數為 3 科 4 種。

2. 建立低海拔地區具規律性運動特性之植物生態影像圖片資料庫，以利教師、學生、家長及一般社會大眾使用及學習。

3. 經三天植物燈予以連續光照後（照度為 70~76 LUX，室內溫度 23~25°C），13 種實驗植物出現兩類截然不同的反應，大戟科的紅乳草、小返魂、五蕊油柑；竹芋科的豹紋竹芋、孔雀竹芋；錦葵科的金午時花；馬齒莧科的馬齒牡丹；酢醬草科的紫葉酢醬草等在第一天實驗傍晚 16:30~19:00 時間葉片均有閉合現象，但第二天、第三天傍晚葉片閉合時間延遲甚久，遲至九點仍未完全閉合，運動明顯受干擾；而菊科的大花咸豐草、艾草；天南星科的大萍（大藻、水芙蓉）；小二仙草科（蟻塔科）的青狐尾；柳葉菜科的黃花水龍等植物頂芽、嫩（幼）葉所在在第一天實驗傍晚 16:30~19:00 時間葉片有閉合現象，但第二天、第三天傍晚葉片部是整天閉合不動，就是沒有閉合，由實驗結果可知，十三種具規律性運動的實驗植物中，8 種為睡眠植物，5 種不是，兩者最顯著的區別為前者所有葉片均在夜晚來臨時會閉合，後者僅有植物頂端（主幹及分支）嫩（幼）葉存在規律性閉合運動，其餘成葉及老葉不存在。

此外在植物體外部型態上，13 種實驗植物中，發現大戟科的紅乳草、小返魂、五蕊油柑；竹芋科的豹紋竹芋、孔雀竹芋；錦葵科的金午時花；馬齒莧科的馬齒牡丹；酢醬草科的紫葉酢醬草等葉柄上有類似豆目植物膨大的葉枕（pulvinus）構造。

而菊科的大花咸豐草、艾草；天南星科的大萍（大藻、水芙蓉）；小二仙草科（蟻塔科）的青狐尾；柳葉菜科的黃花水龍等植物葉柄上則無類似膨大的葉枕構造。

4. 已研發以生物時鐘為核心課程（結合睡眠運動及生長性運動）的一套教材，三個單元六節課。

六、檢討

(一) 非豆目植物其生長性運動與睡眠運動機制，本擬透過顯微鏡觀察植物組織切片方式來瞭解，但因硬體設備及個人專業能力限制，目前尚無法得到令人滿意的解決，否則將有更強而有力的證據來說明生長性運動與睡眠運動在組織與細胞層次上的差異。

(二) 因部份實驗植物種源未順利取得或因栽培狀況不佳及時間因素，所以研究調查非豆目具規律性運動植物僅先挑選十三種，仍有二十餘種植物未做實驗觀察，故目前所得實驗結果不宜過度推論，未來半年內研究者將會繼續針對這二十餘種植物作栽培與實驗，以求得更嚴謹而週延的證據

附錄、具規律性運動之植物科別、種數統計一覽表

類別	科別	種數	備註 (產生規律性運動部位)
豆目	蘇木科	9	葉 (睡眠運動)
	含羞草科	8	葉 (睡眠運動)
	蝶形花科	17	葉 (睡眠運動)
非豆目	大戟科	10	葉 (確認是睡眠運動)
	蘋科	1	葉 (確認是睡眠運動)
	小二仙草科 (蟻塔科)	1	葉 (確認是生長性運動)
	天南星科	1	葉 (確認是生長性運動)
	千屈菜科 (菱科)	1	葉 (尚未確認是睡眠運動或生長性運動)
	柳葉菜科	4	葉 (確認是生長性運動)
	田麻科 (椴樹科)	1	葉 (尚未確認是睡眠運動或生長性運動)
	藜科	1	葉 (尚未確認是睡眠運動或生長性運動)
	菊科	5	葉 (確認是生長性運動)
	竹芋科	4	葉 (確認是睡眠運動)
	茄科	3	葉 (尚未確認是睡眠運動或生長性運動)
	馬鞭草科	1	葉 (尚未確認是睡眠運動或生長性運動)
	錦葵科	3	花 (尚未確認是睡眠運動或生長性運動)
	睡蓮科	1	花 (尚未確認是睡眠運動或生長性運動)
	旋花科	2	花 (尚未確認是睡眠運動或生長性運動)
	酢醬草科	1	葉 (確認是睡眠運動)
3		花、葉 (確認是睡眠運動)	
1		花、葉 (確認是睡眠運動)	
馬齒莧科	1	花、葉 (確認是睡眠運動)	
總計	20 科	78 種	