

教育部九十六年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：花蓮縣北區平原地帶睡眠運動植物之基礎生物學研究
及教學運用

主持人：張乃千

執行單位：花蓮縣吉安鄉宜昌國民小學

一、計畫目的

太陽與地球的相對位置及地球自轉是造成一天中白晝與黑夜交替出現的原因，而生存於地球上的生物，其作息則受日夜交替的變化而出現規律性，在動物方面有為人所熟知的日行性動物、夜行性動物與晨昏性動物，植物部分受日夜交替變化的影響則較不為一般社會大眾所瞭解。

實則除光合作用與呼吸作用外，植物界中一部份科、屬、種會因日夜的變化，其花朵或葉片會於傍晚黃昏及黎明時刻出現開合的運動，此種運動生物學家稱為「睡眠運動 (Nyctinastic movement)」。

相對於睡眠運動植物葉片的閉闔，植物葉片的張開，研究者姑且稱其為「起床運動」，此種生物時鐘 (Biological clock) 其週期約以一天時間長度為週期，故又稱為約日節律、日週韻律或譯為日變韻律、(circadian rhythm circadian=about one day, 該字源自拉丁文，circa 是「約略」之意，diem 則是「一天」)，以下統稱為約日節律。

自兩百多年前法國天文學家德麥蘭 (Jean Jacques Ortois de Mairan 1678~1771) 發現某些植物 (含羞草) 具有睡眠運動的現象以來，科學家後來雖然知道這是生物時鐘現象當中的一種，但查閱手上現有之百科全書、期刊、雜誌以及網路上的資料，在巨觀層次上都並未說明清楚睡眠植物有哪些，在哪些科屬會較常出現，地理分佈情形為何 (寒帶、溫帶、亞熱帶、熱帶)？以及演化上的意義；微觀層面上也並未交代約日節律在黎明清晨及黃昏夜晚是如何運作的，環境中有哪些物理因素及植物體內生理 (生物化學) 是如何的起作用，也著墨不多或缺少資料。

本研究將運用資料蒐集、野外調查等方法，以建立花蓮縣北區低海拔平原地帶，具睡眠運動特性植物之基本資料，透過調查與觀察選定野外樣區及校園內植物葉片具有週期性開闔 (約日節律) 植物科、屬、種的為主，花具週期性開闔科、屬、種的調查為輔¹，透過基礎生物學的研究，應用於生物時鐘概念教學、鄉土科學探究及戶外環境教學。

¹ 因植物只在特定時期才會進入繁殖期 (開花結果)，但從種子萌芽 (有性繁殖) 或扦插、分株 (無性繁殖) 到植株死亡，一生均在營養期，觀察葉片遠比觀察花朵時間長的多也更加容易確認是否具有約日韻律週期性開闔現象。

具體研究目標如下

- (一)、透過野外調查了解花蓮縣北區（壽豐溪以北，三棧溪以南，包含新城鄉、花蓮市、吉安鄉、壽豐鄉四行政區）平原地帶，有哪些植物具有睡眠運動特質。
- (二)、哪些科、屬中存在睡眠植物，這樣的情形在分類上存在意義嗎？
- (三)、透過校園樣區選擇與調查，了解校園中常見的睡眠植物有哪些？
- (四)、比較各種生育地類型中，睡眠植物出現的頻度及優勢度。
- (五)、探討睡眠運動的機制及特性。
- (六)、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

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

本校饒校長忠平日對於推動科學教育相當重視，除鼓勵、支持同仁指導學生參與科學展覽競賽、專題研究指導（假期花路米 vocation follow me）外，對於本研究計畫在行政上也給予協助幫忙，教務翁主任珍珠也時常關心，研究期間除與研究助理李靜琪小姐一道至野外樣區及校園樣區、私人苗圃、農改場，從事日、夜間調查與觀察外，在研究調查方法及某些植物物種鑑定上，也承蒙東華大學自然資源研究所博士生陳學長添財的大力協助，解決疑惑與困難，曾老師啟銘分享 GPS 操作經驗與注意事項，從而使研究得以順利進行。

三、研究方法

(一) 資料蒐集

透過網際網路搜尋國內外有關生物時鐘研究以及植物睡眠運動

(Nyctinastic movement) 研究的相關資料，到國家圖書館尋找國內有關生物時鐘研究以及植物睡眠運動 (Nyctinastic movement) 研究的碩博士論文，專業期刊上的相關文章，以及大學圖書館、專門圖書館內有關書籍，蒐集閱讀相關中、英文資料。

- (二) 設計標準調查、勘查調查地區，以利後續資料庫建立及研究展開。
- (三) 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。
- (四) 野外調查、拍照

於選定的樣區進行日夜間調查，其中校園樣區採定性以普查方式建立植物種類名錄，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。

利用頭燈、閃光燈、數位相機等器材拍攝睡眠植物葉片周期性日變化的狀態（白天葉片全開狀態與夜間閉闔狀態），建立影像資料庫，作

為編寫教材或簡報圖片來源。

(五) 探訪吉安鄉農業改良場與私人苗圃了解有哪些農藝、園藝植物具睡眠運動特質

參訪吉安鄉內私人苗圃如鬱金香花園、寶島花園、榮隆、富里花園等，並結合田間實地觀察。

四、目前完成程度

今年一至九月已完成進度包括(一)、中英文資料蒐集。(二)、校園調查。(三)、已確認為睡眠植物照片拍照。(四)、教材研發。

野外調查部分則仍在進行當中，其中資料蒐集部分，透過網路搜尋中英文有關生物時鐘及具睡眠運動特性植物相關資料論文，並至國家圖書館影印國內有關生物時鐘研究之論文、期刊內容，目前搜集研讀工作已完成。

校園調查部分選定四所學校校園作調查，此四所學校分別為新城鄉北埔國小、花蓮市國立花蓮高農、吉安鄉宜昌國小、壽豐鄉志學國小，各校校園植物調查名錄資料正在建立處理中。

為已確認為睡眠植物照片拍照，建立影像資料庫，供教材研發編寫及研究成果撰寫使用，目前已確認 20 科 77 種植物具睡眠運動特性²。

教材研發也已完成，設計六至八節左右長度課程(240 至 320 分鐘)，運用本校「自然科學研習社」社團上課時間向中、高年級同學介紹。課程架構上包括睡眠生理現象(包括動、植物)簡報、睡眠與健康、時差、輪班、生物時鐘與醫藥等與生物時鐘相關概念、貼近適合國小程度相關生命科學好站(網站)介紹、校園內常見睡眠植物介紹、睡眠植物栽培與觀察，將分為透過教材開發與實際試教了解課程設計成效，並據此做適當修正，開發完成之課程將上傳於宜昌國小網站供有興趣之師生學習參考使用。

五、預期成果

(一) 填補在約日節律具睡眠運動特性植物部分基礎生物學研究的空白。

過去相關資料文獻僅是提及豆類植物其葉片具睡眠運動特性，但全世界植物種類繁多，除豆類(約 18000 種左右，目前分類上，豆類植物在豆目之下再細分為蘇木科、蝶形花科與含羞草科)之外，其他科、屬、種亦具睡眠運動特性植物有哪些？幾乎沒人認識與了解，而緯度地處熱帶、亞熱帶的台灣，面積雖然不大，但中央山脈崇山峻嶺卻包括了寒、溫、熱多種氣候帶豐富的生境，原生維管束植物多達四千二百餘種，加以貿易發達，

²細節請參閱附錄：經調查已知具睡眠運動之植物名錄

農業與園藝時常引進許多經濟作物、花木等，對於具睡眠運動特性植物調查研究而言，實提供得天獨厚之環境，而這樣的環境比起查爾士·達爾文（Charles Robert Darwin, 1809~1882）在其晚年和兒子法蘭西斯·達爾文（Francis Darwin）³對植物多樣性生態觀察、研究所處的環境與時代條件比起來要優越許多。

對於位處北半球溫帶，先天上植物多樣性遠不如亞熱帶台灣的英國，以及今日國與國、洲與洲間交通往來密切頻繁又遠勝於一百多年前的大環境，以及分子生物學所提供研究技術與工具，在台灣從事睡眠植物生態研究與達爾文時代相較實具備多重有利的條件，但這方面研究何以遲遲未曾有系統開展並有許多研究成果出現呢？

個人推測主要原因為，雖然有許多生物學家基於研究需要進行日間或夜間的調查、觀察研究，但其對象絕大部分均針對動物，而對種類繁多的植物除辨識上需專門學識外（懂的植物分類與植物型態），更須具備日、夜間同時觀察研究的基礎才能確認哪些植物的科屬種具備睡眠植物特性，而對生物時鐘現象的理解，才能深入把握問題核心。另外在分子層次的研究，也因植物體內繁多的化學物質分離純化存在相當困難⁴，造成研究上欠缺實質性進展。

（二）透過選定花蓮縣北區（新城鄉、花蓮市、吉安鄉、壽豐鄉四行政區內各一所學校）校園及野外樣區、私人苗圃、農委會下屬花蓮農改場調查，瞭解在低海拔的平原地帶存在哪些常見的睡眠植物。

以調查確認為睡眠植物之植物為主題，發展一套介紹生物時鐘與睡眠運動及睡眠植物的教材，透過照片影像與簡報使學生具體瞭解約日節律的生命現象，並提升學生對生命科學的興趣與喜好。

（三）藉由研究結果嘗試建立規律以預測具睡眠運動特性植物的屬與種。

六、檢討

（一）天氣因素：

³達爾文父子倆一起詳細觀察了三百種以上植物的生態，並將觀察研究心得於 1880 年匯整寫成「植物的運動力」，此書內容包括了對於植物的「睡眠運動」、「彎曲運動」、「迴旋運動」等研究。

⁴目前日本學者上田實（Minoru Ueda, 2002）在前任研究人員山村莊亮教授等人耗費十年左右，確立分離純化的基礎上，針對五種具睡眠運動植物，其中四種為豆目植物：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），一一分離純化出與睡眠運動、起床運動有關的控制物質。初步解開分子層次的控制機制。

氣候不穩定，對計畫執行造成一定程度困擾，因本研究對象為具睡眠運動特性之植物，欲確認調查植物是否為睡眠植物，研究者必須至樣區做日、夜間觀察、調查，時間上力求在同一天，後續並以二至三次（或四次以上）左右重複觀察以確認是否具睡眠運動，但因梅雨季節及颱風季節與入秋後受滯留鋒影響，花蓮的天氣一天當中，時常是上午晴天，下午或晚上則為陰雨，故對觀察產生一定程度的困擾，除盡力避開此種不良天候外，在無法完全避開情形下，則以異日調查、觀察代替。

（二）人為干擾：

校園環境與田野荒廢休耕地常受人為活動干擾，校園環境的人為干擾來自於總務處對全校花木、草皮實施的修剪以及設施的興建、移除，尤其是暑假過後剛開學期間大幅度的修剪，是高強度干擾。

校園環境優點在於容易到達、觀察容易，同時調查清楚校內有哪些常見睡眠植物，對於教學是一大幫助；缺點是因修剪及設施興建造成草本植物的種類與群落變動幅度較大，但對某些繁殖能力強，屬廣佈種的睡眠植物如黃花酢醬草 *Oxalis corniculata* L.、紫花酢醬草 *Oxalis corymbosa* DC.、紅乳草 *Chamaesyce thymifolia* (L.) Millsp.、紫斑大戟 *Chamaesyce hyssopifolia*(L.) Small、飛揚草 *Chamaesyce hirta* (L.) Millsp.、小返魂 *Phyllanthus amarus* Schum. & Thonn.、五蕊油柑 *Phyllanthus tenellus* Roxb.、葉下珠 *Phyllanthus urinaria* L.、光果葉下珠 *Phyllanthus urinarius* L. ssp. *nudicarpus* Rossign & Haic、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、龍葵 *Solanum nigrum* L. 等雜草，一定程度的人為干擾反而對其生存散播有利。

田野荒廢休耕地⁵近來在離農人口不斷增加、農業就業人口老化、台灣加入WTO衝擊、及政策調整各種因素，荒廢休耕地普遍散佈。廢耕、休耕時間較長者，田間已呈高草狀，其間散佈一些小灌木或陽性樹種幼苗，密生的植被人要直接進入頗為困難（需藉助砍草刀具開路，但會對研究調查結果產生影響），低草狀的廢耕、休耕地，極易出現優勢群落，雖易於接近，但未必具調查價值，同時休耕地何時復耕，存在變數，也許調查前即已復耕，調查中或調查後復耕，存在這些問題使得樣地選擇頗費思量，不過仍可克服，而且由田野間植物分布情形可大致了解某些類群植物是人類休耕政策的受益者。

⁵ 一年以內的短期休耕地（通常為3.5至4個月），大都有栽種綠肥植物，科別涵蓋豆科、禾本科、十字花科、蓼科及菊科等物種，其中以豆科植物為最早利用及栽培最多的綠肥，使用在田間的種類以田菁、綠肥大豆、太陽麻、埃及三葉草、苕子、虎爪豆為主，本研究對於栽種綠肥的休耕地因地被幾乎都為同一物種覆蓋，生物多樣性低，故有需要時僅做觀察並不調查及劃設樣區。

附錄、經調查已知具睡眠運動之植物名錄

葉有睡眠運動科、屬、種

一、大戟科 Euphorbiaceae

紅乳草 (小飛揚草) *Chamaesyce thymifolia* (L.) Millsp.、紫斑大戟 *Chamaesyce hyssopifolia* (L.) Small、飛揚草 *Chamaesyce hirta* (L.) Millsp.、小返魂 *Phyllanthus amarus* Schum. & Thonn.、葉下珠 *Phyllanthus urinaria* L.、光果葉下珠 *Phyllanthus urinarius* L. ssp. *nudicarpus* Rossign & Haic、五蕊油柑 *Phyllanthus tenellus* Roxb.、錫蘭葉下珠 *Phyllanthus myrtifolius* Moon、白飯樹 *Flueggea suffruticosa* (Bellas) Baillon

二、豆目蘇木科 Caesalpinaceae

翅果鐵刀木 *Cassia alata* (Senna)、望江南 *Cassia occidentalis* L.、黃槐 *Cassia surattensis* (Senna)、墨水樹 *Haematoxylon campechianum* L.、金龜樹 *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.、決明 *Senna tora* (L.) Roxb.、羊蹄甲 *Bauhinia variegata* Linn.、黃蝴蝶 *Caesalpinia pulcherrima* cv. *Flava*、紅蝴蝶 *Caesalpinia pulcherrima*

三、豆目含羞草科 Mimosaceae

粉撲花 (蘇立南合歡) *Calliandra surinamensis*、含羞草 *Mimosa pudica* L.、水生含羞草 *Neptunia oleracea*、美洲含羞草 *Mimosa diplotricha*、銀合歡 *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit、金合歡 *Acacia farnesiana* (L.) Willd.、大葉合歡 *Albizia lebbek*、麻六甲合歡 *Albizzia falcata*

四、豆目蝶形花科 Papilionaceae

跳舞草 *Codariocalyx motorius* (Houtt.) Ohashi、花生 *Arachis hypogaea*、銳葉小槐花 *Desmodium caudatum* (Thunb.) DC.、穗花木藍 *Indigofera spicata* Forsk.、野木藍 *Indigofera suffruticosa* Mill.、蔓蟲豆 *Cajanus scarabaeoides* (L.) du Petit-Thouars、天藍苜蓿 *Medicago lupulina* L.、黃花草木樨 *melilotus officinalis* (L.) Desr.、日本紫藤 *Wisteria floribunda* (Willd.) DC.、田菁 *Sesbania roxburghii* Merr.、印度田菁 *Sesbania sesban* (L.) Merr.、兔尾草 *Uraria crinita* (L.) Desv. ex DC.、蠅翼草 *Desmodium triflorum* (L.) DC.、山地豆 *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC.、飛機草 *Christia*

vespertilionis、水黃皮 *Pongamia pinnata* (L.) Pierre ex Merr.、
太陽麻 *Crotalaria juncea*

五、酢醬草科 Oxalidaceae

楊桃 *Averrhoa carambola*

六、蘋科 Marsileaceae

南國田字草 *Marsilea minuta* L.

七、小二仙草科 (蟻塔科) Haloragaceae

青狐尾 *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.

八、天南星科 Araceae

大萍 (大藻、水芙蓉) *Pistia stratiotes* L.

九、千屈菜科 Lythraceae 或菱科 Trapaceae (Hydrocaryaceae)

菱角 *Trapa natans*

十、柳葉菜科 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

十一、田麻科 (椴樹科) Tiliaceae

西印度櫻桃 (南美假櫻桃、勒李、麗李) *Muntingia calabura*

十二、藜科 Chenopodiaceae

小葉灰藿 (狗尿菜) *Chenopodium serotinum* L.

十三、菊科 Asteraceae

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

十四、竹芋科 Marantaceae

孔雀竹芋 *Calathea makoyana*、彩虹竹芋 *Calathea roseopicta*

十五、茄科 Solanaceae

山煙草 *Solanum verbascifolium* L.、龍葵 *Solanum nigrum* L.、茄子 *Solanum melongena* L.

十六、錦葵科 Malvaceae

賽葵 *Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke、圓葉金午時花 *Sida cordifolia* L.、金午時花 *Sida rhombifolia* L.

十七、馬鞭草科 Verbenaceae

花蝴蝶 *Clerodendrum ugandense*

花有睡眠運動植物科、屬、種

一、睡蓮科 Nymphaeaceae

齒葉睡蓮 *Nymphaea lotus* Linn.

二、旋花科 Convolvulaceae (花睡葉不睡，花清晨開，傍晚睡。日語，朝顏；英語，morning glory)

番仔藤 *Ipomoea cairica* (L.) Sweet、藍星花 *Oxypetalum caeruleum*.

花葉均有睡眠運動植物科、屬、種

一、馬齒莧科 Portulacaceae

馬齒牡丹 *Portulaca oleracea* Wildfire (花、葉均會睡)、松葉牡丹 *Portulaca grandiflora* Hook. *Portulaca pilosa* L. subsp. *grandiflora* (Hook.) Geesink (花會睡)、馬齒莧 *Portulaca oleracea* L. (葉會睡但不太明顯，花則有待觀察後再確認)

二、酢醬草科 Oxalidaceae

黃花酢醬草 *Oxalis corniculata* L.、紫花酢醬草 *Oxalis corymbosa* DC.、紫葉酢醬草