

計畫名稱：湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究

英文名稱：Studies on the propagation and restoration of *Helminthostachys zeylanica* in the Hushan reservoir area

計畫編號：130 - 10

全程計畫期間：2012 年 1 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日

本年計畫期間：2012 年 1 月 1 日至 2012 年 12 月 31 日

計畫主持人：黃朝卿

協同主持人：黃獻文

研究人員：張麗慧、王一霖

一、摘要

錫蘭七指蕨 (*Helminthostachys zeylanica* (L.) Hook.) 為嚴重瀕臨絕滅級物種，湖山水庫庫區內為目前已知台灣島內其族群數量最多的分布地點，水庫施工過程中微氣候的改變，可能直接或間接威脅其生存，研究保育工作刻不容緩。生長於湖山水庫之錫蘭七指蕨在三月底至四月間開始冒出地表，於五月份達到高峰期，孢子囊穗約於抽穗後 2 個月發育成熟，七月為孢子成熟的高峰期，葉片於九月、十月間黃化枯萎，植株進入休眠。溫度、土壤濕度可能是影響湖山水庫樣區內錫蘭七指蕨抽梢、休眠的主要因子，然影響其生育之環境因子仍有待後續之長期觀測。繁殖試驗的部分目前已進行孢子的無菌撒播和無土介質培養，但尚未觀察到孢子發芽。

關鍵字：物候調查、孢子無菌撒播、無土介質栽培

二、計畫目的

錫蘭七指蕨 (*Helminthostachys zeylanica* (L.) Hook.) 是瓶爾小草科 (Ophioglossaceae) 七指蕨屬 (*Helminthostachys*) 的多年草本地生型蕨類植物，此植物於秋冬季時，地上部會枯萎，植株進入休眠狀態，而於第二年春季後再開始生長。植株高 30 - 55 cm；根肉質；地下莖極短，肉質，於幼時直立而成熟後呈匍匐狀；葉柄綠色，基部有 2 片圓形淡棕色的托葉，葉柄長 10 - 20 cm，葉片平展，與葉柄直角相交，外形近似半圓形，寬 20 - 35 cm，三出的三出複葉，頂羽片三裂，裂片長約 10 cm，寬約 3 cm；孢子囊枝直立，分枝多但緊密排列而形似穗狀，長 10 - 12 cm (郭, 2000&2001; Huang et al., 1994)；孢子成熟時為綠色型態孢子，孢子球形或近球形，直徑 30 - 40 μm ，三裂縫，裂縫長度為孢子半徑的 3/4 或幾達孢子赤道線，外壁厚，由外壁形成紋飾輪廓，呈粗大、多少癒合、

上帶小刺的棒狀紋飾，周壁很薄，緊附於外壁上（李等，2001）。

錫蘭七指蕨生長在成熟闊葉林下潮濕開闊處，常為濕地植物。分佈於印度、錫蘭、菲律賓等東南亞地區、中國大陸西雙版納及海南島、琉球群島、澳洲北部、太平洋群島及台灣。

錫蘭七指蕨在台灣的分佈，早期文獻僅見於蘭嶼天池池畔濕地及墾丁森林遊樂區第三區（徐，1980；劉，1995；呂，2000；郭，2001；Huang et al., 1994），後來在惠蓀林場內也發現其族群分佈（王和歐，2002；陳等，2008）。不過，在這些地方的族群數量均不多，而生長於蘭嶼天池的數量則視天池水位而定，較常見的數量約 20 - 30 株，但若水位太高，則當年可能不會出現。

湖山水庫庫區內之錫蘭七指蕨族群，係於 2010 年由水庫工程人員在進行柚木標定時發現，而後經行政院農業委員會特有生物研究保育中心（以下簡稱本中心）植物組人員進入現場勘查後確認，族群數量約 20 株，分佈於 $2 \times 2 \text{m}^2$ 範圍內，是目前已知台灣島內族群數量最多的分佈地點。依據本中心 2010 年台灣維管束植物紅皮書計畫之評估，錫蘭七指蕨為嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR) 級物種，故對本植物進行之研究保育成果，將可成為湖山水庫保育措施的重要成效之一。

由於此植物於湖山水庫內的分佈面積小（約 $2 \times 2 \text{m}^2$ ），水庫施工過程中微氣候的改變，可能直接或間接威脅其生存，研究保育工作刻不容緩，蒐集孢子進行新個體的繁殖及將現有植株部分移地保存是短期可採取的處理措施。惟目前國內對此植物的基本生長發育過程均不瞭解，貿然的進行移植無法確保百分之百的存活，在不損傷原族群個體的前題下，採取孢子進行新個體的繁殖是第一考量。故本計畫擬先蒐集錫蘭七指蕨生育地之環境因子資料，以供栽培或繁殖之參考依據，同時探討以孢子為繁殖材料，進行新個體的增殖，然後再嘗試其他的繁殖方法以增加族群數量，計畫最終目標，期望能藉由新個體的增加，確保此植物的永續生存外，新增殖的個體也可作為往後補植、移地復育及解說教育材料使用。

三、重要工作項目及實施方法

（一）文獻蒐集：蒐集國內外相關研究資料，主要包含七指蕨屬及瓶爾小草科植物之生長發育、繁殖和物候資料，蕨類植物孢子繁殖、無菌操作及微體繁殖資料等。

（二）環境因子監測：於 101 年 3 月 6 日完成湖山水庫錫蘭七指蕨樣區氣象資料紀錄器(Data Logger DL2, Delta-T Devices, Cambridge, UK)主機及溫度計、溼

度計及光度計的架設(圖1)，記錄樣區內光照強度、氣溫、土壤溫度及土壤濕度等環境因子的變化，每半小時自動記錄1次。並自中央氣象局網站取得101年3月至12月雲林地區降雨資料，以了解雨量對土壤濕度變化之影響。

(三) 物候調查及孢子蒐集：於湖山水庫錫蘭七指蕨生育地樣區每月調查1次植株生長情形，將新抽出地面之植株加以編號，每月測量植株株高、孢子囊穗發育狀況。在孢子成熟期間(約六月底至八月中)，每兩週記錄1次孢子成熟階段，並蒐集已開裂之孢子囊內之孢子，供為後續繁殖試驗之材料。孢子發育過程可分為：孢子囊穗呈綠色、孢子囊穗漸轉黃、孢子囊穗全轉黃、孢子囊穗開裂，孢子成熟、孢子落光、孢子囊穗乾枯等6階段(圖2)。繁殖試驗之孢子收集係採「孢子囊穗開裂，孢子成熟」階段者。

(四) 孢子繁殖：以無菌撒播及無土介質撒播的方式，進行孢子的發芽試驗，以尋求最佳的繁殖技術及條件組合。

1. 無菌撒播：此試驗使用植物組織培養法中之無菌播種法，於操作台中全程以無菌方式操作，過程如下：

(1) 消毒：稱取0.005 g之錫蘭七指蕨孢子，置入1.5 ml微量離心管，以1%次氯酸鈉(NaOCl)添加一滴0.3% Tween 20展著劑(Nacalai Tesque, Kyoto, Japan)之溶液消毒20分鐘，隨後在無菌環境下以離心機離心後去除上清液，加入無菌水沖洗、離心、去除上清液，無菌水清洗的動作反覆進行3至4次，完成消毒過程。

(2) 撒播：將完成消毒的錫蘭七指蕨孢子以無菌水配成孢子懸浮液，使用無菌滴管將懸浮液充分混勻後，以15 ml無菌玻璃管分裝成兩管，每管加水稀釋至13 ml，吸取0.8 ml之孢子懸浮液，加入培養皿中，完成撒播步驟。使用5種培養基，每種培養基撒播6盤，每0.005 g孢子共撒播30盤培養皿。

(3) 培養：撒播完成後將培養皿置於培養室，分成光照組(P.M. 5:00 - A.M. 5:00 照光)及黑暗組，培養溫度24 °C。

培養基配方參考 Mazumder 等人(2010)錫蘭七指蕨體外培養所用之培養基，以 Murashige and Skoog (MS) (Murashige and Skoog, 1962)或 Parker and Thompson (PNT) (Klekowski, 1969)為基本配方，改變MS配方中主要鹽類濃度至1/8、1/4或全量、PNT配方使用5.6或4.0兩種pH值，共5種培養基，以NaOH和HCl將pH值調整至5.6或4.0後，添加

agar (Sigma, USA) (pH值 5.6 者使用 $7 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$; pH值 4.0 者使用 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), 培養基以滅菌釜於壓力 $1.3 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 、 121°C 下滅菌 20 分鐘。

此試驗使用 5 種培養基、光照 12 小時或黑暗處理，共 10 處理，每處理 6 重覆，每重覆 3 盤培養皿。

2. 無土介質撒播：參考一般蕨類植物孢子無土介質撒播方式，使用泥炭苔：珍珠石：蛭石 = 2：1：1（體積比）為栽培介質，其中泥炭苔(Fafard No.1)購自Fafard公司(Fafard Co., Agawam, MA, USA)，珍珠石及蛭石購自南海蛭石工業股份有限公司（臺北，臺灣）。稱取0.003 g錫蘭七指蕨之孢子，置入容量50 ml之玻璃管，加水48 ml配成孢子懸浮液，將其充分混勻後，以滴管滴入裝有無土介質的培養盒(Sigma SI-P5929-250EA PHYTATRAY II, $114 \text{ mm} \times 86 \text{ mm} \times 65 \text{ mm}$, Sigma, USA)，每盒滴入8 ml孢子懸浮液，共撒播6盒，分成光照組放置於室內窗戶邊、黑暗組放置於室內暗箱中。此試驗共兩處理，每處理16重覆，每重覆3盒培養盒。

四、結果與討論

(一) 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區環境因子調查

錫蘭七指蕨樣區內每日最高光強度變化幅度大，以四至七月較為劇烈（圖 3）。三月份平均最高光強度為 $227.7 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，四、五月份平均最高光強度分別為 335.6 、 $415.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，六月份受豪雨及颱風影響，陰雨天日數較多，平均最高光強度降至 $291.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，七月份平均最高光強度達 10 個月份中最高，為 $628.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，八、九月份平均最高光強度分別降至 201.8 、 $228.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，十至十二月平均最高光強度逐月降低，分別為 111.3 、 76.0 、 $63.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ （圖 3、表 1）。氣溫的變動受日照強弱影響，其中每日最高溫之變動幅度與每日最高光強度變動曲線相似，而每日最低溫之變化則較每日最高溫之變化幅度小（圖 4）。氣溫從三月開始持續上升，於七月時達到最高，隨後則逐月下降，各月每日高溫之平均皆為 20°C 以上，五至九月則高達 $28^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$ ；各月每日低溫的平均則以三月、十二月最低，僅 15°C 左右，四月份低溫平均約 20°C ，五到九月低溫的平均在 $21^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}$ 之間，十、十一月低溫平均約 18°C （圖 4、表 1）。

土壤溫度的變化幅度較大氣溫度的變化小，先逐漸上升再逐漸下降（圖 5），以三月、十二月最低，約 19°C ，六到八月達最高溫度，約 25°C （圖 5、表 1）。土壤濕度自三月到八月間，月平均濕度介於 $30\% - 45\%$ ，九月中旬至十一月中

旬，樣區內土壤呈現乾燥狀態，土壤濕度狀態已低於土壤濕度計所能測量的範圍，故其數值顯示為 0%，至十一月下旬土壤濕度回升至 20% 左右，十二月份平均濕度升到 30% 左右(圖 5、表 1)。對照中央氣象局雲林地區每日降雨量之統計，可觀察到土壤濕度起伏與降雨時間、雨量大小有關，在降雨當日或隔日樣區內土壤濕度有升高的情形；九月中旬至十一月中旬雲林地區僅降下 1 mm 雨水，與樣區內此期間所測量到之土壤濕度 0.0% 的數值相符(表 2 - 表 11、圖 6)。

(二) 錫蘭七指蕨物候調查

錫蘭七指蕨孢子體生活史及其形態發育過程如下：呈彎鉤狀的新梢露出地面(圖 7A)，隨後葉柄部分伸長，但前端仍呈彎鉤形狀(圖 7B)，當葉柄生長至一定長度後便不再伸長，此時前端彎鉤開始往上轉向(圖 7C)，完成轉向後(轉 180°，與葉柄呈一直線，與地面呈 90°)(圖 7D) 植株開始展葉，展葉過程小葉由原先相互包覆漸漸張開，與地面角度從 90° 逐漸與地面平行(圖 7E)。錫蘭七指蕨植株一葉可發育一根孢子囊穗，但並非每葉的孢子囊穗皆能成功發育，順利長出孢子囊穗之植株於展葉期間便可觀察到孢子囊穗之發育(圖 7F)，並於完成展葉後孢子囊柄、孢子囊穗持續伸長、發育，孢子囊穗膨大(圖 7G)。隨著孢子發育的逐漸成熟，孢子囊穗會由綠轉黃、開裂，並釋放孢子，孢子落光後孢子囊穗逐漸乾枯萎縮，但葉片仍維持綠色(圖 7H)。而孢子囊穗未順利發育之植株，於展葉後在原先應抽穗的位置有一殘留的痕跡器官(圖 7I)。秋季錫蘭七指蕨葉片逐漸由綠轉黃、乾枯，葉柄皺縮，植株倒伏，地上部進入休眠。

在錫蘭七指蕨物候調查部分，於 101 年 3 月 22 日調查時，首次觀察到 1 枝錫蘭七指蕨新梢露出土面約 1.5 cm；4 月 19 日調查時，有 7 枝新梢，其中 2 株已有孢子囊穗的發育；於 5 月 22 日調查時，樣區內一共有 23 枝新梢，但僅有 9 株抽出孢子囊穗；6 月 28 日調查時，樣區內新長出 7 枝新梢，其中 2 株有孢子囊穗之發育；隨後於七、八至九月份進行調查時，仍分別長出 4 枝、3 枝及 2 枝七指蕨新梢，但全無孢子囊穗之發育；十月進行調查時，多數植株已經黃化枯萎，進入休眠(圖 8)。總結 101 年湖山水庫樣區之錫蘭七指蕨總計長出 39 枝當年新梢，其中 11 株有孢子囊穗之發育。

11 株有孢子囊穗之錫蘭七指蕨，在植株葉片完全展開時即可見到孢子囊穗之抽出，孢子囊約在孢子囊穗抽出後兩個月轉黃成熟並開裂，孢子附著於孢子囊上，此時孢子囊穗長 7 - 10 cm。6 月 28 日調查時，於 4 至 5 月間抽出之錫蘭七指蕨之孢子囊穗，有 2 株之孢子囊已略為開裂，可取得少量孢子，另外有 1 株其孢子囊穗已轉黃。至 7 月 10 日進入樣區取孢子時，於四至五月間抽穗之 5 棵植株其孢子已落光，孢子囊穗開始乾掉萎縮；於五月底前抽出的 4 棵錫蘭七指蕨，

有 1 株之孢子囊正好開裂，取得大量孢子，另外 3 株之孢子囊穗正在轉黃；而於六月才新長出的 2 株有孢子囊穗發育之植株，其孢子囊穗僅 4 - 6 cm。7 月 27 日進入樣區調查，前一次取樣時仍在轉黃階段的 3 株孢子囊穗，此次取樣時孢子幾乎都落光了，僅收集到少量孢子。六月新長出的 2 株有孢子囊穗發育之植株，於七月底時其孢子囊穗仍在發育中，8 月 9 日進入樣區調查時，其孢子囊穗開始轉黃，8 月 21 日進入樣區取樣時，孢子幾乎已落光。

(三) 環境因子對錫蘭七指蕨生育之影響

湖山水庫樣區內的錫蘭七指蕨於春季抽出新梢，並於秋冬季地上部進入休眠，與文獻記載相符，但文獻中對影響其抽梢和休眠之因子並無詳加探討。今年三月底於樣區內觀察到第一棵冒出地表的七指蕨植株，而五月時達到植株冒出地表的高峰期，對照氣象資料紀錄器所記錄之資料，五月在高溫平均、低溫平均及平均土壤溫度上，皆較三月多出 5°C 左右，其中低溫平均和平均土壤溫度分別從 15.0、18.9°C 升高到 21.6、23.8°C (表 1)，推測環境溫度的提高促使錫蘭七指蕨打破休眠進行地上部的生長，然此部分尚欠一、二月氣象資料加以佐證，有待後續之長期觀測與分析。九月、十月間，樣區內的錫蘭七指蕨快速黃化乾枯，進入休眠，比較八至十月的氣象資料，可觀察到此 3 個月在光強度、大氣溫度、土壤溫度部分差異不大，而土壤濕度部分卻從 30.3% 下降至 10.2%、0.0% (表 1)，推測造成本年度錫蘭七指蕨快速大量休眠的主要原因為乾旱缺水。影響植物生長發育、休眠與打破休眠的因子是複雜的，並非單一因子所調控，欲了解環境因子對錫蘭七指蕨生育之影響，需要後續長期的監控，並比較每年氣候狀況及植株物候期的變化。

(四) 孢子繁殖試驗

在錫蘭七指蕨孢子採集部分，觀察到七月為孢子成熟的高峰期，此段期間內約每兩周進入樣區採集 1 次，然仍常常錯過孢子成熟的極大期，僅收集到少量孢子造成試驗材料不夠。未來在孢子成熟期間內，應增加採集頻率至一周 1 - 2 次。孢子無菌播種於 101 年七月間進行，共進行 6 次重複試驗，撒播 180 盤培養皿 (圖 9A)，直至 101 年底仍未觀察到孢子發芽的情形；在孢子的無土介質培養部分，於 101 年七、八月共進行 16 次的撒播，共 96 盒培養盒 (圖 9B)，於 101 年底亦無觀察到孢子發芽的情形。根據文獻資料，瓶爾小草科植物的孢子發芽為地下發芽型，配子體在地底且無光的環境下生長發育。配子體及孢子體的生長發育過程需與菌根菌共生，故以人為方式進行繁殖有一定的困難度存在。未來的試驗方向可朝向菌根菌利用的部分進行研究，對樣區內的土壤進行取樣，分析與錫蘭七指蕨共生的菌根菌種類，並於無土介質撒播時添加此種菌根菌或於介質中混入部分樣

區內的土壤，期能突破目前的繁殖困境。

五、結論與建議

今年的調查結果顯示生長於湖山水庫之錫蘭七指蕨在三月底至四月間開始冒出地表，於五月份達到植株冒出地表的高峰期，而孢子囊穗約於抽穗後兩個月發育成熟，孢子囊由綠色轉黃、開裂，七月為孢子成熟的高峰期，若要採集錫蘭七指蕨之孢子進行繁殖，應於此時期進行採集，適當的採集頻率約一周1-2次。九月為七指蕨生長季末期，雖仍有新梢抽梢，但皆纖弱矮小，十月時樣區內植株多半黃化枯萎，進入休眠。光度、溫度、土壤溫度及土壤濕度等環境因子對樣區內之錫蘭七指蕨生長、孢子發育、植株黃化枯萎、休眠及其打破等之影響，仍有待後續之長期觀測。繁殖試驗的部分目前已進行孢子的無菌撒播和無土介質培養，但尚未觀察到孢子發芽，未來可朝向菌根菌利用的方向進行研究，期能打破繁殖困境。

六、參考文獻

- 王志強、歐辰雄。2002。紀錫蘭七指蕨 (*Helminthostachys zeylanica*) 在臺灣之一新分布。林業研究季刊 24:59-62。
- 呂勝由。1997。臺灣稀有及瀕植物之分級彩色圖鑑(II)。行政院農業委員會。
- 徐國士等。1980。臺灣稀有及有絕滅危機之植物。臺灣省政府教育廳。
- 郭城孟。2000。臺灣維管束植物簡誌第壹卷。行政院農業委員會。
- 郭城孟。2001。蕨類圖鑑。遠流出版公司。
- 陳文民、陳恩倫、周文邛、陳宗駿、蔡佳育、陳鳳華、陳志豪、林聖峰、陳明義、俞秋豐。2008。台灣中部烏溪與大甲河流域之稀有植物。林業研究季刊 30:1-22。
- 劉瓊蓮。1995。台灣稀有植物圖鑑(II)。台灣省林務局。
- 李新國、戴錫玲、王全喜。2001。七指蕨屬孢子形態及其系統學意義的研究。上海師範大學學報(自然科學版) 30:63-66。
- Huang, T. C. et al. (eds.) 1994. Flora of Taiwan. 2nd. Vol. 1. Editorial committee of the Flora of Taiwan, Second Edition. 648 pp.
- Klekowski. E.J., JR. 1969. Reproductive biology of the Pteridophyta. III. A study of the Blechnaceae. Bot. J. Linn. Soc. 62:361-377.
- Mazumder, P.B., G.D. Sharma, M. Dutta Chaudhury, Bonani Mazumder, and Deepa Nath. 2010. In vitro propagation of *Helminthostachys zeylanica* (L.) Hook - A

rare medicinal fern. Assam University Journal of Science & technology: Biological and Environmental Sciences 5:129-133.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15 : 473-497.



圖 1. 氣象資料紀錄器架設情形。(A) 安裝主機。(B) 主機。(C) 氣象資料紀錄器全景。(D) 大氣溫度、濕度計。(E) 光度計。(F) 土壤溫度、溫度計。



圖 2. 孢子發育過程及採集情形。(A) 發育中的孢子囊穗，呈綠色。(B) 孢子囊穗漸轉黃。(C) 孢子囊穗全轉黃，尚未開裂。(D) 孢子囊穗開裂，孢子成熟。(E) 孢子落光。(F) 孢子囊穗乾枯。(G) 孢子採收情形。

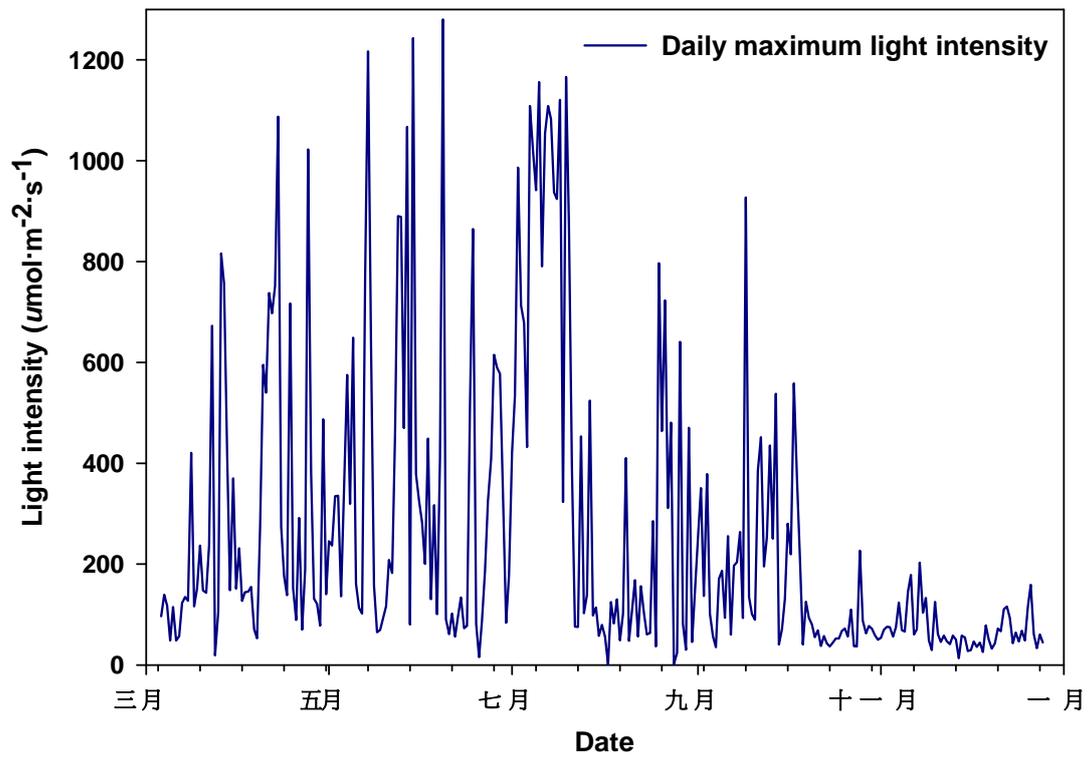


圖 3. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 3 月至 12 月之每日最高光強度(Daily maximum light intensity)變化

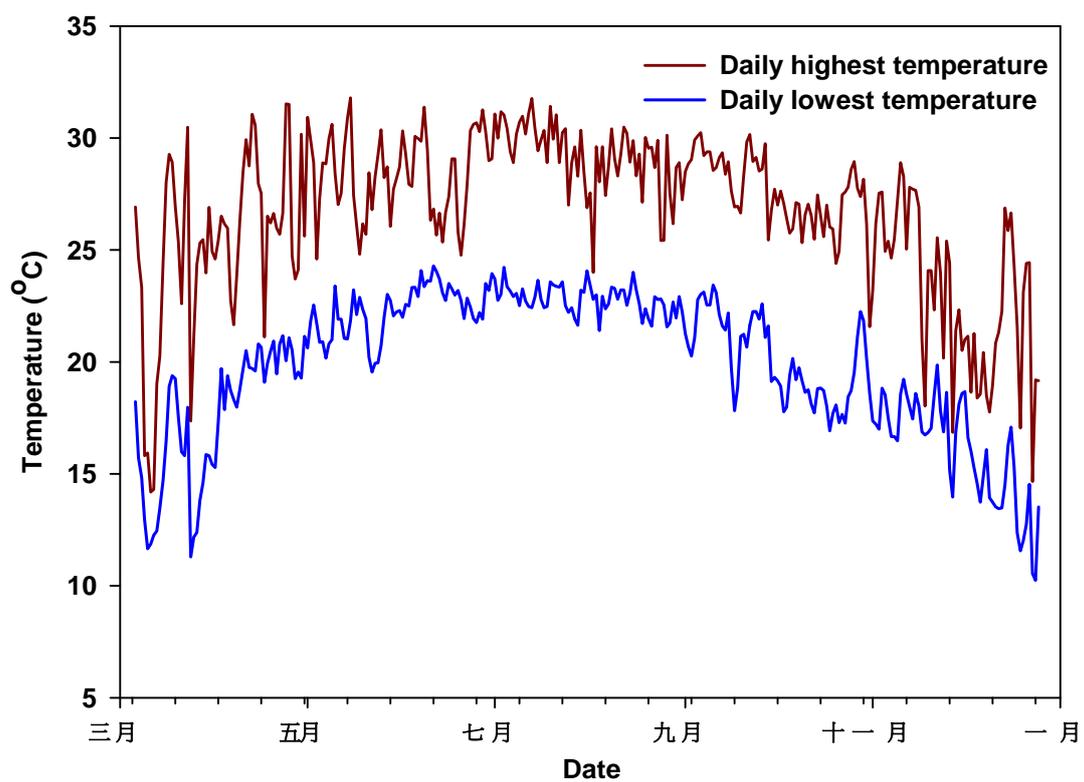


圖 4. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 3 月至 12 月之每日最高溫度(Daily highest temperature)及每日最低溫度(Daily lowest temperature)變化

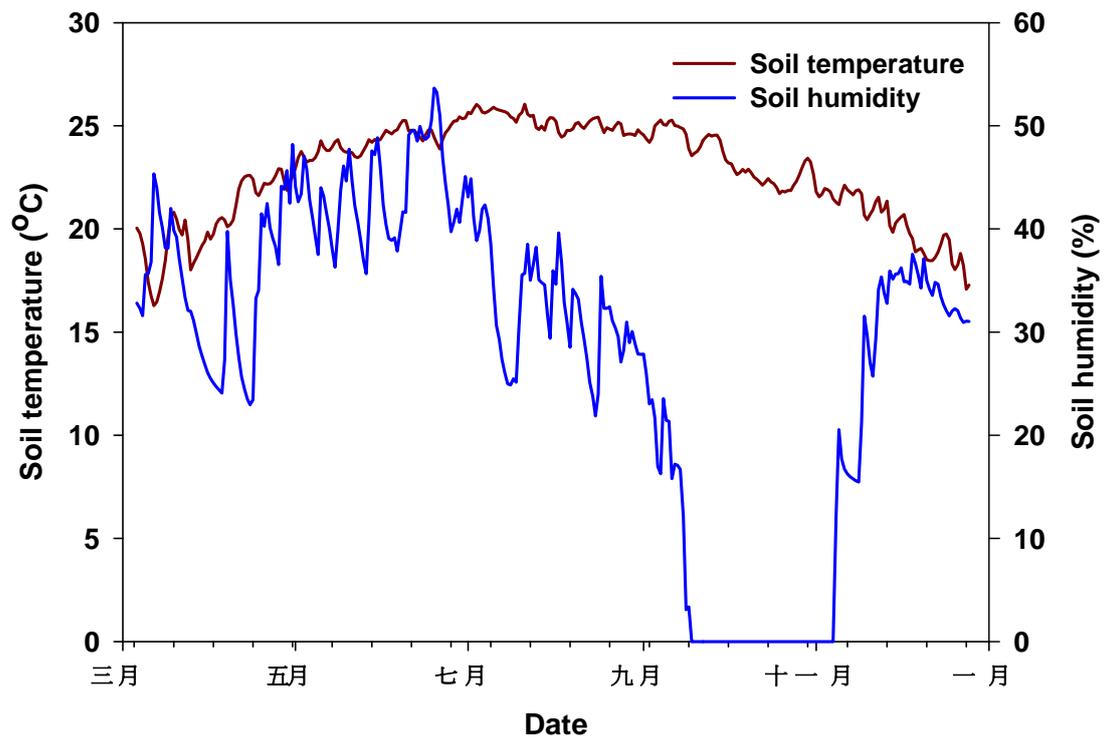


圖 5. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 3 月至 12 月之每日土壤溫度(Soil temperature)及土壤濕度(Soil humidity)變化

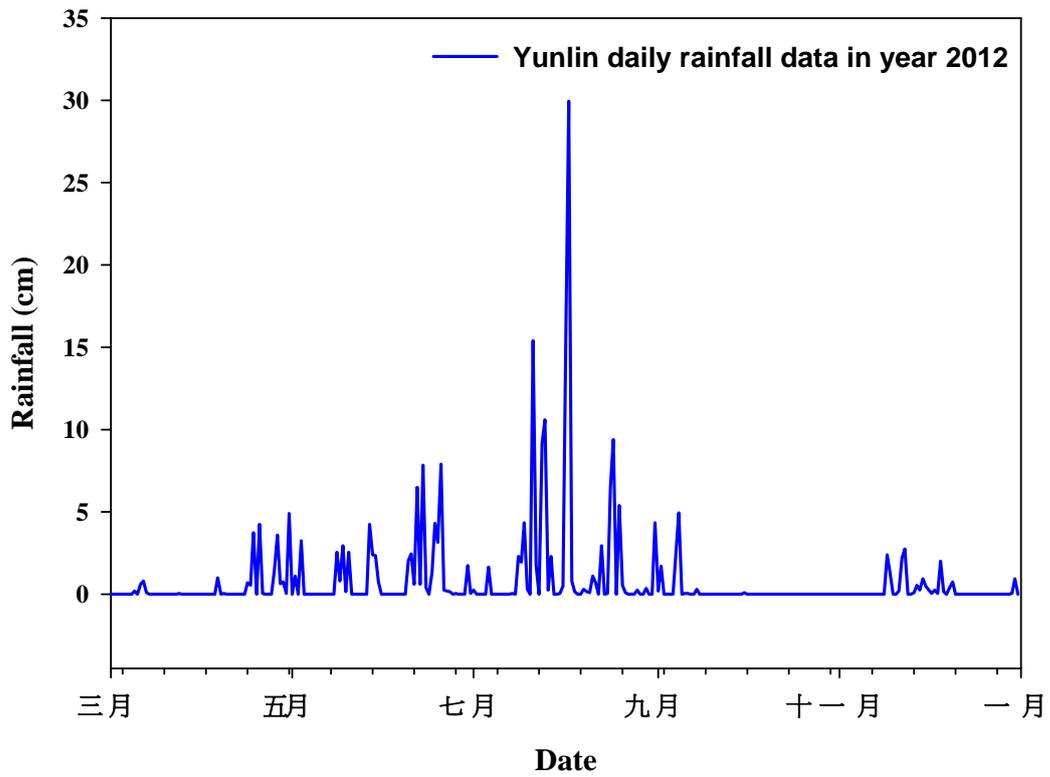


圖 6. 雲林地區 101 年 3 月至 12 月之每日降雨量(daily rainfall)。(資料來源：中央氣象局)

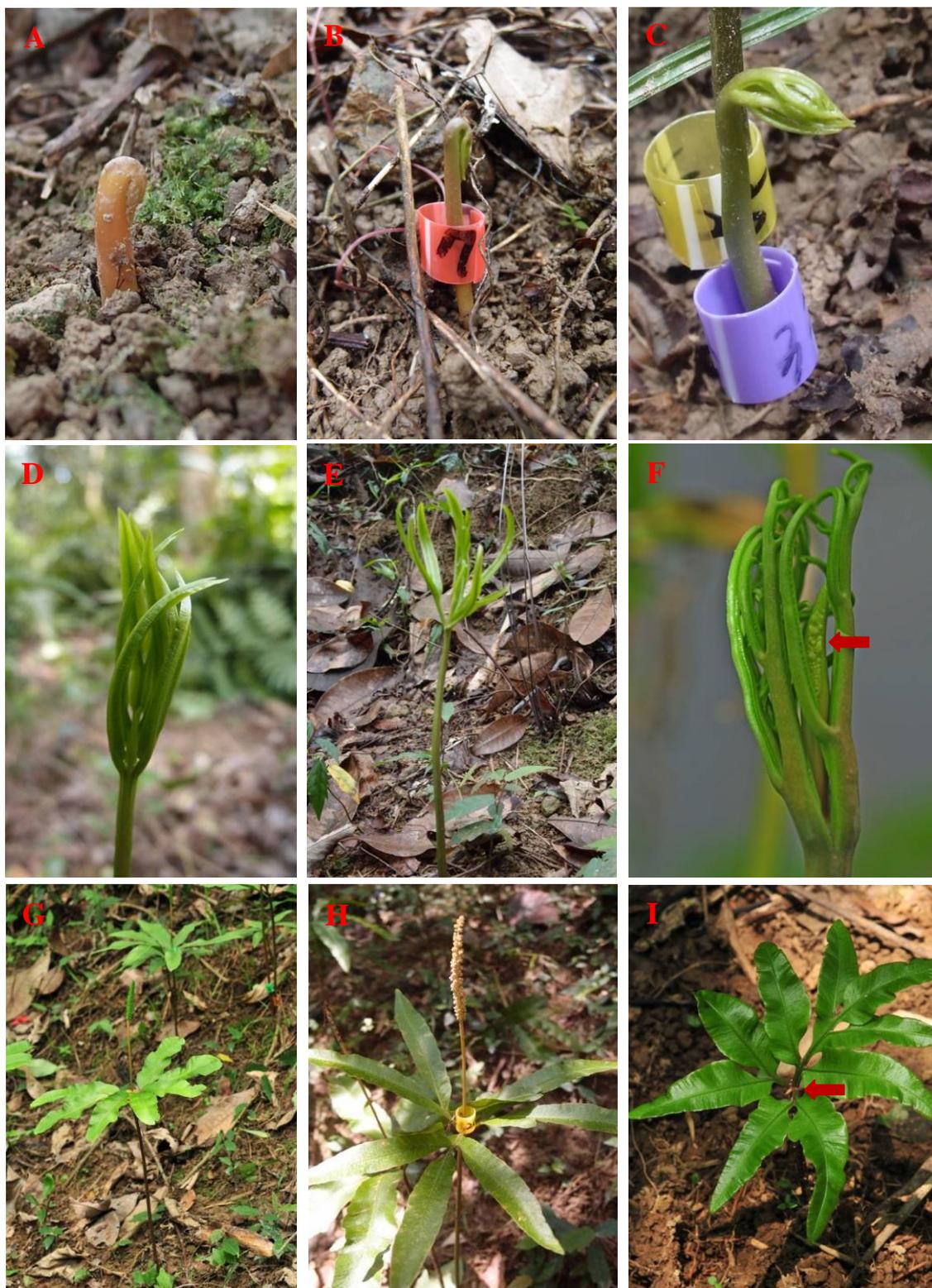


圖 7. 錫蘭七指蕨孢子體形態發育過程。(A) 新梢露出地面。(B) 伸長中的葉柄。(C) 前端彎鉤往上轉向。(D) 前端完成轉向，與地面呈 90° 。(E) 葉片展葉中。(F) 有抽孢子囊穗之植株，於尚未展葉前便可觀察到孢子囊穗之發育（箭頭所指處）。(G) 孢子囊柄、孢子囊穗持續伸長、發育。(H) 孢子落光後孢子囊穗逐漸乾枯萎縮，但葉片仍維持綠色。(I) 孢子囊穗未順利發育之植株，於展葉後在原先應抽穗的位置有一殘留的痕跡器官（箭頭所指處）。



圖 8. 101 年 3 月到 10 月湖山水庫錫蘭七指蕨樣區內植株變化。(A) 三月底。(B) 四月底。(C) 五月底。(D) 六月底。(E) 七月底。(F) 八月底。(G) 九月底。(H) 十月底。

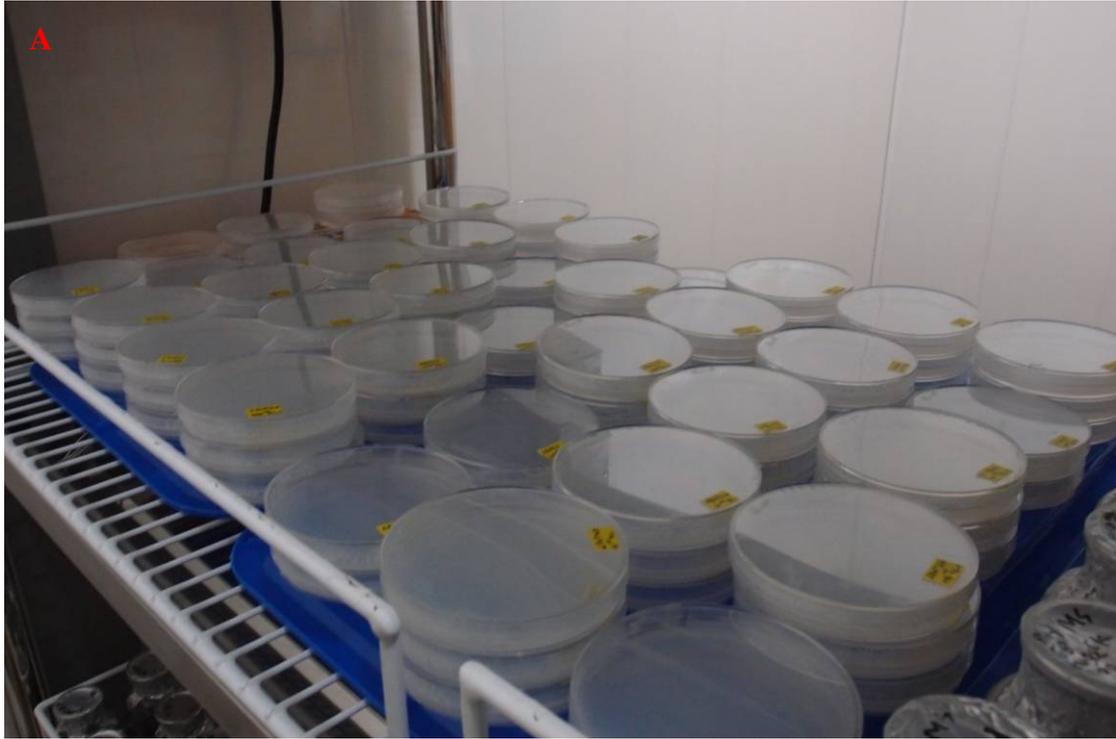


圖 9. 培養情形。(A) 無菌培養。(B) 無土介質培養。

表 1. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年各月之氣象資料

氣象參數	月份									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	227.7	335.6	415.9	291.4	628.5	201.8	228.0	111.3	76.0	63.5
最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	816.0	1087.2	1243.2	1280.0	1166.4	796.8	927.2	558.4	202.9	158.8
高溫平均 (°C)	23.3	26.6	28.3	28.5	29.9	28.5	28.6	26.6	24.5	21.0
最高氣溫 (°C)	30.5	31.5	31.8	31.4	31.8	30.5	30.2	27.8	27.8	26.9
低溫平均 (°C)	15.0	19.6	21.6	23.0	23.0	22.6	21.4	18.9	17.5	14.2
最低氣溫 (°C)	11.3	15.3	19.5	21.8	21.6	21.4	17.8	16.9	14.0	10.2
平均土壤溫度 (°C)	18.9	21.6	23.8	24.8	25.5	24.9	24.5	22.5	21.3	18.9
平均土壤濕度 (%)	35.1	33.5	42.5	44.9	34.6	30.3	10.2	0.0	19.6	33.8

表 2. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 3 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
6-Mar	96.6	26.9	18.2	20.0	32.8
7-Mar	139.4	24.7	15.7	19.8	32.3
8-Mar	117.8	23.3	14.8	19.3	31.6
9-Mar	48.6	15.8	12.9	18.6	35.6
10-Mar	114.9	15.9	11.7	17.4	35.7
11-Mar	48.4	14.2	11.9	16.8	36.8
12-Mar	57.2	14.3	12.3	16.3	45.4
13-Mar	122.9	19.0	12.5	16.5	44.0
14-Mar	135.0	20.3	13.5	17.0	41.6
15-Mar	127.1	24.4	14.7	17.6	40.1
16-Mar	420.8	28.0	16.5	18.5	38.2
17-Mar	116.2	29.3	18.9	19.6	38.1
18-Mar	151.4	28.9	19.4	20.6	42.0
19-Mar	236.8	26.9	19.3	20.8	39.8
20-Mar	148.0	25.4	17.6	20.5	39.2
21-Mar	143.2	22.6	16.0	20.0	37.1
22-Mar	236.9	27.2	15.8	19.7	35.2
23-Mar	672.8	30.5	18.0	20.4	33.4
24-Mar	18.8	17.4	11.3	19.5	32.1
25-Mar	106.1	21.1	12.2	18.0	32.0
26-Mar	816.0	24.4	12.4	18.3	31.2
27-Mar	756.0	25.3	13.8	18.6	29.8
28-Mar	420.0	25.5	14.6	18.9	28.6
29-Mar	148.1	24.0	15.9	19.2	27.7
30-Mar	370.3	26.9	15.8	19.4	26.9
31-Mar	151.5	24.9	15.4	19.9	26.1
平均	227.7	23.3	15.0	18.9	35.1

表 3. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 4 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Apr	231.6	24.6	15.3	19.5	25.5
2-Apr	126.7	25.4	17.3	19.8	25.1
3-Apr	144.5	26.5	19.7	20.2	24.7
4-Apr	145.2	26.2	17.9	20.5	24.4
5-Apr	154.8	26.0	19.4	20.6	24.1
6-Apr	70.7	22.7	18.7	20.4	27.3
7-Apr	53.1	21.7	18.3	20.1	39.8
8-Apr	274.5	23.9	18.0	20.2	35.1
9-Apr	595.2	26.3	18.8	20.4	32.7
10-Apr	540.0	28.5	19.7	21.1	29.9
11-Apr	737.6	29.9	20.5	21.9	27.5
12-Apr	697.6	28.8	19.8	22.3	25.7
13-Apr	751.2	31.1	19.7	22.5	24.4
14-Apr	1087.2	30.6	19.6	22.6	23.5
15-Apr	274.2	28.0	20.8	22.6	22.9
16-Apr	176.7	27.5	20.7	22.4	23.4
17-Apr	138.5	21.1	19.1	21.8	33.3
18-Apr	716.8	26.5	19.9	21.6	34.1
19-Apr	152.4	26.2	20.5	21.9	41.5
20-Apr	89.3	26.6	20.9	22.2	40.3
21-Apr	291.4	26.0	19.5	22.2	42.5
22-Apr	70.0	25.7	20.8	22.2	40.1
23-Apr	189.2	26.6	21.2	22.3	39.1
24-Apr	1022.4	31.5	20.1	22.6	38.3
25-Apr	380.6	31.5	21.1	22.9	36.5
26-Apr	131.5	24.7	20.5	22.9	44.2
27-Apr	121.0	23.7	19.3	22.4	43.8
28-Apr	77.9	24.1	19.5	21.9	45.7
29-Apr	487.2	30.2	19.3	22.3	42.5
30-Apr	140.3	25.6	21.1	22.6	48.2
平均	335.6	26.6	19.6	21.6	33.5

表 4. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 5 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-May	245.3	30.9	20.6	23.0	44.1
2-May	236.6	29.9	21.8	23.5	42.6
3-May	334.6	28.9	22.5	23.8	43.4
4-May	335.4	24.6	21.7	23.5	47.1
5-May	136.2	27.3	20.9	23.2	45.8
6-May	352.3	28.9	20.9	23.3	42.8
7-May	575.2	28.8	20.2	23.3	41.1
8-May	319.4	30.0	20.8	23.5	39.3
9-May	648.8	30.6	21.0	23.7	37.5
10-May	161.1	28.4	23.4	24.3	44.0
11-May	113.0	27.0	21.9	24.0	43.2
12-May	101.8	27.5	21.9	23.8	41.5
13-May	772.0	29.5	21.1	23.8	40.0
14-May	1216.8	30.9	21.0	24.0	38.1
15-May	648.0	31.8	21.8	24.2	36.3
16-May	157.8	27.5	23.2	24.3	39.9
17-May	65.0	26.1	22.1	23.9	43.7
18-May	69.5	24.8	22.9	23.8	46.1
19-May	92.2	26.2	22.4	23.7	44.7
20-May	116.2	25.7	21.9	23.7	47.7
21-May	208.6	28.5	20.2	23.7	44.6
22-May	182.2	26.8	19.5	23.5	42.3
23-May	460.8	28.3	19.9	23.5	40.7
24-May	890.4	29.2	20.0	23.6	38.9
25-May	888.8	30.4	20.7	23.8	37.1
26-May	469.6	28.2	22.0	24.0	35.7
27-May	1067.2	28.7	23.0	24.3	40.8
28-May	80.3	26.1	22.7	24.2	47.6
29-May	1243.2	27.7	22.1	24.3	47.2
30-May	378.5	28.2	22.2	24.3	48.8
31-May	325.9	28.7	22.3	24.3	46.1
平均	415.9	28.3	21.6	23.8	42.5

表 5. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 6 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Jun	282.0	30.3	22.0	24.6	42.3
2-Jun	200.4	29.3	22.6	24.8	40.4
3-Jun	448.8	27.9	22.5	24.7	39.1
4-Jun	130.5	27.8	23.3	24.6	38.9
5-Jun	317.0	30.1	23.3	24.8	39.1
6-Jun	100.6	30.0	22.9	24.8	37.9
7-Jun	407.8	29.9	24.1	25.1	39.8
8-Jun	1280.0	31.4	23.4	25.3	41.7
9-Jun	90.6	29.5	23.6	25.3	41.6
10-Jun	61.0	26.3	23.6	24.8	49.1
11-Jun	101.9	26.8	24.3	24.8	49.5
12-Jun	56.3	25.7	24.0	24.8	49.6
13-Jun	96.5	26.6	23.7	24.6	48.5
14-Jun	134.1	25.4	23.1	24.4	49.9
15-Jun	72.7	26.7	22.7	24.3	49.0
16-Jun	77.7	27.4	23.5	24.6	48.7
17-Jun	524.0	29.1	23.3	24.8	49.0
18-Jun	864.8	29.1	23.0	24.8	50.5
19-Jun	81.3	25.8	23.2	24.5	53.7
20-Jun	15.6	24.8	22.8	24.2	53.2
21-Jun	87.2	26.1	21.9	23.9	51.0
22-Jun	187.0	27.9	22.9	24.3	46.9
23-Jun	324.4	30.3	22.5	24.7	44.4
24-Jun	408.6	30.6	21.9	24.8	42.3
25-Jun	615.2	30.7	21.8	25.0	39.7
26-Jun	589.6	30.3	22.2	25.2	40.7
27-Jun	577.6	31.3	21.9	25.2	41.9
28-Jun	346.9	30.3	23.5	25.4	40.6
29-Jun	83.9	29.0	23.2	25.3	42.8
30-Jun	177.3	29.1	23.9	25.4	45.1
平均	291.4	28.5	23.0	24.8	44.9

表 6. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 7 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Jul	421.6	31.1	23.7	25.7	43.1
2-Jul	535.2	30.0	22.8	25.6	44.9
3-Jul	986.4	31.2	23.0	25.8	41.1
4-Jul	712.8	31.0	24.2	26.0	38.9
5-Jul	677.6	30.4	23.4	25.9	39.8
6-Jul	432.0	29.4	23.2	25.7	41.9
7-Jul	1108.8	28.9	22.9	25.6	42.3
8-Jul	1020.8	30.2	23.1	25.7	41.0
9-Jul	941.6	30.7	22.5	25.8	38.6
10-Jul	1156.0	31.0	23.3	25.9	34.4
11-Jul	790.4	30.2	22.7	25.8	30.7
12-Jul	1054.4	31.1	22.5	25.8	29.3
13-Jul	1108.8	31.8	22.4	25.7	27.3
14-Jul	1083.2	30.5	22.9	25.7	26.0
15-Jul	936.8	29.4	23.6	25.6	25.0
16-Jul	924.0	29.9	22.8	25.4	24.9
17-Jul	1120.8	30.3	22.4	25.4	25.5
18-Jul	323.2	28.9	22.5	25.2	25.1
19-Jul	1166.4	31.4	23.6	25.5	30.4
20-Jul	866.4	30.0	23.4	25.7	35.5
21-Jul	395.4	31.0	23.4	26.1	35.7
22-Jul	76.1	28.9	23.3	25.6	38.5
23-Jul	75.3	30.2	23.6	25.5	35.0
24-Jul	453.6	30.4	22.5	25.5	36.5
25-Jul	102.7	27.0	22.2	24.9	38.2
26-Jul	139.5	28.9	22.4	24.8	35.1
27-Jul	524.0	29.6	21.9	25.0	34.8
28-Jul	98.5	28.3	21.6	24.8	34.6
29-Jul	114.0	30.4	23.2	25.2	31.8
30-Jul	57.9	28.5	23.1	25.4	29.4
31-Jul	79.6	26.9	24.1	25.4	36.0
平均	628.5	29.9	23.0	25.5	34.6

表 7. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 8 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Aug	56.3	27.6	23.4	25.2	34.6
2-Aug	1.0	24.0	22.8	24.7	39.6
3-Aug	124.9	29.6	23.0	24.5	36.8
4-Aug	82.4	28.0	21.4	24.5	32.9
5-Aug	130.0	29.6	22.9	24.8	31.0
6-Aug	48.9	27.4	22.4	24.8	28.5
7-Aug	101.6	28.7	22.6	24.9	34.2
8-Aug	410.4	30.4	23.3	25.1	33.7
9-Aug	47.7	29.1	23.3	25.2	33.2
10-Aug	105.4	28.3	22.8	25.0	30.9
11-Aug	168.1	29.3	23.2	24.9	29.3
12-Aug	56.7	30.5	23.2	25.1	27.4
13-Aug	155.9	30.2	22.5	25.2	25.2
14-Aug	102.8	28.9	23.1	25.3	23.8
15-Aug	60.4	29.9	24.0	25.4	21.9
16-Aug	63.4	28.3	23.2	25.4	24.0
17-Aug	285.3	29.3	22.6	25.0	35.4
18-Aug	36.8	27.1	21.7	24.7	32.3
19-Aug	796.8	30.0	22.4	24.9	32.3
20-Aug	464.0	29.5	21.9	24.8	32.5
21-Aug	723.2	29.6	21.6	24.8	31.1
22-Aug	311.2	28.7	22.9	25.0	30.4
23-Aug	480.8	29.9	22.8	25.2	29.6
24-Aug	2.1	25.4	22.8	25.1	27.1
25-Aug	24.1	25.4	22.5	24.5	28.2
26-Aug	640.8	30.1	21.6	24.6	31.0
27-Aug	81.8	27.5	21.7	24.6	29.0
28-Aug	30.2	26.2	22.7	24.6	30.1
29-Aug	470.4	28.7	22.0	24.5	28.9
30-Aug	45.6	28.9	22.9	24.8	27.9
31-Aug	147.4	27.2	22.2	24.7	27.9
平均	201.8	28.5	22.6	24.9	30.3

表 8. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 9 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Sep	254.2	28.5	21.3	24.6	27.9
2-Sep	350.8	28.9	20.7	24.4	26.0
3-Sep	136.8	29.0	20.3	24.2	23.0
4-Sep	378.5	29.9	21.1	24.4	23.5
5-Sep	100.8	30.1	22.8	25.0	21.7
6-Sep	56.4	30.2	23.0	25.1	17.0
7-Sep	35.3	29.2	23.1	25.3	16.3
8-Sep	170.9	29.4	22.5	25.1	23.6
9-Sep	186.7	29.4	22.5	25.0	21.4
10-Sep	93.4	28.6	23.4	25.2	21.4
11-Sep	255.4	28.7	23.1	25.3	15.8
12-Sep	60.2	29.1	22.1	25.0	17.2
13-Sep	196.8	29.3	21.6	25.0	17.1
14-Sep	204.0	28.4	21.4	24.9	16.7
15-Sep	263.6	28.9	22.2	24.9	12.2
16-Sep	93.1	27.6	19.7	24.6	3.1
17-Sep	927.2	26.9	17.8	23.9	3.4
18-Sep	134.8	27.0	18.8	23.6	0.0
19-Sep	100.9	26.6	21.1	23.7	0.0
20-Sep	89.7	28.3	21.2	23.8	0.0
21-Sep	386.2	29.8	20.7	24.0	0.0
22-Sep	451.2	30.2	21.6	24.3	0.0
23-Sep	195.1	29.0	22.2	24.5	0.0
24-Sep	253.0	29.1	22.2	24.6	0.0
25-Sep	435.2	28.5	21.9	24.5	0.0
26-Sep	250.3	28.6	22.6	24.5	0.0
27-Sep	537.6	29.7	21.1	24.5	0.0
28-Sep	40.7	25.4	21.6	24.3	0.0
29-Sep	71.5	26.8	19.1	23.8	0.0
30-Sep	130.7	27.7	19.3	23.3	0.0
平均	228.0	28.6	21.4	24.5	10.2

表 9. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 10 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Oct	280.0	27.0	19.2	23.2	0.0
2-Oct	219.4	27.6	18.9	23.2	0.0
3-Oct	558.4	27.1	17.8	22.9	0.0
4-Oct	370.7	26.4	18.0	22.6	0.0
5-Oct	215.9	25.8	19.4	22.7	0.0
6-Oct	40.7	25.9	20.2	22.9	0.0
7-Oct	125.7	27.1	19.2	22.8	0.0
8-Oct	93.9	27.0	19.7	22.9	0.0
9-Oct	80.5	25.3	19.2	22.7	0.0
10-Oct	55.1	26.6	18.6	22.5	0.0
11-Oct	69.0	27.0	18.8	22.4	0.0
12-Oct	37.9	26.5	18.1	22.3	0.0
13-Oct	57.5	25.5	17.7	22.1	0.0
14-Oct	42.8	27.5	18.8	22.3	0.0
15-Oct	36.7	26.5	18.8	22.4	0.0
16-Oct	44.2	25.6	18.7	22.3	0.0
17-Oct	52.5	27.0	18.0	22.2	0.0
18-Oct	52.8	26.0	16.9	22.0	0.0
19-Oct	67.5	25.9	17.7	21.7	0.0
20-Oct	72.2	24.4	18.1	21.8	0.0
21-Oct	56.6	24.9	17.3	21.8	0.0
22-Oct	110.0	27.5	17.7	21.9	0.0
23-Oct	37.3	27.6	17.3	21.9	0.0
24-Oct	36.7	27.8	18.4	22.1	0.0
25-Oct	226.6	28.6	18.7	22.3	0.0
26-Oct	88.0	29.0	19.5	22.6	0.0
27-Oct	62.8	27.8	21.1	23.0	0.0
28-Oct	77.3	27.4	22.2	23.3	0.0
29-Oct	71.8	28.2	21.8	23.4	0.0
30-Oct	59.0	26.1	20.1	23.3	0.0
31-Oct	50.0	21.6	18.6	22.7	0.0
平均	111.3	26.6	18.9	22.5	0.0

表 10. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 11 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Nov	53.9	23.2	17.4	21.8	0.0
2-Nov	69.8	26.2	17.2	21.6	0.0
3-Nov	75.6	27.5	17.0	21.7	0.0
4-Nov	75.1	27.6	18.8	22.0	0.0
5-Nov	56.7	24.9	18.5	21.9	0.0
6-Nov	74.6	25.4	17.5	21.8	0.0
7-Nov	124.0	24.6	16.7	21.5	0.0
8-Nov	69.2	25.5	16.7	21.3	12.5
9-Nov	66.3	27.2	16.5	21.2	20.5
10-Nov	145.6	28.9	18.6	21.7	17.7
11-Nov	178.7	28.3	19.2	22.1	16.7
12-Nov	60.5	25.0	18.6	21.9	16.2
13-Nov	70.7	27.8	18.0	21.8	16.0
14-Nov	202.9	27.7	17.5	21.7	15.8
15-Nov	103.6	27.7	18.6	21.9	15.6
16-Nov	133.0	26.9	18.0	21.9	15.5
17-Nov	48.3	21.0	16.9	21.7	21.3
18-Nov	29.6	18.0	16.7	20.7	31.5
19-Nov	125.2	24.1	16.8	20.5	29.8
20-Nov	61.2	24.1	17.0	20.7	27.0
21-Nov	45.5	22.3	18.5	20.9	25.7
22-Nov	58.3	25.6	19.9	21.3	29.3
23-Nov	47.1	24.0	17.8	21.5	34.1
24-Nov	41.4	20.2	16.9	20.8	35.3
25-Nov	58.1	25.4	18.6	21.0	33.7
26-Nov	50.5	24.4	15.2	21.4	32.8
27-Nov	13.3	16.9	14.0	20.2	35.9
28-Nov	58.3	21.4	16.9	19.8	35.1
29-Nov	54.5	22.3	18.1	20.3	35.6
30-Nov	27.8	20.5	18.6	20.5	35.7
平均	76.0	24.5	17.5	21.3	19.6

表 11. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 101 年 12 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Dec	29.5	21.0	18.7	20.6	36.2
2-Dec	46.6	21.2	16.6	20.7	34.9
3-Dec	35.7	18.6	16.0	20.2	34.9
4-Dec	44.1	21.3	15.3	19.8	34.7
5-Dec	25.9	18.4	14.6	19.5	37.6
6-Dec	78.5	18.6	13.7	18.9	36.7
7-Dec	50.4	20.4	14.9	19.0	35.5
8-Dec	32.3	18.5	16.1	19.1	34.3
9-Dec	42.7	17.8	13.9	18.8	37.1
10-Dec	72.0	19.0	13.7	18.5	35.0
11-Dec	66.9	20.8	13.5	18.5	34.2
12-Dec	110.6	21.3	13.4	18.5	33.6
13-Dec	115.7	22.3	13.5	18.6	34.8
14-Dec	93.9	26.9	14.5	18.9	34.7
15-Dec	43.4	25.9	16.3	19.3	33.4
16-Dec	64.3	26.7	17.1	19.7	32.7
17-Dec	46.6	24.3	15.3	19.8	32.1
18-Dec	67.9	21.6	12.4	19.5	31.6
19-Dec	48.3	17.0	11.6	18.3	32.0
20-Dec	114.7	23.1	12.0	18.0	32.3
21-Dec	158.8	24.4	12.8	18.3	32.1
22-Dec	61.2	24.4	14.5	18.8	31.4
23-Dec	33.3	14.7	10.6	18.2	30.9
24-Dec	60.3	19.2	10.2	17.1	31.1
25-Dec	44.7	19.2	13.5	17.3	31.0
平均	63.5	21.0	14.2	18.9	33.8