

中華民國第四十六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

第一名

031718

水中蕨響(槐葉蘋形態.生活史及生存環境的研究)

學校名稱： 新竹市立建功高級中學

作者： 國二 駱為家	指導老師： 王意如 黃曜謀
---------------	---------------------

關鍵詞：槐葉蘋、孢子囊果、配子體

# 水中蕨類(槐葉蘋形態、生活史及生存環境的研究)

## 摘要

本研究的主要目的是探討台灣珍稀且嚴重瀕臨滅絕的水生蕨類—槐葉蘋的形態、生活史及生存環境的研究，讓槐葉蘋的資料及培育的方法有更完整的記錄，以達到保育的目的。

首先比較槐葉蘋與人厭槐葉蘋形態構造上的差異，以釐清兩物種被混淆的身分。接著比較兩物種生存競爭能力，來證明外來種入侵的嚴重性。兩物種於幼葉期最容易被混淆，可藉由葉上毛被物來區別。槐葉蘋浮水葉葉上毛被物是叢生且分岔、葉型呈橢圓形；人厭槐葉蘋毛被物像打蛋器的形狀、葉型呈雙耳形。人厭槐葉蘋競爭能力優於槐葉蘋，在兩物種共存的環境中，槐葉蘋會全部被人厭槐葉蘋所取代。

由槐葉蘋的物候週期觀察結果，3~11 月為抽芽成長期，3~12 月為成長與繁殖期，12 月~隔年 2 月為冬枯期及孢子囊果出現期，12 月~隔年 5 月為孢子囊果成熟開裂期。槐葉蘋繁殖的方式分為無性繁殖及有性生殖。

適合槐葉蘋生存環境的條件是(1)陽光間接照射(半遮蔭)、(2)乾淨未受污染的水質、(3)通風性良好。

## 壹、研究動機

國小時，我在校園的水生池裡認識了「槐葉蘋」，也對它的形態部份做了一些粗淺的研究後，才知道通常大家在學校、花市及水族館中常見的「槐葉蘋」，都不是台灣原生種的槐葉蘋(槐葉蘋種, *Salvinia natans*)，而是一種外來種的槐葉蘋，稱為「人厭槐葉蘋」(人厭槐葉蘋種, *Salvinia molesta*)，詳細蒐集資料後，發現它在國外某些國家已造成水庫、湖泊優氧化等生態破壞<sup>(十一)(十三)(十四)</sup>的問題。而在台灣，由於水域環境的污染，槐葉蘋在野外已極少見。

從參觀之前科展中發現，由於參考資料的不足，不但將兩物種的身分混淆了，更將槐葉蘋的第三枚鬚根狀的沈水葉誤以為是根。再加上人厭槐葉蘋培育容易，以及花市與水族館的販賣(圖 33)，造成人厭槐葉蘋在無意間被大量的培育在水生池裡，也因此更加破壞槐葉蘋的生存空間，使得槐葉蘋成為嚴重瀕臨滅絕的珍稀水生蕨類<sup>(八)</sup>。人厭槐葉蘋入侵的情況是否會像過去福壽螺、布袋蓮一樣，在台灣造成另一場生態浩劫(圖 34)？

上了國中以後，從生物課學到蕨類的有性生殖，勾起了我始終忘不了那擁有異形孢子的槐葉蘋，於是我就決定對槐葉蘋做更完整的研究，尤其是有性生殖的部份，更引起了我莫大的好奇。所以我想掀開槐葉蘋神祕的面紗，讓這即將消失在台灣土地上珍稀的浮水性蕨類—槐葉蘋的風華再現。

## 貳、研究目的

本研究的主要目的是針對槐葉蘋的形態、生活史、生存環境等做詳細的研究，讓槐葉蘋的資料能有更完整的記錄，並找出適合槐葉蘋生存環境的條件，以達到認識它、了解它、喜歡它，且懂得如何培育它，讓它能成為庭園植物栽培的常客，進而達到移地保育的目的。而在進行研究之前，必須先比較槐葉蘋與人厭槐葉蘋兩者形態上的差異，以方便大家能夠清楚的分辨兩種物種，有利於培育時做正確的選擇，再針對槐葉蘋與人厭槐葉蘋生存競爭能力之比較進行實驗，其目的是呼籲槐葉蘋保育的重要性

## 參、研究項目

- 一、槐葉蘋與人厭槐葉蘋形態與構造的比較
- 二、槐葉蘋與人厭槐葉蘋生存競爭能力的比較
- 三、槐葉蘋生活史的探討
- 四、新竹地區的環境因素對槐葉蘋生長的影響探討
- 五、規劃一個適合槐葉蘋生存環境的生態缸

## 肆、研究材料與方法

- 一、槐葉蘋與人厭槐葉蘋形態與構造的比較

- (一) 整棵植株介紹

槐葉蘋植株係於 2002 年自南投農委會特有生物中心與 2004 年自新竹陽光國小等處取得，並移至新竹縣竹東鎮自宅庭院培育。

(二) 浮水葉

兩種物種的各取浮水葉 50 片，用游標卡尺量其葉長及寬，另取 5 片浮水葉做成石蠟切片。

(三) 沈水葉

兩種物種的沈水葉各 15 撮，數其沈水葉的分枝數，並取 5 根沈水葉作成石蠟切片。

(四) 莖

兩種物種各取 5 段莖做成石蠟切片。

(五) 孢子囊果

兩種物種各取 50 顆孢子囊果，用游標卡尺量度其最長及最短的尺寸。

(六) 孢子囊

兩種物種各取大、小孢子囊果各 2 顆，量孢子囊之長、短軸。

以上用光學顯微鏡(Leica Dialux 20)觀察，並記錄。

二、槐葉蘋與人厭槐葉蘋生存競爭能力的比較

取 49×39×13.5 cm 長方形塑膠盆一個，以保麗龍板等分成 6 格(每格 22×10.5 cm)，兩格培育槐葉蘋，另兩格培育人厭槐葉蘋。每週觀察，以數位相機(Nikon Coolpix 4500)拍照並記錄。

三、槐葉蘋生活史的探討

(一) 槐葉蘋物候週期的觀察

從 2003 年 11 月到 2006 年 3 月，每星期觀察並記錄浮水葉之抽芽、成長、成熟、冬枯的日期，及孢子囊果之出現、成長、成熟、開裂的日期。

(二) 槐葉蘋無性繁殖的觀察

1. 頂芽生長點

在五個容量 1000 cc 的燒杯各裝入 1000 cc 的水，各放入 1 株 5 輪葉槐葉蘋。每天觀察浮水葉從抽芽到成熟及沈水葉的成長情況，以數位相機拍照及記錄。

2. 側芽生長點

將長方形水盆用保麗龍板等分成 6 格，加水至 10 cm 高，在每格各放入 1 株 5 輪葉槐葉蘋，每週記錄成長情況。

(三) 槐葉蘋有性生殖的探討

在透明塑膠培養盒(114×86×65 mm, Phytatray II, Sigma)，加 2cm 厚泥土，以水拌成泥濘狀，放一片與過濾膜一樣大小的瓦片，以解剖顯微鏡(Leica Wild M8)剝開孢子囊果取出大、小孢子囊，一起播撒於直徑 47mm、孔徑 0.45 $\mu$ m 的過濾膜(membrane filter, Gelman Lab.)上，置於瓦片上，蓋上蓋子。共播撒 20 盒，置於 23 ~ 30°C 培育。每天以日光燈照射 12 小時，光照強度約 24  $\mu$ mole m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>，保持溼潤，以解剖顯微鏡觀察，並以數位相機拍照及記錄。

取 6 顆母配子體，經鍍金膜處理後，以掃描式電子顯微鏡(Hitachi S2400)觀察孢子的形態。

#### 四、新竹地區的環境因素對槐葉蘋生長的影響探討

##### (一) 不同光照強度對槐葉蘋生長的影響

取 49×39×13.5 cm 長方形塑膠盆兩個，隔成九宮格，加水 10 cm 高，每格放 3 株 5 輪葉槐葉蘋，三格為一組。第一組不罩紗網，第二組罩一層黑色紗網(養殖蘭花用)，第三組罩兩層，第四組罩三層，第五組罩四層。以照度計(Digital Lux Meter, TES 1330)於清晨、正午及傍晚，分別測量各組紗網下的光照度。每週記錄生長情況。

##### (二) 不同的水質對槐葉蘋生長的影響

將十個容量 1000 cc 的燒杯分別裝入新竹市科學園區實驗小學水生池的水、新竹縣竹東鎮二重埔泉水、尖石鄉泉水、酸性水及鹼性水(國際牌電解水分離機 TK745)、悅氏礦泉水、自來水、新竹科學園區靜心湖水、工業廢水(取樣自新竹市聖經書院前之客雅溪)、家庭廢水(取樣自新竹市金山面柯子湖溪下游)各 1000 cc，用廣用試紙測量各水樣的酸鹼值，在每個燒杯放入兩株 3 輪葉槐葉蘋。每週記錄生長情況。

##### (三) 通風性對槐葉蘋生長的影響

取 3 個大型觀察箱(29.5×19×18 cm)，加水至 10 cm 高，每個觀察箱各放入 3 株 5 輪葉槐葉蘋後，放於戶外(通風性良好，直接暴露陽光下)、牆邊下(通風性良好，陽光間接照射)、室內(陽台，通風性差，照射部份陽光)，每週記錄生長情況，並測量溫度、相對溼度及光照度。

##### (四) 不同的季節對槐葉蘋生長情況的觀察

5 個容量 1000 cc 的燒杯，各裝 1000 cc 的水，每個燒杯放 1 株 5 輪葉槐葉蘋。每天觀察浮水葉從新芽長至成熟葉的情況。在 2003 年 3、7、10 月及 2004 年 1 月各進行一次上述成長觀察，並記錄氣溫及相對溼度。

#### 五、規劃一個適合槐葉蘋生存環境的生態缸

(一) 準備一個魚缸(30cm L × 18cm W × 23cm H)，魚缸底部鋪一層約 0.5cm 厚的泥土，再一層約 0.5cm 厚的細石，水位加至 15cm 高，並種植數株水蘊草、槐葉蘋，放入幾隻蓋斑鬥魚。取長約 50cm 長的透明塑膠管，彎成 S 形，一個管口位於缸內，另一個管口位於缸外，成為一個自製的水位高度控制器。

(二) 取一個透明玻璃瓶(7cm L × 6cm W × 14cm H)，依序放入中型鵝卵石、細石、竹炭粒，瓶口以海綿塞住，瓶蓋鑽兩個  $\varnothing$  6cm 的孔，各穿入透明塑膠管，以保麗龍膠將瓶蓋兩個洞口密封，與瓶身結合為一簡易的濾水器。

## 伍、結果

### 一、槐葉蘋與人厭槐葉蘋形態與構造的比較

#### (一) 整個植株的比較

槐葉蘋與人厭槐葉蘋植株皆具有輪生的三枚葉片，其中兩枚為對生的浮水葉，另一枚為呈鬚根狀的沈水葉。沈水葉為變態葉，它的形態類似根，卻又具有葉的構造(有葉綠體，圖 17)。

#### (二) 浮水葉形態的比較 (圖 18 ~ 圖 23)

	槐葉蘋	人厭槐葉蘋
成熟葉葉形	全緣，呈橢圓形，上表面綠色，下表面褐綠色	雙耳形，上表面綠色，下表面綠色
葉子的構造	具中肋，網狀脈，像格子狀，有氣室	具中肋，葉片內部是網狀脈，外部是游離脈，有氣室
成熟葉大小(mm)		
平均值(長*寬)	(10.42 * 7.57)	(16.80 * 20.65)
面積(mm <sup>2</sup> )	82.17	378.12
長寬比平均值	1.37	0.86
葉上毛被物	由 3~4 根毛被物(3 根較少出現)叢生且分岔於浮水葉葉面，一根毛被物約由 5~7 個細胞組成，排列井然有序	通常會有一根總柄，總柄上會分岔成 3~4 根分支毛(3 根較少出現)，分支毛的頂端會接合，形成打蛋器的形狀排列井然有序
葉下毛被物	沒有顯著的差異	

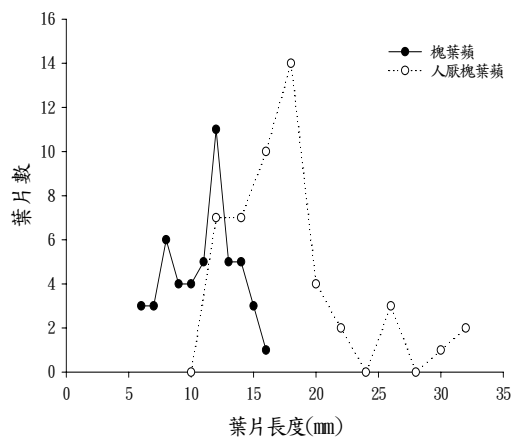


圖 1. 槐葉蘋與人厭槐葉蘋浮水葉長度

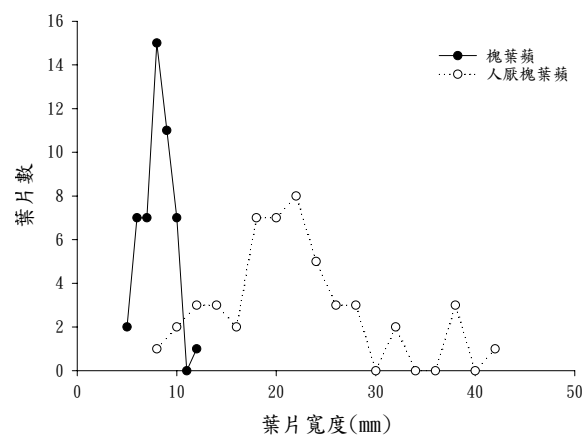


圖 2. 槐葉蘋與人厭槐葉蘋浮水葉寬度

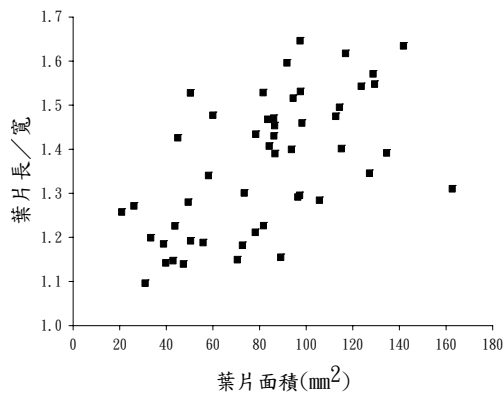


圖 3. 槐葉蘋浮水葉面積與長寬比之關係

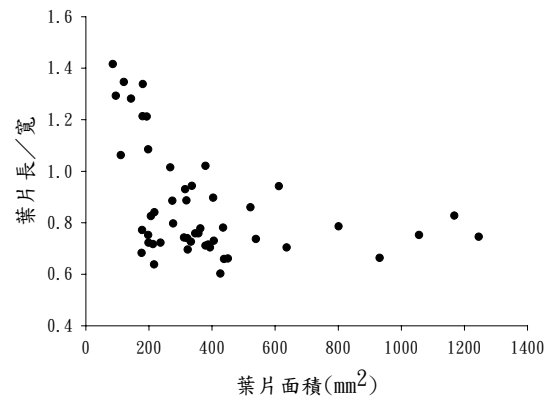


圖 4. 人厭槐葉蘋浮水葉面積與長寬比之關係

(三) 沈水葉形態的比較 (圖 24)

	槐葉蘋	人厭槐葉蘋
葉形	鬚根狀	鬚根狀
葉子的構造	具有葉綠體、維管束，氣室較少	具有葉綠體、維管束，呈圓形排列，氣室較多
葉柄平均直徑(mm)	0.4	1.29
平均分枝數(枝)	9	22
毛被物平均長度(mm)	7.3	10.7
葉寬平均值(mm)	0.17	0.3

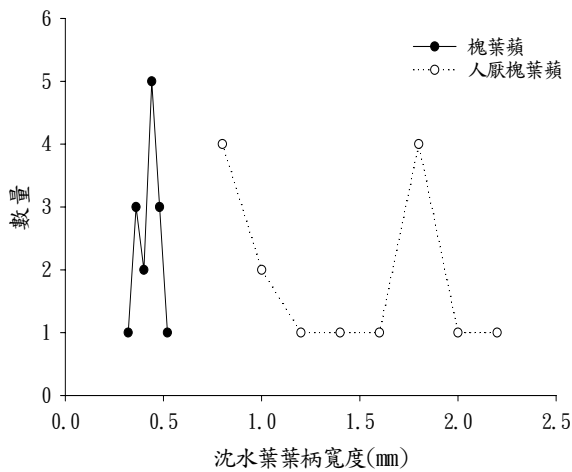


圖 5. 沈水葉葉柄寬

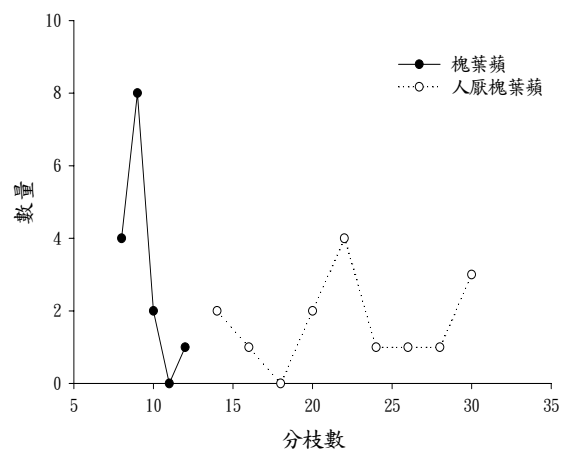


圖 6. 沈水葉分枝數

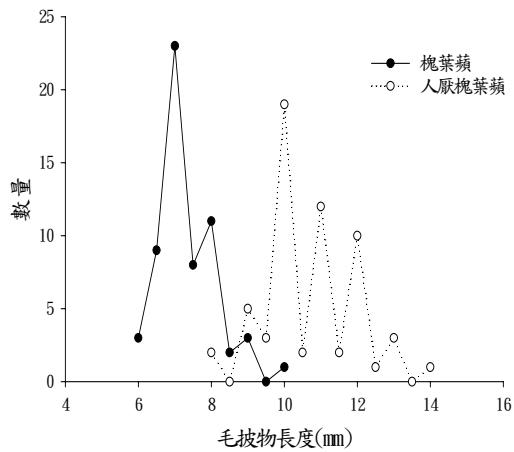


圖 7. 沈水葉毛被物長度

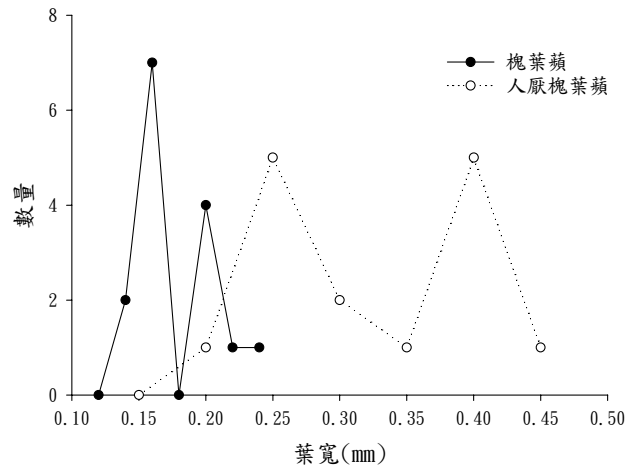


圖 8. 沈水葉葉寬

(四) 莖形態的比較 (圖 25)

	槐葉蘋	人厭槐葉蘋
毛被物	較長、密	較短、稀疏
構造	有氣室及維管束	有氣室及維管束
維管束排列	圓形	馬蹄形
莖平均直徑(mm)	0.84	1.18

(五) 孢子囊果形態的比較 (圖 26)

	槐葉蘋	人厭槐葉蘋
排列	1~3 顆簇生在沈水葉基部	互生成葡萄串一樣，一串串長在沉水葉基部
毛被物	較粗、短、稀疏	較細、長、密
形狀	圓形	橢圓形
大小(mm)	長： 1.41-2.25 寬： 1.26-2.03	長： 1.87-2.89 寬： 1.32-2.36
長寬比(長/寬)平均值	1.11	1.25



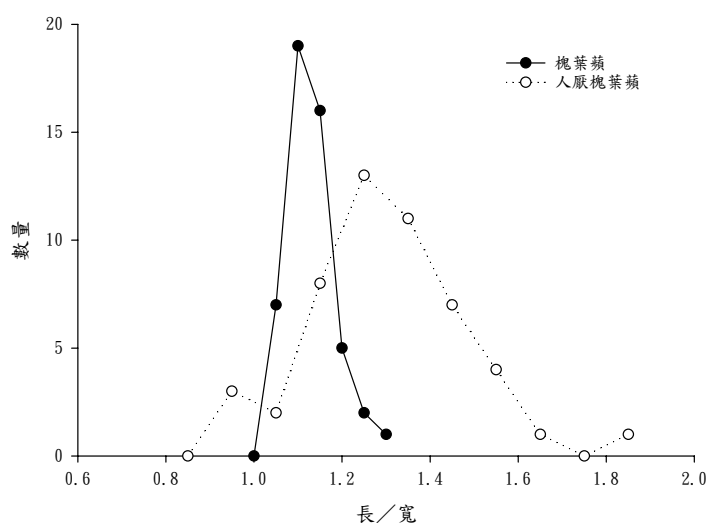


圖 9. 孢子囊果長寬比

(六) 孢子囊形態的比較 (圖 27)

	槐葉蘋		人厭槐葉蘋	
	大孢子囊	小孢子囊	大孢子囊	小孢子囊
形狀	橢圓形	圓形	圓形	圓形
顏色	白底上有褐色網狀格子	褐色	白色	紅褐色
大小(μm)	460	314	231	137

二、槐葉蘋與人厭槐葉蘋生存競爭能力的比較 (圖 28)

槐葉蘋(對照組)、人厭槐葉蘋(對照組)、槐葉蘋與人厭槐葉蘋(競爭組)在面積(22 × 10.5 cm)的生存競爭結果如下：

週次	對照組		競爭組	
	槐葉蘋 植株面積	人厭槐葉蘋 植株面積	槐葉蘋+人厭槐葉蘋 兩种植株總面積	槐葉蘋：人厭槐葉蘋 兩种植株面積比
一	50%	50%	50%	1:1
二	85%	85%	85%	1:1
五	95%	95%	95%	1:3
八	100%	100%	100%	1:9
十 <sup>註</sup>	100% ↑	100% ↑	100% ↑	全被人厭槐葉蘋佔滿

註：對照組與競爭組的植株明顯有重疊現象，顯示生存空間不足，而競爭組已經完全被人厭槐葉蘋植株所佔據。

### 三、槐葉蘋生活史的探討

#### (一) 槐葉蘋物候週期的觀察

1. 自 2003 年 11 月起觀察至 2006 年 3 月止，共計 2 年 5 個月(爲了印證孢子囊果的出現與氣溫有關，故觀察時間超過一年)，其結果如下。

表 1. 槐葉蘋的物候週期<sup>1</sup> (圖 29)

Year	2003		2004		2005		2006					
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
氣溫(°C)	22.1	16.9	14.9	16.6	17.6	21.7	26	27.6	28.3	28.5	26.4	22.6
	21.8	18.7	14.7	14.7	16.0	22.3	25.8	27.7	28.8	28.4	27.9	24.8
	22.4	15.9	16.4	16.4	17.5							
浮水葉 抽芽期	=====											
成長期	=====											
成熟期	=====											
冬枯期	=====											
孢子囊果 出現期	=====											
成長期	=====											
成熟期	=====											
開裂期	=====											

2. 根據觀察槐葉蘋物候週期共 2 年 5 個月的結果，在每年的 3~11 月是進行無性繁殖的時期，本實驗也發現冬枯期(無法進行無性繁殖機制時)約在每年的 11 月中旬至隔年的 2 月中旬。實際發生的日期與氣候溫差(3°C~6.5°C)有很大的關係。其中 2003 年與 2005 年孢子囊果皆出現在 11 月中旬，此時 11 月與 12 月的溫差約 5.2°C 與 5.6°C；而 2004 年孢子囊果則出現在 12 月，該月與隔年 1 月的溫差爲 4°C，由此可知孢子囊果的出現與氣候溫差有很大的關係。

#### (二) 槐葉蘋無性繁殖的觀察

##### 1. 槐葉蘋的頂芽生長點(圖 30)

槐葉蘋的浮水葉由母株頂端抽芽到展開爲成熟葉共需 9 天，此時沈水葉長度約爲 1.8 cm。沈水葉的幼芽被 2 片浮水葉的幼芽包住，必須等這 2 片幼芽伸展開後(約需 1 天)才能清楚看見沈水葉的幼芽，沈水葉的幼芽成長成鬚根狀的形態約需 3 天，而鬚根狀的沈水葉長度與水的深淺成正比。

##### 2. 槐葉蘋的側芽生長點(圖 31)

槐葉蘋頂芽成長至 5 輪葉之後的植株，便開始由側芽生長點以互生的生長方式抽出新芽。此階段側芽生長點與頂芽生長點新芽的成長形態是一樣的。側芽長到 5 輪葉以上，會因母株的枯萎或外力因素的干擾，會有發生裂殖現象而脫離母株，

<sup>1</sup>以新竹爲觀察地點，氣溫資料來源爲中央氣象局網頁

成爲一棵新的植株，並繼續行無性繁殖。

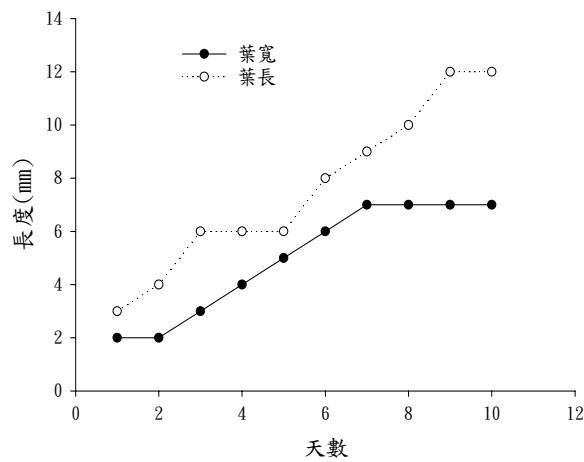


圖 10. 浮水葉生長過程

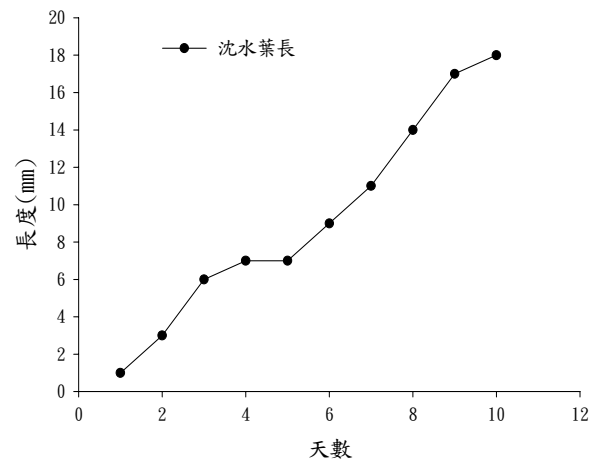


圖 11. 沈水葉生長過程

### (三) 槐葉蘋有性生殖的探討 (圖 32)

槐葉蘋的孢子囊果成熟後，經過約 1~2 週就會開裂，大孢子囊成熟後 5~7 天會開裂，其形狀爲三角形，再過兩週後長成成熟的扇形配子體，其上均勻佈滿內凹的藏卵器。小孢子囊在孢子囊果開裂後，經過約一個月長出圓形且凸出的藏精器<sup>(十二)</sup>。雌配子體受精後，約兩週便長出一片似圓形的初生葉，初生葉並無維管束，也無毛被物，一天後會裂開成荷葉形，會有一根葉柄連接配子體，約再五天後，在初生葉缺口處抽出新芽，長出第一對互生的浮水葉，且不具有沈水葉，自第二對浮水葉開始則都是對生。在第二對浮水葉長出的同時，鬚狀根的沈水葉卻只長出一根，在第三對、第四對浮水葉長出時，鬚狀根的沈水葉都只長出三根。約再過三週後，成長至第 5~6 對浮水葉時，配子體及初生葉因功成身退皆會死亡而脫離植株，之後幼苗便成爲一棵新的植株，繼續行無性繁殖。

#### 四、新竹地區的環境因素對槐葉蘋生長的影響探討

##### (一) 不同光照強度對槐葉蘋生長的影響

槐葉蘋生長狀況的優劣順序為：二層紗網 > 一層紗網 > 無紗網 > 三層紗網 > 四層紗網。

由本實驗可知，槐葉蘋適合在陽光間接照射的環境生長。

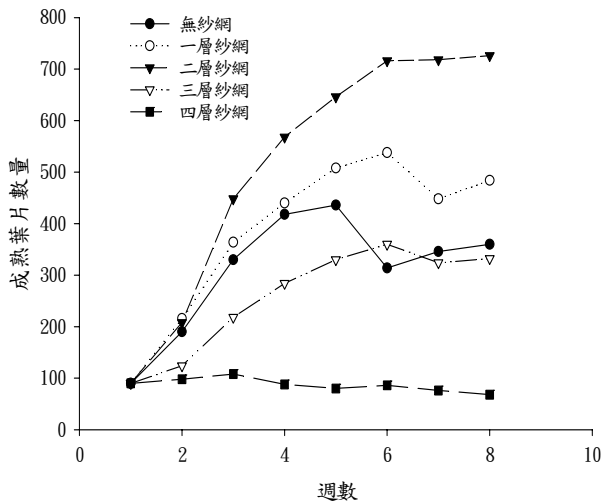


圖 12. 光照強度對生長的影響

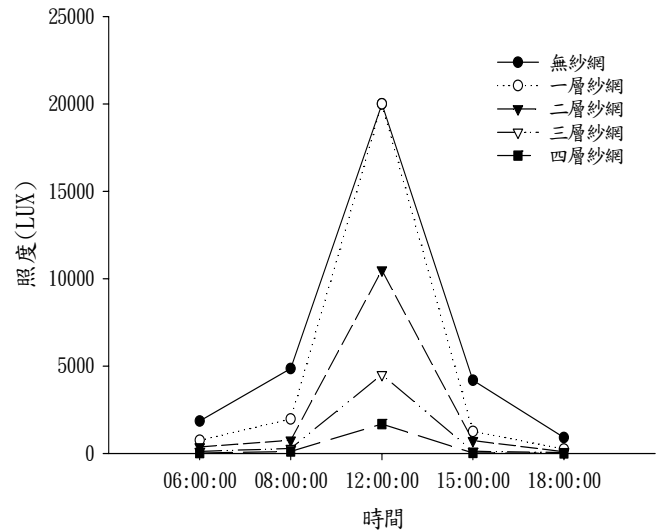


圖 13. 紗網與光照度關係

##### (二) 不同的水質對槐葉蘋生長的影響

1. 將所有取樣的水質在常溫下用廣用試紙測量其 pH 值，其結果為尖石鄉泉水 (6.8~7.5)、二重埔泉水 (6.5~7.0)、湖水 (6.5)、礦泉水 (7~8)、鹼性水 (8)、酸性水 (6)、水池水 (6)、自來水 (7~8)、工業廢水 (5)、家庭廢水 (6.5)。
2. 對槐葉蘋生長而言，適合的水質排列次序是：尖石鄉泉水 > 二重埔泉水 > 湖水 > 礦泉水 > 鹼性水 > 酸性水 > 水池水 > 自來水 > 工業廢水 > 家庭廢水。用尖石鄉泉水、二重埔泉水、湖水、礦泉水培育的植株都較健康；用尖石鄉泉水及二重埔泉水培育的植株發芽最多。用家庭廢水來培育槐葉蘋，過二個星期就全部死亡；而用工業廢水來培育槐葉蘋，則過三個星期就全部死亡。
3. 從上述資料可知，槐葉蘋適合在 pH 值 6~7.5 的天然且無化學污染水質中生長。

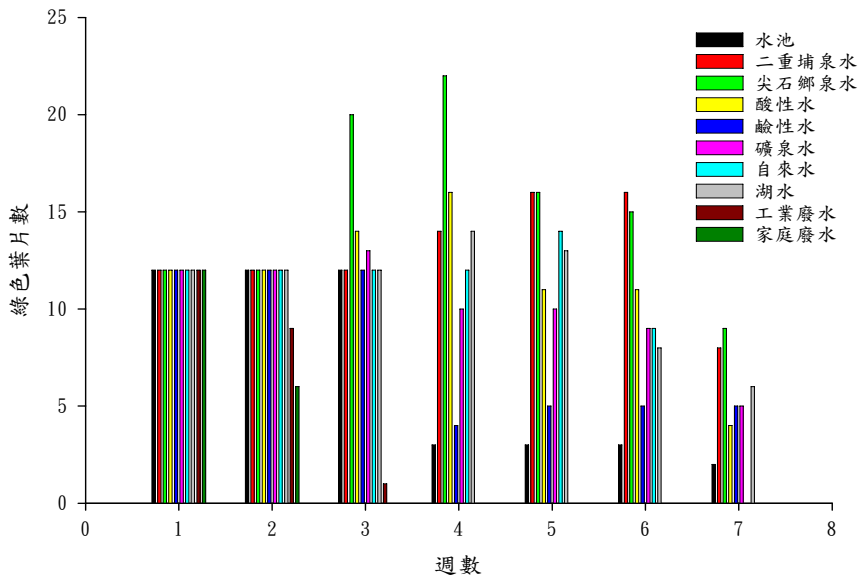


圖 14. 不同的水質對生長的影響

(三) 通風性對槐葉蘋生長的影響

1. 本實驗所觀察的環境條件如下表：

	平均溫度(°C)	相對溼度(%)	平均光照度(Lux)	生存週數	生存情況
戶外	24.5	72.6	13338	5	死亡
室內	22.3	79.0	3804	6	死亡
院子牆邊	22.8	77.2	9394	6	健康成長

2. 從實驗結果可知，槐葉蘋需要通風性良好且陽光間接照射等條件的環境，故以牆邊或樹蔭下最為適合，其次為戶外(通風性良好、陽光直接照射)，最差的是室內(通風性不良、陽光間接照射)。

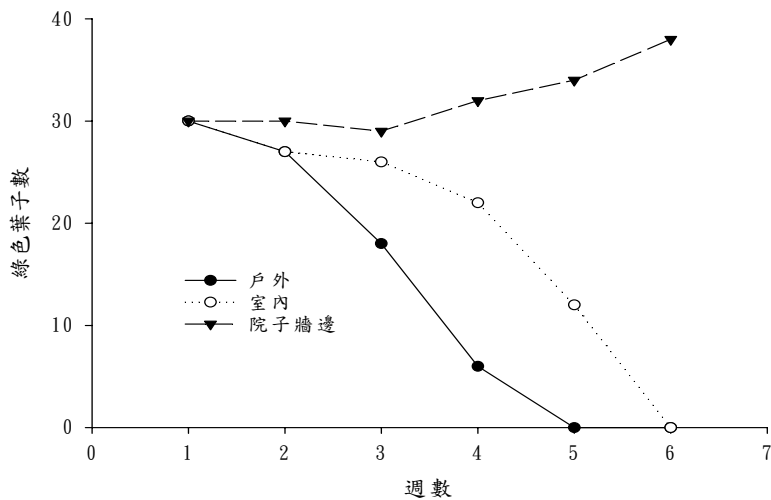


圖 15. 通風性對生長的影響

#### (四) 槐葉蘋在不同季節生長情況的觀察

在下列環境條件下觀察槐葉蘋在四季中由新芽成長至成熟葉的生長情況。槐葉蘋浮水葉生長速度最快是 10 月，其次為 7 月，再其次是 3 月，最慢是 1 月。槐葉蘋沉水葉生長速度最快是 10 月，其次為 3 月和 7 月，最慢是 1 月。

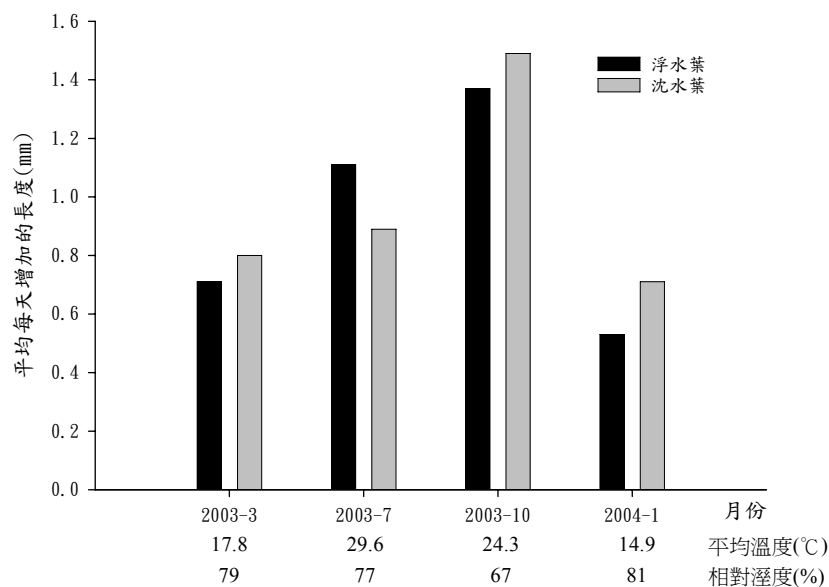


圖 16. 槐葉蘋在不同季節生長情況的觀察

#### 五、規劃一個適合槐葉蘋生存環境的生態缸

本生態缸是應用前一項研究所探討之適合槐葉蘋生存條件(半遮蔭、通風良好及乾淨未污染的水質)的結果與節能的理想規劃而成。

將生態缸放於戶外庭園，配合簡易的水質過濾器與水位高度控制器，提供良好的水質。再配合完整食物鏈【槐葉蘋與水蘊草(生產者)→孑孓(初級消費者)→蓋斑鬥魚(次級消費者)→細菌(分解者)→礦物質及含氮物質→(接著再回到生產者，繼續循環)】，結合成一個完善的生態缸。(圖 35)

## 陸、討論與結論

### (一) 槐葉蘋與人厭槐葉蘋形態與構造的比較

1. 觀察植株浮水葉的形態來區分槐葉蘋與人厭槐葉蘋是最方便的方法，槐葉蘋成熟的浮水葉呈橢圓形，當浮水葉面積增加時，其長寬比大約成等比例增加，所以其葉形從幼年期至成熟期皆保持一定的形狀。人厭槐葉蘋的成熟浮水葉為雙耳形，當浮水葉面積增加時，長寬比會減少，到後來寬度會比長度還長，也就由初生的橢圓形葉變成成熟期的雙耳形葉。兩者浮水葉都具中肋且為網狀脈，槐葉蘋浮水葉的長度、寬度及面積都比人厭槐葉蘋小。槐葉蘋葉上毛被物是叢生分岔於浮水葉葉面，且在生長過程中，會微向外彎曲；而人厭槐葉蘋則向中間接合成打蛋器形狀。兩者浮水葉皆具有氣室的構造，所以植株都可以漂浮在水面上。
2. 槐葉蘋沈水葉葉柄比人厭槐葉蘋細，且分枝數少，毛被物長短及葉寬都比人厭槐葉蘋小，所以整體看起來槐葉蘋沈水葉比人厭槐葉蘋沈水葉小。在構造上，槐葉蘋與人厭槐葉蘋的沈水葉皆具有葉綠體(是證明沈水葉是「葉」而不是根的證據)、維管束及氣室，但人厭槐葉蘋維管束呈圓形排列，氣室的數量比槐葉蘋多。而在功能上，鬚根狀的沈水葉能夠平衡整棵植株。
3. 槐葉蘋莖具有氣室，維管束呈圓形排列；人厭槐葉蘋的莖亦具有氣室，但維管束呈馬蹄形排列。兩者的氣室皆幫助植株漂浮在水面上，維管束則是輸送水分和養分給浮水葉。
4. 槐葉蘋孢子囊果簇生於沈水葉基部，而人厭槐葉蘋則是像葡萄串互生，一串串長在沈水葉基部。槐葉蘋孢子囊果的形狀呈圓形，毛被物分佈較疏、直徑較粗、長度較短；而人厭槐葉蘋的孢子囊果的形狀則呈橢圓形，長寬比分佈以 1.25 附近最多。槐葉蘋大孢子囊呈橢圓形，表面呈白底上有褐色網狀格子；小孢子囊呈褐色圓形。人厭槐葉蘋大孢子囊呈白色圓形；小孢子囊呈紅褐色圓形。槐葉蘋孢子囊尺寸比人厭槐葉蘋大，但一顆孢子囊果內的孢子囊數目比人厭槐葉蘋少。

### (二) 槐葉蘋與人厭槐葉蘋生存競爭能力的比較

當兩物种植株還有生長空間時，生長速度相同；但當兩物种植株面積各佔約 50%，人厭槐葉蘋植株會繼續擴大生長面積，擠壓並佔據槐葉蘋植株生長面積，最後整個被人厭槐葉蘋佔據，槐葉蘋則全軍覆沒。故兩物種生存在同一個空間時，槐葉蘋的生存競爭能力遠不如人厭槐葉蘋。因此正確區分兩物種，適當的控制人厭槐葉蘋的生存空間是必要的。

### (三) 槐葉蘋生活史的探討

1. 由槐葉蘋物候週期的觀察得知，3~11 月為抽芽成長期，3~12 月為成長與繁殖期，這時期槐葉蘋進行無性繁殖。12 月至隔年 2 月為冬枯期且出現孢子囊果，1~6 月孢子囊果成熟開裂，這時期槐葉蘋的無性繁殖能力，由 12 月逐漸減弱至隔年 2 月完全冬枯，此時開始進行有性生殖機制；到 3 月，無性繁殖的機制會再出現，此時兩種繁殖的方式同時進行，直到 5 月有性生殖結束，剩下無性繁殖持續進行，如此週而復始循環著。由物候週期實驗發現，新竹地區 4~10 月，無性繁殖最為旺盛；在 1~3 月是有性生殖最為旺盛的時期。溫差大(約 4.9°C)時，會影響槐葉蘋

的無性繁殖機制無法進行，而孢子囊果也會在此時出現，開始行有性生殖，取代無性繁殖。

2. 槐葉蘋的無性繁殖是增加植株數量的主要方式，可分為頂芽生長點及側芽生長點兩類，頂芽生長點為從母株頂端長出的新芽，它維持整棵母株的成長，沒有裂殖現象，只有老葉死、新葉生的成長循環。側芽生長點為在母株橫走莖上的節，由浮水葉葉腋向左或向右呈互生方式抽出的新芽，新芽生長到五輪葉就會裂殖；若環境過於擁擠，裂殖現象就不會出現。
3. 槐葉蘋的有性生殖是屬於異型孢子(小、大孢子)異配子體交配，大孢子經過三週培養後，長成成熟的扇形雌配子體，其上均勻佈滿內凹的藏卵器；小孢子經過一個月培養後，長成成熟的雄配子體，其上長出圓形凸出的藏精器。雌配子體受精後由初生葉發育成一棵新植株(約 5 輪葉)約需 6 週的時間。

(四) 新竹地區的環境因素對槐葉蘋生長的影響探討

槐葉蘋無論在生長最快的 10 月或最慢的 1 月，皆需培育在半遮蔭、通風性良好，且乾淨未污染水質等條件的環境中<sup>(七)(十一)</sup>，這些環境條件也都與本研究採樣區的特徵吻合。

- (五) 本生態缸是應用前一項研究所探討之適合槐葉蘋生存條件(半遮蔭、通風良好及乾淨未污染的水質)的結果與節能的理念規劃而成。可透過簡易的水質過濾器(利用虹吸現象與連通管原理)與自製的水位高度控制器來改善雨水及自來水的水質，同時取代了傳統插電的濾水器，而過濾器裡的鵝卵石、細石頭可增加水中的離子，提供良好的水質。並利用鐵線蕨造成半遮蔭(鐵線蕨的花盆內的培養土埋有棉線，另一端則泡在水池裡，利用毛細現象持培養土潮溼，以利鐵線蕨的生長)，提供符合槐葉蘋生長條件的環境；再配合完整食物鏈，結合成一個完善的生態缸。



## 柒、參考文獻

- (一) 鍾楊聰、葉開溫、崔文慧、徐歷鵬 生物學(上冊) 第六版 台北 台灣培生教育出版股份有限公司 p.732 ~ 737 2005
- (二) 鍾楊聰、葉開溫、崔文慧、徐歷鵬 生物學(下冊) 第六版 台北 台灣培生教育出版股份有限公司 p.980 2005
- (三) 蔡淑華 植物組織切片技術綱要 初版 台北 茂昌圖書有限公司 p.113~119 1975
- (四) 楊冠政 基礎生物 第六版 台北 龍騰文化事業股份有限公司 p.64~65 2001
- (五) 黃朝慶 李松柏 台灣珍稀水生植物 初版 台中 清水鎮牛罵頭文化協進會 p.20 ~ 21 1999
- (六) 郭城孟 蕨類圖鑑 初版 台北 遠流出版社 p.402 2001
- (七) 郭城孟 蕨類入門 初版 台北 遠流出版社 p.172 ~ 173 2001
- (八) 郭城孟 台灣稀有及瀕危植物之分級 彩色圖片(II) 初版 台北 行政院農委會 p.162 1997
- (九) 林敬舒 2001 台灣濕地雜誌 社團法人台灣濕地保護聯盟 25
- (十) 林春吉 臺灣水生植物 1 初版 台北 田野影像出版社 p.207 2002
- (十一) 牟善傑 1996 水生生態系的殺手—人厭槐葉蘋 自然保育季刊 第 16 期 p.38 ~ 45
- (十二) Yasui, K. 1911. On the Life-history of *Salvinia natans*. *Annals of Botany* 25: p.470 ~ 483
- (十三) J.E. 2003 異種入侵 國家地理雜誌 Vol. 3 No. 7 寰宇地理誌專欄
- (十四) Julien, M. H. 2002. 2 Floating Fern (*Salvinia*). P.22, 23
- (十五) Coelho, F. F. 1999. Density-dependent Morphological Plasticity in *Salvinia auriculata* Aublet. *Aquatic Botany* 66: p.275 ~ 279
- (十六) Coelho, F. F. 2005. Persistence Strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in Temporary Ponds of Southern Pantanal, Brazil. *Aquatic Botany* 81: p.347 ~ 350

捌、附圖

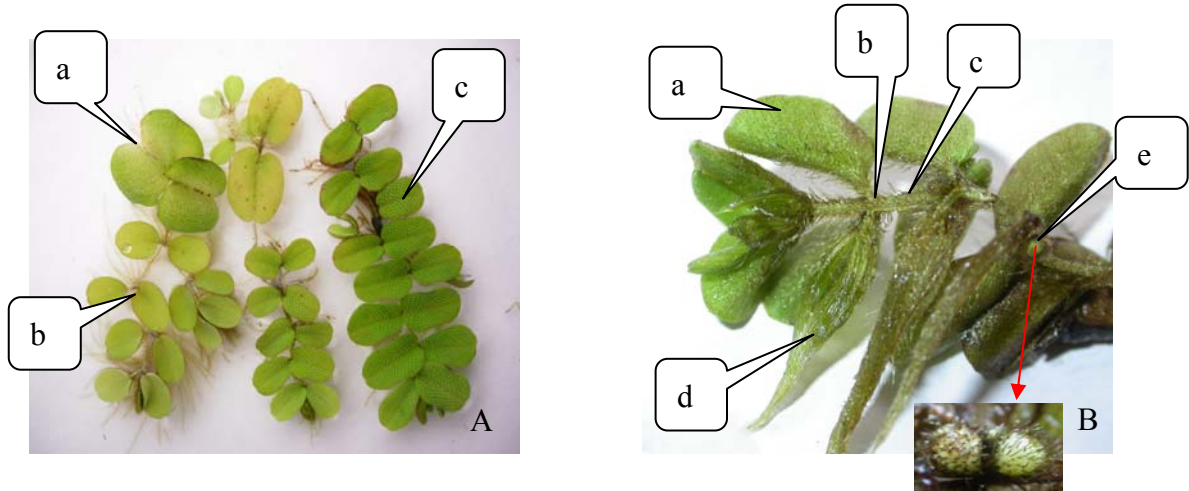


圖 17. 槐葉蘋與人厭槐葉蘋植株

A. 人厭槐葉蘋(a: 成熟葉；b: 初生葉；c: 槐葉蘋)

B. 槐葉蘋的各部構造(a: 浮水葉；b: 節；c: 莖；d: 沈水葉；e: 孢子囊果)

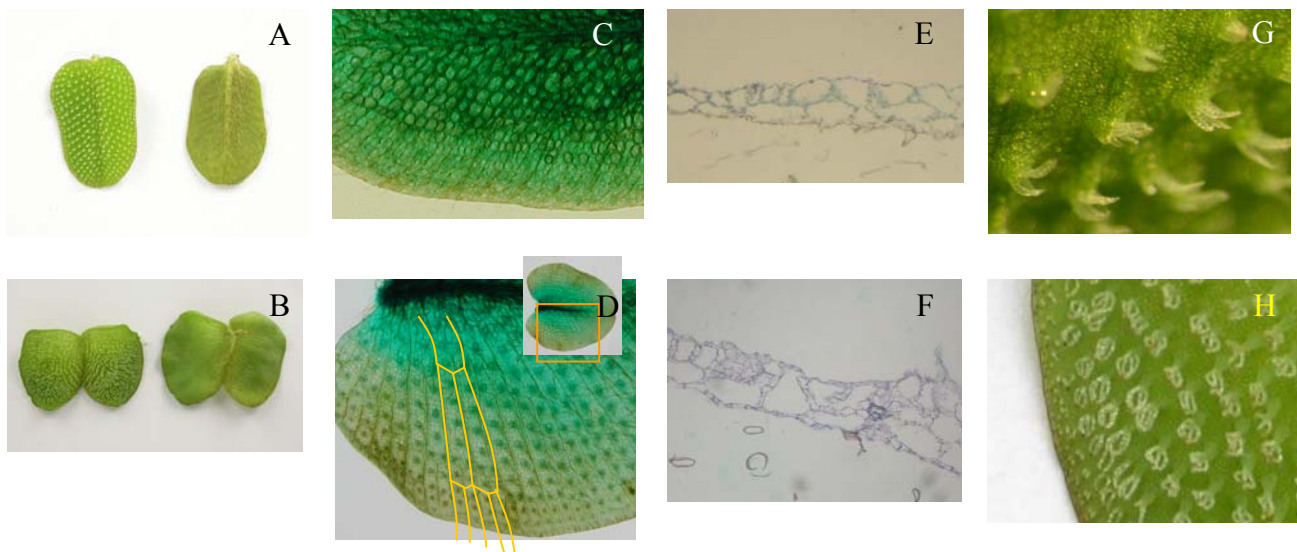


圖 18. 槐葉蘋與人厭槐葉蘋浮水葉

A、槐葉蘋浮水葉正面及背面；B、人厭槐葉蘋浮水葉正面及背面；C、槐葉蘋的葉脈；D、人厭槐葉蘋的葉脈；E、槐葉蘋浮水葉的氣室；F、人厭槐葉蘋浮水葉的氣室；G、槐葉蘋的葉上毛被物；H、人厭槐葉蘋的葉上毛被物。



圖 19. 槐葉蘋浮水葉葉片成長比例



圖 20. 人厭槐葉蘋浮水葉葉片成長比例

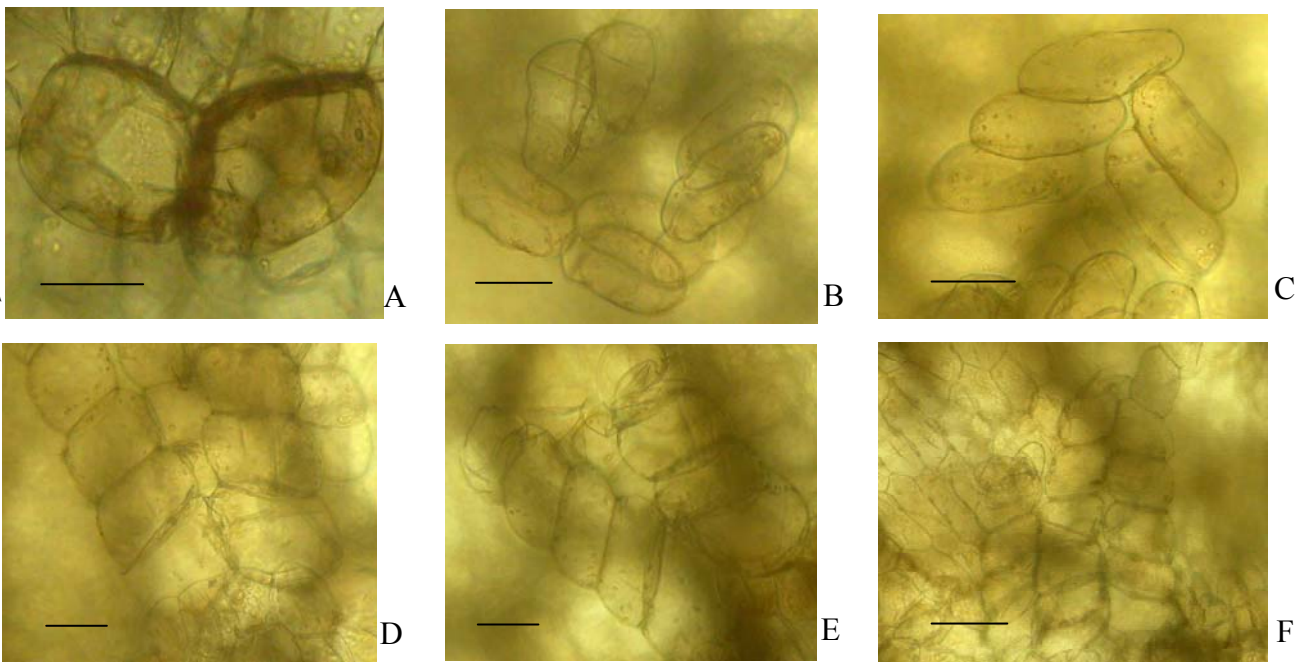


圖 21. 槐葉蘋浮水葉上毛被物生長發育過程 A→F (Scale bar = 0.1 mm)

A、長出 1 節細胞； B、長出 2 節細胞； C、長出 3 節細胞； D、長出 4 節細胞； E、長出 5 節細胞； F、長出 6、7 節細胞，叢生並分岔。

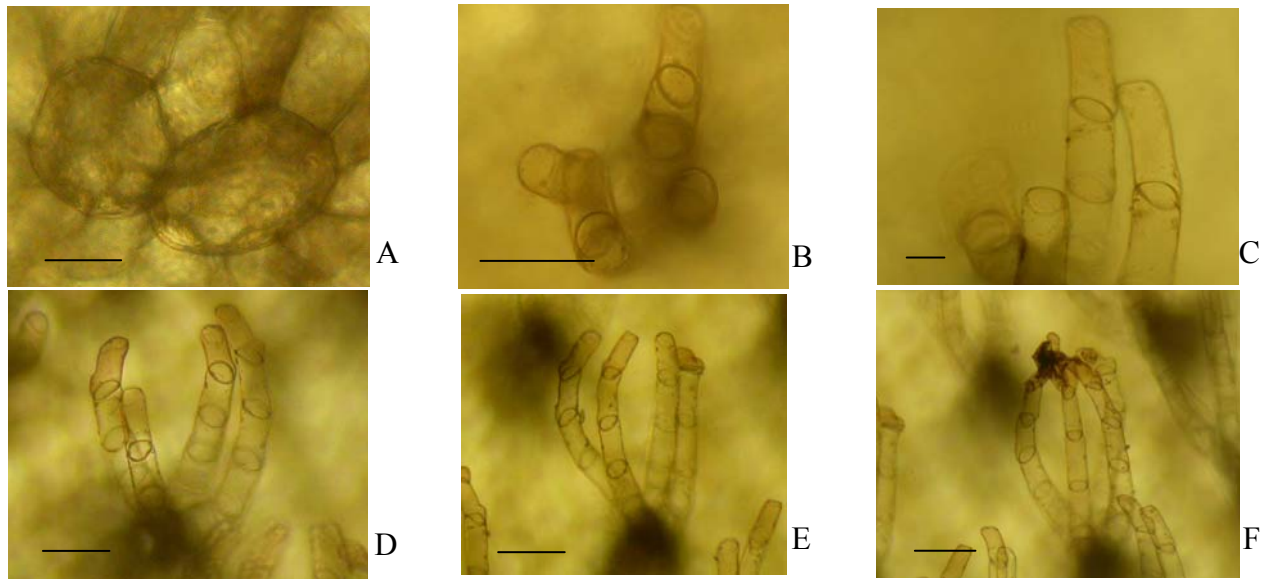


圖 22. 人厭槐葉蘋浮水葉上毛被物生長發育過程

A、毛被物長出 1 節細胞(Scale bar = 0.1 mm)； B、長出 2 節細胞(Scale bar = 0.1 mm)； C、長出 3 節細胞(Scale bar = 0.1 mm)； D、長出 4 節細胞，並開始向內彎曲(Scale bar = 0.5 mm)； E、繼續向內彎曲(Scale bar = 0.5 mm)； F、向中間接合成一個打蛋器的形狀(Scale bar = 0.5 mm)。

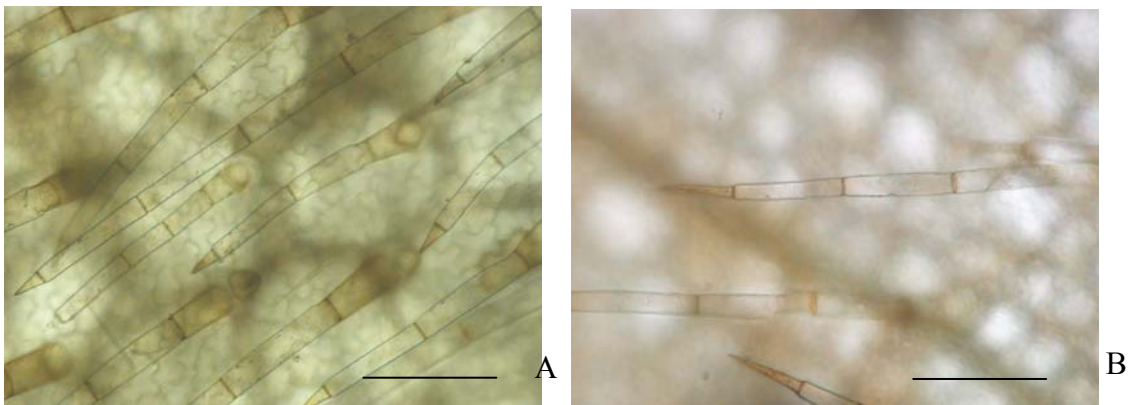


圖 23. 葉下毛被物的比較 (Scale bar = 1 mm)

A. 槐葉蘋的葉下毛被物；B. 人厭槐葉蘋的葉下毛被物。

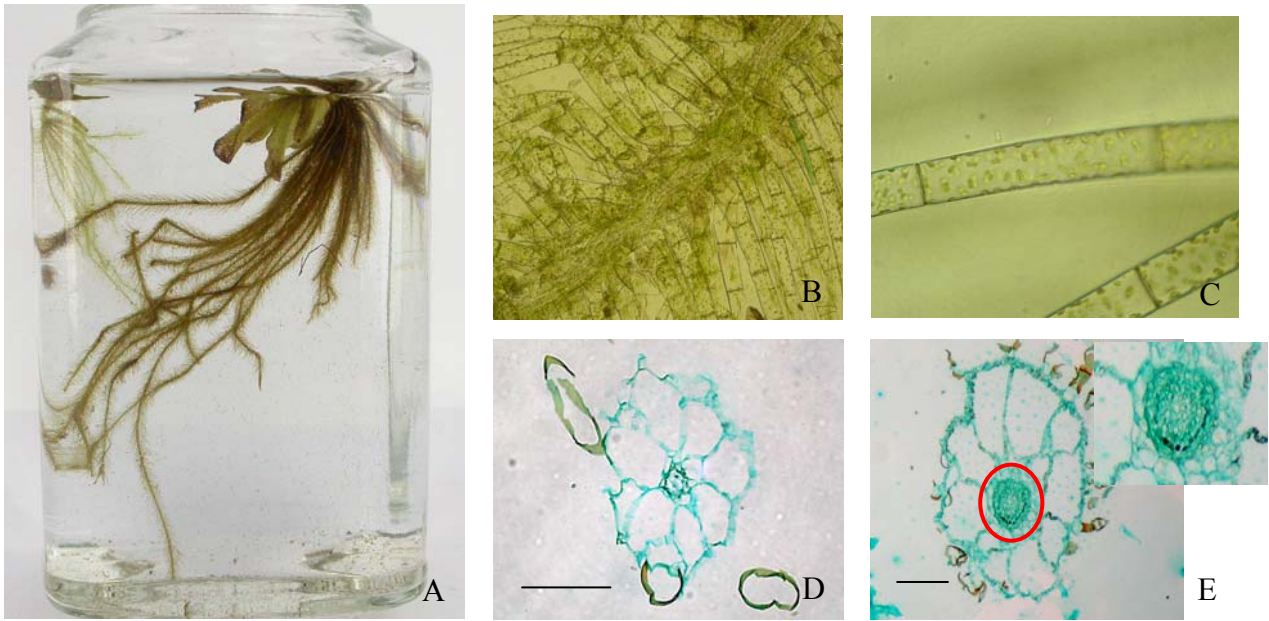


圖 24. 沈水葉構造圖

A. 人厭槐葉蘋及槐葉蘋沈水葉的比較；B. 槐葉蘋沈水葉的葉綠體；C. 槐葉蘋沈水葉毛被物的葉綠體；D. 槐葉蘋沈水葉橫切面(Scale bar = 0.1 mm)；E. 人厭槐葉蘋沈水葉橫切面(Scale bar = 0.1 mm)。

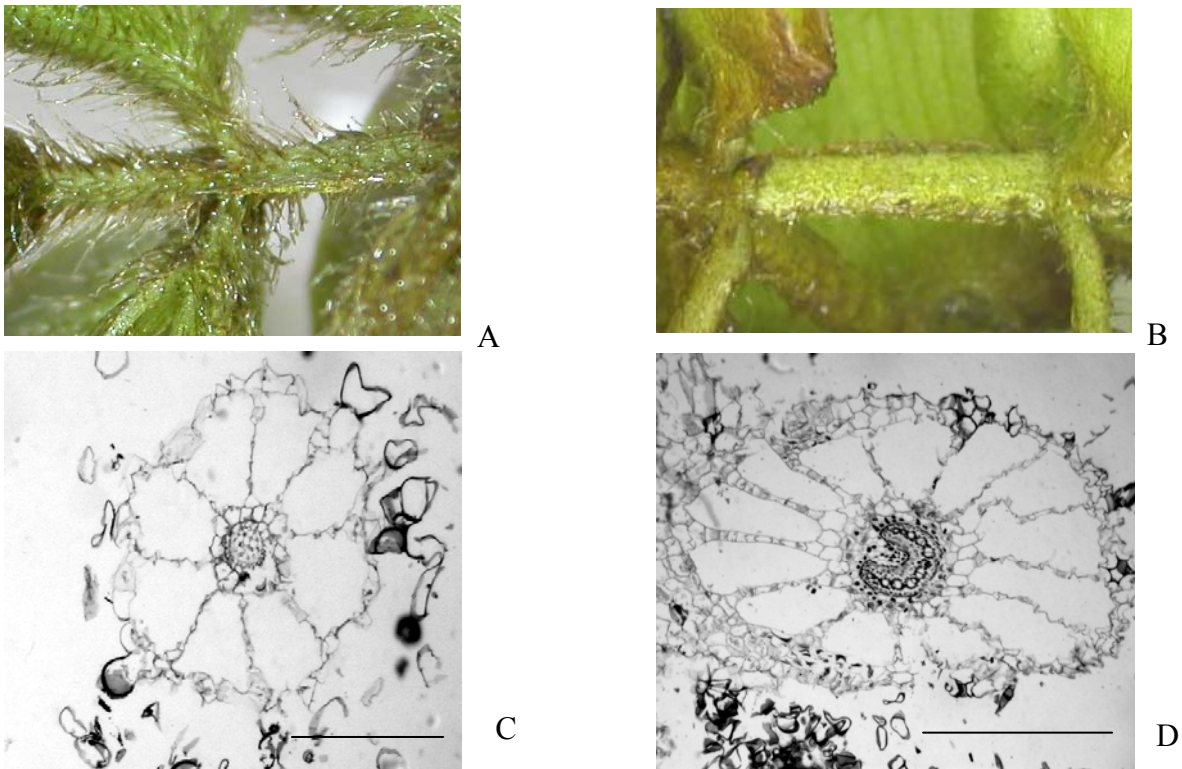
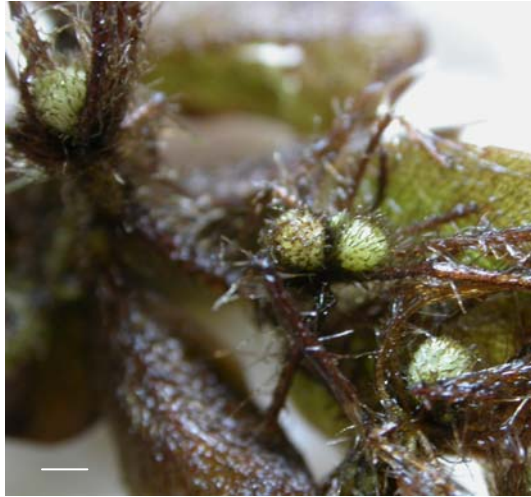


圖 25. 莖的形態比較

A. 槐葉蘋莖的外觀；B. 人厭槐葉蘋莖的外觀；C. 槐葉蘋莖的橫切面，維管束為圓形排列，氣室數量比人厭槐葉蘋少(Scale bar = 0.5 mm)；D. 人厭槐葉蘋莖的橫切面，維管束為馬蹄形排列，氣室數量較多(Scale bar = 0.5 mm)。



A



B

圖 26. 孢子囊果的形態 (Scale bar = 1 mm)

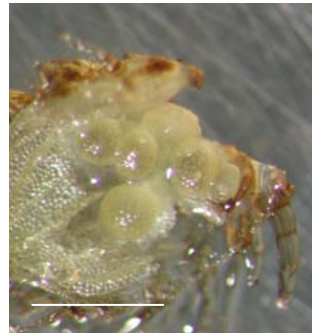
A. 槐葉蘚; B. 人厭槐葉蘚。



A



B



C



D

圖 27. 孢子囊的形態

A. 槐葉蘚大孢子囊(Scale bar = 0.5 mm); B. 槐葉蘚小孢子囊(Scale bar = 1 mm); C. 人厭槐葉蘚大孢子囊(Scale bar = 0.5 mm); D. 人厭槐葉蘚小孢子囊(Scale bar = 0.5 mm)。

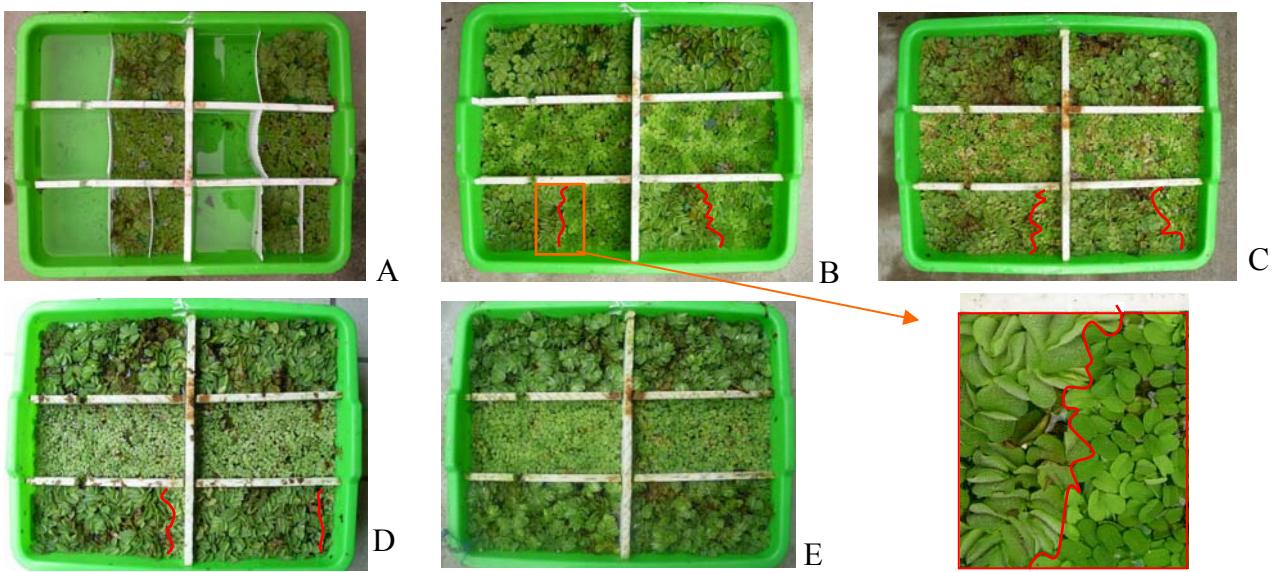


圖 28. 生存競爭實驗

A、實驗開始； B、第二週，對照組的人厭槐葉蘋、槐葉蘋所佔的面積約為各格的 85%，競爭組人厭槐葉蘋與槐葉蘋的面積比約為 1：1； C、第五週，對照組的人厭槐葉蘋、槐葉蘋均佔滿各格面積，競爭組的人厭槐葉蘋、槐葉蘋的面積比約為 3：1； D、第八週，對照組的人厭槐葉蘋、槐葉蘋仍然佔滿各格，競爭組的人厭槐葉蘋、槐葉蘋的面積比約為 9：1； E、第十週，對照組的人厭槐葉蘋、槐葉蘋仍然佔滿各格，競爭組則全被人厭槐葉蘋所佔滿。

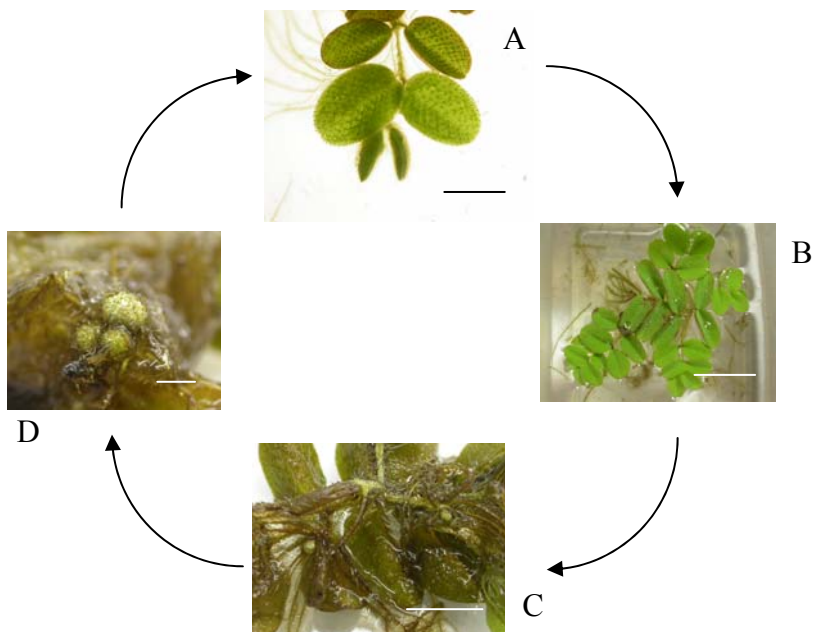


圖 29. 槐葉蘋的物候週期

A、春季，抽出新芽(Scale bar = 10 mm)； B、夏季，成長、繁殖(Scale bar = 20 mm)； C、初秋成長、繁殖，秋末長出孢子囊果(Scale bar = 10 mm)； D、冬季，植株有冬枯現象，孢子囊果成熟(Scale bar = 1 mm)。

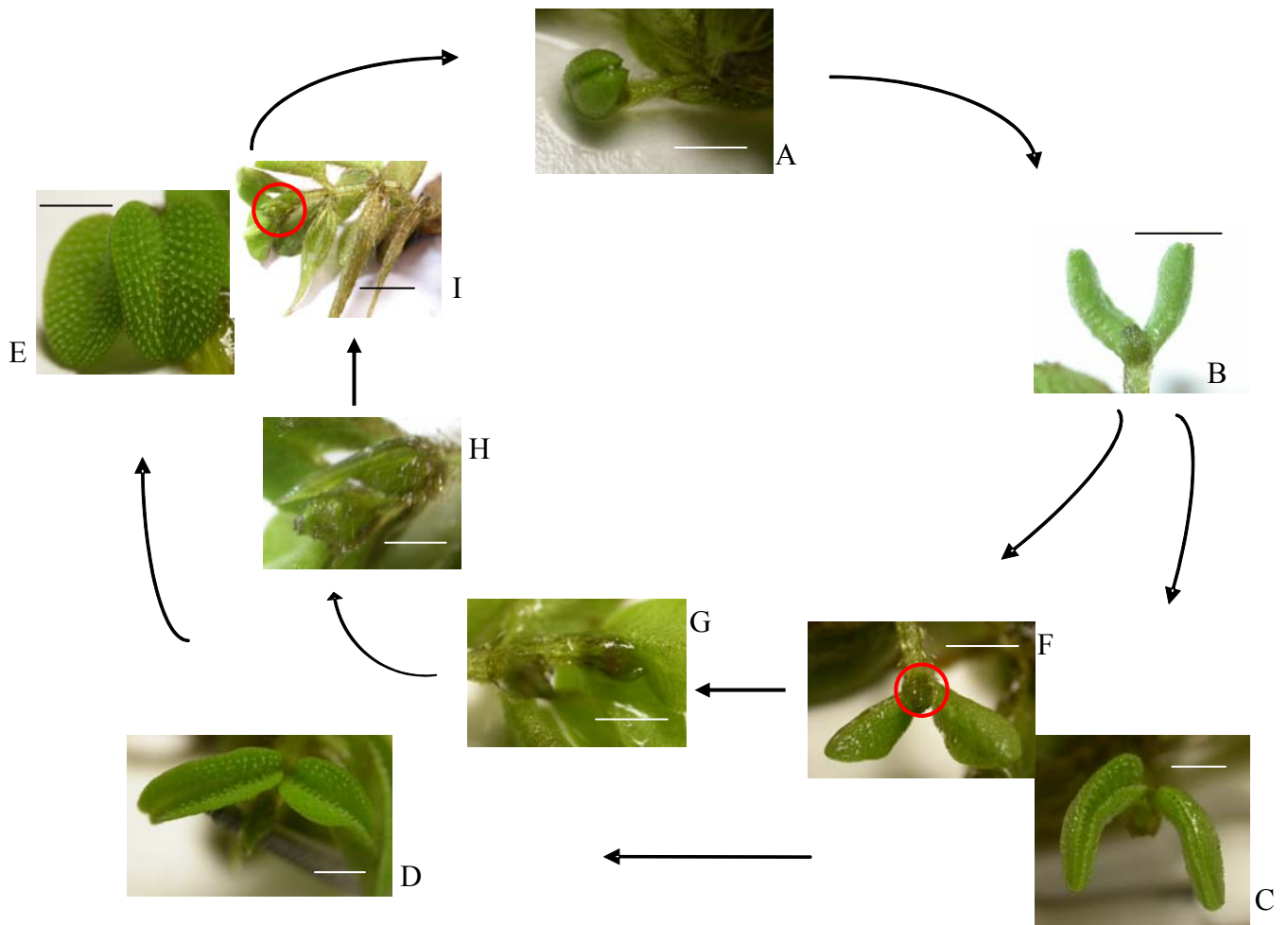


圖 30. 槐葉蘋浮水葉與沈水葉之成長圖

A、浮水葉新芽(Scale bar = 2.5 mm)；B、浮水葉成長，同時也漸漸展開(Scale bar = 5 mm)；C、浮水葉成長變慢，葉子漸漸展開(Scale bar = 5 mm)；D、浮水葉葉長、葉寬都繼續成長(Scale bar = 5 mm)；E、浮水葉寬成長緩慢，長度繼續成長(Scale bar = 5 mm)；F、浮水葉展開，沉水葉的芽呈現，芽繼續成長，葉柄變長(Scale bar = 5 mm)；G、沈水葉的芽繼續成長，並長出鬚根狀葉，葉柄繼續成長(Scale bar = 5 mm)；H、沈水葉的葉柄停止成長，鬚根狀葉繼續成長(Scale bar = 5 mm)；I、沉水葉繼續成長(Scale bar = 10 mm)。



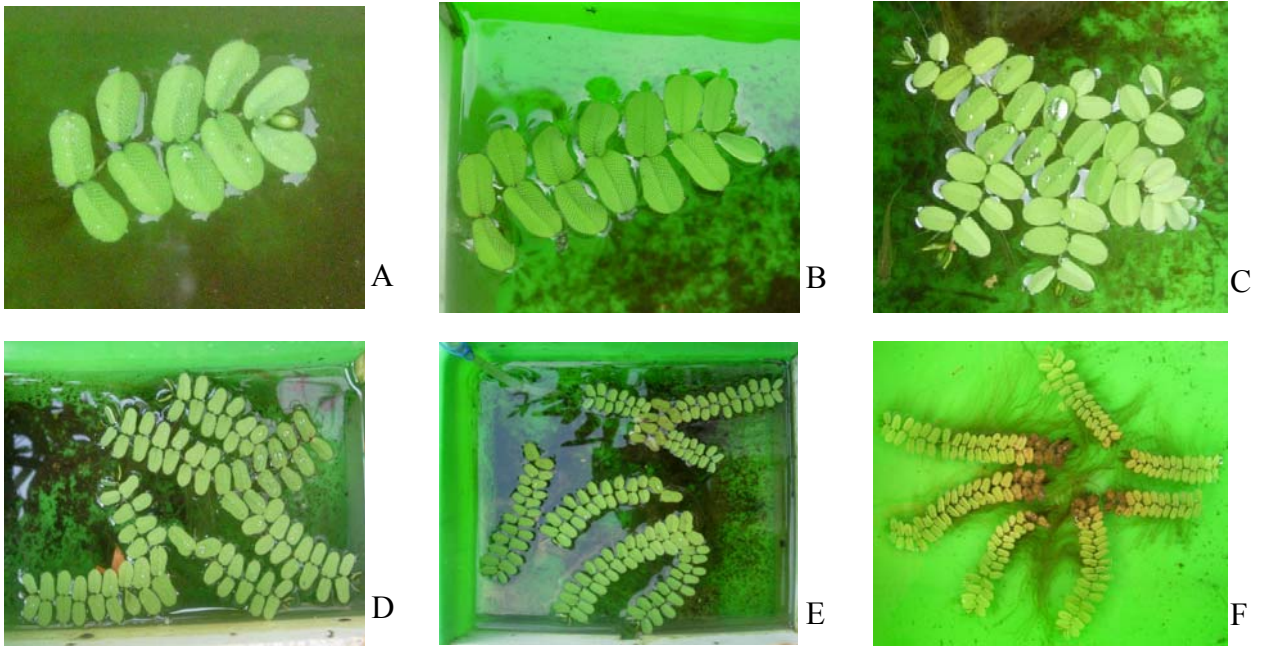


圖 31. 槐葉蘋側芽繁殖圖

A、實驗開始；B、三天後，頂芽長出兩輪葉；C 一週後在第三、四、五、六輪葉以互生的方式長出側芽；D、二週後開始裂殖；E、側芽裂殖脫離母株；F、側芽完全裂殖脫離母株，成爲一棵新的植株，並再繼續長出側芽。

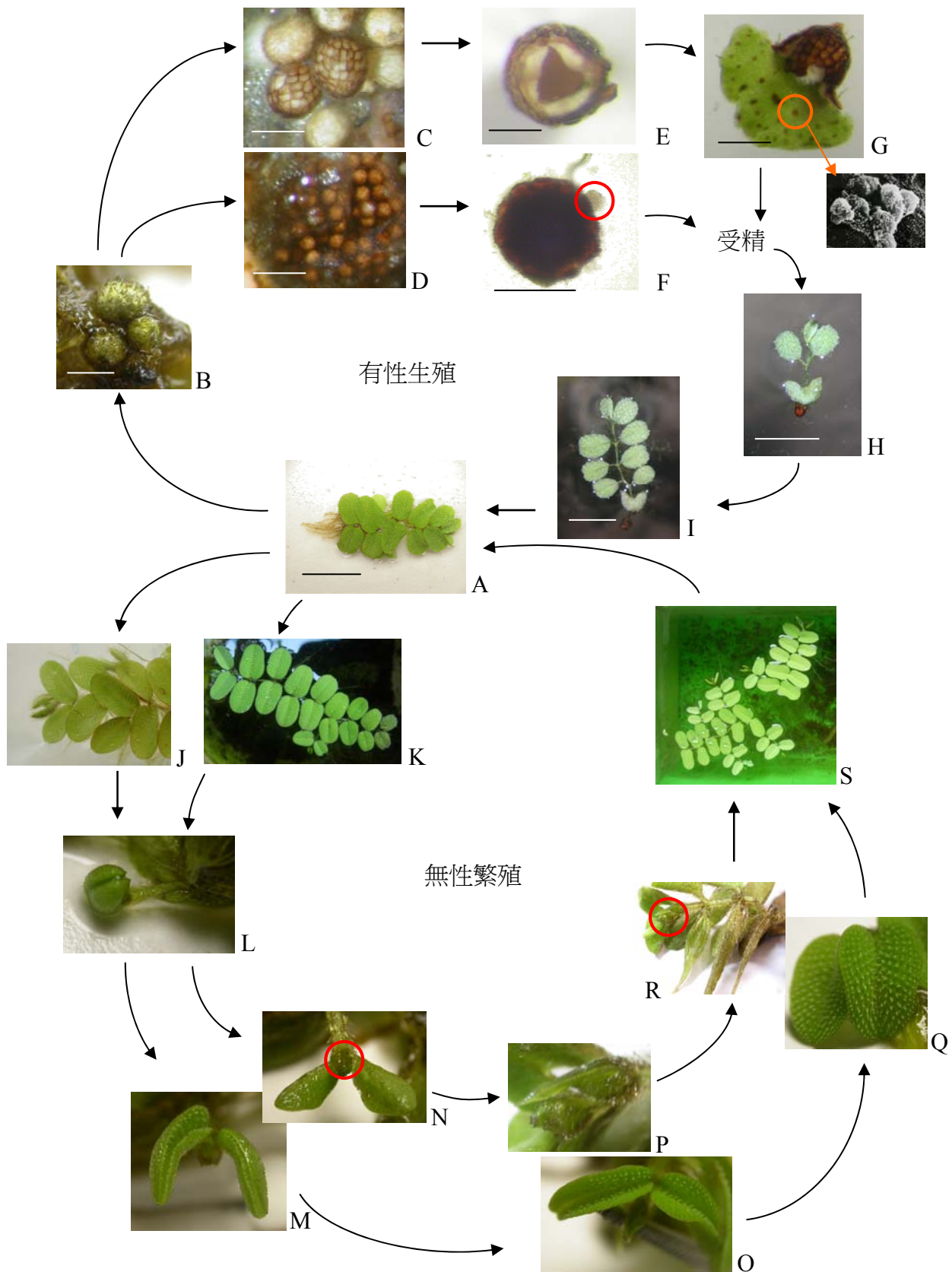


圖 32. 槐葉蘋的生活史

A、成熟植株(Scale bar = 20 mm)；B、孢子囊果成熟(Scale bar = 1 mm)；C、孢子囊果開裂、大孢子囊成熟(Scale bar = 0.5 mm)；D、孢子囊果開裂，小孢子囊成熟(Scale bar = 1 mm)；E、大孢子囊開裂(Scale bar = 0.25 mm)；F、雄配子體上凸起的藏精器(Scale bar = 0.25 mm)；G、雌配子體上內凹的黑色藏卵器(Scale bar = 0.5 mm)；H、第一對浮水葉呈互生，並沒有沈水葉(Scale bar = 5 mm)；I、由第二對浮水葉開始葉片呈對生方式成長(Scale bar = 5 mm)；J、頂芽生長點；K、側芽生長點；L、新芽；M、浮水葉成長、展開；N、浮水葉展開，沉水葉的芽呈現，芽繼續成長，葉柄長長；O、浮水葉葉長、葉寬都繼續成長；P、沈水葉的葉柄停止成長，鬚根狀葉繼續成長；Q、浮水葉葉寬成長緩慢，葉長繼續成長；R、沉水葉繼續成長；S、成熟植株裂殖成一棵新植株。(J~S 之比例尺請見圖 30)



圖 33. 在花市販賣的人厭槐葉蘋(台北市建國花市)



圖 34. 被人厭槐葉蘋佔據的池塘

A. 台灣大學生科所；B. 新竹市香山國小水生池

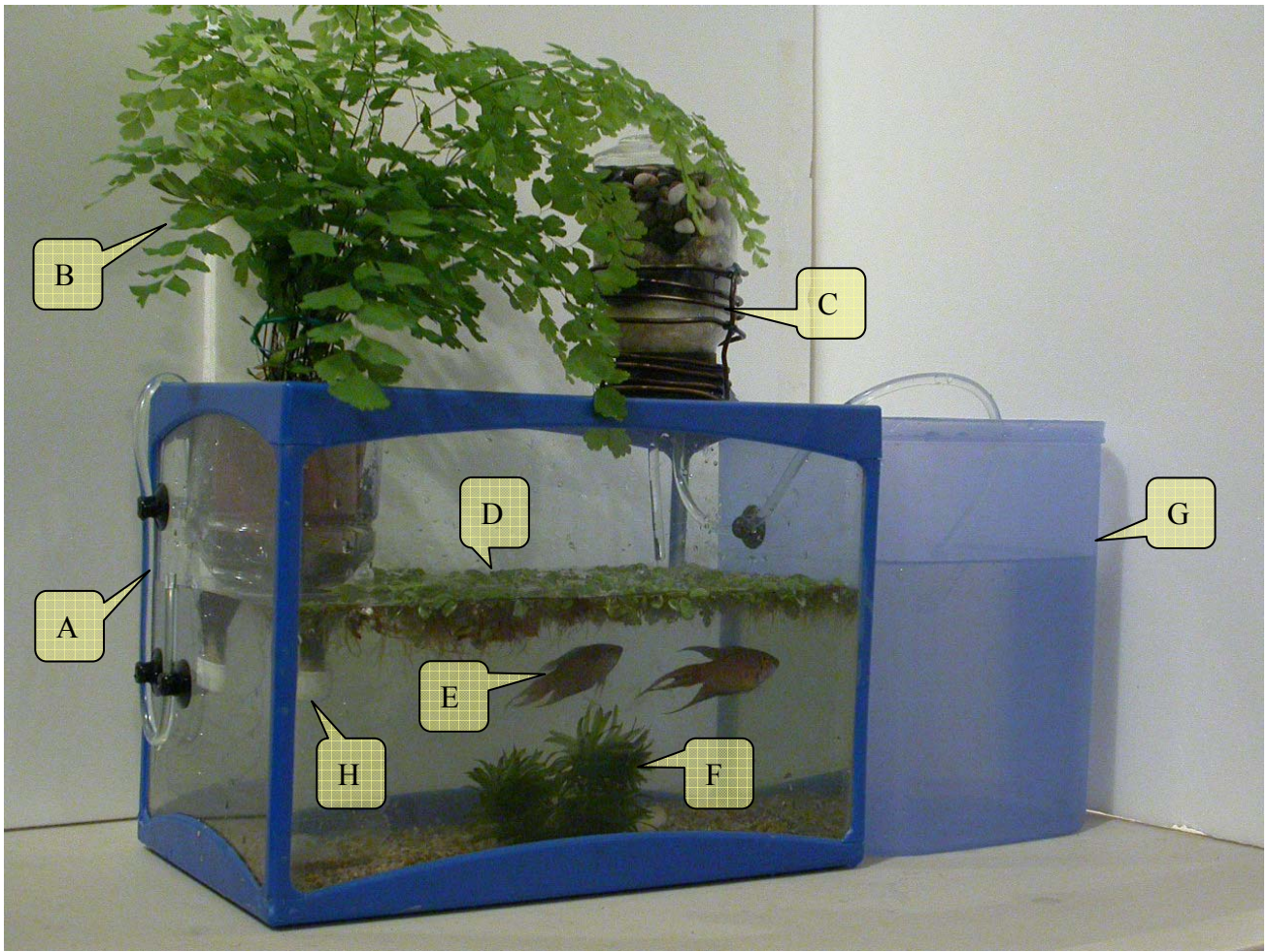


圖 35. 生態缸

A. 水位高度控制器(利用虹吸現象及連通管原理)；B. 鐵線蕨；C. 濾水器；D. 槐葉蘋；E. 蓋斑鬥魚；F. 水蘊草；G. 蓄水容器；H. 棉繩(利用毛細現象保持土壤溼潤)

## 評 語

031718 水中蕨響(槐葉蘋形態.生活史及生存環境的研究)

1. 本研究以台灣的瀕老原生物種的保育為動機設計實驗，對外來種、原生種的基礎生物學資料進行仔細的觀察，並有新發現，且提出外來種大肆繁衍因素的假設。表達清晰，思慮慎密。
2. 本研究或許為初觀察實驗，資料甚多，若加整理聚焦，將更清晰。