

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

第三名

040701

前進陸地！一埔里茭白筍田浮蘚之基礎研究

學校名稱：國立新竹女子高級中學

作者：	指導老師：
高二 王婕宇	陳季瑄
高二 李虹慧	簡湘誼
高二 林立	
高二 許芸瑄	

關鍵詞： 浮蘚、淺刻地錢、親緣關係

壹、 摘要

苔蘚植物被視為首先登陸的植物，但浮蘚卻仍在水中生活，根據我們在形態、構造、生殖方面的觀察，它的各方面都顯示較簡單的形質，且沒有證據顯示有退化的構造，故應屬較原始的種類，即從未真正登陸過，但已有適應陸生的初步策略：如面積較大的假根、裂殖速度較快的現象。

而現今浮蘚在分布上相當侷限，可能與環境變遷及人類工業污染有很大的關係。在競爭力上，它不如較高等的水生蕨類、維管束植物，因此更限制它的發展。

我們在 DNA 的親緣分析所建立的演化樹顯示：浮蘚和其他陸生蘚類相比是較原始的物種，和我們的基礎觀察不謀而合。

貳、 研究動機

去年夏天在報紙上看到有關台灣蘚類多樣性的報導：「全世界幾乎都只能在溫室裡看到的浮蘚，南投埔里的水塘卻可見到野生的浮蘚。」引起我們的好奇：這種地球上最早植物之一的水生蘚，究竟和一般已登陸的蘚有何不同？它目前仍是在「嘗試登陸」的演化階段，還是像鯨魚般已登陸，但因適應的需要又回歸水中呢？我們先由觀察形態、構造、生殖方面著手，再試著尋求附近大學研究設備的協助，探討分子生物學方面的線索。

參、 研究目的

- 一、蒐集有關浮蘚的背景知識
- 二、浮蘚與淺刻地錢在形態、構造的差異之探討
- 三、浮蘚與淺刻地錢生殖機制差異之探討
- 四、浮蘚的生態環境之探討
- 五、浮蘚在水域、陸域的生存模式之比較
- 六、浮蘚與其他種陸生蘚 DNA 親緣關係分析之探討

肆、 研究方法

- 一、蒐集有關浮蘚的背景知識

我們先由學術書籍及網路上搜尋有關浮蘚的資料，以了解前人的研究結果，做為專題研究的參考。

- 二、浮蘚與淺刻地錢在形態、構造的差異之探討

我們先在新竹縣鄉間，如北埔、上坪一帶採集較常見的數種陸生地錢，並送至南投，請『台灣農委會特有生物中心』的專家楊嘉棟研究員幫忙鑑定。最後取量較多的『淺刻地錢土佐亞種 *Marchantia emarginata* Reinw. et al. subsp. *tosana* (Steph.) Bischl.』，做為和浮蘚比較的主要對象。

- (一)形態的觀察

將二者小心的用清水洗淨，至解剖顯微鏡下觀察並拍照，並加以比較。

- (二)構造的觀察

- 1.徒手切片法

用薄刀片以縱切、橫切各方向切組織後，置於水中，挑選適當厚度者，置顯微鏡中直

接觀察並拍照。

2. 浸蠟切片法

因浮蘚組織較軟，氣室又多，要切得得以看到各細緻構造並不容易，所以在接洽新竹教育大學的應用科學系可借用切片機後，我們亦用此法，務求詳細了解其內構造。

流程如下：

(1) 固定：將浮蘚及淺刻地錢分裝於秤量瓶內並加如固定液 FAA(60%酒精 90ml、冰醋酸 5ml、福美林 5ml) 放置於室溫 12 小時。

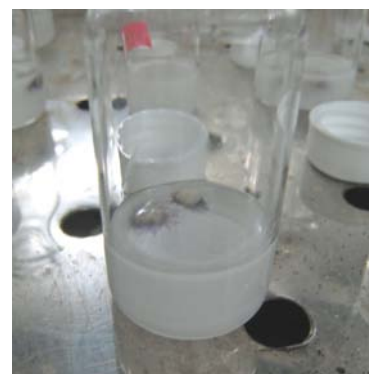
(2) 脫水：以 50% 酒精沖洗 30 分鐘，再以表格中之濃度溶液每隔兩小時泡之。第六步結束後放置 12 小時。

	第一步	第二步	第三步	第四步	第五步	第六步
t-butanol(ml)	10	20	35	55	75	100
95%ethanol(ml)	40	50	50	45	25(無水酒精)	0
H ₂ O(ml)	50	30	15	0	0	0

(3) 滲蠟：將樣本至於 58℃ 之溫箱中(所用之蠟熔點為 56℃~57℃)，間隔兩小時置入 3~5 顆蠟粒，且使固定瓶瓶蓋略鬆，防止第三級丁醇蒸發過快而爆開，動作重複五次，此目的為使第三級丁醇漸漸被蠟所取代；最後一次加蠟把固定瓶瓶蓋打開放置溫箱內 12 小時，使第三級丁醇完全蒸發，剩下液態的蠟。



(圖一) 滲蠟



(圖二) 滲蠟樣本

(4) 埋蠟：利用廣告紙折成符合 sample 大小的紙盒，將另外準備之液態蠟倒入紙盒 1/3 高，接著把 sample 從固定瓶中取出並快速放入紙盒中，盡量避免 sample 沉入紙盒底，再將紙盒用液態蠟灌滿，sample 位在蠟塊中間為佳。待其略乾，丟入冷水域加速冷卻。(註:注意所用蠟之熔點)

(5) 切片：

- 將已做好之蠟塊切修至 sample 的最小狀態，並將修好的蠟塊緊黏於先前做好的木塊蠟上端(如圖三)，固定在木塊上時務必注意樣品欲切的方式、方向。
- 將木塊固定於切片機之固定處，室溫以 20℃ 為佳，切片速度儘量快，如此蠟帶(如圖五)漂亮且較不易破壞 sample 本體。將切下之蠟帶鋪於 20℃ 的水中(如圖)，此用途使蠟帶無皺摺。配置美爾氏黏附劑—蛋白：甘油=1：1、少許防腐劑，塗抹於載玻片上，再將水中的蠟帶平鋪於上。



(圖三)



(圖四)切片機



(圖五) 蠟帶

(6)染色和脫水：

染色和脫水步驟：

	藥品	加蓋	時間
(1)	二甲苯	✓	10 分鐘
(2)	二甲苯—無水酒精(1:1)	✓	3 分鐘
(3)	無水酒精	✓	3 分鐘
(4)	95%酒精		3 分鐘
(5)	85%酒精		3 分鐘
(6)	70%酒精		3 分鐘
(7)	50%酒精		3 分鐘
(8)	1g safranin 和 50%酒精溶液		3 小時
(9)	用蒸餾水洗淨多餘染料		3 分鐘
(10)	50%酒精		3 分鐘
(11)	70%酒精		3 分鐘
(12)	85%酒精		3 分鐘
(13)	95%酒精		3 分鐘
(14)	0.5g fast green 和 95%酒精溶液		30 分鐘
(15)	用 95%酒精洗去多餘 fast green 二次		
(16)	泡無水酒精二次	✓	3x2 分鐘
(17)	二甲苯—無水酒精(1:1)	✓	3 分鐘
(18)	二甲苯	✓	5 分鐘
(19)	滴巴爾森，蓋上蓋玻片		

每次換下一步驟，須以紙巾擦拭載玻片無標本之面，避免前一溶液影響下一溶液濃度，玻片置入第一步驟時即需使無標本面朝同一方向，因為第一步驟即將蠟溶解以至於不知何者為無標本面導致接續步驟錯誤。以下是全部裝置：



(圖六)裝置全圖



(圖七) safranin

三、浮蘚與淺刻地錢生殖機制差異之探討

因為有性生殖的季節（春夏）已過，故我們著重在無性生殖機制的探討：

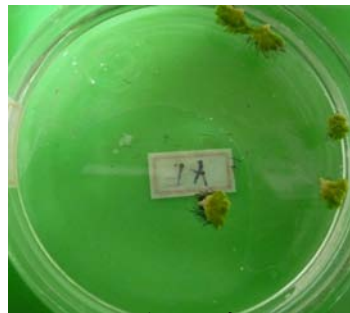
(一) 浮蘚裂殖法

1. 生殖週期中的生長現象：

將浮蘚分為 A0(對照組：加入滿江紅與浮萍似原生長環境)和五種不同大小的浮蘚，分別為 A1 到 A5（裝置如下圖），以水耕液培養，置於生物培養箱，以 22°C、12hr 光照、12hr 黑暗培養，每日觀察、測量大小，並拍照紀錄，由此得知最小裂殖大小及比值。(以下平均長度單位均為 cm)



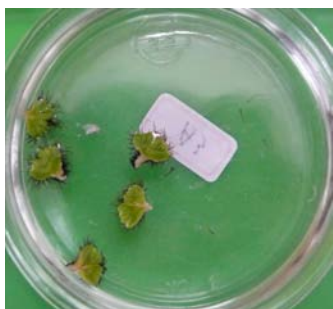
A0(長:1.35 寬:0.5)



A1(長:0.6 寬:0.5)



A2(長:0.8 寬:0.6)



A3(長:1 寬:1)



A4(長:1.25 寬:0.86)



A5(長:1.6 寬:0.3)

2. 繁殖速率推估：

每當葉狀體分裂後成長，在分裂成二時，記錄其所需時間週期 t 天，則由公式：株數 $= 2^n = 2^{T/t}$ (n =分裂次數； T =總天數； t =分裂週期) 可求得當季繁殖的個體數。

(二) 浮蘚孢子繁殖法

1. 每株孢子數的計算：

我們取十個浮蘚，取下成熟的孢子囊，將之放於顯微鏡下輕壓弄破並觀察其個數，

利用『孢子囊數/每株×孢子數/每個囊=幾個孢子/每株』的公式計算出平均每株浮蘚擁有的孢子數。

2. 孢子的萌發率：

取一小培養皿，將數個成熟的浮蘚孢子囊弄破並放入培養皿中，置入半滿的花寶一號(3g/L)作為培養液，置於植物生長箱中(約 20℃)，使培養皿內保持一定的養分和溼度，逐日觀察其萌發情形並記錄萌發率。

3. 繁殖速率推估：

將「1 項結果」×「2 項結果」，即得每株的理想繁殖個體數。

(三)淺刻地錢孢芽法繁殖

1. 孢芽的培養：

(1) 已知孢芽(如右圖)為一多細胞構造，綠色，每個孢芽杯約 38 個孢芽。



(圖八)

(2) 將兩個培養皿各置入 20 個新鮮孢芽，底層墊棉花，以花寶一號(3g/L)培養，如圖。置於植物生長箱中(約 15℃)，每次觀察各添加 10ml 花寶一號，使培養皿內保持一定的養分和溼度，並逐日觀察。

(3) 一個星期後隨機取 8 個孢芽觀察其生長情形，並紀錄其萌發率，和個體大小的成長情形。同時紀錄分化所需的日期和何種構造先形成。

2. 繁殖速率推估：

A：計算每個與浮蘚相當大小的地錢約有幾個孢芽杯

B：計算每個孢芽杯有幾個孢芽

C：計算孢芽的萌發率

由 A 項×B 項×C 項=一代繁殖數

(四)淺刻地錢孢子繁殖

A：每株的平均雌托數

B：每株孢子囊數

C：數個孢子囊的孢子數

D：孢子萌發率(這部分我們以「查閱文獻」方式尋求)

由 A 項×B 項×C 項=一代繁殖數

四、浮蘚生態環境影響之探討

(一)水質分析

由於浮蘚分布極為侷限，一般水田池塘無其蹤跡；且在我們採集處緊鄰的其他水塘也沒有其蹤跡，故我們試取數種水域的水，然後委託交通大學環工所幫我們做水質分析。分析項目：pH 值、溶氧量、混濁度、總氮量、總磷量。

使用儀器如下：

分光光度計(檢測磷酸鹽、硝酸鹽)



(圖九)

pH meter



(圖十)

DO meter(檢測溶氧量)



(圖十一)

濁度測量計



(圖十二)

(二) 浮蘚與其共存之滿江紅、浮萍之間的關係

因為在埔里浮蘚原生地觀察生態，發現周遭亦生存有大量的浮萍與滿江紅，與文獻紀錄不謀而合，所以很想探討其中的生態意義，故設計以下實驗：

1. 準備六個容器，置等量池水，分二大組；每小組的浮蘚面積皆相同。

A：對照組—有三小組

A1：置浮蘚族群

A2：置浮萍族群

A3：置滿江紅族群

B：實驗組—有三小組

B1：浮蘚、浮萍各半

B2：浮蘚、滿江紅各半

B3：浮蘚、浮萍、滿江紅各 1/3

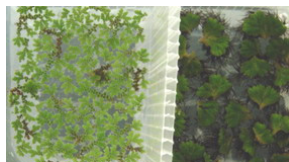
2. 每組的族群面積相同，並置陽光下照射。

步驟一：先隔隔板以確保其為等比例。

(B1：浮蘚和浮萍 1:1)

(B2：浮蘚和滿江紅 1:1)

(B3：浮蘚和浮萍、滿江紅 1:1:1)

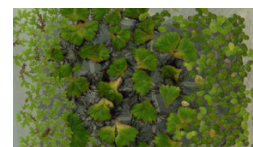
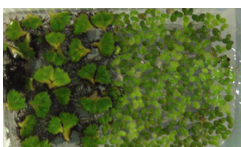


步驟二：取出隔板，使其共同生存在一定範圍內互相競爭。

(B1：浮蘚和浮萍)

(B2：浮蘚和滿江紅)

(B3：浮蘚和浮萍、滿江紅)



3. 每週定期觀察，並記錄各族群擴展情形。

五、浮蘚在水域、陸域的生存模式之比較

在原生地觀察到浮蘚在的水域固然有不少族群，水塘邊濕地上『擱淺』、『登陸』的族群亦不少，使我們欲探討浮蘚在水、陸域的生存模式是否有所差異，於是設計以下實驗：

(一)測量鱗片(即假根)長度、寬度

利用從埔里採集回來之陸生浮蘚(右圖)，至於培養土中培養，並以花寶一號保持溼度，每隔一星期測量一次陸生浮蘚的鱗片長、寬度。

1.測量水、陸生浮蘚之最長和一般鱗片之長度，取十株之平均值

2.測量水、陸生浮蘚之最長和一般鱗片之寬度，取十株之平均值

(二)生殖速度

取水、陸生浮蘚各十枚，長度約 1.6 公分，定時紀錄其生長及繁殖情形，探討兩者的裂殖速率差異。

(圖十三)

(三)氣室大小與密度

我們採集埔里土生和水中的浮蘚，各取十株作切片，計算單位面積下的氣室個數和平均大小。

1.分別將水、陸生浮蘚切片，利用顯微測量器測量氣室平均大小

2.再計算平均氣室密度

(四)水域浮蘚的翻面和質心關係

我們各取 10 株浮蘚，將之倒置於水面，在不受外力的情況下，分別觀察 (1)未除去鱗片 (2)除去外圍鱗片 (3)除去全部鱗片，在水中所呈現正反面的個數。

六、浮蘚與其他種陸生蘚 DNA 親緣關係分析之探討

在埔里原生地考察的時候，見水塘旁溼土坡上不僅有『擱淺』的浮蘚，也繁生有另一種形態和浮蘚神似的錢蘚，令人極為好奇二者之間的演化關係。似乎需時數百萬年的演化進程就活生生在面前上演，引發我們探尋二者親緣關係的慾望。

在詢問附近各大學生科系後，唯有新竹教育大學有做植物 DNA 抽取的技術，故我們到教育大學的應用科學系做 DNA 操作技術實驗。在請教黃星凡教授後，我們選用葉綠體的 *rbcL* 基因，其為暗反應中固定 CO_2 而普遍存在於綠色植物的基因。並再向中央研究院索取得它的 primer 後，立即做以下程序：

(一) 抽 DNA

前置作業

1. Extraction solution B 粉末每管加入 1ml ddH₂O vortex 混和均勻至沒有粉末狀，可放置 50°C 水浴槽加速溶解，溶解後放存 -20°C 冰箱。
2. Extraction solution A 若有結晶要加熱至 37°C~50°C。
3. Binding solution 加 100%酒精(DP022 30ml、DP022-150 90ml)
4. wash solution 加酒精(DP022 64ml、DP022-150 192ml)



操作方法

我們採取 4 種樣本：浮蘚、淺刻地錢、錢蘚、毛地錢

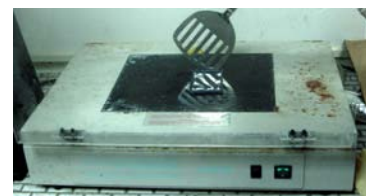
1. 將樣本放入 1.5ml 離心管，且在離心管內加入液態氮，並迅速以研磨棒磨之
2. 再依次加入 Extraction solution A(45°C) 360 μ l、Extraction solution B(-20°C)40 μ l、Rnase A solution(4°C)4 μ l，搖晃五到十秒
3. 放入 65°C 恆溫槽 15 分鐘，並每隔五分鐘搖晃一次
4. 加入 Precipitation solution 130 μ l 混和均勻，以 8000 及 12000rpm 離心各五分鐘
5. 取上層澄清液置入 spin filter(2ml)，放入離心機 8000rpm 離心兩分鐘
6. 將樣品置入新的 1.5ml 離心管，加入 Binding solution(with ethanol)600 μ l(即原體積的 1.5 倍)，成為混合溶液
7. 每次以微量滴管取 650 μ l 混合溶液放入 spin column，離心 8000rpm 一分鐘，結束後倒出下層廢液，直到混合溶液用完
8. 再離心 14000rpm 三分鐘
9. 加入 Wash solution 600 μ l，離心 8000rpm 一分鐘後，倒出下層廢液
10. 重複步驟 9 一次
11. 以 14000rpm 離心三分鐘後，倒出下層廢液
12. 將 spin column 放入新的 1.5 μ l 離心管，再放入真空機 8 分鐘
13. 加入 Elution solution(65°C)150 μ l，等待 1.5 分鐘，再離心 8000rpm 一分鐘，最後存於-20°C 冰箱

(二) PCR、跑膠

1. 取 0.2ml 離心管依次加入 ddH₂O 18 μ l、premix(NTP 和 DNA polymerase) 5 μ l、forward primer 0.5 μ l、reverse primer 0.5 μ l、DNA 樣品 1 μ l，完成混合液稱 DNA ladder
2. 將 DNA ladder 放至 PCR，運作程式如下：
 - (步驟一)95°C 5min
 - (步驟二)94°C 1min
 - (步驟三)48°C 20sec
 - (步驟四)72°C 1min
 - (步驟五)go to 2 30 cycles
 - (步驟六)72°C 7min

3. 跑膠

- (1) 配製 TBE 緩衝液(500ml RO 純水、一包 TBE 粉末)，再配製膠片濃度為 15%的洋菜液
- (2) 將洋菜液微波至沸騰，倒入膠片模型(液面保持水平並超過叉狀柵欄)
- (3) 電泳槽加滿 TBE 緩衝液
- (4) 取經 PCR 後的四個 DNA 樣本，分別加入 1 μ l Loading dyes，再滴入由叉狀柵欄於膠片上形成的凹槽中，放入電泳槽跑膠 30 分鐘
- (5) 取出膠片放入 EtBr 10 分鐘
- (6) 洗淨放至於 UV 燈下(如右圖)，檢查跑膠情形

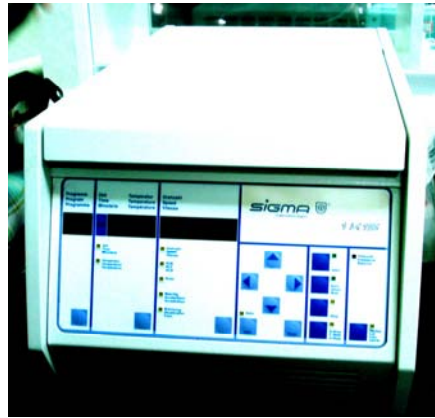


(圖十四)

(三) 定序：我們將 DNA ladder 及所用的 primer 送交廠商檢定序列。



(圖十五)PCR



(圖十六)離心機



(圖十七)電泳槽

伍、 研究結果

一、蒐集有關浮萍的背景知識

1. 學名：Ricciocarpus natans L, purple-fringed riccia
2. 分類地位：植物界地錢門地錢綱錢蘚目錢蘚科
3. 葉狀體：約 1cm 長，綠色，扇形溝狀裂葉，有扇貝狀邊緣。腹面懸掛有褐紫色鱗片可吸收養分並有固著於其他植物的功能。背面則有粗糙紋理及許多小隆起。
4. 孢子囊果：隱藏於葉狀體中，可產生孢子。
5. 繁殖法：孢子繁殖和芽體繁殖
6. 重要性：鴨科、鳥類的食物，提供昆蟲及小型無脊椎動物的棲所。
7. 分布：幾乎分布於全世界。
8. 習性：大多漂浮於溫暖、營養充分的淺水池塘、湖泊或沼澤。有時擱淺於岸邊上。常和浮萍、滿江紅共同生存。

二、浮萍與淺刻地錢在形態、構造的差異之探討

(一) 形態的觀察

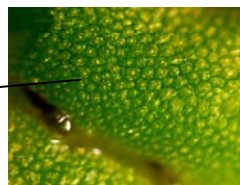
1. 浮萍



浮萍背面觀



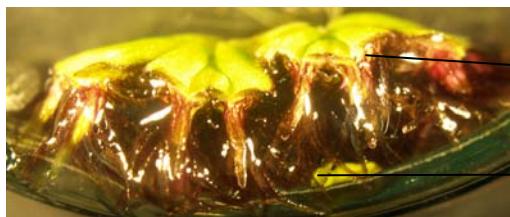
浮萍分生組織(二叉脈中)



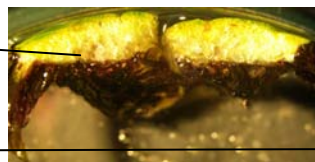
浮萍氣孔



浮萍孢子囊聚集處



浮蘚側面觀



浮蘚剖面觀



浮蘚鱗片

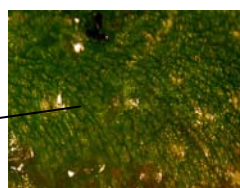
2. 淺刻地錢



淺刻地錢背面觀



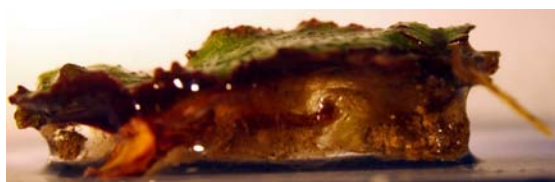
淺刻地錢雌托



淺刻地錢氣孔肉眼可見



淺刻地錢孢芽杯



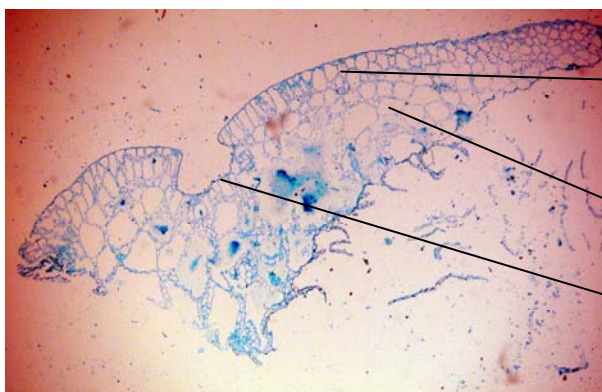
淺刻地錢側面觀



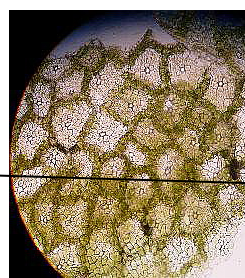
淺刻地錢腹面觀

(二) 構造觀察

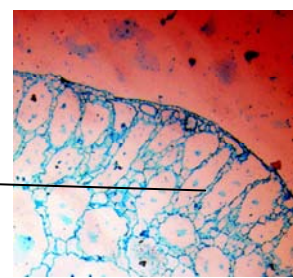
1. 浮蘚



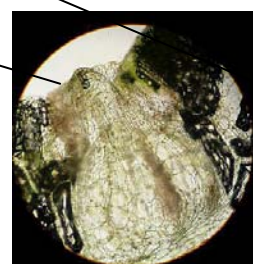
浮蘚葉狀體



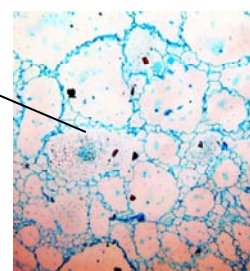
上表皮(X.S)



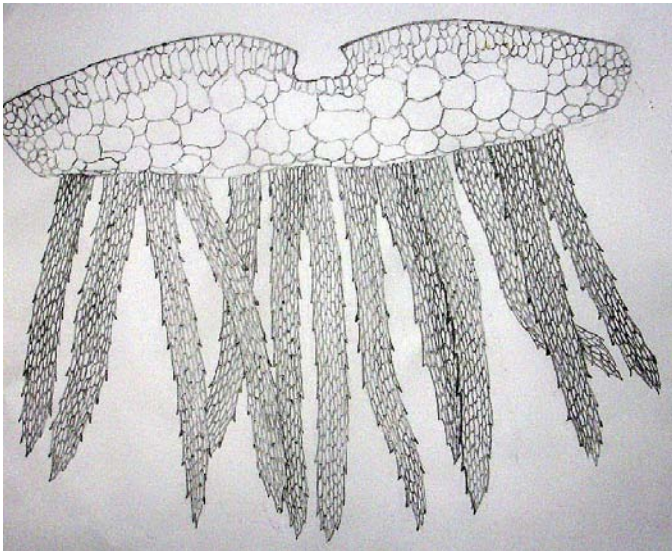
背層(L.S)



分生組織(L.S)



腹層(L.S)



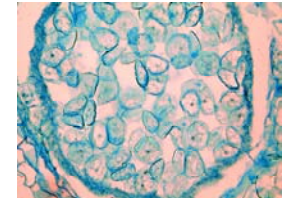
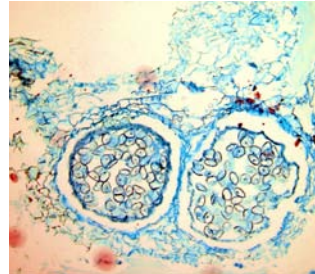
浮蘚手繪圖(L.S)



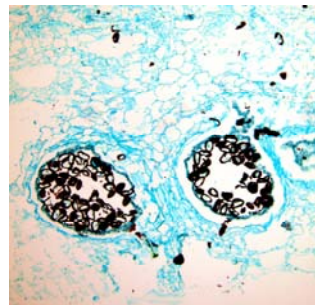
浮蘚鱗片(L.S)



浮蘚徒手切(L.S)

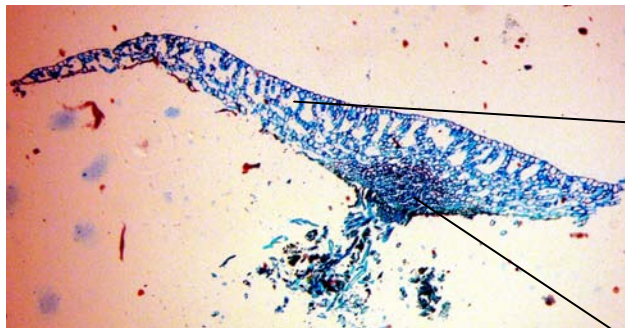


孢子囊(未成熟)(L.S)

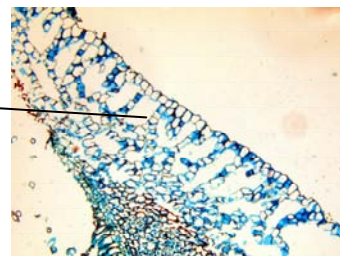


孢子囊(成熟)(L.S)

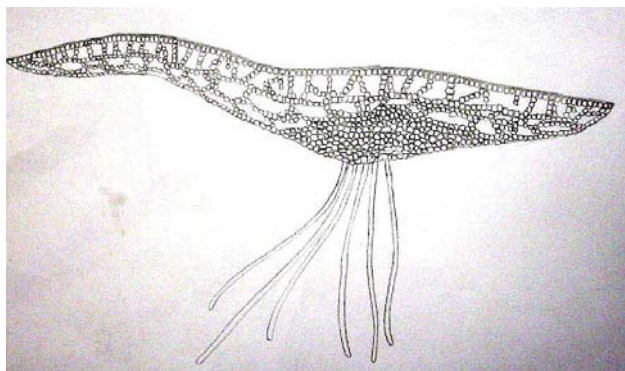
2.地錢



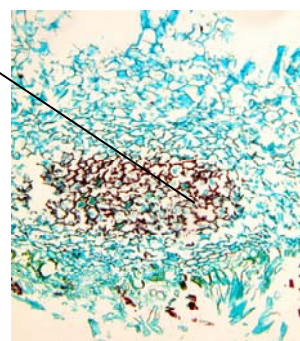
地錢葉狀體(L.S)



淺刻地錢氣室構造(L.S)



地錢手繪圖(L.S)



腹層(L.S)

(三)形態比較表

項目	浮蘚	淺刻地錢
個體形態	扇貝形	帶狀長條二叉扁形
族群形態	單獨或聚集，水生或岸邊	聚集生長，陸生
個體厚度	1900 μ	575 μ
假中肋	二叉	二叉
鱗片(假根)	紫褐色和綠色，相對大而扁平	無色，細小
鱗片長度	0.9 cm	0.3 cm
鱗片寬度	約 690 μ	約 250 μ
氣孔	存在於上表皮，下表皮無	存在於上表皮，下表皮無
氣孔大小	直徑約 20 μ	直徑約 100 μ
氣孔密度	95 個/mm ²	0.42 個/mm ² (42 個/cm ²)
無性生殖構造	(1)裂殖法：位於假中肋的分生組織 (2)孢子囊	(1)孢芽杯，內有孢芽 (2)雌托成熟後，有孢子囊
有性生殖構造	外表不可見，但仍有藏精、卵器	雄托、雌托，內分別有藏精、卵器

(四)構造比較表

項目	浮蘚	淺刻地錢
表皮	有葉綠體，1 層	有葉綠體，1 層
背層	綠色細胞排成柱狀，柱狀間有氣室	綠色細胞排成柱狀，柱狀間有氣室
腹層	細胞排列疏鬆，構成大氣室	細胞排列緊密，有豐富澱粉粒
鱗片構造	多細胞	單細胞
孢子囊位置	假中肋的分生組織處	雌托傘狀構造下方
孢子囊大小	長 440 μ 、寬 350 μ	長：1500 μ 、寬：800 μ
孢子形態	三角形	三角形
孢子顏色	成熟:黑褐色；未成熟:綠色	黑褐色
孢子大小	寬 30 μ 、長 40 μ	寬 50 μ 、長 60 μ
氣室	最大:寬 330 μ 、長 430 μ 最小:寬 50 μ 、長 200 μ	最大:寬 90 μ 、長 80 μ 最小:寬 80 μ 、長 70 μ
氣室密度	4.918 個/mm ²	3.1169 個/mm ²

三、浮蘚與淺刻地錢生殖機制差異之探討

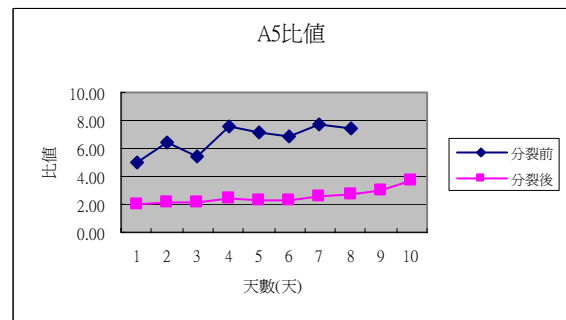
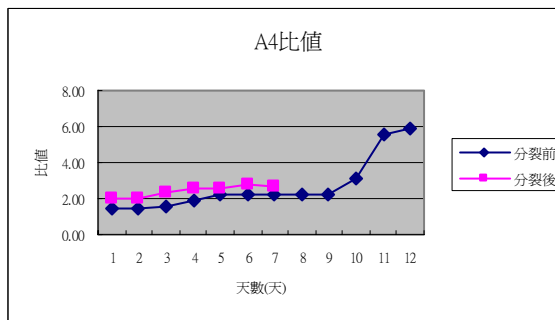
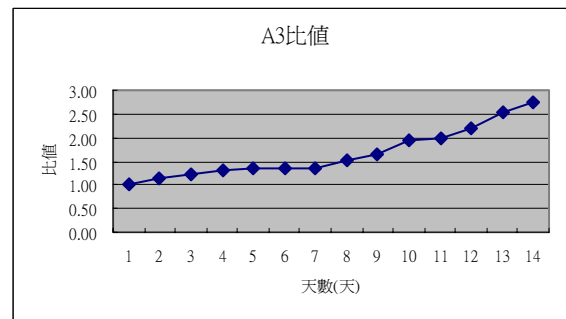
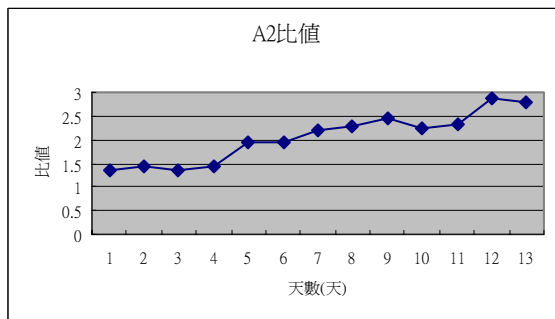
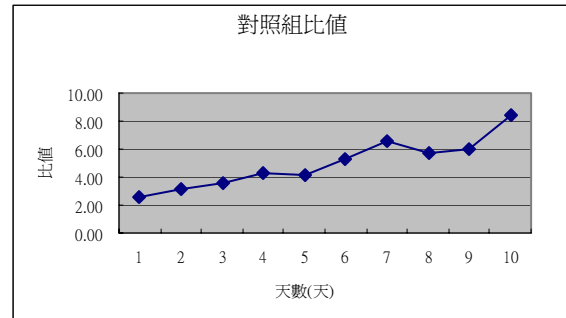
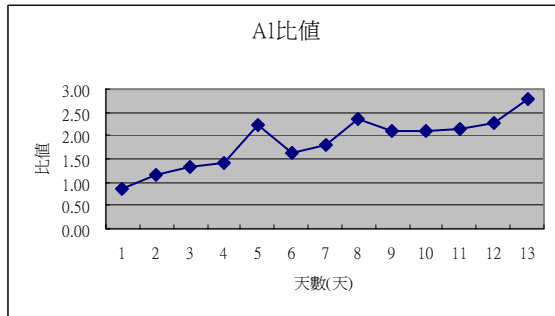
將研究所得經整理後如下表：

	浮蘚	淺刻地錢
無性生殖	裂殖法	孢芽法
	孢子繁殖—無彈絲	孢子繁殖—有彈絲
有性生殖	雌雄同株： 背層內有藏精及藏卵器	雌雄異株： 雌株有雌托，內有藏卵器 雄株有雄托，內有藏精器

(一) 裂殖法的觀察

1. 生長觀察

- (1)最小裂殖長度：0.8cm (2)最大裂殖長度：2cm
(3)最小裂殖寬度：0.05cm (4)最大裂殖寬度：0.2cm
(5)最小裂殖比值：6 (1.2:0.2) (6)最大裂殖比值：40 (2:0.05)
(7)以下是各組平均比值變化圖表，由表可知比值逐漸增加。



(註)由於數據過於龐大在此無法附上，請參閱原始資料。

2. 繁殖速度推估：裂殖週期

A4：16.5 天 分裂數(一季)：12 個

A5：12.5 天 分裂數(一季)：28 個

(註) A1、A2、A3 因過於幼小而尚未分裂

(二)浮蘚孢子繁殖法

1. 每株孢子數的計算

我們觀察到一般來說一株有 7~8 個孢子囊，最多的有 13 個。

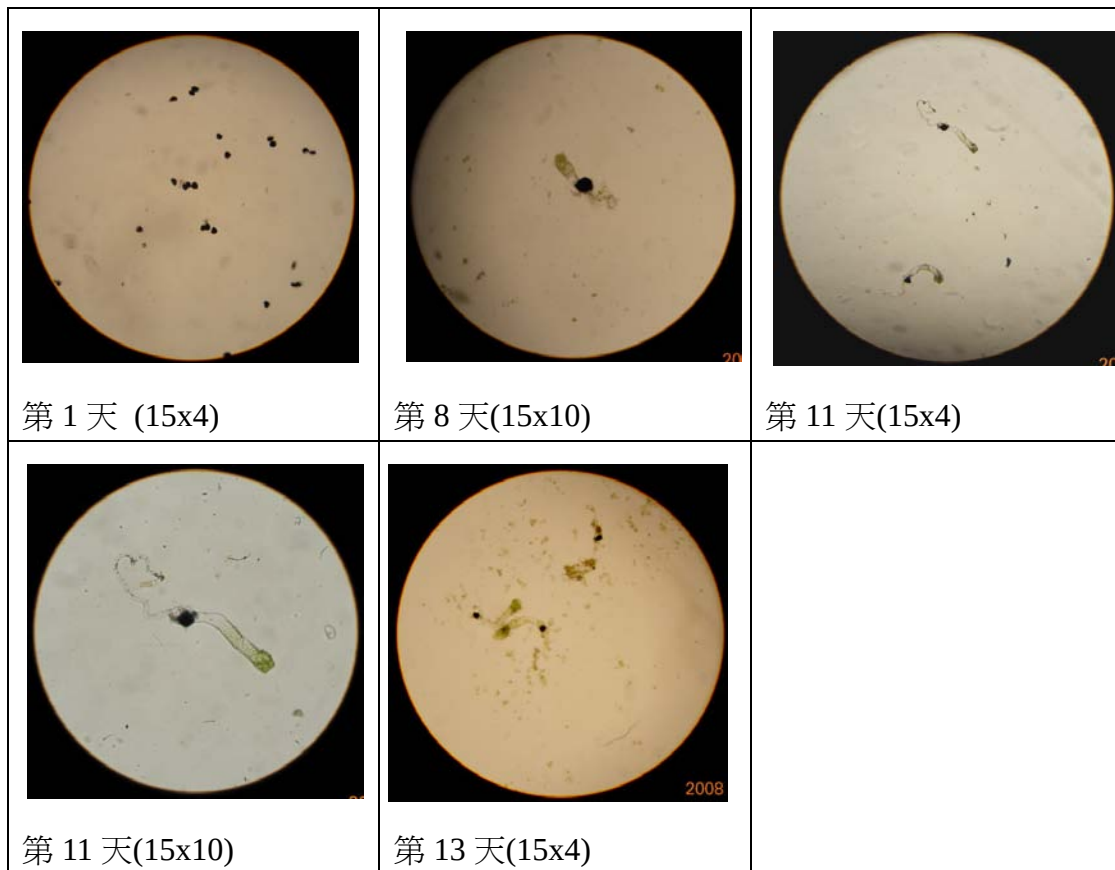
則孢子囊數/每株×孢子數/每個囊=幾個孢子/每株，每個孢子囊平均有 430 個孢子：

一般值：8×430=3440(個/株)

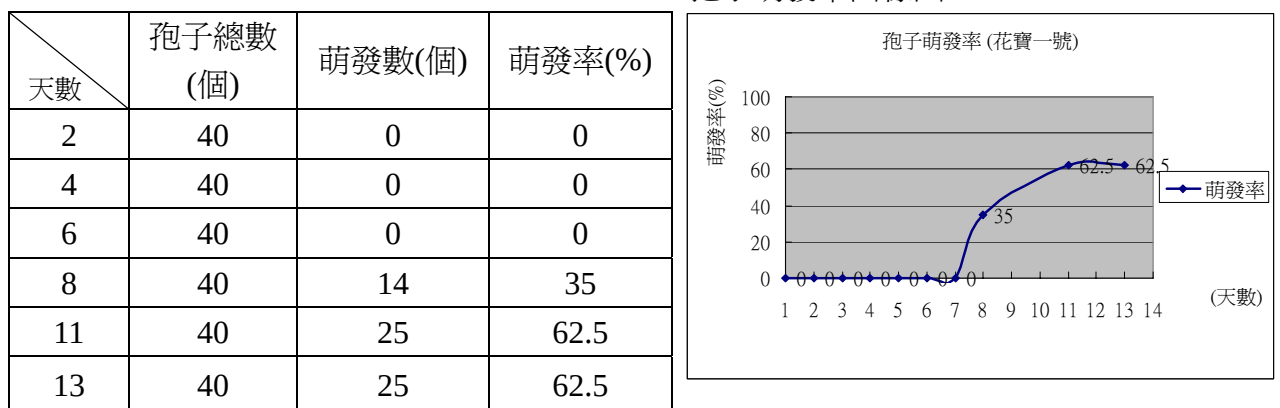
最大值：13×430=5590(個/株)

2. 孢子約在 8 天後萌發，萌發為透明長條狀，尾端為圓形突起，有綠色顆粒，推測是葉綠體。起初萌發管的末端綠色突起也會隨成長而變大。

孢子萌發紀錄：



孢子萌發率曲線圖：



3. 繁殖速率推估

A. 一般每株孢子平均數為 3440 個

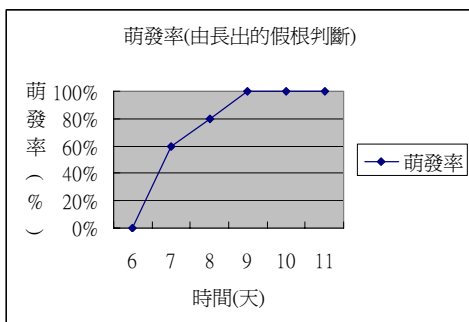
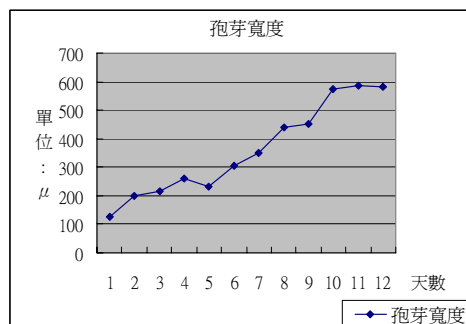
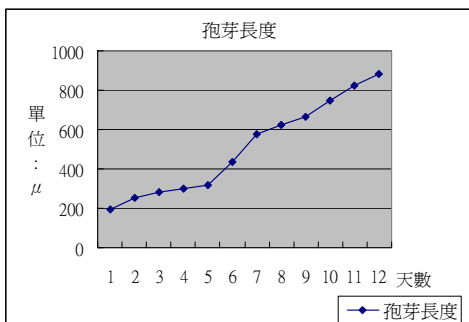
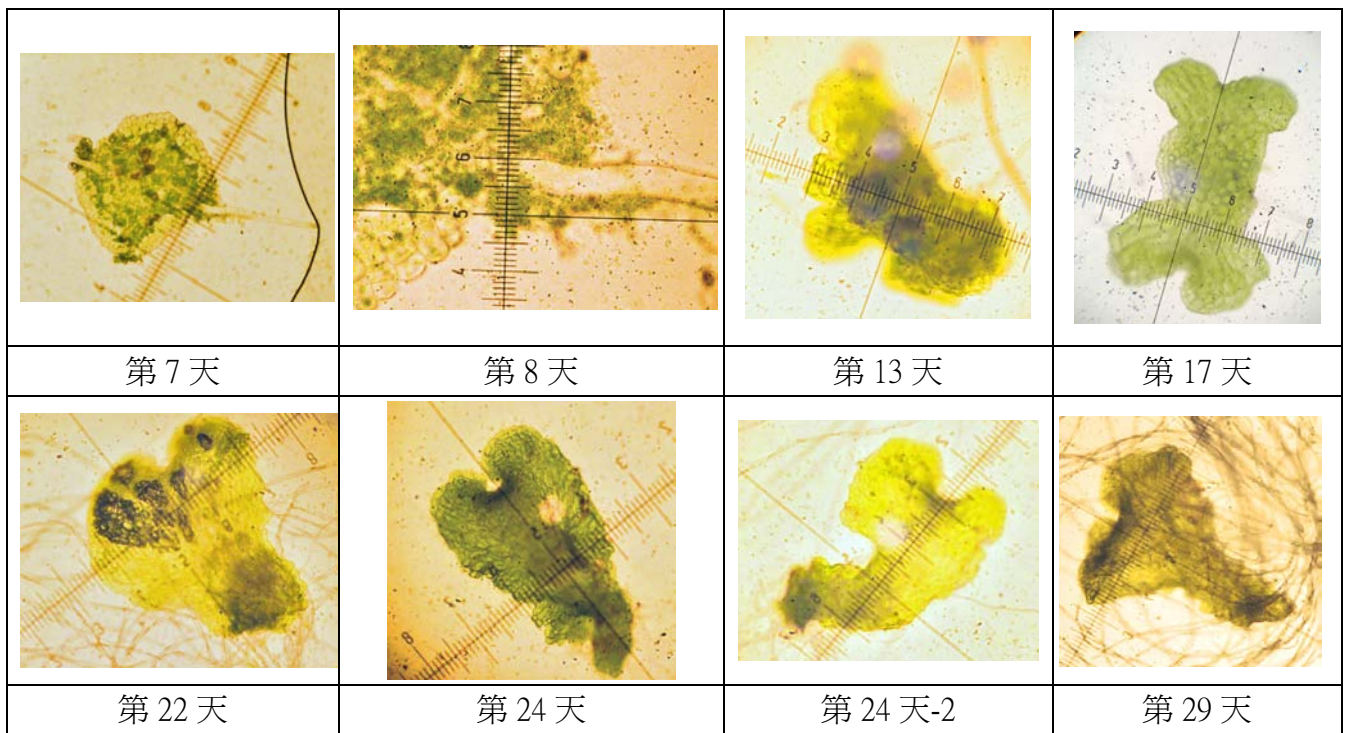
B. 孢子萌發率為 62.5%

∴每株可產生 $A \times B = 2150$ 個子代

(三)淺刻地錢孢芽法繁殖

1. 孢芽的培養：

取成熟孢芽置於花寶一號中約一星期後便有假根（鱗片）出現，假根約寬 20μ ，葉狀體隨之生長。生長期間孢芽整體不斷膨脹，於約三星期後有明顯淺刻地錢之二叉出現，且假根開始纏繞於棉花上。



2. 繁殖速率推估：

A：每個與浮蘚相當大小的地錢約有 2 個孢芽杯

B：每個孢芽杯平均有 38 個孢芽

C：孢芽的萌發率為 100%

每個與浮蘚相當大小的地錢可產生 $A \times B \times C = 76$ 個子代

(四)淺刻地錢孢子繁殖：

A：每株平均有 1-2 個雌托

B：每株孢子囊平均數約有 8 個

C：每個孢子囊的孢子平均數約為 1977 個

D：孢子萌發率為 60%

每株可產生 $A \times B \times C \times D = 9489 \sim 18978$ 個子代

四、浮蘚生態環境影響之探討

(一)水質分析結果

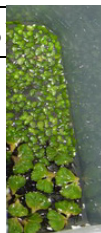
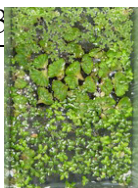
樣品名稱	pH	溶氧(mg/L)	濁度(NTU)	N(mg/L)	P(mg/L)
新竹郊區水田	7.31	5.07	19.6	3.207	2.94
清大成功湖	7.81	9.46	17.7	0.372	4.30
埔里有浮蘚的水塘	7.98	12.07	30.1	0.109	3.04

- 結果顯示：各水體的水質分析結果顯示浮蘚生存的水塘在 pH 值和總磷量與其他水體無甚差異，但溶氧量及混濁度明顯較高，總氮量卻較低。

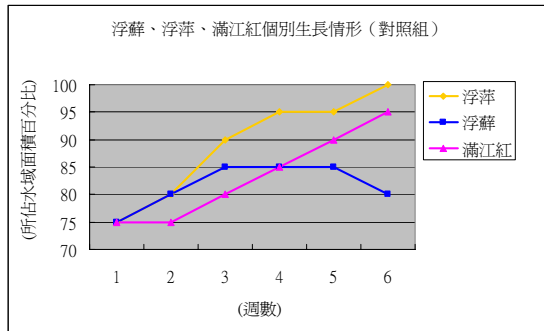
(註)詳細資料請參閱附錄一

(二)浮蘚與其共存之滿江紅、浮萍之間的關係

對照組的族群覆蓋水域面積以百分比表示；實驗組族群間覆蓋面積以比例表示。

2/19 (第二週) 實驗組				2/27 (第三週) 實驗組			
B		B2		B3		B1	
						B2	
						B3	
3/4 (第四週) 實驗組				3/11 (第五週) 實驗組			
B		B2		B3		B1	
						B2	
						B3	
3/18 (第六週) 實驗組							
							
週數	對照組			實驗組			
	A1 浮蘚	A2 浮萍	A3 滿江紅	B1 浮蘚:浮萍	B2 浮蘚:滿江紅	B3 浮蘚:浮萍:滿江紅	
一週	75%	75%	75%	1 : 1	1 : 1	1 : 1 : 1	
二週	80%	80%	75%	1 : 1.5	1 : 1	1 : 0.5 : 0.5	
三週	85%	90%	80%	1 : 1.5	1 : 1.5	1 : 1 : 0.5	
四週	85%	95%	85%	1 : 1.5	1 : 1.5	1 : 2 : 1	
五週	85%	95%	90%	1 : 2.3	1 : 1.5	1 : 2 : 1	
六週	80%	100%	95%	1 : 4	1 : 2	1 : 3 : 1	

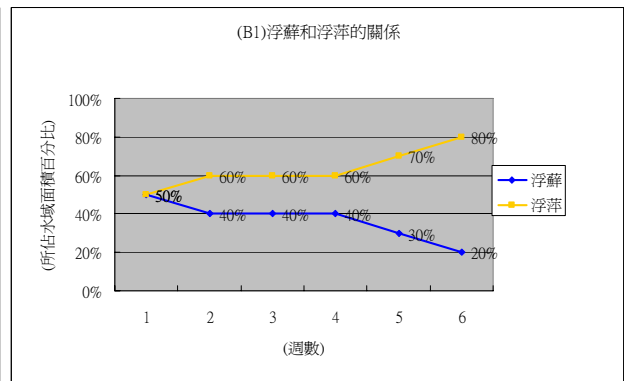
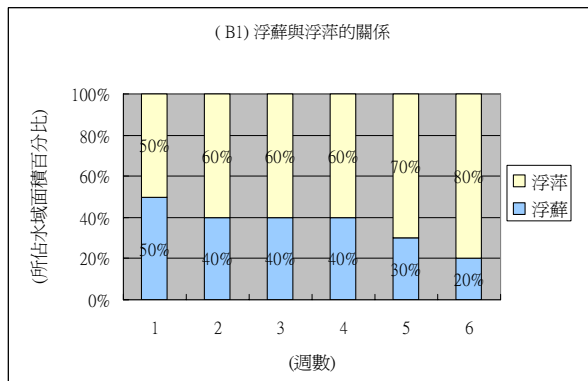
對照組：



結果顯示生長速率：浮萍>滿江紅>浮蘚

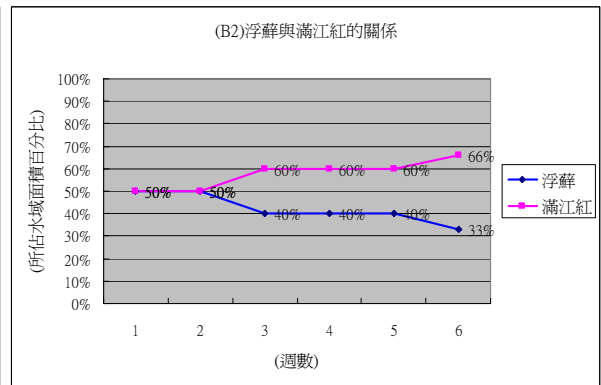
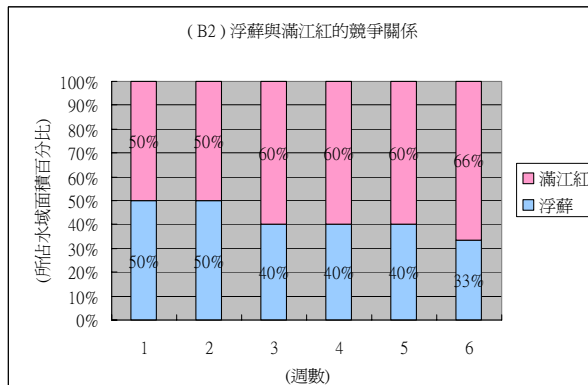
實驗組：

B1.浮蘚與浮萍



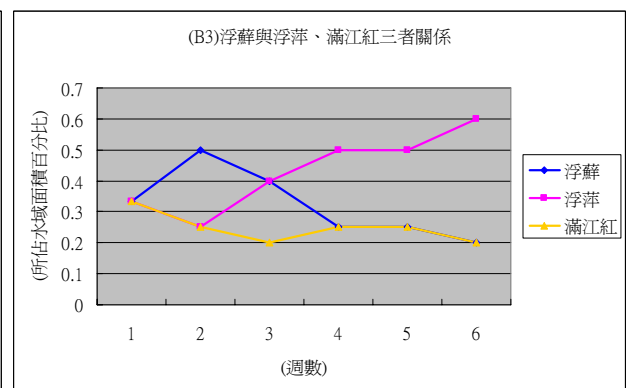
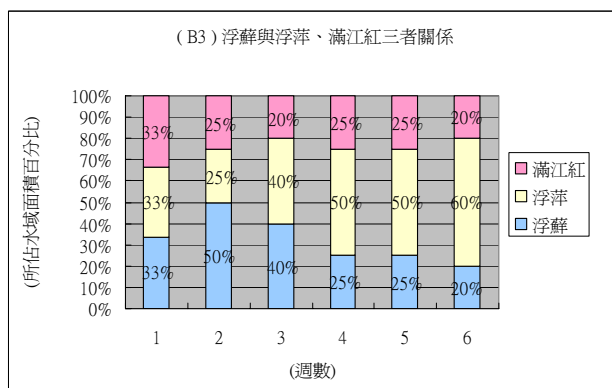
顯示浮萍的競爭力大於浮蘚

B2.浮蘚與滿江紅



結果顯示滿江紅的競爭力大於浮蘚

B3.浮蘚與浮萍、滿江紅



結果顯示浮蘚的競爭力最弱

五、浮蘚在水域、陸域的生存模式之比較

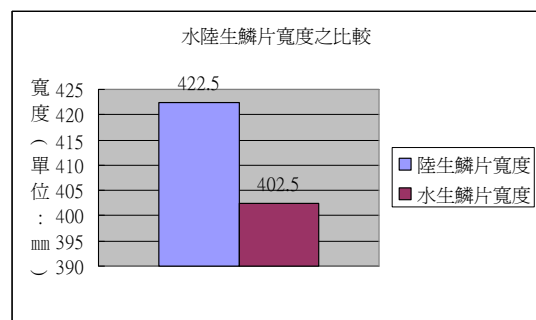
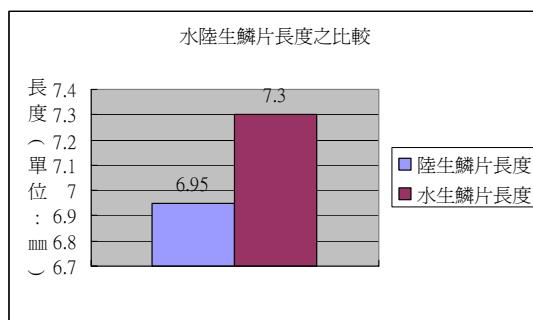
(一)測量鱗片長度、寬度

水、陸生浮蘚鱗片長度(mm)比較

環境 \ 株	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
陸生	8	6	8	8.5	8	6	5	5	8	7	6.95
水生	9	7	10	8	6	6	7	7	6	7	7.3

水、陸生浮蘚鱗片寬度(μ)比較

環境 \ 株	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
陸生	500	325	600	250	250	375	500	675	250	500	422.5
水生	500	500	500	400	350	300	350	300	500	325	402.5

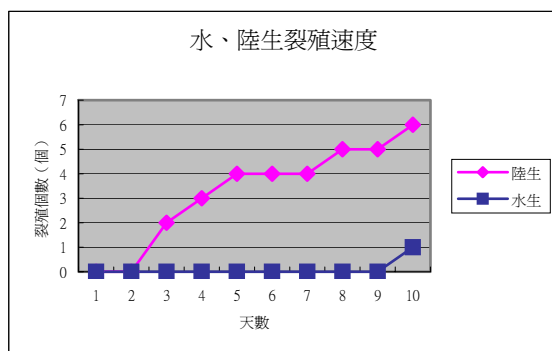


結果顯示「登陸」後的浮蘚鱗片、長度、寬度變寬。

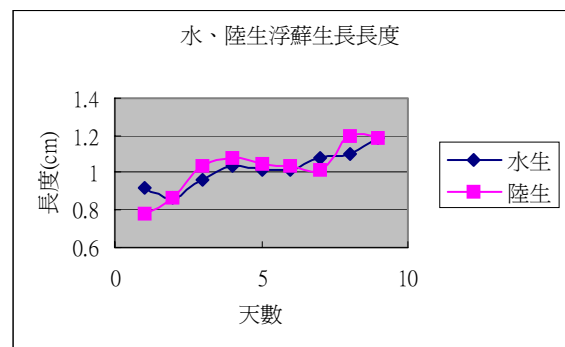
(二)生殖速度

水、陸生裂殖速度比較

環境 \ 天數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
陸生	0	0	2	3	4	4	4	5	5	6
水生	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1



結論：陸生浮蘚的裂殖速度明顯較快



結論：水、陸浮蘚生長速度在體型較小時並無明顯差異，如右圖。觀察結果當長度長至1.6cm 後，裂殖速率有明顯不同。

(三)氣室大小與密度

水、陸生氣室長度(μ)比較

環境 \ 株	1	2	3	4	5	平均長度
陸生	300	370	370	400	500	388
水生	300	200	300	300	400	300

水、陸生氣室寬度(μ)比較

環境 \ 株	1	2	3	4	5	平均寬度
陸生	330	440	500	450	350	414
水生	270	300	270	260	300	280

氣室平均密度比較

環境	氣室平均密度
陸生	866 個/cm ²
水生	1031 個/cm ²

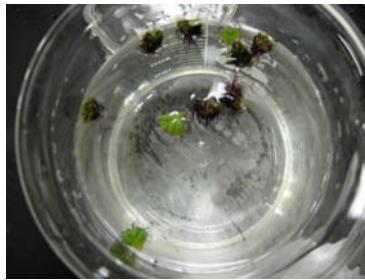
結果顯示：路升浮蘚的氣室變大、密度變小。

(四)水域浮蘚的翻面和質心關係

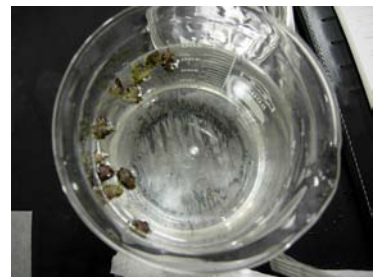
實驗：未去除鱗片



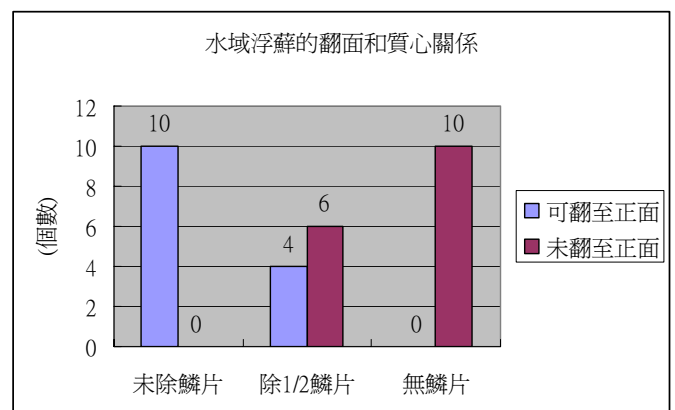
實驗：除去一半鱗片



實驗：除去所有鱗片



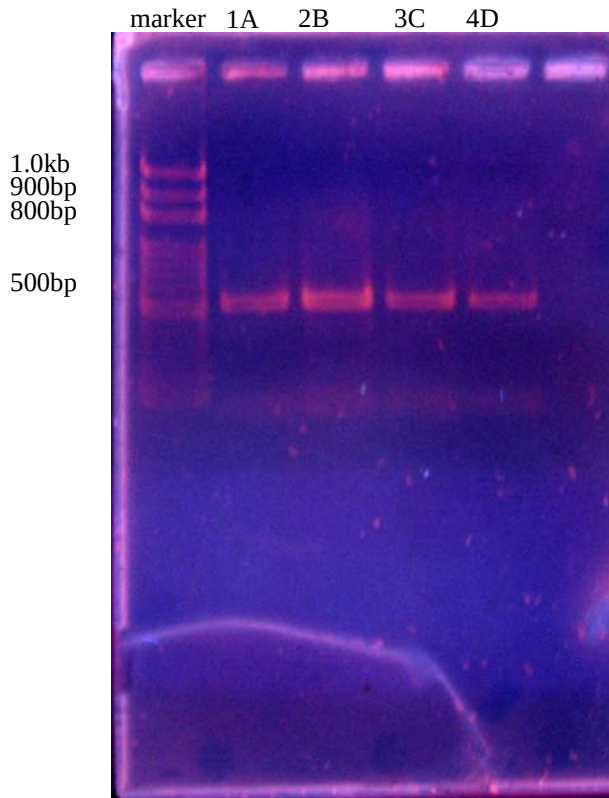
鱗片 \ 比例	可翻至正面	未翻至正面
未除鱗片	100%	0%
除 1/2 鱗片	40%	60%
無鱗片	0%	100%



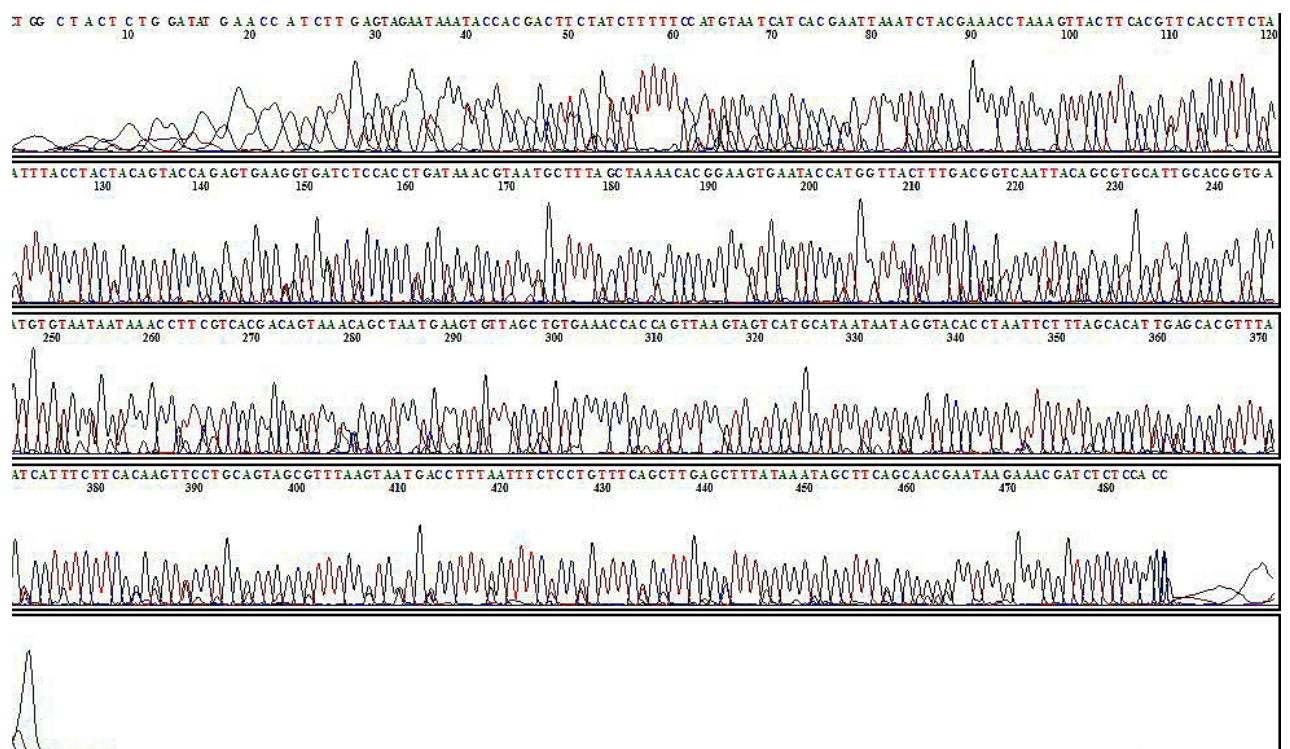
六、浮蘚與其他種陸生蘚 DNA 親緣關係分析之探討

(一)四蘚類的樣本 rbcL 之 DNA 定序結果：

	浮蘚(1A)	錢蘚(2B)	淺刻地蘚(3C)	毛地蘚(4D)
Base pair(bp)	441	475	419	426
kiloDalton(kDa)	135.82	147.34	129.66	132.12



(二)下圖為浮蘚 rbcL gene 的 DNA 定序波峰圖：

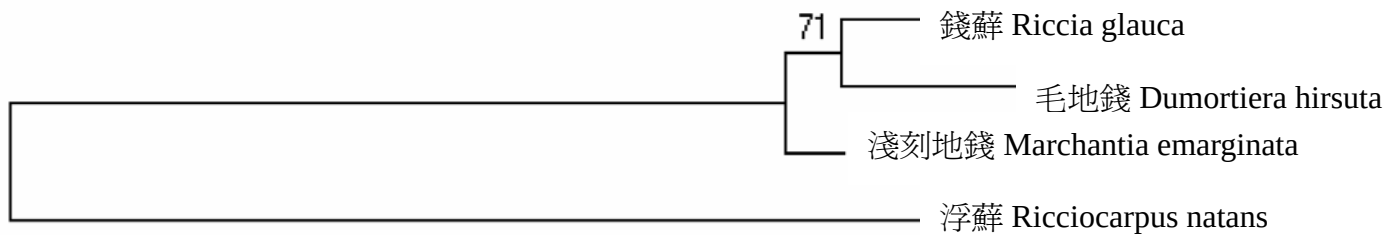


(三)我們利用 DNA sequence 及程式 AlignX 做出下表：

(下表中百分比為各 DNA 以浮蘚當作參考值的相似度比較)

100%	浮蘚	(1)	1	10	20	30	40	55					
80.8%	錢蘚	(1)	-----TATA	CTCTCTGA	AGCTACAGGC	ATACTCTGG	CAAGAA	CA--CAAT					
84.1%	淺刻地錢	(1)	TTGGAGAGAT	CGTTTCTT	ANTTGTAG	CAGAAAG	CTCTTTAT	AAAGCTCAAGCAGAA					
76.2%	毛地錢	(1)	-----	-----	-----	-----	CAATCT	CAAGCTGAA					
	Consensus	(1)	-----	CT	ATAG	ACTCTTT	CAAATCT	CAAGCTGAA					
Section 2													
	浮蘚	(56)	56	70	80	90	100	110					
	錢蘚	(48)	CTTGAGTAA	ATAAATAC	CACGACTT	CNATCT	TTTTCNAT	GTAACATCA	GNAT				
	淺刻地錢	(16)	ACTGGCGA	AATTAAAGG	CATTATTT	AAATGCG	ACTGCAGG	TACATCT	GAGAAA				
	毛地錢	(23)	ACAGGGCG	AGATTAAAGG	CATTACTT	GAATGCG	CACTGCAGG	TACATGT	GAGAGA				
	Consensus	(56)	ACTGGCGA	AATTAAAGG	CATTACTT	AAATGCT	ACTGCAGG	TACTTGT	GACGAAA				
Section 3													
	浮蘚	(103)	111	120	130	140	150	165					
	錢蘚	(111)	TGAATCTAC	GAAACCT	AAAGT	TACTTC	ACGTTC	ACCTTTC	TAACTTAC	NAACA			
	淺刻地錢	(71)	TGATAAAAC	GTG--	CAGTAT	GTGCTAG	AGAGTT	TAGGTGT	ACCAAT	TGTTAT	TGCA		
	毛地錢	(78)	TGATGAAAC	GTG--	CAGTAT	GTGCTAG	AGAGTT	TAGGTGT	TCCAA	T--RTT	TATG		
	Consensus	(111)	TGAT	AAACGAG	CAGAAT	GTGCTAG	AGAGTT	TAGGTGT	TTCCT	TATTGTT	TATGCCA		
Section 4													
	浮蘚	(158)	166	180	190	200	210	220					
	錢蘚	(163)	TGACTATTT	TAAC	TGGTGGT	TTTACT	GTCAA	TA	ACT	---AG	TTT-AG	CT---	CAT
	淺刻地錢	(123)	NGACTACT	TTAAC	TGGTGGT	TTTACT	GTCAA	TA	ACT	---AG	TTT-AG	CT---	CAT
	毛地錢	(130)	TGACTATTT	NAC	TGGTGGT	TTTACT	GTCAA	TA	ACT	---AG	TTT-AG	CT---	CAT
	Consensus	(166)	TGACTATTT	TAAC	TGGTGGT	TTTACT	GTCAA	TA	ACT	---AG	TTT-AG	CT---	CAT
Section 5													
	浮蘚	(213)	221	230	240	250	260	275					
	錢蘚	(209)	TAT	TGTCGT	GAC	CAATGG	TTTACT	TT--CTTC	ACATT	CA	CGTGC	AATGC	ACGCT
	淺刻地錢	(170)	TTCTGTC	GTGAC	ANANG	GGTTT	TTCTT--	CTTCAC	ATT	CA	CGTGC	AATGC	ACGCT
	毛地錢	(176)	TNCTGTC	GTGAC	CAACGG	TTTACT	TT--CNCC	ANATT	CA	TCG	TGCT	TATGC	ATG
	Consensus	(221)	T	CTGTCGT	GAC	CAATGG	TTTACT	TT--CTTC	ACATT	CA	CGTGC	AATGC	ACGCT
Section 6													
	浮蘚	(266)	276	290	300	310	320	330					
	錢蘚	(261)	TTCTTTG	ATAG	ACAAAA	AAATC	-ATGG	TATGC	ATTT--	CCGT	GTATTAG	CTAAG	GGCT
	淺刻地錢	(223)	TTATTGAC	CTG	CAAAAA	AAATC	CANG	TATGC	ATTT--	CCGT	GTATTAG	CTAAG	GGCT
	毛地錢	(228)	TTATAGAC	NGAC	AAAAAA	AAATC	-ATGG	TATGC	ATTT--	CCGT	GTATTAG	CTAAG	GGCT
	Consensus	(276)	TTATTGAC	GTCA	AAAAAA	ATCCAT	TGGTAT	GCATTT	CCGTGT	ATTAG	CTAAG	GGCT	
Section 7													
	浮蘚	(314)	331	340	350	360	370	385					
	錢蘚	(314)	GTTG--	T-TAG	CTGTGA	AAACCA	CACTTA	AGTAGT	CATG	CTAAT	TAATAG	GGTAC	CAC
	淺刻地錢	(278)	TTACGTTT	TATCT	GTTGG	GAGAC	CTTTT	CACT--	CTGGT	ACTGT	TGTAG	GGTAA	AC
	毛地錢	(281)	TTACGTTT	TATCT	GTTGG	GAGAT	CACTTT	CACT--	CNGGT	ACTGT	TGTAG	GGTAA	AC
	Consensus	(331)	TTACGTTT	TATCT	GTTGG	GAGAC	CACTTT	CACT	CNGGT	ACTGT	TGTAG	GGTAA	AC
Section 8													
	浮蘚	(366)	386	400	410	420	430	440					
	錢蘚	(366)	CTAA--	TTC---	TTTAG	CACTT	GAGCA	--CGT	TA	ANCAT	TTTCT	TCA	CAAGTT
	淺刻地錢	(330)	TTGAAGGT	GAC	CGTGA	AGTTACT	TTAGG	GTTTGT	AGATT	TTCTG	CTGAT	GATTA	
	毛地錢	(333)	CAGAGGG	AGAA	CGTGA	AGTTACT	TTAGG	TTTGTG	ATTAC	CTCG	GATTA		
	Consensus	(386)	TTGAAGGT	GAC	CGTGA	AGTTACT	TTAGG	TTTGTG	ATTACT	TTCTG	TGAT	GATTA	
Section 9													
	浮蘚	(413)	441	450	460	470	480	495					
	錢蘚	(421)	TATTG	AAAAAG	ATAGAA	GTCTG	TGGTGT	TTATTT	TTTACT	CAAG	ATTGG	GGTTT	CTTTA
	淺刻地錢	(385)	NATNG	AAAAAG	ATAGAA	GTCTG	TGGTGT	TTATTT	TTTACT	CAAG	ATTGG	GGTTT	CTTTA
	毛地錢	(388)	TATCG	AAAAAG	ATAGAA	GTCTG	TGGTGT	TTATTT	TTTACT	CAAG	ATTGG	GGTTT	CTTTA
	Consensus	(441)	TAT	GAAAA	AGAT	GAAGT	CTG	TGGTGT	TTATTT	TTTACT	CAAG	ATTGG	GGTTT

(四)利用定序 DNA sequence 和演化樹程式 MEGA4 得到下表：



圖中的 71 表示程式將有 71%的機率將此三種(錢蘚、淺刻地錢、毛地錢)歸為同一類，若無顯示，表示機率低於 50%

陸、 討論

2. 在形態的觀察上，浮蘚與陸生的淺刻地錢最大的不同在：
 - (1)浮蘚有相當長且多而厚扁的鱗片，為多細胞，有助於浮力的產生。
 - (2)浮蘚的個體形態為單獨漂浮的『獨行俠』型，較適合在水面拓展地盤；不似陸生淺刻地錢採取二叉分支的蔓延，較適合在陸地上拓展地盤。
 - (3)二者皆已在上表皮處發展出氣孔，但浮蘚的氣孔明顯的小於淺刻地錢，密度卻遠大於後者。由前人田間實驗結果已知：葉片上每單位面積內氣孔面積大而數目少的植物，其水分蒸散量比單位面積內氣孔面積小而氣孔數目多的植物少。例如：100 個面積為 a 的小氣孔，其水分蒸散量為一個面積為 $100a$ 之大氣孔的 10 倍。由此實驗結果數據可知單位面積內，浮蘚葉狀體表面蒸散量比陸生地錢大得多，這應和其為水生，水源不虞匱乏有關吧！
3. 在構造的觀察上，浮蘚與陸生的淺刻地錢最大的不同在：
 - (1)二者皆主要由背、腹兩層組織構成，且背層皆為綠色可行光合作用的營養細胞排列成柱狀，柱狀之間有小氣室。但腹層則有明顯的差異：浮蘚為充滿著大氣室，以增加浮力，陸生地錢則改以含有澱粉的儲存細胞形態存在。
 - (2)浮蘚無雌托，孢子囊藏於假中肋的分生組織中，孢子較大，壁較厚。孢子囊內無彈絲，可以解釋為：因其生活於水中，孢子囊又存在於假中肋的分生組織間，在行繁殖後可自然掉落水中進行散佈，故不需要彈絲。
4. 在生殖機制的差異上：
 - (1)浮蘚的有性生殖因季節之故，我們無法觀察到藏精、卵器，但由網路上資料可知其為雌雄同株，相較於淺刻地錢的雌雄異株，應屬較原始的形式。(生物有由雌雄同體演化為雌雄異體的趨勢)。
 - (2)無性生殖方面，除了皆有孢子繁殖外，浮蘚為裂殖法，淺刻地錢卻有特化的生殖構造：孢芽杯，似乎也顯示後者為較進化的物種。
 - (3)浮蘚的裂殖生殖：浮蘚裂殖由中間分生組織向下分裂，所以個體長與寬的比值逐漸增大，與預期結果相同。分裂後的浮蘚長、寬未必比平均比值最小組小，顯示最小裂殖長、寬應比實驗值更小。
 - (4)淺刻地錢的孢芽繁殖法：地錢孢芽置入鋪有棉花的花寶一號中，約三天後個體開始膨脹，最快七天後始有鱗片萌發，最慢則是九日，寬約為 20μ 。個體成長每日長、

寬增加約 50μ ，一星期後始有明顯淺刻地錢之二叉葉出現，且其鱗片會紮根於棉花上。另外，在觀察期間，利用花寶一號培養的培養皿會生長黴菌，改用水耕液培養則無此現象。

- (5) 孢子繁殖速率：最初幾次實驗等待很久皆沒有萌發，推測是因為當時環境溫度的影響（室溫約 10°C ）；後來天氣回溫（室溫約 20°C ），即有觀察到孢子萌發。孢子之等待萌發期最短為一星期，萌發管呈透明長條狀，末端有綠色顆粒，推測是葉綠體。一代之間，浮蘚每株理想上能產生 3440 個後代，而淺刻地錢就單一雌托而言，就能產生 9489~18978 個後代，由此可知地錢的理想孢子繁殖數為浮蘚的 3~6 倍。

(6) 浮蘚裂殖法繁殖速率

浮蘚一季(三個月)可以產生 $2^{90\text{天}/T}=74$ 個子代（ T 為裂殖法所得之平均裂殖週期=14.5 天）。

- (7) 由淺刻地錢的孢芽繁殖實驗，可知每株一次可產生 76 個子代，如果這也是一季之間的繁殖數，則和浮蘚裂殖法的繁殖速率無甚差異（74 個/季）。

5. 各水體的水質分析結果顯示浮蘚生存的水塘在 pH 值和總磷量與其他水體無甚差異，但溶氧量及混濁度明顯較高，總氧量卻較低。水質檢測應是長期分析才有意義，但因路途遙遠，無法實踐，故此數據僅做為參考。

6. 我們覺得有趣的是：為何世界各地和浮蘚其同生存的物種都是浮萍和滿江紅？它們三者之間是競爭關係還是互相依存關係？由實驗結果顯示：

(1) 單獨生長速率：浮萍>滿江紅>浮蘚

(2) 競爭力：浮萍>滿江紅>浮蘚

(3) 由上可知，雖然浮蘚極適應水生，但和其他較進化的水生滿江紅（蕨）、浮萍（顯花植物）競爭卻是相對弱勢。

(4) 和滿江紅共生的念珠藻有固氮能力，不知是否也有助於滿江紅外的族群的生長，由我們的實驗尚無明顯的證據支持此一推論。

7. 浮蘚『登陸』後：(1)鱗片的寬度明顯增大，長度則變短，推測有助於其附著力及吸水力的提升；(2)生長速度雖沒有差異，但裂殖速度卻增加很多，相當有趣；(3)氣室大小變大，密度則變小。

8. 鱗片是水生浮蘚的重要浮力來源，也是其維持正確『姿態』的重要構造：由實驗發現，當鱗片除去時，浮蘚無法翻回正面；鱗片除去一半時，能翻至正面的個數下降；鱗片未除時，則必定會翻至正面。推測是因為鱗片的多寡導致質心的改變，進而影響其翻轉的能力，因此我們認為鱗片是浮蘚翻至正面的重要因素。

9. 實驗進行至接近三月時，原為健康之浮蘚葉狀體開始產生與平常浮蘚不同的分支現象，且葉綠素會漸漸褪去。日後我們前往南投埔里原採集地，發現田中的浮蘚亦有此生長情況，推測應屬季節變化的正常發育情形。

10. 後來我們在冬末春初時再去埔里，發現茭白筍田中的水進入枯水期，而浮蘚仍能生存在水塘旁溼地中，我們推測此時為孢子散播期，春天為葉狀體發育期，夏天進行有性生殖，秋天為受精後孢子囊的孕育，但是否確是如此，有待進一步的長期觀察。

11. 由 DNA sequence 的定序而做出的演化樹可看出，浮蘚的親緣關係和淺刻地錢、毛地錢、錢蘚的親緣關係較遠，屬於較原始的種類。再由本實驗的形態、構造、生殖方式的觀察結果，和上述推論相符合。

柒、 結論

浮蘚是苔蘚植物中的異類。苔蘚類是被視為首先登陸的植物，浮蘚卻仍在水中飄盪，但在枯水期，它也能擱淺在濕地中繼續生存。根據我們在形態、構造、生殖上的觀察研究，顯示其不但有極適應水生生活的構造及生殖策略，也有初步適應陸地生活的能力。但它的各方面構造都顯示較簡單的形質，且沒有證據顯示有退化的構造，故我們認為它的演化地位較像動物界的兩生類，而非回到水中的鯨魚；應屬較原始的種類，即從未真正登陸過。

浮蘚在形態、構造上都顯示其相當適合水中的生活，但事實上並不普遍存在於各水體，可能是因為環境變遷、水質不佳所造成。另外，在水體競爭上，不如水生蕨類及顯花植物，在陸域競爭中以生殖方式而言，無論有性、無性構造，子代繁殖數皆不如陸生的淺刻地錢。

我們根據 DNA 親緣分析所建立的演化樹得知：浮蘚相較於淺刻地錢、毛地錢、錢蘚，屬於較原始的物種，和我們的推論十分吻合。

捌、 未來展望

- 一、我們希望持續觀察至發現藏精、藏卵器的發育始末，進而瞭解浮蘚的生活史全貌。
- 二、由於溫度的影響，致使浮蘚孢子無法早日萌發，以及浮蘚的生長緩慢，因此希望日後繼續觀察並找出由萌發至成體所需的時間。
- 三、我們希望能夠證實浮蘚、浮萍、滿江紅之間的共存關係，得知浮萍與滿江紅對於浮蘚的生長的確實關係。

玖、 參考文獻

1. 林善雄 2007 台灣蘚類植物圖鑑 行政院農業委員會印行
2. 李學勇 民 76 基礎植物學 國立編譯館
3. 蔡淑萍 民 83 植物解剖學 國立編譯館
4. 陳建志等 地錢孢子萌發之研究 第 37 屆科展作品
5. 諸亞儂等 高中生物第一冊第八章 國立編譯館

附錄

埔里菱白筍水塘的水質測驗結果：

檢驗項目：PO₄-P

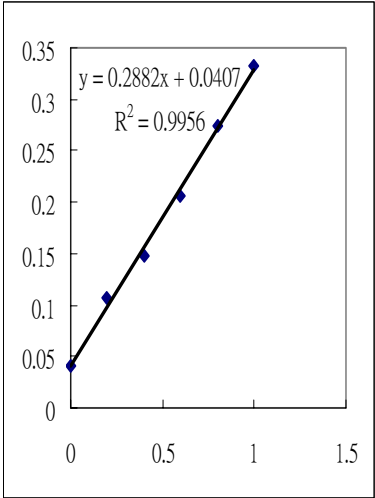
樣品編號	樣品體積 (mL)		最終體積 (mL)		檢液測試		稀釋 倍數	樣品 濃度 (mg/L)	平均 濃度 (mg/L)	檢量線		
	原取 量	處理 後	分取 量	檢液	吸光度	檢液 濃度 (mg/L)				編號	濃度 (mg/L)	吸光度
Blank	50	50	50	50	0.013	0.01	1	0.00	0.00	STD1	0	0
新竹郊區水田	0.25	50	50	50	0.017	0.02	200	2.94	2.94	STD2	0.05	0.042
清大成功湖	0.25	50	50	50	0.013	0.02	200	4.30	4.30	STD3	0.1	0.071
埔里有浮蘚的水塘	0.25	50	50	50	0.023	0.03	200	3.04	3.04	STD4	0.2	0.132
埔里無浮蘚的水塘	0.25	50	50	50	0.012	0.01	200	3.16	3.16	STD6	0.5	0.336

$y = 0.6639x + 0.0032$
 $R^2 = 0.9993$

添加分析	樣品編號 (SPIKE)	稀釋倍數	標準添加量 mg/Lxml	樣品量 mg/Lxml	吸光度	添加實測 量 mg/Lxml	添加回收 率 (p%)
	成功湖	200	0.50*25	0.02*25	0.182	0.27*50	104
檢量線	確認濃度 (mg /L)		檢測濃度 (mg /L)		相對誤差值(±%)		
確認	0.1		0.101		1		

重複分析相對偏差(R%)	查核樣品回收率 (X%)
-	101
備 註	相對誤差值容許範圍(±15%)

檢驗項目：NO₃⁻-N

樣品編號	樣品體積 (mL)		最終體積 (mL)		檢液測試		稀釋 倍數	樣品 濃度 (mg/L)	檢量線		
	原取 量	處理 後	分取 量	檢液	吸光度	檢液 濃度 (mg/L)			編號	濃度 (mg/L)	吸光度
Blank	50	50	50	50	0.037	-0.014	1	-0.014	STD1	0	0.041
新竹郊區水田	5	50	5	50	0.133	0.321	10	3.207	STD2	0.2	0.108
清大成功湖	5	50	5	50	0.051	0.037	10	0.372	STD3	0.4	0.147
埔里有浮蘚的水塘	5	50	5	50	0.044	0.011	10	0.109	STD4	0.6	0.205
埔里無浮蘚的水塘	5	50	5	50	0.095	0.189	10	1.893	STD6	1	0.333
											

添加 分析	樣品編 號 (SPIKE)	稀釋 倍數	標準添加 量 mg/LxmL	樣品量 mg/LxmL	吸光度	添加實測量 mg/LxmL	添加回收 率 (p%)
	成功湖	10	0.6*25	0.372*2.5	0.136	0.332*50	104.15
檢量線 確 認	確認濃度 (mg /L)		檢測濃度 (mg /L)		相對誤差值 (±%)		

	查核樣品 回收率 (X%)
	104.29
備 註	相對誤差值 容許範圍 (±15%)

【評語】 040701

1. 能從教材出發，設計演化的實驗，雖改變未能完全符合生物演化趨向，但以現有結果，能提出比較歸納後的看法，值得讚許。
2. 從鄉土物種出發，唯未與筴白筍生長綜合討論，實可再加強。