

中華民國第四十八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

最佳(鄉土)教材獎

031719

「節節」高「生」環境因子對圓葉節節菜生長、生存之影響

學校名稱：臺北縣立永和國民中學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 國二 陳奕良 國二 李語荃 國二 游千千 國二 趙以琳 | 指導老師： 黃正龍 呂妙芬 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：圓葉節節菜、環境因子、溫度

壹、摘要

本研究探討台灣原生種圓葉節節菜的外觀、形態、環境適應及生存策略，使其資料有更完整的記錄，以提供教學及生活應用，並作為進一步研究的基礎。結果發現：

1. 改變環境因子可使圓葉節節菜形態有多樣的變化。
2. 圓葉節節菜適合中性水質，環境耐受度高。
3. 在生存策略上，溫度的波動應是關鍵的物理因子，在圓葉節節菜發展沉水葉或挺水葉的傾向上扮演重要角色。

本研究結果可用來推廣圓葉節節菜在水族造景上的應用，減少引進外來種造成環境的衝擊；而物種族群概況調查、同環境下生存物種間的交互作用等，則為值得延伸研究的方向。

貳、研究動機

七年級下學期時，生物課有個章節談到了植物的生態，經過老師的講解，我們對水生植物特別感興趣，便上網尋找相關的資料，赫然發現——「圓葉節節菜」以娉婷妍麗的身姿，榮登 2007 年關渡自然公園網路票選水生植物「第一名模」的寶座，而她形態多變，是水陸兩棲性植物，葉片分為沉水葉、挺水葉，遇到不同環境時還會變色，更博得「水中魔術師」的美名。因此，我們便對她產生強烈的好奇心，決定著手研究。

參、研究目的

一、建立圓葉節節菜的基本資料研究

- (一)、觀察圓葉節節菜的外觀及形態構造。
- (二)、觀察圓葉節節菜的解剖構造。

二、了解圓葉節節菜的環境適應

- (一)、了解水的 pH 值對圓葉節節菜的影響。
- (二)、了解水的深淺對圓葉節節菜的影響。
- (三)、了解水的流速對圓葉節節菜的影響。
- (四)、了解光照強度對圓葉節節菜的影響。

三、探討圓葉節節菜的生存策略

- (一)、找出影響圓葉節節菜生長發育的關鍵因子。
- (二)、探討圓葉節節菜的兩棲特性在生存上的意義。

肆、研究設備及器材

- 一、基本觀察：照相機、複式顯微鏡、解剖顯微鏡、顯微照相機、玻片。
- 二、氣孔數目觀察：玻片、指甲油、複式顯微鏡、目鏡測微器。
- 三、環境因子實驗：魚缸 24 個、土、沙子、植株 36 株、pH 值調低液、尺、pH 值調高液、色票、電子 pH 值測量器、光度計、紗網、標籤、不同型號沉水馬達三個、紙箱、膠布、鐵絲、剪刀。
- 四、氣溫與水溫關係實驗：溫度計、恆溫箱。

伍、研究過程與方法

一、不同來源植株的觀察

(一)野外觀察

- 1.到關渡、社區大學、陽明山二子坪、大屯坪觀察、採集圓葉節節菜。
- 2.將採集回來的圓葉節節菜分別種植並觀察拍照。

(二)觀察人工種植的植株

- 1.購買水族館及網路上的圓葉節節菜。
- 2.將購買回來的圓葉節節菜分別種植並觀察拍照。

二、形態觀察

(一)基本觀察

- 1.取圓葉節節菜植株，觀察其葉、莖、根的特徵。
- 2.記錄並照相。

(二)顯微觀察

- 1.莖的觀察：
 - (1)觀察圓葉節節菜莖的橫切面構造並製成玻片標本。
 - (2)用顯微鏡觀察，記錄並照相。
- 2.葉的觀察：
 - (1)觀察圓葉節節菜挺水葉、沉水葉的葉上表皮和葉下表皮並製成玻片標本。
 - (2)用顯微鏡觀察，記錄並照相。
- 3.花的觀察：
 - (1)取圓葉節節菜的花其中一朵及其雌蕊。
 - (2)用解剖顯微鏡觀察，記錄並照相。
- 4.種子的觀察：
 - (1)取圓葉節節菜種子製成玻片標本。
 - (2)用複式顯微鏡觀察，記錄並照相。
- 5.氣孔數目的觀察
 - (1)取圓葉節節菜挺水葉和沉水葉各 5 片。
 - (2)在葉上表面、葉下表面塗上指甲油，待乾燥後撕下表皮，並製成玻片標本。
 - (3)用載物臺測微器校正目鏡測微器上的刻度(目鏡測微器上所觀測到的一格約等於0.0093333mm)。
 - (4)在目鏡(15X)上放兩片目鏡測微器，對齊刻度並使其互相垂直。
 - (5)以目鏡15X、物鏡10X的倍率觀察，記錄並照相；以校正之資料計算氣孔密度。

三、環境因子對植株生長影響的實驗

我們要探討各種環境因子，如：水的 pH 值、水的深淺、水的流速及光照強度等，對圓葉節節菜的葉片數量、生長範圍、分枝狀況、大小及顏色的影響，於是我們設計了以下四個實驗。

(一)實驗前準備

- 1.取 2~3 個魚缸(24.5cm×14.5cm×24cm)，填土 5 公分，加入水(水的深度：水的 pH 值組、光照組各 5cm、水的深淺組中的深水環境(水深 15cm)、淺水環境(水深 2cm)、水的流速組(水深 10cm)。

- 2.切下圓葉節節菜的莖 10 公分，拔除葉片，並保留 2 個 3 公分的根。
- 3.調整好水的 pH 值、水的深淺、水的流速及光照強度後，將植株插入土中，每缸三株，分左、中、右三處植入(後文以此做代號稱呼)。

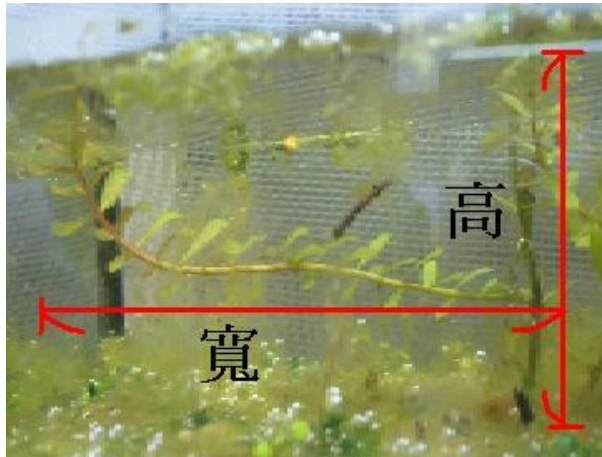
(二)環境因子對植株生長影響的實驗

1. 水的 pH 值組實驗:分別加入 pH 值調高、調低液將水的 pH 值調為 pH=4、pH=7、pH=10。
2. 水的深淺組實驗：分別加入水，使水深分別為 2cm 及 15cm。
3. 水的流速組實驗：
 - (1)、沉水馬達水流速測定實驗：
 - a、利用五條棉線作出一個長 25 cm，寬 5 cm的水道。
 - b、用乒乓球當作漂浮物，測量不同型號馬達的水流速率。
 - c、裝置好沉水馬達型號 Rio50，把乒乓球放置在預備區，等球飄過起點線就開始計時，碰到終點線就停止計時，並記錄時間。
 - d、c 的實驗步驟重複做十次後，計算這十次的平均水流速，即為沉水馬達 Rio50 的水流速。
 - e、將沉水馬達換成型號 Rio90、Rio180，分別重複 c、d 實驗步驟，算出沉水馬達 Rio90、Rio180 的水流速。
 - f、由此實驗結果可知，沉水馬達 Rio50、Rio90、Rio180 的水流速分別為 2.4cm/sec、16.4cm/sec、27.4cm/sec。
 - (2)、分別在魚缸內放入沉水馬達 Rio50 (2.4cm/sec)、Rio90(16.4cm/sec)、Rio180(27.4cm/秒)，實驗不同水流速對植株生長的影響。
4. 光照組實驗：在魚缸外包上不同數量的紗網，並用光度計測量各盆正午時的光照強度，分別為：一層遮光環境(正午光照強度 880LUX)、三層遮光環境(正午光照強 298LUX)及全遮光環境 (正午光照強度 2LUX)，(正午原光照強度 1338LUX)。

(三)觀察記錄及統計的方法

為了方便觀察、比較實驗結果，我們將實驗的記錄與統計分成下列五個項目：

1. 葉子數量的記錄、統計：
 - (1)、每三或四天記錄一次每組分枝的葉子數量。
 - (2)、以每缸的葉子總數，比較其生長情況。
2. 植株生長範圍的記錄、統計：
 - (1)、測量各植株生長空間的長與寬。
 - (2)、比較其生長方向，並製成圖表分析。
3. 植株分枝狀況的記錄、統計：
 - (1)、先計算各組每一盆植株的分枝數量。
 - (2)、再測量各組每一盆植株各分枝的長度。
 - (3)、計算各組每一盆植株各分枝上的葉片數量。
 - (4)、將(3)計算的葉片數量，以株為單位，計算其平均。
 - (5)、以其分枝數量、長度及各分枝上葉片數量的平均值，比較其生長形態的不同。
4. 葉子形狀、大小的記錄、統計：
 - (1)、取植株每個分枝上的三片葉子(分枝前端、中間、後端各一片)測量其長、寬。
 - (2)、用(1)的結果，計算每株植株葉子的平均長寬。
 - (3)、比較其葉子形狀、大小，並製成圖表分析。
5. 葉子顏色的記錄、統計：
 - (1)、用色票比對每盆中所有的葉子顏色。
 - (2)、比對葉上表面，分為綠色及紅色。
 - (3)、比對葉下表面，分為綠色及紅色。
 - (4)、製成圖表分析。



A.植株範圍測量方式：

高：取植株頂端與底土表面的垂直距離

寬：所有分枝與底土平行的最寬長度



B.分枝長的測量方法：

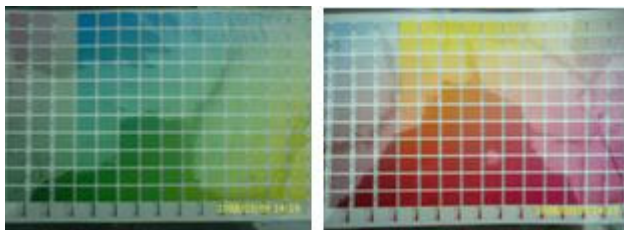
取各分枝從生長點到枝梢最長距離



C.葉片大小測量方法：

長：取葉片最長的距離

寬：取葉片最寬的距離



D.色票

以色票上的顏色區塊來對照出最接近的葉片顏色

(每個顏色的淺深度為 5%~100%)

圖一、葉片形態表示方法

四、圓葉節節菜生存策略的探討

(一)歸納影響圓葉節節菜生長發育的關鍵因子

- 1、至氣象局網站下載台北測候站於本研究期間之日照度及氣溫等氣象資料
- 2、將氣象資料與各組生長狀況(以每天葉片的平均增減數量作代表)作對照，交叉比對各環境因子對圓葉節節菜生長的影響；歸納出關鍵的物理因子。

(二)解釋圓葉節節菜兩棲特性在生存上的意義

- 1、深入探討上一步驟所歸納出之關鍵因子(*註 1)，對照比較其與圓葉節節菜沉水葉及挺水葉發展傾向的關係。
- 2、解釋圓葉節節菜的兩棲特性在生存上的意義，推測其生存策略。

*註 1：由於歸納結果認為環境溫度的波動是影響圓葉節節菜生長的關鍵物理因子，因此進行了以下的延伸實驗：


實驗目的：了解氣溫變化與水溫變化的關係

- 1、取四個魚缸(24.5cm×14.5cm×24cm)，填土 5cm。
- 2、分別加入水 2cm、5cm、10cm、15cm。
- 3、將水盆放入恆溫箱中，先將溫度調到 25℃，靜置一段時間。
- 4、將恆溫箱溫度調至 15℃，每十分鐘量一次水溫。
- 5、比較其四條溫度曲線。

伍、研究結果

一、不同來源植株的觀察

| 來源 | 永和社區大學 | 陽明山二子坪 | 陽明山大屯坪 |
|--------|--|---|--|
| 照片 |  |  |  |
| 葉片顏色 | 葉面綠色 | 葉面綠色 | 葉面綠色 |
| 葉片生長方式 | 對生 | 對生 | 對生 |
| 葉片形狀 | 橢圓形或圓形 | 橢圓形或圓形 | 橢圓形 |
| 挺水葉 | 有 | 有 | 無 |
| 莖顏色 | 深紅或綠色 | 深紅或綠色 | 綠色 |
| 花 | 有(粉紅) | 無 | 無 |
| 種子 | 沒有觀察到 | 無 | 無 |
| 種子型狀 | 沒有觀察到 | 無 | 無 |
| 附註 | 多是生長在池塘旁的溼地，或其靠近陸地的的水中。 | 圓葉節節菜也可生長於岩縫中。 | 生長於自然生態公園水池中，水較深。 |

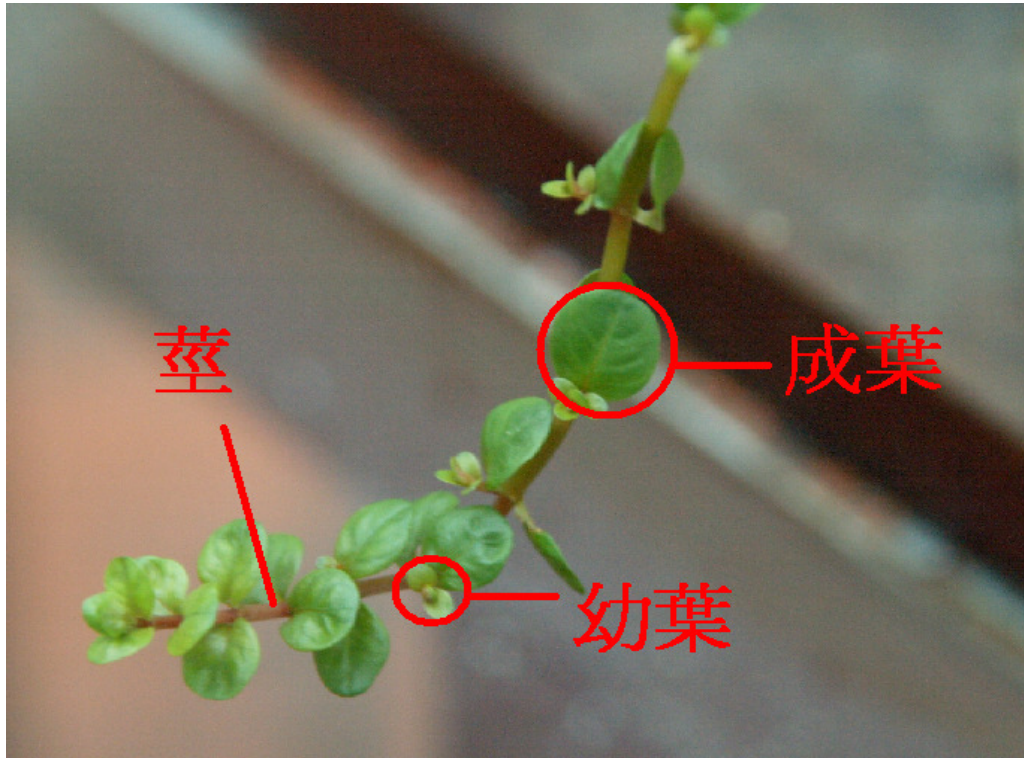
| 來源 | 關渡—水池邊 | 關渡—未照光盆子中 | 二子坪—綠莖 |
|------|---|--|---|
| 照片 |  |  |  |
| 葉片顏色 | 葉表面綠色(墨綠) 葉背紅色 | 葉表面綠色 (綠) | 葉表面綠色 (翠綠) |
| 葉片形狀 | 圓形 | 橢圓形或圓形 | 橢圓形 |
| 挺水葉 | 有(大部分) | 有(少) | 有(少) |
| 莖顏色 | 深紅 | 深紅 | 綠色 |
| 花 | 有(粉紅) | 無 | 無 |
| 種子 | 有 | 無 | 無 |
| 種子型狀 | 橢圓 | 無 | 無 |
| 附註 | ※葉片顏色較深且葉片較厚，花開得十分茂盛，沉水葉最多。 | ※和光照充足的圓葉節節菜比起來，它的顏色較偏黃，且葉片較小。 | ※其形態和其它差異極大，莖皆為綠色，且對生方式不同，葉片呈深綠色。 |

| 來源 | 網購自台東 | 水族館販賣品種 |
|--------|---|--|
| 照片 |  |  |
| 葉片顏色 | 葉上表面綠色 葉下表面粉紅色 | 葉上表面、葉下表面皆紅色 |
| 葉片生長方式 | 對生 | 對生 |
| 葉片形狀 | 圓形 | 長形沉水葉 |
| 挺水葉 | 有 | 無 |
| 莖顏色 | 綠帶粉紅色 | 深紅色 |
| 花 | 無 | 無 |
| 種子 | 無 | 無 |
| 種子型狀 | 無 | 無 |
| 附註 | ※葉片和關渡的相較下較小。 | ※葉片皆為沉水紅葉，詢問專家後，發現是「紅柳」品種。 |

二、形態觀察結果

(一)基本觀察結果

1. 葉：挺水葉多為圓形綠色，若養份夠則會變紅色，其大小也有所不同(如圖二、A)；沉水葉多變化，葉表顏色多為青綠色，葉背多為淺紅色，形態也有長形與寬形之分(如圖二、B)。



A.挺水葉



B.沉水葉

圖二、葉的形態

2. 花：穗狀花序(屬無限花序)，頂生，粉紅或紫紅色。抽長頂生的花序有時可層層開達 20 多朵花，很像粉紅色的三叉狀燭臺(如圖三)。
3. 根：植株漂浮於水上時，會長出固定用的不定根(如圖四)。
4. 莖：為紅色，莖上有節，有生長點(節)的位置才能發芽(如圖五)。
5. 種子：十分細小，肉眼難以發現(如圖六)。



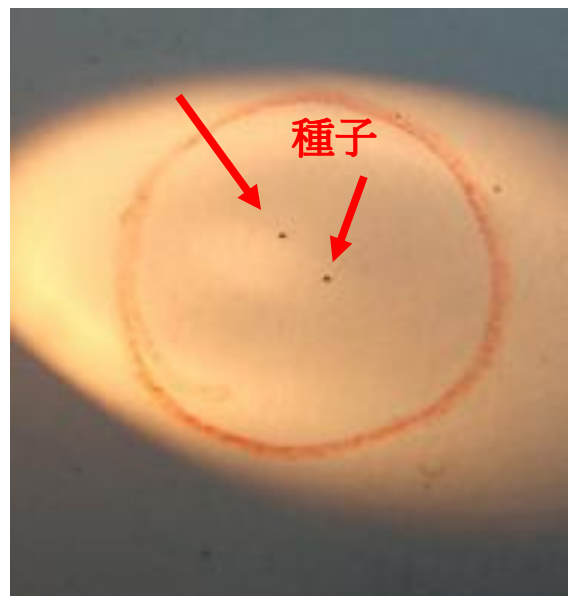
圖三、花序



圖四、根



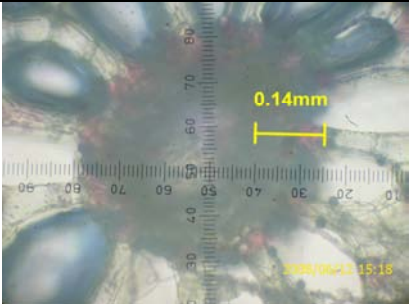
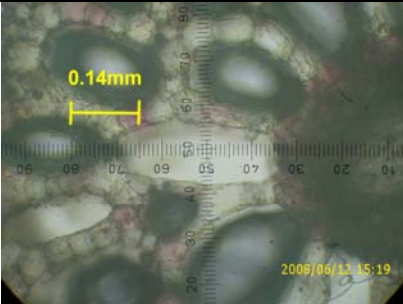
圖五、莖



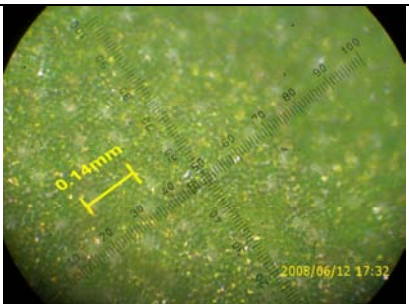
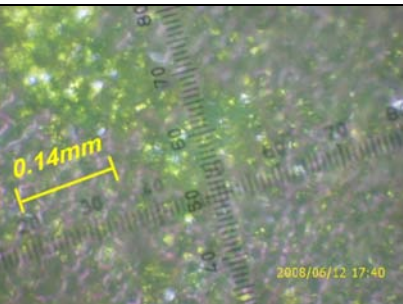
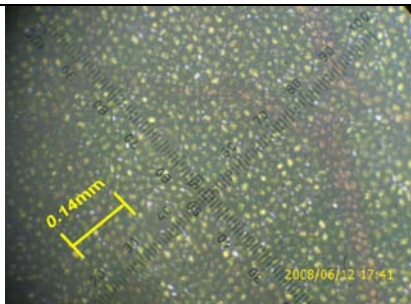
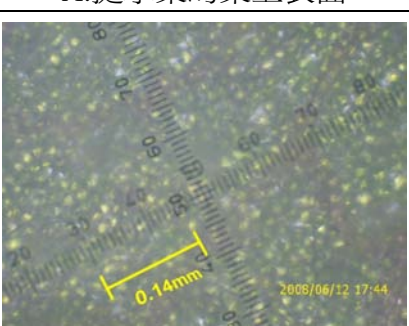
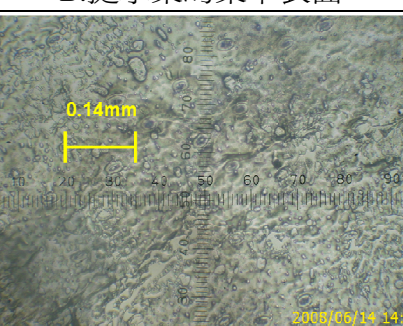
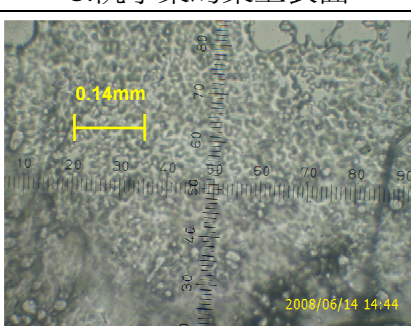

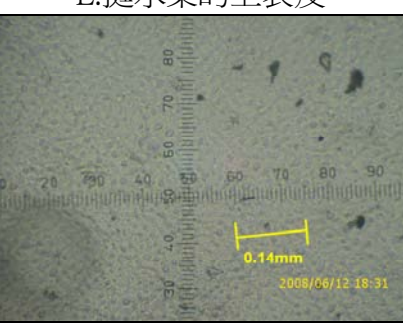
圖六、種子

(二)顯微觀察結果

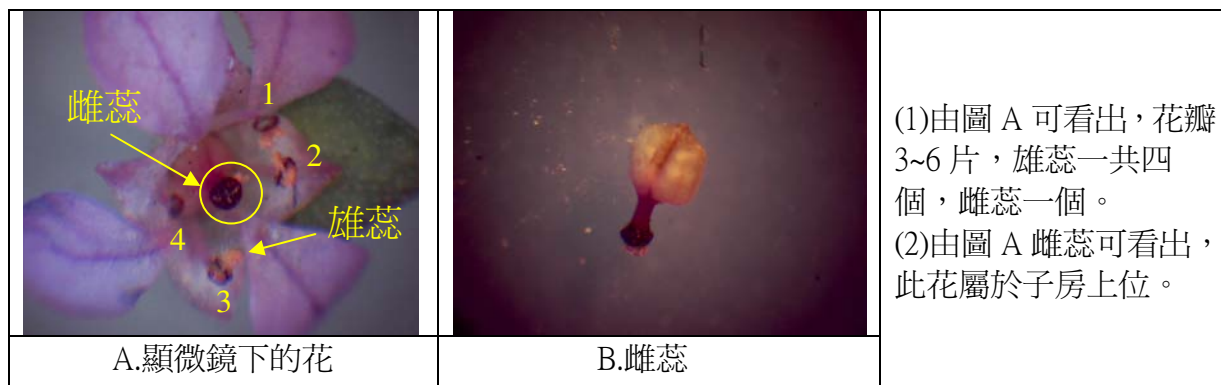
1.莖的觀察結果：

| | | |
|---|---|---|
|  |  | <p>(1)由圖 A 可看出，其橫切片上有許多氣室，莖的中間為微管束。</p> <p>(2)由圖 B 可知莖的大小，約為 1.5mm。</p> |
| A.水下莖橫切顯微照 | B.水下莖橫切顯微照 | |

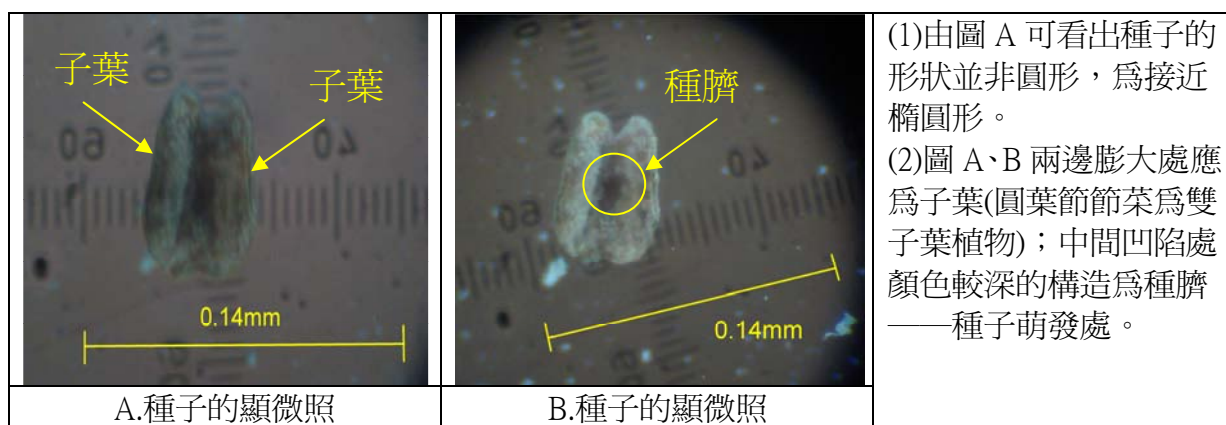
2.葉片的觀察結果：

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| A.挺水葉的葉上表面 | B.挺水葉的葉下表面 | C.沉水葉的葉上表面 |
|  |  |  |
| D.沉水葉的葉下表面 | E.挺水葉的上表皮 | F.挺水葉的下表皮 |
|  |  | <p>(1)由圖 A 及圖 B 可看出，葉綠體十分明顯。</p> <p>(2)由圖 C 及圖 D 可看到明顯的紅色網狀葉脈。</p> |
| G. 沉水葉上表皮 | H.沉水葉下表皮 | |

3.花的觀察結果：



4.種子的觀察結果：



5.氣孔數目的觀察：

| 樣本編號 | 單位面積氣孔數(個/mm ²) | | | |
|------|-----------------------------|--------|--------|--------|
| | 沉水葉上表皮 | 沉水葉下表皮 | 挺水葉上表皮 | 挺水葉下表皮 |
| 1 | 18.3 | 3.4 | 20.6 | 64.2 |
| 2 | 35.8 | 1.1 | 25.2 | 44.7 |
| 3 | 22.9 | 4.5 | 27.5 | 34.4 |
| 4 | 20.6 | 9.1 | 100.4 | 29.8 |
| 5 | 21.8 | 6.8 | 9.1 | 32.1 |
| 平均 | 23.9 | 5.0 | 36.6 | 41.0 |

表一、氣孔數目(四捨五入取小數到第一位)

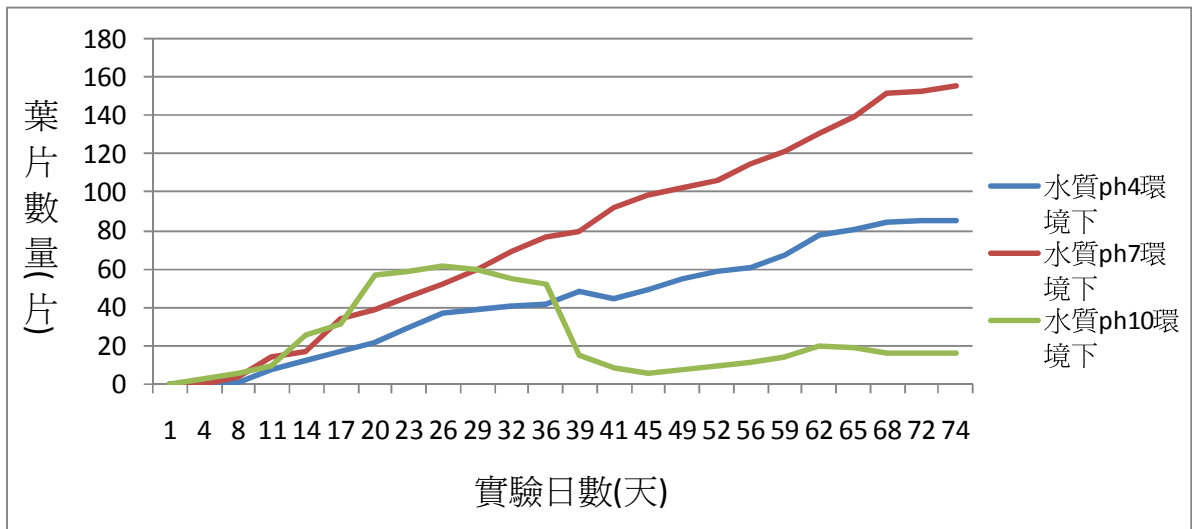
結果分析：

- (1) 由表一可以發現，沉水葉上表皮的氣孔數多於下表皮的氣孔數；挺水葉下表皮的氣孔數多於上表皮的氣孔數。
- (2) 挺水葉的總氣孔數較沉水葉的總氣孔數多。

二、環境因子對植株生長及形態影響的實驗結果

(一)水的 pH 值對植株生長及形態的影響

1. 葉片數量：

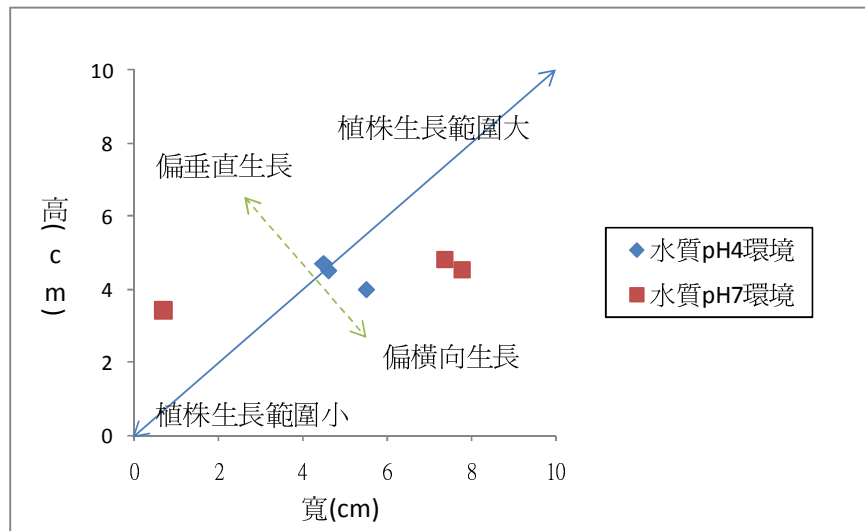


圖七、各種 pH 值水質環境下的葉片數量變化圖

結果分析：

- (1)、實驗過程中（第 1 天至第 29 天）生長最快速及葉片數量最多的是 pH10 水質環境下之植株，再來是 pH7 水質環境，最後是 pH4 水質環境。
- (2)、第 29 天後，pH10 水質環境下之植株的葉片數量逐漸減少；pH7 水質環境下植株的葉片數量持續快速增加；pH4 水質環境下植株的生長速率則較 pH7 水質環境慢，但不致於慢慢減少。
- (3)、實驗最後植株葉片總數量由多到少為：pH7 水質環境 > pH4 水質環境 > pH10 水質環境。
- (4)、以 pH4 水質環境與另兩環境來比較，增加速度雖較其他兩組慢，但並不致於潰爛。
- (5)、以 pH7 水質環境與另兩環境來比較，剛開始的增加速度雖沒有 pH10 水質環境下快，但十分穩定，一直持續成長，並無潰爛的情形，因此最後葉片數量最多，算是長最好的。
- (6)、以 pH10 水質環境與另兩環境來比較，雖然剛開始增加快速，但到了實驗後期，葉片便開始潰爛，數量開始減少，雖後來有些再長出來，但數量卻不多。

2. 植株範圍：



圖八、各種 pH 值水質環境下的植株生長範圍

結果分析：

(1)、依圖八可看出，植株較偏橫向生長。

3. 植株分枝狀況：

| | pH4 水質環境 | | | | pH7 水質環境 | | | | pH10 水質環境 | | | |
|---------|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----------|---|---|----|
| | 左 | 中 | 右 | 平均 | 左 | 中 | 右 | 平均 | 左 | 中 | 右 | 平均 |
| 分枝數 | 2 | 1 | 2 | 1.7 | 5 | 1 | 1 | 2.3 | - | - | - | - |
| 分枝長(cm) | 5 | 6 | 3 | 4.7 | 3.7 | 1.5 | 15 | 6.7 | - | - | - | - |
| 葉/分枝長 | 4.6 | 3.3 | 2.3 | 3.4 | 4 | 2.7 | 3.3 | 3.3 | - | - | - | - |

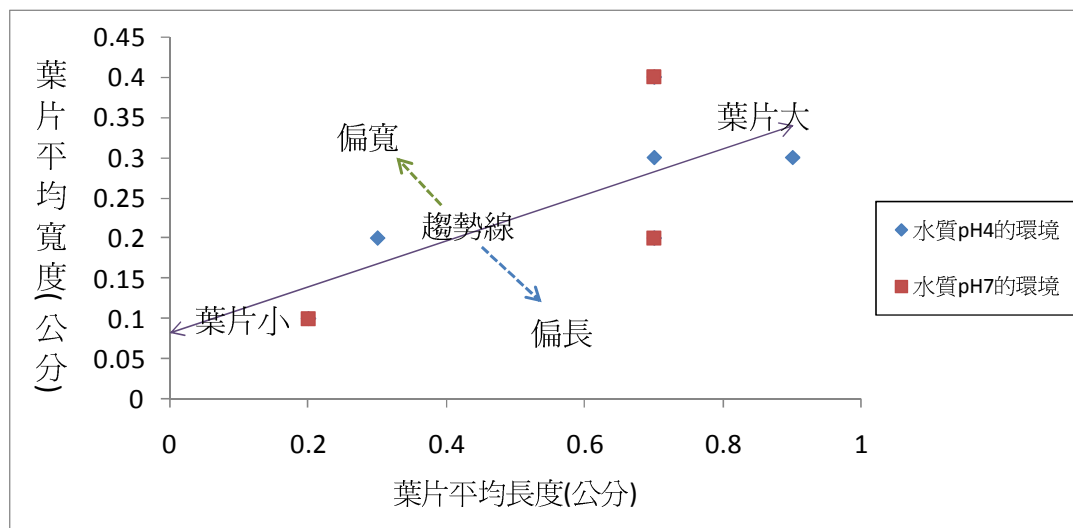
表二、各 pH 值水質環境下植株的分枝狀況

結果分析：

(1)、pH7 水質環境下植株的分枝數較 pH4 水質環境下的植株多。

(2)、pH7 水質環境下植株的分枝上的葉片總數較 pH4 水質環境下的植株多。

4、葉片形狀、大小：

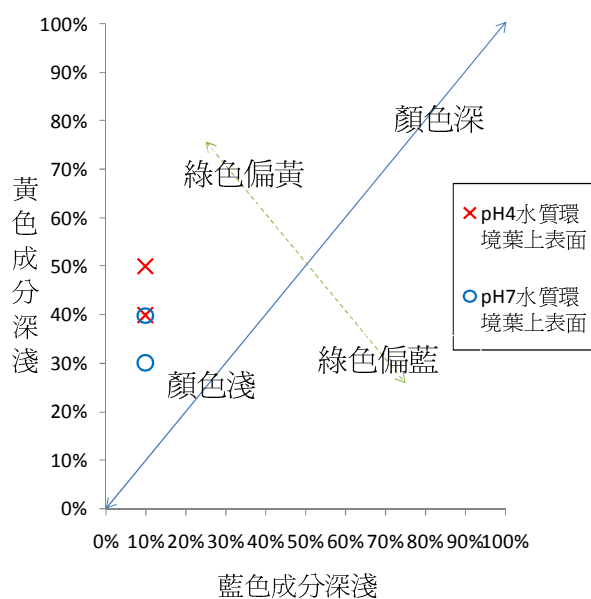


圖九、各種 pH 值水質環境下的葉片長寬

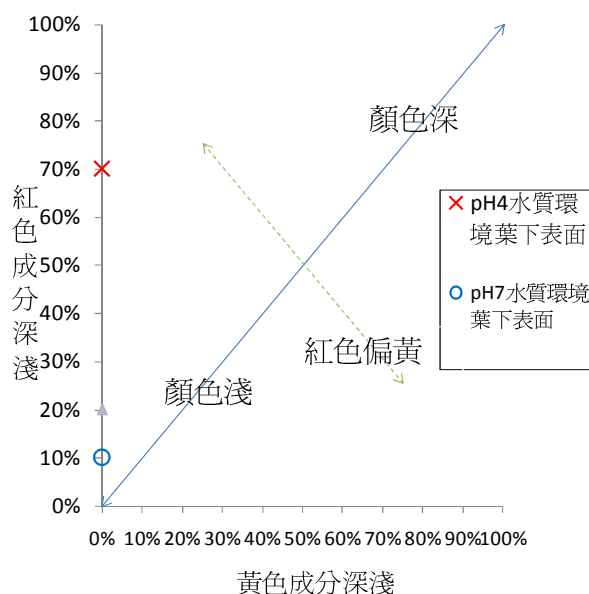
結果分析：

- (1)、pH4 和 pH7 水質下植株的葉片大小和形狀並無太大差異；同一 pH 水質環境下的差異卻大。

5.葉上表面及葉下表面顏色：



圖十、各種 pH 值水質環境下綠色葉上表面顏色的分析



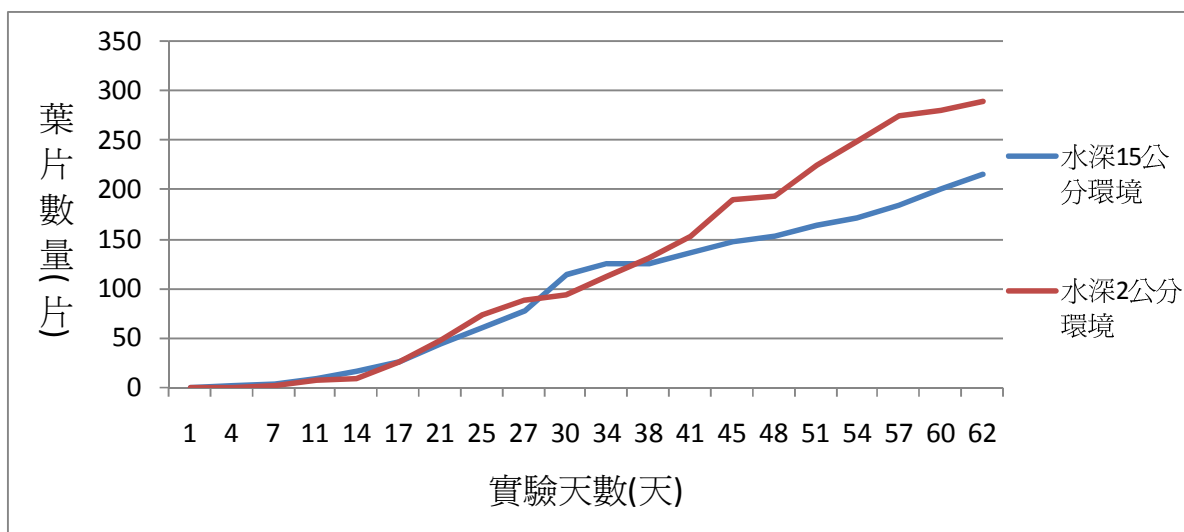
圖十一、各種 pH 值水質環境下紅色葉上、下表面顏色的分析

結果分析：

- (1)、pH4 與 pH7 水質環境下，植株的葉上表面顏色並無太大差異，只是 pH7 水質環境下有少許紅葉。
- (2)、pH4 水質環境下，植株的葉下表面顏色較 pH7 水質環境下植株的紅。

(二)水的深淺對植株生長及形態的影響

1. 葉片數量：

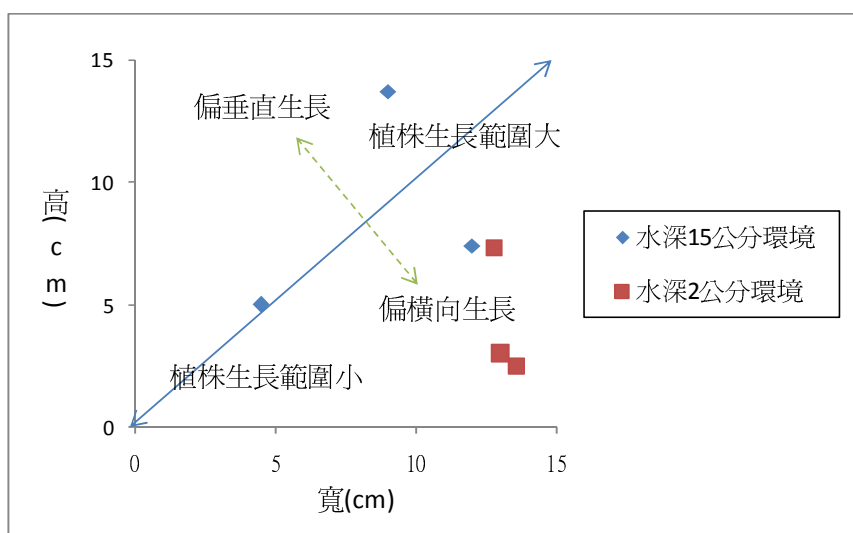


圖十二、各種水深環境下的葉片數量變化

結果分析：

- (1)、深水環境下(水深 15cm)植株的葉片數量都持續增加。
- (2)、整體來說，淺水環境下(水深 2cm)植株葉片的數量是增加的；而其中第 27~30 天增生數量減緩的部分為剛要挺出水面的葉片枯萎所造成。
- (3)、實驗最終葉片總數量以淺水環境下(水深 2cm)植株長得比較多。

2. 植株範圍：



圖十三、各種水深環境下的植株生長範圍

結果分析：

- (1)、深水環境下(水深 15cm)植株的葉片偏垂直生長。
- (2)、淺水環境下(水深 2cm)植株的葉片偏橫向生長。

3. 植株分枝狀況：

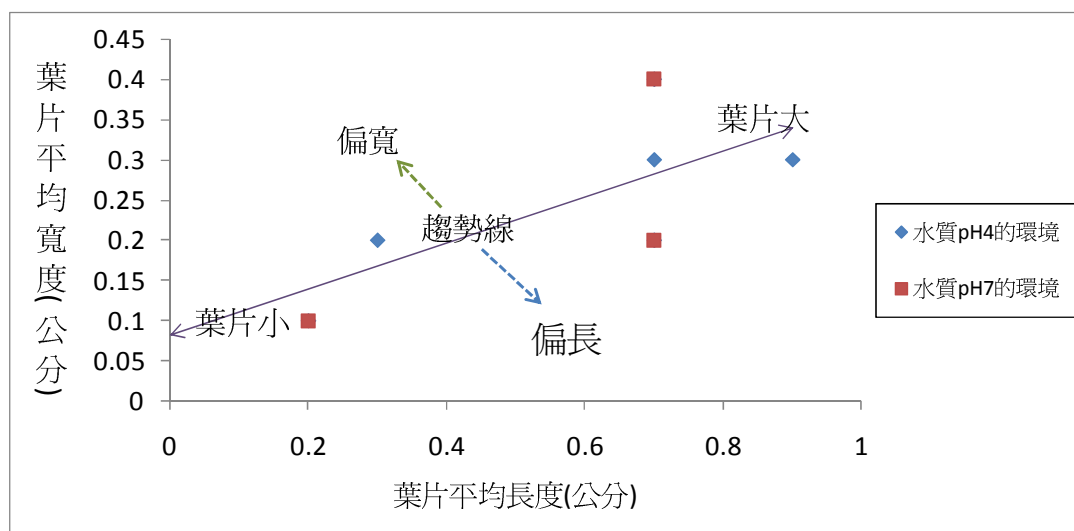
| | 深水環境(水深 15cm) | | | | 水淺環境(水深 2cm) | | | |
|---------|---------------|-----|-----|-----|--------------|------|-----|------|
| | 左 | 中 | 右 | 平均 | 左 | 中 | 右 | 平均 |
| 分枝數 | 5 | 3 | 2 | 3.3 | 3 | 2 | 4 | 3 |
| 分枝長(cm) | 7.9 | 8.7 | 4.3 | 7 | 6.7 | 19.8 | 8.7 | 11.7 |
| 葉/分枝長 | 5.4 | 3.3 | 4 | 4.2 | 5.6 | 4.2 | 6 | 15.8 |

表三、各種水深環境下植株的分枝狀況

結果分析：

(1)、分枝並無明顯差異，可見水的深淺對於其分枝影響不大。

4. 葉片形狀、大小：

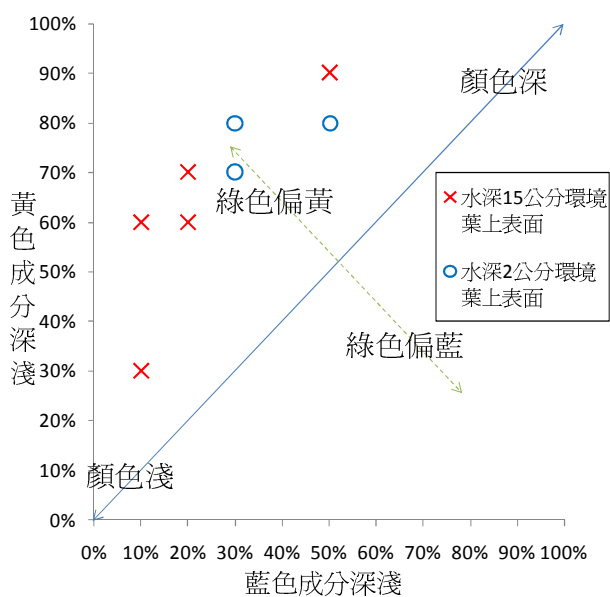


圖十四、各種水深環境下的葉片長寬

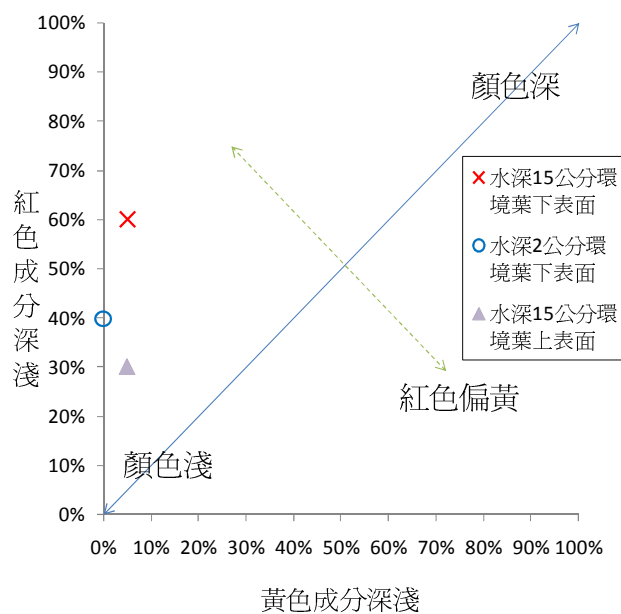
結果分析：

(1)、在兩盆中葉片大小和形態並無明顯差異，皆偏向長形且較大。

5. 葉上表面及葉下表面顏色：



圖十五、各種水深環境下綠色葉上表面的顏色分析



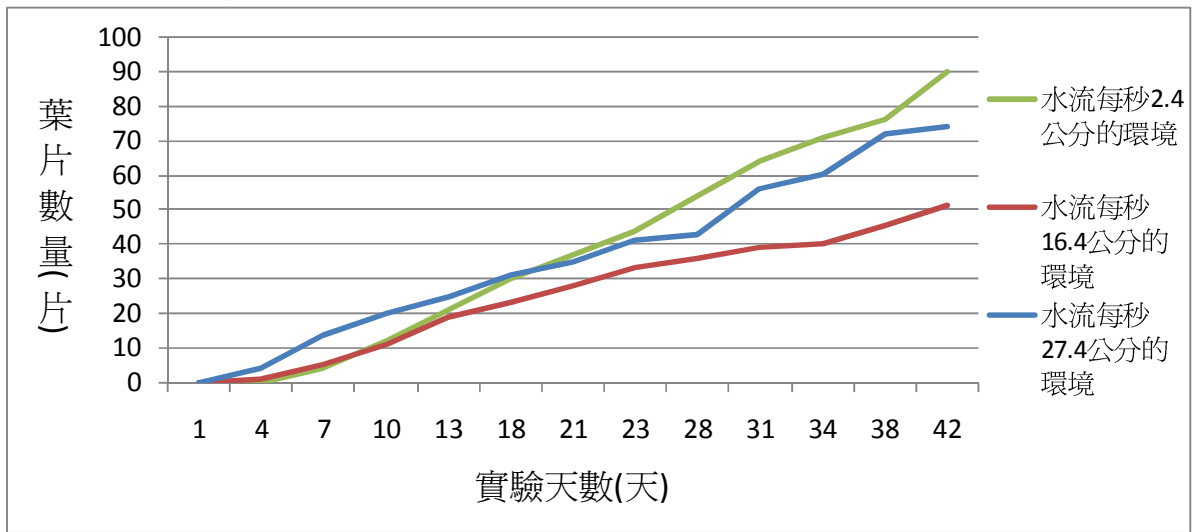
圖十六、各種水深環境下紅色葉上、下表面的顏色分析

結果分析：

- (1)、葉上表面顏色並無太大差異，但深水環境下(水深 15cm)的植株有少許紅葉且葉下表面顏色較紅。
- (2)、深水環境下(水深 15cm)植株的葉上表面顏色多變化，淺水環境下(水深 2cm)植株的葉上表面多偏黃綠色。

(三)水的流速對植株生長及形態的影響

葉片數量結果：

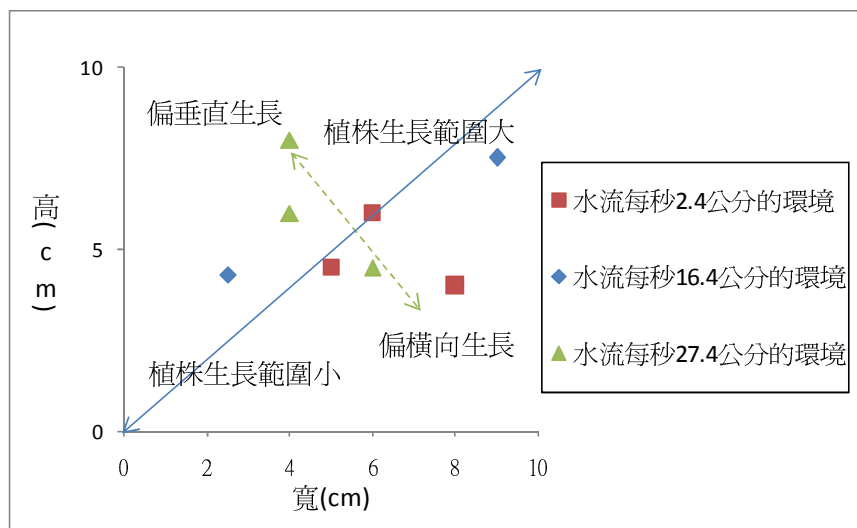


圖十七、各種水流速環境下的葉片數量變化圖

結果分析：

- (1)、葉片數量持續增加，若忽略流速為 16.4cm/sec 的環境中，有一植株於實驗期間未發芽的因素，三盆並無太大差異。
- (2)、葉片生長速率以流速緩慢者為最快，因為流速為 16.4cm/sec 的環境中，有一株於實驗期間未發出芽來。最後葉片數量由多到少為：流速 2.4cm/sec 的環境 > 流速 27.4cm/sec 的環境 > 流速 16.4cm/sec 的環境。

1. 植株範圍：



圖十八、各種水流速環境下的植株生長範圍

結果分析：

- (1)、由正常生長個體來看三組並無太大差異。

2. 植株分枝狀況：

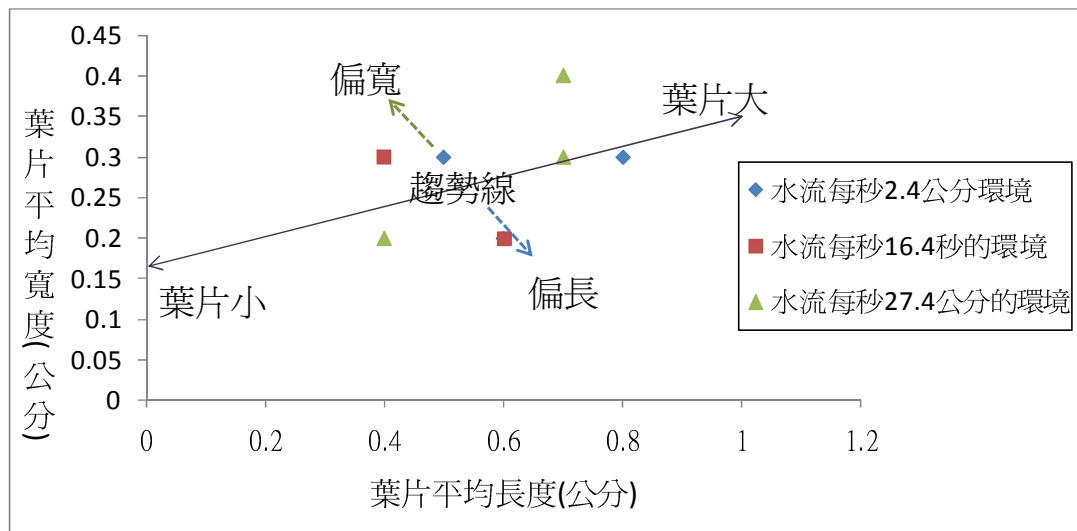
| | 水流速 2.4cm/sec | | | | 水流速 16.4cm/sec | | | | 水流速 27.4cm/sec | | | |
|---------|---------------|-----|-----|-----|----------------|-----|---|-----|----------------|-----|-----|-----|
| | 左 | 中 | 右 | 平均 | 左 | 中 | 右 | 平均 | 左 | 中 | 右 | 平均 |
| 分枝數 | 2 | 4 | 2 | 2.7 | 1 | 4 | - | 2.5 | 2 | 2 | 4 | 2.7 |
| 分枝長(cm) | 4.8 | 2.5 | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 4.5 | - | 4 | 6 | 4.5 | 2.3 | 4.3 |
| 葉/分枝 | 5 | 8 | 7.1 | 6.7 | 2.9 | 4.7 | - | 3.8 | 3.7 | 4.4 | 8.3 | 5.5 |

表四、各種水流速環境下植株的分枝狀況

結果分析：

- (1)、由正常生長個體來看三組並無太大差異。
- (2)、流速緩慢者為葉片數量較密。

3. 葉片形狀、大小：

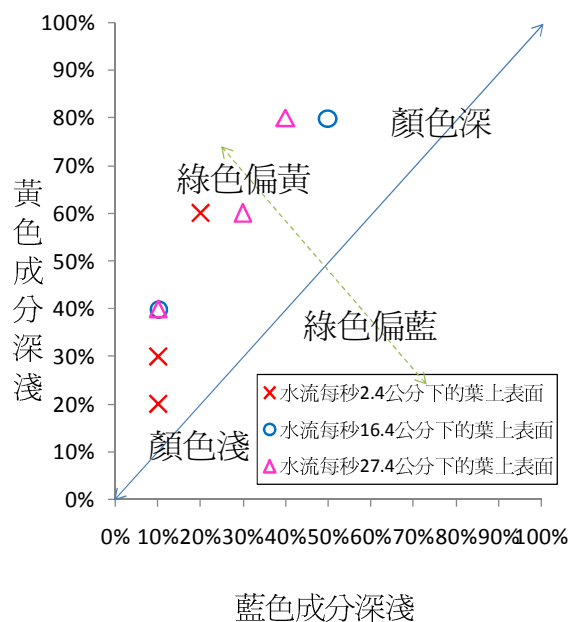


圖十九、各種水流速環境下的葉片長寬

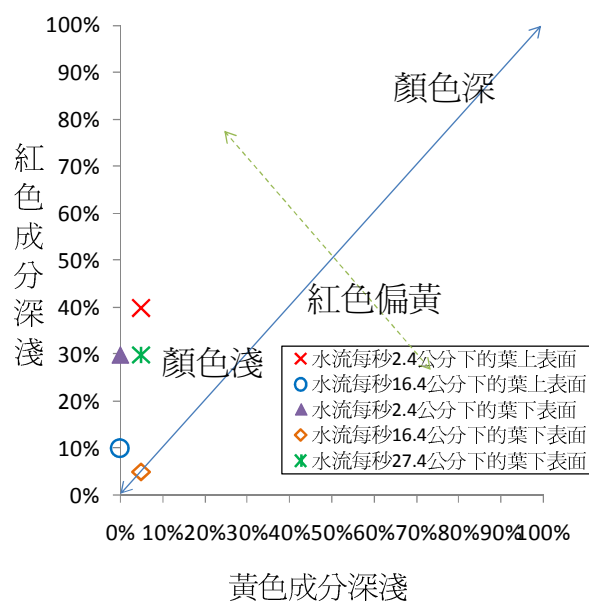
結果分析：

- (1)、三盆並無太大差異。
- (2)、流速快者葉片較圓。

5、葉上表面及葉下表面顏色結果：



圖二十、各種水流速環境下綠色葉上表面顏色的分析



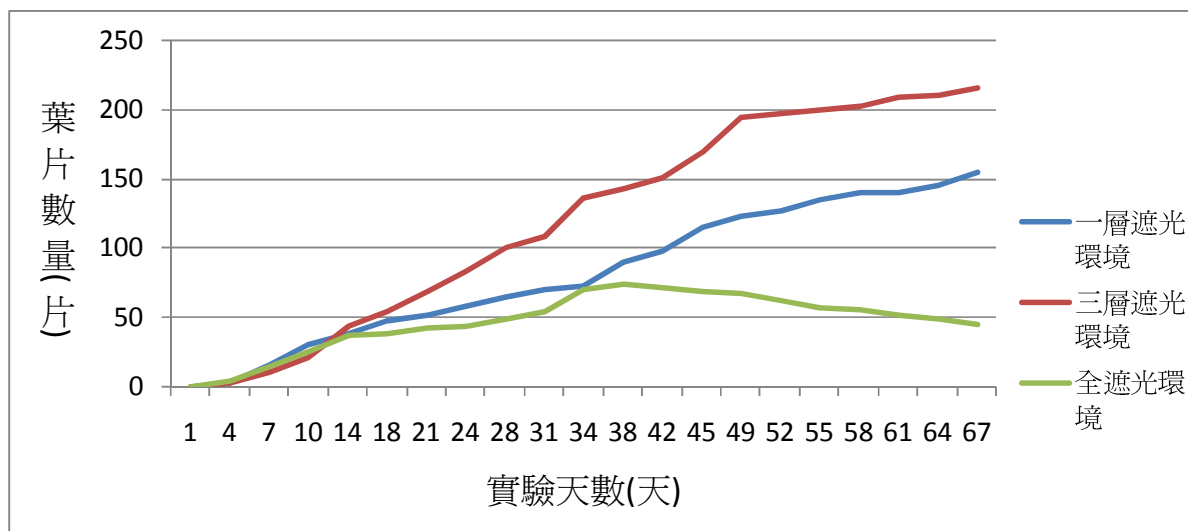
圖二十一、各種水流速環境下紅色葉上、下表面顏色的分析

結果分析：

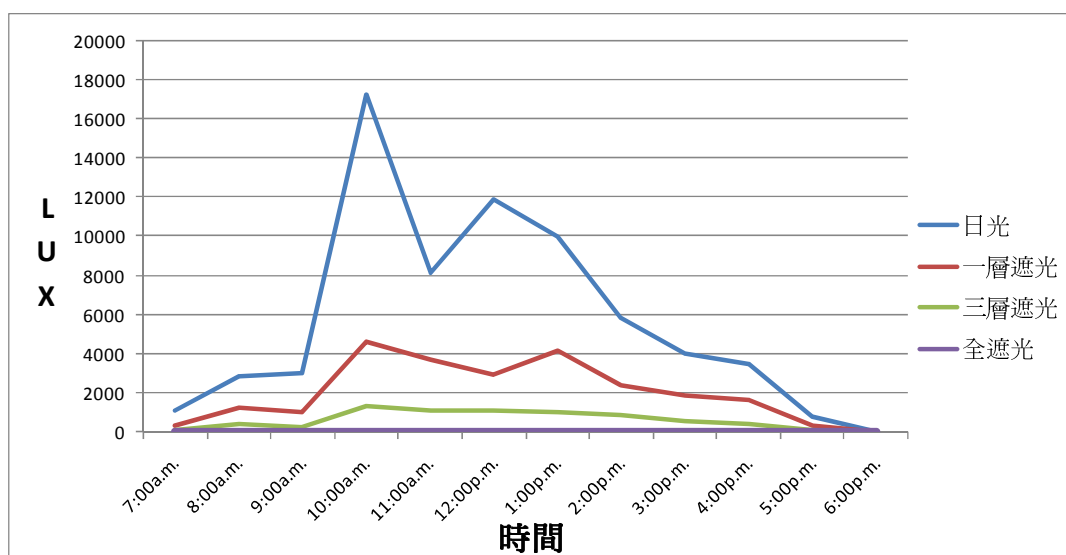
- (1)、流速緩慢者葉上表面顏色較淺。流速快者葉上表面顏色較綠。
- (2)、在流速為 2.4cm/sec 和 16.4cm/sec 的環境下，可發現紅色葉上表面，其中流速為 2.4cm/sec 的環境下的紅色較深。
- (3)、在流速為 2.4cm/sec 的環境下，葉上表面為淺綠帶紅色，葉下表面為紅色。
- (4)、在流速為 16.4cm/sec 的環境下，葉上表面為綠色，葉下表面為淡紅色。
- (5)、在流速為 27.4cm/sec 的環境下，葉上表面顏色較深，為偏深的綠色，葉下表面則為淺紅色。

(四)光照強弱對植株生長及形態的影響

1. 葉片數量結果：



圖二十二、各種光照強度環境下的葉片數量變化圖

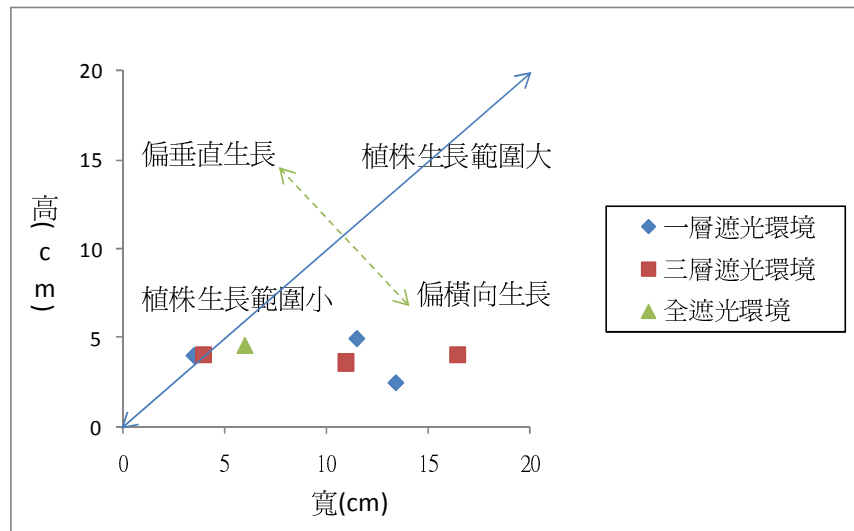


圖二十三、一天中，各種遮光環境下光照度的比較圖

結果分析：

- (1)、三層遮光環境下植株的成長速率最快，全遮光環境下最慢；最後葉片數量由多到少為：三層遮光環境下植株 > 一層遮光環境下植株 > 全遮光環境下植株。但一層遮光環境下有一株未曾發芽；若排除此植株，一層遮光環境和三層遮光環境下植株的葉片數量都差不多。
- (2)、一層遮光環境和三層遮光環境下植株的葉片數量皆呈現正增長，而全遮光環境下植株的葉片數量，在實驗第 39 天之後持續減少。

2. 植株範圍：



圖二十四、各種光照強度環境下的植株生長範圍

結果分析：

- (1)、三種遮光環境下植株皆偏橫向生長。

3. 植株分枝狀況：

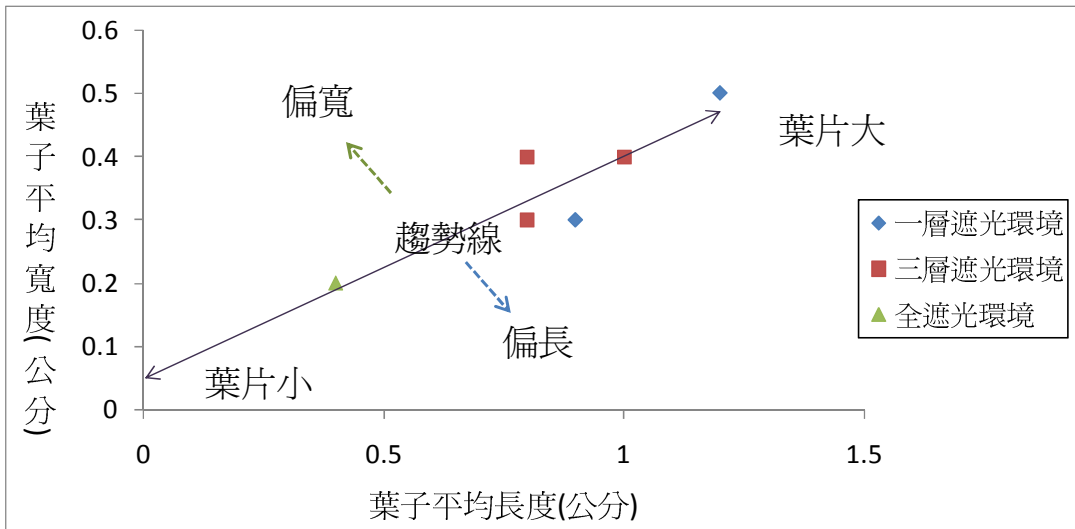
| | 一層遮光環境 | | | | 三層遮光環境 | | | | 全遮光環境 | | | |
|-------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-------|---|-----|-----|
| | 左 | 中 | 右 | 平均 | 左 | 中 | 右 | 平均 | 左 | 中 | 右 | 平均 |
| 分枝數 | - | 2 | 4 | 3 | 3 | 5 | 1 | 3 | - | - | 3 | 3 |
| 分枝長 | - | 8.6 | 6.9 | 7.8 | 8.6 | 6 | 6 | 6.8 | - | - | 3.3 | 3.3 |
| 葉/分枝長 | - | 4.8 | 4 | 4.4 | 4 | 3.8 | 5.3 | 4.4 | - | - | 3.8 | 3.8 |

表五、各種遮光環境下植株的分枝狀況

結果分析：

- (1)、全遮光環境下植株的葉的密度(葉/分枝長)較其它兩組小。
 (2)、全遮光環境下植株的分枝都較短且數量較少。
 (3)、一層遮光環境與三層遮光環境下植株的分枝長並無明顯差異。

4. 葉片形狀、大小結果：

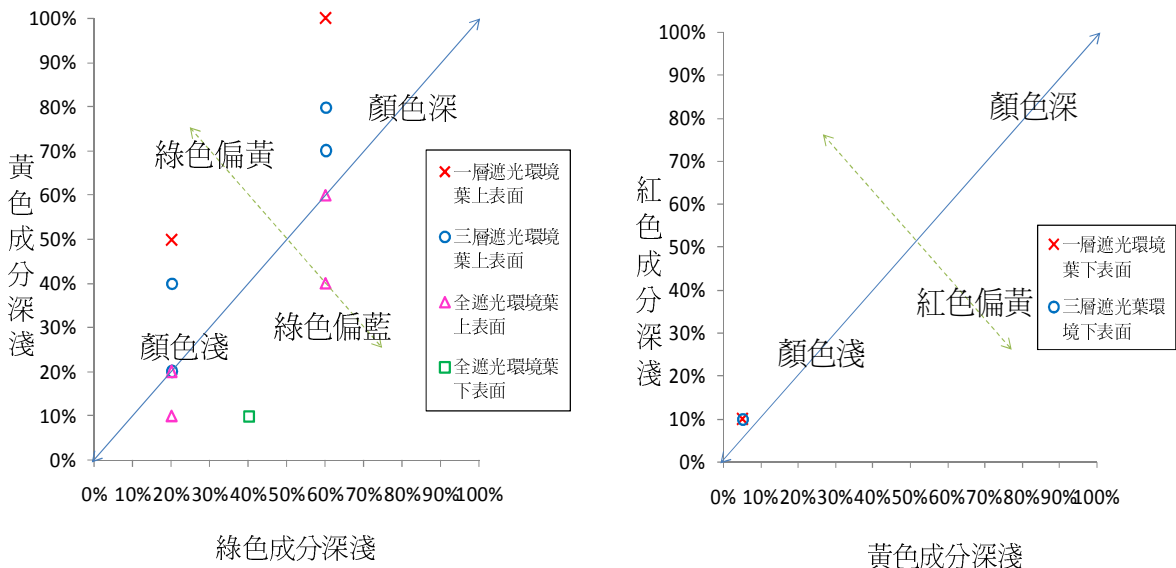


圖二十五、各種光照強度環境下的葉片長寬

結果分析：

- (1)、葉片大小順序為：一層遮光環境下的葉片 > 三層遮光環境下的葉片 > 全遮光環境下的葉片。

5. 葉上表面及葉下表面顏色：



圖二十六、各種光照環境下綠色之葉上、下表面顏色的分析

圖二十七、各種光照環境下紅色葉下表面顏色的分析

結果分析：

- (1)、三層遮光環境下植株的葉上表面顏色最深，全遮光環境下植株的葉上表面顏色最淺；而三種遮光環境下，皆無發現上表面呈現紅色的葉片。
 (2)、一層遮光環境和三層遮光環境下植株的葉下表面顏色差不多，皆為淡紅色。

(3)、全遮光環境下植株的葉上表面為淺黃綠色，葉下表面顏色為綠色，無紅色。

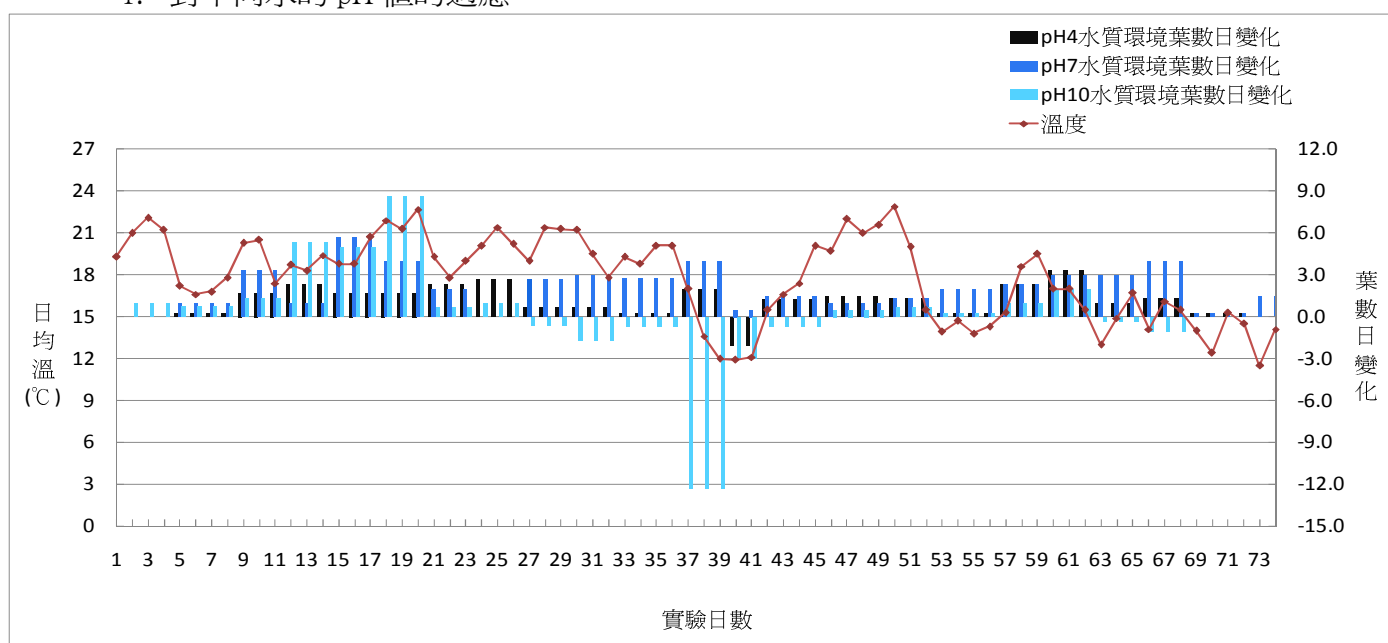
三、圓葉節節菜生存策略的探討：

(一)歸納影響圓葉節節菜生長發育的關鍵因子

1、我們至氣象局網站下載台北測候站於本研究期間之日照度及氣溫等氣象資料並將氣象資料與各組生長狀況(以每天葉片的平均增減數量做代表)作對照，交叉比對各環境因子對圓葉節節菜生長的影響，發現關鍵的物理因子為「日均溫」，因此我們便決定對此進行更深入的研究。

(二) 解釋圓葉節節菜兩棲特性在生存上的意義

1. 對不同水的 pH 值的適應

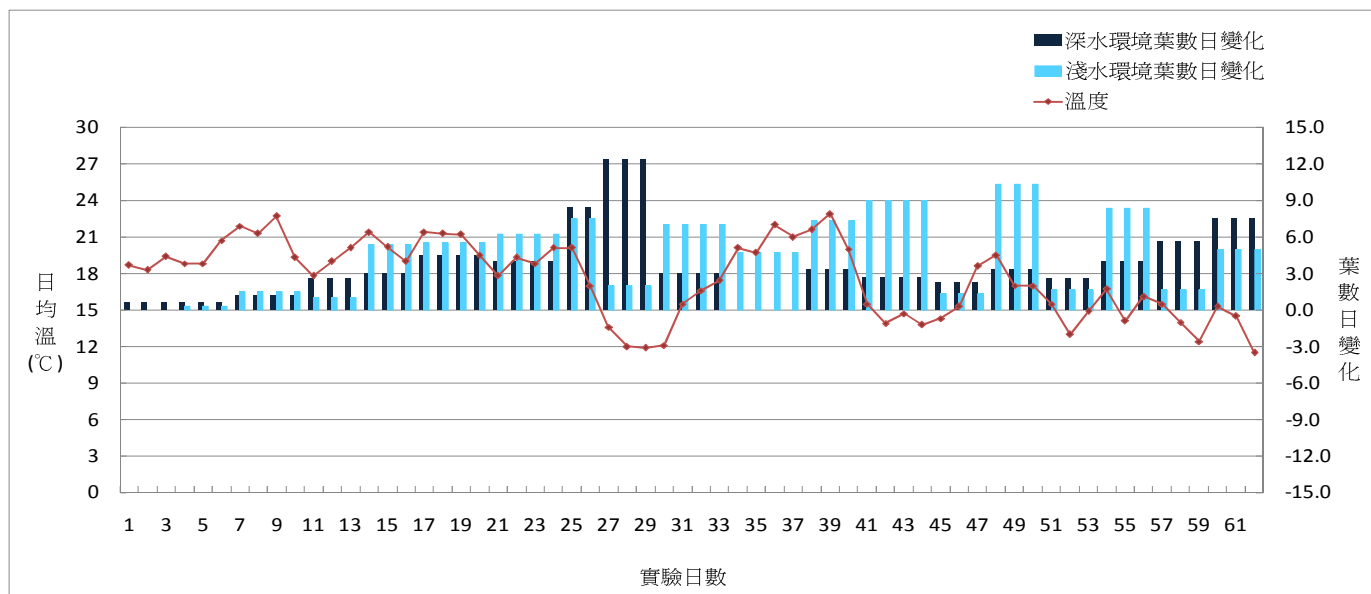


圖二十八、水的 pH 值環境下葉片生長數量與日均溫的關係圖

結果分析：

- (1)、葉片增生速率【以葉數量日變化(若為負值代表葉片減少)來表示】與日均溫波動有密切關係，以 pH10 水質環境下最明顯，pH7 水質環境下最不明顯。
- (2)、由實驗第 36 天~第 42 天 (96/12/28~97/01/03) 日均溫驟變的一段時間來看，日均溫由 20.1°C 降到 12.0°C，並持續維持低溫 6 天。此段時間溫度驟變的影響最明顯：pH4 水質環境與 pH10 水質環境下皆出現葉片數量變少的情況；而 pH10 水質環境下幾乎所有葉片皆潰爛。

2. 日均溫波動對不同水深環境下植株生長的影响：

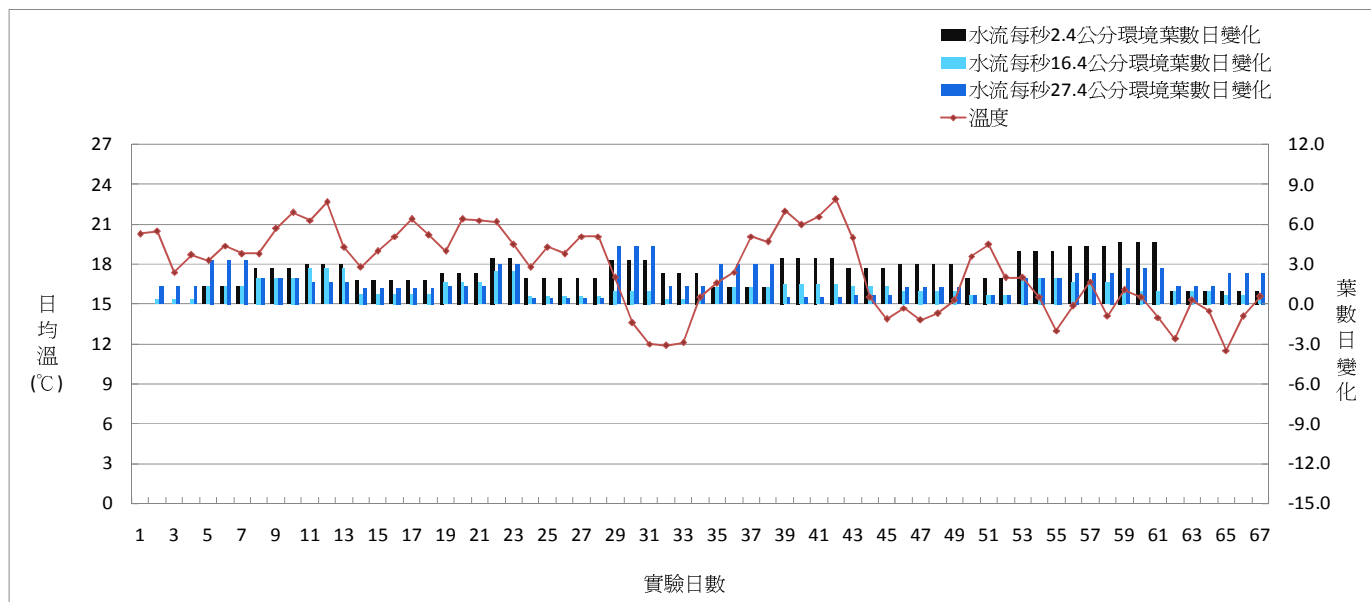


圖二十九、各種水深環境下葉片數量變化與日均溫波動的關係圖

結果分析：

- (1)、日均溫波動對深水環境下(水深 15cm)及淺水環境下(水深 2cm) 環境下的葉片增生速率(葉數日變化)影响大不相同：淺水環境下葉片增生速率隨著日均溫上下波動；深水環境下則反之。
- (2)、由實驗第 25~31 天(96/12/28~97/01/03)日均溫驟變的一段時間來看，深水環境下(水深 15cm)植株葉片增生速率為整個實驗當中最快的一段；而淺水環境下(水深 2cm)則出現減緩情形。

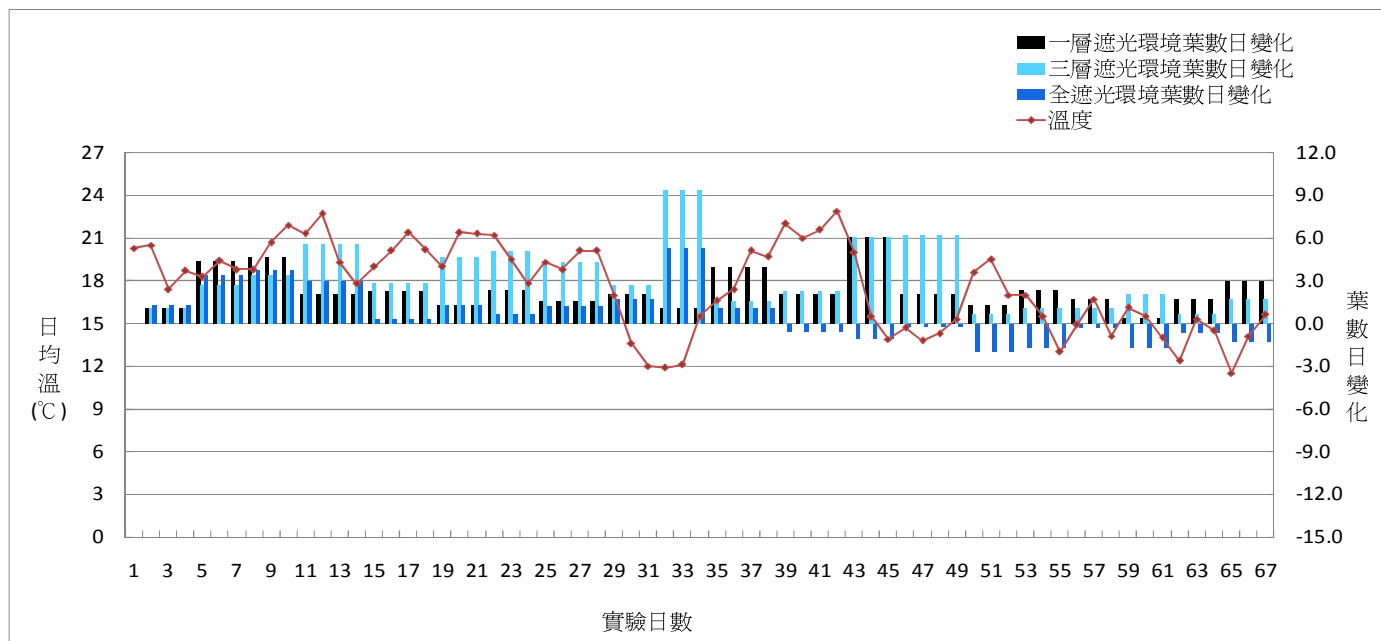
3. 日均溫波動對不同水流速環境下植株生長的影响：



圖三十、各種水流速度環境下葉片數量變化與日均溫波動的關係圖

- 結果分析：(1)、日均溫對各水流速下植株葉片增生速率的影响較不明顯，與 pH7 組狀況類似。

4. 日均溫波動對不同光照強度環境下植株生長的影响：

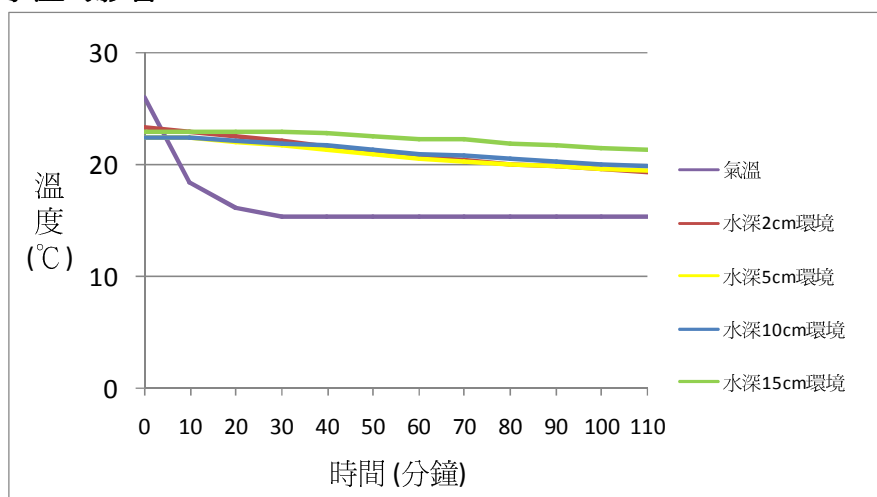


圖三十一、各種光照強度下葉片數量變化與日均溫波動的關係圖

結果分析：

- (1)、日均溫波動對各種遮光環境下葉片增生速率的影响不相同：一層遮光環境下葉片增生速度隨著日均溫上下波動，但幅度不大；三層遮光及全遮光環境下則影响較大。
- (2)、由實驗第 25~31 天 (96/12/28~97/01/03)，日均溫驟變的一段時間來看，三層遮光及全遮光環境下的葉片增生速率皆為整個實驗當中最快的一段。此與深水環境類似；而一遮光環境則無此現象。
- (3)、全遮光環境下的植株，從實驗第 39 天開始，葉片數量開始持續呈現負成長。

(二) 氣溫變化對水溫的影响



圖三十二、氣溫變化與水溫變化關係圖

結果分析：

- (1)、氣溫驟降時，水溫會隨之下降，但下降的速度較慢。
- (2)、氣溫下降速率為：水深 2cm 的環境最快，水深 15cm 的環境最慢。由此可見，水越淺，所受氣溫波動的影响越大；水越深，則影响越小。

柒、結論

一、圓葉節節菜的基本觀察：

- (一)、各來源植株的形態變異極大。栽培與觀察結果，僅有來自關渡與永和社區大學的植株有開花並產生種子；但因關渡得植株樣本較多，故以此為環境因子探討的研究對象。
- (二)、針對採自關渡植株進行形態觀察時，發現其形態多變，尤以沉水葉的葉形、大小、顏色之變化為多，呼應文獻的記載。
- (三)、在觀察中，發現挺水葉和沉水葉的上、下表皮皆有氣孔，其中挺水葉的下表皮氣孔數多於上表皮氣孔數；而沉水葉的上表皮氣孔數多於下表皮氣孔數。

二、各環境因子對圓葉節節菜生長與形態的影響：

(一)、水的 pH 值之影響

- 1、圓葉節節菜較適合中性水質環境。
- 2、水質 pH10 的極端困境，會降低圓葉節節菜的耐受度，在氣溫驟降時，植株快速枯萎，葉片數量驟降。
- 3、水的 pH 值對植株形態、葉片大小及顏色皆無明顯影響。

(二)、水的深淺之影響

- 1、根據葉片總數量顯示，水淺組生長得較好，且挺水葉多；而水深組則無挺水葉。
- 2、水的深淺主要會影響圓葉節節菜的生長方向：深水環境中植株偏向垂直生長，主要是為了發展挺水葉及吸收陽光；而淺水環境中則在一開始先橫向生長沉水葉，直到氣溫適當時，才長出挺水葉。
- 3、深水環境中植株葉片形態，較淺水環境下產生較多的變化。

(三)、水的流速之影響

- 1、水的流速對圓葉節節菜的葉片數量並無明顯影響。
- 2、水的流速主要影響圓葉節節菜的葉片形狀與大小：水流越強的葉片越小，且較偏向圓形。
- 3、水的流速對植株形態及葉片顏色的影響並不顯著。

(四)、光照強弱之影響

- 1、一層遮光和三層遮光環境下植株的葉片數量皆呈現正增長，並無太大差異，而全遮光組植株的葉片數量則在實驗第 39 天之後持續減少，終至死亡。
- 2、光照強弱主要影響圓葉節節菜的葉片顏色：光線越（遮光程度越低）葉片顏色出現紅色的狀況越多。
- 3、三種遮光環境下植株的生長方向皆偏向橫向生長。
- 4、一層遮光和三層遮光環境下植株的葉片較大；全遮光環境下則較小。
- 5、在所有實驗組中，發現只有全遮光環境下植株葉片的葉下表面為綠色。

三、圓葉節節菜生存策略探討：

- (一)、日均溫的波動是影響圓葉節節菜生長及其植株發展傾向（發展沉水部分或挺水部分）的關鍵物理因子。
- (二)、日均溫波動對圓葉節節菜生長的影響，在逆境下較明顯（例：生長狀況—pH7 環

境下優於 pH4 環境下優於 pH10 環境下；受日均溫波動影響：pH10 環境下 > pH4 環境下 > pH7 環境下）。

- (三)、各種逆境下日均溫波動對生長的影響各有不同：在酸性、鹼性及水淺環境下，日均溫驟降使其沉水葉片的增長明顯受阻甚至突減；在光線缺乏（三層及全遮光）及水深環境下，日均溫驟降反而使其沉水葉片的數量突增。

捌、討論及展望

一、基本觀察部分：

- (一)、由於各來源植株的形態變異極大，若為同種，似有許多變種存在；我們在永和社大及關渡便都有見到白花的圓葉節節菜；目前我們仍繼續將各來源植株栽培在同一生態缸中持續觀察。而台灣水生植物圖誌中亦提及水族業者有引進外來種販賣（林等，民 90）；此物種野外族群概況（包括外來種族群及各變種鑑定）到底如何？是值得深入再探討的方向。

二、環境因子對圓葉節節菜生長與形態的影響部分：

- (一)、在對圓葉節節菜造成最大影響的 pH10 與全遮光環境下，實驗剛開始時皆是最先長出葉片來，但其後卻長得不太好，這可能是因為圓葉節節菜能夠自行偵測到生長環境的不良，為了早一步脫離不良水質或向外找到陽光，反而促使其植物率先萌芽，這可能又是一種「生命為自己找出路」的自我調適機制。
- (二)、在水流速度對圓葉節節菜形態影響的實驗中，我們發現水流越快長成的葉片越小。推測可能是因為水流越快，葉片大的阻力越大，為避免水流沖擊造成的葉片損傷，所以自行調整成阻力較小的小葉片。
- (三)、網路資料曾提及水流沖擊會導致葉形變長，但我們實驗並沒有支持此說法的明顯結果，這樣的觀點是否錯誤？還是有品種差異上的問題？也值得深入探討。
- (四)、在實驗觀察過程中，發現有許多物種相伴出現；也發現圓葉節節菜沉水葉片的潰爛與藻類的滋生有關連。與其同環境下生存的物種有哪些？這些物種（如絲葉狸藻、藻類、微生物等）間，彼此是否有交互作用？若有，其關係為何？也值得以本研究為基礎進行延伸研究。
- (五)、本實驗發現圓葉節節菜生存能力強韌，容易培育，若再參考本研究中各環境因子對其形態影響，可依目的栽培出多樣形態的圓葉節節菜植株；在水族造景應用上值得推廣，以期減少外來種的引進及其對環境的衝擊。

三、圓葉節節菜生存策略探討：

- (一)、就野外觀察及實驗結果推論，我們認為葉節節菜生長初期主要向四周發展沉水葉，以擴大族群；之後則利用叢聚的方式，長出挺水葉。
- (二)、由各 pH 值的實驗結果，發現前四週並無顯著性差異，但在其後影響卻十分顯著，這引發我們的懷疑：是否有其他因子影響此明顯變化？於是從網站取得氣象資料，將日均溫、日照時數及日射量等氣候因子導入結果一一比對；令人振奮地發現日均溫的變化所扮演的角色。
- (三)、承上，一些逆境似乎削弱了圓葉節節菜植株對環境驟變的抵抗力，而 96/12/28~97/01/03 入冬以來的第一次氣溫驟降則使此狀況凸顯，造成其葉片增長受阻甚至潰爛減少。

- (四)、在水深與水淺環境對生長影響的比較中，我們赫然發現日均溫驟降對兩者影響竟然相反，水深狀況下植株葉片突然增長加速；而水淺環境植株則生長減緩，且剛要發展出的挺水葉也枯萎。我們推論，這是因為水的比熱較大，因此氣溫驟降時水溫並不會如氣溫般急速下降。且水愈深，劇烈氣溫變化對水溫變化的影響幅度越小(圖二十八)。因此，較深的水中便成了圓葉節節菜面臨氣溫驟降時的避難處；故在氣溫驟降時淺水環境下植株生長受抑制；深水環境下卻加速。
- (五)、承上，我們認為會有這樣的狀況，與圓葉節節菜具兩棲特性有關：空氣中不良因子會抑制接近水面及挺水的植株，促進離水面遠的植株生長而使植株偏向發展沉水部；相對的，我們也推測當空氣中不良因子消失或減緩，接近水面及挺水的植株便會快速發展，而使植株偏向發展挺水部。
- (六)、整個「環境因子對生長及形態影響」的實驗過程中，可能因為正值入冬時節，因此所有植株皆無成功發展出挺水葉；而淺水環境下的植株則如我們在第(五)點敘述中所推測的，在氣溫回暖的二月下旬之後率先成功發展出挺水葉。這呼應了上述第(四)與第(五)點，並說明了植物發展出兩棲生長習性在環境適應上意義：利用沉水部避過空氣中不良因子；待適合狀況再發展挺水部。而我們也持續觀察栽培植株，以期有挺水葉之量化資料以驗證之！
- (七)、三層遮光與全遮光環境下的植株，其受日均溫驟變所造成的影響與深水環境下相同。我們推斷這可能是因為圓葉節節菜是以植株本身接收到光的強弱，來判定其沉水葉距水面的遠近（越遠光越弱），但這亦有待進一步實驗證明。

玖、參考資料

書籍：

- 一、李松柏著 台灣水生植物地圖 晨星出版有限公司 2005 年初版
P.239
- 二、周昌弘著 植物生態學 聯經出版事業公司 1996 年初版
P15~19, P275~284
- 三、林春吉著 台灣的水生植物與濕地植物 綠世界出版社 2005 年初版
P.115
- 四、柯清水著 水草的問與答 第四輯 翠湖水草研究所 1997 年初版
P.11~12, P16~17, P35~38, P39~40, P50~51, P95~96
- 五、林仲剛 郭紀凡 梁慧舟 黃氏父 楊遠波 顏聖紘 台灣水生植物圖誌 行政院農委會印行
2001 年出版
P.239
- 六、王成宇 葉雅瑄 林冠伯 中華民國第四十五屆中小學科學展覽會—國中組 生物及地球科學科第二名
031722 掌握幸運—南國田字草的形態生理與睡眠運動之研究
- 七、駱為家 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會—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)

網路：

- 一、<http://www.gd-park.org.tw/d/guandunote.pHp?id=155> 關渡自然公園
- 二、<http://163.20.46.3/html/plant/htm/wetland/Lythraceae.htm> 圓葉節節菜
- 三、<http://www.wwg.org.tw/modules/xcgai/displaydoc.php?id=354> 圓葉節節菜
- 四、http://tpbg.tfri.gov.tw/Plants/plants_info.asp?rid=320 植物資料庫-圓葉節節菜
- 五、<http://www.dyps.tcc.edu.tw/green/waterworld/plantt032.htm> 悠遊大元水世界
- 六、<http://blog.xuite.net/e2202778/boaboa/16203335> 圓葉節節菜：一個人與花草的生活：Xuite
日誌
- 七、<http://www.yctsayl.idv.tw/html/74/74003.htm> 74003 圓葉節節菜

【評語】 031719

1. 觀察能力強。
2. 對於結果之解釋需要加強。
3. 有些結果或現象需描述正確，避免混淆。
4. 宜多收集資料。方法上宜加強說明。
5. 主題不宜太廣泛而缺乏集中性。