

第六屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA6-417

作品名稱：葉子會變身——異葉水蓑衣異形葉初探
討

姓名：林致心

關鍵字：環境因子、異形葉

摘要

本實驗主要探討具異形葉性的植物－異葉水蓼衣(*Hygrophila difformis*)異形葉的變化和不同環境因子測定之下的關係，我們利用光度、光質、二氧化碳、交換水陸環境、噴灑 Ethephon 的不同環境因子來觀察異形葉的變化。我們以水陸生植株的各項特徵(葉形缺刻、葉綠素 a/b 比值)當作標準值，發現高光度及在水中通入二氧化碳會使植株葉形趨向陸生葉，將水生植株去淹水也得到相同的結果，而將陸生植株淹水在本實驗測定時間(28 天)中並未發現葉形有明顯變化，對陸生葉噴灑 Ethephon 使植株產生乙烯，並增加陸生葉氣孔的數量，但在異形葉的形成上並無明顯影響。由本實驗各項結果看來異葉水蓼衣的異形葉的確會因為環境的改變，調整葉形及生理特徵，使其在所處的環境之下能夠達到最好的適應。

目錄

摘要-----	1
壹、研究動機-----	3
貳、研究目的-----	3
參、研究設備及器材-----	3
肆、研究方法及結果-----	4
一、 認識異葉水蓑衣-----	4
(一) 基本資料之收集-----	4
二、 比較異葉水蓑衣陸生及水生植株-----	4
(一) 根莖葉外部型態-----	4
(二) 葉片滲透壓的比較-----	6
(三) 葉表氣孔密度的比較-----	7
(四) 根莖葉顯微切片的比較-----	8
(五) 葉綠素吸光值的比較-----	9
三、 比較各環境因子對異葉水蓑衣異形葉的影響-----	9
(一) 光度的影響-----	9
(二) 光質的影響-----	15
(三) 水中二氧化碳含量對水生植株葉的影響-----	17
(四) 水陸變化對於植株的影響-----	20
(五) Ethephon 對陸生植株葉的影響-----	26
伍、討論-----	27
陸、結論-----	28
柒、參考文獻-----	28

壹、 研究動機

平常喜歡上網觀賞植物照片的我們，某日在上網瀏覽時，發現有人在部落格裡描述家中水族箱裡的水草生長過盛，長出水面後葉片竟然變成橢圓鋸齒狀，且顏色轉深、莖葉還長出細毛，和原來細長光滑的翠綠水草大不相同。查閱資料後，得知此種水草俗名水蘿蘭，亦稱為異葉水蓴衣，正是得名於此種明顯的葉形變化，這也引起了我們的興趣，使我們展開對此植物的研究，試圖找出其變化的原因。

貳、 研究目的

- 一、認識異葉水蓴衣
 - (一) 基本資料查詢
- 二、比較異葉水蓴衣陸生及水生植株
 - (一) 根莖葉外部型態
 - (二) 葉片滲透壓的比較
 - (三) 葉表氣孔密度的比較
 - (四) 根莖葉顯微切片的比較
 - (五) 葉綠素吸光值的比較
- 三、比較各環境因子對異葉水蓴衣異形葉的影響
 - (一) 光度的影響
 - (二) 光質的影響
 - (三) 水中二氧化碳含量對水生植株葉的影響
 - (四) 水陸變化對於植株的影響
 - (五) Ethephon 對陸生植株葉的影響

參、 研究設備及器材

一、植株：

異葉水蓴衣(*Hygrophila difformis*)

二、使用儀器及設備：

水草缸及水耕栽培箱、美國細砂(Lapis Lustre Sand)、複式顯微鏡(Nikon Model Eclipse E400)、解剖顯微鏡(Motic Image Plus2.0)、顯微測微器、數位相機(Nikon Coolpix 4500)、電子磅秤、鑷子、研鉢、毛細管、濾水器、載玻片及蓋玻片、刀片、培養皿、燒杯、滴管、烘箱(Risen RHD-452)、光電比色計(UV solution 2100)、濾紙、漏斗、光度計(Lutron, Lx-104)、游標尺。

三、使用藥劑：

蒸餾水、水質穩定劑、丙酮、肥料(水草鐵劑、基肥)、食鹽。

肆、 研究方法及結果

一、認識異葉水蓑衣

(一)基本資料之收集

異葉水蓑衣學名為 *Hygrophila difformis* 爵床科(*Acanthaceae*)水蓑衣屬(*Hygrophila*)，一般坊間常以俗名水蘿蘭或大葉菊稱之，原產地在東南亞。

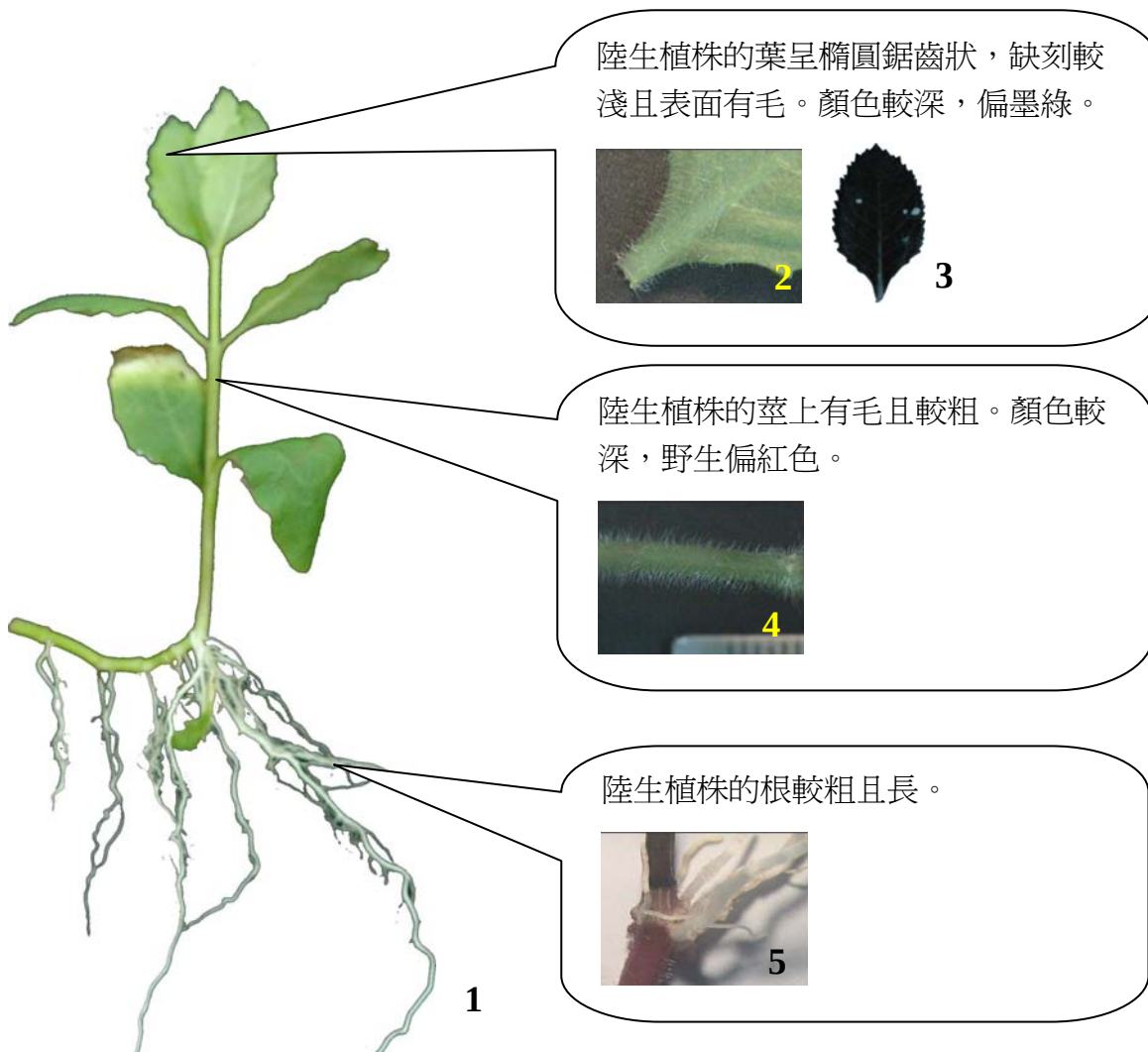
異葉水蓑衣為多年生挺水或沈水草本，最高可達 35 cm，全株密生細毛，尤以莖部最密。葉有兩型，挺水葉橢圓形，綠色，粗齒緣；沈水葉變成青黃色，分裂狀，直徑最大達 12 cm，生長在池塘、稻田、溝渠及溪流。葉形變化大，葉面頂端呈羽狀深裂，葉底端淺裂；葉對生，紙質，披針形至長橢圓形，而莖為直立方形。有 2—3 片葉子就可以切枝繁殖。因為沉水葉又大又翠綠，在水族缸常做為造景草。

二、比較異葉水蓑衣陸生及水生植株

(一) 根莖葉外部型態

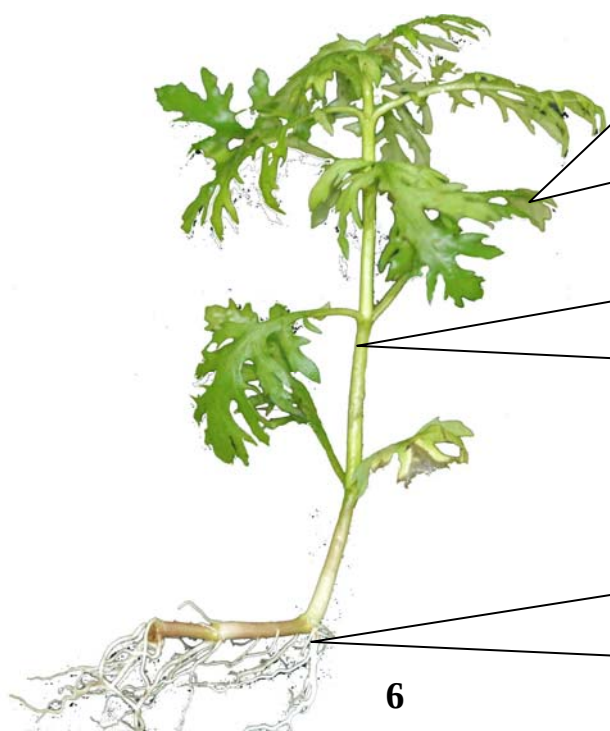
1、根莖葉比較

陸生植株



(圖 1~5)異葉水蓑衣陸生植株全株及根莖葉外部型態

水生植株



水生植株的葉缺刻較深且表面光滑。顏色較淺，呈鮮綠色。



水生植株的莖較細且翠綠。



水生植株的根較細且密。

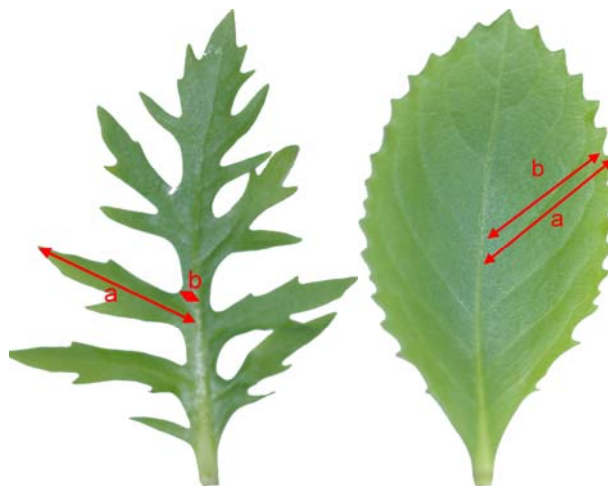


(圖 6~10)異葉水蓼水生植株全株及根莖葉外部型態

2、葉形缺刻比較

(1)實驗方法：

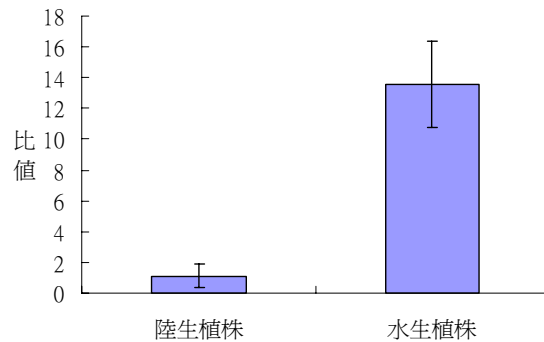
葉形缺刻比較法：隨機取四片葉片中段部份，求出 a 值(葉緣尖端到葉脈長度)和 b 值(缺刻處葉緣到葉脈長度)，並以 a/b 之比值來表示其缺刻深度。(如圖 11)。



(圖 11) 葉形缺刻比較示意圖

(2)實驗結果：

水生葉的葉形缺刻比明顯大於陸生葉(如圖 12)



(圖 12) 水陸葉形缺刻比較

(二) 葉片滲透壓的比較

1、實驗方法：



(圖 13) 冰點下降法實驗裝置圖

- (1) 利用冰點下降法。
- (2) 將葉片分別加入 8.5g 蒸餾水搗碎，抽取其汁液各 5ml，置於中試管內。
- (3) 將溫度計插入有汁液的中試管內，再將中試管外套著大試管，使二者有一空間作絕緣作用，觀察溫度下降的情形。
- (4) 每隔 30 秒記錄一次溫度，並劃一個溫度—時間曲線，觀察植物汁液內溫度下降至某溫度時，然後會慢慢上升至另一溫度而維持一段時間後再繼續下降，此段維持很久的時間，即為植物組織液的冰點(f_1)。
- (5) 另用蒸餾水作對照同法找出蒸餾水的冰點(f_2)
- (6) 代入公式 $\varphi_s = \frac{-22.4atm \times (f_2 - f_1)}{1.86}$ ，此即冰點時之滲透勢。
- (7) 校正成為室溫之滲透勢。

2、實驗結果：陸生葉的滲透勢高於水生葉(如表一)。(蒸餾水冰點 0℃)

(表 1)陸生葉與水生葉的滲透勢比較

	冰點溫度(℃)	滲透勢(atm)
陸生葉	-0.5	-6.02
水生葉	-1.5	-18.6

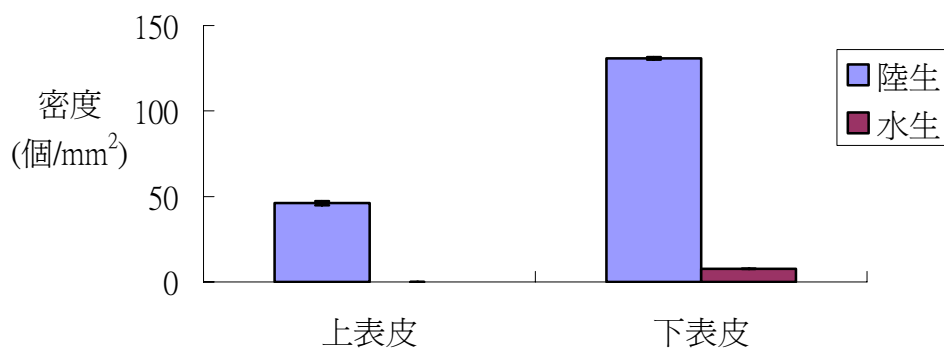
(三) 葉表氣孔密度的比較

1、實驗方法：

- (1)利用指甲印模法。
- (2)將指甲油塗抹於葉上下表皮。
- (3)約 3 分鐘待指甲油乾後，撕下指甲油薄膜。
- (4)將薄膜放入玻片中，置於顯微鏡下觀察。
- (5)在 400 倍下，選取 4 個不同視野，計數氣孔數。

2、實驗結果：

- (1)異葉水蓼陸生葉上下葉表的氣孔密度皆大於水生葉。
- (2)陸、水生葉的下表皮氣孔密度皆大於上表皮氣孔密度。(如圖 14)。



(圖 14)水陸葉表氣孔密度比較

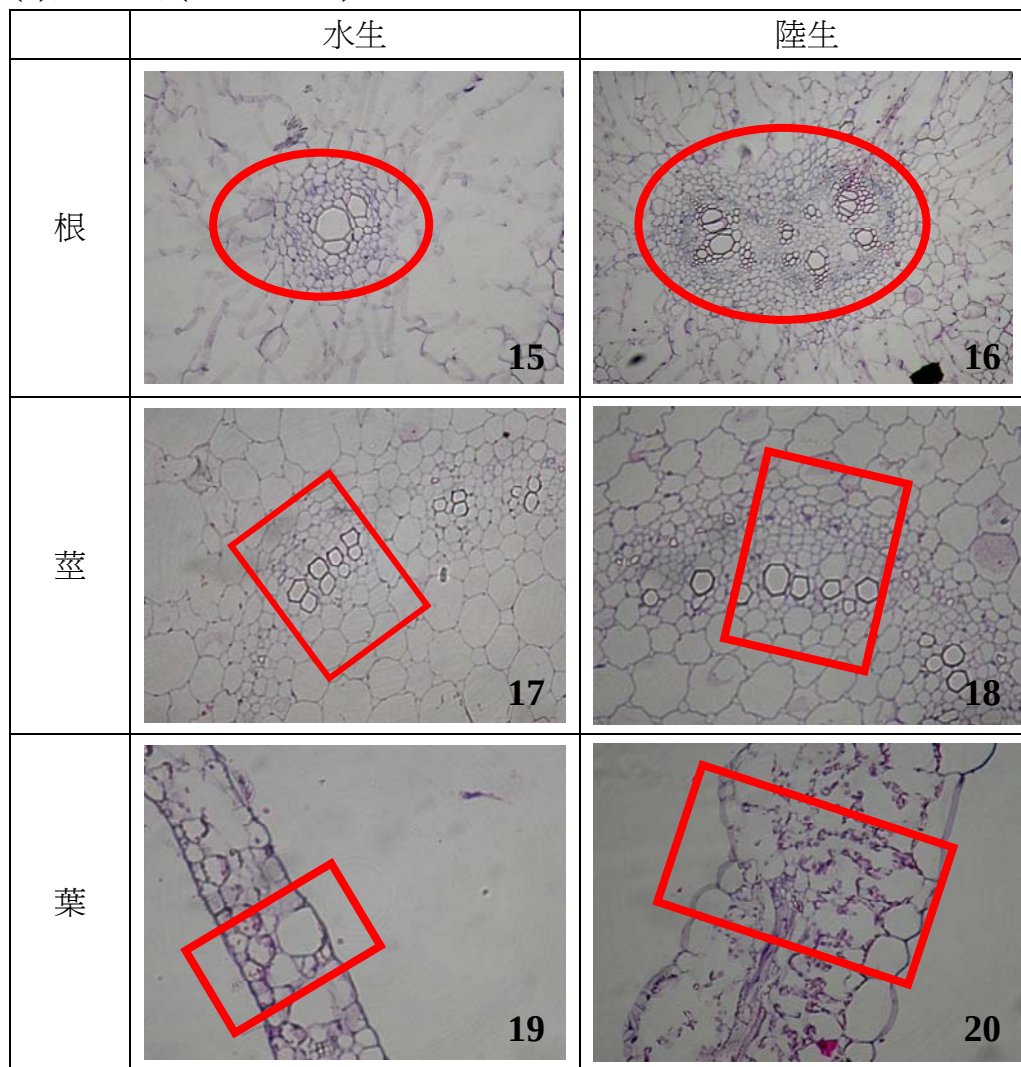
(四) 根莖葉顯微切片的比較

1、實驗方法：

利用埋蠟將根莖葉各個部份包覆起來，再做切片處理。

2、實驗結果：

(1)橫切結果(如圖 15~20)



(圖 15~20)水生及陸生植株根莖葉埋蠟切片

(2)根莖葉的比較(如表 2)

(表 2)根莖葉切片型態比較表

	根	莖	葉
水生	維管束氣室較大，集中在中央	維管束集中，中間有較大的通氣組織	葉肉組織較無分化出明顯差異
陸生	維管束氣室較小、且較分散	維管束成橢圓形，通氣組織較小且分散	葉肉組織發展較完整，葉綠素含量較多

(五) 葉綠素吸光值的比較

1、實驗方法：

(1)色素抽取：

秤取烘乾的異葉水蓼葉片 0.4 g，加 5 ml 80%丙酮磨碎成泥漿狀，再加入 10 ml 80%丙酮稀釋後，用濾紙過濾。再將濾出的綠色溶液盛於三角瓶中並加蓋，以避免揮發。將殘渣重複磨碎過濾二、三次，直到殘渣中的綠色色素全部被抽出為止。最後代入公式

$$\text{葉綠素 a (mg/gFW)} = [12.7 \times (A_{663}) - 2.69 \times (A_{645})] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{葉綠素 b (mg/gFW)} = [22.9 \times (A_{645}) - 4.68 \times (A_{663})] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{葉綠素 a/b} = \text{葉綠素 a} / \text{葉綠素 b}$$

$A_{663}(A_{645})$ ：葉綠素抽取液在波長 663 nm(645nm)的吸光值

V：葉綠素 80%丙酮抽出液的總體積 (mL)

W：葉片組織的鮮重量 (g)

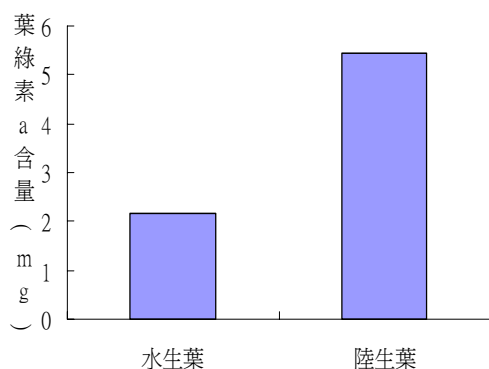
(2)葉綠素的定量：

先用 80 %丙酮調節零點及滿點。再取 3 ml 葉綠素抽出液，盛於光電比色管中，在波長為 440.5 nm、645 nm、663 nm 及 652 nm 時之吸光度。

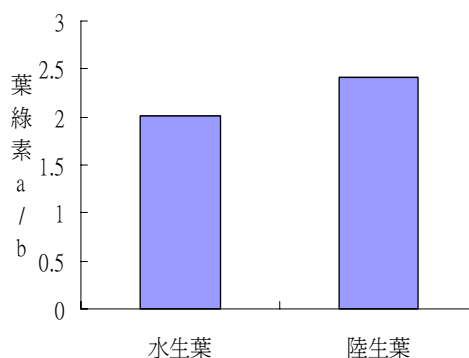
2、實驗結果：

(1)葉綠素 a 含量：陸生葉 > 水生葉。(如圖 21)

(2)葉綠素 a/b 比值：陸生葉 > 水生葉，顯示陸生葉光合作用較旺盛。(如圖 22)



(圖 21)葉綠素 a 含量比較



(圖 22) 葉綠素 a/b 比值比較

三、各環境因子對異葉水蓼異形葉的影響

(一)光度的影響

1、實驗方法：

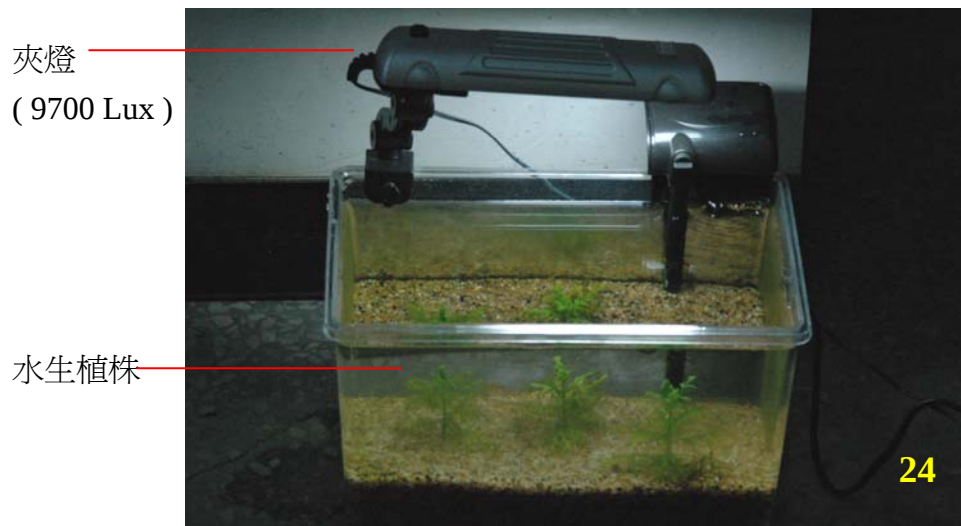
(1)三組皆以一日六小時之光週期，每日滴入一滴肥料。

(2)實驗組分別以高光度及低光度的夾燈照射。

(3)每週檢測光度使其維持在固定範圍內。(實驗設置如圖 23~26)



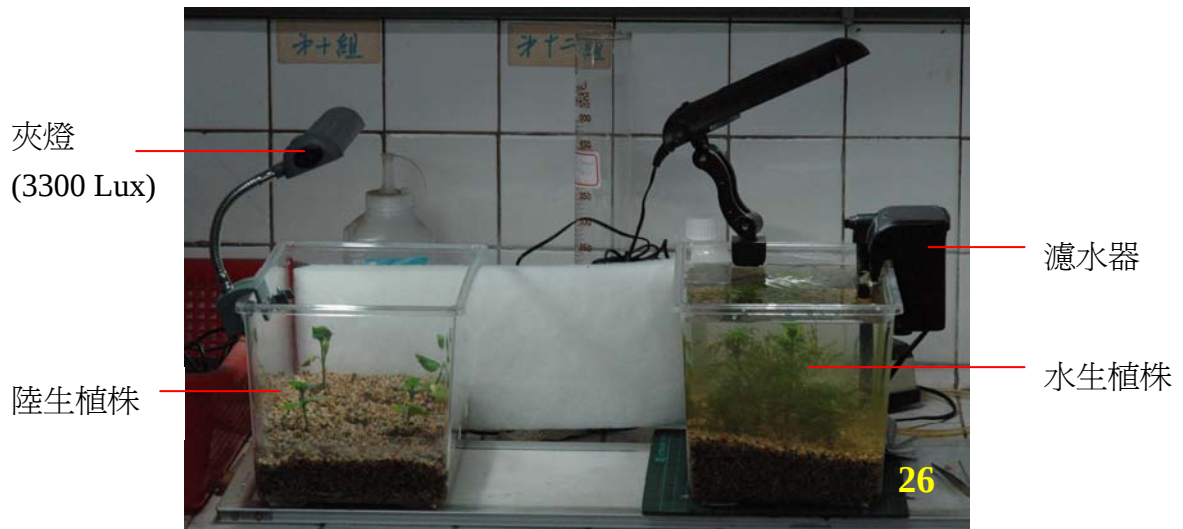
(圖 23) 實驗組設置低光度 (水、陸)



(圖 24) 實驗組設置：高光度(水)



(圖 25) 實驗組設置：高光度(陸)

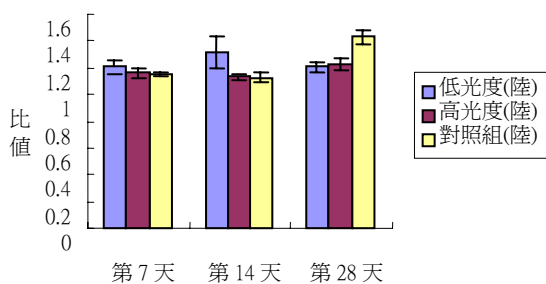


(圖 26) 對照組設置(水、陸)

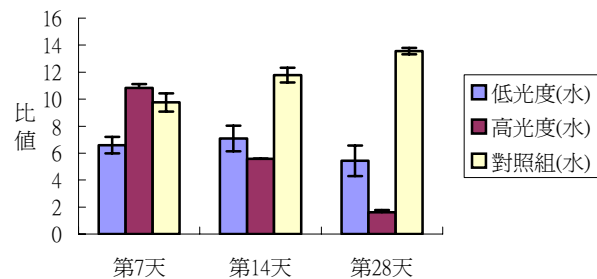
2、實驗結果：

(1)葉形缺刻比較

陸生植株葉形缺刻比並未因光照強度改變的時間長短而有明顯變化(如圖 27)。不同光度下的水生植株葉形缺刻比皆有逐週下降的趨勢，其中以高光度組下降程度最為明顯(如圖 28)。



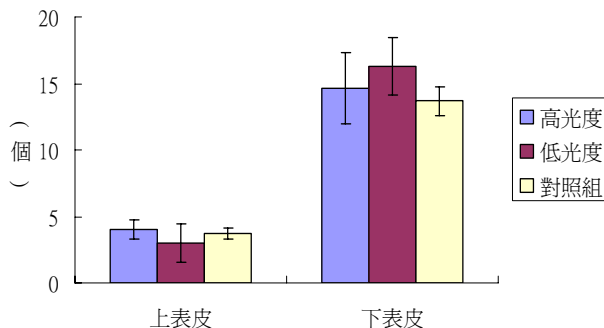
(圖 27) 不同光度陸生植株缺刻比比比較圖



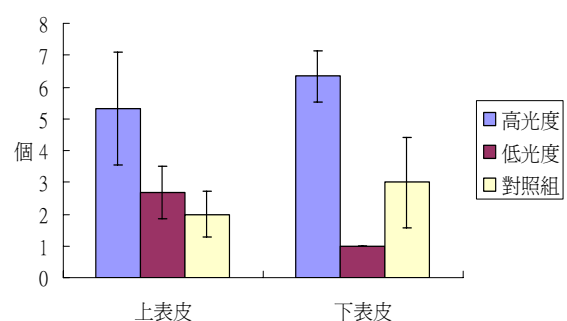
(圖 28) 不同光度水生植株缺刻比比比較圖

(2)氣孔數比較(400 倍視野下)

陸生植株葉片上表皮氣孔以高光度組較多，而下表皮則以低光度組較多(如圖 29)。水生植株葉片上下表皮氣孔數最多者皆為高光度組。(如圖 30)



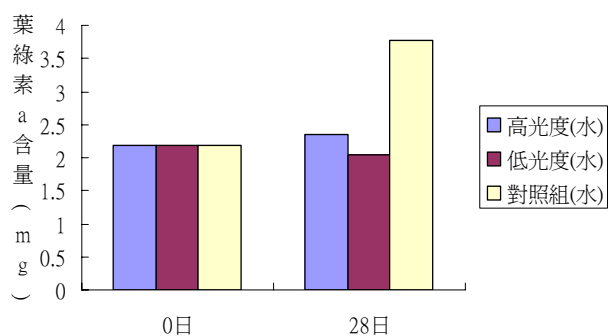
(圖 29) 陸生葉氣孔數量比較圖



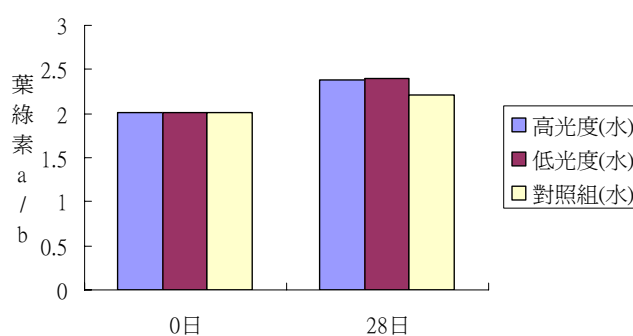
(圖 30) 水生葉氣孔數量比較圖

(3)葉綠素吸光值測量

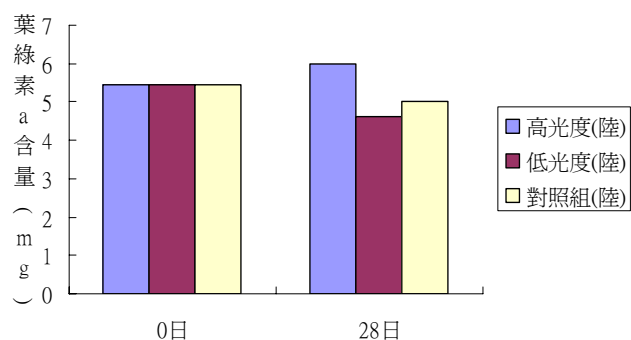
陸生植株於高光度下葉綠素 a 含量較對照組及低光度組高(如圖 33)。水生植株於一般光度下葉綠素 a 含量較其餘兩實驗組高(如圖 31)。



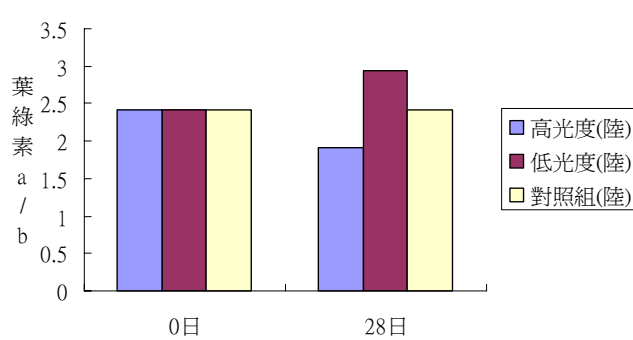
(圖 31) 水生葉綠素 a 含量比較



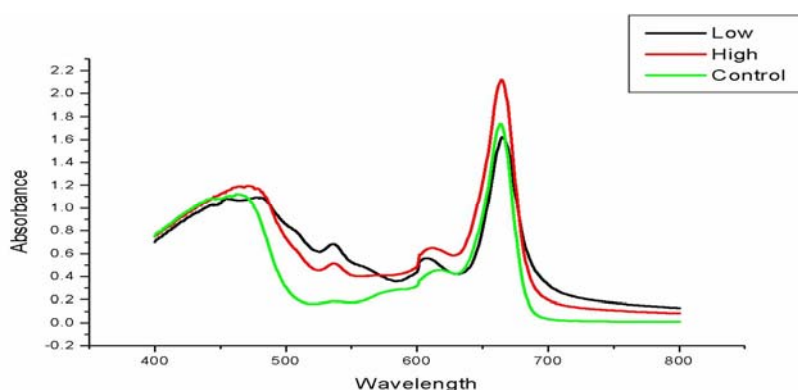
(圖 32) 水生葉綠素 a/b 比值比較



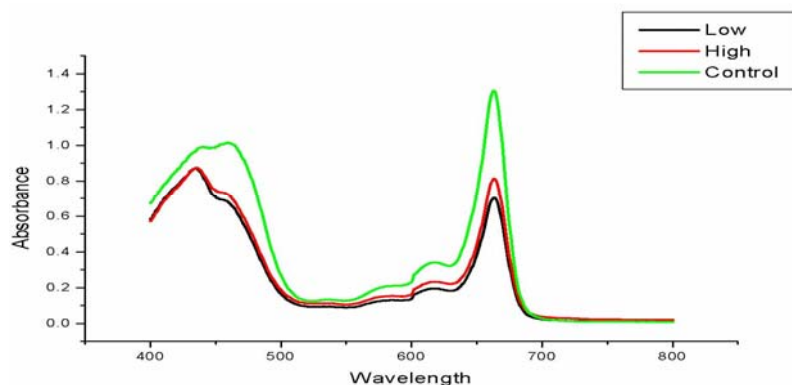
(圖 33) 陸生葉綠素 a 含量比較



(圖 34) 陸生葉綠素 a/b 比值比較



(圖 35) 不同光度處理陸生葉葉綠素含量吸光值曲線圖

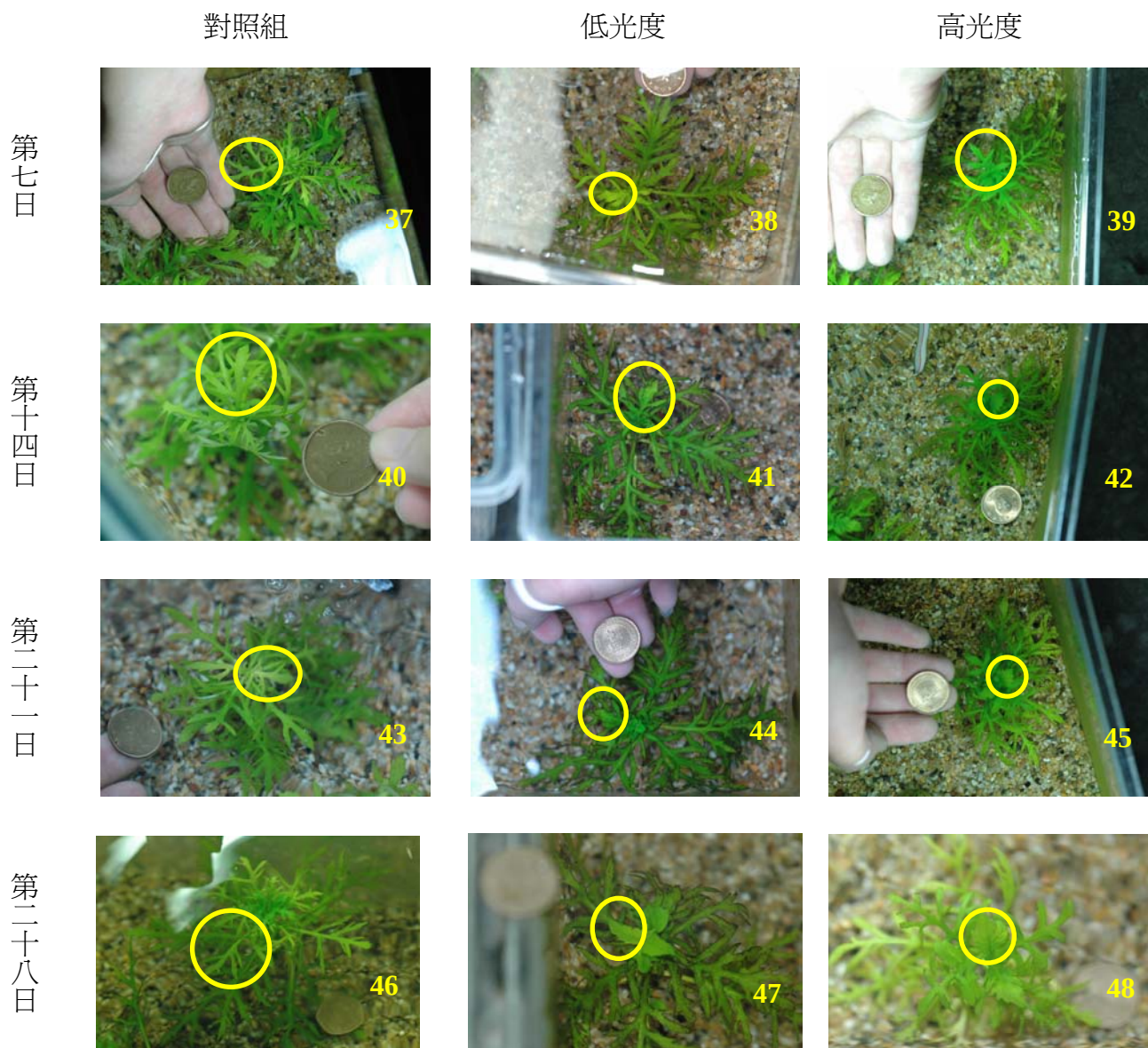


(圖 36) 不同光度處理水生葉葉綠素含量吸光值曲線圖

3、植株生長記錄

由照片可看出水生植株三組的新葉皆有葉形上趨向陸生葉的變化，其中以高光度組變化最為明顯(如圖 37~48)。陸生植株葉形外觀上並無明顯變化。(如圖 49~60)

(1)水生植株



(圖 37~39)第 7 天對照組、低光度、高光度水生植株

(圖 40~42)第 14 天對照組、低光度、高光度水生植株

(圖 43~45)第 21 天對照組、低光度、高光度水生植株

(圖 46~48)第 28 天對照組、低光度、高光度水生植株

(2)陸生植株
對照組

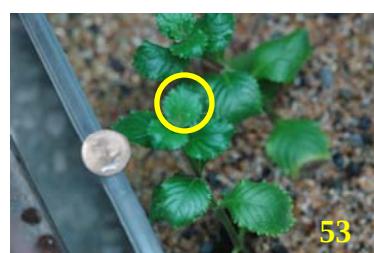
低光度

高光度

第七日



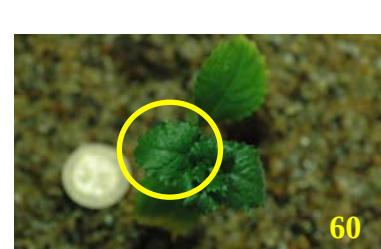
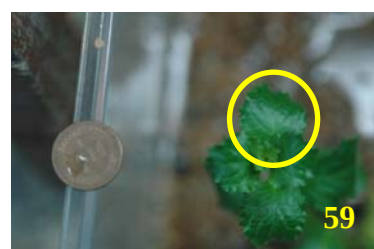
第十四日



第二十一日



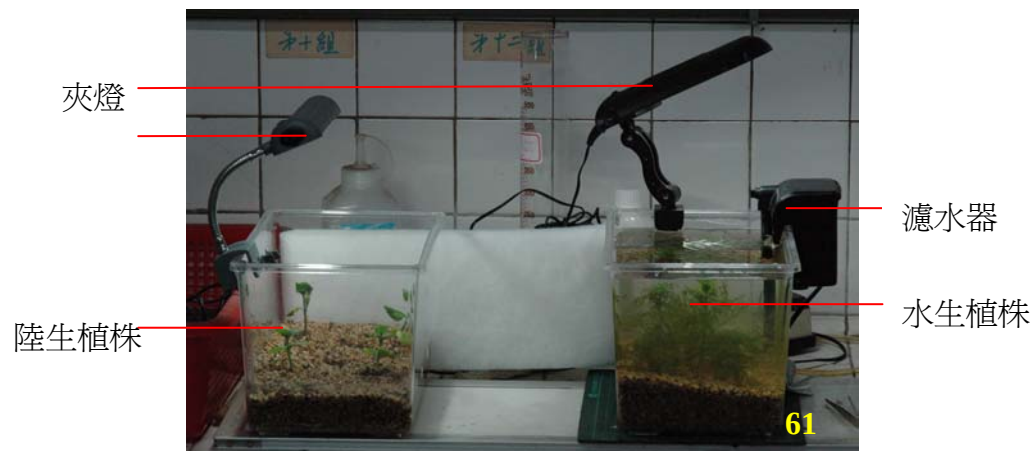
第二十八日



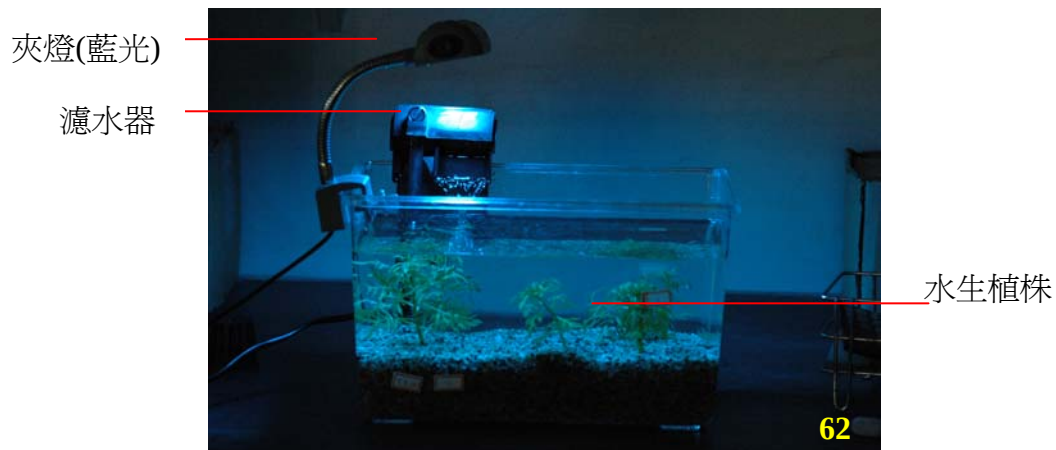
(圖 49~51)第 7 天對照組、低光度、高光度陸生植株
(圖 52~54)第 14 天對照組、低光度、高光度陸生植株
(圖 55~57)第 21 天對照組、低光度、高光度陸生植株
(圖 58~60)第 28 天對照組、低光度、高光度陸生植株

(二)光質的影響

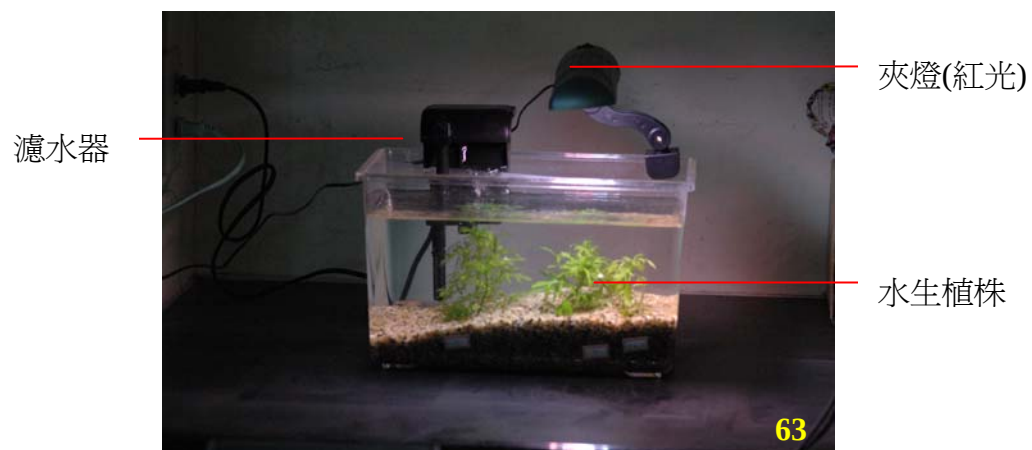
- 1、實驗方法：在水族箱中放入三株水生(陸生)植株，分別以白光(如圖 61)、藍光(如圖 62)及紅光(如圖 63)照射，每天施予 6 小時光週期照射。每日滴入 1 滴水草鐵劑。



(圖 61) 對照組



(圖 62) 藍光組(陸生同)

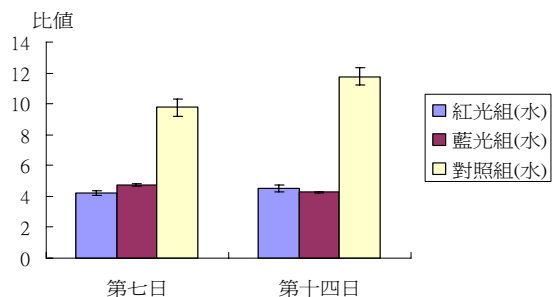


(圖 63) 紅光組(陸生同)

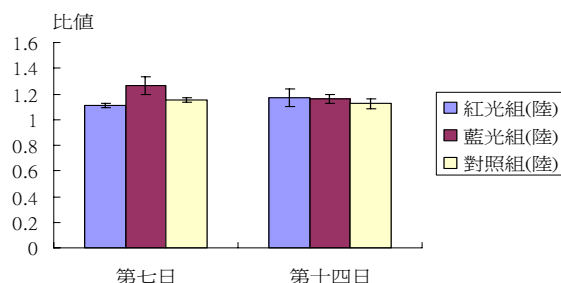
2、實驗結果：

(1)葉形缺刻比較

就水生葉而言，對照組缺刻比逐週上升但藍光組卻有略為下降趨近陸生葉的趨勢，紅光組則無明顯變化(如圖 64)；就陸生葉而言，對照組缺刻比無明顯變化，藍光組略為下降而紅光組略為上升。(如圖 65)



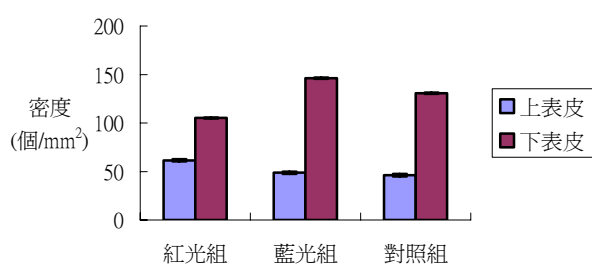
(圖 64)光質水生葉形缺刻比較



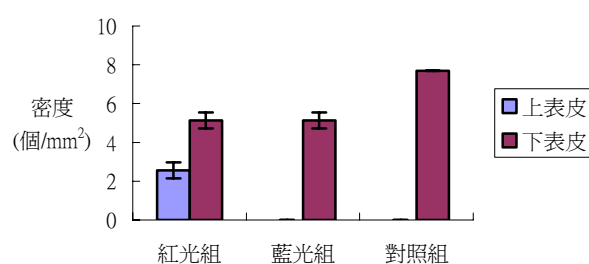
(圖 65)光質陸生葉形缺刻比較

(2)氣孔數比較(400 倍視野下)

陸生植株葉片上表皮氣孔以紅光度組較多，而下表皮則以藍光度組較多(如圖 66)。水生植株葉片上表皮氣孔以對照組較多，而下表皮則以紅光度組較多(如圖 67)。



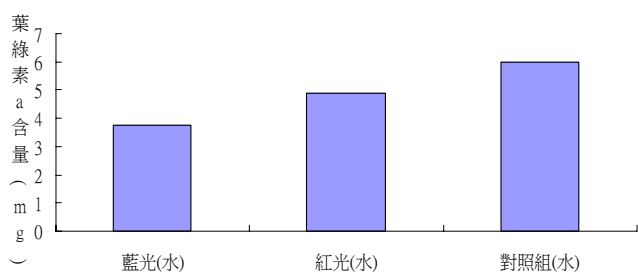
(圖 66) 陸生葉氣孔數量比較圖



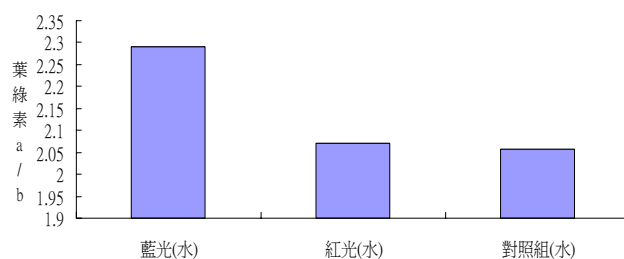
(圖 67) 水生葉氣孔數量比較圖

(3)葉綠素吸光值測量

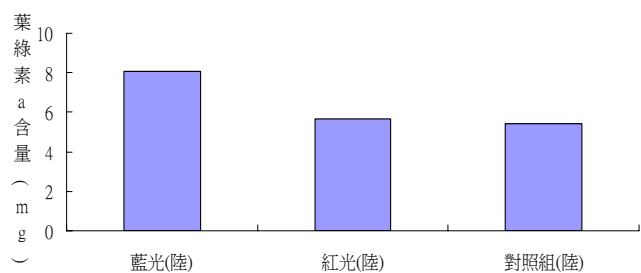
水生葉紅光組及藍光組的葉綠素 a 皆較對照組低(如圖 68、69)；陸生葉藍光組葉綠素 a 較對照組高出許多，而紅光組則無明顯差異(如圖 70、71)。



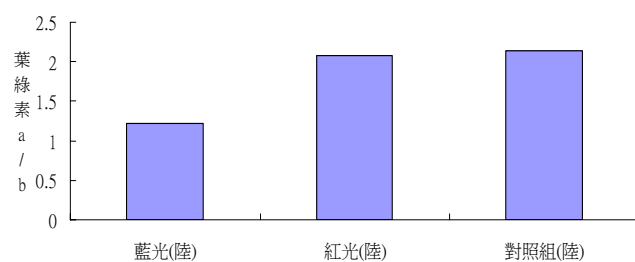
(圖 68) 水生葉綠素 a 含量比較



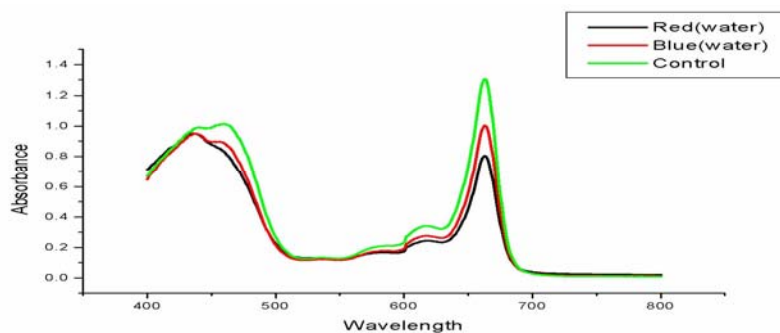
(圖 69) 水生葉綠素 a/b 比值比較



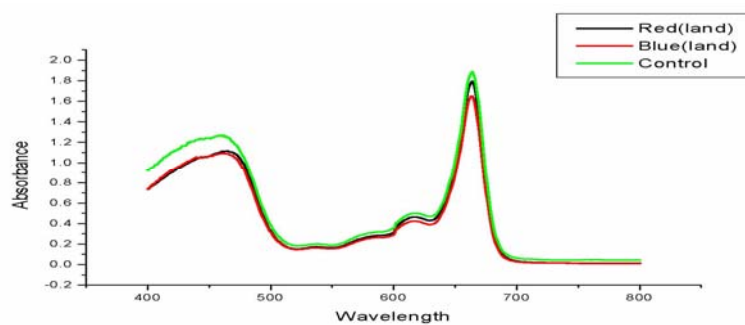
(圖 70) 陸生葉綠素 a 含量比較



(圖 71) 陸生葉綠素 a/b 比值比較



(圖 72) 不同光質處理水生葉葉綠素含量吸光值曲線圖



(圖 73) 不同光質處理陸生葉葉綠素含量吸光值曲線圖

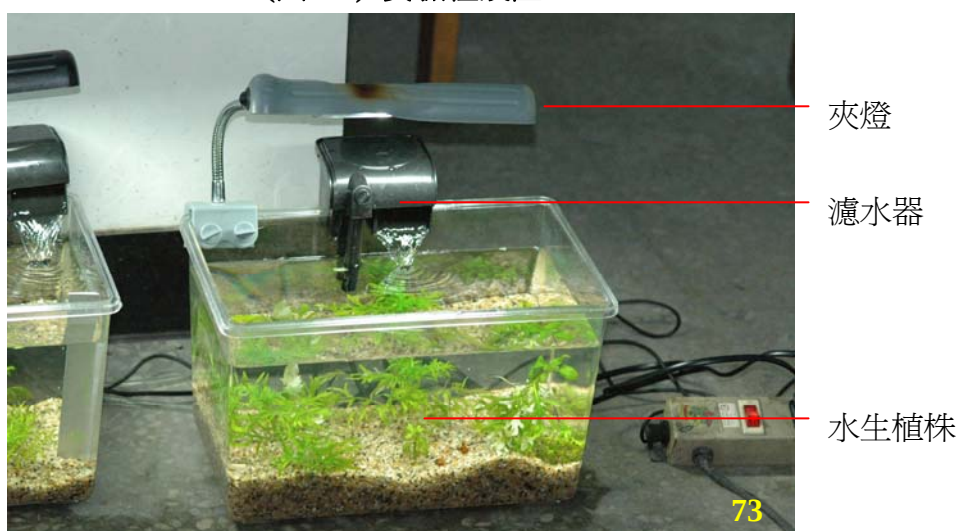
(三)水中二氧化碳含量對水生植株葉的影響

1、實驗方法：

兩組皆施以六小時光週期處理(5340LUX)，每日滴入一滴水草鐵劑，實驗組持續灌入 CO_2 以維持飽和狀態。(如圖 74、75)



(圖 74) 實驗組設置

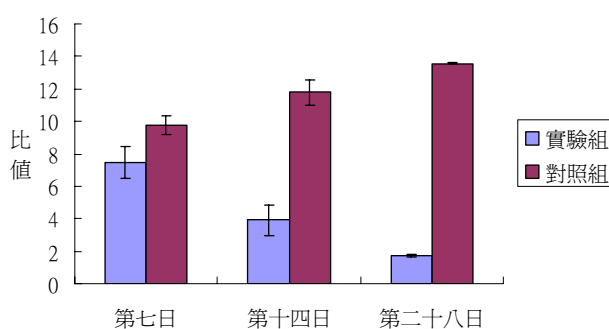


(圖 75) 對照組設置

2、實驗結果：

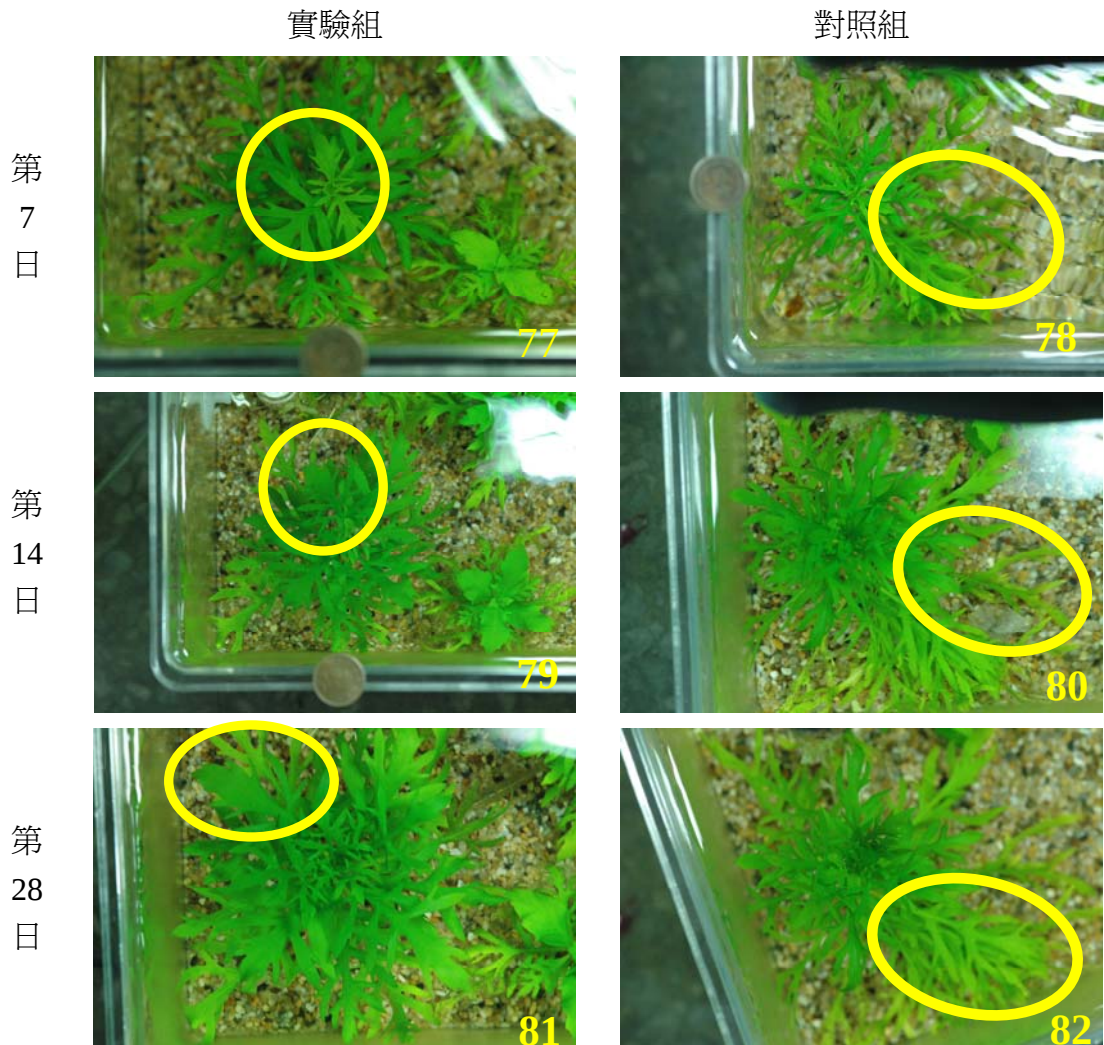
(1)葉形比較

實驗組葉之缺刻漸淺，而對照組如一般水生缺刻漸深。(如圖 76)



(圖 76) 葉形缺刻比較

我們以單葉來作葉形的比較。第七日實驗組葉片增寬，缺刻變淺；對照組則為一般水生葉型態(如圖 77、78)。第十四日實驗組葉片缺刻更淺；對照組仍為一般水生葉型態(如圖 79、80)。第二十八日實驗組葉片缺刻越不明顯；對照組仍如前兩週一般，無明顯變化(如圖 81、82)。

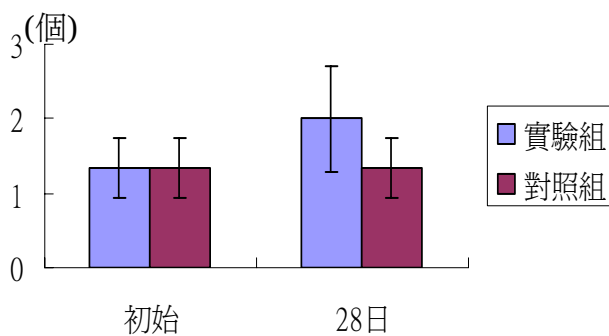


(圖 77、79、81) 實驗組 (7、14、28 日)

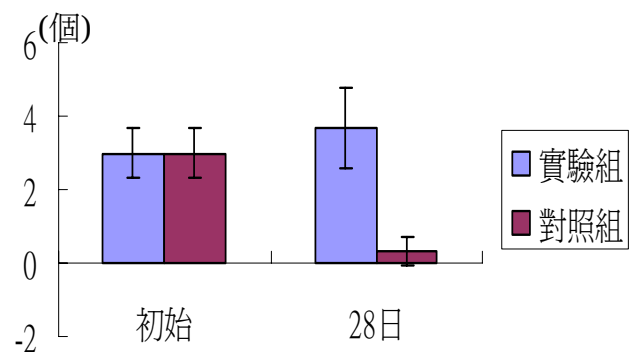
(圖 78、80、82) 對照組 (7、14、28 日)

(2) 氣孔數比較(400 倍視野下)

實驗組上下表皮氣孔數皆較對照組多。(如圖 83、84)



(圖 83) 上表皮氣孔數比較

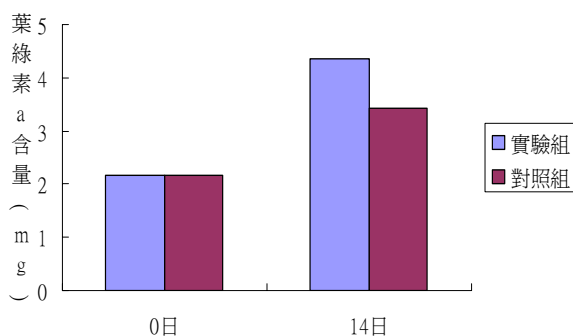


(圖 84) 下表皮氣孔數比較

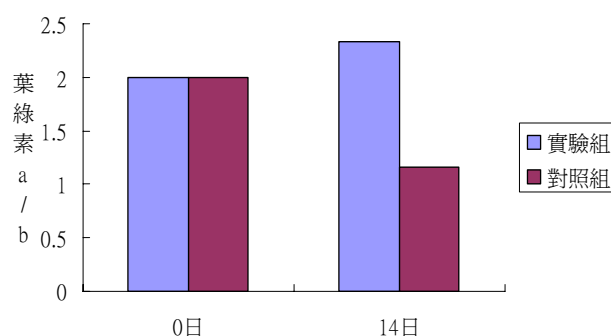
(3) 葉綠素吸光值測量

葉綠素 a 含量：實驗組 > 對照組。葉綠素 a/b 比值：實驗組 > 對照組。

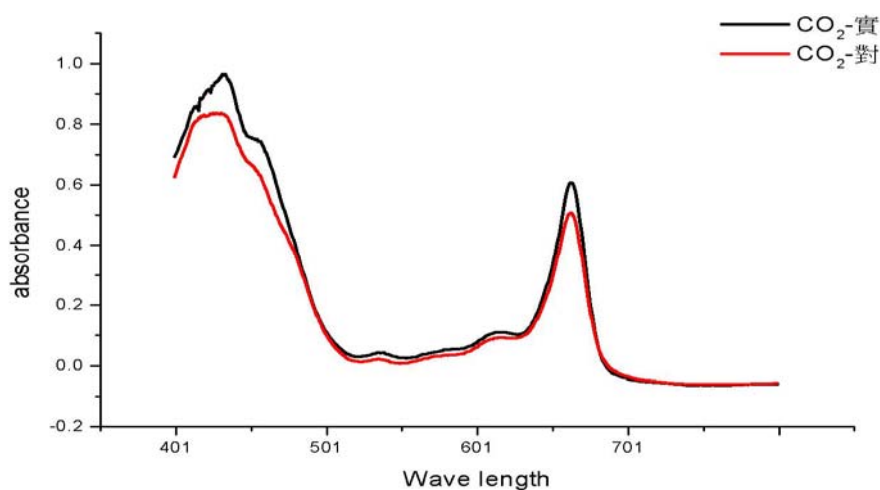
(如圖 85、86)



(圖 85) 葉綠素 a 含量比較



(圖 86) 葉綠素 a/b 比值比較



(圖 87) 吸光度曲線圖

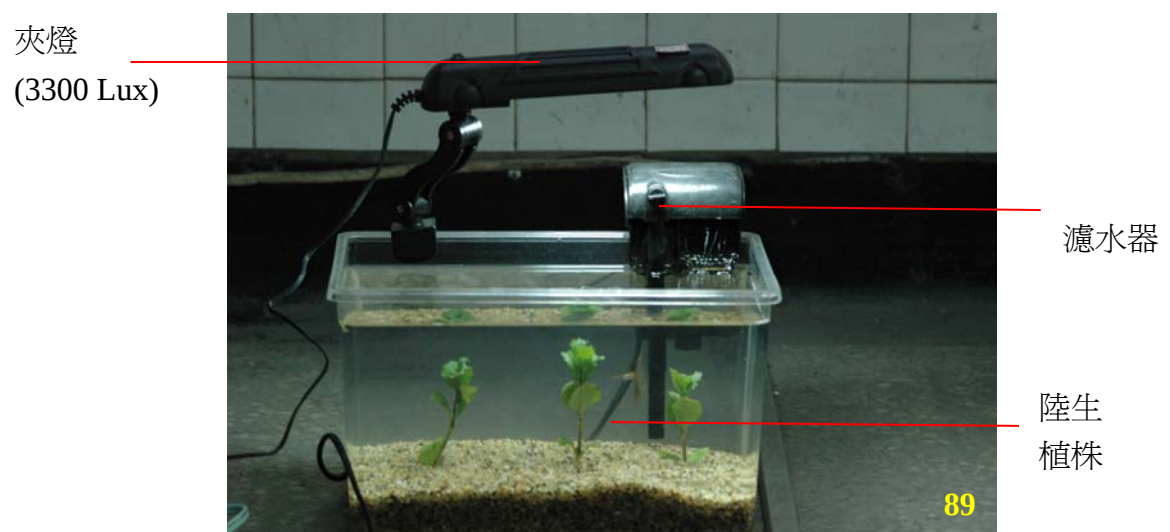
(四) 水陸變化對於植株的影響

1、實驗方法：

- (1) 兩組皆以一日六小時之光週期，每日滴入一滴肥料。
- (2) 水生實驗組(如圖 88)每週抽取 500 ml 水，陸生實驗組(如圖 89)每週添加 500ml 水。
- (3) 隔週拍照，並於 28 日時測量一次氣孔數及葉綠素總量。
- (4) 陸生實驗組以紗網覆蓋以免孑孓滋生。



(圖 88) 實驗組設置:水生→陸生



(圖 89) 實驗組設置：陸生→水生

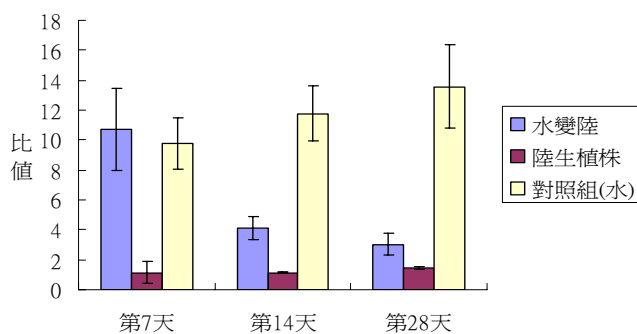


(圖 90) 對照組設置(水、陸)

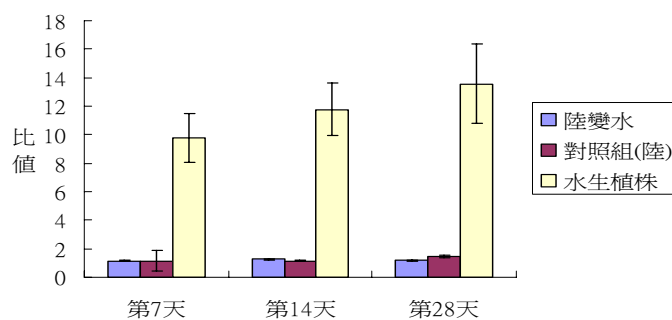
2、實驗結果：

(1)葉形缺刻比較

由水變陸植株缺刻比比較圖可看出水變陸植株的葉形缺刻比有逐週下降至接近陸生植株的趨勢，且在第二週(7~14 日)的下降情況最為明顯(如圖 91)。由陸變水植株缺刻比比較圖可看出陸變水植株及對照組的葉形缺刻比皆未有明顯變化(如圖 92)。



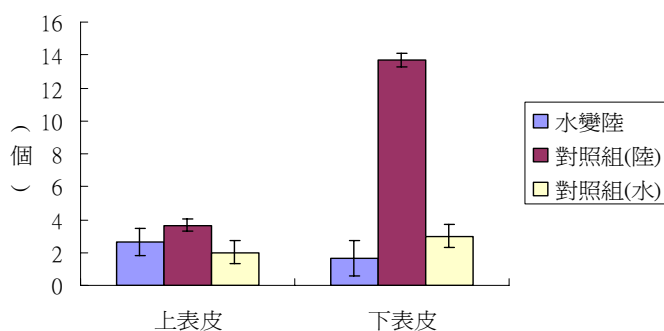
(圖 91) 水變陸葉形缺刻比比較



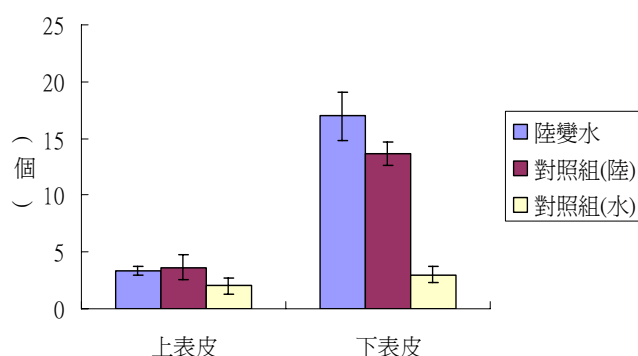
(圖 92)陸變水葉形缺刻比比較

(2)氣孔數比較(400 倍視野下)

由水變陸氣孔數比較圖看出水變陸植株的氣孔未有明顯變化(如圖 93)。由陸變水氣孔數比較圖看出陸變水植株氣孔數未有明顯變化(如圖 94)。



(圖 93) 水變陸葉氣孔數量比較圖



(圖 94)陸變水葉氣孔數量比較圖

(3) 植株生長紀錄

水變陸植株葉形有逐週趨近陸生葉型態的趨勢(如圖 95~102)。陸變水植株葉形未隨時間有明顯變化(如圖 103~110)。

水變陸

對照組(水)

第
7
日



第
14
日



第
21
日

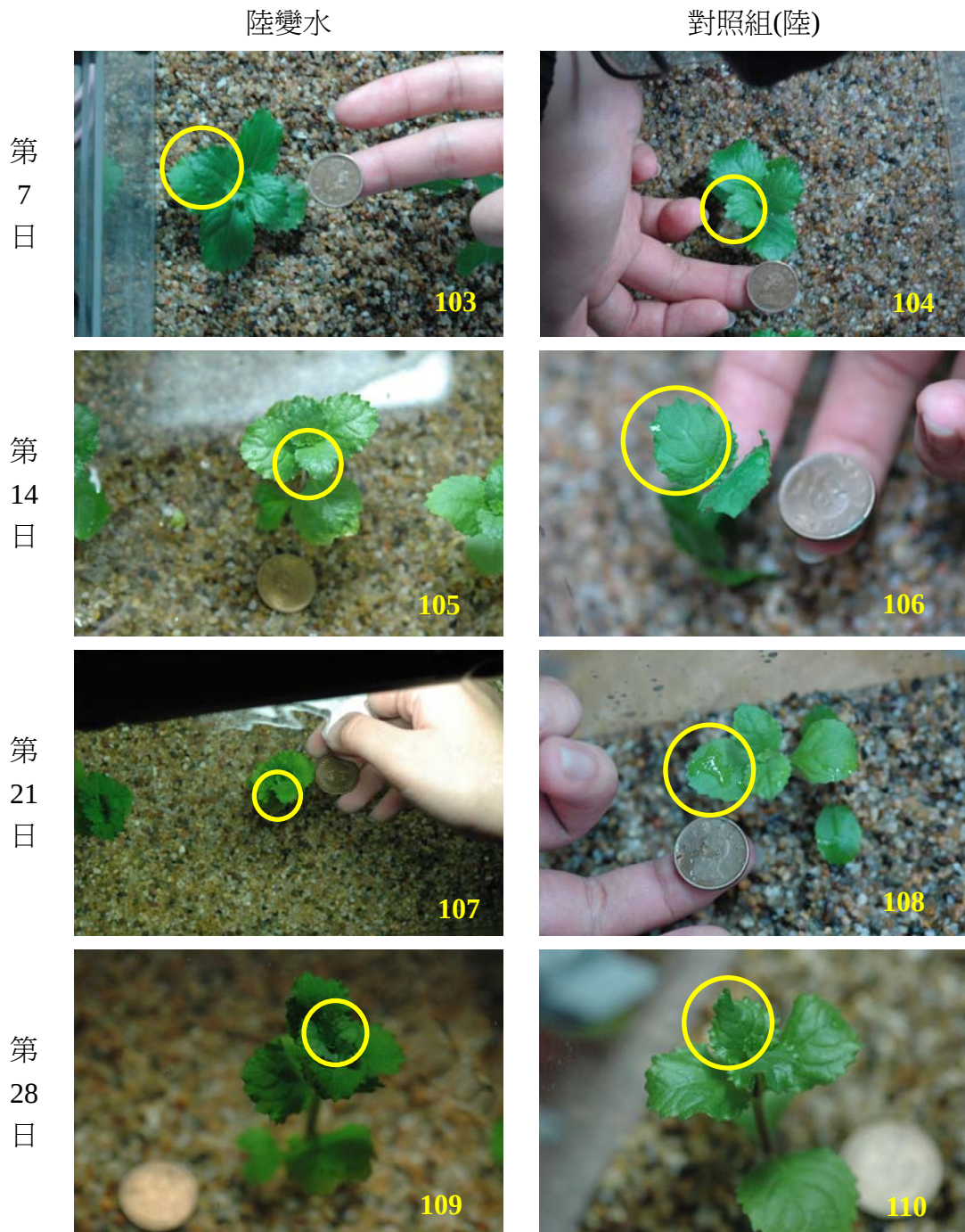


第
28
日



(圖 95、97、99、101)水變陸植株(第 7、14、21、28 日)

(圖 96、98、100、102)對照組水生植株(第 7、14、21、28 日)



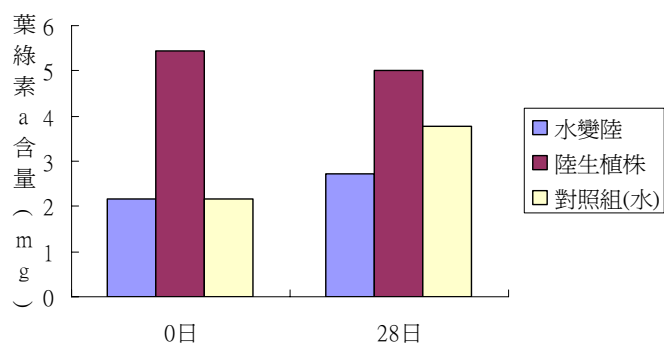
(圖 103、105、107、109) 陸變水植株(第 7、14、21、28 日)

(圖 104、106、108、110) 對照組陸生植株(第 7、14、21、28 日)

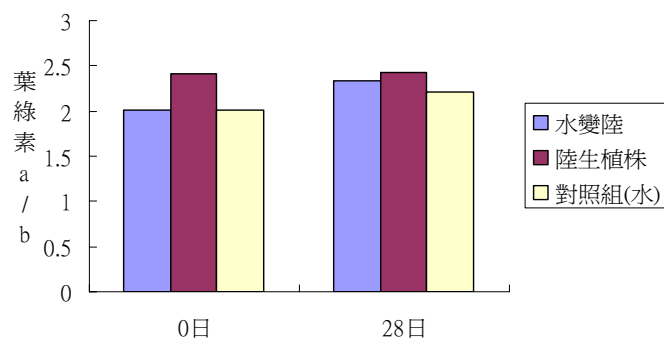
(4)葉綠素吸光值測量

由葉綠素 a/b 比較圖中可看出水變陸植株光合作用速率有大於水生對照組而趨近於陸生植株的趨勢，但吸光值略低於水生對照組。(如圖 111、112)

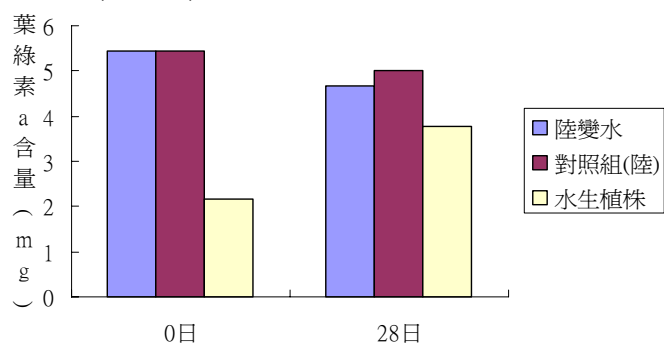
陸變水植株的葉綠素 a 含量低於陸生對照組而趨近於水生植株，且陸變水植株吸光值同樣略低於陸生對照組的數值曲線；但由葉綠素 a/b 比較圖發現陸變水植株光合作用速率反而大於陸生對照組。(如圖 113、114)



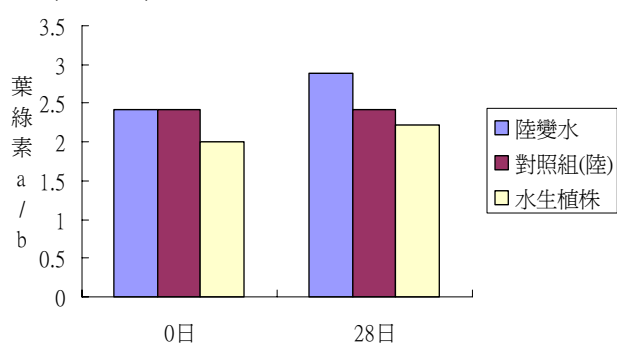
(圖 111) 水變陸葉綠素 a 含量比較



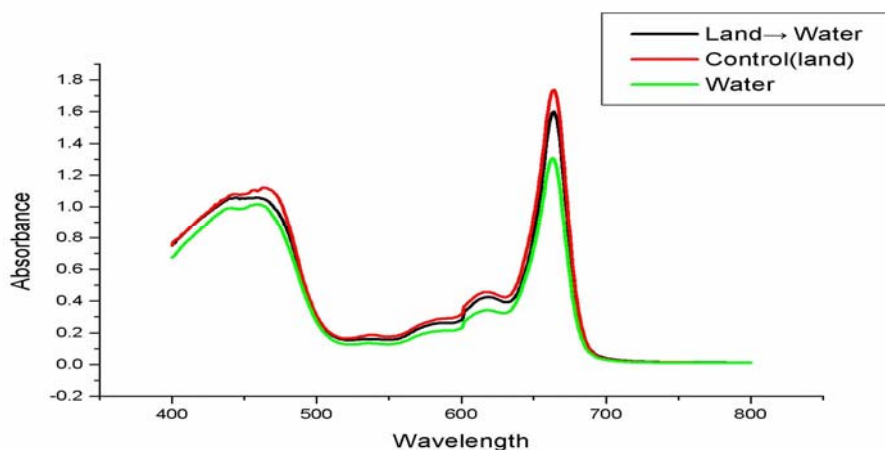
(圖 112) 水變陸葉綠素 a/b 比值比較



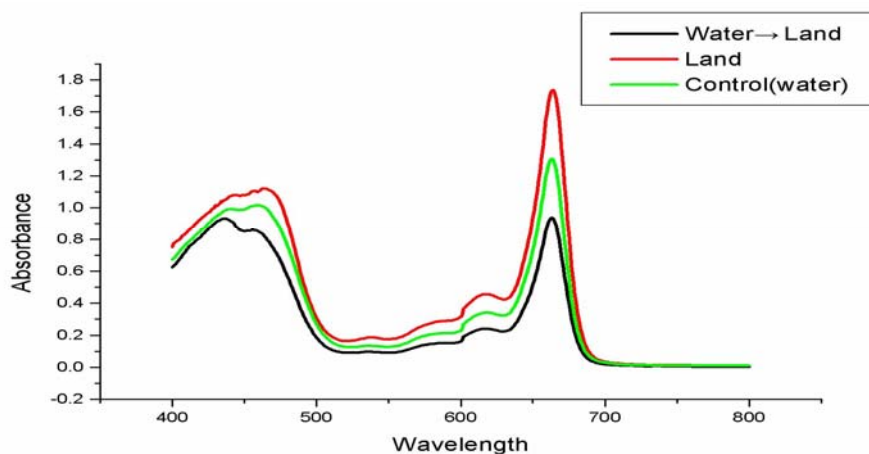
(圖 113) 陸變水葉綠素 a 含量比較



(圖 114) 陸變水葉綠素 a/b 比值比較



(圖 115) 陸變水葉綠素含量吸光值曲線圖



(圖 116) 水變陸葉綠素含量吸光值曲線圖

(五)Ethephon 對陸生植株葉的影響

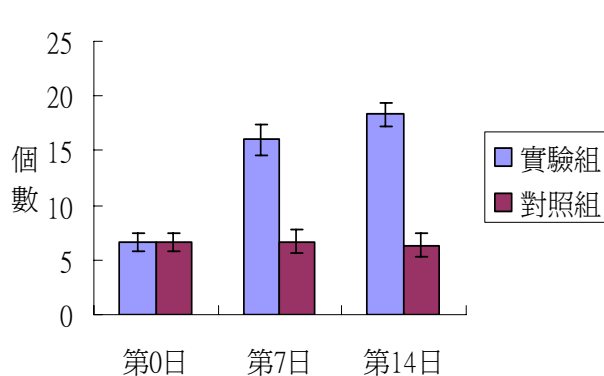
1、實驗方法：

實驗組及對照組兩組皆以一般日照及光週期處理，每盆四株，實驗組每天每株噴灑三次 0.05 %之益收生長素。

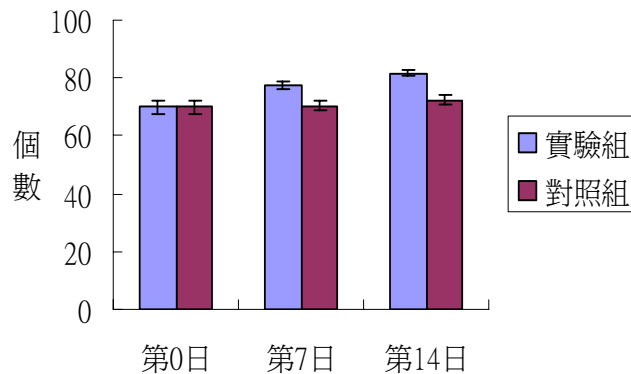
2、實驗結果：

(1)氣孔數比較(400 倍視野下)

實驗組之氣孔數明顯多於對照組，且有逐漸增加之趨勢。(如圖 117、118)



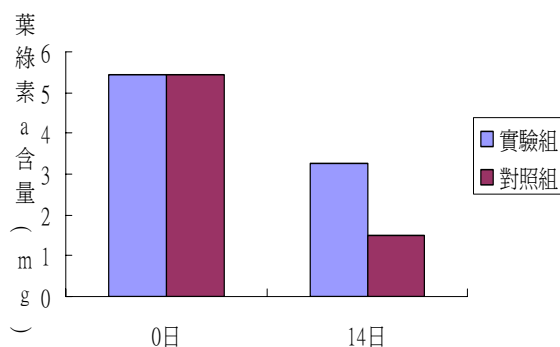
(圖 117) 上表皮氣孔數比較



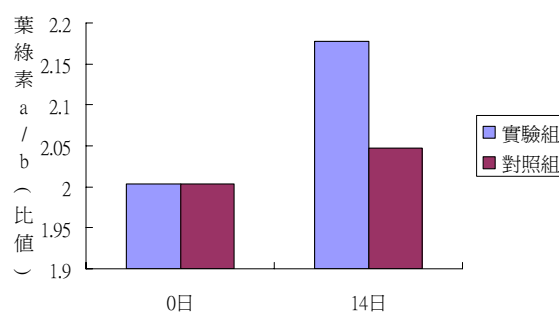
(圖 118) 下表皮氣孔數比較

(2) 葉綠素吸光值測量

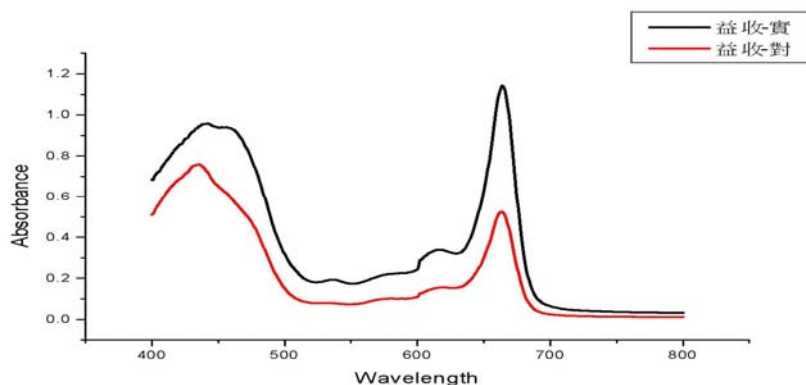
實驗組之葉綠素 a 及 a/b 比值均大於對照組。(如圖 119、120)



(圖 119) 葉綠素 a 含量比較



(圖 120) 葉綠素 a/b 比值比較



(圖 121) 葉綠素含量吸光值曲線圖

伍、 討論

- 一、異葉水蓴衣的陸生植株和水生植株在外形上有著顯著的不同。在葉形方面，水生植株的氣體供應來自溶在水中的氣體，細胞以擴散作用交換水中的氣體，水生葉(羽狀)的葉細胞和水直接接觸的面積比例較大，較陸生葉(橢圓)在水中能有效率的進行氣體交換，且水生葉的羽狀型態有助於減少水流阻力。滲透壓方面則是陸生葉大於水生葉。陸生植株為防水分散失發展出角質層，細胞不直接和空氣接觸，故以氣孔進行氣體的交換，所以水生葉的氣孔數均小於陸生葉。在植物切片觀察上，觀察到水生植株有較大的通氣組織，有利於在淹水的環境中氣體的供應。就葉面積而言，水生葉(羽狀)面積較陸生葉(橢圓)小，面積較大的橢圓葉，對光合作用較有利，在葉綠素含量上，陸生葉的葉綠素 a、a/b 及吸光值均大於水生葉，這兩項數值可證明陸生葉的光合作用、以及對光吸收的程度較強。
- 二、水生植株因有水的阻隔，在相同的光照下吸收到的光線強度會比陸生植株弱。於是我們使用不同光度的燈管來照射陸生植株及水生植株，並以葉形缺刻比及葉綠素 a/b 為指標，發現水生葉在高光度下的葉形有明顯發展至接近陸生葉型態的變化，而陸生葉在低光度下並無趨近於水生葉的型態變化，推測是因陸生轉水生接近逆化反應，因而需要更強烈的因子或其他輔助因子才會產生變化，但光度的變化確實對水生植株而言會誘發其葉形缺刻比降低。
- 三、在光質實驗，我們發現以紅光和藍光照射處理的植株皆會長出陸生形態的新生葉，但原來的葉子並沒有發生形態上的改變，因此推測，紅、藍光對異葉水蓴衣產生異形葉是有影響的。
- 四、本實驗在水中通入飽和的二氧化碳，對水生葉葉形有顯著的影響，推測應是因二氧化碳供應較一般水生充足，較接近陸生環境，則發展成較接近陸生植株的型態，原本的老葉缺刻變淺，葉形變化明顯至肉眼即可看出，而新生葉則自形成之始便為陸生葉的形狀。通入飽和的二氧化碳後除增加水中二氧化碳濃度外，亦會改變水中的酸鹼度。由資料得知水的 pH 值(除極高或極低外)對水草的生長影響通常是間接的(如養分的有效性、肥料的溶解度等)，且實驗組和對照組之 pH 值皆在最適合水草生長的水質範圍內，因此我們判斷所產生的差異是二氧化碳的影響。
- 五、理論上，將水生植株移植至陸生環境及將陸生植株移植至水生環境應是誘發其葉形改變的直接方法。實驗中發現水生葉去淹水後在葉形及葉綠素 a、a/b 比值都有趨於陸生葉的改變；陸生植株在淹水後葉形和葉綠素含量均無明顯變化。可見水生植株在陸生環境下即可長出陸生葉，而陸生植株在水生環境中無明顯差異，可能是觀察時間不夠長，或是淹水因子不是造成異形葉的主因。
- 六、由文獻中得知 Ethephon 在酸性(pH < 3.5)環境下可穩定存在，進入植物體內(大多是 pH > 4)，則分解釋出乙烯，造成內生乙烯相同的生理作用。某些具異形葉性的植物(如田字草)，植株在缺 O₂ 時會產生乙烯，乙烯會促成異形葉的形成。但本實驗結果顯示陸生植株噴灑 Ethephon 之後，並沒有觀察到葉形的變化，但葉的氣孔數則有明顯增加，葉綠素 a 含量亦高於對照組，沒有轉變為水生葉的趨勢，可能是乙烯非為促成異葉水蓴衣異形葉生成的因子。

陸、 結論

水生植物的葉形具有水、陸兩棲性的變化，一般認為和植物本身的遺傳和外界環境因子變化相關，本實驗主要探討異葉水蓴衣的環境因子變化對葉形及葉綠素含量的影響。

異葉水蓴衣的水陸生植株在型態及生理上具有明顯差異：陸生植株的葉形為橢圓鋸齒狀(葉形缺刻比較小)，莖葉有毛，根較粗，通氣組織較小，滲透壓較高，葉綠素 a 的含量較高；水生植株的葉形為羽狀葉(葉形缺刻比較大)，莖葉則無毛，在氣孔密度上，水陸生植株無差異。

本實驗觀察到在不同環境因子下的確對異葉水蓴衣的葉形造成不同變化。高光度的環境因子造成水生葉葉形趨向陸生葉；在水中通入飽和的二氧化碳也可以看到水生葉逐漸變成陸生葉的葉形；而以紅、藍光處理水生植株，皆使其長出陸生形態的新生葉，故推斷紅、藍光會影響異葉水蓴衣異形葉的形成；另外我們直接將水生植株去淹水及對陸生植株施予淹水的處理，經過 28 天的觀察發現水生葉有趨於陸生葉的型態，但陸生植株淹水卻無明顯變化，可能是觀察的時間不夠長，或是此因子非產生異形葉的主因；此外，對陸生植株噴灑 Ethephon 並不會造成使異葉水蓴衣的陸生葉轉變為水生葉，造成陸生葉氣孔數的增加。在實驗過程中，我們以文字及照片記錄環境因子對葉形的連續變化，發現在水中通入飽和的二氧化碳是使得異形葉產生的最顯著因子。

柒、參考文獻

王月雲、陳是瑩、童武夫(1993)。植物生理學實驗。臺北市：藝軒。

林家弘 (2003)。田字草異形葉和水陸環境變化的關係。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。

洪碧涵、黃遴蓁、許家嘉、黃忻恩 (2003)。植物的海軍陸戰隊-----錢幣草之水陸兩生機制探討。中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯(報告編號：040717)。

翠湖水草網站 <http://www.tbs-aqua.com.tw/knowledge/4-2.jsp>

Bristow J. Michael and Looi Ah-Sing. (1968). Effects of carbon dioxide on the growth and morphogenesis of *Marsilea* . *Amer. J. Bot.* 55(8):884-889.

Gaudet J. J. (1964). Morphology of *Marsilea vestita*. II. Morphology of the adult land and submerged leaves. *Amer. J. Bot.* 51:591-597.