

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030301

芙生六記~水芙蓉的平衡機制

學校名稱：新北市立錦和高級中學

作者： 國三 歐育茹 國二 陳絲彤 國二 黃郁晴	指導老師： 吳家進
-----------------------------------------------	------------------

關鍵詞：水芙蓉、浮水時間

摘要

實驗之初觀察水芙蓉的形態特徵和生長環境，發現：水芙蓉偏好在春夏生長，秋冬有落葉情況，且水芙蓉具有高度的環境適應性，會隨環境水深調整根部長度，以穩定植株平衡。若將水芙蓉沒入水中，並將根埋於土壤，會有斷根浮出水面的現象。

水芙蓉的密度在葉片為 0.38 g/cm^3 ，根部為 0.92 g/cm^3 ，這樣的因素使葉片可以產生較大浮力；而根部可以穩定平衡植株。從本研究結果得到：浮水時間與葉片重量與長度有高度正相關，翻正時間則與根部重量和長度均有相關。進一步研究較大的樣本發現，當無根狀態時，浮水時間反而比有根狀態慢，且無法順利翻正，這說明了水芙蓉的平衡機制葉片和根部的影響缺一不可。

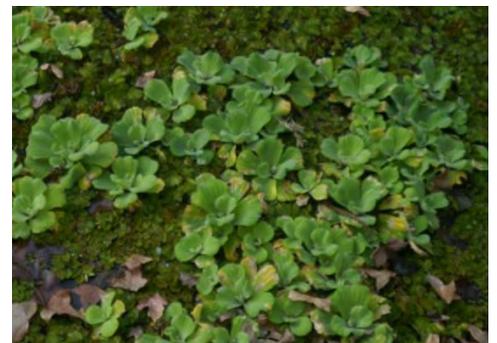
壹、研究動機

每日從學校側門進入校園，映入眼簾的即是校園最漂亮的生態池，池水中長滿著各式植物，其中又以水芙蓉(*Pistia stratiotes*)的數量為最多，場面相當壯觀，而生態池也是我們最喜歡的環境，每日中午都會在此維持環境。

某天觀察突然覺得看似平凡的水芙蓉，並不像普通的浮水性植物一樣小而單調，只有單單一片葉片下帶著些許的根。從這時候開始，我們便對其相貌產生了許多疑惑，為何將水芙蓉丟進水中，可迅速的自行翻正，而不會看到倒立於水中的它？為何生態池的水芙蓉分布不均勻且在水深與水淺區域的生長也不相同？為了得到這些問題的解答，我們開始搜尋相關資料，並研究關於水芙蓉的秘密生活。

表一、水芙蓉的簡介

科別	天南星科
學名	<i>Pistia stratiotes</i>
別名	白萍、水蒿苳、水蓮、芙蓉蓮
原產地	熱帶美洲
生長特性	多年生浮水性草本
分布區域	生長於不流動的溝渠、河流、池塘、稻田、湖沼濕地
形態特徵	葉：倒卵至橢圓形，表面佈滿絨毛，葉片海綿質具許多空腔 根：具有濃密的鬚根 繁殖方式：以無性繁殖為主，每一走莖會萌發成一株小苗 生長季節：全年，以春夏增長速度快，秋冬有葉片枯黃現象



圖一、生態池中的水芙蓉一景



圖二、水芙蓉的根和走莖

貳、研究目的

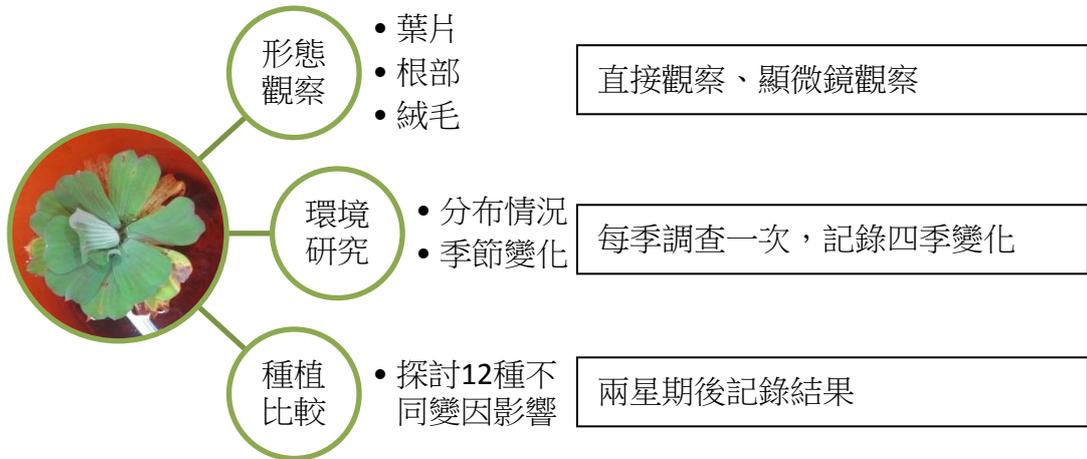
- 一、調查水芙蓉的基礎資料及種植觀察
- 二、研究水芙蓉漂浮水面的平衡機制
- 三、測定水芙蓉的浮力和植株大小關係

參、研究設備及器材

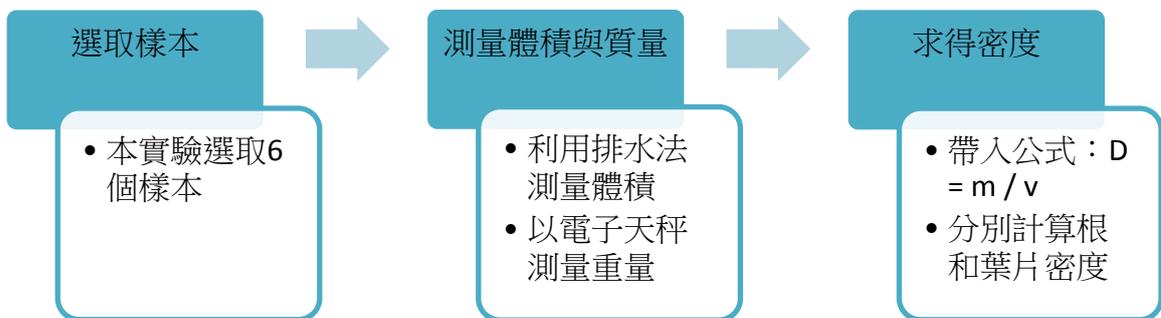
- 一、水芙蓉觀察：顯微鏡、溫度計、廣用試紙
- 二、水芙蓉的種植：塑膠盒、水芙蓉、土壤、池水、石頭、水生植物、花寶二號、打水器、塑膠盒、棉花
- 三、密度測量：量筒、電子天秤、鐵塊
- 四、浮力、翻正實驗：碼錶、電子天秤、尺、吹風機
- 五、載重實驗：垃圾桶、砝碼、剪刀、棉線、電子天秤、碼錶

肆、研究過程或方法

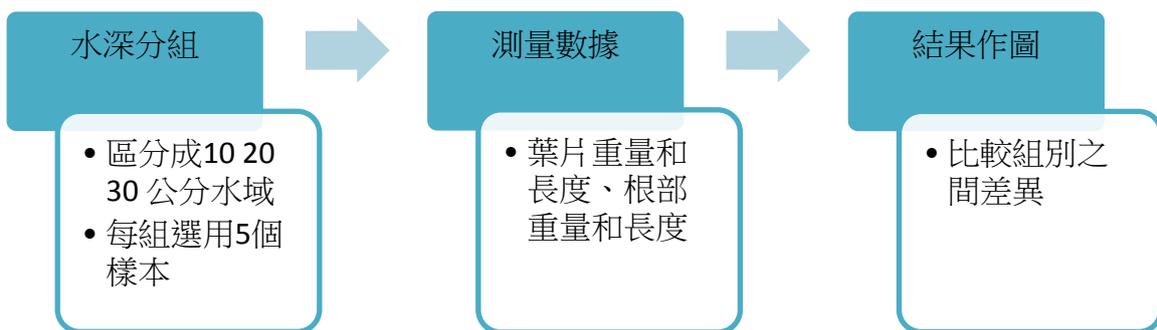
一、水芙蓉基礎資料研究



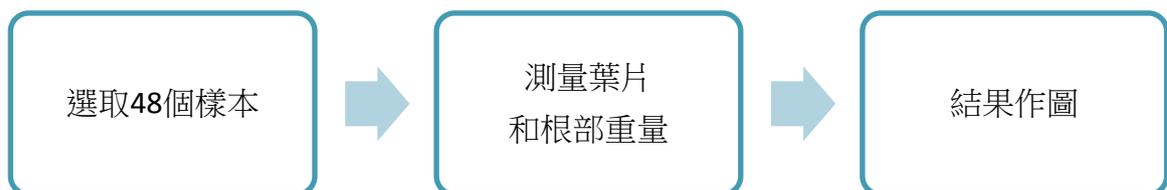
二、水芙蓉密度測量



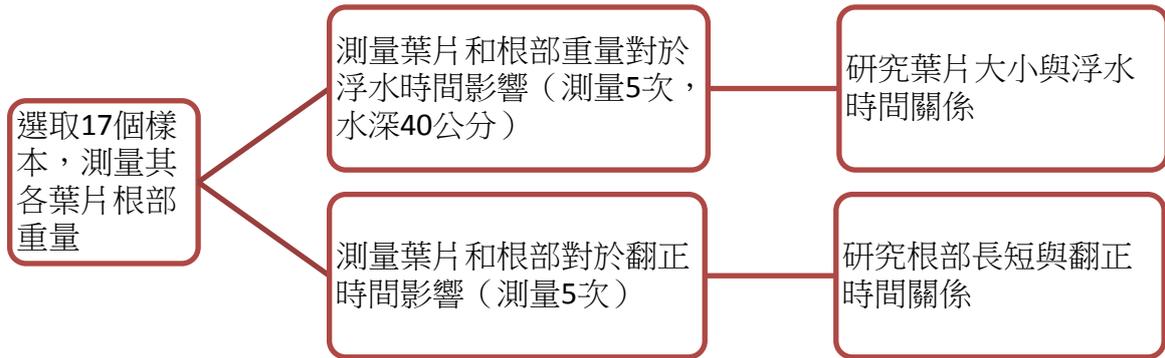
三、水域深度與水芙蓉植株大小探討



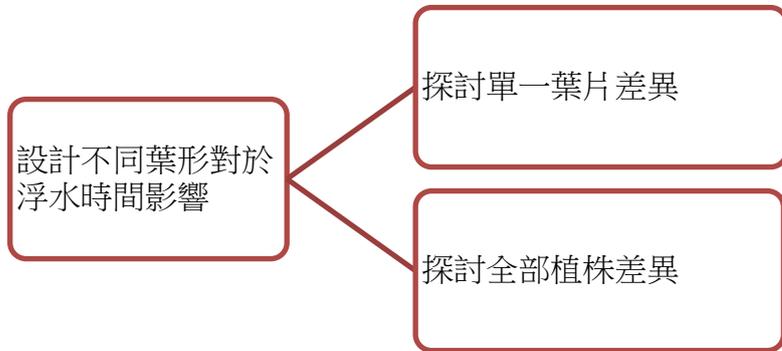
四、葉片重量與根部重量關係



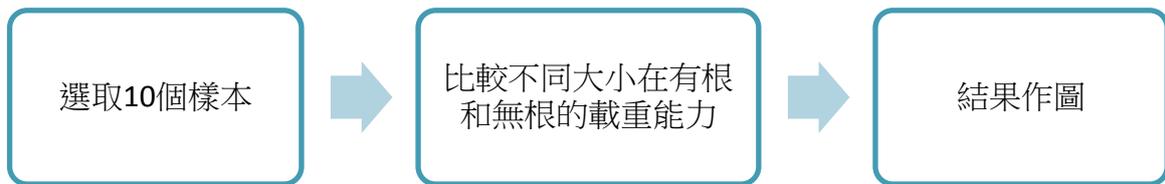
五、水芙蓉平衡機制探討



六、水芙蓉葉片形狀對浮水時間探討



七、水芙蓉載重能力探討



伍、研究結果

● 水芙蓉基礎資料研究

一、水芙蓉的形態觀察

本實驗觀察水芙蓉的形態特徵，主要針對葉片形態、根部形態、葉片絨毛等部位進行觀察實驗（圖三）。其觀察結果如下表（表二、三、四）



圖三、水芙蓉形態觀察重點圖

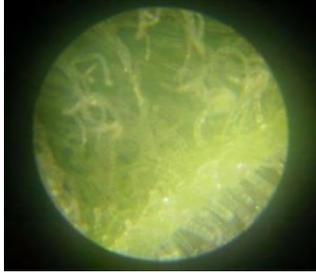
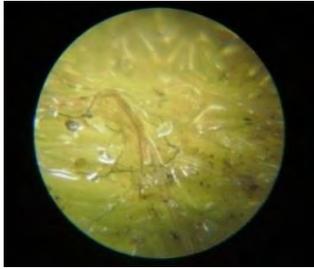
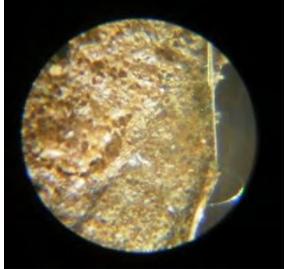
表二、水芙蓉葉片形態觀察

厚度		形狀	紋路
橫切面	縱切面		
中間較厚，到葉緣處則較薄且下凹		雙凹橢圓弧狀	上有突起紋路
顏色			生長情形
正面	背面	基部	→ 剛長出的葉片通常向上生長，植株整體較為挺立，後則漸往外生長，直到最下層的葉片平鋪水面 → 即將枯黃的水芙蓉，只剩下最外圈的葉片，且平貼於水面
顏色翠綠	顏色淡	顏色深.透明	

表三、水芙蓉根部形態觀察

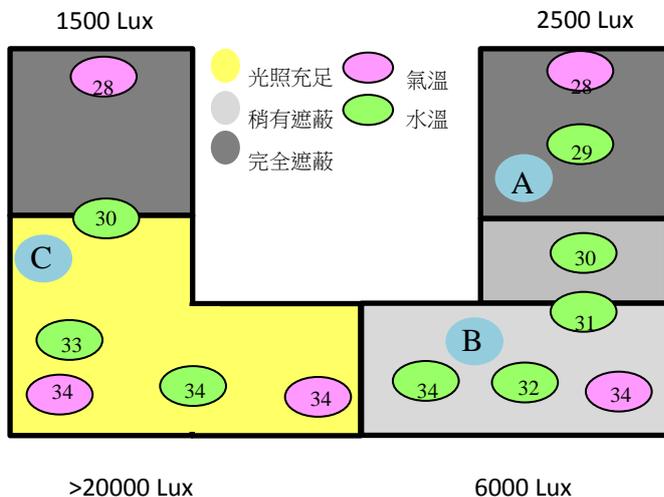
	內圈	外圈
根的長度	長	短
根的數量	少	多
生長觀察	初生根為淡綠色，隨後則轉變顏色成為棕色 內圈的根，會在下端長出許多的支根	

表四、水芙蓉葉片絨毛觀察

	上表面	下表面
長度	短	長
密度	多	較少
顯微鏡下的觀察		
	基部	乾枯處
長度	中	無
密度	稀疏	
顯微鏡下的觀察		

二、水芙蓉在生態池的分布與生長情況

在暑假期間，我們紀錄了生態池中的光照、氣溫、水溫等環境因子，將生態池依照光照強度分成三區，分別為光照充足(>20000 lux)、稍有遮蔽(6000 lux)、完全遮蔽(2000 lux) (上方有茂密的大樹)(紀錄光照度當天天氣晴朗，紀錄時間為中午。)，而水芙蓉的偏好生長於光線充足的區域。A 區域的水深最深，但陽光最少，生長在此的水芙蓉到秋冬時生長不佳，B 區域的水深次之，稍有遮蔽，水芙蓉生長密集且葉片肥厚飽滿，C 區域水淺，陽光直射，但此區水芙蓉生長情況不佳，只有零星分布。



圖四、生態池環境示意圖



圖五、生態池環境實際圖



圖六、水芙蓉生長密集圖



圖七、水芙蓉與其他挺水植物一起生長

三、水芙蓉在不同季節的生長差異

由圖八到圖十一發現，水芙蓉在春夏生長旺盛，葉片肥厚飽滿，到了秋冬季節葉片會有枯黃掉落的情況。水芙蓉多為成群生長，即便只是一、兩株的水芙蓉也可迅速生長成成片，繁殖力極強，在甚小的空間下亦可生存，可和其他水生植物交結在一起，適生長在高溫的夏季，但需些許遮蔭，此時期的水芙蓉顏色翠綠，葉片較厚。

水芙蓉葉片中間厚實飽滿，接近葉緣處則只剩下薄薄一層，且向下彎曲，而葉紋具有突起及倒鉤的絨毛，使其下層葉片貼於水面上，上部葉片往上生長，形似一朵花。但在入冬之後，則只剩下下層的幾片葉子，此時若將水芙蓉翻倒，則無法再翻正，倒立於池塘中。



圖八、春季水芙蓉生長情況



圖九、夏季水芙蓉生長情況



圖十、秋季水芙蓉生長情況



圖十一、冬季水芙蓉生長情況

四、水芙蓉的種植比較

本實驗設計了 12 種不同變因，每個變因選取 5-6 個樣本，從生態池移至生態池旁實驗教室外，有光跟生態池半遮陰處約相同，觀察 2 星期變化，研究水芙蓉適合生長的最佳環境。其中不換水、雨水、自來水和陽光直射生長不佳，其餘和原先環境類似。比較特別的是將根部埋於土壤後泡在水裡的個體，會斷根浮上來；以及在水流環境中，根部會有增長的現象。

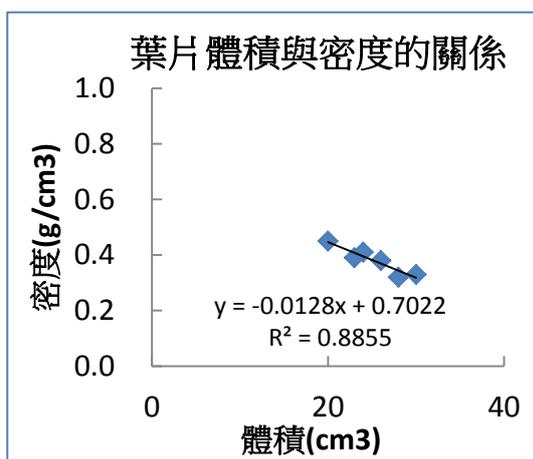
編號	變因	觀察描述	
1	以池水種植，但不換水	葉片部位很快就開始脫落	
2	以自來水種植	很快就開始變枯黃	
3	以雨水種植	葉片腐爛	
4	池水養殖並定期添加肥料	結果比 1-3 好，但依舊沒有原先飽滿	
5	將水芙蓉種於水分充足的泥土中，並未將水芙蓉埋於土裡	生長良好，與在原先環境類似	

6	將水芙蓉種於土壤中，並加水至蓋住整株水芙蓉	水芙蓉自行斷根浮出水面，再長出新的根，其葉片也稍有脫落	
7	種於土壤中，將跟埋於土裡	水芙蓉依舊可以生長，而其根較短，葉片較薄	
8	將水芙蓉放於土壤之上，不特別將根埋進土壤當中	水芙蓉快速枯死	
9	底層鋪石頭	水芙蓉生長正常，葉片翠綠	
10	放入其他水生植物—槐葉	生長情形無明顯差異，因水芙蓉體積大，較佔優勢，再多的水生植物都不會和它爭奪生存空間，依舊能繼續生長，而其他水生植物卻因被其遮住，無法的到陽光，很快便死亡	
11	加入水流營造流水環境	根明顯較一般的水芙蓉長	

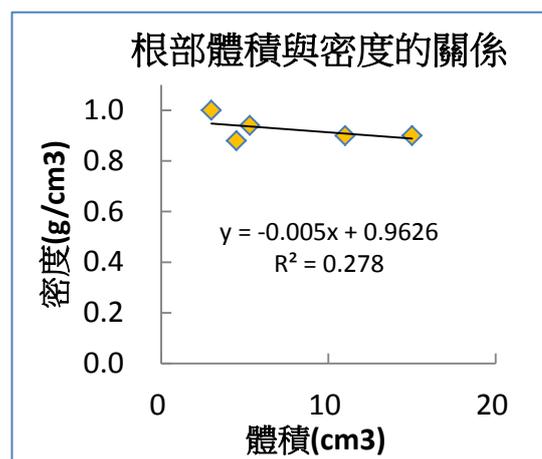
12	陽光直射環境 (與生態池 C 區環境類似)	葉片乾枯	 <p style="text-align: right;">陽光直射</p>
13	對照組-原先環境		

五、水芙蓉各部位的密度測量

本實驗隨機選取 6 株水芙蓉，利用排水法測定體積和使用電子天枰紀錄重量，然後求出水芙蓉的密度，分別針對葉片與根部進行實驗。結果發現：葉片的平均密度為 0.38 g/cm^3 ，根部的平均密度為 0.92 g/cm^3 。另外發現植株越大，葉片越厚，密度越小；反之則葉片較薄且密度較大($r = 0.94$) (圖十二)，在根部比較中則無明顯趨勢($r = 0.53$) (圖十三)。



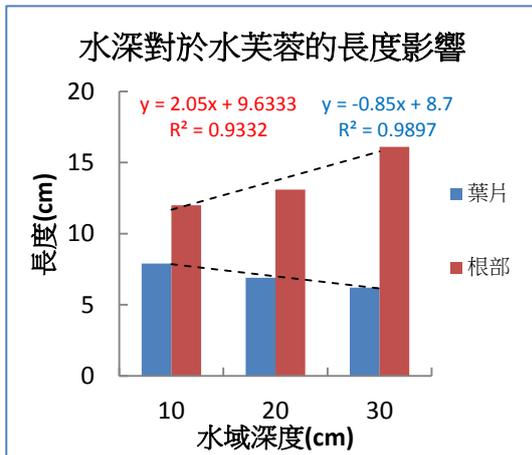
圖十二、葉片體積與密度關係



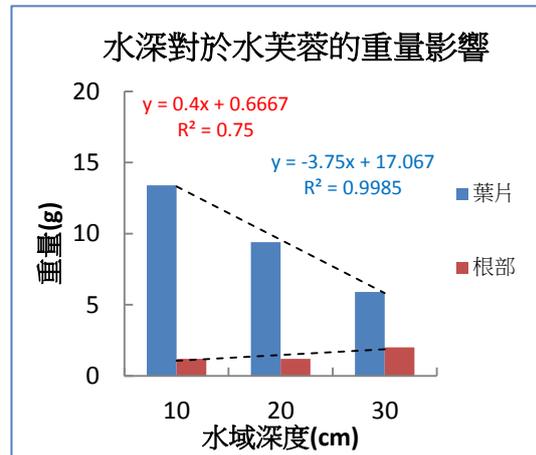
圖十三、根部體積與密度關係

六、水深對於水芙蓉的生長影響

本實驗隨機在水深約為：10、20、30 公分水域，分別選取 5 株水芙蓉測量其葉片長度、重量，根部長度、重量，探討水深對於水芙蓉的生長影響。結果發現：在淺水域的植株葉片長度最長、重量最重，根部長度最短；反之在深水域的則根部長度最長，葉片較小。本實驗發現水域深度對於葉片呈現高度負相關($r = -0.98$)，根部則呈現高度正相關($r = 0.96$)。



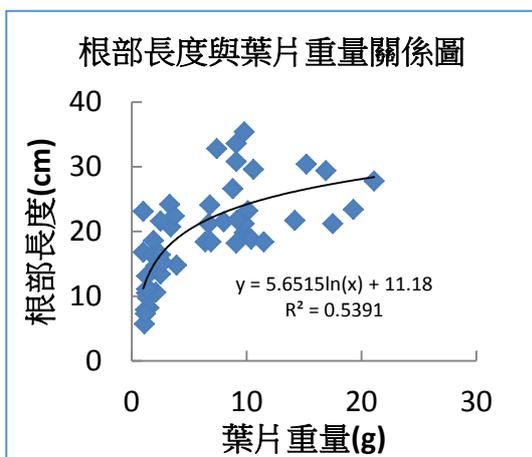
圖十四、水域深度與水芙蓉長度關係



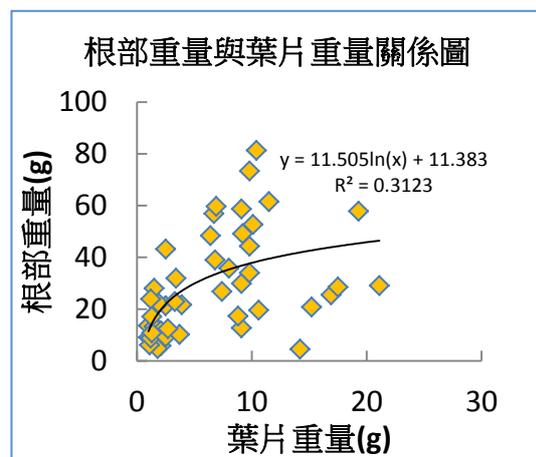
圖十五、水域深度與水芙蓉重量關係

七、葉片重量與根部關係比較

本實驗選取 48 株樣本，研究根部與葉片重量關係。結果發現葉片重量與根部長度有高度正相關($r = 0.72$)；與根部重量呈現中度正相關($r = 0.55$)，由以上結果可以得到根部長度會影響葉片的重量。



圖十六、根部長度與葉片重量關係



圖十七、根部重量與葉片重量關係

● 水芙蓉平衡機制探討

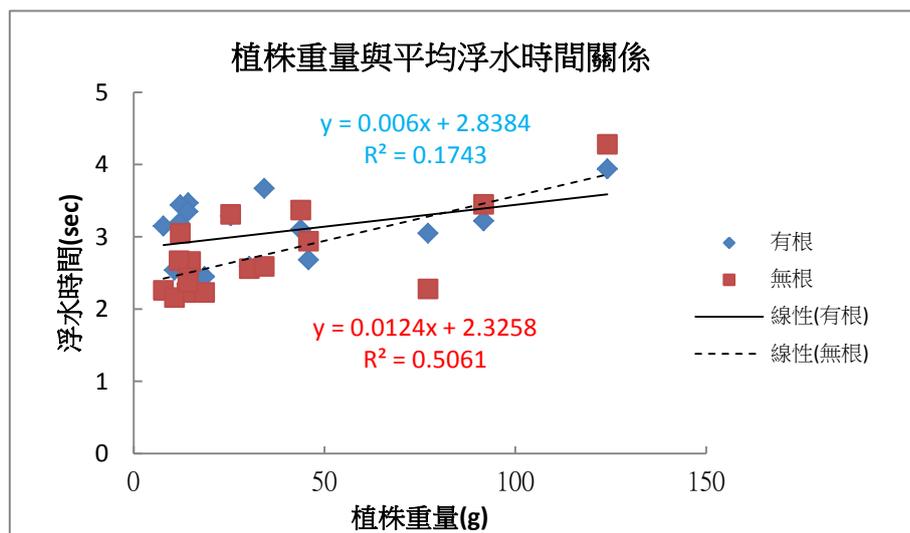
一、根部有無對水芙蓉浮水時間的影響

本實驗隨機選取 17 個樣本，先測量其植株重量、葉片重量、根部重量、根部長度等基本資料；然後測量其浮出水面時間（水深 40 公分），每個樣本測量 5 次，計算平均值。利用每一個變因與平均浮水時間做相關性分析，結果發現：

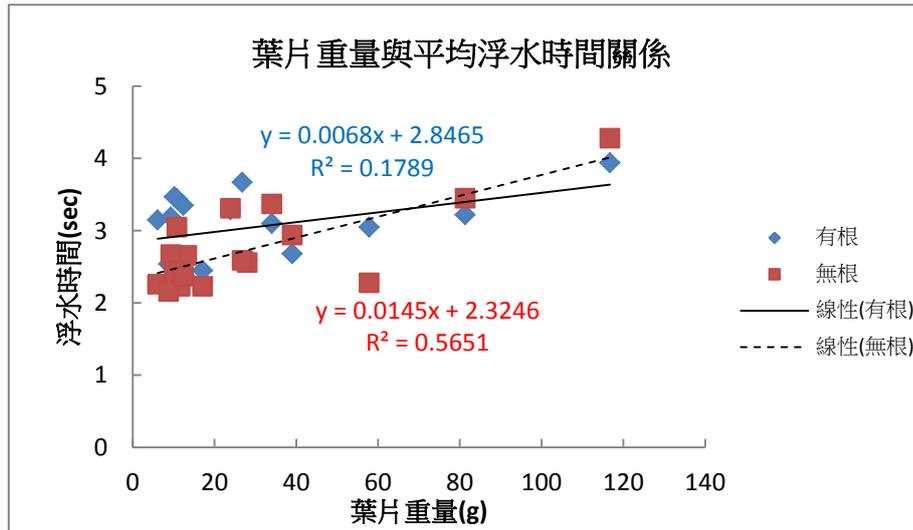
1. 植株重量方面：正常植株與平均浮水時間呈中度正相關($r = 0.36$)，剪去根部與平均浮水時間呈高度正相關($r = 0.71$) (圖十八)。
2. 葉片重量方面：正常植株與平均浮水時間呈中度正相關($r = 0.41$)，剪去根部與平均浮水時間呈高度正相關($r = 0.75$) (圖十九)。
3. 根部重量方面：正常植株與平均浮水時間呈低度正相關($r = 0.26$)，剪去根部與平均浮水時間呈低度正相關($r = 0.22$) (圖二十)。
4. 根部長度方面：正常植株與平均浮水時間呈中度正相關($r = 0.46$)，剪去根部與平均浮水時間呈中度正相關($r = 0.33$) (圖二十一)。

從上述結果發現，浮水時間與葉片重量具有最高的正相關，其次為植株整體的重量；反之根部重量與長度相關性則較低，進而檢視剪去根部和正常的植株，在剪去根部後的葉片重量與浮水時間的相關性更為明顯。從正常植株和剪去根部的浮水時間比較，發現剪去根部的平均浮水時間小於正常植株的浮水時間，較快浮出水面具有顯著差異($p < 0.05$) (表五)。

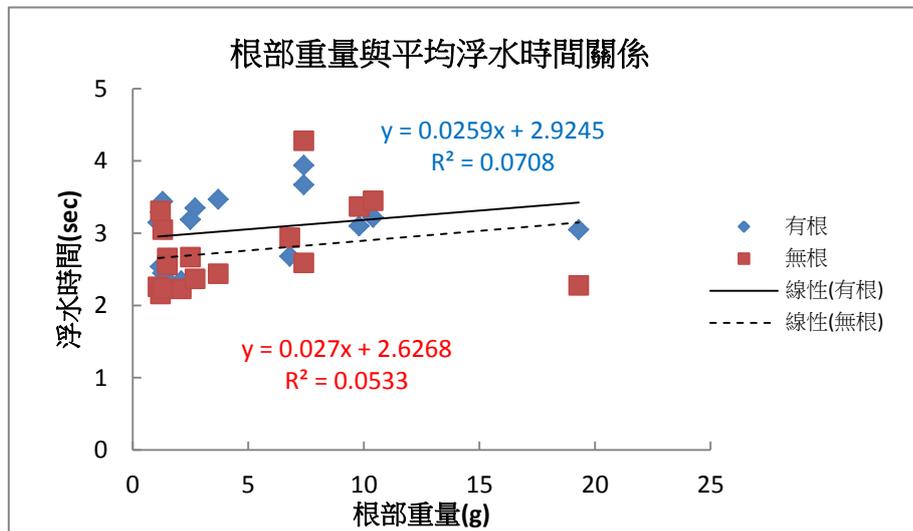
若套用密度公式將重量轉換成為體積則可以得知，水芙蓉的浮水時間與葉片體積具有高到正相關。



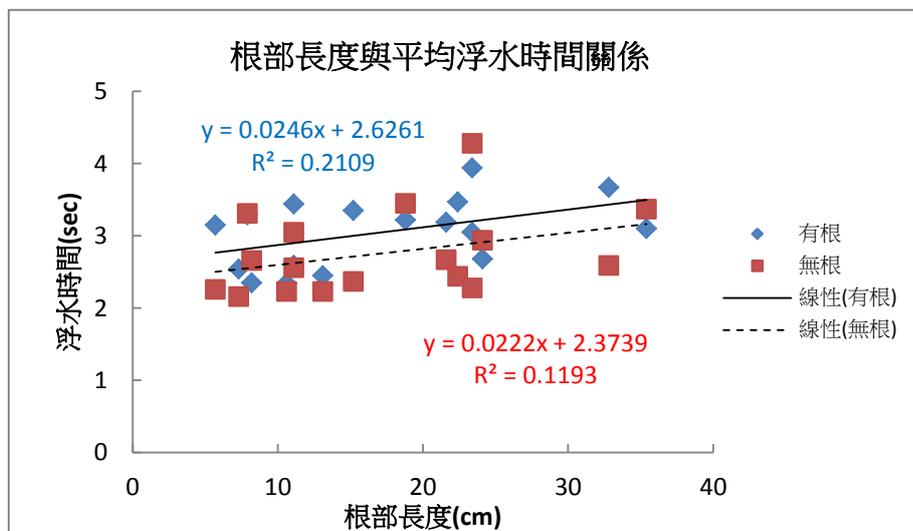
圖十八、植株重量與平均浮水時間關係圖



圖十九、葉片重量與平均浮水時間關係圖



圖二十、根部重量與平均浮水時間關係圖



圖二十一、根部長度與平均浮水時間關係圖

表五、水芙蓉浮水時間研究樣本平均值

	植株重量 (g)	葉片重量 (g)	根重量 (g)	根長 (cm)	正常植株浮 水時間(sec)	剪去根部浮 水時間(sec)
平均	34.7 ± 32.1	29.8 ± 29.1	4.7 ± 4.7	17.2 ± 8.69	3.04 ± 0.46	2.75 ± 0.55

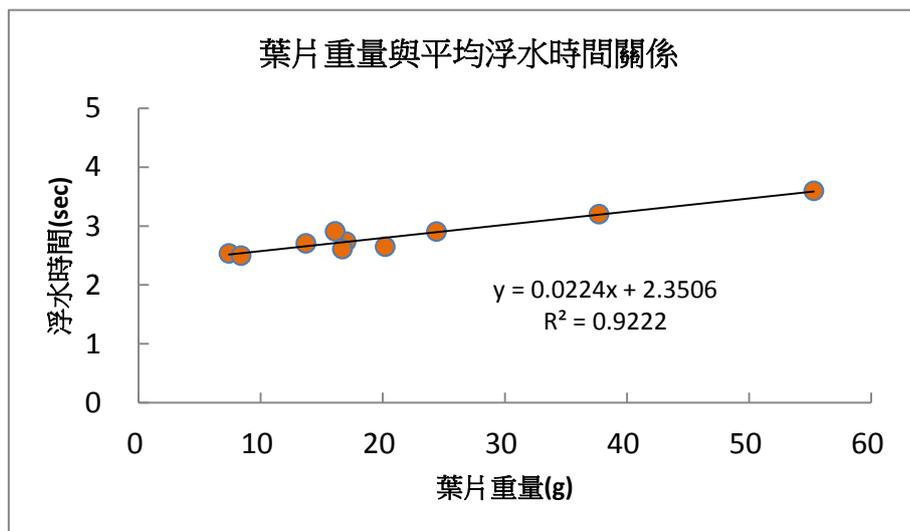
表六、水芙蓉浮出水面葉片情況的基礎資料比較

	植株重量 (g)	葉片重量 (g)	根重量(g)	根長 (cm)	正常植株 浮水時間 (sec)	剪去根部 浮水時間 (sec)	葉片/ 根重
葉片 朝上	17.2 ± 6.3	12.4 ± 6.4	2.7 ± 0.8	15 ± 5.3	2.94 ± 0.43	2.61 ± 0.41	8.9
葉片 朝下	69.5 ± 31.6	59.3 ± 31.3	10.2 ± 4.3	26.3 ± 5.8	3.31 ± 0.45	3.11 ± 0.7	6.6

另外觀察了浮出水面時葉片的方向發現，有 11 個樣本葉片是朝上的，2 個為朝下，4 個葉片方向則朝上或朝下頻率相似。本實驗將其區分成朝上組和朝下組（表六），比較發現在朝上組的各項數據均小於朝下組，且有顯著差異($p < 0.05$)。

二、葉片重量對於浮水時間的影響

根據實驗一結果，葉片重量對於浮水時間具有高度正相關，故本實驗再進一步選取 10 個樣本，進行浮水時間實驗。發現影響浮水時間，以葉片重量有高度正相關($r = 0.96$)（圖二十二），故更能夠推斷葉片對於浮水時間的影響。



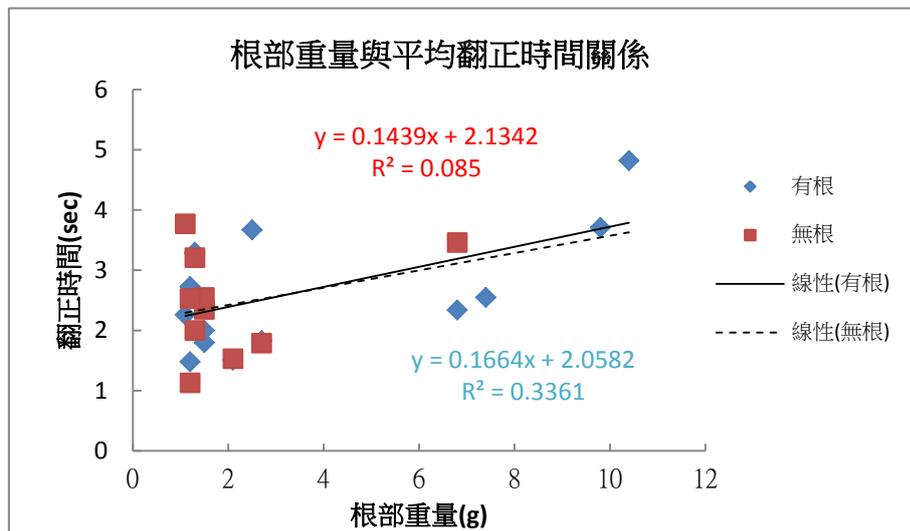
圖二十二、葉片重量與平均浮水時間關係圖

三、根部有無對水芙蓉翻正時間的影響

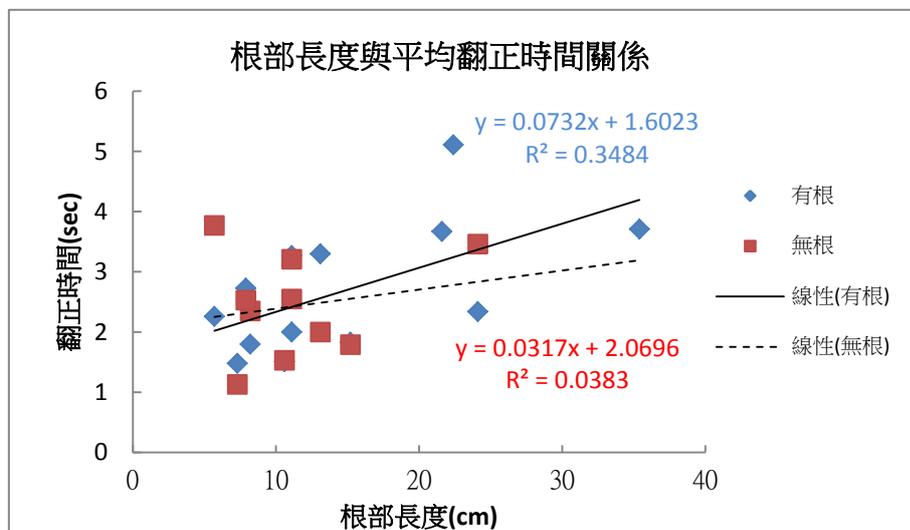
本實驗選取 17 個樣本（同浮水時間實驗），每個樣本測定 5 次，比較剪去根部對於水芙蓉在中翻正時間的差異比較，結果發現：正常植株所需的平均翻正時間為 2.25 ± 0.63 秒，少於剪去植株的 2.43 ± 0.81 秒。其中有 6 個樣本數（同實驗一葉片朝下的樣本）因為剪去根部而無法翻正，顯示根部對於水芙蓉在水中翻正有很重要的影響。從圖二十三和二十四（某些個體無法在限時內翻正，故無數據呈現）發現：

1. 根部重量方面：正常植株與平均翻正時間呈中偏高度正相關($r = 0.58$)，剪去根部與平均翻正時間呈中度正相關($r = 0.29$)。
2. 根部長度方面：正常植株與平均翻正時間呈中偏高度正相關($r = 0.59$)，剪去根部與平均翻正時間呈中度正相關($r = 0.19$)。

由上述結果得知，影響翻正時間的因素以根部重量與長度均有中偏高度正相關。



圖二十三、根部重量與平均翻正時間關係圖



圖二十四、根部長度與平均翻正時間關係圖

四、根部的長短對於水芙蓉翻正時間的影響

根據實驗三結果，根部的有無對於翻正時間有影響，故我們進一步進行根部長短的實驗，本實驗選取 5 個樣本，根部長度均在 18 公分，每個樣本測定 5 次，進行全根、2/3 根長、1/3 根長組別的實驗，結果發現平均翻正時間（表七）由長到短分別為：全根 > 1/3 根長 > 2/3 根長，各組間具有顯著差異($p < 0.05$)。由本實驗得知根部在 2/3 全長時，翻正能力最好。

表七、水芙蓉根部長短對翻正時間的比較

平均	全部根長	2/3 根長	1/3 根長
翻正時間(sec)	2.42 ± 0.36	1.74 ± 0.28	1.91 ± 0.34

本研究根據實驗一到實驗四的數據，做出以下結果：

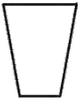
1. 在水芙蓉浮水機制上，以葉片的重量有高度正相關，若結合葉片密度(0.38 g/cm^3)，則可得到浮水機制與葉片體積有高度正相關的影響。
2. 水芙蓉的浮水時間上，剪去根部會較快於正常植株。
3. 在水芙蓉翻正機制上，根部長度與重量均有中偏高度正相關，且在 2/3 根長時翻正時間最快，再由實際觀察根部生長情況發現，根部的生長越接近基部，數量越多，反之則越少，顯示根部生長並非均質的。

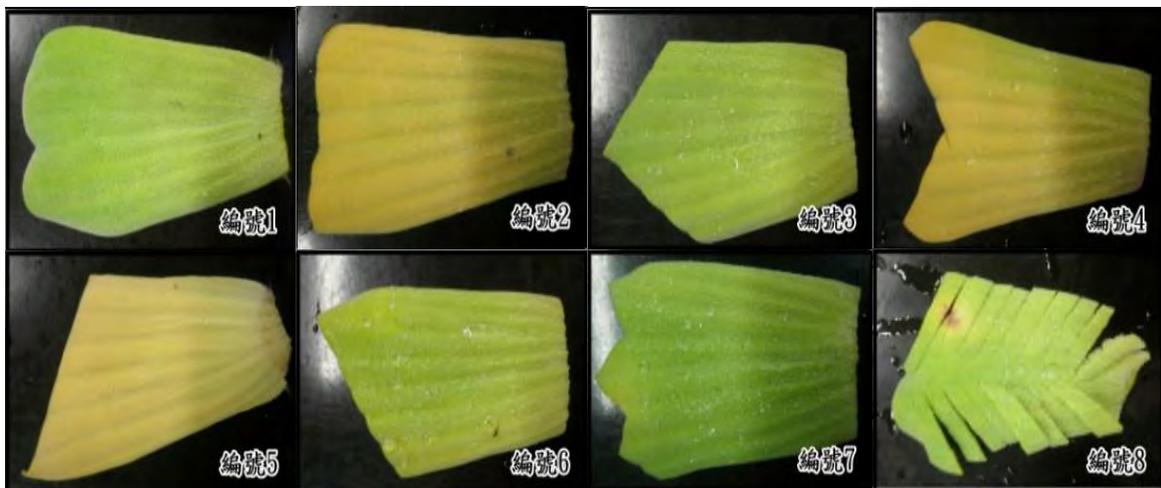
● 水芙蓉葉片形狀對於浮水時間探討

一、單片葉片形狀對於浮水時間探討

本實驗設計 8 種不同形狀的葉片（包含原來形態），計算單片葉片的平均浮水時間，觀察浮水過程和穩定程度，比較不同型態的差異。結果發現：除了編號 4 的樣本浮水時間 > 原來形態，其餘形態的浮水時間均小於原來形態。

表八、水芙蓉不同葉形(單片)對浮水時間的比較

編號	1	2	3	4	5	6	7	8
形狀	原形狀							
浮出水面過程								
穩定程度 (順序)	3	2	5	1	3	4	4	5
平均浮水時間(sec)	2.07 ± 0.07	1.72 ± 0.13	1.21 ± 0.04	2.36 ± 0.06	1.99 ± 0.04	1.66 ± 0.05	1.87 ± 0.10	1.41 ± 0.06

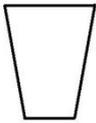
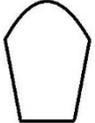


圖二十五、水芙蓉不同葉片形態圖

二、全株葉片形狀對於浮水時間探討

本實驗設計 7 種不同形狀的葉片，計算全株的平均浮水時間，比較原形態和修剪的浮水時間。結果發現：修剪過後的浮水時間均小於原來形態。

表九、水芙蓉不同葉形(單片)對浮水時間的比較

編號	1	2	3	4	5	6	7
形狀							不規則
原來形態	3.29 ± 0.05	3.24 ± 0.03	3.04 ± 0.10	2.93 ± 0.08	2.94 ± 0.07	2.81 ± 0.21	3.48 ± 0.08
修剪形態	2.61 ± 0.11	2.77 ± 0.04	3.01 ± 0.08	2.81 ± 0.05	2.76 ± 0.12	2.72 ± 0.10	2.73 ± 0.09
平均差	-0.68	-0.47	-0.03	-0.12	-0.18	-0.09	-0.75

(單位：秒)



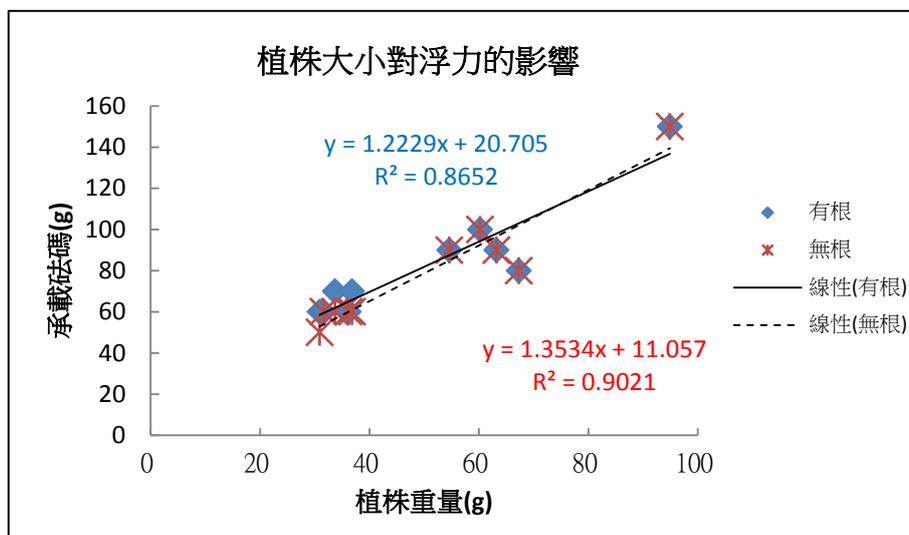
圖二十六、水芙蓉不同葉片形態完整植株圖

● 水芙蓉的浮力探討

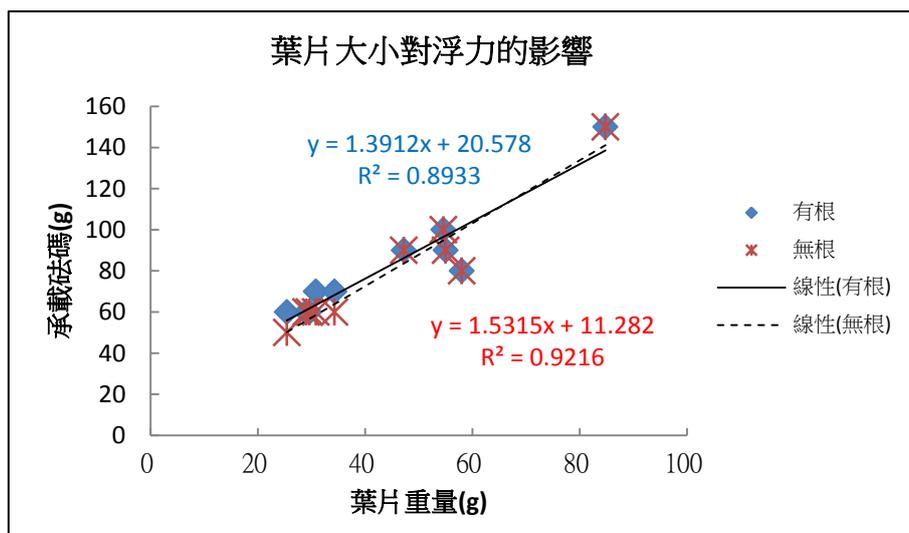
一、水芙蓉在有根和無根的浮力探討

根據浮水實驗結果得知，影響水芙蓉的浮水時間，以葉片重量為主要相關因素，所以我們推論有越大的葉片應該有越大的浮力，因此本實驗探討葉片大小對水芙蓉的浮力影響，本實驗選取 10 個樣本，測量其浮力。由圖二十七到二十九結果得知：影響水芙蓉的浮力因子以葉片重量最為相關，葉片重量對全株浮力有高度正相關（有根 $r = 0.94$ ；無根 $r = 0.96$ ）；根部對於浮力的相關性則低於葉片的相關程度（有根 $r = 0.6$ ；無根 $r = 0.64$ ），顯示葉片越大浮力就越大。

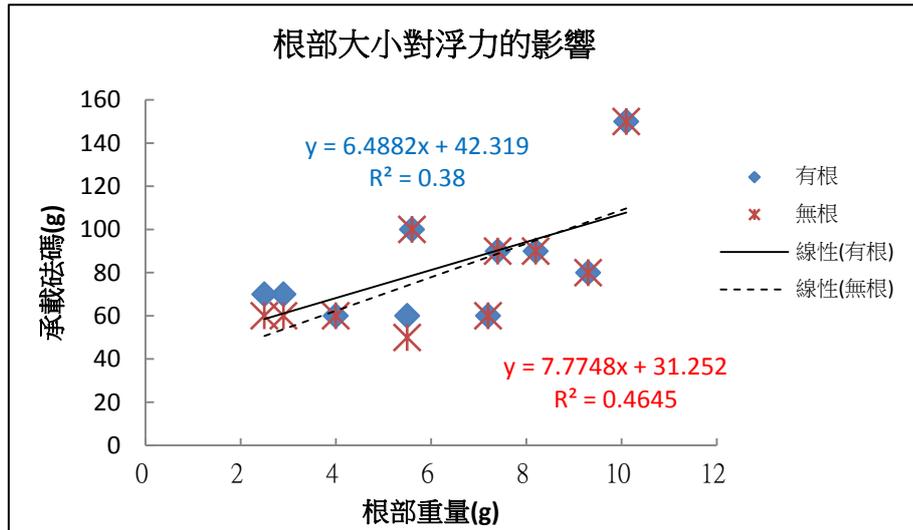
因為影響浮力的變因應為體積大小，故將重量利用密度公式轉換成為體積可以得到體積越大則浮力越大，且在無根情況之下更加明顯。



圖二十七、植株大小對浮力的影響



圖二十八、葉片大小對浮力的影響



圖二十九、根部大小對浮力的影響

陸、討論

1. 種植實驗中，將植株種植於土壤內然後沒入水中，會有浮起斷根現象探討

實驗觀察發現水芙蓉舊的根會有腐爛現象然後斷掉，浮起個體會長出新的根。本實驗推斷浮起的原因應該是植株需要在水面行光合作用，保持植株的生長，故才會先斷根後，在長出新根。

2. 水域深度對於水芙蓉生長影響探討

由觀察實驗得知，水域越深水芙蓉的葉片變小，根部變大（重量與長度均增加）；反過來水淺的則葉片比較大，根部較小。本實驗推論水芙蓉可以獲得的養分是一定的，但水深的地區因為必須要有較長的根才能穩定本身的生長，所以才會造成根部較大，相對葉片較小的現象。

3. 陽光直射環境對於水芙蓉的生長影響

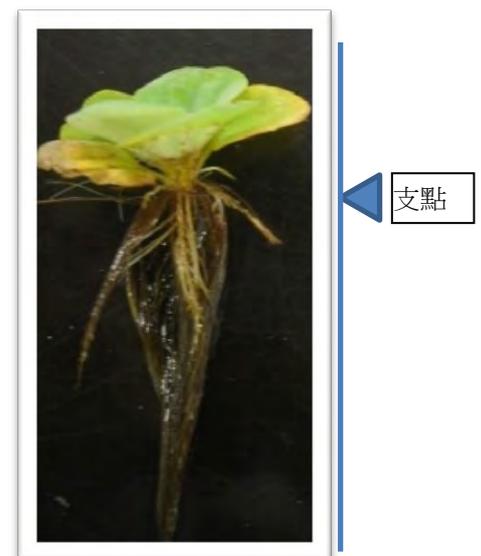
水芙蓉在生態池的分布鮮少出現在陽光直射的水域中，雖然水芙蓉是好光性植物，但夏日的陽光過強可能導致生長不佳；且在生態池中，陽光直射區域恰巧是水域較淺、水溫最高的區域，在夏日時可能造成環境不佳導致生長不好。

此推論與種植實驗中將水芙蓉放置於陽光直射的環境中會造成枯黃結果吻合，在種植實驗中，本研究利用淺盆種植放置於陽光直射區域，結果發現水芙蓉的生長情況不佳。從自然環境與人工種植結果均可發現相同結果，本研究推論雖然水芙蓉是強光植物，但因為水域較淺，水溫升高至 34°C，可能阻礙其生長。關於水溫的影響可以在作進一步分析討論以釐清是水溫還是強光所造成的影響。

4. 種植實驗中，水流增加種植水芙蓉的根長探討

在種植過程，我們利用揚水器製造水流環境，結果發現根長會比原先水深的水芙蓉長，這個現象與在本校生態池較深水域的水芙蓉具有較長的根，情況類似，推論應該與水芙蓉為了平衡有關。從本實驗的結果得知水芙蓉的翻正時間和根部長度與重量均有關係，故當水流增強時，水芙蓉會增加根長以利平衡。

若從槓桿原理的概念來看，假設根部從頭到尾都是均勻的，這樣根部越長，在水流湍急導致翻滾時可以較容易維持平衡。



圖三十、水芙蓉支點表示圖

5. 重量較大的個體在無根狀態下，浮水時間反而增加的原因探討

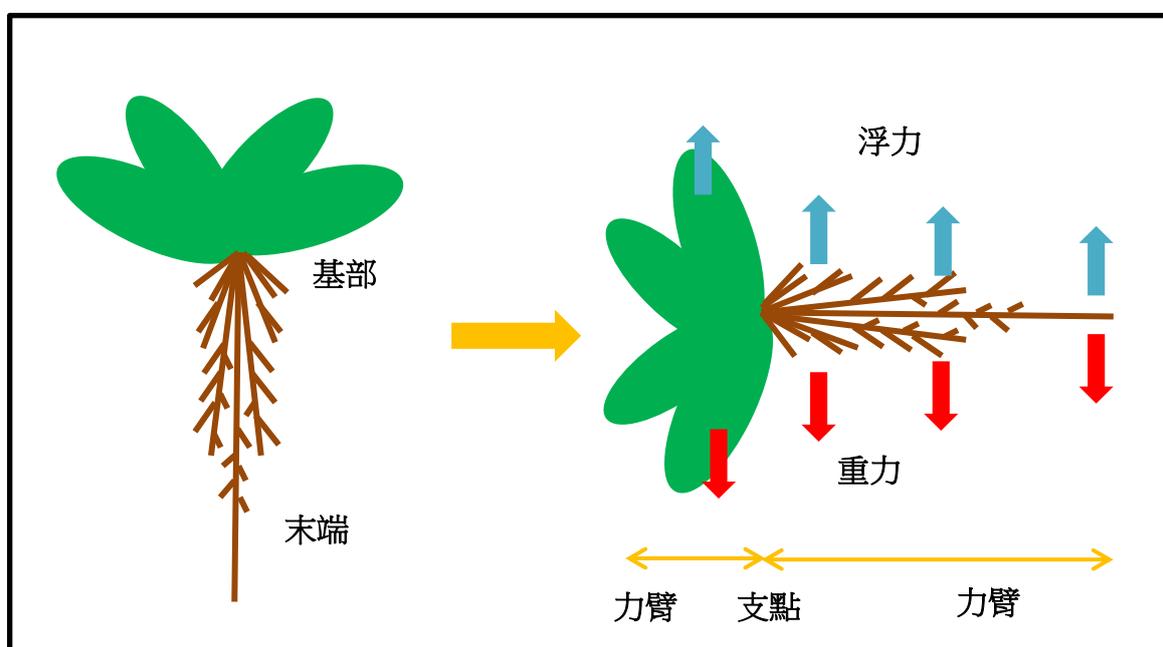
從浮水時間實驗發現，植株越重所需的浮水時間也成高度正相關。但是從圖十八和十九中發現，個體較大的浮水時間與其他個體相反，在無根狀態下反而需要較多的時間才可以浮在水面。從觀察（表六）發現，這些個體浮水過程會有不平衡、翻轉等現象發生，可能導致浮出水面需要更多的時間。根據這樣的結果，更能夠證明根部對於水芙蓉的平衡有相當重要的影響。

另外，從翻正實驗也可以得到相似結果，在個體太大的情況下，減去根部無法順利翻正；且在正常的植株減去根部也需要更多的時間才有辦法翻正回來。

6. 根部長短對於翻正時間的探討

在根部對於翻正時間的影響中得知，根部的長度與重量均會造成影響，進一步討論根部長度發現，在 $2/3$ 根長的時候，翻正時間最快（表七），推論因為根部的生長並非均質的增加，在接近基部位置有比較多的鬚根數量（圖三十，圖中的支點即為基部位置），而接近末端僅留下最長的根；且在基部的根重量也大於末端的根部重量。

若進一步從槓桿原理討論，力臂越長則所產生的作用力越大（指翻正時，所提供的向下力量），但因為根部是不均質的（圖三十一），故雖然末端力臂最長，但重量最輕，反而不是可以給予最大作用力的長度；而剪去部分末端根長留下 $2/3$ 根部，雖會造成作用力的稍微減低，但也反而在力臂、重量和浮力的抗衡中取得較好的作用關係，進而導致在 $2/3$ 根長時具有最快的翻正時間。



圖三十一、水芙蓉翻正時間與根部關係示意圖

柒、結論

- 一、水芙蓉在不同水深環境影響下，葉片和根部的比例會隨環境調整，面對環境具有較高的適應能力。人工水流中也觀察到有水流的影響會導致水芙蓉的根部有增長情況。
- 二、在季節生長方面，水芙蓉在春夏長得比較好，生態池分布最多的是在半遮陰的地區，秋冬會有落葉及枯黃現象，生態池分布最多的反而是在陽光較為充足的地區。
- 三、水芙蓉的葉片密度為 0.38 g/cm^3 ，根部密度為 0.92 g/cm^3 。
- 四、水芙蓉的浮水時間與葉片重量有高度正相關，無根的時間小於有根情況；但在葉片過大的無根狀態時，浮水時會有翻轉情況，且時間大於有根狀態。顯示根部在大植株的穩定性有很重要的影響。
- 五、水芙蓉的翻正時間和根部重量與長度，均有相關，無根狀態的翻正時間大於有根狀態。
- 六、水芙蓉的浮力與葉片大小有高度正相關，根部影響程度甚小。

捌、參考資料

1. 吳亦凌、關蕙芯。2002。水中的不倒翁—水芙蓉。中華民國第四十二屆中小學科學展覽說明書。
2. 林攸真 等。2004。似蓮非蓮-以顯微觀察探討印度荇菜的特殊結構、開花規律及不定芽浮沉機制。中華民國第四十四屆中小學科學展覽說明書。
3. 王于如 等。2005。水生植物對水體適應之研究。中華民國第四十五屆中小學科學展覽說明書。
4. 關淮中 等。2007。根固水萍面，葉穩沉芙間 ~探討水芙蓉的平衡機制。中華民國第四十七屆中小學科學展覽說明書。
5. 游舒璇 等。2007。葉子會變身---異葉水蓑衣異形葉初探討。中華民國第四十七屆中小學科學展覽說明書。
6. 客庄國小校園植物-大萍。2013年1月1日。<http://web.ktes.mlc.edu.tw/plant/plant20.html>。
7. 水中的綠寶石。2013年1月1日。<http://www.slideshare.net/leetungli/ss-9585782>。
8. 力行國小校園植物。2013年1月1日。<http://mail.lsp.tp.edu.tw/~edith/root.html>。

附錄

研究器材圖片

器材名稱	器材圖片	用途
顯微鏡		觀察葉絨毛生長的情形
溫度計		測量氣溫及水溫
廣用試紙		檢測池水酸鹼
電子天秤		測量水芙蓉的質量
鐵塊		測量體積時未避免根浮起
塑膠盒		養殖水芙蓉之容器
水芙蓉		

<p>水生植物</p>		<p>環境模擬</p>
<p>肥料</p>		<p>提供水芙蓉足夠的養分</p>
<p>垃圾桶</p>		<p>浮力實驗中提供足夠的水深</p>
<p>棉線</p>		<p>懸掛法碼之處</p>
<p>5g 和 10g 砝碼</p>		<p>測量載重</p>
<p>L 夾</p>		<p>模擬葉片測量浮力</p>
<p>魔鬼氈</p>		<p>模擬葉表面絨毛</p>

<p>熱熔膠</p>		<p>密封模擬葉片間空隙</p>
<p>打水器</p>		<p>製造水流環境</p>
<p>棉花</p>		<p>塞住打水氣出水孔，以減緩水流</p>

研究的水芙蓉照片

	最大水芙蓉	最小水芙蓉
<p>根長(cm)</p>	<p>46</p>	<p>5.4</p>
<p>照片</p>		

【評語】 030301

本作品以探討水芙蓉的平衡機制為主軸，但實驗設計的內容中有多項不甚切題，例如「水芙蓉在生態池的分佈和生長情形」、「水芙蓉在不同季節的生長差異」和「水芙蓉的種植比較」等調查。若能省略無關實驗，應可更專注於平衡機制的探討。另外，能將實驗數據進行迴歸分析是很值得鼓勵，但現場的口頭詢問中，學生對迴歸係數的意義似乎不甚清楚，可予再加強。