

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

佳作

最佳創意獎

080305

池塘裡的不倒翁

學校名稱：新竹縣立光明國民小學

作者： 小四 林佑凌 小四 陳思翰	指導老師： 楊惠玲
-------------------------	--------------

關鍵詞：水中生物、不倒翁、蓮花效應

作品名稱： ~ 池塘裡的不倒翁 ~

摘要

水生植物的葉和根除了可以吸收水分和養分外還有什麼功用呢？爲什麼把許多種漂浮性水生植物倒壓入水中，都可以迅速的浮上來並翻正，就像不倒翁一樣？我們對水生植物的平衡感到很新奇，於是我們設計了六項實驗來探討漂浮性水生植物的特殊構造；尤其是水芙蓉的根在水中的平衡作用，我們以剪根的方式來檢測根重改變對水芙蓉翻正有很明顯的影響，但根長改變則影響不大，顯示根的重量對穩定有重要的影響。葉片提供浮力，而根的重量提供穩定作用，讓它不會在水面上亂漂或可能翻覆。更有趣的是，由前五個實驗歸納出的結論，可以幫助我們再實驗六中自己設計了桌上型和水面上八種不同模式的不倒翁玩具。

壹、 研究動機

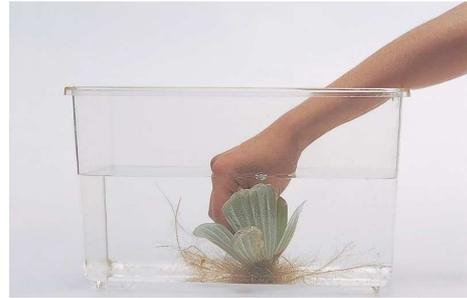
在四年級學期上自然課的第二單元水生家族時，老師帶我們觀察許多水生植物，發現許多水生植物常常爲了適應特殊的環境，就會發展出特殊的構造。例如：水蘊草這種沉水性的水生植物的根一般都長在土裡，而且莖葉柔軟，可以避免被水流沖走。荷花的葉柄部位都有許多長氣孔，幫助植物挺出水面，而且它的地下莖蓮藕可以將植物體固定在泥土中。浮葉性的睡蓮的葉片中有許多小氣孔，葉背有強力的親水性能讓葉片浮出水面並與水面完全密合。

我們發現池塘裡有許多漂浮性水生植物大多具有許多特殊的構造來增加浮力，方便植物體漂浮在水面上，甚至反覆把它們壓入水中也都可以迅速的浮上來並翻正，這個現象讓我們感到非常好奇。於是，我們收集了池塘裡常見的滿江紅、槐葉蘋、布袋蓮、水芙蓉、浮萍…等漂浮性水生植物，到實驗室仔細觀察並記錄它們的特殊構造。

觀察過程中，我們特別發現水芙蓉的「不倒翁」現象特別明顯，非常有趣！於是，我們想要更進一步了解水芙蓉和不倒翁之間的關係，並希望能自己找出製作「不倒翁」的方法，並進而模擬水芙蓉的特性，做出有趣的「水上不倒翁」。

貳、研究目的

- 一、 觀察漂浮性水生植物特殊的構造
- 二、 根的重量相同，長度不同時，對水芙蓉翻正的影響
- 三、 根的長度相同，重量不同時，對水芙蓉翻正的影響
- 四、 根的長度和重量同時減少時，對水芙蓉翻正的影響
- 五、 葉的數量不同對水芙蓉翻正的影響
- 六、 由水芙蓉翻正實驗的結論，自製「不倒翁」玩具



參、研究設備及器材

一	滿江紅、槐葉蘋、布袋蓮、水芙蓉、浮萍…等，漂浮性水生植物數株（養殖於水盆中）、水盆10個、解剖顯微鏡、複式顯微鏡附數位相機 培養皿、載玻片、蓋玻片數片、刀片、鑷子1支、滴管1支。
二	水芙蓉植株 30 棵（養殖於水盆中） 水盆20個、20cm×40cm×40cm大透明水箱1個、電子磅秤 1 台、 數位相機 1 台、45 公分與 15 公分直尺 各1 把、剪刀1支、 碼錶 3 隻、餐巾紙 1捲、鉛筆、橡皮擦。
三	「不倒翁」材料：健達出奇蛋內的扭蛋 18 顆、 膠泥3包、膠帶一個、塑膠繩一捆、珍珠板、棉線 1捲、 螺帽 2 g、5 g、10 g各1個、發泡塑膠紙半開一張。



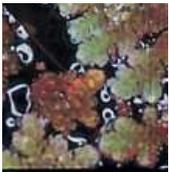
肆、研究過程或方法

一、名詞解釋：

專有名詞	說 明
蓮花效應	<p>主要是指蓮葉表面具有超疏水(superhydrophobicity)以及自潔(self-cleaning)的特性。由於蓮葉具有疏水、不吸水的表面，落在葉面上的雨水會因表面張力的作用形成水珠，換言之，水與葉面的接觸角(contact angle)會大於140度，只要葉面稍微傾斜，水珠就會滾離葉面。</p> 
不倒翁的典故	<p>不倒翁，又稱扳不倒兒，形狀像一老翁，上輕而下重，故扳倒後還能自動豎立起來。歷史最早記載<u>唐代</u>的<u>捕醉仙</u>就是一種不倒翁，《<u>唐摭言</u>》指出捕醉仙又叫勸酒胡、酒鬍子，是一種勸酒的工具。</p> 
不倒翁平衡與重心的原理	<p>因為<u>不倒翁</u>的體型上小下大，且上輕下重，所以就整體而言，重心會往下移。就常理而言，物體會傾倒是因為重心位置離開了物體的底部(超過物體底部的側緣時)就會發生傾倒的問題。不倒翁是因為底部大、重心又低所以不論如何推它，重心絕對不會超過其側緣的位置，該物體自然不會傾倒。</p>

二、資料收集：

常見漂浮性水生植物介紹

植物名	基本資料	
<p>滿江紅</p> 	科別	滿江紅科
	別名	紅浮萍、臭萍、大殼萍、紫藻、三角藻
	原產地	原產地：非、亞、澳洲及太平洋群島，群生於靜止水域中
	用途	水生植物、藥用植物、雜草植物
	形態特徵	多年生漂浮草本，植物體略成三角形，長約1cm，下部根少。葉互生，羽狀排列，無重疊，綠色或泛紅

植物名	基本資料	
槐葉蘋 	科別	槐葉蘋科
	別名	槐葉萍、蜈蚣萍、人厭槐葉蘋、山椒藻
	原產地	廣分布於熱帶及亞熱帶
	用途	水盆栽觀賞，水池美化。
	形態特徵	中性植物，喜生在在溫暖、無污染的靜水域上。浮水性的水生植物，根莖細長，其上每節長出3片葉子，2枚浮水葉，其表面具突起，1枚沈水葉，呈鬚根狀，其上有毛，孢子囊果群生於沈水葉的基部。
布袋蓮 	科別	雨久花科
	別名	鳳眼蓮、洋雨久花、浮水蓮花、大水萍、布袋葵
	原產地	熱帶美洲，已在台灣平地水域馴化，大量野生
	用途	水池栽殖觀賞，葉及花可煮食，全株可治高血壓。
	形態特徵	生性強健，喜強陽光、溫暖及水流極緩的水域。多年生水生草本，根密生，懸垂水中；葉倒卵形，光滑而質厚，全緣，簇生，葉柄下部膨大，具多空隙，使其具浮水性；花為腋生總狀花序，花冠藍紫色。
浮萍 	科別	浮萍科
	別名	萍、浮萍、浮藻、浮萍草
	原產地	廣分布全球熱帶及溫帶淡水域
	用途	魚及水鴨的青飼料、觀賞、水池造景
	形態特徵	喜生長在陽光充足、溫暖的水面上，7~8月開花。浮水性一或多年生水草本，全株呈葉狀；葉歪橢圓形，長3~6公厘，中肋明顯，2~4枚連生在一起，每枚葉下方僅有1條根；雌雄同株，單性花。
水芙蓉 	科別	天南星科
	別名	水芙蓉、大萍、水蒿苳、水蓮、芙蓉蓮
	原產地	熱帶美洲，現已廣分布於全球熱帶及亞熱帶地區
	用途	水生觀葉植物
	形態特徵	陽性植物，繁殖迅速，在靜水域中常形成大片群落。多年生水生草本，植株由葉片簇生成花朵狀，漂浮於水面上，常生走莖，藉以繁衍，根懸垂於水中；葉片匙形，先端平圓，基部楔形，灰綠色，如絨布質感。

三、實驗設計：

實驗(一)：觀察漂浮性水生植物特殊的構造

1. 目的與假說：

我們假設漂浮性水生植物的葉片都有共同的特殊構造來幫助植物增加浮力及翻正。本實驗收集了滿江紅、槐葉蘋、布袋蓮、水芙蓉、浮萍…等漂浮性水生植物，探討這些漂浮性水生植物體中有哪些特殊的構造，來幫助植物增加浮力及自動翻正。

2. 方法：

(1) 不倒翁現象：（如圖4-1-1）、（圖4-1-2）

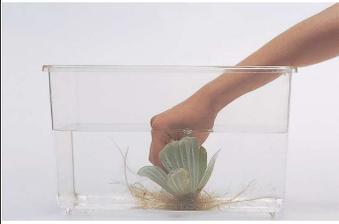
1	取 30片 滿江紅 置於裝滿水的水盆中，快速攪拌成漩渦狀，再靜置，觀察有多少片植物體會在水面靜止前自動翻正。
2	取 30片 槐葉蘋 置於裝滿水的水盆中，快速攪拌成漩渦狀，再靜置，觀察有多少片植物體會在水面靜止前自動翻正。
3	取 30片 浮萍 置於裝滿水的水盆中，快速攪拌成漩渦狀，再靜置，觀察有多少片植物體會在水面靜止前自動翻正。
4	取 5棵 水芙蓉 反覆把它們壓入水中放手，觀察植物體是否可以在一分鐘內迅速的浮上來並翻正。
5	取 5棵 布袋蓮 反覆把它們壓入水中放手，觀察植物體是否可以在一分鐘內迅速的浮上來並翻正。

(2) 「蓮花效應」：（如圖4-2）

1	取 10片 滿江紅 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，用放大鏡觀察 是否會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠是否立刻會滾離葉面。
2	取 10片 槐葉蘋 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，用放大鏡觀察是否會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠是否立刻會滾離葉面。
3	取 10片 浮萍 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，用放大鏡觀察是否會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠是否立刻會滾離葉面。
4	取 10片 水芙蓉 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，觀察是否會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠是否立刻會滾離葉面。
5	取 10片 布袋蓮 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，觀察是否會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠是否立刻會滾離葉面。

(3)將滿江紅、槐葉蘋、布袋蓮、水芙蓉、浮萍…等漂浮性水生植物逐一置於載玻片上滴數滴水，蓋上蓋玻片，用解剖顯微鏡觀察葉子的正反面和葉片上絨毛的構造並用數位相機拍下做記錄。（如圖4-3）

(4)再將滿江紅、槐葉蘋、布袋蓮、水芙蓉、浮萍…等漂浮性水生植物的葉子、葉柄、根或莖切薄片，置於載玻片上滴數滴水，蓋上蓋玻片，用複式顯微鏡觀察細胞中的構造並用數位相機拍下做記錄。（如圖4-4）

		
<p>(圖4-1-1)</p> <p>快速攪拌成漩渦，再靜置，觀察植物體是否會翻正。</p>	<p>(圖4-1-2)</p> <p>壓入水中放手，觀察植物體是否可以迅速的浮上來並翻正。</p>	<p>(圖4-2)</p> <p>在葉片上滴水，觀察是否會形成水珠。</p>
		
<p>(圖4-3)</p> <p>用解剖顯微鏡觀察根、莖、葉片和絨毛等的構造</p>	<p>(圖4-4)</p> <p>用複式顯微鏡觀察細胞中的構造。</p>	

觀察過程中，我們特別發現把整株的水芙蓉倒翻過來壓入水中，一放手，它就會迅速浮起，而且反覆很多次都會像「不倒翁」一樣會立刻翻回正面，這真是個非常有趣的現象！於是，我們設計了以下五種實驗想要更進一步了解水芙蓉和不倒翁之間的關係，並希望能模仿水芙蓉的特性自己製作出有趣的「水面上的不倒翁」。

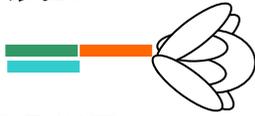
實驗(二)：根的重量相同，長度不同時，對水芙蓉翻正的影響

1. 目的與假說：

我們假設根的長度對植物翻正有重要的影響。本實驗是以重量不變的狀況下，探討根的長度對水芙蓉翻正的影響。如果假設是對的話，根愈短，水芙蓉翻正的速度會明顯不同。相反的，如果假設是錯的話，我們預期根部長的水芙蓉翻正的速度和根部短的水芙蓉差不多。

2. 方法：

1	先拿一棵水芙蓉，根用橡皮筋綁緊，測量重量並做紀錄。(如圖4-4)
2	取一個大透明水箱並將水裝滿，一人將水芙蓉倒放於水面上，另一個人拿著碼錶，計算它翻正所需的時間，每一株測試 3 次，並做記錄(稱為根全長組)。
3	用同一棵水芙蓉將 1/3 的根折上來用橡皮筋綁緊(稱為 2/3 根長組)，做第二次測量翻正所需時間，每一株測試 3 次，並做記錄。(如圖4-5)
4	接著，將 2/3 的根折上來用橡皮筋綁緊(稱為 1/3 根長組)，測量翻正所需之時間，每一株測試 3 次，並做記錄。(如圖4-6)
5	葉片能完全浮出水面不沾水為「翻正」的標準。不能翻正以記錄時間一分鐘為限，超過就以不翻正「×」作為記錄。若能翻正者，則記錄其翻正所需時間。
6	為了控制變因，我們盡力篩選出五株重量差在 3 g以內，葉片數量差在 3 片以內，根長皆修成 30cm的水芙蓉，重複步驟 1-5，共記錄 5 株水芙蓉翻正的時間。

		
根長30cm 	根長20cm  重量相同	根長10cm  重量相同
(圖4-4) 根用橡皮筋綁緊 (稱為根全長組)	(圖4-5) 將 1/3 的根往上折 用橡皮筋綁緊 (稱為 2/3 根長組)	(圖4-6) 將 2/3 的根往上折 用橡皮筋綁緊 (稱為 1/3 根長組)

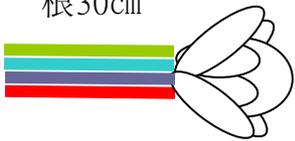
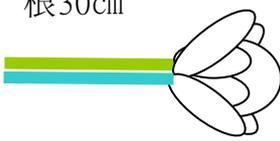
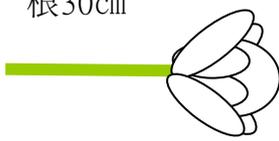
實驗(三)：根的長度相同，重量不同時，對水芙蓉翻正的影響

1. 目的與假說：

我們假設根的重量對植物翻正有重要的影響。本實驗是以長度不變的狀況下，探討根的重量對水芙蓉翻正的影響。如果假設是對的話，根部愈重，水芙蓉翻正的速度會明顯不同。相反的，如果假設是錯的話，我們預期根部重的水芙蓉翻正的速度和根部輕的水芙蓉差不多。

2. 方法：

1	先拿一棵水芙蓉，測量根長並做記錄。
2	取一個大透明水箱並將水裝滿，一人將水芙蓉倒放於水面上，一個人拿著碼錶，計算它翻正所需的時間，每一株測試 3 次，並做記錄(稱為根全重組)。(如圖4-7)
3	用同一棵水芙蓉除去一半的根，但另外一半保留，將根的重量減半，但是根長度不變，從根基部剪去 1/2 的根(稱為 1/2 根重組)，做第二次測量翻正所需時間，每一株測試 3 次，並做記錄。(如圖4-8)
4	接著，再剪去 剩下根的1/2(稱為 1/4 根重組)，測量翻正所需之時間，每一株測試 3 次並做記錄。(如圖4-9)
5	不能翻正以記錄時間一分鐘為限，超過就以不翻正「×」作為記錄。若能翻正者，則記錄其翻正所需時間。
6	為了控制變因，我們用的是實驗(二)篩選出的五株重量差在 3 g 以內，葉片數量差在 3 片以內，根長皆修成 30cm的水芙蓉，重複步驟 1-5，共記錄 5 株水芙蓉翻正的時間。

		
根30cm 	根30cm 	根30cm 
(圖4-7) 測量根長並做記錄 (稱為根全重組)	(圖4-8) 將根的重量減半， 但是根長度不變。 (稱為 1/2 根重組)	(圖4-9) 再剪去 剩下根的1/2 但是根長度不變。 (稱為 1/4 根重組)

實驗(四)：根的長度和重量同時減少時，對水芙蓉翻正的影響

1. 目的與假說：

水芙蓉長那麼長的根和重量可能和植物的平衡有關，我們假設根的重量對植物翻正有重要的影響。本實驗是探討根的長度和重量同時減少時，對水芙蓉翻正的影響。如果假設是對的話，根部愈重，水芙蓉翻正的速度會明顯不同。相反的，如果假設是錯的話，我們預期根部重的水芙蓉翻正的速度會和根部輕的水芙蓉差不多。

2. 方法：

1	先取一棵水芙蓉，測量根長並做紀錄。
2	取一個大透明水箱並將水裝滿，一人將全株的水芙蓉倒放於水面上，一個人拿著碼錶，計算它翻正所需的時間，每一株測試 3 次，並做記錄 (稱為根全重組)。(如圖4-10)
3	用同一棵水芙蓉根的末端剪去 1/3 的根 (稱之為2/3 根重組)，做第二次測量翻正所需時間，每一株測試 3 次，並做記錄。(如圖4-11)
4	接著，再剪去 1/3 的根(稱為 1/3 根重組)，測量翻正所需之時間，每一株測試 3 次，並做記錄。(如圖4-12)
5	接著，再剪去剩下的根(稱為 0 根重組)，測量翻正所需之時間，每一株測試 3 次，並做記錄。(如圖4-13)

6	接著，在 0 根重組的植株的基部，綁上垂吊的螺帽 2 g，垂線長 10 cm。(稱為加小重組)，測量翻正所需之時間，每一株測試 3 次，並做記錄。(如圖4-14)
7	接著，在 0 根重組的植株的基部，綁上垂吊的螺帽 10 g，垂線長 10 cm。(稱為加大重組)，測量翻正所需之時間，每一株測試 3 次，並做記錄。(如圖4-15)
8	不能翻正以記錄時間一分鐘為限，超過就以不翻正「x」作為紀錄。若能翻正者，則記錄其翻正所需時間。
9	為了控制變因，我們盡力篩選出的五株重量差在 3 g以內，葉片數量差在 3 片以內，根長皆修成 30cm的水芙蓉，重複步驟 1-5，共記錄 5 株水芙蓉翻正的時間。

		
全根30cm 	根剩20cm 	根剩10cm 
(圖4-10) 測量根長並做記錄 (稱為根全重組)	(圖4-11) 將根末端剪去 1/3 的 根 (稱為 2/3 根重組)	(圖4-12) 再剪去 1/3 的根 (稱為 1/3 根重組)
		
根剩0cm 	垂吊 2 g 	垂吊 10 g 
(圖4-13) 再剪去剩下的根 (稱為 0 根重組)	(圖4-14) 基部垂吊 2 g的螺帽， 垂線長 10 cm。 (稱為加小重組)	(圖4-15) 基部垂吊 10 g的螺帽 垂線長 10 cm。 (稱為加大重組)

實驗(五)：葉的數量不同對水芙蓉翻正的影響

1. 目的與假說：

我們假設葉的數量對植物翻正有重要的影響。本實驗是以根的重量和長度都不變的狀況下，探討葉的數量對水芙蓉翻正的影響。如果假設是對的話，葉的數量愈多，水芙蓉翻正的速度會明顯不同。相反的，如果假設是錯的話，我們預期葉片數量多的水芙蓉翻正的速度和葉片數量少的水芙蓉差不多。

2. 方法：

1	先取一棵水芙蓉，測量重量並做記錄。
2	取一個大透明水箱並將水裝滿，一人將水芙蓉倒放於水面上，一個人拿著碼錶，計算它翻正所需的時間，每一株測試三次並做記錄（稱為葉全重組）。（如圖4-16）
3	用同一棵水芙蓉，將葉片摘除 2 片(稱為減 2 葉片組)，做第二次測量翻正所需時間，每一株測試三次，並做記錄。（如圖4-17）
4	再將葉片對邊平均摘除 4 片(稱為減 4 葉片組)，測量翻正所需之時間，每一株測試三次並做記錄。（如圖4-18）
5	不能翻正以記錄時間一分鐘為限，超過就以不翻正「×」作為記錄。若能翻正者，則記錄其翻正所需時間。
6	為了控制變因，我們盡力篩選出的五株重量差在 5 g以內，葉片數量相同，根長皆修成 25cm的水芙蓉，重複步驟 1-5，共記錄 5 株水芙蓉翻正的時間。



(圖4-16)	(圖4-17)	(圖4-18)
測量重量並做記錄 (稱為葉全重組)	將葉片對稱摘除 2 片 (稱為減 2葉片組)	對稱摘除 4 片 (稱為減 4 葉片組)

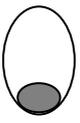
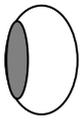
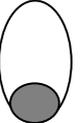
實驗(六)：由水芙蓉翻正實驗的結論，自製「不倒翁」玩具

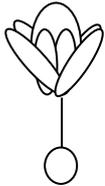
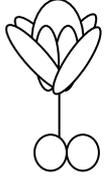
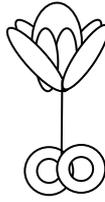
1. 目的與假說：

我們綜合前五項實驗結果歸納出以下三點：

- (1) 水芙蓉根的重量對水芙蓉的翻轉與穩定有絕對重要的影響。
 - (2) 葉提供植株所需的浮力與平衡作用，使植物體能平穩的浮在水面上。
 - (3) 資料收集--「不倒翁」原理：是因為底部大、重心又低，所以不論如何推它，重心絕對不會超過其側緣的位置，該物體自然不會傾倒。
- 我們希望根據以上的結果，自製各種形式的「不倒翁」玩具。相反的，如果無法成功做成「不倒翁」玩具，將證明水芙蓉翻正實驗的結論並不符合「不倒翁」玩具的原理。

2. 方法：

	編號	設計圖	照片	實驗方法
桌上型 扭蛋內不同部位 加重	1			將 10g 黏土至於內部下面。測量在桌上翻正所需之時間，每一個測試 四 次並做記錄。
	2			將 10g 黏土至於內部左側。測量在桌上翻正所需之時間，每一個測試 四 次並做記錄。
水面上 都用 1 號型扭蛋 (將 10g 黏土至於內部下面) 仿水芙蓉加葉片	3			仿水芙蓉但不加葉片。測量在水面上翻正所需之時間，每一個測試 四 次並做記錄。
	4			仿水芙蓉加 4 片葉片。測量在水面上翻正所需之時間，每一個測試 四 次並做記錄。
	5			仿水芙蓉加 8 片葉片。測量在水面上翻正所需之時間，每一個測試 四 次並做記錄。

水面上 都用 6 號型扭蛋 (仿水芙蓉加 8 片葉片) 底部垂吊 2g、5g、10g 不同重量的重物	6			棉線 10 cm，垂吊重物 2 g。 測量在水面上翻正所需之時間，每一個測試 四 次並做記錄
	7			棉線 10 cm，垂吊重物 5 g。 測量在水面上翻正所需之時間，每一個測試 四 次並做記錄。
	8			棉線 10 cm，垂吊重物 10 g。 測量在水面上翻正所需之時間，每一個測試 四 次並做記錄。

3. 時間記錄：不能翻正以記錄時間一分鐘為限，超過就以不翻正「×」作為記錄。若能翻正者，則記錄其翻正所需時間。

伍、研究結果與討論：

實驗一：觀察漂浮性水生植物特殊的構造

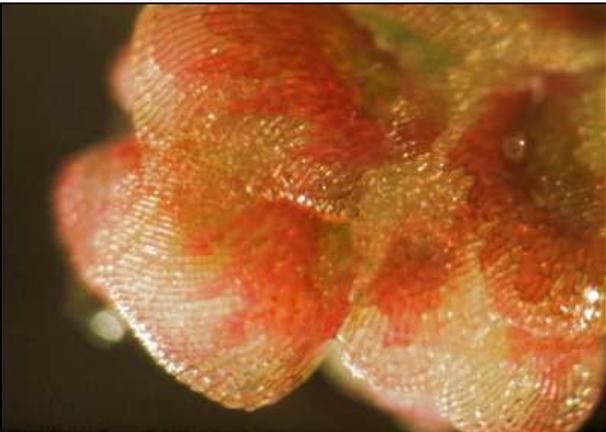
(1) 不倒翁現象：

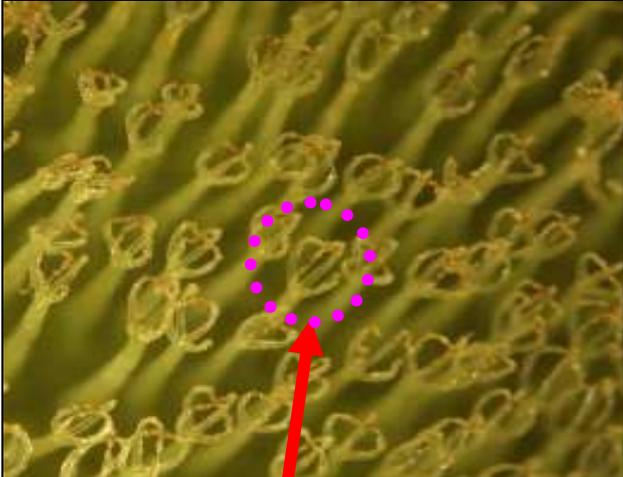
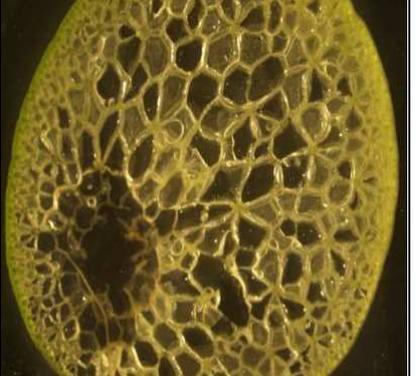
1	取 30片 滿江紅 置於裝滿水的水盆中，快速攪拌成漩渦狀，再靜置一分鐘，有30片會在水面靜止前自動翻正。佔全部的 100%
2	取 30片 槐葉蘋 置於裝滿水的水盆中，快速攪拌成漩渦狀，再靜置一分鐘，有30片會在水面靜止前自動翻正。佔全部的 100%
3	取 30片 浮萍 置於裝滿水的水盆中，快速攪拌成漩渦狀，再靜置一分鐘，有30片會在水面靜止前自動翻正。佔全部的 100%
4	取 5棵 水芙蓉 反覆把它們壓入水中放手，觀察植物體5棵都可以在一分鐘內迅速的浮上來並翻正。成功翻正的佔全部的 100%
5	取 5棵 布袋蓮 反覆把它們壓入水中放手，觀察植物體5棵都可以在一分鐘內迅速的浮上來並翻正。成功翻正的佔全部的 100%

(2) 「蓮花效應」：

1	取 10片 滿江紅 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，用放大鏡觀察10片都會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠都會立刻滾離葉面， 100% 形成明顯的水珠。
2	取 10片 槐葉蘋 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，用放大鏡觀察10片都會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠都會立刻滾離葉面， 100% 形成明顯的水珠。
3	取 10片 浮萍 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，用放大鏡觀察10片都會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠都會立刻滾離葉面， 100% 形成明顯的水珠。
4	取 10片 水芙蓉 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，用放大鏡觀察10片都會形成水珠，而且葉面稍微傾斜，水珠都會立刻滾離葉面， 100% 形成明顯的水珠。
5	取 10片 布袋蓮 ：逐一在葉片上用滴管輕輕滴一小滴的水，用放大鏡觀察，會形成水珠，但是葉面並非完全不沾水，沒有像前四種水生植物有明顯的疏水性。

本實驗收集了滿江紅、槐葉蘋、布袋蓮、水芙蓉、浮萍…等漂浮性水生植物各置於在玻片上滴數滴水，用顯微鏡觀察葉子的正反面和葉片上絨毛的構造。並將葉子、葉柄或莖切薄片，置於在載玻片上滴數滴水，用顯微鏡觀察細胞中的構造。（如下表）

名稱	特殊構造	
(一) 滿江紅	<ul style="list-style-type: none"> * 它原本是綠色的，一大片鋪在水面上，非常好看。到了天氣冷的時候，葉片會變成紅色，遠遠看去，整個水面都變紅了，故名「滿江紅」。 * 具有「不倒翁」現象 * 具有「蓮花效應」 	
	<p>植物體常呈三角狀，長寬各約 1公分。</p> 	
	<p>葉作覆瓦狀排列，表面有許多微小突起</p>	<p>背面有空腔細胞，無絨毛具親水性</p>

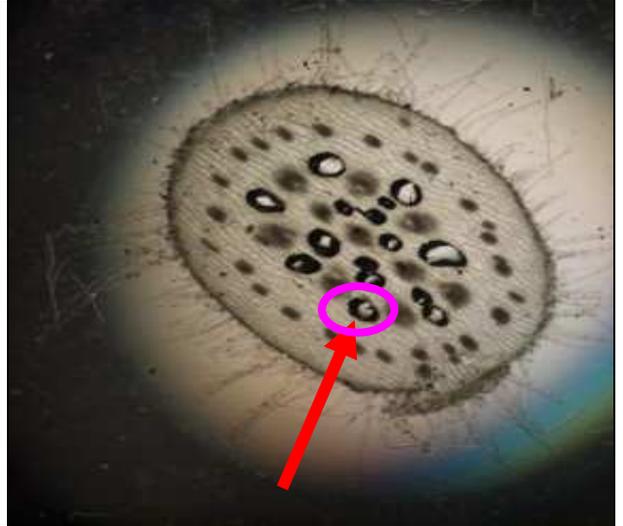
<p>(二) 槐葉蘋</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 浮水葉卵狀長橢圓形，表面密生小突起，每一突起具3~4枚向內彎曲且頂端聚在一起的毛；鬚狀的沉水葉懸垂於水中，長可達十餘公分。 * 具有「不倒翁」現象 * 具有「蓮花效應」 		
			
<p>人厭槐葉蘋，每一突起具3~4枚向內彎曲且頂端聚在一起的毛具疏水性。</p>	<p>小葉槐葉蘋，槐葉蘋每一突起具2~4枚離生毛，具疏水性。</p>		
<p>(三) 布袋蓮</p>	<ul style="list-style-type: none"> * 在水中漂浮，葉直立光滑，根在水中，呈鬚狀，葉柄膨大如同葫蘆，中空，因此可以漂浮水中，花藍紫色。 * 具有「不倒翁」現象： * 並沒有明顯的「蓮花效應」的特性，可能是因為布袋蓮葉片正面沒有絨毛，而是靠直挺的葉柄和傾斜的葉面讓水順勢排掉。 		
			
<p>葉柄有氣洞，形成一格一格的通氣構造，幫助植物體浮在水面上。</p>			

- * 全株密佈細白色絨毛不會沾水，不沾水的絨毛就是它浮在水面上的利器。
- * 具有「不倒翁」現象
- * 具有「蓮花效應」

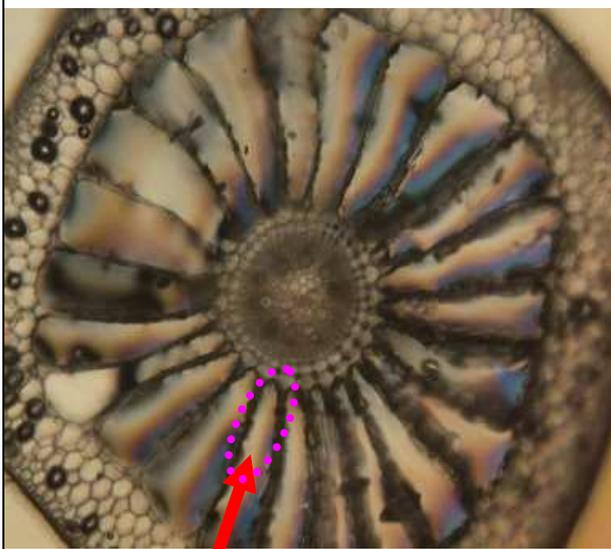
(四) 水芙蓉



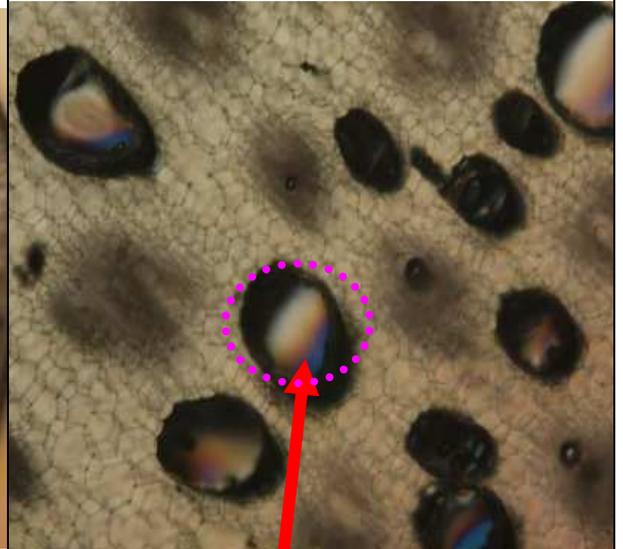
絨毛內有空氣，可以形成氣泡阻擋水分



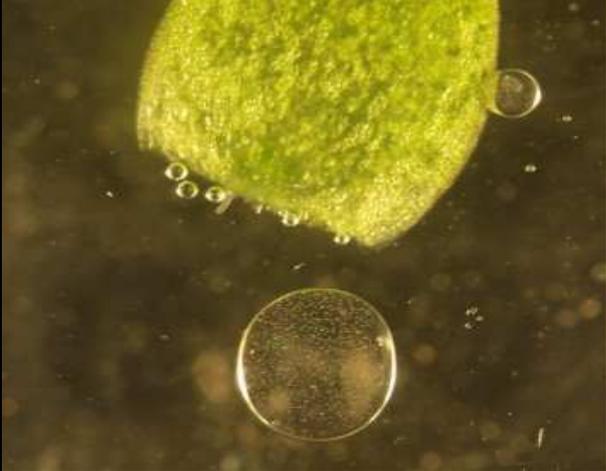
莖的切片內有通氣構造



根的切片內有通氣構造



細胞內也有通氣構造

(五) 浮萍	<p>* 具有「不倒翁」現象：放入水盆中用力攪拌後靜置，會迅速翻正漂浮於水面。 * 具有「蓮花效應」--不吸水的表面，落在葉面上的水會因表面張力的作用形成水珠。</p>	
		
	葉面極細的絨毛有排水性	葉片可壓出氣泡
		
葉片上有氣泡	背面根很短可平貼水面	

本實驗將滿江紅、槐葉蘋、布袋蓮、水芙蓉、浮萍…等漂浮性水生植物逐一置於顯微鏡下，發現從根、莖、葉切片中也發現漂浮性水生植物的根、莖、葉等部位大多有氣洞或氣囊的構造來增加浮力。我們還發現滿江紅、槐葉蘋、水芙蓉、浮萍…等漂浮性水生植物都具有不沾水的「蓮花效應」。也大都有自動翻轉的「不倒翁」現象：放入水盆中用力攪拌後靜置，仍會翻正漂浮於水面上。尤其是水芙蓉的「不倒翁」現象特別明顯，讓我們想要更進一步了解水芙蓉和不倒翁之間的關係，並希望能模擬水芙蓉的特性自己製作出有趣的「水面上的不倒翁」。

實驗二：根的重量相同，長度不同時，對水芙蓉翻正的影響（圖 5-1）

- (一) 所有組別的水芙蓉全根組的水芙蓉翻正的平均時間為 2.89 秒。2/3 根長組的水芙蓉翻正的平均時間為 2.54 秒，都能在數秒內翻正。
- (二) 實驗結果顯示，當根向上折後(不管是2/3 或1/3 根長組)，翻正所需時間大致而言變化不大，但是 1/3 根長組的水芙蓉翻正的平均時間為 1.55 秒翻正速度有明顯較快。我們推論根長度變化對於水芙蓉翻正稍有影響。
- (三) 實驗結果也顯示，當根向上摺愈多，植株翻正有愈快的趨勢，這可能是根的重心改變，對水芙蓉的翻正更有利。

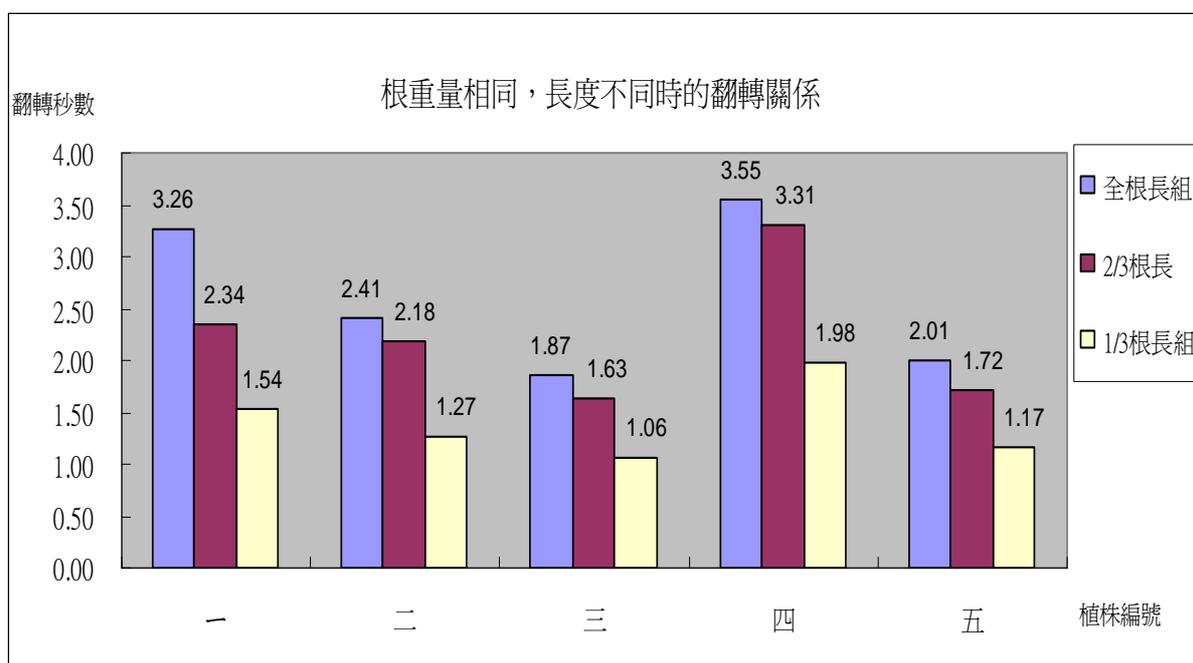


圖 5-1 根的長度與翻轉速度之關係圖

實驗三：根的長度相同，重量不同時，對水芙蓉翻正的影響（圖 5-2）

- (一) 在全根重組，我們測量 5 株水芙蓉翻正的時間發現，全部都在很短時間內就可以翻正，平均時間為 2.62 秒。
- (二) 在 1/2 根重組，我們測量5株水芙蓉翻正的時間發現，翻轉速度有變慢的現象，平均時間為 6.43 秒。
- (三) 在 1/4 根重組，我們測量 5 株水芙蓉，有 2 株在幾秒內即翻正，但有 3 株在一分鐘內都沒辦法翻正，所以我們就只記錄到一分鐘為止。
- (四) 在減少根的重量時，我們發現了植株翻正的能力變差，到了只剩下 1/4 根重時，大多的植株根本無法翻正。結果顯示，根的重量是有幫助植株翻正的作用。

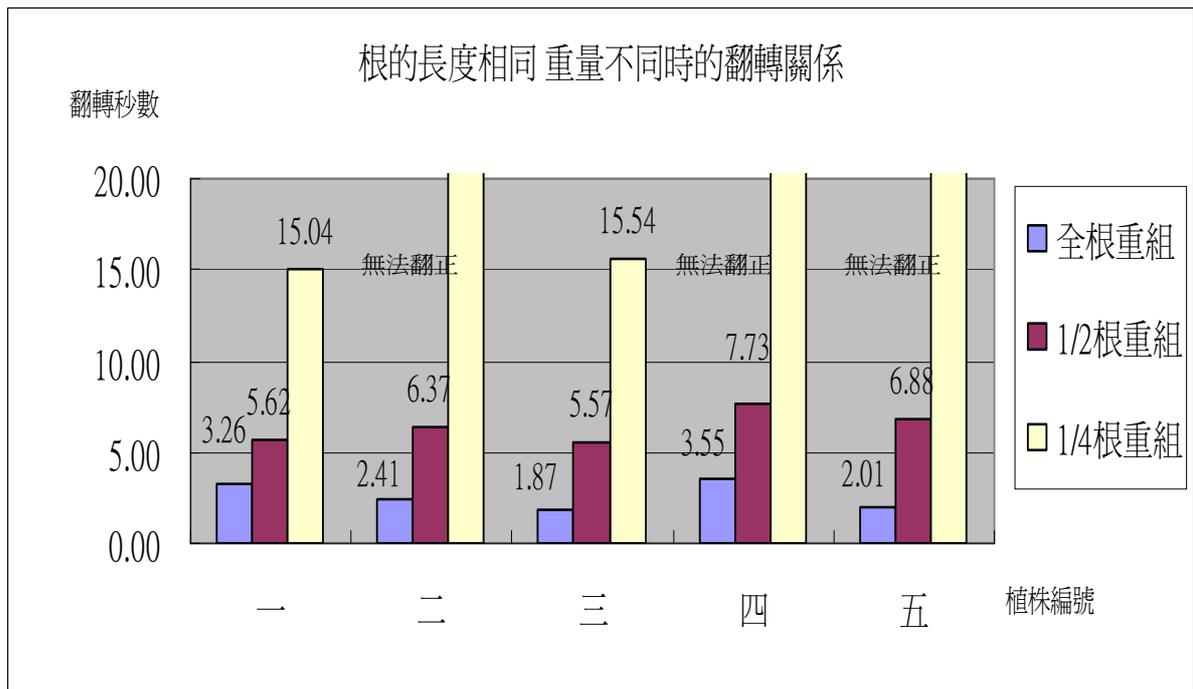


圖5-2 根的長度相同，重量不同時的翻轉關係

實驗四：根的長度和重量同時減少時，對水芙蓉翻正的影響（如圖 5-3）

- （一）在減少根的重量時，我們發現植株翻正的能力變差，到了只剩下1/4 根重時，大多的植株根本無法翻正。結果顯示，根的重量是有幫助植株翻正的作用。於是我們想針對水芙蓉根的長度和重量不同時，對水芙蓉翻正的影響再做探討。
- （二）在全根重組，我們測量 5 株水芙蓉翻正的時間發現，全部都在很短時間內就可以翻正，平均時間為 4.13 秒。
- （三）在 2/3 根重組，我們將水芙蓉的根剪去 1/3，剩下2/3的根。測量 5 株水芙蓉翻正的時間發現，翻正速度明顯變慢，平均時間為 7.39 秒。
- （四）在 1/3 根重組，我們測量 5 株水芙蓉，有 3 株在幾秒內即翻正，速度也明顯變慢，但有 2 株在一分鐘內都沒辦法翻正。
- （五）在 0 根重組，我們測量 5 株水芙蓉，有 5 株在一分鐘內都沒辦法翻正。在減少根的重量時，我們發現植株翻正的能力變差，到了只剩下1/3 根重或 0 根重組時，大多的植株根本無法翻正。結果顯示，根的重量是有幫助植株翻正的作用。於是，我們想進一步在 0 根重組的基部下綁上相同長度的棉線，垂吊不同重量的螺帽，反過來模擬水芙蓉的根。

- (六) 加小重組，在 0 根重組的植株下綁上垂吊的螺帽 2 g，垂線長 10 cm。我們測量 5 株水芙蓉，但 5 株在一分鐘內都沒辦法翻正。
- (七) 加大重組，在 0 根重組的植株下綁上垂吊的螺帽 10 g，垂線長 10 cm。我們測量 5 株水芙蓉翻正的時間發現，全部都在很短時間內就可以翻正，平均時間為 2.74 秒。結果顯示，根的重量越重，植株翻正有愈快的趨勢。根的重量是有幫助植株翻正的作用。

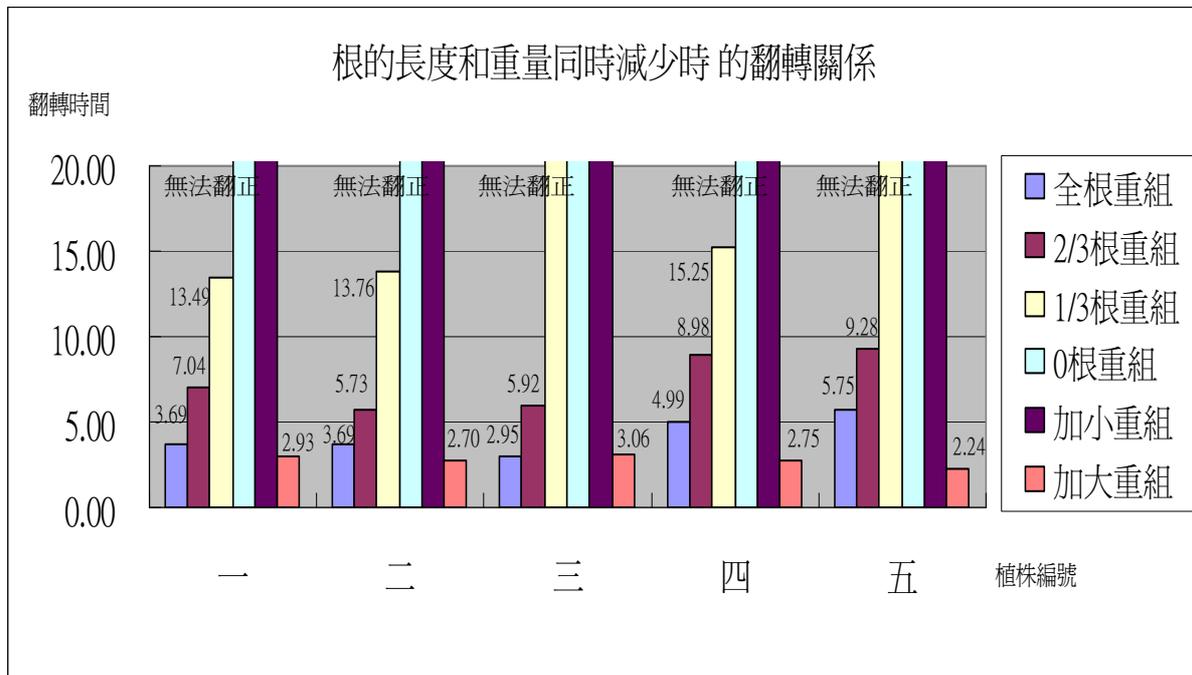


圖5-3 根的長度、重量同時減少時翻轉的關係

實驗五：葉的數量不同對水芙蓉翻正的影響

- (一) 在全葉組，我們測量 5 株水芙蓉翻正的時間發現，全部都在很短時間內(幾秒內)就可以翻正，平均時間為 3.99 秒。
- (二) 減 2 葉組，我們測量 5 株水芙蓉翻正的時間發現，也都能在很短時間內(幾秒內)就可以翻正，平均時間為 7.21 秒，但有變慢的現象。
- (三) 減 4 葉組，我們測量 5 株水芙蓉，只有 1 號植株在 13.49 秒即翻正，但有 4 株在一分鐘內都沒辦法翻正。
- (四) 葉的數量不同時，我們發現植株葉的數量減少，翻正的能力會變差，到了減 4 葉組時，大多的植株根本無法翻正。結果顯示，葉的數量是有幫助植株翻正和平衡的作用。

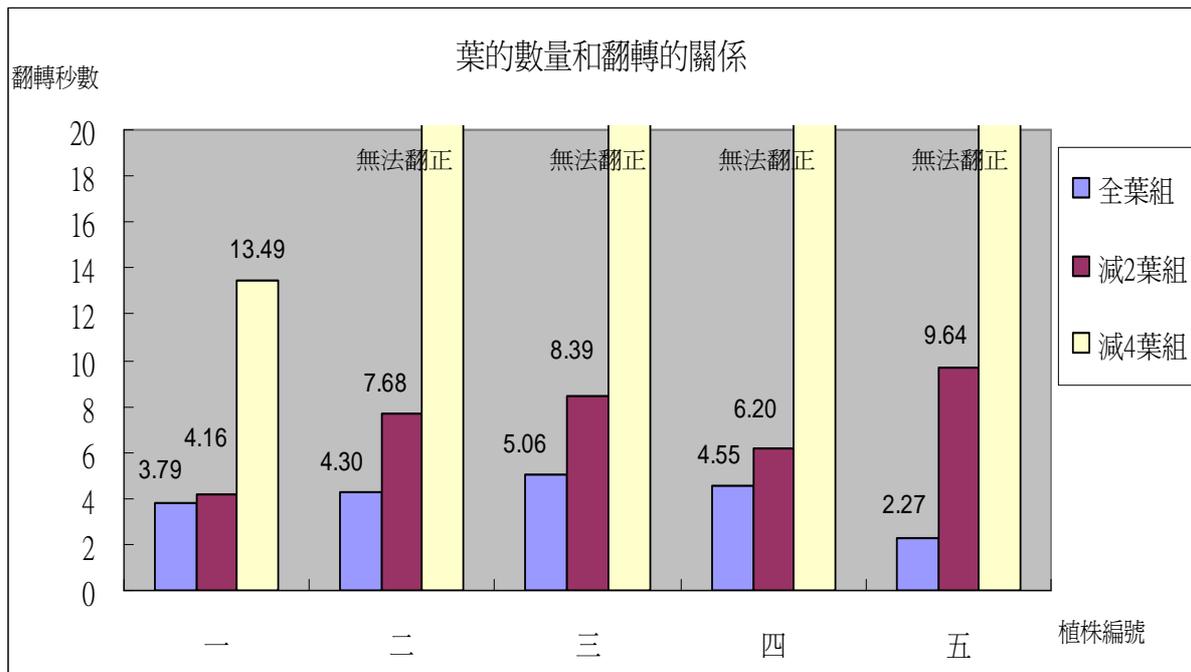


圖5-4 葉的數量和翻轉的關係

實驗六：由水芙蓉翻正實驗的結論，自製「不倒翁」玩具

根據實驗三根的長度和重量都不同時，對水芙蓉翻正的影響。結果顯示，**根的重量是有幫助植株翻正平衡的作用**。於是，我們想要模擬水芙蓉翻正的特性，自製有趣的一「桌上型不倒翁」和模擬水芙蓉的「水面上的不倒翁」。我們自己一共設計了九種不同的不倒翁，希望能歸納出最像水芙蓉翻正特性的不倒翁。

(一) 桌上型的不倒翁設計：扭蛋內加重

1 號型扭蛋：黏土至於內部下面。試驗結果：平均 1.29秒 可以迅速翻正。

2 號型扭蛋：黏土至於內部左側。試驗結果：都無法翻正。

由以上2種形式的扭蛋不倒翁的試驗結果可以知道**重心在下方的扭蛋，比較能順利翻正**。於是，我們利用1號型扭蛋仿水芙蓉加葉片來設計水面上的不倒翁。

(二) 水面上的不倒翁設計：水面上都用1號型扭蛋，再仿水芙蓉加葉片

3 號型扭蛋：仿水芙蓉但不加葉片。試驗結果：平均 1.79 秒可以迅速翻正。

4 號型扭蛋：仿水芙蓉加 4 片葉片。試驗結果：平均 1.41 秒可以迅速翻正。

5 號型扭蛋：仿水芙蓉加 8 片葉片。試驗結果：平均 0.75 秒可以迅速翻正。

由以上三種形式的扭蛋不倒翁的試驗結果，可以知道**葉片多的翻正較快，明顯影響水芙蓉的翻正速度。**

(三) 水面上都用 5 號型扭蛋，同長度棉線10cm，底部垂吊2g、5g、10g不同重量的重物：

6 號型扭蛋：棉線10cm，垂吊重物 2g。試驗結果：都無法翻正。

7 號型扭蛋：棉線10cm，垂吊重物 5g。試驗結果：平均 0.44 秒可以迅速翻正。

8 號型扭蛋：棉線10cm，垂吊重物 10g。試驗結果：平均 0.25 秒可以迅速翻正。

由以上三種形式的扭蛋不倒翁的試驗結果，可以知道底部垂吊不同重量的重物時，會明顯的影響水芙蓉的翻正速度。**垂吊重物越重水芙蓉的翻正速度越快。**也與實驗三「根的長度相同，重量不同時」和實驗四「根的長度和重量同時減少時」的結果相符：水芙蓉根的重量對水芙蓉的穩定有絕對重要的影響。

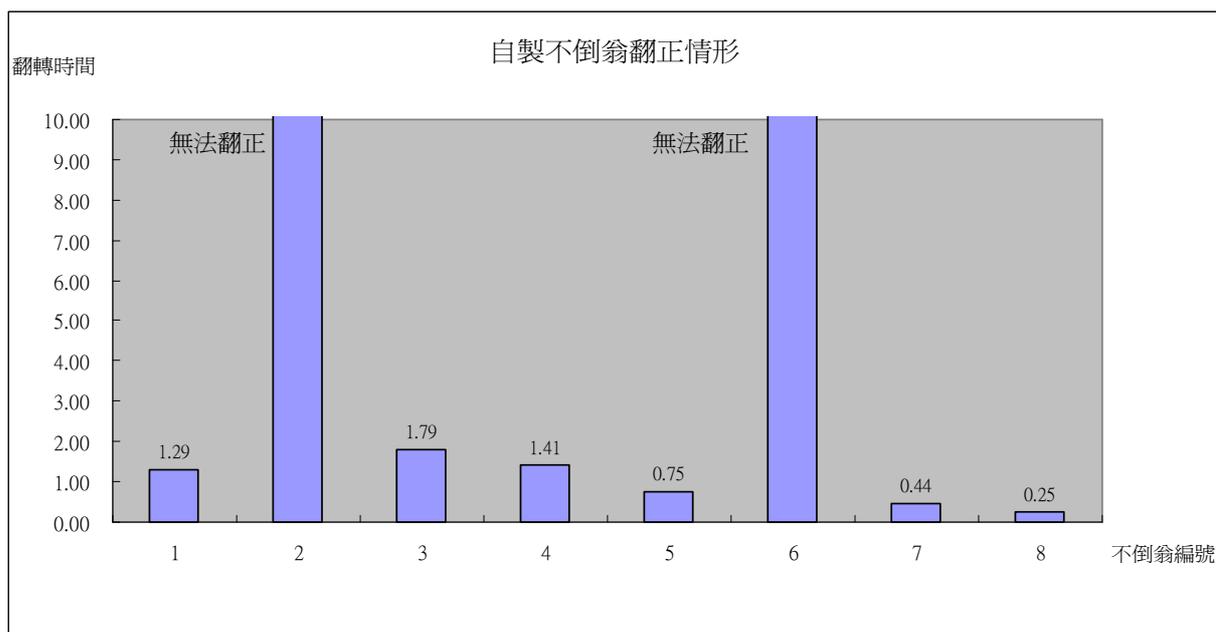
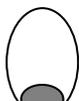
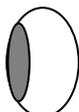
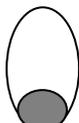
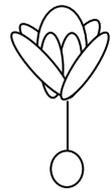
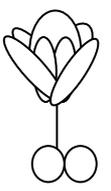
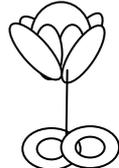


圖5-5 自製不倒翁玩具實驗

表5-5 自製不倒翁玩具實驗

類型	編號及說明	翻轉時間	平均時間	
(一) 桌上型	1、黏土至於內部下面 	1.29 秒	1.09 秒	1.29 秒
		1.59 秒	1.19 秒	
	2、黏土至於內部左側 	×	×	
		×	×	
(二) 水面上 都用 1 號型扭蛋 模擬水芙蓉 加葉片	3、仿水芙蓉但不加葉片 	1.90 秒	1.37 秒	1.79 秒
		2.35 秒	1.54 秒	
	4、模擬水芙蓉加 4 片葉片 	1.09 秒	1.22 秒	1.41 秒
		1.49 秒	1.84 秒	
	5、模擬水芙蓉加 8 片葉片 	0.88 秒	0.38 秒	0.75 秒
		0.79 秒	0.94 秒	
(三) 水面上 都用 6 號型扭蛋 底部垂吊重物	6、垂吊重物 2 g 	×	×	
		×	×	
	7、垂吊重物 5 g 	0.22 秒	0.54 秒	0.44 秒
		0.28 秒	0.73 秒	
	8、垂吊重物 10 g 	0.24 秒	0.25 秒	0.25 秒
		0.23 秒	0.27 秒	

陸、結論：

- 一、實驗一收集了滿江紅、槐葉蘋、浮萍…等漂浮性水生植物，將它們置於裝滿水的水盆中，快速攪拌成漩渦狀，再靜置，觀察每一種漂浮性水生植物的植物體都會有100%自動翻正的特性，並將水芙蓉和布袋蓮兩種大型的漂浮性水生植物反覆把它們壓入水中放手，觀察植物體都可以迅速的浮上來並翻正。證明漂浮性水生植物都有自動翻轉的「不倒翁」現象。
- 二、實驗一還將滿江紅、槐葉蘋、浮萍、水芙蓉…等漂浮性水生植物，逐一置於顯微鏡下，發現葉子的正反面和葉片上都有絨毛具有不沾水的「蓮花效應」；從根、莖、葉的切片觀察中，也發現漂浮性水生植物大多有通氣的構造來增加浮力，還有特殊的絨毛構造形成氣泡阻擋水分的疏水性。只有布袋蓮並沒有明顯的「蓮花效應」的特性，可能是因為布袋蓮葉片正面沒有絨毛的關係，而是靠直挺的葉柄和傾斜的葉面讓水順勢排掉。
- 二、實驗二「水芙蓉根的重量相同，長度不同時」實驗結果顯示：當根向上摺後，前兩組(2/3 或 1/3 根長組)翻正所需時間大致而言變化不大，但是 1/3 根長組的水芙蓉翻正速度便明顯較快。我們推論：當根向上折愈多，植物體翻正有愈快的趨勢，應該是根的重量不變，重心卻向上移集中到基部，對水芙蓉的翻正更有利。
但是，為什麼池塘裡的水芙蓉都會把根長得這麼長呢？我們推論：根長得越長可以幫助植物體更不容易被打翻，也就更不需要擔心翻正的問題了，這應該是生物求生自然演化的法則吧！
- 三、實驗三「根的長度相同，重量不同時」和實驗四『根的長度和重量同時減少時』的結果顯示：水芙蓉根的重量對水芙蓉的穩定有絕對重要的影響。我們推測：水芙蓉唯有將根長得越長，植株的下半部才會變得更重，以作為穩定植物體之用。
- 四、水芙蓉的葉提供植株所需的浮力與平衡作用，使植物體能平穩的浮在水面。根據實驗五的結果顯示：葉的數量減少，翻正的能力會變差，到了減 4 葉組時，大多的植株根本無法翻正。因此，我們可以證明葉的數量與植株翻正平衡的作用有明顯的影響。
- 五、根據水芙蓉翻正實驗的結論，我們自己設計了八種不同模式的「不倒翁」玩具。試驗結果顯示：
 - (一) 重心在下方的扭蛋比較能順利翻正。
 - (二) 葉片多的也明顯的加快水芙蓉的翻正速度。
 - (三) 而且葉片要平均分配才能保持平穩不會造成傾斜。
 - (四) 垂吊重物越重，水芙蓉的翻正速度越快，也與實驗三「根的長度相同，重量不同時」和實驗四『根的長度和重量同時減少時』的結論相同，可見根的重量可以幫助水芙蓉翻正的作用。

柒、參考資料及其他

李松柏（民96）。**台灣水生植物圖鑑**。台北：晨星出版社。

林春吉撰文·攝影（民89）。**台灣水生植物1：自然觀察圖鑑**。台北：田野影像出版社。

網站資料：

- 1.維基百科2009年11月25日，取自

<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=Special%3A%E6%90%9C%E7%B4%A2&search=%E5%A4%A7%E8%90%8D&fulltext=%E6%90%9C%E5%B0%8B>

- 2.認識校園蔓藤、水生、蕨類植物2010年1月11日，取自

<http://www.dtes.chc.edu.tw/localspecial/plant/w2.htm>

- 3.臺灣水生植物圖誌2010年1月25日，取自

<http://subject.forest.gov.tw/species/aquaplants/index-1.htm>

【評語】 080305

- 1.能將物理概念引到生物科學研究，將小朋友常用玩具扭蛋融入實驗設計，具有創意值得鼓勵。
- 2.建議將實驗結果引到外來植物之防治。
- 3.顯微照片應標明放大倍率的比例尺。