

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

040716

「鳳」生水起—鳳梨吸水量及吸水速率的探討

學校名稱：國立嘉義女子高級中學

作者： 高二 郭晏柔 高二 林貞妤 高二 黃于庭	指導老師： 林鈺婷
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：鳳梨、細毛、根

摘要

鳳梨是多年生草本植物，可再細分為三個亞科，分別為地生型鳳梨（*Terrestrial Bromeliads*）、積水型鳳梨（*Tank Bromeliads*）及空氣型鳳梨（*Atmospheric Bromeliads*）三種鳳梨科植物，本研究主要是測定三種鳳梨根部及葉子吸水的速率和觀察根、莖、葉內部細胞吸水構造的變化，最重要的是觀察空氣型葉子下方細毛吸水的模式。在三類型鳳梨中，是各以一種鳳梨為代表：地生型鳳梨的代表為金鑽鳳梨，積水型鳳梨的代表為 *Neogeria* 屬鳳梨，空氣型鳳梨的代表為小精靈鳳梨。

壹、研究動機

去年看到學姐在實驗室裡做鳳梨吸水的實驗，不經意地發現空氣型鳳梨雖然只有根部浸泡在紅墨水中，但過了一天後，其葉下表皮的細毛也會全部呈現紅色，我們覺得太神奇了！再加上看過學姐的實驗報告後，更是對鳳梨特殊的吸水方式感到興趣。另外，在課本中了解到很多有關植物吸水以及水分在根部運輸的方式，所以想就其深入探討。

之後，我們親自走訪一趟花店和水果攤並上網搜尋資料，多做了了解，從老闆那裏得知了很多有關三種不同鳳梨特殊的習性和種植方式，都是我們所想像不到的，所以我們決定延續學姊的實驗並測出學姊當時未定量的數據以及探討其他鳳梨奇異的現象。另外我們想到蘭花也是空氣型植物，於是想加以比較蘭花與空氣型鳳梨的吸水速率。

貳、研究目的

一、目的

- （一）探討地生型鳳梨（*Terrestrial Bromeliads*）、積水型鳳梨（*Tank Bromeliads*）及空氣型鳳梨（*Atmospheric Bromeliads*）三種鳳梨科植物間生態習性的差異
- （二）探討三類型鳳梨及蘭花的根部吸水速率
- （三）探討三類型鳳梨的葉子吸水速率
- （四）探討三類型鳳梨內部水分運輸的部位及速率
- （五）探討空氣型鳳梨葉子下方細毛吸附紅墨水的原因
- （六）探討水分是否會從積水型鳳梨葉鞘表面進入細胞內

二、相關資訊

鳳梨簡介：

(一) 地生型鳳梨：

本型的根系發育良好，可以像普通植物般吸收水分及養分；植株由排列較為鬆散的葉片，組成似蓮座狀叢生的外觀，但無法由葉片截留及保存水分；主要包括鳳梨亞科的鳳梨屬 (*Ananas*)、隱花鳳梨屬 (*Cryptanthus*)、莪蘿屬 (*Orthophytum*)，以及皮氏鳳梨亞科的硬葉鳳梨屬 (*Dyckia*)、銀葉鳳梨屬 (*Hechtia*)、皮氏鳳梨屬 (*Pitcairnia*) 等屬。

(二) 積水型鳳梨：

本型植株具蓮座狀外觀，由葉片緊密地排列而成，同時形成可以積水的漏斗狀空間，讓它們可以在乾旱期間獲得所需要的水分及養分；它們的根主要用於在樹上固著植株，但有些種類的根仍具有吸收水分及養分的功能。主要包括鳳梨亞科的尖萼鳳梨屬 (*Aechmea*)、水塔花屬 (*Billbergia*)、彩葉鳳梨屬 (*Neoregelia*)、巢鳳梨屬 (*Nidularium*)，以及空氣鳳梨亞科的姑氏鳳梨屬 (果子蔓屬 *Guzmania*)、班氏鳳梨屬 (*Vriesea*) 等屬。

(三) 空氣型鳳梨：

空氣鳳梨是鳳梨科的多年生草本植物，原產於美國南方及中南美洲。它們與大部份的植物不同之處為根系不發達，僅提供固定作用，真正吸收水養分的器官是葉片，因此，它們不需要長在土中只要接收點雨水或吸收空氣中的濕氣便可生存，在原生環境中，它們多附生或垂掛於樹幹或、石頭、甚至於電纜線上。

參、研究設備與器材

器材名稱	數量	器材名稱	數量
橡皮管	3 條	膠帶	2 卷
細量管	6 根	漏斗	4 個
水管	4 條	熱熔槍	1 個
紅墨水	20 罐	保鮮膜	數個
鐵絲	1 捆	剪刀	數把
滴管	3 個	長筒	數個
電子秤	2 個	微量吸管	2 支
衛生紙	數包	複式顯微鏡	2 台
噴霧器	四個	解剖用具	數個
保麗龍板	數片	塑膠袋	數個

肆、研究方法與過程

一、前置實驗

- (一) 取白色百合此種較易觀察的植物兩株，一株將其根部浸入紅墨水中，而另一株則浸入自來水中，隔了約略 6 個小時後，將其取出並觀察其顏色變化。如此一來，便可得知紅墨水溶液是否能被植物體吸收並在其內運送。
- (二) 取三種鳳梨各三株放置烤箱中烘乾至葉子變乾變脆後取出，測其重量的前後變化量，確保各株鳳梨含水量百分比的誤差值皆控制在可接受範圍內，以控制此項變因。

二、三種不同鳳梨和蘭花根部的吸水量和吸水速率的測定

- (一) 首先將一漏斗接上橡皮管並同時在另一端接上附有刻度的細量管，使兩端保持水平，確認整條橡膠管是密封狀態後，最後倒入預先配好固定濃度為

1000ml 蒸餾水加 100ml 紅墨水後，其密度約為 $1\text{g}/\text{ml}$ 的紅墨水溶液至一定刻度。

(二) 為了避免細量管管口水份蒸發會造成實驗數據的誤差，在旁邊另裝一根與其一模一樣的細量管，同時測定其水分蒸發量。

(三) 將事先準備好的鳳梨和蘭花置入紅墨水中，使其只以根部泡到水，其他部位未碰到水的方式浸入，再用保鮮膜和塑膠袋將漏斗口密封起來，避免水分的蒸散。

(四) 每隔三小時測定兩個細量管中紅墨水下降多少刻度並記錄。在連續做完數天後，利用微量吸管將漏斗內的紅墨水回加至原本高度再計算加入多少毫升並換算成克數，最後便可知道三種鳳梨和蘭花吸水的速率。



(圖一) 積水型鳳梨根部吸水實驗裝置



(圖二) 金鑽鳳梨根部吸水實驗裝置



(圖三) 小精靈鳳梨根部吸水實驗裝置



(圖四) 蘭花根部吸水實驗裝置

三、鳳梨根部吸水速率以及水分運輸速率的測定

將三種鳳梨的根部泡在紅墨水裡，每種鳳梨各泡 3 小時、6 小時、11 小時、17 小時後取出解剖，觀察內部水分運輸狀況以及算其紅墨水上升公分數。



(圖五) 金鑽泡紅墨水



(圖六) 三種鳳梨泡紅墨水

四、測量鳳梨葉子吸水量及吸水速率的測定

(一) 方法一：

將三種鳳梨以鐵絲固定於密閉的箱子中，讓整株鳳梨架空，並在箱子裡放入一瓶水，放置一個星期後，拆封觀察三種鳳梨葉子的變化，檢驗其是否會從空氣中吸收水瓶中蒸發的水而不會乾枯。



(圖七) 積水型葉子吸水實驗裝置



(圖八) 小精靈葉子吸水實驗裝置



(圖九) 金鑽鳳梨葉子吸水實驗裝置

(二) 方法二：

- 1、將三種鳳梨各三株固定於保麗龍板上，使其根部及莖葉部分被區隔開來，以保麗龍膠將其固定，使水分不會穿透過去。
- 2、將上方已有鳳梨的保麗龍板放入大箱子裡，並在其外側綁上一塑膠袋，在塑膠袋上挖一孔裝入一事先加好紅墨水的噴水器並把噴水器固定在另一紙箱上，使得每次噴水的高度及角度能夠同。
- 3、確認好整個箱子是密封的之後，將三種鳳梨的箱子都移至陽光充足的地方，開始每隔6小時噴灑一次紅墨水，每兩天拆開箱子一次測其葉片吸水量。
- 4、將預先量好重量的衛生紙數張，去吸箱子內部殘留的水分，再用瓶子減少的水分扣除衛生紙吸水後增加的重量，即為鳳梨吸水的重量了。



(圖十) 積水型鳳梨葉子吸水實驗裝置



(圖十一) 小精靈鳳梨葉子吸水實驗裝置



(圖十二) 金鑽鳳梨葉子吸水實驗裝置

五、小精靈鳳梨葉子上細毛吸水方式

將小精靈葉下表皮的細毛切下後，置放在顯微鏡下，先觀察未被滴入紅墨水前的細胞構造和顏色，然後在一端滴入紅墨水，另一端用衛生紙吸水，使得紅墨水整個通過細胞，最後，再觀察變化進而得知細毛吸水方式。



(圖十三) 小精靈剛泡紅墨水葉子未變色 (圖十四) 十七小時後葉子幾乎全部變紅色

六、觀察水分是否會從積水型鳳梨葉鞘表面進入細胞內

切下積水型葉鞘的細胞放置在玻片上，先觀察其內部的顏色及構造，然後滴上紅墨水，再以清水置換，看玻片下何處細胞有紅墨水殘留。

伍、研究結果

一、鳳梨的基本特性

(表一) 三種鳳梨的比較

類型	地生型鳳梨	積水型鳳梨	空氣型鳳梨
平均高度 (cm)	42.0	17.8	6.7
平均重量 (gw)	477.8	16.0	10.2
平均含水量 (%)	63.8	68.9	31.5
生長環境	排水良好的農田	地面腐蝕土或 樹幹凹陷處	附生在植物支幹 或岩石上



(圖十五) 積水型鳳梨



(圖十六) 小精靈鳳梨



(圖十七) 金鑽鳳梨



(圖十八) 三種鳳梨的比較

二、前置實驗

(一) 百合吸水實驗：由實驗可得知，植物確實會吸收紅墨水溶液，藉由觀察花色的變化，能發現紅墨水在植物體內暢行無阻，可以由根部吸收後運輸至花朵上。



(圖十九) 根部泡自來水百合的花顏色並未改變



(圖二十) 根部泡過紅墨水百合的花顏色明顯變紅

(二) 鳳梨含水量的實驗：由測出的數據可知，每種鳳梨的含水量誤差值在 2.9% 之內，所以鳳梨的含水量差異不大，因此，鳳梨的含水量誤差不大，我們可以控制此項變因。



(圖二十一) 鳳梨放入烤箱中烘乾



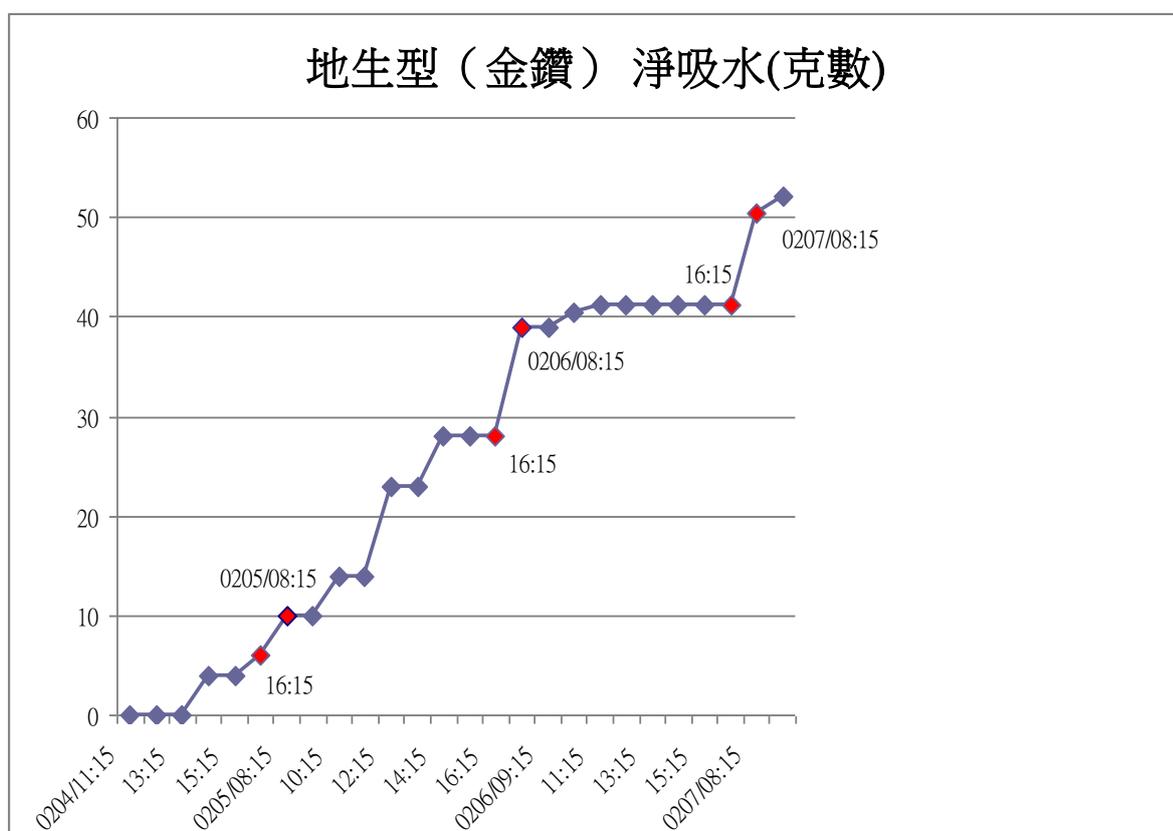
(圖二十二) 鳳梨烘乾後

三、根部吸水速率實驗

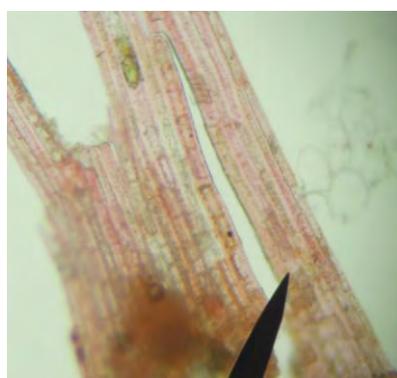
(一) 根據所記錄下來的數值算出平均，金鑽 70 小時一共吸了 52.088 公克的紅墨水。

(表二) 根部吸水實驗數據

測量時間	經過時間	吸收克數 (公克)	速率 (公克/小時)
0204/11:15~0205/16:15	29 小時	27.992	0.965
0205/16:15~0206/08:15	16 小時 (晚上)	10.888	0.681
0206/08:15~0206/16:15	8 小時 (白天)	2.357	0.295
0206/16:15~0207/08:15	16 小時 (晚上)	9.233	0.577

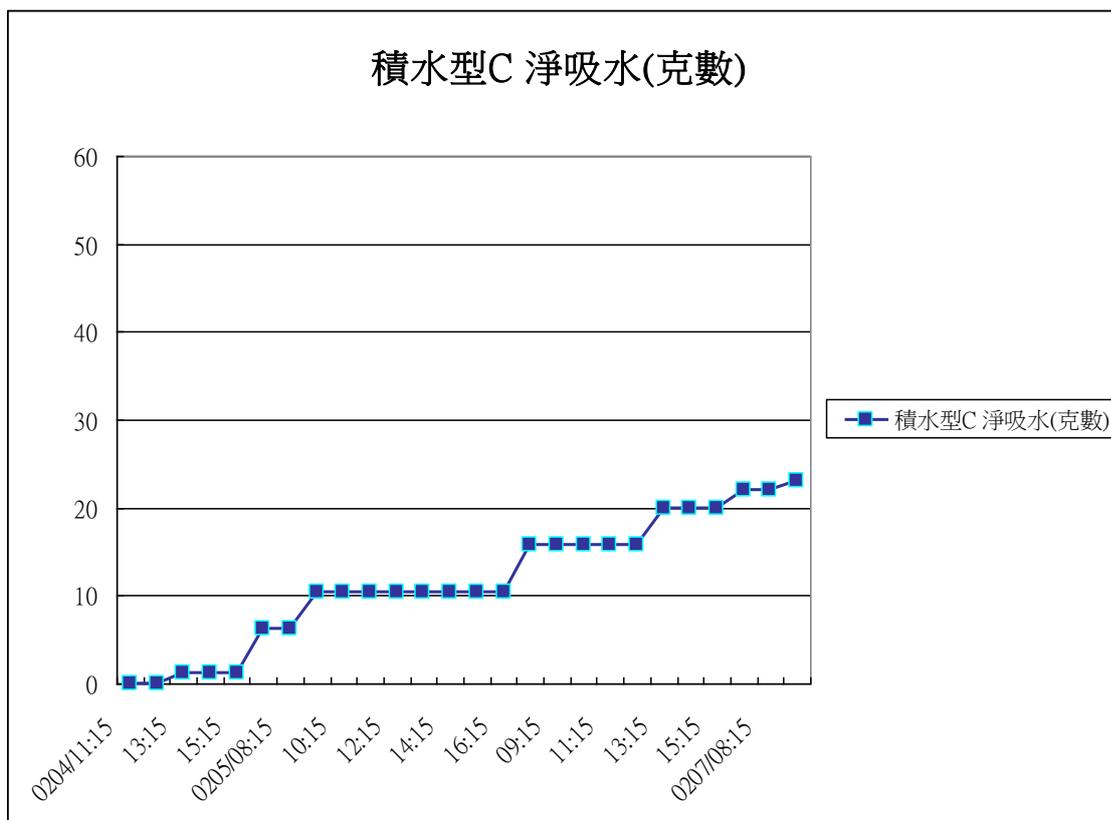


(圖二十三) 地生型 (金鑽) 淨吸水克數

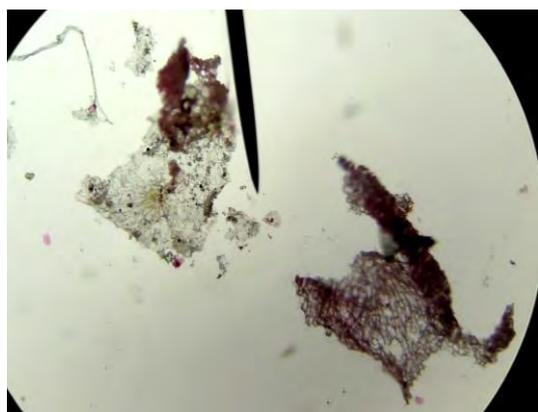


(圖二十四) 金鑽根部被染紅

(二) 根據所記錄下來的數值算出平均，積水型 70 小時一共吸了 23.096 公克的紅墨水，而且每個小時吸水量皆不多。



(圖二十五) 積水型淨吸水克數

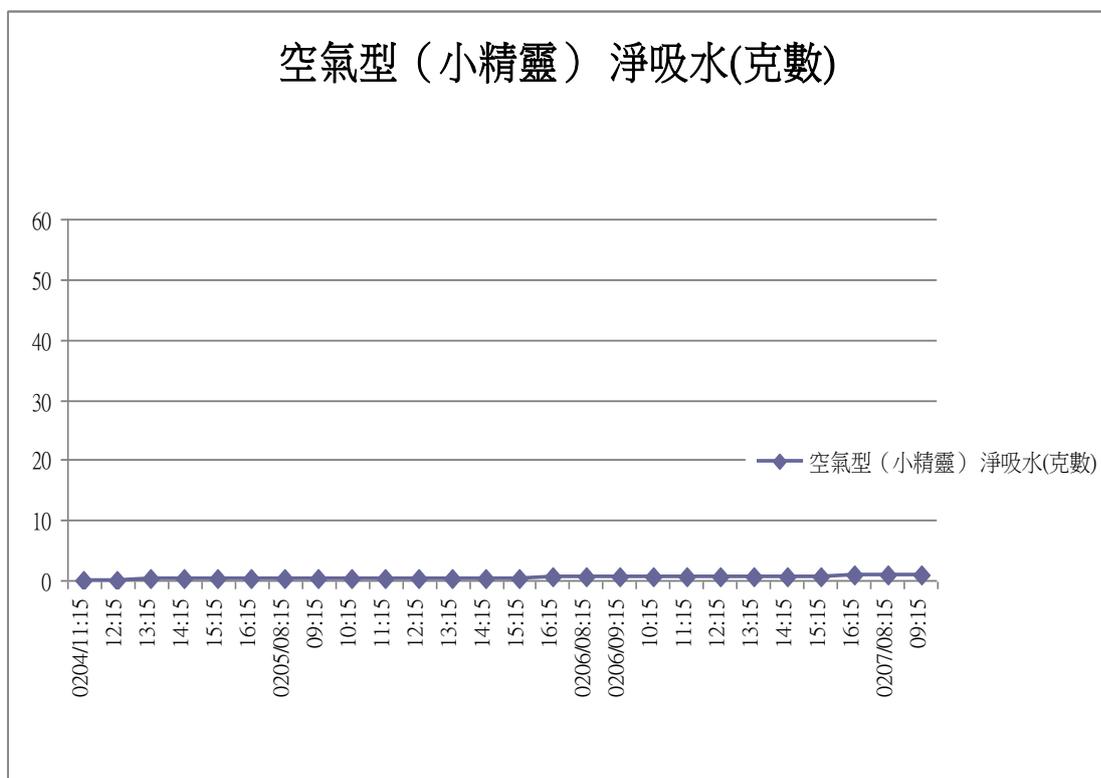


(圖二十六) 積水型根部被染紅

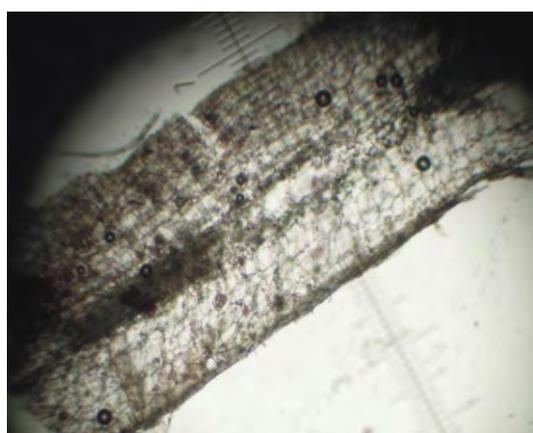


(圖二十七) 積水型莖部被染紅

(三) 根據所記錄下來的數值算出平均，小精靈 70 小時一共吸了 1.024 公克的紅墨水，而且每個小時吸水量皆不多。小精靈根部吸水不多，因此小精靈不是以根為主要吸收水分的器官。



(圖二十八) 空氣型（小精靈）淨吸水克數



(圖二十九) 小精靈根部沒被染紅

四、鳳梨根部吸水後的運輸高度及細胞切片

經過多次的切片，我們發現地生型（金鑽）鳳梨與積水型鳳梨浸泡不到 24 小時後，兩者的根在顯微鏡下，明顯得看出有紅墨水吸收的痕跡。如（圖三十）、（圖三十一）所示。相較於前面兩者，空氣型（小精靈）鳳梨的根部幾乎沒有吸收紅墨水的情形。如（圖三十二）所示。

（表三）地生型鳳梨切片數據

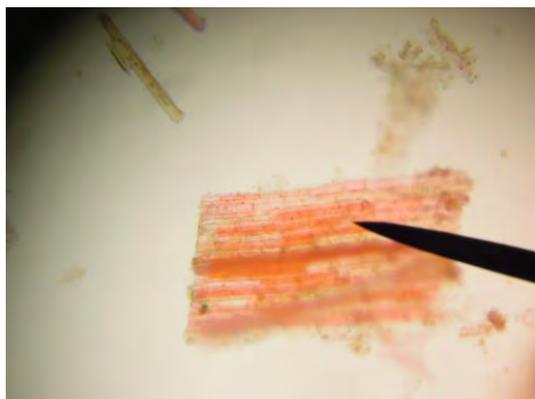
種類	浸泡紅墨水時間	標號	紅墨水上升到最高處 (cm)		
			根	莖	葉
地生型 金鑽	3 小時	1	5.6	0.0	0.0
		2	1.0	0.0	0.0
		3	4.0	0.0	0.0
	6 小時	4	10.0	0.0	0.0
		5	14.3	1.0	0.0
	11 小時	6	14.0	0.0	0.0
	17 小時	7	19.5	0.0	0.0
		8	15.7	0.0	0.0

（表四）積水型鳳梨切片數據

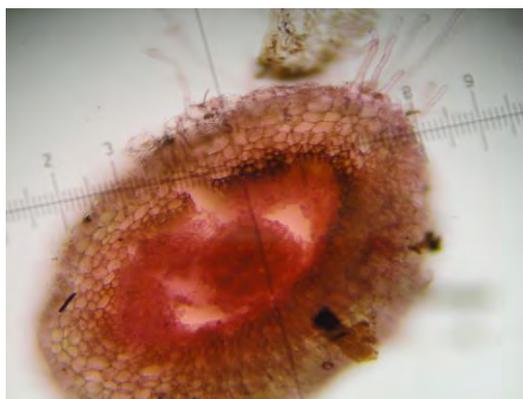
種類	浸泡紅墨水時間	標號	紅墨水上升到最高處 (cm)		
			根	莖	葉
積水型	3 小時	1	0.2	0.0	0.0
		2	1.5	0.5	0.0
		3	0.0	0.0	0.0
	6 小時	4	1.1	0.0	0.0
		5	2.0	0.6	0.0
		6	2.2	0.5	0.0
	11 小時	7	3.8	1.0	0.0
	17 小時	8	4.4	0.0	0.0
		9	3.8	1.3	0.0
		10	3.5	0.1	0.0

(表五) 空氣型鳳梨切片數據

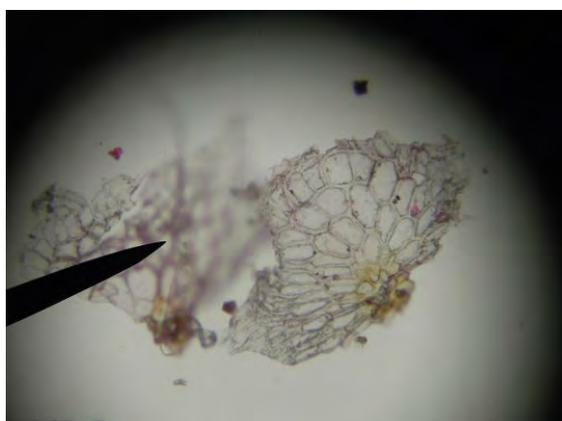
種類	浸泡紅墨水時間	標號	紅墨水上升到最高處 (cm)		
			根	莖	葉
空氣型小精靈	3 小時	1	0.0	0.0	0.0
		2	0.0	0.0	0.0
		3	0.0	0.0	0.0
	6 小時	4	0.0	0.0	0.0
		5	0.0	0.0	0.0
		6	0.0	0.0	0.0
	11 小時	7	0.0	0.0	0.0
		8	0.0	0.0	0.0
	17 小時	9	0.1	0.0	0.0
		10	0.0	0.0	0.0



(圖三十) 泡11小時後金鑽鳳梨的根



(圖三十一) 泡6小時後積水型鳳梨的根



(圖三十二) 泡11小時小精靈鳳梨的根

五、測量鳳梨葉子吸水量及吸水速率的測定

(一) 方法一：

根據觀察，金鑽鳳梨和積水型鳳梨置放一個星期後，葉子部份乾枯，相較而言，小精靈鳳梨與正常無異。



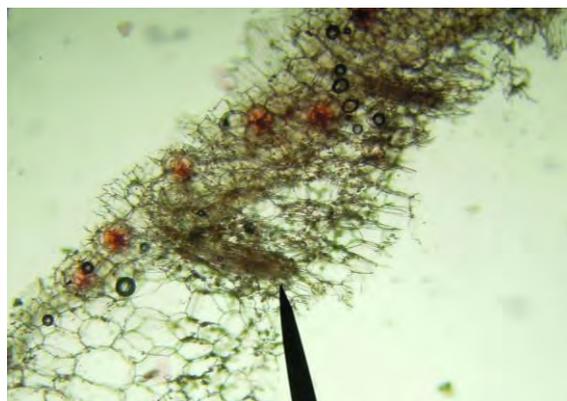
(圖三十三) 小精靈放置一個星期後未變乾枯



(圖三十四) 金鑽放置一個星期後變乾枯

(二) 方法二：

根據實驗結果，金鑽鳳梨與積水型鳳梨的吸水量都微乎其微；小精靈鳳梨葉片一個禮拜的總吸水量為 28.722 克。



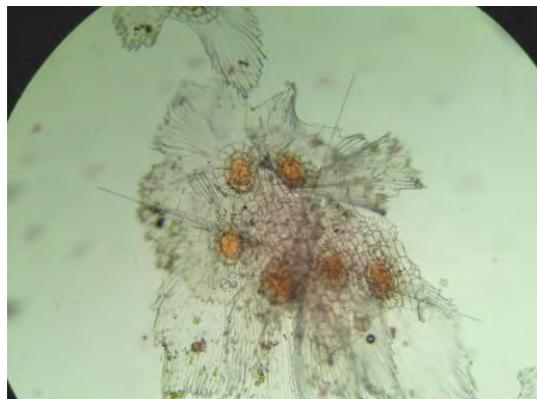
(圖三十五) 小精靈葉呈現紅色

六、小精靈鳳梨葉子上細毛吸水方式

在顯微鏡底下，空氣型（小精靈）鳳梨的細毛切片上有紅墨水的痕跡。因此，我們覺得空氣型（小精靈）鳳梨的葉子之留住水分的構造主要是其下方的細毛。



(圖三十六) 小精靈細毛切片未加入紅墨水前



(圖三十七) 小精靈細毛切片加入紅墨水後

七、觀察水分是否會從積水型鳳梨葉鞘表面進入細胞內

實驗觀察顯示，玻片下積水型葉鞘細胞並無紅墨水殘留。



(圖三十八) 積水型鳳梨葉鞘細胞未染紅

陸、討論

一、前置實驗

- (一) 原本認為紅墨水中的色素或許會停留在植物體內，而無法跟著水前進。但是，經過此實驗，我們發現紅墨水中的色素，會順著水分的一起流動。因此，紅墨水所到之處，就是水分運輸至之處。
- (二) 一開始認為鳳梨內部的含水量會影響鳳梨吸水的量及速率，希望能夠控制較多的變因，讓實驗結果更具可信性。根據實驗結果的顯現，各株鳳梨含水量百分比的差異很小。

二、根部吸水速率實驗

(一) 金鑽鳳梨的實驗結果：

由於我們在開始實驗之前，先將其放置在無水的盆子內兩天，所以實驗的前 29 小時，鳳梨大量且持續不斷地吸水，我們推估可能是因為植物體內的水分嚴重不足，以致於吸收的如此快速。

然而，45 個小時後，我們發現早上的吸水量明顯少於晚上的吸水量，可能是因為鳳梨為景天科植物，在晚上打開氣孔，蒸散量變大，而造成晚上吸水量較多。

(二) 積水型鳳梨的實驗結果：

積水型鳳梨吸水量比我們預期的還要少，積水型鳳梨吸水量比前人測得的還要少，可能是因為前人的實驗方法是計算植株的重量變化，所以，會計算到殘留在葉鞘內部，實際上根部卻沒吸收到的水分。但藉由切片，我們仍可知積水型鳳梨可以由根部吸收水分。

(三) 小精靈鳳梨的實驗結果：

經過 70 小時後，小精靈根部僅吸收 1.024g，遠小於金鑽鳳梨與積水型鳳梨，所以，我們認為根部仍會吸收微量的水，但不是最主要的吸水器官。

(四) 蘭花的實驗結果：

經過 36 小時後，蘭花的總吸水量是 5.4g，算出的平均吸水量略高於小精靈的吸水量，同為附生植物吸水速率仍有差異。

三、鳳梨根部吸水後的運輸高度以及細胞切片

三種鳳梨經過數個小時的浸泡後，切開它們的根，以肉眼觀察，發現金鑽鳳梨與積水型鳳梨的根部橫切面，都有明顯的紅墨水痕跡。為了進一步了解，我們做了切片，確實看到金鑽鳳梨與積水型鳳梨根部的部份細胞呈現紅色的，小精靈鳳梨則無。如（圖三十二）所示。

（一）金鑽鳳梨浸泡 3 小時後，每小時平均上升 1.76cm；浸泡 6 小時後，每小時平均上升 2.025cm；浸泡 11 小時後，每小時平均上升 1.2727cm；浸泡 17 小時後，每小時平均上升 1.0353cm。如（表三）所示。

（二）積水型鳳梨浸泡 3 小時後，每小時平均上升 0.23cm；浸泡 6 小時後，每小時平均上升 0.29cm；浸泡 11 小時後，每小時平均上升 0.34cm；浸泡 17 小時後，每小時平均上升 0.23cm。如（表四）所示。

（三）小精靈鳳梨浸泡 3 小時後，每小時平均上升 0cm；浸泡 6 小時後，每小時平均上升 0cm；浸泡 11 小時後，每小時平均上升 0cm；浸泡 17 小時後，每小時平均上升 0.0029cm。如（表五）所示。

四、小精靈鳳梨葉子上細毛吸水方式

小精靈鳳梨的葉下表皮，有細毛構造，且其細毛內部有一特殊的圓點可以幫助吸收水分。

五、測量鳳梨葉子吸水量及吸水速率的測定

因為方法一僅能了解三種鳳梨是否會以葉子吸水，無法知道其具體的數值。因此，改以方法二來測出其確切的數值。得知小精靈鳳梨的葉子一個禮拜的吸水量為 28.722 克。

六、觀察水分是否會從積水型鳳梨葉鞘表面進入細胞內

由觀察結果可知，積水型葉鞘細胞並不會吸收水分。我們認為葉鞘只是暫時儲存水分，而吸水部位還是以根部為主，因為我們觀察到葉鞘所積的紅墨水，隔一段時間後會減少，而且根部經切片後，根部細胞有吸收紅墨水。

柒、結論

一、

- (一) 金鑽鳳梨主要是以根部吸水，白天 8 小時內吸水平均速率為 0.295 克／小時；晚上 16 小時內吸水速率為 0.577 克／小時。可見金鑽鳳梨在晚上會吸收較多水分。由數據可知，金鑽鳳梨 70 小時內的平均速率為 0.483 克／小時。
- (二) 積水型鳳梨 70 小時內的平均速率為 0.329 克／小時。
- (三) 小精靈鳳梨 70 小時內的平均速率為 0.0146 克／小時。
- (四) 蘭花平均每小時吸水量為 0.15 克／小時。

經過比較後，金鑽鳳梨平均每小時吸收的水分克數大約是積水型鳳梨的 1.47 倍，是小精靈鳳梨的 33.08 倍。蘭花的吸水速率為小精靈鳳梨的 10.27 倍，雖然皆為附生植物，但吸收速率仍可能因植物不同而有所差異。

二、金鑽鳳梨、積水型鳳梨根部吸水後會從根部開始往上運輸到莖，而小精靈鳳梨不太會吸水，所以從它的切片無法看到紅墨水的痕跡。如（圖三十二）所示。

三、三種鳳梨中，小精靈會從葉子吸收空氣中的水分，積水型鳳梨與金鑽鳳梨不是以葉子為主要吸水部位。若未給其根部水分，會因無法吸收水分使得內部缺水而乾枯。

四、根據實驗結果發現，細毛確有可吸收水分的功能。

五、積水型葉鞘細胞沒有吸收水分的功能，因此跟前人研究結果不符。

捌、參考資料

- 一、中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 高中組生物科 鳳水輪流轉—鳳梨科植物獲取水份之方式 (2012)
- 二、選修生物 (上) 課本 第三章 植物體內物質的運輸
- 三、俞祿生 (2009)。神奇的無根花卉：空氣鳳梨。中國農業出版社
- 四、祝椿貴 (2009)。空氣鳳梨中文圖鑑&教戰守則。博客思

【評語】 040716

不同種類鳳梨對比鮮明，但評估基準點需對等，或可延伸探索
相關原理或機轉。