

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

040709

鳳水輪流轉－鳳梨科植物獲取水分之方式

學校名稱：國立嘉義女子高級中學

作者： 高二 黃聆育 高二 王郁甯 高二 李威儀	指導老師： 黃世瑛
---	------------------

關鍵詞：鳳梨、水份吸收

「鳳」水輪流轉—鳳梨科植物獲取水分之方式

摘要

鳳梨科植物可細分為三個亞科，其構造和生長環境各自具有不同的特色，本研究主要以地生型鳳梨（Terrestrial Bromeliads）、積水型鳳梨（Tank Bromeliads）及空氣型鳳梨（Atmospheric Bromeliads）等三種生態習性不同的鳳梨科植物就其根部、葉片以及葉鞘基部等構造來探討水份吸收的模式。並針對空氣型鳳梨特殊的獲取水份方式—利用葉片吸取空氣中的水氣，進行更進一步的探討。

壹、研究動機

在高中選修生物(上)第二章植物光合作用的課程中，我們第一次接觸了CAM植物，得知他們生處在乾燥缺水的環境，所以我們對於這些植物如何在乾燥環境中獲得水分發出疑問，而在第三章植物體內運輸的課程中，我們學得了許多植物的吸水構造及機制，但是課本並沒有特別介紹CAM植物的吸水方式。在離學校不遠處有一片片的鳳梨田，讓我們有了利用鳳梨做實驗的動力。

巧的是，去年的畢業時節，我們到園藝店購買要送畢業學姊的花束，赫然發現有一種只有葉子的植物掛在半空中，透過老闆得知那是空氣鳳梨，老闆更進一步告訴我們種植它不需要澆水，因為這種植物獲取水份的來源是由葉子吸取空氣中的水份，至於它的根要等到一定的年紀才會長出來而且對它沒什麼功用。我們覺得它很特殊，和我們一般所認知的鳳梨有很大的差別，所以我們決定探討還有什麼不同種類的鳳梨，並比較它們獲取水份的主要方式。

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）及氣生型鳳梨（Atmospheric Bromeliads）三種鳳梨科植物間生態習性的差異
- (二) 探討三類型鳳梨的根部的吸水能力
- (三) 探討三類型鳳梨單位面積葉子吸水量的差異性
- (四) 探討三類型鳳梨葉鞘積水的能力
- (五) 利用交叉比對三類型鳳梨的吸水構造
- (六) 探討空氣型鳳梨葉片吸取水份的構造
- (七) 比較空氣鳳梨葉片及根部的吸水能力
- (八) 探討空氣鳳梨葉片吸入之水份是否能由木質部運送

二、文獻探討

(一) 鳳梨科植物的三個亞科

1. 皮氏鳳梨亞科（Pitcairnioideae）：17屬 895種65變種，包括皮氏鳳梨屬（艷紅鳳梨屬 Pitcairnia）、普亞鳳梨屬（Puya）、硬葉鳳梨屬（Dyckia）等，其

中有三分之一是耐旱性地生型。

2. 鳳梨亞科 (Bromelioideae) : 29屬 727種 127變種, 包括Bromelia鳳梨屬 (Ananas)、水塔花屬 (筒鳳梨屬Billbergia)、尖萼鳳梨屬 (光萼荷屬Aechmea) 等, 有地生型及著生型。
3. 空氣鳳梨亞科 (Tillandsioideae) : 6屬1034種 150變種, 包括空氣鳳梨屬 (花鳳梨Tillandsia)、班氏鳳梨屬 (Vriesea) 等, 全都是著生型。

(二) 鳳梨科植物檢索表

1. 葉片邊緣無刺: 空氣鳳梨亞科。
2. 葉片邊緣具明顯的刺, 或細刺狀鋸齒。
 - (1) 多肉的葉片且具有顯著內摺的刺 (如Dyckia or Hechtia), 禾草狀的外觀 (皮氏鳳梨屬): 皮氏鳳梨亞科。
 - (2) 葉片非多肉, 不具顯著內摺的刺, 植株具類似蓮座狀叢生的外觀: 鳳梨亞科

(三) 鳳梨科植物依據它的生態習性可分為三個類型

1. 地生型鳳梨: 根系發育良好, 可以像普通植物般吸收水分及養分, 葉片排列較鬆散, 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)、Bromelia、姬鳳梨屬 (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)。
2. 積水型鳳梨: 呈蓮座狀外觀, 葉片緊密排列, 形成可以積水的漏斗狀空間, 可以在乾旱間或德所需要的養分及水分。根主要用在樹上固著植株, 少數種類有吸收水分與養分的作用。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)。
3. 空氣型鳳梨: 根如電線般, 可以固著在樹上或其他物品上面, 根不具有吸收水分和養分的功能。葉片上長滿鱗片狀的毛 (Trichome), 可以吸收空氣中的水分, 呈現亮灰色或銀白色的外觀, 讓它們在強光下不至於曬傷, 僅空氣鳳梨一屬。

參、研究設備與器材

器材名稱	數量	器材名稱	數量
地生型鳳梨	5株	噴霧器	1支
積水型鳳梨	5株	厚紙板	數片
氣生型鳳梨	5株	塑膠袋	數個
檯燈	1台	量筒	數個
顯微鏡	1台	燒杯	數個
紅墨水	1罐	電子天平	1台
保鮮膜	1捲	膠帶	1捲
棉花	數塊	鑷子	1支

肆、研究過程與方法

一、取地生型的台農17號鳳梨（金鑽鳳梨）、氣生型的小精靈鳳梨及積水型的Neogeria屬鳳梨等鳳梨科成員各 5 株（如照片 1 ），進行測量與實驗：

- （一）測量並記錄三大類型鳳梨根部最長的長度及植株高度，並換算成（根部平均長度 / 平均植株高度）的比值。
- （二）利用游標尺測量三大類型鳳梨葉片展開部分的寬度及長度，求出(寬度/長度)的比值。
- （三）觀察並記錄三大類型鳳梨葉鞘中心形狀。



照片一：由左至右分別為積水型、氣生型及地生型鳳梨

二、根部吸水量的測定

- （一）將植物固定在厚紙板上，紙板中間挖洞，使整株植物只有根部在下面，並且用膠帶把厚紙板空隙封起來，避免厚紙板吸水（如照片二）。
- （二）在 500ml 燒杯中倒入 500ml 自來水作為栽培之用。
- （三）將地生型鳳梨、積水型鳳梨、氣生型鳳梨連同紙板，分別置於燒杯上，只有根部浸泡在水中，並用塑膠袋套起來防止水氣散失於空氣中。
- （四）兩天後，測量減少的水量，並扣除對照組所蒸發的水量，如此就可以知道不同種類的鳳梨根吸水的量。
- （五）改用浸泡紅墨水一天後，將根部橫切，觀察並記錄根部被染紅的部位。



照片二：利用厚紙板使植物只有根部接觸水並用塑膠袋套起，防止水氣散失。

三、葉子吸水能力的測定

- （一）先拿10張A4紙張測量面積大小並求出平均值 A ，並在電子天平上秤重（ W_1 ），在 A4紙上依次描繪出葉片的大小10片，並剪下秤重，記錄平均質量（ W_2 ），利用比例算出葉子的表面積 = $(W_2/W_1) \times A$ 。

- (二) 取等重棉花30個，滴入10ml的水後，分別固定在地生型鳳梨、積水型鳳梨、氣生型鳳梨的葉子上，每片葉片上下分別各固定3團棉花，並用保鮮膜包住，以免水分蒸散（如照片三）。
- (三) 隔日取下棉花及保鮮膜秤重，計算出棉花損失的水重，再除以表面積。
- (四) 改用吸取紅墨水的棉花蓋住上、下表皮，二天後將葉片進行橫切觀察記錄染紅的部位。



照片三：固定棉花於葉片上並利用保鮮膜包住，避免水分蒸散

四、葉鞘積水量的測定

- (一) 先把噴霧器裝好水後，以相同的壓力，相同的時間和相同的距離，分別噴在相同高度不同類型的鳳梨上（如照片四）。
- (二) 噴完水氣後10分鐘，利用滴管把葉子各個地方的水吸起來，記錄由葉鞘基部所收集的水量。
- (三) 利用檯燈由植株正上方照射，將投影的影子描繪在紙張上，剪下後利用比例法求遮蔭面積。
- (四) 換算出（葉鞘積水量 / 植株遮蔭面積）的比值。



照片四：噴霧實驗

五、交叉比對找出吸水最佳構造

- (一) 由葉片吸水量、根部吸水量及葉鞘積水量換算出（葉片吸水量 / 根部吸水量）、（葉片吸水量 / 葉鞘積水量）、（根部吸水量 / 葉鞘積水量）的比值。
- (二) 由三項的比值找出最重要的水份來源。

六、探討空氣型鳳梨葉片吸取水份的構造

- (一) 取適量棉花吸滿紅墨水後，分別均勻覆蓋在空氣鳳梨兩片葉片上，並用保鮮膜包住避免水分散失。
- (二) 隔日，將其中一片葉片進行橫切觀察並記錄被染紅的部位。

(三) 隔兩日，再將另一片葉片進行橫切觀察並記錄被染紅的部位。



照片五：將吸滿紅墨水的棉花覆蓋在空氣鳳梨兩片葉片上，並用保鮮膜包住避免水分散失。

七、比較空氣鳳梨葉片及根部的吸水能力

- (一) 取適量棉花吸滿紅墨水後固定於塑膠帶的邊緣，將長有根的空氣鳳梨整株包入塑膠袋中，並用橡皮筋把塑膠袋口密封。
- (二) 隔日將其取出，分別將根部及葉片進行橫切觀察並記錄染紅的情形。



照片六：將吸滿紅墨水的棉花及整株空氣鳳梨包入塑膠袋中

八、探討空氣鳳梨葉片吸入之水份是否能由木質部運送

- (一) 取用吸取紅墨水的棉花蓋住葉片尖端之上、下表皮，並利用保鮮膜包住避免水份散失。
- (二) 兩天後，分別將覆蓋棉花的上段葉片、未覆蓋棉花的中段葉片及下段葉片進行橫切觀察並記錄染紅的情形。



照片七：將吸取紅墨水的棉花覆蓋在葉片尖端，並以保鮮膜包住避免水份散失。

伍、研究結果

一、鳳梨科三種類型的鳳梨由（葉寬 / 葉長）的比值以積水型鳳梨的0.24最大，葉片為狹長型，氣生型鳳梨比值最小外型更為狹長。由（根 / 株高）比值均小於0.5，足見鳳梨科植物的根系不發達。積水型鳳梨的葉鞘呈杯狀中央空間大，可以蓄積水份，氣生型鳳梨和地生型鳳梨中心空隙狹小，蓄水情形較少見（如表1、照片八~十三）。

表 1：比較三類型鳳梨外觀及生態特性

類別	地生型鳳梨	積水型鳳梨	氣生型鳳梨
平均株高 (cm)	44.7	32.6	17.3
(葉寬/葉長) 比值	0.13	0.24	0.03
根部平均長 (cm)	8.8	9.2	5.9
(根/株高)比值	0.20	0.28	0.34
葉鞘中心形狀	中心僅小小空間	杯狀中央空間大	中心葉片緊湊
生長環境	排水良好的農田	地面腐植土或樹幹凹陷處	寄生在植物枝幹上或岩石上



照片八：地生型鳳梨



照片九：積水型鳳梨



照片十：氣生型鳳梨



照片十一：地生型鳳梨之葉鞘中心



照片十二：積水型鳳梨之葉鞘中心



照片十三：氣生型鳳梨之葉鞘中心

二、根部吸水能力的比較

(一) 根據所測量的根部平均吸水量，則以積水鳳梨組最高為15g，其次為地生食鳳梨的5g，氣生鳳梨組則平均吸水量幾乎沒有變化（如圖 1）。

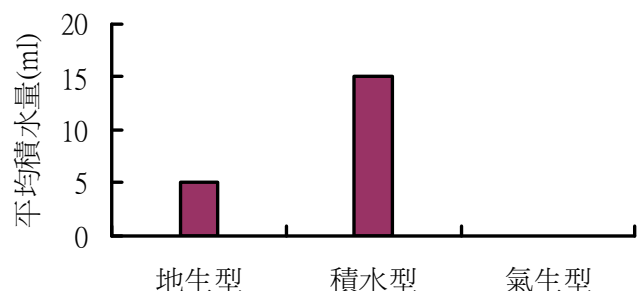
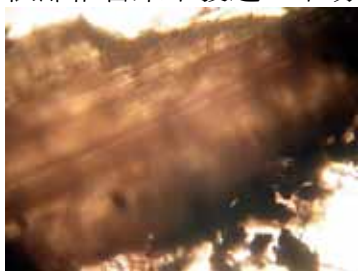


圖1：根部吸水能力之比較

(二) 由根部的橫切面，積水型鳳梨和地生型鳳梨均有被紅墨水染紅的維管束，積水型鳳梨最為明顯，氣生型鳳梨根部的橫面則沒有被染紅的維管束，而且氣生型鳳梨根部維管束不發達，不易區分出木質部與韌皮部（如照片十四~照片十六）。



照片十四：地生型鳳梨根部因吸水被染紅的情形



照片十五：積水型鳳梨根部因水被染紅的情形



照片十六：氣生型鳳梨因根部吸水能力差，內部並未被染紅

三、鳳梨科植物單位面積葉子吸水量的差異性探討

(一) 由棉花減少的水分多寡比較，葉片吸收水分的能力以氣生型鳳梨其單位面積吸水量最高達到 $0.49/\text{cm}^2$ 最低的是地生型鳳梨 $0.01\text{ml}/\text{cm}^2$ 。其葉片吸收水份大小為：空氣型鳳梨 > 積水型鳳梨 > 地生型鳳梨（如圖 2）。

(二) 以棉花吸附紅墨水再覆蓋在葉片上，然後將葉片橫切，發現地生型鳳梨僅在氣孔附近被染成紅色，積水鳳梨的海綿組織及少部分柵狀組織被染紅，空氣鳳梨組的海綿組織和柵狀組織的空隙都被染紅（照片十八~照片二十一）。

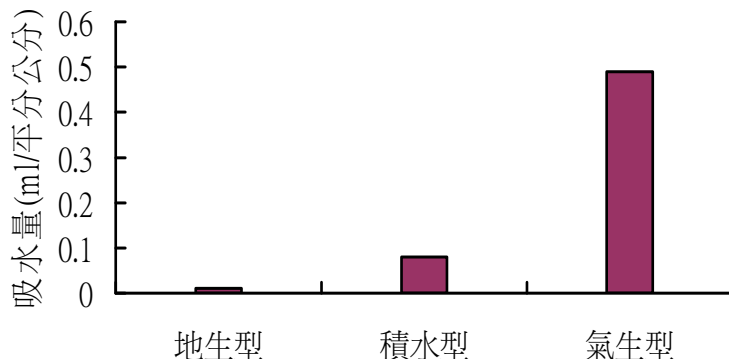
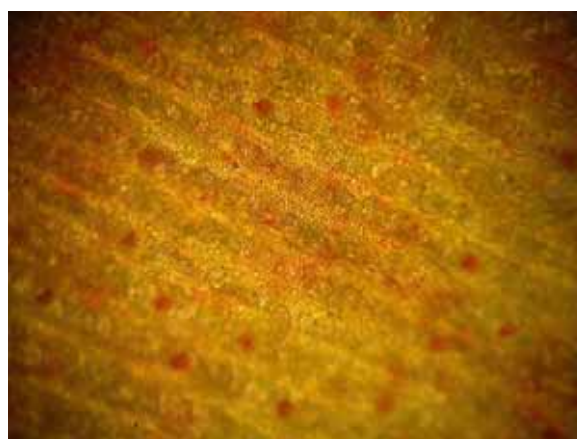


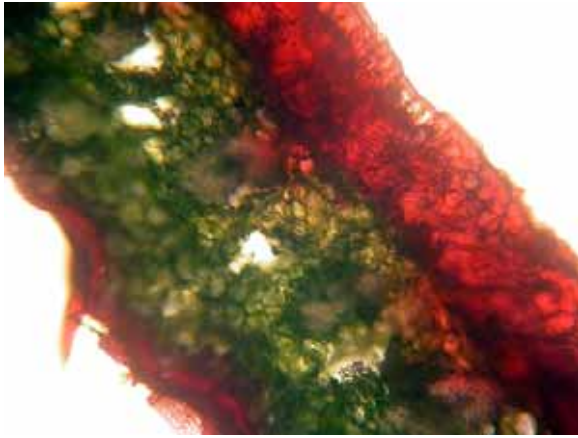
圖2：葉片吸水能力之比較



照片十八：地生型鳳梨只有在表皮凹陷處有染紅，葉片吸水能力不佳



照片十九：積水型鳳梨，可見到氣孔與葉脈均有染紅的現象



照片二十：氣生型鳳梨葉橫切，可看出柵狀組織及部分海綿葉肉組織因吸收紅墨水而被染紅。



照片二十一：氣生型鳳梨吸水能力強，整片葉片均被染紅。

四、利用噴霧器對氣生型鳳梨、積水型鳳梨及地生型鳳梨噴霧處理，葉鞘基部積水量測量，積水型鳳梨達18.5ml為最高（如照片二十二），空氣型鳳梨和地生型鳳梨葉鞘積水能力則遠低於積水型鳳梨。葉鞘間隙所取得的水量以積水型鳳梨 > 地生型鳳梨 > 空氣型鳳梨（如圖3）。

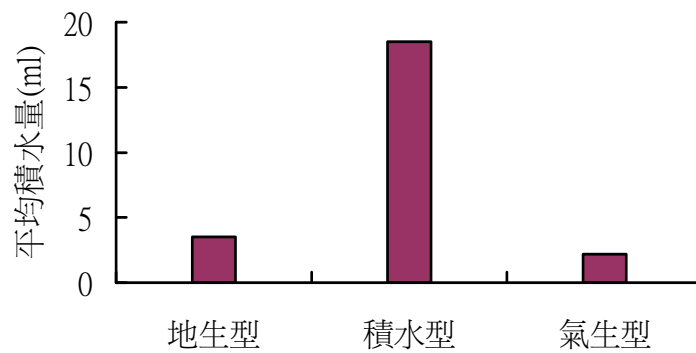


圖3：葉鞘平均積水量之比較



照片二十二：積水型鳳梨葉鞘中積水的情形

五、由葉片吸水量，根部吸水量及葉鞘積水量的交叉比較

(一) 葉片吸水量 / 根部吸水量的比值大小，氣生型鳳梨根系無法吸水全靠葉片吸收水分，積水型鳳梨的比值 > 地生型鳳梨（如圖 4）。

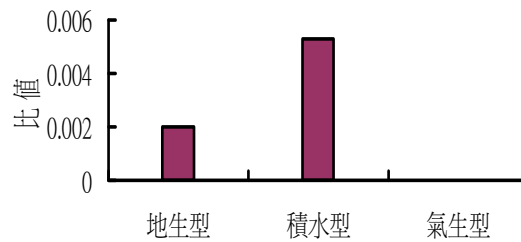


圖4：葉片吸水量/根部吸水量之比值比較

(二) 葉片吸水量 / 葉鞘積水量的比值以空氣型鳳梨最大，地生型鳳梨其次，積水型鳳梨最小，地生型鳳梨居中（如圖 5）。

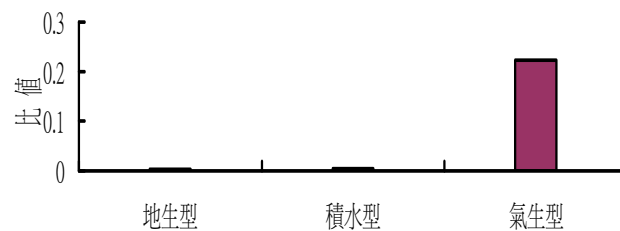


圖5：葉片吸水量/葉鞘積水量之比值比較

(三) 根部吸水量 / 葉鞘積水量的比值以地生地生型鳳梨最大，其次是積水型鳳梨，氣生型鳳梨根部無吸水量比值為 0（如圖 6）。

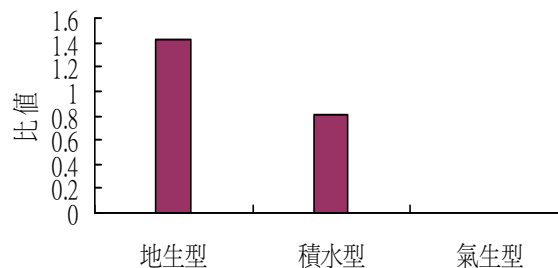
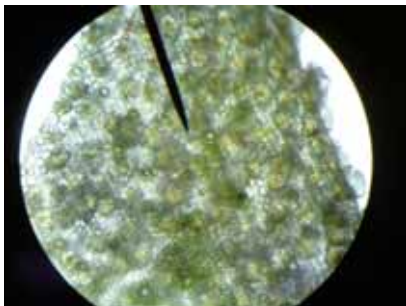


圖6：根部吸水量/葉鞘積水量之比值比較

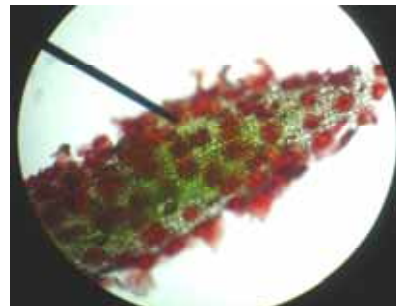
六、探討空氣型鳳梨葉片吸取水份的構造

(一) 觀察經過一日取下的葉片橫切面，只有鱗片被紅墨水染紅（照片二十五）。

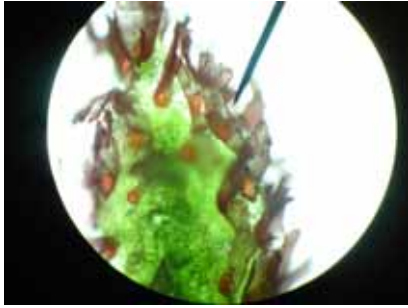
(二) 觀察經過兩日取下的葉片橫切面，發現鱗片及氣孔周圍被染紅（照片二十六）。



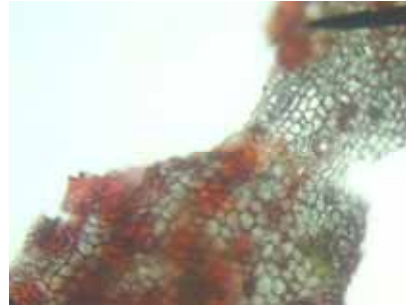
照片二十三：未被染色前氣生型鳳梨葉片表面的鱗片



照片二十四：氣生型鳳梨葉片表面的鱗片有被染紅的情形，因而得知其具吸收水分的功能



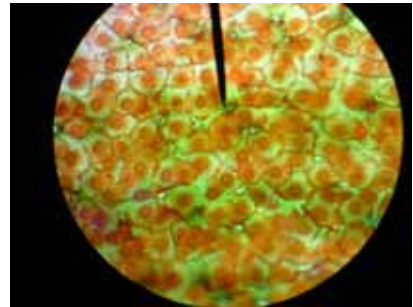
照片二十五：隔日取下的葉片橫切面，僅有鱗片被染色



照片二十六：隔兩日取下的葉片橫切面，鱗片及部分氣孔周圍均有被染紅的情形

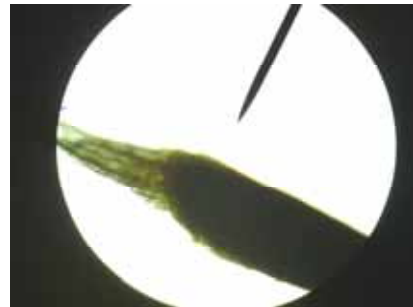
七、比較空氣鳳梨葉片及根部的吸水能力

(一) 由葉片的橫切面，可觀察到許多部位均被紅墨水染紅（照片二十七）。葉片的橫切面可觀察到被紅墨水染紅的部位。



照片二十七：

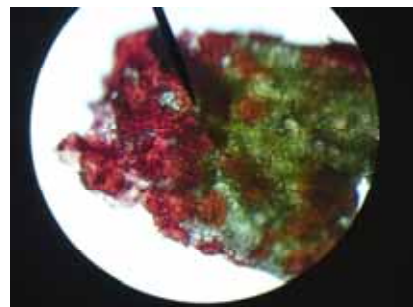
(二) 觀察根部的橫切面，並沒有被染紅的情形（照片二十八）。根部並未有被染紅的情形



照片二十八：

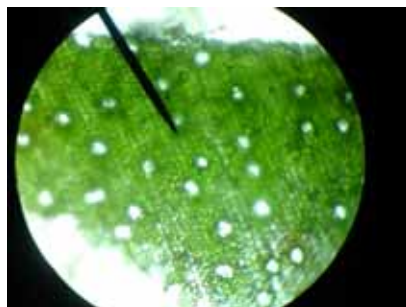
八、探討空氣鳳梨葉片吸入之水份是否能由木質部運送

(一) 由上段葉片的橫切面，可明顯看到海綿組織和柵狀組織的空隙均被紅墨水染紅（照片二十九）。

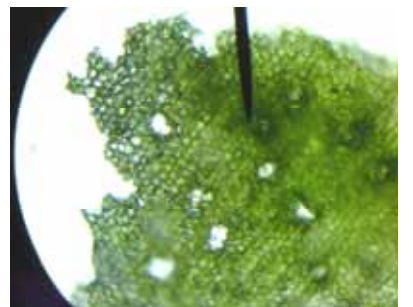


照片二十九：

(二) 觀察中段葉片及下段葉片的橫切面，沒有任何部位被紅墨水染紅（照片三十及照片三十一）。



照片三十：中段葉片的橫切面



照片三十一：下段葉片的橫切面

陸、討論

- 一、本研究所探討之三類鳳梨科植物各自具有不同的外觀形態，我們推測其能由根部、葉片以及葉鞘獲取水分。由根部吸水量、葉片吸水量及葉鞘積水量三者的交互比值結果，可以判斷其吸收水分的主要方式。
 - (一) 根據葉片吸水量 / 根部吸水量所得到的結果，地生型鳳梨及積水型鳳梨兩者所得到的比值皆遠小於 1，可以得知此兩者由根部吸收水分的方式重要於由葉片吸收水分的方式，而空氣型鳳梨所得到的比值為 0，則表示其根部並不具有吸收水分的功能。
 - (二) 根據葉片吸水量 / 葉鞘積水量所得到的結果，地生型鳳梨及積水型鳳梨所得到的比值極小，可以得知此兩者由葉鞘獲取水份重要於由葉片獲取水分，而空氣型鳳梨所得到的比值相較於其他兩者則大許多，表示空氣型鳳梨葉片吸收水分的功能對其相當重要。
 - (三) 根據根部吸水量 / 葉鞘積水量所得到的結果，地生型鳳梨所得到的比值大於 1，表示其根部吸水的能力重要於葉鞘積水的能力，而積水型鳳梨所得到的比值約略小於 1，則表示其由葉鞘積水獲取水分略為重要於由根部獲取水分，至於空氣型鳳梨得到的比值為 0，則表示其根部幾乎不具有吸收水份的能力。
 - (四) 綜合以上結果，可以得知地生型鳳梨主要是以根部吸收水分、積水型鳳梨其水份的獲取主要來自其葉鞘的積水和根部吸水，而空氣型鳳梨則主要以葉片吸收並水分。
- 二、由於發現空氣型鳳梨能由其葉片吸收水分，因此我們針對此種獲取水份的特殊方式進行更進一步的探討。
 - (一) 根據實驗六，將吸滿紅墨水的棉花均勻蓋在葉片上並用保鮮膜包住所得到的結果，發現隔一日取下的葉片橫切面僅可以觀察到鱗片部分被染紅，而隔兩日取下的葉片橫切面則發現除了鱗片被染紅外，氣孔周圍亦有染紅的情形。我們推測空氣型鳳梨的葉片主要是以覆蓋其葉表的鱗片吸收水分，而葉片表面的氣孔亦有吸收水分的功能。
 - (二) 為了進一步證實空氣型鳳梨所需的水分是由葉片吸收，我們設計了實驗七，將整株空氣型鳳梨包入邊緣置有吸滿紅墨水之棉花的塑膠袋中，根據所得到的結果，葉片的橫切面可以觀察到覆蓋其表的鱗片均已被染紅，而根部的橫切面並未觀察到任何被染紅的部位。經由葉片及根部的橫切面比較，證實空氣型鳳梨的根部不具有吸收水分的能力，而其獲得水分的方式是由葉片吸收空氣中的水氣。
 - (三) 憑著由課本所得到的知識，木質部並不能往下運輸水分，於是我們對於空氣型鳳梨是否能將葉片所吸收的水分往下運送發出疑問。因此我們設計了實驗八，將吸滿紅墨水的棉花僅蓋在葉片尖端並用保鮮膜包住，根據所得到的結果，比較葉片上、中、下段的橫切面，可以發現只有覆蓋有棉花的上段葉片被染紅，而中、下段葉片並未有被染紅的情形，這表示木質部並不能將葉片所吸收的水分向下運輸，於是我們推測其葉片吸收空氣中水氣的量為平均分布。

柒、結論

- 一、鳳梨科植物依據其生態習性可分為地生型鳳梨、積水型鳳梨以及空氣型鳳梨，而三者獲取水份的主要方式並不相同。根據本研究所得的結果，可以歸納並列出三類鳳梨科植物不同的獲取水份方式。
 - (一) 地生型鳳梨因需田間栽培而經過人擇，其根部粗壯具有強勁的吸水能力，因此這類植物所需水分主要來自根部的吸收。
 - (二) 積水型鳳梨的葉脈呈平行狀且上表皮光滑，可將葉片上的水分導入葉鞘基部，而根部亦具有吸水能力，這類植物主要由葉鞘的積水及根部吸收獲得水分。
 - (三) 空氣型鳳梨的葉片表面覆蓋有鱗片，能吸收空氣中的水氣，其根部並不具有吸收水分的能力，因此這類植物所需水分的來源為葉片所吸收的水分。
- 二、鳳梨科植物中的空氣型鳳梨獲取水分的方式十分特殊，是由葉片吸收空氣中的水氣。根據本研究所得的結果，可以得知其葉片主要利用鱗片吸收水分，而氣孔次之。另外，實驗結果表示其葉片所吸收的水分並不會由木質部往下運送。

捌、參考資料及其他

- 一、國立自然科學博物館學習資源（2008）。多采多姿的鳳梨科植物。取自 <http://edresource.nmns.edu.tw/ShowObject.aspx?id=0b81d9e11d0b81d9e1360b81da3ddf>
- 二、行政院農業委員會農業試驗所（2007）。台灣的鳳梨。遠足文化。
- 三、祝椿貴（2009）。空氣鳳梨中文圖鑑 & 教戰守則。博客思。

【評語】 040709

探討鳳梨的氣根與地生型鳳梨獲取水分的方式有何不同。實驗相當有創意。實驗數據中統計的觀念應該引進，數據的結果才能解釋。