

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

080311

花現祕蜜-非洲鳳仙花之花外蜜腺觀察研究

學校名稱：桃園市龜山區大坑國民小學

作者： 小四 黃婉瑜 小四 邱子齊 小四 曾韻芝 小四 陳愷晴 小四 蘇禹同	指導老師： 謝美鳳 林碧
---	----------------------------

關鍵詞：非洲鳳仙花、花外蜜腺

摘要

三年級的時候學到植物時，知道花朵會分泌花蜜吸引昆蟲來授粉，但鮮少人知道其實有些植物不只有花朵會分泌花蜜，其他構造也有可能分泌蜜露，我們稱之為花外蜜腺，在偶然機會下，意外發現非洲鳳仙花具有花外蜜腺，因為好奇所以開始研究並觀察非洲鳳仙花花外蜜腺的著生位置、外觀，觀察發現花外蜜腺蜜露都出現在葉柄葉緣處 1-2 對，昆蟲以螞蟻會到訪採蜜居多，還發現泌蜜狀況與天氣有相關聯性，最後更利用本氏液檢測發現花外蜜腺蜜露與非洲鳳仙花花蜜間含糖濃度的差異非常大，花外蜜腺蜜露非常甜，想必如此甜才能夠吸引螞蟻來趕走蚜蟲保護非洲鳳仙花，而這也就是非洲鳳仙花有花外蜜腺的目的。

壹、前言

一、研究動機

升上四年級後，老師派我們小組去幫忙花園澆花，澆花的過程中，我們發現有一種花很特別，葉子上常常掛著小小的露珠，後來有螞蟻在葉子上爬，像是在尋找食物一樣，同學們非常好奇，便開始觀察起這盆花，大家紛紛開始上網搜尋，也去問自然老師，最後查到這花叫做非洲鳳仙花，我們還查到這種植物有一個很特別的祕密，它有花外蜜腺，也就是它除了花朵會分泌花蜜外，還有其他部位也會分泌像花蜜一般的蜜，因為如此讓我們更加好奇，花外蜜腺的蜜到底跟花蜜之間有何不同?為何它的結構跟其他的植物不一樣?於是經過老師同意，我們便把它移到陽光充足的教室門口，就近每天觀察並詳實記錄非洲鳳仙花，也開啟我們研究非洲鳳仙花與花外蜜腺之路。



二、研究目的

- (一)非洲鳳仙花花外蜜腺著生位置與外觀形態觀察。
- (二)觀察非洲鳳仙花花外蜜腺的外觀構造與位置的關聯。
- (三)觀察非洲鳳仙花花外蜜腺與昆蟲的採食關係。
- (四)觀察不同天候狀況下非洲鳳仙花花外蜜腺分泌情況。
- (五)研究非洲鳳仙花花外蜜腺甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間的差異。

下圖 1 為此研究之研究架構圖:



圖 1 非洲鳳仙花花外蜜腺研究架構圖

三、文獻回顧

(一)非洲鳳仙花（蘇丹鳳仙花）

1.生態特性

- (1)學名：*(Impatiens walleriana)*，鳳仙花科屬鳳仙花屬。別名：矮鳳仙、勿碰我。
- (2)原產地東非非花色、紫、紅、白、粉紅、桃紅。
- (3)花序：繖形花序花瓣數5瓣，花的大小大約3至4公分。
- (4)花期：春季、秋季、冬季。葉形：披針形，性狀分類。
- (5)生長年數：多年生草本。介紹如下圖2

		
繖形花序花瓣數5瓣 照片來源：台灣農業知識網	花色多 照片來源：A.PAO garden	臺灣傳統鳳仙花 照片來源：台灣農業知識網

圖2 鳳仙花介紹

2.生長特性

- (1)溫度：非洲鳳仙花適合溫度為15-25°C，平地夏天因溫度過高，莖幹軟弱，生長不良，經常無法越夏。
- (2)適合環境：常見野生的非洲鳳仙，生長在林蔭處，可多年生長，且果實成熟後，種子自然迸開，就可不斷繁殖。
- (3)日照條件：非洲鳳仙耐低光，適合光度不足的窗臺、遮蔭處，反之不耐高光曝曬。

3.形態特徵

- (1)非洲鳳仙與台灣鳳仙的差異：非洲鳳仙花原產於非洲，雖名為鳳仙，但和臺灣傳統鳳仙花外型並不相同，花朵狀似日日春，枝條具蔓性匍匐能力，故可快速覆蓋花壇，所以是最好的花展草花布置的材料。

(2)種子散播方式：非洲鳳仙開完花後會結蒴果(如下圖 3)，完全成熟時，只要輕輕一碰，果袋會突然開裂，所以有個英文名稱「African Touch-me-not」，此時迸彈出比芝麻還小的種子，果袋裂開後，果皮還會捲縮起來，就像隻毛毛蟲，吸引小朋友觀察注意，是很好的自然教材。(台灣農業知識網)

		
非洲鳳仙開完花後會結蒴果 照片來源：荒野協會	果皮還會捲縮起像隻毛毛蟲 照片來源：荒野協會	多變的花色 照片來源：荒野協會

圖 3 非洲鳳仙花繁殖方式

4.鳳仙花其他家族成員:我們將尋找到的鳳仙花其他家族成員整理如下圖 4。

		
台灣原生紫花鳳仙花 照片來源：福星花園	台灣原生黃花鳳仙花（中高海拔） 照片來源：福星花園	台灣原生棣慕華鳳仙花（本島中北部） 照片來源：福星花園
		
台灣常見的鳳仙花 照片來源：福星花園	新幾內亞鳳仙花 照片來源：台灣農業知識網	剛果鳳仙 照片來源：菁芳園綠生活

圖 4 鳳仙花其他家族成員介紹

(二)花外蜜腺：我們將有關花外蜜腺之相關文獻研究摘要與發現整理如下表 1 與圖 5

表 1 花外蜜腺之相關文獻研究摘要與發現表

相關研究	我們的發現
<p>1.動植物的共生的互惠關係：植物是生物世界中的主要生產者，是許多動物的食物，為了不讓自己的重要營養器官，如葉片、根、莖等受到植食動物的傷害，植物因而發展出各式各樣的防禦機制，其中非常特別的是利用螞蟻來保護植物的防禦方式。黃冠中（2011）。</p>	<p>花外蜜腺不是植物自己要用，講白一點就是花錢請保鏢。</p>
<p>2.花外蜜腺形成位置：許多植物（如大戟科、薔薇科等）在葉柄、葉片基部、葉緣等地方具有花外蜜腺（extrafloral nectaries），指的是植物「繁殖器官」以外會分泌蜜露的構造。</p>	<p>大概就是花以外的器官所分泌的小點心，用來騙螞蟻來覓食。</p>
<p>3.蜜露的主要成分：分泌的蜜露成分主要有果糖、蔗糖、葡萄糖，甚至有些含有胺基酸成分等，能吸引許多動物前來取食，而最重要的吸引對象就是螞蟻。</p>	<p>主要的成分就是甜的東西，這是螞蟻的最愛。</p>
<p>4.花外蜜露可吸引多樣的蟻類：植物分泌的蜜露通常不特定吸引哪一種螞蟻，有花外蜜腺的植物時，可看見有各種螞蟻會來取食蜜露，而且不同種螞蟻之間會有彼此驅趕的行為，對植物來說，不管是哪種螞蟻來，都一樣有保護作用。黃冠中（2011）。</p>	<p>花外蜜腺原來可以騙很多種螞蟻來當保鏢。</p>
<p>5.花外蜜腺普遍存在於開花植物中：花外蜜腺與動物之間互利關係,是一個有趣的生態,而臺灣超過四千種的原生植物有動植物的共生的互惠關係。</p>	<p>原來有這麼多種植物要請保鏢，下次戶外觀察要仔細看。</p>

		
<p>櫻花花外蜜腺位置</p> <p>照片來源：日本武藏大學</p>	<p>大葉欖仁花外蜜腺位置</p> <p>照片來源：福星花園</p>	<p>鳳仙花花外蜜腺</p> <p>照片來源：日本福岡教育大學</p>

圖 5 花外蜜腺介紹

(三)相關科展研究：我們將有關花外蜜腺之相關科展研究內容摘要與收獲整理如下表 2

表 2 花外蜜腺之相關科展研究內容摘要與收獲整理表

相關科展研究內容	我們的收獲
<p>1.水分越多相關科展研究：水分愈多,絲瓜的花外蜜腺長的愈多,螞蟻也分佈愈多。</p>	<p>多澆一點水，期待鳳仙花花外蜜腺的蜜露愈多</p>
<p>2.光照越多花外蜜腺越多：正常日照植株的花外蜜腺生長較多,;接受遮蔽物遮住陽光後,花外蜜腺的生長較少。</p>	<p>花外蜜腺要靠天吃飯的，天氣不好就沒輒。</p>
<p>3.天氣越佳花外蜜腺越多：天氣天候晴朗比天氣陰冷好很多。</p>	<p>花外蜜腺真要靠天吃飯的，天氣不好真就沒輒。</p>
<p>4.花外蜜腺有無螞蟻覓食：分布著花外蜜腺,就會有螞蟻前來採食蜜露，沒有花外蜜腺,就沒有發現螞蟻的蹤跡。</p>	<p>原來螞蟻跟人一樣都是很現實的動物，有吃才會來</p>
<p>5.花外蜜腺才是螞蟻的最愛：絲瓜葉的花外蜜腺比介殼蟲對於黑棘蟻更有吸引力,也成功讓黑棘蟻成為絲瓜成長的保鏢。</p>	<p>原來螞蟻主要目的是花外蜜腺，而不是來入侵的壞蛋，驅趕壞蛋只是順便而已。</p>

參考資料許佳怡、林芳愉、溫隆凱、潘敬憲（2012）

貳、研究設備及器材

			
非洲鳳仙花	平板	放大鏡	0.5ml 微試管
			
燒杯	試管	酒精燈	本氏液
			
鑷子	培養皿	量筒	細管
			
解剖顯微鏡	複式顯微鏡	電子甜度計	

圖 6 研究設備及器材圖

參、研究過程

為更瞭解非洲鳳仙花的花外蜜腺，本研究根據上列之研究目的，依序設計以下之研究過程。

一、非洲鳳仙花花外蜜腺著生位置與外觀形態觀察

根據之前文獻提到，花外蜜腺出現的位置極為多樣化,包含:枝條、葉片、葉柄、葉基、葉尖、葉背脈腋、葉背脈上、葉緣、葉軸、托葉邊緣、莖節下緣、花枝、花柄、花萼,其中以葉基最為普遍,其次為葉柄，故我們觀察非洲鳳線花各部位藉此尋找出花外蜜腺著生位置。

下圖 7 為樹葉各部位示意圖，亦是我們主要觀察花外蜜腺的重點部位。

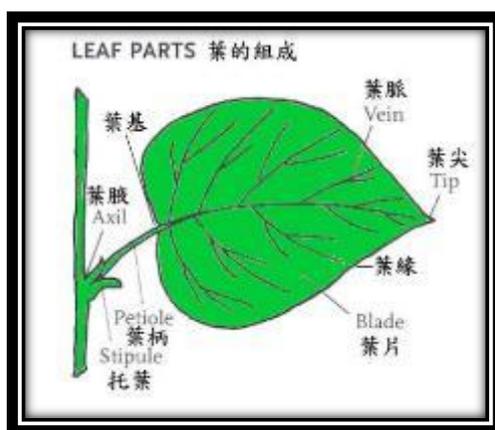


圖 7 樹葉各部位示意圖

大家透過放大鏡與平板相機功能仔細觀察非洲鳳仙花的枝條、葉片、葉柄、葉基、葉尖、葉背脈腋、葉背脈上、葉緣、葉軸、托葉邊緣、莖節下緣、花枝、花柄、花萼。將葉子各部位利用平板載具側拍或錄影下來，並將影片及照片上傳至架設好的『Google Classroom 科展-非洲鳳線花』網站上，如下圖 8。

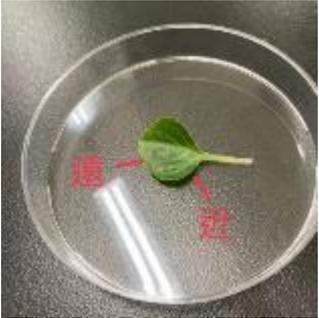
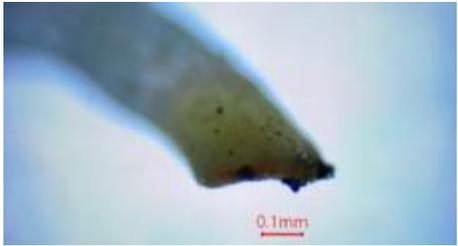
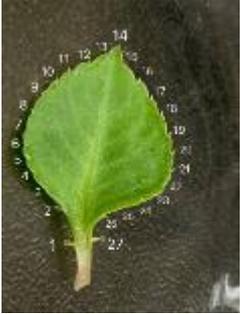


圖 8 使用平板載具記錄花外蜜腺並上傳影片照片記錄研究過程

二、觀察非洲鳳仙花花外蜜腺的外觀構造與位置的關聯

我們非常好奇分布在葉柄與葉緣上的花外蜜腺結構是否有差異?故我們展開了研究目的二的研究，觀察非洲鳳仙花花外蜜腺的外觀構造與位置的關聯。觀察過程如下：

- 1.我們初步先利用解剖顯微鏡來觀察不同位置下花外蜜腺的差異，但覺得不夠清楚。
- 2.接下來我們再用複式顯微鏡觀察距離葉柄較近與距離葉柄較遠的花外蜜腺有沒有差異。
- 3.最後我們決定將葉緣上的花外蜜腺編號，並利用複式顯微鏡，將所有花外蜜腺仔細比對差異。研究過程如下圖 9(圖 9-1~9-8)所示。

		
<p>圖 9-1 將葉子樣本置於培養皿</p>	<p>圖 9-2 先用解剖顯微鏡觀察</p>	<p>圖 9-3 解剖顯微鏡下觀察到的花外蜜腺</p>
		
<p>圖 9-4 將葉子樣本置於玻片</p>	<p>圖 9-5 複式顯微鏡下靠近葉柄的花外蜜腺</p>	
		
<p>圖 9-6 將所有花外蜜腺編號</p>	<p>圖 9-7 將所有花外蜜腺利用複式顯微鏡觀察差異性</p>	<p>圖 9-8 所有組員都試著操作複式顯微鏡</p>

三、觀察非洲鳳仙花花外蜜腺與昆蟲的採食關係

根據文獻探討提到，花外蜜腺所分泌的蜜露能吸引許多動物前來取食,而最重要的吸引對象就是螞蟻。我們很好奇非洲鳳仙花的花外蜜腺究竟會吸引什麼樣的動物前來取食，是否也跟文獻提到的一樣最重要吸引對象是螞蟻，所以開始觀察非洲鳳仙花花外蜜腺與昆蟲之間的採食關係。故我們詳實觀察並拍攝記錄了自民國 111 年 10 月 5 日到民國 111 年 12 月 5 日，到訪的昆蟲種類與次數。我們藉由平板相機拍攝錄影功能，將昆蟲與動物到訪次數與時間如實記錄下來，並將影片及照片上傳至架設好的『Google Classroom 科展-非洲鳳線花』網站上，下圖 10 為昆蟲到訪的種類(圖 10-1 ~圖 10-6 所示)。

	
圖 10-1 螞蟻	圖 10-2 蜘蛛
	
圖 10-3 蚜蟲	圖 10-4 椿象
	
圖 10-5 嚙蟲(其他昆蟲)	圖 10-6 狹翅褐蛉(其他昆蟲)

圖 10 非洲鳳仙花花外蜜腺到訪昆蟲種類圖

四、觀察不同天候狀況下非洲鳳仙花花外蜜腺分泌情況

我們找到之前科展有關花外蜜腺的相關研究，花外蜜腺甜度與花朵不同的時期、照光、光合作用、紫外線強度相關，黃鈺庭、顏如旋、蔣沛恩、何心（2005）。光照越多花外蜜腺越多正常日照植株的花外蜜腺生長較多,接受遮蔽物遮住陽光後,花外蜜腺的生長較少，許佳怡、林芳愉、溫隆凱、潘敬憲（2012）。讀完文獻後，大家非常好奇天候因素真的會影響到非洲鳳仙花的蜜量生產嗎？但花外蜜腺要如何蒐集呢？剛好自然課上到毛細現象，就有同學提議用毛細管試試看，所以我們便試著利用毛細管採集非洲鳳仙花的蜜量。

沒想到我們成功利用毛細管將所有花外蜜腺分泌蜜露蒐集起來，並記錄自民國 111 年 12 月 20 日到民國 112 年 4 月 21 日其中 19 天的日蜜量(因其中遇到放假、考試以及放寒假，所以實際採集蜜露只有 19 天)。

我們詳實的記錄當日氣溫、濕度以及再上網搜尋並比對氣象局相關氣溫、濕度與雨量變化資料，將氣溫、濕度與蜜量以及雨量與蜜量兩兩比較，利用 Excel 中 Pearson's 相關係數計算出相關係數。希望尋找出不同天候狀況下非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露之間是否有關聯性。實驗過程整理如下圖 11（如圖 11-1~11-6）所示。



圖 11 採集花外蜜腺蜜露過程

五、研究非洲鳳仙花花外蜜腺蜜露甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間的差異

從一開始大家在觀察非洲鳳仙花花外蜜腺時，我們都有個疑問，就是大家都非常好奇非洲鳳仙花花外蜜腺的蜜露甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間有沒有差異?所以既然我們在研究目的四成功取到了花外蜜腺蜜露，同學們跟老師討論之後，決定利用本氏液與電子甜度計這兩種方式來檢測蜜露與花蜜之間甜度的差異。本氏液是一種淡藍色試劑，可用來檢測食物中是否含有葡萄糖、麥芽糖等還原醣類。

(一) 本氏液實驗過程

- 1.取下 9 朵盛開的非洲鳳仙花花距，將之置入微試管中，加入 0.5ml 的本氏液，搖晃使花蜜均勻地和本氏液混合。
- 2.將微試管隔水加熱，仔細觀察本氏液顏色的變化。
- 3.就在加熱到一半時，微試管突然因為壓力而爆開。
- 4.故我們改變了加熱方式，再取下 9 朵盛開的非洲鳳仙花花距，將之置入微試管中，加入 1ml 的本氏液，搖晃使花蜜均勻地和本氏液混合。
- 5.再將均勻混合的本氏液倒入試管中，隔水加熱並仔細觀察本氏液顏色變化。
- 6.將蒐集到的花外蜜腺蜜露集合起來，測量加總後大約是毛細管 1.2 公分的蜜露，將毛細管置入微試管與 1ml 的本氏液均勻攪拌，將混合後的本氏液倒入試管中隔水加熱，並仔細觀察本氏液顏色變化。本氏液實驗過程整理如下圖 12(圖 12-1~圖 12-9)



圖 12-1 利用毛細管蒐集蜜露



圖 12-2 採集花距花蜜



圖 12-3 隔水加熱微試管但爆開了



圖 12-4 重新實驗滴入本氏液



圖 12-5 隔水加熱



圖 12-6 花蜜與本氏液顏色改變



圖 12-7 將花外蜜腺蜜露置入本氏液



圖 12-8 隔水加熱並仔細觀察顏色變化



圖 12-9 花外蜜腺蜜露的本氏液顏色改變了

圖 12 非洲鳳仙花花外蜜腺蜜露甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間的差異本氏液實驗過程

(二) 電子甜度計實驗過程

- 1.利用毛細管蒐集花外蜜腺蜜露與非洲鳳仙花花蜜，皆取到毛細管 0.7mm 的蜜量。
- 2.將儀器歸零，再將花外蜜腺蜜露置於電子甜度計儀器中，測到 44.2 的數值。
- 3.再將儀器歸零，將非洲鳳仙花花蜜置於電子甜度計儀器中，測到 23.6 的數值。實驗過程整理如下圖 13(圖 13-1~圖 13-9)



圖 13-1
利用毛細管蒐集蜜露與花蜜



圖 13-2
採集 0.7mm 的花外蜜腺蜜露



圖 13-3 非洲鳳仙花花蜜

		
<p>圖 13-4 研究如何使用電子甜度計</p>	<p>圖 13-5 將花外蜜腺蜜露置於電子甜度計儀器中</p>	<p>圖 13-6 測到 44.2 的數值</p>
		
<p>圖 13-7 將儀器歸零</p>	<p>圖 13-8 將花非洲鳳仙花花蜜置於電子甜度計儀器中</p>	<p>圖 13-9 測到 23.6 的數值</p>

圖 13 非洲鳳仙花花外蜜腺蜜露甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間的差異甜度計實驗過程

肆、研究結果

一、非洲鳳仙花花外蜜腺著生位置與外觀形態觀察

(一)非洲鳳仙花的花外蜜腺著生位置

大家透過放大鏡與平板相機功能仔細觀察非洲鳳仙花的枝條、葉片、葉柄、葉基、葉尖、葉背脈腋、葉背脈上、葉緣、葉軸、托葉邊緣、莖節下緣、花枝、花柄、花萼。如下圖 14(圖 14-1~圖 14-6)，觀察結果發現非洲鳳仙花的花外蜜腺多著生於葉緣、葉柄處。

		
<p>圖 14-1 葉柄、葉緣</p>	<p>圖 14-2 觀察莖節是否有花外蜜腺</p>	<p>圖 14-3 圈出處為主要觀察部位：葉片葉面</p>

		
<p>圖 14-4 圈出處為主要觀察部位：托葉邊緣、莖節下緣</p>	<p>圖 14-5 上圖為第五號盆栽，圈出處為主要觀察部位：葉尖</p>	<p>圖 14-6 圈出處為主要觀察部位：葉基</p>

圖 14 尋找非洲鳳仙花的花外蜜腺著生位置

(二)非洲鳳仙花的花外蜜腺外觀形態

- 1.根據上述觀察發現非洲鳳仙花的花外蜜腺多著生於葉柄與葉緣處，而非洲鳳仙花的花外蜜腺其外觀形態如針狀，著生在葉緣的缺刻處突出。
- 2.從葉柄到葉緣缺刻處皆有如針狀突出的花外蜜腺，且越靠近葉柄的針狀越長。
- 3.根據觀察記錄我們還發現並非葉緣上所有的針狀突出點都會分泌蜜露，大多在靠近葉柄的葉緣針狀突出點才會出現大滴的蜜露。如下圖 15(圖 15-1~圖 15-2 所示)。

	
<p>圖 15-1 我們觀察發現到葉柄及葉緣花外蜜腺有泌蜜狀況(圈出處)。</p>	<p>圖 15-2 上圖為第五號盆栽非洲鳳仙花的花外蜜腺，我們觀察到花外蜜腺外觀形態像針狀突出於葉緣缺刻。</p>

圖 15 非洲鳳仙花的花外蜜腺外觀形態

二、觀察非洲鳳仙花花外蜜腺的外觀構造與位置的關聯

(一)實驗結果

根據研究目的(一)的觀察研究結果我們發現，並非葉緣上所有的花外蜜腺都會分泌蜜露，同時發現越靠近葉柄的花外蜜腺，會出現較大滴的蜜露，這使得我們非常好奇分布在葉柄與葉緣上的花外蜜腺結構是否有差異？經過研究過程我們將觀察結果整理如下圖 16。

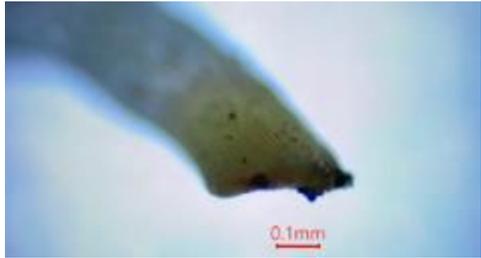
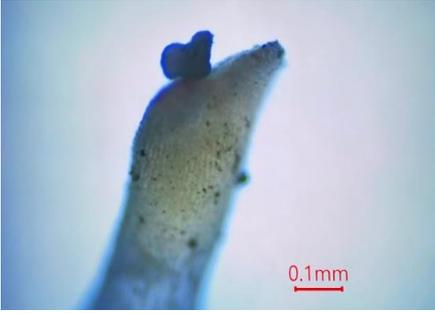
		
<p>圖 16-1 將葉子樣本置於培養皿</p>	<p>圖 16-2 解剖顯微鏡下觀察到的花外蜜腺</p>	<p>圖 16-3 複式顯微鏡下距離葉柄近的花外蜜腺 1</p>
		
<p>圖 16-4 複式顯微鏡下靠近葉柄的花外蜜腺 2</p>	<p>圖 16-5 複式顯微鏡下距離葉柄較遠的花外蜜腺</p>	

圖 16 非洲鳳仙花花外蜜腺的外觀構造與位置的關聯分析

透過顯微鏡下看到的花外蜜腺，發現到不同位置的花外蜜腺結構也不同，故繼續透過複式顯微鏡將每個缺刻處的花外蜜腺編號，並且將花外蜜腺分成 A、B、C 三區，仔細研究比較不同位置下花外蜜腺的差異。如下圖 17 所示。其中圖 17-1、圖 17-2、圖 17-3 為 A、B、C 區比較圖。



圖 17 花外蜜腺編號及分區圖

			
編號 1		編號 27 花外蜜腺與蜜露	
			
編號 2	編號 26	編號 3	編號 25
			
編號 4	編號 24	編號 5	編號 23

圖 17-1:A 區花外蜜腺比較圖(編號 1~編號 5、編號 23~編號 27)

觀察發現 A 區葉柄處的花外蜜腺編號 1、編號 27 蜜腺孔與蜜露清晰可見，而編號 2-5 及編號 23-26 亦發現花外蜜腺附近亦有些許的蜜露。



圖 17-2:B 區花外蜜腺比較圖(編號 6~編號 11、編號 17~編號 22)

觀察發現 B 區的花外蜜腺，雖肉眼看不到蜜露，但透過顯微鏡放大後，我們發現此區的花外蜜腺多有黏著髒汙的現象，表示此區的花外蜜腺亦會分泌蜜露，但蜜量較少，肉眼看不到。

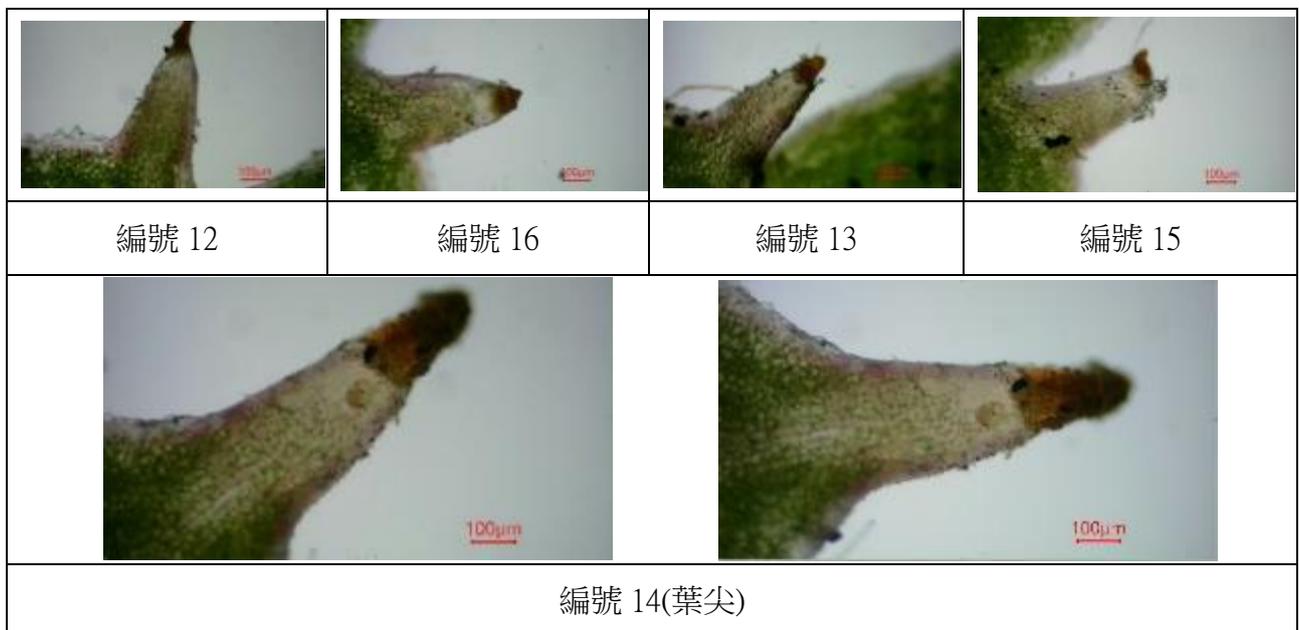


圖 17-3:C 區花外蜜腺比較圖(編號 12~編號 16)

觀察發現 C 區的花外蜜腺前端多呈現枯黃且短小，亦無黏著髒汙的現象。

(二)實驗結果分析

從上面的實驗我們發現：

- 1.透過顯微鏡觀察，我們發現不同位置的花外蜜腺結構也不同。
- 2.葉柄上與距離葉柄較近的花外蜜腺較為粗大且前端蜜腺孔清楚可見，相較之下，靠近葉尖的花外蜜腺看不到蜜露，亦呈現枯黃狀態。
- 3.透過顯微鏡下觀察，我們覺得非洲鳳仙花花外蜜腺的外觀構造與位置具有相關聯性，A區的花外蜜腺有蜜腺孔會泌蜜露，B區的花外蜜腺亦會分泌蜜露，但肉眼不可見，C區(距葉柄較遠)的花外蜜腺，不但找不到前端蜜腺孔，而且呈現枯黃狀態，故不同位置之花外蜜腺結構亦不相同。
- 4.呼應到研究目的一，研究發現並非所有的花外蜜腺都會分泌蜜露，大多在靠近葉柄的葉緣針狀突出點才會出現大滴的蜜露，透過顯微鏡發現原來葉柄上與距離葉柄較近的花外蜜腺前端有蜜腺孔，而距離葉尖較近的葉緣缺刻上的花外蜜腺枯黃不會分泌蜜露。

三、觀察非洲鳳仙花花外蜜腺與昆蟲的採食關係

(一)實驗結果

透過觀察結果，我們發現不只螞蟻會出現，還有其他昆蟲和動物也會出現在非洲鳳仙花盆栽，依據觀察我們整理並統計出昆蟲到訪次數，並將統計出來次數作成下面的統計圖，如下圖 18 所示。



圖 18 昆蟲到訪次數統計長條圖

(二)實驗結果分析：

- 1.與文獻內容不謀而合，非洲鳳仙花花外蜜腺與螞蟻之間的採食關係最為密切，螞蟻出現次數遠遠超過其他昆蟲與動物。
- 2.根據紀錄照片與影片拍攝時間，發現昆蟲出沒的時間以上午居多，其次是中午。
- 3.透過每日的觀察並記錄拍照，我們發現有螞蟻出沒的非洲鳳仙花葉子較完整，沒有螞蟻出沒的非洲鳳仙花葉子有被啃食的現象。
- 4.在觀察過程中，我們還發現了有趣的動物間的生態關係，一開始我們觀察到螞蟻經常出現在非洲鳳仙花盆栽中，但在 11/16 我們發現了蜘蛛的蹤影，接著螞蟻就消失了一陣子，幾天過後蜘蛛不見了，但在 11/28 一群蚜蟲出現了，直到 12/5 螞蟻群再度出現時，蚜蟲卻不見蹤影了，真是有趣又奇妙的生態關係，而也清楚了解到花外蜜腺蜜露原來真的可以騙螞蟻來當保鏢。

四、觀察不同天候狀況下非洲鳳仙花花外蜜腺分泌情況

(一)實驗結果

我們詳實的記錄 2022 年 12 月~2023 年 4 月所採集的蜜露量、氣溫、濕度以及再上網搜尋並比對氣象局相關氣溫、濕度與雨量變化資料(如表 3 所示)，接下來將氣溫、濕度與蜜量以及雨量與蜜量利用 Excel 中 Pearson's 相關係數計算出其相關係數(如表 5 所示)。希望尋找出不同天候狀況下非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露之間是否有關聯性。

表 3 觀察日期 2022 年 12 月~2023 年 4 月氣象記錄表

日期	天氣	濕度(%)	氣溫(°C)	雨量(mm)	蜜量(mm)
12/20	晴天	56	22	0.0	1
12/22	晴天	35	18.8	0.0	1
12/27	晴天	60	17.9	0.0	1
12/30	雨天	90	16	0.5	4
1/3	陰天	85	16	0.5	2
1/5	陰天	85	19.6	0.5	2
1/9	雨天	73	22.3	1.0	2
1/10	晴天	78	21.5	0.5	1
1/12	陰天	76	22.1	0.0	2

2/17	晴天	79	18	0.0	2
2/18	晴天	79	18.8	0.0	3
2/21	陰天	70	13	0.0	3
3/9	晴天	46	21.6	0.0	0.5
3/13	陰天	69	14.7	0.0	2
3/14	晴天	56	21.8	0.0	2
3/16	晴天	74	22	0.0	1
4/19	雨天	65	28.9	30.0	3
4/20	雨天	89	22	36.5	5
4/21	雨天	81	21.9	7.0	2

天候資料來源:氣象局蘆竹觀測站

我們利用 Excel 中 Pearson' s 相關係數計算天氣因素與花外蜜腺產生量的相關性。關於晴天、陰天與雨天數據化，我們將晴天設定值為 1，陰天設定值為 0，雨天設定值為-1，再利用 Excel 中 Pearson' s 相關係數計算出相關係數。

表 4 相關比照表

相關係數 (R)	相關程度	相關係數 (R)	相關程度
1.00	完全正相關	-1.00	完全負相關
0.70~0.99	高度正相關	0.70~-0.99	高度負相關
0.40-0.69	中度正相關	-0.40~-0.69	中度負相關
0.10-0.39	低度正相關	-0.10~-0.39	低度負相關
0.10 以下	無相關	-0.10 以下	無相關

參考謝寶媛 (2006)

表 5 天氣因素與花外蜜腺產生量的相關性

天氣因素 項目	天氣 (晴、 陰、雨天)	濕度	溫度	雨量
花外蜜腺產生量	-0.67	0.61	-0.07	0.62

(二)實驗結果分析：

- 1.天氣與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性：由表 5 發現天氣與花外蜜腺產生量呈中度負相關，天氣越差花外蜜腺產生量越多的現象，與相關研究黃鈺庭、顏如旋、蔣沛恩、何心（2005），天氣越好產生量越多，研究結果有明顯差異。
- 2.濕度與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性：由表 5 發現天氣與花外蜜腺產生量呈中度正相關，濕度越高花外蜜腺產生量越多的現象。
- 3.氣溫與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性：由表 5 發現天氣與花外蜜腺產生量並無相關，溫度高低與花外蜜腺產生量的關係性不強，與相關研究，許佳怡、林芳愉、溫隆凱、潘敬憲（2012）溫度越高花外蜜腺分泌蜜露數量越多，研究結果有差異。
- 4.雨量與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性：由表 5 發現天氣與花外蜜腺產生量呈中度正相關，雨量越多花外蜜腺產生量越多現象，與相關研究，許佳怡、林芳愉、溫隆凱、潘敬憲（2012）研究結果有差異。

我們一直有疑問，為何我們的研究發現會與之前研究有差異，經我們小組討論結果，會不會是因為室內與室外的差異，我們將非洲鳳仙花種植在教室走廊，減少因降雨而將花外蜜腺蜜露沖刷變少的變因，故與先前相關花外蜜腺研究有較大差異。另外我們也討論到或許是否氣象局所提供的氣候資料涵蓋地區範圍較大，而植物栽種則是較小範圍，氣象局的資料可能並無法完全呈現教室走廊的氣象變動。

五、研究非洲鳳仙花花外蜜腺蜜露甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間的差異

(一)本氏液實驗結果及分析

- 1.非洲鳳仙花花蜜實驗結果，在加熱到 5 分鐘時，本氏液顏色由藍色轉綠色，加熱到 8 分鐘時本氏液由綠色轉為黃綠色，顏色就不再改變。
- 2.非洲鳳仙花花外蜜腺蜜露實驗結果，在加熱到 3 分鐘時，本氏液顏色由藍色轉綠色，加熱到 4 分鐘時，本氏液顏色由綠色轉為鐵鏽色，再繼續加熱顏色就不再改變。
- 3.花蜜與花外蜜腺蜜露實驗結果整理如下圖 19(圖 19-1、圖 19-2)



圖 19-1 花蜜與花外蜜腺蜜露實驗結果

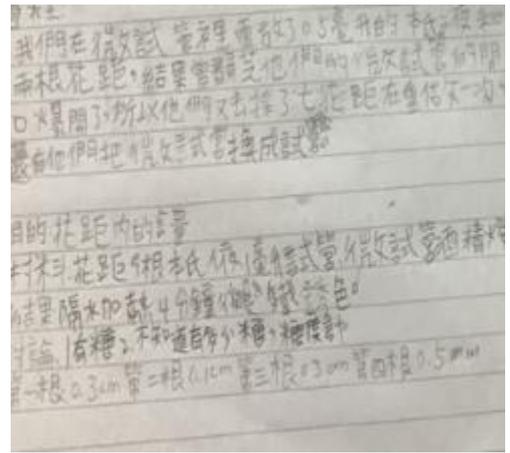


圖 19-2 詳細紀錄實驗過程與討論結果

圖 19 非洲鳳仙花花外蜜腺蜜露甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間的結果差異分析

如果食物中含有還原糖，將本氏液加入食物並加熱後，本氏液的顏色會改變（綠、黃、橙、紅），而且顏色越偏紅色，代表還原糖的濃度越高。如下圖 20 顏色對照圖。

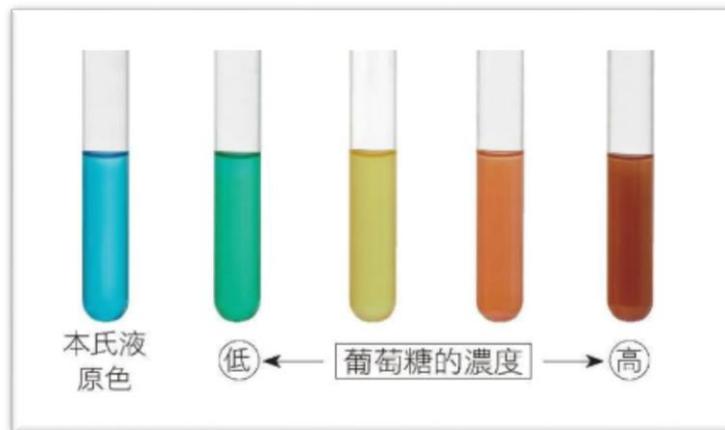


圖 20 本氏液與還原糖濃度顏色對照圖

1. 實驗對照結果顯示，花蜜的本氏液加熱後，顏色偏黃綠色，所以我們知道花蜜所含還原糖濃度較低。
2. 根據實驗結果顯示，花外蜜腺的本氏液加熱後，顏色偏紅銅色，故我們知道花外蜜腺所含還原糖濃度很高。
3. 所以由此實驗瞭解到非洲鳳仙花花外蜜腺蜜露還原糖濃度遠高於非洲鳳仙花花蜜還原糖濃度。

(二) 電子甜度計實驗結果分析

表 6 電子甜度計測量值

電子甜度計	0.7mm 花蜜	0.7mm 花外蜜腺蜜露
數值	23.6 度	44.2 度

兩種檢測方式都再再顯示，非洲鳳仙花花外蜜腺蜜露甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間的差異很大，花外蜜腺蜜露甜度遠高於花蜜甜度，也因為差異如此大，所以吸引螞蟻前來採花外蜜腺蜜露而非花蜜，亦利用螞蟻群聚的特性，將害蟲趕走，進而達到自我保護的效果，做完這份研究，我們深深覺得大自然的定律真是奇妙，環環相扣又各自有各自的發展生態，真是神奇又令人讚嘆大自然的奧秘。

伍、討論

- 一、觀察研究發現，花外蜜腺多在靠近葉柄處才會出現大滴的蜜露，同學們討論是否是因為葉脈輸送水分及養分先送到葉柄，而葉尖最遠所以水分輸送較少，以至於離葉柄較遠的花外蜜腺因養份水分過少而較短，且前端枯黃甚至無法泌蜜。而隨著葉片生長，距離葉柄基部較遠的蜜腺凋亡可能可以減少水分和養分損失，而蜜腺是蜜蜂或其他昆蟲吸食的位置，它們分泌花外蜜露作為獎勵。如果蜜腺位於葉片遠離葉柄的位置，蜜露的散失可能會增加，浪費植物的水分和養分。蜜腺凋亡可以減少這種損失，使植物能夠更有效地利用有限的資源。
- 二、在利用顯微鏡觀察非洲鳳仙花花外蜜腺的構造差異時，同學只針對距離葉柄近與距離葉柄遠的花外蜜腺做觀測，經討論我們覺得應該將花外蜜腺編號，而且需依序觀察拍攝，如此更能精準比對出不同位置下花外蜜腺的差異性。
- 三、針對花外蜜腺與昆蟲的採食關係方面觀察結果跟大部分文獻結果一致，但覺得出現的昆蟲種類不如預期，所以大家覺得是否研究時間太短，尤其研究觀察時間接近秋冬時節，出現昆蟲種類不多，希望繼續觀察春夏秋冬四季變化的花外蜜腺與昆蟲的採食關係，看看是否會有更多元的動物與昆蟲出沒。

- 四、觀察不同天候下非洲鳳仙花花外蜜腺蜜量相關聯性比較時，覺得數據太少，可以再繼續觀測取蜜增加樣本數據，並將異常數據做刪除，如此數據會更可靠。
- 五、不同天候下非洲鳳仙花花外蜜腺蜜量相關聯性比較時，因研究期間多在冬天，希望下次可以繼續探討針對不同季節與蜜量之間的差異。
- 七、研究過程中發現昆蟲出沒可能影響了取蜜的量，故我們利用水盆隔離昆蟲靠近，減少影響實驗的變因。
- 八、若是要更精確測量蜜露中的還原糖量，除了經由體積做測量的標準化以外，亦可制備不同濃度的葡萄糖溶液進行本氏液測量，作為實驗結果的濃度比對。測量出來的結果應該會更確實，但實際在取蜜過程不易，所以只能估測的方式做本氏液的還原糖濃度測驗。

陸、結論

- 一、非洲鳳仙花的花外蜜腺多著生於葉緣、葉柄處。其外觀形態如針狀，著生在葉緣的缺刻處突出，且越靠近葉柄的花外蜜腺越長。
- 二、並非葉緣上所有的針狀突出點都會分泌蜜露，大多在靠近葉柄的葉緣針狀突出點才會出現大滴的蜜露。
- 三、不同位置的花外蜜腺結構也不同，葉柄上與距離葉柄較近的花外蜜腺前端蜜腺孔清楚可見，相較之下，靠近葉尖的花外蜜腺呈現枯黃狀態，可能是為了提高吸引螞蟻的效率，一些植物依賴螞蟻等昆蟲傳播花粉或防禦植食性昆蟲。而蜜腺位於葉片靠近葉柄基部的位置，使花外蜜露更接近植物的基部。這樣一來，螞蟻等昆蟲更容易接觸到花外蜜露，提高了吸引它們的效率。蜜腺凋亡使花外蜜露更接近植物體基部，有助於更有效地吸引螞蟻等昆蟲。
- 四、非洲鳳仙花花外蜜腺與螞蟻之間的採食關係最為密切，螞蟻會幫忙非洲鳳仙花趕走害蟲
- 五、天氣與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性呈中度負相關，表示天氣越差花外蜜腺產生量越多的現象，亦呼應濕度越高花外蜜腺產生量越多的現象。
- 六、非洲鳳仙花花蜜所含還原糖濃度較低，而非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露所含還原糖濃度較高，甜度亦是非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露甜度較高。

柒、參考文獻與網站資料

1. 非洲鳳仙花 (Jan 28, 2023)。維基百科。
取自
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%8B%8F%E4%B8%B9%E5%87%A4%E4%BB%99%E8%8A%B1>
2. 臺灣農業知識網。取自 <https://kmweb.coa.gov.tw/>
3. A.PAO garden。取自 <https://plant.apaostudio.com/>
4. 荒野保護協會。取自 <https://www.sow.org.tw/>
5. 福星花園。取自 <https://bruce0342.blogspot.com/>
6. 菁芳園綠生活。取自 <https://www.green.com.tw/>
7. 黃冠中 (2011)。植物與螞蟻共生的互惠關係。國立臺灣師範大學生命科學系。
取自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=55000>
8. 櫻花花外蜜腺 (June 30, 2013)。日本武藏大學。
取自 https://www.musashi.ac.jp/kisokyoiku_blog/20130630_02.html
9. 鳳仙花花外蜜腺 (Dec 05, 2022)。日本福岡教育大學。
取自 <https://staff.fukuoka-edu.ac.jp/fukuhara/keitai/kagaimitsusen.html>
10. 許佳怡、林芳愉、溫隆凱、潘敬憲 (2012)。絲瓜葉的花外蜜腺與黑棘蟻之觀察研究。臺灣網路科教館。
取自
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=66&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=33&sid=9727>
11. 黃鈺庭、顏如旋、蔣沛恩、何心 (2005)。非洲鳳仙花的開花研究。臺灣網路科教館。取自
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=617&sid=1766>
12. 謝寶煖 (2006)。相關分析 Correlation Analysis。台灣大學圖書資訊學系。
取自 https://www.lis.ntu.edu.tw/~pnhsieh/courses/QStat/7_Correlation.ppt
13. 交通部中央氣象局。取自 <https://www.cwb.gov.tw/V8/C/W/week.html>

【評語】 080311

此研究作品主題在於探討非洲鳳仙花之花外蜜腺，實驗結果發現非洲鳳仙花的花外蜜腺主要著生於葉柄針狀突出點，其次是葉緣缺刻處；而主要造訪花外蜜腺的昆蟲為螞蟻；最後，花外蜜腺蜜露的還原糖濃度與甜度均較花蜜中為高。

研究作品的題目名稱相當有趣，容易吸引讀者目光。適時將上課所學運用到本次科學研究，學以致用並詳加觀察和試驗。現場展示及表達非常認真，從中可見學生對於此研究的熱忱與喜愛。

建議：

1. 研究的設計上，可以再更精緻進一步思考之建議：

(a) 「取下 9 朵盛開的非洲鳳仙花花距，將之置入微試管中，加入 1ml 的本氏液，搖晃使花蜜均勻地和本氏液混合。」沒有控制花蜜的量嗎？這樣可以比較嗎？

(b) 昆蟲到訪次數如何計算？

(c) 以氣象局相關氣溫、濕度與雨量變化資料做計算，是否恰當？

(d) 「天氣越差花外蜜腺產生量越多的現象」可能的解釋為何？

2. 螞蟻與蚜蟲是互相驅趕的關係嗎？螞蟻跟蚜蟲的互動關係可以再
多找文獻進行討論，與研究結果相互詮釋，會有更有趣的發現。

作品海報



花現祕蜜

非洲鳳仙花之花外蜜腺觀察研究

摘要

- 植物學常識：花朵會分泌花蜜吸引昆蟲來授粉
- 但你知道嗎？葉子也會分泌蜜露!!叫做**花外蜜腺**
- 非洲鳳仙花的葉子有花外蜜腺，著生在葉緣缺刻
 - 接近**葉柄基部的葉緣缺刻C區**分泌**蜜露最多**且明顯
 - 中間的葉緣缺刻B區分泌蜜露不明顯
 - 接近葉尖的葉緣缺刻A區，沒有觀察到蜜露分泌
- 昆蟲以**螞蟻**會到訪採蜜居多，可**保護**非洲鳳仙花不被草食性動物啃食
- 非洲鳳仙花**泌蜜狀況與天氣**有關聯性
- 非洲鳳仙花**花外蜜腺蜜露非常甜**，比花蜜甜
- 非洲鳳仙花與螞蟻的互利共生關係與食物鏈，值得推廣到中小學生物與科學探究課程

研究動機

- 我們小組去幫忙花園澆花，有一種花很特別，葉子上掛著小小的露珠
- 後來有螞蟻在葉子上爬，像尋找食物一樣我們非常好奇
- 有同學摸到發現黏黏的好像有糖分，發現花外蜜腺
- 引起我們想研究非洲鳳仙花的動機
- 把它移到陽光充足的教室門口，就近每天觀察並詳實記錄非洲鳳仙花，也開啟我們研究非洲鳳仙花與花外蜜腺之路。



研究目的與研究架構

- 非洲鳳仙花花外蜜腺**著生位置與外觀形態**觀察
- 觀察非洲鳳仙花花外蜜腺的**細部構造與位置**的關聯
- 觀察非洲鳳仙花花外蜜腺與**昆蟲**的採食關係
- 觀察**不同天候**狀況下非洲鳳仙花花外蜜腺**分泌情況**
- 研究非洲鳳仙花花外蜜腺**甜度**與非洲鳳仙花**花蜜甜度**之間的**差異**

花現祕蜜-非洲鳳仙花之花外蜜腺觀察研究



文獻探討與整理

一、非洲鳳仙花分類地位與簡介



學名：*Impatiens walleriana* Hook. f.
科別：鳳仙花科
原產於東非，目前已少量歸化於北部與中部低海拔山區，屬多年生草本，莖肉質。互生披針形至倒卵形葉，長3~12cm、寬2~5cm，葉緣有鋸齒。花開於葉腋，5枚花瓣重疊，花徑2~5cm，花色多，有複色與重瓣品種，**花後有距，花距常有花蜜吸引蝶類吸食**，為台灣平地常見的園藝花卉。開花期全年。
(台灣農業知識網，2023)



二、花外蜜腺文獻研究摘要與發現

黃冠中 (2011) 植物與螞蟻共生的互惠關係	我們的發現與想法
1.動物與植物的互利共生：植物發展出花外蜜腺， 利用螞蟻來保護自身的防禦 方式。	花外蜜腺是植物利用甜甜的點心 雇用螞蟻來保護自己 。
2. 花外蜜腺 形成位置：許多植物在葉柄、葉片基部、葉緣等地方具有花外蜜腺 (extrafloral nectaries)，指的是 植物「繁殖器官」以外會分泌蜜露的構造 。	花以外的器官會分泌的小點心用來騙螞蟻來吃。
3. 蜜露 的主要成分：分泌的蜜露 成分主要有果糖、蔗糖、葡萄糖 ，甚至有些含有胺基酸成分等，能吸引許多動物前來取食，而最重要的吸引對象就是螞蟻。	主要的成分就是甜的東西，這是螞蟻的最愛。
4. 花外蜜露 可 吸引多樣的螞蟻 ：植物分泌的蜜露通常不特定吸引哪一種螞蟻，有花外蜜腺的植物時，可看見有各種螞蟻會來取食蜜露，而且不同種螞蟻之間會有彼此驅趕的行為，對植物來說，不管是哪種螞蟻來，都一樣有保護作用。	花外蜜腺原來可以騙很多種 螞蟻 來當 保鏢 。
許佳怡、林芳愉、溫隆凱、潘敬憲 (2012) 絲瓜葉的花外蜜腺與黑棘蟻之觀察研究	我們的收穫
1. 澆灌 植株的 水分 多寡，會影響花外蜜腺的生長及螞蟻的分佈：水分愈多，絲瓜的 花外蜜腺 長得愈多， 螞蟻 也分佈愈多。	多澆一點水，期待鳳仙花花外蜜腺的蜜露愈多
2. 光照 越多 花外蜜腺 越多：正常日照植株的花外蜜腺生長較多，接受遮蔽物遮住陽光後，花外蜜腺的生長較少。	花外蜜腺的數量與分泌量會受氣候影響，天氣不好真就沒輒
3. 天氣 越佳 花外蜜腺 越多：天氣天候晴朗比天氣陰冷好很多。	
4. 花外蜜腺 有無， 影響螞蟻覓食 ：分布著花外蜜腺，就會有螞蟻前來採食蜜露，沒有花外蜜腺，就沒有發現螞蟻的蹤跡。	原來螞蟻跟人一樣都是很現實的動物，有吃才會來
5. 花外蜜腺 才是 螞蟻的最愛 ：絲瓜葉的花外蜜腺比介殼蟲對於黑棘蟻更有吸引力，也成功讓黑棘蟻成為絲瓜成長的保鏢。	原來螞蟻主要目的是花外蜜腺而不是來入侵的壞蛋，驅趕壞蛋只是順便而已。

研究過程與結果

一、非洲鳳仙花花外蜜腺著生位置與外觀形態觀察

(一) 觀察、紀錄與上傳

器材：平板、紀錄本、Google classroom
 方法：透過放大鏡與平板相機功能仔細觀察非洲鳳仙花的全株構造，將各部位利用平板載具側拍或錄影下來，並將影片及照片上傳至架設好的『Google Classroom科展-非洲鳳仙花』網站上



(二) 觀察紀錄的整理與統計

整理並統計所有平板側錄、Classroom 科展-非洲鳳仙花』網站與筆記本上的所有紀錄，將其分成6個主要觀察部位



(三) 非洲鳳仙花花外蜜腺著生位置與形態

1. 從葉柄到葉緣缺刻處皆有如針狀突出的缺刻，且越靠近葉柄的針狀突出越長
2. 蜜露通常分布於針狀突出處
3. 靠近葉柄的葉緣針狀突出點蜜露多且大滴
4. 在接近葉柄與葉基的1~2對葉緣最容易出現大滴蜜露
5. 其餘葉緣的針狀突出點上，不會有大滴蜜露出現



二、觀察非洲鳳仙花花外蜜腺的細部構造與位置的關聯

(一) 實驗流程

器材：解剖顯微鏡、複式顯微鏡、數位顯微攝錄機

葉子置於培養皿	先用解剖顯微鏡觀察	解剖顯微鏡下觀察到的花外蜜腺	將葉子樣本置於載玻片
複式顯微鏡下靠近葉柄的花外蜜腺	將所有葉緣缺刻編號	利用複式顯微鏡觀察所有葉緣缺刻的差異性	所有組員都試著操作複式顯微鏡與數位顯微攝錄

(二) 非洲鳳仙花具大滴蜜露與無蜜露花外蜜腺顯微構造差異

具大滴蜜露之花外蜜腺前端明顯具平台，並多黏有麟汗		無蜜露之花外蜜腺前端尖且略枯萎

(三) 觀察並比對非洲鳳仙花所有葉緣缺刻分泌蜜露的多寡

將每個缺刻處的花外蜜腺編號，並且將花外蜜腺分成A、B、C三區，仔細研究比對不同位置下花外蜜腺的差異。

編號1(葉柄處)	編號27(葉柄處)					
A區 花外蜜腺明顯具平台，並具蜜露						
編號6	編號22	編號7	編號21	編號13	14(葉尖)	編號15
B區 花外蜜腺黏有麟汗，但無可見蜜露，推測能分泌蜜液，但無法聚成大滴蜜露			C區 花外蜜腺幾乎沒有麟汗，且尖端枯萎較嚴重，推測無分泌蜜液功能			

三、觀察非洲鳳仙花花外蜜腺與昆蟲的採食關係

(一) 實驗前看到的現象：

想當初做研究之前，將非洲鳳仙花養在沒有螞蟻的窗台

葉子被嚴重啃食	兇手大便
葉子被嚴重啃食，葉子上還留有 大便，但沒有抓到兇手	因為沒有螞蟻，蜜露還在，啃食葉片的兇手也就肆無忌憚

(二) 觀察、紀錄與上傳

器材：平板、紀錄本、Google classroom
 方法：透過放大鏡與平板相機功能仔細觀察照訪非洲鳳仙花的所有生物，利用平板載具側拍或錄影下來，並將影片及照片上傳至架設好的『Google Classroom科展-非洲鳳仙花』網站上

(三) 觀察紀錄的整理與統計



1. 螞蟻出現次數最多，觀察期間也有看到螞蟻舔食產生大滴蜜露的蜜腺尖端
2. 蜘蛛出現次數與椿象一樣多，推測蜘蛛來捕食出沒在此的昆蟲(包含螞蟻)，推測椿象也為花外蜜腺而來
3. 觀察期間也有出現蚜蟲2次，主要出現在花距上，合理推測是來吸取花蜜，但只出現幾天就不見了，推測是被螞蟻趕走
4. 在開始進行研究後，螞蟻頻繁造訪，非洲鳳仙花的葉片就再也沒有被啃食的痕跡，也沒有大便出現了

四、觀察不同天候狀況下非洲鳳仙花花外蜜腺分泌情況

(一) 實驗流程與觀察紀錄的整理與結果統計

測量當日氣溫、濕度與當日收集到的花外蜜腺的蜜量(因為蜜量稀少，故使用毛細管收集，並測量收集到的長度)，並上網比對氣象局相關氣溫、濕度與雨量變化資料，利用Excel中Pearson's相關係數計算試圖找出天氣對蜜量的影響



天氣因素	天氣(晴、陰、雨)	濕度	溫度	雨量
與蜜量相關係數	-0.67(中度負相關)	0.61(中度相關)	-0.07(無相關)	0.62(中度相關)

(二) 根據實驗結果的推論

1. 天氣與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性：我們推測天氣越差花外蜜腺產生量越多
2. 濕度與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性：我們推測濕度越高花外蜜腺產生量越多
3. 溫度與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性：我們推測溫度高低與花外蜜腺產生量沒有太大的影響。
4. 雨量與非洲鳳仙花花外蜜腺分泌蜜露數量關聯性：我們推測雨量越多花外蜜腺產生量也會增加

五、研究非洲鳳仙花花外蜜腺甜度與非洲鳳仙花花蜜甜度之間的差異

(一)使用 **本氏液** 比較花外蜜腺蜜露與花蜜還原糖含量的差異

(二)使用 **甜度計** 比較花外蜜腺蜜露與花蜜還原糖含量的差異



電子甜度計	0.7cm花蜜	0.7cm花外蜜腺蜜露
數值	23.6度	44.2度

甜度：花外蜜腺蜜露 >> 花蜜

結論與討論

一、花外蜜腺靠近葉柄處出現大滴蜜露

- 1.葉脈輸送水分及養分先送到葉柄，而葉尖最遠所以水分輸送少。
- 2.每片葉子僅需投資2對能分泌大滴蜜露的花外蜜腺，就足夠吸引螞蟻保鏢來保護非洲鳳仙花全株。

二、顯微鏡觀察鳳仙花花外蜜腺構造差異

- 1.先分距離遠與近做觀測差異，再針對花外蜜腺編號，可精準比對不同位置花外蜜腺不同位置間的差異性。
- 2.花外蜜腺蜜液分泌量與葉柄的相對位置有關，離葉柄越遠分泌量越少。

三、昆蟲以螞蟻出沒居多，亦會趕走害蟲-蚜蟲

- 1.但出現生物種類不如預期，應為研究時間太短。
- 2.繼續觀察四季變化看是否會有更多元的昆蟲出沒，4月有出現捲葉蟲。

四、觀察不同天候與蜜量相關聯性比較

- 1.天氣越差花外蜜腺分泌量越多。
- 2.未來增加樣本數據，將異常數據做刪除，數據會更可靠。
- 3.取樣在冬天，可以繼續探討不同季節與蜜量之間差異。

五、水盆隔離昆蟲靠近，減少影響實驗的變因

六、花蜜花外蜜腺蜜露如能夠取一樣的量，測量出來的結果應該會更確實，但實際在取蜜過程不易，所以只能估測的方式做本氏液的含糖濃度測驗。

七、加入電子甜度計更精準的測量出兩者含糖率

參考文獻與網站資料

- A.PAO garden。取自<https://plant.apaostudio.com/>
- 交通部中央氣象局。取自<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/W/week.html>
- 非洲鳳仙花 (Jan 28, 2023)。維基百科。取自<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%8B%8F%E4%B8%B9%E5%87%A4%E4%BB%99%E8%8A%B1>
- 荒野保護協會。取自<https://www.sow.org.tw/>
- 許佳怡、林芳愉、溫隆凱、潘敬憲 (2012)。絲瓜葉的花外蜜腺與黑棘蟻之觀察研究。臺灣網路科教館。取自<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=66&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=33&sid=9727>
- 黃冠中 (2011)。植物與螞蟻共生的互惠關係。國立臺灣師範大學生命科學系。取自<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=55000>
- 黃鈺庭、顏如旋、蔣沛恩、何心 (2005)。非洲鳳仙花的開花研究。臺灣網路科教館。取自<https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=617&sid=1766>
- 菁芳園綠生活。取自<https://www.green.com.tw/>
- 鳳仙花花外蜜腺 (Dec 05, 2022)。日本福岡教育大學。取自<https://staff.fukuoka-edu.ac.jp/fukuhara/keitai/kagaimitsusen.html>
- 福星花園。取自<https://bruce0342.blogspot.com/>
- 臺灣農業知識網。取自<https://kmweb.coa.gov.tw/>
- 謝寶媛 (2006)。相關分析Correlation Analysis。台灣大學圖書資訊學系。取自https://www.lis.ntu.edu.tw/~pnhsieh/courses/QStat/7_Correlation.ppt
- 櫻花外蜜腺 (June 30, 2013)。日本武藏大學。取自https://www.musashi.ac.jp/kisokyoiku_blog/20130630_02.html