

# 第十九屆旺宏科學獎

## 成果報告書

參賽編號：SA19-617

作品名稱：探討薊馬於大花咸豐草上分佈之特性

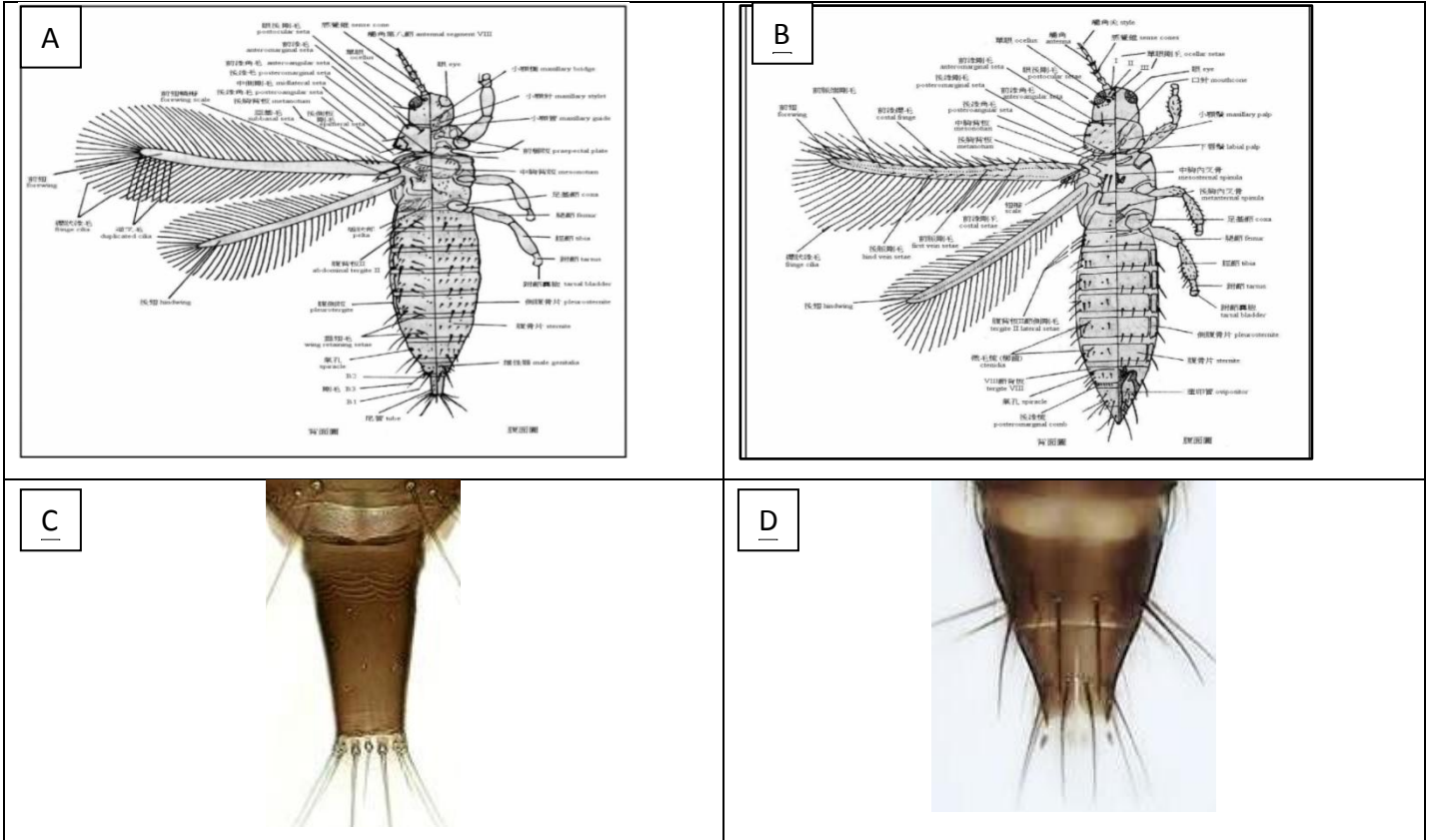
姓名：王誠雲

關鍵字：薊馬、大花咸豐草、選擇

# 研究動機

在一次觀察大花咸豐草花朵構造的生物實驗課中，意外於管狀花內發現許多體長不到 2mm 的小蟲，經圖鑑比對後才知道原來這是一種俗稱「薊馬」的纓翅目(*Thysanoptera*)昆蟲。

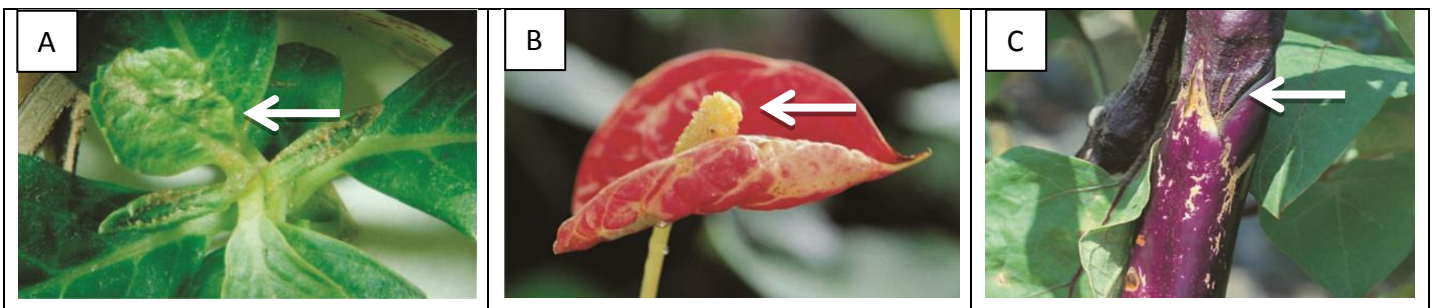
此目昆蟲最大的特徵為翅膀邊緣有長而顯著的纓毛，在外型構造上較為明顯的分辨方式是依腹部末端形狀及產卵管之位置與結構，可區分為錐尾亞目(*Terebrantia*)與管尾亞目(*Tubulifera*)【張念台,2002】(如圖 1)。



▲圖 1：薊馬身體構造圖。

A.管尾亞目全身觀 B.錐尾亞目全身觀 C.管尾亞目的管狀腹部末端 D.錐尾亞目的錐狀腹部末端

大部分薊馬為植食性，攝食方式是以銼吸式口器吸取植物的汁液以獲取養分，然而在薊馬族群密度高時，植物就會因過多傷口出現組織破損或疤痕，影響植物的外觀、生理狀態，嚴重的話甚至會導致植物死亡。當這些現象若是發生於高經濟價值的作物(如下圖)時就會造成賣相不佳、產量下降...等農業損失，因此薊馬主要被認定為農業上常見的害蟲之一【王清玲,2002】。



▲圖 2：經濟作物的危害情況

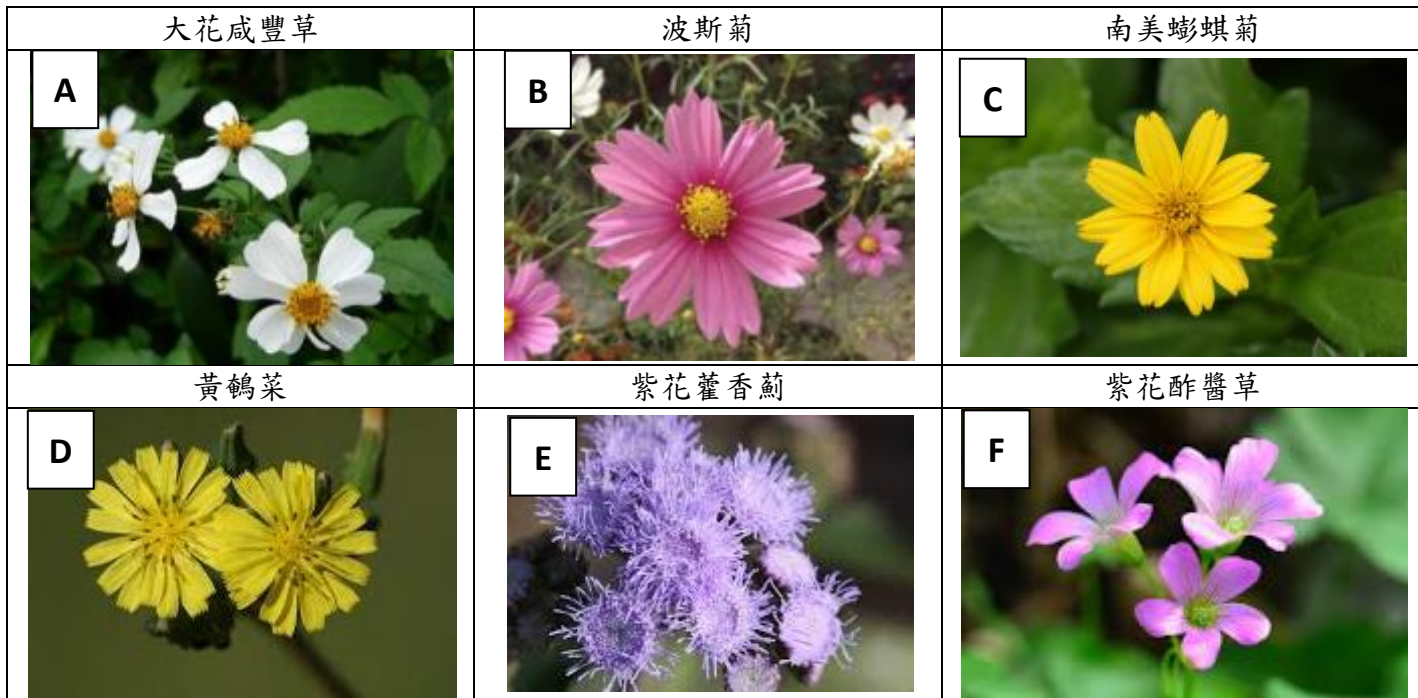
A.薊馬吸食繡球花幼苗心葉，造成葉片組織破壞、影響光合作用效率。

B.薊馬以口器銼鋸火鶴花製造開口，並將小顎針伸入內部吸取汁液，使花瓣脫色影響花卉價值。

C.薊馬吸食茄子幼果，傷口隨著果實增大而更明顯，除了外觀，也會造成其發育上的影響。

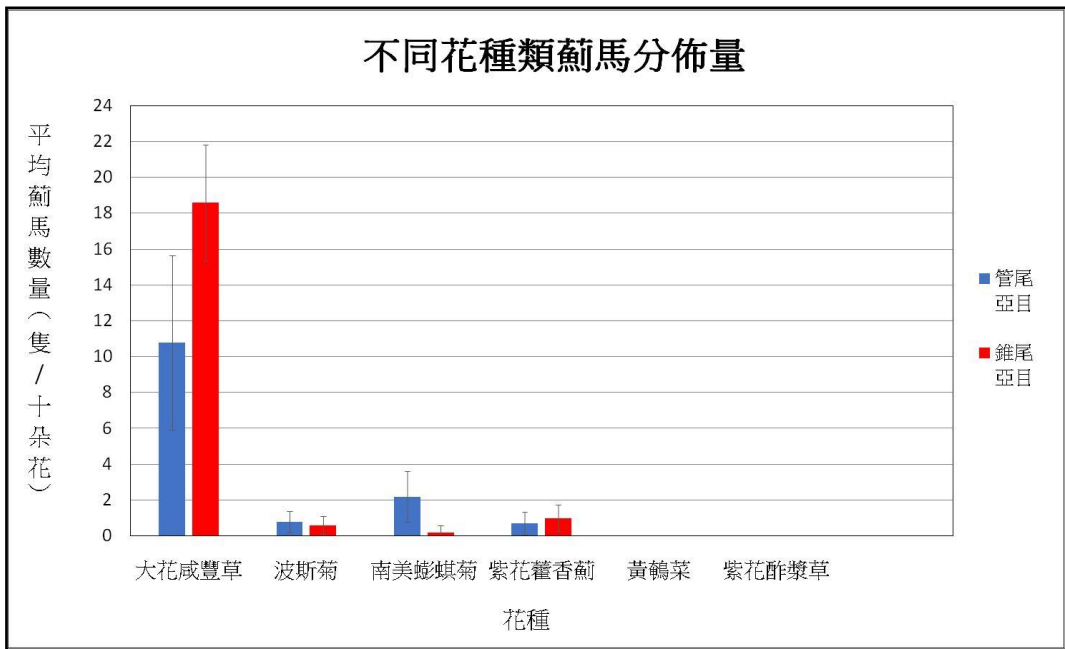
由於薊馬體型小，不容易以人類捕捉方式移除，且危害作物廣泛、諸多地方均記錄到薊馬農損事件，因此如何進行薊馬的農業防治是科學家亟欲解決的問題。現今多以噴灑農藥、並配合特定顏色的黏蟲紙誘捕方式降低族群數量，但此方法容易造成農藥毒物殘留在作物上、或薊馬逐漸對農藥產生抗藥性等問題【王清玲,1997】。近年來則多了以小黑花椿象捕食薊馬的生物防治研究，以嘗試更安全地控制薊馬的危害，但見效速度緩慢、成本較農藥高等缺陷仍使此方式不夠普及化【林鳳琪,2018】。因此，開發出更有效率管控薊馬危害的方式，一直是各國農業發展上的工作之一。

基於上述文獻探討，我們很好奇除了大花咸豐草上有薊馬以外，同樣分佈在附近的野花（如圖3）上是否也能找到薊馬？因此我們在校園、住家、路邊等多處，採集了數種、累計超過 250 朵野花來進行觀察，發現無論在何處採集到的花，大花咸豐草花內的薊馬數量都是最多的（如圖 4）。這個現象讓我們不禁好奇：薊馬究竟在大花咸豐草花上做什麼？為何薊馬會如此偏好大花咸豐草呢？



▲圖 3：花朵種類樣本

A：大花咸豐草、B：波斯菊、C：南美蟬蜩菊、D：黃鸝菜、E：紫花藿香薊、F：紫花酢醬草



▲圖 4：不同野花中的薊馬數量

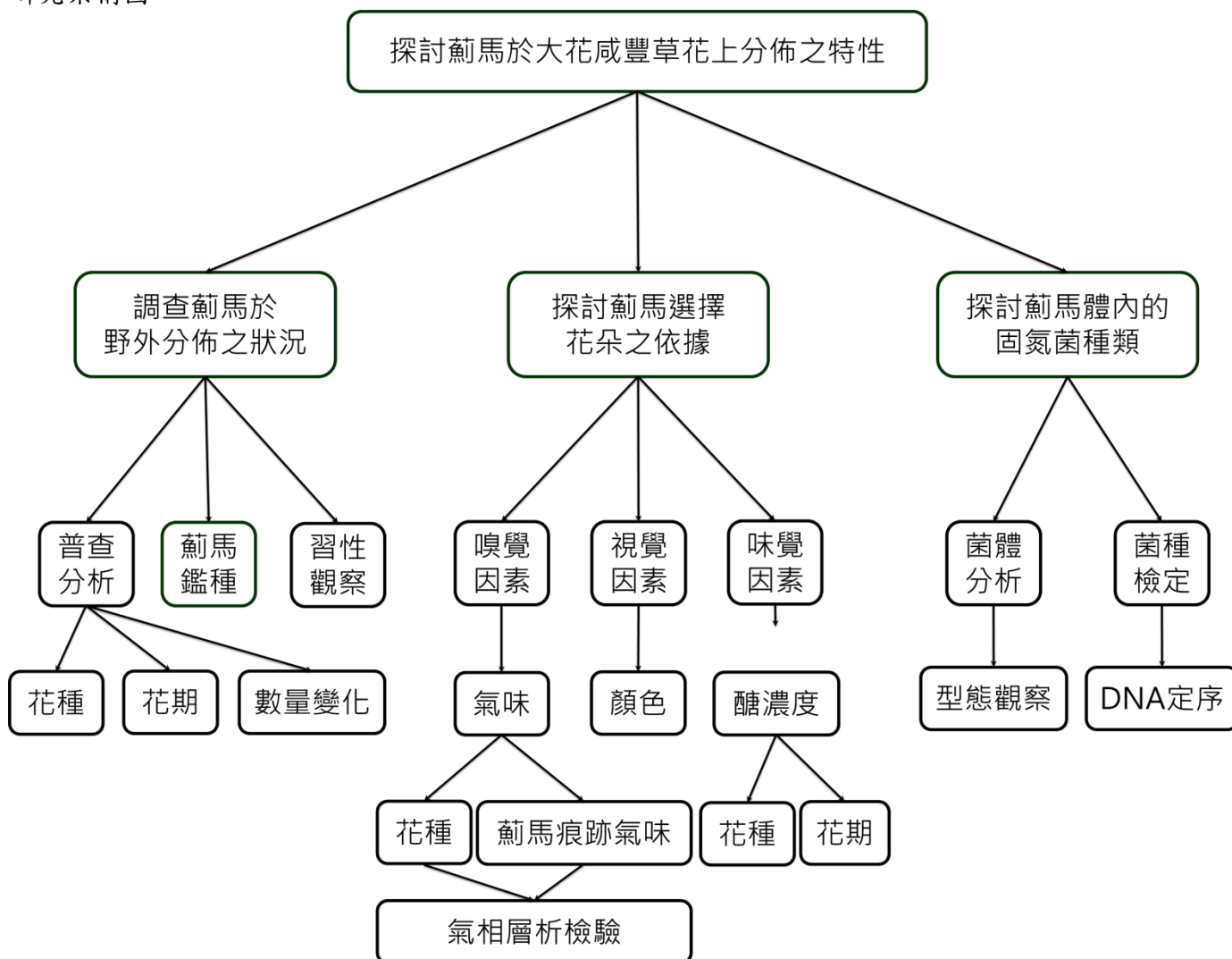
根據文獻指出，昆蟲於觸角、附肢、口器以及產卵器上分布有化學感受器，具有高度分辨嗅覺以及味覺的能力；除此之外，昆蟲的單眼或是複眼也具有分辨顏色的光學感應受器【任淑仙,1995, p.225】。因此植食性昆蟲應可憑借花朵氣味、顏色或養分豐沛度來選擇食物源。此外，部分植食性昆蟲由於生長所需，純粹靠植物汁液獲取氮源不易，因此在生長過程中體內尚需要固氮共生菌來幫助昆蟲製造氮元素【張焱,2016】。以蚜蟲為例，已有研究指出蚜蟲會以母體垂直傳播菌源，也會藉由植物為媒介進行水平傳播【張焱,2016】。那麼食性、口器構造都與蚜蟲相似的薊馬，會否也可能為了固氮菌而來到大花咸豐草上呢？我們因此開啟本研究，希望能釐清薊馬偵測大花咸豐草的策略為何，以及薊馬與大花咸豐草、甚至固氮菌之間會否有什麼樣的關係。

## 研究目的

- 一、調查薊馬於野外大花咸豐草上分佈之狀況。
- 二、探討薊馬選擇大花咸豐草花朵之可能依據。
- 三、比較薊馬體內與大花咸豐草花朵上固氮菌相之關係

## 研究過程

### 一、研究架構圖



▲圖 5：研究架構圖



## 二、研究方法

### (一) 調查薊馬於野外大花咸豐草上分佈之狀況

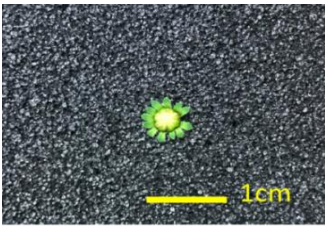
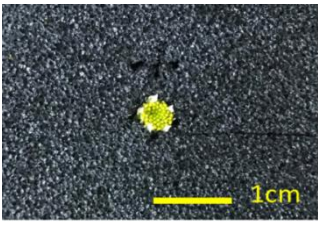




#### 01. 選定特定採樣樣區

- (1) 選定一個範圍大 (約 1500m<sup>2</sup>)、少有人為干擾、已長期穩定生長數株大花咸豐草與波斯菊、紫花霍香薊...等數種野花的空地作為本次實驗之採樣地點 (如圖 6、7)。



#### 02. 探討薊馬於大花咸豐草不同開花期、不同時段之分佈情形：

連續七日、每日於早(07:30)、中(12:30)、晚(17:30)三個時段各採集六種花期花朵各 10 朵 (花期定義方式如下圖)，並計數花裡所有薊馬隻數。

	第一期	第二期	第三期
圖片			
說明	花苞仍未開，尚未有白色舌狀花出現	花苞已開，管狀花尚未成熟，白色舌狀花已出現	管狀花成熟比例<50%
	第四期	第五期	第六期
圖片			
說明	管狀花成熟比例≥50%	授粉完成，舌狀花已經掉落	種子已成熟但尚未脫落
▲圖 8：花期定義方式			

### 03. 了解大花咸豐草花中薊馬的種類與行為

- (1) 採樣：隨機採集開花期屬第三或第四期的大花咸豐草花朵 5 朵，收集其上所有的薊馬
  - a、分類觀察：將大花咸豐草花朵上取得的所有薊馬以解剖顯微鏡進行觀察，並以尾節構造進行初步分類。
  - b、標本製備與鑑種：將上述初步分成兩大類之薊馬分別浸泡至 75% 酒精中，分別收集至 5 管微量離心管中，並以石臘膜密封蓋口後，寄送至行政院農業委員會農業試驗所，委請應用動物組林鳳琪博士協助鑑種。
- (2) 觀察薊馬於大花咸豐草上的生活狀況：
 

採集大花咸豐草花朵置於解剖顯微鏡下，以鑷子或解剖針輕輕翻動管狀花、邊以錄影方式紀錄薊馬於花上的所有行為。

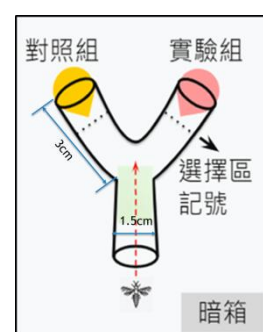
#### (二) 探討薊馬選擇大花咸豐草花朵之可能依據。

根據初步觀察，相較於其他野花，薊馬分佈在大花咸豐草花朵上的數量明顯是最多的。因此我們想測試薊馬於嗅覺、視覺或味覺上感測大花咸豐草的能力。

##### 01. 花朵氣味選擇檢測

本實驗欲探討不同花種氣味對於薊馬的吸引程度，並與大花咸豐草對照比較。

- (1) 裝置設計：以側端長 3cm，內部直徑寬約為 1.5cm 的 Y 型管作為本實驗裝置，在 Y 字兩端如圖所示之位置進行畫記，並置於一暗箱中進行實驗。
- (2) 操作方法：



▲圖 9：Y 型管裝置圖

##### a、不同花種類氣味：

將對照組與實驗組分別放入 Y 型管兩端後，將薊馬從底端管處置入，觀察薊馬的移動方向。若薊馬有進入某一側的記號範圍內且穩定停留至少 2 分鐘，則定義薊馬有所選擇。實驗類組如下表所示。同一類薊馬重複進行 10 次實驗，並將所有選擇結果以二項式檢驗 (two-sided binomial test) 進行統計分析。

##### b、有無薊馬痕跡氣味

將大花咸豐草花朵在花期第一期時以夾鏈袋套住，待五天後將花採下作為實驗組，並且採下沒有套夾鏈袋(有薊馬居住過)的大花咸豐草作為對照組，實驗方法如上述所示。

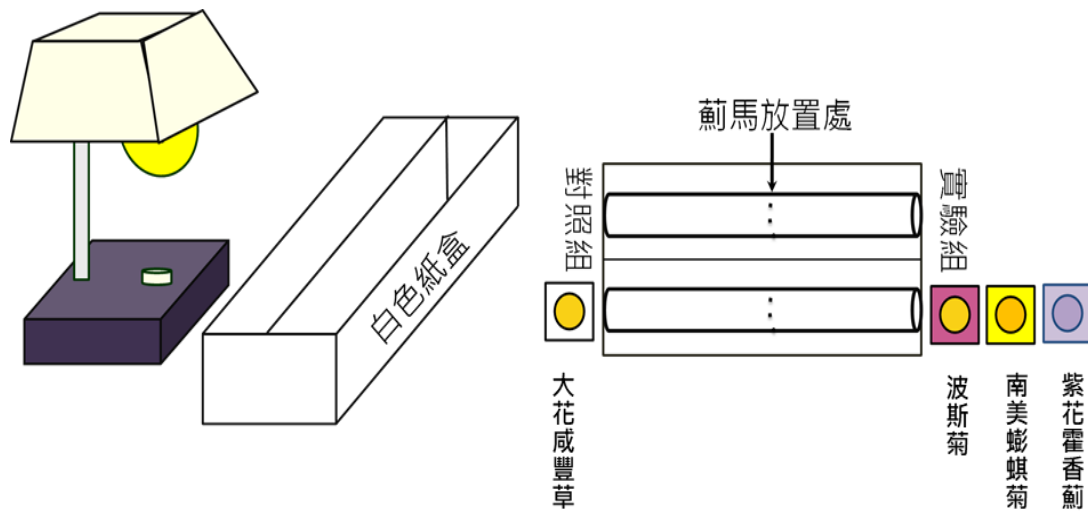
實驗類組	對照組	實驗組(對應花朵)
不同花種類	大花咸豐草	空氣
		波斯菊
		南美蟛蜞菊
		紫花藿香薊
有無薊馬痕跡氣味	大花咸豐草(無薊馬居住過)	大花咸豐草(有薊馬居住過)

▲表 1：選擇實驗的樣本對應組合

## 02. 花朵顏色選擇檢測

本實驗欲探討不同花種類顏色於薊馬的吸引力，並與大花咸豐草對照比較。

- (1) 裝置設計：使用長度 30 公分、直徑 1.5 公分兩邊相通的玻璃管，在中央 15 公分處做上記號，一端放入模仿大花咸豐草花色的色卡，另一端則放入其他對照花朵顏色的色卡模型，隨後將玻璃管放入一個全白的容器內，於白光下進行薊馬對顏色的選擇實驗。



▲圖 10：顏色選擇實驗裝置圖

- (2) 操作方法：將薊馬放入中央後即開始實驗，若薊馬抵達任何一端並碰觸到色卡且停留至少 20 秒以上，則定義薊馬有做出選擇。玻璃管使用完一次後會整支清洗，以避免氣味殘留，重複 10 次實驗，並將實驗結果以二項式檢測 (two-sided binomial test) 進行統計分析。
- (3) 實驗類組：如下表所示

對照組	實驗組(對應花朵)
大花咸豐草(黃、白色)	波斯菊(橘、粉色)
	南美蟛蜞菊(橘、黃色)
	紫花藿香薊(紫色)

▲表 2：選擇實驗的樣本對應組合

## 03. 花朵醣類濃度分析檢測

以「苯酚—硫酸法」進行花朵醣類濃度測定

- (1) 製備花朵萃取液：

摘取成熟時期的大花咸豐草、南美蟛蜞菊、波斯菊與紫花藿香薊，以鑷子將其管狀花取出、以鋁箔紙盛裝並以 60°C 烘乾後，以研鉢磨粉、定量秤取 0.03g 並加入 7ml 蒸餾水，而後進行 1300rpm 轉速震盪 10 分鐘、85°C 熱水浴 30 分鐘、3000rpm 轉速離心 13 分鐘，最後取上清液 0.2mL 並加蒸餾水 4.8mL，即完成溶液萃取。

- (2) 以各種花朵醣類萃取液加入 0.5ml 9% 苯酚與 5mL 濃硫酸，如上所述之方式測定各別

花朵在波長 485nm 之吸光值，並與檢量線作比較以推算各花朵內的含醣量。

(3) 改以不同花期之大花咸豐草花朵，重複上述(1)~(2)步驟進行量測。

(4) 製備葡萄糖檢量線：配置 25.6、51.2、76.8、102.4、128 $\mu$ g/MI 的葡萄糖標準溶液，重複上述(1)~(2)步驟以得出檢量線。

(三) 比較薊馬體內與大花咸豐草花朵上固氮菌相之關係

本實驗欲以固氮菌培養基培養薊馬體內與大花咸豐草上的固氮菌種類，並進行純化、鑑種，探討兩者是否具有共通性。

#### 01. 操作方法

(1) 培養大花咸豐草花朵表面與薊馬體內的固氮菌

a、自實驗樣區採集前述定義之六個花期的大花咸豐草花朵共 6 朵，分別以 100 $\mu$ L 無菌水沖洗花朵表面取得菌液後、用三角玻棒全數塗佈至固氮菌培養基上（配方請參見附錄 1），而後置於室溫培養靜待菌落形成。

b、取樣一隻大花咸豐草上的薊馬，以無菌水沖洗表面後放入微量離心管，重新加入無菌水 100 $\mu$ L 並以研磨棒搗碎研磨後即取得蟲體菌液。同上步驟、全數取出後塗佈至固氮菌培養基上，而後置於室溫培養靜待菌落形成。

(2) 細菌型態分析：將上述形成之各種菌落內之細菌，以革蘭氏染色法進行染色，置於顯微鏡下觀察、拍照。

(3) 細菌種類分析：將上述菌落以一般培養基進行單一菌落純化後，以聚合酶連鎖反應器 (PCR) 放大細菌之 16s rRNA 片段。待以電泳確認其片段品質後，將產物送出定序以進行細菌鑑種。

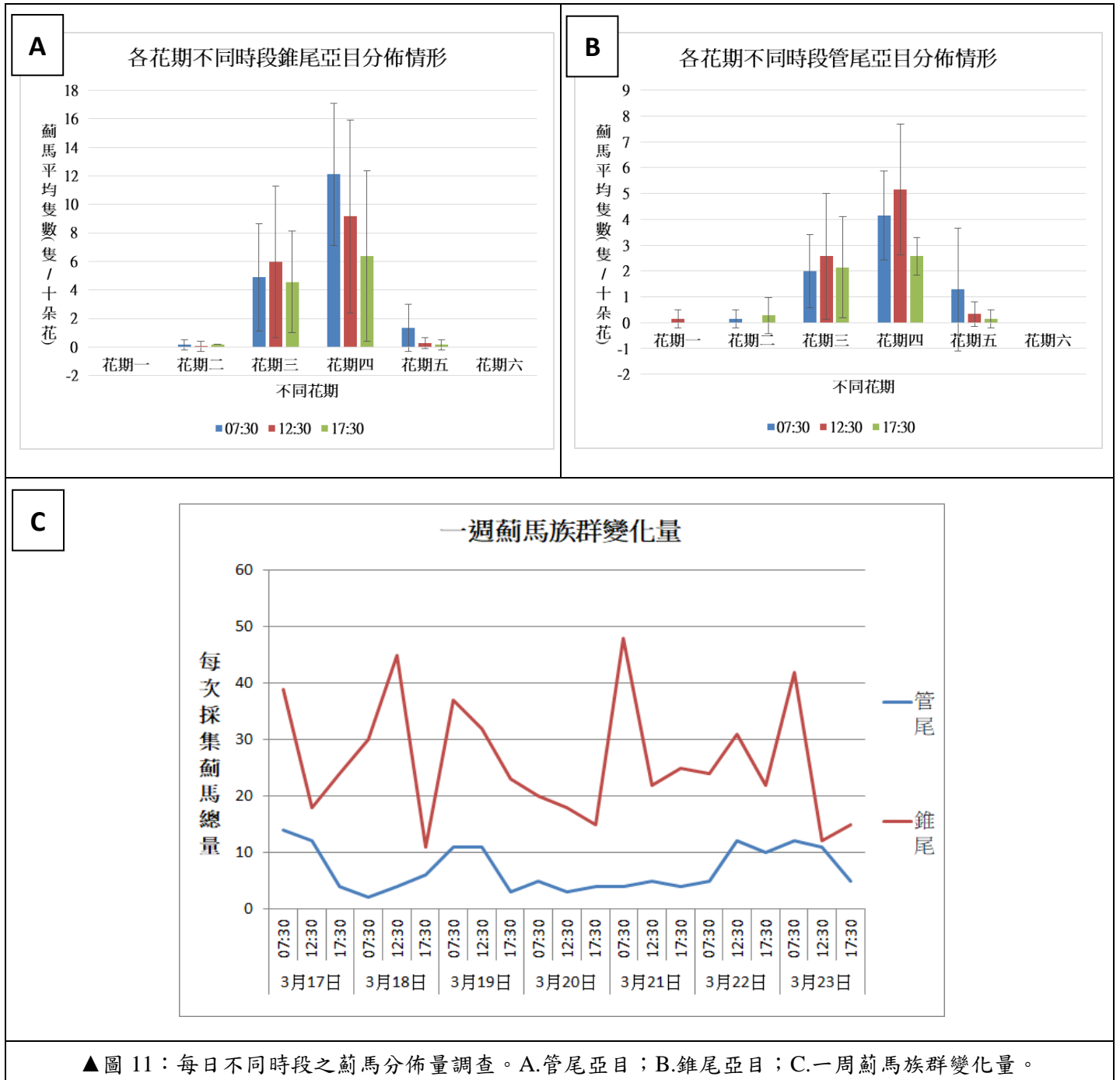


### 三、實驗結果

#### (一) 調查薊馬於野外大花咸豐草上分佈之狀況。

##### 01. 探討薊馬於不同開花期、時段之分佈情形

- (1) 探討開花期對薊馬分佈的影響，發現無論管尾亞目或錐尾亞目薊馬，均主要分佈在管狀花較為盛開的第三、第四花期上。
- (2) 觀察薊馬的日節律分佈，錐尾亞目的數量變動較管尾亞目大，但不管是管尾亞目、錐尾亞目皆穩定出現在大花咸豐草中

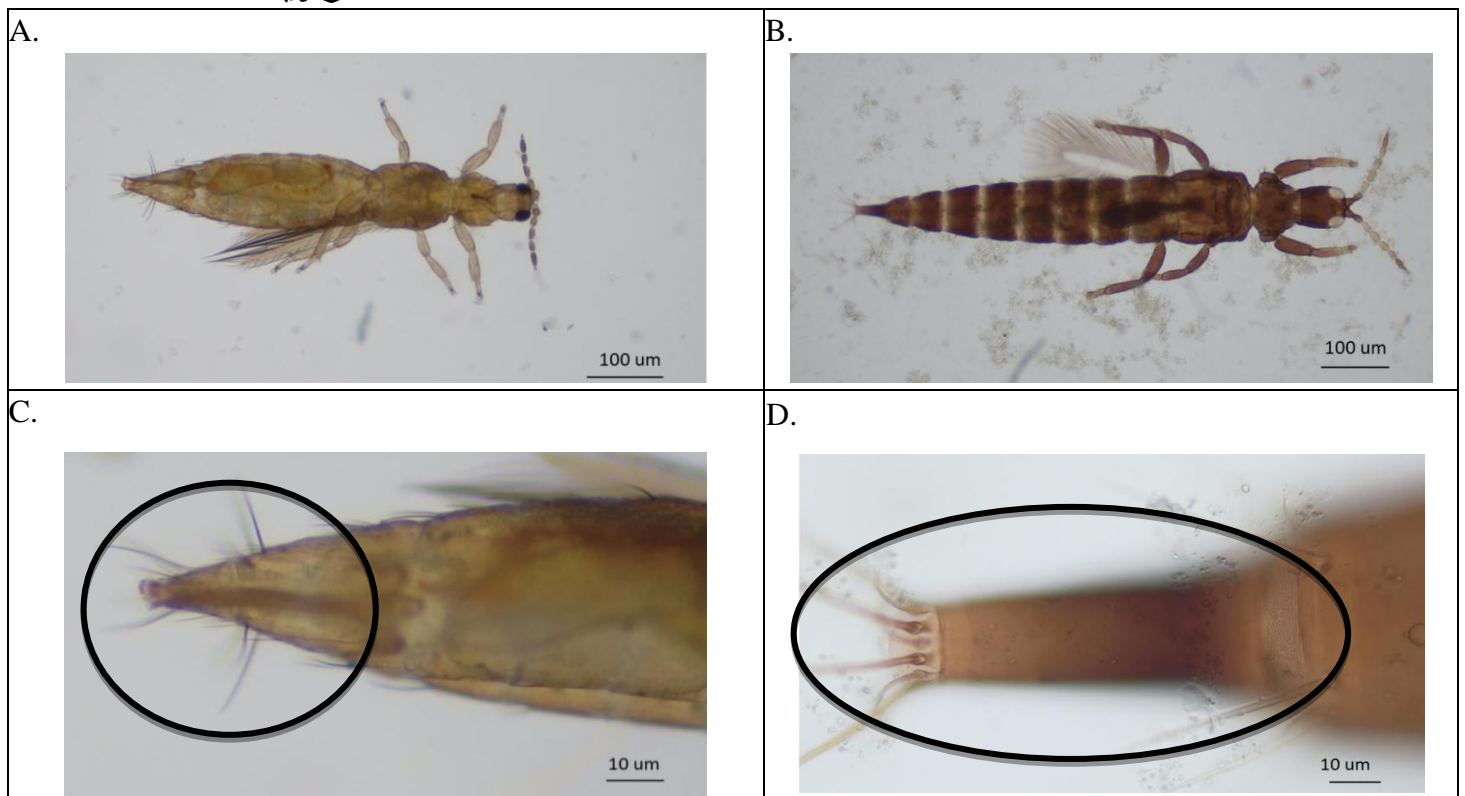


▲圖 11：每日不同時段之薊馬分佈量調查。A.管尾亞目；B.錐尾亞目；C.一周薊馬族群變化量。

02. 了解大花咸豐草花中薊馬的種類與行為

(1) 了解薊馬的種類

- a、實驗中發現所收集到的所有薊馬中，均可依其尾節特徵分為管狀或錐狀(12C、12D)，經文獻比對後得知此二形態分別屬於繖翅目底下的管尾亞目和錐尾亞目。其中，本次所採集到的管尾亞目體色黑、體長約有 2mm 左右，錐尾亞目則多為體色偏黃、體長約只有 1.2~1.5mm 左右。
- b、感謝農試所協助鑑種，結果顯示本次於大花咸豐草花朵上所採集到了數種薊馬，其中管尾亞目以中國薊馬為主，錐尾亞目則包含花薊馬、尖角薊馬、南黃薊馬等數種（如表 3）。經文獻查找得知，這幾種薊馬皆為植食性薊馬【王清玲,2002】，然除了尾節特徵較為明顯以外，各亞目內不同種之間僅差在特定部位剛毛數不同、或單眼數不同，實在不易進行快速判斷，故之後實驗將僅以錐尾亞目、管尾亞目薊馬作敘述。



▲圖 12：大花咸豐草花朵上蒐集到的管尾亞目、錐尾亞目薊馬

A.錐尾亞目薊馬

B.管尾亞目薊馬（此標本有經 NaOH 褪色處理）

C.錐尾亞目薊馬的尾部特徵

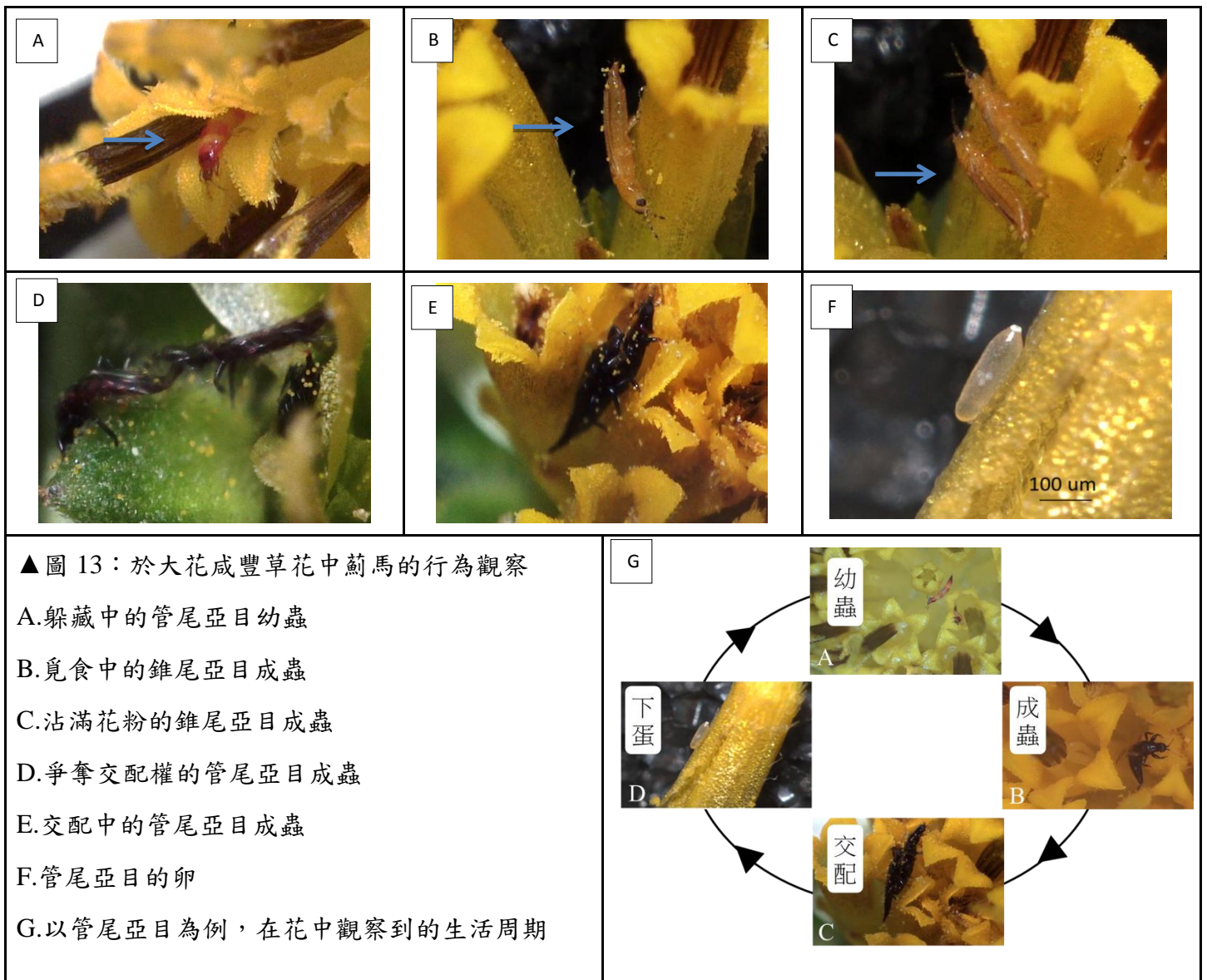
D.管尾亞目薊馬的尾部特徵（此標本有經 NaOH 褪色處理）

管尾亞目	中國薊馬 <i>Haplothrips chinensis</i> (Priesner)
錐尾亞目	尖角薊馬 <i>Frankliniella cephalica</i> (Crawford)
	花薊馬 <i>Thrips hawaiiensis</i> (Morgan)
	南黃薊馬 <i>Thrips palmi</i> Karny

▲表 3：大花咸豐草上的薊馬種類調查

(2) 了解薊馬於大花咸豐草花中的行為

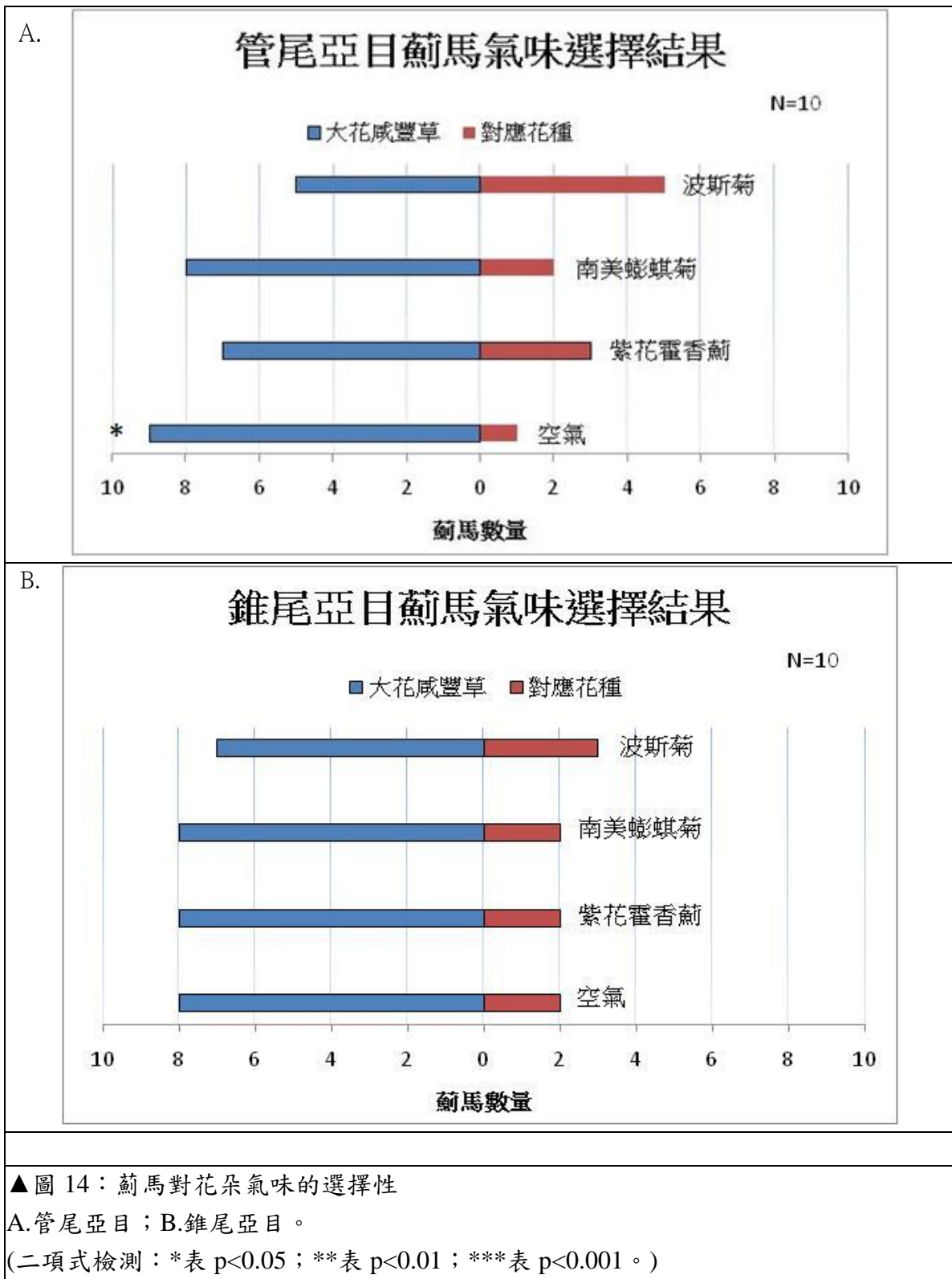
- a、根據文獻紀錄，薊馬是一種完全變態昆蟲，其生活史中會經歷卵、幼蟲、蛹及成蟲等階段。本次實驗中，我們確實可以在大花咸豐草中找到薊馬的幼蟲、成蟲與卵的生活期，但觀察期間並未找到薊馬的蛹期。
- b、薊馬大部分時間會躲藏在大花咸豐草的管狀花間（圖 13A），一旦受到干擾時就會立刻竄出、以很快的速度爬行或甚至飛走，此過程中薊馬背上會沾到許多花粉（圖 13B）。
- c、本次實驗有紀錄到花裡的薊馬，出現覓食（口器有刺入植物組織內）、打鬥、疑似交配的尾部相接行為。另有紀錄到數顆黏在管狀花或萼片外、呈腎臟型的蛋，長度約 0.2mm 左右，與文獻所述之薊馬卵大小雷同，推測有可能為薊馬的卵。
- d、以管尾亞目為例，可以觀察到薊馬的大部分生活周期（圖 13G），故推測薊馬的大部分生活期會生活在花上。



(二) 探討薊馬選擇大花咸豐草的可能依據

01. 花朵氣味

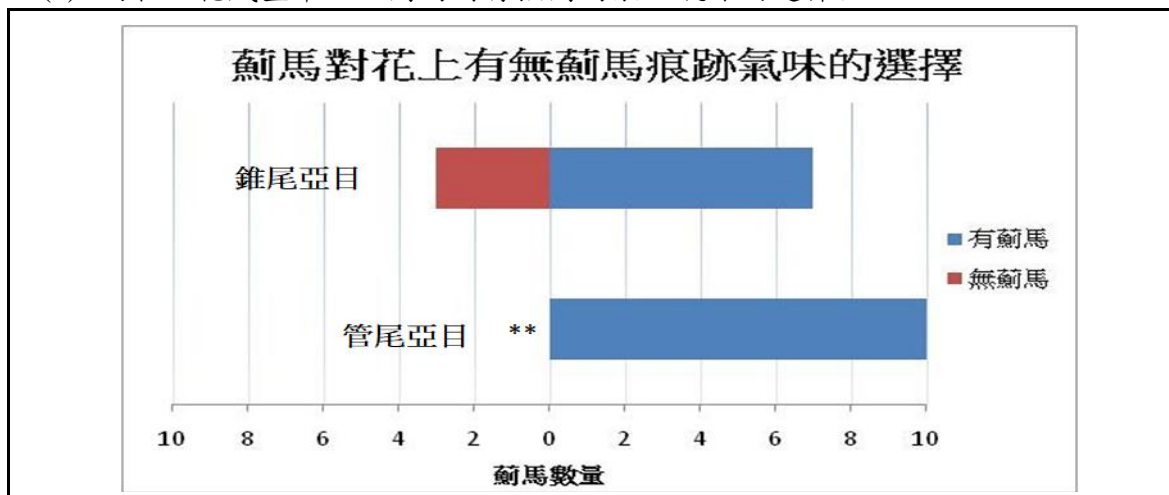
(1) 薊馬對於不同花種類氣味的選擇性



在不同花朵氣味實驗比較中，薊馬選擇大花咸豐草的次數大多優於其他花種，其中錐尾亞目薊馬的偏好性更較管尾亞目明顯，可能其對氣味偵測的敏感性較高。雖然統計的結果顯示差異性尚未達到標準，但推測可能是重複次數不足的問題，未來擬累積更多重複次數，使數據可信度增加。



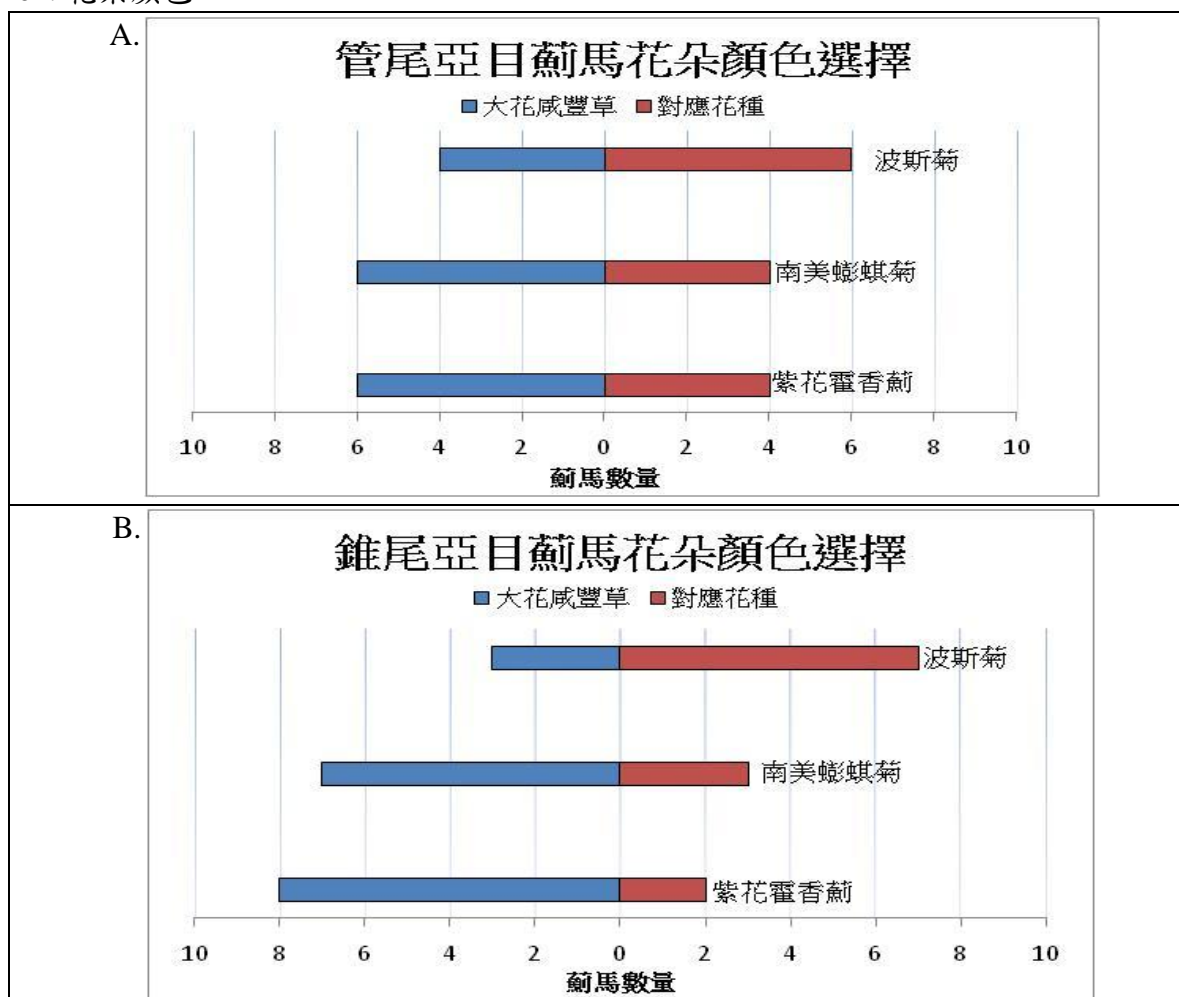
(2) 同在大花咸豐草上，薊馬對有無薊馬痕跡氣味的選擇性



▲圖 15：薊馬對有無薊馬痕跡氣味的選擇性  
(二項式檢測：\*表  $p < 0.05$ ；\*\*表  $p < 0.01$ ；\*\*\*表  $p < 0.001$ 。)

在同為大花咸豐草花朵下，給與薊馬選擇有無薊馬痕跡氣味的實驗中，我們發現薊馬明顯傾向有薊馬氣味沾染過待的大花咸豐草(管尾亞目 P 值 $<0.01$ )，且根據實驗記錄，無論管尾亞目或錐尾亞目薊馬，其作出選擇所需花費的時間明顯比選擇不同花種還要更快，代表薊馬對於痕跡氣味非常敏銳。現已將花朵進行氣相層析檢測，期望能找出內含物的差異。

02. 花朵顏色



▲圖 16：薊馬對花朵顏色的選擇性。A.管尾亞目；B.錐尾亞目。  
(二項式檢測：\*表  $p < 0.05$ ；\*\*表  $p < 0.01$ ；\*\*\*表  $p < 0.001$ 。)

當選擇性實驗改將花朵以色卡代替實體形式時，我們發現管尾亞目選擇大花咸豐草的次數未必比對應花種多，甚至錐尾亞目薊馬在遇到波斯菊時選擇反應較大花咸豐草還強烈(圖 16A)，然經統計分析也發現顯著差異並不大 ( $p$  值 $>0.05$ )，不確定這是因為薊馬本身對於顏色辨識度不高以至於選擇性並不如嗅覺上明顯。還是實驗用色卡無法完全反映出實際花朵的顏色。

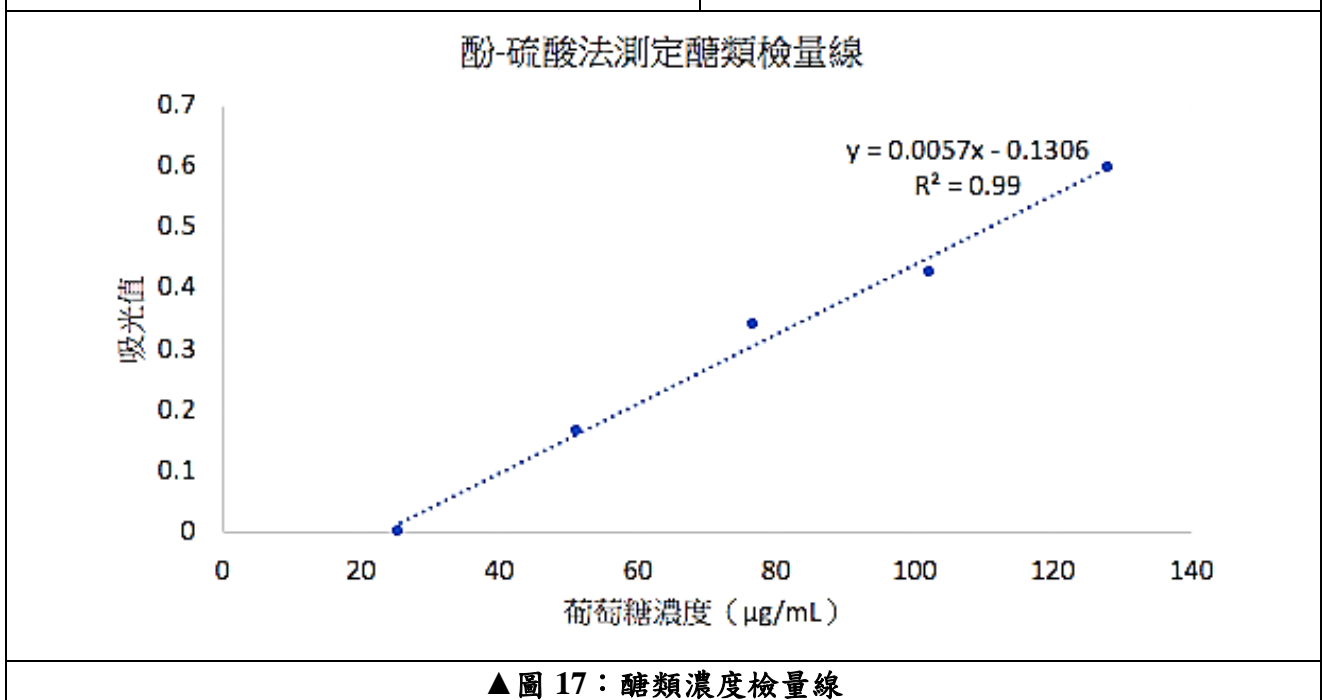
### 03. 花朵醣類濃度

- (1) 分析大花咸豐草花朵在不同開花期的醣濃度，發現在花朵發育成熟，授粉時的三、四花期，醣濃度是最高的。
- (2) 分析不同花種間的醣類濃度，發現大花咸豐草花內醣濃度大於其他三種植物 ( $n=3$ )，即使操作過程中會遇到不同次採集之樣本內醣濃度有所變動，但大花咸豐草的花朵含醣量依舊是所有實驗花種中最高的。
- (3) 在本實驗中不同花種的大花咸豐草是採用三、四花期的花朵，但在不同花期比較中其數據遠小於不同花種中大花咸豐草的數據，顯示採樣樣區與時間不同可能會造成這種差異。

	平均吸光值 ( $n=3$ )	對應平均濃度 ( $\mu\text{g/mL}$ )		平均吸光值	對應平均濃度 ( $\mu\text{g/mL}$ )	
花期一	0.104	41.2	<b>大花 咸豐草</b>	<b>0.367</b>	<b>87.2</b>	
花期二	0.098	40.1		紫花 藿香薊	0.201	58.1
<b>花期三</b>	<b>0.170</b>	<b>52.7</b>		南美 螞蟥菊	0.283	72.5
<b>花期四</b>	<b>0.235</b>	<b>64.1</b>		波斯菊	0.252	67.1
花期五	0.075	23.0				
花期六	0.042	36.0				

▲表 4：不同花期的大花咸豐草花朵醣濃度分析

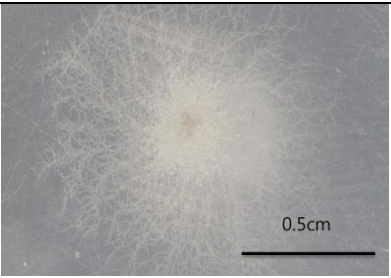
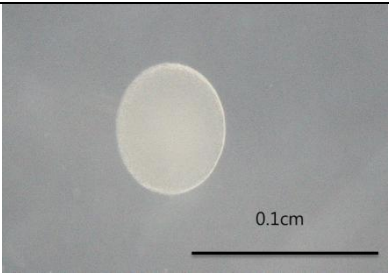
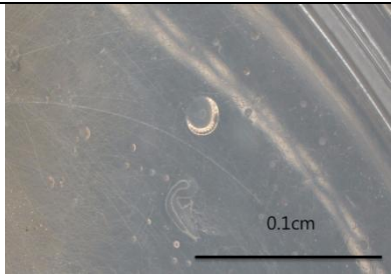
▲表 5：不同花種內的醣類濃度分析



(三) 比較薊馬體內與大花咸豐草花朵上固氮菌相之關係

01. 菌落分析

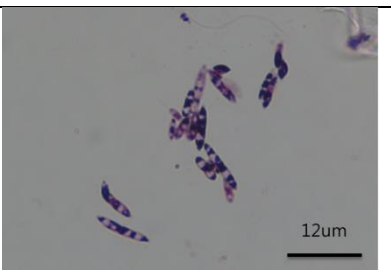
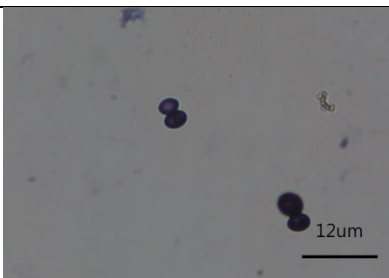
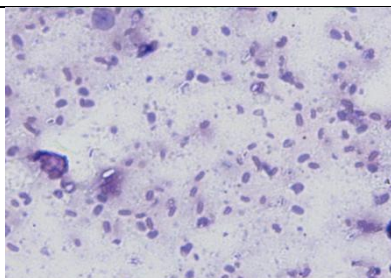
- (1) 利用固氮菌培養基所培養出的所有菌相，可依據菌落型態初步分成三類（如表 6），  
 菌落 A：菌落較大、型態上有細絲向外擴散分佈；  
 菌落 B：菌落很小、白色且緻密；  
 菌落 C：菌落大小介於 A、B 中間、型態透明似同心圓。
- (2) 比較昆蟲體內菌相與各花期之間的關係，發現大花咸豐草花朵的所有開花期皆能培養出上述 A、B、C 三種菌落，而薊馬體內也能出現類似菌落，其中，管尾亞目出現其中 A、B 兩種，錐尾亞目則可找到 A、B、C 三種菌態。

編號	A	B	C
菌落樣態			
花期菌種	花期一~六		
薊馬菌種	管尾亞目、錐尾亞目	管尾亞目、錐尾亞目	錐尾亞目

▲表 6：菌落形態體分析

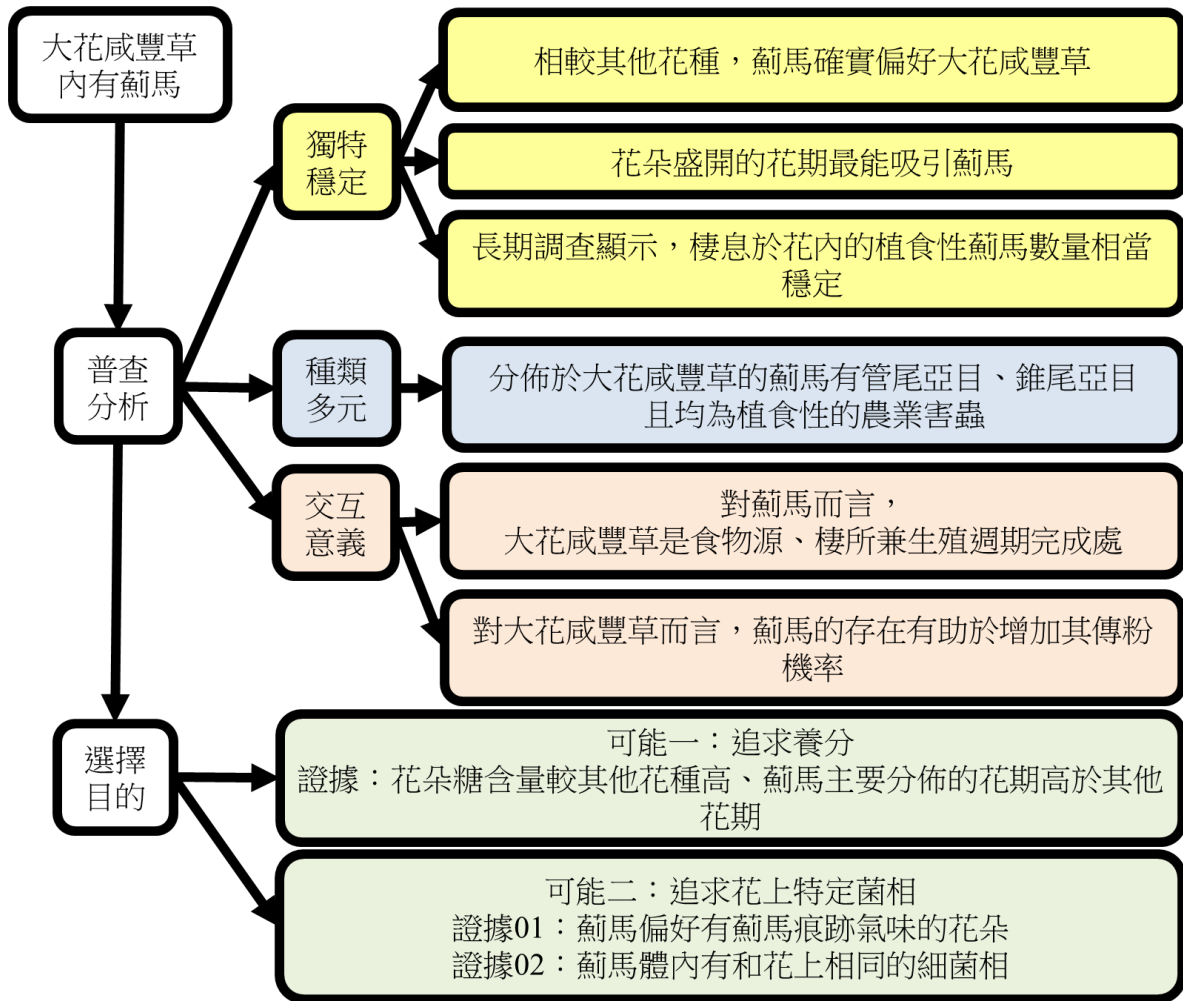
02. 菌體分析

- (1) 經過革蘭氏染色後我們發現 A 菌為桿狀，B 菌為球狀，而 C 菌為球狀。A、B 為革蘭氏陽性菌，C 菌則是革蘭氏陰性菌。

編號	A	B	C
菌落樣態			

▲表 7：菌體形態分析

# 討論及應用



▲ 圖 18：研究結果綜合討論

一、薊馬於大花咸豐草的分布是一個獨特且穩定的現象。

(一) 薊馬對於大花咸豐草具偏好性。

本研究從去年 12 月至今，我們發現薊馬相較於其他野花確實偏好居住於大花咸豐草上，且長期追蹤一周族群量後，我們也發現薊馬出現於大花咸豐草中是個穩定的現象。推測可能原因為大花咸豐草生長期長，為多年生，且全年開花，繁衍力強，因此普遍分佈於全國各地，使薊馬能夠持續在大花咸豐草內生存【吳佳奇,2019】。

(二) 大花咸豐草在薊馬的生存扮演一個極重要的角色。

根據薊馬於花上的行為分析，可以觀察到幼蟲、成蟲、卵等生活期，至於沒看到的蛹，根據文獻在薊馬結蛹時會跳離植株而於土壤中生活，因此可能無法在大花咸豐草花上觀察到蛹的生活期；我們也在花朵上觀察到攝食、打鬥、交配等多樣的行為。由此可知大花咸豐草對於薊馬來說可能是個穩定的棲息地以及繁衍地。根據文獻，植食性薊馬若不至於影響植株生育或果實的形成，適當數目薊馬的存在反而有助於授粉作用的完成【王清玲,2002】。在本次實驗觀察中，我們確實有觀察到薊馬於花內爬行時身上會沾染花粉，可能有助於大花咸豐草授粉，使大花咸豐草繁殖更盛，進而使薊馬棲息地增加、擴張其族群數量。



### (三)種類多元性

本次實驗所採集到的大花咸豐草內薊馬，經鑑定顯示有屬於錐尾亞目的尖角薊馬、南黃薊馬、花薊馬以及管尾亞目的中國薊馬。根據文獻發現以上數種薊馬皆為植食性，且已在過去記錄中確認會對經濟作物造成損失（如下表），其中南黃薊馬與尖角薊馬甚至會帶有番茄斑萎病毒屬(*tomspovirus*)病毒，會藉由吸食動作來傳播病原體【黃莉欣,2012】。此現象顯示，危害經濟作物的薊馬原來更容易在田埂邊常見的野花中出現，是否意味薊馬農害在防治上，可以從管控週邊野草的方式切入？未來值得進一步探討。

	種類	危害作物	危害部位
錐尾亞目	花薊馬	香蕉、蝴蝶蘭	花
	尖角薊馬	瓜類、茄子	葉、幼果
	南黃薊馬	瓜類、茄子、豆類、青椒	葉
管尾亞目	中國薊馬	水稻、大麥、小麥	花

▲表 6：本次實驗薊馬之危害現況【王清玲,2002】

## 二、薊馬的偏好選擇可能與嗅覺、味覺感測特定物質有關

### (一) 植物組織內含物含量差異，應是薊馬覓食的考量。

根據行為的實驗，薊馬有覓食的行為，且在不同野花的醣類濃度分析，大花咸豐草的醣類濃度確實高於其他花種，而在不同花期的醣類濃度分析後薊馬分佈最多的大花咸豐草花期醣類濃度明顯高於其他期。顯示大花咸豐草的養分充沛性可能導致薊馬為了覓食需求而選擇大花咸豐草作為其食物來源兼居住地。但薊馬是如何感受醣類濃度的呢？根據文獻，我們認為薊馬在飛行時無法對於植物是否含有充足的養分進行分析，必須要停駐於植物體上以其味覺受器進行感應【王琛柱,2007】。

### (二) 嗅覺是薊馬選擇大花咸豐草的主要依據

01. 本研究進行不同花種類的選擇實驗時，發現薊馬以氣味判別大花咸豐草花朵的靈敏度明顯優於視覺。根據文獻，花朵會有許多揮發性化合物使昆蟲嗅覺能夠收到並且選擇其花朵，因此推測薊馬會依循大花咸豐草特殊氣味而來到花上。根據文獻，植物的氣味可能與自身特性或是其他生化代謝有關，究竟花種類之間的化合物差異為何？薊馬追隨此氣味來到大花咸豐草上究竟有什麼益處？這些都是未來值得繼續發展的方向。
02. 當本實驗進行有無薊馬痕跡氣味的花朵選擇實驗時，發現薊馬普遍高度且專一地選擇有薊馬軌跡氣味的花朵，這顯示薊馬可能會去追求同伴所遺留下來的某種物質。近期已將兩組花朵進行氣液色譜法（Gas chromatography）分析，期望能找出究竟是何種物質會影響薊馬選擇，盼能藉此關鍵物質的研究輔助薊馬農害防治上的發展。
03. 在不同花期薊馬分佈量中，薊馬偏好第三、四花期的大花咸豐草。有文獻以氣相層析法分析梔子花在不同花期所散發出的化合物，發現不同花期間的揮發性化合物比例成分會有差異，我們同理推測大花咸豐草在不同花期時散發出的氣味可能也會有所不同，或許也是影響薊馬選擇的變因之一。

### 三、薊馬的固氮菌來源是個值得研究的課題

#### (一) 薊馬可能與蚜蟲一樣可以藉植物傳播固氮菌

根據文獻我們了解植食性昆蟲因為植物體內缺乏氮源，因此在生長過程中體內需要固氮共生菌幫助昆蟲製造氮元素。過去曾有研究與薊馬食性類似的蚜蟲體內固氮菌來源，發現菌源大致可分為兩類：1.由母體水平傳播的初生共生菌，以及 2.後天得到的次生共生菌。研究表示次生共生菌有可能是藉由寄主植物的蜜露和腹管分泌物傳播給尚未感染共生菌的蚜蟲。根據本次研究實驗中固氮菌培養基養出的菌落結果，發現兩種薊馬體內的菌落樣態與大花咸豐草上的菌落樣態有相似性，故推測薊馬可能也可以如同蚜蟲一樣，藉由植物傳播固氮菌給尚未感染共生菌的薊馬【張焱,2016】。未來希望能將不同菌落進行定序，以釐清種源關係。

#### (二) 共生菌可能可以改變花朵的氣味進而影響薊馬的選擇

根據文獻，花朵會有許多揮發性化合物使昆蟲嗅覺能夠收到，進而影響其選擇。曾有文獻探討油菜花上的細菌影響花朵的代謝，發現微生物會使花朵散發氣味改變、進而影響昆蟲訪花次數【Gerard Farré-Armengol Robert R. Junker,2019】。我們好奇薊馬是否會因為大花咸豐草花朵表面的細菌影響氣味而選擇到此花朵居住，未來希望往此方向探討。

#### (三) 薊馬體內固氮菌呈現多樣性，無法短時間了解其機制

雖然大花咸豐草花朵與薊馬體內的固氮菌相有相同性，但是除了實際序列的分析不明外，在不同樣區中的固氮菌相也非常多元。故未來希望設立多個樣區並追蹤其固氮菌相，甚至以實驗室種植的方式來釐清種源關係。

### 四、薊馬對於大花咸豐草的偏好性或許可以提供農害防治上的建議

根據鑑種結果，棲息於大花咸豐草花朵上的薊馬均是會危害作物的農業害蟲，然而雜草、農作物與害蟲之間的生態平衡是一個很複雜的作用。根據文獻，農田生態系中部分雜草在蟲害與植物病害之傳染途徑中亦擔任傳染病原菌之媒介。但是也有文獻表示部分病原昆蟲會被雜草的特殊氣味吸引，而降低作物病害的發生，如甲蟲 (*Phyllotreta cruciferae*) 較喜歡混雜在芥藍菜田間的小油菜，因為小油菜含有的異硫氰酸烯丙酯 (allyl isothiocyanate) 濃度較芥藍菜為高，而此種化合物對甲蟲吸引力很強，因此促使甲蟲遷離作物植株。相同的，大花咸豐草是否可能滋長薊馬的族群數量，抑或是吸引薊馬而減少農作物的損害？薊馬、大花咸豐草與作物間能否有什麼相互評核或牽制地農害防治發展？我們期盼未來能繼續探討之。

# 參考文獻

## 一、中文

- (一)張念台編(2002)。植物防疫檢疫重要薊馬類害蟲簡介。
- (二)陳書憲、蔡佳彬、劉瓊霏(2011)。不同光度處理對台灣三種原生闊葉樹苗木碳水化合物累積和分配的影響。林業研究季刊
- (三)張焱 張毅波 張婧 郭建洋 郭建英 劉懷 萬方浩(2016)。刺吸式昆蟲次生內共生菌的研究進展。西南大學植物保護學院
- (四)王清玲編(2002)。台灣薊馬生態與種類:繸翅目、錐尾亞目。行政院農業委員會農業試驗所出版
- (五)如何判斷昆蟲的翅脈那條是那條 取自 <https://reurl.cc/Wd1v4Z>。痞客邦。
- (六)吳佳奇(2019)。大花咸豐草
- (七)黃莉欣 曾獻嫻 李如婷 陳宗祺(2012)。瓜園薊馬發生與番茄斑萎病毒屬罹病之關係。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所
- (八)王清玲, 薊馬的生物防治, 蠶蜂業專訊-昆蟲天敵, NO.19, P7, 1997.3(農藥)
- (九)林鳳琪(2018)。終結薊馬之亂! 林鳳琪研究天敵相助, 小黑花椿象讓有機彩椒園重生。上下游
- (十)王琛柱 欽俊德(2007)。昆虫与植物的协同进化:寄主植物-铃夜蛾-寄生蜂相互作用 中国科学院动物研究所 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室
- (十一)廖信昌、廖蔚章。顏色黏板、塑膠布及氣味化合物配合植物萃取物對茄園南黃薊馬之防治效果
- (十二)黃莉欣、曾獻嫻、李如婷、陳宗祺(2012)。瓜園薊馬發生與番茄斑萎病毒屬罹病之關係行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所行政院農業委員會動植物防疫檢疫局亞洲大學生物科技學系

## 二、英文

- (一)Gerard Farré-Armengol Robert R. Junker (2019)。Bacteria associated with flowers affect the reproductive success of *Brassica napus* L. via scent-mediated interactions with pollinators University of Salzburg

## 附錄一：細菌培養基配方

### ☒ 一般培養基配方

成分	需求量
蛋白朊	0.5g
酵母粉	0.2g
洋菜	1.5g
蒸餾水	100ml

### ☒ 固氮菌培養基配方

成分	需求量	成分	需求量
Glucose	5.00 g	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.90 g
Mannitol	5.00 g	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.10 g
CaCl <sub>2</sub> x 2 H <sub>2</sub> O	0.10 g	FeSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O	0.01 g
MgSO <sub>4</sub> x 7 H <sub>2</sub> O	0.10 g	CaCO <sub>3</sub>	5.00 g
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> x 2 H <sub>2</sub> O	5.00 mg	Agar	15.00 g
		Distilled water	950.00 ml