

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

佳作

030311

捕「蜂」捉「癭」~探討一種未知寄生蜂的生態
及對椴果壯鋏普癭蚋寄生模式

學校名稱：高雄市立明華國民中學

作者： 國二 李昂勳 國二 李奕萱 國二 劉珈琳	指導老師： 蘇育弘 李冠徵
---	-----------------------------

關鍵詞：寄生蜂、寄生策略、椴果壯鋏普癭蚋

摘要

校園芒果葉自 2014 年被檬果壯銜普癭蚧寄生，癭蚧形成的癭室內發現寄生蜂存在，經熱帶園藝試驗所轉送鑑定為膜翅目袖小蜂科，*Aprostocetus sp.*，目前無文獻描述生態。寄生蜂卵及幼蟲期約 18~20 天，蛹期 8~10 天，成蟲 8~10 天。成蟲雌性(1.53± 0.13mm)較雄性(1.15± 0.11mm)大，雌蟲具紅棕色產卵管。秋冬時，蟲體腹背有單一條紋，雌雄位置不同；夏季時，田野及溫控實驗顯示高溫會提升寄生蜂多條紋比例。田間寄生蜂雌雄比為 0.7：1，會行孤雌生殖。寄生蜂在癭蚧 2 及 3 期癭室時寄生，由葉背產卵至癭室內，外寄生且為單一寄生。被寄生癭室停止增厚且外型變大，雌雄蟲羽化通道大小不同且位置不固定。人工放蜂能減少 30.93%癭蚧成蟲，為自然寄生之抑制率的 1.5 倍，具有生物防治潛力。

壹、研究動機



圖 1 學校餐廳外的芒果樹

學校餐廳外芒果葉上的小黑點是由檬果壯銜普癭蚧所形成的癭室，癭室內觀察到有天敵寄生蜂的存在，查詢並請教農委會熱帶園藝所的研究員關於寄生蜂的生態，發現寄生蜂目前沒有任何文獻記錄，關於寄生蜂相關資料，目前還是充滿許多疑問，也引起我們很大的興趣，想要了解寄生蜂外觀型態、生活史及生殖模式，並討論寄生蜂對癭室的寄生選擇策略。另外，在進入初夏時的寄生蜂出現了多條紋現象，這是否和溫度的變化有關呢？這些問題讓我們決定進行一系列的實驗來探討，在熱帶園藝試驗所研究員的協助下，除了校園內的芒果樹，並到試驗所的芒果園進行套網及實驗，期待能揭開這種神祕寄生蜂的面紗，並進一步討論生物防治可能性。

貳、研究目的

- 一、記錄寄生蜂的外觀型態及性別特徵
- 二、探討溫度對寄生蜂腹背條紋的影響
- 三、探討寄生蜂的寄生選擇策略
- 四、探討寄生蜂生殖模式及對寄生癭室的影響
- 五、癭蚧、寄生蜂田野調查與族群抑制



圖 2 寄生蜂寄生的蟲癭



圖 3 寄生蜂具紅色複眼

參、研究器材與設備

一、寄生蜂型態觀察及生活史調查方面：

解剖顯微鏡、電子目鏡、相機、筆電、培養皿、鑷子、解剖針、解剖刀

蟲網套袋(大、小)、養蟲小方格、蜂蜜水、細毛筆、自製取蜂器(寶特瓶、50cc 離心管)

二、寄生選擇策略方面

蟲網套袋、保利龍膠、趨性 pp 色板(不同綠色*3、黃、紫、紅等共六色)、黏蟲膠

電子游標尺、塑膠繩、電子天平、方格紙

三、寄生對癭室影響

自製耐壓測量器(燒杯、鐵絲、pp 板、砝碼、銅片、木製底座)、解剖顯微鏡、測微軟體

四、溫度對寄生蜂條紋影響方面

保特瓶水、溫控室、發展至 3 期蟲癭芒果葉、解剖顯微鏡

校園內芒果樹上椽果壯缺普癭蚧形成的癭室，高度與直徑皆約為 1~2mm，其中所發現的天敵寄生蜂~釉小蜂，生活史有大部分的時間都在癭蚧的癭室內完成，肉眼較難以觀察，為了確認寄生蜂的寄生策略與型態發展，利用解剖顯微鏡觀察記錄，並以電子目鏡連接筆電進行拍照與錄影，進行實驗觀察與記錄。

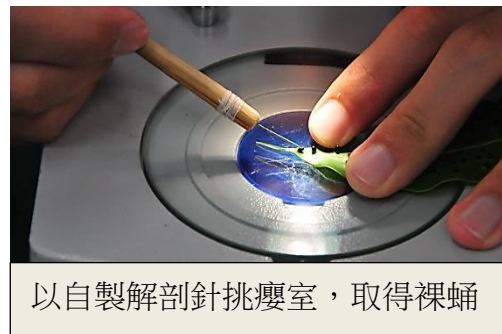


圖 4 請教園藝試驗所研究員以自製解剖針挑蛹



圖 5 園藝試驗所芒果園網袋包覆實驗



圖 6 至附近大學進行溫度對寄生蜂條紋影響

肆、研究過程及方法

一、記錄寄生蜂的外觀型態及性別特徵

(一)查閱相關文獻

◎檬果壯銻普癭蚧與其寄生蜂簡介

蟲癭，是由昆蟲刺激植物組織所產生的不正常增生現象。本校芒果樹出現的蟲癭就是癭蚧所造成，這種癭蚧在 2011 年熱帶園藝試驗所接獲高雄市小港區通報的物種，中文名稱為檬果壯銻普癭蚧，於葉面形成密集癭室，可能影響芒果產量，目前被農業單位列為新入侵害蟲。

前年在學長姐的報告中，針對校園內的癭蚧進行了一系列的實驗，也獲得了初步的結果，而在他們研究後期所觀察發現的天敵寄生蜂，由於外觀為具有赤眼蜂的重要特徵(紅眼)，因此一度誤判為赤眼蜂科(Trichogrammatidea)昆蟲。去年，我們在熱帶園藝試驗所研究員的協助下，將標本送至中部大學昆蟲系教授鑑定，鑑定的結果確認癭室內的寄生蜂為膜翅目絨小蜂科，*Aprostocetus* sp. (目前未有中文命名)，*Aprostocetus* 屬在台灣有六種。

寄生蜂的寄生型式分為內寄生及外寄生。絨小蜂科又稱為姬小蜂科，目前有 26 屬 70 多種，絨小蜂科的寄生模式差異很大，如亮腹絨小蜂為柑橘木蝨重要天敵，具卵寄生及外寄生兩種型式；可可椰子紅胸葉蟲之寄生絨小蜂則屬蛹寄生蜂。此外，2003 年發生的刺桐絨小蜂及 2010 年桉樹枝癭絨小蜂，屬於造癭害蟲，造癭小蜂會形成蟲癭造成受感染樹種嚴重危害。

綜合相關文獻整理，校園裡發現的這種絨小蜂，屬於外寄生，與上述提及的造癭絨小蜂不同，並不會形成蟲癭，而是進入檬果壯銻普癭蚧形成的癭室內寄生，寄生入侵模式與一般絨小蜂科昆蟲不同，寄生蜂的寄生模式一般是看到蟲子才產卵，而本研究的寄生蜂則是看到蟲癭產卵。此



圖 7 寄生蜂與檬果壯銻普癭蚧癭室

絨小蜂為台灣新記錄的關係，尚無文獻對此種昆蟲進行型態及生活史描述，因此我們想要利用此次研究的機會，由基本的型態及生活史觀察開始，接著探討寄生蜂的寄生策略、生殖模式及寄生對蟲癭的影響，並進行癭蚧與寄生蜂的田野調查，試著找尋生物防治的可能性。夏天時，觀察到成蟲有不同條紋現象，進一步探討溫度影響發育的情形。希望由這一系列的觀察及實驗，獲得足夠的資訊，以了解這種特別的生物，提供寄生蜂的基礎生態資料。

(二)樣區與型態、性別觀察

1. 樣區選擇：為了解不同區域芒果葉上蟲癭內寄生蜂型態及寄生模式是否具一致性，在園藝試驗所協助下，選擇了 2 個研究樣區。學校餐廳旁芒果樹，共有 4 棵，高度約 2~3 米；園藝試驗所芒果園(圖 8)，共 36 棵，高度約 3~4 米。研究時間為 2015/10 月~2016/6 月
2. 寄生率計算：在學校及試驗所的芒果樹，各採集 12 片具有蟲癭葉片，置於顯微鏡下，以解剖刀處理，檢視是否遭到寄生，並計算寄生率。

註：寄生率計算方式：被寄生蟲癭數(寄生數) / 葉上蟲癭總數(總數)

3. 型態、性別觀察：採集具有蟲癭的葉片，以自製解剖針仔細挑除癭殼，置於解剖顯微鏡下檢視是否遭到寄生，並觀察記錄不同時期寄生蜂的外部形態數值與階段時間：
 - (1) 幼蟲飼養：將幼蟲與癭室連同癭柄幼蟲由芒果葉取出，置於養蟲小方格中觀察記錄。
 - (2) 蛹期觀察：若採集到寄生蜂蛹期，則單獨挑出，置於養蟲小方格中記錄變化。
 - (3) 成蟲飼養與雌雄判斷：待蛹期結束成蟲羽化，調製 20% 的蜂蜜水沾濕衛生紙供成蟲食用，記錄活動日數，並試著由成蟲外部大小量測與型態結構，找出雌雄性別差異。



圖 8 熱帶園藝試驗所芒果園



圖 9 將寄生蜂裸蛹挑出飼養觀察

二、探討溫度對寄生蜂腹背條紋的影響

研究時期在夏天時(4~6 月)，我們發現蟲癭內寄生蜂腹背的條紋有別於秋冬及春天的條紋數量，寄生蜂條紋數在不同季節有著顯著的差異，這是否與溫度有關，我們進行以下實驗。

1. 野外環境條紋數差異比較。採集 5 月底時發展至黑色蟲癭葉片 3 片(三重覆)，取回觀察。
2. 溫度控制實驗。採集剛發展至黑色蟲癭後一週的芒果葉三叢(每叢約 9~11 片)，插入保特瓶中提供水分(圖 10a)，並置入附近大學的溫控室，溫度設定為 20°C 左右(圖 6)，使蟲癭維持在較低溫環境下，模擬南部秋冬的氣溫(圖 10b)。待兩週後取回，置於顯微鏡下觀察。
3. 設立對照組，採集條件如上，溫度維持在環境溫度，約 30°C 左右。



圖 10a 以保特瓶提供芒果枝條水分



圖 10b 置於溫控室內模擬較低溫環境

三、探討寄生蜂的寄生選擇策略

椽果壯缺普瘿蚧的重要特徵就是黑色堅硬的瘿室，這讓我們很好奇天敵寄生蜂的寄生策略是什麼，不僅搜尋到蟲瘿又能突破看似堅硬無比的瘿室殼進入，不但獲得養分又能住進瘿蚧建好的瘿室獲得保護，因此我們將寄生策略分為下列幾個項目進行探討：

(一)寄生方位的選擇

在學長姐的研究報告中，瘿蚧在選擇寄生芒果葉時會有方位上的差異，因此我們想了解寄生蜂是否也有方位上的寄生選擇差異。

1. 將芒果樹分為面對南方及北方兩個方位，各採集南、北兩個方位具蟲瘿葉片各 6 片。
2. 將採集葉片放於解剖顯微鏡下處理，計算並比較不同方位的寄生率。

(二)瘿室數量對寄生蜂的影響

瘿蚧在芒果葉所形成的瘿室有數量上的差異，當寄生蜂飛近瘿室選擇寄生時，葉上不同數量的瘿室是否會對寄生蜂造成影響，而影響寄生情形，使得寄生率有所不同。

1. 採集單一葉片上具有不同數量瘿室的芒果葉 30 片(圖 11)。
2. 置於解剖顯微鏡下處理，計算寄生率，以了解瘿室數量對寄生蜂選擇寄生的影響。



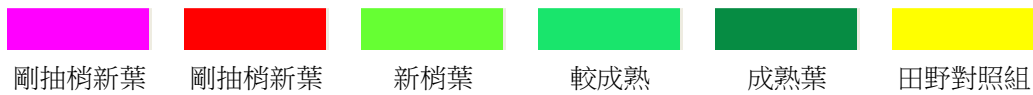
圖 11 芒果葉上不同數量的瘿室

(三)模擬葉片顏色及黑點的誘引性

昆蟲對於顏色非常敏感，芒果葉在不同時期有不同顏色，我們進行趨性實驗以了解顏色(模擬不同時期葉片)對寄生蜂的吸引，並在色板上畫下黑點，用以了解單色與加入模擬瘿室黑點的色板對寄生蜂誘引情形，並藉趨性實驗來收集大量寄生蜂成蟲以觀察型態。

1. 選擇六種不同顏色 pp 色板，裁成長寬為 10x4 cm。每種顏色分為單色及模擬蟲瘿黑點兩種(圖 12a)，共 12 片，塗抹上蟲膠，以鐵絲懸掛於具有蟲瘿芒果葉附近。

註：6 種顏色分別為



2. 懸掛一週後將黏蟲板取回，計算不同色板上的寄生蜂數量及瘿蚧數量，三重覆取平均值。

(四)寄生蜂的活動時間探討

初步肉眼觀察，寄生蜂在一日不同時段的活動力似乎有所不同，這可能與寄生的時間有關，因此我們將趨性實驗結果中能取得最多寄生蜂的色板作為活動時間的黏蟲板顏色。

1. 將色板裁成長寬為 10x4 cm，並抹上蟲膠。懸掛時間為上午 08：00~下午 18：00，每隔 2 小時取回及懸掛新的黏蟲色板，並計算取回黏蟲板上寄生蜂數量。三重覆取平均值。



圖 12a 模擬芒果葉上蟲瘿



圖 12b 均勻將蟲膠抹在色板上



圖 12c 黏蟲板懸掛芒果葉附近

(五)寄生蜂寄生時期的選擇

瘿蚧形成的瘿室，在羽化之前具有三個不同階段的外觀型態發展，為了了解寄生蜂於哪一個時期寄生，我們在不同瘿室發展時期以網袋包覆，以進行寄生蜂寄生時期確認。

註：蟲瘿發展時期分別為一期(初期)；二期(綠色蟲瘿時期)；三期(黑色蟲瘿時期)及羽化期

1. 選擇不同時期發展葉片(一、二、三期)，各取三片，分別以網袋包覆，並待套網內葉片蟲瘿都進入黑色蟲瘿後一週 採集回實驗室記錄瘿室內被寄生情形。三重覆實驗取平均值。

(六)寄生蜂寄生與離開瘿室途徑

高度木質化的瘿殼是瘿蚧形成的瘿室最重要的特徵，這讓我們非常好奇寄生蜂是如何進入寄生以及離開瘿室，我們在試驗所及學校利用網袋的黏覆來進行確認。

1. 進入瘿室途徑測試：

選擇具有初期或 2 期初蟲瘿葉片，試驗所及學校各 6 片，每個實驗各取 3 片進行如下：

(1) 測試上表皮進入，將下表皮包覆(將網袋裁下，利用保利龍膠黏覆避免寄生蜂進入)，

黏覆葉片蟲瘿發展為 1~2 期初，待發展至黑色蟲瘿後一週取回記錄。(圖 13b)

(2) 測試下表皮進入，將上表皮包覆。實驗步驟同上，改為將上表皮黏覆網袋。

2. 離開瘿室途徑確認(圖 13a)：

- (1) 選擇具有 3 期瘿室的葉片，試驗所及學校各 6 片，每個實驗各取 3 片。
- (2) 測試下表皮離開：將下表皮以網袋黏覆，待羽化檢查下表皮網袋內是否有寄生蜂出現。
- (3) 測試上表皮離開：步驟同上，但黏覆上表皮。



圖 13a 保利龍膠黏網袋，收集離開成蟲



圖 13b 下表皮包覆，測試寄生途徑

四、探討寄生蜂生殖模式及對寄生瘿室的影響

在文獻中，查詢到袖小蜂科的昆蟲具有孤雌生殖的現象，於研究目的一了解性別特徵及計算黏蟲板後的雌雄比例，進行孤雌生殖探討，接著並討論寄生蜂寄生後對瘿室的影響。

(一)孤雌生殖的可能性

1. 選取具有初期蟲瘿的芒果葉 3 片，以網袋包覆避免寄生蜂寄生(圖 14a)。以離瘿培養的方式，將取出的寄生蜂裸蛹置於養蟲小方格中(圖 14c)，待羽化成蟲後判斷性別。
2. 待初期蟲瘿發展至 2~3 期時，取出自行培養的雌蟲以人工放蜂方式置入網袋中(4 隻)
3. 待約 5 週後，寄生蜂離開寄生的瘿室，計算網袋內的成蟲數量及判斷性別。



圖 14a 初期蟲瘿包網待放蜂

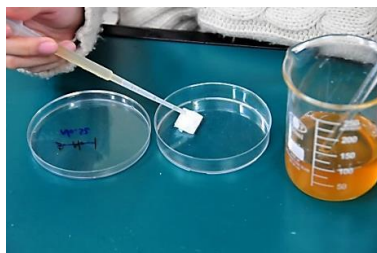


圖 14b 蜂蜜水飼養羽化寄生蜂



圖 14c 以養蟲格篩選雌蟲放蜂

(二)寄生瘿室厚度的改變

1. 採集剛羽化後瘿室殼尚帶有瘿蚋蛻皮的芒果葉數片，以解剖顯微鏡檢視未有完整羽化孔瘿室，以解剖刀縱切，確認為寄生蜂寄生瘿室(N=20)，拍照量測厚度。
2. 採集三期蟲瘿及瘿蚋羽化後空瘿室，縱切後測量厚度，與寄生蜂寄生後瘿室厚度比較。

(三)寄生瘿室大小的改變

選擇剛羽化後癭室殼尚帶有癭蚧蛻皮的芒果葉數片，判斷為寄生蜂寄生癭室後，以電子游標尺測量癭室(N=30)的高度及直徑，並同時量測癭蚧羽化後空癭室之直徑與高度(圖 15a)。

(四)寄生癭室結構耐重的改變

1. 採集具有三期黑色蟲癭及羽化後癭蚧癭室、寄生蜂寄生後癭室(皆各取 20 個)葉片數片。
2. 以自製耐壓裝置進行(圖 15b)，將砝碼逐次加入燒杯，直至癭室外殼破裂，記錄砝碼重量。



圖 15a 電子游標尺量測癭室高度及直徑

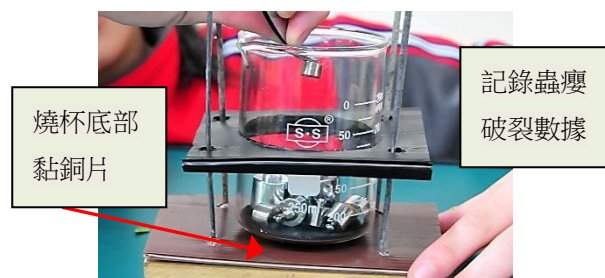


圖 15b 自製蟲癭耐壓裝置

(五)寄生蜂離開的通道

1. 於孤雌生殖實驗中，在寄生蜂離開後，將癭室置於顯微鏡下量找尋通道，並量測通道大小。
2. 採集其它剛羽化癭蚧空癭室葉片，找尋寄生蜂寄生離開通道，量測大小，了解性別差異。

五、癭蚧、寄生蜂田野調查與族群抑制

椽果壯鉅普癭蚧為南部威脅芒果產葉的重要害蟲，在探討寄生蜂的基礎生態後，我們也做了田野調查，以了解癭蚧及寄生蜂間的出現情形，並試著人工放蜂探討防治的可行性。

(一)椽果壯鉅普癭蚧與寄生蜂田野調查

每週日在校園的芒果樹間，以逢機取樣方式採集 3 片芒果葉，記錄癭室其中的癭蚧及寄生蜂不同時期的發展。癭蚧卵期以新梢葉被寄生為主，兩種成蟲皆以現場觀察為主。

(二)探討人工放蜂對癭蚧族群數的影響

1. 選取具有初期蟲癭的芒果葉 3 片，以網袋包覆，並待其發展至 2~3 期蟲癭的葉片，進行放蜂，每個網袋放入 5 隻(環境捕捉)。
2. 設立對照組，分為無寄生組與自然寄生組。無寄生組為將初期蟲癭 3 片包覆，避免被寄生；自然寄生對照組為選擇 3 期蟲癭葉片 3 片包覆網袋。(進行二重覆取平均值)
3. 待癭蚧羽化後，計算網袋內的癭蚧成蟲數，比對羽化成功率，比較對族群抑制效果。

伍、研究結果

一、記錄寄生蜂的外觀型態及性別特徵

椽果壯缺普癭蚧在 2011 年在高雄出現，校園內的芒果樹很快地也被感染。族群擴散後，隨之而來的就是癭蚧的天敵出現~寄生蜂，關於這種天敵的資料幾乎無法從文獻中查詢到，為了確認型態，我們除了在校園採樣，也到試驗所採樣，並自行繪製寄生蜂的幼蟲、蛹及成蟲外觀，並測量外部的型態數值，試著找出性別差異，利用離癭培養的方法計算不同階段時間。

(一)分類地位

分類地位上，在熱帶園藝試驗所將樣本轉送中部的大學鑑定下，已知為釉小蜂科的昆蟲，鑑種進度目前到「屬」。

學名：*Aprostocetus* sp.

釉小蜂(中文尚未有名稱，暫稱為寄生蜂)：

昆蟲綱 Insecta

膜翅目 Hymenoptera

小蜂總科 Chalcidoidea

釉小蜂科 Eulophidae

屬 *Aprostocetus* sp.



圖 16 寄生蜂寄生於癭蚧癭室中

(二)樣區寄生率

在進行型態測量及培養前，我們先進行樣區的寄生率調查，了解不同區域的寄生情形。

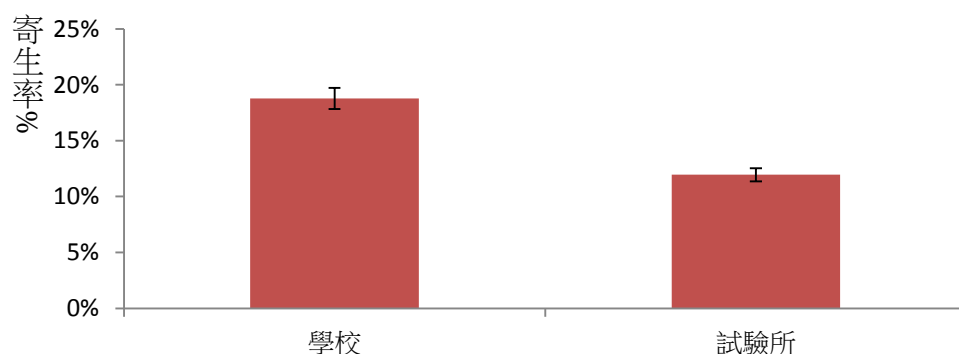


圖 17 校園及熱帶園藝試驗所蟲癭被寄生率

在寄生情形，學校及試驗所各取 12 片 3 期蟲癭的葉片，處理發現學校(N=167)及試驗所(N=161)的蟲癭都有被寄生蜂寄生的情形。學校寄生率(18.16%)較試驗所芒果園(11.95%)高。

(二) 瘿室內寄生蜂幼蟲、蛹型態觀察

在採集不同樣區蟲瘿及離瘿培養觀察，我們自行手繪不同時期的外觀，更清楚呈現外部特徵。

表 1 寄生蜂不同時期外部型態


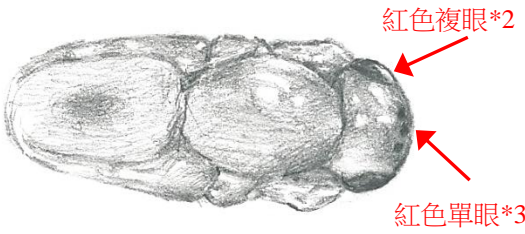
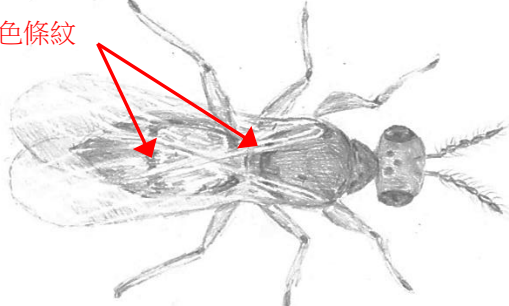
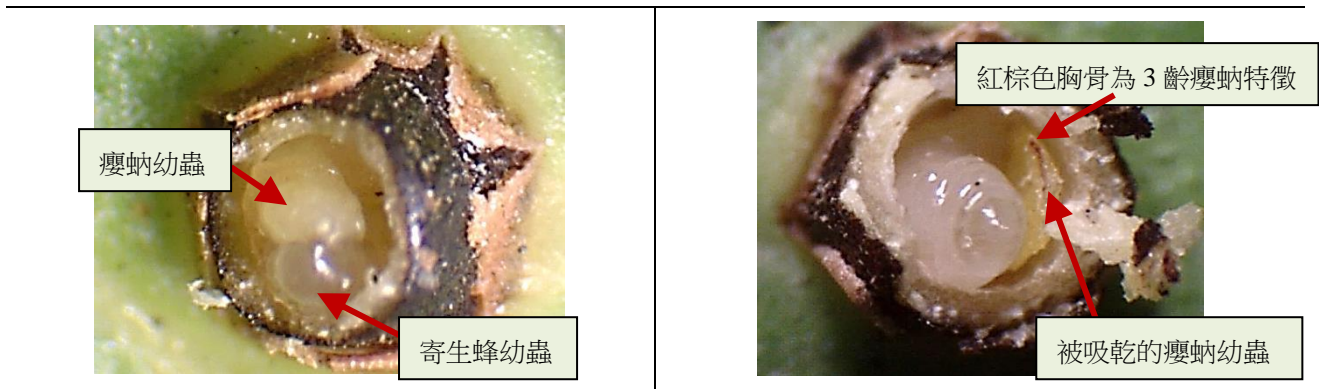
不同階段外觀	觀察結果與說明
 <p>消化管</p>	<p>◎幼蟲期</p> <p>瘿室內，寄生於瘿蚧幼蟲 2~3 期。幼蟲前期為半透明，後期轉為乳白色，腹部消化管暗褐色</p>
 <p>紅色複眼*2</p> <p>紅色單眼*3</p>	<p>◎蛹期</p> <p>寄生蜂蛹期，常可見到乾掉瘿蚧 3 齡幼蟲。剛進入蛹期，蛹呈半透明，無複眼；逐漸長出複眼、單眼，接近羽化時可看見複部背側條紋。</p>
 <p>暗褐色條紋</p>	<p>◎成蟲期</p> <p>成蟲體呈淡黃色，複部半透明，紅色複眼及單眼；胸背板下緣及腹部背側具條紋，條紋的型式分為兩大類，位中央較薄及中央偏下較厚。</p>



圖 18 幼蟲及蛹期型態：A 幼蟲期，體呈乳白色，暗褐色消化管；B~D 蛹期不同階段。B 為剛形成蛹，半透明；C 在頭部有紅棕色複、單眼出現；D 接近羽化前，背部腹部背側有條紋

(二) 瘿室內寄生蜂幼蟲、蛹型態與外部測量



寄生蜂(外寄生、吸食)與瘿蚧幼蟲共存瘿室內(左)；被寄生後瘿蚧在蛹期前(3 齡)被吸乾(右)



大部分寄生蜂的蛹，頭部朝上(左)；瘿室內挑出的蛹，瘿室內為被吸乾的瘿蚧幼蟲(右)

表 2 寄生蜂外部型態測量

幼蟲 (N=20)		蛹 (N=22)	
體長(mm)	體寬(mm)	蛹長	蛹寬
0.99± 0.14mm	0.39± 0.06mm	1.42± 0.15mm	0.57± 0.06mm

註：椴果壯鈹普瘿蚧 3 齡幼蟲，平均體長為 1.77± 0.31mm，體寬為 0.48± 0.06mm (N=22)

由觀測的結果來看，瘿蚧形成的瘿室內僅有一隻瘿蚧幼蟲，寄生蜂為單一寄生，每個瘿室也僅有一隻寄生蜂寄生生長，當瘿蚧被寄生後，無法存活至蛹期，至 3 齡時被寄生蜂吸乾，不論是寄生蜂幼蟲或是蛹期皆可發現被吸乾的瘿蚧。在測量值方面，寄生蜂不論體長或是體寬均小於 3 齡的瘿蚧幼蟲 (t 檢定結果，體長 p<0.001；體寬 p 值=0.002，達顯著差異)

表 3 椴果壯鈹普瘿蚧被寄生的影響 (寄生蜂在瘿室內行外寄生，吸食)


瘿蚧 卵	瘿蚧一齡	瘿蚧二齡	瘿蚧三齡	瘿蚧蛹	瘿蚧成蟲

被寄生瘿蚧僅存活至 3 齡，無法進入蛹期。寄生進入時間於下階段寄生策略討論

(三) 瘿室內寄生蜂成蟲型態及外部特徵

成蟲觀察的部分，我們利用採集瘿室，以及離瘿培養進行。在切開瘿蚧瘿室上端瘿殼，大多數的寄生蜂的成蟲均為頭部朝上，這可能與離開瘿室的方向有關，僅有少數頭朝下。

表 4 成蟲瘿室內型態及外部特徵

		
<p>切開瘿室內剛羽化成蟲</p>	<p>寄生蜂由切破瘿室爬出</p>	<p>少數腹部朝上，頭部朝下</p>
		
<p>成蟲體呈淡黃色，腹部卵圓形</p>	<p>成蟲口器及複眼皆為紅棕色</p>	<p>翅透明，翅脈退化僅具痣脈</p>

頭部闊圓型，胸寬為身體最寬部分，腹部卵圓形。腹背側有條紋，腹眼 2 個、單眼 3 個。

(四) 成蟲性別特徵

成蟲腹部背側具有棕黑色的條紋，我們收集了成蟲進行統計。我們進行腹部背側條紋位置的測量，測量的方式為將條紋與尾部的距離 / 腹部全長，以比值做為比較。

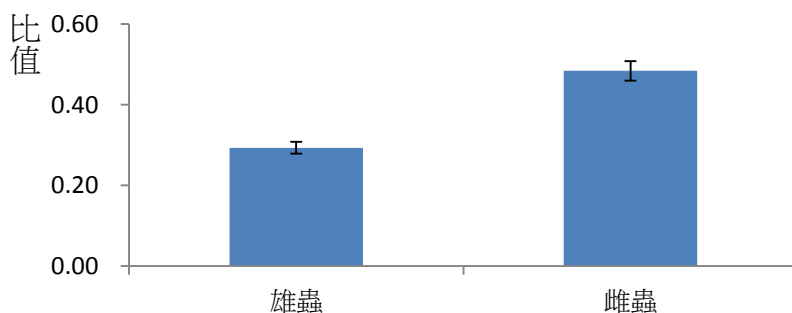


圖 19 雌雄蟲條紋所佔比值(比值為圖 21 A/B)

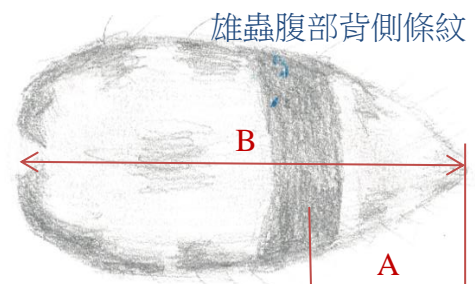



圖 20 以顯微鏡量測 A、B 距離相除

由腹部背側條紋比值結果發現(雌、雄蟲 N=16)，比值分為兩大類：0.3(雄性條紋)、0.5(雌性條紋)。比值 0.5 的成蟲，觀察到具有紅棕色的產卵管，並觀察到產卵管伸出的現象。

表 5 成蟲性別差異及外部測量

	雌蟲	雄蟲
雌、雄成蟲外觀		
腹部 背側條紋位置		
	單位 mm , N=16	單位 mm , N=16
體長	1.53± 0.13	1.15± 0.11
頭長/ 胸長/ 腹長	0.19± 0.05/ 0.54± 0.06 / 0.79± 0.12	0.2± 0.05/ 0.48± 0.04/ 0.49± 0.11
眼距/ 胸寬展/ 翅長	0.36± 0.04/ 0.43± 0.04/ 2.84± 0.31	0.29± 0.04/ 0.37± 0.05/ 2.10± 0.17

註：椴果壯鈇普癭蚋之成蟲全長為：2.1± 0.13mm (N=15)

測量統計後發現，雌蟲較雄蟲大(全長及胸寬之 $p < 0.001$ ，達顯著差異)，其它各部位型態測量均以雌蟲較大，身體最寬之處則為胸寬。寄生蜂與椴果壯鈇普癭蚋成蟲比較，相對較小。



圖 21a 雌蟲腹部中央紅棕色



圖 21b 雌蟲產卵管伸出情形

表 6 離癭自行培養的不同階段時間(養蟲小方格內)

不同階段	時間
蛹期	8± 2 天
成蟲(無食物)	4± 1 天
成蟲(蜂蜜水)	9± 1 天

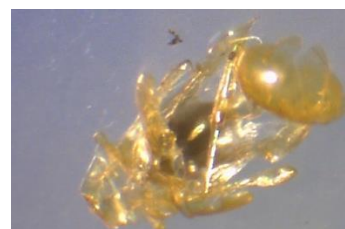


圖 22 養蟲格寄生蜂羽化後蛹蛻

飼養過程中，加入 20%的蜂蜜水供給食物，能提高成蟲的存活日數，幼蟲階段的時間由於寄生時間未知，尚無法得知，待研究目的三寄生策略實驗後，試著建立完整的生活史階段。

二、探討溫度對寄生蜂腹背條紋的影響

研究時間進入夏季(5月)之後，發現蟲癭內的蛹條紋數明顯與秋冬時的不同，且野外寄生蜂成蟲的條紋數也是如此。這是否為不同溫度對寄生蜂基因調控所造成的差異，使得寄生蜂的條紋數在夏季與冬季有著不同的條紋表現，以下是我們針對溫度差異造成影響的結果。

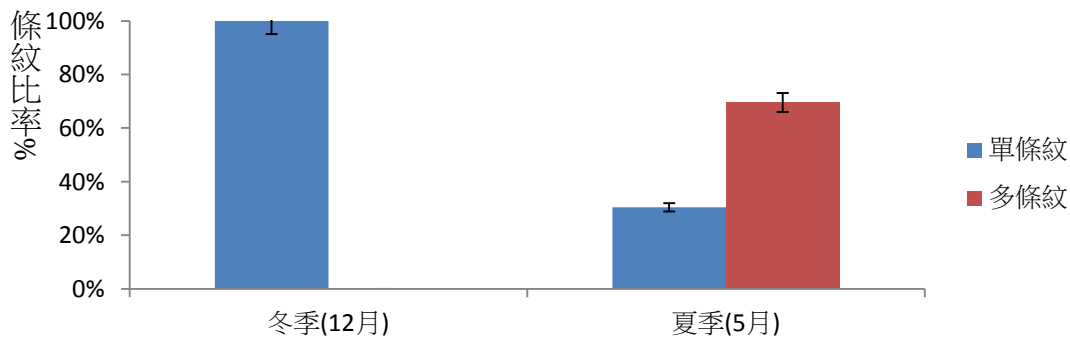


圖 23a 冬、夏兩季，寄生蜂條紋比例

在野外環境的調查中，冬季(N=58)、夏季(N=69)蛹的條紋數具有明顯差別，冬季的蟲癭內並無發現多條紋的出現，而在夏季時多條紋所佔的比例高達 69.5%，單條紋的比率大幅下降。

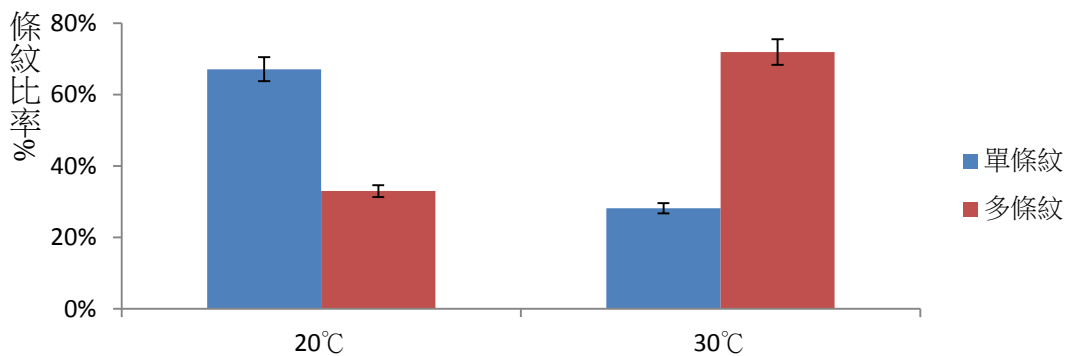


圖 23b 不同溫度控制下，寄生蜂條紋比例

在不同溫度，低溫 20°C (N=161) 及高溫 30°C (N=153) 下控制的實驗，可發現低溫(模擬秋冬)會使得蛹單條紋的比例明顯高於多條紋，而高溫(模擬夏季)有相反的結果，這與野外環境的結果類似，值得注意的是低溫調控的組別仍有多條紋寄生蜂出現，可能是黑色蟲癭時期才置入溫控箱有關。在野外觀察及溫度調控的實驗發現，溫度與寄生蜂的型態發展有相當大的關聯。



圖 24 不同環境下寄生蜂的條紋表現

三、探討寄生蜂的寄生選擇策略

椽果壯缺普癭蚧癭室中發現的寄生蜂~絨小蜂，目前尚無相關文獻記錄，我們在這個部分，對於寄生蜂的寄生策略進行討論，以了解絨小蜂科的寄生蜂基本寄生資料。

(一)寄生方位的選擇

學長姐的研究報告中，癭蚧在寄生芒果葉時，朝南方的蟲癭數較北方多(達顯著差異)，因此我們進一步探討寄生蜂在選擇寄生時，是否也會有方位上的差異。

表 7 不同方位蟲癭被寄生結果 (單位：個)

採集 月/週	南方		北方	
	蟲癭數	寄生數	蟲癭數	寄生數
10-1	216	46	43	2
10-2	187	27	34	1
10-3	79	12	42	4
11-1	139	31	28	2
11-2	225	37	17	1
11-3	280	54	25	1

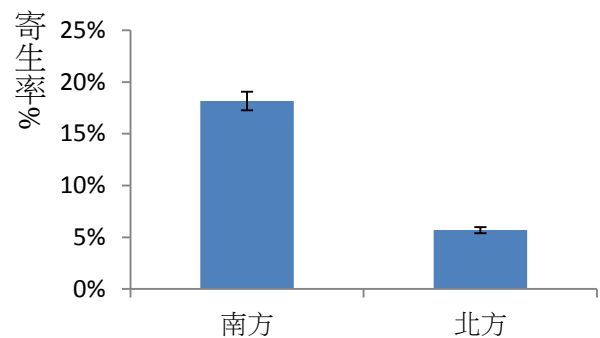


圖 25 不同方位的癭室被寄生率比較

由結果來看，面向南方的芒果葉，除了有較多的蟲癭數之外，相對也有較多的寄生蜂選擇寄生，這可能與面南的陽光有所關聯，使得不論是癭蚧或是寄生蜂都偏好在朝南方芒果葉活動。

(二)癭室數量對寄生蜂的影響

我們採集 30 片黑色蟲癭葉片，計算每片葉上蟲癭及被寄生數量，結果如下：

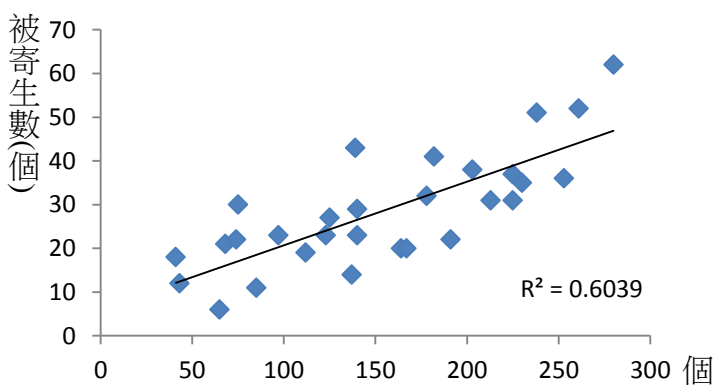


圖 26a 癭室數量與被寄生數關係

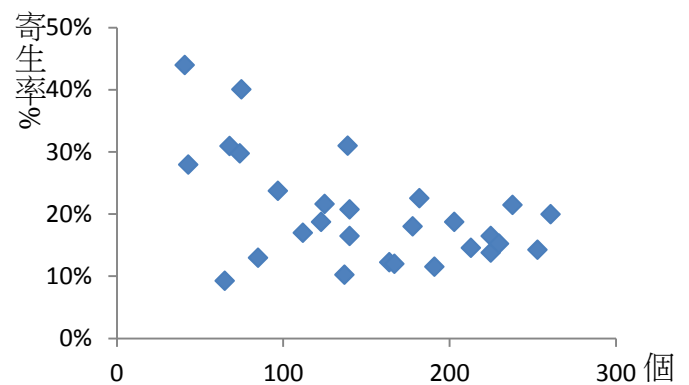


圖 26b 癭室數量與被寄生率關係

由癭室數量與被寄生來看，單片葉上癭蚧形成的蟲癭數量較多，被寄生的癭室也隨之增加。將被寄生數轉換為寄生率，則可看出約在 100 個蟲癭數以下的寄生率較不穩定，而在 150 個蟲癭數以上的寄生率則趨於穩定的數值，這也表示野外環境的寄生率最高約在 19% 左右。

(三)模擬葉片顏色及黑點的誘引性

芒果葉以及癭蚋形成的蟲癭，在不同時期有不同顏色，這些顏色與葉片上的黑點是否會造成引起寄生蜂的趨性反應，我們進行不同色板的實驗，同時也藉此收集大量成蟲。

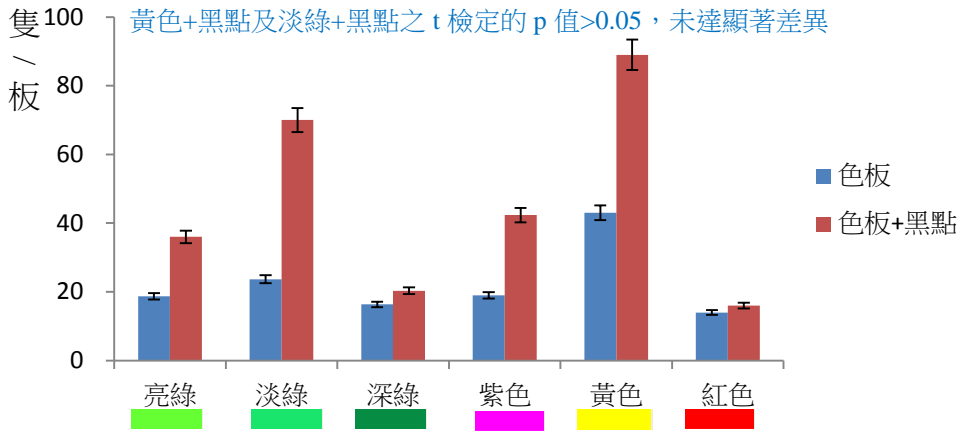


圖 27a 不同色板及黑點模擬誘引寄生蜂的比較



圖 27b 黃色黏蟲板+黑點黏蟲情形

在不同色板中，以黃色+黑點(89.0± 10.1 隻)以及淡綠+黑點(70.0± 11.5 隻)的組別，達到較大的誘引數。有無模擬黑點在黃色(田野對照組)、淡綠、紫色等顏色間皆有顯著差異，這顯示寄生蜂在被顏色吸引時，會因色板上的黑點而影響其寄生選擇。

(四)寄生蜂活動時間探討

由上一個實驗結果來看，黃色及淡綠色的色板具有較好的誘蟲數，但以田野常用的黃色色板(對照組)所黏蟲最多，因此我們選擇以黃色色板+黑點來探討寄生蜂的活動時期。

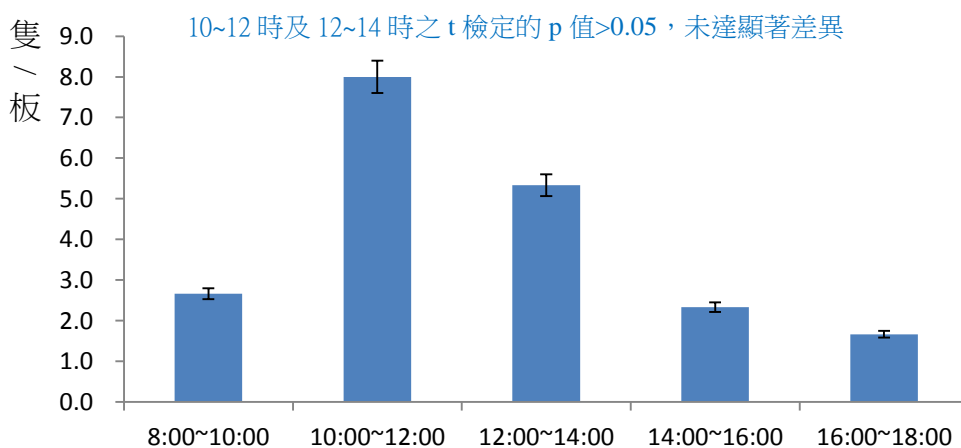


圖 28a 一日不同時段(黃色+黑點)對寄生蜂誘引比較



圖 28b 中午前後 2 小時，具有最大黏蟲效果

在實驗結果上來看，以上午 10~12 時(8± 2 隻)及 12~14 時(5.3± 1.5 隻)這兩個活動時段較好。顯示寄生蜂在氣溫相對較高的時段裡(10 時~14 時)這 4 個小時中(圖 28b)，活動力最為旺盛，也有可能在這個時間裡進行寄生癭室的行為。

(五)寄生蜂寄生時期的選擇

癭蚧形成的癭室，有四個階段(初期、二期綠色、三期黑色、四期羽化期)，為了要了解寄生蜂在哪一個時期進入寄生，我們分別在羽化期前不同時期套網。

表 8 癭蚧癭室不同形成時期套網示意表

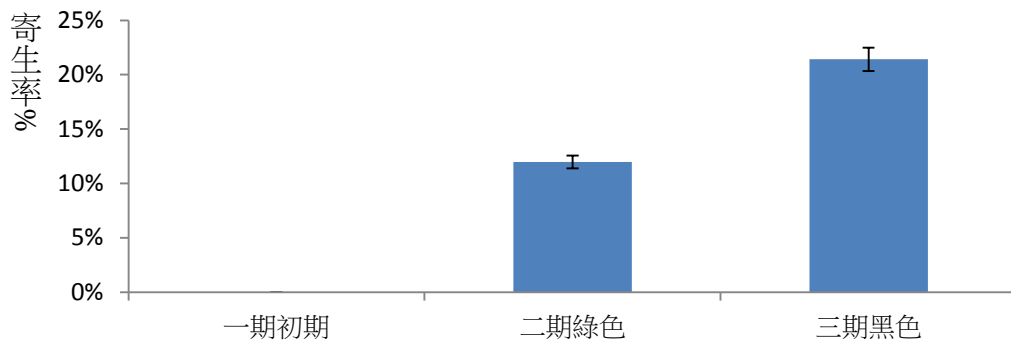


圖 29 蟲癭不同發展時期套網，被寄生率比較

初期套網的癭室被寄生率 0%(N=340)，2 期為 11.98%(N=316)，3 期為 21.42%(N=276)。在初期蟲癭開始形成時不會被寄生，由寄生率來看，推測寄生蜂最早寄生的時期為 2 期，在 2 期轉黑色蟲癭及 3 期黑色蟲癭時為寄生蜂寄生較多的時期，除顏色外，也可能與較蟲癭發展較久，有更多機會被寄生。

(六)寄生蜂寄生與離開癭室途徑

在了解寄生時期之後，我們利用網袋的包覆試驗來確認寄生蜂的寄生進入及離開癭室位置。

1. 寄生進入癭室途徑

表 9 寄生蜂寄生進入癭室途徑結果

樣區	網袋黏葉面(留葉背)			網袋黏葉背(留葉面)		
	寄生數	蟲癭數	寄生率	寄生數	蟲癭數	寄生率
試驗所	13.7	113.3	12.5%	0	114.3	0%
學校	20.3	110.7	18.8%	0	99.0	0%

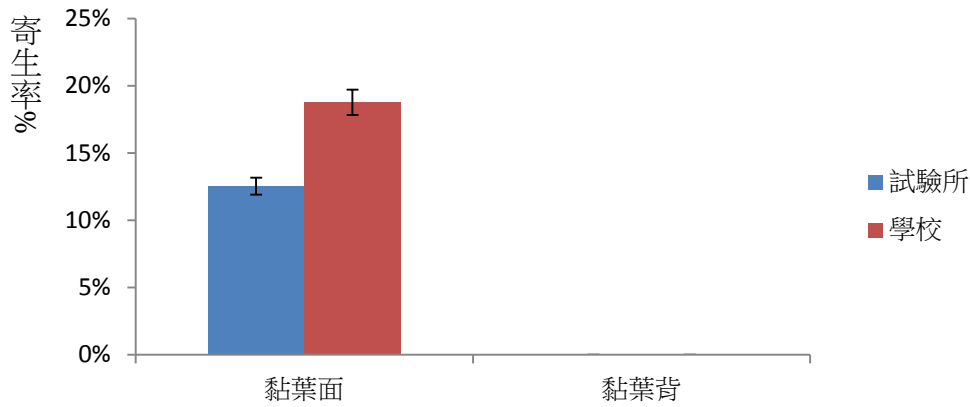


圖 30 進入途徑實驗，網袋黏覆不同位置之寄生率

進入途徑的實驗，我們除了在寄生蜂寄生時期前，以網袋黏覆上、下表皮來進行確認。實驗結果顯示，黏葉背(保留上表皮，提供寄生空間)，寄生率為 0%，寄生蜂是由葉子下表皮進入癭室內進行寄生。

2. 離開癭室途徑

表 10 寄生蜂離開癭室途徑結果 (單位：隻)

	網袋黏葉面	網袋黏葉背
試驗所-1	8	6
試驗所-2	13	3
試驗所-3	6	7
學校-1	12	6
學校-2	9	8
學校-3	8	4

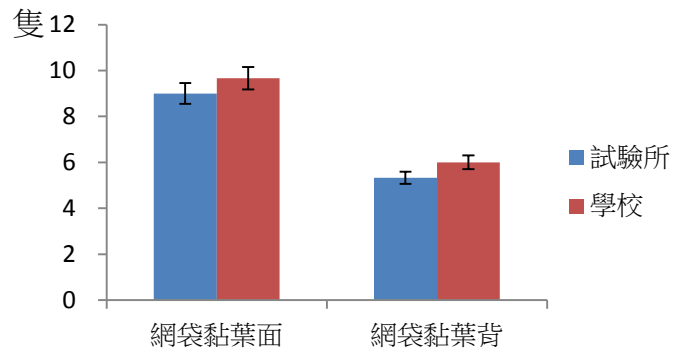


圖 31a 寄生蜂離開癭室途徑比較

離開癭室的實驗，以黏覆網袋內收集到的寄生蜂成蟲為主，目的是要討論離開途徑，僅就成蟲出現於網袋記錄，並未等所有寄生蜂羽化，因此沒有利用寄生率呈現。結果顯示，寄生蜂離開途徑會從上表皮或是下表皮皆可，但寄生僅由葉背(下表皮)進入。



圖 31b 黏葉面，測試寄生蜂離開途徑



圖 31c 網袋黏葉背，檢視寄生蜂成蟲

四、探討寄生蜂生殖模式及對寄生癭室的影響

在了解寄生蜂的寄生策略後，我們想要探討寄生蜂的生殖模式及寄生後對癭室的影響，文獻查詢得知，釉小蜂科的生物常見孤雌生殖現象，我們利用離癭培養，加上之前的雌雄性別分辨及放蜂，來進行生殖討論。

(一)孤雌生殖可能性

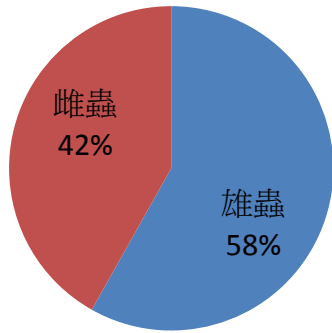


圖 32a 黏蟲板上雌雄比例 (N=1006)

由趨性實驗中，收集到大量的成蟲，再依據我們觀察出的雌雄差異，將黏到的成蟲，扣除無法判斷性別的數量，進行統計。結果發現雄蟲約有 585 隻(58%)，雌蟲約為 421 隻，雌雄比為 0.72 : 1，雄性數量較多，非 1 : 1

表 11 離癭培養之雌蟲放蜂結果

寄生數(個) 網袋成蟲數	蟲癭(個) 3片總數	寄生率	雄蟲數 (隻)	雌蟲數(隻) (放蜂時置入)
42	516	8.14%	42	4

實驗結果上，若扣除進行放蜂所置入的 4 隻雌蟲，網袋內的成蟲皆為雄性，並無雌蟲出現。與其它釉小蜂科的生殖模式類似，這表示在我們的實驗結果中，釉小蜂在未受精的情況下，能產下雄性後代，驗證了孤雌生殖現象。



圖 32b 塑膠吸管吸取雌蟲放蜂

(二)寄生癭室厚度的改變

我們縱切寄生蜂、癭蚋羽化後的癭室了解厚度差異。在上階段實驗中，了解寄生蜂在癭室發展 2~3 期進行寄生，我們並縱切 3 期癭室測量，探討是否蟲癭被寄生後癭室就不再增厚。

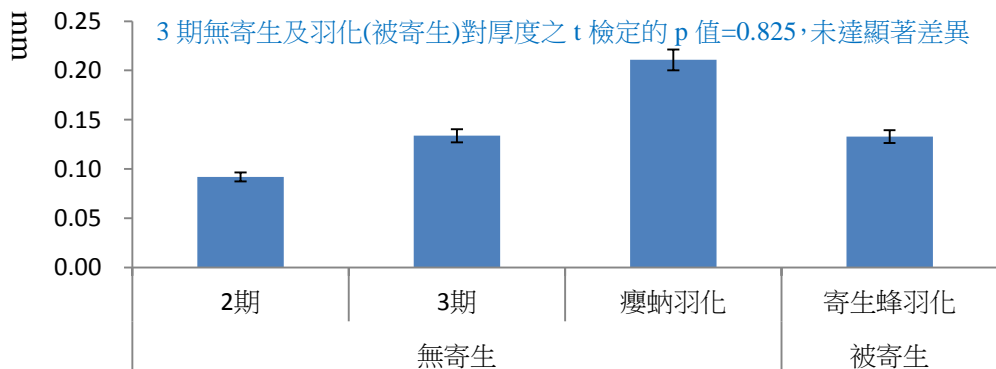


圖 33a 癭蚋 3 個時期(無寄生)及被寄生癭室厚度比較

厚度測量實驗中，每個癭室均取 20 個。結果以無寄生癭蚋羽化後癭室厚度最厚($0.211 \pm 0.029\text{mm}$)，2 期無寄生癭室最薄($0.092 \pm 0.017\text{mm}$)，寄生釉小蜂羽化留下癭室則為 $0.131 \pm 0.014\text{mm}$ 。被寄生的羽化癭室厚度與 3 期無寄生的癭室厚度無顯著差異，與 2 期無寄生癭室則達顯著差異($p < 0.001$)，且由之前型態觀察的結果，癭蚋幼蟲發展至 3 齡即被寄生蜂幼蟲吸乾，很有可能此時無法使癭室增厚，也就是說當癭室厚度被寄生後，停留發展在 3 期。

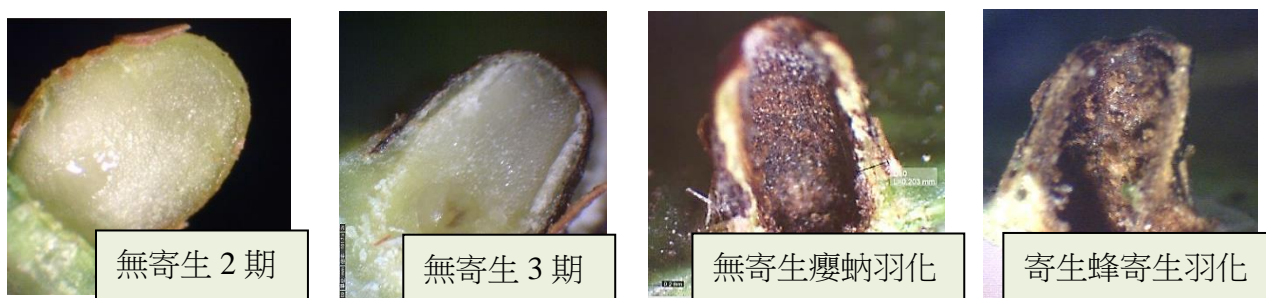


圖 33b 不同癭蚋癭室縱切情形

(三)癭室大小的改變

癭蚋的癭室內為一癭室一蟲體，當寄生發生後，癭蚋與寄生蜂的幼蟲共存在於癭室內，我們想了解癭室出現兩隻幼蟲時，是否使癭室大小改變。

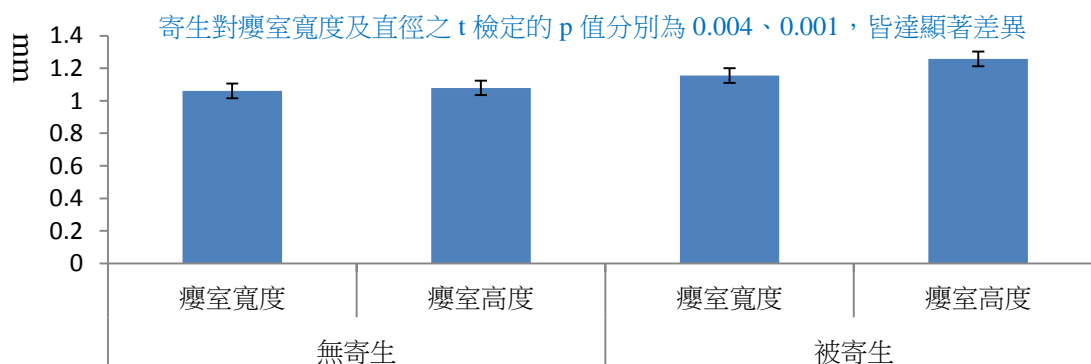


圖 34 寄生與無寄生對癭室大小(直徑、高度)的影響

被寄生的癭室(N=30)高度與直徑(1.25 ± 0.28 與 $1.15 \pm 0.11\text{mm}$)皆比無寄生(1.07 ± 0.28 與 $1.06 \pm 0.13\text{mm}$)較高及寬。癭蚋的癭室在被寄生之後，寬度及高度均較沒被寄生來得大。

(四)癭室結構耐壓的改變

我們利用自製的耐壓裝置來測量結構上的改變。沒被寄生的癭室，耐壓程度可達 618.2 克，3 期癭室的耐重則為 345.4 克，被寄生釉小蜂留下的癭室耐重為 339.4 克。當癭室被寄生後，耐壓程度停留在與 3 期癭室相同。由厚度與結構來看，被寄生後的發展都停留在 3 期，這可能與之前觀察到癭蚋 3 齡幼蟲被攻擊吸食，造成影響結構。

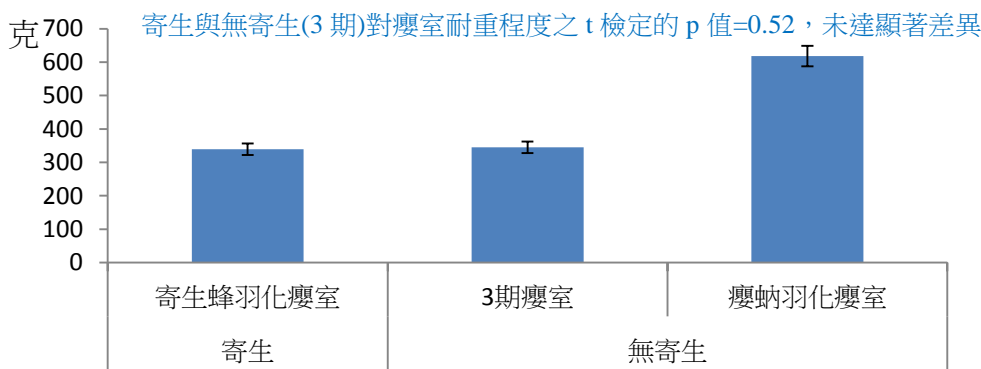


圖 35b 無寄生瘿蚧羽化瘿室具最大耐壓程度

圖 35a 寄生與無寄生對瘿室耐壓程度的比較

(五)寄生蜂離開的通道

孤雌實驗中，放雌蟲進行寄生後，發現產生子代為雄蟲，檢視這些離開瘿室的通道，與瘿蚧相比顯得小且不規則。我們採集了不同葉片，試著了解寄生蜂雌雄蟲離開通道是否有所差異。

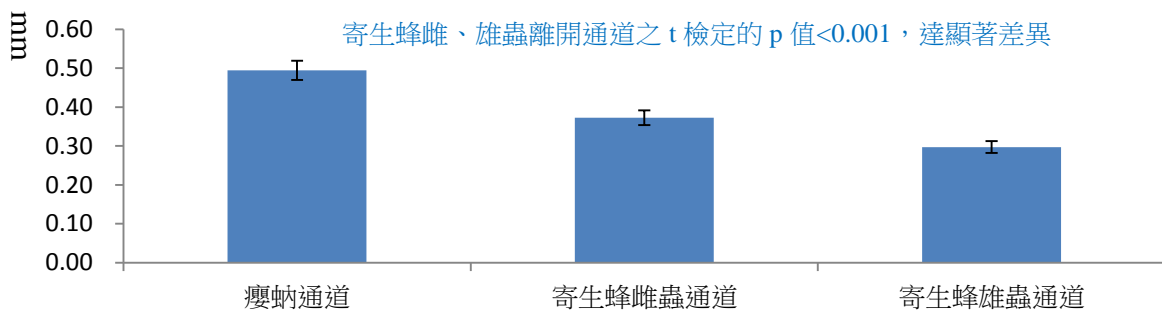


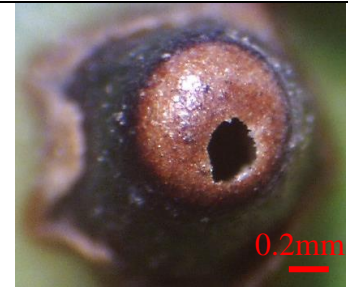
圖 36a 瘿室羽化孔徑大小比較



瘿蚧孔徑大，在中央規則圓形



寄生蜂雌蟲孔徑不規則



寄生蜂雄蟲孔徑明顯較雌蟲小

圖 36b 瘿蚧羽化孔徑與寄生蜂羽化孔徑外觀比較

孔徑大小測量結果上，在孤雌生殖中的測量出的孔徑雄蟲為 0.289mm(N=13)。採集其它葉片，雄蟲孔徑平均值為 0.297mm、雌蟲為 0.373mm，而瘿蚧則最大為 0.494mm。



寄生蜂從瘿室旁鑽孔離開



瘿室旁通道與瘿室相連



寄生蜂由葉背鑽孔離開

圖 36c 寄生蜂離開瘿室的其它途徑

五、瘿蚧、寄生蜂田野調查與族群抑制

寄生蜂的寄生，會造成瘿蚧無法進入蛹期，在探討生物防治的可行性前，我們想要先了解兩者的野外出現時間，接著，討論寄生蜂的寄生對瘿蚧成蟲族群的抑制效果。

(一) 檬果壯鈇普瘿蚧及寄生蜂的田野調查

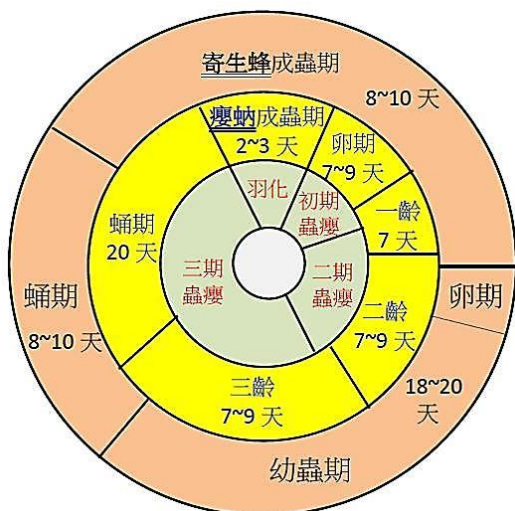
校園的瘿蚧在 2014 年初出現，寄生蜂在 2015 年初在瘿室中發現。為了了解野外出現的情形，我們由 2015 年 10 月第一週開始，觀察記錄瘿室內的發展型態。記錄結果如下：

表 12 檬果壯鈇普瘿蚧及寄生蜂不同時期的田野調查(2015/10 月~2016/6 月)

月份(以 10 日為單位)	10	11	12	1	2	3	4	5	6
芒果葉新梢(新葉)	■			■				■	
檬果壯鈇普瘿蚧	卵	■		■			■		■
	幼蟲	■	■	■	■	■	■	■	■
	蛹	■	■	■	■	■	■	■	■
	成蟲	■	■	■	■		■	■	■
寄生蜂	卵		* *		* *		* *		* *
	幼蟲	■	■	■	■	■	■	■	■
	蛹	■	■	■	■	■	■	■	■
	成蟲	■	■	■	■		■	■	■

註：色塊表示有發現記錄；每格表示 10 日，幼蟲無分齡期。瘿蚧卵以新葉發現初期蟲瘿為依據；寄生蜂卵以蟲瘿發展 2~3 期為依據；無色塊「*」，遇低溫及大雨，2 期蟲瘿芒果葉發黴

在調查期間，僅有 1 月中旬至 2 月中下旬這一個月的時間，無發現兩者的成蟲，這一個月的時間，南部高雄的氣溫大部分的時間低於 15°C，且可能是低溫及氣候不穩定，使瘿蚧延遲發育或以蛹期越過低溫，同樣的寄生蜂則以幼蟲寄生型式越過，蛹則未採集到。調查的結果顯示瘿蚧的世代重疊明顯，因此寄生蜂的族群也隨之增減。



由包覆網袋實驗、自行飼養寄生蜂以及田野調查的結果，我們將瘿蚧形成的蟲瘿、瘿蚧與寄生蜂三者的交互生活世代整理如圖右。橘底為寄生蜂時期，卵約在瘿蚧二齡時進入，黃底為瘿蚧時期，綠底則為瘿蚧形成的瘿室。

圖 37 檬果壯鈇普瘿蚧與寄生蜂的生活史交替

(二)探討人工放寄生蜂對癭蚧族群數的影響

椴果壯缺普癭蚧是近年新興害蟲，在發現天敵寄生蜂後，討論其作為生物防治是否可行。我們在了解基礎生態與寄生習性後，想要了解寄生蜂的出現，能夠抑制多少比例的癭蚧族群數，癭蚧族群數量的有效被抑制，才能達到生物防治的第一步。

表 13 人工放蜂與自然寄生對癭蚧羽化率的結果

	無寄生(初期套網)	寄生組(自然寄生)	寄生組(人工放蜂)
蟲癭數(個)	439	416	408
癭蚧成蟲(隻)	391	291	251
羽化率%	89.07%	69.95%	61.52%
寄生數(個)	0	71	98
寄生率%	0%	17.07%	24.02%

註：蟲癭數為計算 3 片葉總數

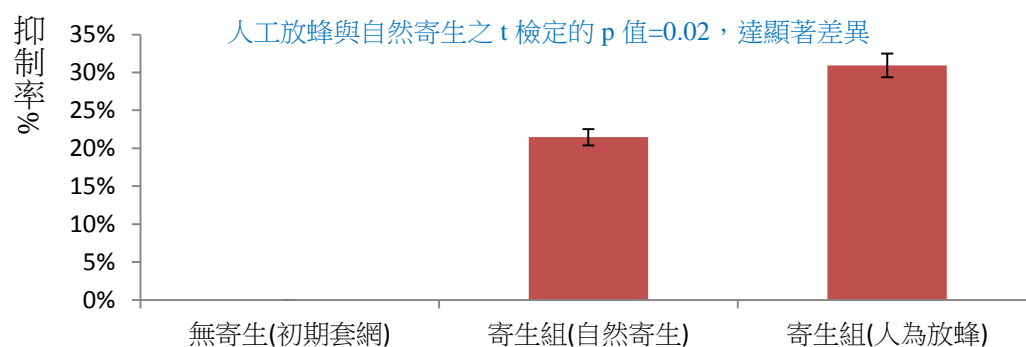


圖 38a 寄生蜂在不同條件下對於癭蚧族群的抑制能力

抑制率=寄生組羽化率-無寄生羽化率 / 無寄生羽化率 (取正值)

自然環境的寄生蜂出現，能抑制約 21.46%的癭蚧成蟲出現，若使用人工放蜂，能使約 30.93%的癭蚧成蟲族群數下降。雖然自然環境中的寄生蜂即能自行抑制癭蚧的族群數，但野外族群寄生率最高約 19%上下(圖 26b)，使用放蜂能更有效抑制癭蚧數量。人工放蜂與自然寄生對癭蚧族群下降，達顯著差異。以寄生蜂的放蜂作為族群抑制的生物防治，具有可行性的。



圖 38b 自製捕蜂器取寄生蜂



圖 38c 培養皿中寄生蜂



圖 38d 細毛筆分開癭蚧與寄生蜂

陸、討論

椽果壯缺普癭蚧，是新興且極具威脅的害蟲，專一性寄生於芒果葉上形成蟲癭，高度寄生時造成芒果葉的危害，進而可能影響芒果產量。癭蚧在芒果葉上形成的蟲癭，具有高度的木質化，在學長姐的研究報告中指出，一顆 1~2mm 的蟲癭能夠耐重約 600 克，結構非常堅固，原本認為在堅固的堡壘下，幼蟲能獲得妥善的保護，蟲癭內卻發現令人訝異的寄生天敵出現。一開始由於具有明顯的紅棕色複眼與單眼，因此誤判為是赤眼蜂科寄生蜂。

去年，我們開始探討寄生蜂生態後，樣本由熱帶園藝試驗所轉送大學昆蟲系鑑定，才知道這種寄生蜂屬於釉小蜂科，目前鑑種進度到「屬」的分類地位，尚未到種，且無中文名，因此我們在研究中將這隻昆蟲暫稱為「寄生蜂」。



Aprostocetus sp.

由去年夏末至今年初春，在園藝試驗所的協助並提供他們的芒果園樣區，加上學校的芒果樹採樣與生活史調查，逐步了解寄生蜂的基本生態知識，並針對其寄生策略進行一系列實驗，或許能夠提供後續研究者一個基本的資料，並思考利用寄生蜂的特性作為生物防治的可能，以下就是我們針對這個尚未命名特別的寄生蜂所作的相關討論：

一、記錄寄生蜂的外觀型態及性別特徵

寄生於椽果壯缺普癭蚧的寄生蜂，為釉小蜂科，與其它釉小蜂科最大的生態差異，就是進入癭蚧癭室內，進行外寄生，並利用癭蚧的癭室做為寄生蜂幼蟲至蛹期的保護。一方面寄生蜂吸食癭蚧獲得營養來源，另一方面在癭蚧形成的癭室中獲得保護。

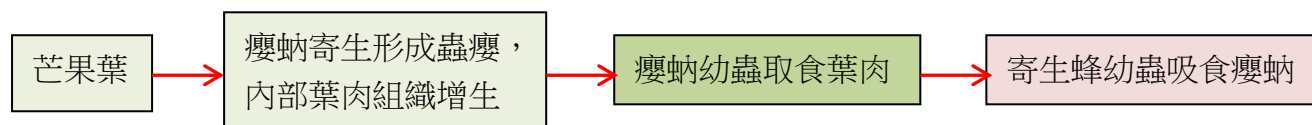
表 14 不同階段被寄生蟲癭及寄生蜂的比較

癭蚧 蟲癭 (被寄生) 階段					
	初期(尚未寄生)	二期(綠色)	三期(黑色)	寄生蜂離開寄生癭室	
寄生蜂 型態	卵期				
			幼蟲期	蛹期	成蟲期

註：癭蚧若被寄生，僅發展至三齡幼蟲(被吸乾)，寄生蜂取代癭蚧，於癭室內化蛹並離開。

瘿蚧的生活史，在三期黑色蟲瘿(約 30 天)的時間較長，此時的蟲瘿具有高度的木質化。寄生蜂的生活史也大多處於三期黑色蟲瘿時期，除了從中寄生獲得養分外，也利用瘿蚧形成的瘿室作為保護。幼蟲型態上，瘿蚧幼蟲(1.77mm)顯著較寄生蜂的幼蟲(0.99mm)大，卻仍不敵寄生天敵的吸食，整隻被寄生蜂幼蟲吸乾，在我們的觀察裡，寄生蜂幼蟲化蛹前、蛹期，甚至成蟲階段，皆發現已乾癟的瘿蚧 3 齡幼蟲。

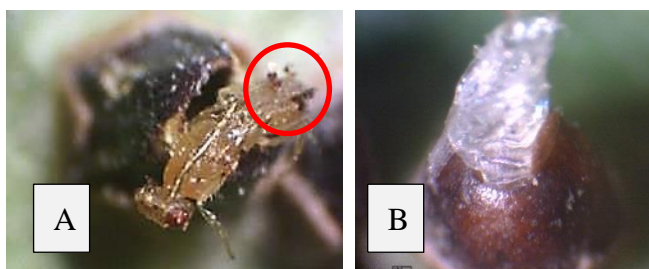
表 15 芒果葉、瘿蚧及寄生蜂的食性關係



在成蟲性別特徵的差異上，瘿蚧成蟲的性別特徵在外觀上不太明顯，寄生蜂則有較明顯的差別，體型上的差異(雌>雄)，也造成了離開瘿室的孔徑大小不同，而條紋上的位置與厚度則是最顯明的分辨重點。此外，羽化的位置在兩種昆蟲之間也有明顯不同，整理如下表：

表 16 瘿蚧、寄生蜂蛻皮及離開孔徑比較

	蛻皮位置、顏色	離開通道	蛻皮後行為
瘿蚧	瘿室頂端，半透明	瘿室頂部規則圓形	瘿室頂端飛離
寄生蜂	瘿室內，淡黃色	頂部、瘿室旁、葉背不規則	瘿室內挖洞，離開



左圖 A 切開瘿室，蛻皮中的寄生蜂，圓圈處為蛻皮，顯示蛻皮在瘿室內完成。
左圖 B 瘿蚧頂破瘿室頂端瘿蓋，將蛻皮留於瘿室蓋口附近。

寄生蜂大部分的生活史皆在寄生的瘿室內完成，在幼蟲期的部分，無法發現幼蟲的蛻皮，因此尚無法確定幼蟲的齡期。在取出裸蛹離瘿培養上，成蟲羽化後，由試驗所研究員建議 20% 的蜂蜜水，提高了存活時間，約多 5 天，這與高雄女中吳之華、陳南瑛(2005)對刺桐釉小蜂的食性飼養結果類似，刺桐釉小蜂在蜂蜜水的飼養下能增加 3 日存活。

二、探討溫度對寄生蜂腹背條紋的影響

研究進入夏季後，發現蟲瘿內的寄生蜂蛹有多條紋現象發生，在野外調查及溫控實驗中，皆顯示較低溫度以單條紋的比例較高，高溫環境下則以多條紋比例較高。冬季(12 月)的調查

結果(圖 23a)顯示無多條紋發現，而模擬冬季的 20°C 溫控實驗中則有多條紋的出現，溫控採集的樣本原本戶外環境為 30°C，推測圖 23b 的多條紋發生可能與溫度對寄生蜂發展時期的刺激或是溫度刺激的時間長短有所關聯。寄生蜂具有冬夏不同條紋的發展型態，讓我們想到生物課時老師提到的雪兔，也在冬夏具有不同的體色，寄生蜂夏季的多條紋及較深的體色，是否和夏季芒果葉較密集，利用此型態能夠獲得較好的保護機會，進而增加寄生能力，提高族群數量，這是我們進入夏季研究中一個很有趣的疑問與發現。

三、探討寄生蜂的寄生選擇策略

目前未命名的寄生蜂，有著特別的癭室內的外寄生行為，我們對寄生蜂的寄生策略上進行了一系列的實驗進行討論如下：

1. 寄生方位選擇：寄生蜂對於南方的選擇顯著大於北方，這與癭蚋寄生芒果葉的選擇類似，除陽光外，可能是朝南的被寄生芒果葉較多，寄生蜂有更多寄生傾向。
2. 蟲癭數與寄生率關聯：蟲癭數增多，被寄生個數也隨之增加，寄生率則在約 150 個蟲癭數以上維持在較穩定的範圍(約 19%)，這顯示自然環境的寄生率大約維持在這個範圍，若人工放蜂能增加寄生率，即能增加族群抑制效果
3. 模擬葉子顏色趨性及活動時間：以黃色版+黑點能黏附最多的寄生蜂，黃色(對照)是田間常用的黏蟲版，再加上模擬黑點的色板，顯著提升黏蟲數，顯示寄生蜂會被具有黑點的色板吸引，如同芒果葉上的蟲癭一樣。同時，我們也收集了黏蟲板上的癭蚋，黏蟲結果如下：

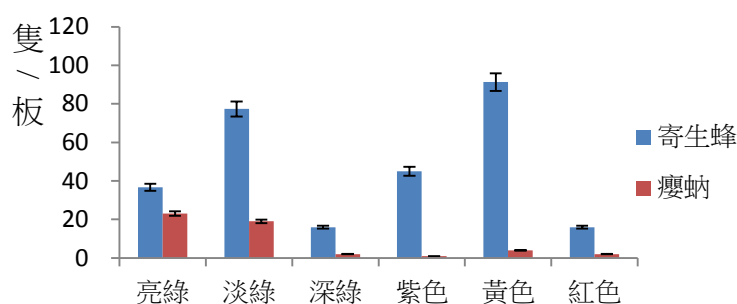


圖 39 不同色板+黑點對寄生蜂及癭蚋黏蟲數

癭蚋與寄生蜂對顏色的偏好，吸引寄生蜂最多的是黃色；誘引癭蚋最多的是亮綠色(23 隻)。值得注意的是，若利用黏蟲板防治癭蚋，不論是亮綠或是淡綠皆會對寄生蜂的族群造成一定程度危害。

4. 寄生時期及進入、離開癭室途徑：網袋結果顯示寄生蜂在 2 期綠色至 3 期黑色蟲癭寄生，3 期初寄生率較 2 期高，可能是提供較多的時間給寄生蜂進行寄生。進入途徑實驗顯示寄生蜂產卵時由葉背部分進入，而非葉面蟲癭部分。離開途徑顯示葉面及葉背皆可，這和觀察到的蛹位置可能有關，有些蛹為倒置，從葉背離開，離開通道為葉背或是癭室旁(圖 36c)，

若蛹為正立則從癭室頂端離開。

芒果葉的寄生癭蚧，除了檬果壯鉞普癭蚧外，尚有檬果癭蚧(圖 40b)。我們在園藝試驗所採集數片具檬果癭蚧蟲癭葉片，試著「專一性」探討，由於無包網測試寄生時期，僅就採集葉片初步觀察，並無發現癭室有寄生蜂，至於本篇的寄生蜂有無專一性，還需進一步探討。



圖 40a 檬果癭蚧形成的蟲癭外觀

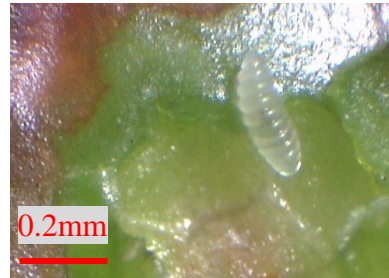


圖 40b 檬果癭蚧癭室內僅發現檬果癭蚧幼蟲

四、探討寄生蜂生殖模式及對寄生癭室的影響

在型態觀察辨識寄生蜂雌雄差異後，利用趨性採集到大量的成蟲，我們發現雌雄比約為 0.7 : 1，在離癭培養挑雌蟲放蜂實驗，顯示皆為雄蟲，行孤雌生殖，這與袖小蜂科的其它物種，如亮腹袖小蜂、刺桐袖小蜂、異角袖小蜂(雌雄比 0.62 : 1)等皆會行孤雌生殖行為相似。

寄生蜂和癭蚧一樣，皆為單一寄生。癭室內僅有單一癭蚧，發現的寄生蜂幼蟲也是一隻。在我們的實驗，針對癭室厚度、大小及結構耐重的實驗，在厚度及結構耐重上顯示被寄生，與未被寄生的 3 齡時類似。在型態觀察部分，皆觀察到被寄生後癭蚧僅發展至 3 齡，很有可能癭室的發展與幼蟲一樣，發展至被寄生時期時，無法增厚與增加結構能力。

五、癭蚧、寄生蜂田野調查與族群抑制

趨性實驗顯示癭蚧及寄生蜂同樣會被淡綠及亮綠色吸引，使用黏蟲的物理防治顯得較為困難(圖 39)，在盡量不使用農藥的前提下，生物防治是重要的思考方向。

1. 田野調查: 結果顯示癭蚧與寄生蜂(調查期間 10~06 月)幾乎隨時可見到成蟲及幼蟲、蛹期，癭蚧世代重疊明顯。我們很好奇，癭蚧的成蟲寄生芒果葉是在新梢期，寄生蜂則是在癭蚧蟲癭發展至 2~3 期，成蟲幾乎隨時發生，並沒有寄生對象。在請教試驗所研究員，得知南部芒果園種植時，常會修剪枝葉集中養分，使得幾乎全年都在抽新梢的狀態，因此不僅是癭蚧，寄生蜂也是，在羽化癭室附近若無可寄生對象，即會飛離，使得族群擴散。
2. 族群抑制: 在許多文獻報告中，多用寄生率來呈現與探討生物防治的成效，所以去年學長

姐的報告中也是延用這種方式。而在我們的研究中，進一步的發現未被寄生的蟲癭，其自然羽化率不到 90%。這結果顯示，若只用寄生率來估算族群數量的變化或族群抑制的成效，可能會有實際上的落差。所以我們不僅觀察寄生率，也觀察後續的癭蚧羽化的狀況，用最終的羽化率來探討生物防治的成效，以求更符合實際狀況。

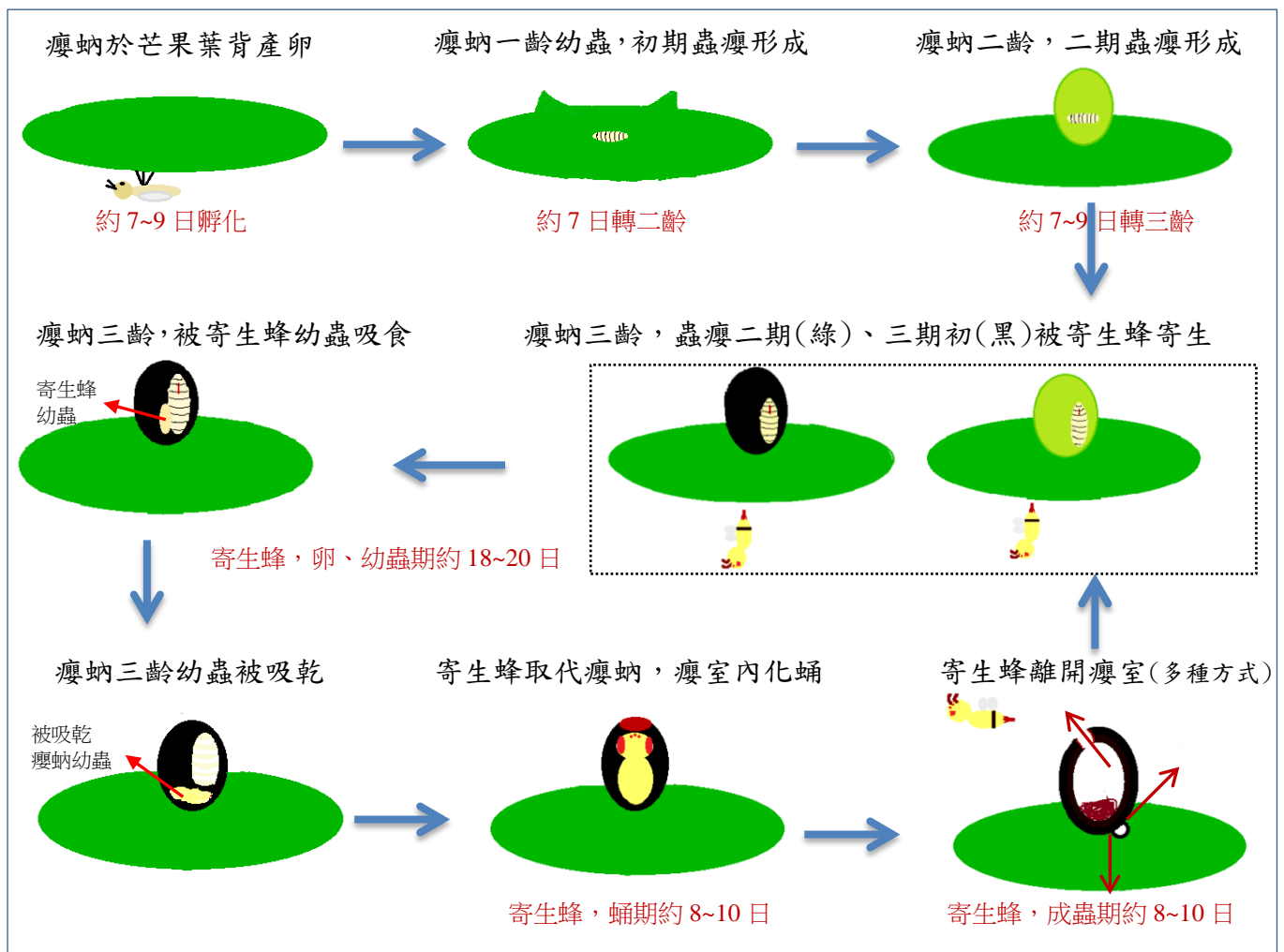


圖 41 檬果壯鉞普癭蚧、寄生蜂生活史示意圖

柒、結論

去年，學長姐對檬果壯鉞普癭蚧的研究，在癭室內發現寄生蜂幼蟲，並觀察到癭蚧的幼蟲會被寄生蜂寄生無法羽化，但對於寄生蜂生態及相關寄生策略並沒有進一步探討，我們不禁對這隻特別的寄生蜂充滿好奇，在園藝試驗所研究員協助將樣本轉送大學昆蟲系鑑定，為釉小蜂科 *Aprostocetus sp.*，目前在台灣無文獻描述生態。茲將關於寄生蜂實驗結論整理如下：

1. 寄生於檬果壯鉞普癭蚧的寄生蜂，為釉小蜂科，會進入癭室內，進行外寄生且為單一寄生，並利用癭室做為幼蟲至蛹期的保護，這與目前其他已知釉小蜂的行為有極大差異。

2. 寄生蜂成蟲雌性較大(全長及胸寬之 $p < .001$ ，達顯著差異)，其它各部位型態測量也多以雌蟲較大，秋冬時，雌雄蟲腹部背側單一條紋位置明顯不同，雌蟲具有紅棕色產卵管。
3. 寄生蜂在夏季及冬季的條紋數不同，夏季以多條紋較多，而冬季則為單條紋。溫控實驗顯示溫度會影響寄生蜂於瘿室內的發展，使條紋數有不同的現象發生。
4. 寄生蜂對於南方的選擇顯著大於北方，和瘿蚧的選擇類似。寄生數隨瘿室數量增加而增加，寄生率則在 150 個以上，維原在穩定範圍(19%)。在顏色趨性實驗，以黃色、淡綠色(模擬成熟葉)兩種色版+黑點，能黏附最多的寄生蜂，最活躍的時間則為中午前後 2 小時。
5. 寄生時期實驗顯示，寄生蜂在 2 期綠色至 3 期黑色蟲瘿寄生，3 期初寄生率較 2 期高。進入途徑的實驗顯示由葉背部分進入，而非葉面。
6. 利用趨性採集到大量的成蟲，我們發現雌雄數量有明顯差異，雌雄比為 0.7 : 1 左右，與釉小蜂科的其它物種，如亮腹釉小蜂、刺桐釉小蜂、異角釉小蜂(雌雄比 0.62 : 1)類似。在離瘿培養挑寄生蜂雌蟲進行包網放蜂實驗，子代皆雄蟲，顯示此寄生蜂行孤雌生殖。
7. 無寄生的瘿蚧羽化後瘿室厚度為 0.211mm，耐重程度可達 618.2 克；被寄生蜂入侵後所留下的瘿室則為 0.131mm，耐重為 339.4 克。顯示可能因瘿蚧幼蟲被寄生蜂幼蟲吸乾，所以無法使瘿室增厚與結構強化。
8. 在瘿室上發現的羽化孔徑，經測量後發現有不同大小，瘿蚧所留下的孔徑最大，寄生蜂雌蟲的孔徑顯著大於雄蟲。葉背及葉面均有寄生蜂成蟲離開孔徑的存在。
9. 在約 9 個月的野外調查，幾乎隨時可見到寄生蜂及瘿蚧成蟲及幼蟲、蛹期，世代重疊明顯。但不同的是，瘿蚧的成蟲寄生芒果葉是在新梢期，而寄生蜂則是在瘿蚧蟲瘿發展至 2~3 期時進行寄生，兩者間有 3 周左右的時間差。
10. 自然環境中，寄生蜂的出現，能夠抑制約 21.46%的瘿蚧成蟲出現，若使用人工放蜂，則能減少約 30.93%的瘿蚧成蟲族群數，兩者達顯著差異。顯示若以此寄生蜂針對椴果壯銹普瘿蚧作為生物防治，是具有可行性的。

在我們的研究中，除了對寄生蜂的型態與寄生策略有了基本了解外，還有許多關於寄生蜂在生物防治上實際應用的問題有待討論，例如繁蜂條件、攻擊產卵數、是否具有專一性等等，而在研究後期發現的多條紋現象，是否意味著冬夏有著不同的生存策略？相信這些值得繼續探討的有趣問題，除了充滿研究的樂趣外，又能減少農藥使用並對環境自然盡一些心力。

捌、參考資料

1. 郝秀花(2014)。椀果壯缺普瘿蚧之發生與防治。農業試驗所技術服務季刊，99，15-20
2. 林品汝、倪羽微、王釋玄(2015)。探討椀果壯缺普瘿蚧生態與生物防治可行性。中華民國第 55 屆中小學科學展覽作品。
3. 袖小蜂科相關資料，台灣物種名錄-台灣生物多樣性資訊入口網。取自：
http://taibif.tw/zh/catalogue_of_life/page/7841-7eeb-7eff-ca6b-6cb3-fe4b-3d8f-d0d7
4. 錢景秦(1991)。亮腹袖小蜂(*Tamarixia radiata*)之形態與生活史。中華昆蟲。11：264-281
5. 錢景秦(2001)。異角袖小蜂(*Hemiptarsenus varicornis*)之外形與生活史。台灣昆蟲。21：246-255
6. 吳之華、陳南瑛(2005)。脫瘿而出--刺桐袖小蜂。第 4 屆旺宏科學獎參展作品
7. 石憲宗、郝秀花、邱一中、林鳳琪、楊曼妙(2013)。台灣產椀果害蟲名錄修訂與附記。台灣昆蟲 33，27-51
8. 董景生(2013)。兩種造瘿害蟲：刺桐袖小蜂與桉樹枝瘿袖小蜂的研究回顧。102 年森林健康之管理與經營國際研討會

【評語】 030311

1. 演講通順，只是速度稍快，不易瞭解內容。
2. 寄生蜂的產卵行為觀察仔細，只是對尋找蟲癭的寄主，並沒有設計試驗去瞭解尋找機制。
3. 寄生蜂是膜翅目的昆蟲，其受精卵發育成雌蟲，未受精卵則為雄蟲。若是人工放蜂只產雄蟲，則雌蟲未交配。
4. 若要利用此寄生蜂來做生物防治，則必須強調癭蚋造成嚴重危害椽果。