



米爾頓釉小蜂（膜翅目：釉小蜂科）之產卵行為及對於不同品種之蓮霧與蒲桃的產卵偏好性

林鈺淳、廖一璋、林裕哲、楊曼妙*

國立中興大學昆蟲學系 40227 台中市南區興大路 145 號

* 通訊作者 email: mmy.letsgall@gmail.com

收件日期：2018 年 5 月 29 日 接受日期：2018 年 8 月 13 日 線上刊登日期：2018 年 10 月 15 日

摘要

米爾頓釉小蜂 (*Anselmella miltoni* Girault) 屬於膜翅目釉小蜂科，於桃金娘科之蓮霧與蒲桃果實中造癟，幼蟲於癟內發育成長與化蛹，成蟲羽化後於果實留下孔道影響商品價值。近年來成為台灣蓮霧出口中國的檢疫害蟲，造成嚴重外銷損失。依據防檢局出口檢疫資料，顯示台灣出口的三品種蓮霧（南洋種、印尼種、泰國種）之米爾頓釉小蜂危害率有所差異，因而進行米爾頓釉小蜂於不同品種蓮霧與非經濟寄主蒲桃危害差異的探討。本研究首先記錄米爾頓釉小蜂的產卵行為及產卵管長度，並針對米爾頓釉小蜂是否對不同寄主植物具氣味偏好進行測試，探討嗅覺對米爾頓釉小蜂搜尋寄主的影響。由於米爾頓釉小蜂於寄主開花時期前來產卵，本研究以盛花期三品種蓮霧與蒲桃為材料，利用 Y 型管進行氣味測試，觀察米爾頓釉小蜂對寄主植物氣味是否有選擇偏好。就單一花朵與空氣組（控制組）測試的結果顯示，雌蟲對花朵的偏好高於空氣，選擇南洋種的比例最高（80%），其次為蒲桃花（70%）及印尼種花（60%），泰國種花最低（20%）；在兩種花朵測試中，蒲桃花和其他三品種蓮霧花相比，雌蜂有較高的比例前往產卵（60%以上）；而三品種蓮霧花朵相比，南洋種花相較印尼種花和泰國種花有較高的比例吸引雌蜂前往產卵（70%以上）。由此，我們推論花朵氣味為雌蜂選擇寄主的主要因子之一，且不同寄主植物或品種對雌蟲的吸引力有別。

關鍵詞：造癟昆蟲、寄主搜尋、產卵行為、產卵偏好、Y 型管。

前言

蓮霧 (*Syzygium samarangense* Merr. et Perry) 是桃金娘科 (Myrtaceae) 赤楠屬 (*Syzygium*) 的熱帶常綠果樹，原產地為馬來半島，於 17 世紀時由荷蘭人引入台灣，目前主要的產區有高屏地區、嘉義、南投及宜蘭，主要栽培品種有南洋種 (Pink variety)、印尼種 (Indonesia-Big-Fruit variety) 與泰國種 (Thub Thim Chan variety)，其

中以南洋種的栽培範圍最廣且最具經濟價值，如耳熟能詳的黑珍珠蓮霧便是南洋種的改良品種；印尼種蓮霧的果色偏綠，因果實碩大又帶有特別的香氣，被稱為巴掌蓮霧或香水蓮霧；泰國種蓮霧的果色鮮紅，果實外型長如飛彈，又稱為飛彈蓮霧或是子彈蓮霧 (Chen et al., 2013)。

蓮霧的花為上位花 (epigynous) 且雌雄同株 (hermaphrodite)，具有一柱頭(stigmas) 與許多雄蕊 (stamen)，有四片花萼與花瓣，果實呈鈴鐺狀

(Lughadha and Proenca, 1996)。在台灣每年二月到五月為自然花期，六月到八月為果實採收期，從開花到結果可分為白肚期、盛花期、胚仔期、合臍期、未熟果期及熟果期 (Lin et al., 2004)。但台灣夏季高溫多雨，病蟲害如果腐病 (*phytophthora fruit rot*, *Phytophthora cactorum* and *P. citrophthora*)、炭疽病 (*anthracnose*, *Colletotrichum gloeosporioides*)、小綠葉蟬 (*Chlorita flarescens* Fabricus)、東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* Hendel) 及圓紋捲葉蛾 (*Platypeplus mormopa* Meyrick) 等發生嚴重，農民採用不同產期調節技術，如催花、斷根、黑網遮蔭等方式，將產期提前至十一月到十二月，甚至能延至隔年三到五月，藉此生產品質較好的冬果或是春果蓮霧 (Lin et al., 2004; Chen et al., 2013; Lai, 2013)。

蓮霧為台灣重要的經濟果樹，根據行政院農業委員會統計資料 (COA, 2017)，每年產量皆超過 50 萬公噸，甚至在 2011 年有將近 100 萬公噸的生產量，年產值也達台幣 25 億以上，在 2014 年甚至還創下 50 億台幣的高峰，大部分都是內銷，少部分外銷到世界各地。據財政部關稅署統計資料 (CA, 2017)，台灣蓮霧外銷的主要國家有中國、加拿大、香港，其次為日本、東南亞及阿拉伯等地區，其中又以中國為主要的外銷國，占整體外銷的九成之多，近年的外銷產值已接近 3 億台幣。

於 2005 年，銷往中國的台灣蓮霧首次被攔截到米爾頓釉小蜂 (*Anselmella miltoni* Girault) 的危害 (Huang et al., 2008)，國內各地之蓮霧園也陸續通報害蟲族群發生 (BAPHIQ, 2013)，嚴重影響蓮霧的外銷收益，然而過去關於此物種的生物學研究完全匱乏，因此在防治工作上有其難度。

米爾頓釉小蜂為膜翅目 (Hymenoptera)，釉小蜂科 (Eulophidae), *Anselmella* 屬的造癟昆蟲 (圖一)，原產於澳洲，危害當地桃金娘科赤楠屬 (*Syzygium*) 植物，成蟲體長 2 mm，體色黑色，帶有金屬光澤，觸角短呈棒狀 (Girault, 1926)，於蓮霧的種子部位造癟，目前記錄到在台灣之寄主植物為桃金娘科赤楠屬之蓮霧與蒲桃，雌蟲於寄主植物之盛花期或胚仔期前來產卵，雌蟲停棲在雌蕊柱頭基部 (圖二)，將產卵管伸入胚珠上產卵，隨著卵的發育，同步刺激胚珠組織的變異形成多個單一癟室，每個癟室內有一隻幼蟲，幼蟲取食植物的營養直到化蛹 (Yang and Lin, 2016)。米爾頓釉小蜂從卵發育到成蟲需約 45 天，羽化後的成蟲先鑽出癟室，接著以口器咬出孔道，在果實表面留下孔洞，離開果實

後就開始尋找交配對象，交配後的雌蟲隨即找尋寄主植物之花朵進行產卵 (Yang and Lin, 2016)。



圖一 米爾頓釉小蜂雌成蟲。(林裕哲攝)

Fig. 1. An adult female of *Anselmella miltoni*. (photo by Yu-Che Lin)



圖二 米爾頓釉小蜂雌蟲停棲於雌蕊柱頭基部產卵。(林裕哲攝)

Fig. 2. A female *Anselmella miltoni* oviposits at the stigma. (photo by Yu-Che Lin)

若蓮霧受到米爾頓釉小蜂的危害，在成蟲鑽出果肉之前，無法從果實的外觀判斷內部種子是否已遭受危害 (圖三)，因此在出口檢疫時需要以剖果檢視或是利用 X 光影像判別 (Yang and Lin, 2016)。但當另一寄主植物蒲桃受到危害，則能直接從蒲桃果實的外觀判斷是否遭到米爾頓釉小蜂危害，正常的蒲桃果實，果肉和種子外型飽滿，但遭米爾頓釉小蜂危害後，果肉和種子部位會畸形 (圖四)，因此可由此外部特徵來判斷內部種子是否受到危害 (Yang and Lin, 2016)。

就防檢局提供的出口檢疫資料顯示，2014 年度的南洋種蓮霧 162 件中檢出 34 件遭米爾頓釉小蜂危害 (21.0%)，印尼種蓮霧則 60 件中檢出 6 件危害

(10.0%)，而泰國種蓮霧 97 件中則無檢出危害(0%)，至於 2015 年度的資料則指出南洋種蓮霧 232 件中檢出 28 件危害 (12.1%)，印尼種蓮霧 156 件中檢出 28 件危害 (17.9%)，泰國種蓮霧 369 件中同樣無檢出任何危害 (0%)，顯示不同品種之蓮霧有不同危害程度。本研究從物理與化學因子兩層面切入，探討造成不同危害程度之肇因，並進一步研究米爾頓袖小蜂對寄主植物的產卵偏好與產卵行為：(1) 不同品種蓮霧胚仔厚度 (雌蕊基部到胚珠的距離) 對危害率之影響；(2) 雌蟲對於不同寄主植物花朵氣味之偏好性與危害率差異之相關性；(3) 記錄米爾頓袖小蜂的產卵行為，以掌握其繁殖習性，期望能發展有效的防治措施。

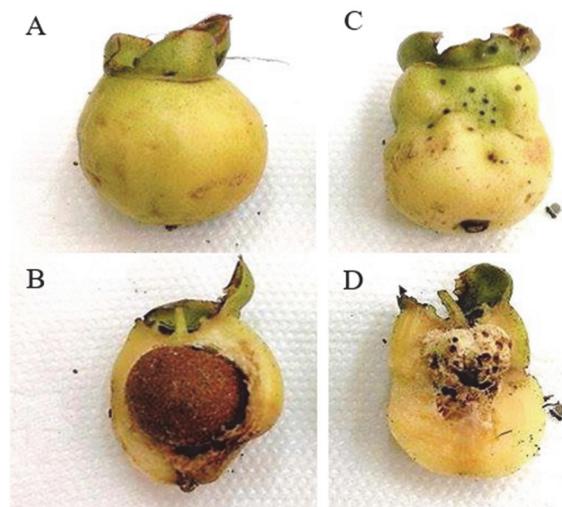


圖三 受米爾頓袖小蜂危害之蓮霧，外表與正常果實無異，但內部形成類種子癟。(鍾權承攝)

Fig. 3. The outer appearance of the wax apple (*Syzygium samarangense*) showing no difference after being infested by *Anselmella miltoni*; however, the inner chamber comprises a seed-like gall rather than a seed. (photo by Chuan-Cheng Chung)

由於小型昆蟲對寄主氣味搜尋與偏好的行為，難以直接在野外進行觀察與測試，因此需要合適的室內裝置來記錄其行為，常使用的氣味裝置如空箱裝置 (chamber experiment)，可將一種或多種氣味來源放入同一空間中讓昆蟲進行選擇，如 Zaka *et al.* (2010) 利用空箱來測試柑橘木蝨對番石榴葉與柑橘葉的產卵選擇；Fatouros *et al.* (2012) 利用空箱測試紋白蝶對不同寄主植物的產卵選擇；或是利用分支裝置，將氣味來源固定在分支末端，再放入測試昆蟲並定義選擇時間與行為，觀察昆蟲對氣味的行為反應，其中兩分支的 Y 型管 (Y-tube olfactometer) 被廣泛應用於各類昆蟲，如薊馬 (Koschier *et al.*, 2000; Cao *et al.*, 2017)、木蝨 (Gross and Mekonen, 2005; Diaz-Montana and

Trumble, 2013)、葉蟬 (Gundappa *et al.*, 2016)、盲椿 (Blackmer *et al.*, 2004)、寄生蜂 (Belda and Riudavets, 2010; Faraone *et al.*, 2017)、螞蟻 (Uemura *et al.*, 2017)、甲蟲 (Tsukada *et al.*, 2017)、果蠅 (Revadi *et al.*, 2015)、蚊子 (Geier and Boeckh, 1999) 及鉸蠻 (Lin *et al.*, 2017)，甚至是非昆蟲的線蟲 (Boff *et al.*, 2001) 也曾利用 Y 型管進行偏好測試。Mutyambai *et al.* (2015) 和 Turlings *et al.* (2004) 則分別以四分支與六分支的氣味裝置進行寄生蜂的氣味吸引測試。本實驗將採用空箱及 Y 型管進行多重選擇與雙向選擇測試，以瞭解米爾頓袖小蜂對於不同氣味來源的選擇行為。



圖四 蒲桃果實。A, 正常之蒲桃果實；B, 正常之蒲桃種子；C, 受米爾頓袖小蜂危害之蒲桃果實外觀；D, 受米爾頓袖小蜂感危害之蒲桃內部之類種子癟。

Fig. 4. The appearance of the rose apple (*Syzygium jambos*): A) An uninfested rose apple; B) An uninfested rose apple seed; C) A rose apple infested by *Anselmella miltoni*; D) A seed-like gall inside a rose apple infested by *Anselmella miltoni*.

材料與方法

一、測試昆蟲與寄主植物

本研究中受米爾頓袖小蜂危害的蓮霧採集自嘉義縣中埔鄉之蓮霧園 (23.412875°N, 120.5612°E) 與嘉義縣阿里山公田 (23.440092°N, 120.634252°E)，受危害蒲桃則採集自台中市霧峰農業試驗所 (24.019879°N, 120.693709°E) 及台中市南區中興大學 (24.12086°N, 120.67359°E)。將受害的蓮霧以及蒲桃果實放入塑膠杯中並攜回實驗室，

靜置於室溫下等待成蟲羽化並鑽出果實，再選取交配後的雌蟲進行實驗。

氣味偏好性實驗使用之三品種蓮霧花朵採自南投縣竹山 ($23.716449^{\circ}\text{N}$, $120.683642^{\circ}\text{E}$)，而蒲桃花則來自台中市霧峰農業試驗所及台中市南區中興大學，以高枝剪剪下含花的枝條，適當修剪葉片後插於水罐中以維持枝條新鮮度。

二、米爾頓袖小蜂之產卵行為

將 20 顆南洋種蓮霧胚仔各自編號後分別固定於透明觀察箱四壁，再移入交配後的米爾頓袖小蜂雌蟲。記錄雌蟲產卵之胚仔編號與產卵過程，待雌蟲自行離開產卵的胚仔後，剖果檢查胚珠表面是否有產卵。另取 10 隻未產卵之雌蟲，解剖腹部並計算體內所含之卵數。

三、不同品種蓮霧胚仔厚度（雌蕊基部到胚珠之距離）對危害率之影響

各取五個盛花期至胚仔期之南洋種、印尼種與泰國種蓮霧，分別固定於三個透明觀察箱四壁，每箱放入交配後之米爾頓袖小蜂雌蟲，直到所有蓮霧胚仔都有雌蜂停棲產卵。在雌蟲將產卵管伸入雌蕊柱頭基部後五分鐘，以滴管吸取 70% 酒精，滴於雌蟲身上使其死亡，謹慎切開胚仔，觀察產卵管由雌蕊柱頭基部伸入胚珠之途徑，於顯微鏡下拍攝後從腹部末端剪下產卵管，量測由雌蕊柱頭基部伸入胚珠之距離。

另一部分，在剪下產卵管之前，先解剖雌蜂腹部，觀察當產卵管伸出產卵時體內產卵管之情況，以 ImageJ 軟體量測產卵管總長度。

四、蒲桃與不同品種蓮霧氣味對米爾頓袖小蜂誘引力測試

本研究針對米爾頓袖小蜂雌蟲對不同寄主花朵的產卵偏好測試，以兩階段的選擇試驗，觀察雌蟲的選擇行為。

1. 多重選擇測試

參考 Zaka *et al.* (2010) 與 Fatouros *et al.* (2012) 的空箱測試，將蒲桃與南洋種、印尼種、泰國種蓮霧盛花期之花各取七朵，每次試驗共二十八朵，將花分別固定於透明觀察箱 ($24 \times 26 \times 40\text{ cm}^3$) 之四壁，再移入三十到五十隻已交配米爾頓袖小蜂雌蟲至空箱中，使其自由活動於空箱中，記錄每小時不同品種花朵所吸引到的雌蟲數量，觀察時間從上午八點到下午五點共九小時，一共記錄五天。

2. 雙重選擇測試

參考前人研究中的 Y 型管實驗 (Koschier *et al.*, 2000; Lin *et al.*, 2017)，以管徑長 10 cm、管內徑寬 1.5 cm 且三分支夾角 120 度之玻璃管進行兩兩選擇測試，共有十種測試組合，分別是 (1) 空氣組對應蒲桃花、(2) 空氣組對應南洋種蓮霧花、(3) 空氣組對應印尼種蓮霧花、(4) 空氣組對應泰國種蓮霧花、(5) 蒲桃花對應南洋種蓮霧花、(6) 蒲桃花對應印尼種蓮霧花、(7) 蒲桃花對應泰國種蓮霧花、(8) 南洋種蓮霧花對應印尼種蓮霧花、(9) 南洋種蓮霧花對應泰國種蓮霧花與 (10) 印尼種蓮霧花對應泰國種蓮霧花之間的兩兩比較。

將花朵樣本固定在 Y 型管兩分支之開口，每次試驗從主幹開口端放入一隻已交配之米爾頓袖小蜂雌蟲，每當雌蟲進入任一分支並接觸植物開始產卵行為後，記錄為成功選擇並完成一次試驗，若經過 40 分鐘都沒有進入任一分支，則記錄為無選擇並完成一次試驗。每次試驗前都先以 70% 酒精及清水沖洗 Y 型管，風乾後再進行實驗，以免不同氣味成分干擾，同時為了確保花朵氣味刺激充足，每次試驗後都會更換新的寄主花朵。

測試結果以統計軟體 PAST 3.06 (Hammer *et al.*, 2001) 進行統計檢定，雙重選擇結果以卡方分析進行，多重選擇測驗結果以 Kruskal-Wallis test 進行檢定分析，再以 Dunn's test 進行事後比較，顯著水平設定為 0.05。

結 果

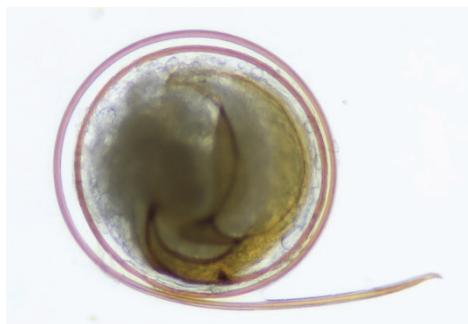
一、米爾頓袖小蜂之產卵行為

米爾頓袖小蜂雌蟲產卵行為之觀察結果 ($n=11$)，可將行為分為搜尋寄主植物、接觸寄主植物、產卵、休息與離開寄主植物五階段。搜尋寄主植物所花費時間為 59.8 ± 76.2 分鐘，最短為 1 分鐘而最長為 160 分鐘；接觸寄主植物所花費時間為 4.4 ± 4.7 分鐘，最短為 1 分鐘而最長為 11 分鐘；產卵所花費時間為 56 ± 32.7 分鐘，最短為 20 分鐘而最長為 84 分鐘；當雌蟲產卵結束後，會以後足協助將產卵管從植物組織中抽出，從開始收回產卵管的動作到離開植物所花費時間約為 1 分鐘。

未產卵雌蟲之解剖結果 ($n=10$)，體內總卵數為 312.6 ± 112.4 粒，範圍為 133 到 368 粒。剖果檢視遭危害的胚仔，記錄到胚珠上總卵數為 56.8 ± 43.8 粒，範圍為 8 到 155 粒，且發現卵有分堆情形，一至三堆，每堆卵數為 32.6 ± 20.7 粒，範圍 8 到 97 粒。

二、不同品種蓮霧胚仔厚度（雌蕊基部到胚珠之距離）對危害率之影響

解剖米爾頓袖小蜂雌蟲腹部，觀察到產卵管於圓形產卵瓣上纏繞兩圈（圖五），產卵時從腹部末端產卵管鞘伸出。利用酒精殺死產卵中的雌蜂，觀察到雌蟲產卵管從雌蕊柱頭基部伸入，沿著柱頭垂直而下抵達胚珠表面（圖六），從腹部末端剪下產卵管，量測得產卵管長度為 4.1 ± 1.0 mm ($n=15$)，三品種蓮霧雌蕊基部到胚珠表面之距離，分別是南洋種蓮霧 2.7 ± 0.2 mm ($n=5$)，印尼蓮霧種 3.0 ± 0.4 mm ($n=5$)，泰國種蓮霧 3.1 ± 0.3 mm ($n=5$)。



圖五 米爾頓袖小蜂雌蟲之產卵管外觀。
Fig. 5. Ovipositor of a female *Anselmella miltoni*.



圖六 米爾頓袖小蜂雌蟲產卵管深入胚珠切面圖與產卵管路徑示意圖（箭頭表示產卵管伸入之路徑）。

Fig. 6. Sectional view and photograph of *Anselmella miltoni* oviposition. (the arrow indicates the path of oviposition)

三、蒲桃與不同品種蓮霧氣味對米爾頓袖小蜂誘引力測試

1. 多重選擇測試

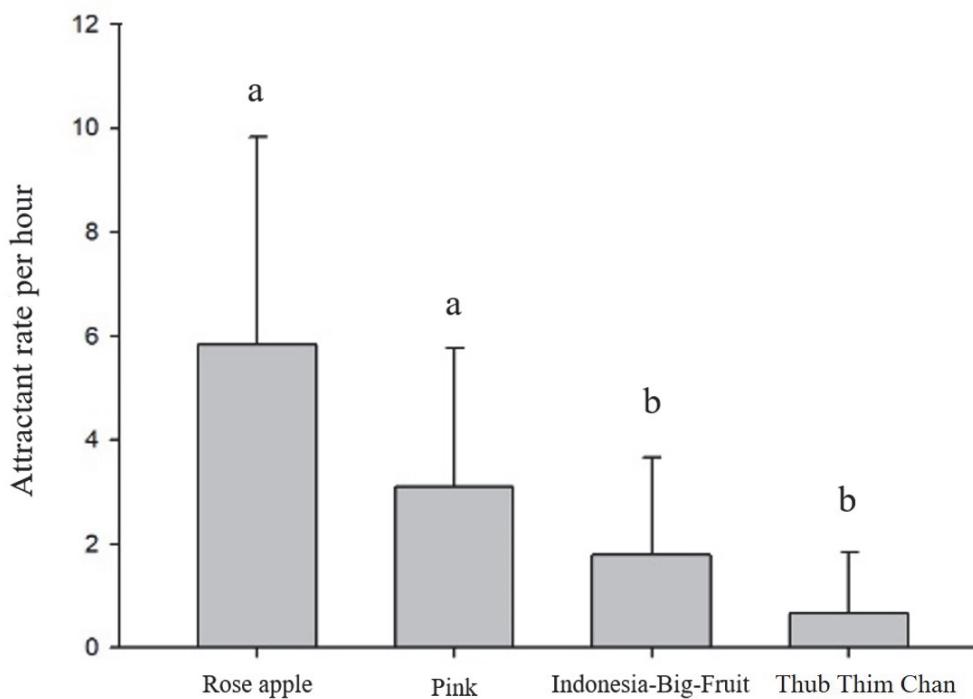
結果如圖七顯示，蒲桃花對米爾頓袖小蜂雌蟲的吸引力最高，每小時吸引雌蟲的比例為 $5.84 \pm 0.42\%$ ，其次為南洋種花 $3.12 \pm 0.35\%$ 、印尼種花 $1.78 \pm 0.38\%$ ，最低為泰國種花 $0.68 \pm 0.18\%$ 。在五天的記錄中，蒲桃花共吸引到 20.6 ± 4.5 隻雌蟲，南洋種花吸引到 10.8 ± 2.3 隻雌蟲，印尼種花吸引到 6.0 ± 1.9 隻雌蟲，泰國種花則吸引到 2.4 ± 1.1 隻雌蟲。蒲桃和南洋種蓮霧花對於米爾頓袖小蜂吸引比例顯著高於印尼種和泰國種蓮霧花 ($X^2 = 63.99, P < 0.001$)，顯示雌蜂確實對於不同寄主植物花朵氣味有其偏好性。

2. 雙重選擇測試

Y型管選擇測試中（圖八），十組比較結果可概分為三部分，第一部分為米爾頓袖小蜂雌蟲對寄主植物花朵氣味與空氣的選擇結果，蒲桃、南洋種蓮霧與印尼種蓮霧花與空氣相比都有顯著較高的吸引力，其中蒲桃花的吸引比例 70%、南洋種蓮霧花吸引力 80%而印尼種蓮霧花吸引力 60%，然而泰國種蓮霧花與空氣相比，反而是空氣對雌蟲有顯著吸引力；第二部分為蒲桃花與三品種蓮霧花的比較，蒲桃花對於雌蟲的吸引力皆高於 60%且顯著高於三品種蓮霧花；第三部分為三品種蓮霧花之間的比較，結果顯示以南洋種蓮霧花對雌蟲的吸引力高於 70%，顯著高於印尼種和泰國種蓮霧花，而印尼種蓮霧花對雌蟲的吸引力又顯著高於泰國種蓮霧花。

討 論

近年入侵性害蟲造成許多危害，但新的入侵區域通常尚未建立該入侵害蟲的生物背景資訊，防治時缺乏參考依據，因此入侵物種的形態辨識、生活史資料、生殖行為等研究，是制定合適防治策略的重要前提。以同為袖小蜂科的入侵性害蟲刺桐袖小蜂 (*Quadrastichus erythrinae* Kim) 為例，此物種於 2003 年入侵台灣，於葉部造癟導致葉片扭曲，致使刺桐樹勢衰弱甚至枯死。由於此種造癟性害蟲成蟲期短，幼蟲期受癟組織保護，難以使用化學防治，經由一系列的研究調查後，發現刺桐袖小蜂生活史與植物的物候期十分密切，雌蟲產卵需與嫩葉抽芽時期搭配，才能增加子代存活機會，藉由生殖行為、產卵偏好時機及部位等研究，擬定適合的防治方式並獲得成效 (Kim et al., 2004; Yang et al., 2004; Li



圖七 蒲桃及三品種蓮霧花朵每小時吸引米爾頓釉小蜂雌蜂之百分比例 (%)。

Fig. 7. Response of a female *Anselmella miltoni* to various host plants- rose apple and the 'Pink', 'Indonesia-Big-Fruit' and 'Thub Thim Chan' varieties of wax apples. The bars with the same letter are not significantly different at the 0.05 level. (Kruskal-Wallis test, $P < 0.001$)

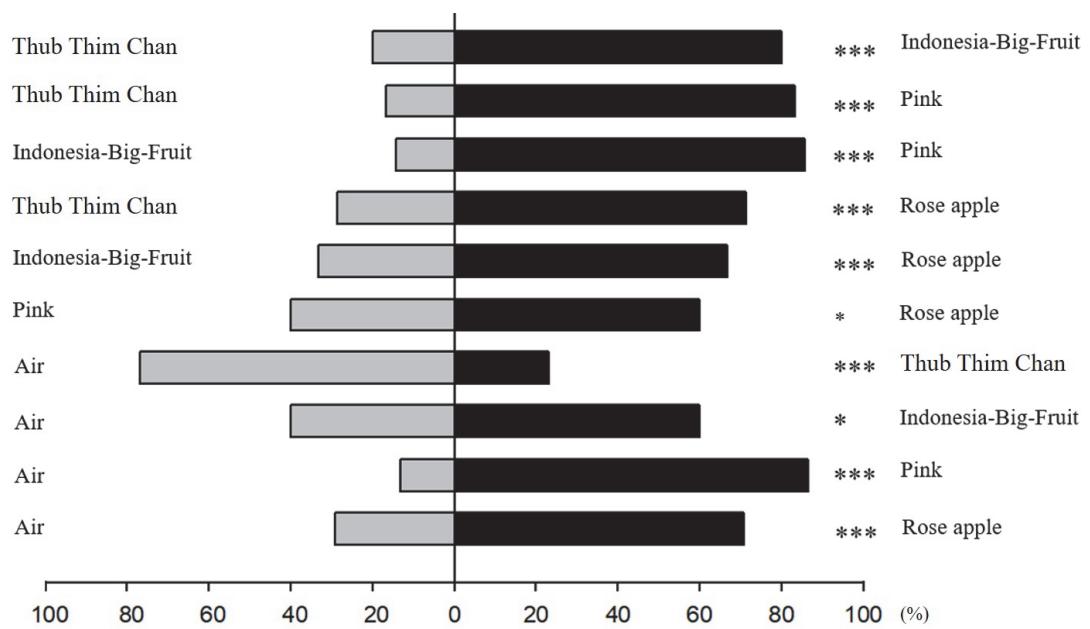
圖八 透過 Y 型管選擇，測試不同氣味組合吸引米爾頓釉小蜂雌蟲之百分比例 (%) (Chi-square test * = $P < 0.05$; *** = $P < 0.001$)。

Fig. 8. Attraction ratio of different odors on *Anselmella miltoni* through Y-tube choice test (* $P < 0.05$; *** $P < 0.001$).

et al., 2006)。

本研究發現米爾頓袖小蜂雌蟲於上午與下午都有產卵行為，沒有明顯的產卵高峰時段，此現象與刺桐袖小蜂的產卵行為相同 (Huang et al., 2011)。比較雌蟲體內總卵數與胚珠上所計算的卵數，雌蟲體內約有 300 粒卵，而胚珠上單一卵堆最多約 100 粒卵，推測雌蟲不會一次性將所有的卵產出，而是分批產出，另也有觀察到同一個胚仔有兩隻米爾頓袖小蜂雌蟲產卵，可能卵的分堆情形是不同雌蟲所產，後續研究可將雌蟲作上標記，以確定不同卵堆是否由不同雌蟲所產。

在先前的研究中發現，雌蟲在羽化之後並不取食 (Yang and Lin, 2016)，羽化後當天就能交配產卵，推測雌蟲卵細胞在羽化時已發育成熟，不需另外補充營養來提供卵細胞發育，屬於原定式產卵機制 (proovigenic) (Price, 1974)。

米爾頓袖小蜂的產卵過程與刺桐袖小蜂大致相同 (Wang et al., 2010)，能分為搜尋寄主植物、接觸寄主植物、產卵、休息與離開寄主植物五步驟，其中導致蟲瘦形成的化學物質，是源自雌蟲產卵時所產生，或是幼蟲發育刺激植物產生，還需進一步的研究。

在本研究中，雌蟲產卵偏好測試的實驗結果符合先前的檢疫資料，檢出率最高的南洋種蓮霧，其花朵在多重選擇及 Y 型管測試中對於米爾頓袖小蜂雌蟲的吸引力是最高的，其次是印尼種，最後才是泰國種蓮霧的花朵。因為各品種之花朵形態與顏色皆相同，且雌蟲產卵管長度是遠高於蓮霧胚仔厚度，不會因為胚仔厚度太高導致雌蟲產卵管無法伸達胚珠，顯示花朵氣味確實是影響米爾頓袖小蜂選擇卵寄主偏好性的重要因素，其中造成花朵氣味吸引力差異的因素值得更進一步探討，尤其是泰國種蓮霧受米爾頓袖小蜂危害的檢出率為零，泰國種蓮霧是否氣味成分無法吸引雌蟲或甚至是含有特定氣味成分可避米爾頓袖小蜂是值得關注的議題。

花朵氣味是由揮發性化合物產生，不同的植物花朵通常具有不同的揮發性成分，例如芒果花之氣味含二十四種成分，芒果葉蟬可藉此辨識寄主植物並成功進行取食或產卵行為 (Gundappa et al., 2016)，在其他昆蟲觸角電位反應實驗中，也發現昆蟲能對不同氣味做出偏好或是趨避等行為反應 (Wang et al., 2008)。本文作者群續將利用微量萃取裝置 (SPME) 吸附花朵氣味，再使用氣體層析質譜儀分析蒲桃及三品種蓮霧花朵之氣味組成，進一步瞭解影響米爾頓袖小蜂氣味偏好的揮發物質為

何。

本研究也發現蒲桃花對於雌蟲的吸引力遠高於各品種之蓮霧花，此結果顯示蒲桃或許具有作為害蟲誘引作物的潛能，Hokkanen (1991) 曾提出誘引作物的重點在於害蟲對於特定植物有偏好性，且該特定植物的經濟重要性較低，將其與主要經濟作物共同栽植，以達到減少防治成本、降低經濟損失之目的。以小菜蛾 (*Plutella xylostella* (L.)) 的防治為例，世界各地都有學者研究適合該地區的誘引作物，Charleston and Kfir (2000) 於南非的試驗中，發現芥菜 (*Brassica juncea* (L.) Czern.) 對雌蟲有顯著的吸引力，且幼蟲在上面的生存率最低，具有成為小菜蛾誘引作物的潛力。

蒲桃在台灣並非重要經濟果樹，在本次對米爾頓袖小蜂產卵偏好的試驗中，蒲桃花與三品種蓮霧花相比顯著吸引更多的雌蟲，若未來能在蓮霧園周圍栽植蒲桃作為誘引作物，引誘田間的米爾頓袖小蜂前往產卵，因受危害的蒲桃果實能明顯從外觀辨別，此時配合定期清除害果，或許能有效降低蓮霧園中小蜂的族群量，達到防治的效果。

另外，在解剖遭米爾頓袖小蜂危害之蒲桃蟲瘦過程中發現兩種膜翅目寄生蜂，經鑑定後分別為袖小蜂科的 *Aprostocetus* sp. 及長尾小蜂科 (Torymidae) 的 *Megastigmus* sp.，與 Chung and Yang (2017) 先前調查結果一致，且目前顯示寄生蜂只發生於蒲桃上，尚未確定是否會寄生蓮霧上的米爾頓袖小蜂，但就算成功寄生，也不適合做為防治蓮霧米爾頓袖小蜂的方法，因為寄生蜂的成蟲羽化時也會在果實留下孔道，影響經濟價值，然而或許可利用寄生蜂降低蒲桃上米爾頓袖小蜂之族群量，以減少蟲源之方式間接降低蓮霧受危害率。此外，幼蟲躲藏於果實種子的瘦室中，化學藥劑也不易施用，因此未來若能分離取得吸引雌蟲的氣味成分，開發出誘引劑並施用於蓮霧的開花時期，並配合相關的誘殺方式，應能減少米爾頓袖小蜂對蓮霧的危害。

綜上所述，米爾頓袖小蜂從幼蟲期到蛹期都生活在蟲瘦中，受危害的蓮霧不但難以從果實外觀分辨，也不易使用化學藥劑來控制害蟲族群，且寄生蜂也不適合進行防治，本研究藉由瞭解其生殖行為並初步探討其對寄主花朵氣味的偏好性，後續將進一步評估誘引作物之效益與氣味誘引劑發展之可能性，以期降低米爾頓袖小蜂對台灣蓮霧的經濟危害。

引用文獻

- BAPHIQ (Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine).** 2013. The introduction and control of new emerging plant diseases and pests. Agric World 364: 110-113. (in Chinese)
- Belda C, Riudavets J.** 2010. Attraction of the parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) to odors from grain and stored product pests in a Y-tube olfactometer. Biol Control 54: 29-34.
- Blackmer JL, Rodriguez-Saona C, Byers JA, Shope KL, Smith JP.** 2004. Behavioral response of *Lygus hesperus* to conspecifics and headspace volatiles of Alfalfa in a Y-tube olfactometer. J Chem Ecol 30: 1547-1564.
- Boff MIC, Zoon FC, Smits PH.** 2001. Orientation of *Heterorhabditis megidis* to insect hosts and plant roots in a Y-tube sand olfactometer. Entomol Exp Appl 98: 329-337.
- Cao Y, Zhi J, Zhang R, Wang C, Shang B, Gao Y.** 2017. Behavioral responses of *Frankliniella occidentalis* to floral volatiles. Arthropod Plant Interact 12: 31-39.
- CA (Customs Administration. Ministry of Finance).** 2017. System for statistical data. <https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA01>. Accessed 23 Nov 2017. (in Chinese)
- Charleston DS, Kfir R.** 2000. The possibility of using Indian mustard, *Brassica juncea*, as a trap crop for the diamondback moth, *Plutella xylostella*, in South Africa. Crop Prot 19: 455-460.
- Chen SR, Lai RM, Lin YH, Jhou HP, Jhuang YU, Lan CC, Chen YC, Zeng MN, Chen MY.** 2013. Special Issue of Wax Apple Management (2nd ed.). Pingtung: Kaohsiung DARES. 44 pp. (in Chinese)
- Chung CC, Yang MM.** 2017. Host utilization and taxonomy of a new pest, *Anselmella miltoni* Girault (Hymenoptera: Eulophidae), and its parasitoid wasps on wax apple. Master Thesis, Department of Entomology National Chung Hsing University. 56 pp. (in Chinese)
- COA (Council of Agriculture, Executive Yuan).** System for agricultural statistics. <http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/maintenance/Announce.aspx>. Accessed 23 Nov 2017. (in Chinese)
- Diaz-Montano J, Trumble JT.** 2013. Behavioral responses of the potato psyllid (Hemiptera: Triozidae) to volatiles from Dimethyl disulfide and plant essential oils. J Insect Behav 26: 336-351.
- Faraone N, Svensson GP, Anderbrant O.** 2017. Attraction of the larval parasitoid *Spintherus dubius* (Hymenoptera: Pteromalidae) to feces volatiles from the adult *Apion* weevil host. J Insect Behav 30: 119-129.
- Fatouros NE, Lucas-Barbosa D, Weldegergis BT, Pashalidou FG, Loon JJAV, Dicke M, Harvey JA, Gols R, Huigens ME.** 2012. Plant volatiles induced by herbivore egg deposition affect insects of different trophic levels. PLoS One 7: e43607. (doi.org/10.1371/journal.pone.0043607)
- Geier M, Boeckh J.** 1999. A new Y-tube olfactometer for mosquitoes to measure the attractiveness of host odours. Entomol Exp Appl 92: 9-19.
- Girault A.** 1926. New pests from Australia II. Private publication, Brisbane.
- Gross J, Mekonen N.** 2005. Plant odours influence the host finding behaviour of apple psyllids (*Cacopsylla picta*; *C. melanoneura*). IOBC WPRS Bulletin 28: 351-355.
- Gundappa, Kamala Jayanthi PD, Ravindra MA, Vivek K, Ravindra KV, Bhaktavatsalam N, Abraham V.** 2016. Behavioral and electrophysiological responses of mango hopper, *Idioscopus nitidulus* (Hemiptera: Cicadellidae) to host cues. Pest Manag Hort Ecosyst 22: 118-122.
- Hammer Ø, Harper D, Ryan P.** 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_

- 01htm. Accessed 15 Oct 2017
- Hokkanen HM.** 1991. Trap cropping in pest management. *Ann Rev Entomol* 36: 119-138.
- Huang PY, Lin LL, Ye ZQ, Xu M, Wu Y.** 2008. *Anselmella miltoni* on wax apple exported from Taiwan. *Plant Quarantine* 22: 178-179. (in Chinese)
- Huang HY, Wu YS, Tung GT.** 2011. Oviposition and galling preference of erythrina euphorid wasp (*Quadrastichus erythrinae* Kim) on coral tree. *Formosan Entomol* 31: 67-73. (in Chinese)
- Kim IK, Delvare G, Salle JL.** 2004. A new species of *Quadrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae): a gall inducing pest on *Erythrina* (Fabaceae). *J Hym Res* 13: 243-249.
- Koschier EH, Kogel WJD, Visser JH.** 2000. Assessing the attractiveness of volatile plant compounds to western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *J Chem Ecol* 26: 2643-2655.
- Lai RM.** 2013. The Status and Trends of Wax Apple Industry in Taiwan. *Kaohsiung DARES* 24: 19-26. (in Chinese)
- Li HM, Xiao H, Peng H, Han HX, Xue DY.** 2006. Potential global range expansion of a new invasive species, the erythrina gall wasp, *Quadrastichus erythrinae* Kim (Insecta: Hymenoptera: Eulophidae). *Raffles Bull Zool* 54: 229-234.
- Lin JJ, Yuan CY, Liang WJ, Jhuang YU, Wun HJ, Lai MR, Chen YC, Jiang MY, Cai SF.** 2004. The Series of Illustration of Plant Protection 14: The Protection of Wax Apple. Taipei: BAPHIQ. 180 pp. (in Chinese)
- Lin JH, Hsieh MC, Lu CT, Lee MC, Chang CY, Lou CW.** 2017. A study on the repellent efficacy of essential oils against *Forcipomyia taiwana*. Asia-Pacific Engineering Technology Conference; 2017 May 25-26; Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 1829-1834.
- Lughadha EN, Proenca C.** 1996. A survey of the reproductive biology of the Myrtoideae (Myrtaceae). *Ann Missouri Bot Grand* 83: 408-503.
- Mutyambai DM, Bruce TJA, Midega CAO, Woodcock CM, Caulfield JC, Berg JVD, Pickett JA, Khan ZR.** 2015. Responses of parasitoids to volatiles induced by *Chilo partellus* oviposition on Teosinte, a wild ancestor of Maize. *J Chem Ecol* 41: 323-329.
- Price PW.** 1974. Strategies for egg production. *Evolution* 28: 76-84.
- Revadi S, Vitagliano S, Stacconi MVR, Ramasamy S, Mansourian S, Carlin S, Vrhovsek U, Becher PG, Mazzoni V, Rota-Stabelli O, Angeli S, Dekker T, Anfora G.** 2015. Olfactory responses of *Drosophila suzukii* females to host plant volatiles. *Physiol Entomol* 40: 54-64.
- Tsukada M, Inui M, Suzuki N.** 2017. Do beetles prefer the odor of female-stage to male-stage flowers in Atemoya, a Cantharophylous protogynous fruit tree (Annonaceae)? *J Entomol Res Soc* 19: 43-52.
- Turlings TCJ, Davison AC, Tamo C.** 2004. A six-arm olfactometer permitting simultaneous observation of insect attraction and odor rapping. *Physiol Entomol* 29: 45-55.
- Uemura M, Perkins LE, Zalucki MP, Cribb BW.** 2017. Predator-pray interaction between greenhead ants and processionary caterpillars is mediated by chemical defence. *Anim Behav* 129: 213-222.
- Wang ZH, Chen Y, Huang J.** 2010. Reproductive system and oviposition behavior of *Quadrastichus erythrinae* Kim (Hymenoptera: Eulophidae). *Fujian J Agric Sci* 25: 260-263. (in Chinese)
- Wang W, Liu Y, Guo WM, Dai HG.** 2008. Olfactory and electroantennal response of *Apis mellifera* L. to essential oil components of chrysanthemum with small flower type. *J Nanjing Agric Univ* 31: 73-76. (in Chinese)
- Yang MM, Tung GS, Salle JL, Wu ML.** 2004. Outbreak of erythrina gall wasp (Hymenoptera: Eulophidae) on *Erythrina* spp. (Fabaceae) in Taiwan. *Plant Prot Bull* 46: 391-396.
- Yang MM, Lin YC.** 2016. *Anselmella miltoni*, a

new pest wasp on wax apple. J NCHU Agric
99: 2-11. (in Chinese)

Zaka SM, Zeng XN, Holford P, Beattie GAC.
2010. Repellent effect of guava leaf volatiles

on settlement of adults of citrus psylla,
Diaphorina citri Kuwayama, on citrus. J
Insect Sci 17: 39-45.

Oviposition Behavior and Preference of *Anselmella miltoni* (Hymenoptera: Eulophidae) to Different Varieties of Wax Apple (*Syzygium samarangense*) and Rose Apple (*S. jambos*)

Yu-Chun Lin, Yi-Chang Liao, Yu-Che Lin, and Man-Miao Yang*

Department of Entomology, National Chung Hsing University, 145 Xinda Rd., Taichung 40227, Taiwan

* Corresponding email: mmmy.letsgall@gmail.com

Received: 29 May 2018 Accepted: 13 August 2018 Available online: 15 October 2018

ABSTRACT

Anselmella miltoni Girault (Hymenoptera: Eulophidae) is a quarantine pest of wax apple and causes considerable economic loss when the fruits are packed and exported to China. This pest attacks and induces seed-like galls in the fruit of *Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & L. M. Perry and *Syzygium jambos* (L.) Alston. The larvae develop and pupate within these galls. The tunnels created by emergent *A. miltoni* adults affect the appearance of the fruit, thereby leading to the devaluation of the product's price. According to data from the Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, *A. miltoni* infestation occurs in three varieties of *S. samarangense*. The factors that affect infestation among *S. samarangense* varieties and the wild host *S. jambos* were tested. We first recorded the oviposition behavior and ovipositor length of *A. miltoni*. We then determined whether *A. miltoni* exhibits preferences to various host plants in order to investigate the influence of olfactory cues in orientation to different host plants. The behavioral responses of *A. miltoni* to odors from the host plants' flowers were examined using a Y-tube olfactometer. A comparison between control (air) and different varieties showed a preference for the side with flowers and a higher preference for *S. jambos* (70%) and the 'Pink' variety (80%), moderate preference for the 'Indonesia-Big-Fruit' variety (60%), and lower preference for the 'Thub Thim Chan' variety (20%). A pairwise comparison revealed that females had higher preference for *S. jambos* (> 60%) than for any of the *S. samarangense* variety. Among the three varieties of *S. samarangense*, females had higher preference for the 'Pink' variety (> 80%). The results indicate that flower odors play a crucial role in host selection by *A. miltoni* and that these pests have preferences for different host species/varieties.

Key words: galling insect, host searching, oviposition behavior, oviposition preference, Y-tube olfactometer