

檬果壯銜普癭蚋之潛在性天敵寄生蜂 *Aprostocetus* sp. (膜翅目：絨小蜂科) 寄生行為

林聖豐¹ 王釋玄² 李昂勳² 楊曼妙³ 郝秀花^{4*}

摘要

林聖豐、王釋玄、李昂勳、楊曼妙、郝秀花。2019。檬果壯銜普癭蚋之潛在性天敵寄生蜂 *Aprostocetus* sp. (膜翅目：絨小蜂科) 寄生行為。台灣農業研究 68(3):246–253。

本研究針對 *Aprostocetus* sp. 於檬果壯銜普癭蚋的寄生率及寄生行為進行調查，分別在 2015 年 4 月及 10 月於高雄市兩樣區調查。結果顯示，其寄生率介於 11–19%。抽樣葉片的癭蚋蟲癭數量與被寄生數呈正相關 ($r = 0.785, P < 0.001$)，與寄生率之相關性低 ($r = -0.291, P = 0.213$)，顯示寄生蜂寄生率不隨癭蚋族群大小而增減。向光處蟲癭的被寄生率 ($19.3\% \pm 3.2\%, n = 9$) 顯著高於背光處 ($4.9\% \pm 2.6\%, n = 9$) ($P < 0.050$)，顯示寄生蜂寄生偏好會受環境因子影響。癭蚋被寄生之時期主要在蟲癭的成長分化期及定型成熟期。寄生蜂成蟲插入產卵管的寄生方位為蟲癭的底部(葉背方向)，但其離癭位置則多與癭蚋相同，即由蟲癭的端部羽化孔(葉面方向)離癭，僅少數寄生蜂由葉背方向離癭。室內飼養寄生蜂成蟲存活天數比較結果顯示，對照無提供營養組 [$4 \text{ d} \pm 1 \text{ d} (n = 12)$]，提供 20% 蜂蜜水組 [$9 \text{ d} \pm 1 \text{ d} (n = 12)$] 之成蟲個體存活天數較長，推論於田間栽植蜜源植物可延長此蜂存活天數及提升其寄生效率。未來將進一步測試其 *Aprostocetus* sp. 成蟲日律活動及增放效果，以評估作為防治檬果壯銜普癭蚋的天敵資材可行性。

關鍵詞：檬果壯銜普癭蚋、絨小蜂、寄生時期、產卵行為、防治策略。

前言

檬果壯銜普癭蚋 (*Procontarinia robusta* Li, Bu & Zhang) 為雙翅目癭蚋科昆蟲，於檬果 (*Mangifera indica* L., Anacardiaceae) 葉片形成黑色小型蟲癭，可布滿葉面降低葉片光合作用，成蟲羽化離癭時會造成葉片傷口，引發病原菌感染影響植株生長，導致果實減產及影響產業經濟。近 20 年，該害蟲已發生於東非、中東及亞洲國家(中國、東帝汶、印度、印尼及台灣等) (Li *et al.* 2003; Wang & Wang 2005; Zhao *et al.* 2005; Su *et al.* 2006; Cai *et al.* 2013; Shih *et al.* 2013; Zeng *et al.* 2014)。至今，台灣雖有檬果

壯銜普癭蚋相關的生物學研究，如 Hao & Shih (個人通訊) 指出其於台灣每年具 6–7 個世代，Lin *et al.* (2018) 記錄害蟲與蟲癭發育的對照時期、蟲癭的分布偏好及物理特性。然其防治策略除化學防治方式之外，其他防治策略資料仍缺乏。

許多研究報告顯示，造癭癭蚋族群動態及其生態特性會受到寄生蜂影響 (Redfern & Cameron 1978; Sunose 1985; Yukawa & Rohfrisch 2005)。本研究針對檬果壯銜普癭蚋的寄生蜂 *Aprostocetus* sp. (圖 1) 進行寄生率調查、寄生行為、成蟲室內條件飼養比較，以評估其作為天敵防治資材之可行性。

投稿日期：2019 年 3 月 20 日；接受日期：2019 年 5 月 10 日。

* 通訊作者：hao@fthes-tari.gov.tw

¹ 國立中興大學昆蟲學系博士生。台灣 台中市。

² 高雄市立明華國中學生。台灣 高雄市。

³ 國立中興大學昆蟲學系教授。台灣 台中市。

⁴ 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 高雄市。

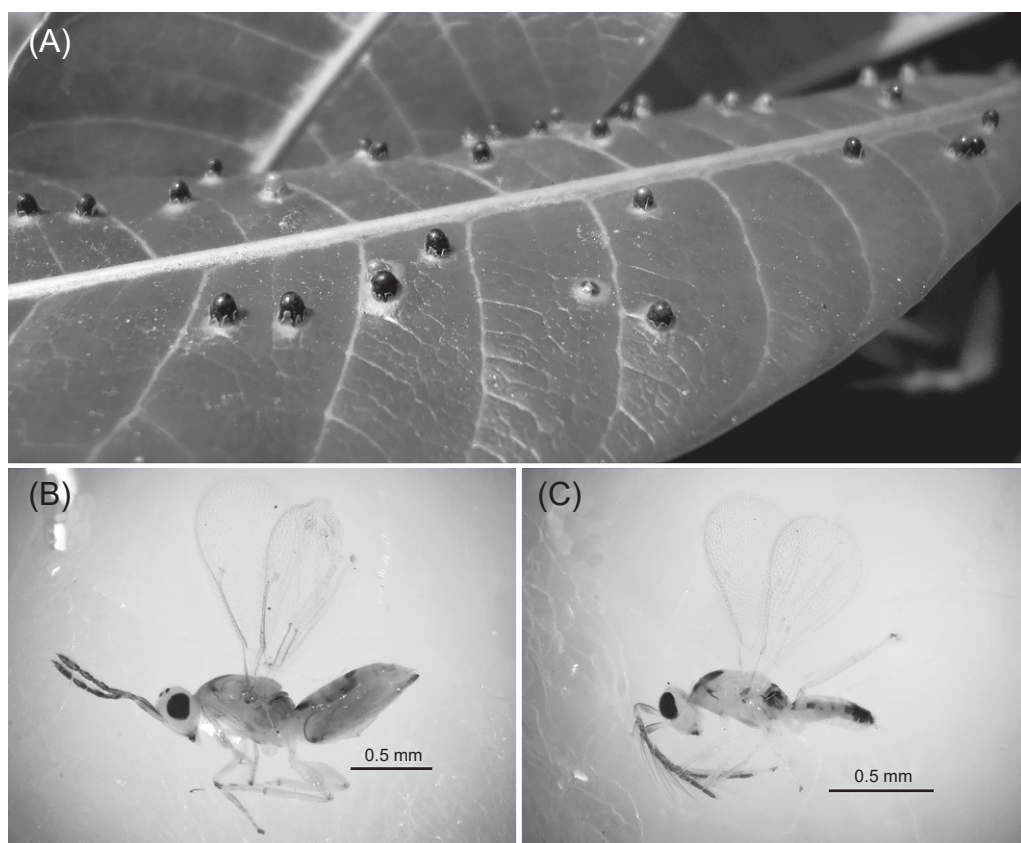


圖 1. 椪果壯缺普瘿蚧蟲瘿及其寄生蜂 (*Aprostocetus* sp.)。(A) 蟲瘿、(B) 寄生蜂雌蟲及 (C) 寄生蜂雄蟲。
 Fig. 1. *Procontarinia robusta* midge gall (A) and its parasitic *Aprostocetus* sp. female (B) and male (C).

材料與方法

調查地點、椪樹及蟲瘿發生情形

調查之椪果椪樹選自高雄市立明華國民中學校園 (N 22.661338, E 120.301073, 以下稱為學校樣點) 4 株及行政院農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 (N 22.642635, E 120.358871, 以下稱為鳳試所樣點) 36 株椪果樹, 樹高約為 1.5–3.0 m。試驗採樣的椪果葉片上的蟲瘿密度, 每葉平均超過 60 個蟲瘿。

Aprostocetus sp. 寄生率

本研究以寄生在椪果壯缺普瘿蚧之寄生蜂 *Aprostocetus* sp. 為調查對象, 在上述兩樣區分別於 2015 年 4 月採樣 30 片著瘿葉及 10 月採樣 12 片著瘿葉, 計算蟲瘿數量及被寄生率。此外, 於 2015 年 10 月在學校樣點隨機採集

30 片著瘿葉, 進行解剖並計算被寄生率, 探討寄生率與蟲瘿數量之相關。

Aprostocetus sp. 寄生時期及行為

依 Lalonde & Shorthouse (1984)、Rohfritsch (1992) 及 Yang (1999) 對於蟲瘿發育時期的定義。選取椪果壯缺普瘿蚧蟲瘿的初始形成期 (initiation stage)、成長分化期 (growth and differentiation stage) 及定型成熟期 (maturation stage) 進行寄生蜂寄生時期測試。於鳳試所樣點, 選擇上述 3 時期的蟲瘿葉片各 3 片, 每片葉片包含超過 60 個蟲瘿, 分別以網袋包覆。待套網內葉片蟲瘿發育為定型成熟期後 1 wk, 將蟲瘿解剖並記錄寄生率, 進行 3 重覆。

在鳳試所樣點採集向光及背光著瘿葉各 9 片, 記錄兩者葉片蟲瘿數量及解剖, 比較二者

寄生率之差異，並以 PAST 3.06 (Hammer *et al.* 2001) 進行 Kruskal-Wallis 測試比較。

寄生蜂產卵位置：於兩樣區分別選擇具有初始形成期及成長分化期的蟲癭葉片 6 片，每片葉片包含超過 80 個蟲癭，分成葉背包覆組 (以網袋包覆葉背) 及葉面包覆組 (以網袋包覆其葉面) (圖 2)。每組各包含 3 片著癭葉，待蟲癭發育至定型成熟期後 1 wk，取回並解剖記錄，計算寄生率並比較兩組之差異。

寄生蜂離癭位置：於鳳試所及學校樣點分別選擇定型成熟期著癭葉各 6 片，分成葉背包覆組 (以網袋包覆葉背) 及葉面包覆組 (以網袋包覆其葉面)，每組各包含 3 片著癭葉，記錄 2 組寄生蜂的羽化數量。

Aprostocetus sp. 成蟲室內條件飼養

解剖椽果壯缺普癭蚧蟲癭，將取得的寄生蜂幼蟲或蛹，置於鋪有衛生紙的小容器中飼養。將取得之成蜂分為 2 組並於室溫 ($25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) 進行飼養試驗，一組不提供食物及水，另

一組提供含有 20% 蜂蜜水之棉花球。記錄並比較兩組成蟲的存活日數。

結果

Aprostocetus sp. 寄生率及其影響因子

Aprostocetus sp. 於學校樣點的寄生率為 17.26% (4 月) 及 18.56% (10 月)；於鳳試所樣點的寄生率為 14.47% (4 月) 及 11.76% (10 月) (表 1)。此外，每一葉片的蟲癭數量及寄生率相關性分析結果顯示，寄生蜂的寄生數量隨著蟲癭數量上升而增加，二者呈正相關 ($r = 0.785$, $P < 0.001$)，而寄生率卻隨著蟲癭數的增加而略顯下降，但兩者相關性低 ($r = -0.291$, $P = 0.213$) (圖 3)。

Aprostocetus sp. 寄生偏好及行為

寄生蜂於蟲癭發育各時期套袋之寄生率，在初始形成期為 0% ($n = 340$)、於成長分化期為 11.7% ($n = 316$)、於定型成熟期為 21.0% (n

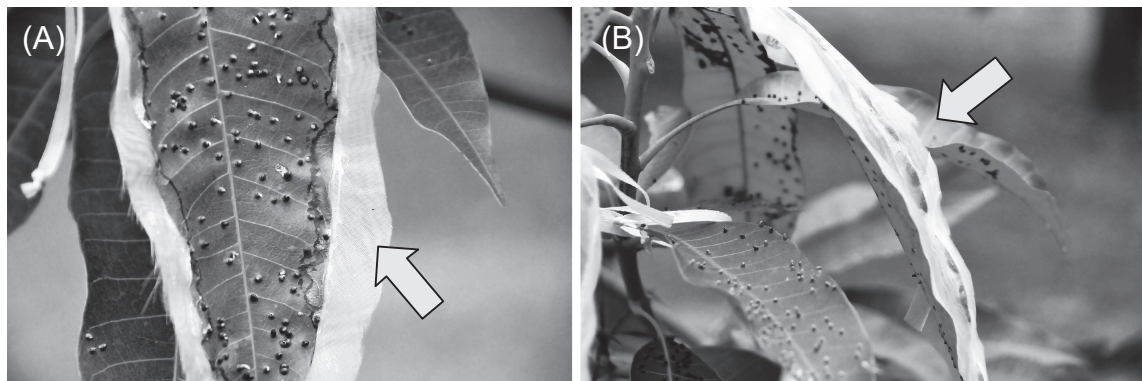


圖 2. *Aprostocetus* sp. 寄生偏好及其成蟲離癭試驗網袋包覆示意圖。(A) 葉背包覆組及 (B) 葉面包覆組。

Fig. 2. Experimental diagram of parasitoid preference and adult emergence behavior of *Aprostocetus* sp. Meshed bag covers on (A) abaxial side and (B) adaxial side. Arrow indicates covered side.

表 1. *Aprostocetus* sp. 於椽果壯缺普癭蚧之寄生率。

Table 1. Parasitism of *Aprostocetus* sp. on *Procontarinia rubasta*.

Sampling locality ²	April 2015		October 2015	
	No. of gall	Parasitism (%)	No. of gall	Parasitism (%)
MH	2,335	403 (17.26%)	1,907	354 (18.56%)
FS	2,467	357 (14.47%)	2,006	236 (11.76%)

²MH: Minghua Junior High School; FS: Fengshan Tropical Horticultural Branch, Taiwan Agricultural Research Institute.

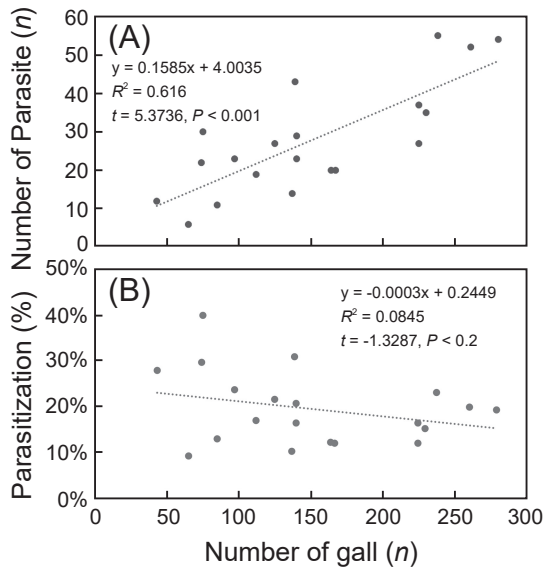


圖 3. 椛果壯缺普癭蚋蟲癭數量與 *Aprostocetus* sp. (A) 寄生數量及 (B) 寄生率之關聯。

Fig. 3. The correlation of gall number of *Procontarinia robusta* to (A) parasitized number (n) and (B) parasitization (%) of *Aprostocetus* sp.

= 276)；於向光面及背光面的寄生比率分別為 19.3% ± 3.2% ($n = 9$) 及 4.9% ± 2.6% ($n = 9$)，兩者具顯著差異 (表 2)。

在寄生蜂產卵位置試驗，葉背 (葉面包覆組) 蟲癭的寄生率於鳳試所及學校分別為 12.5% 及 18.8%，葉面 (葉背包覆組) 的蟲癭寄生率於兩樣點均為 0 (表 3)。在寄生蜂離癭位置試驗，網袋包覆葉面組及網袋包覆葉背組均可蒐集到寄生蜂，前者組別於兩樣點之蒐集及寄生蜂數量分別為 9.0 ± 3.6 ($n = 3$ ，鳳試所樣點) 及 9.6 ± 2.1 ($n = 3$ ，學校樣點)；後者組別之寄生蜂數量分別為 5.3 ± 2.1 ($n = 3$ ，鳳試所樣點) 及 6.0 ± 2.0 ($n = 3$ ，學校樣點)。

表 2. *Aprostocetus* sp. 於向光面及背光面蟲癭之寄生數量及寄生率。

Table 2. Parasitism of *Aprostocetus* sp. on apricus and downsun branch.

Sampling branch	No. of gall per leaf	Parasitism (%)
Apricus branch ($n = 9$)	181.0 ± 64.5 a ²	35.3 ± 14.1 (19.3 ± 3.2%) a
Downsun branch ($n = 9$)	31.3 ± 9.2 b	11.6 ± 1.10 (4.9 ± 2.6%) b

²Means in the same column marked with the different letters are significantly different according to Kruskal-Wallis test ($P < 0.050$).

Aprostocetus sp. 室內條件飼養

剛羽化的成蜂於無食物供給狀態下可存活 4 d ± 1 d ($n = 12$)，另給予 20% 蜂蜜水的組別可存活 9 d ± 1 d ($n = 12$)，兩者呈顯著差異 ($P < 0.05$)。

討論

Aprostocetus sp. 寄生率

天敵的寄生效力，對於害蟲族群的生物防治是不可或缺的資訊，選擇合適的天敵物種，方能提高防治效益及降低防治成本。例如為害板栗 (*Castanea mollissima* Blume) 作物的板栗癭蜂 (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu)，雖然於不同的國家發現數種天敵寄生蜂，但除了中華長尾小蜂 (*Torymus sinensis* Kamijo) 因具有高專一寄生性，被選為生物防治天敵之外，其他物種則因為寄生率均不超過 2% 而不受青睞 (Payne 1978; Murakami *et al.* 1980; Kamijo 1982; Murakami 1983; Huang *et al.* 1988; Aebi *et al.* 2006; Abe *et al.* 2007; Cooper & Rieske 2007; Quacchia *et al.* 2013a, 2013b)。以本研究而言，*Aprostocetus* sp. 於兩樣區的寄生率都在 10% 以上，最高甚至達到 18.56%。此外，*Aprostocetus* sp. 寄生數量隨著癭蚋蟲癭數量的增加而上升，即使寄生比率有略降，但統計結果指出蟲癭數量及被寄生率之相關性不顯著 ($P = 0.213$)。顯示天敵寄生率在癭蚋致死因子中占一定比例，對椛果壯缺普癭蚋族群具有一定的抑制效果，具有發展為良好的生物防治天敵之潛力，亦可配合其他防治方法施行綜合防治。

Aprostocetus sp. 寄生偏好及行為

Yukawa & Rohfrisch (2005) 將癭蚋的寄

表 3. *Aprostocetus* sp. 於椽果壯缺普癭蚋蟲癭於葉片之寄生偏好。

Table 3. Leaf side preference of parasitic preference of *Aprostocetus* sp. on *Procontarinia robusta* gall.

Sampling locality ²	Abaxial side (n = 3)	Adaxial side (n = 3)
MH	20.3 ± 2.1 (18.8 ± 2.6%)	0 (0%)
FS	13.7 ± 2.1 (12.5 ± 3.1%)	0 (0%)

² MH: Minghua Junior High School; FS: Fengshan Tropical Horticultural Branch, Taiwan Agricultural Research Institute.

生蜂分為兩類型，第一類是內寄生及單食性寄生蜂，主要寄生癭蚋的卵期及初齡幼蟲，如廣腹細蜂、旋小蜂及廣肩小蜂；另一類則為行外寄生及食性較廣的姬蜂及長尾小蜂物種，主要寄生較晚期或成熟的幼蟲齡期。*Aprostocetus* sp. 偏好寄生於成長分化期及定型成熟期蟲癭，顯示其應屬於寄生幼蟲後期齡期之類型。成長分化期的蟲癭寄生率偏低 (11.7%)，推論此時期僅有少部分的癭蚋已發育為體型較大的幼蟲，然而定型成熟期蟲癭的寄生率高 (21.0%)。顯示直至蟲癭發展後期，仍有寄生活動發生，其寄生的癭蚋齡期可能包含癭蚋 2 齡幼蟲期至蛹期階段。Chein & Ku (2001) 指出非洲菊斑潛蠅的 5 種寄生蜂 (4 種袖小蜂及 1 種繭蜂) 對其寄生幼蟲齡期具選擇性，主要寄生 3 齡幼蟲時期。此外，4 種袖小蜂的子代雌性比會受寄主齡期影響。未來可進一步測試 *Aprostocetus* sp. 的子代雌性比在寄生不同寄主齡期是否有差異，以降低偏雄現象 (雄蟲比例過高)，避免增加防治及飼養成本 (Chow & Heinz 2005)。

寄生蜂搜尋行為乃其重要的存活能力之一，除了以視覺定位寄主之外，有時亦會利用寄主取食植物寄主所產生的揮發物質來進行定位 (Fellowes *et al.* 2005)。Wang & Yang (2008) 指出多數寄生蜂會以視覺或化學訊號來確認遠距離的寄主方位，再以聽覺、嗅覺確認寄主的確切位置。但寄生蜂的寄生行為有時於野外觀察不易，本研究藉由寄生偏好測試確認 *Aprostocetus* sp. 僅由蟲癭底部 (= 葉背) 進行寄生，但可由蟲癭底部 (= 葉背) 或端部 (= 葉面) 的位置離癭，且其於葉面/葉背的離癭的比例約為 1.5 倍，顯示寄生蜂的離癭位置較偏好於葉面離癭。目前，仍無法確認寄生蜂離癭行為的機制，但本研究結果顯示可藉由蟲癭的生態資

訊提供寄生蜂寄生行為之判斷。

Lin *et al.* (2018) 證實椽果壯缺普癭蚋於向光面的蟲癭數量較背光面高，本研究結果 *Aprostocetus* sp. 的寄生亦有類似的情形，顯示相同的環境中，其寄生偏好亦會受到不同微環境因子的影響。如向光或背光處的光照強度不同，未來可進一步確認光照因子或顏色對於寄生蜂誘引的程度，或可作為誘集寄生蜂或降低生物天敵干擾之資訊。

Aprostocetus sp. 成蟲室內飼養

Price (1974) 提出寄生蜂產卵及卵的形成主要分為兩種型式，原定式產卵 (proovigenic) 及應變式產卵 (synovigenic)。行前者型式之寄生蜂，雌蟲多為壽命及產卵期短、日產卵數變化大、無取食寄主食性、排卵自發性且於羽化時體內的卵皆已成熟；反之，行後者型式之寄生蜂，雌蟲壽命及產卵期較長、可藉由取食寄主獲得營養或提供卵之成熟及形成、其排卵受外界因子影響、其初羽化成蟲體內可能僅含少數成熟卵、可藉由卵吸收來調節產卵時機。如 Chien & Chang (2013) 顯示寄生斑潛蠅的 4 種袖小蜂 [異角袖小蜂 *Hemiptarsenus varicornis* (Girault)、華袖小蜂 *Neochrysocharis formosa* (Westwood)、底比斯袖小蜂 *Chrysoncharis pentheus* (Walker)、岡崎袖小蜂 *Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 即是應變式產卵型式的寄生蜂物種，在無寄主可寄生時會藉由卵吸收的方式，保存生殖資源並調節產卵時機，但產卵調節的策略受成蟲的壽命影響。若能另提供蜜源植物，可延長 4 種袖小蜂的壽命，進而提升寄生蜂對斑潛蠅的抑制成效。本研究雖無法直接判定 *Aprostocetus* sp. 是屬於何種產卵型式的寄生蜂，但藉由取食蜂蜜可延長其存活天數之結果，或可推測其為應變式產卵型式之寄生蜂。

未來可進行其卵量計算及相關測試，確立其產卵型式，以供生物防治發展作為參考。

誌謝

本研究以第二及第三作者於 2015 年與 2016 年參加國中科學展覽 (主題分別為「『癭』室了得，硬是了得！探討椽果壯鈇普癭蚋的生態及生物防治可行性」及「捕『蜂』捉『癭』——探討一種未知寄生蜂的生態及對椽果壯鈇普癭蚋寄生模式」) 之部分資料為基礎，由其他共同作者指導並進行彙整、分析、詮釋及轉寫。研究期間承高雄市立明華國民中學林品汝、倪羽薇、劉珈琳、李奕萱、蘇育弘、李冠徵協助調查採樣及整理數據。文成後，感謝中興大學邱俊禕先生於統計分析之協助、美國農業部 (United States Department of Agriculture) 唐昌迪博士及林業試驗所潘亮瑜博士提供文章修正建議及文稿斧正。

引用文獻

- Abe, Y., G. Melika, and G. N. Stone. 2007. The diversity and phylogeography of cynipid gallwasps (Hymenoptera: Cynipidae) of the oriental and eastern Palearctic regions, and their associated communities. *Orient. Insects* 41:169–212.
- Aebi, A., K. Schönrogge, G. Melika, A. Alma, G. Bosio, A. Quacchia, L. Picciau, Y. Abe, S. Moriya, K. Yara, and G. Seljak. 2006. Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. p.103–121 *in*: Galling Arthropods and Their Associates: Ecology and Evolution. (Ozaki, K., J. Yukawa, T. Ohgushi, and P. W. Price, eds.) Springer Japan. Tokyo, Japan. 308 pp.
- Cai, H. J., P. Kolesik, H. Y. Wang, F. R. Liao, V. Quintao, F. M. Harris, and G. A. Bellis. 2013. Description of the immature stages and gall morphology, and molecular characterisation of *Procontarinia robusta*, a gall midge (Diptera: Cecidomyiidae) damaging leaves of mango *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) in southern Asia. *Aust. J. Entomol.* 52:206–211.
- Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). *Formosan Entomol.* 21:89–97. (in Chinese with English abstract)
- Chien, C. C. and S. C. Chang. 2013. Oosorption in four eulophid wasps (Hymenoptera: Eulophidae) parasitic on leaf miners (Diptera: Agrimyziidae). *J. Taiwan Agric. Res.* 62:32–39. (in Chinese with English abstract)
- Chow, A. and K. M. Heinz. 2005. Manipulation of sex ratios in mass rearing of *Diglyphus isaea* (Walker), an ectoparasitoid of Agromyzid leafminers. *IOBC WPRS Bull.* 28:63–66.
- Cooper, W. R. and L. K. Rieske. 2007. Community associates of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in eastern North America. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 100:236–244.
- Fellowes, M. D. E., J. J. M. van Alphen, and M. A. Jervis. 2005. Foraging behaviour. p.1–17. *in*: *Insects as Natural Enemies: A Practical Perspective.* (Jervis, M. A., ed.) Springer. Dordrecht, the Netherlands. 748 pp.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper, and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron* 4:1–9.
- Huang, J., Y. Luo, and D. Liao. 1988. Studies on the natural enemies of chestnut gall wasp in China. *Scientia Silvae Sinicae* 24:162–169. (in Chinese)
- Kamijo, K. 1982. Two new species of *Torymus* (Hymenoptera, Torymidae) reared from *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in China and Korea. *Kontyu* 50:505–510.
- Lalonde, R. G. and J. D. Shorthouse. 1984. Developmental morphology of the gall of *Urophora cardui* (Diptera, Tephritidae) in the stems of Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Can. J. Bot.* 62:1372–1384.
- Li, J., W. J. Bu, and Q. Y. Zhang. 2003. A new species of gall midge (Diptera: Cecidomyiidae) attacking mango leaves from China. *Acta. Zootax. Sin.* 28:148–151.
- Lin, S. F., P. R. Lin, Y. W. Ni, M. M. Yang, and H. H. Hao. 2018. Gall development, structure and preference position of the invasive cecidomyiid *Procontarinia robusta* Li, Bu & Zhang (Diptera: Cecidomyiidae). *Formosan Entomol.* 38:84–91. (in Chinese)
- Murakami, Y., H. B. Ao, and C. H. Chang. 1980. Natural enemies of the chestnut gall wasp in Hopei Province, China: Hymenoptera: Chalcidoidea. *Appl. Entomol. Zool.* 15:184–186.
- Murakami, Y. 1983. Comparison of the adult emergence periods between *Torymus* (*Syntomaspis*) *beneficus*, a native parasitoid of the chestnut gall wasp and a congeneric parasitoid imported from China (Hymenoptera: Torymidae). *Proc. Assoc. Plant Prot. Kyushu* 27:156–158. (in Japanese)
- Payne, J. A. 1978. Oriental chestnut gall wasp: New nut pest in North America. p.86–88. *in*: *Proceedings of*

- the American Chestnut Symposium. January 4–5, 1978. Morgantown, WV. West Virginia Univ. Press, Morgantown, WV.
- Price, P. W. 1974. Strategies for egg production. *Evolution* 28:76–84.
- Quacchia, A., S. Moriya, and G. Bosio. 2013a. Effectiveness of *Torymus sinensis* in the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Italy. *Acta. Hort.* 1043:199–204.
- Quacchia, A., C. Ferracini, J. A. Nicholls, E. Piazza, M. A. Saladini, F. Tota, G. Melika, and A. Alma. 2013b. Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in north western Italy. *Insect Conserv. Diver.* 6:114–123.
- Redfern, M. and R. A. D. Cameron. 1978. Population dynamics of the yew gall midge *Taxomyia taxi* (Inchbald) (Diptera: Cecidomyiidae). *Ecol. Entomol.* 3:251–263.
- Rohfritsch, O. 1992. Patterns in gall development. p.60–86. *in: Biology of Insect-Induced Galls.* (Shorthouse, J. D. and O. Rohfritsch, eds.) Oxford University Press. New York, NY. 285 pp.
- Shih, H. T., H. H. Hao, Y. C. Chiu, F. C. Lin, and M. M. Yang. 2013. A revised and annotated checklist of insects and mites of mangos from Taiwan. *Formosan Entomol.* 33:27–51. (in Chinese)
- Su, Y., W. Zhang, J. Wang, and H. Wang. 2006. Studies on the damage and the chemical control of *Procontarinia robusta* at Xiamen. *Fujian Sci. Tech. Tropical Crop.* 31(3):1–3. (in Chinese)
- Sunose, T. 1985. Population regulation of the euonymus gall midge *Masakimyia pustulae* Yukawa and Sunose (Diptera: Cecidomyiidae) by hymenopterous parasitoids. *Res. Popul. Ecol.* 27:287–300.
- Wang, W. X. and H. Y. Wang. 2005. A preliminary report on biological characters of *Procontarinia robusta* in mango. *Fujian J. Agric. Sci.* 20:74–76. (in Chinese)
- Wang, X. and Z. Yang. 2008. Behavioral mechanisms of parasitic wasps for searching concealed insect hosts. *Acta. Ecol. Sin.* 28:1257–1269.
- Yang, M. M. 1999. The Biology and evolution of gall-forming insects. p.113–126. *in: Proceedings of the Symposium on Insect Systematic and Evolution.* May 20–21, 1999. Taipei, Taiwan. National Taiwan University and National Museum of Natural Science, Taipei. (in Chinese with English abstract)
- Yukawa, J. and O. Rohfritsch. 2005. Biology and ecology of gall-inducing cecidomyiidae. p.274–304. *in: Biology, Ecology, and Evolution of Gall-Inducing Arthropods.* (Ramna, A., C. W. Schaefer, and T. M. Withers, eds.) Science Publishers. Enfield, NH. 817 pp.
- Zeng, C., Y. L. Li, R. R. Xiao, L. X. Huang, Y. D. Robleh, A. A. Bourhan, and Y. Peng. 2014. Preliminary study on *Procontarinia robusta*, one kind of pest of mango tree, in Djibouti. *J. Hubei Univ. (Natural Science)* 36:303–306. (in Chinese)
- Zhao, J. H., M. Xia, and Z. H. Zeng. 2005. Occurrence and control of *Procontarinia mangicola* (Shi). *Sci. Tech. Sichuan Agric.* 1:35. (in Chinese)

Parasitic Behavior of a Potentially Natural Enemy, *Aprostocetus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), on Mango Pest Cecidomyiid *Procontarinia robusta* (Diptera: Cecidomyiidae)

Sheng-Feng Lin¹, Shi-Shun Wang², Ang-Shing Lee², Man-Miao Yang³, and Hsiou-Hua Hao^{4,*}

Abstract

Lin, S. F., S. S. Wang, A. S. Lee, M. M. Yang, and H. H. Hao. 2019. Parasitic behavior of a potentially natural enemy, *Aprostocetus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), on mango pest cecidomyiid *Procontarinia robusta* (Diptera: Cecidomyiidae). *J. Taiwan Agric. Res.* 68(3):246–253.

The investigations on the parasitism and ovipositional behavior of *Aprostocetus* sp. were done on mango pest cecidomyiid, *Procontarinia robusta*, in providing fundamental information for developing biocontrol tactics. The parasitism was 11–19% at two sampling localities of Kaohsiung City in April and October 2015. Number of galls per leaf is positively correlated to the number of parasites per leaf ($r = 0.785$, $P < 0.001$) but insignificantly correlated to the percentage parasitization ($r = -0.291$, $P = 0.213$). It indicates that parasitism is not affected by population size of *P. robusta*. Besides, the parasitism of gall on apricus branch ($19.3\% \pm 3.2\%$, $n = 9$) is significantly higher than that on downsun branch ($4.9\% \pm 2.6\%$, $n = 9$), indicating the parasitism is influenced by environmental factor. The ovipositional phase of *Aprostocetus* sp. is associated with growth and differentiation stage and maturation stage of midge gall. The adult wasp lays the egg on abaxial side of leaf and most emergent adult leaves gall from adaxial side of leaf. The longevity of adult wasp treated with 20% honey water ($9 \text{ d} \pm 1 \text{ d}$, $n = 12$) is higher than those in the treatment with no food ($4 \text{ d} \pm 1 \text{ d}$, $n = 12$). The results showed that planting nectar plants could have positive biological control effect by prolonging the longevity of the *Aprostocetus* parasitoid. The biological rhythm and release test of *Aprostocetus* sp. is needed to evaluate biocontrol effectiveness of natural enemy on *P. robusta* in further studies.

Key words: *Procontarinia robusta*, *Aprostocetus* sp., Parasitic phase, Ovipositor behavior, Biological control.

Received: March 20, 2019; Accepted: May 10, 2019.

* Corresponding author, e-mail: hao@fthes-tari.gov.tw

¹ Ph.D. Student, Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

² Student, Kaohsiung Municipal Minghua Junior High School, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

³ Professor, Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

⁴ Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experimental Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.