

平腹小蜂 (膜翅目：旋小蜂科) 對殺蟲劑殘留毒性之感受性評估

吳怡慧^{1,2}、李世仰¹、曾喜育²、莊益源^{3*}

摘要 本研究分別以蓖麻蠶 (*Samia cynthia* (Drury)) 及柞蠶 (*Antheraea pernyi* (Guérin-Méneville)) 的卵作為替代寄主，繼代繁殖平腹小蜂 (*Anastatus japonicus* Ashmead) 後，測試施用第滅寧 (deltamethrin)、亞滅培 (acetamiprid)、賽洛寧 (lambda-cyhalothrin) 及丁基加保扶 (carbosulfan) 等 4 種殺蟲劑，殘留毒性對此 2 種替代寄主羽化的小蜂造成的致死影響，結果顯示來自 2 種寄主飼育之小蜂對此 4 種殺蟲劑的殘毒感受性相似，但施用丁基加保扶後的殘毒會產生較高的致死反應，與其它殺蟲劑間均呈顯著差異，殘毒強度依序為賽洛寧及亞滅培，而以第滅寧造成的死亡率最低。此外，雌小蜂產卵在荔枝椿象卵內，其子代幼蟲或蛹期的發育階段，施用上述四種殺蟲劑後，均不會影響子代小蜂的羽化，平均羽化率與無施藥對照組間無顯著差異。4 種殺蟲劑施用在荔枝椿象卵殼外，亦不會影響其若蟲的孵化。田間試驗結果顯示釋放平腹小蜂後，荔枝椿象卵片遭到寄生的最高比率為第 18 日的 52.5%，此等卵片中寄生蜂子代羽化率最高為第 21 日的 53.4%，但與其他釋放後天數間均無顯著差異。本試驗結果建議可選擇對平腹小蜂殘毒較低之殺蟲劑，如亞滅培及第滅寧等 2 種殺蟲劑，並於施藥 14 天後，再進行小蜂的田間釋放作業，可減輕殺蟲劑施用後可能對小蜂造成的干擾；而釋放小蜂後如需再配合化學防治，考量寄生蜂壽命及其寄生效能，則建議小蜂釋放 21 日後，再行配合化學防治施用，達到綜合應用寄生蜂與化學防治的效果。

關鍵字：平腹小蜂、殺蟲劑、殘留毒性

Toxicity of Pesticides Residues to *Anastatus japonicus* (Hymenoptera: Eupelmidae), an Egg Parasitoid of the Litchi Stink Bug *Tessaratoma papillosa*

Yi-Hui Wu^{1,2}, Shih-Yang Lee¹, Hsy-Yu Tzeng² and Yi-Yu Chuang^{3*}

ABSTRACT We tested the residual toxicity of four pesticides (deltamethrin, acetamiprid, lambda-cyhalothrin and carbosulfan) to an egg parasitoid, *Anastatus japonicus* Ashmead reared from two alternate hosts (*Samia cynthia* (Drury) and *Antheraea pernyi* (Guérin-Méneville)) in this study. The egg parasitoids from different hosts showed a similar susceptibility level to the four pesticides, with carbosulfan and deltamethrin inducing the highest mortality and lowest mortality, respectively. Both emergence rate of *A. japonicus* exposed to pesticides during two stages (larval and pupal) and hatching rate of litchi stink bug were not significantly different from those of control groups. In field trials, the parasitism rate of litchi stink bug egg masses by *A. japonicus* peaked at day 18 after release (52.5%), whereas the highest emergence rate of parasitized egg was observed at day 21 after release (53.4%), although there was no significant difference in both metrics among different days after release. These results suggest that using low-toxicity pesticides such as acetamiprid or deltamethrin 14 days

¹ 行政院農業委員會苗栗區農業改良場。363 苗栗縣公館鄉館南村 261。Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.

² 國立中興大學森林學系。402 台中市南區興大路 145 號。Department of Forestry, National Chung Hsing University.

³ 國立中興大學昆蟲學系。402 台中市南區興大路 145。Department of Entomology, National Chung Hsing University.

* 通訊作者。Corresponding author. Email:chuangyiyu@nchu.edu.tw

after the parasitoid release may reduce the effect of the pesticides on the parasitoids. Considering the parasitism efficacy of parasitoid, we recommend pesticide application should after parasitoids release at least 21 days as to maximize the control efficacy and efficiency while maintaining the synergy of biological control and chemical control.

Keywords: *Anastatus japonicus*, pesticides, residual toxicity

一、前言

荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa* (Drury)) 分類地位屬於半翅目 (Hemiptera)、荔蝽科 (Tessaratomidae)、為臺灣近年嚴重危害農業區及都市林中無患子科 (Sapindaceae) 植物的外來入侵害蟲。2009 年在高雄市首次發現此蟲 (張萃嫻、陳文華, 2018)。其寄主植物包括龍眼 (*Dimocarpus longan* Lour.)、荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.)、無患子 (*Sapindus mukorossi* Gaertn.) 及臺灣欒樹 (*Koelreuteria henryi* Dummer) 等無患子科植物。目前針對荔枝椿象的防治推行綜合害蟲管理 (integrated pest management, IPM) 策略, 綜合應用耕作、化學、物理及生物等防治技術, 期望可降低荔枝椿象危害及減少化學農藥使用。

有關化學防治策略, 依照行政院農業委員會動植物防疫檢疫局之農藥資訊服務網 (https://pesticide.baphiq.gov.tw/web/Insecticides_MenuItem5_5_B.aspx?tp=1&id1=D156303&id2=A0207&sign=X), 目前在農業區防治荔枝果樹上椿象類推薦的殺蟲劑包括亞滅培 (acetamiprid)、賽洛寧 (lambda-cyhalothrin)、及丁基加保扶 (carbosulfan) 等 3 種; 此外, 無患子科植物常為都會公園、校園及道路旁等地區的主要種植樹種, 為避免荔枝椿象於非農業區擴散蔓延, 行政院環境保護署於 2019 年亦公告使用賽洛寧做為管控此蟲於都會環境之推薦環境用藥 (<https://mdc.epa.gov.tw/PublicInfo/Permit/List>)。

平腹小蜂 (*Anastatus* spp.) 分類地位屬於膜翅目 (Hymenoptera)、旋小蜂科 (Eupelmidae), 為目前應用於防治荔枝椿象最主要的寄生性天敵。在中國的相關研究顯示, 平腹小蜂 (*Anastatus japonicus* Ashmead) 對荔枝椿象的防治效果顯著, 田間釋放後對荔枝椿象卵的總寄生率可達 80~90% 以上 (古德祥等, 2000; 洗繼東等, 2008; Li *et al.*, 2014)。謝欽銘等 (2001) 則進行了平腹小蜂 (*A. japonicus*) 對防治資材的敏感性測試, 比較 10 種植物萃取成分防治資材與化學殺蟲劑-三氯松 (trichlorfon) 對小蜂的毒性, 結果顯示印棟素及桉葉乙

醇提取物等, 對小蜂死亡率與對照組間無顯著差異, 但使用三氯松 24 h 後死亡率可達 100%。蔡尚諺、許如君 (2019) 測試另一種平腹小蜂 (*Anastatus formosanus* Crawford) 對殺蟲劑第滅寧、芬殺松 (fenthion) 及亞滅培與脂肪酸鉀鹽 (potassium salts of fatty acids, FAPS) 的感受性, 結果顯示此小蜂對脂肪酸鉀鹽的感受性較低, 對化學合成殺蟲劑則感受性皆相對較高。

在臺灣荔枝椿象越冬成蟲於翌年春季氣溫回升後開始活動, 其主要交尾產卵期從每年 3 月初開始, 此時正值荔枝及龍眼等果樹陸續開花期, 使用殺蟲劑恐會造成採蜜蜜蜂大量死亡, 因此, 在此蟲產卵期間, 釋放卵寄生蜂類的平腹小蜂 (*Anastatus* spp.) 進行生物防治, 有助於減少荔枝椿象卵孵化後若蟲的危害, 與降低此蟲之族群密度。在中國有關平腹小蜂早期研究均以蓖麻蠶 (*Samia Cynthia* (Drury)) 卵做為替代寄主, 但自 2004 年後則建立以柞蠶 (*Antheraea pernyi* (Guérin-Méneville)) 卵為主的量產體系 (Li *et al.*, 2014)。

本研究將平腹小蜂 (*A. japonicus*) 分別以蓖麻蠶及柞蠶卵進行大量飼養, 由於 2 種蠶卵的卵粒大小不同, 飼育出的小蜂體型亦有所差異, 此 2 種替代卵所量產之小蜂, 目前皆實際進行田間釋放應用與成效評估 (吳怡慧, 未發表)。黃明度等 (1974) 曾探討此小蜂於不同發育階段, 對殺蟲劑感受性的差異, 因其於 26~28°C 環境下, 未成熟期發育時間共約 18~21 天, 包括卵期 2 天, 幼蟲期 5~6 天, 前蛹期 5~6 天及蛹期 6~7 天, 因此於試驗過程分別推算小蜂在寄主卵內不同發育時期, 進行殺蟲劑感受性測試。

本研究針對現行推薦於防治荔枝椿象之殺蟲劑, 評估其對平腹小蜂可能造成的影響, 另探討在田間釋放小蜂後, 其存活時間與寄生效能間之關聯性, 評量農藥殘留毒對寄生效果之干擾程度, 作為未來綜合應用化學及生物技術管理荔枝椿象之參考。相關殘留毒感受性測試方法參考 Sterk *et al.* (1999) 在國際生物防治組織 (International Organization for Biological Control, IOBC) 及 WPRS (West Palearctic Regional Section) 所提出, 有關農藥對天敵昆蟲影響的評估模式, 試驗分為

實驗室 (laboratory)、半田間 (semi-field) 及田間 (field) 等三種試驗方式，而半田間方式則是將殺蟲劑噴施於植物上，再隨不同時間依序採摘植體，攜回實驗室測試植體上殘留殺蟲劑毒性對天敵昆蟲的致死影響。而根據死亡率評估推薦小蜂的釋放時機，則參考國際生物防治組織(IOBC)有關農藥對天敵昆蟲的試驗及分級方法，依照死亡率將半田間殺蟲劑對天敵昆蟲的毒性分為 4 級，包括第 4 級屬於強度毒害級 (死亡率 >75%)、第 3 級為中度毒害級 (死亡率界於 51~75%)、第 2 級為輕度毒害級 (死亡率界於 25~50%) 及第 1 級之無害等級 (死亡率 <25%) (Hassan *et al.*, 1994; Sterk *et al.*, 1999)。

二、材料與方法

(一) 平腹小蜂蟲源及飼育

2018 年 5~6 月期間，在高雄地區採集荔枝椿象卵塊攜回實驗室，收集遭寄生卵粒羽化出平腹小蜂。小蜂飼育於行政院農業委員會苗栗區農業改良場生物防治分場，飼養室的光照設定 12D:12L，平均溫度及相對濕度分別為 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ 及 70~80% RH。

羽化後之寄生蜂飼育於 150 網目尼龍網的組合式養蟲箱 (24.5×24.5×63 cm) 內，將蜂蜜塗抹於養蟲箱上方尼龍網上作為食物。寄生蜂到第 5~7 日齡時，分別供給蓖麻蠶與柞蠶卵做為替代寄主，重複上述相同步驟，進行此寄生蜂利用 2 種代用寄主之繼代飼育，子代寄生蜂分別供作後續相關試驗用蟲。

(二) 供試藥劑

本研究參考農藥資訊服務網，選用有關防治荔枝害蟲中椿象類的推薦殺蟲劑與其建議稀釋倍數，包括 2.8% 賽洛寧乳劑 (臺灣先正達) 稀釋 2,000 倍、20% 亞滅培水溶性粉劑 (臺灣日產化工) 稀釋 4,000 倍及 40.34% 丁基加保扶乳劑 (大勝化學工業) 稀釋 1,000 倍等 3 種殺蟲劑；此外，由於荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 為荔枝果實期的關鍵性害蟲，田間防治用的殺蟲劑亦可能影響平腹小蜂，因此，另外增選農民慣用的推薦殺蟲劑 2.4% 第滅寧 (deltamethrin) 水懸劑 (臺灣日產化工) 稀釋 1,000 倍。相關試驗期間以此 4 種殺蟲劑，進行施用後殘毒對平腹小蜂的影響評估。

(三) 殺蟲劑殘留毒對平腹小蜂雌蜂死亡率之影響 (半田間試驗)

試驗日期於 2018 年 11 月 12 日至 12 月 23 日，試驗地點於苗栗區農業改良場生物防治分場，依照推

薦稀釋倍數調配上述 4 種殺蟲劑後，以三段式噴霧器 (台北泉福工業，臺灣) 分別將 200c.c. 藥液均勻噴施於場區試驗田的龍眼樹葉片上，另以噴水 (自來水) 處理者作為對照組，分別於噴施處理後第 0 (噴施當日)、3、7、14、21、28、35 及 42 日，隨機選取各處理組的葉片作為殘留毒供試材料。測試時，依施藥後天數於龍眼樹上逢機採取 5 片葉片，放入飼養箱中，再分別放入從 2 種不同蠶卵替代寄主中羽化的第 7 日齡平腹小蜂雌蜂各 10 隻，測試期間提供蜂蜜供其取食，每處理 5 重複，紀錄 72h 後雌蜂的死亡數量，換算平均死亡率。根據中央氣象局觀測資料網苗栗縣大湖測站資料，於試驗期間的平均氣溫為 18.8°C ，平均相對濕度為 86.4%，總降雨量為 28.5mm。

(四) 殺蟲劑對不同發育階段平腹小蜂之影響 (室內試驗)

於 2019 年 4 月在田間採集荔枝椿象新產下之卵片 (卵粒外觀呈綠色者)，帶回實驗室後，選取每一卵片含 14 粒卵粒者，每 40 個卵片放入內有 1000 隻雌小蜂的養蟲箱中供其產卵寄生，共 5 箱，經 48h 後將卵片取出，於卵片移出後的第 3 日及第 14 日時 (推算卵內寄生蜂分別發育至幼蟲及蛹期階段)，分別將上述 4 種稀釋後殺蟲劑均勻噴施於卵片上，風乾後再將每一卵片分別放置於塑膠培養皿 (直徑 9cm) 內，另以噴水處理者作為對照組，每種處理各 20 卵片，分別計算各處理組的羽化小蜂數量，換算平均羽化率。

(五) 殺蟲劑處理後對荔枝椿象卵之影響 (室內試驗)

於 2019 年 4 月田間採集荔枝椿象卵片，選取每一卵片含 14 粒卵粒者，將卵片依此椿象卵期發育程度，分為初產出 (卵粒外觀呈綠色者) 及即將孵化 (卵粒外觀呈紅色者) 2 種，各取 100 片卵片，分別將上述 4 種稀釋後殺蟲劑均勻噴施於卵片上，另以噴水處理者作為對照組，每種處理各 20 卵片，噴施處理後自然風乾，再將每一卵片分別置於培養皿內，待荔枝椿象若蟲孵化後，計算孵化數量，換算平均孵化率。

(六) 平腹小蜂於田間釋放後效能評估 (田間試驗)

小蜂田間釋放效能試驗於 2020 年 4 月 13 日，在苗栗縣西湖鄉苗 28 鄉道 ($24^{\circ}33'25.2''\text{N}$, $120^{\circ}45'57.6''\text{E}$) 進行，沿線挑選 4 棵相距 100m 以上及樹高約 4~5m 的龍眼樹作為小蜂釋放點，每一釋放點釋放蓖麻蠶卵繼代繁殖的第 5~7 日齡的平腹小蜂各 2,000 隻，並於每一釋放點之植體上逢機設立 20 張黏有 14 粒荔枝椿象

卵粒的紙條，荔枝椿象卵粒來源為至田間將荔枝椿象交尾成蟲帶回實驗室，待其產卵後收集新鮮卵片。並於田間吊掛 3 日後收集攜回實驗室，同時重新設立新的卵粒紙條，攜回的荔枝椿象卵粒紙條逐一分別放置於塑膠培養皿（直徑 9cm）中，待小蜂羽化後，分別計算小蜂數量再換算平均寄生率，自 4 月 13 日至 5 月 4 日期間，共調查 7 次。

（七）統計與分析

平腹小蜂對 4 種殺蟲劑殘毒之致死率試驗，各處理組之小蜂死亡率經 Abbott' s formula 校正，校正死亡率(%) = [處理組死亡率(%) - 對照組死亡率(%)] / [100% - 對照組死亡率(%)] × 100(%)。平腹小蜂成功寄生的羽化率(%) = (羽化小蜂數/14) × 100(%)，荔枝椿象卵的孵化率(%) = (孵化若蟲數/14) × 100(%)，百分比數值經轉角轉換後由 SAS Enterprise Guide 7.1 軟體進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，再以最小顯著差異 (least significant difference, LSD) 測驗，在 5% 顯著水準下比較各殺蟲劑處理後造成之差異。在田間釋放寄生蜂試驗，不同調查天數下小蜂對荔枝椿象卵片的寄生率(%) = (遭寄生卵片數/20) × 100(%)，平腹小蜂羽化率(%) = [羽化小蜂數/(被寄生卵片數) × 14] × 100(%)，數值經轉角轉換後進行變方分析，再以最小顯著差異測驗，在 5% 顯著水準下比較各不同天數間之差異。

三、結果

（一）殺蟲劑殘留毒對平腹小蜂雌蜂死亡率之影響

分別施用第滅寧、亞滅培、賽洛寧及丁基加保扶等 4 種殺蟲劑後，經過不同天數的殘留毒，對平腹小蜂雌蜂死亡率變方分析如表 1，結果顯示不論替代寄主是蓖麻蠶或柞蠶卵所羽化的平腹小蜂，在不同殺蟲劑種類與施用後天數間有交感效應，比較施用殺蟲劑後不同天數對雌蜂死亡率趨勢，皆以施用丁基加保扶後造成的死亡率最高，其次依序為賽洛寧及亞滅培，而以施用第滅寧者造成的死亡率最低。

分析各種殺蟲劑對從代用寄主羽化之雌蜂所造成的死亡率，結果顯示施用殺蟲劑後，經過不同天數後的殘留毒性，對從蓖麻蠶卵飼育之子代雌蜂所造成的校正死亡率間互有差異。施用第滅寧後第 0 天，雌蜂之校正死亡率最高為 57.1%，雖與施用後第 3 天的 50.0% 之間無顯著差異，但與後續天數間則均呈顯著差異，施用後第 7、14、21、28 及 35 天的校正死亡率，分別為 36.7、

10.0、14.6、9.0 及 5.4%。施用亞滅培後第 0 天，雌蜂之校正死亡率為 77.6%，與經過不同天數後，雌蜂的校正死亡率間均呈現顯著差異，施用後第 3、7、14、21、28 及 35 天後的校正死亡率，則依序分別為 52.0、49.0、24.0、20.8、6.9 及 6.3%。施用賽洛寧後第 0 天，雌蜂的校正死亡率為 67.3%，與施用後第 3 及 7 天分別為 70.0 及 61.2% 間無顯著差異，但與施用後第 14、21、28 及 35 天的雌蜂校正死亡率則呈現顯著差異，經過此等天數後之校正死亡率分別為 30.0、27.1、22.4 及 9.5%。丁基加保扶為測試的 4 種殺蟲劑施用後，造成雌蜂死亡率最高者，第 0 天之校正死亡率達 95.9%，與第 3、7 及 14 天的 94.0、87.7 及 90.0% 之間無顯著差異，但與後續第 21、28 及 35 天雌蜂的校正死亡率分別為 79.2、55.1 及 39.6% 之間則均呈現顯著差異 (表 1)。

從柞蠶卵飼育之子代雌蜂，在施用 4 種殺蟲劑後的校正死亡率，與上述蓖麻蠶飼育者呈現相似結果，隨施用後天數呈現下降趨勢。施用第滅寧後第 0 天，雌蜂之校正死亡率為 59.2%，與後續天數間均呈現顯著差異，施用後第 3、7、14、21、28 及 35 天，雌蜂的校正死亡率分別為 30.0、28.0、5.2、16.0、4.5 及 9.0%。亞滅培施用後第 0 天，雌蜂之校正死亡率為 75.5%，與後續天數間均呈現顯著差異，校正死亡率依序分別為 56.0、30.0、23.7、24.0、7.7 及 4.5%。賽洛寧施用後第 0 天，雌蜂之校正死亡率為 71.4%，與施用後第 7 天的 56.0% 之間無顯著差異，但與第 3 天的 40.0% 及第 14、21、28 及 35 天後 (雌蜂校正死亡率分別為 13.0、28.0、14.3 及 7.7%) 間呈現顯著差異。丁基加保扶施用後亦造成較高之死亡率，施用後第 0 天，雌蜂之校正死亡率為 93.9% 與施用後第 3 及 7 天分別為 94.0 及 96.0% 之間無顯著差異，但與後續天數間則呈顯著差異，依序分別降低為 73.7、66.0、38.8 及 34.7% (表 2)。

（二）殺蟲劑對不同發育階段平腹小蜂之影響

測試結果顯示在寄生蜂幼蟲期施藥處理，噴水處理對照組的平均羽化率為 86.3%，與分別噴施第滅寧、亞滅培、賽洛寧及丁基加保扶等 4 種殺蟲劑處理組間無顯著差異 ($F=0.61, p=0.6558$)，此 4 組之平均羽化率分別為 85.3、81.4、86.1 及 82.1%。在寄生蜂蛹期處理時，噴水對照組的平均羽化率為 91.8%，與噴施上述 4 種殺蟲劑處理組間亦無顯著差異 ($F=1.49, p=0.2106$)，此四組之平均羽化率分別為 93.5、96.1、92.4 及 93.6% (表 3)。

表 1、殺蟲劑殘留毒對平腹小蜂雌蜂死亡率變方分析表
Table 1 Results of ANOVA analysis for residual toxicity of insecticides on the mortality of *Anastatus japonicus* female adults

	MS		
	DF	<i>Samia cynthia</i>	<i>Antheraea pernyi</i>
Insecticide	3	1.80**	1.67**
Day	6	1.00**	5.84**
Insecticide×Day	18	0.04**	0.89**
Error		0.01	0.02

** Significant at 1% level

表 2、四種殺蟲劑殘留毒對平腹小蜂雌蜂之校正死亡率

Table 2 Corrected mortality (mean±SE) of *Anastatus japonicus* female adults exposed to residual toxicity of four insecticides

Host	Insecticide	Corrected mortality (%) (Mean±SE)						
		0 day	3 days	7 days	14 days	21 days	28 days	35 days
<i>Samia cynthia</i>	Deltamethrin	57.1±0.1 Ad	50.0±0.2 ABb	36.7±0.2 Bc	10.0±0.1 Cc	14.6±0.1 Cc	9.0±0.1 Cc	5.4±0.0 Cb
	Acetamiprid	77.6±0.1 Ab	52.0±0.1 Bb	49.0±0.1 Bbc	24.0±0.2 Cbc	20.8±0.1 Cbc	6.9±0.0 Dc	6.3±0.0 Db
	Lambda- Cyhalothrin	67.3±0.1 Ac	70.0±0.2 Ab	61.2±0.2 Ab	30.0±0.2 Bb	27.1±0.1 Bb	22.4±0.1 BCb	9.5±0.1 Cb
	Carbosulfan	95.9±0.1 Aa	94.0±0.1 Aa	87.8±0.1 ABa	90.0±0.1 ABa	79.2±0.1 Ba	55.1±0.1 Ca	39.6±0.1 Da
<i>Antheraea pernyi</i>	Deltamethrin	59.2±0.9 Ab	30.0±0.1 Bc	28.0±0.2 Bc	5.2±0.0 Cc	16.0±0.1 BCb	4.5±0.0 Cb	9.0±0.1 Cb
	Acetamiprid	75.5±1.1 Ab	56.0±0.2 Bb	30.0±0.1 Cc	23.7±0.1 Cb	24.0±0.2 CDb	7.7±0.1 DEb	4.5±0.0 Eb
	Lambda- Cyhalothrin	71.4±1.0 Ab	40.0±0.1 BCbc	56.0±0.2 ABb	13.0±0.2 CDbc	28.0±0.1 CDb	14.3±0.1 DEb	7.7±0.1 Eb
	Carbosulfan	93.9±1.3 Aa	94.0±0.1 Aa	96.0±0.1 Aa	73.7±0.1 Ba	66.0±0.1 Ca	38.8±0.1 Da	34.7±0.1 Da

Corrected mortality under the same insecticide among different days (in the row) followed by the same capital letters are not significantly different. The same small letters in the column means there are not significantly different among the different insecticide with the same host (ANOVA, LSD, $P < 0.05$). Percentage data were arcsine-square-root transformed prior to analysis.

表 3、四種殺蟲劑對不同發育階段平腹小蜂羽化率的影響

Table 3 Emergence rate (mean±SE) of *Anastatus japonicus* exposed to four insecticides at different development stages

Stage	Emergence rate (%) (Mean±SE)				
	Control	Deltamethrin	Acetamiprid	Lambda-Cyhalothrin	Carbosulfan
Larval stage	86.3±2.3	85.3±3.1	81.4±4.2	86.1±2.4	82.1±2.3
Pupal stage	91.8±1.8	93.5±1.3	96.1±1.1	92.4±1.2	93.6±1.3

Emergence rate under the same stage among the different insecticides (in the row) are not significantly different (ANOVA, LSD, $P < 0.05$). Percentage data were arcsine-square-root transformed prior to analysis.

(三) 殺蟲劑處理後對荔枝椿象卵之影響

荔枝椿象卵於發育初期時，噴施第滅寧、亞滅培、賽洛寧及丁基加保扶等殺蟲劑後，若蟲的平均孵化率分別為 98.2、93.8、95.5 及 98.2%，而噴水對照組之平均孵化率為 100%，各處理間無顯著差異 ($F=2.45$, $p=0.0642$)；荔枝椿象於卵在發育末期時，噴施上述 4 種殺蟲劑後，卵的平均孵化率分別為 100、99.1、100 及 98.2%，而噴水對照組的平均孵化率為 98.2%，各處理間亦無顯著差異 ($F=1.13$, $p=0.3587$) (表 4)。

(四) 平腹小蜂於田間釋放後效能評估

平腹小蜂在釋放後的第 3、6、9、12、15、18 天，於田間操作更新卵片時，均可觀察到小蜂於部分卵片上活動，僅於第 21 天時更換時無看到卵片上有小蜂。小蜂釋放後不同天數的採樣調查結果，顯示卵片的平均被寄生率分別為 40.0、50.0、38.8、8.8、16.3、52.5 及 31.3%，除了第 12 及 15 天顯著較低，其餘天數之間皆無顯著差異 (圖 1)。進一步統計被寄生卵片中小蜂的平均羽化率分別為 43.8、51.8、43.9、31.3、19.0、41.0 及 53.4%，除了第 15 天顯著較低，其餘天數之間亦皆無顯著差異 (圖 2)。

表 4、四種殺蟲劑處理後對荔枝椿象卵的影響

Table 4 Hatch rate (mean±SE) of *Tessarotoma papillosa* egg exposed to four insecticides at different development stages

Egg stage	Hatch rate (%) (Mean±SE)				
	Control	Deltamethrin	Acetamiprid	Lambda-Cyhalothrin	Carbosulfan
Early (green)	100±0	98.2±1.2	93.8±2.5	95.5±1.9	98.2±1.2
Late (red)	98.2±1.2	100±0	99.1±0.9	100±0	98.2±1.2

Hatch rate under the same stage among the four different insecticides (in the row) are not significantly different (ANOVA, LSD, $P < 0.05$). Percentage data were arcsine square root transformed prior to analysis.

四、討論

探討殺蟲劑施用後對天敵昆蟲的影響程度，有助於提升配合生物防治於田間的應用效益，相關資訊也可作為規劃害蟲綜合管理時，選用適當殺蟲劑與調整天敵釋放時機的參考。綜合應用化學及生物防治技術，是以往許多 IPM 策略，在各種作物上防治重要經濟害蟲能夠獲得成效的重要關鍵 (Wright and Verkert, 1995; Haseeb et al., 2004; Liang et al., 2018)。Livy et al. (2003) 曾評估在施用殺蟲劑不同天數後，對棉花上害蟲-美洲牧草盲蝽 (*Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois)) 的卵寄生性天敵 (*Anaphes iole* Girault) 的存活率，以供日後決定釋放時機之參考。而在生物防治中常應用的赤眼卵蜂屬寄生蜂，亦有諸多學者針對其與各種殺蟲劑施用後相關影響程度之探討 (高穗生、曾經洲, 1989; Takada et al., 2001; Jiang et al., 2019)。以上相關研究都是針對應用於生物防治的寄生蜂類，探討其對殺蟲劑敏感程度的試驗，以作為應用 IPM 時可與速效的化學防治搭配應用的參考。

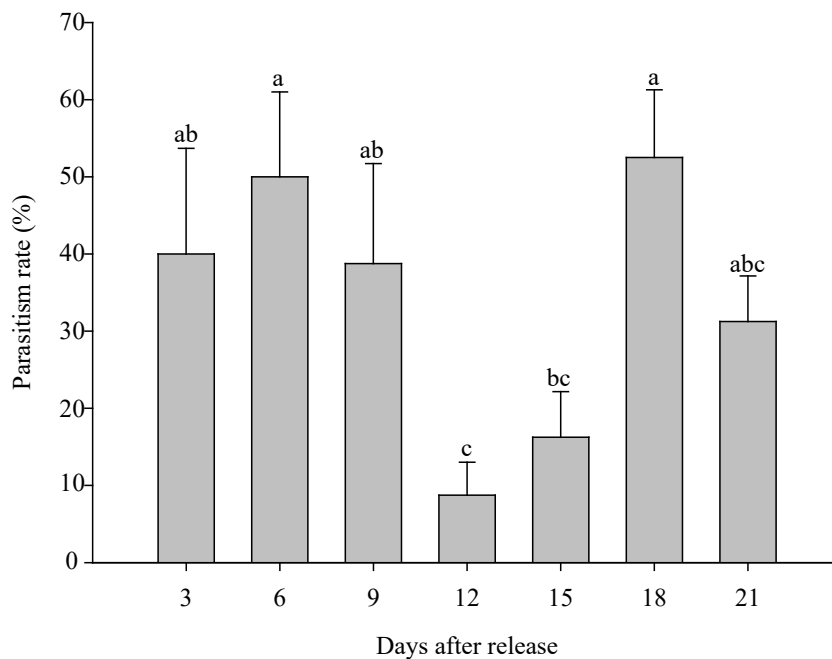


圖 1、平腹小蜂釋放後經過不同天數對荔枝椿象卵片之寄生率

Fig. 1 Parasitism rate (mean±SE) of egg strips of *Tessaratomia papillosa* after different days of *Anastatus japonicus* released. Means marked with the same letters are not significantly different (ANOVA, LSD, $P < 0.05$). Percentage data were arcsine square root transformed prior to analysis

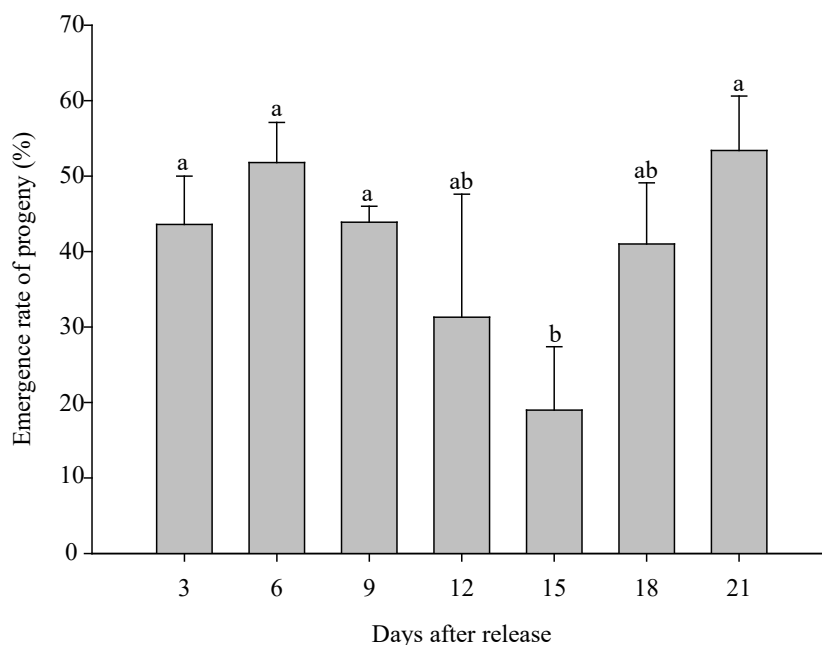


圖 2、平腹小蜂 (*Anastatus japonicus*) 釋放後被寄生荔枝椿象卵片中寄生蜂子代羽化率

Fig. 2 Emergence rate (mean±SE) of *Anastatus japonicus* progeny in parasitized egg strips after different days of *A. japonicus* released. Means marked with the same letters are not significantly different (ANOVA, LSD test, $P < 0.05$). Percentage data were arcsine square root transformed prior to analysis

本試驗測試 4 種殺蟲劑施用後之殘留毒性，評估對於從 2 種替代寄主中羽化之平腹小蜂的影響，以擬定日後田間綜合應用平腹小蜂與化學防治之參考。但經本研究測試的殺蟲劑種類及不同天數殘毒所造成的死亡率則呈現相同趨勢，此等殺蟲劑造成雌小蜂之平均死亡率由低至高，依序為第滅寧、亞滅培、賽洛寧及丁基加保扶。因平腹小蜂僅能寄生荔枝椿象之卵期，考量田間綜合防治工作，需先藉由施用殺蟲劑降低越冬成蟲數量，待荔枝、龍眼開花期間因保護蜜蜂等授粉昆蟲，不適合施用殺蟲劑時，再行釋放小蜂抑制椿象族群，但先前施用之殺蟲劑所殘留之毒性，可能影響小蜂的存活與寄生效能。依本試驗中測試之殺蟲劑種類及殘留毒所造成的死亡率結果，參考 IOBC 有關農藥對天敵昆蟲分級方法，建議以第 1 級無害等級（死亡率 <25%），估算施藥後較適宜釋放寄生蜂的期程，分別為第滅寧及亞滅培建議於施藥 14 天後，再進行平腹小蜂的田間釋放，而賽洛寧則需延長至 28 天後，此等推薦釋放小蜂之天數，對於從蓖麻蠶或柞蠶卵中羽化的小蜂皆為相同；但施用丁基加保扶於 35 天後，對小蜂的死亡率仍高於 25%，顯示此殺蟲劑較不適合於配合寄生蜂生物防治之應用。

Ogburn and Walgenbach (2019) 曾評估同屬另一小蜂 (*Anastatus reduviid* Howaed) 配合殺蟲資材，防治美國嚴重外來種椿象 *Halyomorpha halys* (Stål) (brown marmorated stink bug) 的防治效果，其結果顯示在施用防治資材 24 及 48 h 後，以含賜諾殺 (spinosad) 成分者對此小蜂造成的死亡率最高，而經有機材料審查學會 (Organic Materials Review Institute) 所核可的天然除蟲菊 (pyrethrins，商品名 PyGanic) 與印楝素 (azadirachtin，商品名 Neemix) 等資材則與無處理的對照組間無顯著差異。高穗生、曾經洲 (1989) 在臺灣亦曾針對防治亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis* Guenee) 的 2 種赤眼卵寄生蜂 (*Trichogramma chilonis* Ishii & *Trichogramma ostrinae* Pang and Chen) 進行測試，在半田間狀態測試 9 種不同殺蟲劑，包括合成除蟲菊類、有機磷劑及氨基甲酸鹽類等不同作用機制的殺蟲劑，對此 2 種寄生蜂之影響，其結果顯示需於施用殺蟲劑 21 日後，才與僅噴水對照組的寄生率之間沒有顯著差異，其中以施用氨基甲酸鹽類的加保扶 (carbofuran) 後，對寄生蜂影響較大，平均寄生率最低，另於田間試驗，也同樣顯示施用加保扶後，對寄生蜂的寄生率影響最大。Blibech *et al.* (2015) 於室內探討殺蟲劑

對不同種的赤眼卵蜂寄生率的影響，顯示同屬的寄生蜂類可能對殺蟲劑的感受性並不一致，*Trichogramma oleae* (Pintureau & Babault) 比 *Trichogramma cacoeciae* Marchal 及 *Trichogramma bourarachae* (Pintureau & Babaul) 相對不敏感，而賜諾殺則對此 3 種赤眼卵蜂寄生率的影響均比第滅寧低。

以往相關研究探討殺蟲劑對其他寄生蜂類在不同發育階段的影響，例如曾以賜諾殺測試寄生椿象 *H. halys* 卵內的 *Anastatus* 屬小蜂 (*A. reduviid*)，發現在此小蜂卵期施用殺蟲劑所造成的死亡率，明顯高於在蛹期施用者，但對於寄生在另一種椿象 (*Euschistus servus* (Say)) 的寄生蜂 (*Telenomus podisi* Ashmead)，則發現無論在寄生蜂的卵或蛹期的死亡率，都與對照組間無顯著差異 (Ogburn and Walgenbach, 2019)。本試驗結果則發現平腹小蜂寄生在荔枝椿象卵內於幼蟲或蛹期發育階段，施用測試的 4 種殺蟲劑後，小蜂的羽化情形皆與對照組間無顯著差異。

而 4 種殺蟲劑對荔枝椿象卵之影響試驗，結果顯示均不會對荔枝椿象卵內不同發育階段的個體造成影響，平均孵化率皆可達 93% 以上，此結果顯示目前推薦之殺蟲劑並無抑制荔枝椿象卵孵化之效果，此與陳盈丞等 (2019) 試驗結果相同，其比較 35 種殺蟲劑對荔枝椿象卵的孵化率影響，結果顯示各種殺蟲劑抑制孵化率的效果均偏低，但對於成功孵化的一齡若蟲卻具有 90% 以上的致死效果。Cira *et al.* (2017) 選用對天敵昆蟲相對低風險，且不同作用機制的防治資材進行測試，分別測試了印楝素、印楝素混合除蟲菊精類、賜諾殺、速殺弗 (Sulfoxaflor) 及畢芬寧 (bifenthrin) 等 5 種資材，評估對茶翅椿象 (*H. halys*) 的卵、若蟲及成蟲等不同發育期的影響，結果顯示對卵孵化的影響最低，而對若蟲的測試，則所有防治資材處理組，皆能造成一、二齡若蟲與對照組間呈現顯著差異的致死效果，但於成蟲階段的測試，則以畢芬寧效果相對較佳，此結果證實不同作用機制的防治資材，在害蟲不同發育期分別能造成不同程度的影響。

平腹小蜂於田間第 1 次釋放後卵片被寄生率約為 40.0%，而此等卵片中可順利產出子代小蜂的平均比率為 43.8%，顯示釋放 5~7 日齡雌小蜂，在田間可立即發揮寄生效能，且釋放小蜂後經過 18 日，荔枝椿象卵片被寄生情形更達試驗期間的最高比率為 52.5%，而被寄生卵片中產出子代小蜂比率最高為第 21 日的 53.4%，然而

在此試驗期間也發現小蜂寄生效果可能受氣候降雨或風速等因素而影響，經比對寄生率較低的第 12 及 15 天，為本次試驗期間有降雨及風速較大情形，其餘天數皆無降雨，且平均風速均較低。於降雨期間小蜂寄生率及羽化率明顯下降，但當氣候穩定後，發現小蜂仍可持續發揮寄生效能。因此如需於釋放平腹小蜂後，再行施用殺蟲藥防治荔枝椿象的成蟲及若蟲，考量此小蜂於室內量產時雌蜂壽命（約 1 個月）與其寄生效能，建議於釋放小蜂 21 天後再行施用殺蟲劑。

五、結論

各種殺蟲劑的毒性對天敵昆蟲的影響可能有所差異，需依防治標的作物上所推薦的殺蟲劑再行測試與評估。參考荔枝、龍眼等果樹之生長週期（張哲璋等，1997；溫宏治等，2002），及荔枝椿象在臺灣周年活動情形，包括交尾、產卵的主要季節（吳怡慧等，2018），有關荔枝椿象的綜合防治技術，依照本試驗相關結果，建議於慣行果園施用殺蟲劑的適當時期，以每年 1 至 2 月期間，荔枝椿象越冬成蟲開始活動時為較佳時機，再視園區中此蟲的發生情形，調整施用殺蟲劑種類與頻率，以迅速降低具危害風險及高繁殖潛能之越冬成蟲族群為目標；但當荔枝及龍眼等果樹進入開花期（約 3 月起），為避免傷及蜜蜂等授粉昆蟲，應即停止使用化學殺蟲劑，而此時期殘存之荔枝椿象成蟲可能有機會產卵繁殖後代，但本試驗發現第滅寧、亞滅培、賽洛寧及丁基加保等 4 種殺蟲劑，皆無法有效抑制其卵之孵化。因此，於開花期停止用藥時，建議搭配物理防治摘除卵及移除成蟲，另外再配合釋放平腹小蜂進行生物防治，可達到減少成蟲數量及其可能繁殖之子代數量。本試驗結果提供施用殺蟲劑後，其殘留毒對平腹小蜂影響程度之分析，建議選擇對小蜂毒性較低之殺蟲劑，配合施藥後殘毒降解至無害級時，再行釋放小蜂進行生物防治，如需再施用殺蟲藥防治荔枝椿象成、若蟲或其他害蟲時，則建議於釋放小蜂後 21 日後再行用藥，避免影響田間小蜂之存活與寄生效果。

六、謝誌

本研究承蒙行政院農業委員會 108 農科-8.4.1-苗-M2 計畫經費補助、苗栗區農業改良場呂秀英場長協助統計分析，特此致謝。

七、參考文獻

- [1] 古德祥、張古忍、張潤杰、龐義 (2000)。「中國南方害蟲生物防治 50 周年回顧」，*昆蟲學報* 43(3):327-335。
- [2] 吳怡慧、潘宣任、吳登楨、詹甘伊、盧美君 (2019)。「平腹小蜂應用於荔枝椿象防治之效益及未來願景」，2019 有益昆蟲在友善農耕之應用研討會論專輯 pp. 25-31。
- [3] 吳怡慧、潘宣任、吳登楨、盧美君 (2018)。「荔枝椿象防治及天敵平腹小蜂之應用」，2018 植物防檢疫科技研發成果發表會論文集 pp. 27-35。
- [4] 洗繼東、梁廣文、陳駒堅、黃小鵠 (2008)。「平腹小蜂對荔枝椿象自然種群的控制作用」，*華南農業大學學報* 29(4):47-50。
- [5] 高穗生、曾經洲 (1989)。「殘留殺蟲劑對赤眼卵寄生蜂寄生率之影響」，*昆蟲學會會報* 21:43-50。
- [6] 張哲璋、趙政男、陳右人、鄭正勇 (1997)。「溫度及乾旱對荔枝開花的影響」，*中國園藝* 43:322-329。
- [7] 張萃嫻、陳文華 (2018)。「友善耕作體系之害蟲防治策略-以應用平腹小蜂防治荔枝椿象為例」，*有機及友善環境耕作研討會論文集* pp. 125-139。
- [8] 盛金坤、王國紅、俞云祥、俞景靈 (1997)。「平腹小蜂屬四新種記述 (膜翅目：旋小蜂科)」，*昆蟲分類學報* 19(1):58-64。
- [9] 陳盈丞、黃慈閔、張淳淳 (2019)。「荔枝椿象藥劑防治研究」，*臺南區農業改良場研究彙報* 74:72-82。
- [10] 黃明度、麥秀慧、吳偉南、蒲蟄龍 (1974)。「荔枝椿象卵寄生蜂-平腹小蜂 *Anastatus* sp. 的生物學及其應用的研究」，*昆蟲學報* 17:362-375。
- [11] 溫宏治、呂鳳鳴、郝秀花、劉政道 (2002)。「臺灣南部地區龍眼害蟲之發生與防治」，*中華農業研究* 51:56-64。
- [12] 蔡尚諺、許如君 (2019)。「脂肪酸鉀鹽對荔枝椿象與平腹小蜂之毒性差異及其於寄主植物的藥害分析」，*台灣昆蟲* 39:115-124。
- [13] 謝欽銘、梁廣文、曾玲 (2001)。「幾種生物農藥對平腹小蜂的毒性」，*昆蟲天敵* 23(2):90-92。
- [14] Blibech I, Mohieddine K, Jardak T, Bouaziz M. (2015). "Effect of insecticides on *Trichogramma* parasitoids used in biological control against

- Prays oleae* insect pest." *Advances in Chemical Engineering and Science*, 5: 362-372.
- [15] Cira TM, Burkness EC, Koch RL, Hutchison WD. (2017). "*Halyomorpha halys* mortality and sublethal feeding effects following insecticide exposure." *J. Pest Sci.*, 90: 1257-1268.
- [16] Haseeb M, Liu TX, Jones WA. (2004). "Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae*, endoparasitoid of *Plutella xylostella*." *BioControl*, 49: 33-46.
- [17] Hassan SA, Bigler F, Bogenschütz H, Boller E, Brun J, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Grove A, Heimbach U, Helyer N, Hokkanen H, Lewis GB, Mansour F, Moreth L, Polgar L, Samsøe-Petersen L, Sauphanor B, Staubli A, Sterk G, Vainio A, van de Viere M, Viggiani G, Vogt H. (1994). "Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group 'Pesticides and beneficial organisms' ." *Entomophaga*, 39: 107-119.
- [18] Jiang JG, Liu X, Zhang ZQ, Liu F, Mu W. (2019). "Lethal and sublethal impact of sulfoxaflor on three species of *Trichogramma* parasitoid wasps (Hymenoptera: Trichogrammatidae)." *BioControl*, 134: 32-37.
- [19] Li, DS, Liao CY, Zhang BX, Song ZW. (2014). "Biological control of insect pests in litchi orchards in China." *BioControl*, 68: 23-36.
- [20] Liang J, Tang S, Cheke RA. (2018). "A discrete host-parasitoid model with development of pesticide resistance and IPM strategies." *J. Biol. Dyn.*, 12: 1059-1078.
- [21] Livi W III, Price LD, Manrique V. (2003). "Toxicity of field-weathered insecticide residues to *Anaphes iole* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae), and implications for inundative biological control in cotton." *BioControl*, 26: 217-223.
- [22] Ogburn EC, Walgenbach JF. (2019). "Effects of insecticides used in organic agriculture on *Anastatus redivii* (Hymenoptera: Eupelmidae) and *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae), egg parasitoids of pestivorous stink bugs." *J. Econ. Entomol.*, 112: 108-114.
- [23] Sterk G, Hassan SA, Baillod M, Bakker F, Bigler F, Bluemel S, Bogenschütz H, Boller E, Bromand B, Brun J, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Garrido A, Grove A, Heimbach U, Hokkanen H, Jacas J, Lewis GB, Moreth L, Polgar L, Roversti L, Samsøe-Petersen L, Sauphanor B, Schaub L, Staubli A, Tuset JJ, Vainio A, van de Viere M, Viggiani G, Vinuela E, Vogt H. (1999). "Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-working group 'Pesticides and beneficial organisms' ." *BioControl*, 44: 99-117.
- [24] Takada Y, Kawamura S, Tanaka T. (2001). "Effects of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera:Trichogrammatidae)." *J. Econ. Entomol.*, 94: 1340-1343.
- [25] Wright DJ, Verkert, RHJ. (1995). "Integration of chemical and biological control systems for arthropods; evaluation in a multitrophic context." *Pesticides Science* 44: 207-218.

2020年10月14日 收稿

2021年01月12日 修正

2021年02月05日 接受