



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

蔡尚諺¹、許如君^{1,2*}

¹ 國立臺灣大學植物醫學碩士學位學程 10617 臺北市羅斯福路四段一號

² 國立臺灣大學昆蟲學系 10617 臺北市羅斯福路四段一號

* 通訊作者 email: juchun@ntu.edu.tw

收件日期：2019年10月24日 接受日期：2020年1月31日 線上刊登日期：2020年4月8日

摘要

本研究以三種較安全的資材，脂肪酸鉀鹽 (potassium salts of fatty acids, FAPS)、苦楝油 (neem oil)、礦物油 (petroleum oil)，以及部分登記於荔枝、龍眼之化學殺蟲藥劑，包括賽洛寧 (lambda-cyhalothrin)、第滅寧 (deltamethrin)、芬殺松 (fenthion) 及亞滅培 (acetamiprid)，分別以浸漬法或局部滴定法測定對荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa* Drury) 及平腹小蜂 (*Anastatus formosanus* Crawford) 之感受性，以評估測試各資材對荔枝椿象之致死效果及對平腹小蜂的安全性。浸漬法結果顯示，脂肪酸鉀鹽對荔枝椿象一齡若蟲效果優於苦楝油及礦物油，且可達到 100% 死亡率，但對成蟲防治所需劑量則超過標示登記濃度。局部滴定法結果顯示，四種化學殺蟲劑中，荔枝椿象一齡若蟲及成蟲對亞滅培的感受性最差，一齡若蟲對第滅寧的感受性最高，成蟲則是對芬殺松感受性最高。平腹小蜂、荔枝椿象成蟲及一齡若蟲對測試資材的感性程度相比，平腹小蜂對化學殺蟲劑的感受性較高，但對脂肪酸鉀鹽的感受性較低。進一步以亞滅培和脂肪酸鉀鹽進行盆栽藥效及藥害試驗，兩者對荔枝椿象一齡若蟲有良好的防治效果。在藥害觀察中，發現脂肪酸鉀鹽對玉荷包之花器會造成嚴重藥害徵狀，但對荔枝、龍眼及台灣欒樹之葉片皆不見顯著藥害。綜合上述，田間應可以於平腹小蜂釋放期或野外小蜂密度發生高時，施用對其風險較低之脂肪酸鉀鹽防治荔枝椿象若蟲，以達整合管理之操作。

關鍵詞：不列管農藥、脂肪酸鉀鹽、卵寄生蜂、相容性。

前言

荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa* Drury) 屬半翅目 (Hemiptera) 荔椿象科 (Tessaratomidae)。此蟲被認為原產於中國，目前已分佈於臺灣、中國、越南、泰國、印尼、馬來西亞、菲律賓、尼泊爾、緬甸及一些東太平洋海島等地區 (Chiu *et al.*, 1964; Hsiao, 1977; Pu, 1992)。寄主

植物主要包括荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.)、龍眼 (*Dimocarpus longana* Lour.)、臺灣欒樹 (*Koelreuteria henryi* Dummer) 及無患子 (*Sapindus mukorossii* Gaertn) 等植物 (Pu, 1992; Xie *et al.*, 2004)。於中國一年發生一世代，生活史分為卵、若蟲五齡及成蟲。每年 1 月底 2 月初，若溫度達 16°C 時，越冬成蟲開始活動、取食為害，性成熟後交尾開始產卵。3~4 月為產卵盛期，受

干擾時有假死現象並分泌臭液。成蟲壽命長達 375 天；其若蟲期約 60 至 82 天。五齡若蟲大量取食以準備越冬，至 5 到 6 月下旬陸續變為成蟲 (Pu, 1992; Xie *et al.*, 2004)。

荔枝椿象若蟲及成蟲以刺吸狀口器為害嫩芽、嫩梢、花穗、幼果造成落花、落果、枯萎及褐黑化，嚴重時致使生長遲緩，錯過開花、結果時節，甚至植株整株枯死外；其受到驚嚇時分泌之臭液亦會造成果實灼傷，造成產量降低並喪失商品價值，導致巨大損失 (Liu and Gu, 2000)。除直接為害外，荔枝椿象亦會傳播荔枝簇葉病 (longan witches' broom)，造成簇葉、葉捲曲，罹病花器發育不良、提早落花、結實減少，果實小，果肉無味，嚴重減產、失去商品價值 (Zhang, 1997)。荔枝椿象平均會讓荔枝減產 20~30%，有時候損失甚至高達 70~90% (Xian *et al.*, 2008)。因此，若荔枝椿象管理不當，龍眼盛花時仍發生嚴重，農民往往會進行化學防治，進而造成訪花之蜜蜂因殺蟲劑急性中毒，為養蜂產業帶來巨大損失。另外，荔枝椿象分泌之臭液具刺激、腐蝕性，為害農民或民眾之健康 (Zhang *et al.*, 2009)。

荔枝、龍眼皆為為無患子科 (Sapindaceae) 常綠果樹，適合生長於冬季短、乾燥不結霜，且夏天較長之熱帶氣候區 (Singh, 2002)。荔枝因果肉香甜，汁多味美，深受國人喜愛，內銷需求量大且價格穩定 (Yu, 2015)，年產值為 45 億元，種植面積約 1 萬公頃 (CoA, 2017a)。龍眼不但可以鮮食，也可加工製成龍眼乾，每年帶來 40 億的產值，也常被當作庭園樹、行道樹，經濟栽培種植面積約一萬公頃 (CoA, 2017a)。除此之外，龍眼花更是蜜蜂之重要蜜源植物，龍眼蜜為我國最熱銷的蜂蜜產品，合併花粉之年產值約為 23 億新台幣 (CoA, 2017b)。荔枝、龍眼及龍眼蜜、花粉產業合計的年產值超過 100 億，為我國重要的產業。

但荔枝及龍眼受環境影響甚大，皆有隔年結果之特性，容易受到氣候、營養、水分等因子，嚴重衝擊結果率及產量 (Singh, 2002)，常造成經濟損失。若加上荔枝之有害生物的為害，往往帶來巨大損失。在我國農政及學術單位的輔導下，專業農民對於龍眼及荔枝等有害生物早已有成熟的管理模式，然而，面對近年入侵臺灣的荔枝椿象，目前還未建立成熟的管理模式。

我國農民防治荔枝椿象的策略現今主要以化學防治為主，因其成本低廉、使用方式簡便、防治效率相當高，但過度依賴化學殺蟲劑的管理模式，不但可能提高荔枝椿象天敵的消失，進而造成荔枝椿象再

猖獗 (resurgence) 的風險，也提高抗藥性產生的機會、對環境過度干擾及農藥殘留超標問題。我國目前宣誓農業政策為 10 年內化學農藥減半，積極研究非化學防治之防治手段 (CoA, 2018)。平腹小蜂防治荔枝椿象之效果已被研究證實 (Lekswasdi and Kumchu, 1991; Liu and Lai, 1998; Gu *et al.*, 2000; He, 2001; Sun and Xie, 2006)，故我國正在積極推廣施放荔枝椿象之卵寄生蜂平腹小蜂 (*Anastatus* spp.) 來進行荔枝椿象防治。但平腹小蜂對藥劑敏感，化學藥劑可能造成 40~100% 的死亡 (Zheng and Xie, 2005)，無法同時進行化學防治。故希望能夠研究對小蜂相對低毒性、較友善環境的資材，以降低對平腹小蜂的影響，以達荔枝椿象整合管理的策略。

材料與方法

一、供試蟲源

(一) 荔枝椿象

荔枝椿象 3 齡若蟲及成蟲採於 2018 年國立臺灣大學校區、台北市芝山岩園區、台北市碧湖公園之臺灣欒樹及 2019 年於彰化市田尾鄉龍眼樹，詳如表一。另由彰化縣政府農業局 2019 年 3~4 月提供收購當地的荔枝椿象卵片，置於實驗室待孵化後進行相關試驗。各齡期椿象皆飼養於 150~190 公分高之臺灣欒樹苗 (購自上旺環保有限公司)。

(二) 平腹小蜂

平腹小蜂 (*Anastatus formosanus* Crawford) 為 2018 年 8 月於國立臺灣大學校本區內採集荔枝椿象卵羽化而來，經加拿大學者 Dr. Gary A.P. Gibson, F.E.S.C. 鑑定確認，並於實驗室以柞蠶卵代用寄主繼代。實驗時將已寄生且即將羽化之卵，放入養蟲籠內，從第一隻羽化的小蜂開始計算，累積七天之小蜂，再以該雌成蜂進行相關的試驗，以確保供應蟲源為 0~7 日齡之成蜂。

二、供試藥劑

生物檢定浸漬法使用：脂肪酸鉀鹽 (potassium salts of fatty acids, FAPS) 成品 49% SL (Gowan Milling, 美國)。苦楝油 (neem oil) 成品 95% EC (良農現代化農業科技, 臺灣)。礦物油 (petroleum oil) 成品 95% EC (龍燈生物科技, 臺灣)。

生物檢定滴定法使用：賽洛寧 (lambda-cyhalothrin) 98.7% 標準品、第滅寧 (deltamethrin) 99.7% 標準品及芬殺松 (fenthion) 98% 標準品等皆

表一 荔枝椿象採集地點、寄主植物及全球衛星定位資訊

Table 1. Collected location, host plants and global positioning system (GPS) of *Tessaratoma papillosa* nymphs and adults

Host plant	Collected location	GPS
Taiwanese gold-rain tree	National Taiwan University Main Campus Da'an Dist., Taipei	25.016, 121.539
	Fanglan Rd., Da'an Dist., Taipei	25.011, 121.544
	Zishan Cultural and Ecological Garden Shilin Dist., Taipei	25.102, 121.531
	Bihu Park	25.082, 121.582
	Lu-Feng elementary school Tianwei, Changhua	23.917, 120.504
Longan		

購自 Sigma-Aldrich Chemie (瑞士)、亞滅培 (acetamiprid) 99.1% 原體 (HeBei YeTian AgroChemicals, 中國)。

盆栽試驗使用：脂肪酸鉀鹽成品 49% SL (Gowan Milling, 美國)、亞滅培成品 20% SP (興農, 臺灣)、展著劑 polyether-modified organopolysiloxane 93% (石原企業, 日本)。

三、生物檢定

採用荔枝椿象 0~7 日一齡若蟲及平腹小蜂 0~7 日齡成蟲進行試驗，在友善資材試驗中以一齡若蟲為對象，每處理進行三重複，每重複 20 隻；在感受性試驗中，以荔枝椿象一及三齡若蟲及雌雄近半的成蟲進行試驗，每處理進行兩重複，每重複 15 隻；平腹小蜂雌成蟲則採用三重複，每重複 20 隻。

(一) 浸漬法

脂肪酸鉀鹽、苦楝油及礦物油皆屬接觸性防治資材，田間施藥時皆以水配製。故本實驗將荔枝椿象浸漬於以自來水稀釋之藥液中（方法修改自 Morehead and Kuhar, 2017）：以脂肪酸鉀鹽 (49% SL) 10 及 20 g 加水配製為 4,900 及 9,800 mg / L 之溶液；苦楝油 (95% EC) 5 g 加水配製為 4,750 mg / L 之溶液；礦物油 (95% EC) 6.6 g 加水配製為 6,270 mg / L 之溶液。

將一及三齡荔枝椿象若蟲、平腹小蜂及荔枝椿象成蟲分別放入不鏽鋼 30 網目直徑 7 及 8 cm 的茶球內，浸漬於供試藥劑稀釋溶液 4~5 秒（方法修改自 Morehead and Kuhar, 2017），空白對照組以自來水處理。處理完後之荔枝椿象給予臺灣欒樹嫩梢、平腹小蜂給予蜂蜜，並於 48 小時後觀察死亡率。

友善資材試驗中，以脂肪酸鉀鹽 4,900 及 9,800 mg / L 兩個濃度、苦楝油 4,750 mg / L 及礦物油 6,270 mg / L，共四個處理進行藥效實驗，每個處理 3 重複，每重複 20 隻。

荔枝椿象及平腹小蜂感受性實驗中，每個對象針對脂肪酸鉀鹽進行五到六個濃度，例如一齡荔枝椿象若蟲感受性實驗中，以脂肪酸鉀鹽 (49% SL) 0.6、1.0、1.4、1.8 及 2.2 g 加水配製為 294、490、690、880 及 1,100 mg / L 等五個濃度。

(二) 滴定法

脂肪酸鉀鹽經前試驗實際測試，以未經稀釋成品原液滴定於荔枝椿象一齡若蟲背部並無任何致死效果，故並不適合滴定法之施藥方式。本實驗將賽洛寧、第滅寧、芬殺松及亞滅培標準品或原體秤量，加丙酮至 10 mL 定量瓶配製成 10 mg / mL (± 0.5 mg) 的貯存溶液濃度。再將其利用丙酮進行序列稀釋成五個濃度，並以丙酮為對照組進行滴定試驗。每隻一齡荔枝椿象若蟲背面及平腹小蜂胸背板滴定 0.2 μ L 藥液；每隻荔枝椿象成蟲背面則滴定 2 μ L。滴定完後，荔枝椿象給予台灣欒樹頂芽枝條、平腹小蜂給予蜂蜜，48 小時後觀察死亡率。

(三) 統計方式

實驗數據、反應蟲數及測試濃度或劑量，再使用 PoloPlus (LeOra Software) 軟體計算其半致死濃度或劑量 (median lethal concentration (dose), LC₅₀ or LD₅₀) 及 90% 致死濃度或劑量 (90% lethal concentration (dose), LC₉₀ or LD₉₀)。

四、盆栽藥效試驗

選擇生物檢定中對平腹小蜂毒性相對較低的脂

肪酸鉀鹽，及對荔枝椿象效果最差的亞滅培來進行試驗，以了解脂肪酸鉀鹽以液面噴灑施用是否能對椿象亦有防治效果及推斷生物檢定中效果更好的賽洛寧、第滅寧及芬殺松的效果。將脂肪酸鉀鹽配製成 4,900 及 9,800 mg/L 兩個濃度；亞滅培 (20% SP) 0.5 g 加水配製為 50 mg/L 之溶液。

將荔枝椿象若蟲接種至溫室內株高 82 ± 4 公分之粉殼龍眼苗一天後，以配置好之供試藥劑，均勻噴施植株葉片，直至最小逕流量出現，即停止施藥，平均每株噴施 103.58 ± 26.09 mL。於施藥前、施藥後 1、3、及 7 天觀察其活蟲數，再以數學式 $((1 - (\text{處理組施藥後活蟲數} \times \text{對照組處理前活蟲數}) \div (\text{處理組施藥前活蟲數} \times \text{對照組處理後活蟲數})) \times 100\%$ 轉換防治率。

一個盆栽為一處理，每個處理進行三重複，每重複為 19~27 隻。脂肪酸鉀鹽 49% SL 及亞滅培 20% SP 成品中含有能夠使有效成分均勻散佈的其他成分，空白對照組為了比照處理組，能使自來水能夠附著於葉片上，以展著劑 5,000 倍稀釋處理。並於施藥前、施藥後 1、3、及 7 天觀察藥劑對葉片藥害發生情形。

五、盆栽藥害試驗

於施藥前及施藥後 3、5、7 及 14 天觀察其花穗、葉片藥害情形。將藥害嚴重程度分為 0~5 共 6 個指數：0 無明顯藥害、1 輕微黃化、2 輕微焦枯、3 葉緣焦枯或花朵頂燒 (tip burn)、4 嚴重枯萎、5 焦枯如圖一及二。再以 Σ (指數 \times 該指數之花數或葉片數) \div (5 \times 總調查花數或葉數) 計算花穗、葉片藥害嚴重度 (Miller and Uetz, 1998)。

於溫室內進行，以玉荷包一隻花穗視為一個處理，每處理花蕊數平均為 685 ± 328 蕊，每個處理進行三重複。對粉殼龍眼葉片藥害情形，一個盆栽視為一處理，每處理進行三重複。於露天環境下對台灣欖樹 (平均株高 171.67 ± 4.03 cm) 以脂肪酸鉀鹽 4,900 及 9,800 mg/L 噴施，將配製好之供試藥劑，均勻噴施植株葉片，直至最小逕流量出現，即停止施藥，每株噴施 94.04 ± 6.08 mL，觀察葉片的生理狀況，一個盆栽視為一處理，每處理進行三重複。

結 果

一、浸漬法生物檢定

以一齡荔枝椿象若蟲浸漬市售商品經稀釋濃度的苦楝油、礦物油及脂肪酸鉀鹽 48 小時後藥效結果



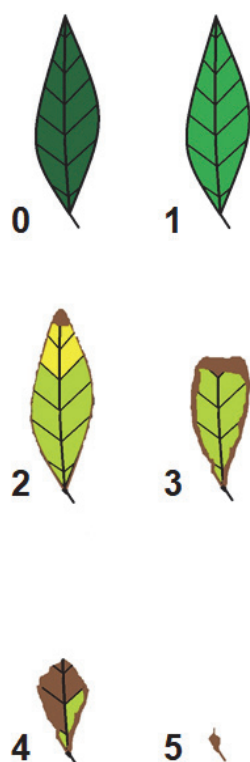
圖一 將花梢藥害嚴重程度分為指數 0~5, 0 無明顯藥害、1 輕微黃化、2 輕微焦枯、3 花朵頂燒、4 嚴重枯萎、5 焦枯。

Fig. 1. A rating scale of 0-5 to evaluate the flowers' phytotoxicity (0 = no apparent damage; 1 = slight yellowing of flower; 2 = light burn of flower; 3 = flower edge and growing tip burn; 4 = stunting and extensive dieback of flowers; 5 = death).

如表二。脂肪酸鉀鹽兩個濃度 4,900 及 9,800 mg/L 皆對其達到 100% 致死效果。苦楝油 4,750 mg/L 及礦物油 6,270 mg/L 對荔枝椿象一齡若蟲致死率僅分別達到 26.67 ± 2.89 及 $11.67 \pm 7.64\%$ 。其中以自來水為對照的試驗中，受試蟲的致死率為 0%。荔枝椿象及平腹小蜂對脂肪酸鉀鹽的半數致死濃度 (LC₅₀) 的感受性實驗結果如表三。荔枝椿象成蟲的 48 小時之 LC₅₀ 最高，為 9,015 mg/L，平腹小蜂則次之，為 2,500 mg/L。一及三齡荔枝椿象若蟲的 LC₅₀ 二者數值相近，約為 600 mg/L，即相較於荔枝椿象成蟲及平腹小蜂，一及三齡荔枝椿象若蟲對脂肪酸鉀鹽感受性較高。

二、滴定法生物檢定

以賽洛寧、第滅寧、芬殺松及亞滅培局部滴定荔枝椿象若蟲、成蟲及平腹小蜂觀察 48 小時後的死亡率，分析感受性的結果如表四。平腹小蜂對賽洛寧、第滅寧、芬殺松及亞滅培的 LD₅₀ 介於 0.0298~



圖二 將葉的藥害嚴重程度分為指數 0~5, 0 無明顯藥害、1 輕微黃化、2 輕微焦枯、3 葉緣焦枯、4 嚴重枯萎、5 焦枯。

Fig. 2. A rating scale of 0-5 to evaluate the leaves' phytotoxicity (0 = no apparent damage; 1 = slight yellowing of foliage; 2 = light burn of leaf edge; 3 = leaf edge and growing tip burn; 4 = stunting and extensive dieback of leaves; 5 = death).

0.8268 ng / parasitoid，此等劑量皆低於荔枝椿象成蟲對這些有效成分的 LC_{50} 32.92~420.2 ng/bug。荔枝椿象一齡若蟲對這些測試藥劑的 LD_{50} 範圍為 0.0392~8.556 ng / bug，僅略高於平腹小蜂。其中，荔枝椿象成蟲對亞滅培之 LD_{50} 為 420.2 ng / bug，是測試藥劑中最高的；但亞滅培對平腹小蜂的 LD_{50}

是第三低的，為 0.054 ng / parasitoid。

以椿象和平腹小蜂間的 LD_{50} 的比值為毒性因子，其結果為表五。對賽洛寧、第滅寧、芬殺松及亞滅培的毒性比以亞滅培最高，在成蟲可達 10,000 倍，一齡若蟲為 158 倍；芬殺松對一齡若蟲對比平腹小蜂時毒性最低，不過，除亞滅培外其餘三個藥劑毒性差異為 1.2 到 2.5 倍之間；針對成蟲對比時則是芬殺松最低，但也達平腹小蜂近 40 倍。

三、盆栽實驗藥效試驗

以 4,900 及 9,800 mg / L 脂肪酸鉀鹽施藥 3 天後對荔枝椿象一、三及五齡若蟲的防治率如表六。兩個濃度對於一齡若蟲分別有 80.28 ± 6.97 及 $88.97 \pm 2.17\%$ 的防治率。低濃度對於荔枝椿象三及五齡若蟲效果分別僅 33.92 ± 2.28 及 $11.68 \pm 4.93\%$ ；但高濃度對於荔枝椿象三及五齡若蟲效果則分別有 80.06 ± 7.18 及 $63.08 \pm 3.11\%$ 的防治率。

改以亞滅培 50 mg / L 施藥防治一齡荔枝椿象 1、3 及 7 天後，防治率分別為 73.35 ± 13.27 、 86.67 ± 8.85 及 $93.44 \pm 2.61\%$ 。

四、脂肪酸鉀鹽藥害試驗

施用脂肪酸鉀鹽 4,900 及 9,800 mg / L 14 天後，玉荷包花穗藥害嚴重度分別為 96.35 ± 1.15 及 $100 \pm 0\%$ 。不過，對粉殼龍眼葉片施用脂肪酸鉀鹽 4,900 及 9,800 mg / L 於施藥後 0 至 14 天皆未發現明顯藥害情形。對台灣欒樹葉片施用脂肪酸鉀鹽 4,900 及 9,800 mg / L 於施藥後 0 至 14 天後皆未發現明顯藥害情形。

表二 苦楝油、礦物油及脂肪酸鉀鹽對一齡荔枝椿象若蟲藥效在 48 小時後的觀察

Table 2. The efficacy of neem oil, petroleum oil and FAPS against *Tessaratoma papillosa* at 48-hr post-treatment

Active ingredient	Concentration (ppm)	Mortality (%)
Tap Water	-	0 ± 0
Neem oil	4,750	26.67 ± 2.89
Petroleum oil	6,270	11.67 ± 7.64
FAPS	4,900	100 ± 0
FAPS	9,800	100 ± 0

¹FAPS: the abbreviation of potassium salts of fatty acids

表三 脂肪酸鉀鹽對一、三齡荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa*) 若蟲、成蟲及平腹小蜂 (*Anastatus formosanus*) 測試後 48 小時的感受性Table 3. Susceptibility of various stages of *Tessaratoma papillosa* and *Anastatus formosanus* to FAPS at 48 hours after treatment

Test insect	LC ₅₀ (mg / L) 95% FL ^a	LC ₉₀ (mg / L) 95% FL ^a	Slop (SE)	χ^2	DF ^b
<i>T. papillosa</i> first-instar	594.5	1,123	4.64	2.79	3
nymph	(536.7-652.9)	(997.7-1,385)	(0.57)		
<i>T. papillosa</i> third-instar	665.1	1,197	5.02	1.907	3
nymph	(594.8-744.4)	(1,003-1,669)	(0.87)		
<i>T. papillosa</i> adult	9,015	21,610	3.37	2.49	4
	(7,563-10,360)	(17,170-33,660)	(0.6)		
<i>A. formosanus</i>	2,500	7,266	2.78	1.67	4
	(2,154-2,852)	(6,009-9,298)	(0.28)		

FAPS: potassium salts of fatty acids

^a 95%: FL95% fiducial limits^b Degrees of freedom表四 一齡荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa*) 若蟲、成蟲及平腹小蜂 (*Anastatus formosanus*) 對賽洛寧、第滅寧、芬殺松及亞滅培測試後 48 小時的感受性Table 4. Susceptibility of *Tessaratoma papillosa* and *Anastatus formosanus* to lambda-cyhalothrin, deltamethrin, fenthion and actamiprid at 48 hours after treatment

Active ingredient	48 hrs LD ₅₀ (ng / insect) (95% fiducial limit)		
	<i>T. papillosa</i> first-instar nymph	<i>T. papillosa</i> adult	<i>A. formosanus</i>
lambda-cyhalothrin	0.1186 (0.1052-0.1352)	86.7 (78.36-95.38)	0.0476 (0.039-0.0572)
Deltamethrin	0.0392 (0.0232-0.0602)	43.36 (26.22-89.94)	0.0298 (0.025-0.0348)
Fenthion	0.9876 (0.909-1.072)	32.92 (28.06-37.68)	0.8268 (0.7594-0.8936)
Acetamiprid	8.556 (7.106-9.964)	420.2 (287.4-597.2)	0.054 (0.0442-0.065)

討 論

國外施用 5~20 ppm 第滅寧、賽洛寧及賽滅寧，對荔枝椿象若蟲分別可造成 80% 以上死亡率，但以 300 ppm 馬拉松處理則只有不到 70% 的死亡率 (Xu *et al.*, 2006)。如施用 150 或 300 ppm 賽速安對若蟲可達 100% 死亡率，施用 33.3~100 ppm 益達胺死亡率為 54.5~89.1% (Liu *et al.*, 2017)。除馬拉松及益達胺 33 ppm 外，上述之處理皆可達 70% 以上之防治率，與本研究對一齡荔枝椿象若蟲施用 50 ppm 亞滅培 7 天後 93.4% 之防治率，皆能用於荔枝

椿象若蟲之管理。由該些數據可以推斷出，化學防治具有一定的程度上的防治效果，目前我國推薦藥劑賽洛寧 14 ppm、亞滅培 50 ppm 應能有效防治龍眼及荔枝上荔枝椿象若蟲。另核准用於龍眼、荔枝上荔枝細蛾防治之第滅寧 18 ppm 應亦能夠有良好防治效果。

但為了避免過度單一的依靠化學防治，國內正積極推廣平腹小蜂來進行生物防治。於 3~5 月田間卵寄生蜂數量低，應用釋放人工飼養之平腹小蜂防治，能夠達到 82.5% 之寄生率 (He *et al.*, 2001)。然而，化學藥劑可能會造成平腹小蜂的死亡。以藥膜法

表五 一齡荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa*) 若蟲及成蟲相對於平腹小蜂 (*Anastatus formosanus*) 對化學藥劑的毒性Table 5. Toxicity factor of *Tessaratoma papillosa* and *Anastatus formosanus* to various insecticides

Test insect	Toxicity factor (LD_{50} of insect / LD_{50} of parasitoid)			
	lambda-cyhalothrin	deltamethrin	fenthion	acetamiprid
<i>T. papillosa</i> first-instar nymph	2.49	1.32	1.19	158
<i>T. papillosa</i> adult	1,821	1,455	39.82	10,386

表六 脂肪酸鉀鹽對一、三、五齡荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa*) 若蟲荔枝盆栽藥效試驗Table 6. Efficacy of potassium salts of fatty acids against *Tessaratoma papillosa* first, third, and fifth-instar nymphs on litchi plants

Nymph ¹	FAPS Efficacy (%) (mean \pm SD)	
	4,900 mg / L	9,800 mg / L
1 st instar	80.28 \pm 6.97	88.97 \pm 2.17
3 rd instar	33.92 \pm 2.28	80.06 \pm 7.18
5 th instar	11.68 \pm 4.93	63.08 \pm 3.11

¹ Three days after application

對 *A. japonicus* Ashmead 分別施用 25.5 及 50 ppm 賽洛寧、25.5 及 50 ppm 第滅寧 96 小時後，分別會造成 46.67·66.67·13.33 及 16.67% 死亡率 (Zheng and Xie, 2005)。但本實驗以賽洛寧及第滅寧用局部滴定法對 *A. formosanus* 處理，其 48 小時 LD_{50} 僅 0.0476 及 0.0109 ng / parasitoid，推測應為暴露的途徑不同，導致感受性有所差異；此外，同屬不同種對藥劑的感受性亦可能有差異。另外，以藥膜法對 *A. japonicus* 施用 150 及 300 ppm 三氯松 (trichlorfon) 分別於施藥 48 及 24 小時後皆造成 100% 死亡率 (Zheng and Xie, 2005)。本實驗亦以同為有機磷的芬殺松，以局部滴定法對 *A. formosanus* 處理，其 LD_{50} 僅 0.8268 ng / parasitoid。另外，亞滅培對平腹小蜂之 LD_{50} 亦非常低，僅 0.0976 ng / parasitoid。

脂肪酸鉀鹽在合成化學農藥使用前已應用於蚜蟲、葉蟬及粉介殼蟲的防治 (Ware and Whitacre, 2004)。脂肪酸鉀鹽對多種小型害蟲有效，包括溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum*)、棉蚜 (*Aphis gossypii*)、柑橘粉介殼蟲 (*Planococcus citri*)、二點葉蟬 (*Tetranychus urticae*) 等害蟲 (Miller and Uetz, 1998)。椿象方面，以 19,600 ppm 脂肪酸鉀鹽對褐翅椿象 (*Halyomorpha halys* Stål) 成蟲可造成 73.3% 的死亡率 (Morehead and Kuhar,

2017) 和我們的結果相近。不過，盆栽藥效試驗中以超過脂肪酸鉀鹽對荔枝椿象三齡若蟲之 LC_{90} 1,197 ppm 4 倍多的 4,900 ppm 施用，卻只有 34.84% 的防治率，推測是因為盆栽藥效試驗中荔枝椿象不但棲息於枝條上，亦常常棲息於植株葉背，不是像浸漬法一樣完全暴露於藥劑中。但綜合盆栽試驗結果，脂肪酸鉀鹽 9,800 ppm 可以防治所有齡期荔枝椿象若蟲，荔枝椿象一齡若蟲以 4,900 ppm 即可達到不錯的防治效果。

荔枝椿象成蟲平均重量約 800 mg，一齡若蟲平均重量僅 2 mg，差距高達 400 倍，其成蟲及一齡若蟲之 LC_{50} 比值則達 15 倍。此外，田間應用上，脂肪酸鉀鹽應無法使荔枝椿象成蟲完全接觸到脂肪酸鉀鹽藥液，再加上荔枝椿象受驚擾時常會飛行逃離，因而造成藥液無法覆蓋蟲體，因此，鑑於登記濃度、藥性及荔枝椿象成蟲本身習性這幾點，以現行推薦劑量的脂肪酸鉀鹽應只適合若蟲防治，不適合用於成蟲之防治。

確認脂肪酸鉀鹽 4,900 ppm 防治荔枝椿象一齡若蟲的效果後，我們認為平腹小蜂出現於田間時期，應施用脂肪酸鉀鹽來進行防治，因其對平腹小蜂的影響較化學藥劑低。由結果之比值可以判斷出，平腹小蜂對賽洛寧、第滅寧、芬殺松及亞滅培 4 個有效成分的敏感性，遠高於荔枝椿象成蟲對這些成分之

感受性，且略高於荔枝椿象一齡若蟲之感受性。但平腹小蜂對脂肪酸鉀鹽的感受性卻低於荔枝椿象一齡若蟲對脂肪酸鉀鹽之感受性。脂肪酸鉀鹽對平腹小蜂 LC_{50} ：荔枝椿象一、三齡若蟲 LC_{50} 之比值皆高於 1，分別為 4.205 及 3.758。許多報導已經指出脂肪酸鉀鹽對天敵之風險較低，其對大豆蚜 (*Aphis glycines* Matsumura) 之捕食性天敵異色瓢蟲 (*Harmonia axyridis* Pallas) 相對低毒，對一及三齡幼蟲分別造成 40 及 38.8% 死亡率，對蛹及成蟲沒有造成死亡率 (Kraiss and Cullen, 2008)。蚜蟲之寄生蜂縊管蚜繭蜂 (*Aphidius rhopalosiphii*) 成蟲暴露脂肪酸鉀鹽 48 小時後會造成 22% 的死亡，相較合成除蟲菊精的 100% 死亡率，相對較低毒 (Jasen *et al.*, 2010)。該些報告與本研究皆發現脂肪酸鉀鹽對天敵的影響的確相對較低。另外，脂肪酸鉀鹽藥液乾燥後，即不具藥效 (Jasen *et al.*, 2010)，與化學藥劑相比，並不會造成平腹小蜂反覆地暴露於藥劑殘效而死亡，因此，脂肪酸鉀鹽應相較於目前推薦之化學藥劑，對平腹小蜂更安全。

進行化學防治時，除了需降低對平腹小蜂的影響外，對蜜蜂的保護也是必要的。目前我國核准防治荔枝、龍眼椿象類之丁基加保扶 48.34% EC、EW、25、50% WP、賽洛寧 1% WP、5% WG、2.8% EC、SC、ME 皆因對蜜蜂具有高急性風險，而必須「避免於開花期使用」。脂肪酸鉀鹽的蜜蜂接觸急性毒 $LD_{50} > 25 \mu\text{g} / \text{bee}$ (Hoxter *et al.*, 1993)，對蜜蜂相對安全；然而，脂肪酸鉀鹽可能也會破壞作物表面的蠟質，進而造成藥害。已有許多脂肪酸鉀鹽對作物容易造成藥害的報導 (Miller and Uetz, 1998)，許多對藥劑敏感的部位，例如花器，脂肪酸鉀鹽可能會引起藥害。本研究發現脂肪酸鉀鹽 4,900 及 9,800 ppm 皆會對荔枝花穗造成嚴重藥害，因此，施用脂肪酸鉀鹽時，仍應該進行局部噴施，避免噴到花器。但脂肪酸鉀鹽對台灣欖樹、龍眼樹、荔枝樹之葉片皆沒有造成任何明顯藥害。

荔枝椿象的防治上，脂肪酸鉀鹽雖無法當作單一防治藥劑，來獨力完成之荔枝椿象管理工作，但若能成為害物整合管理 (integrated pest management, IPM) 系統中的其中一個工具，應能夠降低對化學藥劑的依賴。我們建議春天施用化學藥劑防治成蟲以後，在荔枝椿象產卵期施放平腹小蜂時，及 5~7 月田間平腹小蜂族群密度高時，局部施用脂肪酸鉀鹽，防治孵化出的若蟲，並配合移除卵、蟲體之物理防治。不但可以降低對化學藥劑，也可以降低對平腹小蜂及蜜蜂的風險。

誌 謝

本研究承蒙行政院農委會動植物防疫檢疫局 107 農科-8.4.1-檢-B9 及 108 管理-3.2-植防-2(1) 計畫經費補助、國立臺灣大學總務處協助、彰化縣政府農業局提供之荔枝椿象卵片及加拿大 Agriculture and Agri-Food Canada 學者 Dr. Gary A.P. Gibson, F.E.S.C.，鑑定平腹小蜂品種，特此致謝。

引用文獻

- Chiu SF, Chen WB, Huang CS, Huang DP.** 1964. Field experiments on the control of the lichee stinkbug (*Tessaratoma papillosa* Drury) with dipterex. *Acta Phytophac Sin* 3: 123-130. (in Chinese)
- Council of Agriculture (CoA).** 2017a. Agricultural statistics. Production of fruits. (in Chinese)
- Council of Agriculture (CoA).** 2017b. The introduction of Taiwan bee-keeping industry development and the coping strategies for challenge. *Agricultural statistics. Production of fruits. Agriculture Policy and Review* 290: 72-75. (in Chinese)
- Council of Agriculture (CoA).** 2018. Reduce the use of chemical pesticides by 50% within 10 years action plans. (in Chinese)
- Gu DX, Zhang GR, Pang Y.** 2000. Review on fifty years biological control of insect pests in southern China. *Acta Entomol Sin* 43: 327-335. (in Chinese)
- He DP.** 2001. The review of integrate management research in *Euphoria* pests in Guangdong. *South China Fruits* 30: 23-26. (in Chinese)
- Hoxter K, Bernard WL, Smith GJ.** 1993. Ringer/Safer 50% insecticidal soap concentrate technical grade: an acute contact toxicity study with the honey bee. Report No.: 000012. GLP, Unpublished.
- Hsiao T.** 1977. A Handbook for the Determination of the Chinese Hemiptera-Hetroptera (1). Science Press, Beijing: 214.
- Jansen JP, Defrance T, Warnier AM.** 2010.

- Effects of organic-farming-compatible insecticides on four aphid natural enemy species. *Pest Manag Sci*: 66: 650-656.
- Kraiss H, Cullem EN.** 2008. Efficacy and nontarget effects of reduced-risk insecticides on *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) and its biological control agent *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *J Econ Entomol* 101: 391-398.
- Lekswasdi P, Kumchu C.** 1991. Mass rearing and releasing of the parasitoid *Anastatus* sp. *Kasetart J Nat Sci* 25: 47-58.
- Liu DM, Liao SC, Wang FY, Li BB, Ma SF.** 2017. Indoor toxicities of thiamethoxam and imidacloprid to the litchi stink bug. *Plant Doctor* 6: 61-62. (in Chinese)
- Liu XD, Lai CQ.** 1998. Experiment of control of litchi stink bug by using *Anastatus* sp. *South China Fruits* 27: 31.
- Liu YF, Gu DX.** 2000. An investigation on feeding behavior of the litchi stink bug: *Tessaratoma papillosa* (Hemiptera: Pentatomidae). *Acta Entomol Sin* 43: 152-158. (in Chinese)
- Miller F, Uetz S.** 1998. Evaluating biorational pesticides for controlling arthropod pests and their phytotoxic effects on greenhouse crops. *Horttechnology* 8: 185-192.
- Morehead1 JA, Kuhar TP.** 2017. Efficacy of organically approved insecticides against brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* and other stink bugs. *J Pest Sci* 90: 1277-1285.
- Pu ZL.** 1992. Utilizing Eupelmid wasp *Anastatus* sp to control litchi stink bug *Tessaratoma papillosa*. In: Sun Yat-sen University and Guandong Sciencetech Association (Ed.), Selected works of Pu Zhelong. Sun Yat-Sen University Press: 135-169. (in Chinese)
- Singh RB.** 2002. Welcome address. In: Papademetriou, MK, Dent, FJ (Eds.), *Lychee Production in the Asia-Pacific Region*. Food and Agriculture Organization of UN, Regional Office for Asia and Pacific, Bangkok, Thailand: 2-4.
- Sun GS, Xie QM.** 2006. Survey of natural enemy categories of litchi stink bug and recommendations on protection and utilization techniques. *China Prot* 26: 27-29. (in Chinese)
- Ware GW, Whitacre DM.** 2004. *The Pesticide Book*. 6th edition. MeisterPro Information Resources, Willoughby, OH: 487 pp.
- Xian JD, Uang GW, Chem JJ, Huang X.** 2008. Control efficacy of *Anastatus japonicus* on the natural population of *Tessaratoma papillosa*. *Journal of South China Agricultural University* 29: 47-50. (in Chinese)
- Xie QM, Liang GW, Zeng L, Lu YY.** 2004. The life table of the experimental population of *Tessaratoma papillosa*. *Entomol. Knowledge* 40: 34-35. (in Chinese)
- Xu XL, Huang WR, Han DY, Fu YG.** 2006. Efficacy of several insecticides to the litchi stink bugs. *South China Fruits* 35: 51-52. (in Chinese)
- Yu JM.** 2015. The future development strategy of Taiwan litchi industry. *Agriculture Policy and Review* 275: 47-51. (in Chinese)
- Zhang DP.** 1997. A study of the pericarp of litchi fruit and the injury caused by litchi stink bugs, *Tessaratoma papillosa* (Hem: Pentatomidae). *Wuyi Science J*: 198-203. (in Chinese)
- Zhang ZM, Wu WW, Li GK.** 2009. Study of the alarming volatile characteristics of *Tessaratoma papillosa* using SPME-GC-MS. *J Chromatogr Sci* 47: 291-296.
- Zheng DM, Xie QM.** 2005. Indoor toxicities of several insecticides to two parasite wasps. *Entomol J East China* 14: 362-366. (in Chinese)

Susceptibility of litchi stink bugs (*Tessaratoma papillosa* Drury) and parasitoid wasps (*Anastatus formosanus* Crawford) to potassium salts of fatty acids and phytotoxicity analysis of host plants

Shang-Yan Tsai¹, Ju-Chun Hsu^{1,2*}

¹ Master Program of Plant Medicine, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan

² Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan

* Corresponding email: juchun@ntu.edu.tw

Received: 24 October 2019 Accepted: 31 January 2020 Available online: 8 April 2020

ABSTRACT

Here, we used dipping assays and topical bioassays to test the susceptibility of litchi stink bug (LSB; *Tessaratoma papillosa* Drury) and parasitoid wasps (*Anastatus formosanus* Crawford) to three low-toxicity substances (namely potassium salts of fatty acids, FAPS, neem oil, and petroleum oil) and four pesticides registered for use on litchi and longan (namely, lambda-cyhalothrin, deltamethrin, fenthion, and acetamiprid) to assess their efficacy in controlling LSBs and safety for parasitoid wasps. The dipping assay results indicated that FAPS caused 100% mortality in first-instar LSB nymphs, displaying higher efficacy compared with neem oil and petroleum oil; however, the dosage required to control adult LSBs surpassed that of recommended dosages. Topical bioassay for the four pesticides revealed that first-instar nymphs and adult LSBs had the lowest susceptibility to acetamiprid, whereas they had the highest susceptibility to deltamethrin and fenthion, respectively. Compared with adult LSBs and first-instar nymphs, parasitoid wasps displayed higher susceptibility to the pesticides but lower susceptibility to FAPS. Additional experiments testing the efficacy and phytotoxicity of acetamiprid and FAPS in greenhouses indicated that both the agents had high control efficacy toward first-instar LSB nymphs. In terms of phytotoxicity, FAPS caused serious phytotoxic effects on litchi flowers, but no significant damage to the leaves of litchi, longan, and flamegold plants. In summary, to realize the benefits of integrated management, the relatively low-risk FAPS should be used for controlling LSB nymphs in the field either after the release of parasitoid wasps or when the prevalence of wild parasitoid wasps is high.

Key words: exempted product, potassium salts of fatty acids, egg parasitoid wasp, compatibility