



一種新型東方果實蠅（雙翅目：果實蠅科）誘殺器之滅雄效果及族群監測

關貫之^{1,4}、唐政綱²、唐立正¹、洪傳捷¹、周明儀^{3*}

¹ 國立中興大學昆蟲系 402 台中市南區興大路 145 號

² 國立臺灣大學昆蟲學系 106 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號

³ 國立中興大學農業推廣中心 402 台中市南區興大路 145 號

⁴ 國立中興大學應用經濟學系 402 台中市南區興大路 145 號

* 通訊作者 email: mingyichou@nchu.edu.tw

收件日期：2021 年 10 月 8 日 接受日期：2021 年 12 月 31 日 線上刊登日期：2022 年 2 月 11 日

摘 要

東方果實蠅 (oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel) 的綜合防治策略除了使用化學藥劑處理植株外，含乃力松之甲基丁香油誘引劑為田間最常使用的大量滅雄技術。甲基丁香油混和乃力松的操作方式雖已使用數十年，然其使用限於農業環境。果實蠅在自然環境中的寄主繁多，且棲地遠大於農業環境，如何降低自然森林環境內族群遷移到農業環境內的影響，是各果實蠅類害蟲疫區所面臨的挑戰。本研究測試不添加農藥的新型誘殺器，以甲基丁香油誘引東方果實蠅的誘捕效用。利用誘殺器之物理結構防止其逃跑，以達到誘殺的目的。田間測試此新型設計與目前市售無毒誘殺器比較，顯示依測試點之果實蠅密度，兩者之誘捕數量無明顯差異或是明顯優越於市售誘殺器。且其誘捕效力在使用不含殺蟲劑之甲基丁香油和含乃力松之甲基丁香油比較時並無明顯差異，顯示其結構可有效防止進入陷阱之果實蠅逃脫。本研究並以此新型誘殺器於苗栗卓蘭之柑橘、枇杷農業生產區至與林區交界的林間帶進行為期 6 個月之果實蠅密度調查，調查結果顯示鄰近森林的監測區為此區東方果實蠅族群主要來源，且密度明顯大於農業區或是住宅區附近的東方果實蠅密度。綜合本研究結果可知東方果實蠅綜合防治除了農業區內所能做到的防治策略，對於降低農業區外圍的主要族群對農業生產的影響則須進一步了解其遷移動態以增加目前管理模式的有效性。

關鍵詞：果實蠅科、滅雄技術、甲基丁香油、乃力松、族群監測。

前 言

東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* Hendel) 為熱帶及亞熱帶地區重要害蟲，臺灣大部分的經濟果樹皆為其寄主，受其危害之果實因幼蟲鑽食造成果肉萎縮、腐爛、落果、亦或是畸形，進而造成農業損失 (Huang *et al.*, 2013; Lee, 1988)。據估計，東方

果實蠅每年在臺灣可以造成近十億元的農業損失 (Huang and Su, 2002)。東方果實蠅在臺灣危害的常見寄主至少有 150 餘種，其中有超過 120 種非經濟性栽培作物。在野生環境中常見的寄主包括欖仁 (*Terminalia catappa*)、橄欖 (*Chrysophyllum oliviforme*)、蒲桃 (*Syzygium jambos*)、福木 (*Garcinia subelliptica*)、瓜哇鳳果 (*Garcinia*

dulicis)、山刺番荔枝 (*Annona muricata*)、黃皮果 (*Clausena lansium*)、烏榕 (*Ficus microcarpa*)、月橘 (*Murraya paniculata*) 等均為東方果實蠅常見野生寄主 (Huang *et al.*, 2013)。

現今防治果實蠅方法多採綜合防治策略，除了以化學藥劑處理植株外，氣味誘殺法為農民最常使用的防治策略。為達到滅雄防治的目的，混和乃力松之甲基丁香油可誘引雄蟲，並藉其取食甲基丁香油時觸碰取食乃力松進而達到防治的目的。雌蟲防治目前所允許的使用方式包括利用含賜諾殺或有機磷殺蟲劑之蛋白質基底食物誘殺劑在田區周遭果實蠅棲息聚集點或寄主作物葉面、枝幹做點噴處理，亦或是使用酵母錠水溶液搭配麥氏誘引器等食物餌劑誘引果實蠅 (Bateman, 1982; Vargas *et al.*, 2008)。自然環境內的天敵，如：果實蠅幼蟲及蛹之寄生蜂 (Wu *et al.*, 2014)，則為生物防治的基礎。因果實蠅在自然環境中的寄主繁多，且棲地遠大於農業環境，如何防治自然森林環境內族群遷移到農業環境內，是各果實蠅類害蟲疫區所面臨的挑戰 (Froerer *et al.*, 2010; Zaluki *et al.*, 1984)。

甲基丁香油混和乃力松的操作方式雖已使用數十年，然而此一方法僅限使用於農業環境，且近年來被認為存在缺陷及隱憂 (Chen *et al.*, 1996; Chuang *et al.*, 2021)。甲基丁香油廣泛存在於自然界植物中，目前尚無數據紀錄使用甲基丁香油誘引劑對臺灣環境中非目標生物的影響；LeBlanc *et al.* (2009) 在夏威夷 (Hawaii) 所做調查紀錄顯示包括蜜蜂、盲蝽、食蚜蠅及蛾類等昆蟲可能因誘殺器附近寄主植物開花，而誤入含甲基丁香油的果實蠅誘殺器中。乃力松已被發現容易受光照而變質，進而對果實蠅失去致死效果 (Cheng *et al.*, 1996)。再者，Hsu and Feng (2002) 指出野外果實蠅族群存在對乃力松具抗藥性之品系。這些資料顯示，使用含毒甲基香油防治果實蠅，誘殺效果存在不穩定性，且無法應用於非農業環境。近年來有機磷藥劑的使用在臺灣逐漸受到限制，因此無毒誘殺器之開發有其必要性。

無毒誘殺器使用不添加農藥的甲基丁香油誘引果實蠅進入，利用物理結構防止其逃跑。使用這個方法能避免農藥光解及果實蠅抗藥性等問題，同時因使用物理防逃設計，可使誘引劑的誘引效力不受所搭配的化學藥劑藥效影響 (Chang *et al.*, 2021)。除此之外，使用無毒誘殺器可考量非目標生物設計防逃機制，將對非目標生物的影響降至最低。渦旋式類型之誘殺器為國內唯一之無毒誘殺器，此類誘殺器

利用上方黑色渦旋入口之防逃設計以困殺果實蠅 (Ho *et al.*, 2003)。目前無毒誘殺器對許多農友而言仍屬於高單價商品，因此尚無法達到廣泛應用的目標。本研究測試之無毒誘殺器，試驗分為設計及效果測試兩個階段。設計部份，於田間測試不同開口與誘殺數量，以選定最適合開口數量作為設計依據。效果測試部分則將新型誘殺器與市面上常見之同類型物理性攔截構造之誘殺器，進行誘殺能力比較以及測試防逃效果。

材料與方法

一、新型誘殺器 T20 開口數量設計測試

防逃開口為利用半徑 4 mm、長 5 mm 之圓柱空心管鑲入容器，使管口與容器外壁平行，管身沒入容器中，形成果實蠅容易飛入但難以逃出之結構 (圖一)，陷阱內部懸掛含 4 ml 甲基丁香油之棉條作為誘引物質。以體積 2,000 cm³ (圖一 T20) 之寶特瓶做為捕蟲容器並設置開口，每 90°一個開口，每排最多設置四個開口。本試驗以 4 孔誘引器作為對照處理，比較 8 孔及 12 孔兩種規格之誘殺器是否能增加果實蠅誘捕功效。田間測試於台中市太平區 (24.137342, 120.741585) 設置三樣點 (A、B、C) 進行，每樣點同時懸掛三種規格誘殺器各 1 個，每週紀錄誘殺之果實蠅數量，共記錄 3 週，依每種處理所捕獲蟲數結果比較並決定最適合之孔。

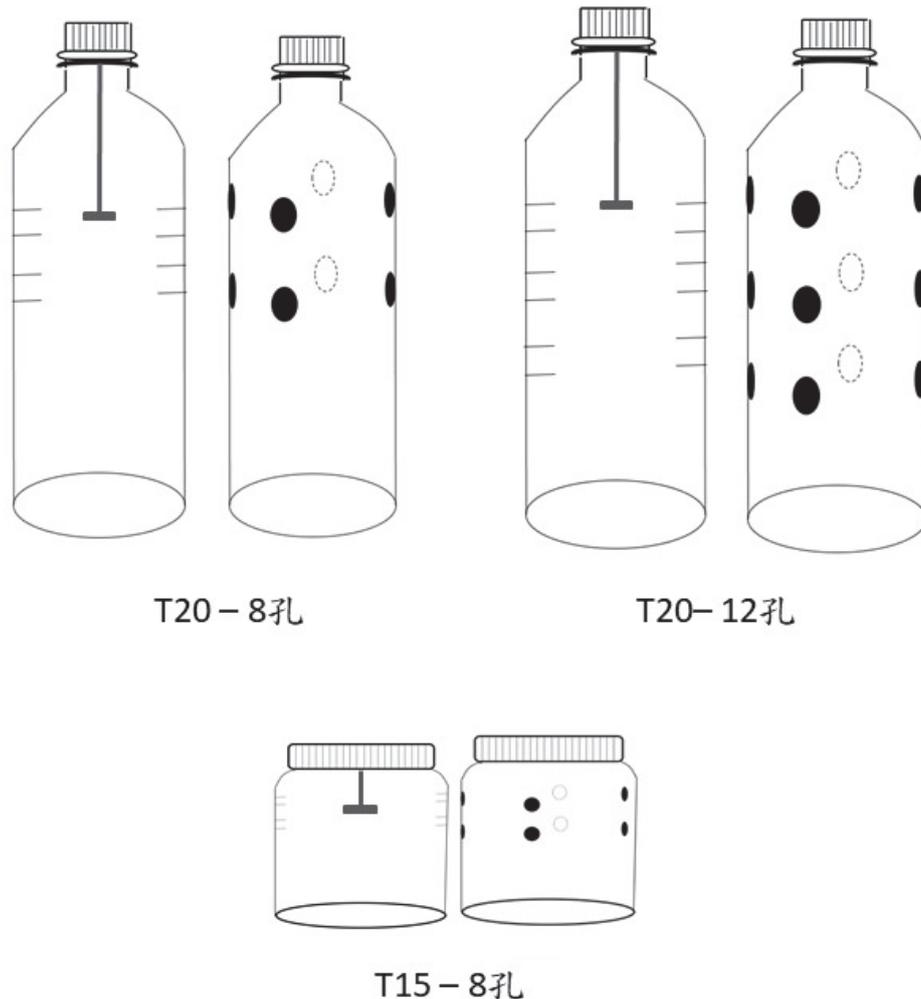
二、T15、T20 新型誘殺器效果測試

1. T15、T20 新型誘殺器與市售無毒誘殺器比較

本試驗以 4 ml 無毒甲基丁香油之棉條作為誘引物質，比較 8 孔體積 1,500 cm³ 之 T15 (圖一 T15) 及 T20 兩新型誘殺器與對照處理之市售渦流誘殺器 (安啦牌) 果實蠅誘捕數量。試驗於台中市北屯大坑山區 (24.175878, 120.756962) 設置 3 樣點 (A、B、C) 進行田間測試 (圖二)，每樣點同時懸掛三種規格誘殺器各 1 個。每週紀錄誘殺之果實蠅數量，記錄 3 週，分析數據並比較誘殺效果。

2. 新型誘殺器防逃效果測試

將兩新型 8 孔誘殺器 (T15、T20)，內懸掛 4 ml 不含毒甲基丁香油之棉條於田間測試誘捕效果，以同規格但懸掛含 4 ml 含毒甲基丁香油 (5%乃力松) 之誘殺器作為對照組。於台中市大坑北屯區設置 3 樣點進行田間測試，每週紀錄誘殺之果實蠅數量，記錄兩週，分析數據比較防逃效果。



圖一 果實蠅新型誘殺器示意圖 T15、T20。

Fig. 1. Schematic of the novel device for trapping the oriental fruit fly. T15: 1500 cm³ in volume; T20: 2000 cm³ in volume.

三、林間帶果實蠅族群監測

本試驗於 2016 年 3~9 月間於苗栗縣卓蘭鎮林間帶進行果實蠅族群調查，此地區為果樹生產區與原生林區交界地帶，主要果樹包括柑橘、枇杷、李子與香蕉（圖二）。監測區陷阱懸掛共分三樣區，每區內含 3 陷阱，A 區主要為鄰近住宅區的小型果園，B 區位於森林區旁之柑橘及枇杷園間，C 區則位於柑橘園與森林交界。監測期間使用 T20 陷阱搭配含 4 ml 無毒甲基丁香油棉條，並每 8 週更換一次棉條。每週收集一次各區內所設陷阱內所捕獲之果實蠅數量，共進行 19 次調查，並記錄進入到陷阱內之非目標生物種類及數量。

四、統計分析

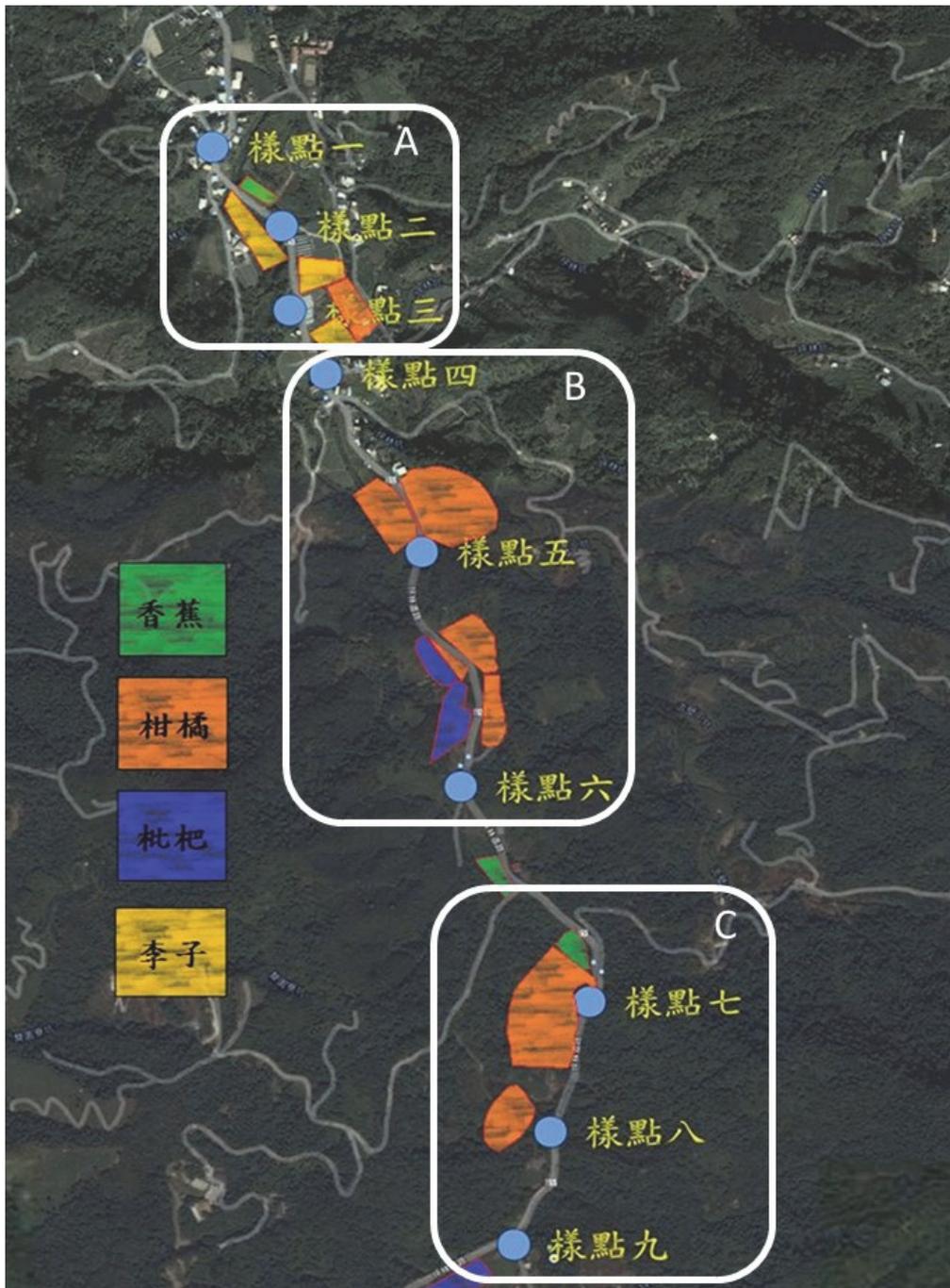
誘殺器設計及效果測試試驗所得數據以 SAS 套裝軟體 (SAS Institute, Cary, NC) 中 ANOVA

(Analysis of Variance) 進行變方分析 ($\alpha = 0.05$)，以 Fisher's LSD 進行試驗間各處理平均值的比較。林間帶果實蠅監測每週所得數據以每日每陷阱捕獲蟲數做為數據分析之單位，利用 MANOVA 進行多元方差分析三樣區對果實蠅密度的影響 ($\alpha = 0.05$)，並以 Fisher's LSD 比較各區間每次調查所捕獲蟲數之變化。

結 果

一、新型誘殺器 T20 開口數量設計測試

三個樣點經過三週的測試結果顯示三樣點田區以 A 田區內三種設計誘殺器所捕獲果實蠅密度 (187.49 ± 16.37 insects/trap/day) 顯著高於 B 及 C 田區 ($F = 18.44$; $df = 2,20$; $p < 0.05$)，且三種孔洞設計每日每陷阱平均誘捕到的果實蠅數目顯示 8



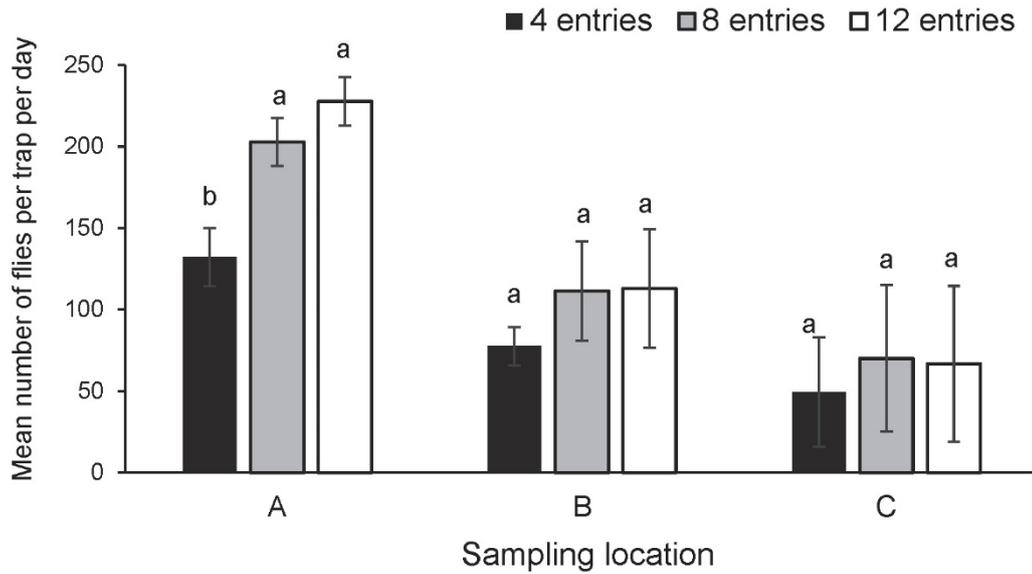
圖二 苗栗卓蘭林間帶果實蠅族群監測調查區監測點位置。A 區為住宅區內小型果園，B 區位於森林區旁之柑橘及枇杷園間，C 區則位於柑橘園與森林交界。

Fig. 2. Trap locations for the oriental fruit fly population survey conducted in Miaoli: A: small orchards in the residential area; B: citrus and loquat orchards adjacent to the forest; and C: border of the citrus orchard and the forest.

及 12 孔之設計明顯高於對照組之 4 孔設計 ($F = 9.67$; $df = 2,8$; $p < 0.05$) (圖三)。在樣點 B、C 兩區三規格誘殺器所捕獲之果實蠅數量則無顯著差異，誘殺數量約為 62~100 (insects/trap/day)。此結果顯示採用 8 孔和 12 孔製作之誘殺器在害蟲密度超過 100 (insects/trap/day) 皆優於 4 孔之誘殺效果，因此後續試驗採用 8 孔之開口數，能以較少之物力而達到相同的效果。

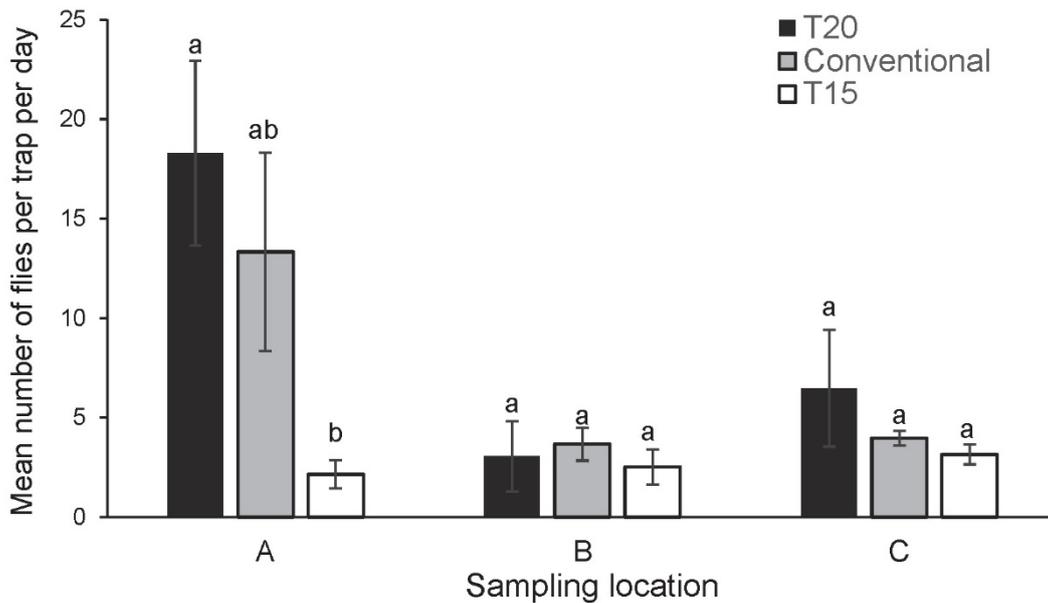
二、T15、T20 新型誘殺器與市售無毒誘殺器比較

田間試驗數據顯示三樣點田區以 A 田區內三種設計誘殺器所捕獲每日平均果實蠅密度 (11.25 ± 3.1 insects/trap/day) 顯著高於 B 及 C 田區 ($F = 7.77$; $df = 2,20$; $p < 0.05$)，三款誘殺器在 B、C 樣點所捕獲果實蠅數量則無顯著差異，誘殺數量範圍約為 2~6 (insects/trap/day) (圖四)。A 點中以 T20 誘殺到果實蠅數量最高，為 18.29 ± 4.64 (insects/



圖三 新型果實蠅誘殺器孔洞設計於 4、8、12 孔之果實蠅於三測試田區果實蠅捕獲數比較。

Fig. 3. Number of oriental fruit flies captured in traps with 4, 8, and 12 entry holes in the three test locations. Means marked with the same letter were not significantly different (Fisher's least significant difference test at $p = 0.05$).

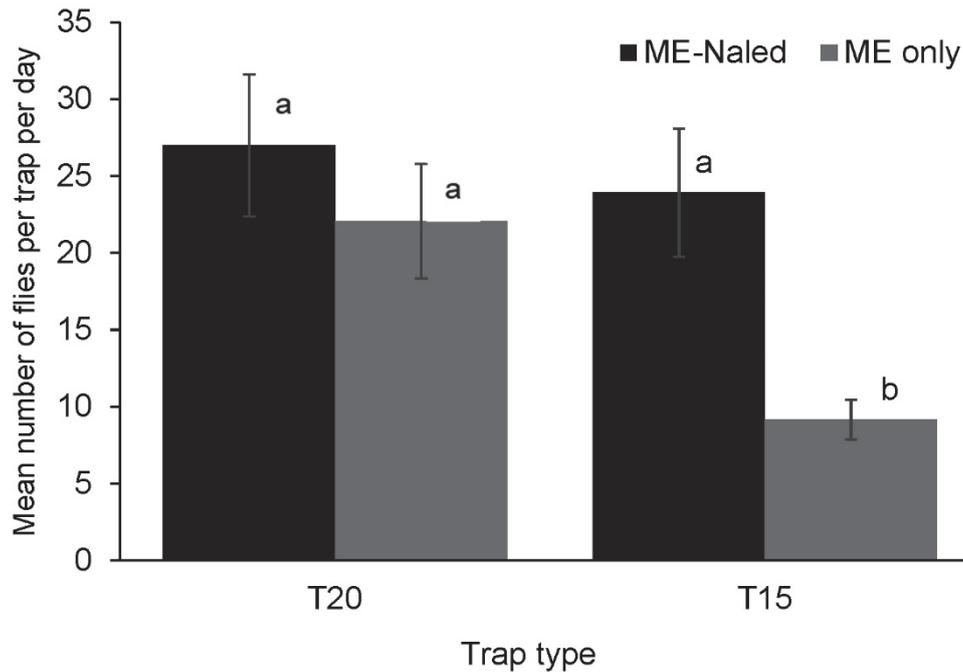


圖四 新型果實蠅誘殺器 T15、T20 及市售誘殺器於三測試田區果實蠅捕獲數比較。

Fig. 4. Number of oriental fruit flies captured using T15, T20, and the commercial nontoxic trap in the three test locations. Means marked with the same letter were not significantly different (Fisher's least significant difference test at $p = 0.05$).

trap/day), 而渦旋式誘殺器次之 (13.33 ± 4.98 insects/trap/day), T15 誘殺數量最低 (2.14 ± 0.71 insects/trap/day)。綜合三田區數據顯示三種誘殺器所捕獲之蟲數有明顯差異 ($F = 4.69$; $df = 2,20$; $p < 0.05$), 由此結果可知新型誘殺器中, T20 誘殺器搭

配 8 個入口孔設計可達到比目前市面上之無毒誘殺器更高之誘殺效果。在田間族群低時, 如 B、C 樣點數據所顯示, 新型誘殺器與市售無毒誘殺器之誘捕功效則沒有明顯差異。



圖五 新型果實蠅誘殺器 T15、T20 搭配甲基丁香油或含乃力松之甲基丁香油對果實蠅之誘殺效果比較。

Fig. 5. Number of fruit flies captured using T15 and T20 with naled-laced methyl eugenol and methyl eugenol alone.

Means marked with the same letter were not significantly different (Fisher's least significant difference test at $p = 0.05$).

三、新型誘殺器防逃效果測試

實驗結果顯示使用含毒甲基丁香油之 T20、含毒甲基丁香油之 T15 和無毒甲基丁香油之 T20 三個誘殺器在誘殺數量上無顯著差異，只有使用無毒甲基丁香油之 T15 誘殺數量顯著較低 ($F = 4.29$; $df = 3,20$; $p < 0.05$) (圖五)。無毒甲基丁香油誘殺器與含毒甲基丁香油誘殺器誘殺數量之比值，T20 約為 0.85，T15 約為 0.38。從實驗結果可知，T20 比起 T15 有更好的防逃效果，這可以解釋 T15 在田間測試的效果低於其他誘殺器之原因。T20 之防逃效果極佳，在沒有使用化學藥劑時也能穩定達到使用農藥時超過七成之誘殺數量。除此之外，這個實驗的數據說明目前 T20 無毒誘殺器誘殺效果低於含毒誘殺器之主因應非果實蠅逃脫造成，較有可能是果實蠅進入誘殺器之數量較少之緣故。

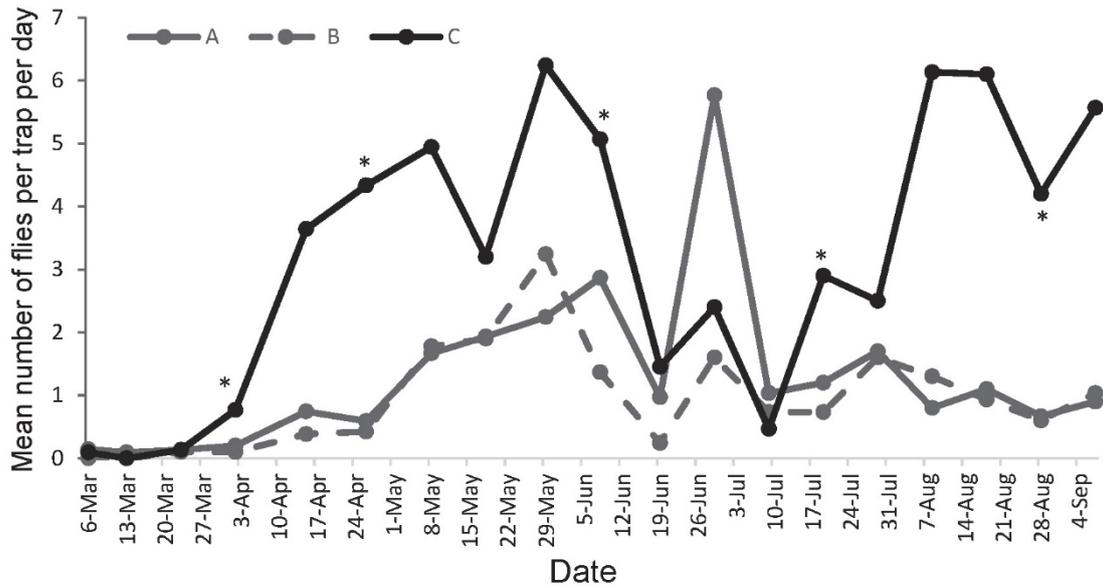
四、林間帶果實蠅族群監測

監測期間 A、B、C 三樣區所得果實蠅密度分別為 1.32 ± 0.22 、 0.95 ± 0.15 、 3.18 ± 0.40 ，其中以最靠近林區的 C 樣區的果實蠅密度明顯高於其他兩個樣區 ($F = 3.84$; $df = 2,147$; $p < 0.05$)。此結果顯示調查期間果實蠅在靠近森林邊界的密度高於果園間及住宅區附近小型果園，且於森林區捕獲的果實

蠅密度明顯大於農業區或是住宅區附近的果實蠅密度。在 19 次的調查中，A、B 樣區的果實蠅密度並無顯著差異，C 樣區的果實蠅密度則每 2~4 週出現一次與 A、B 樣區的明顯差異 (圖六)。使用新型無毒誘殺器搭配甲基丁香油在監測期間，在 C 樣區及 B 樣區於 7 月及 8 月兩次調查分別有 1~3 及 1~8 隻絹草蛉 (*Ancylopteryx sp.*) 被誘殺器捕獲，在鄰近住宅區的 A 樣區則無非目標生物捕獲紀錄。此結果顯示新型無毒誘殺器之防逃設計僅對絹草蛉有影響，對其他非目標生物的影響則須另行調查確認。

討 論

本研究所測試的新型誘殺器在三個田間測試及林間帶監測的結果顯示使用物理結構的防逃裝置不但能夠偵測不同地點的族群密度，亦能夠有效的防止進入誘殺器的目標害蟲東方果實蠅的逃脫。8 個以上的入口設計可達到比目前市面上之無毒誘殺器具有更高的誘殺效果，具有開發推廣的潛力。果實蠅類害蟲的大量滅雄技術長期以來仰賴搭配乃力松發揮誘引劑的最大功效。隨著高環境風險的有機磷藥劑在世界各國的使用逐漸被限制，替代的誘殺方式不但需要發揮誘引劑的功效，且須能夠兼顧對環境內



圖六 2016年3-9月苗栗卓蘭林間帶果實蠅族群監測調查區監測密度各區間之變化。A區為住宅區內小型果園，B區位於森林區旁之柑橘及枇杷園間，C區則位於柑橘園與森林交界。

Fig. 6. Oriental fruit fly population density survey at the border of forest and agricultural land in March-September 2016: A: small orchards in a residential area; B: citrus and loquat orchards adjacent to the forest; and C: border of the citrus orchard and the forest. *Mean was significantly different than that in other locations (Fisher's least significant difference test at $p = 0.05$).

非目標生物的負面影響。目前在滅雄技術的發展上，各國主要的開發方向分別為以能夠生物分解的膠質資材做為誘引劑載體，搭配低毒性農藥如：賜諾殺、芬普尼作為誘殺藥劑；或改良誘殺器本身機能以達到不使用農藥的目的 (LeBlanc *et al.*, 2011; Bali *et al.*, 2021; Chang *et al.*, 2021)。目前在台灣尚未有乃力松的替代藥劑能夠搭配甲基丁香油或克蠅於田間使用，更顯現了在果實蠅類害蟲防治技術上對新型誘引器有其需求的急迫性及必要性。

果實蠅在自然環境中的棲地遠大於農業生態環境，且寄主廣泛，因此其日活動周期性呈現早晨及傍晚於農業區的群聚現象，其他的時間則棲息於園外的林區 (Stark, 1995; Kao *et al.*, 2010; Huang, 2013)。本研究監測結果顯示靠近森林邊界之果實蠅族群監測數據波動與果實蠅世代發育所需時間大致相符，顯示此地區之果實蠅族群多來自森林區內野生寄主，農業區與森林區交界地區及森林區內的果實蠅監測與管理將為有效防治果實蠅危害的最大挑戰。本研究數據亦顯示靠近森林區的監測區在為期六個月的監測中平均每日每陷阱所捕獲蟲數多高於住宅區及農業區的果實蠅密度，且在5~6月達到高峰。此段時間為調查區林間主要樹木種類之一構樹

(*Broussonetia papyrifera*) 之果期，調查期間常可在其紅色漿果上觀察到果實蠅停駐吸食汁液。構樹與東方果實蠅寄主之一的桑甚同屬桑科植物，兩者皆有色澤鮮豔多汁的漿果。Hollingsworth *et al.* (2003) 在太平洋索羅門群島做的調查顯示構樹果實為當地果實蠅 (*Bactrocera frauenfeldi*) 的寄主，目前雖無文獻或數據記載構樹為東方果實蠅的寄主，顯示東方果實蠅利用構樹果實做為寄主的可能性須進一步確認。

綜合本研究結果可知果實蠅綜合防治除了農業區內所能做到的防治策略，對於降低農業區外圍的主要族群對農業生產的影響則尚須建立有效的管理模式。果實蠅類害蟲的誘殺器發展的方向近20年來皆朝著以物理結構取代化學藥劑搭配誘引劑的誘殺方式 (Bali *et al.*, 2021; Chang *et al.*, 2021; Ho *et al.*, 2003)，此類誘殺方式雖沒有化學藥劑的高效率，但適合使用於無法使用農藥的操作環境，以減少防治技術對環境內非目標生物的負面影響。近年來，各農試單位所進行的果實蠅區域防治皆記錄到防治區外果實蠅密度高於防治區域內果園害蟲密度 (Lin *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2008; Kao *et al.*, 2010)。在區域防治的操作方式下，以清園、大量誘殺雄蟲及

食物誘殺雌蟲不但可以減少防治區內東方果實蠅密度，亦達到降低危害的功效 (Piñero *et al.*, 2009; Hsu *et al.*, 2011)。目前在果實蠅類害蟲的綜合管理上所需突破的瓶頸則是降低區外的族群對防治區內的經濟危害，藉由使用物理性誘殺器監測雄蟲族群動態，搭配麥氏誘殺器與酵母球溶液監測防治區內及周遭雌蟲族群動態，兩者所提供的資訊能增加使用食物誘殺技術管理進入防治區的雌蟲的功效。

引用文獻

- Bali EMD, Moraiti CA, Ioannou CS, Mavraganis V, Papadopoulos NT.** 2021. Evaluation of mass trapping devices for early seasonal management of *Ceratitis Capitata* (Diptera: Tephritidae) populations. *Agronomy* 11: 1101. doi: 10.3390/agronomy11061101
- Bateman MA.** 1982. Chemical methods for suppression or eradication of fruit fly populations. pp 115-128. In: Drew RAI, Hooper GHS, Bateman MA (eds). *Economic Fruit Flies of the South Pacific Region*. Brisbane: Queensland Department of Primary Industries.
- Chang CY, Tang LC, Chou MY.** 2021. Efficacy of male attractants in a novel anti-escape trapping device for melon fly annihilation technology. *J Agri Forestry* 68: 53-62. (in Chinese)
- Chen CN, Cheng EY, Hwang YB, Kao CH, Su WY.** 1996. Relationship between the population density of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), and its host fruit yield in Taiwan. *Plant Prot Bull* 38: 149-166. (in Chinese)
- Cheng EY, Ku TY, Kao CH, Huang YB.** 1996. Instability of currently used poison baits for the oriental fruit fly and melon fly- The study on decomposition of naled and cuelure. *J Agric Res China* 45: 422-435. (in Chinese)
- Chuang YC, Wu CH, Hsu JC.** 2021. The research status of olfactory reactivity to methyl eugenol in *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Formosan Entomol* 41: 1-9. (in Chinese)
- Froerer KM, Peck SL, McQuate GT, Vargas RI, Jang EB, McInnis DO.** 2010. Long-distance movement of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Puna, Hawaii: How far can they go? *Am Entomol* 56: 88-95. doi: 10.1093/ae/56.2.88
- Ho KY, Hung SC, Chen CC, Lee HJ.** 2003. The effectiveness of victor fly trap for attracting the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *J Agri Res China* 52: 62-67. (in Chinese) doi: 10.29951/JARC.200303.0007
- Hollingsworth RG, Drew RA, Allwood AJ, Romig M, Vagalo M, Tsatsia F.** 2003. Host plants and relative abundance of fruit fly (Diptera: Tephritidae) species in the Solomon Islands. *Aust J Entomol* 42: 95-108.
- Hsu JC, Feng HT.** 2002. Susceptibility of melon fly (*Bactrocera cucurbitae*) and oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) to insecticides in Taiwan. *Plant Prot Bull* 44: 303-315. (in Chinese)
- Hsu YT, Chou YC, Huang TC.** 2011. Area-wide of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) on Citrus- A case study at Taiyuan valley in Taitung. *TDARES Bulletin* 21: 85-97. (in Chinese) doi: 10.6959/RBTDAIS.201108.0085
- Huang LH, Su WY.** 2002. Ecology of oriental fruit fly and pest management, pp 123-129. In: HC Yang (ed) *Integrated Crop Management of Citrus*. Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute., Council of Agriculture, Executive Yuan. Taichung. (in Chinese)
- Huang YB, Kao CH, Chiang MY, Cheng EY, Lee MC.** 2008. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for citrus. *J Taiwan Agric Res* 57: 63-73. (in Chinese) doi: 10.6156/JTAR/2008.05701.05
- Huang YB, Chou TM, Ciang MY, Hsieh YS, Hung YT, Chen PL, Chang RJ.** 2013. *Integrated Pest Management and Control Tactics of the Oriental Fruit Fly*. Special Publication No.

172. Taiwan Agricultural Research Institute. Council of Agriculture, Executive Yuan. 115 pp. (in Chinese)
- Kao CH, Huang YB, Chiang MY, Hsieh YS, Cheng EY.** 2010. An assessment on area-wide control of the oriental fruit fly for sugar apple in Taiwan. *J Taiwan Agric Res* 59: 249-260. (in Chinese) doi: 10.6156/JTAR/2010.05904.04
- LeBlanc L., Rubinoff D, Vargas RI.** 2009. Attraction of nontarget species to fruit fly (Diptera: Tephritidae) male lures and decaying fruit flies in traps in Hawaii. *Environ Entomol* 38: 1446-1461.
- LeBlanc L, Vargas RI, MacKey B, Putoa R, Piñero JC.** 2011. Evaluation of cue-lure and methyl eugenol solid lure and insecticide dispensers for fruit fly (Diptera: Tephritidae) monitoring and control in Tahiti. *Florida Entomol* 94: 510-516.
- Lee WR.** 1988. The control programme of the oriental fruit fly in Taiwan. *Chinese J Entomol special pub.* 2: 51-60. (in Chinese)
- Lin HH, Chang CP, Su SY, Yu SJ.** 2005. The occurrence and management of oriental fruit fly in Juolan. *Miaoli Agric Bull* 32: 7-9. (in Chinese) doi: 10.29551/ZHWHGX.200512.0002
- Piñero JC, Mau RFL, Vargas RI.** 2009. Managing oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae), with spinosad-based protein bait sprays and sanitation in papaya orchards in Hawaii. *J Econ Entomol* 102: 1123-1132.
- Stark JD.** 1995. Nocturnal behavior of oriental fruit flies and melon flies (Diptera: Tephritidae) and associated parasitoids in a commercial papaya growing region on Kaua'i, Hawai'i. *Proc Hawaii Entomol Soc* 32: 149-151.
- Vargas RI, Mau RF, Jang EB, Faust RM, Wong L, Koul O, Cuperus G, Elliott N.** 2008. The Hawaii fruit fly areawide pest management programme. pp 300-325. In: Koul O, Cuperus G, Elliott N (eds). *Areawide Pest Management: Theory and Implementation*. Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI), Wallingford, UK.
- Wu YH, Huang SC, Chang CP, Chuang YY.** 2014. The effect of soil texture and depth on the parasitism by *Dirhinus giffardii* Silvestri (Hymenoptera: Chalcididae) on the oriental fruit fly. *Formosan Entomol* 34: 1-10. (in Chinese)
- Zalucki MP, Drew RAI, Hooper GHS.** 1984. Ecological studies of Eastern Australian fruit flies (Diptera: Tephritidae) in their endemic habitat. *Oecologia* 64: 273-279.

Novel Trapping Device without Insecticide for the Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae), Male Annihilation Technique, and Population Monitoring

Kuan Chih Kuan^{1,4}, Cheng-Kang Tang², Li-Cheng Tang¹, Chuan-Jie Hong¹, Ming-Yi Chou^{3*}

¹ Department of Entomology, National Chung Hsing University. 145 Xingda Rd., South Dist., Taichung City 402, Taiwan (R.O.C.)

² Department of Entomology, National Taiwan University, No. 27, Lane 113, Sec. 4, Roosevelt Rd., Da'an Dist., Taipei City 106, Taiwan (R.O.C.)

³ Agricultural Extension Center, National Chung Hsing University. 145 Xingda Rd., South Dist., Taichung City 402, Taiwan (R.O.C.)

⁴ Department of Applied Economics, National Chung Hsing University. 145 Xingda Rd., South Dist., Taichung City 402, Taiwan (R.O.C.)

* Corresponding email: mingyichou@nchu.edu.tw

Received: 8 October 2021

Accepted: 31 December 2021

Available online: 11 February 2022

ABSTRACT

The male annihilation technique is one of the main tactics used in integrated pest management of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel). Methyl eugenol (ME) laced with naled has been employed as the standard control tool for several decades. However, the non-target effect of broad-spectrum insecticide limits its usage for agricultural production. The challenge of controlling and monitoring male fruit fly populations outside of agricultural areas prompted our team to design and test a novel trapping device with physical barriers for use without insecticide. Field trial data indicated that the number of flies caught in the novel design was not significantly different or significantly higher than the number caught in conventional commercial fruit fly traps. The number of captures in traps containing ME only was not significantly different from the number of captures in traps containing ME and naled. Population monitoring data in the area between an agricultural area and forest during a 6-month survey revealed that the main source of the population was the forest. The results indicate that an ecologically sound management approach is needed to reduce the impact of the wild fruit fly population on agricultural production.

Key words: Tephritidae, male annihilation technique, methyl eugenol, naled, population monitoring