

# 五種不同作用機制藥劑於柳橙果實對東方果實蠅防治效果

盧慧真<sup>1</sup> 王泰權<sup>2</sup> 黃守宏<sup>3</sup> 陳祈男<sup>4\*</sup>

## 摘要

盧慧真、王泰權、黃守宏、陳祈男。2016。五種不同作用機制藥劑於柳橙果實對東方果實蠅防治效果。台灣農業研究 65(2):109–116。

東方果實蠅 [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)] 是世界上重要果樹害蟲，成蟲產卵於果實、幼蟲在果實內蛀食造成嚴重危害，使果品失去經濟價值。目前東方果實蠅整合管理已經發展出許多防治方式，藥劑防治兼具有效及操作簡便的特性，因此本研究著重於登記於柑橘類的害蟲防治用藥。以果實浸藥法探討 2.4% 第滅寧水懸劑 (稀釋 1,500×)、50% 馬拉松乳劑 (稀釋 800×)、30% 賜派芬水懸劑 (稀釋 5,000×)、2% 阿巴汀乳劑 (稀釋 2,000×) 對柳橙 [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Liucheng] 果實上之東方果實蠅防治效果，並以 4.5% 印棟素乳劑稀釋 10×、100×、1,000× 作為忌避果實蠅產卵的正對照組進行產卵危害偏好試驗。試驗結果顯示，第滅寧、馬拉松、阿巴汀皆對果實蠅有直接觸殺效果，其中以第滅寧的防治效果最好，使果實蠅無法完成產卵行為；阿巴汀可减少東方果實蠅於柳橙果實中的產卵量，而馬拉松則無忌避效果。印棟素處理雖然無毒殺成蟲的效果，但是可忌避東方果實蠅減少其產卵量。印棟素為有效的東方果實蠅忌避藥劑，本研究亦對該藥劑處理後之柳橙果實進行品質分析與官能品評，結果顯示稀釋 10× 印棟素處理使果實表面出現藥斑、失重率增加且果肉呈現異味。本研究中以第滅寧為防治東方果實蠅效果最佳藥劑；印棟素雖有忌避防治效果，惟施用濃度過高亦可能影響果實品質與商品價值，因此未來可進一步探討該藥劑搭配其他措施以整合防治東方果實蠅。

**關鍵詞：**東方果實蠅、柑橘、藥效試驗、果實品質分析。

## 前言

柑橘(桔)為台灣重要的經濟果樹，根據 2013 年農業統計年報資料，全國柑橘栽培面積約 25,888 ha，占全國果樹栽培面積 13.7%，年產值逾新台幣 130 億元。柑橘栽培生產過程面臨若干蟲害威脅，其中東方果實蠅 [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)] 對造成柑橘發育中、後期果實危害，以致果實品質下降及產量減損。東方果實蠅分類地位屬於雙翅目 (Diptera)、果實蠅科 (Tephritidae)，是東南亞及太平洋地區經濟果樹重要害蟲之一 (Clarke *et al.* 2005)，據記載寄主種類有 38 科 150 餘

種 (Metcalf & Metcalf 1992)，包括柑橘、楊桃、檬果、番石榴、蓮霧、桃、木瓜、印度棗、枇杷、釋迦、香蕉、百香果等果樹作物 (Huang *et al.* 2013)。雌成蟲以產卵管刺入果實危害，產卵於果皮下，外觀可見明顯產卵孔。幼蟲孵化後在果實內部蛀食果肉，造成果皮呈現水浸狀，導致果實腐爛及落果，嚴重影響果實產量及品質。台灣因為氣候溫暖，全年可見其危害。東方果實蠅發育受溫度影響，年約發生 8–10 世代，自 5 月開始數量逐漸增加，發生高峰以 7–9 月發生密度較高，11 月至翌春 3 月數量較少 (Hwang *et al.* 1997; Hung *et al.* 2008)。根據 Cheng (2005) 估計，如未採適當

投稿日期：2015 年 5 月 26 日；接受日期：2015 年 8 月 3 日。

\* 通訊作者：cnchen@dns.caes.gov.tw

<sup>1</sup> 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系約聘人員。台灣 嘉義市。

<sup>2</sup> 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 嘉義市。

<sup>3</sup> 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系副研究員。台灣 嘉義市。

<sup>4</sup> 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所園藝系助理研究員。台灣 嘉義市。

防治措施，東方果實蠅將可造成台灣 10–30% 的水果果實受害。

東方果實蠅的整合防治技術，包括化學藥劑噴灑、不孕性雄蟲釋放 (Steiner *et al.* 1970)、餌劑誘殺 (Ho *et al.* 2006, 2007; Ho & Hung 2008) 及滅雄處理技術 (Chuang & Hou 2008; Chen *et al.* 2010)、果實套袋及田間清理落果等，田間操作常採化學藥劑噴灑、餌劑誘殺及滅雄處理技術等防治方式。本研究著重於化學藥劑保護果實的研究，以『植物保護手冊』登記用於柑橘害蟲之 4 種不同作用機制之藥劑，包含合成除蟲菊殺蟲劑 (pyrethroid insecticides) 之第滅寧 (deltamethrin)、有機磷殺蟲劑 (organophosphorus insecticides) 之馬拉松 (malathion)、特窗酸類 (tetrionic acids) 殺蟎劑之賜派芬 (spirodiclofen) 與抗生素類 (antibiotic) 殺蟎劑之阿巴汀 (abamectin) 進行果實浸藥試驗，並以印楝素 (azadirachtin) 當作正控制組 (Chen *et al.* 1996; Singh & Singh 1998; Silva *et al.* 2012)。探討除了登記用藥之外，其他藥劑對東方果實蠅的產卵防治效果，並搭配柳橙 [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Liucheng] 果實品質分析數據，提供將來田間防治害蟲時共同防治東方果實蠅之參考。

## 材料與方法

### 東方果實蠅飼養

本試驗蟲源取自國立中興大學，為實驗室建立之穩定族群。東方果實蠅羽化後 15–20 d，即以內壁塗抹番石榴果汁的產卵誘集器誘使雌蟲產卵，幼蟲以人工飼料 (Chiu 1978) 飼育於上方覆蓋黑布的塑膠四方盆中，成蟲飼養於 30 cm × 30 cm × 30 cm 養蟲箱內 (博視有限公司，台灣台中市)，並以含水海綿供給水分，以酵母抽出物：蛋白脲：糖 = 1 : 1 : 1 作為成蟲飼料餵食。幼蟲與成蟲飼育環境，則維持在溫度 28°C ± 1°C、光週期 12D : 12L。

### 東方果實蠅產卵偏好選擇試驗

試驗中自『植物保護手冊』中選擇 4 種作用機制不同、均可用於防治柑橘有害生物之化學藥劑，進行室內東方果實蠅產卵偏好選

擇試驗 (choice test)，並以 3 種稀釋倍數之印楝素作為正對照組。試驗藥劑名稱、劑型與試驗用濃度分別如下：以 2.4% 第滅寧水懸劑稀釋 1,500× (台灣拜耳股份有限公司，台灣桃園市)、50% 馬拉松乳劑稀釋 800× (國豐化學工業股份有限公司，台灣桃園市)、30% 賜派芬水懸劑稀釋 5,000× (台灣拜耳股份有限公司，台灣桃園市)、2% 阿巴汀乳劑稀釋 2,000× (國豐化學工業股份有限公司，台灣桃園市)，以及稀釋 10×、100× 與 1,000× 共 3 種濃度之 4.5% 印楝素乳劑 (台灣科研生物技術有限公司，台灣台中市) 等 5 種藥劑、7 種處理組，與無藥劑處理之對照組進行選擇性試驗。藥劑處理是將柳橙果實浸泡於選定藥劑中 10 s 後取出，並置於室溫下自然晾乾 2 h；而對照組則是浸泡 1 次過濾水中 10 s，同樣置於室溫下自然晾乾 2 h。東方果實蠅產卵偏好選擇試驗，取 25 隻羽化後 15 d 的東方果實蠅雌性成蟲置入 24.5 cm × 24.5 cm × 63.0 cm 養蟲箱 (博視有限公司，台灣台中市) 作為 1 試驗重複，每藥劑處理使用 5 組養蟲箱重複。取藥劑處理過的柳橙果實與對照組果實各 1 個，於養蟲箱中相隔 45 cm 對置放入，養蟲箱上方放置成蟲飼料與含水海綿餵食，考量一齡幼蟲約 36 h 孵化，為避免幼蟲孵化造成實驗數據計算複雜，因此試驗於室溫下觀察 30 h 後取出柳橙，再分別計算各果實上的產卵孔數及每孔中果實蠅卵數。

### 印楝素處理之柳橙果實品質分析與官能品評

選取 32 顆柳橙果實以電子天秤秤重後逢機分為 4 組、每組 8 顆果實分別浸泡於 1 次過濾水、稀釋 10×、100×、1,000× 4.5% 之印楝素乳劑 10 s 後，果蒂朝上置於室溫下自然晾乾。晾乾後的果實逐一以 PE 袋包覆，置於室溫下貯放 7 d 後，自各處理逢機取 5 顆果實秤重計算單果失重率並分析果實品質，剩餘果實作官能品評與拍照記錄用。失重率公式為：

失重率 (%)

$$= \left[ 1 - \frac{\text{貯放 7 日後果實重 (g)}}{\text{處理前果實重 (g)}} \right] \times 100\%$$

柳橙果實品質分析項目，包含果皮厚、果汁率、可溶性固形物於可滴定酸含量。果實剝開後，以 0.01 mm 厚度計 (Teclock, Japan) 量測果皮厚；果球剝瓣後以電動榨汁機 (Braun, MPZ6, USA) 榨汁過濾秤其果汁重，柳橙果汁重占果實重量之百分率即為果汁率。果汁中可溶性固形物含量以手提式曲折計 (Atago, Japan) 測定，果汁可滴定酸含量則取 5 mL 果汁加 95 mL 蒸餾水與 1 滴酚酞指示劑，再以 0.1 N NaOH (Sigma, USA) 標準液滴定至溶液自無色轉呈粉紅色，換算為每 100 mL 果汁中檸檬酸 (citric acid) 含量。

5 位受試者 (年齡 28–38 歲，2 名男性、3 名女性) 分別品嚐浸泡過稀釋 10×、100×、1,000× 印楝素和對照柳橙，依個人觀感對柳橙的酸味、甜味、果汁率、口感、風味從 1–5 分，從酸味、甜味與風味最淡，果汁最少與口感最差者評為 1 分，最優則評為 5 分，並記錄受試者是否感受柳橙果實呈現異味。

### 統計分析

東方果實蠅產卵偏好選擇試驗，參考 Silva *et al.* (2012) 的公式，分別以果實上產卵孔數與產卵數計算 7 種處理組合 (每處理組合含藥劑處理組及對照組各 1 顆柳橙) 之各養蟲箱中東方果實蠅對柳橙果實穿刺與產卵行為之忌避指數 (deterrence index; DI) 與分類區間 (classification intervals; CI)，計算方式分別如下：

$$DI = \frac{2 \times G}{G + P}$$

G：經藥劑處理果實上東方果實蠅產卵孔數/卵數。

P：對照組果實上東方果實蠅產卵孔數/卵數。

$$CI = 1 \pm t_{(4; \alpha = 0.05)} \times \frac{sd}{\sqrt{5}}$$

t：Student's *t*-test 在雙尾檢定 ( $\alpha = 0.05$ ) 的 *t*-value。

sd：DI 的標準差。

計算結果  $DI < CI$  表示藥劑對東方果實蠅

產卵行為有忌避效果，DI 介於 CI 上、下限區間表示藥劑無忌避效果， $DI > CI$  表示藥劑對東方果實蠅產卵行為有誘引效果。

東方果實蠅產卵偏好選擇試驗中，東方果實蠅於不同藥劑處理組的死亡率、柳橙果實品質分析各項目結果，以 SAS 統計軟體 (SAS Institute, USA) 的 ANOVA 程式分析，並以最小顯著差異 (least significance difference; LSD) 比較各處理間是否存在顯著差異。死亡率、失重率與果汁率等數據於分析前先經反正弦角度轉換 (arcsine transformation)。

### 結果

東方果實蠅產卵偏好選擇試驗中，放入 2.4% 第滅寧水懸劑稀釋 1,500× 果實的養蟲箱中，共有 91.2% 東方果實蠅死亡，顯著地高於 50% 馬拉松乳劑稀釋 800× 處理組 (蟲死亡率 72.8%)、2% 阿巴汀乳劑稀釋 2,000× 處理組 (蟲死亡率 35.2%)，在 30% 賜派芬水懸劑稀釋 5,000× 與 3 種稀釋倍數 4.5% 印楝素乳劑處理間的蟲死亡率最低，介於 2.4–10.4% 間 (表 1)。相較於賜派芬與印楝素處理，東方果實蠅暴露於放有第滅寧、馬拉松或阿巴汀處理果實之養蟲箱，其死亡率皆明顯提升 (表 1)。

分別以產卵孔數及產卵數計算東方果實蠅對柳橙穿刺行為與產卵行為的忌避效果，結果顯示 2.4% 第滅寧水懸劑稀釋 1,500× 處理組與稀釋 10×、100× 4.5% 印楝素乳劑處理組其  $DI < CI$  (表 1)，可觀察到經藥劑處理之柳橙果實上的產卵孔數少於對照果實上產卵孔數，推測這 3 種藥劑處理對果實蠅停落穿刺行為有忌避效果；而以蟲卵數計算 DI 與 CI 值，除第滅寧處理果實上未見東方果實蠅產卵而不列入計算外，其餘包含 2% 阿巴汀乳劑稀釋 2,000× 處理與 3 種稀釋倍數 4.5% 印楝素乳劑處理的  $DI < CI$  (表 1)，顯示這些處理減少了東方果實蠅於柳橙中的產卵量。相對地在 50% 馬拉松乳劑稀釋 800× 處理組與 30% 賜派芬水懸劑稀釋 5,000× 處理組中的 DI 均落於 CI 上、下限區間 (表 1)，東方果實蠅於藥劑處理與對照果實的產卵孔數、產卵數無明顯差異。

經稀釋 10×、100×、1,000× 3 種 4.5% 印

表 1. 5 種化學藥劑處理柳橙果實對於東方果實蠅穿刺率、產卵率與其死亡率的影響。

Insecticide	Mortality (%)				Punctures no. per fruit		Deterrence index (puncture)		Classification index (puncture)		Punctures inhibitor		Egg no. per fruit		Eggs per punctures		Deterrence index (oviposition)		Classification index (oviposition)		Oviposition inhibitor		
	± <sup>z</sup>	+	-	± <sup>z</sup>	+	-	Upper	Lower	Upper	Lower	+	-	+	-	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	
																							Deterrence index (puncture)
Deltamethrin	91.2 a <sup>y</sup>	0.2	2.8	0.083	1.265	0.735	Y <sup>x</sup>	0.0	534.2	0.0	190.8	0.000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Malathion	72.8 b	2.6	3.6	0.977	1.499	0.501	N	349.2	373.0	134.3	103.6	0.989	1.494	0.506	N	1.494	0.506	N	1.494	0.506	N	1.494	0.506
Spirodiclofen	3.2 d	2.4	2.8	0.980	1.356	0.644	N	658.4	524.6	274.3	187.4	1.109	1.494	0.506	N	1.494	0.506	N	1.494	0.506	N	1.494	0.506
Abamectin	35.2 c	1.4	3.4	0.540	1.689	0.311	N	83.0	560.8	59.3	164.9	0.386	1.551	0.449	Y	1.551	0.449	Y	1.551	0.449	Y	1.551	0.449
Azadirachtin	2.4 d	1.2	7.8	0.217	1.270	0.730	Y	36.2	1,668.8	30.2	213.9	0.036	1.096	0.904	Y	1.096	0.904	Y	1.096	0.904	Y	1.096	0.904
100× diluted	10.4 d	1.2	7.2	0.270	1.243	0.757	Y	105.2	1,604.8	87.7	222.9	0.106	1.138	0.862	Y	1.138	0.862	Y	1.138	0.862	Y	1.138	0.862
1,000× diluted	8.8 d	3.4	5.0	0.747	1.593	0.407	N	323.2	1,653.8	95.1	330.8	0.307	1.312	0.688	Y	1.312	0.688	Y	1.312	0.688	Y	1.312	0.688

<sup>z</sup> The insecticides treated (+) or the control (-) within each cages.

<sup>y</sup> Mean with the same letters referred to no significant difference by the LSD test at  $P < 0.05$ .

<sup>x</sup> Inhibition effects of the insecticide on puncture/oviposition. Abbreviations: Y: has inhibition effects; N: no obvious influence; N/A: analysis was not available.

棟素乳劑處理後，並貯放 7 d 之柳橙果實，稀釋 10× 印棟素處理柳橙果實果皮上具有光澤感，但果實頂有明顯褐化藥斑，縱切面明顯看出藥斑造成色素層 (flavedo) 與絨層 (albedo) 凹陷 (圖 1)。果實品質部分，對照組與各處理間果實單果重並無顯著差異，但稀釋 10× 印棟素處理果實失重率達 3.45%，高於失重率介於 2.45–2.61% 的對照與其他濃度處理。果汁重與果汁率，則以對照組最高、稀釋 1,000× 處理組最低。果皮厚度、可溶性固形物與可滴定酸含量於各處理間，則無顯著差異 (表 2)。柳橙果實經 5 位受試者官能品評，均表示稀釋 10× 印棟素處理的果實具有異味，並評寫該組果實甜味低、酸味高且風味差；有 3 位受試者認為稀釋 100× 印棟素處理果實呈現異味，而在稀釋 1,000× 印棟素處理果實與對照組中無此現象，且兩者風味評價接近 (表 3)。

## 討論

目前東方果實蠅防治方式已導入區域共同防治與整合性管理觀念，藉由密度監測搭配滅雄、食物誘殺技術、落實田間清潔，可有效降低東方果實蠅的數量 (Huang *et al.* 2008)，惟田間果實蠅族群密度升高時，化學藥劑仍是快速有效的防治方法。登記於『植物保護手冊』的柑橘類果實，能直接施用於東方果實蠅的防治藥劑為 2.4% 第滅寧水懸劑，但於柑橘類作物栽培管理過程施用的其他藥劑，對東方果實蠅是否亦有防治效果為本次試驗重點。藥效試驗顯示，果實於 2.4% 第滅寧水懸劑的處理後防治效果最佳，對東方果實蠅死亡率達 91.2%。試驗數據 (DI < CI) 顯示，第滅寧處理造成東方果實蠅無法有效完成穿刺行為與產卵，具有良好的保護效果。然而，試驗過程中觀察到東方果實蠅仍會於藥劑處理果實上停落，故以觸殺效果取代忌避效果稱之或許較為合適。在置有馬拉松處理果實之養蟲箱，有 72.8% 東方果實蠅死亡，顯示該藥劑對東方果實蠅有毒殺效果，但產卵偏好選擇試驗結果顯示，該藥劑無忌避效果，仍會造成柳橙果實受害。然若馬拉松配合蛋白質水解物使用，同時誘引並毒殺雌蟲與雄蟲，可藉此提高東方果

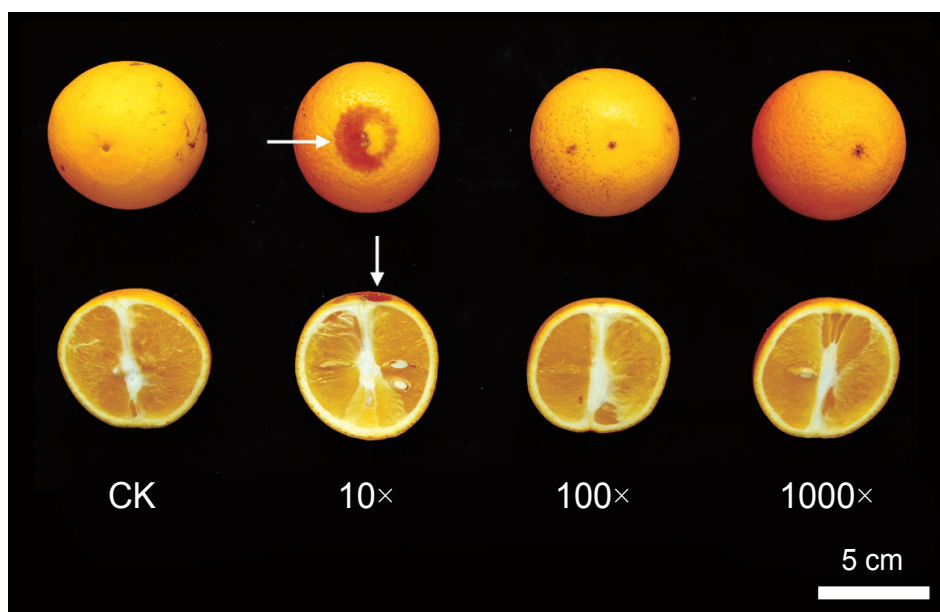


圖 1. 不同濃度印楝素處理後並儲藏 7 d 之柳橙外觀與剖面照，其中 10× 印楝素處理之果實可於果實底部觀察到果實表面出現壞疽狀的塌陷的藥害 (箭頭所指處) 症狀。

**Fig. 1.** The morphology of sweet orange after 7 d storage by treated with different concentrations of azadirachtin, especially the fruit treated with high concentration of azadirachtin revealed severely collapse (indicated by arrows) in the surface of fruit.

表 2. 使用不同濃度印楝素處理果實並儲藏 7 d 後之果實品質分析。

**Table 2.** Fruit quality of sweet oranges after 7 d storage by treated with different concentrations azadirachtin.

Insecticide	Original fruit weight (g)	Post storage fruit weight (g)	Water loss (%)	Peel thickness (mm)	Juice weight (g)	Juice rate (%)	Total soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity (%)
Control	118.78 a <sup>z</sup>	115.88 a	2.45 b	3.26 a	48.3 a	41.6 a	12.72 a	0.26 a
Azadirachtin								
10× diluted	116.19 a	112.18 a	3.45 a	3.53 a	41.2 ab	36.9 ab	11.90 a	0.30 a
100× diluted	116.08 a	113.15 a	2.53 b	3.70 a	43.3 ab	38.2 ab	12.40 a	0.32 a
1,000× diluted	115.95 a	112.93 a	2.61 b	3.65 a	39.3 b	34.7 b	12.18 a	0.30 a

<sup>z</sup> Mean with the same letters referred to no significant difference by the LSD test at  $P < 0.05$ .

表 3. 不同濃度印楝素處理後柳橙果實官能品評結果。

**Table 3.** The organoleptic evaluation of sweet oranges after different azadirachtin concentration treatments.

Insecticide	Sour	Sweet	Juicy	Texture	Flavor	Peculiar taste
Control	1.2	2.6	2.9	2.6	3.6	N <sup>z</sup>
Azadirachtin						
10× diluted	1.9	2.0	2.8	2.2	1.3	Y
100× diluted	1.2	1.8	2.6	2.4	1.8	Y (3/5 subjects)
1,000× diluted	1.3	3.3	2.7	2.4	3.4	N

<sup>z</sup> Sweet orange fruit has peculiar taste (Y) or not (N) answered by 5 subjects.

實蠅之誘殺率 (Cornelius *et al.* 2000a, 2000b; Chen *et al.* 2001)。前述結果與在甜瓜實蠅 (*Dacus ciliatus* Loew) 及瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett) 上藥劑試驗結果相似，合成除蟲菊類藥劑對果實蠅科害蟲具有擊昏 (knock-down) 作用而產生果實保護的效果，有機磷類藥劑則無法有效地保護果實不受危害 (Maklakov *et al.* 2001; Dong *et al.* 2002)。此外，阿巴汀雖然為抗生素類的藥劑，但過去果實蠅藥劑試驗指出該藥劑具有使果實蠅接觸死亡效果 (Albrecht & Sherman 1987; Dong *et al.* 2002)，與本研究結果相符；阿巴汀處理未能減少果實蠅穿刺產卵行為，但可觀察到處理後果實中果實蠅的產卵數減少。相較於前述 3 項藥劑，賜派芬則完全沒有毒殺東方果實蠅與產生忌避的效果。

過去研究結果顯示，高濃度的印楝素對於東方果實蠅、瓜實蠅與地中海果實蠅 (*Ceratitis capitata* Wiedemann) 具有產卵忌避效果 (Chen *et al.* 1996; Singh & Singh 1998; Silva *et al.* 2012)。本試驗之正對照組使用高濃度印楝素 (稀釋 10× 與 100×) 處理，顯示對果實蠅有極強的忌避效果，使得果實上的產卵孔數與產卵量明顯減少；低濃度印楝素 (稀釋 1,000×) 處理並未減少東方果實蠅於柳橙上產卵孔數，但能有效抑制果實蠅產卵量。印楝素對於果實蠅並無毒殺效果，這與 Dong *et al.* (2002) 與 Singh & Singh (1998) 於瓜實蠅試驗結果相同。印楝素作用機制特殊，可造成鱗翅目害蟲拒食及幼蟲生長抑制 (Hasan & Ansari 2011)，有潛力成為未來於柑橘栽培管理整合防治的候選藥物之一。本試驗亦評估印楝素處理後的柳橙果實，對果實外觀、品質之影響。在果實品質分析結果中，處理組與對照組間於處理前、處理過後貯放 7 d 之單果重、果皮厚、可溶性固形物、可滴定酸含量等均無顯著差異，但 10× 印楝素處理果實失重率顯著高於其他 3 組果實，官能品評受訪者均表示該組果實有明顯異味存在，並認為果肉甜味較低、酸味較高且風味為 4 組中最差。此外，10× 印楝素處理的果實，頂部出現明顯凹陷藥斑，推測在果實浸藥處理後晾乾過程因高濃度藥液堆積所致。高

濃度印楝素處理過的果實出現失重、外觀呈現藥斑、果實品質劣化等狀況，均會造成果品價值喪失或減損，即使採 100× 印楝素處理，部分受試者依然反應果實具有不良異味，因此不推薦直接施用高濃度印楝素作為防治處理方式。

評估以上不同作用機制於東方果實蠅的藥劑防治效果，以第滅寧與印楝素兩種效果最佳。第滅寧於 2014 年通過延伸使用在柑橘東方果實蠅防治上，可擊昏並觸殺東方果實蠅避免果實受害，本試驗亦顯示對柑橘果實有極佳的保護效果。惟『植物保護手冊』推薦本藥劑用於柑橘類所定之安全採收期為 30 d，田間使用需注意藥劑殘留問題。印楝素雖具忌避東方果實蠅產卵的效果，但是高濃度施用可能造成果實風味的異變及果實外表損害等不良反應，而降低作物商品價值，因此未來可嘗試發展如配合誘殺等其他防治方法，以達到降低東方果實蠅於果園中危害。

## 誌謝

本研究承蒙行政院農業委員會 104 農科-9.4.2-農-C1 (3) 計畫補助，國立中興大學昆蟲學系昆蟲生理生化研究室路光暉教授提供試驗用東方果實蠅來源，並感謝林玄學先生、黃瓊慧小姐及林永華小姐協助試驗工作。

## 引用文獻

- Albrecht, C. P. and M. Sherman. 1987. Lethal and sublethal effects of avermectin B1 on three fruit fly species (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 80:344-347.
- Chen, C. C., Y. J. Dong, H. C. Wen, Y. Y. Chuang, T. C. Yang, and K. Y. Ho. 2010. Field evaluation of the trapping efficacy of a paste formulation of methyl eugenol for the oriental fruit fly. *Formosan Entomol.* 30:65-76. (in Chinese with English abstract)
- Chen, C. C., Y. J. Dong, and L. L. Cheng. 2001. Evaluation of trapping effectiveness of the improved McPhail trap for oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) (Diptera: Tephritidae). *Formosan Entomol.* 21:65-75. (in Chinese with English abstract)
- Chen, C. C., Y. J. Dong, L. L. Cheng, and R. F. Hou. 1996. Deterrent effect of neem seed kernel extract on ovi-

- position of the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in guava. *J. Econ. Entomol.* 89:462–466.
- Cheng, M. F. 2005. The control strategies of the oriental fruit fly. p.197–205. *in*: Proceeding of Symposium on the Taiwan Citrus Industry Development. July 20–21, 2005. Chiayi, Taiwan. Department of Horticultural Science, National Chiayi University, Chiayi. (in Chinese)
- Chiu, H. T. 1978. Studies on the improvement of mass rearing for oriental fruit flies. *Plant Prot. Bull.* 20:87–92. (in Chinese with English abstract)
- Chuang, Y. Y. and R. F. Hou. 2008. Effectiveness of attract-and-kill systems using methyl eugenol incorporated with neonicotinoid insecticides against the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 101:352–359.
- Clarke, A. R., K. F. Armstrong, A. E. Carmichael, J. R. Milne, S. Raghu, G. K. Roderick, and D. K. Yeates. 2005. Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation the *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.* 50:293–319.
- Cornelius, M. L., J. J. Duan, and R. H. Messing. 2000a. Volatile host fruit odors as attractants for the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 93:93–100.
- Cornelius, M. L., L. Nergel, J. J. Duan, and R. H. Messing. 2000b. Responses of female oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) to protein and host fruit odors in field cage and open field tests. *Environ. Entomol.* 29:14–19.
- Dong, Y. J., L. L. Cheng, and C. C. Chen. 2002. Laboratory bioassay of 10 insecticides against the melon fly (*Bactrocera cucurbitae*). *J. Agric. Res. China.* 51:66–72. (in Chinese with English abstract)
- Hasan, F. and M. S. Ansari. 2011. Toxic effects of neem-based insecticides on *Pieris brassicae* (Linn.). *Crop. Prot.* 30:502–507.
- Ho, K. Y. and S. C. Hung. 2008. Studies on the effectiveness of spinosad bait attracting the oriental fruit fly at three orchards in Chiayi region. *J. Agric. For. (NCYU)* 5:1–10. (in Chinese with English abstract)
- Ho, K. Y., S. C. Hung, and C. C. Chen. 2007. Attracting effectiveness of spinosad bait in killing the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Formosan Entomol.* 27:147–155. (in Chinese with English abstract)
- Ho, K. Y., S. C. Hung, C. C. Chen, and Y. H. Cheng. 2006. Effectiveness of spinosad bait in the control of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), (Diptera: Tephritidae) in citrus orchard. *J. Taiwan Agric. Res.* 55:101–110. (in Chinese with English abstract)
- Huang, Y. B., C. H. Kao, M. Y. Chiang, E. Y. Cheng, and M. C. Lee. 2008. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for citrus. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:63–73. (in Chinese with English abstract)
- Huang, Y. B., T. M. Chou, M. Y. Chiang, Y. S. Hsieh, Y. T. Hung, P. L. Chen, and R. J. Chang. 2013. Integrated Pest Management and Control Tactics of the Oriental Fruit Fly. Taiwan Agricultural Research Institute. Taichung, Taiwan. 115 pp. (in Chinese)
- Hung, S. C., K. Y. Ho, and C. C. Chen. 2008. Investigation of fruit damages of litchi caused by *Conopomorpha sinensis* bradley and *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Chiayi. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:143–152. (in Chinese with English abstract)
- Hwang, Y. B., C. H. Kao, and E. Y. Cheng. 1997. The monitoring and control of the oriental fruit fly in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 39:125–136. (in Chinese with English abstract)
- Maklakov, A., I. Ishaaya, A. Freidberg, A. Yawetz, A. R. Horowitz, and I. Yarom. 2001. Toxicological studies of organophosphate and pyrethroid insecticides for controlling the fruit fly *Dacus ciliatus* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 94:1059–1066.
- Metcalf, R. L. and E. R. Metcalf. 1992. *Plant Kairomones in Insect Ecology and Control*. Chapman & Hall. New York. 168 pp.
- Silva, M. A., G. C. D. Bezerra-Silva, J. D. Vendramim, and T. Mastrangelo. 2012. Inhibition of oviposition by neem extract: A behavioral perspective for the control of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Fla. Entomol.* 95:333–337.
- Singh, S. and R. P. Singh. 1998. Neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts and azadirachtin as oviposition deterrents against the melon fly (*Bactrocera cucurbitae*) and the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*). *Phytoparasitica* 26:191–197.
- Steiner, L. F., W. G. Hart, E. J. Harris, R. T. Cunningham, K. Ohinata, and D. C. Kamakahi. 1970. Eradication of the oriental fruit fly from the Mariana Islands by the methods of male annihilation and sterile insect release. *J. Econ. Entomol.* 63:131–135.

# The Control Efficacy on Oriental Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis*) with Five Insecticides of Different Modes of Action in 'Liucheng' Orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Liucheng]

Hui-Zhen Lu<sup>1</sup>, Tai-Chuan Wang<sup>2</sup>, Shou-Horng Huang<sup>3</sup>, and Chi-Nan Chen<sup>4,\*</sup>

## Abstract

Lu, H. Z., T. C. Wang, S. H. Huang, and C. N. Chen. 2016. The control efficacy on oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) with five insecticides of different modes of action in 'Liucheng' orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Liucheng]. *J. Taiwan Agric. Res.* 65(2):109–116.

The oriental fruit fly [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)] is one of the most important pests in the world. The females lay eggs into fruit surface and hatch, then the larvae cause the damages of fruit dropping. Chemical control is widely used to manage the problem of oriental fruit flies by its low cost and fast control compared with other practices. This study focused on effects of some registered insecticides, which were used for pest management of sweet orange (*Citrus sinensis*) in Taiwan before. The fruits were dipped with 2.4% deltamethrin SC (1,500×), 50% malathion EC (800×), 30% spirotolofen SC (5,000×), 2% abamectin EC (2,000×) in choice test. 4.5% azadirachtin EC in 10×, 100×, and 1,000× were used as positive control of deterrent oviposition, and water was used as negative control. The results showed that the females directly died by the treatments of deltamethrin, malathion and abamectin. The treatment of deltamethrin almost prevented the females from penetrating and laying eggs. The treatment of abamectin also suppressed laying eggs to fruit effectively. However, the treatment of malathion did not have any oviposition deterrence effect. The treatment of azadirachtin could not kill the oriental fruit flies, but it reduced the numbers of laying eggs in oranges. In addition, the laying eggs decreased with the increasing of the concentrations of azadirachtin. Both 10× and 100× diluted azadirachtin revealed the greatest repellent effect in our experiment. The fruit quality and sensory evaluation for fruits were conducted after the application of insecticides. Drug spots appeared on the surface, and weight loss and odd smell were observed on the fruit treated with 10× azadirachtin. Overall, the deltamethrin was better than other insecticides for the control of oriental fruit flies in this study. Azadirachtin can inhibit the oviposition of oriental fruit fly, but inappropriate concentration of insecticides may affect fruit appearance and its quality. Therefore, the repellent treatment of azadirachtin integrated with other field techniques may have the potential to develop a new control method of oriental fruit fly in the future.

**Key words:** *Bactrocera dorsalis*, Citrus, Insecticide efficacy, Fruit quality analysis.

---

Received: May 26, 2015; Accepted: August 3, 2015.

\* Corresponding author, e-mail: cnchen@dns.caes.gov.tw

<sup>1</sup> Contract employee, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

<sup>2</sup> Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

<sup>3</sup> Associate Research Fellow, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

<sup>4</sup> Assistant Research Fellow, Department of Horticulture, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.