

五種不同藥劑對東方果實蠅(雙翅目：果實蠅科)之藥效評估

黃世宏、林明瑩*

國立嘉義大學植物醫學系 600355嘉義市學府路300號

* 聯絡作者，Email: mylin@mail.ncyu.edu.tw

摘要

黃世宏、林明瑩*。2021。五種不同藥劑對東方果實蠅(雙翅目：果實蠅科)之藥效評估。植物醫學63(2): 1-8。

本研究以 5 種現行臺灣防治東方果實蠅之化學藥劑，探討不同藥劑噴灑於蟲體、葉片及果實對東方果實蠅之毒效，及藥劑殘效對東方果實蠅之致死效果。以噴藥塔噴灑第滅寧(Deltamethrin)、撲滅松(Fenitrothion)、芬殺松(Fenthion)、馬拉松(Malathion)及芬化利(Fenvalerate)於三種不同日齡成蟲蟲體上，第滅寧、撲滅松、芬殺松及馬拉松對 3~5 日、7~9 日及 12~14 日齡成蟲造成之死亡率均高於 92.5%，而芬化利最高僅造成 7~9 日齡成蟲 42.9% 之死亡。室內葉片殘效部分，芬殺松在噴藥 3、5 及 7 日後，其防治效果最佳，有 98% 以上之死亡率，芬化利防治效果則為最差。室外葉片殘效試驗結果顯示，第滅寧在第 30 日之殘效仍能造成 83.4% 之死亡為最佳，而撲滅松則最差。室外果實殘效試驗中，所有藥劑於室外果實殘效試驗第 10 日均已喪失毒效，仍以第滅寧可造成東方果實蠅較高死亡率，撲滅松則為最低。本研究完整進行一系列化學藥劑對東方果實蠅成蟲毒效之探討，期可提供東方果實蠅田間防治管理之參考。

關鍵詞：東方果實蠅、藥劑、殘效、防治

緒言

東方果實蠅(Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)) 為多食性之重要害蟲，危害許多園藝經濟作物之果實，主要以為害水果為主。東方果實蠅之生活史可長達數月，繁殖能力高，飛行能力強^(23, 24)，其雌蟲同日可產卵危害多顆果實。雌蟲以產卵器刺破水果表皮，產卵於果實內部，卵孵化後之幼蟲以果肉為食，最終導致果實腐爛、流膠甚至落果，降低果實產量，更使果實經濟價值喪失⁽¹⁾。

臺灣目前以綜合害蟲管理策略防治東方果實蠅，常用技術

包含果實套袋、含毒甲基丁香油滅雄法、化學農藥噴灑防治、黃色黏板誘殺、田間衛生與食物誘殺防治等，朝降低東方果實蠅族群密度進行管理。在防治措施中以化學農藥具低成本、操作方式簡便及農民較為熟悉等特性，為農友在防治上的首要選擇^(21, 22, 25)。部分種類果樹之農民，受限品種特性、成本、勞力及時間等因素限制，難以利用套袋等防治技術，因此採收期東方果實蠅密度高時，農民仍習慣以噴灑藥劑防治，以降低果實蠅族群數量，及其危害果實之可能。更有農民為防治東方果實蠅之危害，同時噴灑數種藥劑加強防治，進而提高成本，對農民、消費者與環境形成潛在之負面影響⁽⁵⁾。噴灑藥劑防治之藥液不易直接接觸到飛行能力強之東方果實蠅，藥液多殘留於植株葉片、枝條與果實上。因其習性常於植株上停棲，間接會接觸到因噴灑而殘留的藥劑，然而其致死效果有待證實。臺灣有關東方果實蠅之研究報告，較少探討化學藥劑與藥劑殘效之防治效果。Lu *et al* 曾以 5 種不同作用機制之殺蟲劑處理柳橙果實，探討對東方果實蠅致死及產卵偏好⁽¹³⁾。另外 Dong *et al* 亦運用不同之藥劑處理方式，以及浸藥的方式，來評估對瓜實蠅之防治效果⁽⁶⁾。現行東方果實蠅之推薦防治藥劑，其藥效如何？當東方果實蠅接觸植株葉片或果實上殘留藥劑，其防治效果如何？是相當值得探討的議題。

本研究主要探討不同之藥劑噴灑於作物葉片與果實後，不同時間之殘效對東方果實蠅成蟲的致死效果，評估藥劑之防治成效，提供東方果實蠅田間防治之參考。

材料與方法

一、供試蟲源

蟲源於 2019 年採集自嘉義地區田間受東方果實蠅危害之柑橘被害果之幼蟲，於室內化蛹羽化後，將成蟲置於實驗室飼育籠(30×30×30 cm³)內，視需求補充水及成蟲飼料，成分為 soy peptone E110(上鼎生技有限公司，臺北市)、yeast peptone(上鼎生技有限公司，臺北市)混和臺糖二號砂糖，

2 J. Plant Med.

調配比例為 1: 1: 3。待成蟲性成熟後，以含蓋塑膠杯製之產卵器（底直徑 7.5 cm，上蓋直徑 10 cm，高 5.5 cm），內壁塗抹番石榴果肉以採集蟲卵，將收集的卵置於幼蟲飼料上飼育，成分為混和麥麩 120 g、二號砂糖 60 g、食用酵母粉（Zhanjiang Wuzhou Biology Engineering Co., Ltd, China）35 g、苯甲酸鈉粉末 1.25 g、鹽酸（37%、試藥級）6 mL、RO 水 400 mL。幼蟲飼料盛於壓克力盒（21×14.5×4.5 cm³）中，並置於平鋪細沙之塑膠密林（60×47.5×14.5 cm³）中，放入飼育籠，待老熟幼蟲跳蛹。收集蛹後置於飼育籠中，羽化後的成蟲即供試蟲源，族群飼育至第3代後開始進行試驗，本藥劑試驗於6個月內完成。所有飼育均於具自然光源之室內，室溫 29 ± 2℃、相對濕度 65 ± 5% 之條件中。

二、供試藥劑

試驗之藥劑皆為登記於東方果實蠅之防治用藥，藥劑均為市售農藥，其有效成分、藥劑名稱、劑型、使用倍數及出品公司分述如下：20% 芬化利（Fenvalerate）EW、2,000倍（聯利農業科技股份有限公司）；2.8% 第滅寧（Deltamethrin）EC、1,500 倍（利台化學工業股份有限公司）；50% 芬殺松（Fenthion）EC、1,000 倍（利台化學工業股份有限公司）；50% 撲滅松（Fenitrothion）EC、200 倍（聯利農業科技股份有限公司）；50% 馬拉松（Malathion）EW、200 倍（聯利農業科技股份有限公司）。

三、不同藥劑對不同日齡東方果實蠅成蟲防治探討

將供試藥劑以 RO 水稀釋後利用噴藥塔（Burkard Manufacturing Co Ltd, England）噴施 2 mL 之藥液（15 lb/in²）於裝有 30 隻雌蟲或雄蟲的透明塑膠杯中，成蟲在噴藥前先以二氧化碳氣體進行昏迷。分別為 3~5 日、7~9 日及 12~14 日齡之東方果實蠅。噴藥後之塑膠杯杯口以橡皮筋固定紗網（32 目），並於紗網上放置少許砂糖及吸飽水之化妝棉以供其食物及水之來源，於 24 hr 後觀察並記錄死亡蟲數。以東方果實蠅移動距離無法超過自身體長之雌雄蟲，即判定為死亡。對照組噴水，每處理進行 4 重複。

四、不同藥劑處理後之葉片對東方果實蠅殘效之探討

（一）、室內試驗

以手持噴霧器將供試藥劑之稀釋藥液均勻噴灑於嘉義大學校園內番石榴植株上之葉片，直至出現液滴停止噴灑，所噴施的藥液均單純以自來水稀釋。待藥液乾後以剪定鉗剪下枝條，瓶插於室內水瓶中，分別在噴藥後第 3、5 及 7 日，剪取枝條上之葉片於室內進行試驗。校園內之番石榴植株，試驗前未經任何藥劑處理。不同處理均以 30 對東方果實蠅置入內有處理後番石榴葉片之透明塑膠杯內，以紗網覆蓋於杯口。紗網上放置少許砂糖及吸飽水之化妝棉以供其食物及水之來源，於 24

hr 後觀察並記錄死亡之雌雄蟲的數量。對照組則噴水，每處理進行 4 重複。

（二）、半田間試驗

以手持噴霧器將第滅寧、撲滅松、芬殺松供試藥劑之稀釋藥液均勻噴灑於室外植株之番石榴葉片，於施藥後第 3、5 及 7 日，剪取葉片至室內進行試驗，並於 24 hr 後觀察並記錄透明塑膠杯內死亡之雌雄蟲數量。其中，第滅寧增加試驗第 17、30 及 45 日之殘效，每處理均進行 25 對東方果實蠅試驗。對照組則噴水，每處理進行 4 重複。

五、不同藥劑處理後之田間果實對東方果實蠅殘效之探討

以手持噴霧器將供試藥劑之稀釋藥液均勻噴灑於印度棗之果實上，供試藥劑為第滅寧、撲滅松及芬殺松，並分別於噴藥後第 3、10 及 14 日，採集果實於室內進行試驗。將果實置於飼育籠中，每處理均置入 20 對東方果實蠅之成蟲，籠內放入供水裝置及砂糖供成蟲取食，於 24 h 後觀察並記錄死亡雌雄蟲的數量。另以噴水為對照組，試驗方式同噴藥處理者。每處理4重複。

印度棗之果園位於嘉義縣民雄鄉慣行栽培之棗園，供試品種為高朗一號，果園以 32 目紗網覆蓋進行栽培。試驗前果園已 50 日未進行施藥，最後一次噴施之藥劑，分別為賽洛寧、密滅汀、陶斯松與依殺蟎。試驗藥劑處理後之果實，分別於噴藥後選定之日期，以剪定鉗剪取果實進行試驗，施用藥劑當日為第 1 日，所有果實剪取時間均為上午 10 時至 12 時，攜回實驗室進行殘效試驗。對照組噴水，每處理進行 4 重複。試驗期間為 2020 年 2 月 13 日至 26 日。試驗期間溫度及降雨等氣象資料，皆取自中央氣象局觀測資料查詢系統嘉義市嘉義測站之資訊。

六、統計分析

所有試驗之東方果實蠅死亡率計算方程式如下：

$$\text{死亡率}(\%) = \frac{\text{死亡個體數量(隻)}}{\text{總數量(隻)}} \times 100\%$$

將不同藥劑對不同日齡成蟲防治試驗、室內及半田間之葉片與果實殘效試驗之死亡率⁽¹⁾ 經反正弦轉換（Arcsine Transformation）後，以單因子進行變方分析（one-way ANOVA, PROC GLM, SAS 2017），在不同處理間具顯著差異時（ $p < 0.05$ ），再以最小顯著差異測驗法（Least Significant Difference test; LSD），進行事後檢定，比較各處理間之差異。

結果

一、不同藥劑對不同日齡東方果實蠅成蟲防治

5 種不同藥劑對 3 種不同日齡東方果實蠅之死亡率經分析後，結果列於表一。整體而言，第滅寧、撲滅松、芬殺松及馬拉松可對 3~5 日、7~9 日及 12~14 日齡之東方果實蠅成蟲造成 92.5 ± 12.7% 至 100% 的死亡率。所有藥劑以芬化利效果最差，僅對 12~14 日齡成蟲之死亡率有 94.5 ± 4.5% 為最高，對 7~9 日齡僅 42.9% 死亡為最低。因此後續之藥劑試驗選擇 7~9 日之東方果實蠅為供試對象。另外在相同處理間東方果實蠅雌雄蟲之死亡率均不具顯著差異，且對照組均無任何蟲體死亡。

二、不同藥劑處理後之葉片對東方果實蠅殘效之探討

(一)、室內試驗

試驗結果顯示不同藥劑處理間，葉片之相同殘效日期對東方果實蠅成蟲致死效果具顯著差異，而部分藥劑造成之死亡率隨殘效日數增加而減少（表二）。第滅寧、撲滅松、芬化利及馬拉松不同日期葉片殘效之間的死亡率差異顯著（第滅寧： $F_{5, 18} = 4.3, p = 0.0087$ ；撲滅松： $F_{5, 18} = 6.4, p = 0.0013$ ；芬化利： $F_{5, 18} = 7.26, p = 0.0007$ ；馬拉松： $F_{5, 18} = 4.6, p = 0.0068$ ），均以第 7 日殘效死亡率為最低。但第滅寧、芬殺松與撲滅松第 7 日之殘效仍有 100% 至 93.1 ± 5.3%，致死效果較為長效。合成除蟲菊藥劑及有機磷劑分別以芬化利及馬拉松殘效之致死效果最差，因此後續之試驗便排除此 2 種藥劑。

芬化利在 3 日之殘效便無法造成東方果實蠅成蟲 100% 死

亡，以第 3 日殘效造成 78.4 ± 6.3% 之死亡為最高。不同處理之東方果實蠅雌雄蟲死亡率，以芬化利於第 5 日殘效雌蟲死亡率顯著高於雄蟲 ($F_{1, 6} = 13.03, p = 0.0112$)。整體而言，在不同藥劑處理下，僅芬化利之死亡率在雌雄蟲間具顯著差異。

(二)、半田間試驗

不同藥劑處理葉片對東方果實蠅成蟲之殘效均具顯著差異（表三及表四）。其中以第滅寧效果最佳，在第 3、5、7 及 17 日殘效之死亡率均高於 92.0 ± 4.3%，直至第 30 日之殘效仍能造成東方果實蠅 84.3 ± 8.2% 的死亡。芬殺松及撲滅松殘效效果較差，於室外第 7 日殘效僅能分別造成 8.0 ± 6.3% 與 9.5 ± 4.4% 的死亡，其中芬殺松與對照組之死亡率差異不顯著。

第滅寧及芬殺松造成之東方果實蠅成蟲死亡率隨殘效日數遞增而減少，不同殘效日期之死亡率間均具顯著差異（第滅寧： $F_{5, 18} = 43.69, p < 0.0001$ ；芬殺松： $F_{2, 9} = 90.35, p < 0.0001$ ）。不同處理之東方果實蠅雌雄蟲死亡率，撲滅松於第 3 日殘效雌蟲死亡率顯著高於雄蟲 ($F_{1, 6} = 9.45, p = 0.0218$)，第滅寧第 7 日亦同 ($F_{1, 6} = 15.17, p = 0.0080$)。

三、不同藥劑處理後之果實對東方果實蠅殘效之探討

本試驗將藥劑噴灑於慣行栽培棗園之印度棗上，探討不同藥劑及不同殘效日對東方果實蠅成蟲之防治效果，結果如表五。不同藥劑於室外果實第 3 及 10 日殘效對東方果實蠅成蟲造成之死亡率均具顯著差異（3 日： $F_{5, 18} = 2.39, p = 0.0786$ ；7 日： $F_{5, 18} = 6.54, p = 0.0012$ ；10 日： $F_{5, 18} = 11.54, p < 0.0001$ ），其中以第滅寧為最高，撲滅松為最低。所有藥劑於第 14 日造成成蟲死亡率最高為第滅寧，但僅 11.2 ± 4.7%。

表一、五種不同藥劑對不同日齡東方果實蠅成蟲之死亡率

TABLE 1. The mortality of *Bactrocera dorsalis* adults at various ages against five insecticides by spray tower

Treatments (concentration)	Mortality (%)								
	3-5 days age			7-9 days age			12-14 days age		
	female	male	total	female	male	total	female	male	total
Deltamethrin (18.6 ppm)	96.7a (2.6)	99.4a (1.1)	98.1a (1.6)	98.3a (3.3)	88.2b (19.3)	92.5a (12.7)	100.0a (0.0)	98.3a (3.3)	99.1a (1.6)
Fenitrothion (2,500 ppm)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)
Fenthion (500 ppm)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)
Fenvalerate (100 ppm)	77.3b (23.2)	57.6b (24.0)	67.3b (23.0)	48.3b (35.4)	37.3c (16.3)	42.9b (23.4)	97.5a (5.0)	91.6b (8.3)	94.5b (4.5)
Malathion (2,500 ppm)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0b (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)
<i>F</i>	4.66	4.15	4.08	371.60	520.25	391.09	2.83	2.30	2.27
<i>df</i>	4, 15	4, 15	4, 15	4, 15	4, 15	4, 15	4, 15	4, 15	4, 15
<i>p</i>	0.0121	0.0185	0.0017	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0624	0.1069	0.0446

*: Means within each column followed by different letters were significant different by LSD test

4 J. Plant Med.

表二、番石榴葉片經五種藥劑處理後之不同日期對東方果實蠅成蟲之室內殘效

TABLE 2. Indoor study the mortality of *Bactrocera dorsalis* adults exposure to various residual leaves treated with five insecticides

Treatments (concentration)	Mortality (%) Mean ^a (SD)								
	3 days after treatments			5 days after treatments			7 days after treatments		
	female	male	total	female	male	total	female	male	total
Deltamethrin (18.6 ppm)	100.0a (0.0)	98.3a (1.9)	99.1a (0.9)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	96.6a (2.7)	89.7b (10.2)	93.1b (5.3)
Fenitrothion (2,500 ppm)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	97.6a (1.5)	95.1ab (4.1)	96.3ab (2.0)
Fenthion (500 ppm)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	98.2a (3.4)	100.0a (0.0)	99.1a (1.6)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)
Fenvalerate (100 ppm)	89.3b (10.6)	67.5b (22.9)	78.4b (6.3)	61.8b (10.6)	38.5c (6.8)	49.7c (6.4)	47.2c (21.4)	33.2d (12.4)	40.2d (14.5)
Malathion (2,500 ppm)	100.0a (0.0)	99.1a (1.6)	99.5a (0.8)	97.2a (5.5)	82.0b (26.8)	89.4b (13.4)	71.6b (20.5)	65.8c (30.8)	68.8c (6.9)
CK	7.4c (3.2)	4.8c (1.7)	6.1c (1.9)	5.8c (4.1)	5.8d (5.0)	5.8d (1.7)	5.7d (4.1)	5.7e (3.0)	5.7e (2.8)
<i>F</i>	205.91	66.63	90.39	91.07	48.08	56.70	40.42	31.11	32.17
<i>df</i>	5, 18	5, 18	5, 18	5, 18	5, 18	5, 18	5, 18	5, 18	5, 18
<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

^a: Means within each column followed by different letters were significant different by LSD test.

表三、番石榴葉片經三種藥劑處理後之不同日期對東方果實蠅成蟲之室外殘效

TABLE 3. Semi-field trials of the mortality of *Bactrocera dorsalis* adults exposure to various residual leaves treated with three insecticides

Treatments (concentration)	Mortality (%) Mean ^a (SD)								
	3 days after treatments			5 days after treatments			7 days after treatments		
	female	male	total	female	male	total	female	male	total
Deltamethrin (18.6 ppm)	97.0a (6.0)	95.0a (3.8)	96.0a (4.3)	99.0a (2.0)	94.0a (5.2)	96.5a (1.9)	99.0a (2.0)	85.0a (8.9)	92.0a (4.3)
Fenitrothion (2,500 ppm)	50.0b (30.0)	7.0b (3.8)	28.5b (15.2)	18.0c (8.3)	20.0bc (10.8)	19.0c (6.8)	14.0b (7.7)	5.0b (2.0)	9.5b (4.4)
Fenthion (500 ppm)	100.0a (0.0)	98.0a (2.3)	99.0a (1.1)	38.0b (10.6)	34.0b (25.8)	36.0b (12.5)	10.0bc (10.6)	6.0b (9.5)	8.0bc (6.3)
CK	4.0c (3.3)	2.0c (4.0)	3.0c (2.5)	7.0d (2.0)	7.0c (2.0)	7.0d (1.1)	2.0c (4.0)	4.0b (3.3)	3.0c (2.5)
<i>F</i>	44.85	147.85	64.41	136.21	30.23	47.03	72.92	47.86	53.10
<i>df</i>	3 12	3 12	3 12	3 12	3 12	3 12	3 12	3 12	3 12
<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

^a: Means within each column followed by different letters were significant different by LSD test.

討 論

本試驗以第滅寧、馬拉松、芬殺松及撲滅松處理，對不同日齡之東方果實蠅成蟲之死亡率均接近 100%。Dong *et al.* (2002)⁽⁶⁾ 以直接噴佈法及藥膜法探討第滅寧、馬拉松、芬殺松及撲滅松對瓜實蠅 (*Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett))

之毒效，24h後所有藥劑皆可達到 100% 死亡率。Reynolds *et al.* (2017)⁽¹⁷⁾ 以撲滅松、芬殺松與馬拉松對 7~10 日齡之昆士蘭果實蠅 (*Bactrocera tryoni* (Froggatt)) 之中胸背板進行局部滴定，亦可造成 100% 之死亡率。上述藥劑於果園噴灑全株時，若能直接接觸到東方果實蠅成蟲，應可發揮藥劑之防治效果。顯見若殺蟲劑可順利與果實蠅接觸，許多藥劑均具極佳之

表四、東方果實蠅接觸經第滅寧處理後室外殘效番石榴葉片之死亡率

TABLE 4. Semi-field trials of the mortality of *Bactrocera dorsalis* adults exposure to residual leaves treated with deltamethrin

Treatments (concentration)	Mortality (%) Mean ^a (SD)								
	17 days after treatments			30 days after treatments			45 days after treatments		
	female	male	total	female	male	total	female	male	total
Deltamethrin (18.6 ppm)	96.0a (0.0)	96.0a (3.2)	96.0a (1.6)	91.2a (11.0)	77.5a (8.6)	84.3a (8.2)	30.0a (14.7)	36.2a (18.8)	33.1a (8.2)
CK	3.0b (2.0)	3.0b (3.8)	3.0b (2.5)	1.2b (2.5)	2.5b (2.8)	1.8b (2.3)	1.2b (2.5)	1.2b (2.5)	1.2b (1.4)
<i>F</i>	585.84	181.55	446.92	109.77	134.31	186.64	23.90	21.90	68.96
<i>df</i>	1, 6	1, 6	1, 6	1, 6	1, 6	1, 6	1, 6	1, 6	1, 6
<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0027	0.0034	0.0002

^a: Means within each column followed by different letters were significant different by LSD test.

表五、田間印度棗果實經三種藥劑處理後對東方果實蠅成蟲之殘效

TABLE 5. The mortality of *Bactrocera dorsalis* adults exposure to jujubes treated with three insecticides in the semi-field trial (Feb, 13 - 26, 2020)

Treatments (concentration)	Mortality (%) Mean ^a (SD)								
	3 days after treatments			10 days after treatments			14 days after treatments		
	female	male	total	female	male	total	female	male	total
Deltamethrin (18.6 ppm)	43.7a (6.2)	31.2a (17.0)	37.5a (6.4)	12.5a (10.4)	6.2a (6.2)	9.3a (6.5)	17.5a (15.0)	5.0a (5.7)	11.2a (4.7)
Fenitrothion (2,500 ppm)	11.2b (11.0)	26.2a (8.5)	18.7c (9.2)	0.0b (0.0)	0.0b (0.0)	0.0b (0.0)	0.0b (0.0)	1.2a (2.5)	0.6c (1.2)
Fenthion (500 ppm)	26.2a (6.2)	22.5a (15.5)	24.3ab (8.9)	0.0b (0.0)	0.0b (0.0)	0.0b (0.0)	5.0ab (7.0)	2.5a (2.8)	3.7ab (3.2)
CK	25.0ab (14.7)	30.0a (9.1)	27.5ab (10.4)	2.5b (5.0)	7.5a (2.8)	5.0a (2.0)	7.5a (2.8)	2.5a (5.0)	5.0ab (2.0)
<i>F</i>	5.55	0.54	2.18	4.56	10.94	5.50	3.51	0.36	2.25
<i>df</i>	3, 12	3, 12	3, 12	3, 12	3, 12	3, 12	3, 12	3, 12	3, 12
<i>p</i>	0.0127	0.6616	0.0732	0.0236	0.0009	0.0007	0.0494	0.7810	0.0656

^a: Means within each column followed by different letters were significant different by LSD test.

防治效果；然而，東方果實蠅之飛行與活動能力甚強，能否順利噴施於蟲體上，確實存在著未定數。

芬化利造成之死亡率在不同日齡之間差異明顯較大，尤以7~9日齡東方果實蠅之死亡率低於50%，在後續的藥劑試驗中，便以7~9日齡東方果實蠅為供試成蟲年齡，若此階段都能死亡，則其他成蟲年齡亦均會死亡。Areekul (1986)⁽²⁾ 研究以芬化利對5種不同日齡(1、7、14、21與28日)之南瓜實蠅(*Zeugodacus tau* (Walker))與瓜實蠅之死亡率，其死亡情形與日齡呈現正相關，而芬化利及馬拉松對7日齡之南瓜實蠅造成之死亡率最高。本試驗芬化利之結果與Areekul (1986)⁽²⁾之研究相似，芬化利似已無法有效防治果實蠅之成蟲，此藥劑於2002年即登記允許使用於柑橘上防治東方果實蠅，迄今已屆20年之久，其防治效果是否與長期使用於防治東方果實蠅有

關，頗值得進一步探究。

室內葉片殘效試驗目的在探討穩定環境下，不同藥劑於葉片上殘效，對東方果實蠅致死效果之表現。不同藥劑在相同殘效日，對東方果實蠅成蟲造成的死亡率顯著不同。芬殺松、撲滅松與第滅寧於室內葉片殘效結果，明顯較馬拉松與芬化利為佳。本試驗結果與Mota Sanchez *et al.*, (1989)⁽¹⁴⁾及Keiser *et al.*, (1973)⁽¹⁰⁾研究結果類似，第滅寧、撲滅松、芬殺松與馬拉松對墨西哥果實蠅(*Anastrepha ludens* (Loew))或地中海果實蠅(*Ceratitits capitata* (Wiedemann))之毒效，均以馬拉松為最低。芬化利與馬拉松於室內番石榴葉片殘效對東方果實蠅之死亡率，隨時間增加而明顯降低致死效果(Rahman and Broughton, 2016)⁽¹⁶⁾。芬化利與馬拉松於本試驗致死效果較差，已有研究報告指出這二種藥劑較無法有效防治臺灣之東

方果實蠅 (Hsu and Feng, 2006)⁽⁷⁾，馬拉松已於國內使用相當長的時間，在東方果實蠅防治之使用範圍與方法主要是添加於蛋白質水解物中，在果實套袋前或果實蠅密度急遽增加時，局部噴施於果園周圍，並不直接噴灑於植株，但馬拉松仍是普遍使用於果樹進行其它害蟲管理上之藥劑，亦時常會進行全株噴灑。本試驗第 7 日之番石榴葉片殘效對東方果實蠅死亡率之由高至低，分別為第滅寧、馬拉松與芬化利。Keiser 在 1968 年少雨期間之田間試驗顯示，芬殺松噴灑於番石榴葉片後第 1、2、4 及 8 日之殘效，對東方果實蠅造成之死亡率，分別為 100%、100%、100% 與 98%⁽⁹⁾，本試驗結果與之類似。Sood and Sharma⁽¹⁹⁾ 於 2004 年間於印度以賽滅寧、第滅寧、芬化利及馬拉松噴施於夏南瓜 (*Cucurbita pepo* L.) 上進行對瓜實蠅之田間試驗，雖研究之果實蠅種類與本試驗稍有不同，但其果實之被害率與殘效的結果中，亦是第滅寧較佳，與本試驗之結果頗有相似之處。馬拉松與芬殺松之番石榴葉片殘效，不論是少雨或多雨時期，相同殘效日時，馬拉松對東方果實蠅造成的死亡率皆低於芬殺松，且馬拉松因降雨量較多導致致死效果明顯下降 (Keiser, 1968)⁽⁹⁾。

在臺灣化學藥劑防治東方果實蠅許多果農均採全株噴灑進行防治，藥液多數會留存在果樹之葉片上，我們將藥劑噴灑於室外番石榴葉片上，不同藥劑殘效對東方果實蠅之致死效果明顯不同。其中室外葉片之殘效以第滅寧最佳，於第 30 日仍有 84.3% 之成蟲死亡，應與第滅寧於環境中降解速度最慢有關 (Thatheyus and Selvam, 2013)⁽²⁰⁾。目前果樹產區東方果實蠅密度高時，在進行噴灑防治時第滅寧使用頻率明顯較高，由我們的室外葉片的殘效看來，確實有較佳之殘效，但是試驗作物為番石榴葉片，在其他果樹葉片上是否均具較久之殘效，值得深入進行探討。

合成除蟲菊類殺蟲劑對果實蠅類的毒效較有機磷劑長效 (Sood and Sharma, 2004)⁽¹⁹⁾，本試驗之結果顯示於第 7 日室外葉片結果，第滅寧致死效果優於撲滅松及芬殺松，顯見第滅寧較不容易受環境影響降解。因此，本試驗延長第滅寧之試驗時間，為了解第滅寧持續之殘效，結果於第 30 日之殘效仍有良好的致死效果，但同樣屬於合成除蟲菊類殺蟲劑之芬化利，其死亡率顯著較低。Hurej and Dutcher (1994)⁽⁸⁾ 指出讓不同種類之蚜蟲接觸經益化利處理後之核桃 (Pecan) 葉片，會減少蚜蟲經過或停留於葉片的時間，因此降低蚜蟲之死亡率。芬化利與益化利屬較類似之合成除蟲菊類之藥劑，在本試驗中之死亡率較低，是否因東方果實蠅對噴灑過芬化利之葉片對具忌避現象，而導致死亡率較低，有待進一步證實。

藥劑對東方果實蠅之致死效果受到環境、田間條件及過去接觸藥劑之歷史等因子所影響 (Wang *et al.*, 2013)⁽²⁶⁾。撲滅松與芬殺松於室外葉片試驗造成東方果實蠅之死亡較室內葉片試驗為低，應為有機磷劑因環境所產生之降解影響導致致死效果降低。相較之下，合成除蟲菊類殺蟲劑，經改良後於日光下較

穩定，使第滅寧具足夠之光穩定性 (Pulman, 2011)⁽¹⁵⁾，殘效之致死效果較佳。藥劑毒效除因時間增長使藥劑致死效果降低外 (Devi *et al.*, 2016; Khan *et al.*, 2017)^(4, 11)，室外之環境因子也可能加速藥劑降解作用，降低對東方果實蠅之毒效，相對減少在田間運用殘效達到防治的可能性。

在不同藥劑的葉片殘效試驗中，雌雄蟲之死亡率並未呈現一定的關聯性，多數藥劑顯示對雌雄蟲間並不存在差異性。但於芬化利於室內葉片殘效試驗中，部分日期之雌蟲死亡率顯著高於雄蟲。

果實為果農主要收入來源，化學防治的主要目的為適度的進行病蟲害防治管理，東方果實蠅之習性會停留於作物葉片、果實或枝條表面，雌蟲亦會於果實表面尋找適合產卵之場所。Lu *et al.* (2002)⁽¹³⁾ 以柳橙果實浸 5 種不同殺蟲劑進行東方果實蠅之致死與產卵偏好探討，其結果以處理第滅寧之果實蠅之致死率最高，亦有較低之產卵數。Dong *et al.* (2002)⁽⁶⁾ 亦是進行防治探討，但對象是瓜實蠅以苦瓜為材料，在進行直接噴灑、藥膜及苦瓜浸藥的試驗中，第滅寧之效果亦是 10 種藥劑中較佳者。由此可以看出，本試驗的第滅寧整體致死效果較佳，與曾經進行東方果實蠅及瓜實蠅試驗之結果均相仿。

將藥劑噴灑於慣行栽培棗園之印度棗，藥劑殘效對東方果實蠅之致死效果，隨著日期增加而降低。以第滅寧噴灑於網室之印度棗果實，於半田間試驗之果實防治效果最佳，殘效之致死效果優於撲滅松及芬殺松。Lu *et al.* (2016)⁽¹³⁾ 探討東方果實蠅於室內接觸第滅寧處理之柑橘，30hr 後可造成 91.2% 之死亡，防治效果最佳。國外亦有研究指出第滅寧殘效較長，在義大利進行櫻桃果實害蟲田間試驗時，研究人員亦證實具防治櫻桃園中斑翅果蠅 (*Drophiola suzukii*) 與歐洲櫻桃果實蠅 (*Rhagoletis cerasi* (L.)) 之潛力 (Shawer *et al.*, 2018)⁽¹⁸⁾。本試驗所有藥劑於第 10 日造成之死亡率最高僅 9.3%，藥劑毒效幾乎已無防治效果，毒效長效性不如葉片之久，是否是番石榴葉片表面與印度棗果實光滑表面之構造之不同所導致，實應於日後進一步探討，但也反應出相同藥劑在不同作物之葉片及果實上，其防治效果極可能會迥然不同之情形。東方果實蠅飛行能力甚強，以藥劑噴灑不易直接噴到蟲體，但在不同作物的果實及葉片上第滅寧的殘效顯著不同，確實在防治果實蠅成蟲上存在著許多的不確定性。不同果實藥劑殘留所產生的效果均不盡相同 (Chen *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2012)^(3, 12)，東方果實蠅的防治實應考慮多管齊下，運用食物誘殺之策略，有效直接減少果園內的族群，再適時搭配藥劑噴灑進行防治，朝田間族群密度降低之目標，方能收防治之效。藥劑之運用實應朝合理正確的方式進行，諸如運用綜合管理策略，適度減少果實蠅之族群，來確保對果實蠅達理想之防治成效，又兼具減少對環境造成之衝擊，且能達到農作物穩定收成之目標。本篇試驗研究以目前登記使用於東方果實蠅防治之藥劑進行防治效果的探討，提供的資訊可作為果實蠅化學防治之參考。

引用文獻

1. Ahmed, K. S., Haider, N., Ali, M. A., Raza, W., Rasheed, M. H., Sharif, M. and Rafi, M. A. 2016. In vitro evaluation of different synthetic insecticides against oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel. J. Entomol. Zool. Stud. 4: 696 – 699.
2. Areekul, S. 1986. Toxicity tests of some insecticides against fruit flies II *Dacus cucurbitae* Coquillett and *Dacus tau* (Walker). Agric. Nat. Resour. 20: 274 – 279.
3. Chen, J., Huang, Y., Kannan, P., Zhang, L., Lin, Z., Zhang, J., Zhang, J., Chen, T., and Guo, L. 2016. Flexible and adhesive surface enhance Raman scattering active tape for rapid detection of pesticide residues in fruits and vegetables. Anal. Chem. 88:2149 – 2155.
4. Devi, M., Duhan, A., Kumari, B., and Yadav, G. S. 2016. Determination of dimethoate, lambda-cyhalothrin and malathion residues in guava fruits using GCMS-tandem mass spectrometry. Indian J Horticulture 73:197 – 201.
5. Dominiak, B. C. and Ekman, J. H. 2013. The rise and demise of control options for fruit fly in Australia. Crop Prot. 51: 57 – 67.
6. Dong, Y. J., Cheng, L. L., and Chen, C.C. 2002. Laboratory Bioassay of 10 Insecticides against the Melon Fly (*Bactrocera cucurbitae*). J. Agric. Res. China 51: 66 – 72. (in Chinese)
7. Hsu, J. C., and Feng, H. T. 2006. Development of resistance to spinosad in oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in laboratory selection and cross-resistance. J. Econ. Entomol. 99: 931 – 936.
8. Hurej, M., and Dutcher, J. D. 1994. Effect of esfenvalerate and disulfoton on the behavior of the blackmargined aphid, black pecan aphid & yellow pecan aphid (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 87: 187 – 192.
9. Keiser, I. 1968. Residual effectiveness of foliar sprays against the oriental fruit fly, melon fly & Mediterranean fruit fly. J. Econ. Entomol. 61: 438 – 443.
10. Keiser, I., Kobayashi, R. M., Schneider, E. L., and Tomikawa, I. 1973. Laboratory assessment of 73 insecticides against the oriental fruit fly, melon fly, and Mediterranean fruit fly. J. Econ. Entomol. 66: 837 – 839.
11. Khan, M. M., Shah, S. W. H., Akhter, I., and Malik, H. 2017. Integrated pest management of fruit flies in guava orchids. J. Entomol. Zool. Stud. 5: 135 – 138.
12. Liu, B., Han, G., Zhang, Z., Liu, R., Jiang, C., Wang, S., and Han, M. Y. 2012. Shell thickness-dependent Raman enhancement for rapid identification and detection of pesticide residues at fruit peels. Anal. Chem. 84: 255 – 261.
13. Lu, H. Z., Wang, T. C., Huang, S. H., and Chen, C. N. 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: 109 – 116.
14. Mota Sanchez, D., Lagunes Tejeda, A., Llanderal Cazares, C., Rodriguez Maciel, J. C., and Martinez Garza, A. 1989. Susceptibility to insecticides of two laboratory colonies of Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (LOEW) Diptera: Tephritidae. Agrociencia (Mexico) 76: 87 – 97.
15. Pulman, D. A. 2011. Deltamethrin: The Cream of the Crop. J. Agric. Food Chem., 59: 2770 – 2772.
16. Rahman, T., and Broughton, S. 2016. Evaluation of thiacloprid and clothianidin (neonicotinoids) as alternative to fenthion (organophosphate) for control of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in deciduous fruit orchards. Crop Prot. 90: 170 – 176.
17. Reynolds, O. L., Osborne, T. J., and Barchia, I. 2017. Efficacy of chemicals for the potential management of the Queensland fruit fly *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae). Insects: 8, 49.
18. Shower, R., Tonina, L., Tirello, P., Duso, C., and Mori, N. 2018. Laboratory and field trials to identify effective chemical control strategies for integrated management of *Drosophila suzukii* in European cherry orchards. Crop Prot. 103: 73 – 80.
19. Sood, N., and Sharma, D. C. 2004. Bioefficacy and persistent toxicity of different insecticides and neem derivatives against cucurbits fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*. Coq. on summer squash. Pestic. Res. J. 16: 22 – 25.
20. Thatheyus, A. J., and Selvam, A. D. G. 2013. Synthetic pyrethroids: toxicity and biodegradation. Appl Ecol Environ Sci. 1: 33 – 36.
21. Vargas, R. I., Mau, R. F. L., Jang, E. B., Faust, R. M. and Wong, L. 2008. The Hawaii fruit fly areawide pest management programme. pp. 300-325. In: Koul, O., Cuperus, G.W. & Elliott, N. (Eds), Areawide Pest Management: Theory and Implementation, Centre for Agriculture and Bioscience International: United Kingdom.
22. Vargas, R. I., Piñero, J. C., and Leblanc, L. 2015. An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the Pacific region. Insects 6: 297 – 318.
23. Vargas, R. I., Walsh, W. A., Jang, E. B., Armstrong, J. W., and Kanehisa, D. T. 1996. Survival and development of immature stages of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at

- five constant temperatures. Ann. Entomol. Soc. Am. 89: 64 – 69.
24. Vargas, R. I., Walsh, W. A., Kanehisa, D., Jang, E. B., and Armstrong, J. W. 1997. Demography of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. Ann. Entomol. Soc. Am. 90: 162 – 168.
25. Verghese, A., Madhura, H. S., Kamala Jayanthi, P. D., and Stonehouse, J. M. (2002, May). Fruit flies of economic significance in India, with special reference to *Bactrocera dorsalis* (Hendel). In Proceedings of 6th International Fruit fly Symposium (pp. 6 – 10).
26. Wang, J. J., Wei, D., Dou, W., Hu, F., Liu, W. F., and Wang, J. J. 2013. Toxicities and synergistic effects of several insecticides against the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 106: 970 – 978.

Keywords: *Bactrocera dorsalis*, insecticide, residual efficacy, pest control

ABSTRACT

Huang, S. H., and Lin, M. Y.* 2021. Evaluation the five Recommend Insecticides Efficiency on Controlling the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Taiwan. J. Plant. 63(2): 1-8.

*Corresponding author, E-mail: mylin@mail.ncyu.edu.tw

These studies focus on the toxicities of deltamethrin, fenitrothion, fenthion, fenvalerate and malathion, against oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). We evaluated by direct spraying insecticides on adults, residues on leaves and fruits respectively. Use spray tower to spray deltamethrin, fenitrothion, fenthion, malathion and fenvalerate on three different day-old adults. The mortality of deltamethrin, fenitrothion, fenthion, and malathion to 3 to 5 days, 7 to 9 days, and 12 to 14 days old adults were all higher than 92.5%, while fenvalerate only caused 42.9% mortality of 7 to 9 days old adults. For the leaves residual effect of indoor studies, fenthion has the highest mortalities after 3, 5 and 7 days after treatment, with a mortality rate of over 98%, while fenvalerate has the lowest mortalities. The leaves residual effect of outdoor studies showed that the deltamethrin on the 30th days after treatment still caused 83.4% mortalities, which was the best, while fenitrothion was the lowest. In the outdoor fruit residual study, all insecticides had lost their toxic on the 10th days after treatment. Deltamethrin still caused a higher mortality and fenitrothion was the lowest. In this study, some insecticides have been fully explored on the toxic effects of oriental fruit fly adults, and it may provide a reference for the field control and management of oriental fruit flies.