

成蟲飼料添加新尼古丁類與抗生素類殺蟲劑對瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] (Diptera: Tephritidae) 之毒效測試

賴信順^{1,*}

摘要

賴信順。2016。成蟲飼料添加新尼古丁類與抗生素類殺蟲劑對瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] (Diptera: Tephritidae) 之毒效測試。台灣農業研究 65(3):296–305。

瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] 為葫蘆科作物重要害蟲，誘殺性餌劑為目前政府推薦的主要防治方法。本研究在室內以非選擇性 (僅提供含毒食餌) 與選擇性 (同時提供含毒與無毒食餌) 試驗，篩選對瓜實蠅具良好毒效的新尼古丁與抗生素類殺蟲劑，作為餌劑添加藥劑的參考，期進一步減少對環境與農民健康的傷害，同時增加用藥選擇的多樣性，減緩害蟲抗藥性的產生。非選擇性試驗結果顯示，新尼古丁類殺蟲劑賽速安、可尼丁和達特南，以及抗生素殺蟲劑因滅汀、賜諾特和賜諾殺，添加於成蟲食餌中對瓜實蠅具有良好的毒殺效果。上述抗生素類殺蟲劑，對瓜實蠅 24 h 致死率約 60%，高於新尼古丁類殺蟲劑所造成約 50% 的死亡率，但累積 72 h 後 2 類殺蟲劑對瓜實蠅的致死率皆高達 95%。試驗亦顯示，因滅汀和賜諾特對瓜實蠅的毒殺效率，相較於目前政府推薦的東方果實蠅防治用餌劑之添加藥劑賜諾殺為快，而賽速安、可尼丁和達特南的毒殺效率也與賜諾殺相當。選擇性試驗顯示，此 2 類殺蟲劑不會對瓜實蠅造成明顯忌避作用，同時也證實上述藥劑對瓜實蠅具有確實的毒殺效果。綜合而言，本研究顯示這些篩選出的殺蟲劑以及效果稍微次之的阿巴汀，皆極具進一步探討其添加於優良餌劑中防治瓜實蠅的潛力。

關鍵詞：瓜實蠅、新尼古丁類殺蟲劑、抗生素類殺蟲劑、餌劑。

前言

瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] (Diptera: Tephritidae) 是葫蘆科作物的重要害蟲，幼蟲蛀食所造成的危害，會使果實失去商品價值而導致農民嚴重的經濟損失。瓜實蠅成蟲將卵產在植物組織內，孵化後幼蟲直接蛀食果實、啃食花器或莖部，發育至老熟幼蟲時跳離植株藏匿於土中化蛹。因此，瓜實蠅在卵期、幼蟲期與蛹期皆不容易防治，而成蟲期就成為瓜實蠅防治的關鍵時期。針對其生態習性與行為模式，整合清園、套袋、誘殺與噴施農藥等完整防治策略，才能降低瓜實蠅對作物

的危害 (Dhillon *et al.* 2005)。在上述防治技術中，噴施農藥是最被廣泛運用的技術，但將農藥直接噴施作物上會增加農藥殘留過量的風險，並且對環境與生態造成負面影響。因此，在副費洛蒙 (parapheromone) 或蛋白質餌劑內添加農藥，對果實蠅類成蟲進行誘殺，除了降低族群密度外，亦能降低施用農藥所造成直接與間接的影響 (Ansari *et al.* 2012)。

目前國內推薦瓜實蠅的誘殺方式，有懸掛含有機磷類殺蟲劑的 85% 克蠅香混合溶液，以及於園區周圍點噴混合 25% 馬拉松可濕性粉劑的蛋白質水解物，或點噴稀釋的 0.02% 賜

投稿日期：2015 年 8 月 11 日；接受日期：2015 年 11 月 6 日。

* 通訊作者：hslai@fthes-tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 高雄市。

諾殺濃餌劑等 (Fei *et al.* 2010)。有機磷類殺蟲劑具廣效性的殺蟲能力，但國內報告指出果實蠅類對有機磷類殺蟲劑已有抗藥性 (Hsu & Feng 2002; Hsu *et al.* 2004)，而在餌劑內添加有機磷類殺蟲劑，可能會提升該果實蠅類族群對有機磷類殺蟲劑的抗藥性 (Hsu *et al.* 2015)。相較於高毒性的有機磷類殺蟲劑，新尼古丁類與抗生素類殺蟲劑對哺乳類生物的毒性較低且對防治害蟲的種類具選擇性 (Ghanim & Ishaaya 2011)。新尼古丁類殺蟲劑的主要作用機制，是與尼古丁乙醯膽鹼受體 (nAChRs) 結合，干擾乙醯膽鹼神經訊息之傳遞，造成昆蟲過度興奮和癱瘓而死亡，該類農藥有益達胺、賽果培、賽速安、亞滅培、可尼丁與達特南等 (Tomizawa & Casida 2005)。抗生素類殺蟲劑，主要殺蟲機制屬於神經性毒效，該類農藥純化自不同放線菌的次級產物，包括由 *Streptomyces avermitilis* 發酵產物純化的阿巴汀與其半合成衍生物純化的因滅汀，由 *S. hygroscopicus* 發酵產物純化的密滅汀以及由 *Saccharopolyspora spinosa* 天然代謝物純化的賜諾殺與賜諾特 (Lasota & Dybas 1991; Chio 2011)。

為了篩選出能夠取代有機磷類殺蟲劑添加於瓜實蠅餌劑內的低毒性藥劑，本研究挑選市售 6 種新尼古丁類殺蟲劑與 5 種抗生素類殺蟲劑，分別與液體成蟲飼料混合成 5 種濃度的含毒食餌，藉由非選擇性試驗 (僅提供含毒食餌供瓜實蠅取食) 與選擇性試驗 (同時提供含毒與無毒食餌供瓜實蠅選擇)，篩選出對瓜實蠅不具忌避作用且具優良毒效的藥劑，以及其添加於液體成蟲飼料內的有效濃度，並且與推薦的賜諾殺濃餌劑相比較，以冀未來作為瓜實蠅整合性管理技術應用的參考。

材料與方法

供試昆蟲

將受瓜實蠅為害的胡瓜 (*Cucumis sativus* L.)，置於溫室內的白色飼養帳 (60 cm × 60 cm × 60 cm)，伺瓜實蠅羽化之後，以 2 級砂糖和酵母水解物 (yeast hydrolysate enzymatic,

MP Biomedical, Irvine, CA) (4 : 1) 及沾水棉花供瓜實蠅成蟲取食。為模擬瓜實蠅族群在田間的繁衍情形，因此輪流以南瓜 (*Cucurbita moschata*)、絲瓜 (*Luffa cylindrical*) 與胡瓜供其在飼養帳內產卵和取食，建立長期的供試蟲源。

試驗藥劑配製

食餌：將 2 級砂糖、酵母水解物與水以 4 : 1 : 5 (w/w/w) 的比例混合製備成液體成蟲飼料 (Hsu *et al.* 2004)，作為食物餌劑，以棉片 (3.5 cm × 3.5 cm × 0.8 cm) 吸收 12 mL 的食餌作為食餌棉片。

供試藥劑：試驗用殺蟲劑皆為成品農藥，包括 20% 亞滅培水溶性粉劑 (acetamiprid, 台灣住友商事股份有限公司)、16% 可尼丁水溶性粒劑 (clothianidin, 立農化學股份有限公司)、25% 賽速安水溶性粒劑 (thiamethoxam, 台灣先正達股份有限公司)、20% 達特南水溶性粒劑 (dinotefuran, 惠光股份有限公司)、18.2% 益達胺水懸劑 (imidacloprid, 台灣科麥農有限公司)、40.4% 賽果培水懸劑 (thiacloprid, 台灣拜耳股份有限公司)、2% 阿巴汀乳劑 (abamectin, 台灣先正達股份有限公司)、2.15% 因滅汀乳劑 (emamectin benzoate, 台灣先正達股份有限公司)、1% 密滅汀乳劑 (milbemectin, 大勝化學工業股份有限公司)、5.87% 賜諾特水懸劑 (spinetoram, 台灣道禮股份有限公司)、2.5% 賜諾殺水懸劑 (spinosad, 台灣道禮股份有限公司) 與 0.02% 賜諾殺濃餌劑 (spinosad, 台灣道禮股份有限公司)。

含毒食餌配置方法：模擬田間以食物餌劑誘殺瓜實蠅，藥劑調配比照植物保護手冊中所推薦的方式 (Fei *et al.* 2010)。0.02% 賜諾殺濃餌劑分別以 1、2、4 與 8 倍的水稀釋，於均勻混合後，4 種溶液與原液各吸取 12 mL，以棉片吸收作為供試含毒棉片。其餘供試農藥則是依蛋白質水解物與殺蟲劑的重量比配置成含毒食餌，於 200 mL 的液體飼料中分別加入 2、1、0.4、0.2 及 0.1 g 的供試藥劑，成為稀釋 100、200、500、1,000 及 2,000× 的溶液。為使農藥與液體飼料能均勻混合，因此以震盪培

養器混合 24 h 後，吸取 12 mL 的溶液，以棉片吸收作為供試含毒食餌棉片。

毒效試驗

試驗以餵食方式進行非選擇性與選擇性試驗，為模擬瓜實蠅族群在田間的情形，因此採用混合蟲源以篩選對瓜實蠅族群有較佳毒性的殺蟲劑。試驗前 72 h 於供試蟲源飼養帳內逢機取出 60–70 隻瓜實蠅成蟲移至方型飼養籠 (30 cm × 30 cm × 30 cm) 內，以食餌棉片進行餵食，於試驗開始前清出自然死亡的成蟲，實際試驗的瓜實蠅數至少 50 隻。

非選擇性試驗：不同藥劑與濃度個別測試，處理組僅提供含毒食餌棉片供瓜實蠅取食。處理組籠內分別放入不同濃度的供試含毒食餌棉片，對照組籠內僅放無毒食餌棉片，試驗採逢機完全區集設計 (RCBD)，每處理與對照組 3 重複，試驗開始後第 24、48 與 72 h 調查並紀錄籠內死亡蟲數與存活蟲數。

選擇性試驗：處理組同時提供含毒與無毒食餌棉片供瓜實蠅進行取食選擇。挑選前項試驗中經 72 h 後對瓜實蠅之平均累積死亡率大於 80% 的農藥與濃度進行選擇性試驗，不同藥劑與濃度個別測試。試驗時處理組籠內分別放入供試含毒食餌棉片與無毒食餌棉片各一，對照組籠內則僅放無毒食餌棉片，試驗採逢機完全區集設計 (RCBD)，每處理與對照組 3 重複，試驗開始後第 24、48 與 72 h 調查並紀錄籠內死亡蟲數與存活蟲數。

資料分析

各組數據先經角度轉換 (angular transformation, $\arcsin \sqrt{P}$, P 為原始資料)，再利用 SAS/EG 套裝統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，達顯著性差異者再進行 Fisher 最小顯著差異性測驗 (Fisher's least significance difference test; LSD test)，以 5% 水準檢測處理間的差異顯著性。

結果

非選擇性試驗

新尼古丁類殺蟲劑的試驗結果顯示，含

可尼丁、達特南或賽速安的食餌對瓜實蠅具有最強的毒殺效果，含濃度 2,000× 賽速安、2,000× 可尼丁及 1,000× 達特南的食餌於 24 h 後可造成約 40% 的瓜實蠅死亡率，而將賽速安濃度提高到 500×、可尼丁提高到 1,000×，瓜實蠅 24 h 後的死亡率可提升至 50%；上述毒餌對瓜實蠅於 48 h 後的累積死亡率相較於 24 h 可再提升約 30%；72 h 後瓜實蠅累積死亡率於含濃度 2,000× 賽速安、1,000× 可尼丁及 1,000× 達特南的食餌皆達約 95%。含濃度 2,000× 以上亞滅培的食餌，對瓜食蠅 72 h 的累積死亡率雖達 85% 以上，但 24 h 的死亡率僅約 20%。含益達胺和賽果培的食餌則對瓜實蠅毒殺效果不佳，各濃度於 24 h 後的死亡率多低於 10%，48 h 後的死亡率也多在 30% 以下 (表 1)。抗生素殺蟲劑方面，含濃度 2,000× 因滅汀、2,000× 賜諾特、200× 賜諾殺的食餌以及 8× 賜諾殺濃餌劑，24 h 後瓜實蠅死亡率約達 60%，48 h 後的死亡率超過 80%，72 h 後上述 4 種毒餌除了賜諾殺濃餌劑 (83%) 外，其餘死亡率皆高達約 95%。未經稀釋的賜諾殺濃餌劑對瓜實蠅的毒殺效果不佳，雖然 72 h 的累積死亡率可達 70%，但 24 h 的死亡率低於 10%；受測之含阿巴汀食餌對瓜實蠅 24 h 死亡率僅約 30%，但濃度 1,000× 以上的食餌 72 h 之累積死亡率皆達約 85%；而含密滅汀的食餌 72 h 後所造成的瓜實蠅累積死亡率仍低於 40% (表 2)。

選擇性試驗

將以上經非選擇性試驗篩選出之對瓜實蠅具有良好毒效的食餌，進一步以選擇性試驗測試其對瓜實蠅的忌避作用。結果顯示，在同時提供瓜實蠅含新尼古丁殺蟲劑食餌以及無毒食餌的情況下，含濃度 2,000× 賽速安、可尼丁和達特南的食餌 24 h 所造成的死亡率皆低於 30%，48 h 約 50%，72 h 則不高於 75%，死亡率隨時間增長而增加。含亞滅培的食餌相較下對瓜實蠅的毒效較低，但所造成的死亡率亦隨時間增長而增加 (表 3)。含因滅汀、賜諾特、賜諾殺和阿巴汀等抗生素殺蟲劑的食餌，在選擇性試驗中各時段所累積的瓜實蠅死亡率，皆較非選擇性試驗稍低。而賜諾殺濃餌劑之死亡

表 1. 新尼古丁殺蟲劑與食餌以不同比例混合於非選擇性試驗中對瓜實蠅之平均死亡率。

Table 1. Mean mortalities of *Bactrocera cucurbitae* exposed to food baits incorporated with different dilution rates of neonicotinoids in no-choice tests.

Insecticide	Dilution rate (×)	% Cumulative mortality (Mean ± SD) ^z		
		24 h ^y	48 h	72 h
Acetamiprid 20% SP	100	26.0 ± 7.0 a	62.8 ± 3.8 a	95.8 ± 1.8 a
	200	24.4 ± 4.6 a	48.2 ± 6.6 a	95.3 ± 1.6 ab
	500	24.7 ± 7.2 a	59.1 ± 9.5 a	90.4 ± 2.9 bc
	1,000	19.3 ± 3.7 a	47.4 ± 6.2 a	85.4 ± 4.3 c
	2,000	17.5 ± 4.5 a	47.7 ± 7.0 a	84.5 ± 4.7 c
CK		3.1 ± 3.0 b	4.6 ± 4.1 b	6.2 ± 4.1 d
Clothianidin 16% SG	100	53.2 ± 2.1 a	80.3 ± 2.2 a	96.8 ± 1.6 ab
	200	48.4 ± 0.8 a	78.1 ± 1.7 a	97.9 ± 0.9 a
	500	52.6 ± 2.8 a	80.9 ± 4.1 a	95.2 ± 3.2 ab
	1,000	47.1 ± 0.5 a	77.0 ± 2.0 a	93.2 ± 2.4 b
	2,000	39.1 ± 9.1 b	55.0 ± 3.4 b	80.8 ± 5.2 c
CK		0.0 ± 0.0 c	2.1 ± 0.9 c	2.1 ± 0.9 d
Dinotefuran 20% SG	100	44.7 ± 5.4 ab	79.2 ± 2.8 a	96.9 ± 1.6 a
	200	46.0 ± 1.9 a	77.0 ± 3.4 a	96.0 ± 3.2 a
	500	39.8 ± 3.6 bc	77.6 ± 4.3 a	93.2 ± 5.0 a
	1,000	37.6 ± 3.3 c	72.2 ± 7.4 a	93.3 ± 2.5 a
	2,000	30.2 ± 2.1 d	57.4 ± 0.5 b	80.5 ± 0.7 b
CK		0.0 ± 0.0 e	2.1 ± 0.9 c	2.1 ± 0.9 c
Imidacloprid 18.2% SC	100	13.1 ± 5.2 a	35.1 ± 15.5 a	65.3 ± 5.8 a
	200	7.0 ± 0.9 ab	27.6 ± 7.4 ab	54.6 ± 6.5 ab
	500	3.7 ± 1.0 bc	22.5 ± 9.9 ab	44.7 ± 6.0 bc
	1,000	5.9 ± 4.1 b	21.5 ± 14.6 ab	36.4 ± 14.7 c
	2,000	2.7 ± 0.9 bc	13.4 ± 1.9 b	32.3 ± 10.6 c
CK		1.6 ± 1.6 c	1.6 ± 1.6 c	3.2 ± 3.2 d
Thiacloprid 40.4% SC	100	10.2 ± 2.6 a	28.0 ± 3.5 a	70.9 ± 3.5 a
	200	9.3 ± 5.1 a	24.0 ± 9.0 a	60.6 ± 2.4 b
	500	5.9 ± 1.1 a	20.6 ± 7.6 a	56.8 ± 4.1 bc
	1,000	10.1 ± 7.1 a	25.2 ± 7.2 a	52.3 ± 2.8 c
	2,000	7.9 ± 3.2 a	20.6 ± 7.2 a	42.2 ± 6.2 d
CK		4.9 ± 1.6 a	5.5 ± 0.8 b	7.1 ± 2.4 e
Thiamethoxam 25% SG	100	59.1 ± 5.3 a	78.3 ± 2.2 a	96.9 ± 2.7 a
	200	49.8 ± 5.3 b	81.4 ± 7.5 a	96.8 ± 4.2 a
	500	49.5 ± 3.5 b	78.9 ± 4.6 a	97.4 ± 2.4 a
	1,000	41.6 ± 3.1 c	69.0 ± 5.4 b	97.8 ± 3.7 a
	2,000	39.5 ± 4.0 c	63.8 ± 2.6 b	95.1 ± 5.0 a
CK		4.1 ± 0.8 d	7.8 ± 1.5 c	8.8 ± 1.0 b

^z Means among different rates of an insecticide followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test. Percentage data were subjected to arcsine-square-root transformation prior to analysis.^y Time after experiments initiated.

表 2. 抗生素類殺蟲劑與食餌以不同比例混合於非選擇性試驗中對瓜實蠅之平均死亡率。

Table 2. Mean mortalities of *Bactrocera cucurbitae* exposed to food baits incorporated with different dilution rates of antibiotic insecticides in no-choice tests.

Insecticide	Dilution rate (×)	% Cumulative mortality (Mean ± SD) ^z		
		24 h ^y	48 h	72 h
Abamectin 2% EC	100	33.3 ± 4.7 a	68.2 ± 3.6 a	88.3 ± 3.6 a
	200	27.2 ± 7.8 a	61.6 ± 14.0 a	84.9 ± 3.0 a
	500	31.7 ± 6.3 a	60.4 ± 10.8 a	85.9 ± 1.9 a
	1,000	30.4 ± 3.3 a	65.1 ± 7.1 a	86.1 ± 2.1 a
	2,000	28.7 ± 2.0 a	61.4 ± 5.5 a	72.9 ± 4.1 b
CK		1.5 ± 1.5 b	1.5 ± 1.5 b	1.5 ± 1.5 c
Emamectin benzoate 2.15% EC	100	69.2 ± 4.7 a	88.0 ± 3.7 a	94.6 ± 2.1 a
	200	61.4 ± 5.3 a	85.8 ± 6.7 a	93.4 ± 1.6 a
	500	60.8 ± 12.4 a	87.5 ± 3.0 a	95.2 ± 1.4 a
	1,000	62.6 ± 5.3 a	83.8 ± 3.3 a	92.4 ± 2.6 a
	2,000	59.9 ± 6.7 a	88.7 ± 2.3 a	94.9 ± 1.6 a
CK		0.0 ± 0.0 b	1.6 ± 1.6 b	4.8 ± 1.6 b
Milbemectin 1% EC	100	13.1 ± 2.3 a	29.8 ± 2.1 a	36.6 ± 4.0 a
	200	13.8 ± 1.6 a	29.8 ± 3.6 a	34.0 ± 4.4 a
	500	9.0 ± 1.7 ab	15.9 ± 5.4 b	18.0 ± 6.3 b
	1,000	4.3 ± 6.1 bc	8.5 ± 9.5 bc	9.0 ± 9.2 c
	2,000	3.2 ± 2.7 bc	3.7 ± 2.4 c	4.8 ± 1.6 c
CK		1.6 ± 1.6 c	2.6 ± 1.8 c	2.6 ± 1.8 c
Spinetoram 5.87% SC	100	78.6 ± 3.8 a	95.8 ± 4.8 a	99.5 ± 0.9 a
	200	71.1 ± 5.8 ab	93.9 ± 5.5 ab	99.5 ± 0.9 a
	500	71.3 ± 5.0 ab	87.5 ± 9.5 abc	98.4 ± 2.7 ab
	1,000	67.2 ± 4.2 bc	82.9 ± 5.2 bc	96.4 ± 1.8 b
	2,000	60.0 ± 1.4 c	84.8 ± 3.0 c	97.4 ± 1.7 ab
CK		1.0 ± 0.9 d	4.7 ± 1.6 d	7.9 ± 1.7 c
Spinosad 2.5% SC	100	65.5 ± 4.2 a	86.5 ± 8.7 a	95.3 ± 4.2 a
	200	55.7 ± 6.4 a	83.9 ± 14.6 a	94.6 ± 5.7 a
	500	42.5 ± 7.5 b	73.4 ± 8.9 a	90.9 ± 7.9 a
	1,000	40.3 ± 9.4 b	80.4 ± 15.4 a	92.8 ± 6.9 a
	2,000	32.9 ± 7.1 b	71.8 ± 5.4 a	88.6 ± 8.9 a
CK		1.0 ± 0.9 c	3.2 ± 1.6 b	3.2 ± 1.6 b
Spinosad 0.02% CB	0	7.6 ± 3.1 d	45.6 ± 14.2 b	68.2 ± 6.8 c
	1	43.2 ± 3.5 c	78.9 ± 5.9 a	91.4 ± 3.9 a
	2	51.1 ± 8.8 bc	78.7 ± 9.7 a	90.9 ± 4.1 a
	4	73.3 ± 5.5 a	86.5 ± 4.8 a	91.9 ± 1.1 a
	8	61.0 ± 9.0 b	78.5 ± 6.6 a	83.0 ± 5.9 b
CK		1.1 ± 1.0 e	2.7 ± 1.9 c	4.9 ± 1.6 d

^z Means among different rates of an insecticide followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test. Percentage data were subjected to arcsine-square-root transformation prior to analysis.^y Time after experiments initiated.

表 3. 新尼古丁殺蟲劑與食餌以不同比例混合於選擇性試驗中對瓜實蠅之平均死亡率。

Table 3. Mean mortalities of *Bactrocera cucurbitae* exposed to food baits incorporated with different dilution rates of neonicotinoids in choice tests.

Insecticide	Dilution rate (×)	% Cumulative mortality (Mean ± SD) ^z		
		24 h ^y	48 h	72 h
Acetamiprid 20% SP	100	21.9 ± 3.9 a	43.1 ± 4.2 a	64.8 ± 5.7 a
	200	16.6 ± 8.3 ab	40.0 ± 9.4 ab	70.4 ± 2.4 a
	500	11.0 ± 4.2 b	27.2 ± 11.0 ab	64.4 ± 7.8 a
	1,000	11.0 ± 4.2 b	23.2 ± 14.2 b	63.1 ± 0.4 a
	2,000	9.0 ± 1.2 b	32.8 ± 1.9 ab	63.5 ± 4.2 a
CK		2.7 ± 2.5 c	4.3 ± 3.7 c	7.0 ± 5.0 b
Clothianidin 16% SG	100	43.4 ± 3.8 ab	69.9 ± 3.1 a	82.1 ± 2.4 a
	200	42.8 ± 3.2 ab	68.8 ± 0.5 a	82.0 ± 2.9 a
	500	50.8 ± 5.9 a	70.7 ± 2.6 a	84.3 ± 1.7 a
	1,000	39.1 ± 2.5 b	63.3 ± 4.0 a	81.7 ± 3.2 a
	2,000	25.8 ± 8.1 c	52.2 ± 6.6 b	66.9 ± 5.8 b
CK		0.0 ± 0.0 d	1.5 ± 1.5 c	1.5 ± 1.5 c
Dinotefuran 20% SG	100	40.3 ± 3.1 a	70.2 ± 0.8 a	83.7 ± 3.4 a
	200	39.9 ± 4.8 a	67.8 ± 3.3 a	83.7 ± 3.8 a
	500	33.1 ± 3.8 b	55.1 ± 5.9 b	73.0 ± 2.7 b
	1,000	24.5 ± 1.7 c	49.1 ± 4.3 b	62.4 ± 5.7 c
	2,000	26.0 ± 3.0 c	47.1 ± 6.2 b	61.5 ± 2.9 c
CK		0.0 ± 0.0 d	1.6 ± 1.5 c	1.6 ± 1.5 d
Thiamethoxam 25% SG	100	46.6 ± 2.6 a	68.5 ± 4.7 a	84.2 ± 2.1 a
	200	40.1 ± 6.1 ab	67.1 ± 3.5 a	84.0 ± 2.5 a
	500	38.8 ± 6.6 ab	63.3 ± 4.9 a	84.0 ± 4.7 a
	1,000	37.7 ± 4.3 b	67.0 ± 0.3 a	83.0 ± 3.3 a
	2,000	29.6 ± 1.3 c	51.5 ± 4.6 b	75.5 ± 1.9 b
CK		4.5 ± 0.9 d	5.7 ± 1.2 c	8.4 ± 1.4 c

^z Means among different rates of an insecticide followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test. Percentage data were subjected to arcsine-square-root transformation prior to analysis.

^y Time after experiments initiated.

率選擇性較非選擇性稍高，但所有含抗生素殺蟲劑的食餌在選擇性與非選擇性試驗間的死亡率相差皆不多，且其中可能含有不同試驗時間所造成的誤差(表 4)。

討論

當食品安全與環境保護成為受到關注的重點時，農藥常常成為被詬病的主要對象。選擇低毒性的農藥並降低農藥直接噴施於作物上，同時讓農作物保有穩定的產量與品質，成為作

物蟲害防治研究上的重要課題。利用餌劑進行果實蠅類害蟲的防治，可以降低農藥的使用量，進一步以高效低毒的殺蟲劑取代有機磷或胺基甲酸鹽類殺蟲劑作為誘餌添加藥劑，除了可降低農藥對環境的污染外，也可同時保障農民的健康 (Wang *et al.* 2013)。

本研究篩選出新尼古丁類殺蟲劑可尼丁、達特南和賽速安，以及抗生素殺蟲劑因滅汀、賜諾特和賜諾殺，添加於成蟲食餌中對瓜實蠅具有良好的毒殺效果。非選擇性試驗結果，雖然顯示上述殺蟲劑對瓜實蠅的毒殺速率較為緩

表 4. 抗生素類殺蟲劑與食餌以不同比例混合於選擇性試驗中對瓜實蠅之平均死亡率。

Table 4. Mean mortalities of *Bactrocera cucurbitae* exposed to food baits incorporated with different dilution rates of antibiotic insecticides in choice tests.

Insecticide	Dilution rate (×)	% Cumulative mortality (Mean ± SD) ^z		
		24 h ^y	48 h	72 h
Abamectin 2% EC	100	22.9 ± 1.0 b	53.0 ± 2.2 a	82.1 ± 5.6 a
	200	24.4 ± 11.6 ab	50.4 ± 12.7 a	80.6 ± 3.6 ab
	500	37.7 ± 1.7 a	63.9 ± 6.8 a	81.5 ± 4.4 a
	1,000	28.2 ± 9.2 ab	51.1 ± 11.7 a	70.5 ± 8.9 b
CK		1.0 ± 0.9 c	2.0 ± 0.9 b	2.0 ± 0.9 c
Emamectin benzoate 2.15% EC	100	58.3 ± 8.7 a	86.3 ± 4.9 a	92.1 ± 1.4 a
	200	62.0 ± 3.4 a	80.7 ± 7.5 a	89.8 ± 3.8 a
	500	60.6 ± 11.0 a	82.4 ± 4.4 a	90.5 ± 6.7 a
	1,000	54.6 ± 8.6 a	82.9 ± 8.8 a	88.1 ± 3.5 a
	2,000	54.9 ± 6.7 a	82.1 ± 3.8 a	88.6 ± 4.0 a
CK		0.0 ± 0.0 b	1.6 ± 1.6 b	3.8 ± 1.0 b
Spinetoram 5.87% SC	100	72.1 ± 5.6 a	94.2 ± 7.4 a	98.4 ± 2.7 a
	200	63.9 ± 2.0 ab	94.8 ± 5.4 a	97.4 ± 2.4 ab
	500	59.0 ± 6.0 b	84.9 ± 8.8 ab	90.6 ± 5.8 bc
	1,000	56.6 ± 11.4 b	74.9 ± 6.9 bc	92.2 ± 4.6 bc
	2,000	38.2 ± 5.5 c	64.0 ± 3.0 c	84.6 ± 7.3 c
CK		1.0 ± 0.9 d	4.2 ± 0.9 d	6.9 ± 0.9 d
Spinosad 2.5% SC	100	55.2 ± 7.3 a	77.7 ± 9.8 a	89.8 ± 8.5 a
	200	55.0 ± 4.0 a	77.4 ± 13.2 a	88.7 ± 8.9 a
	500	41.1 ± 4.9 b	66.4 ± 7.5 ab	84.0 ± 9.4 ab
	1,000	32.6 ± 3.9 bc	64.6 ± 10.2 ab	83.4 ± 6.6 ab
	2,000	24.9 ± 6.1 c	55.6 ± 6.4 b	71.1 ± 6.7 b
CK		1.0 ± 0.9 d	2.1 ± 0.9 c	3.7 ± 1.8 c
Spinosad 0.02% CB	0	10.2 ± 6.2 b	31.3 ± 5.0 b	39.1 ± 11.2 b
	1	67.0 ± 7.3 a	81.6 ± 6.7 a	85.8 ± 6.0 a
	2	75.1 ± 5.2 a	83.5 ± 1.6 a	88.7 ± 5.3 a
	4	74.4 ± 1.4 a	86.3 ± 2.7 a	90.0 ± 1.0 a
	8	73.0 ± 2.4 a	86.8 ± 5.1 a	89.9 ± 5.1 a
CK		1.1 ± 1.0 c	3.3 ± 1.6 c	4.4 ± 1.9 d

^z Means among different rates of an insecticide followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test. Percentage data were subjected to arcsine-square-root transformation prior to analysis.

^y Time after experiments initiated.

慢，新尼古丁類殺蟲劑於 24 h 的瓜實蠅死亡率為 50%，抗生素類殺蟲劑則為 60%，然而兩者於 72 h 後瓜實蠅的累積死亡率皆 95% 以上。抗生素類殺蟲劑對瓜實蠅的毒殺速率相較於新尼古丁類殺蟲劑為快，可能是因為新尼古丁類殺蟲劑對害蟲的主要殺蟲機制為胃

毒性 (Tomizawa & Casida 2005)，而抗生素類殺蟲劑除了胃毒性外亦具接觸毒性 (Lasota & Dybas 1991; Chio 2011)，因此對瓜實蠅有較快的毒殺效率。此外，稀釋 8× 的 0.02% 賜諾殺濃餌劑為目前政府所推薦的東方果實蠅防治用誘殺餌劑，綜合選擇性與非選擇性試驗結果

顯示，降低其稀釋倍數不會進一步提升誘殺效率，而未經稀釋的賜諾殺濃餌劑 24 h 後對瓜實蠅的死亡率低於 10%，即使經過 72 h，累積死亡率也比任何倍數稀釋的餌劑低 15% 以上，這可能與餌劑成分在無水狀態下瓜實蠅不易取食有關 (Mangan *et al.* 2006)。

試驗期間瓜實蠅的死亡率，可由毒餌對蟲體產生毒性或蟲體對毒餌拒食產生飢餓所引起，同時提供瓜實蠅含毒與無毒食餌進行選擇性試驗，瓜實蠅可能會偏好選擇無毒食餌，導致選擇性試驗之死亡率比非選擇性試驗為低。然而，本研究中抗生素類殺蟲劑在此二種情況下對瓜實蠅的致死率，選擇性低於非選擇性試驗的差異多在 5% 以內，新尼古丁類殺蟲劑差異多在 15% 以內；加上無論是否有無毒食餌可供選擇，瓜實蠅的死亡率皆依時間增長而增加，顯示上述抗生素類殺蟲劑對瓜實蠅的忌避作用很有限，而新尼古丁類殺蟲劑忌避作用也不強烈，瓜實蠅仍然會取食毒餌。由此可證實，本研究中的瓜實蠅死亡率主要是由殺蟲劑的毒性所致，而非飢餓所引起。

餌劑對瓜實蠅的毒殺效果，除了取決於殺蟲劑的毒性外，還有賴餌劑的誘引力吸引瓜實蠅前來取食致死 (Roessler 1989)。本研究結果顯示，非選擇性試驗中對瓜實蠅 24 h 的毒殺效果，賜諾殺濃餌劑較自行調製的含賜諾殺食餌，在二者有效成分含量相似時高出約 20%，48 h 和 72 h 二者累積的瓜實蠅死亡率則相當。然而在選擇性試驗中賜諾殺濃餌劑對瓜實蠅的誘殺效果相較於賜諾殺食餌，在 24 h 時的死亡率高出 40%，至 48 h 時的死亡率仍高出 20%，要到 72 h 二者累積死亡率才相當。本研究用來混合殺蟲劑的食餌，為一般試驗用的瓜實蠅成蟲飼料，而賜諾殺濃餌劑為研發出的優良果實蠅類害蟲專用餌劑 (Mangan *et al.* 2006)，對瓜實蠅的誘引效果應遠優於一般飼料用食餌，因此造成瓜實蠅在有無毒食餌可供選擇的情況下，2 種餌劑誘殺效果間的差異性更顯懸殊。此外，本研究中所有測試的殺蟲劑，選擇性試驗的死亡率皆稍低於非選擇性試驗，但賜諾殺濃餌劑選擇性試驗的死亡率卻不比非選擇性試驗為低。由此亦顯示，良好的誘引劑配方可有效提升餌劑與相關食源的競爭

力，在田間亦可發揮與天然寄主間的競爭潛力，對餌劑的誘殺效果具關鍵決定性。本研究中所測試的抗生素類殺蟲劑阿巴汀，試驗結果雖顯示對瓜實蠅缺乏快速的毒殺效果，要累積到 72 h 才可獲得較滿意的死亡率，然而未來若混合在合適的餌劑中，誘殺效果可能會有所提升，因此仍可列入瓜實蠅餌劑添加藥劑的考量之一。

防治技術的多樣化是害蟲綜合管理的重點之一，除了可提升防治效果外，亦可避免害蟲對藥劑產生抗藥性，增加藥劑的商品壽命。目前有研究顯示，果實蠅類害蟲對胺基甲酸鹽、有機磷、合成除蟲菊與賜諾特等類殺蟲劑可能都已經產生抗藥性 (Vontas *et al.* 2011)，因此尋找可供輪用的防治用藥劑也成為研究的重點。新尼古丁和抗生素類殺蟲劑相較於傳統化學性殺蟲劑，對瓜實蠅的毒效可能較為緩慢，但最終對瓜實蠅的死亡率仍與一些常用的化學性殺蟲劑相當 (Lai & Yang 2012; Lai 2013)，且具有低毒及對環境友善的優點。本研究結果亦顯示，測試的因滅汀和賜諾特對瓜實蠅的毒殺效率較目前推薦的果實蠅防治用餌劑之添加藥劑賜諾殺為快，而新尼古丁類殺蟲劑可尼丁、達特南和賽速安毒殺瓜實蠅的效率也與賜諾殺相當。因此，上述篩選出的藥劑非常值得進一步深入研究，探討其作為瓜實蠅防治用餌劑之添加藥劑的潛力。

引用文獻

- Ansari, M. S., F. Hasan, and N. Ahmad. 2012. Threats to fruit and vegetable crop: Fruit flies (Tephritidae)-ecology, behaviour, and management. *J. Crop Sci. Biotechnol.* 15:169-188.
- Chio, E. H. 2011. Spinosyn insecticides: Part I. Blockbuster products from a remarkable discovery. *Formosan Entomol.* 31:1-13. (in Chinese with English abstract)
- Dhillon, M. K., R. Singh, J. S. Naresh, and H. C. Sharma. 2005. The melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*: A review of its biology and management. *J. Insect Sci.* 5:40.
- Fei, W. C., Y. C. Wang, F. S. Chen, S. M. Lin, and Y. H. Lee. 2010. *Plant Protection Manual. Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute Press. Taichung, Taiwan.* 963 pp. (in Chinese)

- Ghanim, M. and I. Ishaaya. 2011. Insecticides with novel modes of action: Mechanism and resistance management. p.385–407. *in*: Tolerance to Environmental Contaminants. (Amiard-Triquet, C., P. S. Rainbow, and M. Roméo, eds.) CRC Press. Boca Raton, Florida. 446 pp.
- Hsu, J. C. and H. T. Feng. 2002. Susceptibility of melon fly (*Bactrocera cucurbitae*) and oriental fruit fly (*B. dorsalis*) to insecticides in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 44:303–315.
- Hsu, J. C., H. T. Feng, and W. J. Wu. 2004. Resistance and synergistic effects of insecticides in *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Taiwan. *J. Econ. Entomol.* 97:1682–1688.
- Hsu, J. C., L. H. Huang, H. T. Feng, and W. Y. Su. 2015. Do organophosphate-based traps reduce control efficiency of resistant tephritid flies? *J. Pest Sci.* 88:181–190.
- Lai, H. S. 2013. Lethal effects of organophosphates mixed with adult food against the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *J. Taiwan Agric. Res.* 62:372–381. (in Chinese with English abstract)
- Lai, H. S. and T. C. Yang. 2012. Effectiveness of bait incorporated with carbamates or pyrethroids against the melon fly. *Bull. Hualien DARES* 30:43–51. (in Chinese with English abstract)
- Lasota, J. A. and R. A. Dybas. 1991. Avermectins, a novel class of compounds: Implications for use in arthropod pest control. *Annu. Rev. Entomol.* 36:91–117.
- Mangan, R. L., D. S. Moreno, and G. D. Thompson. 2006. Bait dilution, spinosad concentration, and efficacy of GF-120 based fruit fly sprays. *Crop Prot.* 25:125–133.
- Roessler, Y. 1989. Control; insecticides; insecticidal bait and cover sprays. p.329–336. *in*: World Crop Pests 3(B). Fruit Flies; Their Biology, Natural Enemies and Control (Robinson, A. S. and G. Hooper, eds.) Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. 372 pp.
- Tomizawa, M. and J. E. Casida. 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanisms of selective action. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 45:247–268.
- Vontas, J., P. Hernandez-Crespo, J. T. Margaritopoulos, F. Ortego, H. T. Feng, K. D. Mathiopoulos, and J. C. Hsu. 2011. Insecticide resistance in Tephritid flies. *Pestic. Biochem. Physiol.* 100:199–205.
- Wang, B., Y. Yang, J. Huang, and J. Chen. 2013. Toxicity of pesticides in protein bait to *Bactrocera dorsalis*. *J. South China Agric. Univ.* 34:37–40. (in Chinese with English abstract)

Lethal Effects of Adult Food Incorporated with Neonicotinoids and Antibiotic Insecticides against the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae)

Hsin-Shun Lai^{1,*}

Abstract

Lai, H. S. 2016. Lethal effects of adult food incorporated with neonicotinoids and antibiotic insecticides against the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). J. Taiwan Agric. Res. 65(3):296–305.

The melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett), is an important pest of cucurbit crops. Application of poison baits is the major strategy recommended by the government for the melon fly control. This study was conducted to screen out effective neonicotinoids and antibiotic insecticides with no-choice (only a poisoned bait being provided) and choice (a non-poison bait being provided together with a poisoned bait) tests in the laboratory. It helps in providing important information for the selection of low-toxic insecticide additives for melon fly baits that reduces the harmful effects imposed on the environments and the farmers, as well as increasing the insecticide options to reduce the development of insecticide resistance. Results of no-choice tests showed that the neonicotinoids-thiamethoxam, clothianidin, and dinotefuran, and the antibiotic insecticides-emamectin benzoate, spinetoram, and spinosad added to the adult foods elicited high lethal effects to the melon flies. These selected neonicotinoids resulted in approximately 50% mortalities which was a little lower than 60% mortalities caused by the selected antibiotic insecticides. However, both insecticide groups all made the melon fly mortalities reached 95% at the end of 72-h experimental periods. Results also showed that the rates of melon fly mortalities induced by emamectin benzoate and spinetoram were faster than that induced by spinosad, a registered insecticide additive for fruit fly food baits, and the mortality rates by the thiamethoxam, clothianidin, and dinotefuran were similar to the spinosad. Choice tests indicated that both the selected neonicotinoids and antibiotic insecticides caused limited deterrent effects, but substantial insecticidal toxicities to the melon flies. Collectively, this study suggests that the above selected insecticides and abamectin, the one with a little less lethality, deserve further investigations for their potential as effective insecticide additive in the melon fly baits.

Key words: *Bactrocera cucurbitae*, Neonicotinoid, Antibiotic insecticide, Bait.

Received: August 11, 2015; Accepted: November 6, 2015.

* Corresponding author, e-mail: hslai@fthes-tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.