

友善資材及化學藥劑對捕食性天敵基徵草蛉 (脈翅目：草蛉科) 之影響

鄭哲皓*、李世仰、鄭志文、吳怡慧

農業部苗栗區農業改良場

摘 要

為增進友善資材、化學藥劑與天敵昆蟲共同防治之成效，加速落實害物整合管理 (Integrated Pest Management)，本研究探討捕食性天敵基徵草蛉 (*Mallada basalis* (Walker)) 幼蟲對友善資材與化學藥劑之感受性，針對柑橘精油、苦參鹼、苦楝油及脂肪酸鉀鹽等 4 種友善資材進行接觸毒性與忌避性室內試驗。化學藥劑則針對茄科作物常用之殺蟲劑、殺蟎劑及殺菌劑進行室內接觸毒性測試，篩選出 5 種殺蟲劑 (納乃得、亞滅培、益達胺、達特南、賽速安)、1 種殺蟎劑氟芬隆與 1 種殺菌劑可濕性硫磺進行半田間殘留毒性試驗，並依國際生物防治組織 (International Organization for Biological Control, IOBC) 制定之分級為毒性依據。友善資材之室內接觸毒性與忌避試驗結果顯示，4 種友善資材不論接觸毒性或忌避草蛉效果，皆與對照組無顯著差異，初步認定可與基徵草蛉共同防治使用。半田間殘留毒性試驗結果顯示，達特南殘留毒性最高，於施藥後 7 天仍有 28.3% 之致死率，為 2 級輕毒性，建議在施藥後 14 天再施放草蛉進行共同防治。納乃得和賽速安在施藥後 1 天、亞滅培與益達胺則在施藥後第 7 天呈 1 級無毒性，建議於各藥劑呈 1 級無毒性後再行施放草蛉幼蟲。

關鍵詞：藥劑殘留毒性、基徵草蛉、毒性分級、忌避性、害物整合管理

*通訊作者電子郵件位址：cheng1106@mdares.gov.tw

前 言

因農藥殘留、食安問題以及永續農業等社會意識興起，促使國內農業害蟲防治策略逐漸以害物整合管理 (Integrated Pestmanagement, IPM) 取代原有的化學藥劑單一防治模式。害蟲整合管理是將友善資材、天敵昆蟲等防治手段一同納入管理策略中，藉此有效控制害蟲危害並減少環境衝擊 (Kogan, 1998; Ehler, 2006)。其中，引入天敵昆蟲進行生物防治的害蟲管理策略，已在國內外各種重要經濟害蟲防治上獲得成效 (林等，2016；陳和趙，2020；Alghamdi *et al.*, 2018；Sarkar *et al.*, 2019)。

基徵草蛉 (*Mallada basalis* (Walker)) 為脈翅目 (Neuroptera) 草蛉科 (Chrysopidae) 捕食性天敵昆蟲，分布於澳洲、中國、臺灣、菲律賓及密克羅尼西亞等國家 (Ye *et al.*, 2017; Early, 2019)。基徵草蛉屬完全變態昆蟲，卵粒由細絲狀卵柄懸掛在物體表面，卵粒大小約 0.9 mm，未孵化之卵粒呈鮮綠色，卵色隨成熟轉深並在孵化後呈白色。幼蟲共三齡，體色多樣由灰褐色至淺綠色不等，一齡體長 1~2 mm，三齡體長 6~8 mm，剛孵化之幼蟲外觀如螞蟻，長大後呈現頭尾兩端略尖，腹部顯粗大之紡錘形，幼蟲頭部口器特化成細長彎管狀，用以捕食獵物，幼蟲體表滿佈粗細不一之剛毛，藉此將蛻皮、獵物殘骸等碎屑固定背負在自己背上作為偽裝保護。成蟲體長 14~22 mm，體型細長，背部中央可見黃色條紋通過，複眼常呈黑色並具有金屬光澤，觸角長度與體長接近，翅膀膜質透明並帶有複雜翅脈 (章，2000；許等，2017)。

基徵草蛉幼蟲可捕食蚜蟲、薊馬、粉蝨及葉蟎等小型害蟲，因其食量大、獵物範圍廣與容易飼養量產之特性，使得基徵草蛉成為國內具有潛力之天敵昆蟲 (李，2003；許等，2021)。在國內已開發應用在洋香瓜、草莓及甜椒等高經濟價值或溫室作物害蟲防治 (盧和王，2006；許等，2017；陳和趙，2020；Cheng *et al.*, 2012)，相關之天敵商品亦開發完成，包括傳統將帶有草蛉卵之介質商品，及將卵粒集中收集後與其他填充物混合後包裝，提供吊掛、施灑、緩釋之包裝產品 (盧，2010)。

執行害物整合管理時，不同防治手段能否相容將影響防治成效。生物防治在引入栽培環境前，應考慮天敵昆蟲能否與所使用之友善資材或化學藥劑搭配使用。天敵昆蟲可能經由植物表面移動時接觸到殘留的藥劑，若天敵昆蟲對該藥劑敏感，將導致天敵昆蟲死亡。此外，藥劑所散發的氣味亦可能對天敵昆蟲產生忌避作用，

這些影響將造成生物防治成效不彰致降低管理成效 (Desneux *et al.*, 2007; Cordeiro *et al.*, 2010)。為此，國外針對多種天敵昆蟲評估對友善資材與化學藥劑之感受性 (Rezaei *et al.*, 2007)，基徵草蛉對於殺蟲劑、殺蟎劑、殺菌劑等藥劑毒理試驗亦有相關研究 (曾和高, 1996)。然而，因農藥種類繁多、同種藥劑在各國推薦施用濃度與劑型有所不同等問題，國外試驗資料難具有參考價值。為解決上述應用生物防治可能遭遇之瓶頸，本研究針對國內蟲害防治之常見友善資材進行室內接觸毒性試驗和忌避性測試，並挑選茄科推薦之殺蟲劑、殺蟎劑與殺菌劑進行基徵草蛉室內接觸毒性及半田間殘留毒性試驗。化學藥劑相關毒性試驗將參考國際生物防治組織 (International Organization for Biological Control, IOBC) 所提出之化學藥劑對天敵昆蟲的試驗及分級方法 (Hassan *et al.*, 1994; Sterk *et al.*, 1999)，依照毒性試驗所得之校正死亡率對天敵昆蟲做毒性分級，分別為強毒性、中毒性、輕毒性及無毒性。期望藉由毒性試驗分級與忌避試驗結果，提供日後農民施用友善資材、化學藥劑與生物防治天敵昆蟲進行整合防治期程之參考，以提昇整合管理效益。

材料與方法

一、供試蟲源

本試驗於農業部苗栗區農業改良場生物防治研究中心進行，基徵草蛉卵購自樸農生技股份有限公司，購入之基徵草蛉卵放置於 500 密林塑膠籃 (450 × 345 × 115mm) 內等待孵化，塑膠籃內側邊緣以忌避劑 Fluorine 塗抹防止孵化之幼蟲逃逸，並提供粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) 卵作為食物。飼養環境之光照週期為 12 D : 12 L，平均溫度及相對溼度分別為 26 ± 1°C 及 70~80% RH。

二、友善資材接觸毒性及忌避試驗

(一) 供試藥劑

依植物保護資訊系統表列之友善資材，選取用於防治害蟲之天然素材及免登記植物保護資材，共計 4 種友善資材進行試驗，包含：柑橘精油 (Citrus essential oil)、苦參鹼 (Matrine)、苦楝油 (Neem oil)，以及脂肪酸鉀鹽 (Potassium salt of fatty acid)。各類資材相關資料詳見表一。

(二) 接觸毒性試驗

參考並改良自 Hassan *et al.* (1985) 與王 (2016) 之試驗方法，供試友善資材以逆滲透水 (Reverse osmosis, RO) 配製成推薦濃度，對照組以 RO 水為處理，每個處理 15 個樣本，共 3 重複。將直徑 6 cm 塑膠培養皿浸入藥劑內 10 秒後取出，放置風乾形成藥膜後放入一齡基徵草蛉幼蟲 (孵化時間 < 24 小時)，1 個培養皿內含 1 隻草蛉幼蟲，培養皿內提供粉斑螟蛾卵作為食物來源，72 小時後記錄基徵草蛉幼蟲死亡數。當對照組死亡率 $\leq 20\%$ 時，各處理死亡率以 Abbott's formula (Abbott, 1925) 校正後得到校正死亡率，Abbott 公式如下：校正死亡率 = $(Ta - Ca) / (100\% - Ca)$ (Ca：藥劑處理後對照組死亡率；Ta：藥劑處理後處理組死亡率)。

(三) 忌避試驗

參考並改良自 Cordeiro *et al.* (2010)、Mamoon-ur-Rashid *et al.* (2016) 以及王 (2016) 之試驗方法，供試友善資材以 RO 水配製成推薦濃度，對照組以 RO 水做處理。將直徑 9 cm 濾紙平分成兩半，分別浸入友善資材或 RO 水內 10 秒後取出，放置風乾後以口紅膠分別貼在直徑 9 cm 塑膠培養皿底部兩側，兩濾紙彼此不相接觸。放入一齡 (孵化時間 < 24 小時) 基徵草蛉幼蟲 10 隻至裝有處理過濾紙之培養皿中，每 10 秒放入一隻以避免幼蟲尚未擴散即自相殘殺，並且在培養皿內壁塗抹忌避劑 Fluorine 以防治幼蟲逃逸，濾紙表面均勻提供粉斑螟蛾卵作為食物。幼蟲放置後每 10 分鐘紀錄在兩濾紙上的分佈情形並計算忌避率，每處理 5 組一重複，共 3 重複。忌避率參考林等 (2007) 之忌避率公式，公式如下：忌避率 (%) = $[1 - (處理區之草蛉幼蟲數 / 草蛉幼蟲試驗總數量)] \times 100$ 。

三、化學藥劑接觸毒性及半田間試驗

(一) 供試藥劑

參考植物保護資訊系統推薦之番茄防治用藥，分別選取殺蟲劑：納乃得 (Methomyl)、畢芬寧 (Bifenthrin)、亞滅培 (Acetamiprid)、益達胺 (Imidacloprid)、達特南 (Dinotefuran)、賽速安 (Thiamethoxam)、派滅淨 (Pymetrozine)、氟尼胺 (Flonicamid)；殺蟎劑：賽速洛寧 (Lambda-cyhalothrin)、阿巴汀 (Abamectin)、克芬蟎 (Clofentezine)、依殺蟎 (Etoxazole)、氟芬隆 (Flufenoxuron)、亞醜蟎 (Acequinocyl)、芬殺蟎 (Fenazquin)、必芬蟎 (Bifenazate)；以及殺菌劑：百克敏 (Pyraclostrobin)、

克收欣 (Kresoxim-methyl)、派美尼 (Pyrimethanil)、依普同 (Iprodione)、待克利 (Difenoconazole)、邁克尼 (Myclobutanil)、氫氧化銅 (Copper hydroxide)、鹼氯氫氧銅 (Copper oxychloride + Copper hydroxide)、可濕性硫磺 (Sulfur)，共計 25 種推薦藥劑進行試驗，各藥劑相關資料詳見表一。

(二) 接觸毒性試驗

參考上述友善資材接觸毒性試驗，供試藥劑以 RO 水配製成推薦濃度，對照組僅以 RO 水做處理，每個處理 10 個樣本，共 3 重複。72 小時後記錄基徵草蛉幼蟲死亡數並計算校正死亡率。校正死亡率參考 IOBC 工作小組分級標準，在實驗室環境下將毒性分為 4 個等級。1 級無毒害，死亡率 < 50%；2 級輕毒性，死亡率 50~79%；3 級中毒性，死亡率 80~99%；4 級強毒性，死亡率 > 99% (Hassan *et al.*, 1994; Sterk *et al.*, 1999)。

(三) 殘留毒性試驗

依據接觸毒性試驗所得結果，分別選取不同藥劑類型中草蛉幼蟲死亡率最高的納乃得、氟芬隆、可濕性硫磺以及 4 支 4A 藥劑進行半田間試驗。施藥方法參照曾與高 (1996) 及鄭等 (2023) 試驗方法進行，將試驗藥劑以 RO 水稀釋至推薦濃度，對照組僅以 RO 水處理，每處理 10 個樣本，共計 3 重複。以手動噴霧器均勻噴施藥劑於番茄植株 (玉女番茄) 上，藥液噴至逕流為止 (Run-off)，施藥後 24 小時、3、7、14、21 及 28 天摘取番茄葉片。將葉片以葉背朝上放入直徑 9cm 塑膠培養內，葉柄包裹濕棉花避免葉片失水，放入一隻一齡草蛉若蟲 (孵化時間 < 24 小時) 並提供粉斑螟蛾卵作為食物來源。處理開始 72 小時後記錄草蛉若蟲死亡數，各處理死亡數經 Abbott 公式 (Abbott, 1925) 校正後得到校正死亡率，並參考 IOBC 工作小組分級標準，在半田間環境下將毒性分為 4 個等級：1 級為無毒害，死亡率 < 25%；2 級為輕毒性，死亡率 25~50%；3 級為中毒性，死亡率 50~75%；4 級為強毒性，死亡率 > 75%。

四、統計分析

友善資材室內接觸毒性、化學藥劑接觸毒性及半田間殘留試驗所得各藥劑之校正死亡率以 SAS Enterprice Guide 7.1 進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，再以最小顯著差異 (least significant difference, LSD) 測驗，在 5% 顯著水準下比較各

藥劑校正死亡率之差異，分析不同資材接觸毒性及不同藥劑殘留毒性對基徵草蛉幼蟲致死率差異。

表一、供試化學藥劑與友善資材表

Table 1. List of the chemical pesticides and eco-friendly insecticides tested

Active ingredient	Mechanism	Formulation/manufacturer	Dilution factor, fold
Insecticide	IRAC ^y		
Methomyl	1A	40% SP/Sinon Corporation	1,500
Bifenthrin	3A	2.8% EC/Lanlix Crop Science Co., Ltd.	1,500
Acetamiprid	4A	20% SP/Sinon Corporation	600
Imidacloprid	4A	9.6% SC/Sinon Corporation	4,000
Dinotefuran	4A	20% SP/Huikwang Corporation	2,000
Thiamethoxam	4A	10% SP/Wonderful Agriculture Co., Ltd.	5,000
Pymetrozine	9B	50% WG/Syngenta Taiwan., Ltd.	4,000
Flonicamid	29	10% WG/wonderful Agriculture Co., Ltd.	4,000
Acaricide	IRAC		
Lambda-cyhalothrin	3A	2.8% SC/Syngenta Taiwan., Ltd.	1,000
Abamectin	6	2% EC/Huikwang Corporation	2,000
Clofentezine	10A	42% SC/Lanlix Crop Science Co., Ltd.	3,000
Etoxazole	10B	10% SC/Lih-nung Chemical Co., Ltd.	4,000
Flufenoxuron	15	9.6% WG/BASF Taiwan., Ltd.	2,000
Acequinocyl	20B	15% SC/Chia Tai Enterprise Co., Ltd.	1,500
Fenazquin	21A	18.3% SC/Goldstar Agrochemical Co., Ltd.	3,000
Bifenazate	UN	43.2 SC/Great Victory Chemical Industry Co., Ltd.	1,500

表一 (續)

Table 1(continued)

Fungicides	FRAC ^z		
Pyraclostrobin	11, C3	23.6% EC/BASF Taiwan., Ltd.	3,000
Kresoxim-methyl	11, C3	44.2% SC/BASF Taiwan., Ltd.	2,500
Pyrimethanil	9, D1	37.4% SC/Bayer Taiwan Co., Ltd.	1,500
Iprodione	2, E3	23.7% SC/Wonderful Agriculture Co., Ltd.	1,000
Difenoconazole	3, G1	24.9% SC/Greenmountain Co., Ltd.	3,000
Myclobutanil	3, G1	40% WP/Dow Agrosiences Taiwan., Ltd	12,000
Copper hydroxide	M1	37.5% SC/Shui Fong Crop Protection Corporation	800
Copper oxychloride + Copper hydroxide	M1	34% SC/Greenmountain Co., Ltd.	600
Sulfur	M2	80% WG/BASF Taiwan., Ltd.	1,000
Eco-friendly insecticides	IRAC		
Citrus essential oil	UN	6% SC/Oro Agri international., Ltd.	500
Matrine	UN	6% SC/Green Global State Biotech., Ltd.	1,500
Neem oil	UN	90% SC/Echiy Co., Ltd.	300
Potassium salt of fatty acid	UN	49% SC/Gowanmilling CO., Llc.	50

^y IRAC: 1A: Acetylcholinesterase inhibitors; 3A: Sodium channel modulators; 4A: Nicotinic acetylcholine receptor agonists; 6: Glutamate-gated chloride channel (GluCl) allosteric modulators; 9B: Chordotonal organ transient receptor potential vanilloid channel modulators; 10A: Mite growth inhibitors; 10B: Mite growth inhibitors; 15: Inhibitors of chitin biosynthesis, type 0; 20B: Mitochondrial complex III electron transport inhibitors; 21A: Mitochondrial complex III electron transport inhibitors; 29: Chordotonal organ modulators undefined target site; UN: Compounds with unknown or uncertain mode of action.

^z FRAC: 11,C3: Respiration; 9,D1: Amino acids and protein synthesis; 2,E3: Signal transduction; 3,G1: Sterol biosynthesis in membranes; M1: Multi-site contact activity; M2: Multi-site contact activity.

結 果

友善資材對基徵草蛉的接觸毒性試驗結果 (表二) 顯示對照組之平均死亡率為 16.67%，各友善資材校正死亡率分別為柑橘精油 $12.0 \pm 7.2\%$ 、苦參鹼 $3.7 \pm 3.7\%$ 、苦楝油 $0.0 \pm 0.0\%$ 、脂肪酸鉀鹽 $11.6 \pm 6.4\%$ ，4 種友善資材對基徵草蛉幼蟲之接觸毒

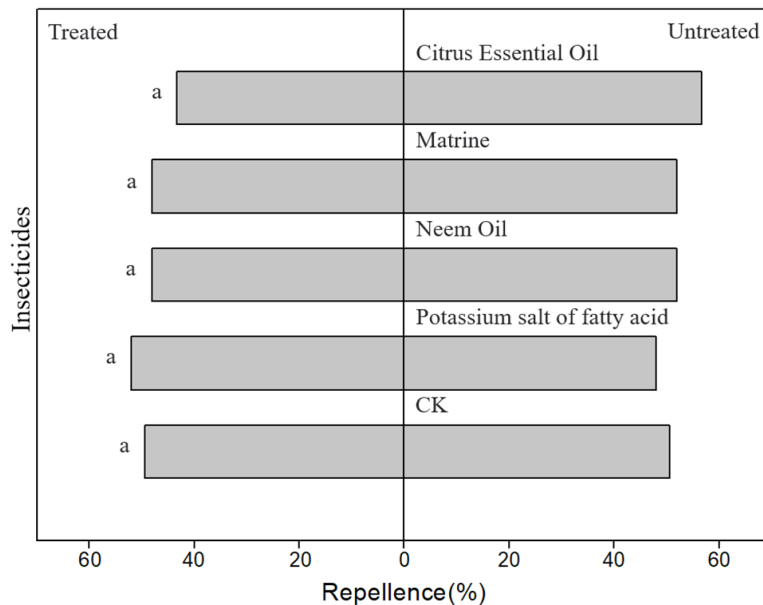
性無顯著差異。忌避試驗結果顯示，各友善資材忌避率分別為柑橘精油 $57.0 \pm 1.0\%$ 、苦參鹼 $52.0 \pm 2.0\%$ 、苦楝油 $52.0 \pm 8.0\%$ 、脂肪酸鉀鹽 $48.0 \pm 0.0\%$ ，與對照組忌避率 $51.0 \pm 4.0\%$ 相比，各友善資材在推薦濃度下對基徵草蛉幼蟲無忌避效果（圖一），友善資材之間忌避效果亦無顯著差異。

表二、友善資材對基徵草蛉室內接觸毒性與忌避效果

Table 2. The corrected contact toxicity and repellence of eco-friendly insecticides on *Mallada basalis*

Active ingredient (IRAC)	Corrected mortality (%) ^y	Repellence (%) ^y
Insecticide(IRAC)		
Citrus essential oil (UN)	12.0 ± 7.2 a	57 ± 1 a
Matrine (UN)	3.7 ± 3.7 a	52 ± 2 a
Neem oil (UN)	0.0 ± 0.0 a	52 ± 8 a
Potassium salt of fatty acid (UN)	11.6 ± 6.4 a	48 ± 0 a

^y Mean \pm standard error. Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.



圖一、友善資材對基徵草蛉幼蟲室內避忌性試驗

Fig. 1. Eco-friendly insecticides repellence of lacewing larvae of *Mallada basalis*. Bar within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

化學藥劑室內接觸毒性試驗的結果顯示(表三)，在不同殺蟲劑校正死亡率間有顯著差異，以納乃得(IRAC 1A)對草蛉幼蟲毒性最高，其校正死亡率為100%，其次為達特南(IRAC 4A)、賽速安(IRAC 4A)、亞滅培(IRAC 4A)，其校正死亡率分別為 $55.0 \pm 28.0\%$ 、 $44.4 \pm 11.2\%$ 、 $17.0 \pm 10.3\%$ 。8種殺蟎劑間也有顯著差異，以氟芬隆(IRAC 29)毒性最高，校正死亡率為 $95.2 \pm 4.8\%$ ，IOBC分級為3級，屬於強毒性；其餘殺蟎劑對草蛉幼蟲毒性較低，IOBC毒性分級皆為1級。殺菌劑以可濕性硫磺(IRAC M2)校正死亡率 $36.6 \pm 11.2\%$ 最高，與其他殺菌劑有顯著差異，但所有受試殺菌劑其IOBC毒性分級皆為1級。

化學藥劑半田間試驗中，選用納乃得(1A)、亞滅培(4A)、益達胺(4A)、達特南(4A)、賽速安(4A)等5種殺蟲劑，並挑選殺蟎劑氟芬隆(15)、殺菌劑可濕性硫磺(M2)進行試驗。經噴灑上述藥劑後，依不同天數摘取葉片進行殘留試驗結果(表四)，所有藥劑在不同天數間校正死亡率皆沒有顯著差異。納乃得在施藥後1天，基徵草蛉幼蟲校正死亡率為 $18.2 \pm 13.5\%$ ，施藥後3天即降為0.0%，為1級無毒性。

4種新尼古丁類(4A)殺蟲劑之殘留試驗結果，以亞滅培與益達胺於施藥後3天毒性最高，分別為 $25.0 \pm 25.0\%$ 和 $39.2 \pm 24.3\%$ ，在IOBC毒性分級上為2級(輕毒性)，其他時間之校正死亡率低於25%，殘留毒性分級為1級；達特南則在施藥後7天毒性最高，校正死亡率為 $28.3 \pm 23.5\%$ ，殘留毒性分級為2級，其他時間採樣試驗之校正死亡率低於25%；賽速安在4種新尼古丁類藥劑中殘留毒性最低，所有時間點採樣試驗之校正死亡率皆低於25%，殘留毒性分級為1級。

殺蟎劑氟芬隆之校正死亡率第3天為 $25.8 \pm 8.2\%$ ，IOBC毒性分級為2級，第7天後為 $3.3 \pm 3.3\%$ ，分級為1級。可濕性硫磺之殘留毒性在施藥後1天，校正死亡率為 $10.0 \pm 5.8\%$ ，後續採樣下降至 3.3 ± 3.3 甚至0%，然而在施藥後21天校正死亡率為 $6.7 \pm 3.3\%$ ，IOBC毒性分級為1級。

表三、基徵草蛉室內接觸毒性試驗之校正死亡率與 IOBC 毒性分級

Table 3. Effects of residual toxicity on the corrected mortality and toxicity category rating by IOBC of *Mallada basalis* in laboratory test

Active ingredient (IRAC or FRAC)	Corrected mortality (%) ^y	IOBC category ^z
Insecticide (IRAC)		
Methomyl (1A)	100.0 ± 0.0 a	4
Bifenthrin (3A)	15.2 ± 11.8 cd	1
Acetamiprid (4A)	17.0 ± 10.3 bcd	1
Imidacloprid (4A)	7.3 ± 4.1 cd	1
Dinotefuran (4A)	55.0 ± 28.0 b	2
Thiamethoxam (4A)	44.4 ± 11.2 bc	1
Pymetrozine (9B)	11.9 ± 11.9 cd	1
flonicamid (29)	4.8 ± 4.8 d	1
Acaricide (IRAC)		
Lambda-cyhalothrin (3A)	20.8 ± 10.7 bc	1
Abamectin (6)	36.8 ± 11.7 b	1
Clofentezine (10A)	11.7 ± 4.8 c	1
Etoxazole (10B)	4.9 ± 2.5 c	1
Flufenoxuron (15)	95.2 ± 4.8 a	3
Acequinocyl (20B)	2.2 ± 2.2 c	1
Fenazquin (21A)	2.6 ± 2.3 c	1
Bifenazate (un)	20.5 ± 11.6 bc	1
Fungicides (FRAC)		
Pyraclostrobin (11;C3)	12.4 ± 9.0 b	1
Kresoxim-methyl (11;C3)	3.0 ± 3.0 b	1
Pyrimethanil (9;D1)	7.1 ± 7.1 b	1
Iprodione (2;E3)	11.5 ± 8.2 b	1
Difenoconazole (3;G1)	10.5 ± 6.2 b	1
Myclobutanil (3;G1)	9.1 ± 9.1 b	1
Copper hydroxide (M1)	3.3 ± 3.3 b	1
Copper oxychloride + Copper hydroxide (M1)	0.0 ± 0.0 b	1
Sulfur (M1)	36.6 ± 11.2 a	1

^y Mean ± standard error. Means within each column followed by the same letter (s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

^z Laboratory initial toxicity test: 1 = harmless (< 50%), 2 = slightly harmful (50-79%), 3 = moderately harmful (80-99%), 4 = harmful (> 99%).

表四、半田間試驗殘留毒性對基徵草蛉致死效果

Table 4. Effects of residual toxicity on the corrected mortality of *Mallada basalis* in semi-field test

Active ingredient (IRAC or FRAC)	Corrected mortality (%) ^x (IOBC category) ^y							
	1 DAT ^z	3 DAT	7 DAT	14 DAT	21 DAT	28 DAT		
Insecticide								
Methomyl (1A)	18.2 ± 13.5 ^x a (1)	0.0 ± 0.0 a (1)	0.0 ± 0.0 a (1)	3.3 ± 3.3 a (1)	6.7 ± 6.7 a (1)	-		
Acetamiprid (4A)	14.4 ± 9.8 a (1)	25.0 ± 25.0 a (2)	10.8 ± 0.8 a (1)	20.0 ± 15.3 a (1)	0.0 ± 0.0 a (1)	13.3 ± 13.3 a (1)		
Imidacloprid (4A)	21.8 ± 17.1 a (1)	39.2 ± 24.3 a (2)	20.8 ± 20.8 a (1)	13.3 ± 13.3 a (1)	7.0 ± 3.5 a (1)	16.7 ± 8.8 a (1)		
Dinotefuran (4A)	24.4 ± 7.2 a (1)	15.0 ± 7.6 a (1)	28.3 ± 23.5 a (2)	3.3 ± 3.3 a (1)	14.4 ± 9.9 a (1)	13.3 ± 6.7 a (1)		
Thiamethoxam (4A)	7.0 ± 3.5 a (1)	8.3 ± 8.3 a (1)	4.2 ± 4.2 a (1)	0.0 ± 0.0 a (1)	10.0 ± 10.0 a (1)	-		
Acaricide								
Flufenoxuron (15)	18.2 ± 13.5 a (1)	25.8 ± 8.2 a (2)	3.3 ± 3.3 a (1)	3.3 ± 3.3 a (1)	3.3 ± 3.3 a (1)	-		
Fungicides								
Sulfur (M2)	10.0 ± 5.8 a (1)	3.3 ± 3.3 a (1)	0.0 ± 0.0 a (1)	0.0 ± 0.0 a (1)	6.7 ± 3.3 a (1)	-		

^x Mean ± standard error. Means within each row followed by the same letter (s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

^y Semi-field test: 1 = harmless (< 25%), 2 = slightly harmful (25-50%), 3 = moderately harmful (51-75%), 4 = harmful (> 75%).

^z DAT: days after treatment.

-: not tested

討 論

天然資材可藉由取食攝入、植體殘留接觸等途徑進入天敵昆蟲體內，不明資材除了導致直接死亡外，亦可能造成天敵昆蟲出現行為異常、發育遲緩、畸形及不孕等反應 (Desneux *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2015; Benelli *et al.*, 2018; Plata-Rueda *et al.*, 2018)。本研究結果顯示最高推薦稀釋倍率下，500 倍柑橘精油、1,500 倍苦參鹼、300 倍苦楝油及 50 倍脂肪酸鉀鹽 4 種友善資材，對基徵草蛉一齡幼蟲接觸毒性之死亡率皆小於 12%，無顯著毒性。Farias *et al.* (2020) 分別以 5.8、12.5 mg/ml 之柑橘精油處理進行草蛉 *Ceraeochrysa caligata* (Banks) 一齡幼蟲室內接觸毒性試驗，死亡率分別為 $10.0 \pm 5.8\%$ 和 $20.4 \pm 5.5\%$ ，顯示柑橘精油對草蛉的毒性不高；Alegre *et al.* (2021) 以 0.5 ml/500 ml、1.5 ml/500 ml 之苦參鹼測試 2 種草蛉 *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) 和 *Chrysoperla externa* (Hagen) 各齡期幼蟲之接觸毒性，結果顯示兩種草蛉皆於一齡幼蟲時期敏感度最高，但其死亡率皆小於 25%，無造成顯著中毒死亡。同樣的研究結果亦顯示苦楝油、脂肪酸鉀鹽對草蛉 *Chrysoperla carnea* (Steph.) 幼蟲無接觸毒性 (Bigler and Waldburger (1994); Khan *et al.*, 2015)。

本研究中 4 種友善資材對基徵草蛉幼蟲之忌避效果與對照組比較無顯著差異，顯示在最高推薦稀釋倍率下，4 種友善資材不會使基徵草蛉幼蟲產生忌避反應。同樣的以 5.8、12.5 mg/ml 之柑橘精油處理草蛉 *Ce. caligata* 幼蟲，不但無抑制效果還能在短時間促進捕食獵物量 (Farias *et al.*, 2020)；Mamoon-ur-Rashid *et al.* (2016) 以 0.5~3% 苦楝油測試對 *Ch. externa* 之忌避效果，發現所有濃度處理都會造成 *Ch. externa* 躁動，濃度越高效果越強，苦楝油濃度高於 2% 時更會影響獵物捕食量；Cordeiro *et al.* (2010) 以 10 g/l 苦楝油評估對 *Ch. externa* 及 *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) 三齡幼蟲之忌避效果，兩種草蛉都會產生忌避反應，但 *Ch. externa* 對苦楝油的排斥程度遠高於 *Ce. cubana*，表示在不同種間也有差異。友善資材對天敵昆蟲之選擇性受到施用劑量、昆蟲種類以及蟲體發育齡期等因素影響 (Khani and Asghari, 2012; Mamoon-ur-Rashid *et al.*, 2016; Scudeler *et al.*, 2016)，本研究結果與其他研究部份有所出入的原因，除了草蛉種類影響外，各有善資材在我國推薦施用濃度下，劑量遠低於國外研究使用之劑量，亦可能是影響因素。

天敵昆蟲能否與化學藥劑相容使用被認為是 IPM 能否成功之關鍵 (Galvan *et al.*,

2005)，建立天敵昆蟲對藥劑感受性之資料庫更是執行 IPM 前應完成的作業 (Stark *et al.*, 2004; El-Zahi, 2012; Amarasekare *et al.*, 2016)。本次試驗結果中，納乃得對基徵草蛉幼蟲之室內接觸毒性最高，有關納乃得對草蛉幼蟲具有強烈接觸毒性之試驗結果已受到許多研究支持 (Plapp and Bull, 1978; Guven *et al.*, 2003; Varghese and Beevi, 2004)，Nasreen *et al.* (2007) 以 0.04% 納乃得處理 *Ch. carnea* 卵、幼蟲、成蟲等各生長階段，結果以一齡幼蟲階段最為敏感，校正死亡率高達 95%，對卵期與成蟲造成的死亡率皆低於 50%。而在半田間殘留性試驗中，僅施藥後 1 天對草蛉幼蟲致死效果較高 ($18.1 \pm 13.5\%$)，隨後立即失去毒性。Pitts and Pieters *et al.* (1982) 以 0.14 kg/ha 劑量之納乃得進行田間試驗，於施藥後第 2 天調查田間 *Ch. carnea* 族群數量，結果顯示族群數量較施藥前低，但隨後即開始恢復並於施藥第 7 天後與對照組無顯著差異，顯示納乃得在戶外環境下可能因為外在環境等氣候因子而分解迅速，施用後數天即對草蛉失去毒性。

本研究中 4 種新尼古丁類 (IRAC 4A) 殺蟲劑中，半田間殘留毒性以亞滅培與益達胺於施藥後 3 天表現毒性最高，分別造成草蛉幼蟲 $25.0 \pm 25.0\%$ 和 $39.2 \pm 24.3\%$ 死亡，同時，亞滅培、益達胺及達特南 3 支藥劑在施藥後 28 天，仍會對草蛉幼蟲造成 13.3~16.6% 死亡。新尼古丁類藥劑同時具有強毒性以及殘留期長的特性 (Zhang *et al.*, 2018)，關於草蛉對新尼古丁類藥劑各種暴露途徑之感受性已有許多研究 (Tesfaye *et al.*, 2005; Rugno *et al.*, 2015; Shankarganesh *et al.*, 2017)。Rugno *et al.* (2019) 對 *Ce. cubana* 進行益達胺與賽速安接觸毒性測試，校正死亡率分別為 48% 及 82.5%，顯示對 *Ce. cubana* 之毒性以賽速安高於益達胺；Su *et al.* (2022) 以腹部塗抹的方式測試 *Chrysopa pallens* (Rambur) 對達特南與亞滅培感受性，結果達特南毒性高於亞滅培，以上研究結果與本試驗結果相同；Abd-Ella (2015) 以石榴樹分別噴施亞滅培、益達胺、達特南、賽速安，測試對 *Ch. carnea* 殘留毒性，結果 4 種藥劑至施藥後 15 天都仍有毒性，對 *Ch. carnea* 造成 50% 以上的死亡率，同樣顯示新尼古丁類藥劑對草蛉具有田間長殘留毒性。Toda and Kashio (1997) 經接觸毒性測試後認為益達胺與亞滅培對 *Ch. carnea* 毒性不強，然而 Nasreen *et al.* (2005) 試驗結果卻表示益達胺、亞滅培對 *Ch. carnea* 接觸毒性致死率高達 100%。以上研究顯示草蛉對藥劑之感受性，可能受生長階段、藥劑暴露量、草蛉種類等因素影響 (Elbert *et al.*, 1998; Rugno *et al.*, 2019; Ham *et al.*, 2019)。

本研究中殺蟎劑氟芬隆對草蛉幼蟲之接觸毒性極強，校正死亡率 $95.2 \pm 4.8\%$ ，Sterk *et al.* (1999) 以 0.050% 氟芬隆對 *Ch. carnea* 幼蟲進行接觸毒性試驗後認為，氟芬隆致死機制在於干擾草蛉幼蟲蛻皮，因此導致受試昆蟲死亡率高達 99%。同樣殘留毒性試驗顯示氟芬隆可於施藥 3 天內殘留於作物葉片上對草蛉幼蟲造成傷害，El-Sayed *et al.* (2015) 以當地推薦劑量之氟芬隆進行田間噴施試驗，造成 *Ch. carnea* 族群數量於施藥後 3~7 天下降 25%，與本試驗結果趨勢相近。

殺菌劑室內接觸毒性以可濕性硫磺毒性最高，校正死亡率 $36.6 \pm 11.2\%$ ，Croft (1990)、Silva *et al.* (2006) 和 Amarasekare *et al.* (2016) 表示 *Ch. externa* 對硫磺類藥劑具有耐受性，幼蟲不易因此死亡，然而 Moura *et al.* (2012) 以 *Ch. externa* 自一齡幼蟲開始接觸硫磺，直至化蛹為止累積死亡率達 60%，若以二齡幼蟲開始接觸則無顯著毒性，顯示草蛉對硫磺的耐受性受生長階段影響。而半田間殘毒性方面，可濕性硫磺僅於施藥後 1 天之採集葉片對草蛉幼蟲造成毒性較高，校正死亡率為 $10.0 \pm 5.8\%$ ，影響輕微。

本試驗研究結果將做為基徵草蛉與藥劑之田間綜合防治參考。柑橘精油、苦楝油、苦參鹼及脂肪酸鉀鹽等 4 種友善資材，於推薦濃度下對基徵草蛉幼蟲不具接觸毒性及忌避性，在應用上具有相容性，惟進行共同防治時應留意施藥產生之逕流對天敵昆蟲造成物理傷害。化學藥劑方面，依照 IOBC 訂定之半田間毒性分級，將基徵草蛉與各藥劑之施用以毒性做間隔，殺蟲劑中建議為納乃得、賽速安間隔 1 天，亞滅培、益達胺 7 天、達特南 14 天；殺蟎劑的氟芬隆 7 天；殺菌劑中的可濕性粉劑 1 天，考慮到實際施用之噴施器材、栽種作物以及田間環境等因素，仍建議使用毒性相對較低之藥劑進行使用。

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會 111 農科 -5.3.1- 苗 -M2 「天敵昆蟲生產優化及整合性害蟲管理技術之應用」及 MOST 111-3111-Y-225-001 「111 年度動植物健康研發應用計畫」計畫經費支持，感謝苗栗區農業改良場沈婉庭小姐、古政中先生、鍾權承先生、莊繹叡先生、沈伯穎先生、周易儒小姐等同仁協助試驗與討論，謹此致謝。

引用文獻

- 王皓平。2016。用於草莓害物管理之農藥殘留對天敵昆蟲(基徵草蛉與黃斑粗喙椿象)之影響。國立臺灣大學植物醫學碩士學位學程碩士論文。63 頁。
- 李文台。2003。微膠囊人工飼料累代飼育基徵草蛉之方法與成本分析。植物保護學會會刊 45-1：45-52。
- 林建宗、賴婉綺、蕭文鳳、王升陽。2007。柳杉心材精油對衣魚之忌避與致死活性之研究。中華林學季刊 40 (2)：251-260。
- 林鳳琪、陳怡如、邱一中、余志儒、王昭月、高靜華。2016。害蟲綜合管理模式在設施蔬果安全生產之應用。農業試驗所特刊第 205 號。2016 設施蔬果病蟲害管理暨安全生產研討會專刊：8-17。
- 許北辰、盧秋通、余志儒。2017。基徵草蛉在害蟲防治上之應用。農業害蟲管理暨食安把關研發成果研討會專利：75-80。
- 許北辰、董耀仁、楊婉秀、余志儒。2021。基徵草蛉飼養技術研究及應用於友善環境農業。符合環境永續之作物友善管理研討會專刊：43-57。
- 章加寶。2000。基徵草蛉(同翅目：草蛉科)生活史觀察及溫度對其發育之影響。中華昆蟲 20：73-87。
- 陳泓如、趙語矜。2020。草蛉導入洋香瓜綜合病蟲害防治之研究。苗栗區農業改良場研究彙報 9:58-66。
- 曾經洲、高穗生。1996。農藥對基徵草蛉幼蟲之安全性評估。植物保護學會會刊 38：203-213。
- 鄭志文、李世仰、鍾權承、吳怡慧。2023。茄科與瓜果類常用藥劑對菸盲椿(半翅目：盲椿科)感受性之影響。苗栗區農業改良場研究彙報 12：13-28。
- 盧秋通、王清玲。2006。基徵草蛉對設施甜椒害蟲之防治效果評估。臺灣農業研究 55(2)：111-120。
- 盧秋通。2010。作物蟲害非農藥防治資材：三、草蛉。農試所特刊第 142 號：17-22。

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Abd-Ella, A. A., A. E. S. Mubarak, I. R. El-Zoghby, and A. A. Sallam. 2022. Toxicity evaluation of certain pesticides against Green Lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Assiut Journal of Agricultural Sciences.* 53(2): 52-64.
- Alegre, A., G. E. Joyo, and J. Iannacone. 2021. Toxicity of spinetoram and matrine on the development stages of two natural enemies: *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). *Agriscientia* 38: 39-50.
- Alghamdi, A., S. Al-Otaibi, and S. M. Sayed. 2018. Field evaluation of indigenous predacious insect, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae), fitness in controlling aphids and whiteflies in two vegetable crops. *Egyptian Journal of Biological Pest Control.* 28: 1-8.
- Amarasekare, K. G., P. W. Shearer, and N. J. Mills. 2016. Testing the selectivity of pesticide effects on natural enemies in laboratory bioassays. *Biological Control* 102: 7-16.
- Benelli, G., R. Pavela, C. Giordani, L. Casettari, G. Curzi, L. Cappellacci, R. Petrelli, and F. Maggi. 2018. Acute and sub-lethal toxicity of eight essential oils of commercial interest against the filariasis mosquito *Culex quinquefasciatus* and the housefly *Musca domestica*. *Industrial crops and products*, 112: 668-680.
- Bigler, F. and M. Waldburger. 1994. Effects of pesticides on *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae) in the laboratory and semi-field. *IOBC/ WPRS Bulletin*, 17(10): 55-69.
- Cheng, L. L., J. R. Nechols, D. C. Margolies, J. F. Campbell, P. S. Yang, C. C. Chen, and C. T. Lu. 2012. Efficacy of the predator *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Tetranychus kanzawai* and *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) at different predator:prey release ratios. *J. Asia-Pac. Entomol.* 15: 142-146.
- Cordeiro, E. M. G., A. S. Corrêa, M. Venzon, and R. N. C. Guedes. 2010. Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere.* 81(10): 1352-1357.
- Croft, B. A. 1990. *Arthropod biological control agents and pesticides*, 1st edition. Wiley-Interscience.

- Desneux, N., A. Decourtye, and J. M. Delpuech. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 1-106.
- Early, J. W. 2019. Establishment of the green lacewing *Mallada basalis* (Walker, 1853) (Neuroptera: Chrysopidae) on mainland New Zealand. *Rec. Auckl. Mus.* 54: 81-86.
- Ehler, L. E. 2006. Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest management science.* 62(9): 787-789.
- Elbert, A., R. Nauen, and W. Leicht. 1998. Imidacloprid, a novel chloronicotinyl insecticide: biological activity and agricultural importance. *Insecticides with novel modes of action: mechanisms and application:* 50-73.
- El-Sayed, A. A. A., A. E. A. Amer, and W. M. Desuky. 2015. Side effect of some insect growth regulators (IGRs) on the associated predators of cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis* (boisd) in cotton fields. *Egyptian Academic Journal of Biological Science. (A. Entomology)* Vol, 8(3): 79-86.
- El-Zahi, E. S. 2012. Selectivity of some pesticides for various stages of *Chrysoperla carnea* (Steph.) using different methods of exposure. *Egyptian Journal of Biological Pest Control.* 22(2).
- Farias, A. P., M. C. dos Santos, L. O. V. Jumbo, E. E. Oliveira, P. C. de Lima Nogueira, J. G. de Sena Filho, and A. V. Teodoro. 2020. Citrus essential oils control the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa*, and induce higher predatory responses by the lacewing *Ceraeochrysa caligata*. *Industrial Crops and Products.* 145: 112151.
- Galvan, T. L., R. L. Koch, and W. D. Hutchison. 2005. Toxicity of commonly used insecticides in sweet corn and soybean to multi coloured Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology.* 98(3): 780-789.
- Güven, B. and M. A. Göven. 2003. Side effects of pesticides used in cotton and vineyard areas of Aegean Region on the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae), in the laboratory. *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC/wprs Bulletin.* 26(5): 21-24.
- Ham, E. H., J. S. Lee, M. Y. Jang, and J. K. Park. 2019. Toxic effects of 12 pesticides on green lacewing, *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomological Research.* 49(7): 305-312.

- Hassan, S. A., F. Bigler, P. Blaisinger, H. Bogenschütz, J. Brun, P. Chiverton, E. Dickler, M. Easterbrook, P. Edwards, W. Englert, S. Firth, P. Huang, C. Inglesfield, F. Klingauf, C. Kühner, M. Ledieu, E. Naton, P. Oomen, W. Overmeer, P. Plevoets, J. Reboulet, W. Rieckmann, L. Samsøe-Petersen, S. Shires, A. Stäubli, J. Stevenson, J. J. Tuset, G. Vanwetswinkel, and A. Q. Zon. 1985. Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. EPPO Bulletin 15: 214-255.
- Hassan, S. A., F. Bigler, H. Bogenschütz, E. Boller, J. Brun, J. N. M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Grove, U. Heimbach, N. Helyer, H. Hokkanen, G. B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, L. Polgar, L. Samsøe-Petersen, B. Sauphanor, A. Stäubli, G. Sterk, A. Vainio, M. van de Veire, G. Viggiani, and H. Vogt. 1994. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. BioControl 39: 107-119.
- Khani, A. and J. Asghari. 2012. Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia*, *Pulicaria gnaphalodes* and *Achillea wilhelmsii* against two stored product pests, the flour beetle, *Tribolium castaneum*, and the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. Journal of Insect Science. 12(1): 73.
- Khan, S. Z., F. Ullah, S. Khan, M. A. Khan and M. A. Khan. 2015. Residual effect of insecticides against different stages of green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Journal of Entomology and Zoology Studies. 3(4): 114-119.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. Annual review of entomology. 43(1): 243-270.
- Mamoon-ur-Rashid, M., K. Abdullah and M. Tariq. 2016. Effects of botanical oil on preference and prey consumption of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) against the cotton mealybug (*Phenacoccus solenopsis*; Hemiptera: Pseudococcidae). Philipp. Agric. Sci. 99: 99-104.
- Moura, A. P., G. A. Carvalho and M. Botton. 2012. Residual effect of pesticides used in integrated apple production on *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) larvae. Chilean Journal of Agricultural Research. 72(2): 217-223.

- Nasreen, A., G. Mustafa, and M. Ashfaq. 2005. Mortality of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) after exposure to some insecticides; laboratory studies. *South Pacific Studies*. 26(1): 1-6.
- Nasreen, A., M. Ashfaq, G. Mustafa, and R. R. Khan. 2007. Mortality rates of five commercial insecticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Chrysopidae: Neuroptera). *Pak J Agric Sci*. 44(2): 266-271.
- Pitts, D. L. and E. P. Pieters. 1982. Toxicity of chlordimeform and methomyl to predators of *Heliothis* spp. on cotton. *Journal of Economic Entomology*. 75(2): 353-355.
- Plapp Jr, F. W. and D. L. Bull. 1978. Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa carnea*, a predator of the tobacco budworm. *Environmental Entomology*. 7(3): 431-434.
- Plata-Rueda, A., J. M. Campos, G. Silva Rolim, L. C. Martínez, M. H. Santos, F. L. Fernandes, J. E. Serrão, and J. C. Zanuncio. 2018. Terpenoid constituents of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*. *Ecotoxicol. Environ. Saf*. 156: 263–270.
- Rezaei, M., K. Talebi, V. H. Naveh, and A. Kavousi. 2007. Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite, and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): IOBC and life table assays. *BioControl*. 52: 385-398.
- Ribeiro, R. C., T. V. Zanuncio, F. S. Ramalho, C. A. D. da Silva, J. E. Serrão, and J. C. Zanuncio. 2015. Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. *Ind. Crops Prod*. 74: 139–143.
- Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, and P. T. Yamamoto. 2015. Are the pupae and eggs of the lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? *Journal of economic entomology*. 108(6): 2630-2639.
- Rugno, G. R., O. Z. Zanardi, J. R. P. Parra, and P. T. Yamamoto. 2019. Lethal and sublethal toxicity of insecticides to the lacewing *Ceraeochrysa cubana*. *Neotropical entomology*. 48: 162-170.
- Sarkar, S. C., E. Wang, Z. Zhang, S. Wu, and Z. Lei. 2019. Laboratory and glasshouse evaluation of the green lacewing, *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae) against

- the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Applied entomology and zoology. 54: 115-121.
- Scudeler, E. L., A. S. G. Garcia, C. R. Padovani, P. F. F. Pinheiro, and D. C. Santos. 2016. Are the biopesticide neem oil and the predator *Ceraeochrysa claveri* (Navás, 1911) compatible. J. Entomol. Zool. Stud. 4(2): 340-346.
- Shankarganesh, K., N. C. Naveen, and P. Bishwajeet. 2017. Effect of insecticides on different stages of predatory green lacewing, *Chrysoperla zastrowi sillemi* (Esben.-Petersen). Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences. 87: 1415-1422.
- Silva, R. A., G. A. Carvalho, C. F. Carvalho, P. R. Reis, B. Souza, and A. M. A. R. Pereira. 2006. Ação de produtos fitossanitários utilizados em cafeeiros sobre pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). Ciência Rural. 36(1): 8-14.
- Sterk, G., S. A. Hasssan, M. Baillod, F. Bakker, F. Bigler, S. Blümel, H. Bogenschütz, E. Boller, B. Bromand, J. Brun, J. N. M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Garrido, A. Grove, U. Heimbach, H. Hokkanen, J. Jacas, G. B. Lewis, L. Moreth, L. Polgar, L. Roversti, L. Samsøe-Petersen, B. Sauphanor, L. Schaub, A. Stäubli, J. J. Tuset, A. Vainio, M. van de Veire, G. Viggiani, E. Viñuela, and H. Vogt. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. BioControl. 44: 99-117.
- Stark, J. D., R. Vargas, and N. Miller. 2004. Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). J. Econ. Entomol. 97:911-915.
- Su, Y., X. Ren, X. Ma, D. Wang, H. Hu, X. Song, J. Cui, Y. Ma, and Y. Yao. 2022. Evaluation of the toxicity and sublethal effects of acetamiprid and dinotefuran on the predator *Chrysopa pallens* (Rambur) (Neuroptera: Chrysopidae). Toxics. 10(6): 309.
- Tesfaye, A., R. D. Gautam, and B. Paul. 2005. Effect of three insecticides on the biology of green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Pest Management Journal of Ethiopia. 9: 63-69.

- Toda, S. and T. Kashio. 1997. Toxic effect of pesticides on the larvae of *Chrysoperla carnea*. Proc Assoc Plant Prot Kyushu. 43:101–105.
- Varghese, B. and S. N. Beevi. 2004. Safety of insecticides to the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens). Insect Environment. 10(1): 45-47.
- Ye, J., J. Li, Z. Li, and S. Han. 2017. Rearing of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae) on modified artificial diets. Plos one. 12(9): p.e0185223.
- Zhang, Q., Z. Li, C. H. Chang, J. L. Lou, M. R. Zhao, and C. Lu. 2018. Potential human exposures to neonicotinoid insecticides: A review. Environmental pollution. 236: 71-81.

Effects of eco-friendly materials and chemical pesticides on predatory lacewing *Mallada basalis* (Neuroptera:Chrysopidae)

Che-Hao Cheng*, Shih-Yang Lee, Chih-Wen Cheng, Yi-Hui Wu

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, ministry of Agriculture

ABSTRACT

To improve the compatibility of eco-friendly materials, chemical pesticides and natural enemies as well as accelerate the implementation of Integrated Pest Management (IPM), the susceptibility of predator green lacewing *Mallada basalis* Walker larvae to eco-friendly materials and chemical pesticides were tested. We evaluated the contact toxicity and behavioral sublethal response of 4 eco-friendly materials, i.e., citrus essential oil, matrine, neem oil and potassium salt of fatty acid. The chemical pesticides commonly used on tomato were first evaluated by contact toxicity, and 5 insecticides (methomyl, acetamiprid, imidacloprid, dinotefuran, thiamethoxam), 1 acaricide (flufenoxuron) and 1 fungicide (sulfur) were selected for further residual toxicity test. The toxicity of chemical pesticides was referred to the toxicity categories of IOBC (International Organization for Biological Control) guidelines. There was no significant difference between all eco-friendly materials and the control group in both contact toxicity and behavioral bioassays, and all eco-friendly materials are compatible with the *M. basalis*. In the semi-field trial, the highest residual toxicity tested was dinotefuran, which still had 28.3% mortality at 7 DAT, the persist toxicity was subsided to categorize of 1, methomyl and thiamethoxam were subsided after 1-day, acetamiprid and imidacloprid were subsided after 7-day respectively. We suggest *M. basalis* larvae should not be released until the mortality fulfill the IOBC class 1 level, harmless (< 30%).

Keywords: residual toxicity, *Mallada basalis*, IOBC evaluation categories, behavioral avoidance, IPM

* Corresponding author email: cheng1106@mdares.gov.tw