

不同藥劑及不同施藥方法對蓮花小黃薊馬 之防治探討¹

陳盈丞、黃美靜²

摘 要

陳盈丞、黃美靜。2024。不同藥劑及不同施藥方法對蓮花小黃薊馬之防治探討。臺南區農業改良場研究彙報 83：60-74。

本研究探討 12 種不同殺蟲劑對蓮花小黃薊馬之毒效及感受性分析，並進行不同施藥方法對蓮花小黃薊馬防治效果。結果顯示以 11.7% 賜諾特水懸劑 8,000 倍、2.5% 賜諾殺水懸劑 1,000 倍、20% 覆滅蟪水溶性粉劑 400 倍及 10% 克凡派水懸劑 1,000 倍噴施小黃薊馬二齡幼蟲，防治效果顯著高於其他藥劑，處理後 48 小時之死亡率可達 90% 以上。覆滅蟪對小黃薊馬之 LC_{50} 及 LC_{90} 分別為 223.3 ppm 及 1,335.1 ppm，克凡派 LC_{50} 及 LC_{90} 分別為 63.7 ppm 及 143.6 ppm。不同施藥方法對蓮花小黃薊馬防治成效比較，運用無人植保機於蓮花小黃薊馬發生時期進行藥劑防治，防治效果明顯優於傳統人工施藥，防治效果可達 80.8%。同時作業人數需求較少、藥劑接觸風險低，且於株高較高之蓮田平均每公頃可減少用水量 93.3%，平均作業效率提升 91.7%，每日作業面積可增加 91.7 ~ 95.4%。

現有技術：已評估蓮花小黃薊馬之經濟危害水平 (Economic injury level, EIL)。

創新內容：應用無人植保機進行蓮花小黃薊馬防治。

對產業影響：提供蓮花小黃薊馬防治方法之改進措施，並建議適當藥劑。

關鍵字：蓮花、小黃薊馬、殺蟲劑、防治管理

接受日期：2024 年 3 月 8 日

1. 農業部臺南區農業改良場研究報告第 570 號。

2. 農業部臺南區農業改良場副研究員、約聘人員。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

蓮花 (*Nelumbo nucifera* Gaertn) 在雲嘉南地區主要產區為臺南市白河區，品種以種植湘蓮及石蓮為主，目前種植面積約 387.26 公頃⁽¹⁴⁾。近年來小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 危害情形日益嚴重，主要透過刺吸式口器吸食葉片造成皺縮捲曲，整個蓮花生育期均可觀察到小黃薊馬危害情形，嚴重田區葉片常常全面受害，無法展開，在光合作用受阻下，間接影響到蓮子與蓮藕的生育。研究指出，小黃薊馬的危害造成蓮農所謂的「壞年冬」，蓮子減產二分之一以上，蓮藕更減產達三分之二⁽¹¹⁾。

目前蓮農在防治蓮花小黃薊馬時機，主要是依蓮花的生育週期來進行藥劑防治。前人研究結果指出小黃薊馬主要自蓮花的浮葉期開始出現，隨著時間消長，密度亦越來越高，最終嚴重危害在蓮花的開花期^(12,13)。然而當蓮花挺出水面後，比人高的蓮花，使得人工施灑農藥非常辛苦，在密不通風的水田裡作業，溫度高，爛泥不易行走也增加體力的耗損，吸入的農藥也相對增加，導致農民的噴藥意願降低，小黃薊馬的防治就更加難以落實。同時前人研究報導小黃薊馬已對有機氯、有機磷、及氨基甲酸鹽藥劑均產生抗藥性⁽²¹⁾。由於目前蓮花小黃薊馬的藥劑篩選相關試驗報告並未有較新的研究報告，因此亟需針對目前登記於蓮花蓮子或花木類之藥劑，重新進行藥劑篩選試驗，以期能找出藥效較佳的藥劑，並推薦給農民參考使用。

隨著無人載具的蓬勃發展，農業上運用無人載具進行防治害蟲的研究越來越多，如應用無人植保機防治水稻病蟲害、包心白菜害蟲及茶小綠葉蟬等^(1,6,9)，農民也普遍能接受運用無人植保機進行噴藥工作。然而蓮花小黃薊馬主要產卵在葉背，初期聚集在葉背活動，因此本研究共測試 12 種殺蟲劑對蓮花小黃薊馬之致死效果及感受性分析，最後於田間以無人植保機選擇藥劑防治蓮花小黃薊馬，進行探討無人植保機的噴灑效率，觀察是否能夠有效將藥劑透過氣流帶動附著到葉背，使得小黃薊馬能成功接觸到藥劑，以達到防治成效，同時與傳統人工噴藥方法進行防治效果比較，最終建立無人機防治蓮花小黃薊馬之技術，提供農民參考使用。

材料方法

一、供試田區及規畫

供試田區設於雲林縣林內鄉，於 2022 年 4 月中旬種植蓮花 (品種：石蓮)，同年 8 月下旬結束調查，分為四塊蓮田，每塊蓮田面積為 0.14 ~ 0.19 公頃，小黃薊馬族群調查方式以設置黃色黏紙進行，將每塊田分成 9 個區域，在各區域中設置立板固定正反 2 張黃色黏紙 (高冠：215 mm × 150 mm)，四塊蓮田共 72 張 (圖 1)，於蓮花種植後一週 (4 月下旬) 開始設置黏紙，設置高度依照蓮花生長高度進行調整，使黏紙位置位於蓮葉 0.5 m 之上。浮葉期至立葉期每兩週回收並更換黏紙，開花期後更換頻率改為每週回收，攜回實驗室於解剖顯微鏡 (Carl Zeiss: Stemi DV4) 鏡檢計算並記錄小黃薊馬數量。

二、蓮花小黃薊馬之室內藥效試驗

(一) 小黃薊馬採集自臺南市白河區之蓮田。藥劑試驗以浮葉噴藥塔噴施方式進行，探討小黃薊馬二齡幼蟲對藥劑之感受性，以藥品噴藥塔噴施登記於蓮花上之殺蟲劑及

其推薦倍數，而對照組噴施 RO (Reverse Osmosis, RO) 水，每處理三重複，噴施藥劑後置於恆溫生長箱 (25°C, 80% RH, 12L:12D)，並於 12、24 及 48 小時進行觀察，計算死亡蟲數及校正死亡率。各處理組之死亡率經 Abbott's formula 校正，校正死亡率(%) = [處理組死亡率(%) - 對照組死亡率(%)] / [100% - 對照組死亡率(%)] × 100 (%)⁽¹⁶⁾。

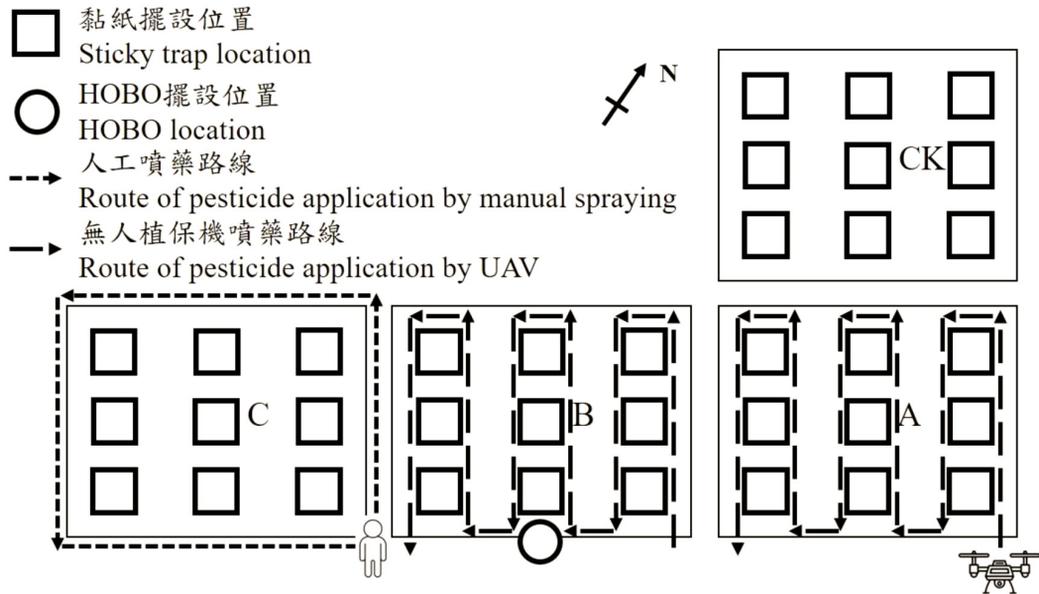


圖 1. 雲林縣林內鄉試驗田示意圖

Fig. 1. Arrangement of the experimental field in Linnei Township, Yulin County

(二) 供試藥劑分別為 11.7% 賜諾特 (Spinetoram) 水懸劑 8,000 倍 (臺灣道禮股份有限公司)、2.5% 賜諾殺 (Spinosad) 水懸劑 1,000 倍 (臺灣道禮股份有限公司)、20% 覆滅蟎 (Formetanate) 水溶性粉劑 400 倍 (威群國際有限公司)、10% 克凡派 (Chlorfenapyr) 水懸劑 1,000 倍 (臺灣巴斯夫股份有限公司)、43% 佈飛松 (Profenofos) 乳劑 1,000 倍 (易利特開發有限公司)、40% 納乃得 (Methomyl) 水溶性粉劑 1,500 倍 (臺灣杜邦股份有限公司)、2.8% 賽洛寧 (Lambda-cyhalothrin) 乳劑 1,000 倍 (嘉泰企業股份有限公司)、9.6% 益達胺 (Imidacloprid) 溶液 1,500 倍 (興農股份有限公司)、20% 亞滅培 (Acetamiprid) 水溶性粉劑 3,000 倍 (億豐農化廠股份有限公司)、2.8% 畢芬寧 (Bifenthrin) 乳劑 1,000 倍 (好速化學股份有限公司)、2.8% 第滅寧 (Deltamethrin) 乳劑 1,500 倍 (聯利農業科技股份有限公司) 及 20% 芬化利 (Fenvalerate) 乳劑 3,000 倍 (東和化學企業股份有限公司)，共 12 種測試藥劑，其作用機制及登記作物如附錄 1。

(三) 另選擇 10% 克凡派水懸劑及 20% 覆滅蟎水溶性粉劑進行致死濃度試驗，10% 克凡派水懸劑噴施 25、50、75、100 ppm 及 20% 覆滅蟎水溶性粉劑噴施 50、250、500、750、1,000、2,500、5,000 ppm，每處理三重複，噴施藥劑後 12、24 及 48 小時進行觀察，計算死亡蟲數與校正死亡率，並以軟體 Probit-MSChart program⁽¹⁷⁾ 計算半

數致死濃度 (LC₅₀) 及 90% 致死濃度 (LC₉₀)。

附錄 1. 供試藥劑之作用機制及登記使用範圍

Appendix 1. The mode of action and registered crops for various insecticides

藥劑名稱 Insecticide	作用機制 Mode of action	登記使用範圍 Registered crops
賜諾特 Spinetoram	尼古丁乙醯膽鹼受體異位調節劑 (Nicotinic acetylcholine receptor allosteric modulators)	蓮 Lotus
賜諾殺 Spinosad	尼古丁乙醯膽鹼受體異位調節劑 (Nicotinic acetylcholine receptor allosteric modulators)	花木類 Shrubs
佈飛松 Profenofos	乙醯膽鹼酯酶抑制劑 (Acetylcholinesterase inhibitors)	其他作物 Other crops
覆滅蟊 Formetanate	乙醯膽鹼酯酶抑制劑 (Acetylcholinesterase inhibitors)	蓮 Lotus
克凡派 Chlorfenapyr	干擾質子梯度分解氧化磷酸化反應 (Uncouplers of oxidative phosphorylation via disruption of the proton gradient)	花木類 Shrubs
納乃得 Methomyl	乙醯膽鹼酯酶抑制劑 (Acetylcholinesterase inhibitors)	蓮 Lotus
賽洛寧 Lambda-cyhalothrin	鈉離子通道調節劑 (Sodium channel modulators)	花木類 Shrubs
益達胺 Imidacloprid	尼古丁乙醯膽鹼受器競爭性調節劑 (Nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) competitive modulators)	蓮 Lotus
亞滅培 Acetamiprid	尼古丁乙醯膽鹼受器競爭性調節劑 (Nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) competitive modulators)	蓮 Lotus
畢芬寧 Bifenthrin	鈉離子通道調節劑 (Sodium channel modulators)	其他作物 Other crops
第滅寧 Deltamethrin	鈉離子通道調節劑 (Sodium channel modulators)	花木類 Shrubs
芬化利 Fenvalerate	鈉離子通道調節劑 (Sodium channel modulators)	蓮 Lotus

三、田間防治試驗

試驗田區分為 A 區、B 區、C 區及 CK 區 (圖 1)。CK 區不進行防治，其餘試驗田為防治區，於蓮花立葉期後第 6 週啟動防治作業，每週進行一次，連續兩週。A 區及 B 區應用無人植保機 (佐翼 DX-10) 搭載 8 顆空心圓椎噴頭 (TR8001)，飛行高度為蓮花上方 3 m，飛行速度為 3 m/s，以 S 型方式繞行防治區進行防治，C 區則以高壓動力噴霧機及單一噴頭人工拉管，行走於防治區周圍田埂向田區內背風左右擺動噴灑藥劑進行防治。兩種噴藥方式測量並記錄其用水量、作業時間及作業面積，以利進行平均作業效率、最高作業效率之推估。試驗同時以水試紙進行藥劑噴灑之霧滴數量及霧滴覆蓋率 (% coverage) 調查，於三個防治區沿田邊往內擺設水試紙，擺設點位分別為距離田邊 0 公尺、5 公尺、10 公尺、20 公尺及 30 公尺處，每處各選擇 3 片不被遮蔽之蓮葉，

每片蓮葉葉面及葉背固定一對水試紙，每個田區各 15 對。水試紙回收後以 Image J 軟體分析藥液噴灑至水試紙上之霧滴數量及霧滴覆蓋率。防治藥劑及濃度為 20% 覆滅蟪 (formetanate) 水溶性粉劑 7,499.1 ppm，並添加展著劑 (大樂透，松樹國際有限公司) 0.7 mL/L。以防治前及防治後一週黏紙上小黃薊馬數量來計算每塊試驗田之防治率，依照 Henderson and Tilton's 公式計算防治率⁽²⁰⁾。

$$\text{防治率 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{施藥後處理區蟲數} \times \text{施藥前對照區蟲數}}{\text{施藥前處理區蟲數} \times \text{施藥後對照區蟲數}}\right) \times 100\%$$

結果討論

一、蓮花小黃薊馬之室內藥效試驗

表 1 結果顯示 11.7% 賜諾特水懸劑 8,000 倍、2.5% 賜諾殺水懸劑 1,000 倍、43% 佈飛松乳劑 1,000 倍、20% 覆滅蟪水溶性粉劑 400 倍及 10% 克凡派水懸劑 1,000 倍等 5 種藥劑，經處理 48 小時後藥劑效果顯著高於其他藥劑，小黃薊馬死亡率可達 90% 以上。其次為 40% 納乃得水溶性粉劑 1,500 倍，死亡率為 57%，其他供試藥劑死亡率皆為 50% 以下。另外可觀察到克凡派藥劑可於處理 12 小時後造成小黃薊馬 73.3% 的死亡率，顯著高於其他藥劑，此結果與前人研究結果相同，Seal 等人指出，所測試藥劑中以克凡派為最有效降低辣椒田內小黃薊馬數量的藥劑，效果其次為賜諾殺及益達胺藥劑⁽²²⁾。克凡派藥劑主要作用機制為阻礙昆蟲體內之能量代謝途徑，透過干擾質子梯度分解氧化磷酸化反應的非耦合物，而造成快速觸殺效果⁽¹⁰⁾。然而邱等人以浸葉餵食法測試 30 種殺蟲劑對椽果小黃薊馬成蟲之毒效試驗，48 小時後克凡派藥劑死亡率僅達到 58.1%⁽⁴⁾，由於克凡派藥劑為目前農民常用之椽果小黃薊馬登記藥劑，邱等人研究指出，小黃薊馬對藥劑的感受性明顯降低，顯示抗性提高，進而造成小黃薊馬危害情形越來越嚴重的狀況⁽⁴⁾。

因此，本試驗結果可與前人研究比較目前蓮花小黃薊馬對藥劑的感受性變化情形，依據王等人(1999)研究，以浸葉餵食法進行藥劑對蓮花小黃薊馬若蟲及成蟲之毒效，結果顯示 20% 亞滅培可濕性粉劑 4,000 倍、2.8% 賽洛寧乳劑 2,000 倍、9.6% 益達胺溶液 1,500 倍及 50% 覆滅蟪可濕性粉劑 1,000 倍，處理後 16 小時若蟲死亡率皆為 100%，成蟲除賽洛寧死亡率為 89.4%，其餘 3 種藥劑死亡率皆為 100%⁽³⁾。經與本試驗藥劑進行比較，除覆滅蟪藥劑仍維持對小黃薊馬高死亡率以外，其他藥劑均有藥效下降的趨勢。在與白河地區蓮農訪查中，蓮農普遍參考使用紙本植物保護手冊，習慣以亞滅培及益達胺等兩種登記藥劑防治蓮花小黃薊馬，而覆滅蟪因於白河地區不易購買，導致訪查蓮農中，均無使用覆滅蟪經驗，由以上推測蓮花小黃薊馬對亞滅培及益達胺藥劑之感受性逐漸降低，可能有產生抗藥性的問題。

本試驗藥劑效果較佳之 5 種藥劑分為 3 種作用機制，賜諾特及賜諾殺作用機制為尼古丁乙醯膽鹼受體異位調節劑，具低毒、低用量、可生物分解的優點；佈飛松為乙醯膽鹼酯酶抑制劑中的有機磷類，對哺乳動物毒性中等、對脊椎動物毒性強、化性不安定無持續殘留問題、環境中分解快速，覆滅蟪為乙醯膽鹼酯酶抑制劑中的胺基甲酸鹽類，為系統性藥劑，主要作用於神經突觸，透過不斷地刺激衝動，導致昆蟲抽搐死亡，具殘效

性、環境中分解快速，但為劇毒性藥劑，使用上須謹慎。而克凡派為氧化磷酸化作用解偶聯劑，為局部系統性藥劑，穿層滲透性佳、對哺乳類及鳥類毒性輕微，易隨時間逐漸分解⁽¹⁰⁾。在蓮花田間防治小黃薊馬時，立葉初期小黃薊馬數量尚低可使用系統性或局部系統性藥劑的覆滅蟻或克凡派，在與作物接觸後能短時間滲透進入植物組織內，並移行至植物各部位達到防治蟲害效果，不會造成局部性高殘留量，藥劑殘留時間較長延長防治效果。待進入開花期可使用非系統性藥劑賜諾特、賜諾殺及佈飛松，其藥劑效果較快速、易於環境中分解，蓮子採收前較不易有藥劑殘留問題。

表 1. 以噴藥塔對小黃薊馬二齡幼蟲噴施不同藥劑後 12、24 及 48 小時死亡率
Table 1. Mortality of *S. dorsalis* Hood second instar larva treated with various insecticides by spray towers at 12, 24 and 96 h after application

殺蟲劑 Insecticide	劑型 Formulations	作用 機制 IRAC	推薦稀釋 倍率(倍) Dilution (X)	濃度 concentrations (ppm)	施藥後時數及死亡率(%) Mortality(%) of nymph thrips		
					12 hrs after treatment	24 hrs after treatment	48 hrs after treatment
賜諾特 Spinetoram	11.7% 水懸劑 (SC)	5	8,000	14.6	59.8 ± 8.2abc	83.5 ± 4.5a	97.9 ± 1.0a
賜諾殺 Spinosad	2.5% 水懸劑 (SC)	5	1,000	25.0	64.6 ± 7.3ab	78.7 ± 6.1ab	97.0 ± 3.0a
佈飛松 Profenofos	43% 乳劑 (EC)	1B	1,000	430.0	46.4 ± 6.2c	70.3 ± 2.2bc	96.9 ± 1.7a
覆滅蟻 Formetanate	20% 水溶性 粉劑 (SP)	1A	400	500.0	51.2 ± 6.2bc	62.1 ± 1.5c	96.0 ± 1.0a
克凡派 Chlorfenapyr	10% 水懸 劑 (SC)	13	1,000	100.0	73.3 ± 4.3a	78.6 ± 6.1ab	91.5 ± 3.9a
納乃得 Methomyl	40% 水溶性 粉劑 (SP)	1A	1,500	266.7	9.5 ± 5.9d	34.9 ± 8.3d	57.0 ± 17.0b
賽洛寧 Lambda- cyhalothrin	2.8% 乳劑 (EC)	3A	1,000	28.0	13.5 ± 3.6d	15.6 ± 2.5e	32.3 ± 4.4c
益達胺 Imidacloprid	9.6% 溶液 (SL)	4A	1,500	64.0	1.9 ± 2.6d	6.7 ± 5.0ef	30.9 ± 6.0c
亞滅培 Acetamiprid	20% 水溶性 粉劑 (SP)	4A	3,000	66.7	3.9 ± 1.7d	8.7 ± 3.9ef	22.5 ± 5.2cd
畢芬寧 Bifenthrin	2.8% 乳劑 (EC)	3A	1,000	28.0	2.5 ± 3.1d	4.4 ± 3.8ef	20.7 ± 6.0cd
第滅寧 Deltamethrin	2.8% 乳劑 (EC)	3A	1,500	18.7	7.1 ± 1.7d	11.1 ± 2.6ef	16.4 ± 2.6cd
芬化利 Fenvalerate	20% 乳劑 (EC)	3A	3,000	66.7	0 ± 0.9d	0 ± 0.9f	4.7 ± 3.4d

同一欄平均值 (± 標準誤差) 後的字母相同代表經過 Fisher 的最小顯著差異性測驗無顯著差異。

Means ± SE within a column followed by the same letter do not differ significantly by Fisher's protected LSD test (P = 0.05).

致死濃度試驗之結果顯示，覆滅蟊以 500、2,500 及 5,000 ppm 處理 48 小時後死亡率可達 95% 以上，效果顯著優於其他濃度，其次為濃度 750 及 1,000 ppm，死亡率為 74.8% 及 83.3% (表 2)。而克凡派以 100 ppm 處理 48 小時後死亡率可達 91.5%，其他濃度效果均不佳，死亡率皆為 50% 以下 (表 3)。透過不同濃度死亡結果進行感受性分析，結果顯示覆滅蟊之 LC_{50} 及 LC_{90} 分別為 223.3 ppm 及 1,335.1 ppm，克凡派之 LC_{50} 及 LC_{90} 分別為 63.7 ppm 及 143.6 ppm (表 4)。西方花薊馬對覆滅蟊的抗藥性研究指出，在未經藥劑處理田區採集的西方花薊馬族群之覆滅蟊 LC_{50} 為 765 ~ 960 ppm，而自有藥劑處理的田區採集飼養的西方花薊馬族群之覆滅蟊 LC_{50} 為 3,280 ~ 3,900 ppm，可見經藥劑選汰下，確實造成對藥劑抗性產生⁽¹⁸⁾。目前白河地區蓮花小黃薊馬對覆滅蟊之半數致死濃度相對較低，可見與蓮農訪查結果相符，因田間未經過覆滅蟊處理，感性族群仍普遍存在於田間。

為提供無人植保機噴藥劑量之參考，將 20% 覆滅蟊及 10% 克凡派依政府公告之每公頃推薦最低用藥量，並以 10 L 無人植保機藥桶推算有效濃度。20% 覆滅蟊每公頃推薦用藥量為 3 ~ 4.5 公斤，而 10% 克凡派則是 0.6 ~ 2.5 公升。以無人植保機進行蓮田小黃薊馬噴藥防治，每公頃用水量推估為 80 公升，因此每公頃最低推薦用藥量 20% 覆滅蟊為 $(20\% \times 10^6) / (80/3) = 7,499.1$ ppm，10% 克凡派為 $(10\% \times 10^6) / (80/0.6) = 750.0$ ppm。而本研究之致死濃度試驗結果顯示覆滅蟊之 LC_{50} 及 LC_{90} 分別為 223.3 ppm 及 1,335.1 ppm，克凡派之 LC_{50} 及 LC_{90} 分別為 63.7 ppm 及 143.6 ppm (表 5)，兩供試藥劑之濃度皆低於公告之每公頃推薦用藥量，未來應可作為田間無人植保機藥劑施灑之濃度參考，以達到藥劑減量之目標。

表 2. 以噴藥塔對小黃薊馬二齡幼蟲噴施不同濃度之 20% 覆滅蟊水溶性粉劑後 12、24 及 48 小時死亡率

Table 2. Mortality of *S. dorsalis* Hood second instar larva treated with various concentrations of Formetanate 20% SP by spray towers at 12, 24 and 96 hrs after application

殺蟲劑 Insecticide	濃度 (ppm) concentrations	施藥後時數及死亡率 (%) Mortality(%) of nymph thrips		
		12 hrs after treatment	24 hrs after treatment	48 hrs after treatment
20% 覆滅蟊 水溶性粉劑 Formetanate 20% SP	50	13.1 ± 5.5d	18.0 ± 7.1d	23.1 ± 5.8c
	250	18.8 ± 3.1d	19.7 ± 3.2d	25.0 ± 3.9c
	500	51.2 ± 6.2c	62.1 ± 1.5c	96.0 ± 1.0a
	750	47.0 ± 2.6c	61.4 ± 4.7c	74.8 ± 4.6b
	1,000	44.5 ± 13.8c	67.7 ± 6.0bc	83.3 ± 4.2b
	2,500	73.1 ± 8.0b	82.1 ± 9.0b	98.0 ± 1.0a
	5,000	98.0 ± 1.0a	100.0 ± 0.0a	100.0 ± 0.0a

同一欄平均值 (± 標準誤差) 後的字母相同代表經過 Fisher 的最小顯著差異性測驗無顯著差異。

Means (± SE) within a column followed by the same letter do not differ significantly by Fisher's protected LSD test (P = 0.05).

表 3. 以噴藥塔對小黃薊馬二齡幼蟲噴施不同濃度之 10% 克凡派水懸劑後 12、24 及 48 小時死亡率

Table 3. Mortality of *S. dorsalis* Hood second instar larva treated with various concentrations of Chlorfenapyr 10% SC by spray towers at 12, 24 and 96 hrs after application

殺蟲劑 Insecticide	濃度 (ppm) concentrations	施藥後時數及死亡率 (%) Mortality(%) of nymph thrips		
		12 hrs after treatment	24 hrs after treatment	48 hrs after treatment
10% 克凡派 水懸劑 Chlorfenapyr 10% SC	25	6.9 ± 3.4c	8.2 ± 3.8c	15.6 ± 5.8c
	50	11.1 ± 2.3bc	12.1 ± 2.3c	24.6 ± 1.1c
	75	24.9 ± 8.2b	35.3 ± 5.1b	47.2 ± 9.3b
	100	73.3 ± 4.3a	78.6 ± 6.1a	91.5 ± 3.9a

同一欄平均值 (± 標準誤差) 後的字母相同代表經過 Fisher 的最小顯著差異性測驗無顯著差異。

Means ± SE within a column followed by the same letter do not differ significantly by Fisher's protected LSD test (P = 0.05).

表 4. 供試藥劑對小黃薊馬二齡幼蟲之 50% 致死濃度 LC₅₀、90% 致死劑量 LC₉₀ 及稀釋倍數

Table 4. Median lethal concentration (LC₅₀) and LC₉₀ of *S. dorsalis* Hood second instar larva to Formetanate 20% SP and Chlorfenapyr 10% SC

殺蟲劑 Insecticide	施藥後時數 (hrs) after treatment	致死濃度 (ppm) Lethal concentration		稀釋倍數 (倍)* Dilution (X)	
		LC ₅₀	LC ₉₀	LC ₅₀	LC ₉₀
		Formetanate 20% SP	12	712.8	6,115.3
克凡派 Chlorfenapyr 10% SC	24	449.4	4,918.7	445.0	40.7
	48	223.3	1,335.1	895.7	149.8
	12	85.4	136.4	1,171.0	733.1
克凡派 Chlorfenapyr 10% SC	24	79.7	127.6	1,254.7	783.7
	48	63.7	143.6	1,569.9	696.4

* 為致死濃度推估作為無人植保機使用之稀釋倍數。

* Estimated dilution multiplier of lethal concentration for use by UAV.

二、蓮花小黃薊馬之田間防治試驗

蓮田於零星立葉生長時，黏紙上少量小黃薊馬發生，直至立葉期後第 3 週每區黏紙上小黃薊馬平均數量仍在 10 隻以下 (圖 2)。立葉期開始後第 5 週每區小黃薊馬密度分別為 CK 區 78.3 隻、A 區 60.1 隻、B 區 174.9 隻及 C 區 168.2 隻。小黃薊馬田間發生情形與陳與黃 (2022) 調查結果相似，小黃薊馬田間主要入侵時間為蓮花立葉期至開花期，且蓮花立葉期後 4 ~ 5 週後，小黃薊馬田間密度驟升，實為重點防治關鍵期^(12,13)。

本試驗於立葉期後第 6 週啟動防治作業，20% 覆滅蟎水溶性粉劑進行第一次防治，無人植保機防治之 A 區及 B 區效果優於人工防治之 C 區，小黃薊馬密度顯著低於 C 區

表 5. 不同防治處理下之小黃薊馬防治效果

Table 5. Efficacy of different control methods for the control of *S. dorsalis* Hood

	防治處理 Treatment	防治前 Pre-treatment	第一次防治 1st-treatment	第二次防治 2nd-treatment
小黃薊馬數量 / 每張黏紙 No. of thrips per yellow sticky paper	CK	78.3 ± 9.7b	426.7 ± 27.8b	103.6 ± 12.2b
	A	60.1 ± 10.3b	75.1 ± 7.4d	20.3 ± 2.4d
	B	174.9 ± 28.3a	207.4 ± 17.0c	44.3 ± 6.6c
	C	168.2 ± 17.4a	827.3 ± 56.5a	164.0 ± 13.0a
防治率 (%) Control rate (%)	A	—	77.1	74.5
	B	—	78.2	80.8
	C	—	9.8	26.3

同一欄平均值 (± 標準誤差) 後的字母相同代表經過 Fisher 的最小顯著差異性測驗無顯著差異。

Means (± SE) within a column followed by the same letter do not differ significantly by Fisher's protected LSD test (P = 0.05).

CK 不噴施防治藥劑；A 以無人機進行防治，小黃薊馬黏紙密度低；B 以無人機進行防治，小黃薊馬黏紙密度高；C 以人工進行防治，小黃薊馬黏紙密度高。

CK: No pesticides; A: Unmanned aerial vehicle (UAV), low *Scirtothrips dorsalis* Hood population density; B: Unmanned aerial vehicle (UAV), high *Scirtothrips dorsalis* Hood population density; C: Manual control, high *Scirtothrips dorsalis* Hood population density.

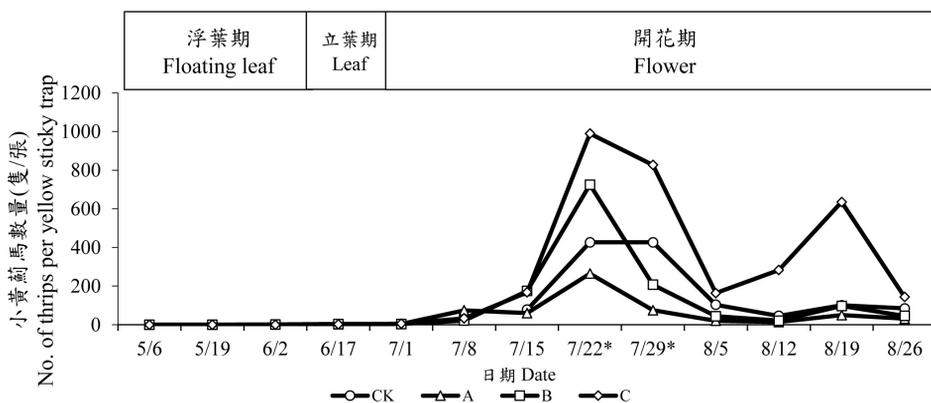


圖 2. 蓮田生長期及黏紙上小黃薊馬平均數量

Fig. 2. Population dynamic of *S. dorsalis* Hood on yellow sticky trap

* 為防治時間

CK 不噴施防治藥劑；A 以無人機進行防治，小黃薊馬黏紙密度低；B 以無人機進行防治，小黃薊馬黏紙密度高；C 以人工進行防治，小黃薊馬黏紙密度高。

* Control time

CK: No pesticides; A: Unmanned aerial vehicle (UAV), low *Scirtothrips dorsalis* Hood population density; B: Unmanned aerial vehicle (UAV), high *Scirtothrips dorsalis* Hood population density; C: Manual control, high *Scirtothrips dorsalis* Hood population density.

(表 5)，分別為 75.1 及 201.4 隻，防治率可達到 77.1% 及 78.2% (表 6、圖 3)，而人工防治方式區，小黃薊馬密度上升至 827.3 隻，防治率僅 9.8%。第二次防治後，四區小黃

薊馬密度皆下降，A 區及 B 區密度仍顯著低於 C 區，分別為 20.3 隻及 44.3 隻，防治率分別為 74.5% 及 80.8%；C 區密度則降至 164.0 隻，防治率僅 26.3%。兩次防治後第四週，A 區及 B 區密度仍維持平均 50 隻以下，C 區密度為 143.7 隻（圖 2）。結果顯示蓮花立葉期後 4 ~ 6 週以無人植保機進行小黃薊馬防治，與人工防治相較可維持較佳的防治效果。



圖 3. 噴藥車搭配人工拉管施藥 (左圖)，無人植保機施藥 (右圖)
Fig. 3. Manual control (Left), Unmanned aerial vehicle (UAV) (Right)

表 6. 噴霧試驗樣本霧粒沉積覆蓋率量測結果

Table 6. The results of the spray deposition coverage on water sensitive paper

日期 Date	噴藥方式 Spray machines	處理 treatment	水試紙位置 Position	霧滴覆蓋率 (%) Coverage (%)		霧滴數量 Number of droplets	
				最大值 Maximum	最小值 Minimum	最大值 Maximum	最小值 Minimum
7/22	UAV	A ^x	Surface	8.68	0.26	2,953	615
			Back	3.09	0.79	1,945	714
		B	Surface	10.60	0.70	3,931	551
			Back	6.58	0.15	1,831	274
	Manual	C	Surface	100.00	13.51	— ^y	1,554
			Back	100.00	0.02	—	157
7/29	UAV	A	Surface	7.60	0.18	4,431	109
			Back	5.98	0.16	3,362	243
		B	Surface	17.60	0.28	3,706	175
			Back	2.07	0.04	1,439	54
	Manual	C	Surface	100.00	100.00	—	—
			Back	100.00	0.01	—	13

^x A 以無人機進行防治，小黃薊馬黏紙密度低；B 以無人機進行防治，小黃薊馬黏紙密度高；C 以人工進行防治，小黃薊馬黏紙密度高。

^y 覆蓋率為 100%，無法計算霧滴數量。

^x A: Unmanned aerial vehicle (UAV), low *Scirtothrips dorsalis* Hood population density; B: Unmanned aerial vehicle (UAV), high *Scirtothrips dorsalis* Hood population density; C: Manual control, high *Scirtothrips dorsalis* Hood population density.

^y Coverage is 100% and the number of droplets cannot be calculated.

國內尚無相關運用無人植保機於田間進行防治薊馬之研究，主要均以壓力式拉管噴藥或背負式噴霧機進行藥劑防治薊馬成效評估。郝 (2017) 以人工方式噴施藥劑防治檸檬小黃薊馬，噴施兩次後，9.6% 益達胺溶液、15% 脫芬瑞水懸劑、50% 滅賜克可濕性粉劑、10% 克凡派水懸劑及 11.7% 賜諾特水懸劑等藥劑防治率皆達 90% 以上⁽⁷⁾。Vanisree 等人 (2017) 於青豆田中探討藥劑對小黃薊馬的防治效果，以賜諾殺、汰芬隆具 80% 以上的防治效果為最佳⁽²³⁾。

王等人 (2012) 以一般噴霧器及超微量噴霧機評估不同藥劑顆粒大小是否可增加薊馬的防治效果。無論採一般農藥噴灑器械，或利用超微量噴霧機等微量噴霧器械，噴施 11.6% 賜諾殺水懸劑兩次後，對洋桔梗小黃薊馬之防治率於 95% 以上⁽²⁾。由於蓮花小黃薊馬主要活動區域在蓮葉葉背，因此藥劑需接觸到葉背或是具系統移行性，方能達到理想的防治效果。農藥藥液霧滴粒徑大小、覆蓋密度等都有可能對藥效產生影響。袁與王 (2015) 研究指出小霧滴能顯著提高藥劑防治效果，粒徑 10 ~ 50 μm 的農藥霧滴適合防治飛行的害蟲，防治葉面爬行之害蟲幼蟲則適合採用 30 ~ 150 μm 的農藥霧滴⁽⁸⁾。而本次試驗所使用的無人植保機 TR8001 噴頭粒徑介於 100 ~ 136 μm ，適合用於防治小黃薊馬幼蟲。

另外，Chen 等人 (2020) 指出於水稻田區，無人植保機噴藥之霧滴覆蓋率會隨著霧滴粒徑變大而增加，而在粒徑 185.09 μm 時可達到最大的覆蓋率 38.13%⁽¹⁹⁾。而本次試驗中，無人植保機噴藥最多霧滴覆蓋率為 17.60% (表 6)，確實受到粒徑大小影響，而使霧滴覆蓋率不佳。另一方面，以距離田邊 0 至 5 公尺處，人工噴藥於葉面、葉背之霧滴覆蓋率皆顯著高於無人植保機噴藥，且皆 20% 以上，亦較距離 10 ~ 30 公尺高出許多。然而，霧滴覆蓋率於距離田邊 5 公尺以上時，皆為 7% 以下 (圖 4)。因人工噴藥僅沿著田埂周圍繞行進行防治，固定於田邊之水試紙大多直接受到人工噴藥之水柱噴濕，

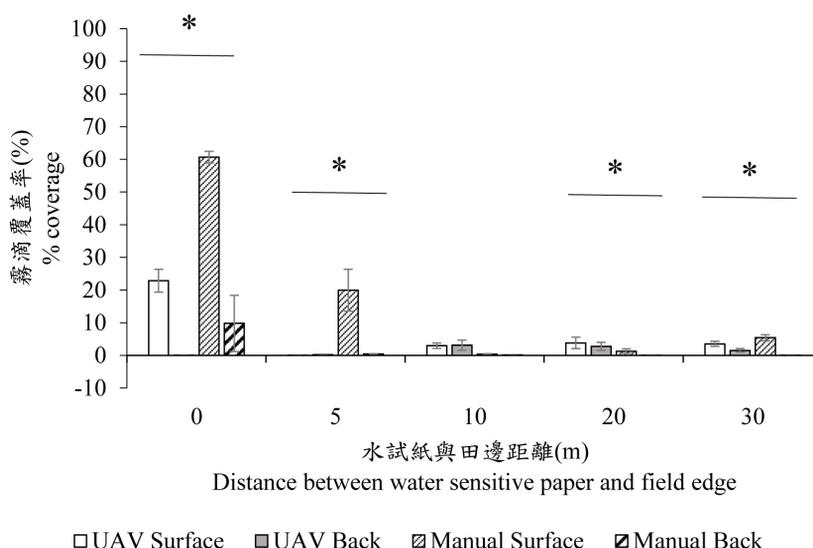


圖 4. 不同農藥噴施作業之霧滴覆蓋率。星號表示處理間具顯著意義 ($p < 0.05$)

Fig. 4. The spray deposition coverage on water sensitive paper by different pesticide spraying operation

* Indicates the significance of the difference by Fisher's protected LSD test ($P < 0.05$).

葉面與葉背霧滴覆蓋率相差甚多，顯示藥液較難噴灑至葉背；而無人植保機噴藥於距離田邊 10 公尺以上之葉面及葉背霧滴覆蓋率相近，藥劑覆蓋率較為均勻。又本試驗蓮田葉片高度較高（圖 3），以人工防治行走於田間進行噴藥工作時，噴藥水柱較難以到達田區中央，部分區域可能並未噴施到藥液，藥液分布不均導致防治效果不彰，且蓮花立葉期葉片生長快速，當初期生長的葉片發育長大後，會遮蔽下層新生嫩葉，而小黃薊馬大多喜歡分布於嫩葉，人工防治難以噴施到下層嫩葉，減少直接觸殺蟲體機會，為防治率較無人植保機噴藥低原因之一。

三、不同施藥方式效率與成本評估

本試驗高壓動力噴霧機（拉管）施藥面積為 0.17 公頃，施藥所需時間為 35 分鐘，平均每小時施藥面積為 0.3 公頃，若以工作 6 ~ 8 小時計算，每日工作面積為 1.8 ~ 2.4 公頃，用水量為 204 公升，平均每公頃用水量為 1,200 公升；無人植保機施藥面積為 1.4 分地，施藥所需時間為 5 分鐘，平均每小時施藥面積為 3.6 公頃，同樣以工作 6 ~ 8 小時計算，每日工作面積可達 21.6 ~ 28.8 公頃，用水量為 11.2 公升，平均每公頃用水量為 80 公升（表 7）。與高壓動力噴霧機（拉管）施藥所需工時相比亦至少縮短 50% 以上，此結果與周和葉 (2020) 研究結果相同⁽⁶⁾。

表 7. 不同農藥噴施作業類型及成本評估

Table 7. Different pesticide spraying operation types and cost assessment

農藥噴施作業類型 Pesticide spraying operation types	高壓動力噴霧機 High pressure sprayer	無人植保機 Unmanned aerial vehicle (UAV)
作業人數 (人) Number of workers	2	1
動力來源 Motivation	燃油 Fuel	鋰電池 Lithium-ion battery
藥桶容量 (公升) Tank volume (L)	1,000	10
用水量 (公升 / 公頃) Amount of water used (L/hectare)	1,200	80
平均作業效率 (公頃 / 每小時) Average operating efficiency (hectare/hr)	0.3	3.6
最高作業效率 / 日 (公頃) Maximum operating efficiency/day (hectare)	1.8 ~ 2.4	21.6 ~ 28.8
噴藥機械成本 (萬元 / 組或台) machine cost (ten thousand dollars/set)	4 ~ 6	30 ~ 50
不含藥劑代噴工資 (元 / 公頃) Payroll for spraying	1,800 ~ 3,000	2,000 ~ 3,000
操作者接觸藥液風險 Risk of exposure to pesticides	高 High	非常低 Low

無人植保機與高壓動力噴霧機(拉管)施藥方式相比較,雖然機械成本、操作門檻較高,但其作業人數需求較少、接觸藥劑風險低,且於株高較高之蓮田平均每公頃可減少用水量 93.3%,平均作業效率提升 91.7%,每日作業面積可增加 91.7%~95.4%。邱等人(1995)分析水稻傳統施藥方式,平均用水量為每公頃 670 公升,每日最高工作面積為 6.6~8.8 公頃⁽⁵⁾,推測水稻田不若蓮田般難以行走,噴施藥劑停留時間較短。寧和江(2019)比較平地茶園不同農藥噴施作業,高壓動力噴霧機(拉管)每公頃用水量為 1,000 公升,每日最高工作面積為 3 公頃;無人植保機每公頃用水量為 20~40 公升,每日最高工作面積為 9~12 公頃,無人植保機較高壓動力噴霧機(拉管)每公頃減少 97% 用水量,平均作業效率提升 56.7%,每日作業面積增加 71.4%⁽¹⁵⁾,與本試驗間之差異可能為飛行條件及目標作物不同所致。

結 論

綜合以上結果,蓮花小黃薊馬發生密度於 175 隻/黏紙以下時,以無人植保機防治蓮花小黃薊馬確實能達到成效,且防治成果明顯優於人工拉管噴藥方式。同時小黃薊馬密度低時進行防治,更能維持防治效果達到四週,顯示蓮田於立葉後四至六週之小黃薊馬發生初期,以無人植保機噴灑單位面積用藥量之 20% 覆滅蟎水溶性粉劑,能有效控制小黃薊馬密度且維持其藥劑效果。

致 謝

本研究感謝農業部 111 農科 -8.3.2- 南 -N1 計畫經費支持,農業部臺南區農業改良場植物保護研究室團隊執行小黃薊馬調查工作,嘉義大學林明瑩老師提供試驗建議與修改,一併致上衷心謝忱!

引用文獻

1. 王明、王希、何玲、史建苗、範勁松、鐘玲、袁會珠。2019。植保無人機低空低容量噴霧在茶園的霧滴沉積分佈及對茶小綠葉蟬的防治效果。植物保護 45(1): 62-68。
2. 王妃蟬、林大淵、王文哲、白桂芳。2012。中部地區洋桔梗害蟲發生情形及其小黃薊馬防治研究。臺中區農業改良場研究彙報 115: 13-22。
3. 王清玲、徐孟愉、楊清翰、簡裕玲。1999。殺蟲劑對蓮花上小黃薊馬(縷翅目:薊馬科)之毒效。臺灣昆蟲 19: 377-380。
4. 邱一中、林鳳琪、石憲宗、王清玲。2010。殺蟲劑對椗果小黃薊馬(*Scirtothrips dorsalis* Hood)(Thysanoptera: Thripidae)之毒效。臺灣農業研究 59(2): 134-141。
5. 邱銀珍、游俊明、吳文政、何新奇、施清田、鄭榮瑞、葉仲基、盛中德、王明茂。1995。水稻施藥機械的研究。臺灣省農業試驗所特刊第 52 號 p.12-18。
6. 周明儀、葉仲基。2020。使用無人飛行載具防治包心白菜害蟲之藥劑霧滴分佈、飄散距

- 離及藥效評估。農林學報 67(3)：207-214。
7. 郝秀花。2017。芒果小黃薊馬之田間族群變動及其藥劑防治。臺灣農業研究 66(4)：326-332。
 8. 袁會珠、王國賓。2015。霧滴大小和覆蓋密度與農藥防治效果的關係。植物保護 41(6)：9-16。
 9. 荀棟、張兢、何可佳、楊浩娜、劉洋、曹佳、周慶。2015。TH80-1 植保無人機施藥對水稻主要病蟲害的防治效果研究。湖南農業科學 8：39-42。
 10. 許如君。2023。農用藥劑分類及作用機制檢索第四版，行政院農委會動植物防疫檢疫局。127 頁。
 11. 陳文雄、陳昇寬、張煥英。2000。蓮花小黃薊馬之發生與緊急防治。臺南區農業改良場專訊 31：10-12。
 12. 陳盈丞、黃美靜。2022。蓮花小黃薊馬族群變動趨勢與防治時機之探討。臺南區農業改良場研究彙報 79：23-34。
 13. 陳盈丞、黃美靜。2022。小黃薊馬在蓮田之空間分布及其最適取樣數估算。臺南區農業改良場研究彙報 80：52-67。
 14. 農糧署農情報告資源網 http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp (下載日期：2023.06.01)。
 15. 寧方俞、江致民。2019。平地茶園導入農噴無人機之效益分析。茶業專訊 108：6-9。
 16. Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
 17. Chi, H. P-MS C: a Computer Program for Probit Analysis, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, <http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm> (2021).
 18. Contreras, J., Espinosa, P. J., Quinto, V., Grávalos, C., Fernández, E., and Bielza, P. 2008. Stability of insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis* to acrinathrin, formetanate and methiocarb. *Agricultural and Forest Entomology* 10(3): 273-278.
 19. Chen, S., Lan, Y., Zhou, Z., Ouyang, F., Wang, G., Huang, X., Deng, X. and Cheng, S., 2020. Effect of droplet size parameters on droplet deposition and drift of aerial spraying by using plant protection UAV. *Agronomy* 10(2): 195.
 20. Henderson, C. F. and Tilton, E. W. 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157-161.
 21. Rao C. N., George A., and Rahangadale S. 2019. Monitoring of resistance in field populations of *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) and *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) to commonly used insecticides in citrus in Central India. *Journal of Economic Entomology* 112(1): 324-28.
 22. Seal, D. R., Ciomperlik, M., Richards, M. L., and Klassen, W. 2006. Comparative effectiveness of chemical insecticides against the chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), on pepper and their compatibility with natural enemies. *Crop Protection* 25(9): 949-955.
 23. Vanisree, K., Upendhar, S., Rajasekhar, P., and Ramachandra Rao, G. 2017. Effect of newer insecticides against chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Hood). *Journal of entomology and zoology* 5(2): 277-284.

Study on the control of *Scirtothrips dorsalis* Hood by different pesticides and application methods¹

Chen, Y. C. and M. J. Huang²

Abstract

This study investigated the efficacy and lethal dose of insecticides for the control of chilli thrips *Scirtothrips dorsalis* Hood and the effect of different pesticide spraying methods on the control of *S. dorsalis*. The results of insecticides screening showed that the corrected mortality rate of the second instar larvae of *S. dorsalis* could reach more than 90% 48 hours after treatment by spraying with 11.7% Spinetoram SC, 2.5% Spinosad SC, 20% Formetanate SP, and 10% Chlorfenapyr SC, which were significantly more effective than any of the other testing insecticides. The LC₅₀ and LC₉₀ of 20% Formetanate SP were 223.3 ppm and 1335.1 ppm, respectively, while the LC₅₀ and LC₉₀ of 10% Chlorfenapyr SC were 63.7ppm and 143.6 ppm, respectively. The use of unmanned aerial vehicle (UAV) in the period of occurrence of *S. dorsalis* has a good control effect, obviously better than that of the manual application method, the control effect can reach 80.8%. At the same time, the number of workers required is less, the risk of exposure to pesticides is lower, and the average water consumption per hectare can be reduced by 93.3% in taller lotus fields, the average operating efficiency is increased by 91.7%, and the daily operating area can be increased by 91.7% to 95.4%.

What is already known on this subject?

The economic injury level (EIL) of the *Scirtothrips dorsalis* Hood was evaluated.

What are the new findings?

For the first time, the application by unmanned aerial vehicle (UAV) for the control of *Scirtothrips dorsalis* Hood control is reported.

What is the expected impact on this field?

To provide lotus farmers with improved control measures for *Scirtothrips dorsalis* Hood, and to recommend appropriate insecticides.

Key words: *Nelumbo nucifera* Gaertn, *Scirtothrips dorsalis* Hood, Insecticides, Management

Accepted for publication: March 8, 2024

1. Contribution No. 570 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Associate Researcher, Research Assistant, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.