

新殺蟲藥劑速殺氟對柑桔粉介殼蟲的藥效 與田間防治效果

林冠華*、黃大益

屏東縣長治鄉繁華村水源路100號(台灣道禮 屏東農業試驗站)

* 聯絡作者, E_mail: gglin@dow.com

摘要

林冠華、黃大益。2017。新殺蟲藥劑速殺氟對柑桔粉介殼蟲的藥效與田間防治效果。植物醫學 59(3): 27-30。

速殺氟 (Sulfoxaflor, Isoclast™ active) 為美商 Dow AgroSciences 新開發的殺蟲藥劑, 化學分類上屬於 sulfoximines, 在 IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) 殺蟲劑作用機制分類中, 是新的4C族群裡唯一的殺蟲劑。速殺氟作用機理不同於IRAC分類的 4A、4B 與 4D 族群的殺蟲劑, 且沒有交互抗性。速殺氟的藥效廣泛於多種刺吸式害蟲。在台灣, 柑桔粉介殼蟲 (citrus mealybugs, *Planococcus citri* Risso), 為柑桔作物常見之刺吸式害蟲, 發生於果實期時會對果實造成經濟上的損害。本研究以實驗室生物檢定量測速殺氟對於柑桔粉介殼蟲的半數致死濃度 (median lethal concentration, LC₅₀) 為1.018 ppm。於台南白河與台中東勢的田間試驗結果, 顯示速殺氟產品, 金適配50%水性分散粒劑, 於7500X的稀釋倍數, 對柑桔粉介殼蟲可達95%以上的防治效果, 且良好防治效果可長達施藥後21天。相對於台灣目前於柑桔作物上對柑桔粉介殼蟲登記推薦的大滅松、馬拉松與加福松等防治藥劑, 速殺氟是一個新且有效的防治藥劑, 同時還具有良好的動物與環境安全性。速殺氟新藥劑提供了柑桔粉介殼蟲防治的新選擇; 此外, 速殺氟的獨特與不同的作用機制, 也提供田間藥物輪用與抗藥性管理的新選擇。

關鍵詞: 速殺氟, 柑桔粉介殼蟲

緒言

速殺氟 (sulfoxaflor) 是美商Dow AgroSciences新開發的新型殺蟲劑, 在化學結構分類上屬於sulfoximines^(4, 5, 6), 是目前市面上第一個也是唯一的sulfoximine殺蟲劑。速殺氟在化學結構上的獨特性, 也展現在其作用機制上, 因此在殺蟲劑抗藥性行動委員會 (Insecticide Resistance Action Committee, IRAC) 的

殺蟲劑作用機制分類, 速殺氟被獨立歸為 4C 族群。速殺氟分子作用於尼古丁乙醯膽鹼受體 (nicotinic acetylcholine receptor, nAChRs)^(6, 7, 8), 然而其作用位點 (target subsite) 不同於IRAC分類為4A的新尼古丁類 (neonicotinoids)、以及其他4B 與 4D 的殺蟲劑。此外, 速殺氟與新尼古丁類以及其他殺蟲劑也沒有交互抗性的現象^(7, 8, 9), 顯示速殺氟在作用機制上的獨特性。速殺氟為一個可防治多種刺吸式害蟲的廣效性殺蟲劑, 對於蚜蟲, 粉介殼蟲, 介殼蟲, 葉蟬, 椿象、褐飛蟲, 粉蝨等刺吸式害蟲皆有良好的藥效與防治效果^(4, 5, 13)。速殺氟相對於其他登記藥劑, 可以以較低的使用量達到良好的防治效果, 進一步減少環境衝擊風險。國外研究報告顯示, 速殺氟對於棉花蚜蟲 (*Aphis gossypii* Glover) 的田間使用量為25 g a.i./ha, 優於其他常用藥劑如亞滅培 (acetamiprid) 於 25 g a.i./ha 的防治效果, 也優於雙特松 (dicrotophos) 於 560 g a.i./ha的田間使用量⁽⁵⁾。此外, 速殺氟具有良好的選擇性, 對於常見的捕食性益蟲 (如瓢蟲、草蛉、蜘蛛) 及寄生蜂的族群沒有顯著的影響^(10, 11)。速殺氟對於鳥類、魚類、高等動物毒性低, 其平均分解半衰期 (Dissipation time 50%, DT50), 於田間狀況約為4天, 於無光照土壤中約為1天^(10, 11), 對於環境衝擊風險低。速殺氟於台灣主要有兩個登記產品, 一為金適配® Transform®, 為50%水性分散粒劑 (water dispersible granule, WDG); 另一為好到陣® Closer®, 為21.8%水懸劑 (suspension concentrate, SC)。

柑桔粉介殼蟲 (citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso) 為一台灣柑桔作物常見之害蟲^(1, 2), 體型圓扁、體表被有白色粉狀蠟物質及蠟毛, 常發現密集於枝葉或果實^(1, 2, 12)。其發生與危害, 會影響柑桔作物 (如桶柑、檸檬等) 的果實品質。此外, 柑桔粉介殼蟲會排泄蜜露, 誘發煤煙病, 造成葉片捲縮生長不良^(1, 2, 12)。在田間防治上, 會加強著重於果實期的保護, 免於粉介殼蟲對於果實的侵擾與損害。在台灣, 目前柑桔作物上粉介殼蟲的防治, 植保手冊推薦的登記防治藥劑僅為有機磷類的加福松、馬拉松、及大滅松⁽³⁾。速殺氟於2017年於台灣完成登記並上市, 可以使用於柑桔粉介殼蟲防治。本研究以實驗室生物檢定方法以及田間藥效試驗, 試驗速殺氟對於柑桔粉介殼蟲的

藥效與防治效果。速殺氟為一新型殺蟲藥劑，相對於其他目前柑桔粉介殼蟲的防治藥劑 (大滅松、加福松與馬拉松)，提供了良好藥效以及各種更好的環境安全性的新選擇。速殺氟的獨特與不同的作用機制，也提供了田間藥物輪用與抗藥性管理的新選擇。

材料與方法

一、實驗室生物檢定方法

實驗室生物檢定方法，使用檸檬葉片，以葉片浸藥法測量速殺氟對於柑桔粉介殼蟲的藥效反應。柑桔粉介殼蟲採集自台南白河地區柑桔試驗田，以柑桔果實及南瓜果實維持於室內 (26°C, L:D = 14:10)。速殺氟原體 (Dow AgroSciences, USA) 溶解於0.025% Tween-20以備製200 ppm標準液，再以序列稀釋方式，逐一配製濃度100、10、1與0.1 ppm之試驗溶液。採集之新鮮檸檬葉片，以清水清洗並拭乾後，以浸葉法浸泡於備製之速殺氟溶液。無藥物處理的對照組，則浸葉於0.025% Tween-20溶液。浸葉處理之葉片於風乾後，置入90 mm培養皿 (培養皿底部置有一張濾紙)，並移入16隻二齡之柑桔粉介殼蟲。每一個試驗濃度備製三個重複 (三個培養皿)。試驗的培養皿放置於26°C, L:D = 14:10的生長箱，於試藥後三天，調查存活蟲數。半數致死劑量 (median lethal concentration, LC₅₀) 與百分之九十致死劑量LC₉₀，以probit analysis⁽¹⁴⁾ 計算之。

二、田間試驗

速殺氟對於柑桔粉介殼蟲的田間藥性評估與試驗，分別試驗於台南白河 (坐標為北23°18.252 東120°29.516) 與台中東勢 (坐標為北24°17.526 東120°46.417) 的兩個桶柑田區。試驗藥品為金適配® Transform® (速殺氟) 50%水性分散粒劑 (WDG)，試驗濃度為稀釋倍數7500倍、5000倍與3000倍；對照藥劑為大滅松，44%乳劑 (emulsifiable concentrate, EC)，試驗濃度為稀釋倍數1000倍；以及不施藥之空白對照組。每個處理六重複，每重複為一株柑桔樹。田區設計，採取完全隨機設計 (Completely Randomized Design)。由於柑桔粉介殼蟲喜好聚集於小果，因此施藥時機為小果期，於蟲害平均發生時，採取葉面及全株均勻噴施。施藥兩次，兩次間隔時間為七日。採樣與調查方法為每株柑桔樹取樣二十個有小果的枝條，計算每枝條上之蟲數 (稚蟲及成蟲併計)。調查時間為：施藥前一日 (1DBA1)，第一次施藥後七日 (7DAA1)，第二次施藥後七日 (7DAA2)、十四日 (14DAA2) 與二十一日 (21DAA2)。防治率計算，使用ARM (Agricultural Research Management, 2017 version, Gylling Data Management Inc.) 軟體之Henderson-Tilton 方法計算之。ANOVA with Tukey's HSD 之統計分析，使用ARM軟體計算之。

結 果

一、實驗室生物檢定方法

以實驗室生物檢定方式，測定速殺氟對於柑桔粉介殼蟲對於施藥後第三天的LC₅₀與LC₉₀。速殺氟的試驗濃度為100、10、1與0.1 ppm。生物檢定試驗結果所得的LC₅₀為1.018 ppm (95% CI: 0.663-1.563 ppm)，LC₉₀為15.220 ppm (95% CI: 9.913-23.368 ppm) (表一)。此結果顯示，速殺氟對於柑桔粉介殼蟲的有效劑量範圍與速效性。於實驗室條件下，速殺氟可以以約15 ppm的低濃度達到良好的防治效果 (>90%)。

表一、速殺氟對柑桔粉介殼蟲於施藥後三天的半數致死劑量LC₅₀與百分之九十致死劑量LC₉₀ (ppm)

TABLE 1. The LC₅₀ and LC₉₀ values (ppm) at 3 DAA of Sulfoxafloflor (Isoclast™ active) against citrus mealybugs

LC ₅₀ (95% CI)	LC ₉₀ (95% CI)	Slope ± SE	χ ² (df)	R ²	N
1.018 (0.663-1.563)	15.220 (9.913-23.368)	1.092±0.095	0.943 (10)	0.992	480

CI: confidence interval.

二、田間試驗

速殺氟對於柑桔粉介殼蟲的田間藥效與防治效果，試驗於台南白河與台中東勢兩個柑桔 (桶柑) 果園。施藥前各處理的調查之平均柑桔粉介殼蟲數目與標準偏差列示於表二。此結果顯示，施藥前的蟲數與族群密度，於不同試驗植株與處理的數量豐富且平均。速殺氟於第一次與第二次施藥後各個調查時間點的防治率，列示於表三。於台南白河與台中東勢的田間試驗結果顯示，金適配 (速殺氟) 50% WDG於稀釋倍數7500X 到3000X，在第一次噴藥後的第七天 (7DAA1)，均能達到90%以上的防治效果。相對於大滅松44% EC，於台南白河及台中東勢的試驗，僅有70%到80%的防治效果。於第二次噴藥後，速殺氟對於柑桔粉介殼蟲的防治效果，可以達到95%以上，並且持續至第二次噴藥後的第二十一日 (21DAA2)。大滅松的整體防治效果，則為 69.3% 到 83.8% 之間；唯獨台南白河的試驗於21DAA2防治效果下降至 57.8%。整體來說，金適配 (速殺氟) 50% WDG對於柑桔粉介殼蟲於田間的防治效果顯著優於推薦藥劑大滅松44%EC，且金適配 (速殺氟) 50% WDG稀釋倍數7500X於21DAA2仍可維持大於95%的防效達二十一天久。

討 論

本研究生物檢定結果顯示，速殺氟對於柑桔粉介殼蟲，具快速且有效的防治效果。更進一步的田間試驗，以速殺氟產品金適配50% WDG，於試驗稀釋倍數3000X - 7500X，進行兩次

表二、台南白河與台中東勢的柑桔粉介殼蟲各處理組於施藥前的蟲數與標準偏差

TABLE 2. Number and standard deviations of citrus mealybugs before field foliar spray among treatments in Baiho, Tainan and Dongshi, Taichung.

處理組別	蟲數±SD (六重複)	
	台南白河	台中東勢
A. 速殺氟50%WDG 稀釋倍數 7500X	420 ± 45	457 ± 200
B. 速殺氟50%WDG 稀釋倍數 5000X	663 ± 379	378 ± 129
C. 速殺氟50%WDG 稀釋倍數 3000X	598 ± 324	436 ± 193
D. 大滅松 44% EC 稀釋倍數 1000X	443 ± 165	358 ± 201
E. 空白對照組	701 ± 465	438 ± 244

表三、各試驗處理組別對台南白河與台中東勢柑桔粉介殼蟲的防治率(%)

TABLE 3. Percent control (%) against citrus mealybugs by treatments in Baiho, Tainan and Dongshi, Taichung.

試驗地	組別*	7DAA1	7DAA2	14DAA2	21DAA2
台南 白河	A	90.8 ± 2.3 a	97.7 ± 1.2 a	99.9 ± 0.1 a	97.5 ± 1.0 a
	B	95.4 ± 0.7 a	97.6 ± 1.2 a	99.2 ± 0.5 a	97.9 ± 1.4 a
	C	95.8 ± 1.3 a	99.4 ± 0.4 a	99.9 ± 0.1 a	99.3 ± 0.4 a
	D	81.7 ± 5.3 b	83.7 ± 4.8 b	83.8 ± 6.2 b	57.8 ± 12.6 b
	E	0 c	0 c	0 c	0 c
台中 東勢	A	96.6 ± 0.9 a	97.2 ± 0.7 a	98.5 ± 0.6 a	97.3 ± 0.7 a
	B	91.8 ± 3.0 a	96.2 ± 1.4 a	95.2 ± 1.7 a	98.5 ± 0.5 a
	C	96.9 ± 1.1 a	97.8 ± 0.9 a	97.3 ± 0.8 a	98.6 ± 0.4 a
	D	70.6 ± 10.8 b	69.3 ± 11.6 b	69.6 ± 12.3 b	82.7 ± 5.6 b
	E	0 c	0 c	0 c	0 c

* 組別: A. 速殺氟50%WDG 稀釋倍數 7500X, B. 速殺氟50%WDG 稀釋倍數 5000X, C. 速殺氟50%WDG 稀釋倍數 3000X, D. 大滅松 44% EC 稀釋倍數 1000X, E. 空白未處理組。7DAA1: 第一次噴藥後第七天; 7DAA2, 14DAA2, 21DAA2, 分別為第二次噴藥後第七、十四、二十一天。

** 數值後相同的英文小寫字母, 代表不同組別間沒有統計上的顯著差異 ($P < 0.05$, AOV with Tukey's HSD test)

間隔為七天的噴藥, 其田間防治效果皆高於95%。此外, 高於95%的田間防治效果, 可以持續到第二次噴藥後的21天。速殺氟對於柑桔粉介殼蟲的防治效果, 顯著優於試驗推薦藥劑大滅松44%EC。

速殺氟的平均分解半衰期 (DT_{50}) 於田間狀況約為4天^(10, 11)。因此, 田間試驗結果所觀察到的高於95%的田間防效, 長達到第二次噴藥後21天, 應該是綜合以下幾個關鍵因素: 金適配(速殺氟) 50% WDG的試驗劑量範圍, 在第一次與第二次噴藥後, 可以全面清除試驗田區的柑桔粉介殼蟲族群(高於95%防治率), 因此減少柑桔粉介殼蟲復發的機會, 也延長復發與顯著危害所需要的時間。此外柑桔粉介殼蟲於大面積田區的擴散與散佈相對於緩慢, 也因此使得良好防治效果得以持續長

久。總結來說, 速殺氟於田間對於柑桔粉介殼蟲的優良的藥效與效率, 可以減少不必要的藥劑過量與過度使用, 進一步減少不必要的環境衝擊。

台灣目前於柑桔作物對柑桔粉介殼蟲的防治登記推薦藥劑, 除了新完成登記與上市的速殺氟外, 尚有大滅松、加福松與馬拉松。大滅松、加福松與馬拉松, 皆為有機磷類(organophosphates), 其在IRAC殺蟲劑作用機制上的分類, 皆屬於1B, 作用於乙醯膽鹼酯酶(acetylcholinesterase)。大滅松、加福松與馬拉松的推薦使用量, 植保手冊建議約為每公頃 1.7 - 2.5 公斤⁽³⁾。速殺氟為一個完全不同的新型殺蟲劑^(4, 6, 7), 在IRAC殺蟲劑作用機制上的分類屬於4C, 植保手冊推薦使用量約為每公頃0.1-0.2公斤⁽³⁾。相對於大滅松、加福松與馬拉松, 速殺氟具有使用量少, 分解半衰期短, 對於鳥類、魚類、高等動物毒性低, 對於常見的捕食性益蟲(如瓢蟲、草蛉、蜘蛛)及寄生蜂的族群沒有顯著的影響等優點^(10, 11)。速殺氟新藥劑對於柑桔粉介殼蟲於柑桔作物上的防治與管理, 提供了更有效率以及兼顧各種環境安全性的新選擇。此外, 速殺氟的獨特與不同的作用機制^(6, 7), 對於原本僅有的有機磷類推薦藥劑, 也提供田間防治藥物輪用與抗藥性管理的新選擇。

引用文獻

1. 陶家駒。1963。危害柑桔枝葉及果實枝粉介殼蟲類。植保會刊 5(3):304-312。
2. 羅幹成和邱瑞珍。1986。臺灣柑橘害蟲及其天敵圖說。農業試驗所特刊(20)。行政院農業委員會農業試驗所。
3. 費雯綺, 王喻其, 陳富翔, 林曉民和李貽華。2016。植物保護手冊。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。
4. Zhu, Y., Loso, M. R., Watson, G. B., Sparks, T. C., Rogers, R. B., Huang, J. X., Gerwick, B. C., Babcock, J. M., Kelley, D., Hegde, V. B., Nugent, B. M., Renga, J. M., Denholm, I., Gorman, K., DeBoer, G. J., Hasler, J., Meade, T., and Thomas, J. D. 2011. Discovery and characterization of sulfoxaflor, a novel insecticide targeting sap-feeding pests. *J. Agric. Food Chem.*, 59(7): 2950-2957.
5. Babcock, J. M., Gerwick, C. B., Huang, J. X., Loso, M. R., Nakamura, G., Nolting, S. P., Rogers, R. B., Sparks, T. C., Thomas, J., Watson, G. B. and Zhu, Y. 2011. Biological characterization of sulfoxaflor, a novel insecticide. *Pest Manag. Sci.* 67: 328 - 334.
6. Watson, G. B., M. R. Loso, J. M. Babcock, J. M. Hasler, T. J. Letherer, C. D. Young, Y. Zhu, J. E. Casida, and T. C. Sparks. 2011. Novel nicotinic action of the sulfoximine insecticide sulfoxaflor. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41: 432 - 439.

7. Sparks, T. C., Watson, G. B., Loso, M. R., Geng, C., Babcock, J. M., and Thomas, J. D. 2013. Sulfoxaflor and the sulfoximines insecticides: Chemistry, mode of action and basis for efficacy on resistant insects. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 107:1-7.
8. Perry, T., J. Q. Chan, P. Batterham, G. B. Watson, C. Geng, and T. C. Sparks. 2012. Effects of mutations in the Drosophila nicotinic acetylcholine receptor subunits on sensitivity to insecticides targeting nicotinic acetylcholine receptors. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 102: 56 – 60.
9. Longhurst, C. L., J. M. Babcock, I. Denholm, K. Gorman, J. D. Thomas, and T. C. Sparks. 2012. Cross-resistance relationships of the sulfoximine insecticide sulfoxaflor with neonicotinoid and other insecticides in the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Pest Management Science* 69: 809 – 813.
10. Sulfoxaflor: New Active Ingredient. 2010. Environment Protection Agency. Docket ID: EPA-HQ-OPP-2010-0889.
11. Isoclast™ active technical bulletin. 2010. Dow AgroSciences LLC.
12. Morandi, W. J., Gruetzmacher, A. D., Botton, M., and Bertin, A. 2008. Biology and fertility life table of *Planococcus citri* in different vegetative structures of grape cultivars. *Pesqui. Agropec. Bras.* 43: 941-947.
13. Sparks T.C., Loso M.R., Watson G.B., Wang N.X., Buysse A.M., Nugent, B.M., Kramer V., and Gomez L.E, 2017, Sulfoximine Insecticides: Sulfoxaflor, In *Modern Crop Protection Compounds*. Vol. 3, 3rd ed. (P. Jeschke, M. Witschel, W. Kramer, U. Schrimmer, eds.), Wiley-VCH, New York, In press.
14. Finney, D. J. 1952. Probit Analysis (2nd Ed). *Journal of the Institute of Actuaries*, 78(3): 388-390.

ABSTRACT

Lin, G. H. and Huang, T. I. 2017. Laboratory study and field efficacy of novel insecticide, Isoclast™ active (Sulfoxaflor), against citrus mealybugs (*Planococcus citri* Risso). *J. Plant Med.* 59(3): 27-30.

Isoclast™ active (Sulfoxaflor) is a novel insecticide developed by Dow AgroSciences LLC, USA. Isoclast™ active belongs to the chemical class of sulfoximines. In IRAC's MoA classification, Isoclast™ active is a unique insecticide in the 4C sub group. It is different from insecticides in 4A, 4B, and 4D sub groups and shows no cross-resistance to these chemicals. Isoclast™ active is effective in controlling various types of sap-feeding insects including whiteflies, aphids, hoppers, scales, and mealybugs. In Taiwan,

citrus mealybugs (*Planococcus citri* Risso) is a common insect pest in citrus crops. Citrus mealybugs commonly occur during the fruiting stage and result in significant injury in fruit as well as on citrus plants. In this study, lab bioassays were conducted to obtain the median lethal concentration (LC₅₀) of Isoclast™ active against citrus mealybugs, resulting in LC₅₀ values of 1.018 ppm. Field efficacy trials in Baiho, Tainan, and Dongshi, Taichung, showed 7500- fold dilution of Transform[®] insecticide product with Isoclast™ active (Sulfoxaflor) 50%WDG resulted in >95% control against citrus mealybugs and lasted up to 21 days. Currently in Taiwan, dimethoate, malathion, and isoxathion are the only registered insecticides for citrus mealybugs control in citrus crops, in addition to the newly launched Isoclast™ active. Isoclast™ active is a new insecticide with effective and excellent performance against citrus mealybugs and strong safety profiles in mammals and for the environment compared with other registered insecticides. Isoclast™ active is a new option and choice for citrus mealybug control and its unique MoA adds a new insecticide to the chemical rotation program for the management of insecticide resistance.

Keywords: sulfoxaflor, citrus mealybugs