

三種重要葉蟎之抗藥性研究回顧

王順成¹、林明瑩²、謝再添³、鄭莉蓉¹、吳芳儀¹、何琦琛^{1*}

¹ 朝陽科技大學 41349 台中市霧峰區吉峰東路 168 號

² 農委會台南區農業改良場 71246 台南市新化區牧場 70 號

³ 農委會農業藥物毒物試驗所 41358 台中市霧峰區舊正里光明路 11 號

摘 要

二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch)、神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) 和柑橘葉蟎 (*Panonychus citri* (McGregor)) 是世界性危害經濟作物之重要害蟎。本文針對此三種重要害蟎之國內外抗藥性之研究，作一綜合性回顧，並引申對未來國內害蟎抗藥性研究及管理做前瞻性之具體建議。由國外抗藥性之研究知悉，二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 是所有葉蟎中抗藥性報告最多的重要經濟害蟎，目前已知對大克蟎 (Dicofol)、三亞蟎 (Amitraz)、有機錫類殺蟎劑 (代表藥劑如芬佈賜 (Fenbutatin-oxide) 或錫蟎丹 (Cyhexatin)、毆蟎多 (Propargite)、合成除蟲菊劑 (代表藥劑如芬普寧 (Fenpropathrin) 或畢芬寧 (Bifenthrin)、合賽多 (Hexythiazox)、克芬蟎 (Clofentezine)、阿巴汀 (Abamectin) 及粒線體電子傳遞抑制劑 (代表藥劑如畢達本 (Pyridaben))、得芬瑞 (Tebufenpyrad)、芬殺蟎 (Fenazaquin) 和芬普蟎 (Fenpyroximate) 等藥劑於不同國家中均已有抗藥性報告產生；神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) 之抗藥性報告以日本茶樹上最多，目前已知該害蟎對合賽多、依殺蟎 (Etoxazole)、得芬瑞、芬普蟎及畢達本已有抗藥性情形發生；至於柑橘葉蟎 (*Panonychus citri* (McGregor)) 抗藥性資料則包括在中國及日本地區柑桔樹發現該害蟎對阿巴汀、芬普寧、合賽多、畢達本、賜派芬 (Spirodiclofen) 及大克蟎等殺蟎劑產生抗藥性。國內有關蟎類之抗藥性研究報告較少，已知二點葉蟎對有

* 通訊作者: E-mail: mto2005 @ yahoo.com.tw

機磷劑、有機錫類殺蟎劑、得芬瑞、密滅汀 (Milbemectin) 及新殺蟎 (Bromopropylate) 抗藥性較高；國內之神澤氏葉蟎則對有機磷，依殺蟎、畢芬寧等除蟲菊藥劑及得芬瑞藥劑抗藥性較高；至於柑橘葉蟎國內之抗藥性資料顯示對有機磷劑、有機錫類殺蟎劑及得芬瑞有較高抗藥性。。

關鍵詞：二點葉蟎、神澤氏葉蟎、柑橘葉蟎、抗藥性

前 言

近 10 年來作物葉蟎類於經濟上愈趨重要，主要於其為害作物範圍日漸擴大，且其對防治之藥劑極易產生抗藥性。葉蟎之快速產生抗藥性之原因，在於葉蟎個體小又具高繁殖潛能及生活史短，在高頻率及高劑量殺蟎劑之使用下，長期曝露於高選汰壓力，促使對藥劑敏感之葉蟎族群迅速被淘汰，抗藥性的個體迅速繁殖取代敏感之蟎類族群，造成葉蟎對藥劑之嚴重抗藥性。國外有關蟎類抗藥性之研究報告較為完整且多樣化，而國內對於蟎類研究，因投入之研究之專家不多，因此有關之研究報告相形稀少，這對國內害蟎之防治，形成極大之壓力，這是本國有關抗藥性研究中，極待平衡發展及重視的。

本文主要著重於國內、外最重要三種害蟎：二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch)、神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida)、柑橘葉蟎 (*Panonychus citri* (McGregor)) 對殺蟎劑之抗藥性研究現況，其中包括抗藥性的發生、監測、抗藥性機制與抗藥性管理策略等，另外提出緩和抗藥性發生之建議，期望在未來能結合管理單位 (政府)、農藥販售商 (業者) 及生產者 (農友) 三方共同努力控制葉蟎之為害，為國內農業的作物保護創造三贏之局面。

國外二點葉蟎抗藥性研究

二點葉蟎被發現具抗藥性而使防治藥劑-巴拉松(Parathion)無效之案例首先發生在美國及歐洲 (Helle, 1962)，最近更多藥劑因二點葉蟎抗藥性而在田間防治失敗之例，如：合賽多、阿巴汀及克芬蟎 (Cranham & Helle, 1985; Beers *et al.*, 1998; Herron *et al.*, 1993; Campos *et al.*, 1995, 1996)；而在世界各地陸續發生有關二點葉蟎對大克蟎、三亞蟎、毆蟎多、芬佈賜、芬殺蟎、得芬瑞、畢達本及芬普蟎等殺蟎劑產生抗藥性之研究報告 (Croft and Ven de Bann, 1988; Nauen *et al.*, 2001; Devine *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004)；在韓國田間採集各種作物上之二點葉蟎作其抗藥性監測，發現該害蟎對芬普蟎 (抗性比 182)、大克蟎 (抗性比 82)、及畢達本 (抗性比 78) 具高度抗藥性，但對於阿巴汀、芬普寧及毆蟎多之抗藥性低，其抗性比值(Resistance ratio, RR)分別是 6.5, 9.1 及 6.5 (Cho *et al.*, 1995)；研究人員在韓國蘋果園以 12 種殺蟎劑測試與調查二點葉蟎之抗藥性，結果發現有些地區品系對得芬瑞、畢芬寧與芬殺蟎具明顯抗藥性，其抗性比 (RR) 值分別是 154.6, 75.1 及 55，顯示田間蘋果上二點葉蟎對粒線體電子傳遞抑制類殺蟎劑與合成除蟲菊類殺蟎劑，已具抗藥性 (Koh *et al.*, 2009)。另外二點葉蟎亦可藉由交互抗性 (Cross resistance) 快速對較新或未接觸過之殺蟎劑產生抗藥性，例如英國研究人員曾在蛇麻草 (Hops) 採集到被得芬瑞短時間接觸過之二點葉蟎於實驗室內發現其對同類殺蟎劑如畢達本 (抗性比 346)、芬殺蟎 (抗性比 168) 及芬普蟎 (抗性比 77) 之抗藥性強 (Gorman *et al.*, 2001)。交互抗性經常被建議定義為藥劑被解毒代謝之機制相同之故，例如抗大克蟎之二點葉蟎對於三亞蟎具高度之交互抗性 (Fergusson-Kolmes *et al.*, 1991)。另有研究指出抗大克蟎之二點葉蟎品系對新殺蟎、三亞蟎具中強度之交互抗性，但對陶斯松 (Chlorpyrifos) 則具負的交互抗性，因陶斯松對抗大克蟎品系之毒性遠高於敏感品系 (Hatano *et al.*, 1992)。韓國研究人員篩選 20 代之抗芬普蟎品系，結果發現對阿納寧 (Acrinathrin) (抗性比 196)、西脫蟎 (Benzoximate) (抗性比 55)、毆蟎多 (抗性比 64) 具高度交互抗性，但對阿巴汀、芬普寧、畢達本及得芬瑞則具中度交互抗性，而對克凡派、密滅汀、新殺蟎、芬殺蟎及大克蟎則交互抗性低 (Kim *et al.*, 2004)。至於二點葉蟎在田間或溫室對有機磷殺蟎劑

產生抗藥性之報導則超過 40 個國家 (Georghiou & Lagunes-Tejeda, 1991)。

二點葉蟎對有機磷殺蟎劑之抗藥性機制主要有兩種學說：第一種主張抗藥性主要是因目標作用位置敏感度降低之故，持此一理論學說為有機磷抗藥性之機制者有荷蘭、德國、美國、紐西蘭、以色列及埃及等國家之科學家報導過 (Smitsaert, 1964; Ballantyne & Harrison, 1967; Craham & Helle, 1985; Tag El-Din, 1990)，第二種理論學說則認為係透過體內解毒酵素 (如梭酸酶及磷酸酶) 活性之增加，促使有機磷劑在體內可快速被降解而代謝出體外以解毒；至於二點葉蟎對阿巴汀之抗藥性機制則屬多因子控制，Stumpf & Nauen (2002) 指出抗阿巴汀之葉蟎體內至少可檢測到兩種酵素 (分別是梭酸轉化酶及氧化酵素 P450) 之活性偏高。

國外神澤氏葉蟎之抗藥性究

1982 年日本在茶園上發現神澤氏葉蟎對有機磷與氨基甲酸鹽類殺蟎劑產生抗藥性，而其產生之原因在於該類害蟎體內對藥劑作用標的-乙醯膽鹼酯酶 (Acetylcholinesterase) 鈍化之故 (Kuwahara, 1982)。依殺蟎與合賽多 (Hexythiazox) 同屬於抑制生長激素之蟎生長調節劑，1994 年在日本針對神澤氏葉蟎與柑橘葉蟎抗合賽多品系之藥效試驗，結果發現抗合賽多對依殺蟎之感受性反應品系間，RR 值差異從 10 至 500 倍不等，顯示抗合賽多品系對依殺蟎具交互抗性傾向 (Ishida *et al.*, 1994)。1998 年同樣在日本茶樹上，神澤氏葉蟎被發現對甫於 1991 與 1992 年上市之三種殺蟎劑-得芬瑞、芬普蟎及畢達本已然產生抗藥性，其抗性比值分別為 97、1265 及 134 (Goka, 1998)；同樣在日本亦發現茶園神澤氏葉蟎對錫蟎丹 (Cyhexatin) (一種有機錫類殺蟎劑) 產生抗藥性之現象 (Mizutani *et al.*, 1988)

國外柑橘葉蟎之抗藥性研究

日本於 1979 年柑橘園已有柑橘葉蟎對大克蟎產生抗藥性之紀錄 (Inoue, 1979)，其後於 1995 年又有柑橘葉蟎對合賽多亦產生抗藥性之

報導 (Yamamoto *et al.*, 1995)。最近中國研究人員採集來自不同柑橘果園中之六個柑橘葉蟎品系，作為監測該害蟎是否對賜派芬、阿巴汀、合賽多、芬普寧及畢達本等 5 種殺蟎劑產生抗藥性，結果顯示有兩個品系對賜派芬與合賽多抗性比高於 40，三個品系對芬普寧抗性比高於 40，四個品系對阿巴汀抗性比高於 40，而所有調查品系對畢達本之抗性比均高於 40，由此顯示柑橘葉蟎對上述五種殺蟎劑都已發展出具抗藥性之品系 (Hu *et al.*, 2010)。

國內二點葉蟎抗藥性研究

二點葉蟎在 1970 年代入侵台灣 (Ho, 1988)，它的抗藥性報導出現在 1980 年代。1970 年代出現的抗藥性報導是對截形葉蟎 (*Tetranychus truncatus* Ehara)、神澤氏葉蟎和柑橘葉蟎的研究。Lo and Chao (1976) 以葉浸法偵測截形葉蟎對 Keltane, Chlorobenzilate, Smite, Morestan, Omite, Phosdrin, Phosvel, Citrazon, Nisson 等藥劑抗藥性，所得結果發現僅麻豆品系之截形葉蟎對 Phosvel 之抗藥性 RR_1 及 RR_2 高達 28.3 及 13.1，麻豆品系之截形葉蟎對 Morestan 之抗藥性 RR_1 高達 12.6 外，截形葉蟎對其他藥劑之抗藥性均不高 (表一)。

1980 年代，田間已發現殺蟎劑對二點葉蟎藥效不佳，Wu *et al.* (1985) 進行二點葉蟎對有機磷殺蟎劑之抗藥性研究，發現二點葉蟎對 Ethion、Prothoate、Dialifor 已有強之抗藥性，而二點葉蟎對另 14 種殺蟎劑之抗藥性研究發現，二點葉蟎對其中 Formetanate、Cyhexatin 及 Fenbutatin-oxide 三種藥劑其抗性比值大於 11 倍以上，其他供試藥劑之抗藥性均為不明顯 (表二)。

1990 年代有關之研究增加，台中改良場研究人員曾以 13 種及 17 種殺蟎劑進行對玫瑰與菊花上二點葉蟎，成、若蟎及卵之藥劑測定，結果顯示對成、若蟎藥效在 60% 以下者藥劑包括 50% Fenbutatinoxid WP 及 38% Dienochlor F，對卵藥效在 60% 以下者包括 50% Fenbutatinoxide WP (Liu and Wang, 1993)。1991~1993 所進行的 12 種殺蟎劑對為害經濟植物之二點葉蟎之室內毒效測試，顯示 50% Omethoate SL、46.5% Ethion EC、2.8% Cyhalothrin EC、20% Benzoximate EC、25% Bromopyopylate

表一、九種殺蟎劑以葉浸法處理對四種品系截形葉蟎之毒性

Table 1. Toxicity of nine acaricides to four strains of *Tetranychus truncatus* by leaf dipping method.

Insecticide	RR ₁				RR ₂			
	Matou	Hsinpu	Sueiyu	Chubei	Matou	Hsinpu	Sueiyu	Chubei
Kelthane	0.4	0.5	2.4	4.6	0.2	0.5	2.0	7.6
Chlorobenzilate	3.4	-	2.2	1.1	3.5	-	2.7	1.4
Smite	2.2	0.7	0.8	-	2.7	0.4	1.7	-
Morestan	7.2	0.7	2.1	-	12.6	3.4	1.3	-
Omite	2.3	3.9	-	-	9.3	2.0	-	-
Phosdrin	-	-	-	-	-	-	-	-
Phosvel	28.3	-	-	-	13.1	-	-	-
Citrazon	4.1	-	-	-	3.1	-	-	-
Nisson	-	-	-	-	-	-	-	-

Resistant ratio (RR) calculated from the data of Lo and Chao (1976)

$$RR_1 = \frac{LC_{50} \text{ of field strain}}{LC_{50} \text{ of reference strain}}$$

$$RR_2 = \frac{LC_{90} \text{ of field strain}}{LC_{90} \text{ of reference strain}}$$

EC、35% Fenothiocarb EC 及 35% Venthene WP 對採自不同地點不同作物之各二點葉蟎族群之毒殺效果均差，推廣濃度 4 倍劑量下的死亡率也低於 50% (Ho *et al.*, 1995)。1997 年研究玫瑰害蟎種類及防治中，發現 2.8% Bifenthrin EC 及 38% Dienochlor F 在田間防治二點葉蟎效果不佳。室內測室毒性，Bifenthrin、Fenpropathrin、Fenbutatinoxide 及 Clofentesine 之 LC₉₀ 也高出推廣濃度 1.8-3.7 倍 (Wang *et al.*, 1997)。長久以來，二點葉蟎即以缺乏有效防治藥劑而著稱，以上之研究結果均確認此一狀況，並顯示田間二點葉蟎已對殺蟎劑產生抗藥性。

由於殺蟎劑對二點葉蟎防治效果不佳之訊息頻傳，農民對有效藥劑需求呼聲高漲，筆者等為尋求可用之藥劑，於 2009~2011 年針對台灣常用八種殺蟎劑 1% 密滅汀 (Milbemectin) 乳劑、2.8% 畢芬寧 (Bifenthrin) 乳劑、5% 賽滅寧 (Cypermethrin) 乳劑、2.8% 賽洛寧 (Cyhalothrin)

表二、兩種不同品系之二點葉蟎對不同殺蟎劑之抗藥性比

Table 2. Resistant ratio of two strains of *Tetranychus urticae* to acaricides

Acaricide	LC ₅₀		Resistant ratio
	TARI	TAHU	
Dicofol	0.24	1.33	5.5
Benzomate	1.16	4.93	4.3
Chloropropylate	0.21	0.33	1.8
Binapacryl	0.041	0.22	5.4
Formetanate	0.0062	0.068	11
Dinobuton	0.023	0.059	2.6
Nissol	0.71	1.02	1.4
Smite	0.29	2.0	6.9
Propargite	0.35	2.27	6.5
Oxythioquinox	0.58	1.01	1.7
Bromopropylate	0.21	0.26	1.2
Cyclohexatin	0.89	>16	>18
Azocyclotin	0.47	1.63	3.5
Fenbutatin-oxide	0.56	>10	17.9

Data cited from Wu *et al.* (1985)

TARI: Susceptible strain of Taiwan Agricultural Research Institute

TAHU: Field strain collected from Tahu, Miaoli County.

Resistant ratio = LC₅₀ of TAHU strain / LC₅₀ of TARI strain

乳劑、2.5% 新殺蟎 (Bromopropylate) 乳劑、10% 克凡派 (Chlorfenapyr) 水懸劑、30% 賜派芬 (Spirodiclofen) 水懸劑、10% 得芬瑞 (Tebufenpyrad) 可濕性粉劑測試其對二點葉蟎之藥效及抗藥性，結果顯示二點葉蟎對得芬瑞 (RR₁ 及 RR₂ 為 131.0 及 34.8)、密滅汀及新殺蟎等三種藥劑較易產生抗藥性 (表三)。

表三、2011 對年三種葉蟎對不同殺蟎劑之抗藥性比

Table 3. The resistance ratio of three spider mites collected from different area on 2011 in Taiwan.

Species	TU		TK		PC	
	RR ₁	RR ₂	RR ₁	RR ₂	RR ₁	RR ₂
Acaricides						
1% Milbemectin EC	30.9	23.5	1.4	1.4	4.4	12.0
2.8% Bifenthrin EC	3.0	1.7	6.5	11.5	1.3	1.0
5% Cypermethrin EC	1.1	1.8	7.4	14.0	-	-
2.8% Cyhalothrin EC	-	-	4.8	12.5	-	-
2.5% Bromopropylate EC	33.2	10.1	2.4	3.9	-	-
10% Chlorfenapyr SC	9.2	1.4	5.2	1.5	2.5	8.5
30% Spirodiclofen SC	4.2	7.3	2.6	3.3	2.0	2.5
10% Tebufenpyrad WP	131.0	34.8	-	-	3.8	17.5

TU: *Tetranychus urticae*, TK: *Tetranychus kanzawai*, PC: *Panonychus citri*

See table 1 for RR₁ and RR₂

國內神澤氏葉蟎之抗藥性究

神澤氏葉蟎被正式記錄於台灣為 1969 年 (Ho, 1988)。Lo and Chao (1976) 研究顯示神澤氏葉蟎對 50% Malathion EC 已有相當高之抗藥性，LC₅₀ 及 LC₉₅ 分別為 1500ppm 及 6700ppm。

Wang and Liu (1993) 探討 14 種藥劑對玫瑰上神澤氏葉蟎之毒效，其中除 5% Polo WP 外，其他藥劑如 42% Dicofol EC 及 38.5% Dienochlor F、50% Formetanate SP 對田中品系神澤氏葉蟎效果均不佳，而 25% Azocyclotin WP 及 50% Formetanate SP 在大村品系神澤氏葉蟎效果不佳；除畢芬寧外，所有藥劑對蟎卵效果均不佳，另外試驗 15 種殺蟎劑對唐菖蒲上神澤氏葉蟎之毒效，其中 50% Dienochlor WP、46.5% Ethion EC 效果不佳。Ho *et al.* (1995) 於 1991~1993 進行 12 種殺蟎劑對採自不同地點農作物上之 4 個神澤氏葉蟎品系毒效測試，46.5% Ethion EC、20% Benzoximate EC、35% Fenothiocarb EC 及 50% Fenbutatin-oxide WP 之毒效均不佳；提高劑量至推廣濃度之 4 倍後，絕大多數之死亡率

均提升至 90% 以上，顯示抗藥性仍不強。王文哲等人研究玫瑰害蟎種類及防治中，發現 Bifenthrin、Fenpropathrin、Fenbutatin-oxide、Clofentezine 對神澤氏葉蟎低抗藥性，Amitraz 可完全防治神澤氏葉蟎。2.8% Bifenthrin EC 及 38% Dienodlor F 防治神澤氏葉蟎之防治效果佳 (Wang *et al.*,1997)。2005 年對為害木瓜的神澤氏葉蟎之研究發現殺蟎劑中 1% Milbemectin EC 及 5% Halfenprox CS 對神澤氏葉蟎藥效佳，但 10% Etoxazole SC、42% Clofentezine SC 及 18.3% Fenazaquin SC 對神澤氏葉蟎效果不佳(Lu and Wang, 2005)。2009~2011 年筆者等針對台灣常用之八種殺蟎劑測試對神澤氏葉蟎之藥效及抗藥性，結果顯示神澤氏葉蟎對畢芬寧、賽滅寧、賽洛寧及得芬瑞抗藥性較高。(表三)

國內柑橘葉蟎之抗藥性研究

柑橘葉蟎首由 Tao (1959)注意到其為害臺灣害柑橘，並篩選可用以防治之藥劑，Tao and Chiu (1960)將夏油與馬拉松混合使用於柑橘春芽萌發前噴灑，可有效防治柑橘葉蟎與褐圓介殼蟲。但 Tao and Cheng (1963)以不同殺蟎劑進行柑橘葉蟎之防治試驗，已有部份藥劑無法防治柑橘葉蟎。Cheng (1966)亦提及部份農用藥劑使用會使柑橘葉蟎更加嚴重，柑橘葉蟎似對藥劑產生抵抗之情形。但對於抗藥性之研究均尚未開始，在台灣對柑橘葉蟎抗藥性之研究至 1970 年代之後才出現。Lo and Chao (1976)以 Kelthane、Chlorobenzilate、Smite、Nissol 及 Malathion 等 5 種藥劑，測試對室內飼養品系 (非敏感品系，TAR1a)、新埔品系及農試所園藝系網室品系(TAR1b)等 3 個品系之柑橘葉蟎之毒效。5 種藥劑中，柑橘葉蟎之相對抗性比(Relative Resistance ratio, RRR)以新埔品系為比較基礎，Chlorobenzilate 12.8 及 21.2，Nissol 藥劑之 6.8 及 6.4 倍次之，其餘藥劑相對抗藥性比未測出或低 (表四)。

Wu and Lo (1987)以合賽多 (10% Hexythiazox WP)、愛殺松 (46.5% Ethion EC)、飛克松 (40% Prothoate EC、得拉松 (47% Dialifos EC)、錫蟎丹 (50% Cyhexatin WP 及 50% FP)、亞環錫 (25% Azocyclotin WP)、西脫蟎 (20% Benzoximate EC)、克氣蟎 (22% Chloropropylate EC)、覆滅蟎 (50% Formetanate SP)、大脫蟎 (30% Dinobuton EC)、三亞蟎 (20%

表四、不同品系柑桔葉蟬對殺蟬劑之抗藥性比

Table 4. Resistant ratio of two strains of *Panonychus citrito* acaricides

Insecticide	RR _{r1}		RR _{r2}	
	TARI a	TARI b	TARI a	TARI b
Kelthane	2.2	1.9	1.7	3.9
Chlorobenzilate	2.0	5.6	12.8	21.2
Smite	-	-	-	-
Nissol	-	-	6.8	6.4
Malathion	-	-	-	-

RR_{r1} = LC₅₀ of TARI a or TARI b strain/ LC₅₀ of Xinpu refernce strain

RR_{r2} = LC₉₅ of TARI a or TARI b strain/ LC₉₅ of Xinpu refernce strain

Data calculated from the data of Lo and Chao (1976)

Amitraz EC)、能死蟬 (25% Nissol EC)、殺蟬多 (55% PPS EC)、毆蟬多 (57% Propargite EC)、蟬離丹 (25% Oxythioqinox WP)、新殺蟬 (25% Bromopropylate EC)、芬普寧 (10% Fenpropathrin EC) 等 17 種殺蟬劑對關西、霧峰及竹崎地區採集的柑橘葉蟬進行藥效測試，其中合賽多為殺卵劑，對成蟬並無防治效果。(表五)

試驗結果僅覆滅蟬及克氣蟬無抗藥性產生，其餘的殺蟬劑均有不同程度抗藥性的現象，竹崎品系之柑橘葉蟬對愛殺松與亞環錫已分別呈現 64.0 及 24.2 倍的相對抗藥性，而關西品系之柑橘葉蟬對殺蟬多及蟬離丹則分別具 10.8 與 35.4 倍的相對抗藥性。顯示不同地區對不同殺蟬劑產生的相對抗藥性明顯不同。除了對成蟬的毒效外，亦同時探討合賽多及三亞蟬對柑橘葉蟬卵期的毒效，竹崎品系及關西品系，分別對三亞蟬產生 5.5 倍與 3.4 倍的相對抗藥性；但對合賽多尚未有抗藥性表現。由於本試驗中提及，所使用農試所品系非屬敏感品系，因此本試驗所得為相對抗藥性比，田間實際抗藥性應比本結果為高。

2009~2011 年筆者等針對台灣常用八種殺蟬劑對柑橘葉蟬之藥效及抗藥性試驗。結果顯示柑桔葉蟬已對得芬瑞產生高抗藥性。(表三)

表五、三種不同品系之柑桔葉蟎對不同殺蟎劑之抗藥性比

Table 5. Acaricide resistance in three strain of citrus red mite, *Panonychus citri* collected from citrus orchards in TARI, Chuchi and Kuanhsi

Acaricide	LC ₅₀			RRr ²	
	TARI ¹	Chuchi	Kuanhsi	Chuchi	Kuanhsi
Ethion	32.7	2091.1	185.4	64.0	5.7
Prothoate	48.1	99.1	101.2	2.1	2.1
Dialifos	146.1	516.3	323.7	3.5	2.2
Cyhexatin	141.4	523.0	342.6	3.7	2.4
Cyhexatin	27.1	239.4	130.8	8.8	4.8
Azocyclotin	44.7	1079.2	117.2	24.2	3.0
Benzomate	7.0	14.3	22.3	2.0	3.2
Chloropropylate	532.6	167.6	722.1	0.3	1.4
Formetanate	783.8	418.6	363.0	0.5	0.5
Dinobuton	10.9	61.0	16.2	5.6	1.5
Amitraz	9.8	57.0	23.2	5.8	2.4
Nissol	14.1	41.4	26.4	2.9	1.9
PPPS	19.4	77.3	209.2	4.0	10.8
Propargite	57.4	117.5	230.1	2.0	4.0
Oxythioquinox	194.9	1398.5	6903.2	7.2	35.4
Bromopropylate	62.0	259.3	182.2	4.2	2.9
Fenpropathrin	6.3	19.3	30.5	3.0	4.8

¹Reference strain collected from Taiwan Agricultural Research Institute

²RRr: Relative Resistance ratio =LC₅₀ of Chuchi or Kuanhsi strain/ LC₅₀ of TARI strain

Data cited from Wu and Lo (1987)

結 論

鑑於害蟎具有易產生抗藥性之特性，因此對於未來田間殺蟎劑抗藥性管理 (Acaricide Resistance Management, 簡稱 ARM) 顯得十分之重要，

作者等擬參考 Ramasubramanian *et al.*(2005)對於緩和抗藥性發生之主張並融合國內害蟎抗藥性現狀，對於國內害蟎抗藥性防制策略，做成以下之建議：

1. 對已登錄之殺蟎劑定期做監測並隨時更新其目標害蟎之感受性是否已達抗藥性之階段。
2. 對於已登錄殺蟎劑如已在某些作物害蟎發現有抗藥性產生時，應限制該藥劑繼續使用於此類作物，並盡可能停止新使用範圍之申請。
3. 當已知表列殺蟎劑中具有在蟎體內不同之代謝途徑時，可以考慮將此系列之殺蟎劑列在輪替用藥名單中，因此可以降低對現有害蟎之選汰壓力，增加使用藥劑之效度。
4. 當表列殺蟎劑中有些殺蟎劑與正使用之藥劑間有正性交互抗性關係時，應避免將這些殺蟎劑共列於使用名單中；相反地如其間具負性交互抗性時，則應鼓勵加入使用名單中。
5. 混合兩種或多種殺蟎劑使用時必須注意混合之藥劑是否存在交互抗性？如有，則需避開列入用藥名單中。另外混合藥劑之施用次數不宜多，較適合在單劑無法有效防治之情況使用。
6. 交替運用生物性殺蟎劑如白疆菌 (*Beauveria bassiana* Vuillemin) 等已知對害蟎有致病性之微生物製劑。
7. 建立對新登記殺蟎劑之抗性風險分析資料，包括上市前需建立新登記殺蟎劑基礎感受性及定期監測感受性資料之變化，隨時監控並更新資料，期在田間使用藥效失敗前就已偵測到其抗藥性之發生等事實 (Beers *et al.*, 1998)。

引用文獻

- Ballantyne GH, Harrison RA. 1967. Genetic and biochemical comparisons of organophosphates resistance between strains of spider mites (*Tetranychus species*: Acari). *Entomol Exp Appl* 10: 231-234.
- Beers EH, Riedl H, Dunley JE. 1998. Resistance to abamectin and reversion to susceptibility to fenbutatin-oxide in spider mite (Acari: Tetranychidae) population in the Pacific Northwest. *J Econ Entomol* 91:

- 352-360.
- Cho JR, Kim YJ, Ahn YJ, Yoo JK, Lee JO. 1995. Monitoring of acaricide resistance in field collected populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Korea. Korean J Appl Entomol 31: 40-45.
- Cheng CH. 1966. Observations on the ecology of citrus red mite (*Panonychus citri* (McGregor)) in Taiwan. Plant Prot Bull 8: 80-89. (In Chinese)
- Cranham JE, Helle W. 1985. Pesticide resistance in Tetranychidae. In: Helle W, and Sabelis MW (Eds.). Spider Mites: Their biology, natural enemies and control. Vol. 1B, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp: 405-421.
- Croft BA, Van de Bann HE. 1988. Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in tetranychid and phytoseiid mites. Exp Appl Acarol 4: 277-300.
- Devine GJ, Barber M, Denholm I. 2001. Incidence and inheritance of resistance to METI-acaricides in European strains of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Pest Manage Sci 57: 443-448.
- Fergusson-Kolmes LA, Scott JG, Dennehy TJ. 1991. Dicofol resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Cross-resistance and pharmacokinetics. J Econ Entomol 84: 41-48.
- Georghiou GP, Lagunes-Tejeda A. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in Arthropods, Rome FAO 335pp
- Goka K. 1998. Mode of inheritance of resistance to three new acaricides in the Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae). Exp Appl Acarol 22: 699-708.
- Gorman K, Hewitt F, Denholm I, Devine GJ. 2001. New developments in insecticide resistance in the glass house whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and the two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in the UK. Pest Manage Sci 58: 123-130.
- Hatano R, Scott JG, Dennehy TJ. 1992. Enhanced activation is the

- mechanism of negative cross resistance to chlorpyrifos in the dicofol-IR strain of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J Econ Entomol* 85: 1088-1091.
- Helle W. 1962. Genetics of resistance to organophosphorus compounds and its relation to diapause in *Tetranychus urticae* Koch (Acari) *Tijdschrift Plantenziekten* 63: 155-157.
- Ho CC. 1988. An introduction to the exotic mite pests in Taiwan. *Chinese J Entomol Special Publ* 2: 155-166. (in Chinese)
- Ho CC, Lo KC, Chen WH. 1995. Spider mites injurious to economic plants in Taiwan and the toxicity of twelve acaricides to two major species. *J Agric Res China* 44: 157-165 (in Chinese).
- Hu J, Wang CF, Wang J, Yong Y, Chen F. 2010. Monitoring of resistance to spirodiclofen and five other acaricides in *Panonychus citri* collected from Chinese citrus orchards. *Pest Manage Sci.* 66: 1025-1030.
- Inoue K. 1979. The change of susceptibility of mite population to dicofol and genetic analysis of dicofol resistance in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McG.). *J Pestic Sci* 4: 337-344.
- Ishida T, Suzuki J, Tsukidate Y. 1994. YI-5301, a novel oxazoline acaricide. *Proc Brighton Crop Prot Conf –Pests Dis* 2, pp 37-44.
- Kim YJ, Lee SH, Lee SW, Ahn YJ. 2004. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest Manage Sci.* 60: 1001-1006
- Koh SH, Ahn JJ, Im JS, Jung CL, Lee SH, Lee JH. 2009. Monitoring of acaricide resistance of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) from Korean apple orchard. *J Asia-Pacific Entomol* 12: 15-21.
- Kuwahara M. 1982. Insensitivity of the acetylcholinesterase from organophosphate-resistant Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae), to organophosphorus and carbamate insecticides. *Appl Entomol Zool* 17: 486-493.
- Liu TS, Wang WJ. 1993. Control effect of some common miticides against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Bulletin of*

- Taichung District Agricultural Improvement Station 39: 1-15. (In Chinese)
- Lo KC, Chao RS. 1976. Preliminary studies on the resistance of three spider mites to chemicals in Taiwan. *J. Agric. Res. China* 25: 23-36. (In Chinese)
- Lu CT, Wang, CL. 2005. An investigation of spider mites on papaya and reevaluation of some acaricides. *Plant Prot. Bull.* 47: 273-279. (In Chinese)
- Mizutani A, Kumayama F, Ohba K, Ishiguro T, Hayashi Y. 1988. Inheritance of resistance to cyhexatin in the Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). *Appl Entomol Zool* 23: 251-255.
- Nauen R, Stumpf N, Elbert A, Zebitz CPW, Krans W. 2001. Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). *Pest Manage Sci* 57: 253-261.
- Ramasubramanian T, Ramaraju K, Regupathy A. 2005. Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)- global scenario. *J Entomol* 2: 33-39.
- Smissaert HR. 1964. Cholinesterase inhibition in spider mite susceptible and resistant to organophosphates. *Science* 143: 129-131.
- Stumpf N, Nauen R. 2002. Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pestic Biochem Physiol* 72: 111-121.
- Tag El-Din MH. 1990. A rapid detection of organophosphorus resistance with insensitive acetylcholinesterase in spider mites *Tetranychus urticae* Koch on cotton. *J Appl Entomol* 110: 416-420.
- Tao CC. 1959. The field test for controlling citrus red mite. *Plant Prot Bull* 1: 78-81. (In Chinese)
- Tao CC. 1964. Filed test for controlling citrus red mite. *Plant Prot Bull* 6: 204 (In Chinese)

- Tao CC, Chu C Y. 1960. The filed test for controlling citrus red mite and scale insect. *Plant Prot Bull* 2(4): 137-138. (In Chinese)
- Tao CC, Cheng CH. 1963. Mites infesting citrus foliage and fruits in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 5: 446-455. (In Chinese)
- Wang WJ, Liu TS. 1993. Control effect of some common miticides against kanzawa spider mite, *Tetranychus Kanzawai* Kishida. *TDAIS Bull* 40: 1-8. (in Chinese)
- Wang WJ, Liu TS, Wang YS. 1997. Spider mites on roses and their control. *TDAIS Bull* 55: 19-28. (in Chinese)
- Wu TK, Lin SR, Lo KC. 1985. Selectivity of acaricides to two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch and the predatory mite, *Amblyseius californicus* (McGregor). *J Agric Res China* 34: 469-476. (in Chinese)
- Wu TK, Lo KC. 1987. The resistance to acaricides and the control efficiency of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae). *J Agric Res. China* 36: 421-428. (in Chinese)
- Wu TK, Lo KC. 1988. Toxicity of ovicides on the egg of citrus red spider mite, *Panonychus citri* (Acarina: Tetranychidae). *Plant Prot Bull.* 30: 202-209. (In Chinese)
- Yamamoto A, Yoneda H, Hatano R, Asada M 1995. Genetic Analysis of Hexythiazox resistance in the citrus red mite, *Panonychus citri*(McGREGOR) *J Pestic Sci.* 20 513-519.

A review of miticide resistance for three spider mites

Shun-Cheng Wang¹, Ming-Ying Lin², Tzay-Tien Hsieh³, Li-Jung Cheng¹,
Fang-Yi Wu¹ and Chyi-Chen Ho^{1*}

¹ Department of Environment Engineering and Management, Chaoyang University of Technology, Wufeng, Taichung, Taiwan

² Division of Agricultural Environments, Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Tainan, Taiwan

³ Division of Applied Pesticide, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substance Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan

Abstract

Two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch), Kanazawa spider mite (*Tetranychus kanzawai* Kishida) and citrus red mite (*Panonychus citri* (McGregor)) are major pest mites on economic crops in the world. This paper reviewed the research of miticides resistance in worldwide, and also submitted some recommendations on the resistance management of miticides in the future in Taiwan. Miticide-resistance in two-spotted spider mite has been studied most popularly among spider mite pests. This spider mite was found to be resistant to Dicofol, Amitraz, Organotin, Propargite, pyrethroids, Hexythiazox, Clofentezine, Abamectin, Mitochondrial electron transport inhibitors such as Tebufenpyrad, Fenazaquin and Fenpyroximate etc., in various countries. Kanazawa spider mite has been known to be resistant to Hexythiazox, Etoxazole, Tebufenpyrad, Fenpyroximate and Pyridaben in Japan, mainly from populations in tea field. Citrus red mites had developed the different resistance level to Abamectin, Fenpropathrin, Hexythiazox, Pyridaben, Spirodiclofen and Dicofol in China and Japan. In Taiwan, Two-spotted spider had possessed high resistance to organophosphates,

organotin, Tebufenpyrad, Milbemectin and Bromopropylate; Kanazawa spider mites had high resistance to organophosphates, Extoxazole, Bifenthrin and Tebufenpyrad, and citrus red mite had resistance to organophosphate, organotin and Tebufenpyrad.

Keywords: two-spotted spider mite, Kanzawa spider mite, citrus red mite, miticide-resistance

* Corresponding author. E-mail: mto2005 @ yahoo.com.tw