

柑橘葉蟎之抗藥性及其防治¹

吳子淦 羅幹成²

摘要：以 16 種殺蟎劑及 1 種殺卵劑對關西、霧峰、竹崎三地區柑橘園採回的柑橘葉蟎 (*Panonychus citri* (McGregor)) 作藥效測試。柑橘葉蟎對覆滅蟎及克氫蟎沒有產生抗藥性，對其餘藥劑皆有抗性發生。

竹崎品系葉蟎對愛殺松、亞環錫；關西品系葉蟎對殺蟎多、蟎離丹有10倍以上抗藥性比值。所用殺蟎劑中：西脫蟎、大脫蟎、飛克松、三亞蟎、芬普寧及能死蟎對三品系柑橘葉蟎都有很高的毒效。對天敵—長尾捕植蟎 *Amblyseius herbicolus* (Chant) 的毒性，以西脫蟎及能死蟎最小，飛克松次之，毒性最大的是三亞蟎及芬普寧。

田間毒效指數代表殺蟎劑田間使用濃度和對柑橘葉蟎的 LC₇₅ 的比值。霧峰品系葉蟎對愛殺松、三亞蟎、西脫蟎、能死蟎；竹崎品系對西脫蟎、能死蟎；關西品系對飛克松、三亞蟎、能死蟎、西脫蟎都有較大的比值。表示這些藥劑可以降低在柑橘園的使用濃度以配合長尾捕植蟎進行生物防治。

對柑桔葉蟎卵的毒效以 Hexythiazox 較好，而且三品系的葉蟎對此藥劑還沒有產生抗藥性。三亞蟎的殺卵效果已因葉蟎產生抗性而使藥效降低。不同劑型的錫蟎丹對柑橘葉蟎毒效以水懸粉劑型較好。

柑橘葉蟎 (*Panonychus citri* (McGregor)) 是柑橘主要害蟎，每年發生 25至 30 代。為害柑橘葉片、嫩枝、果實，使被害部位出現小形而密集的灰白色斑點，導致落葉、落果⁽⁴⁾。長尾捕植蟎 (*Amblyseius herbicolus* (Chant)) 是柑橘葉蟎的捕食性天敵，為本地優勢種，其分佈極為廣泛，在柑橘、芒果、荔枝、枇杷等果樹上都可發現其存在。為生物防治工作上甚具利用價值的天敵⁽³⁾。

利用藥劑防治柑橘葉蟎是最簡便最常被採用的方法。然而目前可供選用的殺蟎劑種類多達30餘種。不同的劑型，不同的化學結構，不同的殺蟎機制，加上對天敵不同的毒性，往往導致無法選擇合適的藥劑以供田間進行防治工作。

使用不適當的藥劑常使防治工作失去意義。為求達到柑橘保護的目的，只有更頻繁的使用藥劑。其結果除了會大量毒殺天敵之外⁽⁶⁾，更促使世代短，繁殖快速的柑橘葉蟎在巨大的藥劑選汰壓力之下發展出抗藥性，同時改變生存潛能，引發再猖獗現象⁽¹⁾。

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1379 號。本研究為行政院農委會補助計畫76農建—8.1—糧—19(7)之成果。

2. 本所應用動物系助理，研究員兼系主任，臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

爲防止上述問題繼續發生，必須先從繁多的藥劑中選出對柑橘葉蟬有毒效，而對天敵較無影響的殺蟬劑，以期能防止葉蟬爲害，又能降低對生態系統的干擾。此外，重要柑橘產區之柑橘葉蟬對藥劑感受性差異變化情形也應有所瞭解。不同地區的葉蟬對同一類殺蟬劑往往有不同程度的抗藥性。依照各地葉蟬及天敵的特性選用適當藥劑及濃度才能正確的對柑橘葉蟬進行防治工作。本研究即是針對上述需要而進行試驗工作。

材料與方法

柑橘葉蟬 (*Panonychus citri* (McGregor))，於1986年內分別由竹崎 (嘉義)，霧峰 (臺中) 農業試驗所及關西 (新竹)，三地區柑橘園採回。飼育在實驗室內培育之檸檬幼苗上，隔離繁殖，以提供試驗用蟲源。依採回的地區分別稱爲竹崎 (Chuchi)，霧峰 (TARI) 及關西 (Kuanhsi) 品系。

長尾捕植蟬 (*Amblyseius herbicolus* (Chant)) 由竹崎地區柑橘園內採回，直接供作藥劑試驗。

本試驗所用殺蟬劑共 17 種，除 Hexythiazox, 10 WP 由日本曹達公司提供之外，皆爲市售商品。計有愛殺松 (Ethion, 46.5 EC)，飛克松 (Prothoate, 40 EC)，得拉松 (Dialifor, 47 EC)，錫蟬丹可濕性粉劑及水懸粉兩種劑型 (Cyclohexatin, 50 WP 及 50 FP)，亞環錫 (Azocyclotin, 25 WP)，西脫蟬 (Benzomate, 20 EC)，克氯蟬 (Chloropropylate, 22 EC)，覆滅蟬 (Formetanate, 50 SP)，大脫蟬 (Dinobuton, 30 EC)，三亞蟬 (Amitraz, 20 EC)，能死蟬 (Nissol, 25 EC)，殺蟬多 (PPPS, 55 EC)，歐蟬多 (Propargite, 57 EC)，蟬離丹 (Oxythioquinox, 25 WP)，新殺蟬 (Bromopropylate, 25 EC)，及芬普寧 (Fenpropathrin, 10 EC)。所有藥劑皆以水稀釋成系列濃度，以供試驗之用。

藥劑試驗方法仿吳等 (1985) 報告⁽²⁾。將 3.5×1.5cm 之柑橘葉片，葉背朝上，放置在裝有 0.2% 洋菜膠，直徑 6.5cm 的培養皿內。移入柑橘葉蟬的雌成蟬到此葉片上。成蟬直接接受藥劑處理或讓其產卵兩天，而後移去成蟬以卵供作藥劑試驗。利用 Burkard Spray Tower 噴灑 1ml 藥劑稀釋液。5 種濃度，3 重覆，48 小時後記錄雌成蟬死亡情形。在藥劑處理後 7 天觀察卵之孵化率。以 Finney (1971) 方法⁽⁴⁾ 分析所需數值。

長尾捕植蟬處理方法如同上述。惟鑑於捕植蟬行動快速，受驚擾後易逃入洋菜膠中。且此種捕植蟬有自相捕食習性，爲避免影響實驗結果，以單隻雌成蟬分別接受藥劑處理。48 小時後計算死亡率。

結 果

柑橘葉蟬 (*Panonychus citri*) 對所用 16 種殺蟬劑，除了 Formetanate 及 Chloropropylate 沒有抗藥性產生之外，對其餘藥劑皆已有多少不等的抗性 (表 1)。依據 Decker et al. (1952) 報告⁽¹²⁾，害蟲抗藥性比值 (Resistance ratio) 超過 5 倍以上，將使藥劑在田間失去防治效果，低於 5 倍者，將表現出耐藥性。表 1 結果顯示，竹崎品系葉蟬對 Ethion 及 Azocyclotin，關西品系葉蟬對 PPPS 及 Oxythioquinox 有 10 倍以上的抗藥性比值。這四個藥劑是否能繼續在該地區使用將值得進一步檢討。

竹崎品系葉蟬對 Cyclohexatin 水懸粉劑型，Dinobuton, Amitraz 及 Oxythioquinox 等藥劑有 5 倍以上的抗性比值。關西品系葉蟬只對 Ethion 一個藥劑有 5 倍以上抗性。顯示柑橘葉蟬對殺蟬劑的抗藥性產生情形是有區域性的。在一個地區失效的藥劑，在另一個地區還有可能發揮防治效果。

由於作爲比較用的霧峰品系柑橘葉蟬是由田間採回，在田間並未停止對該品系葉蟬的藥劑選汰，

Table 1. Acaricide resistance in three strains of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregar), collected from citrus orchards in TARI, Chuchi and Kuanhsi.

Acaricides	TARI		Chuchi			Kuanhsi		
	LC ₅₀ ¹ (95% FL)	Slope±SE	LC ₅₀ (95% FL)	Slope±SE	RR ²	LC ₅₀ (95% FL)	Slope±SE	RR
Ethion	32.68 (25.42—40.78)	2.02±0.32	2091.06 (1889.68—2315.87)	3.2 ±0.29	64.0	185.44 (153.13—217.76)	2.52±0.26	5.7
Prothoate	48.14 (42.62—54.81)	1.83±0.16	99.12 (86.54—112.77)	2.26±0.18	2.1	101.24 (90.41—113.09)	4.75±0.56	2.1
Dialifor	146.07 (118.07—174.97)	1.74±0.18	516.27 (420.54—611.68)	2.42±0.31	3.5	323.7 (252.89—339.99)	2.25±0.23	2.2
Cyclohexatin ³	141.4 (118.38—165.94)	3.1 ±0.4	523.01 (407.16—671.08)	1.43±0.19	3.7	342.62 (283.65—424.43)	1.92±0.22	2.4
Cyclohexatin ⁴	27.11 (21.55—32.77)	2.52±0.3	239.35 (194.83—288.6)	2.25±0.26	8.8	130.8 (110.74—155.44)	2.28±0.23	4.8
Azocyclotin	44.68 (37.41—54.08)	2.68±0.4	1079.16 (923.13—1287.38)	2.49±0.3	24.2	117.16 (96.43—149.14)	2.17±0.31	3.0
Benzomate	6.99 (6.08—8.02)	2.29±0.21	14.26 (11.67—16.86)	3.2 ±0.46	2.0	22.31 (19.78—25.05)	4.19±0.43	3.2
Chloropropylate	532.57 (424.57—643.69)	2.08±0.26	167.61 (92.65—233.69)	1.34±0.27	0.3	722.11 (601.61—864.1)	2.43±0.3	1.4
Formetanate	783.78 (646.77—972.1)	1.86±0.21	418.55 (339.8—529.62)	1.68±0.26	0.5	362.96 (301.26—430.78)	2.12±0.21	0.5
Dinobuton	10.92 (8.96—13.92)	1.49±0.17	60.98 (53.48—71.63)	2.13±0.2	5.6	16.16 (14.37—18.17)	3.82±0.37	1.5
Amitraz	9.77 (7.3—13.29)	1.36±0.17	56.98 (49.98—65.92)	2.24±0.19	5.8	23.24 (19.25—27.33)	2.44±0.25	2.4
Nissol	14.09 (11.78—16.62)	2.0 ±0.17	41.4 (35.5—47.89)	2.87±0.28	2.9	26.36 (22.9—30.33)	3.04±0.3	1.9
PPPS	19.42 (15.26—24.44)	1.63±0.21	77.3 (62.95—93.12)	2.11±0.24	4.0	209.2 (183.03—239.2)	3.0 ±0.26	10.8
Propargite	57.41 (47.21—68.25)	2.7 ±0.34	117.54 (86.84—151.56)	1.65±0.29	2.0	230.13 (198.84—265.23)	2.98±0.3	4.0
Oxythioquinox	194.85 (121.48—388.41)	1.16±0.21	1398.52 (1124.46—1699.88)	1.84±0.21	7.2	6903.17 (5550.17—9305.31)	1.58±0.18	35.4
Bromopropylate	61.96 (51.52—74.22)	2.23±0.26	259.31 (195.7—325.52)	1.71±0.24	4.2	182.2 (151.73—217.13)	2.12±0.22	2.9
Fenpropathrin	6.33 (4.69—8.02)	1.77±0.24	19.29 (15.72—23.18)	2.18±0.24	3.0	30.46 (24.78—38.45)	1.71±0.2	4.8

1. Expressed as µg/ml.

2. Resistance ratio=LC₅₀ of Chuchi or Kuanhsi strain/LC₅₀ of TARI strain.

3. Wettable powder.

4. Flowable powder.

因此，其已具有某種程度的抗藥性。以此品系葉蟬對藥劑的感受性為基準，將會使其它品系的葉蟬對藥劑呈現出低倍抗性的假象。

Formetanate 是擁有 amidine moiety 的氨基甲酸鹽類藥劑。沒有推薦用在柑橘葉蟬的防治⁽⁸⁾，葉蟬對它也沒有產生抗藥性，說明了柑橘葉蟬對它的抗性機制可能與其它殺蟬劑並不類似。相

反的，Dinobuton 也未推薦在柑橘園使用，但是竹崎品系葉蟎對它已呈現出5.6倍的抗性。

表 1 所選用的藥劑，以 Benzomate, Dinobuton, Prothoate, Amitraz, Fenpropathrin 及 Nissol 對柑橘葉蟎有比較強的毒效。Otake (1984)⁽²⁰⁾ 指出柑橘葉蟎棲羣對 Benzomate 的抗性發展和藥劑處理的次數有密切關係。不論 Benzomate 是單獨使用或混合使用，在施藥 3 至 4 次後即產生抗藥性。在本省，Benzomate 至少已使用了十數年，藥效依然甚佳。Amitraz 屬於 Formamidine 類型的殺蟲及殺蟎劑。對成蟎，若蟎及卵都有毒效⁽¹⁶⁾。Amitraz 對柑橘葉蟎有很強的毒性，但是葉蟎也容易對它產生抗藥性。表 2 也證明了竹崎、關西品系葉蟎卵對 Amitraz 抗性升高的速度比成蟎者快。Amitraz 對長尾捕植蟎的毒性相當的高(表 4)。Fenpropathrin 屬除蟲菊類藥劑，對柑橘葉蟎有很好的毒效(表 1)，但缺點也是對天敵毒性太強，對天敵劇毒幾乎是除蟲菊類藥劑共有的特點^(2,22)。

Table 2. Ovicidal effect of Hexythiazox and Amitraz on the citrus red mite, *Panonychus citri*.

Acaricides	TARI	Chuchi		Kuanhsi	
	LC ₅₀ ¹ (95% FL)	LC ₅₀ (95% FL)	RR ²	LC ₅₀ (95% FL)	RR
Amitraz	11.95 (11.06—12.93)	64.45 (49.2—84.8)	5.5	40.77 (36.06—46.74)	3.4
Hexythiazox	7.1 (6.71—7.52)	4.03 (3.27—4.77)	0.6	3.75 (3.05—4.51)	0.5

1. Expressed as $\mu\text{g/ml}$.

2. Resistance ratio=LC₅₀ of Chuchi or Kuanhsi strain/LC₅₀ of TARI strain.

有機錫類殺蟎劑作用比較慢，因此，提高劑量與增加的葉蟎死亡率在 48 小時的觀察間內，並沒有顯著的相關性。使用高劑量時，劑量—死亡直線的斜率將會較小，而使葉蟎表現出人為增加的抗藥性⁽¹³⁾。Azocyclotin 及不同劑型的 Cyclohexatin 對竹崎、關西品系柑橘葉蟎都有較小的劑量—死亡直線斜率(表 1)。不同的劑型也使葉蟎表現出不同的抗藥性倍數。三個品系的柑橘葉蟎對水懸粉劑(CF)劑型的 Cyclohexatin 的劑量—死亡直線斜率幾乎一致，而且斜率值比可濕性粉劑劑型的 Cyclohexatin 所表現出來的高，CF 劑型也有較低的 LC₅₀ 值，證明 CF 劑型可以有效的幫助 Cyclohexatin 進入柑橘葉蟎體內以發揮藥效。

有機錫殺蟎劑具有很好的選擇性，對天敵毒性甚低⁽²⁾。但在本試驗中，Cyclohexatin 及 Azocyclotin 對柑橘葉蟎的毒效僅屬中等(表 1)。竹崎品系柑橘葉蟎對 Azocyclotin 更擁有 24 倍的抗性。因此，若欲繼續在田間使用此類殺蟎劑作綜合防治，就必須先減低它對葉蟎的選汰壓力。方法之一就是和不同作用機制的殺蟎劑輪用或混合使用，尤其是和沒有交互抗性的新殺卵劑如 Hexythiazox 配合使用⁽¹³⁾。

Hexythiazox 是殺卵劑，對成蟎無毒效。在本試驗中，對柑橘葉蟎卵有很好的藥效，而且未發現有抗藥性產生(表 2)。此或與本藥劑尚未在田間推廣使用有關。已有報告指出此藥劑對天敵甚為安全，是配合天敵作生物防治的理想藥劑⁽¹⁷⁾。

天敵之所以不易在田間和害蟎共存的原因，除了一般藥劑對天敵毒性較高之外，天敵容易受到食餌因素的限制也是一個重要原因⁽¹⁰⁾。欲改善這個問題，使用對天敵毒性較小的藥劑及降低田間藥劑使用濃度以維持一定比例的害蟎生存供天敵取食，當屬必要。

田間毒效指數(Field toxicity index)指出何種藥劑較有降低使用濃度潛能(表 3)。毒效指數值愈大，表示其 LC₇₅ 值愈小，即對柑橘葉蟎愈有防治效果，或是田間推荐使用濃度過高，應該降低使用濃度，以配合生物防治。

Table 3. Field toxicity index of acaricides in three strains of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor).

Acaricides	TARI		Chuchi		Kuanhsi		Recommended ¹ control conc. (A. I.)
	LC ₇₅ ¹	FTI ²	LC ₇₅	FTI	LC ₇₅	FTI	
Ethion	70.49	8.2	3395.33	0.2	343.62	1.7	580
Prothoate	112.32	4.5	197.21	2.5	140.34	3.6	500
Dialifor	356.93	1.3	979.29	0.5	644.72	0.7	470
Cyclohexatin ³	233.32	1.1	1549.06	0.2	767.73	0.3	250
Cyclohexatin ⁴	50.22	2.5	477.34	0.3	258.02	0.5	125
Azocyclotin	79.67	2.1	2014.93	0.1	239.42	0.7	167
Benzomate	13.77	9.7	23.16	5.7	32.32	4.1	133
Chloropropylate	1124.27	0.2	535.09	0.5	1367.65	0.2	250
Amitraz	30.56	6.5	113.83	1.8	43.87	4.6	200
Nissol	30.62	20.4	71.18	2.8	43.95	14.2	625
PPPS	50.37	5.5	161.21	1.7	351.01	0.8	275
Propargite	102.05	2.9	300.65	1.0	387.49	0.8	300
Oxythioquinox	744.25	0.7	3253.25	0.2	18430.10	0.03	500
Bromopropylate	124.35	4.0	641.91	0.8	379.34	1.3	500
Fenpropathrin	15.23	4.4	39.27	1.7	75.52	0.9	67

1. Expressed as $\mu\text{g/ml}$.
2. Field toxicity index = Recommended concentration used for mite control/LC₇₅ of the citrus red mite.
3. Wettable powder.
4. Flowable powder.

Table 4. Toxicity of some acaricides to Chuchi strain of phytoseiid mite, *Amblyseius herbicolus* (Chant).

Acaricides	Concentration $\mu\text{g/ml}$	Number of ¹ mite tested	Number of mite died	% Mortality
Benzomate	1000	32	15	46.9
	100	32	6	18.8
Nissol	1000	60	48	80
	100	60	27	45
Fenpropathrin	10	48	48	100
	1	48	38	79.2
	0.1	48	10	20.8
Prothoate	100	40	27	67.5
	10	45	15	33.3
Amitraz	10	45	45	100
	1	40	22	55

1. Adult female phytoseiid mite.

Nissol 及 Benzomate 對三品系的葉蟎有最高的毒效指數值(表 3)。田間使用這兩個藥劑時可以考慮適度的降低用藥量。此兩藥劑對天敵毒性也很小(表 4)，是很理想，可以和生物防治工作相配合的殺蟎劑。Prothoate 對三品系葉蟎有次高的毒效指數值，對天敵及葉蟎的毒性接近(表 4)。若能在田間合理的降低用藥量，則對長尾捕植蟎棲羣應無太大的毒害。在霧峰或關西柑橘園使用 Amitraz 時也可以考慮降低它的使用濃度。但是 Amitraz 對天敵的毒性如同 Fenpropathrin，是表四所列的殺蟎劑中最毒的。除非預先給予天敵避難場所，或選擇性的使用(Selective use pattern) Amitraz 及 Fenpropathrin，否則不宜和天敵同時使用防治柑橘葉蟎^(7,9,19)。

討 論

本省柑橘園區一直依賴藥劑進行柑橘葉蟎 (*Panonychus citri*) 的防治工作。使用藥劑有速效，方便的優點，但是也使葉蟎產生抗藥性及再猖獗現象^(1,5)。不同地區的柑橘園用藥歷史不盡相同，葉蟎遭受到的選汰壓力也不一樣。同一種害蟎在某些情況下可以很快產生抗藥性，但在另一種狀況下則未必如此⁽¹⁵⁾。因此，必須對不同地區的葉蟎進行抗藥性的調查，以了解抗藥性變化情形，才有可能合理、正確的選擇防治藥劑。

從抗藥性的觀點來看合理的害蟎藥劑防治工作，首先需要考量的就是要使用何種藥劑及使用多少劑量才不會引起害蟎產生抗藥性，而仍能達到防治效果。問題的答案之一，就是使用選擇性藥劑⁽³⁾ (Selective pesticides) 及選擇性的使用藥劑 (Selective use of pesticides)，來配合其它的防治工作^(5,7,19)。

傳統的害蟎防治多依賴藥劑的使用，意味著絕大部分的害蟎將被殺滅。若配合生物防治或綜合防治，降低藥劑的使用濃度，則一定數量的害蟎被殺死，是屬於直接效益，同時殘留下來的害蟎可供作天敵的食餌。如此既降低了對害蟎的藥劑選汰壓力，減緩抗藥性的產生，又可保護天敵，誘發天敵產生抗藥性⁽¹⁰⁾，維持生態系統的穩定。

Huffaker et al. (1970) 報告⁽¹⁸⁾ 指出，藥劑的使用會破壞葉蟎及天敵間的平衡關係，需要長時間才能回復到原有的平衡。況且天敵抗藥性的發生往往只針對少數相關的藥劑而已，對不同類別的藥劑則沒有抗性⁽¹¹⁾。釋放抗藥性天敵所以未能改善對葉蟎的生物防治，最重要的原因就是未能選用適當的藥劑及濃度以配合天敵的釋放工作。注意選擇使用藥劑較有可能使天敵產生抗藥性，發揮生物防治的效果⁽²¹⁾。

一個成功的害蟎防治工作，須參考並運用各種可能的防治方法。而最重要的是，這些方法必須能彼此配合而不是互相抵消。因此在柑橘園進行葉蟎的防治工作時，若以整個生態系統為著眼點，對害蟎抗藥性問題，以及藥劑對天敵毒害問題都加以考慮，方有可能將藥劑的負面影響減至最小，而得到較大的防治收益。

誌 謝

本實驗進行期間，承李珉玥、林秀蘭兩位小姐協助試驗工作，謹此申謝。

參考文獻

1. 何坤耀·1984·農藥引起柑橘葉蟎再崛起現象之觀察·植保會刊 26:99—108。
2. 吳子淦、林香如、羅幹成·1985·殺蟎劑對二點葉蟎 *Tetranychus urticae* Koch 及加州捕植蟎 *Amblyseius californicus* (McGregor) 之選擇性·中華農業研究 34:469—476。
3. 張弘毅、曾義雄·1978·臺灣南部地區熱帶果樹之捕植蟎類調查·植保會刊 20:338—345。
4. 羅幹成、邱瑞珍·1985·臺灣柑橘害蟲及其天敵圖說·臺灣省農業試驗所特刊第二十號·霧峰·臺中。
5. 羅幹成、趙若素·1971·臺灣紅蟎抗藥性之初步研究·中華農業研究 25:23—36。
6. 羅幹成、趙若素·1975·一般農藥對兩種紅蟎重要天敵毒性之初步試驗·中華農學會報 新92:81—86。

7. 羅幹成、陶家駒·1964·柑橘紅蜘蛛天敵調查及藥劑防治對其安全之檢討·中華農學會報 新48:35—49。
8. 植物保護手冊·1986·6月·臺灣省政府農林廳編印。
9. Bartlett, B. R. 1963. The contact toxicity of some pesticide residues to Hymenopterous parasites and Coccinellid predators. *J. Econ. Entomol.* 56:694-698.
10. Croft, B. A., and K. Strickler. 1983. Natural enemy resistance to pesticides: Documentation, Characterization. Theory and Application. *in* "Pest resistance to pesticides". pp. 669-702. Georghiou, G. P., and T. Saito. eds. Plenum press. New York.
11. Davis, D. W., and S. C. Hoyt. 1979. Selective pesticides. *in* "Biological control and insect pest management". pp. 72-79. Davis, D. W., S. C. Hoyt, J. A. McMurtry, M. T. AliNiazee. eds. Division of Agricultural Sciences, University of California.
12. Decker, G. C., and W. N. Bruce. 1952. Housefly resistance to chemicals. *Amer. J. Trop. Med. and Hyg.* 3:395-403.
13. Edge, V. E., and D. G. James. 1986. Organo-tin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Australia. *J. Econ. Entomol.* 79:1477-1483.
14. Finney, D. J. 1971. Probit analysis. 3rd Edition. pp. 20-49.
15. Georghiou, G. P. 1983. Management of resistance in arthropods. *in*: "Pest resistance to pesticides". pp. 769-795. Georghiou, G. P., and T. Saito. eds. Plenum press. New York.
16. Hollingworth, R. M., and A. E. Lund. 1982. Biological and neurotoxic effects of amidine pesticides. *in* "Insecticide mode of action". Coats, J. R. eds. Academic press. New York.
17. Hoy, M. A. and Y. L. Ouyang. 1986. Selectivity of the acaricides Clofentezine and Hexythiazox to the predator *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) *J. Econ. Entomol.* 79:1377-1380.
18. Huffaker, C. B., M. van de Vrie., and J. A. McMurtry. 1970. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review II. Tetranychid populations and their possible control by predator: an evaluation. *Hilgardia.* 40:391-458.
19. Jeppson, L. R., M. J. Jesser, and J. O. Complin. 1953. Timing of treatments for control of citrus red mite on orange trees in coastal districts of California. *J. Econ. Entomol.* 46:10-14.
20. Otake, A. 1984. Concluding remarks. *in* "Studies on acaricide resistance in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor), in Japan". T. Iwata et al. eds. Tokyo: Japan Plant Protection Association. pp. 88-104.
21. Strawn, A. J. 1978. Differences in response to four organophosphates in laboratory strains of *Aphytis melinus* and *Comperiella bifasciata* from citrus groves with different pesticide histories. M. S. Thesis, Univ. Calif. Riverside, 117 pp.
22. Wong, S. W., and R. B. Chapman. 1979. Toxicity of synthetic pyrethroid insecticides to predaceous phytoseiid mites and their prey. *Aust. J. Agric. Res.* 30:497-501.

The Resistance to Acaricides and the Control Efficiency of the Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae)¹

Tze-kann Wu and Kang-chen Lo²

Summary

The citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor), collected from citrus orchards in Kuanhsi, Wufeng, and Chuchi were tested in the laboratory for their resistance to 16 acaricides and one ovicide. Though there was no development of resistance to formetanate and chlorpropylate, resistance to other acaricides has been found in the citrus red mites.

The resistance ratio of Chuchi strain of the citrus red mite to ethion, azocyclotin and Kuanhsi strain to ppps, oxythioqinox were all above 10. Benzomate, dinobuton, prothoate, amitraz, fenpropathrin, and nissol were more toxic to adult female mite than other tested acaricides.

Phytoseiid mite, *Amblyseius herbicolus* (Chant), is one of the effective natural enemies on the citrus red mite in Taiwan. Benzomate and nissol, based on their low toxicity to the predatory mite, can be used as selective acaricides in IPM programs. While amitraz and fenpropathrin were highly toxic to *A. herbicolus* that they are considered not suitable for integrated mite control.

Field toxicity index is the ratio of recommended concentration of acaricides applied in field to the LC₇₅. Ethion, amitraz, benzomate, nissol in Wufeng; Benzomate, nissol in Chuchi; Prothoate, amitraz, benzomate, nissol in Kuanhsi citrus orchards had higher value than other acaricides, which means that their concentration applied in field should be reduced to benefit the natural enemies.

Hexythiazox was more toxic to eggs of the citrus red mite than amitraz. No hexythiazox resistance in egg stage of this phytophagous mite was developed. Compared with the toxicity of flowable powder and wettable powder of cyclohexatin, the former was more toxic to the citrus red mite.

1. Contribution No. 1379 from the Taiwan Agricultural Research Institute. This project was granted by Council for Agriculture, Executive Yuan, R. O. C.
2. Junior Entomologist, Senior Entomologist and Head, respectively. Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, Republic of China