中華昆蟲特刊第二號　果樹害蟲綜合防治研討會 1-10 頁 (1988)
Chinese J. Entomol., Special Publ., 2: 1-10 (1988)

柑桔害蟲之綜合防治

吳子淦　羅幹成

臺灣省農業試驗所應用動物系

(接受日期：1988年9月30日)

摘　要

柑桔害蟲綜合防治的原則在於運用一切合理可行的方法來降低害蟲的族羣密度，使其不造成經濟上的損失。最常被採用的方法是藥劑防治及生物防治。爲使這二種方法能相輔相成，在藥劑使用方面需要利用有選擇性的藥劑及選擇性的使用藥劑。一般農藥對天敵毒性都很高，爲配合綜合防治，必須適當的降低用藥量。卽合理的減少施藥次數及濃度，只要求殺滅部份害蟲，以維持害蟲族羣在不致造成經濟損失的密度之下，殘存下來的害蟲並可當成天敵的食物，避免使天敵在遭受藥劑的毒害之外，又面臨飢餓的威脅。不同地區的柑桔園使用藥劑的種類、次數都不相同，造成害蟲有不同程度的抗藥性。在進行綜合防治之前，亦需要考慮害蟲的抗藥性問題。柑桔害蟲種類甚多，除部份害蟲如吹綿介殼蟲(*Icerya purchasi*)，柑桔木蝨 (*Diaphorina citri*)，已藉由引進天敵防治成功之外，多數害蟲的猖獗爲害或並未達到需用藥劑防治的程度，或藥劑對同時發生的害蟲未必都有藥效，對這些害蟲的防治對策之一是利用本土原有的天敵進行生物防治。因此，在天敵的利用上，除了繼續引進有效天敵之外，亦要進行土產天敵的利用及保育工作，以使其能順利的發揮防治害蟲的效果。

緒　論

臺灣早在十七世紀初葉就有柑桔的栽培，種源是由我國大陸的福建和廣東居民來臺時帶入，主要爲椪柑，桶柑和雪柑。日據時期及光復後又從我國大陸、日本、東南亞及美國引進斗柚、白柚、溫州蜜柑、晚崙夏以及金橘等許多品種。因地理環境和氣象因子適宜柑桔生長，所以栽培面積逐漸增加，主要產區爲北部及中、南部，據 73 年農業年報記載臺灣柑桔的栽培面積爲 3 萬 6 千多公頃（羅及邱，1986），爲臺灣重要經濟果樹之一。可是多年以來，柑桔一直遭受病蟲害問題，嚴重影響柑桔產量。因此，柑桔病蟲害問題廣受大衆注意，多年來一直不斷發展新的防治技術。目前在臺灣已經使用或卽將使用的柑桔害蟲防治技術包括：東方果實蠅 (*Dacus dorsalis*) 的不孕性處理、釋放、甲基丁香油誘殺（李，1978；邱及朱，1988；朱等，1985)；柑桔粉介殼蟲 (*Planococcus citri*) 費洛蒙開發（黃及朱，1987）；引入澳洲瓢蟲，蒙氏瓢蟲，釉小蜂等天敵進行生物防治（羅及邱，1986；錢景秦，私人通訊）；化學防治以及田間衞生等。

然而柑桔果樹的害蟲及害蟎種類繁多，往往在一生長時期就有數種害蟲同時爲害，卽以嫩芽期主要害蟲而言，就有柑桔葉蟎 (*Panonychus citri*)，捲葉蚜 (*Aphis citricola*)，潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella*)，柑桔木蝨 (*Diaphorina citri*)，刺粉蝨 (*Aleurocanthus spiniferus*) 等（羅及邱，1986）。且就防治技術而言，化學防治，生物防治是運用最多，也是最有效的方法，但卻是互相衝突的兩種方法（黃等，1986；吳及羅，1988b；鄭及何，1985）。因此在進行柑桔害蟲的防治工作時將面臨著如何正確的搭配選用防治方法，以有效的防治主要害蟲又不會造成次要害蟲族羣密度的變動，導致再猖獗，抗藥性，農藥殘毒等不良影響出現（鄭及何，1985）。

由於對上述問題的體認，我們了解到必須以整體性的眼光來看柑桔害蟲的防治，意即發展綜合防治工作。綜合防治是發展以生態爲基礎的病蟲害管理系統，在這個系統中，將病、蟲皆當作是整個生態系統中的一部分。運用一切合理可行的方法，將病蟲害所造成的損失降至最低。爲達到上述綜合防治的目標，所使用的技術必須能彼此配合，以發揮整體性的力量。本篇報告即以化學防治及生物防治爲討論的重點，文中所提之「天敵」，除另有說明外，概指一次性天敵 (primary natural enemy) 而言。

農藥的選擇性

目前田間實際工作，除了少數柑桔害蟲如東方果實蠅，吹綿介殼蟲 (*Icerya purchasi*) 及柑桔木蝨已有其它防治技術之外 (李，1978；邱及朱，1988；羅及邱，1986；錢景秦，私人通訊)，多數害蟲仍然單純依賴農藥進行防治工作。由於多數的農藥本質上就是對生物都具毒性的物質，除了能撲滅害蟲之外，同時也毒殺有益生物，因此運用藥劑進行防治工作面臨的眞正問題在於如何正確使用農藥，以得到最大的防治效益及最小的不良影響 (Davis and Hoyt, 1979)。從綜合防治的觀點來看，意味著在運用農藥防治害蟲使害蟲蟲口密度低於經濟爲害水準的同時也能保育各種天敵，爲了達到這個要求，我們必須讓農藥擁有毒殺害蟲而不影響天敵及益蟲的特性，此特性即選擇性 (selectivity) (Davis and Hoyt, 1979; Way and Cammell, 1985)。

選擇性的來源有兩種主要的方式。第一、根源於農藥內在毒性 (intrinsically selective chemicals)，即只殺害特定類的生物。例如：Pirimicarb 只對蚜蟲及雙翅目昆蟲有毒性 (Way and Cammell, 1985)。又如殺蟎劑對葉蟎毒性高但較不會影響昆蟲 (Davis and Hoyt, 1979)。第二種方式是以改變藥劑的劑型，使用時間，使用方式使廣效性藥劑得到選擇性。第一個例子是物理性的選擇性 (physical selectivity)，以物理方式來保護天敵。例如短效的殺蟲劑可以在黃昏使用以避免在作物上殘留足够在隔天毒殺天敵的劑量及使用粒劑，系統性藥劑以避免影響天敵 (Davis and Hoyt, 1979; Way and Cammell, 1985)。另一個例子是依據害蟲，天敵生態上的差異 (ecological selectivity)。如桃蚜 (*Myzus persicae*) 季節性由桃樹移至其它作物時，對其新寄主施藥可以達到防治桃蚜又不影響其天敵的目的 (Way and Cammell, 1985)。此外注意藥劑使用的時間，在害蟲對藥劑較敏感的時期如幼蟲期施藥可以使用藥量減少。如初齡黃點介殼蟲 (*Parlatoria pergandei*) 由於尚未分泌介殼，對藥劑較爲敏感，是最好的防治蟲期。第三個例子與害蟲的抗藥性有關。同一種蟲在不同地區表現出來的抗藥性程度上會有不同，同一地區不同種類的害蟲對同一種藥劑的感受性亦不同，需針對不同地區，不同害蟲間的差異使用不同濃度不同種類的藥劑。這樣可以以較合理的劑量有效的防治害蟲而同時又可保有相當數量的天敵 (吳及羅，1987)。

(一)柑桔園常用藥劑的選擇性

鑑於目前常在柑桔園中使用的藥劑以廣效性種類居多，田間實際工作中首先需要解決的便是害蟲產生抗藥性及藥劑毒殺天敵的問題。不同地區的柑桔園用藥歷史，用藥種類都不盡相同，害蟲遭受到的選汰壓力也不一樣。因此，害蟲對藥劑的抗性程度也依地區而不同 (吳及羅，1987)。一旦害蟲產生抗藥性，農民在田間用藥次數，用藥種類，用藥濃度均將提高。某些藥劑在正常的用藥濃度下對天敵無害，一旦提高了濃度或混合其他藥劑之後，對天敵極爲不利 (Croft *et al.*, 1987)，抗藥性對藥劑的選擇性能力影響極大。因此對目前柑桔園中使用的藥劑而言，首先要考慮的便是如何由抗藥性觀點來合理的改變用藥種類、使用劑量、時間或施用技術以得到選擇性。

針對抗藥性問題 (吳及羅，1987) 以田間毒效指數 (Field toxicity index，表一) 作爲衡量藥劑是否合理使用的標準。田間毒效指數係代表農藥在田間推薦使用濃度／該藥劑對柑桔害蟲之 LC_{75} 值，毒效指數值愈大，表示其 LC_{75} 值愈小，即對柑桔害蟲愈有藥效，或田間推薦使用濃度過高，有降低使用濃度，以配合生物防治的潛力。

以柑桔葉蟎 (*Panonychus citri*) 的藥劑防治爲例 (吳及羅，1987)，竹崎地區柑桔葉蟎對 Ethion 46.5 EC、Azocyclotin 25 WP；關西地區葉蟎對 PPPS 55 EC、Oxythioquinox 25 WP 有 10 倍以上的抗藥性比值，這四種藥劑能否繼續在該區使用，將值得進一步檢討。竹崎地區對 Cyclohexatin 50 FP、Amitraz 20 EC 及 Oxythioquinox 25 WP 等藥劑有 5～10 倍之間的抗性比值，而在關西地區僅對 Ethion 46.5 EC 有 5～10 倍的抗性。因此指數值是隨著各地區葉蟎對藥劑抗性程度不同而有差異，以此標準我們可以知道若在竹崎、霧峰、關西地區使用 Nissol 25 EC、Benzomate 20 EC 對柑桔葉蟎進行綜合防治時，由於其較高的毒效指數值，顯示可以考慮降低用藥量 (表一)。

表一 殺蟎劑對柑桔葉蟎之毒效指數 (吳及羅，1987)

Table 1. Field toxicity index of acaricides in three strains of the citrus red mite, *Panonychus citri*

Acaricides	TARI		Chuchi		Kuanhsi		Recommended 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
Amitraz	30.56	6.5	113.83	1.8	43.87	4.6	200
Nissol	30.62	20.4	71.18	8.8	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	3253.26	0.2	18430.1	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 μg/ml.
2. Field toxicity index; recommended concentration used for mite control/LC_{75} of the citrus red mite.
3. Wettable powder.
4. Flowable powder.

其次考慮到藥劑對天敵的毒性。爲害柑桔的害蟲及害蟎有記錄者超過 150 種 (羅及邱，1986)。衆多潛在害蟲之所以不易發生成災是由於有更多的土產天敵發揮作用 (Chiu *et al.*, 1984)。因此，對藥劑的選擇性必須以整個柑桔園的生態爲一整體來考慮。也就是說農藥的使用必須考慮到對衆多天敵的急性致死效果和對天敵族羣長期影響兩部份 (Hassan *et al.*, 1985)。安平草蛉 (*Chrysopa boninensis*) 是柑桔葉蟎、蚜蟲、介殼蟲、木蝨等害蟲的主要捕食天敵之一，具有相當好的生物防治效果(倪，1983；李，1979)。雖然由表二的結果尚未能完整的說明柑桔園中常用藥劑對園中整個天敵相的眞正影響，然而，亦可以由此了解到有那些藥劑可以配合安平草蛉進行害蟲綜合防治工作。三種

表二 農藥對柑橘葉蟎，安平草蛉及卵細蜂的毒性（吳及羅，1988b）

Table 2. Toxicities of some pesticides to citrus red spider mite, *Panonychus citri*; green lacewing, *Chrysopa boninensis*; and chrysopid egg parasite, *Telenomus ampullaceus*

Pesticides	LC_{50} (μg ai/ml)			LC_{50} *C. boninensis*/ LC_{50} *P. citri*
	P. citri	*C. boninensis*	*T. ampullaceus*	
Organotin				
Cyclohexatin	27.1	>1000	>1000	>36.9
Pyrethroid				
Bifenthrin	54.0	9.0	44.3	0.2
Cyhalothrin	25.0	27.7	68.2	1.1
Fenpropathrin	4.3	31.0	426.7	7.2
Organophosphate				
Dimethoate	926.7	10.7	>1000	1.2×10^{-2}
Omethoate	>1000	18.6	>1000	$<1.9\times10^{-2}$
Malathion	>1000	10.5	>1000	$<1.1\times10^{-2}$
Carbamate				
Methomyl	966.0	5.0	>1000	0.5×10^{-2}
Benfuracarb	217.7	11.2	>1000	5.1×10^{-2}
Carbosulfan	352.0	17.0	>1000	4.8×10^{-2}
Fungicide				
Benomyl	>1000	>1000	>1000	—
Dithianon	>1000	>1000	>1000	—
Mancozeb	>1000	>1000	>1000	—
DDC-Ni	>1000	>1000	>1000	—

除蟲菊類藥劑固然比其它類型藥劑更具有選擇性，然而對葉蟎及安平草蛉之 LC_{50} 值差距並不大，但是基於有機磷劑、氨基甲酸鹽劑對柑橘葉蟎之 LC_{50} 值遠大於三種除蟲菊類藥劑，同時也無法阻止草蛉之卵寄生蜂（*Chrysopa ampullaceus*）的羽化，加以草蛉經由生化作用分解有機磷，氨基甲酸鹽類藥劑的能力並不強（Croft and Morse, 1979; Plapp and Bull, 1978），因此在柑橘害蟲綜合防治體系中，需注意勿使草蛉和有機磷及氨基甲酸鹽類藥劑同時應用之外，在使用這些藥劑之後亦應特別注意柑橘葉蟎猖獗爲害的可能性（鄭及何，1985），以適時增強草蛉在田間的力量。同時，在尚無對葉蟎、草蛉、黑卵蜂間更具選擇性的藥劑可用之前，必須注意除蟲菊類藥劑的「選擇性使用」以配合安平草蛉的生物防治是較佳的防治措施。

㈡新類型藥劑的選擇性

將可用於防治柑桔害蟲的新類型藥劑包括：Hexythiazox、Abamectin B1 (Croft *et al.*, 1987) 及一些生長調節 (IGR) 類型的藥劑。Hexythiazox 是殺卵劑，對柑桔葉蟎的卵、幼、若蟎皆有相當好的效果，對捕植蟎 (phytoseiid mites)、草蛉等天敵具有選擇性（吳及羅，1988a; Hoy and Ouyang, 1986）。同時受 Hexythiazox 影響不能孵化的卵亦可提供天敵取食，具有保育天敵的作用。Abamectin B1 對葉蟎有非常好的藥效，對捕植蟎具有中等選擇性 (Grafton-Cardwell and Hoy, 1983)，對安平草蛉則無急性毒。IGR 類藥劑對柑桔害蟲及天敵的選擇性如

何則尚待評估。

㈢選擇性藥劑面臨的問題

具選擇性的藥劑由於殺蟲範圍往往較狹窄，並不符合農藥生產的經濟效益原則，同時過於專一的藥劑無法控制同時爲害的多種害蟲，在其它防治方法如釋放天敵進行生物防治，尚無法適當配合的情況之下，混合其它藥劑也將是田間工作可預見的擧動之一。然而如未能合理的混合農藥，勢必破壞害蟲——天敵間的關係。合理的混合農藥除了考慮藥劑間物理性狀如穩定性，是否有協力效果或拮抗現象之外（李及李，1985），害蟲——天敵擁有的不同解毒機制如氧化，水解酵素等的差異也是依據之一 (Croft and Morse, 1979; Croft and Strickler, 1983)。

生 物 防 治

在臺灣，對柑桔害蟲的生物防治起步最早；1909年從紐西蘭引進澳洲瓢蟲 (*Rodolia cardinalis*) 防治柑桔吹綿介殼蟲成效卓著，創下臺灣害蟲生物防治成功的先例。以後又陸續引進數種天敵防治柑桔害蟲，皆有相當的成效（羅及邱，1986）。

㈠引進天敵的效果

澳洲瓢蟲 (*Rodolia cardinalis*)：吹綿介殼蟲 (*Icerya purchasi*) 由澳洲侵入臺灣後的最初幾年嚴重爲害柑桔。1909 年由紐西蘭引進此種瓢蟲在臺灣北部飼養和釋放。該蟲迅速立足，族羣很快的增加，快速散佈。它和另一種土產天敵——小紅瓢蟲 (*Rodolia pumila*) 成爲吹綿介殼蟲的主要控制因子。以後，吹綿介殼蟲族羣密度逐漸降低，成爲次要害蟲 (Chiu *et al.*, 1984)。

蒙氏瓢蟲 (*Cryptolaemus montrouzieri*)：在引進澳洲瓢蟲時亦趁便引進蒙氏瓢蟲供防治柑桔球粉介殼蟲 (*Nipaecoccus filamentosus*)。雖然蒙氏瓢蟲不是一種強有力的天敵，但至今仍然活躍於柑桔園，捕食粉介殼蟲，其重要性不容忽視（羅及邱，1986）。在柑桔花謝至幼果形成，正是柑桔粉介殼蟲的猖獗盛期，蒙氏瓢蟲隨即出現，捕食並產卵。但在自然情況下，常需 1 個半月至 2 個月才能將粉介殼蟲完全抑制。爲了確保柑桔幼果不受損失，應在粉介殼蟲猖獗初期，以人工飼育法大量繁殖蒙氏瓢蟲，進行田間釋放（羅及邱，1986）。

木蝨若蟲寄生蜂 (*Tetrastichus radiatus*)：1983年臺灣省農業試驗所自法屬留尼旺(Reunion)島引進臺灣，該蜂已經在田間立足成功，目前正繼續進行該蜂的繁殖和田間釋放工作，並評定其對臺灣柑桔木蝨 (*Diaphorina citri*) 的防治效果（錢景秦，私人通訊）。

㈡土產天敵的利用

臺灣柑桔害蟲種類甚多，多數害蟲的爲害，並未嚴重到非用藥劑防治不可的程度；或藥劑具有選擇性，對同時爲害的害蟲未必都有藥效；或害蟲生態特殊，一般的防治方法無法奏效。對這些害蟲最好的防治對策之一是利用本土原有的天敵進行生物防治。

潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella*)：柑桔嫩芽期的重要害蟲。幼蟲潛在葉片組織內啃食葉肉，造成蜿蜒曲折的隧道，被害葉片多呈縱向捲曲。不過受害葉的總面積若在 20%左右尚不致於造成明顯的經濟損失，故適合利用天敵來防治此蟲。其寄生性天敵有：串繭跳小蜂 (*Ageniaspis citricola*)、黃釉蜂 (*Cirrospilus ingennus*) 和黑釉蜂 (*Tetrastichus* sp.)。夏季後，潛葉蛾的被寄生率高達 90%，所以秋芽時期潛葉蛾有寄生天敵控制，不必施藥防治（羅及邱，1986）。

有殼介殼蟲類：包括褐圓介殼蟲 (*Chrysomphalus ficus*)、牡蠣介殼蟲 (*Lepidosaphes backii*)、黃點介殼蟲 (*Parlatoria pergandei*)、黑點介殼蟲 (*Parlatoria zizyphi*) 等。有殼介殼蟲類除了初孵化若蟲及雄成蟲之外，其體背皆分泌有保護作用的介殼，可以避免蟲體和藥劑直接接觸而遭受毒害。因此，若未能配合適當的防治方法，只一味進行藥劑防治往往無法獲得良好效果。更由於此

類害蟲體軀細小，不易察覺，待於葉上、枝上或果實發現蟲跡時，已過防治適期，不易防治成功。再則介殼蟲若受藥劑毒害死亡，其介殼仍能牢牢附着於枝、葉、果實上，易被認爲藥劑失效，而加重藥劑使用濃度及次數，造成環境汚染等問題，擴大藥劑的負面效果。因此介殼蟲的防治工作應以無介殼保護的初齡若蟲爲藥劑防治對象，並配合天敵對老齡幼蟲進行生物防治工作。重要寄生性天敵有：好勞黃金小蜂 (*Aphytis holoxanthus*)，柑桔跳小蜂 (*Aspidiotiphagus citrinus*)，牡蠣蚧黃金小蜂 (*Aphytis lepidosaphes*)，黃點蚧黃金小蜂(*Aphytis proclia*)。另有數種寄生菌，其中如 *Fusarium coccophilum* 在多雨潮濕的季節寄生率甚高（羅及邱，1986）。

葉蟎類：因葉蟎容易對藥劑產生抗藥性和再猖獗現象，因此以天敵進行防治工作是很理想的方式。其天敵有：小黑瓢蟲 (*Stethorus* sp.)、小黑隱翅蟲 (*Oligota oviformis*)、薊馬 (*Scolothrips* sp.)、安平草蛉 (*Chrysopa boninensis*)、捕植蟎 (*Amblyseius* spp.) 等。

鳳蝶類：臺灣爲害柑桔的鳳蝶有八種，但以無尾鳳蝶最重要。無尾鳳蝶除成蟲期外，其餘蟲期的重要天敵：卵期有赤眼卵蜂(*Trichogramma chilonis*)和黑卵蜂(*Telenomus* sp.)。幼蟲期有寄生蠅 (*Exorista sorbillans*) 和姬蜂 (*Melalophacharops papilionis*)。蛹期有蛹金小蜂 (*Pteromalus puparum*)。其中以赤眼卵蜂和蛹金小蜂最重要。

㈢土產天敵的保育

在昆蟲相豐富而複雜的臺灣，被引進之天敵，首先遇到的是高溫、潮濕的氣候及代替寄主不虞匱乏的有利條件，但相對的也遭遇到嚴厲的種間競爭。引進天敵能否立足已是疑問，況且引進天敵主要用在對入侵害蟲的防治上，其對入侵害蟲防治成功率較高（朱，1986）。對本地害蟲的防治仍然要依賴土產天敵。土產天敵是生物防治工作中不可忽視的力量。柑桔害蟲綜合防治的重點之一，卽是如何讓土產天敵發揮力量。目前立卽可做的有：

1. 配合選擇性藥劑的使用

根據許多柑桔生態方面的研究顯示，生物防治的效果可能被加諸於天敵的不利環境因子抵消掉。這些因子包括藥劑的使用（直接接觸，被風吹來）、不利天候、灰塵、某些耕作方式等。藥劑的使用是最重要的副作用因子。藥劑的長期使用更造成對藥劑的依賴 (Riehl *et al.*, 1980)。若能配合生物防治或綜合防治，用選擇性藥劑或降低藥劑的使用濃度，則一定數量的害蟲被殺死，是屬於直接效益，同時殘留下來的害蟲可供作天敵的食餌。如此既降低了對害蟲的藥劑選汰壓力，延緩抗藥性的產生，亦可保護天敵，誘發天敵產生抗藥性，維持生態系統的穩定。

天敵亦會對藥劑產生抗藥性。已報告的天敵抗藥性例子以捕食性蟎類居多。部份昆蟲類天敵也已發展出對農藥的抗性，而且其種類將會持續的增加 (Croft and Brown, 1975)。釋放抗性天敵所以會失去對害蟲生物防治的效果，可能有幾個原因，但是最重要的原因是配合防治其它病蟲害時所用的藥劑毒性太高所致。因爲天敵抗藥性的產生通常只侷限於少數相關的藥劑而已，對不同類別的藥劑則不易產生相當程度的交互抗性，因此必須小心的選用藥劑。此外天敵要產生抗藥性的條件比一般害蟲者嚴苛。受食餌因素及對藥劑解毒機制的限制使天敵對同一藥劑抗性產生速度比害蟲慢之外，復受田間實際操作的影響。因爲害蟲種類會先被注意到有抗藥性產生，接着就會改用不同的藥劑防治害蟲，如此更阻止了天敵產生抗藥性的機會 (Croft and Strickler, 1983)。對寄生或捕食天敵人爲的選汰抗性，尙未成功。抗藥性天敵在目前尙未能在害蟲管理中扮演主要角色。

2. 維持天敵在田間的族羣密度

「數量太少」或「族羣增長太慢」是天敵不能有效防治害蟲的主因。天敵在時間、空間上，不能和它的食餌配合，或是繁殖速率較慢不能有效阻止害蟲族羣密度的增加，這種天敵和食餌脫節的原因有：(1)作物區與天敵存在區相距過遠；(2)使用非選擇性藥劑，使天敵因遭毒殺和食餌不足而遷移；(3)爲

了繁殖生存，某些種類天敵的成蟲和幼蟲相似，皆需要捕食食餌；某些種類成蟲則只需要攝食花粉或蜜露；某些種類則二者都需要。甚至在某些寄生性的膜翅目、雙翅目昆蟲，除了寄主之外，尚需要其它食物才能有生殖活動 (Hagen and Bishop, 1979)。因此，作物種類太少或清園常常會減少成蟲食物甚至幼蟲食物，以致於天敵無法長存在園中，以維持一定數量，隨時發揮生物防治力量。一但害蟲族羣密度增高，就更顯得天敵「太少」，產生「太慢」。因此，提供天敵必要食物（諸如撒佈蜜露，酵母，糖水等人工飼料）是維持並吸引天敵存在的重要措施 (Hagen and Bishop, 1979)。此外，可以在特定地方大量繁殖天敵，定時或需要時大量釋放，亦可在短時間內改善田間天敵數量不足的缺點 (Oatman and Beardsley, 1979)。

3.減少二次性天敵 (Secondary natural enemy) 的干擾

有許多捕食性和寄生性的二次性天敵會爲害不同齡期的天敵，以最常在臺灣柑桔園出現的安平草蛉爲例，卵期寄生二次性天敵至少有：*Telenomus* spp. *Trichogramma* sp.。同時亦發現蛹期有寄生蜂 (*Brachycyrtus nawaii*) 嚴重爲害。瓢蟲類其蛹期則有蚰小蜂 (*Tetrastichus* sp.)、蚤蠅 (*Megaselia* sp.,)。成蟲有小繭蜂 (*Perilitus caccinelliae*) 等之寄生。食蚜虻蛹有姬蜂 (*Diplazon laetatorius*)、跳小蜂 (*Syrphophagus* sp.) 及蛹小蜂 (*Pachyneuron* sp.) 等三種寄生蜂（陶，1982）。有這些二次性天敵的存在，使天敵生物防治的效果受到很大的限制。

減少二次性天敵干擾的方法，無疑的利用藥劑對害蟲——天敵——二次性天敵的選擇性差異，在防治害蟲時亦一併消滅二次性天敵是最理想的方式、然而一般常用藥劑並無如此理想的選擇性。表二的結果指出，柑橘園中常用的有機磷劑及氨基甲酸鹽劑，反而都有撲滅安平草蛉，保護柑橘葉蟎及黑卵蜂的反效果。

㈣土產天敵的生物防治效果

土產天敵一直和其食餌（寄主）及作物共同存在。天敵是否能在害蟲造成經濟損失前壓制害蟲族群和天敵的數量、活力、害蟲豐度及經濟水準有關。同時爲了能讓天敵有效的發揮作用，害蟲在什麼密度之下會造成經濟損失，同時需要多少天敵存在才可以阻止害蟲爲害都要了解。一般而言，土產天敵在遭受藥劑毒殺以及二次性天敵的爲害之下，殘存在田間的數量往往不足以將害蟲族羣密度壓抑在經濟爲害水準之下。

藉由連續的幾次取樣可以了解害蟲及天敵族羣的變動情形，以決定是否增補釋放天敵來改善害蟲——天敵間的比例。成功的增補釋放天敵需要有完整的作物、害蟲及天敵的相關知識，且能經濟生產和釋放相當數量、品質的天敵 (Oatman and Beardsley, 1979)。

在臺灣已經可以配合柑桔害蟲綜合防治工作大量釋放的土產天敵至少有：赤眼卵寄生蜂 (*Trichogramma chilonis*) 防治柑桔鳳蝶類害蟲。此蜂多年來均釋放至蔗田防治螟蟲（羅及邱，1986），可以使用外米綴蛾 (*Corcyra cephlonica*) 卵爲代用寄主，很經濟的大量生產。

安平草蛉 (*Chrysopa boninensis*) 是臺灣另一可大量繁殖及釋放的捕食性天敵，用以防治柑桔葉蟎。雖然草蛉和葉蟎之間的釋放比例還未訂定，但是以普通草蛉 (Common green lacewing, *Chrysopa carnea*) 第一，二齡幼蟲防治蘋果歐洲葉蟎 (*Panonychus ulmi*) (Niemczyk *et al.*, 1973) 爲例，假如每 10 至 25 葉片有至少 1 隻草蛉幼蟲，將可以維持葉蟎族羣在經濟爲害水準之下 (Hagen and McMurtry, 1979)。田間釋放安平草蛉防治柑桔葉蟎的初步試驗中亦以平均 1 草蛉卵／柑桔葉片的比例可以很有效的防治柑桔葉蟎。（吳，未發表資料）。

結　　論

柑桔害蟲種類非常多，每種害蟲各有其獨特的天敵，構成嚴密的果園生態系統。我們若能以整個生態系統爲著眼點，適當的運用綜合防治技術，害蟲根本不易猖獗成災。綜合防治可以使我們逐漸擺

脫對藥劑的依賴，維持環境生態系統的穩定。但是綜合防治涉及的理論、技術、步驟，經緯萬端，雖然目前已有很豐碩的研究成果，然而離眞正的應用尙有很大的距離。目前急需加強的工作是：

一、發展綜合防治用藥劑。這類藥劑可以長時間使害蟲生理或行爲發生改變。具有這種特性的藥劑不一定要有致命的毒性，但是可以降低害蟲的族羣密度，因此減少損害程度 (Yamamoto, 1987)。

二、加強對二次性天敵的研究。二次性天敵固然是生態平衡的一環，卻是削弱一次性天敵力量的重要因子。在尙無法免除二次性天敵嚴重干擾的現階段，土產天敵以大量釋放至田間爲主，並儘可能佐以天敵的各種保育工作，以維持土產天敵在田間的數量。

三、開發利用有效的天敵。目前柑桔害蟲綜合防治工作的困難之一在於尙未發展出種類多且有效的天敵以供釋放配合防治各種害蟲，以減少農藥的使用量及次數。

四、引進有效天敵。然需考慮其對生態系的干擾及是否眞的需要引進，引進之後如何保育釋放 (朱，1986)。

五、強化天敵的保育工作。天敵保育工作是否得當常常是生物防治成敗的關鍵。如何提供天敵棲息場所，維持適量食餌，破壞或重新建立害蟲——一次性天敵——二次性天敵之間的平衡關係，以使一次性天敵能在田間維持一定的數量以隨時發揮防治效果 (Hagen and Bishop, 1979)。

引 用 文 獻

朱耀沂 1986 對臺灣生物防治工作的建議 植保會刊 28: 71-80。

朱耀沂、葉萬音、魯仲嫈 1985 東方果實蠅誘殺用含毒甲基丁香油吸收材質之開發 植保會刊 27 (4): 401-411。

李文蓉 1978 東方果實蠅之生態與防治 中央研究院動物研究所專刊第三號 pp. 19-26, 279pp.。

李國欽、李宏犖 1985 水稻田農藥混合後物理安定性之研究 植保會刊 27: 69-76。

李學進 1979 臺灣桑木蝨與其捕食性天敵——安平草蛉之生物特性及棲羣生態 中興大學昆蟲研究所碩士論文 69 頁。

邱煇宗、朱耀沂 1988 在小琉球以滅雄處理法防治東方果實蠅之實際應用 中華昆蟲 8: 81-94。

吳子淦、羅幹成 1987 柑橘葉蟎之抗藥性及其防治 中華農業研究 36(4): 421-428。

吳子淦、羅幹成 1988a 殺卵劑對柑桔葉蟎卵毒效之比較 植保會刊 30(2): 202-209。

吳子淦、羅幹成 1988b 農藥對柑橘葉蟎、安平草蛉及黑卵蜂之毒性 植保會刊 30(4): 371-3780

倪秀華 1983 菸草桃蚜及其天敵安平草蛉生活史捕食量及棲羣增殖率之影響 中興大學昆蟲研究所碩士論文 64 頁。

黃振聲、朱耀沂 1987 柑桔粉介殼蟲 (*Planococcus citri* (Risso)) 性費洛蒙誘捕器之開發 植保會刊 29: 297-305。

黃振聲、謝豐國、吳英琇 1986 藥劑對柑桔粉介殼蟲 (*Planococcus citri* (Risso)) 及其天敵蒙氏瓢蟲 (*Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant) 各生長期之毒性 植保會刊 28(2): 155-162。

陶家駒 1982 害蟲防治法 農業昆蟲 pp. 148-207。中國文化大學出版部，臺北，臺灣 238 頁。

鄭清煥、何坤耀 1985 農藥引起之害蟲再猖獗 農藥毒性研討會論文專集 pp. 93-120 中央研究院動物研究所專刊 296pp.

羅幹成、邱瑞珍 1986 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 75pp.

Chiu, S. C., K. C. Lo, C. C. Chien, C. C. Chen and C. F. Chen. 1984. A review of the biological control of crop pests in Taiwan (1981-1984). Special Publication No. 19, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, R. O. C. pp. 1-8, 33.

Croft, B. A. and A. W. A. Brown. 1975. Responses of arthropod natural enemies to insecticides. Annu. Rev. Entomol. 20: 285-335.

Croft, B.A. and J.G. Morse. 1979. Research advances on pesticide resistance in natural enemies. Entomophaga 24: 3-11.

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.

Croft, B.A., S.C. Hoyt and P.H. Westigard. 1987. Spider mite management on pome fruits, revisited: Organotin and acaricide resistance management. J. Econ. Entomol. 80: 304-311.

Davis, D.V. 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 and M.T. AliNiazee, eds. University of California, Berkeley, California. 102pp.

Grafton-Cardwell, E.E. and M.A. Hoy. 1983. Comparative toxicity of avermectin B1 to the predator, *Metaseiulus occidentalis* Nesbitt (Acari: Phytoseiidae) and the spider mites *Tetranychus urticae* Koch and *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 76: 1216-1220.

Hagen, K.S. and G.W. Bishop. 1979. Use of supplemental foods and behavioral chemicals to increase the effectiveness of natural enemines. In: "Biological Control and Insect Pest Management", pp. 49-60. Davis, D.W., S.C. Hoyt, J.A. McMurtry and M.T. AliNiazee, eds. University of California, Berkeley, California. 102pp.

Hagen, K.S. and J.A. McMurtry. 1979. Natural enemies and predator-prey ratios. In: "Biological Control and Insect Pest Management", pp. 28-40. Davis, D.W., S.C. Hoyt, J.A. McMurtry and M.T. AliNiazee, eds. University of California, Berkeley, California. 102pp.

Hassan, S.A., F. Bigler, P. Blaisinger, H. Bogenschutz, J. Brun, P. Chiverton, E. Dickler, M.A. Easterbrook, P.J. Edwards, W.D. Englert, S.I. Firth, P. Huang, C. Inglesfield, F. Klingauf, C. Kuhner, M.S. Ledieu, E. Naton, P.A. Oomen, W.P.J. Overmeer, P. Plevoets, J.N. Reboulet, W. Rieekmann, L. Samsoe-Peterson, S.W. Shires, A. Satubli, J. Stevenson, J.J. Tuset, G. Vanwetswinkel and A.Q. Van 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.

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.

Niemczy, E., M. Miszczak, R. Olszak, S. Sledzione and G. Bakowski. 1973. The effectiveness of some predaceous insects in the control of phytophagous mites and aphids on apple trees. Annu. Report (1973) Research Instit. Pomology, Skierniewice, Poland. 49pp.

Oatman, E.R. and J.W. Beardsley. 1979. Supplementary releases of natural enemies. In: "Biological Control and Insect Pest Management", pp. 46-48. Davis, D.W.,

S.C. Hoyt, J.A. McMurtry and M.T. AliNiazee, eds. University of California, Berkeley, California. 102pp.

Plapp, F.W. Jr. and D.L. Bull. 1978. Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa canea*, a predator of the tobacco budworm. Environ. Entomol. 7: 431-434.

Riehl, L.A., R.F. Brooks, C.W. McCoy, T.W. Fisher and H.A. Dean. 1980. Accomplishments toward improving integrated pest management for citrus. In: "New Technology of Pest Control", pp. 319-363. Huffaker, C. B. ed. A Wiley-Interscience Publication. New York. 809pp.

Way, M.J. and M.E. Cammell. 1985. Biological considerations. In: "Pesticide Application: Principles and Practice", pp. 68-94. Haskell, P.T. ed. Clarendon Press. Oxford. 494pp.

Yamamoto, I. 1987. Pesticides—From kill to control. Japan Pesticides Information 50: 3-5.

INTEGRATED CONTROL OF INSECT AND MITE PESTS ON CITRUS

Tze-Kann Wu and Kang-Chen Lo

Taiwan Agricultural Research Institute

The insect pests of citrus comprise many diverse groups, the most important of which are aphids, scale insects, mealy-bugs, cottony-cushion scale, citrus psylla, leaf miner, citrus red mite and citrus rust mite. These pests almost invariable have a long list of parasites and predators attacking them. Biological control program on the insect pests of citrus has been under way in Taiwan since 1909, and since that time, the majority of the studies have been devoted almost entirely to the cottony-cushion scale and mealy-bugs. Recently, in order to develop a more available integrated citrus pest management program. This program involves: (1) Screen the selective insecticides that favor natural enemies of the pest insects; (2) Increasing predation and parasitization through use of supplementary foods and kairomones where naturally-occurring biological control agents require augmentation. They can be used in conjunction with releases of natural enemies; (3) The role of the secondary parasitoides should be investigated.