

# 殺蟲劑對銀葉粉蝨之寄生蜂—蚜小蜂之毒性測試法

曾經洲、高穗生

## 前 言

蚜小蜂 (Aphelinidae) 是銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellow and Perring) 綜合防治的有效天敵，在荷蘭、英國、美國均曾被利用來作為配合綜合防治的生物防治用，在臺灣亦發現本地產東方蚜小蜂 (*Eretmocerus orientalis* Silvestri) 及淺黃恩蚜小蜂 (*Encarsia transvena* (Timberlake)) 為銀葉粉蝨之有效天敵，並且扮演關鍵性的自然防治因子，具生物防治之潛力。為保育蚜小蜂，配合化學殺蟲劑之使用，達成綜合防治銀葉粉蝨之目的，乃建立殺蟲劑對此二種蚜小蜂成蟲及寄生於寄主體內不同發育期的毒性測試法，並評估其影響，如此可作為銀葉粉蝨田間綜合防治時，選擇對蚜小蜂安全之殺蟲劑的依據，並可掌握適當的用藥時機，減低對蚜小蜂的毒害影響。

## 銀葉粉蝨—小昆蟲大危害

銀葉粉蝨 (圖 1.)，在本省前稱菸草粉蝨 (即 *Bemisia tabaci* (Gennadius) B 品系 (McAuslane and Nguyen, 1996))，為害約 300 種作物，雌蟲產卵 30-300 粒 (Stockiwn, 1992)。於 27.5-30°C 條件下，卵發育到成蟲約 17 天，25°C 時 23.6 天 (Butler *et al.*, 1983)。成蟲期 3-4 週，可連續飛行 2.5 小時，達 6 哩 (Stockiwn, 1992)。可使 30 種以上作物，得到 70 種以上的 geminiviruses 毒素病 (Whitefly-transmitted, WFT) (Berlinger and Dahan, 1988; Brown, 1990)。1991 年冬天，菸草粉蝨在美國南加州及亞利桑那州大發生，單是加州損失估計就超過美金二億元以上 (Parrella *et al.*, 1992)。且有抗藥性產生 (Byrne *et al.*, 1992; Omer *et al.*, 1993; Prabhaker *et al.*, 1992)，在 1987 至 1988 兩年間，*B. tabaci* 對 sulprofos 之抗性倍數比 (relative resistance ratio) 增加了 19-104 倍，對百滅寧 (cypermethrin) 增加了 14-82 倍 (Parrella *et al.*, 1992)，而殺蟲劑使用的差異，造成了夏威夷島間的抗藥性差異 (Omer *et al.*, 1993)。自 1995 年起銀葉粉蝨也陸續在臺灣許多

蔬果產區大面積肆虐，造成農民嚴重損失。

## 銀葉粉蝨大剋星—蚜小蜂

在配合天敵使用的綜合防治上，首推蚜小蜂科的利用。

### 一、本省兩種土產的蚜小蜂

本省近來銀葉粉蝨亦使聖誕紅嚴重受害，在埔里地區受銀葉粉蝨肆虐之聖誕紅上，亦發現本地產寄生蜂—東方蚜小蜂和淺黃恩蚜小蜂扮演關鍵性的自然防治因子（圖 2.），顯然頗具生物防治的潛力。

### 二、利用蚜小蜂生物防治的例子

荷蘭和英國釋放粉蝨麗蚜小蜂 (*Encarsia formosa*) 並且配合使用布芬淨 (buprofezin)，可有效控制菸草粉蝨達 10 週之久 (Wilson and Anema, 1988)。Bellows 等人於 1989 到 1990 年間，自義大利及以色列引進 *Encarsia partenopea* 到美國加州，並且在 22 個釋放點的 20 個點中立足成功 (Parrella et al., 1992)。調查發現菸草粉蝨的族群也會遭受 *Eretmocerus mundus* 大量寄生 (Stam and Hlmoose, 1990)。

### 三、蚜小蜂生活史資料

蚜小蜂的生活史分卵、幼蟲 3 齡期、前蛹及蛹 (Gerling et al., 1987)。銀葉粉蝨若蟲有 3 齡 (Gerling et al., 1987)，當蚜小蜂產卵寄生於其 3 齡若蟲時，則使之無法化蛹，寄生前期銀葉粉蝨若蟲仍為白色，此時蚜小蜂為幼蟲期，後期蚜小蜂化蛹，此時被寄生粉蝨若蟲外表呈現黑色，之後蚜小蜂羽化 (圖 3.)。在 25°C 下從卵到成蟲，東方蚜小蜂約 16 天；淺黃恩蚜小蜂約 18 天；*Encarsia deserti* 為 11-13 天 (Gerling et al., 1987)；粉蝨麗蚜小蜂為 17 天 (Butler et al., 1983)。

### 四、農藥對蚜小蜂毒性測試研究的回顧

在筆者開始事本研究前，尚無殺蟲劑對東方蚜小蜂及淺黃恩蚜小蜂的毒性資料，與毒性有相關者均是粉蝨麗蚜小蜂的毒性資料，而對 *Eretmocerus* 屬蚜小蜂的毒性資料，至 1994 年才有一篇“9 種農藥對 *E. debachi* 的毒性試驗 (Uygun et al., 1994)”。而後筆者報告了「殺蟲劑對銀葉粉蝨之寄生蜂—東方蚜小蜂及淺黃恩蚜小蜂之毒性 (曾與高, 1995)」及「九種銀葉粉蝨防治藥劑對東方蚜小蜂成蟲之毒性 (曾與高, 1999)」。

至於農藥對粉蝨麗蚜小蜂的研究報告，則有 McClanahan(1970)測試 5 種農藥，除屬於殺蟲、殺蛹、殺菌劑的蟎離丹 (quinomethionate) 外，其餘美文

松(mevinphos)、乃力松(naled)、巴拉松(parathion)及安殺番(endosulfan)等4種殺蟲劑,均對成蟲呈現劇毒,而蟎離丹對寄主—溫室粉蝨(*Trialeurodes vaporariorum*)的卵、若蟲致死率遠超過對蚜小蜂的幼蟲,適合使用於綜合防治。Helgensen and Tauber (1974)以比加普(pirimicarb)用噴灑法及燻蒸法處理蚜蟲都顯現高毒,但對粉蝨麗蚜小蜂成蟲卻無毒。Harbaugh and Mattson (1976)進行5種殺蟲劑成品噴灑馬鈴薯葉對蚜小蜂之毒性測試,經不同時間採葉片,進行成蟲24小時接觸實驗,結果5種殺蟲劑中安殺番、馬拉松(malathion)對成蟲毒性高,並呈長殘效性,乃力松、硫酸尼古丁(nicotine sulfate)、resmethrin則否,而其中馬拉松及乃力松對粉蝨麗蚜小蜂幼蟲期的毒性亦高(羽化率<20%),硫酸尼古丁處理各發育期之幼蟲,均無礙將來之羽化率,但resmethrin處理寄生早期的菸草粉蝨白色若蟲,會使後來幾無羽化者,顯示高毒性。Ledieu(1979)進行50種農藥對蚜小蜂成蟲之半數致死濃度測試,供試殺蟲劑中僅二福隆(diflubenzuron)大於100,000ppm a.i.(處理後24小時),其餘均小於1,000ppm以下,亦即毒性較高,而殺蟎劑之大克蟎(dicofol)、錫蟎丹(cyhexatin)、得氣蟎(dienichlor)、芬佈賜(fenbutatin oxide)均大於或等於100,000 ppm a.i.,得脫蟎(tetradifon)值最低也不過7,500 ppm a.i.,亦即毒性均低。Hoogcarspel and Jobsen (1984)實驗室內測試農藥對蚜小蜂的毒性,並且依照世界生物防治組織(IOBC)毒性分類,收集羽化12-24小時之粉蝨麗蚜小蜂成蟲,並以蜂蜜餵食,供毒性試驗用,試驗藥劑噴灑在玻璃板上(100 mg/100 cm<sup>2</sup>)作成窗子並且抽氣,接觸24小時,存活的成蟲供應寄主寄生4小時,結果供試殺蟲、殺蟎劑中以芬佈賜(fenbutatin-oxide)無害,而大克蟎中度有害,其餘殺蟲劑(百滅寧(permethrin)、馬拉松、巴拉松、美文拉、納乃得(methomyl)、比加普、安丹(propoxur)均有害,殺菌劑中有機氯劑益發寧(dichlorofluanid)的近似物 tolylfluanid 0.25%及錳乃滿(maneb) 0.2%有害,其餘均無害。Oomen (1985)曾發表農藥對粉蝨麗蚜小蜂副作用評估的規範。Delorme 等人(1985)結合寄主與天敵的植株施藥試驗,顯示bioresmethrin對粉蝨麗蚜小蜂低殘效,可適用於綜合防治體系;第滅寧(deltamethrin)則是高殘效,不適用。

Ilygun (1994)測試9種農藥對 *Eretmocerus debachi* 之毒性,其中新殺蟎(bromopropylate)、陶斯松(chlorpyrifos)、馬拉松對成蟲均屬有害級,對幼蟲則新殺蟎為中度危害,馬拉松輕度危害,對蛹則是新殺蟎輕度危害,但陶斯松、馬拉松為有害級。

# 殺蟲劑對蚜小蜂的毒性測試法

## 一、銀葉粉蝨及蚜小蜂的培育

將銀葉粉蝨於盆栽大戟科多花型聖誕紅(*Euphorbia pulcherrima*)之葉片上繁殖，盆栽套以網罩置溫室中，個別接入兩種蚜小蜂任其寄生，並供給蜜水洋菜膠取食(Balboni, 1964) (圖4.)，以延長成蟲壽命及增加產卵。

## 二、蚜小蜂成蟲之毒性測試法

兩種蚜小蜂成蟲毒性測試，參考 Oomen (1985)為農藥對粉蝨麗蚜小蜂的毒性副作用作流程及 Hoogcarspel and Jobsen (1984)報告。以田間推薦濃度換算單位面積著藥量( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )及其1/2倍、1/4倍，使用原體級藥，製作直徑3cm、長7.5cm雙通玻璃管殘留藥膜，接入24小時內羽化並經餵食蜜水之蚜小蜂成蟲(圖5.、6.)，每處理5隻，5重覆，置 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $70 \pm 10\% \text{RH}$ ，風速0.1 m/sec之超微風通氣裝置中(圖7.、8.)，經24小時觀察死亡率。對照組僅以有機溶媒處理玻璃管，其他處理同處理組，處理組之死亡率經 Abbott's formula 校正之。依 Hussan 等人(1985)之毒性分類標準進行分級：4 - 強烈毒害(死亡率 $>99\%$ )；3 - 中度毒害(死亡率 $80-99\%$ )；2 - 輕度毒害(死亡率 $50-79\%$ )；1 - 無毒害(死亡率 $<50\%$ )。

## 三、蚜小蜂幼蟲及蛹期之毒性測試法

參考 Harbaugh and Mattson (1976)有關粉蝨麗蚜小蜂報告，及 Gerling 等人(1987)菸草粉蝨之寄生性天敵 *Encarsia deserti* 的生活史及寄主識別，進行實驗設計。銀葉粉蝨若蟲有3齡，當蚜小蜂產卵寄生於其3齡若蟲時，則使之無法化蛹，寄生前期銀葉粉蝨若蟲仍為白色(white nymph stage)，此時蚜小蜂為幼蟲期，後期蚜小蜂化蛹，此時寄生粉蝨若蟲外表呈現黑色(black nymph stage)，之後蚜小蜂羽化，在 $25^\circ\text{C}$ 下從卵到成蟲，東方蚜小蜂約16天、淺黃恩蚜小蜂約18天。摘取白色、黑色若蟲期之粉蝨(圖9.)，亦即幼蟲期(寄生後約1天)、蛹期(寄生後約11天)之蚜小蜂(圖10.)，加上即將羽化之蛹(羽化前約1-2天)(圖11.)，分別以經稀釋成田間推薦濃度之10種殺蟲劑浸漬，浸漬時間為30秒，對照組則以蒸餾水浸漬之，每處理5隻，5重覆，其後置 $24^\circ\text{C}$ 定溫箱中任其羽化(圖12.)，記錄羽化成蟲數，並觀察羽化成蟲在供應蜜水下，可存活之時間，以評估殺蟲劑對銀葉粉蝨寄生性蚜小蜂各發育期之毒性。

## 四、供試殺蟲劑之選取及供試濃度之決定

參考殺蟲劑對菸草粉蝨及蚜小蜂毒性文獻資料，及推薦對銀葉粉蝨有效之防治藥劑，選為供試藥劑，其名稱、成份劑型及提供廠，如表1。各藥劑參

考植物保護手冊中推薦於他種作物之濃度，訂出供試濃度，進行毒性測試。

表 1. 供試殺蟲劑

供試殺蟲劑	a. i. (%)	劑型	來源
二福隆 (diflubenzuron)	90	TG	惠光化學
六伏隆 (hexaflumuron)	100	TG	台灣道禮
克福隆 (chlorfluazuron)	94	TG	省農會農化廠
布芬淨 (buprofezin)	85	TG	省農會農化廠
布芬淨 (buprofezin)	99.9	TG	佳農貿易
百滅寧 (permethrin)	93.9	TG	興農
芬化利 (fenvalerate)	96	TG	瑞豐
芬普寧 (fenpropathrin)	92.2	TG	好速化學
畢芬寧 (bifenthrin)	2.8	EC	國際技術社
第滅寧 (deltamethrin)	98	TG	興農
賽滅寧 (cypermethrin)	94	TG	富農化工
大滅松 (dimethoate)	94	TG	亞洲羅門哈斯
佈飛松 (profenofos)	97	TG	台灣諾華 (臺灣汽巴嘉基)
陶斯松 (chlorpyrifos)	97	TG	惠光化學
達馬松 (methamidophos)	73	TG	興農
歐殺松 (acephate)	97	TG	好速化學
加保利 (carbaryl)	91	TG	興農
加保扶 (carbofuran)	95	TG	興農
納乃得 (methomyl)	98	TG	惠光化學
安丹 (propoxur)	95	TG	興農
比加普 (pirimicab)	85	TG	臺灣卜內門化工
培丹 (cartap)	98.1	TG	崑農農化
阿巴汀 (abamectin)	2	EC	台灣三笠化學
派滅淨 (pymetrozine)	25	WP	台灣諾華
益達胺 (imidacloprid)	97.9	TG	台灣拜耳

## 殺蟲劑對蚜小蜂成蟲的毒效

### 一、十八種殺蟲劑對東方蚜小蜂及淺黃恩蚜小蜂成蟲之毒效

選擇 18 種殺蟲劑，參考推薦於各種作物田間之濃度，訂出供試濃度，其中五種合成除蟲菊（百滅寧、芬化利、芬普寧、第滅寧、賽滅寧）、5 種有機磷（大滅松、佈飛松、陶斯松、達馬松、歐殺松）、5 種氨基甲酸鹽（加保利、加保扶、納乃得、安丹、比加普）及 3 種昆蟲生長調節劑（二福隆、克福隆、布芬淨），以供試濃度及其 1/2 倍、1/4 倍，將供試原體滴於玻璃管，製成殘留藥膜，接入 24 小時內羽化並經餵食蜜水之蚜小蜂成蟲，置超微風通氣裝置中，經 24 小時觀察死亡率。依 Hassan 等人(1985)之毒性分類標準進行分級。

18 種殺蟲劑以供試濃度、其 1/2 倍、及其 1/4 倍濃度之殘留藥膜，處理

東方蚜小蜂和淺黃恩蚜小蜂成蟲之毒性(如表 2.)，顯示供試合成除蟲菊、有機磷、氨基甲酸鹽在三種處理濃度下均致兩種蚜小蜂全數死亡，屬於有害級(死亡率>99%)。昆蟲生長調節劑的布芬淨對兩種蚜小蜂之致死率，在推薦濃度屬中度有害級(死亡率=80-99%)；其 1/2 倍濃度時可降低近半數，分屬於輕度有害級(死亡率=50-79%)或無害級(死亡率<50%)；1/4 倍濃度時死亡率僅約 20%，屬於無害級。同屬於昆蟲生長調節劑的二福隆危害程度低，各濃度均屬無害級；但克福隆各處理濃度卻屬有害級。

表 2. 殺蟲劑處理東方蚜小蜂及淺黃恩蚜小蜂成蟲 24 小時後之死亡率

殺蟲劑	X=推薦濃度 ( $\mu$ g/ml)	不同濃度處理下的死亡率(%) <sup>1)</sup>					
		東方蚜小蜂			淺黃恩蚜小蜂		
		1X	1/2X	1/4X	1X	1/2X	1/4X
二福隆	167	36	20	8	16	4	0
布芬淨	167	84	64	24	84	48	20
克福隆	50	100	100	100	100	100	100
百滅寧	50	100	100	100	100	100	100
芬化利	40	100	100	100	100	100	100
芬普寧	67	100	100	100	100	100	100
第滅寧	24	100	100	100	100	100	100
賽滅寧	33.3	100	100	100	100	100	100
大滅松	440	100	100	100	100	100	100
佈飛松	430	100	100	100	100	100	100
陶斯松	321	100	100	100	100	100	100
達馬松	500	100	100	100	100	100	100
歐殺松	500	100	100	100	100	100	100
加保利	500	100	100	100	100	100	100
加保扶	338	100	100	100	100	100	100
納乃得	240	100	100	100	100	100	100
安丹	500	100	100	100	100	100	100
比加普	250	100	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup> 死亡率已經 Abbott's 公式校正。

## 二、九種防治銀葉粉蝨殺蟲劑對東方蚜小蜂成蟲之毒效

結果 9 種防治銀葉粉蝨殺蟲劑處理東方蚜小蜂成蟲 24、48、72 小時之致死率及毒性分級(如表 3.)，顯示有機磷劑的陶斯松、有機氮劑的培丹、合成除蟲菊的畢芬寧和第滅寧，三種處理濃度下均使東方蚜小蜂全數死亡，屬於強烈毒害級(死亡率>99%)。昆蟲生長調節劑的六伏隆及布芬淨對東方蚜小蜂之致死率，在推薦濃度及稀釋 1/2 倍、1/4 倍濃度下，處理 24 小時的結果屬於無害級(死亡率<50%)，在推薦濃度下 24、48、72 小時的死亡率結果，雖顯示六伏隆與布芬淨之毒性等級相同，但在死亡率上卻是布芬淨較六伏隆

略高，而 1/2 倍、1/4 倍濃度亦顯示布芬淨之毒性高於六伏隆。屬於放線菌產物的阿巴汀、屬於 triazine 類的派滅淨及屬於 chloronicotinyl nitroguanidine 類的益達胺，對東方蚜小蜂毒性表現相似，在推薦濃度下，處理 24 小時的結果屬於中度毒害級（死亡率 = 80-99%），但 48 小時以上的結果即顯示強烈毒害；在 1/4 倍濃度，處理 24 小時的結果上，雖然表現輕度毒害（死亡率 = 50-79%），但延長至 48 小時即現強烈毒害。

表 3. 九種防治銀葉粉蝨殺蟲劑處理東方蚜小蜂成蟲 24、48、72 小時之死亡率<sup>1)</sup>及毒性分級<sup>2)</sup>

供試殺蟲劑	X=推薦濃度 (ppm)	1 X			1/2 X			1/4 X		
		24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr	24 hr	48 hr	72 hr
六伏隆	94	20.0 <sup>1)</sup> 1 <sup>2)</sup>	80.0 3	100 4	16.7 1	36.7 1	43.2 1	0 1	46.6 1	46.6 1
布芬淨	250	28.0 1	96.0 3	100 4	20.0 1	95.9 3	100 4	13.3 1	100 4	100 4
阿巴汀	20	80.0 3	100 4	100 4	80.0 3	100 4	100 4	66.6 2	100 4	100 4
派滅淨	166	86.7 3	100 4	100 4	86.7 3	100 4	100 4	73.3 2	100 4	100 4
益達胺	96	96.0 3	100 4	100 4	96.0 3	100 4	100 4	76.0 2	100 4	100 4
陶斯松	250	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4
培丹	500	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4
畢芬寧	28	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4
第滅寧	24	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4	100 4

<sup>1)</sup> 死亡率已經 Abbott's 公式校正。

<sup>2)</sup> 實驗室初毒測試之毒性等級：4 = 強烈毒害（死亡率 > 99%）；3 = 中度毒害（死亡率 = 80-99%）；2 = 輕度毒害（死亡率 = 50-79%）；1 = 無毒害（死亡率 < 50%）(Hassan 等人, 1985)。

### 三、討論

依前人研究，植物性殺蟲劑除蟲菊、尼古丁、魚藤精等，對粉蝨麗蚜小蜂成蟲之毒性較低，但仍高於殺蟎劑，至於合成除蟲菊則是百滅寧，第滅寧高殘效，有機磷劑：美文松、乃力松、馬拉松、巴拉松、飛達松、大克松、大利松、大滅松、得拉松對粉蝨麗蚜小蜂成蟲毒性均很高，陶斯松及馬拉松對

*E. debachi* 毒性亦均很高，氨基甲酸鹽類納乃得、比加普、安丹對粉蝨麗蚜小蜂為高毒，比加普依據以 150ppm 噴製殘留藥膜，處理粉蝨麗蚜小蜂成蟲發現接觸毒性低。

供試之 6 種合成除蟲菊，稀釋至供試濃度 1/4 倍，不論是對東方蚜小蜂或淺黃恩蚜小蜂，在處理後 24 小時即 100% 致死，呈現高毒性，5 種有機磷劑亦顯高毒，5 種氨基甲酸鹽對兩種蚜小蜂亦呈高毒，有機氮劑的培丹亦是強烈毒害級的。阿巴汀及益達胺等非傳統類型農藥，以及新近發展出來的派滅淨，對東方蚜小蜂成蟲的毒性，也被排定在昆蟲生長調節劑之上，其他殺蟲劑之下，換言之，比大部分的殺蟲劑安全，但卻仍有中度的毒性。昆蟲生長調節劑是對蚜小蜂最安全的殺蟲劑（曾與高，1995；Wilson and Anema, 1988），本報告再次肯定布芬淨較安全，也發現二福隆、六伏隆亦安全，是綜合防治上對東方蚜小蜂安全的選擇藥劑。克福隆雖亦為昆蟲生長調節劑，但本試驗以 167ppm 殘留藥膜接觸兩種蚜小蜂成蟲，毒性卻很高。

## 殺蟲劑對本土蚜小蜂不同發育期的毒效

殺蟲劑對蚜小蜂成蟲大部份有害，因此進一步試驗蚜小蜂在寄主體內之其他發育期，對藥劑之敏感性，以應綜合防治之需要。繼續自前述試驗中，選出分屬於各類常用或已知對其他天敵益蟲較安全之 10 種殺蟲劑，進行對蚜小蜂幼蟲、蛹期毒性測試。

摘取白色、黑色若蟲期之粉蝨，亦即幼蟲期(寄生後約 1 天)、蛹期(寄生後約 11 天)之蚜小蜂，加上即將羽化之蛹(羽化前約 1-2 天)，10 種原體殺蟲劑〔3 種合成除蟲菊(第滅寧、芬化利、百滅寧)、2 種有機磷劑(歐殺松、達馬松)、2 種氨基甲酸鹽(納乃得、比加普)、3 種昆蟲生長調節劑(布芬淨、克福隆、二福隆)〕分別以經稀釋成供試濃度浸漬，記錄羽化成蟲數，並觀察羽化成蟲在供應蜜水下，可存活之時間，以評估殺蟲劑對銀葉粉蝨寄生性東方蚜小蜂及淺黃恩蚜小蜂各發育期之毒性影響。

### 一、對東方蚜小蜂不同發育期之毒效

10 種殺蟲劑對東方蚜小蜂不同發育期之毒效結果，如表 4.。殺蟲劑於東方蚜小蜂幼蟲期處理對羽化率的影響，顯示納乃得對羽化率影響最大，昆蟲生長調節劑最小，且與對照組間無顯著性影響；蚜小蜂蛹期處理藥劑對羽化率的影響，以第滅寧、百滅寧、歐殺松、達馬松、納乃得、比加普影響最大，與對照組有顯著性差異；蚜小蜂羽化前處理藥劑對羽化率均有顯著性影響，

而藥劑間比較則以第滅寧、歐殺松、達馬松及納乃得毒性最高，且與三種昆蟲生長調節劑間有顯著性差異。比較不同發育期間處理藥劑之結果，隨著蚜小蜂愈接近羽化，受藥劑處理後，羽化率所受之影響也愈大，尤以合成除蟲菊、有機磷、氨基甲酸鹽，東方蚜小蜂羽化率數值可遞降 1.5-6.9 倍。至於各發育期處理後羽化之成蟲，其存活日數與對照組間比較皆無顯著性差異，約略以昆蟲生長調節劑影響較小。

表 4.10 種殺蟲劑對東方蚜小蜂不同發育期之毒效

殺蟲劑 ( $\mu\text{g/ml}$ )	處理之發育時期					
	幼蟲期		蛹期		羽化前期	
	羽化率 (%) <sup>1)</sup>	成蟲存活日數 (日) <sup>2)</sup>	羽化率 (%) <sup>1)</sup>	成蟲存活日數 (日) <sup>2)</sup>	羽化率 (%) <sup>1)</sup>	成蟲存活日數 (日) <sup>2)</sup>
納乃得 (240)	15.7 a	1.0	15.9 a	1.0	10.6 a	1.0
比加普 (250)	34.2 ab	2.9	23.3 ab	1.2	21.0 abc	1.6
第滅寧 (24)	36.5 bc	1.6	15.9 a	1.0	5.3 a	1.0
百滅寧 (50)	38.8 bc	2.7	23.8 ab	1.0	18.5 ab	1.0
達馬松 (500)	39.0 bc	1.6	21.3 a	1.0	15.9 a	1.0
歐殺松 (500)	41.3 bc	2.5	21.3 a	1.0	15.9 a	1.0
芬化利 (40)	43.9 bc	1.8	34.2 abc	1.1	26.3 abcd	2.0
布芬淨 (167)	48.7 bcd	2.4	41.5 bc	1.5	39.0 bcd	1.6
二福隆 (167)	48.7 bcd	4.7	43.9 cd	1.9	41.3 cd	2.9
克福隆 (50)	53.5 cd	5.2	48.7 cd	1.6	46.4 d	2.2
對照組	66.2 d	6.8	60.9 d	5.4	74.1 e	2.9

<sup>1)</sup> 數據已經  $\sin^{-1}$  轉換統計分析，每一欄相同英文字母標示表示，在鄧肯式多變域分析 5% 顯著水準下，無顯著性差異。

<sup>2)</sup> 鄧肯式多變域分析 5% 顯著水準下，無顯著性差異。

## 二、對淺黃恩蚜小蜂不同發育期之毒效

10 種殺蟲劑對淺黃恩蚜小蜂不同發育期之毒效，如表 5。殺蟲劑於淺黃恩蚜小蜂幼蟲期處理對羽化率的影響，顯示達馬松對羽化率影響最大，芬化利、歐殺松、達馬松、納乃得處理蚜小蜂蛹期對羽化率均有顯著性影響，二福隆影響最小；蚜小蜂羽化前處理克福隆、二福隆對羽化率無顯著性影響，而藥劑間比較則以第滅寧、歐殺松、達馬松最毒。比較不同發育期間處理，隨著蚜小蜂愈接近羽化，受藥劑處理後，羽化率所受之影響也愈大，尤以合成除蟲菊、有機磷、氨基甲酸鹽處理，其羽化率數值可遞降 2-3 倍。至於各發育期處理後羽化出來的成蟲，其存活日數與對照組間比較皆無顯著性差異，約略以昆蟲生長調節劑影響較小。

表5.10 種殺蟲劑對淺黃恩蚜小蜂不同發育期之毒效

殺蟲劑 ( $\mu\text{g/ml}$ )	處理之發育時期					
	幼蟲期		蛹期		羽化前期	
	羽化率 (%) <sup>1)</sup>	成蟲存活日數 (日) <sup>2)</sup>	羽化率 (%) <sup>1)</sup>	成蟲存活日數 (日) <sup>2)</sup>	羽化率 (%) <sup>1)</sup>	成蟲存活日數 (日) <sup>2)</sup>
達馬松 (500)	34.2 a	1.0	26.3 a	1.0	13.2 a	1.0
納乃得 (240)	39.0 ab	1.2	34.2 ab	1.1	23.8 abc	1.0
芬化利 (40)	41.1 ab	1.5	33.7 ab	1.3	23.8 abc	1.2
歐殺松 (500)	41.5 ab	1.1	34.2 ab	1.0	15.7 a	1.0
第滅寧 (24)	43.6 abc	1.4	31.6 ab	1.1	13.2 a	1.0
百滅寧 (50)	43.9 abc	1.3	31.6 ab	1.0	23.8 abc	1.0
比加普 (250)	46.4 abc	1.5	43.9 ab	1.5	18.5 ab	1.3
布芬淨 (167)	48.9 abc	1.9	46.2 b	2.1	41.3 bcd	1.9
克福隆 (50)	51.4 abc	2.3	46.2 b	2.5	46.6 cde	2.6
二福隆 (167)	59.3 bc	2.1	46.2 b	2.5	51.2 de	2.4
對照組	63.9 c	4.1	66.2 c	4.3	66.2 e	3.4

<sup>1)</sup> 數據已經  $\sin^{-1}$  轉換統計分析，每一欄相同英文字母標示表示，在鄧肯式多變域分析 5% 顯著水準下，無顯著性差異。

<sup>2)</sup> 鄧肯式多變域分析 5% 顯著水準下，無顯著性差異。

### 三、討論

前人研究中，大部分均是對蚜小蜂成蟲的毒性研究，對幼蟲者僅 Harbaugh and Mattson (1976) 報告對粉蝨麗蚜小蜂幼蟲，結果以乃力松、馬拉松毒性高，硫酸尼古丁及 resmethrin 毒性低；Uygun 等人 (1994) 報告除馬拉松對 *E. debachi* 幼蟲之毒性為輕度危害，但對蛹仍是有害，陶斯松對幼蟲、蛹均是有害。而本試驗顯示整個生長發育期受 10 種各類藥劑之影響。各類藥劑對兩種受試蚜小蜂致死率比較，以氨基甲酸鹽 (除比加普外) 最毒，其次合成除蟲菊、有機磷劑和比加普等，昆蟲生長調節劑最不毒，但仍有影響。

不同處理時期各藥劑毒性之比較，愈接近羽化時處理藥劑，其殘效愈高表現愈毒，羽化前處理最毒，蛹期次之，幼蟲期時最不毒；對羽化率影響愈大的藥劑，其對羽化成蟲存活日數影響也愈大，並與各藥劑之殘效呈正相關，愈近羽化處理藥劑者，成蟲存活日數也愈短。

根據 Gerling 等人 (1990) 記載蚜小蜂科的 *Eretmocerus* 幼蟲一孵化立即鑽入寄主—菸草粉蝨腹部，而寄主則反應形成細胞組織包囊 (cellular capsule) 包圍之 (但仍保留一開口)，一直到三齡崩解但仍可見，該包囊保護寄生天敵不受血液中 cellular element 的影響，而此些包囊並不限制 *Eretmocerus* 的生長。Gerling 等人 (1987) 描述 *Encarsia* 幼蟲到前蛹期時通氣管 (spiracles) 即打開。因此推測農藥不易侵入組織包囊傷害到本試驗的幼蟲期，但本試驗的蛹期組織包囊崩解及通氣管打開，可能因而讓藥劑容易穿透 (penetrate)，

故保障減少，顯示羽化率不如於幼蟲時處理藥劑之羽化率，亦即受害率增高。羽化前處理的羽化率再降低，應是處理藥劑殘留在寄主外皮，讓蚜小蜂於咬破寄主外皮之際食入而中毒，實際觀察也是許多羽化一半即死亡不再羽化了。造成羽化率降低程度愈大的藥劑，其成蟲存活日數也愈短，並與各藥劑之殘效呈正相關，且愈近羽化處理藥劑者，其殘效愈高，成蟲存活日數也愈短。

比較供試三種合成除蟲菊，第滅寧急毒性較芬化利及百滅寧為強，因此對羽化前處理表現最高的毒性。三種合成除蟲菊間，影響蚜小蜂不同發育期的羽化率，在統計上並無差異，但基於保育天敵，宜選用毒性較小的芬化利、百滅寧，而非第滅寧。雖然歐殺松對於許多天敵的毒性皆較其他有機磷低，但本試驗中對蚜小蜂的毒性與達馬松相若。納乃得對淺黃恩蚜小蜂的毒性高於東方蚜小蜂。比加普宜於蚜小蜂發育早期使用，影響才較小。

顯然兩種蚜小蜂寄生在寄主體內的時期，對藥劑的感受性，不如成蜂那般高。殺蟲劑種類以昆蟲生長調節劑對蚜小蜂最安全，其中布芬淨使用後菸草粉蝨並未產生抗藥性，是恰當的選擇性藥劑。又若銀葉粉蝨已猖獗，非立即壓低蟲口密度不可時，而菸草粉蝨對合成除蟲菊及有機磷劑又均有抗藥性產生的報告，適合進行輪替(rotation)用藥，使用速效性殺蟲劑先降低蟲口密度，再釋放蚜小蜂，而後配合昆蟲生長調節劑的使用。適當用藥時機在寄生初期，粉蝨為白色若蟲時(蚜小蜂幼蟲期時)，其次是中期，粉蝨呈黑色若蟲時(蚜小蜂蛹期時)，即將羽化或有成蟲存在時，均不宜用藥。雖然蚜小蜂幼期處理昆蟲生長調節劑對羽化後影響較小，但其壽命比對照組減少，因此羽化之成蟲的寄生效果定會受到折扣。是故羽化成蟲的性成熟、交尾、尋找寄主、產出有效卵之能力，是否仍然正常，有待進一步探討。

## 結 論

本研究已建立評估殺蟲劑對銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii*)之寄生蜂——東方蚜小蜂(*Eretmocerus orientalis*)及淺黃恩蚜小蜂(*Encarsia transvena*)幼蟲至成蟲各發育期之急毒性測試法，並評估其毒性。

不論是國外的報告，或本地產東方蚜小蜂、淺黃恩蚜小蜂對殺蟲劑忍受性均很低，亦即很敏感，因此於殺蟲劑的使用上不得不非常謹慎。建議從事銀葉粉蝨的藥劑防治時，為保育該兩種土產天敵，達到綜合防治之效果，宜優先考慮選用昆蟲生長調節劑如二福隆及布芬淨等，六伏隆對成蜂毒性低，但未測試對

其他發育期之毒性，而克福隆則對成蜂毒性高，但對其他發育期安全；其次是阿巴汀、派滅淨及益達胺，但彼等藥劑對蚜小蜂有中度毒害的風險；比加普可少量使用控制蚜蟲；再其次是合成除蟲菊的芬化利、百滅寧，而且應先觀察田間蚜小蜂族群大部份之發育期，施藥時儘量避開有蚜小蜂成蟲存在時，或蚜小蜂的蛹期或羽化前期，至於其他的合成除蟲菊、有機磷劑、氨基甲酸鹽等，則在保育天敵的立場下，儘後考慮使用。以保育天敵，使天敵生生不息，確保自然生物防治的效果。



圖 1. 銀葉粉蝨成蟲。



圖 2. 東方蚜小蜂正在寄生銀葉粉蝨若蟲。

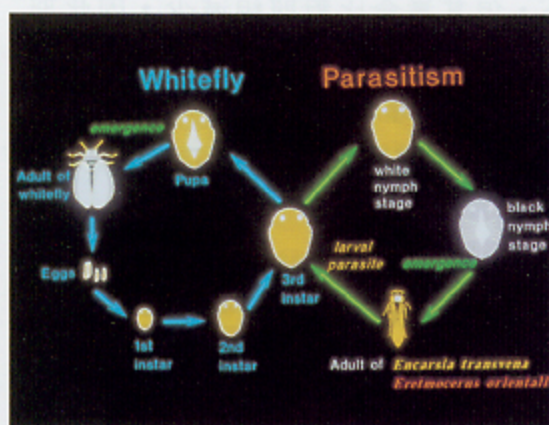


圖 3. 蚜小蜂與銀葉粉蝨之生活史關係圖。



圖 4. 罩網培育蚜小蜂之聖誕紅盆栽。



圖 5. 剪取聖誕紅葉片收集蚜小蜂成蟲。



圖 6. 燈光誘聚蚜小蜂成蟲。



圖 7. 殘留藥膜管測試農藥對蚜小蜂成蟲之毒性。

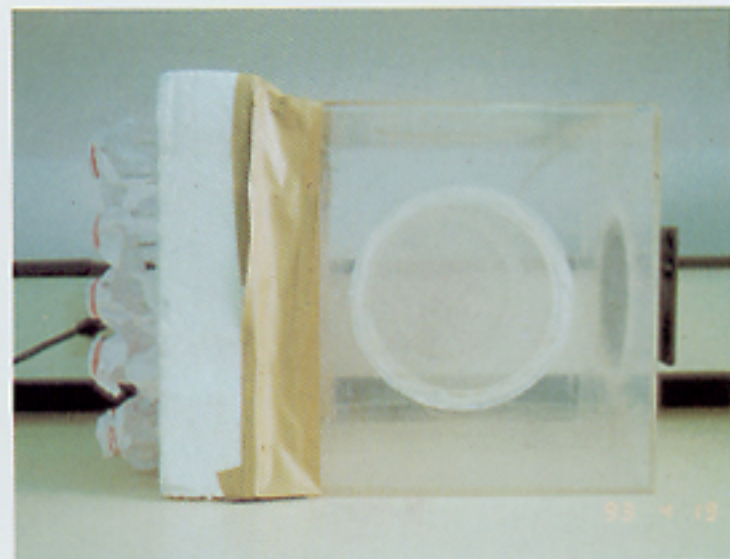


圖 8. 殘留藥膜管之超微風抽氣裝置。



圖 9. 選剪附有蚜小蜂幼蟲或蛹之葉片。



圖 10. 東方蚜小蜂之蛹。



圖 11. 淺黃恩蚜小蜂即將羽化之蛹。



圖 12. 蚜小蜂幼蟲或蛹浸藥後之羽化觀察管。