粉蝨之生物防治

林鳳琪

台灣省農業試驗所

摘要

自然界中粉蝨的天敵種類甚多，包括鞘翅目、半翅目、雙翅目、脈翅目及蜱類等捕食性天敵，寄生性天敵則以蚜小蜂科(Aphelinidae)的恩蚜小蜂(*Encarsia*)及黍蚜小蜂(*Eretmocerus*)最為重要。此外，某些真菌亦可寄生粉蝨。歐洲地區以豔小蜂(*Encarsia formosa* Gahan)防治溫室粉蝨(*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood))，不但有 60 年以上的歷史，且具優良防治成效，是以寄生蜂生物防治粉蝨最成功的例子，推究其成功的原因，除當地環境、民情配合外，研究人員針對豔小蜂及溫室粉蝨進行完整的寄主與寄生者相關性之研究，了解彼此間互動的關係，以解決生物防治時所面臨的困難，建立合理完善的生物防治技術，也是成功的關鍵之一。銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)是世界性的重要園藝作物害蟲，在台灣曾危害多種作物，引起嚴重的農業損失，由於本種粉蝨寄主廣泛，繁殖力強，對殺蟲劑易產生抗性，因此防治相當困難，目前國、內外均致力於開發各種生物天敵以防治銀葉粉蝨，其中如豔小蜂、*Eretmocerus* sp. nr. *californicus* Howard、*Delphastus pusillus* (LeConte)、*Chrysoperla rufilabris* (Burmeister)等天敵已經商品化，上述數種天敵每種都有其優點，但是在生物防治上都有其所面臨的問題仍待解決。台灣調查銀葉粉蝨寄生蜂共有 11 種，其中針對發生普遍的東方蚜小蜂(*Eretmocerus orientali* Silvestri)已有基礎研究，本種小蜂偏好寄生銀葉粉蝨三齡若蟲及取食一齡若蟲，於溫度 28 ℃時提供以聖誕紅飼養的銀葉粉蝨，由卵發育自成蟲平均需 16.7±0.4 日，平均每一雌蟲一生產卵 104.3±45.6 粒，取食 57.1±21.0 隻若蟲。東方蚜小蜂能否有效防治銀葉粉蝨，仍待進一步之研究。

一、前言

Mound 及 Helsey(1978)所著"世界粉蝨"書中記錄世界粉蝨約 1250 種。而台灣則有 125 種分屬 30 屬，(Tao, 1979)，至 1994 年粉蝨種類據調查增加為 37 屬，184 種，其中包括溫室粉蝨(*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood))、螺旋粉蝨(*Aleurodicus dispersus* (Russell))及銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)等在台灣原無記錄(柯, 1994)，為 1988 年後傳入本地的重要園藝作物害蟲(林, 1994)。台灣由於耕作制度及農業相之改變，粉蝨類害蟲亦紛紛猬起，儼然成為多種農作物之主要害蟲。此類害蟲其共通之特性為體型小，繁殖潛能大，對藥劑容易產生抗性，故很難單獨利用某種方法徹底防治。例如近年於各地嚴重發生的銀葉粉蝨，不但在美國引起各種農作物巨大的損失，在台灣亦曾危害多種作物，該

種粉蝨之寄主植物廣泛，據估計多達 500 種，繁殖力強，並且對十數種常用殺蟲劑已產生抗性，著實令農民束手無策。故唯有發展完善蟲害管理體系，方能有效遏止粉蝨之大發生。生物防治為蟲害管理體系上的重要防治工具之一，國內、外莫不以開發研究生物防治技術以成功防治粉蝨為主要的目標。

粉蝨的天敵種類豐富(Cock, 1986)，捕食性天敵包括半翅目之盲椿象(Miridae)、花椿象(Anthocoridae)；脈翅目之草蛉(Chrysopidae)、粉蛉(Coniopterygidae)；雙翅目之食蚜虻(Syrphidae)、舞虻(Empididae)、長足虻(Dolichopodidae)、瘿蚊(Cecidomyidae)；鞘翅目之瓢蟲(Coccinellidae)及蜱蟎亞綱(Acarina)之捕植蜱等。寄生性天敵則以膜翅目蚜小蜂科(Aphelinidae)之恩蚜小蜂(*Encarsia*)、棘蚜小蜂(*Eretmocerus*)及 *Amitus* 為主。此外尚有蟲生真菌寄生粉蝨，例如 *Beauveria bassiana* 在園藝作物施用對銀葉粉蝨的防治效果為 80-90 %，如 *Verticillium lecanii* 被試用於溫室中對抗銀葉粉蝨，其初步結果顯示，可以達到如其施用於溫室粉蝨之防治效果(Meade and Byme 1991)。 此外 *Aschersonia aleyrodis* 和 *Paecllomyces fumosoroseus* 亦被認為可以對抗粉蝨，在以色列 *A. aleyrodis* 已經被證實可以成功在溫室中對抗銀葉粉蝨，但大部分蟲生真菌皆需在高濕度情況下方具相當之防治成效。因此往往限於耕作方式，無法達到防治效果。

談及粉蝨的生物防治，其中最成功的即是以黽小蜂(*Encarsia formosa* Gahan)防治溫室粉蝨，不但遍及歐洲地區，目前已有十數個商業公司量產黽小蜂，販售於世界各地，供農民防治溫室粉蝨。本文乃綜合前人之研究，簡介黽小蜂防治溫室粉蝨之情況，其在某些作物上施用時所遭遇之困難及解決之方法。並討論數種目前被認為具防治銀葉粉蝨潛力之昆蟲類的天敵，其目前研究及利用之概況，供國內作為防治粉蝨之參考利用。

二、溫室粉蝨之生物防治

溫室粉蝨是世界性之園藝害蟲，該粉蝨在歐洲及其他地區被認為是溫室內最重要害蟲之一(Helgesen and Tauber,1974; Hussey and Scopes, 1977)。早在七十年前英國人就知道黽小蜂在溫室內可以有效控制溫室粉蝨的發生(Speyer, 1927)；然而，隨著有機合成農藥之發展，使用化學藥劑漸漸取代生物天敵而成為防治溫室害蟲主要方法(van Lenteren and Woets, 1988)。直到發現二點葉蜱(*Tetranychus urticae* Koch)對農藥產生抗性，經利用捕植蜱(*Phytoseiulus persimilis*)防治成功後，利用黽小蜂生物防治溫室粉蝨的措施再度被重新重視(Koppert, 1978)。目前不但歐洲地區可有效控制溫室粉蝨，許多其他國家經引進後並成功防治溫室粉蝨。推究其在歐洲成功的原因，筆者認為該地之氣候溫度普遍較低使害蟲相較單純；於溫室內施用減少黽小蜂向外逃逸之機會；且該地人民環保意識較高，較少使用殺蟲藥劑，可以提高天敵生存空間；多家商業公司量產販售，材料取得非常方便；而且研究人員針對黽小蜂及溫室粉蝨進行完整的寄主與寄生者相關性之研究，了解彼此間互動的關係，解決生物防治時所面臨的困難，建立合理完善的生物防治技術，訂定作物害蟲之經濟危害限界，配合害蟲偵測技術，可以適時釋放寄生峰，以上各種條件，在在都是成功的關鍵。以下綜合介紹討論黽小蜂在番茄、胡瓜及聖誕紅施用時所遭遇之困難及其解決之方法。

(一) 溫室番茄

歐洲在早春四月之前，溫室內栽植番茄若要利用蠶小蜂防治溫室粉蝨，所面臨主要障礙為室溫偏低(Anon.,1976; Hussey, 1985a; Stenseth, 1985; Steiner and Elliott, 1987)，當平均溫度低於 21-23°C 時，蠶小蜂的活力及繁殖力較溫室粉蝨差，此時之蠶小蜂無法將其寄主害蟲控制於經濟危害限界以下(Anon., 1976; Steiner and Elliott, 1987)。最後經研究人員培育選出在室溫 13-17 °C 時依然活躍的蠶小蜂耐低溫品系(van Lenteren and Hulspas-Jordaan, 1987)；當溫度低於 17 °C ，需於溫室內固定地點至少釋放二次蠶小蜂，以此種策略可成功控制溫室粉蝨於為害限界以下(Hulspas-Jordaan *et al.*, 1987)。

另外還有其他的技術可用來增加寄生蜂的族群量或避免寄生蜂遭受傷害死亡，諸如選擇性殺蟲劑於作物上之利用(Anon.,1976b; Hussey,1985a; Steiner and Elliott, 1987)；利用黃色黏板偵測溫室粉蝨之危害量及決定應釋放寄生蜂之時間(Gillespie and Quiring, 1987; Yano, 1987)；抗蟲作物育種(De Ponti, Steenhuis and Elzinga 1983)；及耕作處理技術(Anonymous, 1976b; Hall, 1985; Hussey, 1985a)。

蠶小蜂無法將高密度之溫室粉蝨數量降低至經濟危害限界內，一旦溫室發生粉蝨嚴重危害時，就必須綜合寄生蜂、選擇性殺蟲劑及黃色黏板等措施重新建立寄主與寄生蜂的比例。

(二) 溫室黃瓜

一般而言，蠶小蜂在胡瓜上對溫室粉蝨之防治效果較番茄差，原因之一為溫室粉蝨在胡瓜上繁殖力較大，另一為胡瓜葉表之腺毛會削弱蠶小蜂找尋寄主能力而降低其寄生效率(Hussey and Scopes, 1977; Hussey, 1985b; van Lenteren, 1986)，因此改良胡瓜品種，使其葉表腺毛長度變短為原先之半，則蠶小蜂之寄生率由原來之 58%提高至 72%(Anon., 1986)。

所有蠶小蜂施用於番茄上發生的問題，同時亦存在其施用於胡瓜上，故其解決之法亦雷同；在可以控制溫、濕度的溫室胡瓜園內，使用蟲生真菌噴施防治粉蝨效果甚佳(Anon.,1976)，例如使用真菌 *Verticillum lecanii* 可以達到防治率 90%以上之效果(Galan and Almasan,1984)；以密度每 5m^2 放置一塊黃色黏板，配合蠶小蜂之釋放，可以於胡瓜種植期間長期之抑制溫室粉蝨發生(Hussey, 1985b)。

(三) 溫室聖誕紅

利用蠶小蜂於觀賞作物防治溫室粉蝨時，所呈現的難題在於此類作物對外觀要求甚嚴，觀賞植物一旦出現煤污或有少許粉蝨存在，即失去商品價值(van Lenteren and Woets, 1988)，因此，寄生蜂必須將粉蝨族群密度壓制在比番茄及胡瓜更低限界之下，如溫室粉蝨在胡瓜及番茄之經濟界限為每平方公分 20-30 隻蟲，而在聖誕紅則為每平方公分 0.3-0.7 隻蟲(Helgesen and Tauber, 1974)。除此之外，通常蠶小蜂在聖誕紅或其他觀賞植物對粉蝨之防治效果良好(Helgesen and Tauber,1974; Steiner and Elliott, 1987)。但必須留意防範粉蝨

在幼苗時蔓延發生，當害蟲族群起始量降低，相對地提高寄生蜂之防治效果。假如溫室粉蝨量增加太高，施用具選擇性之殺蟲劑使寄主害蟲與寄生蜂族群恢復至平衡正常比例(Steiner and Elliott, 1987)，如同在番茄與胡瓜之措施一樣。但注意避免施用微生物真菌性殺蟲劑，此乃由於白色屍體及橘黃色之藥斑會影響觀賞植物之外觀，使其市場價值降低(Samson and Romback, 1985)。

幾種不同品系之聖誕紅各有程度不同之抗蟲特性(Fischer and Shanks, 1974; Bilderback and Mattson, 1977)，抗蟲特性似乎來自於葉面構造之物理特徵如顏色、及有小鉤之絨毛，目前尚無研究發現具小鉤之絨毛是否影響豔小蜂之寄生率，但依據番茄及胡瓜兩類作物，當溫室粉蝨發生量高時，此類抗蟲特性或多或少也會阻礙寄生蜂找尋粉蝨致使降低寄生率。

Field and Hoy(1986)成功引進具抗藥性之捕植蟎利用於溫室玫瑰上，捕植蟎可抵抗之農藥包括加保利、比加普、嘉保信、賽福寧、芬佈賜及得氯蟎等，雖然在玫瑰上無法將二點葉蟎控制於經濟限界以下，但因其具抗藥特性，依然可以有效地用於蔬菜等十字花科之害蟲生物防治上。因此，發展並利用具抗藥性之豔小蜂，將可使其更有效地用於園藝觀賞及蔬菜作物上之害蟲。

三、銀葉粉蝨之生物防治

銀葉粉蝨的天敵種類廣泛，但目前只知其中某些種類的功效。銀葉粉蝨生物防治相關研究大多數來自美國，尤其是美國農部國家研究所執行之部份計畫。到目前為止,大部份的注意力都放在蚜小蜂科之恩蚜小蜂和漿蚜小蜂兩屬之寄生蜂，瓢蟲科(Coccinellidae)的 *Delphastur pusillus* LeConte ，草蛉科(Chrysopidae)的 *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister)及蟲生真菌 *beauveria bassiana, Vericillum lecanii* 和 *Paecllontyces fumosoroseus* 。上述天敵皆可經由生物防治公司量產並販售供當地農民使用，儘管如此，每種都有其施用上遭遇之困難，而無法壓制銀葉粉蝨於經濟危害限界以下，目前生物防治技術尚未成熟，因此以天敵生物防治銀葉粉蝨仍侷限於研究階段無法全面施用於田間。本文限於篇幅無法一一介紹各類天敵，只針對數種目前被認為具有潛力防治銀葉粉蝨之昆蟲類天敵，介紹其目前研究之現況。

(一) 寄生性天敵

1. 豔小蜂

由於艷小蜂已商品化，並廣泛使用於溫室粉蝨的防治，因此有許多研究亦探討豔小蜂是否有控制銀葉粉蝨之效果? 根據研究(Benuzzi *et al.*, 1990)認為飼育自銀葉粉蝨的豔小蜂其孵化率變化大且低於飼育自溫室粉蝨者，但其對於溫室內栽培之聖誕紅上銀葉粉蝨仍具防治效果。豔小蜂個體大小、成蟲壽命和繁殖力取決於所發育之粉蝨的種類，發育於溫室粉蝨的豔小蜂在防治銀葉粉蝨上的表現會較發育於銀葉粉蝨者差(Bethke *et al.*, 1991)。豔小蜂在 16 ℃低溫時獲得獵物時間(handling time)為 20 小時，但在

28 ℃其處置獵物時間則需 15.4 小時，這顯示其為溫度依變的機能反應(Enkegaard, 1994)。 Enkegaard (1994)並提出艷小蜂在銀葉粉蝨的生物學研究，結果顯示其對銀葉粉蝨與溫室粉蝨有非常類似的寄主尋找率(search rates)和處置時間，亦表示艷小蜂有潛在力量控制銀葉粉蝨如同控制溫室粉蝨。在溫度 22 至 28 ℃之間，銀葉粉蝨和溫室粉蝨的成蟲壽命、寄主齡期偏好及幼期發育時間相似，然而在低溫，當其發育自銀葉粉蝨若蟲時，其幼期死亡率較高且發育所需時間較長。在溫室裏，溫度變動範圍在 16-28 ℃之間，在聖誕紅栽培的溫室裡，艷小蜂也許可以有效控制銀葉粉蝨，甚至在低溫下也一樣，然而，如果粉蝨族群發生具同律性時，在寄主和寄生蜂發育期的差異很大時，會導致艷小蜂羽化時卻缺乏適當的寄主若蟲可以被產卵寄生(Enkegaard, 1993)。

其它利用艷小蜂的研究相關報告則有各種不同之結果。在聖誕紅上，只有結合殺蟲性皂劑和拔除嚴重遭蟲害之作物，艷小蜂方具防治之效果(Parrella *et al.*, 1991)。 Albert (1990)及 Linquist (1993)則報導在聖誕紅使用艷小蜂可以成功防治銀葉粉蝨。 Sanderson and Ferrentino (1993)認為只有在銀葉粉蝨密度甚低時即釋放艷小蜂方具防治效果。在豔小蜂不同品系間亦曾經試驗，但到目前為止，在防治成效上差異並不大(Heinz *et al.*, 1994a)。

2. 槳蚜小蜂

寄生銀葉粉蝨的槳蚜小蜂屬種類頗多，例如 *Er. mundus* 、 *Er.* sp. nr. *californicus* 及其他尚未確定種名的種類。其中 *Er. californicus* 被認為最具防治銀葉粉蝨之潛力。 *Er.* sp. nr. *californicus* 是一種小型的寄生蜂，體長約 1mm ，在美國南部加州及亞利桑那州沙漠地區發生非常普遍，其雌雄蟲皆發育自粉蝨若蟲，卵產於粉蝨腹部體壁外，卵孵化約需 4 日，孵化後之幼蟲利用口器咬破粉蝨的體壁並侵入其體內生長發育(Headrick *et al.*, 1995)，經過三齡，在 27C 時完全發育約需 12 日，最適發育及繁殖的溫度為 25-29 ℃(Powell and Bellows, 1992)。雌蜂搜尋寄主能力很強，在某些寄主上平均每秒搜尋範圍約 1.3mm^2 (Headrick *et al.*, 1995)。在觀賞作物上如木槿，調查其寄生率為 30-70 % ，然而，若因鄰近受害嚴重作物上粉蝨大量遷移之影響，而降低其寄生率(Butler and Weddle, 1993)。在棉花上，以每株植株釋放 50 隻 *Er.* sp. nr. *californicus* 的比例時，可以壓抑銀葉粉蝨發生數量並使產量增加(Minkenberg *et al.*, 1993)。目前已經成功發展量產 *Er. callfornicus* 的技術，並以增補方式生物防治於田間作物及溫室栽培之番茄上(Minkenberg *et al.*, 1994)。然而， Simmon and Mickenberg (1994)認為以寄生蜂對植物的釋放比率大於 10 是不合經濟效益。迄今，在美國加州田間大規模的釋放該寄生蜂仍未證明其可以有效防治銀葉粉蝨。

(二) 捕食性天敵

1. 瓢蟲

Delphasrus pusillus 是目前被視為最有潛力防治粉蝨之瓢蟲，其成蟲和幼蟲皆為專門以粉蝨為食，尤其是粉蝨之卵， Hoelmer 等(1993) 研究其取食行為和繁殖，認為這是一種食量非常大的捕食者，平均每一瓢蟲一生可

以取時上萬粒粉蝨卵或數百隻粉蝨之蛹。同時 *D. pusillus* 會避免捕食已經被 *Eretmocerus* sp. 寄生的銀葉粉蝨三齡若蟲和蛹(Hoelmer, 1993 ; Hoelmer *et al.*, 1994)，而 *Eretmocerus* sp. 寄生目標則為銀葉粉蝨的老熟若蟲，此種特性顯示二者在施用上可以彼此互相配合，根據研究顯示田間釋放該瓢蟲後不論是 *Eretmocerus* 或 *Encarsia* 的數量並沒有減少(Brazzl *et al.*, 1994)。該瓢蟲被認為是對付高密度銀葉粉蝨最有效率的生物防治工具，因此在美國加州的棉花上釋放試驗，結果銀葉粉蝨數量降低為未處理地區的三分之一(Heinz *et al.*, 1994b)，但真正在高密度銀葉粉蝨的棉花田大量釋放時，卻僅具些微之防治效果而已(Brazzle *et al.*, 1994)。然而仍有報告認為其可以成功的降低溫室裏聖誕紅受粉蝨危害的程度(Heinz *et al.*, 1994)。但是 *D. pusillus* 所面臨問題為無法施用於葉毛多的植物如番茄，因為葉毛太密會阻礙該瓢蟲的取食行為(Heinz and Zalom, 1994)。

2. 草蛉

Chrysoperla rufilabris 是在美國最普遍，商品化的捕食性草蛉，可以取食銀葉粉蝨所有蟲期。 Legaspi 等(1993; 1994a, b)曾詳細研究 *C. rufilabric* 的生活史和取食行為。 Broene 等(1992)研究比較在木槿上的釋放比例和策略，以淹沒式釋放之結果顯示銀葉粉蝨密度可被壓制至大部份的植物上市出售，然而，當鄰近有銀葉粉蝨蟲源存在時，其防治結果往往無法令人滿意，而當植株上粉蝨密度較低時其防治效果則較佳。此外亦發現 *C. rufilabris* 和殺蟲性皂劑的使用是可併行的。最近實驗證明以淹沒式釋放在防治上有很潛力，但是若要達防治之功效其所釋放數量卻不合乎經濟效益生產(Legaspi *et al.*, 1994a, b)。

(三) 台灣研究概況

銀葉粉蝨在台灣發生最初僅侷限於聖誕紅上，近二、三年間則擴及蔬菜瓜果上，引起多種農作物的經濟損失，由於其對多種藥劑產生抗性，因此施用農藥往往無法達防治目的。至於生物防治方面則少有研究資料可供參考，台灣據調查銀葉粉蝨有 10 種恩蚜小蜂及黃蚜小蜂 1 種，共計 11 種寄生蜂，其他捕食性天敵偶有發現，但並無進一步建立其詳細種類數量等資料。在已知寄生蜂種類其中僅對發生普遍的東方蚜小蜂(*Eretmocerus orientalis*)曾有基礎研究(林, 1995)，而且量產已經建立技術。東方蚜小蜂偏好寄生銀葉粉蝨三齡若蟲及取食一齡若蟲，於溫度 28 ℃時飼以聖誕紅上的銀葉粉蝨，由卵發育自成蟲平均需 16.7±0.4 日，平均每一雌蟲一生產卵 104.3±45.6 粒，取食 57.1±21.0 隻若蟲。東方蚜小蜂能否有效防治銀葉粉蝨，仍待進一步之研究開發利用。

參考文獻

林鳳琪。 1994 。觀賞花木粉蝨發生與防治。植保會刊特刊新二號台灣花卉病蟲害研討會專刊 177-183 頁。

林鳳琪。 1995 。東方蚜小蜂在銀葉粉蝨綜合防治系統中功能。國立中興大學碩士

論文。66 頁。

柯俊成。1994。植物檢疫微小動物診斷。經濟部商品檢驗局新竹分局出版。679-760 頁。

Albert, R.1990. Experiences with biological control measures in glasshouses in southwest Germany. Bull. SROP 15: 15.

Anonymous. 1976. The biological control of tomato pest. Growers Bull. No. 3. Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, West Sussex, 23pp.

Anonymous, 1986. Breeding research: vegetables, resistance to insects and mites. Institut voor de veredeling van Tuinbouwgewassen , Annual Report 1985, 67-69.

Bilderback, T. E., and R. H. Mattson. 1977. Whitefly host preference associated with selected biochemical and phenotypic characteristics of poinsettiaa. J. Am. Hort. Soc. 102: 327-331.

Benuzzi, M., G. Nicoli, and G. Manzaroli. 1990. Biological control of *Bemisia tabaci* (Genn.) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) by *Encarsia formosa* Gahan on Poinsettia. Bull. SROP 13: 27-31.

Bethke, J. A., G. S. Nuessly, T. D. Paine, and R. A. Redak. 1991 Effect of host insect-host plant associations on selected fitness components of *Encarisia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae). Biol. Cont. 1: 164-169.

Brazzle, J. R., K. M. Heinz, M. P. Parrella, and C. H. Pickett. 1994. Field evaluations of *Delphastus pusillus* for control of *Bemisia tabaci* infesting upland cotton. ARS-125. 123p.

Breene, R. G., R. L Jr. Meagher, D. A. Nordlund, and Y. T. Wang. 1992. Biological control of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in a greenhouse using *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). Biological Control 2: 9-14.

Cock, M. J. 1986. *Bemisia tabaci*, a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. CAB Interna-tional Institute of Biological Control Ascot, UK. 121 pp.

Enkegaard, A. 1993. *Encarsia formosa* parasitizing the Poinsettia-strain of the cotton whitefly *Bemisia tabaci* on poinsettia bionomics in relation to temperature. Entomol. Exp. Appl. 69: 251-261.

Enkegaard, A. 1994. Temperature dependent functional response of *Encarsia formosa* parasitizing the Poinsettia-strain of the cotton whitefly *Bemisia tabac* on poinsettia. Entomol. Exp. Appl. 73: 19-29.

Field, R. P., and M. A. Hoy. 1986. Evaluation of genetically improved strains *Metaseiulus occicentalis* (Nesbitt) (Acarina: Phytoseiidae) for integrated control of spider mite on roses on greenhouses. Hilgardia 54: 32pp

Fischer, S. J., and J. B. Shanks. 1974. Host preference of greenhouse whitefly: effect of poinsettia cultivars. J. Am. Soc. Hort. Sci. 99: 260-262.

Galani, G., and L. Almasan. 1984. Depistarea unei epizootii naturale micotice la

musculita alba, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood. Bull. Prot. Plant 1: 33-36.

Gillespie, D. R., and D. Quiring, 1987. Yellow sticky traps for detecting and monitoring greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) adults on greenhouse tomato crops. J. Econ. Entomol. 80: 675-679.

Hall, R. A. 1985. Whitefly control by fungi. *in*: Biological pest control, the Glasshouse Experience, pp.116-118. Blandford Press, Poole.

Headrick, D. H., T. S. Bellow, and T. M. Perring. 1995. Behaviors of female *Eretmocerus* sp. nr. *californicus* (Hymenoptera: Alphelinidae) *attacking Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on sweet potato. Environ. Entomol. 24: 412-422.

Heinz, K. M., and M. P. Parrella. 1994. Biological control of *Bemisia tabaci* infesting greenhouse poinsettia. ARS-125. 127 pp.

Heinz, K. M., and F. Zalom. 1994. The influence of tomato cultivar on *Bemisia tabaci* biological control. ARS-125. 129 pp.

Heinz, K. M., M. P. Parrella, R. D. Hennessey, and L. E. Wendel. 1994a Behavioral comparisons of two strains of *Encarsia formosa* as potential biological control agents of *Bemisia tabaci*. ARS-125. 128 pp.

Heinz, K. M., J. R. Brazzle, C. H. Pickett, E. T. Natwick, J. M. Nelson, and M. P. Parrella. 1994b Predatory beetle may suppress silverleaf whitefly. Calif. Agric. 48: 35-40.

Helgesen, R. G., and M. J. Tauber. 1974. Biological control of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae), on short-term crops by manipulating biotic and abiotic factors. Can. Entomol. 106: 1175-1188.

Hoelmer, K. A. 1993. ARS-112 . p100

Hoelmer, K. A., L. S. Osborne, and R. K. Yokmi. 1993. Reproduction and feeding behaviour of *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae) a predator of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 86: 322-329.

Hoelmer, K. A., L. S. Osborne, and R. K. Yokomi. 1994 Interactions of the whitefly predator *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae) with parasitized sweet-potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 23: 136-139.

Hulspas-Jordann, P. M., E. E. Christochowitz, F. Woets, and J. C. Van Lenteren. 1987. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) . XXIV. Effectiveness of *Encarsia formosa* in the greenhouse at low temperature. J. Appl. Entomol. 103: 368-378.

Hussey, N. W. 1985a. Practical Experience with Biological Control. *in*: Biological Pest Control, the Glasshouse Experience, pp104-115. Blandford press, Poole.

Hussey, N. W. 1985b Cucumber. *in*: Biological Pest Control The Glasshouse Experience, pp104-115. Blandford press, Poole.

Hussey, N. W., and N. E. A. Scopes. 1977. The introduction of natural enemies for pest control in glasshouses: ecological considerations. *in*: Biological Control by Augmentation of Natural Enemies. pp. 349-377. Plenum Press. New York.

Koppert, J. P. 1978. Ten years of biological control in glasshouses in the Netherlands. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteii Gent 43: 373-378.

Legaspi, J. C., R. I. Carruthers, and D. A. Nordlund. 1994a. Life history of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) provide sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and other food. Biological Control 4: 178-184.

Legaspi, J. C., R. I. Carruthers, D. A. Nordlund, J. A. Correa, A. C. Cohen, and D. Holgrook. 1994b. Effect of inundative releases of the predator *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) to control sweetpotato whitefly in an organic field crop. ARS-125. p 139.

Lenteren, J. C. Van, and P. M. Hulspas-Jordaan. 1988. *Encarsia formosa* can control greenhouse whitefly at low temperature regimes. IOBC/WPRS Bull. 10: 87-91.

Lenteren, F. C. Van, and J. Woets. 1988. Biological and integrated pest cControl in greenhouses. Ann. Rev. Entomol. 33: 239-269.

Minkenberg, O., G. S. Simmons, J. van Schelt, M. F. Wilson, E. T. Natwick, and R. C. Weddle. 1993. ARS-112. p.106.

Minkenberg, O. P. J. M., R. Malloy, J. Kaltenbach, C. Loenard, K. Grish, R. Gratex and K. T. Alcock. 1994. Mass-rearing of *Eretmocerus* sp. nr. *californicus* for augmentative biological control of sweetpotato whitefly in field crops and greenhouse tomatoes. ARS-125. p142.

Mound. L. A., and S. H. Halsey. 1978. Whitefly of the world. pp.340. Brit. Mus. (Nat. Hist.) and T. W. & Sons Press. Chichester. New Work, Brisbane, Toronto.

Parrella, M. P., T. D. Paine, J. A. Bethke, K. L. Robb, and J. Hall. 1991 Evaluation of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) for biological control of sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on poinsettia. Environ. Entomol. 20: 713-719.

Ponti, O. M. B. De., M. M. Steenhuis, and P. Elzinga. 1983. Partial resistance of tomato to the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) to promote its biological control. Mededelingen vande Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit GEntomol. 48: 195-198.

Powell, D. A., and T. S. Jr. Bellows. 1992. Development and reproduction of two populations of *Eretmocerus* species (Hymenoptera: Aphelinidae) on *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 21: 651-658.

Sanderson, J. P., and G. W. Ferrentino. 1993. ARS-112. p108

Simmons, G. S., and O. P. J. M. Minkenberg. 1994. Development of augmentative biological control for sweetpotato whitefly in cotton and field vegetables in the

Imperial Valley. ARS-125. p151.

Speyer, E. R. 1927. An important parasite of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Bull. Entomol. Res. 17: 301-308.

Steiner, M. Y., and D. P. Elliott. 1987. Biolgical pest management for indoor plantscapes. 2nd ed. Vegreville, AB. Alberta Environmental Centre, 32pp., AECV87-E1.

Stenseth, C. 1985. Biology of pests and natural enemies. *in*: Biological Pest Control, the Glasshouse Experience, pp. 31-33. Blandford Press, Poole.

Tao, C. C. 1979. A check list and host plant index of whiteflies from Taiwan. J. Agric. Res. China. 28: 311-334.

Yano, E. 1987. Control of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) By the integrated use of yellow sticky traps and the parasite *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae). Appl. Entomol. Zool. 22: 159-165.

Biological Control of Whiteflies

Lin Feng-Chyi
Taiwan Agricultural Research Institute

ABSTRACT

In the field there are various species of natural enemies to the whitefly, including such predators as Coleoptera, Hemiptera, Diptera, Homoptera, mites, etc. Of the parasitic species, *Encarsia* and *Eretmocerus* of the family Aphelinidae (Hymenoptera) were the most important ones; besides, some fungal diseases were occasionally applied to the control of whiteflies. In Europe the control of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) by means *of Encarsia formosa* Gahan had been known not only for more than sixty years but also for the good effect of its approach to the prevention and control of whiteflies. This was a successful case of the biological control of whiteflies. The success of the case is two fold: it was due to 1)the cooperation of the local people in that environmental situation and 2) the researchers concentration on the study of the complete interactive behavior between *T. vaporariorum* and *E. formosa* , understanding each other's interactive relationship and exerting reasonable and perfect biological pest control skills. The silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring is a world-wide pest to the horticulture plants; it had damaged many crops and caused a great agricultural loss in Taiwan. Because the whitefly had diverse host plants, high fecundity

to reproduce offspring, and insecticide resistance to survive long, it was difficult to gain good control of the silverleaf whitefly. At present, the researchers devoted themselves to developing various biological control agents to prey on the silverleaf whitefly, such as *E. formosa*, *Eretmocerus* sp. nr. *califonicus Howard*, *Delphastus pusillus* Leconte, *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister), etc. which were commercially used. Though each of the above-mentioned biocontrol agents had its merits, in the control of whiteflies there were still some problems to be solved. Upon investigation in Taiwan there were 11 native parasitoids on *B. argentifolii*. Among them, the widespread *Eretmocerus orientalis* Silvestri had been generally studied; it preferred to lay eggs on the 3rd instar nymph and prey on the 1st instar nymph of the whitefly. When it fed on the whiteflies on the poinsettia, it took about 16.7 $\pm$ 0.4 days to become an adult from the egg. On the average a female adult *E. orientalis* laid 104.3 $\pm$ 45.6 eggs and fed on 57.1 $\pm$ 21.0 nymphs of *B. argentifolii* in her lifetime. Further approaches, however, to applying *E. orientalis* to the effective control of *B. argentifolii* are to be taken in the near future.