

臺灣地區螺旋粉蝨 (*Aleurodicus dispersus*) (同翅目：粉蝨科) 寄生蜂之引進、增殖及釋放

錢景秦* 周樑鎰 張淑貞 行政院農業委員會農業試驗所應用動物系 臺灣臺中縣霧峰鄉中正路189號

摘要

螺旋粉蝨 (*Aleurodicus dispersus* Russell) 為蔬菜、果樹、糧食作物、觀賞植物、行道樹及森林等之雜食性害蟲。臺灣於 1995 年 12 月 10 日自夏威夷引進海地恩蚜小蜂 (*Encarsia ?haitiensis* Dozier) 與哥德恩蚜小蜂 (*Encarsia guadeloupae* Viggiani) 各 539 與 40 隻，進行螺旋粉蝨之生物防治。兩種寄生蜂經室內檢疫與增殖後，於 1996 年 4 月至 12 月與 1997 年 3 月至 1998 年 2 月在臺灣中、南部及花東地區，各進行寄生蜂之接種式與增補式釋放，總計釋放海地恩蚜小蜂 57,032 隻與哥德恩蚜小蜂 66,929 隻。其中 1996 年雖在寄生蜂釋放後 12-24 天或 3 個月內回收到兩種寄生蜂，惟根據 1998 與 1999 年之調查，僅哥德恩蚜小蜂在臺灣立足。至於哥德恩蚜小蜂之發生密度，1997 年 9 月至 12 月在番石榴上雖維持每葉 0.21-0.77 個蜂蛹，但螺旋粉蝨第四齡若蟲與成蟲數由每葉 0.48 隻漸升至 3.19 隻。1998 年 9 月至 1999 年 6 月在聖誕紅、欖仁、威氏鐵莧及穗狀花洋紫荊上，哥德恩蚜小蜂之密度亦僅為螺旋粉蝨密度之 0-68%，尤其在屏東縣竹田鄉公路兩旁之聖誕紅，寄生蜂對螺旋粉蝨毫無抑制效果，聖誕紅受害嚴重。文中亦提及螺旋粉蝨及其寄生蜂大量繁殖之流程與方法。

關鍵詞：螺旋粉蝨、海地恩蚜小蜂、哥德恩蚜小蜂、生物防治、臺灣。

前言

螺旋粉蝨 (*Aleurodicus dispersus* Russell) 為蔬菜、果樹、糧食作物、觀賞植物、行道樹及森林等之雜食性害蟲 (Kumashiro *et al.*, 1983 ; D'Almeida *et al.*, 1998)。其危害方式除若蟲與成蟲直接吸食寄主植物汁液外，若蟲分泌之大量白色臘粉、絮毛及蜜露等

亦影響寄主植物外觀、光合作用、誘來螞蟻與蠅等昆蟲及引起人之厭惡與驚恐，結果導致糧食作物與經濟果樹之產量損失及觀賞植物出口檢疫之潛在威脅 (Waterhouse and Norris, 1989)。在防治上，雖然化學防治與物理防治 (噴水) 等均可達該蟲之有效防治 (Wen *et al.*, 1995)，但由於其寄主廣泛且零星分布及世界上該蟲生物防治之實效，致使生物防治成為螺

*論文聯繫人
e-mail:chien@wufeng.tari.gov.tw

旋粉蝨最適行之防治方法 (Waterhouse and Norris, 1989)。螺旋粉蝨原產於加勒比海與中美洲 (Russell, 1965), 但自 1957 至 1998 年該蟲已蔓延至美國 (佛羅里達州、夏威夷)、南美、太平洋諸小島、東南亞、斯里蘭卡、印度、馬爾地夫、西非、加那利群島及澳洲北端等地 (Russell, 1965; Waterhouse and Norris, 1989; Waterhouse, 1993; Cantrell and Lambkin, 1995; D' Almeida *et al.*, 1998)。螺旋粉蝨天敵種類有 54 種, 包括捕食性天敵 46 種與寄生性天敵 8 種 (Nechols, 1981, 1982; Kumashiro *et al.*, 1983; Bennett and Noyes, 1989; Waterhouse and Norris, 1989; Wuesekera and Kudagamage, 1990; Kajita *et al.*, 1991; Polaszek *et al.*, 1992; Villacarlos and Robin, 1992; M' Boob and van Oers, 1994; Cantrell and Lambkin, 1995; Wen, 1995; Martin *et al.*, 1997; Evans and Polaszek, 1998; Mani and Krishnamoorthy, 1999), 其中又以海地恩蚜小蜂 (*Encarsia ?haitiensis* Dozier)、哥德恩蚜小蜂 (*Encarsia guadeloupae* Viggiani)、釉小蜂 *Euderomphale vittata* Dozier 及三種瓢蟲 *Delphastus catalinae* (Horn)、*Nephaspis bicolor* Gordon、*Nephaspis oculatus* Blatchley 對螺旋粉蝨有防治效果 (Nechols, 1982; Kumashiro *et al.*, 1983; Bennett and Noyes, 1989; Waterhouse and Norris, 1989; Cantrell and Lambkin, 1995; D' Almeida *et al.*, 1998)。

臺灣於 1988 年首次在高雄縣大寮鄉發現螺旋粉蝨危害番石榴 (*Psidium guajava* L.), 至 1994 年該蟲已分布於臺灣各地, 其寄主植物廣達 65 科 156 種 (Wen *et al.*, 1994a; Wen, 1995), 而其天敵除 20 種捕食性天敵外, 僅有兩種寄生菌 *Acremonium* sp. 與

Aschersonia aleyrodus Webber (Wen, 1995)。由於彼等天敵無法抑制螺旋粉蝨之大發生, 臺灣曾於 1990 年自夏威夷引進瓢蟲 *N. oculatus*, 惜未立足 (Wen, 1995), 因而本試驗自夏威夷引進螺旋粉蝨之寄生蜂, 進行螺旋粉蝨之生物防治。

材料與方法

螺旋粉蝨之大量繁殖

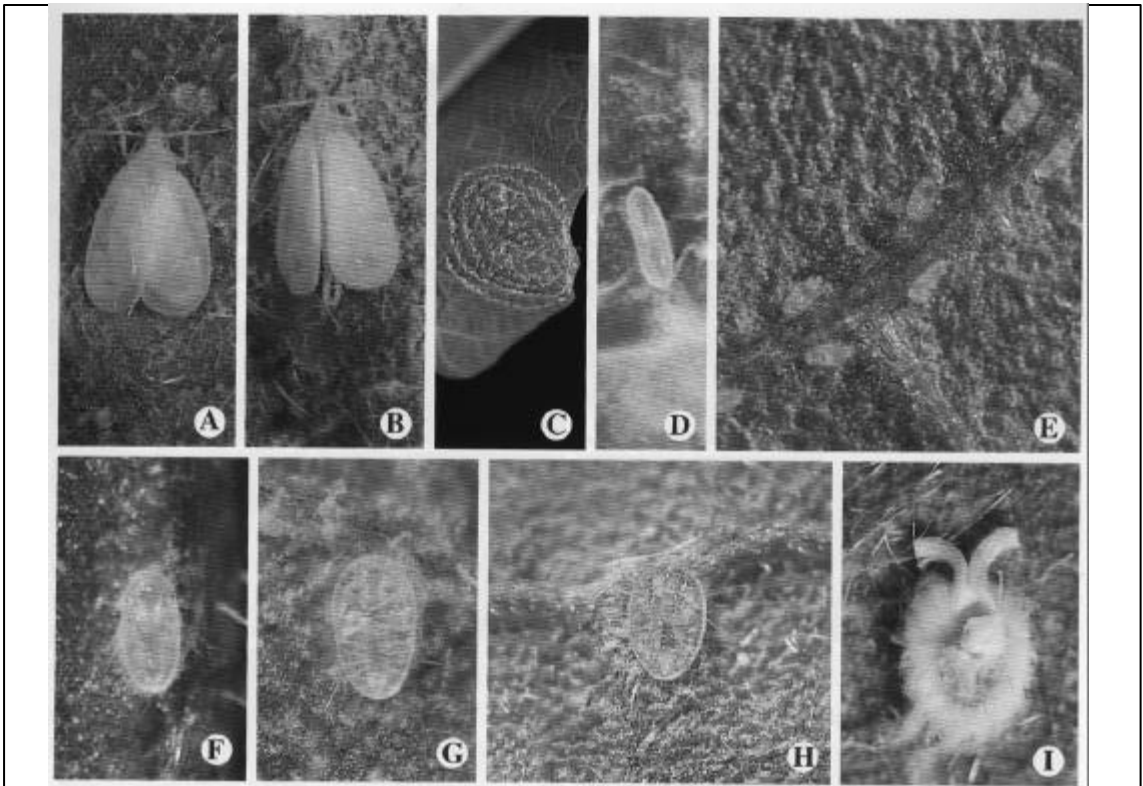
螺旋粉蝨 (圖一) 之大量繁殖過程如下。

1. 螺旋粉蝨寄主植物之栽培 (圖二 A-D, 三) 菜豆 (field bean, *Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers): 隔天定期浸泡菜豆種子 (600 粒), 在室溫 (約 25) 經 8 小時種子吸水飽滿後, 將其瀝乾、並風乾 0.5 小時, 其後再以相同大小之塑膠盤覆蓋催芽, 待 14 20 小時種子發根後, 即移種溫室內置有 3 號蛭石之穴盤 (長 36.5 cm, 寬 28 cm, 高 4.5 cm; 30 穴) 內。每天澆水。又經 10 14 天, 菜豆苗長高至 15 20 cm、真葉 (primary leaf) 葉寬達 7 9 cm 時, 即可供室外螺旋粉蝨產卵用。

- 聖誕紅 (*Euphorbia pulcherrima* Willd.): 在溫室以扦插法栽植聖誕紅苗木 100 盆作為螺旋粉蝨之寄主植物。每二週定期施用台肥 1 號 (N:P:K=4:1:2), 促其生育良好。自秋分起至次年 3 月於植株上方 30 cm 處, 每隔 45 cm 懸垂一個 10 燭光之燈泡, 自晚上 10 點至次晨 2 點止照明, 以抑制聖誕紅花芽之形成。若有銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring) 危害時, 每隔 7 天施用 1,000 倍之 25% 布芬淨可濕性粉劑 (buprofezin) 稀釋液一次。

2. 螺旋粉蝨之繁殖 (圖二 E-H, 三)

在朝北之室外長廊下, 將各帶有螺旋粉



圖一 螺旋粉蠹之生長期。A. 雌成蟲；B. 雄成蟲；C. 卵圈；D. 卵；E. 初孵化若蟲群聚於葉脈附近；F. 第一齡若蟲；G. 第二齡若蟲；H. 第三齡若蟲；I. 第四齡若蟲。

Fig. 1. Growth stages of the spiraling whitefly. A, female adult; B, male adult; C, egg circle; D, egg; E, neonated nymphs aggregating near leaf vein; F, 1st-instar nymph; G, 2nd-instar nymph; H, 3rd-instar nymph; I, 4th-instar nymph.

蠹成蟲種源之菜豆苗或聖誕紅植株排列成行，每行間每天更新放置以前述塑膠穴盤栽植之新鮮菜豆苗（株高 20 cm，真葉寬 7-9 cm）、或每隔 3 天更換無蟲之聖誕紅植株。此時接種用植株之高度需調整墊高至較種源用植株高出 20-30 cm，以利螺旋粉蠹成蟲之向上遷飛產卵。已產過卵之寄主植物移至室內（約 25℃），經 25-30 天待螺旋粉蠹發育至成蟲後，即可成為螺旋粉蠹繁殖用之種源。

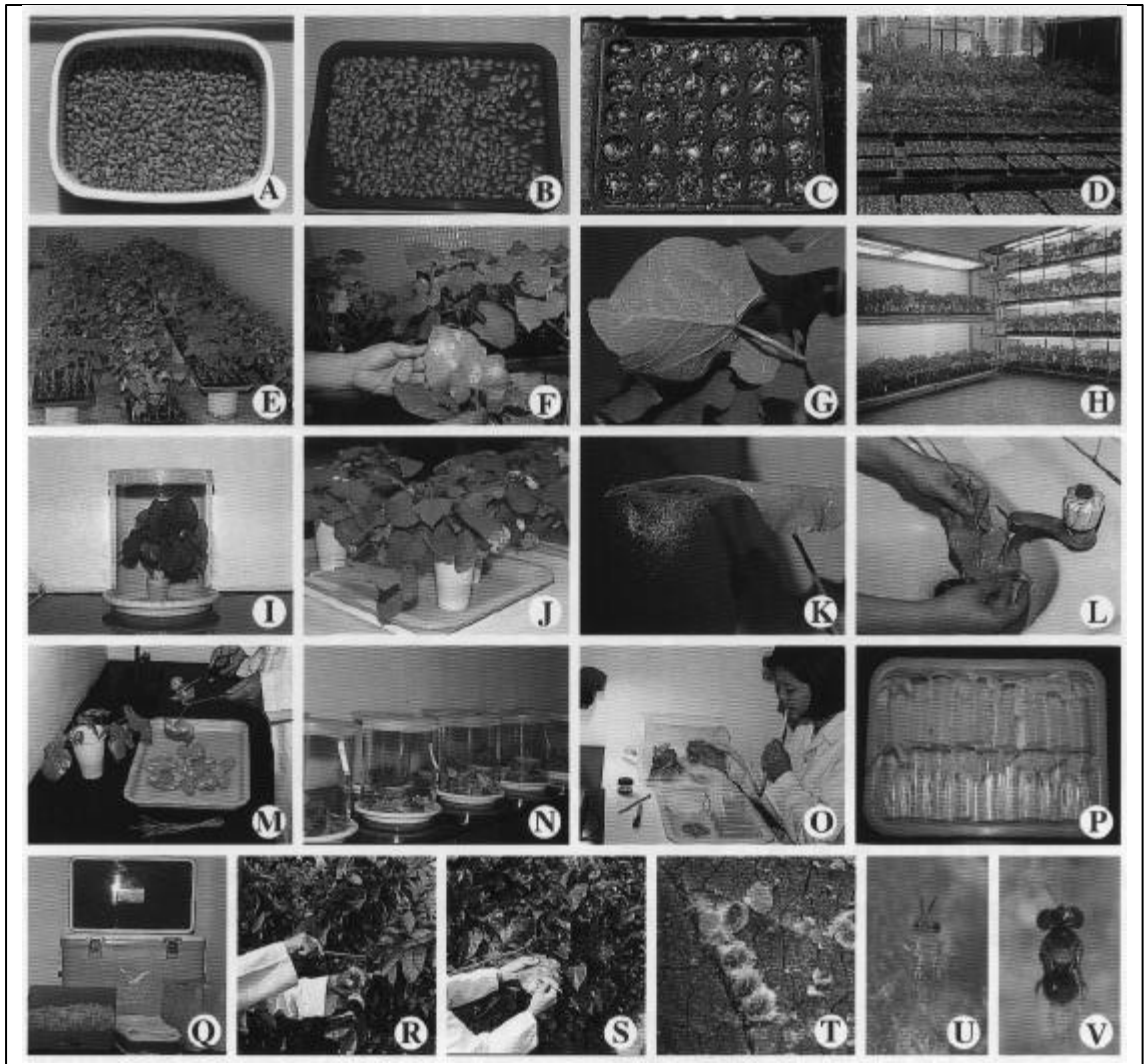
螺旋粉蠹寄生蜂之引進、檢疫及增殖

承蒙夏威夷農業廳之協助，於歐胡島 (Oahu) 重瓣朱槿 (*Hibiscus rosa-sinensis* L.)

上採集被寄生蜂寄生之螺旋粉蠹乾屍，並於 1995 年 12 月 10 日送至行政院農業委員會農業試驗所 (TARI) 天敵檢疫室進行隔離檢疫。結果共引進海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂各 539 與 40 隻。經室內飼育三代，確定無重複寄生蜂後，至 1996 年 2 月引進之海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂始供做寄生蜂繁殖之蜂源。

螺旋粉蠹寄生蜂之大量繁殖 (圖二 I-P, 三)

螺旋粉蠹寄生蜂之繁殖，待螺旋粉蠹若蟲發育為第三齡時，先將帶有該若蟲之 4 至 5 株菜豆苗自根際處剪下，再距離豆苗剪口 5



圖二 螺旋粉蝨寄生蜂之繁殖與釋放。A. 菜豆浸種 8 小時；B. 催芽；C. 播種；D. 在溫室繁殖；E. 螺旋粉蝨接種；F. 帶有螺旋粉蝨成蟲種源之菜豆苗；G. 帶有螺旋粉蝨卵圈之新鮮菜豆苗；H. 螺旋粉蝨大量繁殖；I. 寄生蜂接種；J. 寄生蜂大量繁殖；K. 螺旋粉蝨分泌之臘質絲狀物；L. 沖去分泌物；M. 葉片剪下、陰乾；N. 乾燥葉片移入壓克力筒；O. 寄生蜂收集；P. 成蜂餵食蜂蜜；Q. 寄生蜂運送；R. 寄生蜂田間釋放；S. 寄生蜂田間調查；T. 螺旋粉蝨被寄生之乾屍；U. 海地恩蚜小蜂；V. 哥德恩蚜小蜂。

Fig. 2. Mass rearing and release of parasitoids of the spiraling whitefly. A, soaking of common beans for 8 h; B, germination; C, seeding; D, growth in greenhouse; E, whitefly inoculation; F, on older plant heavily infested with whiteflies; G, a young plant with whitefly egg circles; H, whitefly propagation; I, parasitoid inoculation; J, mass rearing of parasitoids; K, whitefly-produced waxy filaments; L, washing off of wax; M, cutting and air drying of leaves; N, transfer to a cylinder; O, collection of parasitoids into a glass vial; P, feeding of parasitoids with honey; Q, parasitoid shipment; R, field release; S, field survey; T, whitefly mummies; U, *Encarsia ?haitiensis*; V, *E. guadeloupa*.

cm處以海綿片束紮，直插入罐蓋上有圓孔（直徑 1.5 cm）之盛水塑膠小罐（直徑 4 cm，高 5 cm）底部。然後在 25 下每天早上 9 點，將此罐插之帶蟲豆苗放入有螺旋粉蠹寄生蜂之接蜂用壓克力筒（直徑 20 cm，高 25 cm）內接蜂，同時利用小毛筆沾純蜂蜜在筒之內壁畫線供寄生蜂取食。接蜂時寄主與寄生蜂之比率為 5 : 10:1。24 小時後，將已接過蜂之帶蟲豆苗移出，集中插入盛水之塑膠杯（直徑 15.5 cm，高 9.5 cm）並放入 25 飼育寄生蜂用之壓克力箱（長 45 cm，寬 34 cm，高 28 cm），每天換水。約 12 天後，先將這些豆苗在自來水龍頭下，利用強力水柱將螺旋粉蠹之白色臘粉與絲狀物沖去，待葉片上之水乾後，再將帶有寄生蜂蛹之菜豆葉自葉柄處剪下，放入塑膠盤（長 40 cm，寬 29 cm）陰乾，並蓋上相同大小之另一塑膠盤。再經 2 天後，將已乾燥並帶有寄生蜂蛹之菜豆葉放入壓克力筒（直徑 20 cm，高 25 cm），待寄生蜂羽化供做寄生蜂之種源。

螺旋粉蠹寄生蜂之釋放與立足（圖二 Q-V）

1. 寄生蜂之釋放

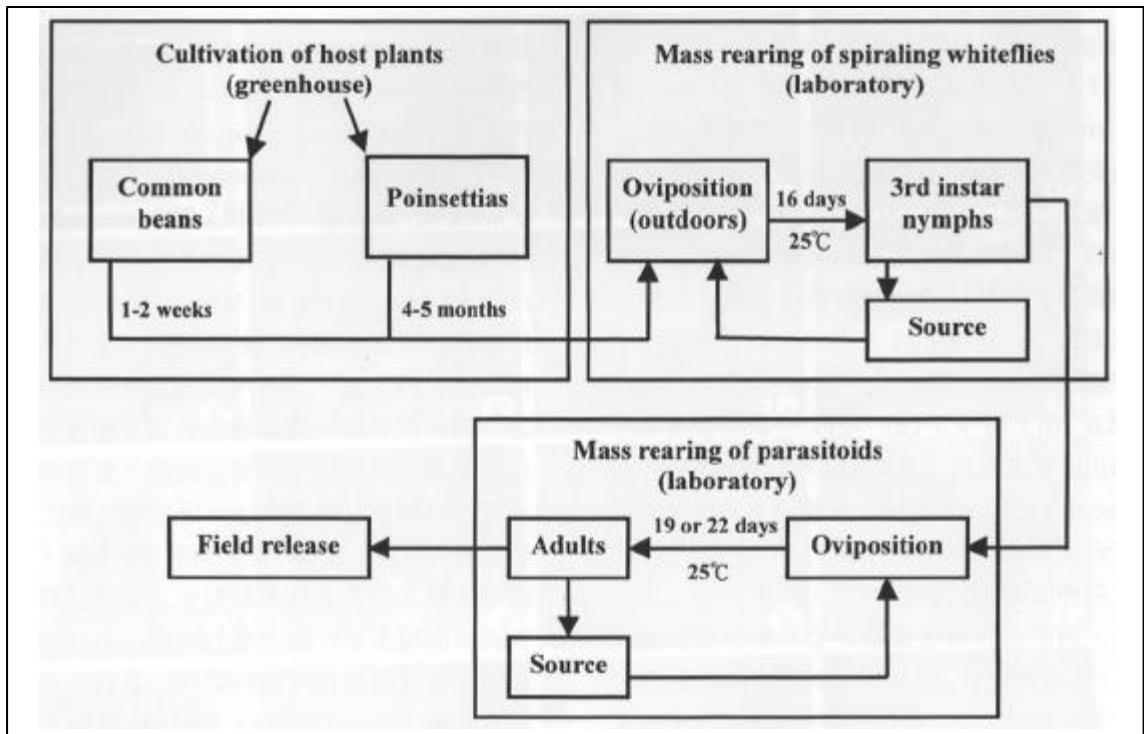
儲存、分裝及運送：寄生蜂羽化後在 25 下，每 150 隻成蜂可先引入一端開口之玻璃管（直徑 3 cm，高 9.5 cm），並以細密紗網用橡皮筋封口。隨後將裝有寄生蜂之玻璃管移入 15 之定溫箱內，寄生蜂每天供食純蜂蜜，儲存 10 15 天（錢景秦、張淑貞，未發表資料）。待寄生蜂釋放時，每玻璃管內之寄生蜂量可增至 200 300 隻。另寄生蜂運送時，為減少高溫對寄生蜂之影響，需將已分裝好之寄生蜂放入小冰櫃中運送。

釋放地點與方法：在臺灣中、南部及東部尋找番石榴、聖誕紅、欖仁（*Terminalia catappa* L.）、桑樹（*Morus alba* L.）、威氏

鐵莧（*Acalypha wilkesiana* Muell.-Arg.）、血桐（*Macaranga tanarius* (L.)）、穗狀花洋紫荊（*Bauhinia racemosa* Lam.）、重瓣朱槿（*Hibiscus rosa-xinensis* L.）、葛藤（*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi）、黃槿（*Hibiscus tiliaceus* L.）及水黃皮（*Pongamia pinnata* (L.) Pierre ex Merr.）等 11 種螺旋粉蠹偏好之寄主植物，若發現其葉上有螺旋粉蠹第三齡若蟲，即將內裝有寄生蜂玻璃管之一端紗網解除，對準螺旋粉蠹之位置用手或小毛筆輕輕敲擊玻璃管之底端，直接將部分寄生蜂釋放在該葉片上。至於寄生蜂之釋放點與釋放量，1996 年 4 月至 12 月時，兩種寄生蜂之釋放係採用散點式之接種式釋放方式，即增多寄生蜂之釋放地點，且依寄主之發生量於同地點、同一時間內，各釋放少量之寄生蜂（10 205 隻），以增加寄生蜂立足之機會。1997 年 3 月至 1998 年 2 月時，兩種寄生蜂之釋放則改採較集中式之增補式釋放方式，即減少寄生蜂之釋放地點，並依寄主之發生量於同地點、同一時間內，各釋放多量之寄生蜂（80 2,860 隻），以利寄生蜂對螺旋粉蠹之抑制。

2. 寄生蜂之立足調查

釋放寄生蜂 2 3 週後，不定期至各釋放點及其附近調查螺旋粉蠹被寄生情形。調查時依寄生蜂寄生之習性，用小毛筆輕刷螺旋粉蠹第四齡老熟若蟲分泌之蠟粉，以區分寄主未被寄生之若蟲或被寄生之乾屍。若發現寄主乾屍內有黑色蜂蛹時，即將此片帶有寄主若蟲與寄主乾屍之葉片採下攜回室內，先分裝於壓克力筒（直徑 20 cm，高 25 cm）內，2 3 天後自葉片上挑下螺旋粉蠹之乾屍，將其裝入玻璃管（直徑 3 cm，高 9.5 cm），待寄生蜂羽化後，判定其種類。



圖三 螺旋粉蝨與寄生蜂大量繁殖流程圖。

Fig. 3. Flow chart of the mass rearing of spiraling whitefly and its parasitoids.

螺旋粉蝨寄生蜂之效益評估

螺旋粉蝨寄生蜂在臺灣地區經釋放後，為評估寄生蜂對螺旋粉蝨族群之抑制力，於是在寄生蜂曾釋放地點進行探測寄生蜂在不同生態環境中（番石榴或欖仁、穗狀花洋紫荊、威氏鐵莧及聖誕紅等）對螺旋粉蝨之防治效果，分述如下。

1. 於 1997 年 8 月在農業試驗所溫室旁 191 m² (長 23 m, 寬 8.3 m) 空地上移植 20 株 3 年生之番石榴，待果樹存活後，自 1997 年 9 月 18 日起先隨機選定其中之 10 株予以編號，其後每隔 14 天再進行此 10 株番石榴上螺旋粉蝨與其寄生蜂發生密度之調查。調查方法參考 Wen *et al.* (1994b)，在每株番石榴之東、西、南、北方位各隨機選取 1 枝條，然後自枝頭依葉序下數至第 11 葉開始，連續

計數每葉上螺旋粉蝨之第四齡若蟲與成蟲數，並利用小毛筆刷去螺旋粉蝨第四齡若蟲體上之臘粉，檢視被寄生之螺旋粉蝨乾屍數，直至第 20 葉為止。此調查工作至 1997 年 12 月 12 日因溫室改建而提前結束。

2. 自 1998 年 9 月至 1999 年 6 月，每月定期至嘉義市嘉義技術學院 (NCIT) 之欖仁與威氏鐵莧，臺南縣曾文水庫 (Tzengwen Dam) 之聖誕紅與穗狀花洋紫荊，及屏東縣竹田 (Chutien) 之聖誕紅與三地門 (Sandimen) 之欖仁上各隨機選取有螺旋粉蝨危害之葉片，共 30 葉，攜回室內先計數每葉上螺旋粉蝨第四齡若蟲與成蟲數及被寄生乾屍數，其後再將尚帶有螺旋粉蝨第四齡若蟲之葉片與被寄生之乾屍，依地區與寄主植物種類分置於各壓克力筒 (直徑 20 cm, 高 25 cm)

與玻璃管 (直徑 1.5 cm, 高 7 cm) 內。前者待 7 天後再檢查葉片一次, 並將螺旋粉蠱之乾屍分裝入前述之玻璃管, 待寄生蜂羽化後判定其種類。

結 果

螺旋粉蠱寄生蜂之釋放與立足

於 1996 年 4 月至 12 月在臺灣中、南部與花東地區約 29 處, 進行海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂之接種式釋放, 總計各釋放 2,144 與 3,773 隻 (表一、二, 圖四)。此期間在臺中市中興大學 (NCHU)、曾文水庫、高雄縣鳳山熱帶園藝試驗分所 (FTHES) 及三地門等地雖可在 12-24 天或在臺中縣霧峰 (Wufeng) 3 個月內回收到兩種寄生蜂 (表三), 但至 1997 年 3 月 12 日僅確認哥德恩蚜小蜂可在霧峰、

鳳山熱帶園藝試驗分所及三地門等處之番石榴、草莓番石榴 (*Psidium littorale* Rodd.)、龍眼 (*Euphoria longana* Lam.)、刺蕃荔枝 (*Annona muricata* L.) 及欖仁上立足。隨後自 1997 年 3 月至 12 月與 1998 年 1 至 2 月又進行臺灣中、南部與花東地區寄生蜂之增補式釋放, 尤其加強嘉義市、臺南縣楠西 (Nanshi)、鳳山熱帶園藝試驗分所、三地門及竹田等地之桑、番石榴、聖誕紅、血桐及欖仁等植物上寄生蜂之定期釋放。總計海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂又各釋放 54,888 與 63,156 隻 (表二)。根據 1997 至 1999 年之調查結果顯示, 哥德恩蚜小蜂除可在大部份之釋放地點立足外, 尚可自行分散到未釋放之地區。例如屏東縣社頂公園 (Sheting park) 雖未釋放寄生蜂, 但該地之螺旋粉蠱亦被哥德恩蚜小蜂寄生, 且該地距離最近之三地門

表一 螺旋粉蠱寄生蜂在臺灣各縣市之釋放點數

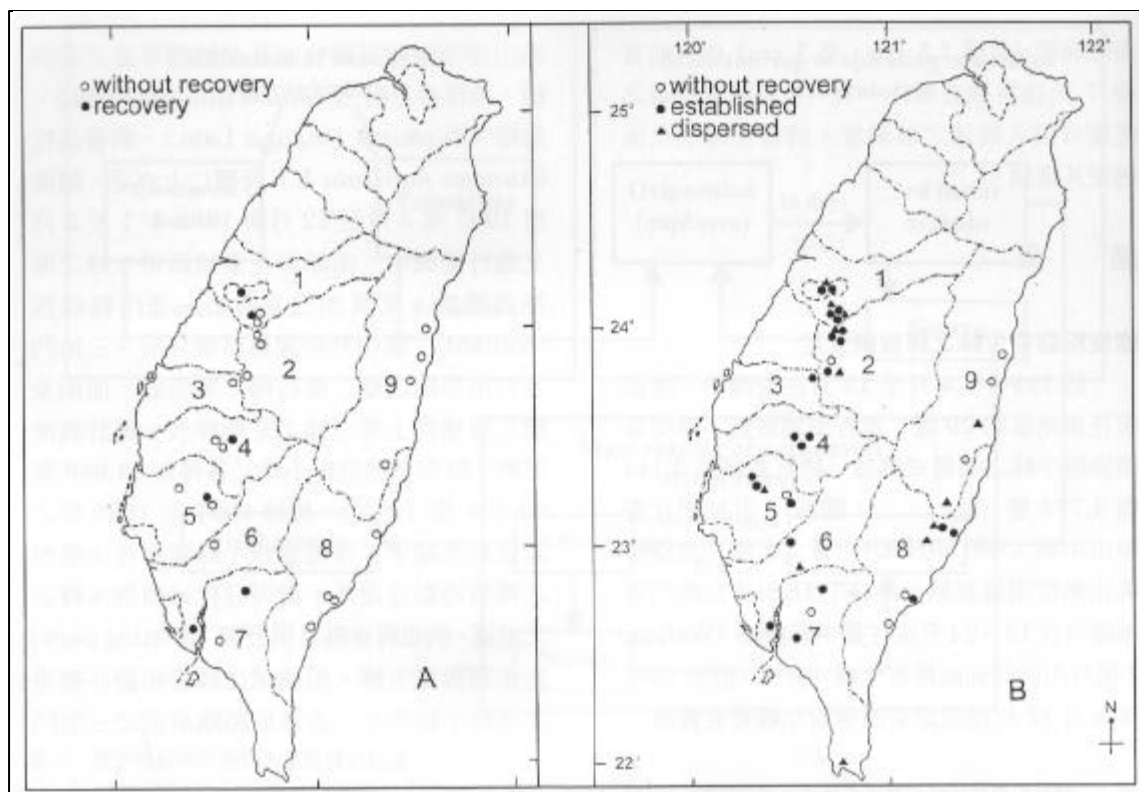
Table 1. Number of release sites for parasitoids of *Aleurodicus dispersus* at different locations in Taiwan

Location	1996	1997	1998
Taichung City	2	-	-
Taichung Hsien	2	6	1
Nantou Hsien	5	6	-
Yunlin Hsien	1	-	-
Chiayi City	1	2	-
Tainan Hsien	1	2	1
Kaohsiung Hsien	1	1	1
Pingtung Hsien	1	2	2
Hualien Hsien	9	-	-
Taitung Hsien	6	-	-
Total	29	19	5

表二 海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂在臺灣田間之釋放

Table 2. Field releases of *Encarsia ?haitiensis* and *E. guadeloupae* in Taiwan

Parasitoid species	Apr.-Dec. 1996		Mar.-Dec. 1997		Jan.-Feb. 1998		Total	
	Times released	No. of wasps released	Times released	No. of wasps released	Times released	No. of wasps released	Times released	No. of wasps released
<i>E. ?haitiensis</i>	46	2144	72	53188	5	1700	123	57032
<i>E. guadeloupae</i>	63	3773	74	61156	7	2000	144	66929



圖四 臺灣地區海地恩蚜小蜂 (A) 與哥德恩蚜小蜂 (B) 之釋放與立足點位置圖 (以鄉為單位)。1. 臺中縣；2. 南投縣；3. 雲林縣；4. 嘉義縣；5. 臺南縣；6. 高雄縣；7. 屏東縣；8. 臺東縣；9. 花蓮縣。

Fig. 4. Localities (unit by town) of release and establishment of *E. guadeloupae* (A) and *E. ?haitiensis* (B) in Taiwan. 1, Taichung Hsien; 2, Nantou Hsien; 3, Yunlin Hsien; 4, Chiayi Hsien; 5, Tainan Hsien; 6, Kaohsiung Hsien; 7, Pingtung Hsien; 8, Taitung Hsien; 9, Hualien Hsien.

表三 海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂在臺灣之首次釋放與回收

Table 3. Dates of the first release and recovery of *Encarsia ?haitiensis* and *E. guadeloupae* in Taiwan

Site ¹	Host plant	Date of 1st release	Date of 1st recovery	
			<i>E. ?haitiensis</i>	<i>E. guadeloupae</i>
Wufeng	<i>Psidium guajava</i>	15 Apr. - 5 June 1996	-	18 July 1996
Tzengwen Dam	<i>Acalypha wilkesiana</i>	5 Aug. 1996	29 Aug. 1996	29 Aug. 1996
FTHES	<i>Psidium guajava</i>	6 Aug. 1996	30 Aug. 1996	30 Aug. 1996
NCHU	<i>Macaranga tanarius</i>	2 Oct. 1996	14 Oct. 1996	-
NCIT	<i>Terminalia catappa</i>	1 Aug. 1997	18 Dec. 1997	22 Aug. 1997
NCIT	<i>Acalypha wilkesiana</i>	1 Aug. 1997	-	3 Sept. 1997
Nanshi	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	11 Mar.-1 Aug. 1997	-	3 Sept. 1997
Sandimen	<i>Terminalia catappa</i>	6 Aug. 1996	30 Aug. 1996	30 Aug. 1996
Chunghsing Hsintsun	<i>Terminalia catappa</i>	28 Nov. 1996	-	30 Oct. 1997

¹ FTHES: Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI; NCHU: National Chung Hsing University; NCIT: National Chiayi Institute of Technology.

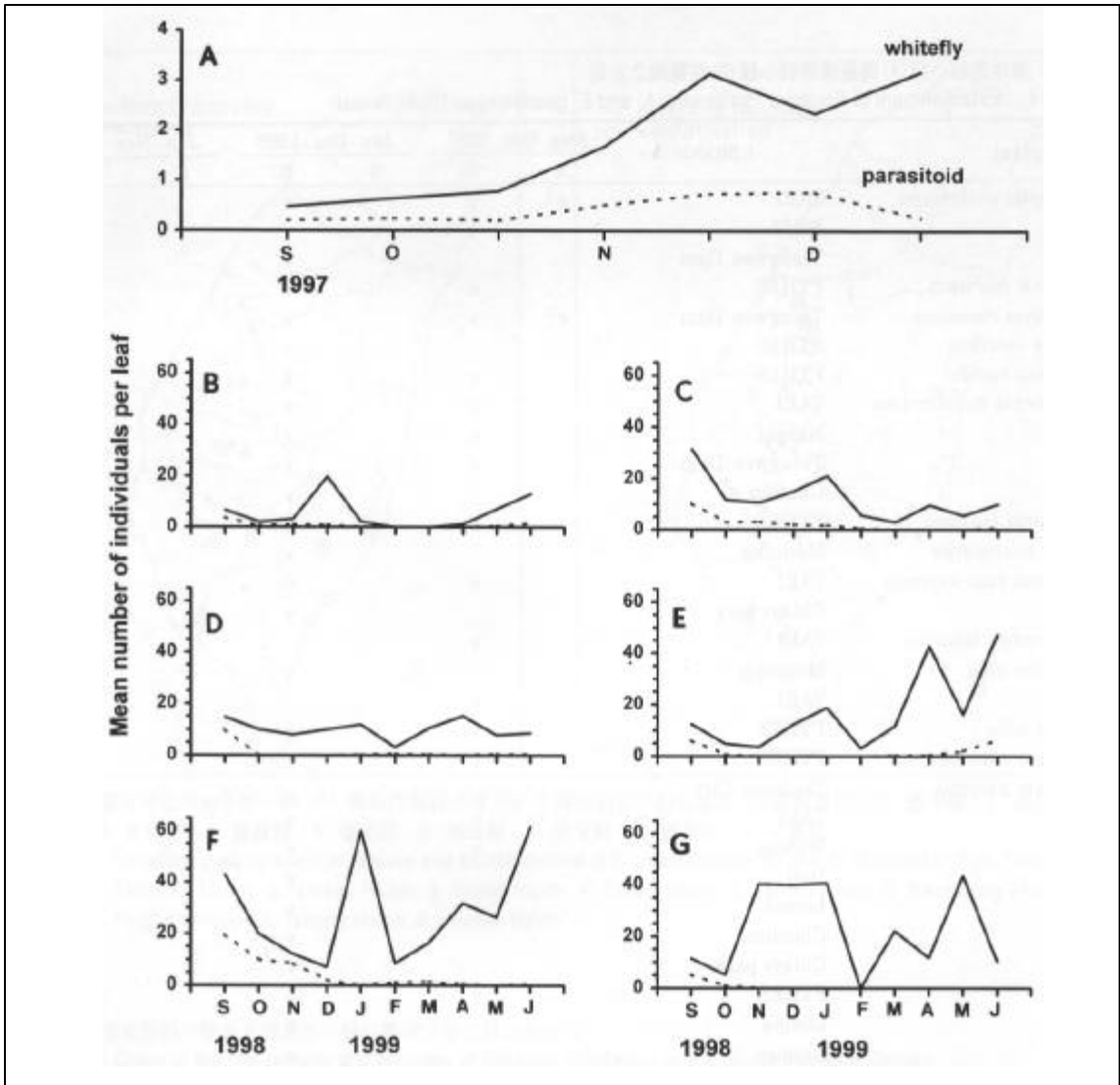
表四 海地恩蚜小蜂(A)與哥德恩蚜小蜂(B)在臺灣之立足

Table 4. Establishment of *Encarsia ?haitiensis* (A) and *E. guadeloupae* (B) in Taiwan

Host plant	Site ¹	Aug.-Dec. 1997		Jan.-Dec. 1998		Jan.-Nov. 1999	
		A	B	A	B	A	B
<i>Acalypha wilkesiana</i>	TARI	v ²	v		v		v
	NCIT		v		v		v
	Tzengwen Dam				v		v
<i>Annona muricata</i>	FTHES		v		v		v
<i>Bauhinia racemosa</i>	Tzengwen Dam	v ²	v		v		v
<i>Canna coccinea</i>	FTHES				v		v
<i>Eugenia cumini</i>	FTHES		v		v		v
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	TARI		v		v		v
	Nanshi		v		v		v
	Tzengwen Dam		v		v		v
	Chutien				v		v
<i>Euphoria longana</i>	FTHES		v		v		v
<i>Ficus microcarpa</i>	Meinung				v		v
<i>Hibiscus rosa-xinensis</i>	TARI		v				v
	Chiayi park				v		v
<i>Macaranga tanarius</i>	TARI		v				v
<i>Michelia alba</i>	Meinung				v		v
	TARI		v				v
<i>Morus alba</i>	FTHES		v		v		v
<i>Psidium catteianum</i>	FTHES		v		v		v
<i>Psidium guajava</i>	Taichung City						v
	TARI		v		v		v
	Wufeng		v		v		v
	Dali				v		v
	Linnei				v		v
	Chushan				v		v
	Chiayi park				v		v
	FTHES		v		v		v
	Lioujia				v		v
	Neimen				v		v
	Sheting park						v
	Rueisuei						v
	Taiyuan						v
	Chengkung						v
	Taitung City						v
<i>Rosa rugosa</i>	Guanshan						v
<i>Terminalia boivinii</i>	Taitung City						v
<i>Terminalia catappa</i>	TARI		v				v
	Chungsing Hsintsun		v				v
	NCIT	v ²	v		v		v
	Sandimen		v		v		v
	Chengkung						v

¹ TARI: Taiwan Agricultural Research Institute; NCIT: National Chiayi Institute of Technology, TARI; FTTHES: Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI.

² Recovered.



圖五 臺灣地區哥德恩蚜小蜂對螺旋粉蝨之防治。A. 農業試驗所之番石榴；B. 嘉義技術學院之欖仁；C. 三地門之欖仁；D. 曾文水庫之穗狀花洋紫荊；E. 嘉義技術學院之威氏鐵莧；F. 曾文水庫之聖誕紅；G. 竹田之聖誕紅。
 Fig. 5. Control of spiraling whitefly in Taiwan by *E. guadeloupeae*. A, on *Psidium guajava* at TARI; B, on *Terminalia catappa* at NCIT; C, on *T. catappa* at Sandimen; D, on *Bauhinia racemosa* at Tzengwen Dam; E, on *Acalypha wilkesiana* at NCIT; F, on *Euphorbia pulcherrima* at Tzengwen Dam; G, on *E. pulcherrima* at Chutien.

釋放點約 90 公里以上。因此可以判斷哥德恩蚜小蜂已在臺灣立足 (表四、圖四)。但是海地恩蚜小蜂則僅於 1997 年 12 月間自曾文水庫之穗狀花洋紫荊、嘉義技術學院之欖仁及農業試驗所之威氏鐵莧回收 (表四)，惟於 1998 與 1999 年調查時則未再發現 (圖四)，

因此幾可確認海地恩蚜小蜂不能在臺灣立足。

螺旋粉蝨寄生蜂之效益評估

1997 年 9 至 12 月在番石榴或 1998 年 9 月至 1999 年 6 月在欖仁、穗狀花洋紫荊、威

氏鐵莧及聖誕紅等上探測寄生蜂對螺旋粉蝨防治效益時，得知螺旋粉蝨之發生主要受季節變化、寄主植物種類及落葉性等之影響，而寄生蜂之效益則不大（圖五）。如螺旋粉蝨一般發生盛期在秋季，番石榴與聖誕紅等為螺旋粉蝨最偏好之寄主植物，欖仁、穗狀花洋紫荊及威氏鐵莧則次之。且當番石榴與聖誕紅植株受害嚴重或欖仁於 1 3 月植株生理性落葉時，常造成螺旋粉蝨族群密度巨大波動。至於哥德恩蚜小蜂之發生密度在番石榴上雖維持在每葉 0.21 0.77 個蜂蛹，但螺旋粉蝨之密度卻未受抑制，其第四齡若蟲與成蟲數由每葉 0.48 隻漸升至 3.19 隻（圖五）。在欖仁、穗狀花洋紫荊、威氏鐵莧及聖誕紅上，哥德恩蚜小蜂之密度亦僅為螺旋粉蝨密度之 0 68%（圖五），尤其在竹田公路兩旁之聖誕紅，寄生蜂對螺旋粉蝨毫無抑制效果，聖誕紅受害嚴重。

討 論

螺旋粉蝨在美國佛州、夏威夷、太平洋群島（關島、美屬薩摩亞群島、帛琉）、澳洲及貝南（Benin）等地均曾獲得有效的生物防治（Nechols, 1982; Kumashiro *et al.*, 1983; Bennett and Noyes, 1989; Waterhouse and Norris, 1989; Cantrell and Lambkin, 1995; D'Almeida *et al.*, 1998）。究其成功之因，不外海地恩蚜小蜂或哥德恩蚜小蜂或釉小蜂 *E. vittat* 經人為引進 釋放少量（40 120 隻）或意外進入後，寄生蜂即可迅速在當地立足、分散，達抑制螺旋粉蝨之效果，甚至在夏威夷與貝南兩地螺旋粉蝨族群發生之年高峰可各下降 79 98.9% 與 80%。反觀臺灣地區，在 1996 年 4 月至 1998 年 2 月間海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂經各釋放 57,032 與 66,929

隻後，其結果僅哥德恩蚜小蜂立足，且抑制螺旋粉蝨之成效不顯著（圖五）。其間之差異，筆者等推論可能原因有三，分述如下。（1）螺旋粉蝨族群密度除受寄生蜂之影響外，應尚有其它重要之生物與非生物因子控制。D'Almeida *et al.* (1998) 云在貝南影響螺旋粉蝨族群密度之主要因子依次為人口密度、樹種、生態帶（ecological zone）、雨量及寄生蜂存在之時間等。Kumashiro *et al.* (1983) 雖提及在夏威夷雨量與溫度對螺旋粉蝨密度之調節可能扮演重要角色，但從其圖示中卻未見此兩項因子之一致性。另由夏威夷與貝南地區螺旋粉蝨與寄生蜂之消長圖，似顯示兩地過分強調海地恩蚜小蜂對螺旋粉蝨之抑制效果，而忽略螺旋粉蝨本身季節性消長及其它不明因子之影響，致使螺旋粉蝨密度下降；而太平洋群島與澳洲等地螺旋粉蝨生物防治之成效亦僅見簡單之文字敘述，未見實際螺旋粉蝨與寄生蜂之消長圖。至於臺灣地區螺旋粉蝨之族群密度主要係呈季節消長（Wen *et al.*, 1994a），秋季螺旋粉蝨大發生時，哥德恩蚜小蜂對其抑制效應不大。（2）海地恩蚜小蜂對環境之適應力較弱。依據 Cantrell and Lambkin (1995)、M'Boob and van Oers (1994)、Nechols (1981,1982) 及 Waterhouse and Norris (1989) 等報導，海地恩蚜小蜂發生之地區約在北緯 22.2°（可愛島，Kauai Is）與南緯 23.3°（斐濟、東加、庫克群島）間，而美國佛州（北緯 25.1 31.5°）（Bennett and Noyes, 1989）與臺灣（北緯 21°55' 25°20'）似不適該蜂之地理分布。另外海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂彼此間之生物性大致相似，室內試驗僅發現海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂之生殖力在 15°、20° 及 25 定溫時相同（15 時為 3 2 粒卵，20° 25 時為 108 165 粒卵），但在 30 定

溫時兩蜂之生殖力差異極大，海地恩蚜小蜂為 16 粒卵，哥德恩蚜小蜂為 118 粒卵（錢景秦、張淑貞，未發表資料），而臺灣中、南部冬季氣溫除非寒流來襲時偶降至 15 以下，夏季白天氣溫卻經常高出 30 以上，因而推論夏季高溫或為該蜂不能立足臺灣之主因。但此論點與海地恩蚜小蜂在其他地區之表現是否一致尚待探討，目前僅知檀香山低海拔 (3.1–15.2 m) 與高海拔 (119–131 m) 地區之平均溫各為 25.7 (月均溫為 24°–27) 與 23.2 (月均溫為 21°–25)，適合海地恩蚜小蜂之生存。(3) 寄生蜂間之競爭取代。在夏威夷、關島及貝南等地不論螺旋粉蠹寄生蜂是人為引進或意外進入，海地恩蚜小蜂對寄主之寄生率總是較先取得優勢，但經一段期間後，貝南地區哥德恩蚜小蜂對寄主之寄生率卻漸增，並逐漸取得優勢 (D'Almeida *et al.*, 1998)；或關島地區除乾旱期外，哥德恩蚜小蜂可將螺旋粉蠹族群維持低密度發生 (Waterhouse and Norris, 1989)；甚至在夏威夷許多地區海地恩蚜小蜂已被哥德恩蚜小蜂所取代 (Kumashiro, 1995 年私人通信)。至於臺灣地區海地恩蚜小蜂之無法立足是否與寄生蜂間之競爭有關，正進行室內試驗。

Debach (1964) 與 Luck (1981) 認為天敵對害蟲生物防治效果之評估標準，應以天敵對害蟲之防治面積與經濟防治程度而定，並區分為完全成功 (complete success, C)、大致成功 (substantial success, S)、部分成功 (partial success, P) 及失敗 (fail, N)。因此臺灣地區螺旋粉蠹之生物防治工作應屬失敗，未來或可嘗試自美國佛州另行引進釉小蜂 *E. vittata* 以進行螺旋粉蠹之生物防治。

經 1997–1999 年之田間調查發現，除上述提及夏季高溫不適海地恩蚜小蜂之存活

外，在臺灣不利螺旋粉蠹寄生蜂釋放或立足之原因尚有三點。(1) 棲所環境不穩定。當寄主植物為無經濟重要性者，如路邊之欖仁、威氏鐵莧、聖誕紅，被危害即遭大幅修剪甚至砍伐。而當寄主植物為有經濟重要性者，如番石榴，一經危害農民則施以藥劑防治，同時在臺灣螺旋粉蠹較偏好之寄主植物，如欖仁在 1–3 月時有落葉習性，以致寄主與寄生蜂發生之同律性不易配合。(2) 螺旋粉蠹之發生盛期限於秋季，且蟲齡頗為一致。由於螺旋粉蠹族群密度與危害之寄主植物種類於秋季呈現突然激增現象 (Wen *et al.*, 1994a, 1996)，此時寄生蜂若以一般接種式釋放方式釋放，不易見其成效。但寄生蜂若以汜溢式釋放方式釋放，則又受限於寄生蜂之繁殖成本與寄主雜食之特性，亦不易實行。(3) 梅雨與颱風。螺旋粉蠹寄生蜂之釋放不僅受螺旋粉蠹密度之影響，尚受 5、6 月間梅雨與 7 至 9 月間颱風之影響。

螺旋粉蠹之寄主植物雖廣達 65 科、156 種 (Wen, 1995)，但適宜做為室內螺旋粉蠹及其寄生蜂生物性觀察之寄主植物甚少。筆者等發現可利用菜豆在溫室內植株管理上無需施肥與施藥、植株更新時間短 (10–14 天)、及無銀葉粉蠹危害等之優勢，與其植株矮小、真葉單純、及再生發根性強等之特性，方便於空間有限之定溫箱內試驗及寄生蜂之繁殖。至於螺旋粉蠹大量繁殖時蟲源之飼養，則建議採用修剪成單莖之聖誕紅為寄主植物，以避免其葉片過度重疊易產生煤病，並注意防治銀葉粉蠹之危害。

螺旋粉蠹雌成蟲卵巢內之成熟卵數與其可見第三、四腹節腹面兩側臘粉塊之厚度隨其日齡而增加，至第三日齡時雌成蟲才開始由原寄主植物向上盤旋、遷飛，以尋找適當新寄主植物之幼嫩葉片產卵 (錢景秦、張淑

貞，未發表資料)。因而此時螺旋粉蝨繁殖地點光線之反差，與其新舊寄主植物高度間之位差均對該蟲之繁殖深具影響。建議螺旋粉蝨繁殖地點宜選擇非光線直射，且一邊受光強度較它邊略強者。至於新舊寄主植物之安置方式則採新寄主植物在前排，舊寄主植物在後排之相間排列，且新寄主植物之高度較舊寄主植物要高 20 30 cm。

本試驗中螺旋粉蝨寄生蜂不論在繁殖或釋放時，均以第三齡螺旋粉蝨若蟲為其寄主，但依海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂之寄生與繁殖策略，顯示兩蜂均屬產雌孤雌生殖 (thelytoky)、共育寄生性 (koinobiont)、無取食寄主行為 (non-host-feeding) 及無卵吸收現象 (non-ooorption)，且在室內寄主齡期無選擇性與有選擇性試驗時，該兩種寄生蜂在前者顯著偏好第三齡螺旋粉蝨若蟲，但在後者卻對寄主若蟲第一至第三齡期無顯著偏好性，唯寄生在寄主第一齡若蟲時，其發育較寄生在寄主第二與第三齡若蟲時慢 3 4 天 (錢景秦、張淑貞，未發表資料)。顯示海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂雖對寄主齡期之偏好性不大，但為寄生蜂之快速繁殖與立足仍建議以第三齡螺旋粉蝨若蟲為其適當寄主。

Gerling (1992) 認為捕食性天敵對粉蝨之防治效果不大，且其角色甚少被研究。但 Alomar *et al.* (1990) 認為若對捕食性天敵之特性做一系列之試驗與研究後，或可依捕食性天敵之活動力、生理反應及與食餌關係等之特性而建立其對害蟲之防治，同時捕食性天敵不僅可適用於長久之生態環境系統 (perennial ecological systems) (Waterhouse and Norris, 1989)，尚可應用於短暫之農業系統 (temporary agricultural systems) (Gerling, 1992)。在夏威夷 Kumashiro *et al.*

(1983) 認為僅 *D. catalinae*、*N. oculatus* 及 *N. bicolor* 等三種瓢蟲對螺旋粉蝨之偏好性強，而其他之捕食性天敵雖可捕食螺旋粉蝨，但受限彼等對寄主之偏好性或受重複寄生蜂之影響，導致此類天敵對螺旋粉蝨防治無效。在臺灣地區螺旋粉蝨之本地種捕食性天敵計有 20 種，雖 Wen (1995) 認為彼等天敵利用性不大，但據筆者等在野外重瓣朱槿上發現有瓢蟲、草蛉及盲椿等活動之葉片，其上僅見螺旋粉蝨卵圈之痕跡而未見其卵與若蟲，因而可知捕食性天敵也可發揮部份抑制螺旋粉蝨之功能。祇是當螺旋粉蝨高密度發生時，不僅彼等捕食性天敵無防治效用，且見證 Gerling (1992) 所云當環境中有過多寄主之臘粉與蜜露等之分泌物時，亦不適寄生蜂之活動。

誌 謝

本研究承蒙夏威夷農業廳 Lyle Wong 博士與賴博永博士協助引進海地恩蚜小蜂與哥德恩蚜小蜂，又承 Bernarr Kumashiro 先生提供相關資訊。試驗期間承李佳靜小姐協助飼蟲，翁振宇先生協助田間調查並攝製幻燈片，謹此一併致謝。

引用文獻

- Alomar, O., C. Castane, R. Cabarra, and R. Ablajes 1990. Mirid bugs another strategy for IPM on Mediterranean vegetable crops? IOBC/WPRS Bull. 13: 6-9.
- Bennett, F. D., and J. S. Noyes 1989. Three chalcidoid parasites of diaspines and whiteflies occurring in

- Florida. Fla. Entomol. 72: 370-373.
- Cantrell, B. K., and T. A. Lambkin.** 1995. Application to import and release *Encarsia* sp. A (Hymenoptera: Aphelinidae) for the biological control of spiraling whitefly *Aleurodicus dispersus* Russell (Homoptera: Aleyrodidae). Queensland Department of Primary Industries. 12 pp.
- D'Almeida, Y. A., J. A. Lys, P. Neuenschwander, and O. Ajuonu.** 1998. Impact of two accidentally introduced *Encarsia* species (Hymenoptera: Aphelinidae) and other biotic and abiotic factors on the spiralling whitefly *Aleurodicus dispersus* (Russell) (Homoptera: Aleyrodidae), in Benin, West Africa. Biocont. Sci. Tech. 8: 163-173.
- DeBach, P.** 1964. Successes, trends, and future possibilities. pp. 673-713. In: P. DeBach, and E. I. Schlinger, eds. Biological Control of Insect Pests and Weeds. Chapman and Hall, London.
- Evans, G. A., and A. Polaszek.** 1998. The *Encarsia cubensis* species-group (Hymenoptera: Aphelinidae). Proc. Entomol. Soc. Wash. 100: 222-233.
- Gerling, D.** 1992. Approaches to the biological control of white flies. Fla. Entomol. 75: 446-456.
- Kajita, H., M. Samudra, and A. Naito.** 1991. Discovery of the spiralling whitefly *Aleurodicus dispersus* Russell (Homoptera: Aleyrodidae) from Indonesia, with notes on its host plants and natural enemies. Appl. Entomol. Zool. 26: 397-400.
- Kumashiro, B. R., P. Y. Lai, G. Y. Funasaki, and K. K. Teramoto.** 1983. Efficacy of *Nephaspis amnicola* and *Encarsia ?haitiensis* in controlling *Aleurodicus dispersus* in Hawaii. Proc. Hawaii Entomol. Soc. 24: 261-269.
- Luck, R. F.** 1981. Parasitic insects introduced as biological agents for arthropod pests. pp. 125-306. In: D. Pimentel, ed. Handbook of Pest Management in Agriculture. Vol.II. CRC Press, Florida.
- Mani, M., and A. Krishnamoorthy.** 1999. Natural enemies and host plants of spiralling whitelfy *Aleurodicus disperusus* Russel (Homoptera: Aleyrodidae) in Bangalore, Karnataka. Entomon 24: 75-80.
- Martin, J. H., E. Hernandez-Suarez, and A. Carnero.** 1997. An introduced new species of *Lecanoideus* (Homoptera: Aleyrodidae) established and causing economic impact on the Canary Islands. J. Nat. Hist. 31: 1261-1272.
- M'Boob, S. S., and C. C. C. M. van Oers.** 1994. Spiralling whitefly (*Aleurodicus dispersus*): a new problem in Africa. FAO Plant Prot. Bull. 42: 59-62.
- Nechols, J. R.** 1981. Entomology: biological control. pp. 16-20, Annual Report 1981. Guam Agricultural Experiment Station.
- Nechols, J. R.** 1982. Entomology:

- biological control. pp. 33-49, Annual Report 1982. Guam Agricultural Experiment Station.
- Polaszek, A., G. A. Evans, and F. D. Bennett.** 1992. *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Aphelinidae, Homoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. Bull. Entomol. Res. 82: 375-392.
- Russell, L. M.** 1965. A new species of *Aleurodicus douglas* and two close relatives. Fla. Entomol. 48: 47-55.
- Villacarlos, L. T., and N. M. Robin.** 1992. Biology and potential of *Curinus coeruleus* Mulsant, an introduced predator of *Heteropsylla cubana* Crawford. Philipp. Entomol. 8: 1247-1258.
- Waterhouse, D. F.** 1993. Biological control in the Oceanic West Pacific: an overview. Micronesica Suppl. 4: 1-9.
- Waterhouse, D. F., and K. R. Norris.** 1989. *Aleurodicus dispersus* Russell. Biological Control: Pacific Prospects-Supplement 1. ACIAR monograph 12: 13-21. Austr. Centre. Intern. Agric. Res. Canberra.
- Wen, H. C.** 1995. Bionomics and control of spiralling whitefly (*Aleurodicus dispersus* Russell) in Taiwan. Doctoral dissertation of the Graduate Institute of Plant Pathology and Entomology. National Taiwan University. 194 pp (in Chinese with English summary).
- Wen, H. C., C. N. Chen, and T. C. Hsu.** 1996. Seasonal occurrence of spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell and host plant effects. Plant Prot. Bull. 38: 39-47 (in Chinese with English summary).
- Wen, H. C., T. C. Hsu, and C. N. Chen.** 1994a. Supplementary description and host plants of the spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell. Chinese J. Entomol. 14: 147-161 (in Chinese with English summary).
- Wen, H. C., T. C. Hsu, and C. N. Chen.** 1994b. Spatial distribution and sample size estimation of the spiralling whitefly (*Aleurodicus dispersus* Russell) on guava. Chinese J. Entomol. 14: 421-431 (in Chinese with English summary).
- Wen, H. C., T. C. Hsu, and C. N. Chen.** 1995. Yield loss and control of spiralling whitefly (*Aleurodicus dispersus* Russell). J. Agric. Res. China 44: 147-156 (in Chinese with English summary).
- Wuesekera, G. A. W., and C. Kudagamage.** 1990. Life history and control of spiralling white fly *Aleurodicus dispersus* (Homoptera: Aleyrodidae): fast spreading pest in Sri Lanka. Q. Newsletter-Asia Pacific Plant Prot. Com. 33: 22-24.

收件日期：1999年12月10日

接受日期：2000年7月14日

Introduction, Propagation, and Liberation of Two Parasitoids for the Control of Spiraling Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) in Taiwan

Ching-Chin Chien*, Liang-Yih Chou and Shu-Chen Chang Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

The spiraling whitefly (SWF) (*Aleurodicus dispersus* Russell), an insect pest of vegetables, fruit trees, food crops, ornamentals, shade trees, and forests, was first discovered in southern Taiwan in 1988. Totals of 539 adults of *Encarsia ?haitiensis* Dozier and 40 adults of *E. guadeloupae* Viggiani were introduced from Hawaii to Taiwan on 10 December 1995. After being screened for three generations in a quarantine room at TARI, these parasitoids were field released in central, southern, and eastern Taiwan. Overall, totals of 57,032 adults of *E. ?haitiensis* and 66,929 adults of *E. guadeloupae*, respectively, were released as an inoculation from April to December 1996 and as an augmentation from March 1997 to February 1998. These parasitoids were recovered after about 12-24 days (except after 3 months at Wufeng) following the first release in 1996. However, field surveys conducted in 1998 and 1999 revealed that only *E. guadeloupae* had become established. Although the population density of *E. guadeloupae* reached 0.21 to 0.77 pupae per leaf on *Psidium guajava* L., the 4th instar nymphs and adults of SWF still increased from 0.48 to 3.19 per leaf from September to December 1997. The population density of *E. guadeloupae* ranged from 0-68% of that of SWF on *Euphorbia pulcherrima* Willd., *Terminalia catappa* Linn., *Acalypha wilkesiana* Muell.-Arg., and *Bauhinia racemosa* Lam. from September 1998 to June 1999. The parasitoids were found to be ineffective in controlling SWF on *E. pulcherrima* along roadsides in Chutien, Pingtung Hsien. The methods and procedures for the mass rearing of SWF and its parasitoids are also presented in this paper.

Key words: *Aleurodicus dispersus*, *Encarsia ?haitiensis*, *E. guadeloupae*, biological control, Taiwan.