

# 煙草粉蝨種群 (*Bemisia tabaci* species complex) 分類學綜述

柯俊成\* 陳秋男 王重雄 國立台灣大學昆蟲學系 台北市大安區羅斯福路四段一號

## 摘要

煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)) 在 100 年前被命名描述後，目前已成爲亞熱帶以及熱帶地區的重要害蟲。由於國際間植物產品的快速流通以及人類活動而導致其全面地擴散，加以此蟲具適應新寄主植物以及地理區之能力，使其分布於除極地之外的泛世界各地。目前已有超過 900 種以上的寄主植物被記錄，對農業甚至溫室產業產生嚴重的衝擊。從世界各地發現的生物小種可以看出此蟲正處於快速進化過程的種群 (species complex)，包括許多生物小種 (biotypes)、煙草粉蝨以及銀葉粉蝨 (*B. argentifolii* Bellows and Perring) 兩種及其他已被命名的隱匿種 (cryptic species) 等。本報告整理煙草粉蝨的歷史記錄、同種異名、寄主植物以及地理分布，並比較世界地理區各族群。列出族群之間的相似以及相異處，並加入台灣本地族群的資料，而將煙草種群歸納爲 7 類群，最後並提出未來之研究方向與展望。

**關鍵詞：**煙草粉蝨、銀葉粉蝨、粉蝨、鑑定技術、種群、分類

## 前言

粉蝨 (whitefly) 係半翅目 (Hemiptera)、胸吻群 (Sternorrhyncha)、粉蝨總科 (Aleyrodoidea)、粉蝨科 (Aleyrodidae) 的刺吸式昆蟲，多分布於熱帶及亞熱帶地區。粉蝨兩性成蟲均有翅，身體及翅上覆有白色蠟粉，此爲其科名之由來。不論成蟲或若蟲，體背上均有獨特 "管狀孔 (vasiform orifice)"，此構造類似 "肛門" 的功能，是排蜜露之處。粉蝨的成蟲喜歡產卵在葉背，若蟲期四齡，孵化後

的第一齡若蟲有活動力，往後各齡若蟲其足、觸角逐漸退化，固著於葉背，即使環境不宜亦無法移動。成蟲沿著第四齡若蟲之倒 T 字型縱、橫胸縫羽化而出。因第四齡期與活躍之成蟲在外部形態截然不同，且與完全變態類昆蟲不食不動之 "蛹" 大相逕庭，因而有第四齡蛹殼 (pupal case; puparium) 之誤稱，然仍沿用至今 (Martin, 1999)。

目前全世界有記錄的粉蝨 1420 種，分屬於粉蝨亞科 (Aleyrodinae)，爲世界普遍分布，目前有 132 屬、1317

\*論文聯繫人  
e-mail:koec2501@ccms.ntu.edu.tw

種；複孔粉蝨亞科 (*Aleurodicinae*) 主要分布於南美洲，目前有 19 屬、103 種。在已記錄的 1420 種粉蝨，其中大約有 1000 種分布於熱帶，420 種分布於溫帶地區。有記錄的 151 屬中，一半以上的屬僅有 1 或 2 種，僅 7 個屬有超過 50 種之記錄 (Mound, 1984)。相較於全世界木蝨 (2500 種)、蚜蟲 (4400 種) 及介殼蟲 (6000 種) 的種數，粉蝨相對為種類少的科；其因素可能是粉蝨的研究較少，例如熱帶地區蘇拉威西 (Sulawesi) 之 125 種粉蝨中僅有 30 種被命名；巴布亞新幾內亞 (Papua New Guinea) 產 92 種粉蝨中僅 38 種被命名；以及貝里斯 (Belize) 產 120 種粉蝨中僅 40 種被命名 (Martin, 1999)。再者，非洲粉蝨相僅侷限於部份地區零星的調查；又如最近調查之 37 種香港粉蝨昆蟲相中，絕大部份都是未經描述的東方區種類，此等皆反映出對於粉蝨類昆蟲分類調查研究不足的事實 (Martin, 私人通信)。咸信，如果詳細深入調查後，粉蝨的種類應該會更多 (Bink-Moenen and Mound, 1990)。台灣地區之粉蝨相得力於日人高橋氏的研究，Tao (1979) 記錄共有 30 屬、126 種；其後 Ko *et al.* 陸續發表 9 新種及 9 新記錄種，加上螺旋粉蝨 (*Aleurodicus dispersus*)、溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum*)、銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii*) 及龐達粉蝨 (*Paraleyrodes bondari*) 的新記錄，2001 年止共有 45 屬、158 種 (Ko and Luo, 1999; Ko *et al.*, 1990, 1992, 1993, 1995, 1998a, b, c; 2001)，約佔全世界種類 12%；其中有 79 種為特有種 (endemic species)，佔台灣粉蝨種類 48%。

利用成蟲之外部形態特徵鑑定粉蝨尚有困難，原因可能在於成蟲可資利用的形態特徵不多；例如管狀孔構造可以區別蛹殼上的種

類，但是多數的成蟲卻相當類似，甚至成蟲的生殖器亦然；加上成蟲標本不易採集，即使透過若蟲期之飼養並不能確保成蟲之羽化順利；又因其個體柔軟，標本容易變形，目前尚無較理想之標本製作方法可供利用，因此粉蝨的屬和種的界定乃沿用第四齡蛹殼的特徵。Mound (1965)、Patti and Rapisarda (1981) 以及 Martin (1987)，提出煙草粉蝨第四齡蛹殼鑑定的主要特徵，包括管狀孔 (vasiform orifice)、尾脊 (caudal ridges)、亞背盤剛毛 (subdorsal setae) 以及疣狀突起 (tubercles) 等，雖然不再造成鑑定的困難，但是自從 1980 年代以來，煙草粉蝨生物小種 (biotype) 陸續被發表確認之後，煙草粉蝨的鑑定又再度變成複雜的議題 (Martin *et al.*, 2000)。

煙草粉蝨自命名後，原僅有部份零星蟲害之報導。1900 年代開始，其為害報導以東半球居多；1920-1930 年在印度、蘇丹、以色列等地的蔬菜及棉花上的為害僅有地區性零星的災情；1970-1979 年於蘇丹、中東等地棉花田曾有大發生之報導。本種於西半球從 1894 年被記錄後直到 1975 年期間，僅記錄此蟲傳播棉花葉片皺縮病 (cotton leaf crumple)，並無其他蟲害報導，然 1980 年代此蟲開始其寄主植物範圍擴增並且有傳播新的植物病例之報導 (Henneberry *et al.*, 1998)。1986 年此蟲首度入侵美國佛羅里達，即嚴重為害溫室盆栽之聖誕紅 (*Poinsettia*)，之後逐漸擴散蔓延為害蔬菜、溫室花卉、番茄及棉花等，因此有 Florida biotype、Poinsettia biotype 及 B-biotype 等生物小種之名稱。1990 年代以來逐漸擴散至加州，密度高時甚至蓋滿汽車擋風玻璃、被人吸進口腔內以及呼吸道，農民在田間工作時，常因吸入太多蟲體有呼吸困難，必須戴上口罩，對農業的影響是加州地區自從 1980 年地中海果實蠅造成恐慌以來另一次蟲

害的大震撼，因而有超級害蟲 (superbug) 之稱 (Barinaga, 1993)。且因其媒介南瓜銀葉病 (squash silverleaf)、番茄成熟不一 (tomato uneven ripening)、芥菜類白莖 (white stem streaking) 以及聖誕紅葉脈脆弱 (vein-clearing of foliage) 等新的植物病害，因此本種於 1993 年即有銀葉粉蝨 (silverleaf whitefly) 之俗名。Bellows *et al.* (1994) 利用同功異構酶、交尾行為及蛹殼前亞緣區剛毛之有無及胸氣孔摺之寬度等外部形態，而將 B 生物小種命名為新種銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolli* Bellows and Perring) 之後，本種之分類地位即引起高度的重視，許多研究者陸續投入鑑定分類的工作，包括利用體型大小、生殖力、寄主範圍、為害程度、攝食率、傳播南瓜銀葉病之能力、抗藥性程度及生化等方法來鑑別 (Byrne and Devonshire, 1991; Culotta, 1991; Barinaga, 1993; Campbell *et al.*, 1993; Brown *et al.*, 1995a; De Barro, 1995; De Barro and Driver, 1997; Rosell *et al.*, 1997)。

## 煙草粉蝨的歷史記錄以及同種異名

煙草粉蝨在 1889 年首度發現於希臘之煙草上而命名為 *Aleyrodes tabaci* Gennadius，當時即預測本種具有成為相當嚴重害蟲之潛力。11 年之後，Quaintance (1900) 在美國西南部的燈籠草 (*Physalis alkekengi*) 發現命名另一新種為 *Aleyrodes inconspicua* Quaintance。14 年後 Quaintance and Baker (1914) 另成立一新屬為伯粉蝨屬 (*Bemisia*)，並將 *Aleyrodes inconspicua* Quaintance 移至此新屬，並以 *Bemisia inconspicua* (Quaintance) 為此新屬之模式種。其後經過 50 年間 (1914-1964)，其他 19

種分別在 14 個國家的各種寄主植物被發現而命名 (表一)。其中最主要的事件是 Takahashi (1936) 將 *Aleyrodes tabaci* 併入伯粉蝨屬中，此乃為現今 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 的由來。同時，粉蝨分類學者已注意到世界上利用形態特徵鑑定而命名的種類有重複的現象，因此在有新種被描述的同時，也有些種類被歸納入同種異名。1978 年以前，有 6 件命名的主要事件 (表二)，最突顯的事件是 Russell (1957) 將 9 種不同命名的種類列為同種異名，因此煙草粉蝨便有 tobacco whitefly、cotton whitefly 以及 sweetpotato whitefly 的名稱。

早期粉蝨分類學者認為成蟲標本製作較為困難，可資利用的特徵較少，所以第四齡蛹殼成為較常用的鑑定齡期，並且蛹殼固著於寄主植物上，所以標本採集及製作均容易，經由寄主植物的確定可以增加鑑定的方便性及可信度，但是有一些多食性粉蝨其外部形態常隨著寄主植物而異，例如剛毛的數目、形狀及長短，因此容易造成鑑定上的困擾，所以從事粉蝨分類時需特別注意此問題的存在 (Takahashi, 1933; Mound, 1963; Chang, 1969; Bink-Moenen, 1991a, b; Martin, 1999)。以煙草粉蝨第四齡蛹殼外部形態為例，Russell (1957) 觀察煙草粉蝨，*Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) 第四齡蛹殼之剛毛的數目及長短等外部形態，常會隨著寄主植物的不同而有變化。再則 Mound (1963) 實驗證實煙草粉蝨飼養於不同物理條件下之同種寄主植物上以及 Mohanty and Basu (1986) 更進一步實驗證實溫溼度等環境及物理因子，會對第四齡蛹殼外部形態造成極大的變異。David and Ananthakrishnan (1976) 以同一族群之煙草粉蝨飼養於 6 種不同的寄主植物，發現第四齡蛹殼外部形態之變異超過

表一 煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) 同種異名之標本採集地以及寄主植物 (Mound and Halsey, 1978; Gill, 1992; Perring, 2001)

Table 1. Synonyms of *Bemisia tabaci* (Gennadius) with their collecting localities and host plants (Mound and Halsey, 1978; Gill, 1992; Perring, 2001)

種名	標本採集地	寄主植物
<i>Aleyrodes tabaci</i> (Gennadius, 1889)	希臘	煙草屬 ( <i>Nicotiana</i> sp.) (茄科 (Solanaceae))
<i>Aleyrodes inconspicua</i> Quaintance, 1900	佛州, 美國	燈籠草 ( <i>Physalis</i> sp.) (茄科 (Solanaceae))
<i>Bemisia inconspicua</i> (Quaintance and Baker, 1914)	佛州, 美國	燈籠草 ( <i>Physalis</i> sp.) (茄科 (Solanaceae))
<i>Bemisia emiliae</i> (Corbett, 1926)	斯里藍卡	紫背草 ( <i>Emilia sonchifolia</i> ) (菊科 (Compositae))
<i>Bemisia signata</i> (Bondar, 1928)	巴西	煙草屬 ( <i>Nicotiana glauca</i> ) (茄科 (Solanaceae))
<i>Bemisia bahiana</i> (Bondar, 1928)	巴西	煙草 ( <i>Nicotiana tabacum</i> ) (茄科 (Solanaceae))
<i>Bemisia costalimai</i> (Bondar, 1928)	巴西	乳仔草 ( <i>Euphorbia hirtella</i> ) (大戟科 (Euphorbiaceae))
<i>Bemisia gossypiperda</i> (Misra and Lamba, 1929)	印度, 巴基斯坦	棉屬 ( <i>Gossypium</i> sp.) (錦葵科 (Malvaceae))
<i>Bemisia achyranthes</i> (Singh, 1931)	印度	牛膝 ( <i>Achyranthes aspera</i> ) (莧科 (Amaranthaceae))
<i>Bemisia hibisci</i> (Takahashi, 1933)	台灣	朱槿 ( <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> ) (錦葵科 (Malvaceae))
<i>Bemisia longispina</i> (Priesner and Hosny, 1934)	埃及	番石榴 ( <i>Psidium guajava</i> ) (桃金娘科 (Myrtaceae))
<i>Bemisia gossypiperda</i> var. <i>mosaicivectura</i> (Ghesquiere, 1934)	薩伊	細裂珊瑚油桐 ( <i>Jatropha multifida</i> ) 木薯屬 ( <i>Manihot</i> sp.) (大戟科 (Euphorbiaceae))
<i>Bemisia goldingi</i> (Corbett, 1935a)	奈及利亞	棉屬 ( <i>Gossypium</i> sp.) (錦葵科 (Malvaceae))
<i>Bemisia nigeriensis</i> (Corbett, 1935a)	奈及利亞	木薯屬 ( <i>Manihot</i> sp.) (大戟科 (Euphorbiaceae))
<i>Bemisia rhodesiaensis</i> (Corbett, 1936)	辛巴威	煙草屬 ( <i>Nicotiana</i> sp.) (茄科 (Solanaceae))
<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Takahashi, 1936)	馬里安納群島	芥藍 ( <i>Brassica oleracea</i> ) (十字花科 (Cruciferae))
<i>Bemisia manihotis</i> (Frappa, 1937)	馬達加斯加	木薯屬 ( <i>Manihot</i> sp.) (大戟科 (Euphorbiaceae))
<i>Bemisia vayssierei</i> (Frappa, 1938)	馬達加斯加	煙草屬 ( <i>Nicotiana</i> sp.) (茄科 (Solanaceae))
<i>Bemisia</i> ( <i>Neobemisia</i> ) <i>hibisci</i> (Visnya, 1941)	台灣	朱槿 ( <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> ) (錦葵科 (Malvaceae))
<i>Bemisia</i> ( <i>Neobemisia</i> ) <i>rhodesiaensis</i> (Visnya, 1941)	辛巴威	煙草屬 ( <i>Nicotiana</i> sp.) (茄科 (Solanaceae))
<i>Bemisia lonicerae</i> (Takahashi, 1957)	日本	毛金銀花 ( <i>Lonicera japonica</i> ) (忍冬科 (Caprifoliaceae))
<i>Bemisia minima</i> (Danzig, 1964)	喬治亞共和國	香薷屬 ( <i>Elsholtzia patrinii</i> ) (唇形科 (Lamiaceae))
<i>Bemisia miniscula</i> (Danzig, 1964)	喬治亞共和國	野芝麻屬 ( <i>Lamium purpureum</i> ) (唇形科 (Lamiaceae))

表二 煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) 命名主要記事表 (Mound and Halsey, 1978; Gill, 1992; Perring, 2001)  
 Table 2. Major events in the nomenclature of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Mound and Halsey, 1978; Gill, 1992; Perring, 2001)

記 事	引用文獻
<i>Aleyrodes tabaci</i> 命名描述	Gennadius, 1889
<i>Bemisia</i> 命名描述為新屬， <i>B. inconspicua</i> 為模式種	Quaintance and Baker, 1914
<i>Bemisia achyranthes</i> 與 <i>Bemisia gossypiperda</i> 為同種異名	Corbett, 1935b
<i>Bemisia hibisci</i> 與 <i>B. tabaci</i> 為同種異名	Takahashi, 1936
<i>B. hibisci</i> 與 <i>B. rhodensis</i> 同時歸類於 <i>Bemisia</i> ( <i>Neobemisia</i> ) 亞屬中	Visnya, 1941
<i>Bemisia manihotis</i> 及 <i>Bemisia vayssierei</i> 與 <i>B. tabaci</i> 為同種異名	Takahashi and Mamet, 1952
<i>Aleyrodes inconspicua</i> , <i>Bemisia costalimai</i> , <i>Bemisia bahiana</i> , <i>Bemisia signata</i> , <i>Bemisia gossypiperda</i> var. <i>mosaicivectura</i> , <i>Bemisia longispina</i> , <i>Bemisia goldingi</i> , <i>Bemisia nigriensis</i> , <i>Bemisia rhodesiaensis</i> 與 <i>B. tabaci</i> 為同種異名	Russell, 1957
<i>Bemisia minima</i> 及 <i>Bemisia miniscula</i> 與 <i>B. tabaci</i> 為同種異名	Danzig, 1966
<i>Bemisia inconspicua</i> , <i>Bemisia emiliae</i> , <i>Bemisia lonicerae</i> , <i>Aleyrodes tabaci</i> , <i>Bemisia inconspicua</i> , <i>Bemisia ameliae</i> , <i>Bemisia gossypiperda</i> , <i>Bemisia</i> ( <i>Neobemisia</i> ) <i>hibisci</i> , <i>Bemisia</i> ( <i>Neobemisia</i> ) <i>rhodesiaensis</i> , <i>Bemisia lonicerae</i> 與 <i>B. tabaci</i> 為同種異名	Mound and Halsey, 1978

種間的變異程度。Neal and Bentz (1999) 認為第四齡蛹殼構造的發育取決於其第一齡若蟲對於環境刺激的適應。因此依外部形態特徵描述而命名所造成的錯誤，由其同種異名有 22 例之多，可見形態變異之普遍性其來有自 (Mound and Halsey, 1978; Gill, 1992; Perring, 2001)。目前用以鑑定煙草粉蝨的形態特徵包括體緣 (crenulations on the

margins)、胸氣門摺 (thoracic tracheal fold) 的構造以及形狀、位於管狀孔 (vasiform orifice) 內之舌狀突起 (lingula) 以及蓋瓣 (operculum) 的形狀、背盤孔 (pore)、小孔 (porette) 及背剛毛 (dorsal setae) 之有無及形狀等。

因同種異名的訂正，將每種異名的生物學資料匯集成屬於同一種之資料，其中包括更廣

的寄主植物和分布範圍，以及造成病毒-病媒關係瞭解的困擾等 (Mound and Halsey, 1978; Cock, 1986, 1993)。煙草粉蝨是目前世界上嚴重為害農業之害蟲，除直接取食寄主植物之汁液外，分泌蜜露污染植物產品，並且傳播植物病源。應用昆蟲學家與之奮戰已有多年，然而對於特定煙草粉蝨族群的有效防治策略，並不一定能沿用於其他族群，因此欲針對煙草粉蝨訂定有效的蟲害管理策略，仍需依賴對於害蟲生物學、行爲、天敵交互作用以及害蟲對於農業藥劑反應的深入瞭解。

### 煙草粉蝨的寄主小種 (host races)、寄主植物以及地理分布

煙草粉蝨自從 1985 年大發生以來，因同種異名的訂正，生物學資料之匯集，因此有更多此害蟲的基本資料。目前煙草粉蝨已擴散至世界各地已是不爭的事實，主要原因是國際間觀賞聖誕紅盆栽的貿易相當頻繁，據 De Barro (1995) 記載，在北美、中南美、加勒比海地區、日本、中國大陸、歐洲、地中海地區、中東、太平洋群島、紐西蘭、菲律賓及澳洲都曾有此蟲的報導。且其為多食性的害蟲，寄主植物多達 74 科、900 種以上 (Cock, 1986, 1993; Kirk *et al.*, 2000)，其中較偏好豆科 (Leguminosae)、菊科 (Compositae)、錦葵科 (Malvaceae)、茄科 (Solanaceae) 以及大戟科 (Euphorbiaceae) 等植物；在寄主植物的記錄中，每一科的寄主植物數目從最多的豆科 99 種到最少的秋海棠科 (Begoniaceae)、千屈菜科 (Lythraceae) 以及蒺藜科 (Zygophyllaceae) 各 1 種等 (Mound and Halsey, 1978; Oliveira *et al.*, 2001)；對於葫蘆科 (Cucurbitaceae)、豆科 (Leguminosae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、錦葵

科 (Malvaceae) 以及茄科 (Solanaceae) 較易傳播植物雙子病毒 (geminivirus) (Bedford *et al.*, 1994)。本種在台灣地區寄主範圍亦廣，依 Chang (1969) 整理寄主植物如表三，較常發現的寄主植物有聖誕紅 (*Euphorbia pulcherrima*)、非洲菊 (*Gerbera jamesonii*)、甘藍 (*Brassica oleracea* var. *capitata*)、花椰菜 (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)、洋香瓜 (*Cucumis melo*)、南瓜 (*Cucurbita moschata*)、番茄 (*Lycopersicon esculentum*)、楊梅 (*Myrica rubra*)、茄子 (*Solanum melongena*)、馬鈴薯 (*Solanum tuberosum*) 及甘薯 (*Ipomoea batatas*) 等作物，雜草則以紫背草 (*Emilia sonchifolia*) 較常發生，表三資料顯示台灣地區之寄主植物共有 36 科、148 種。

爲了促進科學家之間的溝通，研究者常使用寄主關係來命名煙草粉蝨的族群 (Wool *et al.*, 1994; Brown *et al.*, 1995b)。Bird (1957) 發現波多黎各 2 個煙草粉蝨族群的寄主範圍有明顯的不同。有一族群很容易在許多植物包括大豆、秋葵、煙草以及許多雜草上立足，其中包括一些黃花稔屬 (*Sida*) 的金午時花，在此地區亦是許多雙子病毒的媒介昆蟲。另外的族群主要在常見雜草細裂珊瑚油桐 (*Jatropha gossypifolia*) 上發現，其為單食性並僅能在此雜草上傳播嵌紋病毒 (mosaic virus)。Bird (1957) 將這些族群標示為 *Sida* race 以及 *Jatropha* race。類似的情況亦可見於非洲栽培之樹薯 (*Manihot esculenta*) 植株上之煙草粉蝨，非洲之樹薯是由巴西引入，而煙草粉蝨的寄主範圍廣泛，但是卻不能在樹薯上存活 (Costa and Russell, 1975)，反觀非洲地區，煙草粉蝨反而很容易在樹薯上立足，並僅能於此作物上存活，當樹薯從巴西引進非洲栽種後，煙草粉蝨更爲活躍，並且媒

表三 煙草粉蟲在台灣地區之寄主植物記錄 (改寫自 Chang, 1969)

Table 3. Host plants of *Bemisia tabaci* recorded in Taiwan (modified from Chang, 1969)

Family taxon (科名)	Scientific name (學名)	English name (中名)
Acanthaceae (爵床科)	<i>Rhinacanthus nasutus</i>	white crane flower (白鶴靈芝)
Amarantaceae (莧科)	<i>Achyranthes aspera</i>	native bloodleaf (土牛漆)
	<i>Amaranthus blitum</i>	amaranth (野莧)
	<i>Amaranthus spinosus</i>	spiny amaranth (刺莧)
	<i>Celosia cristata</i>	cock's comb (雞冠花)
	<i>Gomphrena globosa</i>	globe amaranth (千日紅)
Araceae (天南星科)	<i>Colocasia esculenta</i>	taro (芋)
Balsaminaceae (鳳仙花科)	<i>Impatiens balsamina</i>	balsam (鳳仙花)
Capparidaceae (山柑科)	<i>Cleome spinosa</i>	giant-spider flower (醉蝶花)
Caryophyllaceae (石竹科)	<i>Dianthus chinensis</i>	chinese pink (石竹)
Chenopodiaceae (藜科)	<i>Chenopodium album</i>	pigweed (藜)
	<i>Spinacia oleracea</i>	spinach (菠菜)
Compositae (菊科)	<i>Ageratum conyzoides</i>	tropic ageratum (霍香薷)
	<i>Aster</i> sp.	aster (紫苑)
	<i>Bidens bipinnata</i>	stick-tights (鬼針草)
	<i>Bidens pilosa</i>	pilose beggarticks (咸豐草)
	<i>Chrysanthemum coronarium</i>	garland chrysanthemum (茼蒿)
	<i>Chrysanthemum indicum</i>	wild chrysanthemum (野菊)
	<i>Coreopsis tectora</i>	garden coreopsis (波斯菊)
	<i>Elephantopus mollis</i>	elephant-foot (地膽草)
	<i>Emilia sonchifolia</i>	sowthistle tasselflower (紫背草)
	<i>Erigeron bonariensis</i>	narrow leaved horseweed (野茼蒿)
	<i>Eupatorium formosanum</i>	formosan eupatorium (台灣澤蘭)
	<i>Gerbera jamesonii</i>	transvaal daisy (非洲菊)
	<i>Helianthus annuus</i>	sunflower (向日葵)
	<i>Lactuca indica</i>	wild lettuce (山萵苣)
	<i>Lactuca sativa</i>	lettuce (苦萵苣)
	<i>Microglossa pyrifolia</i>	(小舌菊)
	<i>Mikania cordata</i>	(蔓澤蘭)
	<i>Prenanthes formosana</i>	(台灣福王草)
	<i>Siegesbeckia orientalis</i>	shrimp claw plant (豨薟草)
	<i>Solidago Canadensis</i>	palm grass (颱風草)
	<i>Tithonia diversifolia</i>	(王爺葵)
	<i>Vernonia cinerea</i>	ironweed (一枝香)

表三 煙草粉蟲在台灣地區之寄主植物記錄 (改寫自 Chang, 1969) (續)

Table 3. Host plants of *Bemisia tabaci* recorded in Taiwan (modified from Chang, 1969)

Family taxon (科名)	Scientific name (學名)	English name (中名)
Convolvulaceae (旋花科)	<i>Ipomoea acuminata</i>	(銳葉牽牛)
	<i>Ipomoea aquatica</i>	water convolvulus (甕菜)
	<i>Ipomoea batatas</i>	sweet potato (甘薯)
	<i>Ipomoea nil</i>	morning glory (槭葉牽牛)
	<i>Ipomoea obscura</i>	(野牽牛)
Cruciferae (十字花科)	<i>Brassica alboglabra</i>	chinese kale (芥藍)
	<i>Brassica chinensis</i>	chinese cabbage (包心白菜)
	<i>Brassica chinensis</i> var. <i>oleifera</i>	rape (油菜)
	<i>Brassica juncea</i>	mustard (芥菜)
	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	cauliflower (花椰菜)
	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	cabbage (甘藍)
	<i>Brassica rapa</i>	turnip (蕪菁)
	<i>Raphanus sativus</i>	radish (蘿蔔)
Cucurbitaceae (葫蘆科)	<i>Benincasa hispida</i>	wax gourd (冬瓜)
	<i>Citrullus vulgaris</i> var. <i>Sugar-baby</i>	sugar-baby water melon (蜜寶西瓜)
	<i>Cucumis melo</i>	musk melon (香瓜)
	<i>Cucumis sativus</i>	cucumber (胡瓜)
	<i>Cucurbita moschata</i>	pumpkin (南瓜)
	<i>Diplocyclos palmatus</i>	diplocyclos (雙輪瓜)
	<i>Lagenaria vulgaris</i> var. <i>forma</i>	calabash (葫蘆)
	<i>Luffa cylindrical</i>	rag gourd (絲瓜)
	<i>Momordica ochinchinensis</i>	spiny bitter cucumber (木鱉子)
	<i>Sechium edule</i>	vegetable pear (準人瓜)
Euphorbiaceae (大戟科)	<i>Acalypha hispida</i>	red hot cattail (紅穗鐵莧)
	<i>Breynia nivosa</i>	schnee blattblume (彩葉山漆荊)
	<i>Bridelia tomentosa</i>	pikpoktsai bridelia (土密)
	<i>Euphorbia hirta</i>	centipede euphorbia (大飛揚草)
	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	common poinsettia (聖誕紅)
	<i>Gelonium aequoreum</i>	swamp gelonium (白仔樹)
	<i>Glochidion zeylanicum</i>	ceylon glochidion (大紅心)
	<i>Macaranga tanarius</i>	macaranga (血桐)
	<i>Ricinus communis</i>	caster bean plant (蓖麻)
	<i>Securinega suffruticosa</i>	shrubby securinega (市蔥)
Gramineae (禾本科)	<i>Setaria viridis</i>	green foxtail (狗尾草)
Labiatae (唇形科)	<i>Leonurus sibiricus</i>	agripaume de siberie (益母草)
	<i>Salvia splendens</i>	scarlet sage (鼠尾草)



表三 煙草粉蟲在台灣地區之寄主植物記錄 (改寫自 Chang, 1969) (續)

Table 3. Host plants of *Bemisia tabaci* recorded in Taiwan (modified from Chang, 1969)

Family taxon (科名)	Scientific name (學名)	English name (中名)	
Leguminosae (豆科)	<i>Alysicarpus vaginalis</i>	alyce clover (單葉豆)	
	<i>Arachis hypogaea</i>	peanut (落花生)	
	<i>Astragalus sinicus</i>	chinese milk vetch (紫雲英)	
	<i>Bauhinia purpurea</i>	purple camel's foot tree (羊蹄甲)	
	<i>Bauhinia tomentosa</i>	St. Thomas tree (黃花羊蹄甲)	
	<i>Canavalia ensiformis</i>	jack bean (刀豆)	
	<i>Centrosema pubescens</i>	centro (山珠豆)	
	<i>Cicer arietinum</i>	hyacinth bean (鵲豆)	
	<i>Crotalaria juncea</i>	sun hemp (太陽麻)	
	<i>Crotalaria pallida</i>	yellow rattlebox (黃野百合)	
	<i>Crotalaria verrucosa</i>	(大葉野百合)	
	<i>Desmodium intortum</i>	intortum clover (營多籐)	
	<i>Desmodium sequax</i>	(波葉山螞蝗)	
	<i>Dumasia bicolor</i>	(台灣山黑豆)	
	<i>Glycine javanica</i>	rhodesian kudzu (野生大豆)	
	<i>Glycine koidzumii</i>	okinawa soybean (琉球大豆)	
	<i>Lespedeza bicolor</i>	shrub lespedeza (胡枝子)	
	<i>Lupinus perennis</i>	lupine (羽扇豆)	
	<i>Phaseolus atropurpureus</i> var. Siratro	siratro (賽芎豆)	
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	kidney bean (菜豆)	
	<i>Phaseolus vulgaris</i> var. Strip seeded	flowering bean (花豆)	
	<i>Phaseolus vulgaris</i> var. Tender pod	string bean (四季豆)	
	<i>Pisum sativum</i>	garden bean (豌豆)	
	<i>Pueraria lobata</i>	kudzu vine (葛藤)	
	<i>Stizolobium hassjoo</i>	yokohama bean (虎爪豆)	
	<i>Stylosanthes gracilis</i>	stylo (泰樂豆)	
	<i>Teramnus labialis</i>	(野黃豆)	
	<i>Vicia dasycarpa</i>	wooly pod vetch (苕子)	
	<i>Vicia faba</i>	broad bean (蠶豆)	
	<i>Vigna repens</i>	creeping cowpea (飼料豇豆)	
	<i>Vigna sinensis</i>	asparagus bean (豇豆)	
	<i>Vigna</i> sp.	(越南豇豆)	
	Linaceae (亞麻科)	<i>Linum usitatissimum</i>	flax (亞麻)
	Malvaceae (錦葵科)	<i>Abelmoschus esculentus</i>	okra (黃秋葵)
		<i>Abutilon avicennae</i>	(苘麻)
		<i>Althaea rosea</i>	hollyhock (蜀葵)
		<i>Gossypium hirsutum</i>	cotton (美棉)
<i>Hibiscus cannabinus</i>		kenaf (鐘麻)	
<i>Hibiscus esculentus</i>		okra (糊麻)	
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>		chinese hibiscus (扶桑)	
<i>Hibiscus sabdariffa</i>		red sorrel (葵麻)	
<i>Hibiscus sabdariffa</i> var. Altissima		(泰國麻)	
<i>Malva viscosa</i> var. <i>drummon</i>		wax mallow (姬扶桑)	
<i>Sida mysorensis</i>		(薄金午時花)	
<i>Urena lobata</i>	cadillo (野棉花)		

表三 煙草粉蟲在台灣地區之寄主植物記錄 (改寫自 Chang, 1969) (續)

Table 3. Host plants of *Bemisia tabaci* recorded in Taiwan (modified from Chang, 1969)

Family taxon (科名)	Scientific name (學名)	English name (中名)
Moraceae (桑科)	<i>Humulus scandens</i> <i>Morus alba</i>	(葎草) white mulberry (白桑)
Myricaceae (楊梅科)	<i>Myrica rubra</i>	strawberry tree (楊梅)
Myrtaceae (桃金娘科)	<i>Psidium guajava</i> <i>Syzygium jambos</i>	guava (番石榴) rose-apple (蒲桃)
Oleaceae (木犀科)	<i>Forsythia suspense</i>	greenstem forsythia (連翹)
Onagraceae (柳葉菜科)	<i>Ludwigia octovalvis</i>	lantern seedbox (水丁香)
Oxalidaceae (酢漿草科)	<i>Oxalis corniculata</i>	wood sorrel (酢漿草)
Passifloraceae (西番蓮科)	<i>Passiflora foetida</i>	passion flower (毛西番蓮)
Pedaliaceae (胡麻科)	<i>Sesamum indicum</i>	sesame (胡麻)
Proteaceae (山龍眼科)	<i>Helicia cochinchinensis</i> <i>Macadamia tenifolia</i>	cochinchinese helicia (紅葉樹) queensland nut (胡桃)
Ranunculaceae (毛茛科)	<i>Ranunculus japonicus</i>	upright buttercup (毛茛)
Rosaceae (薔薇科)	<i>Fragaria chiloensis</i> <i>Rosa rugosa</i> <i>Rubus taiwanianus</i>	garden strawberry (草莓) rosa (玫瑰) taiwan rasp berry (虎梅刺)
Rubiaceae (茜草科)	<i>Mussaenda parviflora</i>	mussaenda (玉葉金花)
Solanaceae (茄科)	<i>Capsicum annum</i> <i>Datura stramonium</i> <i>Lycium chinense</i> <i>Lycopersicon esculentum</i> <i>Nicotiana tabacum</i> <i>Physalis floridana</i> <i>Physalis peruviana</i> <i>Solanum melongena</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Solanum tuberosum</i>	sweet pepper (甜椒) jimson weed (曼陀羅) chinese wolfberry (枸杞) tomato (番茄) tobacco (煙草) ground cherry (小葉酸漿) cape gooseberry (酸漿) eggplant (茄子) black nightshade (龍葵) potato (馬鈴薯)
Styracaceae (安息香科)	<i>Styrax formosana</i>	(烏皮九芎)
Tiliaceae (田麻科)	<i>Corchorus capsularis</i>	jute (黃麻)

表三 煙草粉蝨在台灣地區之寄主植物記錄 (改寫自 Chang, 1969) (續)

Table 3. Host plants of *Bemisia tabaci* recorded in Taiwan (modified from Chang, 1969)

Family taxon (科名)	Scientific name (學名)	English name (中名)
Ulmaceae (榆科)	<i>Trema orientalis</i>	indian charcoal trema (山黃麻)
	<i>Zelkova serrata</i>	zelkova (欒木)
Umbelliferae (繖形科)	<i>Apium graveolens</i>	celery (芹菜)
	<i>Daucus carota</i>	carrot (胡蘿蔔)
Urticaceae (蕁麻科)	<i>Boehmeria frutescens</i>	shrubby false nettle (青苧麻)
	<i>Elatostema sessile</i>	(樓梯草)
Verbenaceae (馬鞭草科)	<i>Clerodendrum calamitosum</i>	solved stones glorybower (爪哇大青)
	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	harlequin glorybower (海州常山)
	<i>Lantana camara</i>	common lantana (馬纓丹)

介非洲樹薯嵌紋病毒 (African cassava mosaic virus) 而造成嚴重的損失。另外一寄主小種的例子是以酯酶、寄主範圍、地理分布以及傳病能力來比較象牙海岸的兩個族群，其一的寄主小種為 *Cassava* 生物小種，能在樹薯以及茄子上增殖，並能傳播非洲樹薯嵌紋病毒；另一寄主小種為 *Okra* 生物小種，其為多食性並且寄主範圍更廣，能於秋葵、茄子以及其他寄主植物上增殖，但並不取食或是生長於樹薯上，亦不傳播非洲樹薯嵌紋病毒，更有趣的是，此兩個寄主小種可以同時於茄子上存活，但是否可以雜交並未經證實。以上的例子明顯地說明寄主小種 (host races) 之定義，其定義是當族群間之個體在外部形態並無明顯的特徵可供鑑定，但其於特定的寄主植物上之存活及生長發育確實存有明顯的差異 (Perring, 2001)。煙草粉蝨一年約有 11-15 代，且世代重疊，其為多食性，主要的寄主植物為一年生的草本植物；相對地，大多數的粉蝨為一年一世代，並且為單食或寡食性 (Byrne and Bellows, 1991; Brown *et al.*, 1995b)。

據 Brown *et al.* (1995b) 報告，1926-1981 年間，煙草粉蝨僅是零星為害的次要害蟲，卻為粉蝨科昆蟲在熱帶、亞熱帶地區主要植物病毒的媒介。雖然由於農業耕作以及市場需求而導致其生物小種的發展，但並未受到高度地重視。當密集的耕作制度被引進，例如一年有兩作、引水灌溉栽種同一作物以及大量使用肥料以及農藥等，使得粉蝨日趨嚴重，其所衍生的問題逐漸顯現並被報導。在 1981 年，A 生物小種為害美國西南部以及墨西哥的棉花以及十字花科蔬菜而造成嚴重的問題，但是直到 1991 年，隨著 B 生物小種的侵入競爭而取代 A 生物小種之後，B 生物小種在其後的 5 年之間隨著國際間觀賞植物之貿易而快速的擴散蔓延至全世界 (Brown *et al.*, 1995b)。推測現今煙草粉蝨的世界分布日廣與農業上單一作物栽種制度的廣泛應用有相當密切的關係。

依據煙草粉蝨之寄生性天敵的豐度以及多樣性最高之記錄，推測煙草粉蝨的祖先源自於印度半島或非洲到中東等地區 (Cock, 1986; Gill, 1992)。並且，根據 B 生物小種

較偏好十字花科 (Cruciferae) 以及茄科等作物，以及從特定族群其粒線體 16S rDNA 基因序列的初步資料分析，推測其源自於東半球 (Brown *et al.*, 1995b; Frohlich *et al.*, 1999)。又根據最近 COI 序列分子資料的佐證指出煙草粉蝨 B 生物小種是舊世界的產物，並且推論其源自於乾燥、需要引水灌溉耕作制度的中東/阿拉伯半島或是北非等地區 (Frohlich *et al.*, 1999)。目前全世界伯粉蝨屬 (*Bemisia*) 有 43 種的記錄，主要分布於舊世界，其中蘇聯南部種類最多，亞洲大陸亦有分布，沿著太平洋邊緣的東南亞以及非洲均有分布；然而，南美洲以及美國西部各有 1 種之記錄。有些證據指出煙草粉蝨的來源為巴基斯坦或印度，在此地區確實有 2 種相當接近的種類 *B. capitata* 以及 *B. graminosus* 存在，其皆為印度本地特有的種類。實際上，從此區域到巴基斯坦的北部及西部，伯粉蝨屬寄生性天敵的多樣性最高，咸信此地區確為此屬的起源中心 (epicenter) (Brown *et al.*, 1995b)。

### 煙草粉蝨的生物小種 (biotypes)

生物小種 (biotype) 是與寄主小種 (host race) 之相同分類階層，此名詞是用以當族群間個體的外部形態無法區別，但是具有其他可資區別特徵的族群稱之 (Claridge *et al.*, 1997)。截至目前，煙草粉蝨已有 41 個被研究的族群 (表四)；其中有 24 個族群是被認定的特有生物小種，然而其他 17 個族群則尚未被認定。

以煙草粉蝨而言，絕大多數族群是以聚丙烯醯胺電泳 (polyacrylamide gel electrophoresis, PAGE) 的非特定酯酶圖譜 (non-specific esterase bands) 來標示。目

前，有 20 族群是利用此圖譜來鑑別 (表四)，此方法是近年來大部份煙草粉蝨族群的研究工作上常採用的標示方法。雖然以酯酶為標示的生物小種提供不同煙草粉蝨族群區分的等級，但是其他技術亦被採用以比較不同鑑定方法下的綜合結果，以便解決煙草粉蝨種群的問題 (表四)。

其他異構酶之比較也是常用的方法 (Wool *et al.*, 1991; Burban *et al.*, 1992)，但是相對地，成功的例子不多，唯一的例外是利用動態微盤測定 (kinetic microplate assay) 來比較族群間乙醯膽鹼酯酶 (acetylcholinesterase) 活性的等級，以及其子代和族群間的雜交情形 (Byrne and Devonshire, 1993; Byrne *et al.*, 1995b)。其他技術，如等電點聚焦法 (isoelectric focusing) 也可藉酵素例如磷酸葡萄糖變位酶 (phosphoglucosmutase (PGM))、磷酸葡萄糖異構酶 (phosphateglucose isomerase) 以及烏頭酸酶 (aconitase) 等，在特定族群中之差異也常被應用於這方面的研究 (Perring *et al.*, 1992, 1993; Brown *et al.*, 2000)。

最近，以分子為基準的標示也常被用以區別煙草粉蝨之不同族群。最常使用的技術是 RAPD-PCR，以擴增粉蝨基因體 (genome) 中不同的片段。擴增後的產物可利用瓊脂糖電泳 (agarose electrophoresis) 分離，而呈現不同的圖譜。Perring *et al.* (1993) 利用 RAPD-PCR 擴增的產物來鑑別生物小種 A 以及 B，發現生物小種內之族群其圖譜之相似性達 90%，但是生物小種之間相似性僅達 10%。Gawel and Barlett (1993) 發表生物小種 A 以及 B 很容易以 RAPD-PCR 來鑑別，並強調此方法之速度、容易操作以及藉由 RAPD 圖譜可以定量比較其差異度，使得此方法成為煙草粉蝨遺傳組成研究的相當有力工

表四 鑑定煙草粉蝨生物小種的技術 (改寫自 Perring, 2001)

Table 4. Techniques that have been used to determine *Bemisia tabaci* biotypes (Modified from Perring, 2001)

生物小種	國 家	都 市	形態	銀葉現象	寄主範圍	生物學	雜交	病毒	生化學	酯酶分析	其他同功酶	RAPDs	DNA
?	孟加拉共和國(Bangladesh)												24
?	哥倫比亞(Columbia)									51,53			
?	埃及(Egypt)												24
?	海南島(Hainan)											22	24,35
?	以色列(Israel)									51			
?	日本(Japan)												36,37
?	韓國(Korea)												24,36,37
?	尼泊爾(Nepal)												24
?	紐西蘭(New Zealand)											22	
?	巴基斯坦(Pakistan)											16,31	35
?	葡萄牙(Portugal)									31		31	
?	西班牙(Spain)			31						31		31	35
?	斯里蘭卡(Sri Lanka)												24
?	台灣(Taiwan)												24
?	泰國(Thailand)												35
?	土耳其(Turkey)											31	
?	烏干達(Uganda)							38,41					38
?	奈及利亞(Nigeria)											16	
0	波多黎各(Puerto Rico)			20						20	20		
A	墨西哥(Mexico)	錫那羅亞(Sinaloa)	46	6			8			6,8,20	8		28,35
A	墨西哥(Mexico)	索諾拉(Sonora)		6						6,20			
A	哥倫比亞(Columbia)											13	13
A	巴西(Brazil)											26	
A	美國(USA)	亞利桑那州(AZ)	2,46	1,2,6,19,20	7	19,20	20	1,2,7	12	1,6,8,18,19,20	8,20	16,30,31	28,35,37
A	美國(USA)	加州(CA)	3,46	44	44	5,45	45			3,8,40,44,45	3,8,44,45	22,45	14,15,24
AN	澳洲(Australia)	北領地特別自治區(North Territory)		24			23			32		22	24
AN	澳洲(Australia)	新南威爾斯省(NS Wales)		24								22	24
AN	澳洲(Australia)	昆士蘭省(Queensland)		24			23			32		22	24
AN	紐埃島(Niue)											25	

表四 鑑定煙草粉蝨生物小種的技術 (改寫自 Perring, 2001) (續)

Table 4. Techniques that have been used to determine *Bemisia tabaci* biotypes (Modified from Perring, 2001)

生物小種	國家	都市	形態	銀葉現象	寄主範圍	生物學	雜交	病毒	生化學	酯酶分析	其他同功酶	RAPDs	DNA
AN	巴布亞島(Papua N. Guinea)											25	
AN	所羅門群島(Solomon Islands)											25	
AN	瓦奴阿圖(Vanuatu)											25	
B	美屬薩摩亞(American Samoa)											25	
B	安提瓜島(Antigua)		46	1,2,6,20				1,2		1,6,8,14,21	8		
B	澳洲(Australia)	北領地特別自治區(North Territory)								32		22	
B	澳洲(Australia)	新南威爾斯省(NS Wales)								32		22	
B	澳洲(Australia)	昆士蘭省(Queensland)		24			23			32		22	24,37
B	澳洲(Australia)	塔斯馬尼亞(Tasmania)								32			
B	奧地利(Austria)									21			
B	貝里斯(Belize)			6						6,21			
B	巴西(Brazil)			6						6,20,21			24
B	加拿大(Canada)	新斯科舍省(Nova Scotia)								21,4	4		
B	加那利群島(Canary Islands)									21			
B	庫克群島(Cook Island)											22,25	
B	賽普勒斯(Cyprus)			1,2,6			2	1,2	12	1,6,8	8		
B	丹麥(Denmark)									21		31	
B	多明尼加(Dom. Republic)			6,20						6,20,21			
B	埃及(Egypt)			6						6			
B	斐濟(Fiji)											25	
B	法國(France)									31		31	
B	法屬玻利尼西亞(French Polynesia)											25	
B	法屬西印度群島(French West Indies)			48						48			
B	格雷納達(Grenada)									20,21			
B	加勒比群島(Guadeloupe)									20,21,47			
B	關島(Guam)											25	
B	瓜地馬拉(Guatemala)									6,21			
B	宏都拉斯(Honduras)									21			

表四 鑑定煙草粉蝨生物小種的技術 (改寫自 Perring, 2001) (續)

Table 4. Techniques that have been used to determine *Bemisia tabaci* biotypes (Modified from Perring, 2001)

生物小種	國 家	都 市	形態	銀葉現象	寄主範圍	生物學	雜交	病毒	生化學	酯酶分析	其他同功酶	RAPDs	DNA
B	伊朗(Iran)												24
B	以色列(Israel)			1,2,6	2		2,11	1,2	11,12	1,6,8,11	8	22,31	24,28,35,37
B	義大利(Italy)			27						27		31	
B	日本(Japan)									4,15	4	31	37
B	約旦(Jordan)			6						6			
B	巴基斯坦(Pakistan)			33						33			
B	土耳其(Turkey)			50									
B	韓國(Korea)												36,37
B	台灣(Taiwan)											17,39	
B	馬紹爾群島(Marshall Islands)											25	
B	墨西哥(Mexico)	金塔納羅奧州 (Quintana Roo)								6,20			
B	墨西哥(Mexico)	索諾拉(Sonora)		6,20,5 4						6,20,54			
B	哥倫比亞 (Columbia)											13	13
B	巴西(Brazil)											26	
B	北馬利安那島(N. Mariana Islands)											25	
B	荷蘭(Netherlands)									21	34	22,31	
B	新喀里多尼亞(New Caledonia)											22	
B	尼加拉瓜(Nicaragua)			6						6			
B	紐埃島(Niue)											25	
B	巴拿馬(Panama)			6						6,21			
B	波蘭(Poland)									21			
B	波多黎各(Puerto Rico)			6,20						6,20,21			
B	南非(South Africa)			1,2,6				1,2		1,6,8	8		
B	模里西斯(Mauritius)									29			
B	西班牙(Spain)			31						31	16,42	22,31	
B	聖基茨島(St. Kitts)									21			
B	蘇丹(Sudan)								12				24
B	托貝哥島(Tobago)									21			
B	千里達(Trinidad)									21			

表四 鑑定煙草粉蝨生物小種的技術 (改寫自 Perring, 2001) (續)

Table 4. Techniques that have been used to determine *Bemisia tabaci* biotypes (Modified from Perring, 2001)

生物小種	國 家	都 市	形態	銀葉現象	寄主範圍	生物學	雜交	病毒	生化學	酯酶分析	其他同功酶	RAPDs	DNA
B	英國(UK)							41	12	21			
B	美國(USA)	亞利桑那州(AZ)	2,46	1,2,6, 10,19, 20	7	19,20	20	1,2,7	12	1,6,8, 10,18, 19,20, 21	8,20	30,31	28,35, 37
B	美國(USA)	加州(CA)	2,3	1,2,6, 20,44	2,44	5,45	45	1,2		1,3,6, 8,20, 21,40, 44,45	3,8,44, 45	31,45	14,15
B	美國(USA)	佛羅里達州(FL)	2,46	1,2,6, 20,49, 53				1,2		1,6,8, 20,21, 45	8,45	31	24,35
B	美國(USA)	喬治亞州(GA)								21		30	
B	美國(USA)	夏威夷(HI)		6,20						6,20			
B	美國(USA)	密西西比州(MS)										30	
B	美國(USA)	紐約(NY)		6						6,20			
B	美國(USA)	田納西州(TN)								20,21			
B	美國(USA)	德州(TX)		6						6,20, 21			35
B	葉門(Yemen)			1				1		1			
B2	葉門(Yemen)		2,46	2,6	2		2	2		6,8	6		28
C	哥斯大黎加(Costa Rica)			6,20						6,20, 21		22	24,28
Cassava	象牙海岸(Ivory Coastf)			9						9			
D	尼加拉瓜(Nicaragua)		2	1,2,6, 20	2		2	1,2		1,6,8, 20	8		
E	貝寧(Benin)		2,46	1,2,6	2,7			1,2,7	12	1,6,8	8,20		24,28
F	瓜地馬拉(Guatemala)			6						6			
G	瓜地馬拉(Guatemala)		2	1,2				1,2		1,8	8		
G/H	印度(India)	喀拉拉邦(Kerala)	2	1,2,6	1	1		1,2		1,2,6		22	24,28, 35
H	印度(India)	古加拉省(Gujarat)								6		16	24,35
I	印度(India)	馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)								6			
J	奈及利亞(Nigeria)			1,2,6	7			1,2,7		1,6	20		24
K	巴基斯坦(Pakistan)		2,46	1,2,6, 49	2		2	1,2	12	1,6,8	8	16,22	24,35
L	蘇丹(Sudan)		2,46	1,2,6	2		11	1,2	11,12	1,6,8, 11	8	22	24,28, 35
M	土耳其(Turkey)		2	1,2,6			2	1,2		1,6,8	8	16	24



表四 鑑定煙草粉蝨生物小種的技術 (改寫自 Perring, 2001) (續)

Table 4. Techniques that have been used to determine *Bemisia tabaci* biotypes (Modified from Perring, 2001)

生物小種	國 家	都 市	形態	銀葉現象	寄主範圍	生物學	雜交	病毒	生化學	酯酶分析	其他同功酶	RAPDs	DNA
N	波多黎各(Puerto Rico)		46	6	7			7		6			24,28,35
	加勒比群島(Caribbean Islands area)									47			
NA	美屬薩摩亞(Am. Samoa)											25	
NA	密克羅尼西亞聯邦(Fed. St. Micronesia)											25	
NA	斐濟(Fiji)											25	
NA	關島(Guam)											25	
NA	基里巴斯(Kiribati)											25	
NA	馬紹爾群島(Marshall Is.)											25	
NA	北馬利安那島(N. Mariana Is.)											25	
NA	諾魯(Nauru)											22,25	24
NA	紐埃島(Niue)											25	
NA	帛琉(Palau)											25	
NA	東加(Tonga)											25	
NA	土瓦魯(Tuvalu)											25	
NA	西薩摩亞(Western Samoa)											25	
NA	台灣(Taiwan)												
Okra	象牙海岸(Ivory Coast)			9						9			
P	尼泊爾(Nepal)		46							8	8		35
Q	西班牙(Spain)		46	49						8	8	16,42	24
R	哥倫比亞(Columbia)									43			24
S	西班牙(Spain)									43		16	24,35

註：數字代表引用本文“引用文獻”部份，文獻最後括弧內標記“\*”之數字

具。

利用 RAPD-PCR 的研究除了 A 以及 B 生物小種之外，也已應用至其他生物小種。例如，De Barro and Driver (1997) 發表從澳洲、庫克群島、以色列、荷蘭、新卡里多尼亞以及美國之生物小種 B 族群具有相同的圖

譜；同時也發表來自蘇丹 (酯酶生物小種 L)、印度 (酯酶生物小種 H 以及 G)、巴基斯坦 (酯酶生物小種 K)、紐西蘭 (未知之酯酶生物小種)、哥斯大黎加 (酯酶生物小種 C)、海南島 (未知之酯酶生物小種) 以及諾魯 (未知之酯酶生物小種) 等族群具有不同的圖譜。

Guirao *et al.* (1997) 標示來自丹麥、法國、以色列、義大利、日本、荷蘭、西班牙以及美國的 B 生物小種，族群間具有 90% 的相似性，同時發現來自西班牙以及葡萄牙的一族群（均指定為 RAPD type II）與其他族群有明顯之區別。RAPD-PCR 之操作亦顯示在 B 生物小種、RAPD type II 以及來自印度、巴基斯坦、土耳其以及美國族群之 A 生物小種，具有明顯的不同圖譜。De Barro *et al.* (1998) 發現在澳洲本地族群（澳洲生物小種 AN）、B 生物小種以及來自諾魯族群（指定為諾魯生物小種 NA），具有明顯的不同圖譜。許多報告討論 RAPD-PCR 方法的方便性及經濟性，並且與其他操作 DNA 的方法類似，可以利用昆蟲之任何生長期代表單一個體，即使是乾燥亦或是酒精浸泡標本都可以操作，不需要同功異構酶方法所須要之新鮮或冷凍標本等麻煩。

對於特定基因的增幅也可用於比較煙草粉蝨生物小種之研究（表四）。Campbell (1993) 以及 Campbell *et al.* (1996) 以 PCR 增幅 A 以及 B 生物小種之 18S rDNA 約 1050 核苷酸，並分析其序列，顯示此片段只有 2 bp 之差異。Clark *et al.* (1992) 以 A 及 B 生物小種內之細菌共生之 16S rDNA 之 PCR 產物序列比較，發現並無差異。Frohlich *et al.* (1999) 利用粒線體 16S rDNA 之 550 bp 區域以及粒線體細胞色素氧化酶 (COI) 基因之 700 bp 區域，分析煙草粉蝨族群之類緣關係，其發表 16S 及 COI 序列的資料指出，酯酶生物小種 B 源自於舊世界與以色列-葉門之類 B 變異種之關係密切。COI 序列之分析可支持 5 明顯的分支；貝寧共和國（酯酶生物小種 E）、蘇丹（酯酶生物小種 L）、印度（酯酶生物小種 G）、以色列-葉門-美國（酯酶生物小種 B）以及哥斯大黎加-墨西哥-波多黎各-美國（酯酶生物小種

A）。更進一步以 16S 基因之研究將煙草粉蝨族群歸類為 4 類群（Lee and De Barro, 2000）：(1) 來自澳洲、以色列、日本、韓國以及美國的 B 生物小種，(2) 美國的 A 生物小種，(3) 來自日本之虎爪豆 (*Mucuna pruriens* (L.) DC) 上的一族群，(4) 來自韓國之大豆 (*Glycine max* (L.) Merr.) 以及日本之金銀花 (*Lonicera japonica* Thunb.) 上之類群。另外，例如 rDNA 之 ITS1 片段等遺傳標示也被利用。De Barro *et al.* (2000) 基於 31 個來自世界各地的煙草粉蝨族群，利用 rDNA 之 ITS1 建立類緣關係，此分析支持美國類群（哥倫比亞~酯酶生物小種 R，哥斯大黎加~酯酶生物小種 C 以及美國~酯酶生物小種 A）為單系群 (monophyly)，B 生物小種為一單系群（採集自澳洲、巴西、以色列、伊朗、蘇丹、葉門以及美國）。同時強烈支持有一分支包含來自西班牙（酯酶生物小種 Q）、蘇丹（酯酶生物小種 L）、奈及利亞（酯酶生物小種 J）以及埃及，及另來自澳洲的一分支（澳洲 “non-B”）。雖然構築這些分支的族群有著地理區域之相當關聯，但是也有與地理區域較不相關者。其中例子如來自海南島以及印度北部（酯酶生物小種 H）、韓國以及土耳其（酯酶生物小種 M）；又如貝寧共和國（酯酶生物小種 E）以及西班牙（酯酶生物小種 S）；最後仍有另外類群例如孟加拉、印度南部（酯酶生物小種 G）；諾魯、尼泊爾、巴基斯坦（酯酶生物小種 K）；斯里蘭卡、台灣（未知之酯酶生物小種）有較遠的類緣關係。

雖然將世界各地的族群歸類有助於審視地理分布的關係，但是這些類群之相關生物學資料也是相當重要的，在此地區的研究工作相當有限。例如研究者對於寄主植物範圍的比較，到目前 13 個族群中的 10 個生物小種 (A, B, B2, D, E, H, J, K, L 以及 N) 做過寄主範

圍之研究 (表四)。傳播病毒的特徵亦有少數報告。21 個族群中的 13 個生物小種 (烏干達未知生物小種, A, B, B2, D, E, G, H, J, K, L, M 以及 N) 傳病機制。46 個族群中的 20 個生物小種 (西班牙未知生物小種, A, AN, B, B2, Cassava, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, P 以及 Q) 皆可呈南瓜銀葉病 (Squash Silver Leaf, SSL) 的正反應, 利用此生物檢定法偵測 B 以及 non-B 生物小種是最有效的方法。僅有 8 個族群中的 4 個生物小種 (A, AN, B, H) 做過基本生物學參數 (例如生長速率以及產卵率)。再者, 15 個族群中的 8 個生物小種 (A, AN, B, B2, D, K, L 以及 M) 做過雜交實驗, 此族群之間呈有限的基因交流, 此亦為生物種概念中基本的參數之一。

雖然科學家應用各種技術偵測粉蝨之族群, 但是一致贊同的是若基於單一方法鑑別族群是會有風險, 例如 Byrne *et al.* (1995a) 發現煙草粉蝨的族群雖能產生如同美國 B 生物小種的銀葉病徵, 但是缺乏酯酶圖譜以確認是屬何生物小種。因此正確標示煙草粉蝨族群必需結合多種偵測的結果, 例如 Perring *et al.* (1993) 利用 RAPD-PCR 圖譜、等電聚焦法、交尾行為以及無法雜交等方法來鑑別美國的 A 以及 B 生物小種, 所得的結果, 才能受到多數學者的肯定。

## 煙草粉蝨是種群 (species complex) 的理由

許多研究質疑是否所有的煙草粉蝨族群可以歸納成單一的分類單元。Wool *et al.* (1991, 1994) 提出數據說明在煙草粉蝨的名下之異結合型, 並且指出世界各地區的煙草粉蝨族群之遺傳組成不同。Gill (1992) 綜述美國西南部伯粉蝨屬 (*Bemisia*) 的分類地位,

提出煙草粉蝨 A 生物小種與 B 生物小種為同胞種 (sibling species)。各種不同生物小種 (A, B, AN, D, K, L, 以及 M) 間的交尾之不相容而導致基因交流的限制 (表四) (Costa *et al.*, 1993a; Bedford *et al.*, 1994; Byrne *et al.*, 1995b; Brown *et al.*, 2000; De Barro and Hart, 2000)。因此, 我們有種群中隱匿種 (cryptic species) 的典型例子, 此為 Lane (1977) 所定義之隱匿種: 生殖隔離的族群以及具有各自的基因流, 且與形態上的改變並無相當關連性。Brown *et al.* (1995b) 綜合 1990 年代發表的報告提出煙草粉蝨為一群高度隱匿的同胞種 (highly cryptic sibling species), 此種群假說為最近分子以及同功異構酶的資料所肯定 (Frohlich *et al.*, 1999; Brown *et al.*, 2000)。

透過 RAPD-PCR 方法之分析, 煙草粉蝨依目前的記錄至少具有 16 個生物小種 (Brown *et al.*, 1995b; Rosell *et al.*, 1997; De Barro *et al.*, 1998)。Bellows *et al.* (1994) 將 B 生物小種獨立為一新種, 但是僅根據加州及佛羅里達之粉蝨分析結果, 其利用之特徵並不穩定, 目前已確定外部形態特徵並不適用於鑑定煙草粉蝨各生物小種 (Campbell *et al.*, 1993; Rosell *et al.*, 1997; Frohlich *et al.*, 1999; Gill, 私人通信; Martin, 私人通信)。再者, De Barro and Hart (2000) 利用澳洲本地生物小種 (Australian biotype) 與 B 生物小種進一步進行交尾行為研究, 證實其於實驗室及野外均有雜交現象, 且其第 1 代具有生殖能力。雖然 B 生物小種已提升為一新種, 則其他生物小種應以同標準對待, 因此所有分類地位之研究及討論, 都應回歸到種的定義上, 以生物種 (biological species concept) 的概念, 煙草粉蝨是處於快速高度變異的種類, 因此將銀葉粉

蟲獨立成一新種並不恰當。再者，由於目前生物技術的發展及知識的進展，在模式種概念 (typological species concept) 下，並不適合將銀葉粉蝨列為煙草粉蝨之同種異名，因此應仍將歸屬於煙草粉蝨種群 (species complex) 或煙草粉蝨 B 生物小種比較恰當 (Martin *et al.*, 2000)。

## 煙草粉蝨種群中明顯的類群

顯然地，被賦予多種方法研究的族群，在種群中是最容易被鑑別的。持續使用多種技術分析特定地區的特定族群是最佳資料的獲得，如前所述之 Bedford *et al.* (1994) 的雜交實驗；Rosell *et al.* (1997) 的形態敘述；Frohlich *et al.* (1999) 之粒線體 16S 以及 COI 序列比對；Brown *et al.* (2000) 的同功異構酶分析以及 De Barro *et al.* (2000) 的核糖體 ITS1 序列比對等研究都提供了完善的資料，運用此資料，煙草粉蝨種群應可以歸類為 7 類群，如下所述：

### 第 1 類群：新世界 (A, C, N 和 R 生物小種)

發現於美國西南部以及墨西哥的煙草粉蝨族群指定為酯酶生物小種 A。此地理區域 A 生物小種原本是優勢的族群，直到 1980 年代期間 B 生物小種的侵入，之後才逐漸衰退。以形態特徵來比較此生物小種，大多數 A 生物小種都具有體前緣亞緣區剛毛 (ASMS4)，此特徵於其他生物小種並未發現 (Rosell *et al.*, 1997)。以核糖體 ITS1 研究美國西南部的 A 生物小種與哥斯大黎加的粉蝨類緣關係接近 (酯酶生物小種 C) (De Barro *et al.*, 2000)。另外哥倫比亞的粉蝨族群 (酯酶生物小種 R) 亦與 A 生物小種及 C 生物小種類緣關係密切，共同形成明顯的分支 (De

Barro *et al.*, 2000)。利用粒線體 16S 以及粒線體 COI，Frohlich *et al.* (1999) 將波多黎各之細裂珊瑚油桐所採集的粉蝨 (酯酶生物小種 N) 歸類於新世界區類群中，N 生物小種亦具有 ASMS4 的形態特徵而將之歸類與 A 生物小種較為接近的生物小種 (Rosell *et al.*, 1997)。

### 第 2 類群：泛世界 (B：銀葉粉蝨，*B. argentifolii* 和 B2 生物小種)

B 生物小種屬於全球性的害蟲，在過去 15 年以來，一直是研究的焦點。其中用以鑑別 B 以及 B2 生物小種的主要特徵為受害而感染的植株上的病徵的形成與否而決定，這些病徵包括有南瓜銀葉病 (SSL) 和番茄成熟不一，此特徵並常是 B 生物小種侵入新地區的指標。SSL 生物檢定可以用來確定 B 生物小種的存在與否。另有許多研究方法可以用來比較 B 生物小種與其他生物小種 (表四) (Brown *et al.*, 1995b; De Barro, 1995; Perring, 1996)。Perring *et al.* (1993) 以生物學以及遺傳標示提出證據說明加州 A 生物小種以及 B 生物小種的區別在種級階層是確定的，因此 Bellows *et al.* (1994) 認為 B 生物小種為為一新種：銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring)，並提出其英文俗名為 silverleaf whitefly。

B 生物小種已隨著人類貿易活動侵入世界各地。澳洲 (De Barro and Hart, 2000)、塞普勒斯 (Bedford *et al.*, 1994)、以色列 (Bedford *et al.*, 1994; Byrne *et al.*, 1995b)、美國西南部 (Liu *et al.*, 1992; Costa *et al.*, 1993b; Perring *et al.*, 1993; Bedford *et al.*, 1994) 以及葉門 (Bedford *et al.*, 1994) 的族群彼此所做的雜交實驗均能成功交配，證實皆是 B 生物小種。葉門族群與 B 生物小

種具有明顯的酯酶圖譜差異，被認為 B2 生物小種。形態特徵的研究顯示 B 生物小種經常缺乏 ASMS4 (Rosell *et al.*, 1997)。分子的資料顯示 B 生物小種已入侵西半球西部 (Frohlich *et al.*, 1999) 以及澳洲 (De Barro *et al.*, 2000)。Frohlich *et al.* (1999) 以及 De Barro *et al.* (2000) 認為 B 生物小種應源自於非洲/中東/阿拉伯半島的東北部。

### 第 3 類群：貝寧共和國 (E 生物小種)，西班牙 (S 生物小種)

E 生物小種是來自於西非貝寧共和國之單一寄主植物 (*Asystasia gangetica* (L.) T. Anders.) 上，此生物小種為許多檢定技術所確定。形態特徵上，本族群缺乏 ASMS4，為典型的 B 生物小種族群，但其體前緣蠟緣寬度遠比 B 或 A 生物小種短小 (Rosell *et al.*, 1997)，與 L 生物小種 (蘇丹) 以及 P 生物小種 (尼泊爾) 較為密切，並不傳染 SSL。利用異構酶資料所分析的遺傳距離，Brown *et al.* (2000) 發現 E 生物小種與其他粉蠹族群遺傳距離差異從 0.25 到 0.62 之間，此距離落入亞種到種的範圍。分子資料發現本族群屬一明顯的分支 (Frohlich *et al.*, 1999)，但是與西班牙旋花科 (*Ipomea*) 所採得的 S 生物小種相當密切 (De Barro *et al.*, 2000)。

### 第 4 類群：印度 (H 生物小種)

本生物小種在已有的文獻中有些混淆。H 生物小種是在印度古加拉棉花上所採集到的粉蠹 (Brown *et al.*, 1995a)。這些粉蠹並沒有經 SSL 的檢定。H 生物小種亦曾於 1991 年印度喀拉拉西瓜上發現的同一生物小種 (Bedford *et al.*, 1992, 1994)。此粉蠹並不產生 SSL 現象，目前所有其他有關 H 生物小種的文獻均是為害印度喀拉拉之西瓜，不產生

SSL 現象的粉蠹。粒線體 16S 以及 COI 分析將此族群置於一特定位階上 (Frohlich *et al.*, 1999)。此觀點為 De Barro *et al.* (2000) 支持，亦即本生物小種與其他族群較疏離，為單獨的一支。

### 第 5 類群：蘇丹 (L 生物小種)，埃及 (未知生物小種)，西班牙 (Q 生物小種)，奈及利亞 (J 生物小種)

L 生物小種為 1974 年於蘇丹棉花田上所採集的族群。Bedford *et al.* (1994) 顯示此族群並不產生 SSL。雜交實驗中，此族群與 B 生物小種有交尾現象，但是作者並未報導是否具有第一子代成熟雌蟲 (Byrne *et al.*, 1995b)。粒線體 16S 以及 COI 資料顯示 L 生物小種與 A, B, E 以及 H 生物小種有明顯區別 (Frohlich *et al.*, 1999)。De Barro *et al.* (2000) 利用核糖體 ITS1 區域發現本族群與 1999 年埃及之馬纓丹 (*Lantana camara* L.) (未知酯酶生物小種)、1996 年西班牙之番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (酯酶生物小種 Q) 以及奈及利亞之豇豆 (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (酯酶生物小種 J) 上的類緣關係較為密切。

### 第 6 類群：土耳其 (M 生物小種)，海南島 (未知生物小種)，韓國 (未知生物小種)

M 生物小種在 1985 年土耳其的棉花採集的族群，具有明顯的不同酯酶圖譜。雜交實驗結果顯示其無法成功地與 B, K 或 D 生物小種交配 (Bedford *et al.*, 1994)。M 生物小種不會產生 SSL。利用核糖體 ITS1 之類緣關係分析顯示此族群與海南島及韓國的族群較為密切 (De Barro *et al.*, 2000)。

### 第 7 類群：澳洲 (AN 生物小種)

AN 生物小種為採集自南昆士蘭以及達爾文之棉花上，被認定為澳洲本地的族群 (Gunning *et al.*, 1997)。雖然酯酶圖譜分析顯示其與 B 生物小種相似高 (Gunning *et al.*, 1997)，更進一步交尾實驗並能產生後代 (De Barro and Hart, 2000)。利用核糖體 ITS1 之類緣關係分析顯示從澳洲許多區域所採集的粉蝨族群亦與其他生物小種有明顯區別 (De Barro *et al.*, 2000)。

## 其他生物小種

其他 2 種生物小種是以多種檢定技術所確定，但將此生物小種置於特定的階層中是有所爭議。D 生物小種為 1991 年由尼加拉瓜之棉花上所採集之族群，由於其地理位置與哥斯大黎加以及墨西哥較為接近，因此推論其應與新世界區的族群類緣關係較為密切 (第 1 類群)，但是酯酶 IV、PGM 以及 PGI 異構酶資料分析結果，明顯顯示此族群並無法納入第 1 類群 (Brown *et al.*, 2000)。事實上，特定的異構酶對偶基因上反而與 B 生物小種較為密切。然而，Bedford *et al.* (1994) 證實 D 生物小種並不與 B 生物小種以及 K 生物小種 (巴基斯坦) 或 M 生物小種 (土耳其) 雜交，亦不產生由 B 生物小種所引起之主要的植物病徵。

其他由不同研究而產生爭議的是 K 生物小種，此族群為 1991 及 1992 年巴基斯坦之棉花上所採集之族群。本族群不產生 SSL，因此與第 2 類群有別，並且與 B 生物小種以及 D 生物小種 (尼加拉瓜) 或 M 生物小種 (土耳其) 並無法雜交 (Bedford *et al.*, 1994)。在形態學研究方面，此生物小種不具 ASMS4，雖與 B, E, K, L, 以及 Q 生物小種類似，但是其體前緣蠟緣的寬度遠大於其他

的生物小種 (Rosell *et al.*, 1997)。在異構酶的研究上，其與 B 生物小種較為密切 (Brown *et al.*, 2000)，但是利用核糖體 ITS1 類緣關係分析結果，本族群確實明顯異於 B 生物小種 (De Barro *et al.*, 2000)。

另外還有無法歸於特定類群的有諾魯生物小種 (Nauru)，雖依據地理分布以及 RAPD-PCR 圖譜所確定，但其遺傳組成之變異並不詳盡。此生物小種沿著太平洋西北延伸至東南地區均有分布，包括美屬薩摩亞群島 (American Samoa)、斐濟 (Fiji)、密克羅尼西亞 (Micronesia)、關島 (Guam)、基里巴斯 (Kiribati)、馬紹爾群島共和國 (Marshall Islands)、諾魯共和國 (Nauru)、紐埃島 (Niue)、北馬里安那群島 (Northern Mariana Islands)、帛琉 (Palau)、東加王國 (Tonga)、土瓦魯 (Tuvalu)、西薩摩亞 (Western Samoa) 以及台灣等地。據信，本生物小種為亞洲本地原產的族群 (De Barro *et al.*, 2000)。

## 未來之研究方向與展望

傳統粉蝨的鑑定是以第四齡的蛹殼為主，而非利用成蟲之特徵。若能廣泛的利用成蟲特徵來分類將有助於配合種間或生物種間的系統關係，是首要的工作。雖然目前煙草粉蝨各族群尚未有主要的鑑定特徵，往昔利用蛹殼形態無法解決的問題，特別是對族群或種間判別或同胞種間的鑑別仍需應用其他鑑定技術尋求有用的分類特徵 (taxonomic characters) 以輔助分類系統或類緣關係的推斷。因此發展其他鑑定方法以為鑑別種群內的生物小種的標準流程，以便能因應新的變異種被發現時，以此標準流程進行鑑定，以便順利又正確的將之歸納於某一種群中。由於鑑定方

法多樣又繁瑣，單一的研究者並不能勝任，因此組成研究團隊，有助於鑑定及歸群的工作。

此策略的資材，是匯集已知各種族群的特徵標示，和各族群間資料的流通，如此種(族)群之位階及分類群的釐清可以確定，以下例子可以驗證此點：G 生物小種為從瓜地馬拉之棉花上採集的特定族群 (Bedford *et al.*, 1992, 1994; Brown *et al.*, 2000)，原認定其應與印度喀拉拉西瓜上的族群皆是 H 生物小種 (Brown *et al.*, 1995b)。然而 H 生物小種，在印度喀拉拉之西瓜上已確定 (Bedford *et al.*, 1992, 1994)，而且與印度古加拉之棉花、茄子以及馬鈴薯上的族群經判定為同一生物小種 (Brown *et al.*, 1995b)。又另外一例為西班牙的 Q 生物小種是 1995 年從棉花上採集的粉蝨族群 (Secker *et al.*, 1998) 和 1992 年在西瓜上採集的族群相同 (Brown *et al.*, 2000)，又分別與 1992 及 1993 年不同地點所採集的西瓜及棉花上的族群相同 (Rosell *et al.*, 1997)。

對於研究生物小種的基本生物學資料如為害程度，採集以及時空背景等的完整描述，將可減少不同研究資料的整合時所發生的困擾。De Barro and Driver (1997) 以及 De Barro *et al.* (2000) 對粉蝨之不同族群進行精湛的研究，比較族群中 RAPD-PCR 圖譜，並依據核糖體 ITS1 建立族群間的類緣關係，可惜的是在此報告中，族群基本生物學資料很少，因此要將其研究的內容與其他的研究結果整合就有困難，表四中有 18 筆未被鑑定的族群是個別研究中未被描述的族群。粉蝨的採集地點以及寄主植物的採集地、栽種地等生物學資料務必完備，以便能夠匯集此族群的研究成果。對於來自相當大區域或是國家的族群，所遭遇的困難，主要原因是多種之生物小種可能同一地域中同時出現，例如印度有 3 個生物

小種 (喀拉拉 (Kerala) 的 G 生物小種，古加拉 (Gujarat) 的 H 生物小種，以及馬哈拉施特拉 (Maharashtra) 的 I 生物小種) (Brown *et al.*, 1995a)，以及西班牙的 2 個生物小種 (Q 生物小種以及 S 生物小種) (Rosell *et al.*, 1997; Secker *et al.*, 1998; Brown *et al.*, 2000; De Barro *et al.*, 2000)。

雖然科學家應用各種技術鑑定族群，但是也一致贊同基於單一的方法來鑑別族群會有風險，例如 Byrne *et al.* (1995a) 發現來自不同地點煙草粉蝨的族群皆能產生如同美國的生物小種 B 的銀葉病徵，可惜的是缺乏以酯酶圖譜的特徵來確定生物小種，所以他的研究成果並未令人信服，因此正確標示煙草粉蝨族群必需依賴多種技術的組合才能準確。De Barro *et al.* (2000) 指出，重新釐訂所有煙草粉蝨生物小種的分類地位是有必要的，並且必需儘可能完整地描述每一族群，尤其包括所有可用之鑑定技術。為符合生物種的概念，雜交實驗亦是必要進行的工作 (Byrne *et al.*, 1995b; De Barro and Hart, 2000)，尤其標示新的生物小種時，此方面的實驗是有其迫切的需要性，但是如果能夠進一步闡述其功能特性如媒介病原的關聯性等，可增進我們對於煙草粉蝨種群的生物學、生態學以及農業生態系的瞭解，從此可擬定有效的防治策略，減少此蟲的為害。

種群和變異種的觀念早已被分類學家所接受，雖然各種新的鑑定技術和方法普遍為分類學家所採用，然而傳統的形態分類仍然是進行深入分類研究的前提和基礎。在所有分析的族群以及寄主植物記錄中 (表三、表四)，由於第四齡蛹殼的形態特徵不穩定，相信仍有許多鑑定錯誤的存在。雖然一些經濟重要性種類之雌成蟲的粘腺 (cement gland) 以及生殖片

(gonapophyses) 上剛毛之排列是用以鑑定之重要特徵，但是此特徵並無法用以鑑定煙草粉蝨各族群 (Guimarães, 1996; Ko *et al.*, 未發表)。倘若輔以成蟲的特徵，包括複眼、觸角、足以及雌性粘腺等特徵，再加上分子標示則必可增加煙草粉蝨各族群類緣關係的推論 (Gill, 1990)。當種的地位確定之後，可根據其特徵，發展或開發出更簡單或更經濟的方法以為後續鑑定之依據。Lane (1997) 指出，當初先區別出種類，隨後再確定最適宜的鑑定方法，銀葉粉蝨即是一個很好的例子。針對隱匿種而言，雖已進行許多研究工作 (表四)，或許最好的分析方法即是將活成蟲直接接種南瓜，以觀察 SSL 病徵的表現 (Secker *et al.*, 1998)。直至目前為止，所有發表報告中僅有 B 生物小種能產生銀葉病徵 (SSL)，相對地 non-B 生物小種並不會有此病徵表現。雖然 SSL 測試是一個相當好的指標，但是此生物檢定法耗時耗工，因此根據形態特徵來鑑定也就顯得有其必要性，有些研究已經完成，包括 18 族群的 13 種生物小種 (A, B, B2, D, E, G, H, K, L, M, N, P, 以及 Q) 已有比較性的研究結果 (Bedford *et al.*, 1994; Bellows *et al.*, 1994; Rosell *et al.*, 1997; Perring, 2001)。儘管傳統上，第四齡幼蟲期的形態為粉蝨分類所依據的主要特徵，但此特徵對於煙草粉蝨種群中的特定生物小種並不適用，另外雄性腹部形態亦可用於鑑定其他粉蝨種類 (Bink-Moenen and Mound, 1990)，或許煙草粉蝨成蟲形態特徵有重新檢視的必要，期能找出有代表性的特徵，以供鑑別之用。再者，全世界伯粉蝨屬 (*Bemisia*) 的重新修訂，將有助於闡明高度進化種群的進化歷史 (Gill, unpublished)。

兩個物種即使是同胞種或種群等不可能在同一生態席位 (niche) 內共存。如果生活在同一地區內，由於競爭關係，彼此

之間必然發生棲息地、食物、活動空間或其他生態席位的分化，此即所謂的競爭取代原理 (Principle of competitive displacement)。以銀葉粉蝨及煙草粉蝨為例，前者之攝食力、產卵力、交尾競爭力皆高於後者，因此銀葉粉蝨有逐漸取代煙草粉蝨而日漸嚴重為害作物之趨勢 (Perring, 1996)。當 1994 年銀葉粉蝨 (B 生物小種) 命名發表之後，其分布目前在美國的西南部各州幾乎已經完全取代煙草粉蝨 (A 生物小種)，而且此趨勢已在短時間內，擴大到其他的地理區，例如從佛羅里達、德克薩斯、亞利桑那到加利佛尼亞等地。銀葉粉蝨在常見雜草上的繁殖能力高，與煙草粉蝨相較之下，其寄主植物範圍更廣；再者，銀葉粉蝨雄蟲對於煙草粉蝨雌蟲求偶行為，遠比煙草粉蝨雄蟲對於銀葉粉蝨雌蟲更為強勢，因此即使在混生的族群當中，煙草粉蝨較少有交尾成功的機會，導致其族群密度持續地降低 (Reitz and Trumble, 2002)。雖然銀葉粉蝨有其競爭優勢的存在，但是在美國密西西比的生態系中，此兩生物小種依然有混生現象 (Henneberry *et al.*, 1998)。在台灣地區，目前偵測到大部份煙草粉蝨之族群以銀葉粉蝨最為普遍，咸信此蟲已經逐漸取代本地之族群並且拓殖至新的寄主植物 (Chou, 2000; Liu, 2001; Ko *et al.*, 未發表)，至於其擴散範圍、競爭取代之機制，仍有進一步深入探討的必要。

## 誌 謝

本研究承行政院農業委員會動植物防疫檢疫局委託計畫 89 生技-2.2-檢-61(02) 以及 90 農科-6.2.2-檢-B2(6) 之經費補助，劉中琪、



洪惠方同學協助表格製作、核對及資料之獲得，謹致謝忱。

## 引用文獻

- Barinaga, M.** 1993. Is devastating whitefly invader really a new species? *Science* 259: 30.
- Bedford, I. D., R. W. Briddon, J. K. Brown, R. C. Rosell, and P. G. Markham.** 1994. Geminivirus transmission and biological characterisation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Ann. Appl. Biol.* 125: 311-325 (2\*).
- Bedford, I. D., R. W. Briddon, P. G. Markham, J. K. Brown, and R. C. Rosell.** 1992. *Bemisia tabaci* biotype characterization and the threat of this whitefly species to agriculture. *Proceedings of the 1992 British Crop Protection Conference Pests and Diseases.* 3: 1235-1240 (1\*).
- Bellows, T. S. Jr., T. M. Perring, R. J. Gill, and D. H. Headrick.** 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87: 195-206 (3\*).
- Bergh, J. C., T. M. Perring, and J. P. LeBlanc.** 1995. Identification of silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae), in Nova Scotia greenhouses. *Can. Entomol.* 127: 141-142 (4\*).
- Bethke, J. A., T. D. Paine, and D. H. Headrick.** 1991. Comparative biology, morphometrics, and development of two populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton and poinsettia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 84: 407-411 (5\*).
- Bink-Moenen, R. M.** 1991a. Whitefly from Mediterranean evergreen oaks. *Syst. Entomol.* 17: 21-40.
- Bink-Moenen, R. M.** 1991b. Comparison between *Neopealius rubi* and *Bemisia tabaci* in Europe (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomol. Ber. Amst.* 51(3): 29-37.
- Bink-Moenen, R. M., and L. A. Mound.** 1990. Whiteflies: diversity, biosystematics and evolutionary patterns. pp. 1-11. *In: D. Gerling, ed. Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management.* Intercept, Andover, Hants, UK.
- Bird, J.** 1957. A whitefly transmitted mosaic of *Jatropha gossypifolia*. *Univ. Puerto Rico Agric. Exp. Stn.* 22: 1-35.
- Bondar, G.** 1928. Aleyrodideos do Brasil (2a contribuicao). *Bol. Lab. Pathol. Vegetal Estado Bahia* 5: 1-37.
- Brown, J. K., D. R. Frohlich, and R. C. Rosell.** 1995b. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annu. Rev. Entomol.* 40: 511-534 (7\*).
- Brown, J. K., T. M. Perring, A. D. Cooper, I. D. Bedford, and P. G. Markham.** 2000. Genetic analysis of *Bemisia* (Hemip-

- tera: Aleyrodidae) populations by isoelectric focusing electrophoresis. *Biochem. Genet.* 38: 13-25 (8\*).
- Brown, J. K., S. A. Coats, I. D. Bedford, P. G. Markham, J. Bird, and D. R. Frohlich.** 1995a. Characterization and distribution of esterase electromorphs in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). *Biochem. Genet.* 33: 205-214 (6\*).
- Burban, C., L.D.C. Fishpool, C. Fauquet, D. Fargette, and J. C. Thouvenel.** 1992. Host associated biotypes within West African populations of the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.: Aleyrodidae). *J. Appl. Entomol.* 113: 416-423 (9\*).
- Byrne, D. N., and T. S. Bellows.** 1991. Whitefly biology. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 431-457.
- Byrne, F. J., and A. L. Devonshire.** 1991. *In vivo* inhibition of esterase and acetylcholinesterase activities by profenofos treatments in the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.): implications for routine biochemical monitoring of these enzymes. *Pesticide Biochem. Physiol.* 40: 198-204.
- Byrne, F. J., and A. L. Devonshire.** 1993. Insensitive acetylcholinesterase and esterase polymorphism in susceptible and resistant populations of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.). *Pesticide Biochem. Physiol.* 45: 34-42.
- Byrne, F. J., I. D. Bedford, A. L. Devonshire, and P. G. Markham.** 1995a. Esterase variation and squash induction in B-type *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.* 85: 175-179 (10\*).
- Byrne, F. J., M. Cahill, I. Denholm, and A. L. Devonshire.** 1995b. Biochemical identification of interbreeding between B-type and non B-type strains of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci*. *Biochem. Genet.* 33: 13-23 (11\*).
- Cahill, M., F. J. Byrne, K. Gorman, I. Denholm, and A. L. Devonshire.** 1995. Pyrethroid and organophosphate resistance in the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.* 85: 181-187 (12\*).
- Calvert, L. A., M. Cuervo, J. A. Arroyave, L. M. Constantino, A. Bellotti, and D. Frohlich.** 2001. Morphological and mitochondrial DNA marker analyses of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) colonizing cassava and beans in Colombia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 512-519 (13\*).
- Campbell, B. C.** 1993. Congruent evolution between whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) and their bacterial endosymbionts based on respective 18S and 16S rDNAs. *Curr. Microbiol.* 26: 129-132 (14\*).
- Campbell, B. C., J. D. Steffen-Campbell,**

- and R. J. Gill. 1996. Origin and radiation of whiteflies: an initial molecular phylogenetic assessment. pp. 29-51. In: D. Gerling, and R. T. Mayer, eds. *Bemisia* 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management. Intercept, Andover, Hants, UK (15\*).
- Campebl, B. C., J. E. Duffus, P. Baumann, A. C. Bartlett, and N. J. Gawel.** 1993. Determining whitefly species. *Science* 261: 1333.
- Cervera, M. T., J. A. Cabezas, B. Simon, J. M. Martinez-Zapater, F. Beitia, and J. L. Cenis.** 2000. Genetic relationships among biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) based on AFLP analysis. *Bull. Entomol. Res.* 90: 391-396 (16\*).
- Chang, Y. C.** 1969. Host plant and morphological variation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 11: 23-32 (in Chinese).
- Chou, F. I.** 2000. Rapid identification of the silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) and its population parameters. MS. thesis, National Taiwan University, 134 pp (in Chinese) (17\*).
- Claridge, M. F., H. A. Dawah, and M. R. Wilson.** 1997. Species in insect herbivores and parasitoids-sibling species, host races and biotypes. pp. 247-272. In: M. F. Claridge, H. A. Dawah, and M. R. Wilson, eds. Species, the Units of Biodiversity. Chapman & Hall, London.
- Clark, M. A., L. Baumann, A. Munson, P. Baumann, B. C. Campbell, J. E. Duffus, L. S. Osborne, and N. A. Moran.** 1992. The eubacterial endosymbionts of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) constitute a lineage distinct from the endosymbionts of aphids and mealybugs. *Curr. Microbiol.* 25: 119-123.
- Coats, S. A., J. K. Brown, and D. L. Hendrix.** 1994. Biochemical characterization of biotype-specific esterases in the whitefly, *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae). *Insect Biochem. Molec. Biol.* 24: 723-728 (18\*).
- Cock, M.J.W.** 1986. *Bemisia tabaci*, a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. CAB IIBC, Silwood Park, UK. 121 pp.
- Cock, M.J.W.** 1993. *Bemisia tabaci*, an update 1986-1992 on the cotton whitefly with an annotated bibliography. CAB IIBC, Silwood Park, UK. 78 pp.
- Corbett, G. H.** 1926. Contribution towards our knowledge of the Aleyrodidae of Ceylon. *Bull. Entomol. Res.* 16: 267-284.
- Corbett, G. H.** 1935a. On new Aleurodidae (Hem.). *Ann. Mag. Nat. Hist.* 16(10): 240-252.
- Corbett, G. H.** 1935b. Malayan

- Aleurodidae. J. Fed. Malay States Mus. 17: 722-852.
- Corbett, G. H.** 1936. New Aleurodidae (Hem.). Proc. R. Entomol. Soc. London Ser. B 5: 18-22.
- Costa, A. S., and L. M. Russell.** 1975. Failure of *Bemisia tabaci* to breed on cassava plants in Brazil (Homoptera: Aleyrodidae). Cienc. Cult. Sao Paulo 27: 388-390.
- Costa, H. S., and J. K. Brown.** 1991. Variation in biological characteristics and esterase patterns among populations of *Bemisia tabaci*, and the association of one population with silverleaf symptom induction. Entomol. Exp. Appl. 61: 211-219 (19\*).
- Costa, H. S., J. K. Brown, S. Sivasupramaniam, and J. Bird.** 1993a. Regional distribution, insecticide resistance, and reciprocal crosses between the A and B biotypes of *Bemisia tabaci*. Insect Sci. Appl. 14: 255-266 (20\*).
- Costa, H. S., N. W. Johnson, D. E. Ullman, A. D. Omer, and B. E. Tabashnik.** 1993b. Sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae): analysis of biotypes and distribution in Hawaii. Environ. Entomol. 22: 16-20.
- Culotta, E.** 1991. "Superbug" attacks California crops. Science 254: 1445.
- Danzig, E. M.** 1964. The whiteflies (Homoptera, Aleyrodidae) of the Caucasus. Entomologicheskoe Obozrenie 43: 633-646 (in Russian) (English translation in Entomol. Rev. 43: 325-330).
- Danzig, E. M.** 1966. The whiteflies (Homoptera, Aleyrodidae) of the Southern Primor'ye (Soviet Far East). Entomologicheskoe Obozrenie 45: 364-386 (in Russian) (English translation in Entomol. Rev. 45: 197-209).
- David, B. V., and T. N. Ananthkrishnan.** 1976. Host correlated variation in *Trialeurodes rara* Singh and *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Aleyrodidae: Homoptera: Insecta). Curr. Sci. 45: 223-225.
- De Barro, P. J.** 1995. *Bemisia tabaci* Biotype B: a Review of its Biology, Distribution and Control. CSIRO, Div. Entomol. Tech. Paper no. 33. 57 pp (21\*).
- De Barro, P. J., and F. Driver.** 1997. Use of RAPD to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Aust. J. Entomol. 36: 149-152 (22\*).
- De Barro, P. J., and P. J. Hart.** 2000. Mating interactions between two biotypes of the whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australia. Bull. Entomol. Res. 90: 103-112 (23\*).
- De Barro, P. J., W. Liebregts, and M. Carver.** 1998. Distribution and identity of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in member

- countries of the Secretariat of the Pacific Community. *Aust. J. Entomol.* 37: 214-218 (25\*).
- De Barro, P. J., F. Driver, J.W.H. Trueman, and J. Curran.** 2000. Phylogenetic relationships of world populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) using ribosomal ITS1. *Mol. Phylo. Evol.* 16: 29-36 (24\*).
- De Oliveira, M.R.V., M. S. Tigano, and S. Aljanabi.** 2000. Molecular characterization of whitefly (*Bemisia* spp.) in Brazil. *Pesq. Agropec. Bras.* 35: 1261-1268 (26\*).
- Demichelis, S., D. Bosco, A. Manino, D. Marian, and P. Caciagli.** 2000. Distribution of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotypes in Italy. *Can. Entomol.* 132: 519-527 (27\*).
- Frappa, C.** 1937. Description de *Bemisia manihotis* n. sp. (Hem.: Aleyrodidae) nuisible au manioc a Madagascar. *Bull. Soc. Entomol. France* 43 (1-2): 30-32.
- Frappa, C.** 1938. Note sur une nouvelle espece d'aleurode nuisible aux plantations de tabac de la tsiribihina. *Bull. Econ. Madagascar (NS)* 16: 254-259.
- Frohlich, D. R., I. Torres-Jerez, I. D. Bedford, P. G. Markham, and J. K. Brown.** 1999. A phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial DNA markers. *Mol. Ecol.* 8: 1683-1691 (28\*).
- Ganeshan, S., and D. Abeeluck.** 2000. First record of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Hemiptera: Aleyrodidae), from Mauritius. *Afr. Entomol.* 8: 303-304 (29\*).
- Gawel, N. J., and A. C. Bartlett.** 1993. Characterization of differences between whiteflies using RAPD-PCR. *Insect Mol. Biol.* 2: 33-38 (30\*).
- Gennadius, P.** 1889. Disease of tobacco plantations in the Trikonka. The aleyrodid of tobacco. *Ellenike Georgia* 5: 1-3.
- Ghesquiere, J.** 1934. Un Calliceratide (Hym.: Proct.) nouveau du contgo belge. *Ann. Soc. Zool. Belgique* 65: 59-62.
- Gill, R. J.** 1990. The morphology of whiteflies. pp. 13-46. *In:* D. Gerling, ed. *Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management*. Intercept, Andover, UK.
- Gill, R. J.** 1992. A review of the sweetpotato whitefly in Southern California. *Pan-Pacif. Entomol.* 68: 144-152.
- Gill, R. J.** (unpublished) A preliminary report on the world species of *Bemisia* and its congeners, with an analysis of environmentally driven morphology shifts and their effects on the stability of the species.
- Guimarães, J. M.** 1996. The diagnostic

- value of the cement gland and other abdominal structures in aleyrodid taxonomy. Bull. OEPP/EPPO Bull. 26: 413-419.
- Guirao, P., F. Beitia, and J. L. Cenis.** 1997. Biotype determination of Spanish populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Bull. Entomol. Res. 87: 587-593 (31\*).
- Gunning, R. V., F. J. Byrne, B. D. Conde, M. I. Connelly, K. Hergstrom, and A. L. Devonshire.** 1995. First report of B-biotype *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australia. J. Aust. Entomol. Soc. 34: 116.
- Gunning R. V., F. J. Byrne, and A. L. Devonshire.** 1997. Electrophoretic analysis of non-B and B-biotype *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australia. Aust. J. Entomol. 36: 245-249 (32\*).
- Hameed, S., and S. Khalid.** 1996. Occurrence of B-biotype of *Bemisia tabaci* in Pakistan. Brighton Crop Protection Conference Pests and Diseases. 1: 81-85 (33\*).
- Henneberry, T. J., N. C. Toscano, and S. J. Castle.** 1998. *Bemisia* spp. (Homoptera: Aleyrodidae) in the United States history, pest status, and management. Recent Res. Devel. Entomol. 2: 151-161.
- Jansen, G.M.M., and L. Qudman.** 1994. Identification of whiteflies. Proc. Exp. & Appl. Entomol., N. E. V. Amsterdam 5: 187-188 (34\*).
- Kirk, A. A., L. A. Lacey, J. K. Brown, M. A. Ciomperlik, J. A. Goolsby, D. C. Vacek, L. E. Wendel, and B. Napompeth.** 2000. Variation in the *Bemisia tabaci* species complex (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies leading to successful biological control of *Bemisia* biotype B in the USA. Bull. Entomol. Res. 90: 317-327 (35\*).
- Ko, C. C., and Z. Y. Luo.** 1999. On some whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from China. Chinese J. Entomol. 19: 19-25.
- Ko, C. C., L. Y. Chou, and W. J. Wu.** 1998a. A new species of *Rhachisphora* (Homoptera: Aleyrodidae) from Taiwan. Chinese J. Entomol. 18: 61-65.
- Ko, C. C., L. Y. Chou, and W. J. Wu.** 1998b. Aleyrodidae of Taiwan, Part IV. Unrecorded species. Entomol. Sci. 1: 77-79.
- Ko, C. C., L. Y. Chou, and W. J. Wu.** 1998c. *Aleurocybotus* (Homoptera: Aleyrodidae) of Taiwan. Chinese J. Entomol. 18: 175-184.
- Ko, C. C., L. Y. Chou, and W. J. Wu.** 2001. *Agrostaleyrodes arcanus*, a new genus and species of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from Taiwan. Zool. Studies 40: 177-186.
- Ko, C. C., T. C. Hsu, and W. J. Wu.** 1990. The whitefly of *Rhododendron* from Taiwan (Homoptera: Aleyrodidae). Chinese J. Entomol. 10: 225-233 (in

- Chinese).
- Ko, C. C., T. C. Hsu, and W. J. Wu.** 1992. Aleyrodidae of Taiwan, Part (I) *Rhachisphora* Quaintance & Baker. Jpn. J. Entomol. 60: 243-260.
- Ko, C. C., T. C. Hsu, and W. J. Wu.** 1993. Aleyrodidae of Taiwan, Part (II) *Asialeyrodes* Corbett. Jpn. J. Entomol. 61: 613-618.
- Ko, C. C., T. C. Hsu, and W. J. Wu.** 1995. Aleyrodidae of Taiwan, Part (III) *Aleuromarginatus* Corbett. Jpn. J. Entomol. 63: 892-896.
- Lane, R.** 1997. The species concept in blood-sucking vectors of human diseases. pp. 273-289. In: M. F. Claridge, H. A. Dawah, and M. R. Wilson, eds. Species, the Units of Biodiversity. Chapman & Hall, London.
- Lee, M. L., S. B. Ahn, and W. S. Cho.** 2000. Morphological characteristics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and discrimination of their biotypes in Korea by DNA markers. Korean J. Appl. Entomol. 39: 5-12 (36\*).
- Lee, M. L., and P. J. De Barro.** 2000. Characterization of two biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in South Korea based on 16S ribosomal RNA sequences. Korean J. Entomol. 30: 125-130 (37\*).
- Legg, J. P., R. French, D. Rogan, G. Okao-Okuja, and J. K. Brown.** 2002. A distinct *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) genotype cluster is associated with the epidemic of severe cassava mosaic virus disease in Uganda. Mol. Ecol. 11: 1219-1229 (38\*).
- Liu, C. C.** 2001. Use of DNA markers for discriminations of *Bemisia tabaci* biotypes and construction of phylogenetic relationship among four species of *Oxya* grasshoppers in Taiwan. Graduate Institute of Entomology NTU, Master's Thesis. 85 pp (in Chinese) (39\*).
- Liu, H. Y., S. Cohen, and J. E. Duffus.** 1992. The use of isozyme pattern to distinguish sweetpotato whitefly biotypes. Phytoparasitica 20: 187-194 (40\*).
- Markham, P. G., I. D. Bedford, S. Liu, D. F. Frohlich, R. Rosell, and J. K. Brown.** 1996. The transmission of Gemini-viruses by biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius). pp. 69-75. In: D. Gerling, and R. T. Mayer, eds. *Bemisia: 1995 Taxonomy, Biology, Damage, Control, and Management*. Intercept, Andover, Hants, UK (41\*).
- Martin, J. H.** 1987. An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera: Aleyrodidae). Trop. Pest Manage. 33: 298-322.
- Martin, J. H.** 1999. The Whitefly Fauna of Australia (Sternorrhyncha: Aleyrodidae): A Taxonomic Account and Identification Guide. CSIRO Entomol.

- Tech. Paper No 38. 197 pp.
- Martin, J. H., D. Mifsud, and C. Rapisarda.** 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. *Bull. Entomol. Res.* 90: 407-448.
- Misra, C. S., and K. S. Lamba.** 1929. The cotton whitefly (*Bemisia gossypiperda*, n. sp.). *Bull. Agric. Res. Inst., Pusa.* No. 196. 7 pp.
- Mohanty, A. K., and A. N. Basu.** 1986. Effect of host plants and seasonal factors on intraspecific variations in pupal morphology of the whitefly vector, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Entomol. Res.* 10: 19-26.
- Mound, L. A.** 1963. Host-correlated variation in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Proc. R. Entomol. Soc. Lond. A.* 38: 171-180.
- Mound, L. A.** 1965. An introduction to the Aleyrodidae of Western Africa (Homoptera). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist.* 17: 113-160.
- Mound, L. A.** 1984. Zoogeographical distribution of whiteflies. *Current Topics in Vector Research* 2(8): 185-197.
- Mound, L. A., and S. H. Halsey.** 1978. Whitefly of the World. A Systematic Catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with Host Plant and Natural Enemy Data. British Museum (Natural History), London. 340 pp.
- Moya, A., P. Guirao, D. Cifuentes, F. Beitia, and J. L. Cenis.** 2001. Genetic diversity of Iberian populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) based on random amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction. *Mol. Ecol.* 10: 891-897 (42\*).
- Neal, J. W. Jr., and J. A. Bentz.** 1999. Evidence for the stage inducing phenotypic plasticity in pupae of the polyphagous whiteflies *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and the *raison d'être*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92: 774-787.
- Oliveira, M.R.V., T. J. Henneberry, and P. Anderson.** 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.* 20: 709-723.
- Patti, I., and C. Rapisarda.** 1981. Reperti morfo-biologici sugli Aleirodidi nocivi alle piante coltivate in Italia. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura* (II) 16: 135-190.
- Perring, T. M.** 1996. Biological differences of two species of *Bemisia* that contribute to adaptive advantage. pp. 3-16. *In:* D. Gerling, and D. Mayer, eds. *Bemisia: 1995 Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Intercept, Andover, Hants, UK.
- Perring, T. M.** 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.* 20: 725-



- 737 (43\*).
- Perring, T. M., A. Cooper, and D. J. Kazmer.** 1992. Identification of poinsettia strain of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on broccoli by electrophoresis. *J. Econ. Entomol.* 85: 1278-1284 (44\*).
- Perring, T. M., A. D. Cooper, R. J. Rodriguez, C. A. Farrar, and T. S. Bellows, Jr.** 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259: 74-77 (45\*).
- Priesner, H., and M. Hosny.** 1934. Contribution to a knowledge of whiteflies (Aleyrodidae) of Egypt (II). *Bulletin Ministry of Agriculture Egypt Technical Scientific Service*, No. 139. 21 pp.
- Quaintance, A. L.** 1900. Contribution towards a monograph of the American Aleyrodidae. US Department of Agriculture. Technical Series. *Bur. Entomol.* 8: 9-64.
- Quaintance, A. L., and A. C. Baker.** 1914. Classification of the Aleyrodidae Part II. US Department of Agriculture. Technical Series. *Bur. Entomol.* 27: 95-109.
- Reitz, S. R., and J. T. Trumble.** 2002. Competitive displacement among insects and arachnids. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 435-465.
- Rosell, R. C., I. D. Bedford, D. R. Frohlich, R. J. Gill, J. K. Brown, and P. G. Markham.** 1997. Analysis of morphological variation in distinct populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90: 575-589 (46\*).
- Russell, L. M.** 1957. Synonyms of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Bull. Brooklyn Entomol. Soc.* 52: 122-123.
- Ryckewaert, P., and C. Alauzet.** 2001. Characterization of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae) from the Lesser Antilles by electrophoresis. *J. Appl. Entomol.* 125: 263-266 (47\*).
- Sauvion, N., C. Pavis, A. Huc, M. Rousseau, and N. Boissot.** 1999. Characterization of the B biotype of *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) in Guadeloupe, French West Indies. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 35: 46-53 (48\*).
- Secker, A. E., I. D. Bedford, P. G. Markham, and M. E. de Courcy Williams.** 1998. Squash, a reliable field indicator for the presence of the B biotype tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. *Br. Crop Prot. Counc. Brighton Conf.* 3: 837-842 (49\*).
- Singh, K.** 1931. A contribution towards our knowledge of the Aleyrodidae (whiteflies) of India. Members of Department of Agriculture of India. *Entomol. Ser.* 12: 1-98.
- Takahashi, R.** 1933. Aleyrodidae of Formosa, Part II. *Rep. Dep. Agric. Govt. Res. Inst. Formosa* 60: 1-24.
- Takahashi, R.** 1936. Some Aleyrodidae,

- Aphididae, Coccidae (Homoptera), and Thysanoptera from Micronesia. *Tenthredo* 1: 109-120.
- Takahashi, R.** 1957. Some Aleyrodidae from Japan (Homoptera). *Insecta Matsumurana* 21: 12-21.
- Takahashi, R., and R. Mamet.** 1952. Some species of Aleyrodidae from Madagascar (Homoptera) II. *Mem. Inst. Scient. Madagascar (E)* 1: 111-113.
- Tao, C. C.** 1979. A check list and host plant index of whiteflies from Taiwan. *J. Agric. Res. China* 28: 311-334.
- Ulusoy, M. R., J. K. Brown, and E. Bayhan.** 2002. The "B" biotype of *Bemisia tabaci* now established in Turkey. *EWSN Newsletter No. 13* (50\*).
- Visnya, A.** 1941. Vorarbeiten zur Kenntnis der Aleruodiden-Fauna von Ungarn, nebst systematischen Bemerkungen uber die Gattungen *Aleurochiton*, *Pealius* und *Bemisia* (Homoptera). *Fragm. Faun. Hung.* 4 (Suppl.): 1-19.
- Wool, D., D. Gerling, A. C. Bellotti, and F. J. Morales.** 1993. Esterase electrophoretic variation in *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) among host plants and localities in Israel. *J. Appl. Entomol.* 115: 185-196 (52\*).
- Wool, D., L. Calvert, L. M. Constantino, A. C. Bellotti, and D. Gerling.** 1994. Differentiation of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.: Aleyrodidae) populations in Colombia. *J. Appl. Entomol.* 117: 122 (53\*).
- Wool, D., D. Gerling, A. Bellotti, F. Morales, and B. Nolt.** 1991. Spatial and temporal genetic variation in populations of the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) in Israel and Columbia. *Insect Sci. Applic.* 12: 225-230 (51\*).
- Yepiz-Plascencia, G. M., S. Vallejo-Cohen, and P. Valenzuela-Cornejo.** 1998. Distribution of silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae) in Sonora, Mexico. *Southwest. Entomol.* 23: 83-88 (54\*).
- 收件日期：2002年10月4日  
接受日期：2002年12月18日

# A Review of Taxonomic Studies on the *Bemisia tabaci* Species Complex

Chiun-Cheng Ko\*, Chiou-Nan Chen and Chung-Hsiung Wang

Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan

## ABSTRACT

*Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) was first described over 100 years ago and has become one of the most important globally distributed pests, especially in subtropical and tropical areas. Increases of plant trade and human activities have led to this insect spreading in the world. So far over 900 host plants have been recorded. This insect causes a great impact in agriculture, even in greenhouse production systems. *B. tabaci* has a high adaptability to its host plants and geographical regions, and has now been reported from all continents except Antarctica. Their biotypes have been identified in various areas in the world which suggests that *B. tabaci* is undergoing evolutionary change and becoming a species-complex including many biotypes and cryptic species, *B. tabaci*, *B. argentifolii* Bellows and Perring, and others. This paper summarizes the historical records, synonyms, host plants, and geographical distributions of *B. tabaci*, and compares the described populations from various geographical areas in the world. By comparing similarities and differences among populations including those in Taiwan, seven distinct groups of the *B. tabaci* species complex are proposed. Finally, we remark on future prospects for the study of the *B. tabaci* species complex.

**Key words:** *Bemisia tabaci*, *Bemisia argentifolii*, whiteflies, diagnostic techniques, species complex, systematics