

重要粉蝨類害蟲與其傳播之植物病毒病害

林鳳琪*

行政院農業委員會農業試驗所 應用動物組

(*E-mail: FCLin@wufeng.tari.gov.tw)

前 言

粉蝨為半翅目 (Hemiptera) 粉蝨科 (Aleyrodidae) 的刺吸式昆蟲，全球約紀錄 1500 種以上的粉蝨 (Martin, 2005)，其中約三分之二種類分布於熱帶，三分之一種分布於溫帶地區 (Ko *et al.*, 2002)。台灣粉蝨的紀錄約有 150 種，其中有 79 種是本地特有種 (endemic species)。大部分的粉蝨成蟲產卵於寄主植物葉背，卵孵化後若蟲會尋找適當位置固著並吸取植物組織液。被害植物葉片會產生斑點、黃化、提早落葉及萎凋等徵狀，大量粉蝨聚集，往往會排泄大量蜜露，誘發煤煙病，嚴重時阻礙植物光合作用，導致植株衰弱、產量降低或失去商品價值，甚至植株死亡。粉蝨也是多種重要的植物病毒的媒介昆蟲，以銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) 為例，可以傳播上百種的植物病毒 (Jones, 2003)，植物一旦罹患病毒，除拔除病株一途，並無有效藥劑可以防治，因此，對植物的危害更甚於粉蝨直接取食。

台灣粉蝨種類非常豐富約佔全球的 10%，而 1990 年之前，農作物上發生的如菸草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius))、柑橘刺粉蝨 (*Aleurocanthus spiniferus* Quaintance)、中條雙孔粉蝨 (*Dialeurodes Kirkaldyi* (Dotinsky))、黃玉蘭頸粉蝨 (*Aleurotrachelus micheliae* Takahashi) 及茉莉疣粉蝨 (*Aleurotuberculatus jasmine* Takahashi) 等，雖然普遍可見，但鮮少產生嚴重經濟危害。1990 年之後，多種外來粉蝨如溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood))、螺旋粉蝨 (*Aleurodicus disperses* Russell)、銀葉粉蝨等，都曾經在台灣對多種作物造成嚴重經濟損害 (Lin *et al.*, 2005)。

在超過 120 屬 1500 種以上的粉蝨中，只有伯粉蝨屬 (*Bemisia*) 及 *Trialeurodes* 屬粉蝨有媒介植物病毒的紀錄。伯粉蝨中只有菸草粉蝨種群 (*B. tabaci* species complex) 被證實會傳播植物病毒 (Jones, 2003)，而脊粉蝨屬 (*Trialeurodes*) 屬的溫室粉蝨、蓖麻粉蝨 (*T. ricini*) 及帶翅粉蝨 (*T. abutilonea*) 均有傳播植物病毒之紀錄。粉蝨成蟲與若蟲取食時，以刺吸式

口器穿刺入植物韌皮部，在吸取植物的組織液過程中獲得病毒，帶毒粉蝨成蟲則將病毒分散傳播至其他植株上。在粉蝨傳播的病毒中，約 90% 屬雙生病毒科 (Gemimiviridae) 中 *Beomovirus* 屬，屬持續循環型 (persistent-circulative) 的病毒；有 6% 為 *Crinivirus*，另外 4% 分屬 *Closterovirus*、*Ipomovirus* 及 *Carlavirus*，均屬半持續型 (semi-persistently) 的病毒 (Jonse, 2003)。

本文乃簡介在台灣地區發生，傳播植物病毒之重要粉蝨害蟲及其播植物病毒之種類。

銀葉粉蝨

(一) 分布與發生現況

銀葉粉蝨 (*B. argentifolii* Bellows and Perring; *B. tabaci* B-type) 源於菸草粉蝨 (*B. tabaci* (Gennadius)) B 品系。菸草粉蝨在 1889 年首次以 *Aleurodes tabaci* 之命名紀錄於希臘，之後菸草粉蝨在先後不同國家於不同寄主植物上被重複描述而有 22 個種異名，直到 1936 年 Takahashi 氏將菸草粉蝨更改為伯粉蝨屬才確定其分類地位 (Mound and Halsey, 1978)。

菸草粉蝨在 1980 年代以前在農業上屬偶發性害蟲，僅在中東及印度等地區的棉花田及蔬菜上零星發生，1970 年代在中東地區才於棉花田有大發生的紀錄 (Lemonick, 1991)。1986 年在美國佛羅里達州，發現菸草粉蝨出現在新的寄主作物上，危害盆栽聖誕紅、具抗藥性及傳播新的植物病毒的能力，因此被認為是菸草粉蝨一新生物小種稱為 B-biotype、Florida-biotype 或 poinsettia biotype (Byrne and Miller, 1990)。所謂生物小種 (biotype) 為種 (species) 以下的分類階層，通常用來描述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 2002 年，菸草粉蝨有 41 個被研究的族群，其中 24 個族群已經被認定為特有生物小種，其餘則尚待確定 (Perring, 2001; Ko *et al.*, 2002)。

1993 年 Perring 等人基於菸草粉蝨 A、B 生理小種在基因組的差異及兩者具生殖隔離現象 (Barinage, 1993; Perring *et al.*, 1993)，認為 B-biotype 應為一新種稱為銀葉粉蝨 (silverleaf whitefly)，1994 年則正式將其命名為 *B. argentifolii* (Bellows *et al.*, 1994)。然並未被所有的學者所接受，迄今對銀葉粉蝨是否為一新種或是仍屬於一生物小種，仍被熱烈的討論著，尚未有定論。

由發現多個不同的生物小種，加上當初命名時用來描述銀葉粉蝨的形態特徵不穩定，無法適用於鑑定各生物小種（Campbell *et al.*, 1993; Rosell *et al.*, 1997; Frohlich *et al.*, 1999; Ko *et al.*, 2002），以及交尾行為試驗證實澳洲本地小種與 B 生物小種兩者的生殖隔離機制並不完全（De Barro and Hart, 2000），不符合生物種觀念的定義，因此單獨將 B 生物小種提升為一新種並不適當。目前大多數分類學者傾向銀葉粉蝨仍為菸草粉蝨 B-biotype，與其他生物小種統稱菸草粉蝨種群，目前已被歸納為新世界、泛世界、貝寧共和國及西班牙、印度、蘇丹、土耳其海南島、韓國及澳洲等 7 類群（Perring, 2001; Ko *et al.*, 2002）。台灣目前有三個生物小種（B, AN 及 Naurn），其中以 B 生物小種發生最為普遍（Ko *et al.*, 2005）本文作者接受將銀葉粉蝨歸納為菸草粉蝨種群，但為與其他生物小種區別，仍沿用銀葉粉蝨之俗名。

1990 年代後，由於生物技術迅速發展，鑑定菸草粉蝨的生物小種變得快速及更為精確。最先是利用蛋白質電泳分析（Costa and Brown, 1991; Liu *et al.*, 1992; Perring *et al.*, 1992; Byrne and Devonshire, 1993; Perring *et al.*, 1993），以及同功異構酶的分析（Frohlich *et al.*, 1999; Brown *et al.*, 2000）。而目前應用最為廣泛的分析技術則是增幅核酸多形性-聚合酶連鎖反應（RAPD-PCR），透過這種分析所建立不同生物小種的圖譜，可以比較正確區別其 20 個生物小種（Brown *et al.*, 1995; Rosell *et al.*, 1997; De Barro *et al.*, 1998; Wang *et al.*, 2004）。

銀葉粉蝨是高度廣食性的害蟲，其寄主植物估計超過 500 種以上（De Barro, 1995），分屬 74 科，尤其偏好豆科、菊科、葫蘆科、大戟科、錦葵科及茄科，其中包括多種蔬菜、瓜果、雜糧及觀賞之經濟作物，因此一旦遭受銀葉粉蝨危害，往往造成鉅大之經濟損失。在台灣銀葉粉蝨的寄主也非常廣泛（Chang, 1969; Ko *et al.*, 2002），其中最常見者有聖誕紅、非洲菊、花椰菜、洋香瓜、南瓜、番茄及茄子等。

銀葉粉蝨是以刺吸式口器吸食植物汁液，造成葉片產生斑點、皺縮，而所分泌大量的蜜露更導致煤煙病發生，影響作物光合作用，受害株葉片黃化、萎凋，影響產量甚鉅，嚴重時導致植株死亡。受到銀葉粉蝨之危害，不但產品品質降低，同時因防治粉蝨亦提高了生產成本。1991 年銀葉粉蝨在美國加州大發生，估計在亞利桑那州、加州、德州及佛羅里達州的農產品損失，分別約為 2-5 億美元（Oliveira *et al.*, 2001）。僅帝王谷（Imperial valley）一地，在一年內的農作物損失即高達一億美金（Natwick, 1994）。在 1990 年代，不同地區、不同國家多種作物受到銀葉粉蝨嚴重危害時有報導，

受害範圍橫跨蔬菜、觀賞及纖維等作物。如墨西哥、中美洲加勒比海及南美地區的甜瓜、西瓜、芝麻、黃豆、番茄、菸草、甜椒、秋葵、菜豆、甘藍等作物均嚴重受到銀葉粉蝨之危害造成經濟損失 (Davila, 1999; Oliveira *et al.*, 2001)。1990 年銀葉粉蝨在台灣盆栽聖誕紅嚴重發生後，漸擴大危害多種蔬菜瓜果，1994 年在苗栗後龍、雲林、台南及花蓮等地相繼爆發銀葉粉蝨，嚴重危害農作物包括花椰菜、芥藍、洋香瓜、胡瓜、番茄及茄子等作物，受害面積達 500 公頃 (Lin *et al.*, 1997)。

(二) 銀葉粉蝨傳播之病毒

1. Begomoviruses

在已確認的銀葉粉蝨傳播的植物病毒中，大多數為 Begomoviruses，此屬病毒所引起的徵狀包括黃色嵌紋、葉脈黃化或變厚、捲葉及生長停滯。Begomoviruses 廣布於世界各地並於多種作物上發生，如番茄、茄子、馬鈴薯、豆類、瓜類、甘藍、萵苣、甘藷、胡椒、木瓜、秋葵、菸草、棉及樹薯等。由於病毒遺傳物質的重組，在美國及歐洲地中海區域，相繼在番茄上發現不同 Begomoviruses 的複合感染，成為另一種農業的新風險 (Jones, 2003)。

根據 Jones (2003) 綜合報導，台灣有紀錄銀葉粉蝨傳播的 Begomoviruses 有 4 種，分別為霍香黃脈病毒 (*Ageratum yellow vein Taiwan*)、聖誕紅捲葉病毒 (*Poinsettia leaf curl virus*; PLCV)、甘藷捲葉病毒 (*Sweet potato leaf curl virus*; SPLCV) 及台灣番茄捲葉病毒 (*Tomato leaf curl Taiwan virus*; ToLCTWV)。此外，2002 年發現南台灣的木瓜上感染木瓜捲葉病毒 (*Papaya leaf curl virus*; PaLCV) (Chang *et al.*, 2003)。近年在洋桔梗及百日草上也發現由銀葉粉蝨傳播的雙生病毒 (Cheng *et al.*, 2005)。

在眾多的 Begomoviruses 中要以番茄黃捲葉病毒分布的最廣，危害最為嚴重，台灣亦不例外，番茄黃捲葉病毒在中南部番茄產地每年均造成嚴重的感染，影響產量甚鉅。歸納造成黃捲葉病毒流行的因素包括 (Green *et al.*, 2005)：盲目的使用農藥，導致粉蝨產生抗藥性；終年密集栽培粉蝨喜好的作物，如番茄、瓜類及豆類；銀葉粉蝨較其他菸草粉蝨各種生理小種更易傳播病毒，而且是在全球各地均為優勢種。

番茄黃捲葉病毒 (TYLCV) 主要的寄主為番茄，可以感染 5 科 15 種的植物，目前已分布於全球。銀葉粉蝨傳播此病毒時，取食時的獲毒時間約

為 20-60 min，接種病毒時間約 10-30 min，潛伏期為 10-24 h。黃捲葉病毒可以持續存在粉蝨體內 10-12 天，少數可以維持 20 天以上，但病毒並不會經卵傳播至子代粉蝨。粉蝨若蟲可以取食獲得病毒並於成蟲期傳播。黃捲葉病毒有各種的變異，尤其在印度（Abou-Jawdah, 1995）。

番茄感染黃捲葉病毒初期徵狀植株生長受阻，頂芽與側芽豎立，心葉變小成不規則的形狀，之後葉片呈現向下杯狀、葉色變淺及畸型，葉緣向上捲曲。番茄果實失去正常顏色及風味或早熟而無法上市。

2. Crinivirus

全球已紀錄由銀葉粉蝨傳播的 Crinivirus 有 5 種，包括：*Cucurbit yellow stunting disorder* (CYSDV)、*Lettuce chlorosis virus* (LCV)、*Lettuce infectious yellow virus* (LIYV)、*Sweet potato chlorotic stunt virus* (SPCSV) 及 *Tomato chlorosis virus* (ToCV)，屬 Closteroviridae 科。大多分布於美洲包括美國及其他中南美國家、中東地區及地中海國家。主要感染的植物包括瓜類、萵菜 (*veta vulgaris*)、萵苣、甘藷及番茄 (Jonse, 2003)。台灣在 2004 年首次紀錄由粉蝨傳播的 *Tomato chlorosis virus* (ToCV) 感染番茄及百日草 (Tsai, 2004)。

植物在感染 Crinivirus 後，植株黃化或矮化及葉片產生不規則退色斑駁等。粉蝨傳播 *Crinivirus* 為半持續型，可以維持病毒於體內的時間約為數天。在前述五種病毒中，其中以 *Tomato chlorosis virus* (ToCV) 最為重要，目前為 EPPO 地區的 A2 檢疫警戒名單。*Tomato chlorosis virus* 主要寄主是番茄，除百日草外，在葡萄牙則感染曼陀羅及龍葵。分布在歐洲、南非、美國、波多黎各及台灣。除了銀葉粉蝨外，溫室粉蝨與帶翅粉蝨也被證實可以傳播此病毒 (Wisler *et al.*, 1988)。

3. Ipomoviruses

已確認由銀葉粉蝨傳的 Ipomoviruses 據 Jonse (2003) 的報導有 *Cucumber vein yellowing virus* (CVYV)、*Squash yellow leaf curl virus* (SYLCV)、*Sweet potato mild mottle virus* (SPMMV) 和 *Sweet potato yellow dwarf virus* (SPYDV)。其中 *Sweet potato yellow dwarf virus* 於台灣有感染甘藷的紀錄，其他 3 種病毒在台灣尚未有發生的紀錄。

溫室粉蝨

(一) 分布與發生現況

溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)) 於 1856 年首次發現，原產巴西，目前已分布世界各地，尤其在歐洲等溫帶地區國家發生最為嚴重。寄主植物多達 82 科，350 種以上，其中以菊科、茄科、錦葵科、葫蘆科的植物最多 (Mound and Halsey, 1978)，危害多種作物的如瓜類、甜椒、蕃茄、萵苣等。1988 年左右溫室粉蝨在埔里設施栽培之非洲菊及美國芹菜大發生，其他受害的作物如大理花、菊花、報春花、吊鐘花、番茄、胡瓜等 (Wang *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 1988)。

溫室粉蝨偏好生長棲息於陰涼乾燥如溫室或設施內等環境，卵發育至成蟲需 23-26 日，因環境條件與寄主之不同而有差異，發育臨界低溫與高溫分別為 8 及 35°C (Hulspas-Jordaan and Lenteren, 1989)。一生總產卵數十至數百粒，因溫度與寄主而有不同。由於溫室粉蝨屬溫帶的昆蟲，加上銀葉粉蝨在各地猖獗發生，近年來，溫室粉蝨在台灣已經相當罕見，少有危害作物的情形發生。僅在北部秋冬及中部山區偶而發生。

(二) 溫室粉蝨傳播之病毒

相較於銀葉粉蝨，*Trialeurodes* spp. 傳播的病毒種類較少 (Jonse, 2003)，分別為 *Crinivirus* 屬 *Abutilon yellow sirus* (AbYV)、*Potato yellow vein virus* (PYVV)、*Sweet potato chlorotic stunt virus* (SPVYV)、*Tomato chlorosis virus* (ToCV) 及 *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV)；*Closterovirus* 屬 *Beet pseudoyellow virus* (BPYV) 及 *Diodia vein chlorosis virus* (DVCV)。

溫室粉蝨是 *Trialeurodes* 屬中最重要的媒介昆蟲，可以傳播 BPYV、PYVV 及 TICV 及 ToCV 等病毒，*Trialeurodes* 屬其他粉蝨的帶翅粉蝨則傳播 AbYV、DVCV、ToCV 及 SPVYV。此外，在埃及研究報導蓖麻粉蝨會傳播雙生病毒科之番茄黃捲葉病毒 (TYLCV)，但至今仍未獲確認。除溫室粉蝨其他兩種粉蝨在台灣尚無紀錄。而 ToCV 及 TICV 在台灣有發生之紀錄 (Tsai, 2004)。

參考文獻

Abou-Jawdah, Y. 1995. Serological reactivity of tomato yellow leaf curl

- geminivirus isolates from Lebanon with heterologous monoclonal antibodies. *Phytopathologia Mediterranea* 34: 35-37.
- Barinaga, M. 1993. Is devastating whitefly invader really a new species? *Science* 259: 30.
- Bellows Jr., T. S., 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.
- Brown, J. K., D. R. Frohlich, and R. C. Rosell. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annu. Rev. Entomol.* 40: 511-534.
- Brown, J. K., T. M., Perring, A. D. Cooper, I. D. Bedford, and P. G. Markham. 2000. Genetic analysis of *Bemisia* populations by isoelectric focusing electrophoresis. *Biochem. Genet.* 38: 13-25.
- Byrne, D. N., and W. B. Miller. 1990. Carbohydrate and amino acid composition of phloem sap and honeydew produced by *Bemisia tabaci*. *J. Insect Physiol.* 36: 433-439.
- 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.
- Campbell, B. C., J. E. Duffus, P. Baumann, A. C. Bartlett, and N. J. Gawel. 1993. Determining whitefly species. *Science* 261: 1333.
- 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)
- Chang, L. S., Y. S. Lee, H. J. Su, and T. H. Hung. 2003. First report of *Papaya leaf curl virus* infecting papaya plants in Taiwan. *Plant Dis.* 87: 204.
- Cheng, Y. H., C. C. Chen, and C. A. Chang. 2005. Whitefly-transmitted geminiviruses in ornamental plants and their control strategies in Taiwan. *Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy.* p. 95-105.

- 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.
- Costa, H. S., J. K. Brown, S. Sivasupramaniam, and J. Bird. 1993. Regional distribution, insecticide resistance, and reciprocal crosses between the A and B biotypes of *Bemisia tabaci*. Insect Sci. Appl. 14: 255-266.
- Davila, A. G. H. 1999. La mosca blanca (Homoptera: Aleyrodidae) en Guatemala. In: VII Taller Latinoamericano y del Caribe Sobre Moscas-Blancas y Geminivirus. IPA, Recife, PE, Brazil, pp. 125-126.
- De Barro, P. J., and P. J. Hart. 2000. Mating interactions between two biotypes of the whitefly, *Bemisia tabaci* in Australia. Bull. Entomol. Res. 90: 103-112.
- De Barro, P. J., W. Liebrechts, and M. Carver. 1998. Distribution and identity of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in member countries of the Secretariat of the Pacific Community. Aust. J. Entomol. 37: 214-218.
- 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.
- Green, S. K., W. S. Tsai, S. L. Shih, Y. C. Huang, and L. M. Lee. 2005. Diversity of geminiviruses of tomato and weed in Asia. Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy. p. 19-66.
- Hulspas-Jordaan, P. M., and J. C. van Lenteren. 1989. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Traialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aphelinidae) XXX. Modeling population growth of greenhouse whitefly on tomato. Agricultural University Wageningen paper. 89: 1-54.
- Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. Eur. J. Plant Pathol. 109: 195-219.
- Ko, C. C., C. N. Chen, and C. H. Wang. 2002. A review of taxonomic studies on the *Bemisia tabaci* species complex. Formosan Entomol. 22: 307-341. (in

Chinese)

- Ko, C. C., S. C. Chang, and C. C. Hu. 2005. Survey of the whitefly status and their transmission of plant viruses in Taiwan. Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy. p109-131.
- Lemonick, M. D. 1991. Invasion of the superbug. Time Nov. 25: 84.
- Lin, F. C., T. H. Su, and C. L. Wang. 1997. Effect of temperature on development and reproduction of silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) and its population fluctuation on poinsettia. Chinese J. Entomol. 17: 66-79. (in Chinese)
- Lin, F. C., T. T. Hsieh, and C. L. Wang. 2005. Occurrence of whiteflies and their integrated management in Taiwan. Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy. p. 243-255.
- Liu, T. S. 1988. Investigation on morphology and damage of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood and chemical control. Bulletin of Taichung District Agricultural Research and Extension Station. 21: 33-41.
- Liu, H Y., S. Cohen, and J. E. Duffus. 1992. The use of isozyme patterns to distinguish sweetpotato whitefly (*Bemisia tabaci*) biotypes. Phytoparasitica 20: 187-194.
- Mound, L. A., and S. H. Halsey. 1978. *Bemisia tabaci* (Gennadius) pp. 118-124, Whitefly of the World. British Museum (Natural History), New York.
- Mullins, C. A., and R. A. Straw. 1993. Cantaloupe varieties for fall production in Tennessee. Tennessee Farm and Home Sci. 165: 111-113.
- Natwick, E. T. 1994. Silverleaf whitefly control in cotton using insecticides and an insect growth regulator. pp. 896-900. In: Herber, D. J., and Richter D. A. (Eds.). Proceedings Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council, Memphis, TN.
- 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.

- Perring, T. M. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.* 20: 725-737.
- Perring, T. M., A. Cooper, and D. J. Kazmer. 1992. Identification of the poinsettia strain of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on broccoli by electrophoresis. *J. Econ. Entomol.* 85: 1278-1284.
- 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.
- 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.
- Tsai, W. S., S. L. Shih, S. K. Green, P. Hanson, and H. Y. Liu. 2004. First report of the occurrence of *Tomato chlorosis virus* and *Tomato infectious chlorosis virus* in Taiwan. *Plant Dis.* 88: 311.
- Wang, C. C. 1988. The newly invaded insect pests on horticultural crops in Taiwan. *Chinese J. Entomol., Spec. Pub.* 2: 145-153.
- Wang, C. H., C. D. Ko, C. C. Liu, and C. N. Chen. 2004. Development of rapid identification of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae) by PCR. *Formosan Entomol.* 22: 229-246. (in Chinese)
- Wisler, G. C., J. E. Duffus, H. Y. Liu, and R. H. Li. 1998. Ecology and epidemiology of whitefly transmitted closteroviruses. *Plant Dis.* 82: 270-280.