

薊馬在 *Tospovirus* 病害上的角色及其防治

黃莉欣^{1,2}、蘇文瀛¹

¹ 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 農藥應用組

² 聯絡作者，電子郵件：lh Huang@tactri.gov.tw；傳真：04-23321478

摘 要

番茄斑萎病毒屬(*Tospovirus*)為茄科及葫蘆科蔬菜上重要的植物病毒種類之一，亦是唯一經由薊馬傳播的植物病毒。全世界已記錄蟲媒薊馬有11種，均屬於薊馬科(Thripidae)中的薊馬亞科(Thripinae)。台灣已知蟲媒有南黃薊馬可傳播西瓜銀斑病毒、彩色海芋黃斑病毒、甜瓜黃斑病毒及小黃薊馬傳播花生黃化扇斑病毒。薊馬是以持續性方式傳播植物病毒，由一齡幼蟲來獲毒，再經發育變態過程將病毒由中腸轉移至成蟲的唾腺，於成蟲期才具有傳播植物病毒的能力。為了減少薊馬傳播番茄斑萎病毒屬病害的機會，成蟲期是主要的防治重點，除噴施化學藥劑外，也可配合藍色黏紙誘捕成蟲。

關鍵字：纓翅目、薊馬、番茄斑萎病毒屬、薊馬防治

The roles of thrips (Thysanoptera) in transmitting *Tospovirus* of plants and thrips control

L. H. Huang^{1,2} and W. Y. Su¹

¹ Department of Pesticide Application, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, R. O. C.

² Corresponding author, E-mail: lhhuang@tactri.gov.tw; Fax: 04-23302101

Abstract

Tospovirus, a serious plant virus attacking crops of Solanaceae and Cucurbitaceae is transmitted only by thrips. Eleven species of thrips in Thripinae of the family Thripidae have been recorded to be vectors of tospoviruses. In Taiwan, *Thrips palmi* was reported transmitting *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV), *Calla lily chlorotic spot virus* (CCSV) and *Melon yellow spot virus* (MYSV), whereas *Scirtothrips dorsalis* was reported as vector of *Peanut chlorotic fan-spot virus* (PCFV). In general, viral particles were ingested by thrips larvae, in the process of metamorphosis the virion move through the foregut into the midgut and then enter the salivary glands in the adult stage. Since the mode of tospovirus transmitted by thrips is persistent, suppression of thrips density by effective applications of insecticides and adult-trapping using blue sticky papers are important measures to reduce the propagation of tospovirus disease in cucurbit field.

Keywords: Thysanoptera, thrips, *Tospovirus*, thrips control

緒 言

薊馬是纓翅目(Thysanoptera) 昆蟲唯一的種類，其體形微小、細長，體長約0.5-14mm，翅呈纓翅狀。纓翅目分為錐尾亞目(Terebrantia)及管尾亞目(Tubulifera)二亞目。此二亞目薊馬有不同的取食偏好，在人類經濟上具有不同的影響地位⁽³⁸⁾。全世界已知薊馬種類有8科5000多種，其中93%的種類分別屬於錐尾亞目中的薊馬科(Thripidae)及管尾亞目的管尾薊馬科(Phlaeothripidae)⁽⁴³⁾。薊馬在台灣已記錄者有234種，其中錐尾亞目佔120種，而與農作物經濟重要性有關的薊馬則有22種⁽²⁾。薊馬喜棲息在隱匿的場所，如葉背絨毛下、花器內或果萼內，若不仔細觀察，很容易忽略牠們的存在。1975年南黃薊馬(*Thrips palmi* Karny)在中、南部瓜園普遍發生後，引起農政單位的重視，也使得南黃薊馬在蔬菜瓜果類害蟲上，甚至花卉害蟲上，具有舉足輕重的地位。

Bunyaviridae 病毒包括 *Orthobunyavirus*、*Hantavirus*、*Nairovirus*、*Phlebovirus* 及 *Tospovirus* 等五屬(genus)，可感染動物及植物，分佈遍及全球，包括溫帶、熱帶、亞熱帶地區。*Bunyaviridae* 病毒具有很強的致病力與傳染力，其中 *Tospovirus* 是唯一可感染植物的種類⁽²⁵⁾。*Tospovirus* 主要是藉由薊馬以永續性的方式傳播，植物一旦遭感染，將引起萎凋，嚴重時全園枯死，造成農民極大的經濟損失。

目前確認是蟲媒薊馬的種類有11種，均屬於薊馬科中的薊馬亞科(Thripinae)，其中 *Frankliniella* spp. 佔了六種，其次是 *Thrips* spp. 有三種^(42, 56, 57, 63)。薊馬傳播植物病毒的方式是一齡幼蟲獲毒後，經發育變態過程將病毒轉移至成蟲的唾腺內，故僅成蟲期才能傳播病毒，與同翅目中蚜蟲及葉蟬獲毒後即可傳播的方式完全相異^(36, 41, 45, 50)。薊馬與番茄斑萎病毒屬(*Tospovirus*)之間相互作用關係的研究，國外已研究多年，以西方花薊馬(*Frankliniella occidentalis* (Pergande))與 *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) 的研究居多。國內於1992年提出南黃薊馬是西瓜銀斑病毒(*Watermelon silver mottle virus*, WSMoV)的蟲媒之後⁽⁶⁹⁾，於1996年再報導小黃薊馬(*Scirtothrips dorsalis* Hood)可傳播花生黃化扇斑病毒(*Peanut chlorotic fan-spot virus*, PCFV)⁽²³⁾，至2005年再度發現南黃薊馬可傳播彩色海芋黃斑病毒(*Calla lily chlorotic spot virus*, CCSV)⁽²²⁾。以上三篇文章均僅提出蟲媒薊馬的種類，有關薊馬與病毒間的相關研究則仍闕如，可能與薊馬室內大量飼養技術的瓶頸有關外，目前國內從事相關研究者均以植物病毒學者為主。本研究室所建立的室內飼養薊馬的技術已成熟，又見相關研究幾乎不復見，2005年大膽嘗試跨領域從事蟲媒薊馬的研究，目前的研究仍在初期階段，以確立人工飼養薊馬傳毒技術及建立相關基礎資料為主，作為將來進一步研究及防治的基石。故本文以文獻摘述為主，並提出我們初步研究的結果，期能藉由此次的研討會，獲得各方學者的建議與指導，為未來研究之路奠下良好的基礎。

薊馬形態、生活史特徵與取食行為

薊馬是纓翅目 (Thysanoptera) 昆蟲唯一的種類，因翅的邊緣長有明顯的纓毛而得名，也是明顯辨識的特徵之一。另外，可從腹部末端呈錐狀或管狀的外部構造及產卵管的位置而明顯區分出錐尾亞目及管尾亞目⁽³⁸⁾ (圖一)。

薊馬體形微小細長，大部分種類體長約 0.5-2mm，在熱帶或亞熱帶地區有部分管尾亞目的蟲體可長達 15mm^(38,40)。薊馬體色多樣化，肉眼檢視有呈白色、淡黃色、褐色、暗褐色或黑色，從顯微鏡下檢視頭、胸、腹的體色則有呈現不同色澤的情形，依種類而有不同。幼期與成蟲期體色不完全相似，有些種類雄蟲及雌蟲的體色也不相同，如台灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* (Trybom)) 雄蟲呈淡黃色，雌蟲呈褐色。

薊馬的卵呈半透明之腎臟形。雌成蟲將卵產在植物組織內如葉肉組織，孵化的幼蟲便開始取食，幼蟲期有兩個齡期，接著進入靜止期 (quiescent stage)，亦分為二期，稱為前蛹及蛹期。過去學者們都認為薊馬屬不完全變態昆蟲，靜止期為翅的長成與生殖系統的成熟，身體內部結構的變化不大，然而，Moritz⁽³⁹⁾ 觀察 *Hercinothrips femoralis* Reuter、葱薊馬 (*Thrips tabaci* Lindeman)、*Frankliniella tenuicornis* Uzel、西方花薊馬等四種薊馬的發育變態時，發現二齡幼蟲至成蟲期除翅的形成及生殖系統的成熟外，其體內組織如肌肉系統、神經系統、消化系統、感覺器官等各方面均有極大的變化，尤其在靜止期，幼蟲期原有的器官與結構會被打破並重組、再生，因此，認為薊馬的發育變態應歸屬於完全變態。

植食性薊馬從卵至成蟲一生的生長發育有些種類均在植物體上完成如腹鉤薊馬 (*Rhamphothrips quintus* Wang)，有些種類在進入靜止期時會遷移至土中化蛹，待羽化為成蟲時，再回到植物體上，故卵、幼蟲及成蟲期均在植物體上完成其生長發育，如南黃薊馬、小黃薊馬。

薊馬各齡期發育所需時間長短與溫度、寄主植物有關。南黃薊馬以茄葉飼養在 15、21、25、30、35°C 五種溫度下⁽¹⁶⁾，發現南黃薊馬在 35°C 下，從卵至成蟲的存活率僅 4-8%，成蟲壽命也僅有 2.8-2.9 日，不產卵，推測 35°C 可能不適合南黃薊馬的生存。15-30°C 四種溫度，從卵至成蟲存活率分別為 62.3、42.1、80.3 及 55.8%，全期發育所需時間分別為 29.9、19.6、12.3 及 10.4 日，其中以卵期所需時間最長 (表一)。雌蟲壽命則隨溫度的升高而縮短，分別為 21.6、20.2、15.4 及 9.7 日。雌蟲總產卵數及產卵速率以飼養在 25°C 下者為最大，但其產卵期最短約 21 日，平均每隻雌蟲的產卵數為 57.1 粒 (表二)。從發育時間、成蟲壽命及產卵數的結果顯示 25~30°C 為南黃薊馬發育生長最適的溫度。

薊馬的生殖方式包括兩性生殖 (sexual reproduction) 與孤雌生殖 (parthenogenesis) 兩類。孤雌生殖的雌蟲可不經交尾而產卵，可分為產雄性孤雌生殖 (arrhenotoky)、產雌孤雌生殖 (thelytoky) 及產雙性孤雌生殖 (amphitoky) 三種型式^(3, 5, 19, 38)。錐尾薊馬中幾種具經濟重要性的薊馬如西方花薊馬、南黃薊馬、台灣花薊馬、小黃薊馬等均能行產雄孤雌生殖，雌蟲在密度極低時，可產下雄蟲，增加交尾機會，以延續其族群的發展⁽²⁾。

薊馬利用不對稱的口器以穿刺 (pierce) 及吸食 (suck) 二種行為共同使用來取食植物，雖屬刺吸式，但其取食行為與一般刺吸式昆蟲如蚜蟲、葉蟬及粉蝨利用口針直接穿刺至植物組織如導管、篩管內吸食植物汁液是不同的⁽³⁴⁾。薊馬口器位於頭下方，由左上顎(mandible)、一對小顎(maxillae)及上唇(labrum)、下唇(labium)形成口錐 (mouthcone)，口錐的前端被覆側舌(paraglossae)，側舌上有感覺器，主司嗅覺或味覺。當口張開時，側舌會形成V字型與馬蹄型的上唇褥盤(labral pad)共同支撐左大顎及小顎，以利左大顎上下穿刺較堅硬的植物組織如細胞壁，形成一小孔洞，再藉由一對短小的小顎針連結成一管狀，以插入左大顎形成的孔洞內吸食植物汁液^(34, 40)。因此，左大顎是用來戳刺植物組織細胞，小顎則形成針狀，以吸食經大顎戳破流出的植物汁液。薊馬即利用此種穿刺與吸食兩種取食方式完成對植物病毒之獲毒及傳毒的行為。

薊馬與番茄斑萎病毒屬的關係

番茄斑萎病毒屬(*Tospovirus*)是目前唯一經由薊馬傳播的植物病毒，且蟲媒薊馬僅屬於薊馬科中的薊馬亞科^(42, 56, 57, 63)。目前薊馬亞科已確定有 1700 種，其中已記錄是 tospoviruses 的蟲媒有 11 種(表三)，分別為台灣花薊馬、西方花薊馬、煙草花薊馬 (*Frankliniella fusca* (Hinds))、梳缺花薊馬(*Frankliniella schultzei* (Trybom))、*Frankliniella zucchini* Nakahara & Monteiro、蔥薊馬、日本煙草薊馬(*T. setosus* Moulton)、南黃薊馬、小黃薊馬、*Ceratothripoides claratris* (Shumsher)、*Frankliniella bispinosa* (Morgan)^(18, 22, 23, 30, 42, 47, 48, 52, 54, 56, 63, 64, 69)。其中台灣花薊馬、蔥薊馬、南黃薊馬、小黃薊馬及梳缺花薊馬等五種在台灣均有分布⁽²⁾，前四種為蔬菜、瓜果類及果樹上重要的害蟲，梳缺花薊馬有深色型及淡色型，其中深色型為 *Tospovirus* 之蟲媒^(2, 44)，但其在田間的發生密度不高。

薊馬取食病毒後，virion 會由前腸移行至中腸後，與位於中腸上皮細胞的接受體結合，並在中腸進行複製，接著感染中腸環狀及縱狀肌肉細胞，隨著昆蟲發育變態過程中各器官的重組及再生的過程，病毒會感染中腸與唾腺連接的韌帶 (ligament)，而將病毒移轉至成蟲的唾腺^(36, 41)。幾位學者發現 TSWV 的非結構性蛋白質及核蛋白均可存在於薊馬中腸上皮細胞、內臟肌肉細胞及唾腺內，此觀察結果推論，TSWV 在薊馬體內移轉方式與一般持續性病毒，從腸細胞移入體液內，再至唾腺的路徑不同^(36, 49, 50)。

薊馬以持續性繁殖型方式傳播番茄斑萎病毒屬的病毒。tospoviruses 能否經由薊馬來傳播與薊馬種類及獲毒的蟲期有相當大的關係。van de Wetering et al.⁽⁶¹⁾ 指出，TSWV 被一齡幼蟲獲毒後，其成蟲傳毒率為 47%，若於二齡幼蟲期獲毒者，成蟲傳毒率低於 12%，可見，隨著幼蟲的發育，其獲毒能力逐漸降低。成蟲期若取食罹病植株時，雖可帶毒，但無法傳播病毒，不同 TSWV 的分離株所得結果亦均相同^(49, 53, 58, 59, 60, 61)。Moritz et al.⁽⁴¹⁾ 以西方花薊馬的個體發生學(ontogeny)來觀察 *Impatiens necrotic spot virus* (INSV) 在薊馬體內的繁殖變化，結果也顯示一齡幼蟲期是主要獲毒關鍵期，而病毒能否進入唾

腺，則必需經由發育變態時各器官重組的過程方能將病毒移轉至唾腺，且僅存在於成蟲的唾腺。於成蟲期獲毒者，多僅存在於中腸上皮細胞，少有移動至其他器官，且隨著感染時間的增加，病毒含量也隨之減少⁽⁵³⁾，少數例子會擴展至中腸附近的肌肉細胞⁽²⁰⁾，但無法到達唾腺，也因此，成蟲期雖感染病毒，卻不具有傳毒的能力。由此可見，唾腺在薊馬獲毒與傳毒過程中扮演著極為重要的角色。薊馬生活環與傳播 *tospoviruses* 之相關性如圖二所示。*topoviruses* 雖在薊馬體內繁殖，並以持續性的傳播方式來傳染病毒，然而並不會經卵傳播^(65, 66)。

薊馬種類與 *tospoviruses* 種類或分離株間具有一定程度的專一性。並非帶毒的薊馬均具有感染力^(51, 61)，例如南黃薊馬幼蟲體內可偵測到 *Chrysanthemum stem necrosis virus* (CNSV)，但成蟲卻無法傳毒⁽⁶³⁾。葱薊馬幼蟲獲得 *Groundnut ringspot virus* (GRSV) 及 *Tomato chlorotic spot virus* (TCSV) 二種病毒後，體內無法偵測到該二種病毒，也無法傳播此二種病毒^(63, 64)，此結論說明了 *tospoviruses* 與其蟲媒薊馬間存在著相當微妙的關係。病毒能否在薊馬體內繁殖進而傳播病毒，與病毒及薊馬中腸上皮細胞的相容性有關外，是否能轉移至唾腺才是主要的關鍵點。此也可能是薊馬種類繁多，但能成為蟲媒者，卻僅有 11 種的主要原因！

國內薊馬與 *tospoviruses* 關係的研究概況

1992 年南黃薊馬被證實是 WSMoV 的蟲媒⁽⁶⁹⁾ 之後，有關南黃薊馬與此病毒的相關研究極為少見，均以該病毒的特性為主要研究方向，可能與南黃薊馬室內大量飼養技術上的瓶頸有關。本研究室經兩年的研究，已建立室內大量飼養均一齡期薊馬的技術，也在因緣際會下，2005 年開始接觸蟲媒的研究。因此，國內對薊馬與 *tospoviruses* 關係的研究仍有許多空間值得研究探討。

國內已知 *Tospovirus* 的種類有西瓜銀斑病毒⁽⁶⁹⁾、彩色海芋黃斑病毒⁽²²⁾、甜瓜黃斑病毒 (*Melon yellow spot virus*, MYSV) (Chen et al., unpublished)、花生黃化扇斑病毒⁽²³⁾ 及蝴蝶蘭 *Capsicum chlorosis virus* (CaCV)⁽²⁴⁾ 等五種。目前已有記錄的蟲媒僅有二種，一為南黃薊馬傳播西瓜銀斑病毒⁽⁶⁹⁾ 及彩色海芋黃斑病毒⁽²²⁾，2006 年新發現的甜瓜黃斑病毒經本研究室以室內獲毒傳毒試驗，證實也是由南黃薊馬所傳播。另一蟲媒是小黃薊馬，已確知可傳播花生黃化扇斑病毒⁽²³⁾。傳播蝴蝶蘭 CaCV 之薊馬種類目前不詳。WSMoV 在瓜類上為 *tospoviruses* 主要發生的種類，苗期及定植初期若疏忽對南黃薊馬的防治，恐將造成流行病，引起植株枯萎，嚴重者，全園瓜苗萎凋，導致無法收成，農民的經濟損失極為慘重。MYSV 在今年的調查中也陸續被偵測到，其發生的頻度持續在追蹤中。

瓜類上發生的薊馬種類已記錄者有 8 種，包括錐尾亞目薊馬科 7 種，分別是台灣花薊馬、椽果花薊馬 (*Megalurothrips typicus* Bagnall)、豆薊馬 (*Megalurothrips usitatus* (Bagnall))、淡色薊馬 (*Thrips flavus* Schrank)、花薊馬 (*Thrips hawaiiensis* (Morgan))、南

黃薊馬、葱薊馬及管尾亞目管尾薊馬科的中國薊馬(*Haplothrips chinesis* Priesner)⁽⁷⁾。2005年調查不同瓜園內發生的薊馬種類，結果顯示，葉片上發生的薊馬種類中南黃薊馬佔97%以上，其次為小黃薊馬及台灣花薊馬；而花上發生的種類有南黃薊馬、台灣花薊馬及花薊馬，其中台灣花薊馬佔88%以上(表四)，可見，瓜園主要發生的薊馬種類為南黃薊馬及台灣花薊馬⁽¹⁷⁾。南黃薊馬已確知是WSMoV、CCSV及MYSV的蟲媒，台灣花薊馬在文獻記錄上為TSWV及TCSV蟲媒⁽⁶⁴⁾，但此兩種病毒在台灣尚未有記錄。由於台灣花薊馬為瓜園內主要的薊馬種類之一，也是tosporiviruses的蟲媒之一，為了了解台灣花薊馬能否傳播WSMoV，本研究室於室內進行獲毒傳毒試驗，結果顯示接種35株西瓜苗均呈負反應，顯示，台灣花薊馬能傳播WSMoV的機率相當微小。

從文獻資料得知薊馬僅在幼蟲期獲毒，至成蟲期才能傳毒，尤其是一齡初幼蟲獲毒者，其成蟲傳播率最高^(41, 61)。由於南黃薊馬在二齡幼蟲末期會入土化蛹，如何確保帶毒成蟲能夠完全回收，以利進一步研究的進行，為此，本研究室建立一套薊馬獲毒傳毒的方法⁽¹⁷⁾，將確定感染WSMoV之病葉作為薊馬獲毒的來源，取約1cm x 1cm之病葉置於指形管(1.5cm(D) x 4.5cm(H))內，接入室內飼養之南黃薊馬一齡幼蟲，2天後將病葉取出，更換為花豆葉，繼續飼養至成蟲，羽化1-2天之成蟲則接種在試驗植株上，為能確定帶毒成蟲能停留在葉片上取食，將壓克力板設計一凹槽以限制成蟲活動範圍(圖四)，經2-3天傳毒後，將薊馬成蟲取出並保存於-80°C，作為後續分析用。植物接種14-30天後，以ELISA或RT-PCR檢測有否傳毒成功。133株接種的植株，以ELISA檢測其接種成功率為27.8%。為了能更確立接種成功率，後改以RT-PCR進行檢測。接種92株植株中有63株呈現正反應，檢出率高達68.5%(表五)。顯示該獲毒傳毒的方法是可提供應用。由於WSMoV很難以人工機械接種在瓜苗上，目前室內培養病毒的方式是以薊馬傳毒方式來維持。從表五的結果也顯示薊馬獲毒寄主植物不同，其傳毒率不同，以獲毒自奎藜(*Chenopodium quinoa*)的傳毒率最低，來自西瓜者傳毒率最高(85%)，而來自冬瓜及煙草的傳毒率分別為71.1及60%，可見，寄主植物感染病毒呈系統性病徵者，可提高薊馬獲毒機會，增加成蟲的傳播率。

薊馬的防治

南黃薊馬的防治方法有物理防治法、化學防治法及大量誘殺法。物理防治法係以銀色塑膠布或可濾除紫外光之塑膠布覆蓋於畦面，其目的為忌避效果。化學防治是壓制薊馬族群密度最主要的方法，瓜園可使用的藥劑種類請參考植保手冊或至農業藥物毒物試驗所植物保護資訊系統查詢。大量誘殺法係利用藍色黏紙或黏帶懸掛於田間誘殺成蟲。據西野及小野⁽¹³⁾之報導指出露地栽植的茄子，每100m²設置300條至500條之青色黏帶，三個月後被果害率可減少3.6%~4.8%。Kawai and Kitamera⁽³³⁾利用族群模式(population model)模擬評估防治效果，他們認為苗期若將薊馬密度控制在每葉0.001~0.002隻以下，定植後的族群發展較為緩慢，不會超過原來的10倍。在本田用藥防治方

面，Kawai and Kitamera⁽³³⁾認為若每葉密度低於 0.01 隻雌成蟲時，施藥次數可少於 10 次，施藥次數隨著密度的增加而增加。定植後，為了降低薊馬的遷入為害，可利用濾紫外光塑膠布或銀色塑膠布作阻絕^(32, 33)。

南黃薊馬的天敵，國內外記錄有捕食性椿象 9 種、捕食性薊馬 1 種、捕食性蟎 4 種、寄生蜂 2 種，蟲生真菌 2 種及線蟲 1 種。捕食椿象中以花椿象科(Anthocoridae)種類最多，台灣茄園常見捕食南黃薊馬的椿象有小黑花椿象(*Orius sauteri* (Poppius))及盲椿象科(Miridae)之斑腿盲椿象(*Campylomma chinensis* Schuh)^(1, 62)。捕食性薊馬 *Franklinothrips vespiformis*、捕植蟎 *Amblyseius* spp. 及 *Phytoseius* spp. 等均有捕食南黃薊馬的記錄^(4, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 21, 46)。蟲生真菌 *Neozygites parvispora* 及 *Beauveria bassiana* 可寄生在南黃薊馬之成蟲及幼蟲體上，使其罹病死亡，其中以 *B. bassiana* 具有應用之潛力^(4, 12, 55)。蟲生線蟲 *Steinernema feltiae* (DD-136) 亦有使南黃薊馬致病死亡之記錄，但致病性低⁽⁴⁾。薊馬的天敵雖然不少，但目前實際開發應用者以捕食性天敵為主，花椿象科中 *Orius* 的種類最受青睞^(6, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 37, 45, 67, 68)。雖然薊馬的天敵種類不少，但薊馬的世代短且繁殖能力強，要完全依賴捕食性天敵來壓制族群密度是有相當的困難。由於薊馬蟲體小，繁殖速率快，主要的防治方法仍以化學藥劑為主，建議在薊馬密度高時，先以藥劑防治降低族群密度後，再施以捕食性天敵以控制族群密度，降低再猖獗的機會。

薊馬傳播植物病毒是一齡幼蟲獲毒，成蟲傳毒，故主要傳播者是成蟲期。為了降低病源的蔓延，成蟲期是主要的防治對象，建議本田內除依密度變化不定期施用化學藥劑防治外，可設置藍色黏紙以誘捕成蟲。若採用大量誘殺法防治時，每 10m² 設置一張藍色黏紙。

結語與展望

番茄斑萎病毒屬是 Bunyaviridae 科中唯一感染植物的種類，也是唯一由薊馬傳播的病毒。由於西方花薊馬的擴散蔓延，使得番茄斑萎病毒所引起的病害更加嚴重，也受到植物病理學家的重視，並投入相當多的研究心力，也因此，番茄斑萎病毒屬的病毒種類不斷地被發現。番茄斑萎病毒屬與蟲媒薊馬之間存在著相當微妙的關係，也因為分子生物學的發展，才能獲得更進一步的瞭解。雖然如此，然而兩者的關係仍存在一些謎題尚未獲得解答，仍具有很多的研究空間，值得探討，國內發現的西瓜銀斑病毒就是其中一例。經接種試驗的結果顯示，西瓜銀斑病毒不易以人工方式將病毒接種於健康瓜苗上，卻可以經由南黃薊馬繼代培養，西瓜銀斑病毒與南黃薊馬之間的關係為何？值得進一步探討。國內薊馬與 tospoviruses 之間關係的研究，仍在起步階段，希望因薊馬的加入，能為國內 tospoviruses 的研究開始另一扇研究之路。

誌 謝

本文之研究經費由行政院農委會農業藥物毒物試驗所科技計畫 95 農科-13.1.2-藥-P1 經費補助。感謝國立中興大學植物病理學系葉錫東教授及亞洲大學生物科技與生物資訊學系陳宗祺助理教授提供西瓜銀斑病毒抗體及專一性引子，以進行 ELISA 及 RT-PCR 檢測。

參考文獻

1. 王清玲. 1994。南黃薊馬天敵：中華斑腿盲椿象與曹氏小黑花椿象之捕食能力. 植保會刊 36: 141-154。
2. 王清玲. 2002。台灣薊馬生態與種類：纓翅目錐尾亞目。農業試驗所特刊第 99 號。行政院農業委員會農業試驗所 編印。臺中。328 頁。
3. 王清玲、朱耀沂. 1990。南黃薊馬之生殖機制。III. 孤雌與兩性生殖所產蟲體之發育與性比。中華昆蟲 10: 125-132。
4. 王清玲、陳文雄. 1993。南黃薊馬之防治. 蔬菜保護研討會專刊 中華植物保護學會特刊新一號: 182-195。
5. 王清玲、朱耀沂、羅幹成. 1989。南黃薊馬之生殖機制。I. 雌蟲之產卵。中華昆蟲 9: 251-261。
6. 王清玲、李平全、吳炎融. 2002。薊馬天敵—小黑花椿象(*Orius strigicollis*)之繁殖與利用。農作物害蟲與害蟎生物防治研討會專刊 台灣昆蟲特刊 3: 157-174。
7. 王清玲、羅幹成、朱耀沂. 1987。台灣為害瓜類薊馬之辨識方法。中華農業研究 36: 429-434。
8. 永井一哉. 1990。露地栽培ナスにおけるハナカメムシ *Orius* sp. によるミナミキイロアザミウマの密度抑制效果。応動昆 34: 109-114。
9. 永井一哉. 1990。ミナミキイロアザミウマの天敵ハナカメムシ *Orius* sp. に対する各種藥劑の影響。応動昆 34: 321-324。
10. 永井一哉. 1991。ミナミキイロアザミウマ, カンザワハダニ, ワタアブラムシに対するハナカメムシ *Orius* sp. の捕食特性。応動昆 35: 269-274。
11. 永井一哉、平松高明、逸見 尚. 1988。ハナカメムシ *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) によるミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) の密度抑制について。応動昆 32: 300-304。
12. 西東 力. 1991。昆虫病原糸狀菌 *Beauveria bassiana* によるミナミキイロアザミウマの防除。応動昆 35: 80-81。
13. 西野敏勝、小野公夫. 1984。ミナミキイロアザミウマに対する青色粘著リボン(青竜)の防除效果。九州農業研究 46:124。
14. 何琦琛、陳文華. 2001。馬氏捕植蟎及少毛捕植蟎捕食南黃薊馬之生活史和捕食量。台灣昆蟲 21: 321-328。

15. 張念台、華真、劉至上。1995。褐帶翅管薊馬 *Aleurodothrips fasciapennis* (Franklin) (Thysanoptera, Phlaeothripidae) 之形態與捕食習性觀察。植保會刊 37: 403-411.
16. 黃莉欣、陳秋男。2004。溫度對茄葉上南黃薊馬生活史特徵之影響。植保會刊 46: 99-111。
17. 黃莉欣、林美雀、陳宗祺、蘇文瀛、葉錫東。2006。瓜園薊馬種類調查及其媒介 *Tospovirus* 之初探。植保會刊 48: 360.
18. Amin, P. W., Reddy, D. V. R. and Ghanekar, A. M. 1981. Transmission of tomato spotted wilt virus, causal agent of bud necrosis of peanut, by *Scirtothrips dorsalis* and *Frankliniella schultzei*. Plant Dis. 65: 663-665.
19. Ananthakrishnan, T. N. 1984. Bioecology of thrips. Indira Publishing House, Michigan. 233 pp.
20. Assis, F. F. d., Deom, C. M., and Sherwood, J. L. 2004. Acquisition of *Tomato spotted wilt virus* by adults of two thrips species. Phytopathology 94: 333-336.
21. Chang, N. T., Hung, C. T., Hua, T., and Ho, C. C. 1993. Notes on predatory natural enemies of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) on eggplant. Plant Prot. Bull. (Chinese) 35: 239-243.
22. Chen, C. C., Chen, T. C., Lin, Y. H., Yeh, S. D., and Hsu, H. T. 2005. A chlorotic spot disease on calla lilies (*Zantedeschia* spp.) is caused by a tospovirus serologically but distantly related to *Watermelon silver mottle virus*. Plant Dis. 89: 440-445.
23. Chen, C. C., and Chiu, R. J. 1996. A tospovirus infecting peanut in Taiwan. Acta Hort. (ISHS) 431: 57-67.
24. Chen, C. C., F., K. W., Zheng, Y. X., and Jan, F. L. 2003. Isolation of a tospovirus causing chlorotic and necrosis spots symptoms on moth orchids (*Phalaenopsis* spp.). Plant Pathol. Bull. (Chinese) 12: 293.
25. Fauquet, C. M., Mayo, M. A., Maniloff, J., Desselberger, U., and Ball, L. A. 2005. Virus taxonomy. Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Elsevier Academic Press, New York. 1162 pp.
26. Ferkovich, S. M., and Shapiro, J. P. 2004. Comparison of prey-derived and non-insect supplements on egg-laying of *Orius insidiosus* maintained on artificial diet as adults. Biol. Control 31: 57-64.
27. Frescata, C., and Mexia, A. 1996. Biological control of thrips (Thysanoptera) by *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae) in organically-grown strawberry. Biol. Agric. Horticulture 13: 141-148.
28. Funderburk, J., Stavisky, J., and Olson, S. 2000. Predation of *Frankliniella occidentalis* in field peppers by *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). Environ. Entomol. 29: 376-382.
29. Kakimoto, K., Inoue, H., Yamaguchi, T., Fukamachi, S., K., S., Taguchi, Y., Saiki, Y., and

- Ohno, K. 2007. Simultaneous release of *Orius strigicollis* (Poppius) eggs and adults to improve its establishment in greenhouses. *Appl. Entomol. Zool.* 51: 29-37.
30. Kato, K., Hanada, K., and Kameya-Iwaki, M. 1999. Transmission mode, host range and electron microscopy of a pathogen causing a new disease of melon (*cucumis melo*) in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 65: 624-627.
31. Kawai, A. 1995. Control of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) by *Orius* spp. (Heteroptera: Anthocoridae) on greenhouse eggplant. *Appl. Entomol. Zool.* 30: 1-7.
32. Kawai, A., and Kitamura, C. 1987. Studies on population ecology of *Thrips palmi* Karny XV. Evaluation of effectiveness of control methods using a simulation model. *Appl. Entomol. Zool.* 22: 292-302.
33. Kawai, A., and Kitamura, C. 1990. Studies on population ecology of *Thrips palmi* Karny 18. Evaluation of effectiveness of control methods of thrips on eggplant and sweet pepper using a simulation model. *Appl. Entomol. Zool.* 25: 161-175.
34. Kirk, W. D. J. 1997. Feeding. Pages 119-176. in: *Thrips as crop pests*. T. Lewis ed. CAB International, New York. 740 pp.
35. Kohno, K., and Kashio, T. 1998. Development and prey consumption of *Orius sauteri* (Poppius) and *O. minutus* (L.) (Heteroptera: Anthocoridae) fed on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Appl. Entomol. Zool.* 33: 227-230.
36. Kritzman, A., Gera, A., Raccach, B., van Lent, J. W. M., and Peters, D. 2002. The route of tomato spotted wilt virus inside the thrips body in relation to transmission efficiency. *Arch Virol.* 147: 2143-2156.
37. Lee, K. S., and Lee, J. H. 2004. Rearing of *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae) on Artificial Diet. *Entomol. Res.* 34: 299-303.
38. Lewis, T. 1973. *Thrips: their biology, ecology and economic importance*. Academic Press Inc., New York. 349 pp.
39. Moritz, G. 1995. Morphogenetic development of some species of the order Thysanoptera. Pages 489-504. in: *Thrips Biology and management*. B. L. Parker, M. Skinner and T. Lewis ed. NATO ASI Series, Plenum Press, New York. 636 pp.
40. Moritz, G. 1997. Structure, Growth and development. Pages 15-63. in: *Thrips as crop pests*. T. Lewis ed. CAB International, New York. 740 pp.
41. Moritz, G., Kumm, S. and Mound, L. 2004. Tospovirus transmission depends on thrips ontogeny. *Virus Res.* 100: 143-149.
42. Mound, L. A. 2002. So many thrips - So few tospoviruses? Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera. Canberra, Australia: Australian National Insect Collection. pp. 15-18.
43. Mound, L. A., Heming, B. S., and Palmer, J. M. 1980. Phylogenetic relationships between the families of recent Thysanoptera (Insecta). *Zool. J. Linn. Soc. London.* 69: 111-141.

44. Mound, L. A., and Kibby, G. 1998. Thysanoptera: An identification guide. 2nd ed. CAB International New York. 70 pp.
45. Nagai, K., and Yano, E. 1999. Effects of temperature on the development and reproduction of *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae), a predator of *Thrips palmi* Karny. Appl. Entomol. Zool. 34: 223-229.
46. Nagai, K., and Yano, E. 2000. Predation by *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae) on *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae): Functional response and selective. Appl. Entomol. Zool. 35: 565-574.
47. Nagata, T., Almeida, A. C. L., Resende, R. O., and C., d. A. A. 2004. The competence of four thrips species to transmit and replicate four tospoviruses. Plant Pathol. 53: 136-140.
48. Nagata, T., and Avila, A. C. 2000. Transmission of chrysanthemum stem necrosis virus, a recently discovered Tospovirus, by two thrips species. J. Phytopathol. 148: 123-125.
49. Nagata, T., Inoue-Nagata, A. K., Smid, H. M., Goldbach, R., and Peters, D. 1999. Tissue tropism related to vector competence of *Frankliniella occidentalis* for tomato spotted wilt tospovirus. J. Gen. Virol. 80: 507-515.
50. Nagata, T., Inoue-Nagata, A. K., van Lent, J., Goldbach, R., and Peters, D. 2002. Factors determining vector competence and specificity for transmission of *Tomato spotted wilt virus*. J. Gen. Virol. 83: 663-671.
51. Naidu, R. A., Ingle, C. J., Deom, C. M., and Sherwood, J. L. 2004. The two envelope membrane glycoproteins of Tomato spotted wilt virus show differences in lectin-binding properties and sensitivities to glycosidases. Virology 319: 107-117.
52. Nakahara, S., and Monteiro, R. C. 1999. *Frankliniella zucchini* (Thysanoptera: Thripidae), a new species and vector of tospovirus in Brazil. Proc. Entomol. Soc. Wash. 10: 290-294.
53. Ohnishi, J., Knight, L. M., Hosokawa, D., Fujisawa, I., and Tsuda, S. 2001. Replication of Tomato spotted wilt virus after ingestion by adult *Thrips setosus* is restricted to midgut epithelial cells. Phytopathology 91(12): 1149-1155.
54. Premachandra, W. T. S. D., Borgemeister, C., Maiss, E., Knierim, D., and Poehling, H. M. 2005. *Ceratothripoides claratris*, a new vector of a Capsicum cholrosis virus isolate infecting tomato in Thailand. Phytopathology 95: 659-663.
55. Saito, T., Kubota, S., and Shimazu, M. 1989. A first record of the entomopathogenic fungus, *Neozygites parvispora* (MacLeod and Carl) Rem, & Kell., on *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). Appl. Entomol. Zool. 24: 233-235.
56. Ullman, D. E. 1996. Thrips and Tospoviruses: advances and future directions. Acta Hort. (ISHS): 310-324.
57. Ullman, D. E., Sherwood, J. L., and German, T. L. 1997. Thrips as vectors of plant pathogens. Pages 539-565. in: Thrips as Crop Pests. T. Lewis ed. CAB International, New York. 740pp.

58. Ulman, D. E., Cho, J. J., Mau, R. F. L., Hunter, W. B., Westcot, D. M., and Custer, D. M. 1992. Thrips-tomato spotted wilt virus interactions: morphological, behavioral and cellular components influencing thrips transmission. Pages 195-240. in: *Advances in Disease Vector Research*, vol. 9. K. F. Harris ed. Springer-Verlag, New York. 367 pp.
59. Ulman, D. E., Cho, J. J., Mau, R. F. L., Wstcot, D. M., and Custer, D. M. 1992b. A midgut barrier to tomato spotted wilt virus acquisition by adult western flower thrips. *Phytopathology* 52: 1333-1342.
60. Ulman, D. E., Westcot, D. M., Hunter, W. B., and Mau, R. F. L. 1989. Internal anatomy and morphology of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) with special reference to interactions between thrips and tomato spotted wilt virus. *Int. J. Insect Morphol. & Embryol.* 18(5/6): 289-310.
61. van de Wetering, F., Goldbach, R., and Peters, D. 1996. Tomato spotted wilt tospovirus ingestion by first instar larvae of *Frankliniella occidentalis* is a prerequisite for transmission. *Phytopathology* 86(9): 900-905.
62. Wang, C. L. 1998. Two predacious *Orius* flower bug (Hemiptera: Anthocoridae) in Taiwan. *Chinese J. Entomol.* 18: 199-202.
63. Whitfield, A. E., Ulman, D. E. and German, T. L. 2005. Tospovirus-thrips interatctions. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43: 459-489.
64. Wijkamp, I., N., A., Goldbach, R., and Peters, D. 1995. Distinct levels of specificity in thrips transmission of tospovriuses. *Phytopathology* 85: 1069-1074.
65. Wijkamp, I., and Peters, D. 1993. Determination of the median latent period of two tospovirused in *Frankliniella occidentalis*, using a novel leaf disk assay. *Phytopathology* 83: 986-991.
66. Wijkamp, I., van Lent, J., Kormelink, R., Goldbach, R., and Peters, D. 1993. Multiplication of tomato spotted wilt virus in its insect vector, *Frankliniella occidentalis*. *J. Gen. Virol.* 74: 341-349.
67. Xu, X., Borgemeister, C., and Poehling, H. M. 2006. Interactions in the biological control of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch by the predatory bug *Orius insidiosus* Say on beans. *Biol. Control* 36(1): 57-64.
68. Yano, E. 2004. Recent development of biological control and IPM in greenhouses in Japan. *J. Asia-Pacific Entomol.* 7: 5-11.
69. Yeh, S. D., Lin, Y. C., Cheng, Y. H., Jih, C. L., Chen, M. J., and Chen, C. C. 1992. Identification to tomato spotted wilt-like virus on watermelon in Taiwan. *Plant Dis.* 76: 835-840.

表一、不同溫度下以茄葉連續飼育南黃薊馬三代，其各蟲期之平均發育時間

Table 1. Mean duration of developmental stages of *T. palmi* reared for three generations on eggplant leaf

Temperature (°C)	Developmental duration (days)				
	Egg	1 st -instar nymph	2 nd -instar nymph	Prepupa and Pupa	Total duration
15	10.0 (0.1) d ¹⁾ <170> ²⁾	3.6 (0.1) d <151>	7.2 (0.2) c <123>	9.1 (0.1) d <106>	29.9 (0.2) d <106>
21	6.7 (0.1) c <171>	3.1 (0.1) c <128>	4.4 (0.1) b <105>	5.8 (0.1) c <72>	19.6 (0.2) c <72>
25	4.3 (0.0) b <117>	2.0 (0.0) b <107>	2.5 (0.1) a <98>	3.5 (0.1) b <94>	12.3 (0.1) b <94>
30	3.5 (0.0) a <190>	1.4 (0.0) a <149>	2.3 (0.1) a <125>	3.1 (0.1) a <106>	10.4 (0.1) a <106>

¹⁾ Mean, standard error in parentheses. Means in a column followed by the same letter are not significantly different.

< > designates sample size.

表二、不同溫度下以茄葉連續飼育南黃薊馬三代，成蟲平均壽命、雌蟲產卵前期及產卵數

Table 2. Adult longevity, duration of pre-oviposition and fecundity of *T. palmi* female reared for three generations

Temperature (°C)	Longevity (day)		Duration of pre-oviposition (day)	Fecundity (No. eggs/female)
	Female	Male		
15	21.6 (2.0) a ¹⁾ <43> ²⁾	16.8 (1.6) ab <63>	7.1(0.5) a <21>	18.1 (3.2) c <32>
21	20.2 (2.9) a <36>	21.5 (2.7) a <36>	6.8 (0.8) a <21>	37.5 (7.6) b <24>
25	15.4 (0.7) b <65>	13.0 (1.2) b <29>	2.0 (0.1) b <24>	57.1 (4.9) a <25>
30	9.7 (1.0) c* <73>	6.1 (0.9) c <30>	2.3 (0.2) b <21>	52.7 (7.7) ab <21>

^{1), 2)} Footnotes are the same as those of Table 2.

* denotes significant difference at 5% level by Student's t-test for the adult longevity.

表三、傳播番茄萎斑病毒屬之薊馬種類

Table 3. Recognized *Tospovirus* vector speices in the Thysanoptera

Thrips vectors	Tospovirus speices	References
<i>Ceratothripoides claratris</i>	<i>Capsicum chlorosis virus</i>	Premachandra <i>et al.</i> , 2005
<i>Frankliniella bispinosa</i>	<i>Tomato spotted wilt virus</i>	Webb <i>et al.</i> , 1997
<i>F. fusca</i>	<i>Tomato spotted wilt virus</i>	Sakimura, 1963
<i>F. intonsa</i>	<i>Tomato spotted wilt virus</i> <i>Tomato chlorotic spot virus</i>	Wijkamp <i>et al.</i> , 1995 Wijkamp <i>et al.</i> , 1995
<i>F. schultzei</i>	<i>Chrysanthemum stem necrosis virus</i> <i>Groundnut bud necrosis virus</i> <i>Groundnut ringspot virus</i> <i>Tomato chlorotic spot virus</i> <i>Tomato spotted wilt virus</i>	Nagata, <i>et al.</i> , 2004 Amin <i>et al.</i> , 1981 Wijkamp <i>et al.</i> , 1995 Wijkamp <i>et al.</i> , 1995 Samuel <i>et al.</i> , 1930
<i>F. occidentalis</i>	<i>Chrysanthemum stem necrosis virus</i> <i>Groundnut ringspot virus</i> <i>Impatiens necrotic spot virus</i> <i>Tomato chlorotic spot virus</i> <i>Tomato spotted wilt virus</i>	Nagata and Avila, 2000 Wijkamp <i>et al.</i> , 1995 DeAngelis <i>et al.</i> , 1993 Wijkamp <i>et al.</i> , 1995 Gardner <i>et al.</i> , 1935
<i>F. zucchini</i>	<i>Zucchini lethal chlorotic virus</i>	Nakahara and Monteiro, 1999
<i>Scirtothrips dorsalis</i>	<i>Groundnut bud necrosis virus</i> <i>Peanut chlorotic fanspot virus</i> <i>Peanut yellow spot virus</i>	Amin <i>et al.</i> , 1981 Chen and Chiu, 1996 Reddy, 1989
<i>Thrips palmi</i>	<i>Groundnut bud necrosis virus</i> <i>Melon yellow spot virus</i> <i>Watermelon bud necrosis virus</i> <i>Watermelon silver mottle virus</i> <i>Calla lily chlorotic spot virus</i>	Lakashmi <i>et al.</i> , 1995 Kato <i>et al.</i> , 1999 Mound, 1996; Singh and Krishnareddy, 1996 Yeh <i>et al.</i> , 1992 Chen <i>et al.</i> , 2005
<i>T. setosus</i>	<i>Tomato spotted wilt virus</i>	Kobatake <i>et al.</i> , 1984
<i>T. tabaci</i>	<i>Iris yellow spot virus</i> <i>Tomato spotted wilt virus</i>	Gera <i>et al.</i> , 1998 Pittman, 1927

薊馬在 *Tospovirus* 病害上的角色及其防治

表四、不同瓜園薊馬種類調查。

Table 4. Incidence of thrips species in cucurbit fields.

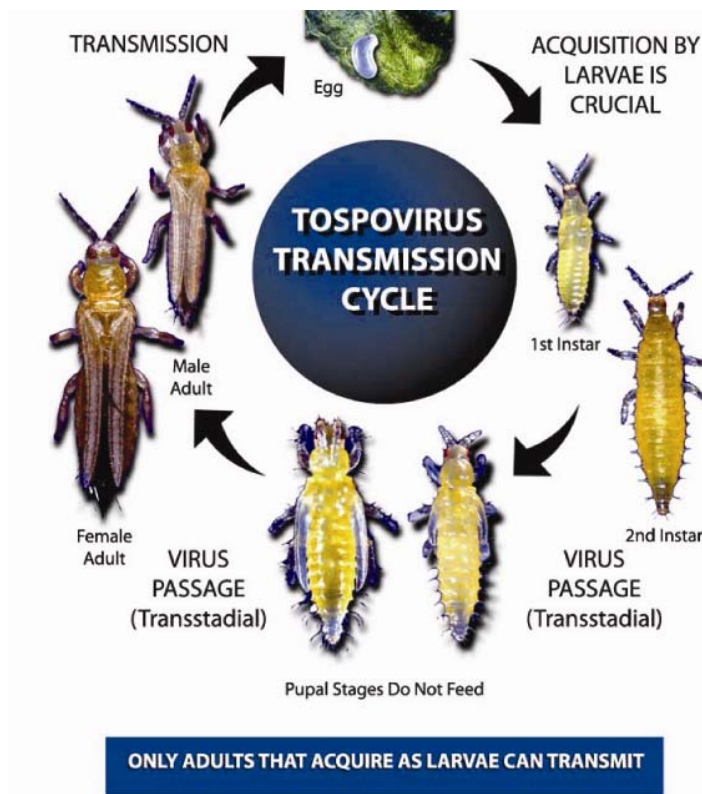
Sampli ng date	Location	Crop	Relative abundance % of various thrips										
			On leaf			On flower							
			n	<i>T.</i> <i>palmi</i>	<i>S.</i> <i>dorsalis</i>	<i>F.</i> <i>intonsa</i>	n	<i>T.</i> <i>palmi</i>	<i>S.</i> <i>dorsalis</i>	<i>F.</i> <i>intonsa</i>	<i>T.</i> <i>hawaiiensis</i>	<i>Haplothrips</i> sp.	<i>S.</i> <i>indicus</i>
May to Jun.	Silo, Yulin	watermelon	838	99.8	0.1	0.1	---	---	---	---	---	---	---
Aug.	Dadu, Taichung	watermelon	31	54.8	25.8	19.4	199	0	0	100	0	0	0
Oct. to Dec.	Beidou, Chunghua	wax gourd	396	97.5	0.5	2	343	10.5	0	88	0.6	0.6	0.3

表五、南黃薊馬一齡幼蟲獲得 WSMoV 後，成蟲傳毒能力(transmission efficiency)之檢測
 Table 5. The efficiency of transmitting WSMoV by thrips adults acquired the virus in the first-instar larvae.

Infecting plant for acquisition	n	Plants for inoculation	n	No. of plant examined	
				ELISA	RT-PCR
<i>B. hispida</i>	69	<i>C. lanatus</i>	46	11/38	32/45
		<i>B. hispida</i>	23	1/23	---
<i>C. lanatus</i>	62	<i>C. lanatus</i>	54	20/34	17/20
		<i>B. hispida</i>	14	1/14	---
<i>C. quinoa</i>	25	<i>C. lanatus</i>	16	3/10	2/7
		<i>B. hispida</i>	9	0/9	---
<i>N. benthamiana</i>	10	<i>C. lanatus</i>	10	1/5	12/20
Transmission (%)				27.8	68.5



圖一、縷翅目錐尾亞目及管尾亞目之外觀形態。
 Fig 1. Terebrantia and tubulifera thrips in Order Thysanoptera



圖三、薊馬的生活環與傳播番茄斑萎病毒屬之關係圖。
Fig. 3. Graphic representation of the relationship between thrips and tospoviruses.
(extracted from Whitfield et al. 2005)



圖三、成蟲傳毒接種的裝置。
Fig. 3. The setup for inoculation access of thrips adult on watermelon plant.