

瓜園薊馬發生與番茄斑萎病毒屬罹病之關係

黃莉欣^{1*} 曾獻嫻² 李如婷¹ 陳宗祺³

¹行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 41358 台中市霧峰區舊正里光明路 11 號

²行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 10075 台北市重慶南路二段 51 號 9 樓

³亞洲大學生物科技學系 41354 台中市霧峰區柳豐路 500 號

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，亦是唯一能藉由薊馬以持續性傳播的植物病毒。西瓜銀斑病毒 (*Watermelon silvery mottle virus*, WSMV) 及甜瓜黃斑病毒 (*Melon yellow spot virus*, MYSV) 為臺灣瓜園內常見的 tospoviruses。全世界已記錄蟲媒薊馬有 14 種，均隸屬於薊馬亞科 (Thripinae)。臺灣瓜園以南黃薊馬 (*Thrips plami*) 及臺灣花薊馬 (*Franklinella intonsa*) 二種薊馬為優勢種，僅南黃薊馬被確知為 WSMoV 及 MYSV 的蟲媒。從瓜園薊馬密度與 WSMoV 及 MYSV 感染率的調查結果顯示，瓜園 WSMoV 的感染率與南黃薊馬的發生率有關，二者間呈顯著正相關，然而 MYSV 的感染率則與南黃薊馬的發生無明顯的正相關性。

關鍵字： 纓翅目、南黃薊馬、番茄斑萎病毒屬、西瓜銀斑病毒、甜瓜黃斑病毒

* 聯繫人

Corresponding email: lhhuang@tactri.gov.tw

前言

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。全世界已知薊馬種類在 2002 年記錄有 8 科約 5000 種(Mound, 2002)，到 2010 年則增加 1 科及 1000 種，共計 9 科約 6000 種 (Mound and Morris, 2007; Mound, 2010)。薊馬的食性相當廣，舉凡蔬菜類、瓜果類、花卉，甚至雜草上均可見其為害痕跡。寄主植物從葉片、莖、花、果實等部位均會受到幼蟲及成蟲的為害，受害部位初期呈銀白色斑點或條斑，嚴重者呈褐色，果實則呈褐色疤痕，或造成果品畸形，嚴重影響商品價值及產量。薊馬除直接取食為害外，也是植物病毒番茄斑萎病毒屬(*Tospovirus*)的媒介昆蟲，例如西方花薊馬(*Frankliniella occidentalis* (Pergande)) 傳播番茄斑點萎凋病毒 (*Tomato spot wilt virus*, TSWV) (Wijkamp *et al.*, 1995; Whitfield *et al.*, 2005)，南黃薊馬(*Thrips palmi* Karny)傳播西瓜銀斑病毒 (*Watermelon silvery mottle virus*, WSMoV) 與甜瓜黃斑病毒(Melon yellow spot virus, MYSV) (Yeh *et al.*, 1992; Kato *et al.*, 1999)，小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 傳播落花生黃化扇斑病毒(Peanut chlorotic fan-spot virus, PCFV)(Chen and Chiu, 1996)，導致寄主植物萎凋、枯死，造成很大的經濟損失。

傳播 *Tospovirus* 屬的薊馬種類目前僅屬於錐尾亞目 (Terebrantia) 薊馬科 (Thripidae) 中的薊馬亞科(Thripinae) (Ullman, 1996; Ullman *et al.*, 1997; Mound, 2002; Whitfield *et al.*, 2005)。薊馬傳播 tospoviruses，主要是由 1 齡若蟲獲毒後，病毒在中腸上表皮細胞繁殖，最後擴散至中腸及內臟肌肉組織內(van de Wetering *et al.*, 1996a; van de Wetering *et al.*, 1996b)，至後變態 (metamorphosis) 時期，病毒移動至唾液腺，因翅肌肉的發育，使得唾液腺與中腸分離，病毒則存留在成蟲的唾液腺內，再經由成蟲的取食行為將病毒傳至植物組織內(Moritz *et al.*, 2004)。因此，薊馬傳播病毒屬持續性繁殖型 (persistent propagative manner) 的傳播方式，但不會經卵傳播 (Wijkamp and Peters, 1993; Wijkamp *et al.*, 1993)。由此亦可知，薊馬成蟲密度與其分散速率在 tospoviruses 病害的流行病學上扮演相當關鍵性的角色。

WSMoV 為臺灣最早發現的 *Tospovirus* 屬種類(Yeh *et al.*, 1992)，之後，陸續有 PCFV (Chen and Chiu, 1996)、彩色海芋黃化斑點病毒 (Calla lily chlorotic spot virus, CCSV) (Chen *et al.*, 2005)、番椒黃化病毒(Capsicum chlorosis virus, CaCV)) (Zheng *et al.*, 2008)、MYSV (Chen *et al.*, 2008)及 TSWV (Zheng *et al.*, 2010)的報導。其中 WSMoV 及 MYSV 以感染瓜類作物為主。葫蘆科為國內重要之蔬果類作物，其中以西瓜及洋香瓜最具經濟價值，主要種植於臺灣中南部地區。2006 年台南地區洋香瓜產區受薊馬傳播之 WSMoV 嚴重為害，受害面積超過五百公頃，造成二億五千萬元的損失。因此，瓜園內薊馬種類的組成與其傳播的病毒病害發生之間的關係的探討，將有助於瞭解 tospoviruses 在田間的流行病學，找出適當且有效的病害管理方式，以減緩病毒病害的蔓延，降低經濟的損失。本文除文獻摘述外，也將過去在瓜園調查的初步資料提出分享與討論。

蟲媒薊馬種類與其傳播的病毒

纓翅目就雌蟲腹部末端形態及產卵管位置與結構，可分為管尾亞目(Tublifera) 及錐尾亞

目(Terebrantia)。全世界已知薊馬種類有 9 科 1,200 屬約 6,000 種，管尾亞目僅含管尾薊馬科(Phlaeothripidae) 一科，另外 8 科均分配在錐尾亞目中。其中以管尾薊馬科的 3,500 種及錐尾亞目薊馬科(Thripidae)的 2060 種佔最多種類；薊馬科又以已記錄 1,700 種的薊馬亞科(Thripinae) 佔最多(Mound and Morris, 2007; Mound, 2010)，大部分的薊馬害蟲則屬於薊馬亞科。

Tospovirus 屬至少可感染 1,090 種植物(Parrella *et al.*, 2003)，目前已發現之 *Tospovirus* 約 24 種(Whitfield *et al.*, 2005; Ciuffo *et al.*, 2009; Pappua *et al.*, 2009; Chiemsombat *et al.*, 2010; Hassani-Mehraban *et al.*, 2010; Riley *et al.*, 2011; Torres *et al.*, 2012)，而已記錄之蟲媒薊馬均為薊馬亞科(Ullman *et al.*, 1997; Mound, 2002; Jones, 2005)。Mound (2002)指出薊馬種類相當多，但能傳播 tospoviruses 的種類卻僅有 9 種，分別隸屬於 *Frankliniella*、*Thrips*、*Scirtothrips* 三屬。*Frankliniella* 屬現有描述記錄種約 160 種，但蟲媒種類有 5 種佔最多數；*Thrips* 屬已描述記錄種有 280 種，但僅有 3 種可傳播 tospoviruses；*Scirtothrips* 屬約有 90 種，目前已確認蟲媒者僅 1 種。而這三屬雖可成為 tospoviruses 的蟲媒，必有其相關性。從薊馬的親緣關係來看，三屬的親緣距離極遠，尤其 *Scirtothrips* 與 *Frankliniella* 及 *Thrips* 相距更遠。就 tospoviruses 發生區域與其蟲媒薊馬原生地來分析，例如 TSWV 最早被記錄於澳大利亞(Australia)，但十年後才再其他國家被發現，而其蟲媒西方花薊馬則原生於美國西部，二者就地理性是沒有相關聯；又如南黃薊馬原生於東南亞地區，而其傳播的 WSMoV 卻首先記錄於日本(Iwaki *et al.*, 1984)，呈現出病毒的原生地與蟲媒種類的原生地無緊密的關係。雖然如此，tospoviruses 與其蟲媒薊馬的關聯性仍留有許多可以探討的課題。

近幾年蟲媒薊馬種類逐漸增加中，2002 年記錄種類僅有 9 種，2005 年新增 *Ceratothripoides claratris* (Shumsher) 及 *Frankliniella bispinosa* (Morgan) 二種，共計 11 種 (Jones, 2005)；2009 年則加入 *F. cephalica* (Crawford) 及 *F. gemina* Bagnall (de Borbón *et al.*, 1999; Ohnishi *et al.*, 2006; Riley *et al.*, 2011) 二種，共計 13 種 (Pappua *et al.*, 2009)；2010 年新病毒 Polygonum ring spot virus 被發現後，新的薊馬蟲媒 *Dictyothrips betae* Uzel 也被記錄 (Ciuffo *et al.*, 2010)，至目前為止蟲媒薊馬共計 14 種 (Riley *et al.*, 2011)，隸屬於 4 個屬，仍以 *Frankliniella* 屬佔最多數。目前已記錄的薊馬蟲媒及其所傳播的病毒種類列於表一。

瓜園 tospoviruses 及薊馬種類

感染瓜類的 tospoviruses 種類自 1980 年代起陸續被發現報導，尤以亞洲及南美地區。WSMoV 於 1982 年在日本的西瓜上發現 (Iwaki *et al.*, 1984)，臺灣則於 1992 年報導 (Yeh *et al.*, 1992)，中國則於 2009 年才發現(Rao *et al.*, 2011)。西瓜頂芽壞疽病毒 (Watermelon bud necrosis virus, WBNV) 於 1998 年在印度被報導 (Jain *et al.*, 1998)。1999 年於巴西的南瓜上發現新病毒矮南瓜致死黃化病毒 (*Zucchini lethal chlorosis virus*, ZLCV) (Bezerra *et al.*, 1999)。1992 年 MYSV 於日本的甜瓜上被發現 (Kato *et al.*, 1999, 2000)，2009 年報導亦可感染苦瓜 (Takeuchi *et al.*, 2009)；臺灣於 2006 年在西瓜、洋香瓜上發現(Chen *et al.*, 2008; Peng *et al.*, 2011)，中國則於 2009 年的甜瓜上發現 (Gu *et al.*, 2012)。以上發生於瓜類的病毒除 ZLCV 是由 *F. zucchini* 傳播 (Nakahara and Monteiro, 1999)外，WSMoV、MYSV、WBNV 均由南黃薊馬所傳播 (Iwaki

et al., 1984; Yeh *et al.*, 1992; Mound, 1996; Singh and Krishnareddy, 1996; Kato *et al.*, 1999) 。2009 年在墨西哥發現感染洋香瓜的一新興病毒，暫名為 Melon severe mosaic virus (MeSMV) (Ciuffo *et al.*, 2009)，蟲媒則尚未確認。因此，目前發生於瓜類之 tospoviruses 有 5 種，主要仍由南黃薊馬所傳播。臺灣目前僅記錄 WSMoV 及 MYSV 二種。

表一 已記錄之蟲媒薊馬及其傳播之 *Tospoviruse* 種類Table 1. Recognized thrips vector species with transmitted *Tospovirus* species

Thrips vectors	Tospovirus speices	References
<i>Ceratothripoides claratris</i>	<i>Capsicum chlorosis virus</i>	(Premachandra <i>et al.</i> , 2005)
<i>Dictyothrips betae</i>	Polygonum ring spot virus	(Ciuffo <i>et al.</i> , 2010)
<i>Frankliniella bispinosa</i>	Tomato spotted wilt virus	(Avila <i>et al.</i> , 2006)
<i>F. cephalica</i>	Tomato spotted wilt virus	(Ohnishi <i>et al.</i> , 2006)
<i>F. fusca</i>	Tomato spotted wilt virus	(Sakimura, 1963)
	<i>Impatiens necrotic spot virus</i>	(Naidu, 2001)
<i>F. gemina</i>	Tomato spotted wilt virus	(de Borbón <i>et al.</i> , 1999; Riley <i>et al.</i> , 2011)
	Groundnut ringspot virus	
<i>F. intonsa</i>	Tomato spotted wilt virus	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995)
	Tomato chlorotic spot virus	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995)
	Groundnut ringspot virus	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995)
	<i>Impatiens necrotic spot virus</i>	(Sakurai <i>et al.</i> , 2004)
<i>F. occidentalis</i>	<i>Chrysanthemum stem necrosis virus</i>	(Nagata and de Ávila, 2000; Nagata <i>et al.</i> , 2004)
	Groundnut ringspot virus	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995)
	<i>Impatiens necrotic spot virus</i>	(De Angelis <i>et al.</i> , 1993; Wijkamp <i>et al.</i> , 1995; Sakurai <i>et al.</i> , 2004)
	Tomato chlorotic spot virus	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995; Nagata <i>et al.</i> , 2004; Whitfield <i>et al.</i> , 2005)
	Tomato spotted wilt virus	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995; Medeiros <i>et al.</i> , 2004; Nagata <i>et al.</i> , 2004)
<i>F. schultzei</i>	<i>Chrysanthemum stem necrosis virus</i>	(Nagata and de Ávila, 2000; Nagata <i>et al.</i> , 2004)
	Groundnut bud necrosis virus	(Amin <i>et al.</i> , 1981)
	Groundnut ringspot virus	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995; Nagata <i>et al.</i> , 2004; de Borbón <i>et al.</i> , 2006)
	Tomato chlorotic spot virus	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995; Nagata <i>et al.</i> , 2004)
	Tomato spotted wilt virus	(Sakimura, 1969; Wijkamp <i>et al.</i> , 1995)
<i>F. zucchini</i>	<i>Zucchini lethal chlorotic virus</i>	(Nakahara and Monteiro, 1999)

表一 續

Table 1. Continue

Thrips vectors	Tospovirus speices	References
<i>Scirtothrips dorsalis</i>	<i>Groundnut bud necrosis virus</i>	(Amin <i>et al.</i> , 1981)
	<i>Peanut chlorotic fanspot virus</i>	(Chen <i>et al.</i> , 1996; Chu <i>et al.</i> , 2001)
	<i>Peanut yellow spot virus</i>	(Gopal <i>et al.</i> , 2010)
<i>Thrips palmi</i>	<i>Groundnut bud necrosis virus</i>	(Reddy <i>et al.</i> , 1992; Lakshmi <i>et al.</i> , 1995)
	<i>Melon yellow spot virus</i>	(Kato <i>et al.</i> , 1999)
	<i>Watermelon bud necrosis virus</i>	(Mound, 1996; Singh and Krishnareddy, 1996)
	<i>Watermelon silver mottle virus</i>	(Iwaki <i>et al.</i> , 1984; Yeh <i>et al.</i> , 1992)
	<i>Calla lily chlorotic spot virus</i>	(Chen <i>et al.</i> , 2005)
	<i>Capsicum chlorosis virus</i>	(Jones, 2005; Pappua <i>et al.</i> , 2009)
<i>T. setosus</i>	<i>Tomato spotted wilt virus</i>	(Tsuda <i>et al.</i> , 1996)
<i>T. tabaci</i>	<i>Iris yellow spot virus</i>	(Cortès <i>et al.</i> , 1998; Hsu <i>et al.</i> , 2010)
	<i>Tomato spotted wilt virus</i>	(Wijkamp <i>et al.</i> , 1995)
	<i>Tomato yellow fruit ring virus</i>	(Golnaraghi <i>et al.</i> , 2007)

薊馬在臺灣已記錄者有 234 種，其中錐尾亞目佔 120 種，而與農作物經濟重要性有關者，則有 22 種(Wang, 2002)。Wang *et al.* (1987) 報導為害瓜類的薊馬種類已記錄者有 8 種，包括錐尾亞目薊馬科 7 種，分別是臺灣花薊馬 (*F. intonsa* (Trybom))、椽果花薊馬 (*Megalurothrips typicus* Bagnall)、豆薊馬 (*Megalurothrips usitatus* (Bagnall))、淡色薊馬 (*T. flavus* Schrank)、花薊馬 (*T. hawaiiensis* (Morgan))、南黃薊馬、葱薊馬 (*T. tabaci* L.)及管尾亞目管尾薊馬科的中國薊馬(*Haplothrips chinesis* Priesner)。2005 年調查西瓜及冬瓜葉及花上的薊馬，結果顯示，葉片上採得南黃薊馬、小黃薊馬及臺灣花薊馬等 3 種薊馬，以南黃薊馬佔 97.5% 最多；花上薊馬種類有南黃薊馬、臺灣花薊馬、花薊馬、中國花薊馬等 4 種植食性薊馬及 1 種捕食性薊馬-印度食蟻薊馬 (*Scolothrips indicus* Priesner)，其中臺灣花薊馬發生比例最多，佔 88%，其次為南黃薊馬的 10.5% (表二)。由表二及 Wang *et al.* (1987) 的報導顯示，為害瓜類的主要薊馬種類為南黃薊馬及臺灣花薊馬二種，其他薊馬種類應屬偶發性的發生。

南黃薊馬已確知是傳播 WSMoV 及 MYSV 的蟲媒 (Yeh *et al.*, 1992; Kato *et al.*, 1999, 2000)。WSMoV 於室內非常不容易以人工機械接種方式接種於瓜類植物及代用寄主植物如煙草 (*Nicotiana benthamiana*) 及奎藜 (*Chenopodium quinoa*)，為了選擇適當的寄主植物以薊馬傳毒方式於室內培育 WSMoV，將感染 WSMoV 的不同植物提供給南黃薊馬 1 齡幼蟲獲毒後，幼蟲飼養在花豆上至成蟲期，再行傳毒試驗。表三結果顯示，南黃薊馬 1 齡幼蟲獲毒自冬瓜者，其成蟲傳毒於洋香瓜上的傳播率為 57.6%，高於西瓜上的 34.8%，而在冬瓜上僅有 4.3% 的傳毒率。自感染 WSMoV 之西瓜及指示植物奎藜上獲毒之 1 齡幼蟲，其成蟲在西瓜上的傳播率分別為 64.6% 及 31.3%，均高於接種在冬瓜上，而 1 齡幼蟲若獲毒自煙草者，成蟲接種在西瓜上之傳播能力也有 40%。可見以感染 WSMoV 之西瓜作為病毒來源，再接種於西瓜上的成功率最高，因此，西瓜被選為目前室內培育 WSMoV 的寄主植物。然而，MYSV 在洋香瓜

表二 2005 年調查西瓜及冬瓜園內之薊馬種類

Table 2. Relative frequency of thrips species sampled on leaves and flowers of watermelon and wax gourd in 2005

Sampling date	Location	Crop	% Relative frequency of thrips species											
			On leaf						On flower					
			n	<i>T. palmi</i>	<i>S. dorsalis</i>	<i>F. intonsa</i>	n	<i>T. palmi</i>	<i>F. intonsa</i>	<i>T. hawaiiensis</i>	<i>H. chinensis</i>	<i>S. 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	100	0	0	0	0	
Oct. to Dec.	Beidou, Chunghua	wax gourd	396	97.5	0.5	2	343	10.5	88	0.6	0.6	0.6	0.3	

T. palmi = *Thrips palmi*; *S. dorsalis* = *Scirtothrips dorsalis*; *F. intonsa* = *Frankliniella intonsa*; *T. hawaiiensis* = *Thrips hawaiiensis*; *H. chinensis* = *Haplothrips chinensis*; *S. indicus* = *Scolothrips indicus*

上的傳播率則高於西瓜 (表四), 若要以薊馬接種培育 MYSV, 洋香瓜或香瓜應是最佳的選擇。臺灣花薊馬在文獻記錄上為 TSWV、TCSV、GRSV 及 INSV 等 4 種 tospoviruses 的蟲媒(表一), 其中 TSWV 雖在臺灣有記錄(Zheng *et al.*, 2010), 但寄主植物並未包括瓜類, 另 3 種病毒則尚未發現。為了確認臺灣花薊馬能否傳播 WSMoV 及 MYSV, 於室內進行獲毒及傳毒試驗, 供試之西瓜及洋香瓜並未檢測出帶有 WSMoV 及 MYSV, 此結果顯示臺灣花薊馬能傳播 WSMoV 及 MYSV 的機率微乎其微。故瓜類上傳播 WSMoV 及 MYSV 之蟲媒目前應僅南黃薊馬一種。

表三 南黃薊馬一齡幼蟲自不同 WSMoV 寄主植物獲毒後, 成蟲傳播在不同植物之傳播能力
Table 3. Efficiency of *Thrips palmi* adult transmitted WSMoV on different plants when *T. palmi* first larvae acquired virus from various infected plant.

Plants of infecting WSMoV for thrips acquisition	Inoculating plants	No. of plant inoculated	Transmission efficiency (%)
<i>Benincasa hispida</i>	<i>C. lanatus</i>	46	34.8
	<i>C. melo</i>	118	57.6 %
	<i>B. hispida</i>	23	4.3
<i>Citrullus lanatus</i>	<i>C. lanatus</i>	48	64.6
	<i>B. hispida</i>	14	7.1
<i>Chenopodium. quinoa</i>	<i>C. lanatus</i>	16	31.3
	<i>B.hispida</i>	9	0.0
<i>Nicotiana benthamiana</i>	<i>C. lanatus</i>	10	40.0

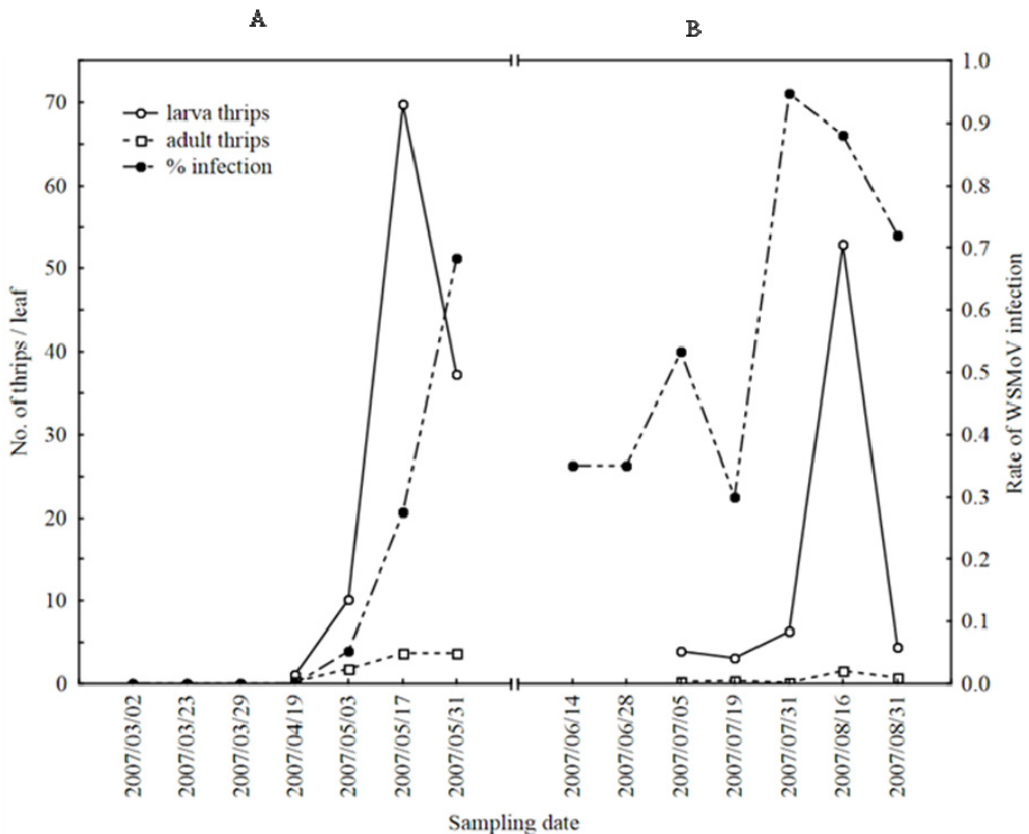
表四 南黃薊馬一齡幼蟲自洋香瓜獲 MYSV 後, 成蟲傳播在西瓜及洋香瓜上之傳播能力
Table 4. Efficiency of *Thrips palmi* adult transmitted MYSV on watermelon and cantaloupe when *T. palmi* first larvae acquired virus from the infected cantaloupe

Plants of infecting MYSV for thrips acquisition	Inoculating plants	No. of plant inoculated	Transmission efficiency (%)
<i>Citrullus melo</i>	<i>C. lanatus</i>	48	64.6
	<i>C. melo</i>	14	7.1

瓜園薊馬密度與 WSMoV 及 MYSV 罹病之關係

由於 tospoviruses 不易以人工機械接種, tospoviruses 在植株與植株間之傳播是藉由薊馬蟲媒來傳播, 因此, 薊馬的發生種類及其密度應會影響 tospoviruses 在田間的流行病學。為了瞭解薊馬發生與 WSMoV 及 MYSV 罹病之關係, 2007 年 3 月及 6 月分別於彰化縣北斗鎮之 2

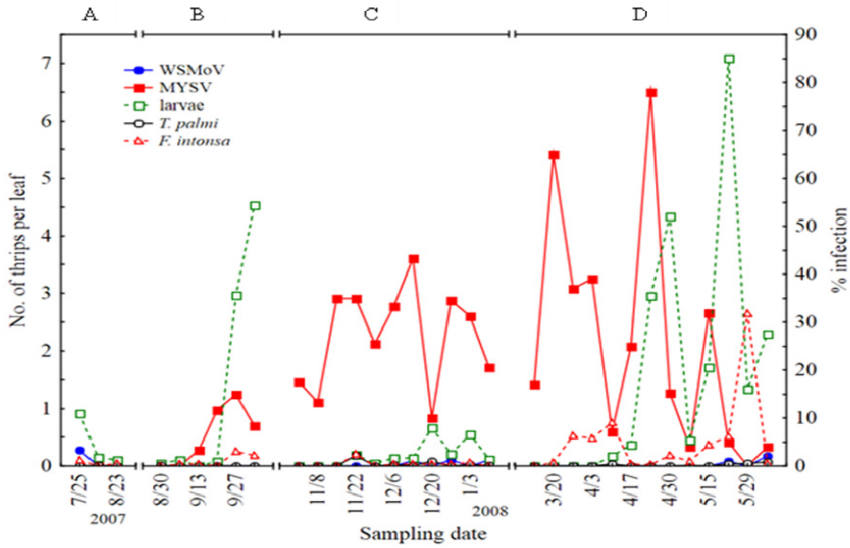
處冬瓜園進行南黃薊馬族群密度及冬瓜感染 WSMoV 比率的調查。3 月中旬冬瓜園第一期作開始調查時已種植至中期，每二週調查一次。3 月 2 日-29 日三次採樣並未檢出感染 WSMoV 的植株，也沒有南黃薊馬的發生。4 月 19 日調查時，薊馬開始發生，平均每片葉上有薊馬若蟲 1.1 隻，成蟲 0.3 隻，隨著時間薊馬密度逐漸增加，至 5 月 17 日薊馬幼蟲及成蟲密度達最高。然而至 5 月 3 日才被檢測出帶有 WSMoV 的冬瓜植株，隨後，WSMoV 感染率呈直線上升。顯示 WSMoV 在田間的感染率與薊馬的發生有關 (圖一，A)。冬瓜第二期於 6 月 14 日展開調查 (圖一，B)，每二週調查一次。6 月 14 日及 28 日二次調查時仍為苗期，故僅調查冬瓜之罹病率，該二次調查的罹病率均為 35%；7 月 5 日起加入南黃薊馬的調查。調查期間薊馬成蟲密度相當低，而薊馬幼蟲密度隨調查時間而逐漸增加，於 8 月 16 日達最高。從薊馬幼蟲密度隨時間的走勢與罹病率數值來看，二者間似有時間差存在，第一期作罹病率達最高的時間較薊馬密度晚約二週，但第二期作則早了二週。此差異可能是受 7-8 月間颱風的影響所致。由於冬瓜屬短期作物，每二週調查一次，導致調查次數少，從相關性分析並無法看出二者的相關性。



圖一 西瓜銀斑病毒(WSMoV)感染冬瓜之比率與南黃薊馬密度隨時間的變動 (2007 年)。圖上緣英文字母 A 及 B 表示不同的二塊冬瓜田。

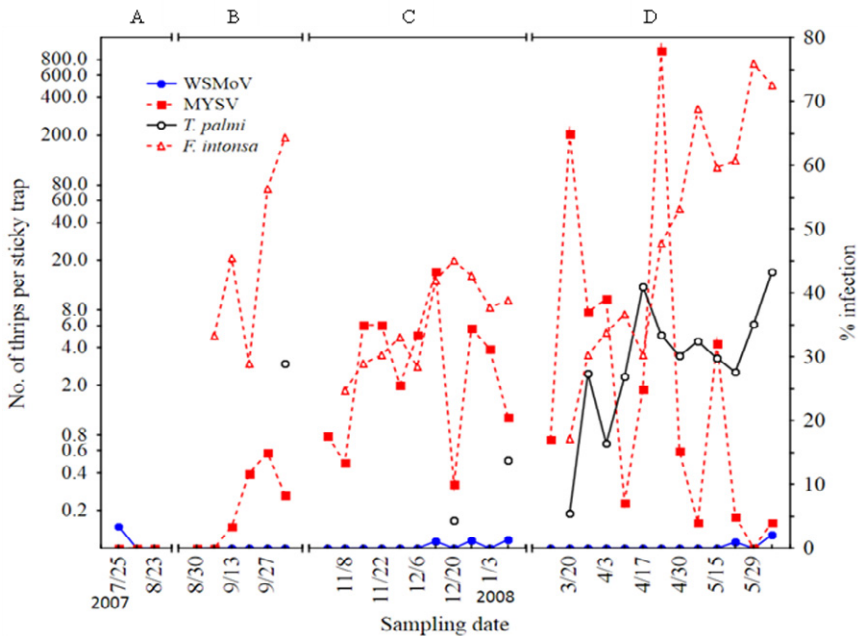
Fig. 1. Time plots for rates of wax-gourd infected with WSMoV and *Thrips palmi* population in 2007. Letters A and B on the top of figure denote two surveyed wax gourd fields.

2007年7月-2008年5月分別於雲林縣崙背鄉4處洋香瓜園調查薊馬發生與洋香瓜感染WSMoV及MYSV的情形，薊馬密度調查除計數葉片上幼蟲、南黃薊馬與臺灣花薊馬的成蟲數量(圖二)外，也於園內懸掛黏紙，誘捕南黃薊馬與臺灣花薊馬成蟲(圖三)，以監測薊馬發生情形。2007年7月中旬開始第一塊田的調查，時值洋香瓜已栽植至中期或中後期，每二週調查一次，共調查四次。四次調查僅發現WSMoV一種病毒，罹病率為3.3%。平均每葉的薊馬蟲數在1隻以下，成蟲數更低，維持在0.2隻以下(圖二，A)。2007年8月於第二塊洋香瓜園進行調查。由於洋香瓜生長期短，以每週調查一次為原則。8月30日-10月4日調查期間，僅發現MYSV的罹病株，而薊馬的密度也低，南黃薊馬成蟲僅在調查初期發現數隻，之後，則以臺灣花薊馬為主要的種類(圖二及圖三，B)。幼蟲的密度隨時間逐漸增加，最高密度為每葉上有薊馬幼蟲4.5隻，薊馬密度低可能是受農民頻施藥防治所影響。從相關性分析結果顯示MYSV的發生與薊馬密度並沒有顯著相關存在($p > 0.05$)。2007年11月-2008年1月於第三塊洋香瓜田調查薊馬密度與感染WSMoV及MYSV的情形，結果呈現MYSV感染率高於WSMoV，而葉片上的薊馬密度仍相當低(圖二，C)，經相關性分析仍呈無相關的結果($p > 0.05$)，而黏紙上則以臺灣花薊馬的捕獲率較高(圖三，D)，顯示田間以臺灣花薊馬為主。2008年3-6月再於第四塊田進行調查，結果顯示，MYSV感染比率仍高於WSMoV，而薊馬密度於種植初期較低，中期時薊馬族群密度明顯上升，至5月中旬進入採收期時，蟲口密度達最高峰(圖二，D)。將WSMoV及MYSV感染率分別與葉片上南黃薊馬幼蟲數及成蟲數進行簡單線性迴歸分析，分析結果顯示，MYSV感染率與南黃薊馬幼蟲數無顯著相關($p > 0.05$)，但與南黃薊馬成蟲數呈顯著負相關($r = -0.601, p < 0.05$)，表示南黃薊馬成蟲數無法反映MYSV在田間感染的速率。WSMoV之感染率與薊馬幼蟲數也呈無相關的結果($p > 0.05$)，與南黃薊馬成蟲數則呈顯著的正相關($r = 0.753, p < 0.05$)，其迴歸方程式為 $\text{infecting-WSMoV} = -0.0005 + 0.1934 \text{ adult}$ ， R^2 為 0.566，顯示南黃薊馬成蟲數有 56.6% 的解釋能力來說明南黃薊馬成蟲數與WSMoV感染率的關係。其中，截距值 -0.0005 經 Student's t-test 檢定與 "0" 無顯著性差異 ($t_{11, 0.05} = -0.3802, p > 0.05$)。若除去截距項，WSMoV感染率與南黃薊馬成蟲數的關係式為 $\text{infecting-WSMoV} = 0.18 \text{ adult}$ ($R^2 = 0.6$)。依此關係式來推論，當田間存在1隻南黃薊馬成蟲時，洋香瓜感染WSMoV的機率約有18%。洋香瓜生長期短，在4次調查資料分析結果中，僅一次有相關性存在，從第四塊田之黏紙上捕獲南黃薊馬成蟲數明顯多於前三區的調查結果顯示(圖三)，WSMoV的罹病率與南黃薊馬成蟲密度高低是有很大的關係。此關係式的成立也可由薊馬傳播病毒的方式是1齡幼蟲獲毒後，至成蟲才能傳毒的結果做最佳的解釋(van de Wetering *et al.*, 1996a; Nagata *et al.*, 1999; Moritz *et al.*, 2004; Whitfield *et al.*, 2005)。另外，室內試驗時，也發現WSMoV不易以人為機械方式接種於健株上，而MYSV則較為容易，薊馬密度與MYSV罹病率間的相關性低，或許MYSV的傳播可能與摘心整蔓有關。



圖二 四塊洋香瓜園內 tospoviruses 感染率與葉片上薊馬密度隨時間的變化(2007-2008 年)。
圖上緣英文字母 A、B、C、D 分別表示不同的四塊洋香瓜田。

Fig. 2. Time plots for percentages of tospoviruses infection and thrips population on leaves in four cantaloupe fields from 2007 to 2008. Letters A to D on the top of figure denote four surveyed cantaloupe fields.



圖三 四塊洋香瓜園內 tospoviruses 感染率與黏紙上薊馬數量隨時間的變化(2007-2008 年)。
圖上緣英文字母 A、B、C、D 分別表示不同的四塊洋香瓜田。

Fig. 3. Time plots for percentages of tospoviruses infection and thrips population on sticky trap in four cantaloupe fields from 2007 to 2008. Letters A to D on the top of figure denote four surveyed cantaloupe fields.

結語與展望

Tospovirus 屬是 *Bunyaviridae* 科中唯一感染植物的種類，也是唯一由薊馬以持續性方式傳播的病毒種類，目前已記錄的種類有 24 種，然而薊馬種類高達 6000 種中卻僅有 14 種扮演蟲媒角色，或許這也是 tospoviruses 發生種類不多的原因之一。近年也陸續有新的 tospoviruses 被報導，也說明將有更多的蟲媒薊馬也將隨新興病毒的發現而浮現。國內感染瓜類作物的 tospoviruses 主要為 WSMoV 及 MYSV 二種，而其傳播媒介為南黃薊馬，從調查結果顯示，南黃薊馬在瓜園內之密度的確會影響該二種病毒的發生率。顯示南黃薊馬在瓜類作物病毒的傳播上扮演相當重要的角色，也突顯瓜園薊馬防治工作的重要性。Tospoviruses 與蟲媒薊馬個體之間微妙的關係或田間流行病學仍有許多值得研究探討，近幾年國內開始重視蟲媒與病害的研究，植物病理學家與昆蟲學家也建立很好的合作模式，相信國內薊馬與 tospoviruses 之間關係的研究將可大放異彩，不再讓國外的研究成果專美於前。

誌謝

本文之研究由行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所科技計畫 96 農科-14.1.2-藥-P1 及國科會補助行政院農業委員會動植物防疫檢疫局科發基金計畫 NSC96-3111-P-225-001-Y 之經費補助。感謝國立中興大學植物病理學系葉錫東教授提供 WSMoV 及 MYSV 抗體及專一性引子，以進行 ELISA 及 RT-PCR 檢測。

引用文獻

- Amin PW, Reddy DVR, Ghanekar AM. 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.
- Avila Y, Stavisky J, Hague S, Funderburk JE, Reitz SR, Momol T. 2006. Evaluation of *Frankliniella bispinosa* (Thysanoptera: Thripidae) as a vector of the *Tomato spotted wilt virus* in pepper. *Fla Entomol* 89: 204-207.
- Bezerra IC, Resende RdO, Pozzer L, Nagata T, Kormelink R, De Avila AC. 1999. Increase of tospoviral diversity in Brazil with the identification of two new *Tospovirus* species, one from chrysanthemum and one from zucchini. *Phytopathology* 89: 823-830.
- Chen CC, Chao CH, Chiu RJ. 1996. Studies on host range, transmission and electron microscopy of *Peanut chlorotic fan-spot virus* in Taiwan. *Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station Pub.* 52: 59-68. (in Chinese)
- Chen CC, Chen TC, Lin YH, Yeh SD, Hsu HT. 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.
- Chen CC, Chiu RJ. 1996. A tospovirus infecting peanut in Taiwan. *Acta Hort. (ISHS)* 431: 57-67.

- Chen TC, Lu YY, Cheng YH, Chang CA, Yeh SD.** 2008. Melon yellow spot virus in watermelon: a first record from Taiwan. *Plant Pathol* 57: 765.
- Chiemsombat P, Sharman M, Srivilai K, Campbell P, Persley D, Attathom S.** 2010. A new tospovirus species infecting *Solanum esculentum* and *Capsicum annuum* in Thailand. *Australasian Plant Dis Notes* 5: 75-78.
- Chu FH, Chao CH, Peng YC, Lin SS, Chen CC, Yeh SD.** 2001. Serological and molecular characterization of *Peanut chlorotic fan-spot virus*, a new species of the genus *Tospovirus*. *Phytopathology* 91: 856-863.
- Ciuffo M, Kurowski C, Vivoda E, Copes B, Masenga V, Falk BW, Turina M.** 2009. A new *Tospovirus* sp. in cucurbit crops in Mexico. *Plant Dis* 93: 467-474.
- Ciuffo M, Mautino GC, Bosco L, Turina M, Tavella L.** 2010. Identification of *Dictyothrips betae* as the vector of Polygonum ring spot virus. *Ann Appl Biol* 157: 299-307.
- Cortês I, Livieratos IC, Derks A, Peters D, Kormelink R.** 1998. Molecular and serological characterization of *Iris yellow spot virus*, a new and distinct Tospovirus species. *Phytopathology* 88: 1276-1282.
- De Angelis JD, Sether DM, Rossignol PA.** 1993. Survival, development, and reproduction in western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) exposed to *Impatiens necrotic spot virus*. *Environ Entomol* 22: 1308-1312.
- de Borbón CM, Gracia O, De Santis L.** 1999. Survey of Thysanoptera occurring on vegetable crops as potential *Tospovirus* vectors in Mendoza, Argentina. *Revista de Sociedad Entomológica Argentina* 58: 59-66.
- de Borbón CM, Gracia O, Pícolo R.** 2006. Relationships between Tospovirus Incidence and thrips Populations on Tomato in Mendoza, Argentina. *J Phytopathol* 154: 93-99.
- Golnaraghi AR, Pourrahim R, Farzadfar S, Ohishima K, Shahraeen N, Ahoonmanesh A.** 2007. Incidence and distribution of *Tomato yellow fruit ring virus* on soybean in Iran. *J. Plant Pathol* 6: 14-21.
- Gopal K, Reddy MK, Reddy DVR, Muniyappa V.** 2010. Transmission of *Peanut yellow spot virus* (PYSV) by thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood in groundnut. *Arch Phytopathol Plant Prot* 43: 421-429.
- Gu QS, Wu HJ, Chen HY, Zhang XJ, Wu MZ, Wang DM, Peng B, Kong XY, Liu TJ.** 2012. *Melon yellow spot virus* identified in China for the first time. *New Disease Reports* 25: 7.
- Hassani-Mehraban A, Botermans M, Verhoeven J, Meekes E, Saaier J, Peters D, Goldbach R, Kormelink R.** 2010. A distinct tospovirus causing necrotic streak on *Alstroemeria* sp. in Colombia. *Arch Virol* 155: 423-428.
- Hsu CL, Hoepting CA, Fuchs M, Shelton AM, Nault BA.** 2010. Temporal dynamics of *Iris Yellow Spot Virus* and its vector, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), in seeded and transplanted onion fields. *Environ Entomol* 39: 266-277.
- Iwaki M, Honda Y, Hanada K, Tochihara H, Yonaha T, Hokama K, Yokoyama T.** 1984. Silver mottle disease of watermelon caused by tomato spotted wilt virus. *Plant Dis* 68: 1006-1008.

- Jain RK, Pappu HR, Pappu SS, Krishna Reddy M, Vani A.** 1998. Watermelon bud necrosis tospovirus is a distinct virus species belonging to serogroup IV. *Arch Virol* 143: 1637-1644.
- Jones DR.** 2005. Plant viruses transmitted by thrips. *Eur J Plant Pathol* 113: 119-157.
- Kato K, Hanada K, 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.
- Kato K, Hanada K, Kameya-Iwaki M.** 2000. Melon yellow spot virus: a distinct species of the genus *Tospovirus* isolated from melon. *Phytopathology* 90: 422-426.
- Lakshmi KV, Wightman DVR, Reddy DVR, Rao GVR, Buiel AAM, Reddy DDR.** 1995. Transmission of *Peanut bud necrosis virus* by *Thrips palmi* in India. pp 179-184. In: Parker BL, Skinner M, Lewis T (eds). *Thrips Biology and Management*. Plenum, New York.
- Medeiros RB, Resende RdeO, de Avila AC.** 2004. The plant virus *Tomato spotted wilt Tospovirus* activates the immune system of its main insect vector, *Frankliniella occidentalis*. *J Virol* 78: 4976-4982.
- Moritz G, Kumm S, Mound L.** 2004. Tospovirus transmission depends on thrips ontogeny. *Virus Res* 100: 143-149.
- Mound LA.** 1996. The Thysanoptera vector species of tospoviruses. *Acta Hortic (ISHS)* 431: 298-309.
- Mound LA.** 2002. So many thrips - So few tospoviruses? In: Marullo R, Muound LA (eds). *Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera*, Australia, Australian National Insect Collection, Canberra. pp 15-18.
- Mound LA.** 2010. Thysanoptera (Thrips) of the world - a checklist. from <http://www.ento.csiro.au/thysanoptera/worldthrips.html>.
- Mound LA, Morris DC.** 2007. The insect order Thysanoptera: classification versus systematics. *Zootaxa* 1668: 395-411.
- Nagata T, Almeida ACL, Resende RO, de Ávila AC.** 2004. The competence of four thrips species to transmit and replicate foru tospoviruses. *Plant Pathol* 53: 136-140.
- Nagata T, de Ávila AC.** 2000. Transmission of *Chrysanthemum stem necrosis virus*, a recently discovered *Tospovirus*, by two thrips species. *J Phytopathol* 148: 123-125.
- Nagata T, Inoue-Nagata AK, Smid HM, Goldbach R, Peters D.** 1999. Tissue tropism related to vector competence of *Frankliniella occidentalis* for tomato spotted wilt tospovirus. *J Gen Virol* 80: 507-515.
- Naidu RA.** 2001. First report of *Frankliniella fusca* as a vector of *Impatiens necrotic spot tospovirus*. *Plant Dis* 85: 1211.
- Nakahara S, Monteiro RC.** 1999. *Frankliniella zucchini* (Thysanoptera: Thripidae), a new species and vector of tospovirus in Brazil. *Proc Entomol Soc Wash* 10: 290-294.
- Ohnishi J, Katsuzaki H, Tsuda S, Sakurai T, Akutsu K, Murai T.** 2006. *Frankliniella cephalica*, a new vector for *Tomato spotted wilt virus*. *Plant Dis* 90: 685.
- Pappua HR, Jonesb RAC, Jain RK.** 2009. Global status of tospovirus epidemics in diverse

cropping systems: Successes achieved and challenges ahead. *Virus Res* 141: 219-236.

- Parrella G, Gognalons P, Gebre-Selassie K, Vovlas C, Marchoux G.** 2003. An update of the host range of *Tomato spotted wilt virus*. *J Plant Pathol.* 85: 227-264.
- Peng JC, Yeh SD, Huang LH, Li JT, Cheng YF, Chen TC.** 2011. Emerging threat of thrips-borne Melon yellow spot virus on melon and watermelon in Taiwan. *Eur J Plant Pathol* 130: 205-214.
- Premachandra WTSD, Borgemeister C, Maiss E, Knierim D, Poehling HM.** 2005. *Ceratothripoides claratris*, a new vector of a Capsicum cholrosis virus isolate infecting tomato in Thailand. *Phytopathology* 95: 659-663.
- Rao X, Liu YC, Wu Z, Li Y.** 2011. First report of natural infection of watermelon by *Watermelon silver mottle virus* in China. *New Disease Reports* 24: 12.
- Reddy DVR, Ratna AS, Sudarshana MR, Poul F, Kumar IK.** 1992. Serological relationships and purification of bud necrosis virus, a *Tospovirus* occurring in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in India. *Ann Appl Biol* 120: 279-286.
- Riley DG, Joseph SV, Srinivasan R, Diffie S.** 2011. Thrips Vectors of Tospoviruses. *J Integra Pest Manag* 2: 1-10.
- Sakimura K.** 1963. *Frankliniella fusca*, an additional vector for the *Tomato spotted wilt virus*, with notes on *Thrips tabaci*, a thrips vector. *Phytopathology* 53: 412-415.
- Sakimura K.** 1969. A comment on the color forms of *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in relation to transmission of the the tomato-spotted wilt virus. *Pacific Insects* 11: 761-762.
- Sakurai T, Inoue T, Tsuda S.** 2004. Distinct efficiencies of *Impatiens necrotic spot virus* transmission by five thrips vector species (Thysanoptera: Thripidae) of tospoviruses in Japan. *Appl Entomol Zool* 39: 71-78.
- Singh SJ, Krishnareddy M.** 1996. Watermelon bud necrosis : a new Tospovirus disease. *Acta Hort* (ISHS) 431: 68-77.
- Takeuchi S, Shimomoto Y, Ishikawa K.** 2009. First report of melon yellow spot virus infecting balsam pear (*Momordica charantia* L.) in Japan. *J Gen Plant Pathol* 75: 154-156.
- Torres R, Larenas J, Fribourg C, Romero J.** 2012. Pepper necrotic spot virus, a new tospovirus infecting solanaceous crops in Peru. *Arch Virol* 157: 609-615.
- Tsuda S, Fujisawa I, Ohnishi J, Hosokawa D, Tomaru K.** 1996. Localization of tomato spotted wilt tospovirus in larvae and pupae of the insect vector *Thrips setosus*. *Phytopathology* 86: 1199-1203.
- Ullman DE.** 1996. Thrips and tospoviruses: advances and future direction. *Acta Hort* (ISHS) 431: 310-324.
- Ullman DE, Sherwood JL, German TL.** 1997. Thrips as vectors of plant pathogens. pp 539-565. In: Lewis T (ed). *Thrips as Crop Pests*. CAB International, Wallingford.
- van de Wetering F, Goldbach R, Peters D.** 1996a. Tomato spotted wilt tospovirus ingestion by first instar larvae of *Frankliniella occidentalis* is a prerequisite for transmission. *Phytopathology* 86: 900-905.

- van de Wetering F, Goldbach R, Peters D.** 1996b. Transmission of tomato spotted wilt virus by *Frankliniella occidentalis* after viral acquisition during the first larval stage. *Acta Hort (ISHS)* 431: 350-358.
- Wang CL.** 2002. Thrips of Taiwan: biology and taxonomy. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung.
- Wang CL, Lo KC, Chu YI.** 1987. The identification of thrips on cucurbits. *Jour Agric Res China* 36: 429-434.
- Whitfield AE, Ulman DE, German TL.** 2005. Tospovirus-thrips interactions. *Annu Rev Phytopathol* 43: 459-489.
- Wijkamp I, Almarza N, Goldbach R, Peters D.** 1995. Distinct levels of specificity in thrips transmission of tospoviruses. *Phytopathology* 85: 1069-1074
- Wijkamp I, Peters D.** 1993. Determination of the median latent period of two tospoviruses in *Frankliniella occidentalis*, using a novel leaf disk assay. *Phytopathology* 83: 986-991.
- Wijkamp I, van Lent J, Kormelink R, Goldbach R, Peters D.** 1993. Multiplication of tomato spotted wilt virus in its insect vector, *Frankliniella occidentalis*. *J Gen Virol* 74: 341-349.
- Yeh SD, Lin YC, Cheng YH, Jih CL, Chen MJ, Chen CC.** 1992. Identification to tomato spotted wilt-like virus on watermelon in Taiwan. *Plant Dis* 76: 835-840.
- Zheng YX, Huang CH, Cheng YH, Kuo FY, Jan FJ.** 2010. First Report of *Tomato spotted wilt virus* in Sweet Pepper in Taiwan. *Plant Dis* 94: 920-920.
- Zheng YX, Chen CC, Yang CJ, Yeh SD, Jan FJ.** 2008. Identification and characterization of a tospovirus causing chlorotic ringspots on *Phalaenopsis* orchids. *Eur J Plant Pathol* 120: 199-209.

Relationships Between Thrips Population and *Tospovirus* Incidence in Cucurbit Fields

Li-Hsin Huang^{1*}, Hsien-Hsien Tseng², Ju-Ting Li¹, Tsung-Chi Chen³

¹ Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung City, Taiwan,

² Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Taipei City, Taiwan

³ Department of Biotechnology, Asia University, Wufeng, Taichung City, Taiwan

ABSTRACT

The genus *Tospovirus* is thrips-borne and one of the most important plant virus genera in Solanaceae and Cucurbitaceae. *Watermelon silvery mottle virus* (WSMoV) and Melon yellow spot virus (MYSV) are common cucurbit-infecting tospovirus species in Taiwan. Thrips are known to transmit tospoviruses in a persistent propagative manner. Fourteen thrips species in Thripinae have been recorded to serve as tospovirus vectors around the world. *Thrips palmi* and *Frankliniella intonsa* are the predominant thrips in cucurbit fields in Taiwan, and only *T. palmi* is recognized a vector to transmit WSMoV and MYSV. Survey of thrips population and tospoviruses incidence in cucurbit fields revealed that WSMoV incidence is related with *T. palmi* occurrence, being significant positive correlation. However, relationship between MYSV incidence and *T. palmi* population is not significant positive correlation.

Key words: Thysanoptera, *Thrips palmi*, *Tospovirus*, *Watermelon silvery mottle virus*, Melon yellow spot virus

* 聯繫人

Corresponding email: lhhuang@tactri.gov.tw