

传毒蓟马种类研究进展(缨翅目,蓟马科)*

谢永辉^{1,2,3**} 张宏瑞^{1,2} 刘佳⁴ 李正跃^{1,2***}

(1. 云南农业大学农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室 昆明 650201;

2. 云南农业大学植物保护学院 昆明 650201;3. 昆明市烟草公司禄劝分公司

禄劝 651500;4. 吉林省安图县农业局 安图 133600)

摘要 蓟马所传播的植物病毒病已经对大范围的农作物和园艺作物带来了重要威胁。目前已报道有 15 种蓟马能传播植物病毒,仅占已记录蓟马总数的 0.2%,均属于蓟马科、蓟马亚科,且 10 种传毒蓟马已在我国不同省份有分布。本文概述了传毒蓟马的种类、寄主植物和分布等相关信息,并对不同传毒蓟马所传播病毒的种类和传毒方式进行了介绍。

关键词 传毒蓟马,植物病毒,蓟马科,寄主植物

Advances in research on vector thrips species(Thysanoptera, Thripidae)

XIE Yong-Hui^{1,2,3**} ZHANG Hong-Rui^{1,2} LIU Jia⁴ LI Zheng-Yue^{1,2***}

(1. Ministry of Education Key Laboratory of Agriculture Biodiversity and Pest Management, Kunming 650201, China;

2. Plant Protection College, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

3. Luquan Branch, Kunming Tobacco Company, Luquan 651500, China;

4. Agricultural Department of Antu County, Antu 133600, China)

Abstract Diseases transmitted by vector thrips have become a major threat to a broad range of agricultural and horticultural crops. To date, 15 thrips species belonging to the family Thripidae and subfamily Thripinae, scarcely 0.2% of recorded Thysanoptera species, are reported to transmit plant viruses. However, 10 of these known vectors occur in China. In this paper, we summarize the species, host plants, distribution and other related information on vector thrips. Patterns of transmission and virus species transmitted by different vector thrips are also introduced.

Key words vector thrips, plant virus, Thripidae, host plants

蓟马是缨翅目 Thysanoptera 昆虫的统称,通常微小、细长而略扁,成虫体长大多数在 0.5~5 mm 之间,也有少数体型较大的种类,体长可达 10~14 mm。全世界已记录蓟马种类 7 400 余种(Mound, 2012),我国记录有 157 属 570 余种(Majid *et al.*, 2011a, 2011b; Cao *et al.*, 2012; Dang and Qiao, 2012; Xie *et al.*, 2012b, 2013; Zhang *et al.*, 2012)。少数种类能通过直接取食危害植物,蓟马右上颚退化,植食性蓟马的若虫和成虫均用左上颚在植

物表面锉一个缺口,然后成对的下颚针插入植物组织吸取植物的汁液,有时能留下取食痕迹,如银白色的斑(Palmer *et al.*, 1989)。近年来,我国许多地区不断有蓟马严重为害的报道,受害作物涉及花卉、果蔬、粮食作物等(吴旭等, 2011; 谢永辉等, 2011a, 2012; 沈登荣等, 2012; 徐淑娟等, 2012)。少量植食性蓟马种类在取食为害的同时,还能传播植物病毒,传播病毒所造成的危害远远大于其直接取食带来的危害,目前在世界范围内

* 资助项目:云南农业大学农业入侵生物可持续控制研究省创新团队(2011HC005);云南省高校植物检疫学科技创新团队;云南省教育厅科学研究基金项目(No. 2012J078 and 2012J028);公益性行业(农业)科研专项项目(201103026;200803025);云南省自然科学基金面上项目(2007C054M)

**E-mail: xiaohui3615@163.com

*** 通讯作者, E-mail: lizhengyue@ynau.edu.cn

收稿日期:2012-06-06,接受日期:2012-11-05

对农作物生产都带来了巨大影响,造成了严重的经济损失 (Goldbach and Peters, 1994; Roosjen *et al.* ,1998) ,尤其是蓟马所传播的番茄斑萎病毒 (*tomato spotted wilt virus* , TSWV) 造成的危害最大。据相关学者保守估计,1996—2006 年期间,美国因 TSWV 所造成的经济损失已经超过 14 亿美元 (Riley *et al.* ,2011) ,而全球每年因 TSWV 所造成的经济损失也已经超过 10 亿美元 (Goldbach and Peters,1994) 。本文概述了传毒蓟马的种类、寄主和分布等相关信息,并对不同传毒蓟马种类所传播植物病毒的种类和传毒方式等进行了简要介绍。

1 传毒蓟马的分类地位和传播的病毒种类

目前已证实能传播病毒的蓟马种类有 15 种,仅占已记录蓟马总数的 0. 2% ,且这些传毒种类彼此之间并不近缘 (Mound,2005) 。所有传播植物病毒的蓟马均隶属于蓟马科 Thripidae、蓟马亚科 Thripinae,分布在蓟马属 *Thrips* Linnaeus、花蓟马属 *Frankliniella* Karny、硬蓟马属 *Scirtothrips* Shull、小

头蓟马属 *Microcephalothrips* Bagnall、角蓟马属 *Ceratothripoides* Bagnall 和网蓟马属 *Dictyothrips* Uzel(表 1)。

蓟马传播的植物病毒涉及番茄斑萎病毒属 *Tospovirus*、等轴不稳环斑病毒属 *Iarvirus*、香石竹斑驳病毒属 *Carmovirus*、南方菜豆花叶病毒属 *Sobemovirus*、玉米褪绿斑驳病毒属 *Machlomovirus* (表 2)。蓟马属是蓟马科最大的属,目前世界已纪录有 287 种,其中 4 种是番茄斑萎病毒属、等轴不稳环斑病毒属、玉米褪绿斑驳病毒属、南方菜豆花叶病毒属病毒的传播媒介。花蓟马属是蓟马科第二大属,目前世界已纪录有 230 种,其中 7 种是番茄斑萎病毒属、香石竹斑驳病毒属、等轴不稳环斑病毒属病毒的传播媒介。硬蓟马属已记录有 102 种,其中 1 种能传播番茄斑萎病毒属病毒。唯一一种的小头蓟马属也能传播等轴不稳环斑病毒属病毒。角蓟马属的其中 5 个种被重新划分到一个新属 *Retanathrips* ,有些种类又被归为同物异名,目前角蓟马属仅有 5 个种 (Mound and Nickle, 2009) ,仅 1 种传播番茄斑萎病毒属病毒。唯一种的网蓟马属也能传播番茄斑萎病毒属病毒。

表 1 传毒蓟马的种类
Table 1 The species of vector species in the Thysanoptera

属 Genus	已记录种类数量 Recorded species	已记录传毒种类数量 Recorded vectors	中国已记录传毒种类数量 Recorded vectors in China
花蓟马属 <i>Frankliniella</i>	230	7	4
蓟马属 <i>Thrips</i>	287	4	3
硬蓟马属 <i>Scirtothrips</i>	102	1	1
角蓟马属 <i>Ceratothripoides</i>	5	1	1
小头蓟马属 <i>Microcephalothrips</i>	1	1	1
网蓟马属 <i>Dictyothrips</i>	1	1	0

2 蓟马传毒的机理

传毒蓟马只有 1~2 龄若虫可以获毒,获毒后可以终生传毒,未获毒的蓟马成虫在取食染毒植株时不能获毒 (de Assis *et al.* ,2004) 。有研究表明,相对于健康植株,蓟马优先在染毒植株上取食和繁殖 (Maris *et al.* ,2004) ,这导致病毒的传播扩散更为严重。

Ullman 等 (1992) 和 Wijkamp (1995) 已经讨论了蓟马和番茄斑萎病毒 (TSWV) 之间的密切关系。在 1 龄和 2 龄若虫期间取食染毒植株时,蓟马能通过中肠、内脏肌和唾液腺之间暂时联合而获得番茄斑萎病毒属病毒 (Maris *et al.* ,2004) ,然后依靠成虫取食时的唾液把病毒转移到其它健康植株上 (Palmer *et al.* ,1989) 。在蓟马获毒后和能传毒之前,病毒在蓟马体内有一个复制的潜伏期,潜伏

表 2 蓟马传播的植物病毒

Table 2 The plant viruses transmitted by different thrips

蓟马 Thrips		植物病毒 Plant viruses
属 Genus	种类 Species	种类 Species
花蓟马属 <i>Frankliniella</i>	西花蓟马 <i>F. occidentalis</i>	TSWV; TCSV; INSV; CSNV; GRSV
	花蓟马 <i>F. intonsa</i>	TSWV; TCSV; GRSV; INSV
	首花蓟马 <i>F. cephalica</i>	TSWV
	梳缺花蓟马 <i>F. schultzei</i>	TSWV; TCSV; CSNV; GRSV; TSV; GBNV
	双刺花蓟马 <i>F. bispinosa</i>	TSWV
	褐花蓟马 <i>F. fusca</i>	TSWV; INSV; IYSV
	南瓜花蓟马 <i>F. zucchini</i>	ZLCV
蓟马属 <i>Thrips</i>	棕榈蓟马 <i>T. palmi</i>	TSWV; GBNV; MYSV; WSMoV; WBNV; CCSV
	毛蓟马 <i>T. setosus</i>	TSWV
	烟蓟马 <i>T. tabaci</i>	TSWV; IYSV; TSV; TYFRV
	小鬃蓟马 <i>T. parvispinus</i>	TSV
硬蓟马属 <i>Scirtothrips</i>	茶黄硬蓟马 <i>S. dorsalis</i>	PCFV; PYSV; GBNV
角蓟马属 <i>Ceratothripoides</i>	番茄角蓟马 <i>C. claratris</i>	CaCV
小头蓟马属 <i>Microcephalothrips</i>	腹小头蓟马 <i>M. abdominalis</i>	TSV
网蓟马属 <i>Dictyothrips</i>	甜菜网蓟马 <i>D. betae</i>	PolRSV

注:TSWV,tomato spotted wilt virus,番茄斑萎病毒;TCSV,tomato chlorotic spot virus,番茄萎黄斑病毒;INSV,impatiens necrotic spot virus,凤仙花坏死病毒;CSNV,chrysanthemum stem necrosis virus,菊花茎坏死病毒;GRSV,groundnut ringspot virus,花生环斑病毒;ZLCV,zucchini lethal chlorosis virus,南瓜致死褪绿病毒;MYSV,melon yellow spot virus,甜瓜黄斑病毒;WSMoV,watermelon silver mottle virus,西瓜银色斑驳病毒;WBNV,watermelon bud necrosis virus,西瓜芽坏死病毒;CCSV,calla lily chlorotic spot virus,马蹄莲褪绿斑病毒;IYSV,iris yellow spot virus,鸢尾花黄斑病毒;TSV,tobacco streak virus,烟草条纹病毒;PCFV,peanut chlorotic fan-spot virus,花生黄化扇斑病毒;PYSV,peanut yellow spot virus,花生黄斑病毒;GBNV,groundnut bud necrosis virus,花生芽坏死病毒;TYFRV,tomato yellow fruit ring virus,番茄黄果轮点病毒;CaCV,capsicum chlorosis virus,辣椒褪绿病毒;PolRSV,polygonum ringspot virus,荞麦轮斑病毒。

期时间的长短与所处的环境温度有关。蓟马的传毒力可以保持几天甚至一生,其持续时间可能取决于最初获得病毒的数量和病毒在体内复制的速率。有研究显示,蓟马的免疫系统也紧跟着在虫体染毒之后被激活 (Medeiros *et al.*, 2004)。而蓟马传播等轴不稳环斑病毒属病毒的机理与番茄斑萎病毒属不同,它牵涉染毒花粉从一个植株到另一个植株的机械活动,并通过取食伤口传播到健康植株。目前确定能传播等轴不稳环斑病毒属的蓟马有花蓟马属、小头蓟马属和蓟马属。与等轴不稳环斑病毒属病毒的传播机理一样,蓟马也能通过染毒花粉的机械活动来传播香石竹斑驳病毒属病毒。而南方菜豆花叶病毒属病毒既能通过染

毒花粉的机械活动,又能通过蓟马取食时的唾液从染毒植株传播到健康植株上 (Jones, 2005)。目前,蓟马传播玉米褪绿斑驳病毒属病毒的机理尚不明确。

3 传毒蓟马种类

- 3.1 花蓟马属 *Frankliniella* Karny, 1910
- 花蓟马属隶属于锥尾亚目 Terebrantia、蓟马科 Thripidae、蓟马亚科 Thripinae, 是缨翅目传毒种类最多的属,也是中国甚至亚洲已记录传毒蓟马种类最多的属。该属蓟马寄主范围广泛,食性复杂,很多种类都是农业上的重要害虫。
- 3.1.1 西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*

(Pergande) 西花蓟马英文通用名为 western flower thrips,也叫苜蓿蓟马,源产于美国西南部(Mound,1996)。随着园艺植物的贸易,20世纪80年代开始在北美洲大面积扩散,之后迅速在欧洲、亚洲蔓延扩散。目前已在世界各大洲温带地区均有分布。马来西亚、日本、韩国和中国是亚洲报道有西花蓟马分布的国家(Fauziah and Saharan, 1991; Hayase and Fukuda, 1991; Chung *et al.*, 2001; Xie *et al.*, 2012a)。

西花蓟马食性极其复杂,寄主植物超过60科,被认为是最重要的传毒蓟马(Goldbach and Peters, 1994)。1龄若虫一旦达到24 h的获毒期,其2龄若虫便能传毒(Wijkamp and Peters, 1993)。番茄斑萎病毒属病毒通过园艺植物贸易上的西花蓟马从美国西部传播蔓延到世界其它地方。

研究发现西花蓟马能传播5种病毒:菊花茎坏死病毒(*chrysanthemum stem necrosis virus*, CSNV)(Bezzara *et al.*, 1999; Nagata *et al.*, 2004)、花生环斑病毒(*groundnut ringspot virus*, GRSV)(Wijkamp *et al.*, 1995; Nagata *et al.*, 2004)、凤仙花坏死病毒(*impatiens necrotic spot tospovirus*, INSV)(Wijkamp and Peters, 1993; Sakurai *et al.*, 2004)、番茄萎黄斑病毒(*tomato chlorotic spot virus*, TCSV)(Wijkamp *et al.*, 1995; Nagata *et al.*, 2004)和TSWV(Wijkamp *et al.*, 1995; Nagata *et al.*, 2004)。

3.1.2 花蓟马 *Frankliniella intonsa* (Trybom)

花蓟马英文通用名为 European flower thrips,也叫欧洲花蓟马、台湾花蓟马。这是一种遍及欧洲和亚洲的常见栖花的杂食性蓟马。随着鲜切菊花的贸易而入侵日本,且现在是日本园艺业重要害虫(Mound, 1996; Anon, 2002)。现已遍布世界各地,但亚洲和欧洲最为普遍。我国大部分省市均有分布。

该种寄主范围广泛,主要包括菊花、唐菖蒲、甜椒、西红柿、花生、芦笋、大豆、棉花、秋葵、苜蓿、豌豆、水稻、刀豆、桃、草莓和油桃等。在水稻的抽穗扬花期,它能侵入稻穗壳内危害,造成空秕粒。对园艺植物花的危害也很大,轻者导致有斑痕,重者不能正常开放,大大降低其观赏价值。该种蓟马还能危害芦笋嫩芽和花,导致笋尖变形甚至枯萎,严重影响芦笋生长。

Sakurai 等(2004)在日本研究发现,花蓟马能

传播 INSV,但相对西花蓟马而言,传毒效率较低,且雌雄两性之间的传毒效率存在显著差异;此外, Wijkamp 等(1995)研究发现,花蓟马也能有效传播 GRSV 和 TSWV,但传播 TCSV 效率较低。

3.1.3 首花蓟马 *Frankliniella cephalica* (Crawford)

首花蓟马起源于加勒比海地区,现已在百慕大群岛、墨西哥、哥伦比亚、日本(Masumoto and Okajima, 2004)和中国(谢永辉等, 2011a)有分布。该种在我国目前主要分布在云南、广西。

首花蓟马主要栖息在多种植物的花内,更偏好于白色的小型花,如芒果属(*Mangifera*)和女贞属(*Ligustrum*)植物的花内。种群数量较少时,该种蓟马不会对寄主造成危害,且能起到传粉作用。种群数量较大时,便能危害植物的花器。

在日本,Ohnishi 等(2006)发现它能在实验室条件下传播 TSWV,但雌雄两性的传毒效率存在显著性差异。目前在其它地方还未见有首花蓟马传播病毒的相关报道。

3.1.4 梳缺花蓟马 *Frankliniella schultzei* (Trybom)

梳缺花蓟马也叫棉芽蓟马 cotton bud thrips、番茄蓟马 tomato thrips 或者普通花蓟马 common blossom thrips,起源于南美洲(Mound, 1996),现已遍布非洲、亚洲、南美洲的泛热带地区。在亚热带很不常见,在温带仅分布在温室内或较热的地区。在比利时、以色列、埃及、摩洛哥、西班牙、荷兰、意大利和加那利群岛(Anon, 1999; Nakahara, 1997)的温室中也发现了该害虫。在我国南方田间也发现了该害虫的危害(谢永辉等, 2011a)。

该种寄主范围广泛,主要危害西红柿、烟草、花生、高粱、木豆、生菜、菠萝、黑豆、豇豆、豌豆、黄豆、棉花、辣椒、风信子、洋葱和菊科植物(Palmer *et al.*, 1989),其次还有兰花和仙人掌(Anon, 2002)。

该种存在深色型和浅色型两种生物型。深色型主要分布在南澳大利亚、非洲和南美洲,浅色型在印度和北澳大利亚较为常见。在东非,两种生物型共存(Anon, 2002)。两种生物型均能传播病毒,但深色型比浅色型传播病毒的种类更多且传毒效率更高(Wijkamp *et al.*, 1995),又因为浅色型的特征很像 *F. sulphurea* (Mound, 1996),因此过去曾认为这两种生物型可能是两个不同的种。

Meena 等(2005)在印度通过分子生物学手段研究发现梳缺花蓟马能在豇豆上传播花生芽坏死病毒(*groundnut bud necrosis virus*, GBNV), Lakshmi 等(1995)研究也发现梳缺花蓟马能在实验室内传播 GBNV,但传毒效率极低; Sakurai (2004)在巴拉圭研究表明,深色型梳缺花蓟马能在番茄上高效率传播 TSWV; Klose 等(1996)通过研究首次发现梳缺花蓟马能高效率的把烟草条纹病毒(*tobacco streak virus*, TSV)从紫花藿香蓟花粉上传播到其它植物上;此外,深色型梳缺花蓟马还能传播 CSNV (Bezzara *et al.*, 1999; Nagata *et al.*, 2004),浅色型不能传播 GRSV (Wijkamp *et al.*, 1995);两种体色型梳缺花蓟马均能传播 TSWV 和 TCSV,但浅色型传毒效率较低 (Wijkamp *et al.*, 1995; Nagata *et al.*, 2004)。

3.1.5 双刺花蓟马 *Frankliniella bispinosa* (Morgan) 双刺花蓟马英文通用名为 Florida flower thrips,又叫佛罗里达花蓟马,起源于美国东南部,现已分布在美国的佛罗里达州、阿拉巴马州、南佐治亚州 (Diffie *et al.*, 2008) 以及巴哈马群岛、百慕大群岛和波多黎各 (Anon, 2002; Moritz *et al.*, 2001)。尚未见该种在亚洲有报道。

该种寄主范围广泛,主要危害脐橙、草莓、烟草、野芥子、玫瑰、小麦 (Anon, 2002)。在英国,从美国进口的芦笋、菊花和甜椒上拦截到该种蓟马;在佛罗里达州,有报道双刺花蓟马危害鳄梨和柑橘的幼果和花 (Moritz *et al.*, 2001)。

Avila 等(2006)研究发现,双刺花蓟马在实验室条件下能在辣椒上传播 TSWV,但相对西花蓟马而言,传毒效率较低。

3.1.6 褐花蓟马 *Frankliniella fusca* (Hinds) 褐花蓟马又叫烟草花蓟马 *tobacco thrips* 起源于美国东部,现已遍及北美洲,并扩散至马提尼克、波多黎各和荷兰 (Mound, 2001)。在亚洲,该种仅在日本有报道 (Nakao *et al.*, 2011)。

该种寄主范围非常广泛,是一种重要害虫。在北美洲东部,烟草是其重要寄主。在荷兰,危害孤挺花和水仙花的鳞茎 (Anon, 2002)。除了上述寄主外,还能危害西红柿、西瓜、甜椒、花生、大豆、棉花、豇豆和玉米。除了英国曾从美国进口的芦笋上拦截到褐花蓟马之外,在国际植物贸易上很少能截获到褐花蓟马 (Vierbergen, 1992)。

很久之前就发现褐花蓟马与番茄斑萎病的传

播有关。目前已有大量证据证明它传播 TSWV 和 INSV (Sakimura, 1963; Naidu *et al.*, 2001; Groves *et al.*, 2002; de Assis *et al.*, 2004)。在美国南方诸州,褐花蓟马是 TSWV 的重要传播媒介,并引起烟草、落花生和甜椒等作物的巨大经济损失 (Barbour and Brandenburg, 1994)。Srinivasan 等(2012)最近在美国的佐治亚州研究表明,褐花蓟马还能在洋葱上传播鸢尾花黄斑病毒 (*iris yellow spot virus*, IYSV),但相对烟蓟马而言,传毒效率较低。

3.1.7 南瓜花蓟马 *Frankliniella zucchini* Nakahara and Monteiro 南瓜花蓟马起源于巴西的圣保罗州,该种首次在南瓜上发现,主要危害南瓜等瓜类作物的叶片和花 (Nakahara and Monteiro, 1999)。已有该种在巴西中部传播病毒病的报道 (Bezzara *et al.*, 1999),目前尚未见该种在亚洲报道。

Nakahara and Monteiro (1999) 在巴西研究发现,南瓜花蓟马在南瓜上传播南瓜致死褪绿病毒 (*zucchini lethal chlorosis virus*, ZLCV)。

3.2 蓟马属 *Thrips* Linnaeus, 1758

蓟马属隶属于锥尾亚目、蓟马科、蓟马亚科。是缨翅目第二大属,锥尾亚目第一大属,分布在世界各地,食性复杂,很多种类是农业上的重要害虫。主要危害植物的花、叶、幼果等。

3.2.1 棕榈蓟马 *Thrips palmi* Karny 又叫瓜蓟马 *melon thrips*、南黄蓟马、棕黄蓟马。该种蓟马是以 Palm 博士命名的,且该种的寄主既非棕榈又和棕榈属植物没有任何关系,因此“棕榈蓟马”一名是后人对其词源学的误解而导致种名翻译不当,但该名现在已被普遍接受。棕榈蓟马起源于东南亚 (Mound, 1996),于 1925 年首次在苏门答腊岛和印度尼西亚的爪哇岛发现,几年后又在苏丹远西部和台湾远北部发现。亚洲、澳大利亚以及包括夏威夷的太平洋地区很多岛屿、加勒比海地区、美国的佛罗里达和南美洲东北部均有报道 (Anon, 1997)。在欧洲,Anon (2004a) 在葡萄牙西北部的田间也发现了棕榈蓟马。棕榈蓟马自身扩散能力不强,但它很容易通过果实、移栽的植物等进行扩散 (Anon, 1997)。该虫在我国大部分省份均有分布。

棕榈蓟马食性极其复杂,尤其是危害葫芦科和茄科作物,如甜椒、烟草、黄瓜、西瓜、甜瓜、南瓜

和西葫芦、茄子和土豆。还能危害棉花、豇豆、豌豆、刀豆、大豆、向日葵和芝麻、猕猴桃(Anon, 1997)。

许多学者在印度的研究表明,棕榈蓟马能在花生上传播 GBNV (Reddy *et al.*, 1992; Lakshmi *et al.*, 1995; Meena *et al.*, 2005); 在日本的研究表明,它还能在网纹甜瓜上持久性传播甜瓜黄斑病毒(melon yellow spot virus, MYSV) (Kato *et al.*, 2000); 在台湾和印度,它还能在西瓜上持久性传播西瓜银色斑驳病毒(watermelon silver mottle virus, WSMoV) (Yeh *et al.*, 1992) 和西瓜芽坏死病毒(watermelon bud necrosis virus, WBNV) (Singh and Krishnareddy, 1995); Chen 等(2005)在台湾研究发现棕榈蓟马也能在马蹄莲上传播马蹄莲褪绿斑病毒(calla lily chlorotic spot virus, CCSV); 也有学者研究发现,棕榈蓟马能传播 TSWV (Fujisawa *et al.*, 1988; Persley *et al.*, 2005)。

3.2.2 毛蓟马 *Thrips setosus* Moulton 毛蓟马是一种食叶的蓟马种类,仅在日本有记录(Mound, 1996)。

该种寄主范围广泛,主要包括紫茄子、刀豆、菊花、柑橘、黄瓜、烟草、西红柿、大丽花、无花果、葡萄、凤仙花、生菜、甜瓜、大豆、芝麻、草莓、甜椒、豌豆、茶、薄荷、南瓜、白花三叶草。

Fujisawa 等(1988)和 Ohnishi 等(2001)在日本研究均表明毛蓟马能传播 TSWV。

3.2.3 烟蓟马 *Thrips tabaci* Lindeman 烟蓟马又叫葱蓟马 onion thrips、棉蓟马 cotton thrips、葡萄蓟马 grape thrips,可能起源于地中海东部和毗邻黑海和里海的一些国家,现在几乎遍布所有海拔 2 000 m 以下的洋葱种植区(Morse and Hoddle, 2006)。我国绝大多数省份均有记录。

烟蓟马在温暖干燥地区尤为丰富,寄主范围极其广泛,多达 150 余种,特别偏好取食洋葱。其它主要寄主包括棉花、黄瓜、烟草、大蒜、韭菜、甘蓝、土豆、甜瓜、西红柿、甜菜、木豆和木薯(Anon, 2002)。

烟蓟马的直接危害远远小于其所传播病毒所造成的危害。据文献报道,烟蓟马能传播多种植物病毒,如 TSWV (Pittman, 1927; Zawirska, 1980; Wijkamp *et al.*, 1995)、IYSV (Gent *et al.*, 2004; Hsu *et al.*, 2010) 和 TSV (Sdoodee and Teakle, 1987; Klose *et al.*, 1996); Golnaraghi 等(2007)在伊朗通

过分子生物学手段研究发现,烟蓟马还能在烟草上传播番茄黄果轮点病毒(tomato yellow fruit ring virus, TYFRV)。

对于烟蓟马传播病毒的情况众说纷纭,尤其是关于其传播 TSWV 的争议最大(谢永辉等, 2011b)。Wijkamp 等(1995)认为由雄性和雌性(产雄性孤雌生殖种群)组成的烟蓟马种群能低效率传播 TSWV,仅有雌性(产雌性孤雌生殖种群)的种群不能传播 TSWV。也有研究表明,烟蓟马传播 TSWV 的效率与其生殖模式有关。Zawirska (1980)通过对烟蓟马在田间传播 TSWV 的研究推断,烟蓟马存在两个亚种:一个亚种是对烟叶具有寄主专一性的经两性生殖产生,该亚种能传播 TSWV;另一个亚种是不偏好取食烟叶经孤雌生殖产生的,该亚种不能传播 TSWV。

3.2.4 小鬃蓟马 *Thrips parvispinus* (Karny) 小鬃蓟马起源于东南亚,现已在亚洲的印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、泰国、日本和中国有记录(Zhang *et al.*, 2011)。还分布在澳大利亚、巴布亚岛新几内亚和所罗门群岛(Anon, 2002)。

该种寄主范围广泛,高度杂食性,主要危害植物的花和嫩叶。西瓜和木瓜是其主要寄主,别的寄主植物还包括土豆、甜椒、烟草、鬼针草、咖啡和凤仙花(Anon, 2002)。在我国还未见其传毒的报道。

Klose 等(1996)通过研究首次发现小鬃蓟马能成功把 TSV 从番茄花粉上传播到苋色藜的幼苗上,这也是该种蓟马首次传毒的报道。

3.3 小头蓟马属 *Microcephalothrips* Bagnall, 1926

小头蓟马隶属于锥尾亚目、蓟马科、蓟马亚科。该属是单种属,只有腹小头蓟马。

腹小头蓟马 *Microcephalothrips abdominalis* (Crawford) 是小头蓟马属的唯一一种(Mound, 2012),可能起源于中美洲,现在已遍布美洲和亚洲的孟加拉国、中国、印度、印度尼西亚、日本、韩国、台湾、泰国和菲律宾。澳大利亚、斐济、关岛、夏威夷、所罗门群岛和欧洲的加那利群岛和意大利,中东地区的埃及、以色列和土耳其也有分布(Anon, 2002)。

腹小头蓟马主要寄主作物有柑橘、西红柿、水稻、兰花、黄瓜、向日葵和藜(Anon, 2002),还能危

害许多菊科园艺植物,如菊花、万寿菊、熊耳草、波斯菊、除虫菊和百日草。

Greber 等(1991)在澳大利亚通过室内研究表明,腹小头蓟马能把 TSV 从紫花霍香蓟上传播到烟草、黄瓜和莧色藜上。

3.4 硬蓟马属 *Scirtothrips* Shull,1909

硬蓟马属隶属于锥尾亚目、蓟马科、蓟马亚科。该属仅有茶黄硬蓟马能传播植物病毒。

茶黄硬蓟马 *Scirtothrips dorsalis* Hood 又叫草莓蓟马 strawberry thrips、红辣椒蓟马 chilli thrips,起源于南亚,现主要分布在东南亚和太平洋地区,在非洲也有记录(Anon,2004b)。

该种蓟马食性复杂,主要寄主作物有柑橘、棉花、花生、烟草、西红柿、洋葱、腰果、蓖麻子、辣椒、芒果、茶等(Venette and Davis,2004)。

茶黄硬蓟马在台湾已经证明能持久性传播花生上的花生黄化扇斑病毒(*peanut chlorotic fan-spot virus*, PCFV)(Chen and Chiu,1996; Chu *et al.*, 2001);Reddy 等(1991)在印度对 17 种寄主植物研究也表明,茶黄硬蓟马能在花生等 11 种植物上传播花生黄斑病毒(*peanut yellow spot virus*, PYSV);German 等(1992)澄清了之前 Amin 等(1981)认为茶黄硬蓟马所传播的 TSWV 属于错误鉴定,该病毒实际是 GBNV;Meena 等(2005)在印度通过分子生物学手段也认为茶黄硬蓟马能在番茄和辣椒上传播 GBNV;而 Palmer 等(1990)对其传播 GBNV 的记录持怀疑态度。

3.5 角蓟马属 *Ceratothripoides* Bagnall,1918

角蓟马属隶属于锥尾亚目、蓟马科、蓟马亚科。Mound 和 Nickle(2009)曾对该属进行过修订,把其中 5 个新世界种归入另一个 *Retanathrips* Mound & Nickle,且剩余的有些种类又被归为同物异名。该属仅有番茄角蓟马能传播植物病毒。

番茄角蓟马 *Ceratothripoides claratris* (Schumsher)目前仅分布在印度、泰国和中国(Xie *et al.*,2012b)。Mound 和 Kibby(1998)报道了印度的番茄角蓟马,寄主是葫芦科的西瓜。该虫在泰国中部还是番茄的重要害虫。我国仅在云南省南部采集到了少量标本,还未发现其传毒报道,但辣椒褪绿病毒(*capsicum chlorosis virus*, CaCV)已经在我国广西壮族自治区建立种群(陈坤荣等,2006),因此,相关检疫机构应该警惕该虫的入侵。

Premachandra 等(2005)在泰国温室的番茄作物上对番茄角蓟马与 CaCV 之间关系的研究表明,番茄角蓟马能有效传播 CaCV,且成虫的传毒效率与性别没有显著差异,但不同龄期若虫获毒之后的成虫传毒效率却有差异,1 龄若虫获毒比 2 龄若虫获毒之后的成虫传毒效率要高。

3.6 网蓟马属 *Dictyothrips* Uzel,1895

网蓟马属隶属于锥尾亚目、蓟马科、蓟马亚科。该属是单种属,只有甜菜网蓟马。

甜菜网蓟马 *Dictyothrips betae* Uzel 是网蓟马属的唯一种(Mound,2012),起源于欧洲,目前仅分布在古北区的罗马尼亚、西伯利亚、乌克兰、匈牙利、德国、荷兰和意大利等地(Bhatti,1978;Raehle,1974;Strassen Zur,2007),主要取食蓼属的一些杂草。

Ciuffo 等(2010)在意大利通过实验室内研究表明,甜菜网蓟马能在蓼属植物上传播莽麦轮斑病毒(*polygonum ringspot virus*, PolRSV)。

4 展望

传毒蓟马、寄主植物和植物病毒三者的关系非常复杂,若想更深入了解蓟马所传播植物病毒的机理,必须同时对三者进行系统研究。蓟马对不同植物病毒的传毒机理会有差异,不同蓟马种类对同一植物病毒的传毒机理也不尽相同,并且有些寄主植物存在被复合植物病毒和蓟马种类感染的现象,尤其是传毒蓟马的生殖策略也会影响植物病毒的传毒机理。蓟马与番茄斑萎病毒属病毒的关系已有较多的研究报道,但对一些最近报道的新的蓟马所传植物病毒的传毒机理尚不明确。加强蓟马传毒机理的研究,将有助于了解所传播植物病毒病的流行规律,进而为控制其发生危害提供科学依据。此外,有关蓟马若虫获毒后是否会对其自身组织结构和生物学习性等方面产生影响、产卵行为是否能够传毒、寄主植物对植物病毒和传毒蓟马的抗性机理等问题还有待于进一步深入研究。

园艺植物全球化贸易的加强,尤其是鲜切花贸易及温室效应的增加给许多重要传毒蓟马如棕榈蓟马、梳缺花蓟马以及病毒的传播创造了有利条件。近年来,欧盟成员国已经从不同国家进口的植物上截获了多种入侵蓟马(Gunawardana and

George, 2010), 以后肯定会有更多的传毒蓟马和病毒在各大洲被扩散传播, 从而在新的地方建立种群并暴发危害。因此世界各国应该加强该方面的检疫工作, 从源头上切断虫源和病原的入侵扩散途径, 尤其是出口国家在源头上应尽力改善相关检疫措施。

植物病毒的存活及大面积扩散传播主要取决于传毒蓟马和病毒两者组成的复合体之间的相互作用, 同样也会受环境和寄主植物之间的相互影响。传毒蓟马、寄主植物和植物病毒三者存在一个协同进化的关系。一种有效传毒者的入侵并建立种群通常会导致植物病毒在本地大暴发, 比如西花蓟马扩散后, TSWV 的暴发率也大为增加。CaCV 目前仅发现于我国气候较热的区域, 随着番茄角蓟马在我国的入侵, CaCV 会随着传毒蓟马的繁殖扩散而转移到气候较温暖地区的田间作物和气候寒冷地区的温室作物上。对该虫在我国各地的适生区预测和生物学参数等相关研究工作已迫在眉睫。

参考文献 (References)

- Amin PW, Reddy DVR, Ghanekar AM, 1981. Transmission of *tomato spotted wilt virus*, causal agent of *bud necrosis virus* of peanut, by *Scirtothrips dorsalis* and *Frankliniella schultzei*. *Plant Disease*, 65: 663 – 665.
- Anon, 2004a. First Report of *Thrips palmi* from Portugal. EPPO Reporting Service, Item. 144.
- Anon, 1999. *Frankliniella schultzei* (Trybom). CABI/EPPO Distribution Maps of Plant Pests No. 598. CAB International, Wallingford, UK. 15 – 6.
- Anon, 2002. Plant Protection Compendium. CAB International, Wallingford, UK. 1 – 23.
- Anon, 1997. *Thrips palmi*//Smith IM, McNamara DG, Scott PR, Holderness M (eds.). Quarantine Pests for Europe. CAB International, Wallingford, UK. 538 – 542.
- Anon, 2004b. Update on the situation of *Scirtothrips dorsalis* in Israel. EPPO Reporting Service. 2004/1613.
- Avila Y, Stavisky J, Hague S, Funderburk J, Reitz S, Momol T, 2006. Evaluation of *Frankliniella bispinosa* (Thysanoptera: Thripidae) as a vector of the *tomato spotted wilt virus* in pepper. *Florida Entomologist*, 89: 204 – 207.
- Barbour JD, Brandenburg RL, 1994. Vernal infusion of thrips into North Carolina peanut fields. *Journal of Economic Entomology*, 87: 446 – 451.
- Bezzara IC, de Resende RO, Pozzer L, Nagata T, Kormelink R, de Avila AC, 1999. Increase of tospovirus diversity in Brazil with the identification of two new tospovirus species, one from chrysanthemum and one from zucchini. *Phytopathology*, 89: 823 – 830.
- Bhatti JS, 1978. Systematics of *Anaphothrips* Uzel 1895 sensu latu and some related genera. *Senckenbergiana Biologica*, 59: 85 – 114.
- Cao SJ, Xian XY, Feng JN, 2012. A newly recorded species of the genus *Terthothrips* Karny (Thysanoptera, Phlaeothripidae) from China. *动物分类学报*, 37(1): 236 – 238.
- Chen CC, Chiu RJ, 1996. A tospovirus infecting peanut in Taiwan. *Acta Horticulturae*, 431: 57 – 67.
- 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 Disease*, 89: 440 – 445.
- 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.
- Chung BK, Kang SW, Kwon JH, 2001. Chemical control system of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera Thripidae) in greenhouse eggplant. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 3: 1 – 9.
- Ciuffo M, Mautino GC, Bosco L, Turina M, Tavella L, 2010. Identification of *Dictyothrips betae* as the vector of *polygonum ring spot virus*. *Annals of Applied Biology*, 157(2): 299 – 307.
- Dang LH, Qiao GX, 2012. The genus *Meiothrips* Priesner (Thysanoptera, Phlaeothripidae, Idolothripinae) with a key and a new species from China. *ZooKeys*, 177: 59 – 68.
- de Assis FFM, Deom CM, Sherwood JL, 2004. Acquisition of *tomato spotted wilt virus* by adults of two thrips species. *Phytopathology*, 94: 333 – 336.
- Diffie S, Edwards GB, Mound LA, 2008. Thysanoptera of southeastern USA: a checklist for Florida and Georgia. *Zootaxa*, 1787: 45 – 62.
- Fauziah I, Saharan HA, 1991. Research on thrips in Malaysia. *Asian Vegetable Research and Development Center Publication*, 91: 29 – 33.
- Fujisawa I, Tanaka K, Ishii M, 1988. *Tomato spotted wilt virus* transmissibility by three species of thrips, *Thrips setosus*, *Thrips tabaci* and *Thrips palmi*. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, 54: 392.
- Gent DH, Schwartz HR, Khosla R, 2004. Distribution and

- incidence of IYSV in Colorado and its relation to onion plant population and yield. *Plant Disease*, 88:446 – 452.
- German TL, Ullman DE, Moyer JW, 1992. *Tospoviruses*: diagnosis, molecular biology, phylogeny, and vector relationships. *Annual Review of Phytopathology*, 30:315 – 348.
- Goldbach R, Peters D, 1994. Possible causes of the emergence of tospovirus diseases. *Semin. Virol.*, 5:113 – 120.
- Golnaraghi AR, Pourrahim R, Farzadfar S, Ohshima K, Shahraeen N, Ahoonmanesh A, 2007. Incidence and distribution of tomato yellow fruit ring virus on soybean in Iran. *Plant Pathology Journal (Faisalabad)*, 6(1):14 – 21.
- Greber RS, Klose MJ, Teakle DS, Milne JR, 1991. High incidence of tobacco streak virus in tobacco and its transmission by *Microcephalothrips abdominalis* and pollen from *Ageratum houstonianum*. *Plant Disease*, 75:450 – 452.
- Groves RL, Walgenbach JF, Moyer JF, Kennedy GG, 2002. The role of weed hosts and tobacco thrips, *Frankliniella fusca*, in the epidemiology of tomato spotted wilt virus. *Plant Disease*, 86:573 – 582.
- Gunawardana D, George S, 2010. Thrips species intercepted at New Zealand borders on snow peas from the African continent. Thrips and *Tospoviruses*//Proceedings of the 9th International Symposium on Thysanoptera and Tospoviruses, Sea Word Resort, Queensland, Australia.
- Hayase T, Fukuda H, 1991. Occurrence of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), on cyclamen and its identification. *Shokubutsu Boeki*, 45:59 – 61.
- Hsu CL, Hoeping CA, Fuchs M, Shelton AM, Nault BA, 2010. Temporal dynamics of iris yellow spot virus and its vector, *Thrips tabaci* in seeded and transplanted onion fields. *Environmental Entomology*, 39(2):266 – 277.
- Jones DR, 2005. Plant viruses transmitted by thrips. *European Journal of Plant Pathology*, 113:119 – 157.
- Lakshmi KV, Wightman JA, Reddy DVR, Rao GVR, Buie AAM, Reddy DDR, 1995. Transmission of peanut bud necrosis virus by *Thrips palmi* in India// Parker BL, Skinner M, Lewis T (eds.). *Thrips Biology and Management*. Plenum, New York. 179 – 184.
- Kato K, Hanada K, Kameya IM, 2000. Melon yellow spot virus: a distinct species of the genus *Tospovirus* isolated from melon. *Phytopathology*, 90:422 – 426.
- Klose MJ, Sdoodee R, Teakle DS, Milne JR, Greber RS, Walter GH, 1996. Transmission of three strains of tobacco streak ilar virus by different thrips species using virus infected pollen. *Journal of Phytopathology*, 144:281 – 284.
- Majid MB, Wei SJ, Lu H, Chen XX, 2011a. *Rhipidothrips* Uzel, a newly recorded genus of Aeolothripidae (Thysanoptera, Terebrantia) from China. *昆虫分类学报*, 33(4):289 – 294.
- Majid MB, Tong XL, Feng JN, Chen XX, 2011b. Thrips (Insecta, Thysanoptera) of China. *Check List*, 7(6):720 – 744.
- Maris PC, Joosten NN, Goldbach RW, Peters D, 2004. Tomato spotted wilt virus infection improves host suitability for its vector *Frankliniella occidentalis*. *Phytopathology*, 94:706 – 711.
- Masumoto M, Okajima S, 2004. A new record of *Frankliniella cephalica* (Thysanoptera, Thripidae) from Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 48:225 – 226.
- Medeiros RB, de Resende R, de Avila AC, 2004. The plant virus tomato spotted wilt tospovirus activates the immune system of its main vector, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Virology*, 78:4976 – 4982.
- Meena RL, Ramasubramanian T, Venkatesan S, Mohankumar S, 2005. Molecular characterization of *Tospovirus* transmitting thrips populations from India. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(3):167 – 172.
- Moritz G, Morris D, Mound L, 2001. Thrips ID-Pest Thrips of the World. Australian Centre for International Research, Canberra, Australia.
- Morse JG, Hoddle MS, 2006. Invasion biology of thrips. *Annu. Rev. Entomol.*, 51:67 – 89.
- Mound LA, Kibby G, 1998. Thysanoptera, an identification guide, 2nd edn. CAB International, Wallingford, UK.
- Mound LA, Nickle DA, 2009. The Old-World genus *Ceratothripoides* (Thysanoptera: Thripidae) with a new genus for related New-World species. *Zootaxa*, 2230:57 – 63.
- Mound LA, 2001. So many thrips-so few tospoviruses? Thrips and *Tospoviruses*//Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera, Reggio, Calabria, Italy.
- Mound LA, 1996. The Thysanoptera vector species of tospoviruses. *Acta Horticulturae*, 431:298 – 309.
- Mound LA, 2005. Thysanoptera: diversity and interactions. *Annual Review of Entomology*, 50:247 – 269.
- Mound LA, 2012. Thysanoptera (Thrips) of the World-a checklist. <http://www.ento.csiro.au/thysanoptera/worldthrips.html>
- Nagata T, Almeida ACL, Resende RO, de Aevila AC, 2004. The competence of four thrips species to transmit and replicate four tospoviruses. *Plant Pathology*, 53:136 – 140.
- Naidu RA, Deom CM, Sherwood JL, 2001. First report of *Frankliniella fusca* as a vector of *impatiens necrotic spot tospovirus*. *Plant Disease*, 85:11 – 12.

- Nakahara S, Monteiro RC, 1999. *Frankliniella zucchini* (Thysanoptera: Thripidae), a new species and vector of tospovirus in Brazil. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 101: 290 – 294.
- Nakahara S, 1997. Annotated list of the *Frankliniella* species of the world (Thysanoptera Thripidae). *Contributions on Entomology International*, 2: 355 – 389.
- Nakao S, Chikamori C, Okajima S, Narai Y, Murai T, 2011. A new record of the tobacco thrips *Frankliniella fusca* (Hinds) (Thysanoptera: Thripidae) from Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 46(2): 131 – 134.
- Ohnishi J, Katsuzaki H, Tsuda S, Sakurai T, Akutsu K, Murai T, 2006. *Frankliniella cephalica*, a new vector for tomato spotted wilt virus. *Plant Disease*, 90(5): 685.
- Ohnishi J, Knight LM, Hosokawa D, Fujisawa I, Tsuda S, 2001. Replication of tomato spotted wilt virus after ingestion by adult *Thrips setosus* is restricted to midgut epithelial cells. *Phytopathology*, 91: 1149 – 1155.
- Palmer JM, Reddy DVR, Wightman JA, Ranga RGV, 1990. New information on the thrips vectors of tomato spotted wilt virus in groundnut crops in India. *International Arachis Newsletter*, 7: 24 – 25.
- Palmer J, Mound LA, Heaume GJ, 1989. IIE Geuides to insects of importance to man//Betts CR (ed.). Thysanoptera. CAB International, Wallingford, UK. 73.
- Persley DM, Thomas JE, Sharman M, 2006. Tospoviruses-an Australian perspective. *Australasian Plant Pathology*, 35(2): 161 – 180.
- Pittman HA, 1927. Spotted wilt of tomatoes. Preliminary note concerning the transmission of the spotted wilt of tomatoes by an insect vector (*Thrips tabaci* Lind.). *Australian Council of Science and Industrial Research Bulletin*, 1: 74 – 77.
- Premachandra WTSD, Borgemeister C, Maiss E, Knierim D, Poehling HM, 2005. *Ceratothripoides claratris*, a new vector of a *capsicum chlorosis virus* isolate infecting tomatoes in Thailand. *Phytopathology*, 95: 659 – 663.
- Raehle W, 1974. The Thysanoptera of the region around Tuebingen West Germany. *Jahreshefte der Gesellschaft fuer Naturkunde in Wuerttemberg*, 129: 138 – 156.
- 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. *Annals of Applied Biology*, 120: 279 – 286.
- Reddy DVR, Sudarshana MR, Ratna AS, Reddy AS, Amin PW, Kumar IK, Murthy AK, 1991. The occurrence of yellow spot virus, a member of the tomato spotted wilt group, on peanut (*Arachis hypogaea* L.) in India//Hsu HT, Lawson RH (eds.). Virus-Thrips-Plant Interactions of TSWV. National Technical Information Service, Springfield, USA. 77 – 78.
- Riley DG, Joseph SV, Srinivasan R, Diffie S, 2011. Thrips vectors of Tospoviruses. *Journal of Integrated Pest Management*, 1(2): 1 – 10.
- Roosjen M, Buurma J, Barwegen J, 1998. Verbetering schade-inschattingsmodel quarantaine-organismen glastuinbouw. *Verslagen en Mededelingen, Plantenziektenkindige Dienst, Wageningen*, 197: 1 – 24.
- 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.
- Sakurai T, 2004. Transmission of tomato spotted wilt virus by the dark form of *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) originating in tomato fields in Paraguay. *Appl. Entomol. Zool.*, 39(1): 189 – 194.
- 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. *Applied Entomology and Zoology*, 39: 71 – 78.
- Sdoodee R, Teakle DS, 1987. Transmission of tobacco streak virus by *Thrips tabaci*; a new method of plant virus transmission. *Plant Pathology*, 36: 377 – 380.
- Singh SJ, Krishnareddy M, 1995. *Thrips flavus* Scrank (Thysanoptera: Thripidae), a new insect vector of a tospovirus infecting watermelon in India. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 1: 115 – 118.
- Srinivasan R, Sundaraj S, Pappu HR, Diffie S, Riley D, Gitaitis RD, 2012. Transmission of iris yellow spot virus by *Frankliniella fusca* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 105(1): 40 – 47.
- Strassen Zur R, 2007. Fauna Europaea: Thysanoptera Thripidae. <http://www.faunaeur.org>.
- Ullman DE, Cho JJ, Mau RFL, Hunter WB, Westcot DM, Custer DM, 1992. Thrips-tomato spotted wilt virus intercations: morphological, behavioural and cellular components influencing thrips transmission. *Advances in Diseases Vector Research*, 9: 196 – 240.
- Venette RC, Davis EE, 2004. Chilli thrips/yellow thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) Mini Pest Risk Assessment. Univ. of Minnesota, St. Paul, MN, USA, 31.
- Vierbergen G, 1992. Interceptions of species of the genus *Frankliniella* in the Netherlands (Thysanoptera: Thripidae).

- Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society*, 3: 175 – 180.
- 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 IN, Almaraz, Goldbach R, Peters D, 1995. Distinct levels of specificity in thrips transmission of tospoviruses. *Phytopathology*, 85: 1069 – 1074.
- Wijkamp J, 1995. Virus-vector relationships in the transmission of Tospoviruses, Ph. D. thesis, Wageningen, The Netherlands.
- Xie YH, Li ZY, Dong K, Zhang HR, 2012a. Changes in the species composition of thrips on *Trifolium repens* (Fabales). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 47 (1): 61 – 67.
- Xie YH, Yuan SY, Li ZY, Zhang HR, 2013. A new leaf-feeding species of *Ctenothrips* (Thysanoptera: Thripidae) from China. *Florida Entomologist*, 96 (2): 610 – 618.
- Xie YH, Zhang HR, Li ZY, Sun YX, Lu YB, 2012b. A virus vector species of *Ceratothripoides* new to China (Thysanoptera, Thripidae). *昆虫分类学报*, 34 (1): 30 – 34.
- Yeh SD, Lin YC, Cheng YH, Jih CL, Chen MJ, Chen CC, 1992. Identification of tomato spotted wilt-like virus on watermelon in Taiwan. *Plant Disease*, 76: 835 – 840.
- Zawirska I, 1980. Studies on the tobacco thrips (*Thrips tabaci* Lind.) and its role in the transmission of tomato spotted wilt virus (TSWV) on tobacco. *Proceedings of the XIX Conference of the Scientific Institute of Plant Protection*, 267 – 278.
- Zhang HR, Xie YH, Li ZY, 2012. A new leaf – feeding species of *Neohydatothrips* from southwestern China (Thysanoptera, Thripidae). *Zootaxa*, 3180: 61 – 65.
- Zhang HR, Xie YH, Li ZY, 2011. Identification key to species of *Thrips* genus from China (Thysanoptera, Thripidae), with seven new records. *Zootaxa*, 2810: 37 – 46.
- Zhang WQ, Tong XL, 1993. Checklist of thrips insecta Thysanoptera from China. *Advances in Thysanoptemlogy* // Bhatti JS (ed.). New Delhi: Scientia Publishing. 409 – 443.
- 陈坤荣, 许泽永, 宴立英, 王国平, 2006. 侵染花生的辣椒褪绿病毒 S RNA 全序列分析. *中国病毒学*, 21: 506 – 509.
- 沈登荣, 谢永辉, 和绍禹, 李正跃, 张宏瑞, 2012. 巴蓟马属中国大陆新纪录种记述 (缨翅目, 蓟马科). *云南农业大学学报*, 27 (2): 285 – 287.
- 吴旭, 谢永辉, 张宏瑞, 李正跃, 2011. 危害安宁红梨的蓟马种类调查. *山西果树*, (4): 5 – 7.
- 谢永辉, 李正跃, 张宏瑞, 2011a. 广西省植食性蓟马种类及花蓟马属—中国新记录种记述. *应用昆虫学报*, 48 (3): 757 – 763.
- 谢永辉, 李正跃, 张宏瑞, 2011b. 烟蓟马研究进展. *安徽农业科学*, 39 (5): 2683 – 2685, 2785.
- 谢永辉, 张宏瑞, 孙跃先, 李正跃, 2012. 中国大陆新纪录属: 毛角蓟马属和新纪录种 – 梅山蓟马 (缨翅目, 蓟马科). *云南农业大学学报*, 27 (3): 450 – 452.
- 徐淑娟, 张宏瑞, 谢永辉, 赵勇, 李正跃, 2012. 橘园蓟马种类和种群季节动态. *云南农业大学学报*, 27 (2): 170 – 175, 182.