

北京和云南地区西花蓟马对多杀菌素类药剂产生抗药性*

万岩然^{1**} 何秉青² 苑广迪² 魏国树^{1***} 吴青君^{2***}

(1. 河北农业大学植物保护学院, 保定 071000; 2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要 【目的】了解我国西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 对多杀菌素等药剂的抗药性现状, 为西花蓟马的有效防治提供参考。【方法】2011—2015 年, 采用叶管药膜法对北京和云南地区西花蓟马进行了抗药性监测。【结果】与室内敏感品系相比, 北京地区西花蓟马田间种群对多杀菌素的抗性倍数达到 80~150 倍, 对乙基多杀菌素抗性倍数高达 7 730 倍, 对乙基多杀菌素的 LC_{50} 值 5 年间最高增加了 258 倍, 对甲维盐和噻虫嗪具有中等水平抗性, 对阿维菌素和虫螨腈处于敏感或低水平抗性; 昆明地区西花蓟马对乙基多杀菌素的抗性水平达到 305 倍的极高抗水平, 对其它药剂相对敏感或处于低水平抗性。【结论】北京和云南地区西花蓟马对多杀菌素类药剂已经产生高水平抗药性, 应密切关注抗性发展动态, 同时进一步研究其抗性机制。

关键词 西花蓟马, 多杀菌素类药剂, 抗药性, 抗药性监测

Development of resistance to spinosyns in populations of western flower thrips in Beijing and Yunnan

WAN Yan-Ran^{1**} HE Bing-Qing² YUAN Guang-Di² WEI Guo-Shu^{1***} WU Qing-Jun^{2***}

(1. College of Plant Protection, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China;

2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract 【Objectives】To clarify the status of insecticide resistance in western flower thrips (WFT) in China and to provide baseline data to improve the control of these pests. 【Methods】The resistance of WFT to several insecticides, including spinosyns, was evaluated in Beijing and Yunnan from 2011 to 2015 using the leaf tube residue method. 【Results】Populations of WFT in parts of Beijing had developed 80- to 150-fold resistance to spinosad compared to a susceptible strain. The resistance ratio to spinetoram was as high as 7 730-fold and the LC_{50} value to spinetoram had increased by a maximum of 258 times the initial value over the last five years. Resistance to emamectin benzoate and thiamethoxam was moderate, and thrips had either low resistance, or were susceptible, to chlorfenapyr and abamectin. Populations of WFT in Kunming, Yunnan Province had developed 305-fold resistance to spinetoram, but were either susceptible, or had low level resistance, to other insecticides. 【Conclusion】Populations of western flower thrips in Beijing and Yunnan have developed high levels of resistance to spinosyns. This trend should be followed closely and the mechanism underlying resistance to spinosyns further investigated.

Key words *Frankliniella occidentalis*, spinosyns, insecticide resistance, resistance monitoring

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 科 (Thripidae), 是一种世界性的害虫 (Ullman 又称苜蓿蓟马, 属缨翅目 (Thysanoptera), 蓟马 *et al.*, 2002), 以锉吸式口器危害植物的茎叶、

* 资助项目 Supported projects: 国家科技支撑计划 (2012BAD19B06); 公益性 (农业) 行业科技项目 (201103026); 国家自然科学基金 (31371965); 北京市创新团队建设专项资金 (blvt-15); 蔬菜有害生物控制与优质栽培北京市重点实验室

**第一作者 First author, E-mail: zhibao090102@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: weiguoshu03@aliyun.com; wuqingjun@caas.cn

收稿日期 Received: 2015-10-26, 接受日期 Accepted: 2015-12-09

花及果实等 (Kirk and Terry, 2003)。西花蓟马的寄主范围广泛, 达 62 科 200 多种, 包括许多重要的经济作物、蔬菜和花卉等 (Lewis, 1997)。西花蓟马除直接取食对植物造成危害外, 还能够传播包括番茄斑萎病毒 *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) 在内的多种植物病毒病 (Ullman *et al.*, 2002; Jones, 2005; Whitfield *et al.*, 2005), 造成更大的危害 (Goldbach and Peters, 1996; Adkins, 2000)。我国于 2003 年首次发现西花蓟马 (张友军等, 2003), 目前在云南 (吴青君等, 2007)、山东 (郑长英等, 2007)、贵州 (袁成铭等, 2008)、西藏 (王海鸿等, 2013) 等地广泛分布并造成危害, 成为我国保护地蔬菜及花卉作物上最具威胁的害虫之一 (张友军等, 2011)。

国内外对西花蓟马的防治主要采用药剂防治, 但由于西花蓟马世代周期短、繁殖力高、食性杂、具有单倍体双倍体繁殖系统, 加之过度使用杀虫剂, 导致西花蓟马能够通过多种解毒代谢途径对杀虫剂产生抗药性 (Demirozer *et al.*, 2012; Gao *et al.*, 2012)。西花蓟马已对多种有机磷类、有机氯类、氨基甲酸酯类以及菊酯类杀虫剂产生了抗药性 (Robb *et al.*, 1995; Jensen, 2000; Espinosa *et al.*, 2005)。多杀菌素类药剂 (Spinosyn) 是美国陶氏益农公司研发的新型环保杀虫剂, 对鳞翅目、双翅目、鞘翅目、直翅目和缨翅目害虫均具有很高的杀虫活性 (Thompson *et al.*, 2000), 被认为是防治西花蓟马最有效的药剂 (Thompson *et al.*, 2000; Williams *et al.*, 2003), 并迅速成为防治西花蓟马的首选药剂。由于多杀菌素的广泛使用, 抗药性的问题随之产生。Loughner 等 (2005) 报道, 在美国, 由于频繁使用多杀菌素造成西花蓟马田间种群对多杀菌素抗性的迅速发展; Bielza 等 (2007) 报道西班牙东南部地区的西花蓟马田间种群对多杀菌素的抗性达 13500 倍以上; Herron 和 James (2007) 报道澳大利亚的一些西花蓟马种群对多杀菌素产生了不同程度的抗药性。在我国, 王泽华等 (2011) 报道, 北京昌平地区西花蓟马种群具有对多杀菌素产生抗性的趋势, 其抗

性发展动态值得密切关注。

鉴于西花蓟马抗药性的普遍发生, 特别对多杀菌素类药剂具有产生极高抗性的风险 (侯文杰等, 2013), 本研究在前期抗性监测的基础上, 连续 5 年测定了北京地区西花蓟马对包括多杀菌素在内的多种药剂的抗药性, 2011 和 2014 年度对西花蓟马的重发生区云南地区的西花蓟马也进行了监测, 目的是了解西花蓟马对生产中常用药剂的抗药性现状和发展趋势, 为西花蓟马的科学合理防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

室内敏感品系: 2003 年采自于中国农业科学院蔬菜花卉研究所温室, 室内 (温度 $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 光周期 $L:D=16:8$) 采用四季豆 *Phaseolus vulgaris* 饲养至今, 期间未接触过任何杀虫剂 (Zhang *et al.*, 2007)。

田间种群: 北京地区种群采自北京海淀地区和延庆地区, 主要采集黄瓜和辣椒上的西花蓟马。云南地区种群采自昆明地区, 主要采集玫瑰和黄瓜上的西花蓟马。采集方法为: 将花中的西花蓟马直接抖落到养虫缸中, 养虫缸中先放 2~3 根四季豆。或者用自制吸虫器 (吴青君等, 2013), 从花上直接吸取。

1.2 供试药剂

供试药剂有 6 种, 分别为: 多杀菌素 (Spinosad), 菜喜 2.5% 悬浮剂, 美国陶氏益农公司; 乙基多杀菌素 (Spinetoram), 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂 (艾绿士), 美国陶氏益农公司; 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 (Emamectin benzoate, 以下简称甲维盐), 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 1.5% 乳油, 山东京博农化有限公司; 阿维菌素 (Abamectin), 阿维菌素 1.8% 乳油, 北京中农大生物技术股份有限公司; 虫螨腈 (Chlorfenapyr), 除尽 10% 悬浮剂, 美国氰氨公司; 噻虫嗪 (Thiamethoxam), 25% 噻虫嗪水分散粒剂, 先正达 (中国) 投资有限公司。

1.3 生物测定

生物测定采用叶管药膜法(龚佑辉等, 2010; 王泽华等, 2011), 用雌成虫进行生物测定。试虫处理 2 d 后调查结果, 判断死亡的标准是以毛笔尖轻触虫体爬行不超过一个虫体长度。生物测定结果采用 POLO 软件分析 LC_{50} 值, 95%置信区间和斜率等, 抗性倍数=田间种群的 LC_{50} /室内敏感品系的 LC_{50} , 抗性水平的评价参照刘凤沂等(2010)提及的抗性分级标准, 抗性倍数低于 3 倍为敏感水平, 3~5 倍属敏感性降低, 5~10 倍为低水平抗性, 10~40 倍为中等水平抗性, 40~160 倍为高水平抗性, 160 倍以上为极高水平抗性。

2 结果与分析

2.1 北京海淀地区西花蓟马对 6 种药剂的抗性水平

室内敏感品系西花蓟马对 6 种药剂的敏感性见表 1。可以看出, 多杀菌素类药剂多杀菌素和乙基多杀菌素对西花蓟马的毒力最高, LC_{50} 值分别为 0.005 mg/L 和 0.0002 mg/L; 其次为虫螨腈、甲维盐和阿维菌素; 噻虫嗪对西花蓟马的活性较低, LC_{50} 值为 16.16 mg/L。

由表 2 可知, 北京海淀地区西花蓟马对多杀菌素的抗药性呈逐年增加的趋势, 2011 年为敏感水平, 2012—2013 处于低水平抗性, 2014 和 2015 年达到高抗水平, 抗性倍数分别为 41 倍和 83.6 倍, 5 年间其 LC_{50} 值上升了 30 倍。西花蓟马对乙基多杀菌素的抗性水平从 2011 到 2014 年处于中等抗性水平, 且抗性倍数逐年增加, 至 2015 年抗性倍数突增至 7 730 倍, 为高抗水平,

5 年间其 LC_{50} 值上升了 258 倍。对甲维盐的抗性年度之间有波动, 处于 10~40 倍的中等抗性水平, 对阿维菌素和虫螨腈总体处于敏感状态。对于噻虫嗪的抗药性, 呈逐年增加的趋势, 由 2011 年 5.5 倍的低水平抗性, 发展到之后的 10 至 24 倍的中等水平抗性。

2.2 北京延庆地区西花蓟马对 6 种药剂的抗性水平

北京延庆地区西花蓟马对不同药剂的抗性水平见表 3。从表 3 中可以看出, 该地区西花蓟马对多杀菌素的抗药性发展极为迅速, 2011 年为敏感水平, 2013 和 2014 年达到中抗水平, 2015 年发展到 153.9 倍的高抗水平, 5 年期间其 LC_{50} 值上升了 64 倍。由 2013 及 2014 年的 10 到 15 倍的抵抗水平, 发展到 2015 年的 154 倍的高抗水平。对于乙基多杀菌素的抗性倍数, 2013 年处于 70 倍的高抗水平, 比 2011 年有明显增加。对甲维盐和阿维菌素总体处于敏感和低水平抗性, 对虫螨腈的抗药性目前为中等抗性水平(28.6 倍)。对于噻虫嗪的抗药性, 2013 年比 2011 年明显下降。

2.3 云南昆明地区 2011 及 2014 年西花蓟马对 6 种药剂的抗性水平

云南昆明地区西花蓟马 2011 年对多杀菌素表现敏感, 2014 年发展到 6.2 倍的低水平抗性, 对乙基多杀菌素的抗性由 2011 年的 30 倍中等抗性上升到 2014 年的 305 倍极高水平抗性, 其 LC_{50} 值增加了 10 倍。对甲维盐、阿维菌素、虫螨腈和噻虫嗪总体处于敏感水平。

表 1 西花蓟马室内敏感品系对不同药剂的敏感性

Table 1 Susceptibility of the laboratory susceptible strain of *Frankliniella occidentalis* to different insecticides

药剂 Insecticide	LC_{50} (95%置信限) 95% confidence interval	斜率±标准误 Slope±SE	自由度 df	卡方 Chi square
多杀菌素 Spinosad	0.0050 (0.0030-0.0090)	1.43±0.24	5	0.37
乙基多杀菌素 Spinetoram	0.0002 (0.0001-0.0003)	2.05±0.27	5	1.38
甲维盐 Emamectin benzoate	0.1631 (0.0864-0.2913)	0.92±0.15	5	0.62
阿维菌素 Abamectin	1.7210 (1.1301-2.5800)	1.39±0.17	5	2.06
虫螨腈 Chlorfenapyr	0.0300 (0.0200-0.0600)	1.92±0.37	5	1.50
噻虫嗪 Thiamethoxam	16.1611 (8.7203-29.9377)	1.55±0.26	5	3.31

表 2 北京海淀地区西花蓟马田间种群对不同杀虫剂的抗药性水平 (2011—2015)
Table 2 Resistance of the filed population of *Frankliniella occidentalis* to the insecticides in Haidian, Beijing (2011-2015)

药剂 Insecticide	年份 Year	LC ₅₀ (95%置信限) 95% confidence interval	斜率±SE Slope±SE	卡方 Chi square	自由度 df	抗性倍数 Resistance ratio
多杀菌素 Spinosad	2011	0.005 (0.003-0.007)	1.04±0.08	0.12	5	1.0
	2012	0.055 (0.039-0.077)	1.59±0.16	8.61	5	11.0
	2013	0.041 (0.037-0.071)	1.07±0.18	0.95	4	10.6
	2014	0.205 (0.125-0.336)	1.72±0.19	13.00	5	41.0
	2015	0.418 (0.341-0.554)	3.27±0.84	0.58	4	83.6
乙基多杀菌素 Spinetoram	2011	0.006 (0.004-0.009)	1.16±0.08	0.14	5	30.5
	2012	0.008 (0.005-0.014)	1.25±0.21	0.78	5	40.0
	2013	0.012 (0.010-0.015)	1.13±0.01	0.77	4	60.0
	2014	0.018 (0.012-0.026)	2.27±0.24	20.31	5	90.0
	2015	1.546 (1.246-1.994)	1.95±0.24	1.58	4	7 750.0
甲维盐 Emamectin benzoate	2011	3.825 (2.869-5.099)	1.30±0.06	0.44	5	23.9
	2012	2.700 (1.670-4.360)	1.34±0.21	2.14	5	16.9
	2013	2.537 (1.854-3.453)	1.35±0.18	2.21	4	15.9
	2014	1.890 (1.290-2.520)	1.71±0.37	4.58	5	11.8
	2015	6.207 (3.438-9.203)	1.81±0.24	4.44	4	38.8
阿维菌素 Abamectin	2011	1.945 (1.194-3.167)	1.19±0.11	0.19	5	1.1
	2012	1.280 (0.760-2.150)	1.22±0.20	0.07	5	0.7
	2013	1.221 (0.163-6.454)	0.78±0.14	11.77	4	0.7
	2014	5.157 (3.446-8.372)	1.57±0.24	6.19	5	3.0
	2015	4.176 (1.946-7.002)	1.42±0.18	8.04	4	2.4
虫螨腈 Chlorfenapyr	2012	0.053 (0.032-0.088)	1.57±0.02	0.59	5	1.8
	2013	0.110 (0.083-0.146)	1.18±0.18	1.01	4	3.7
	2014	0.063 (0.031-0.108)	1.13±0.12	11.06	5	2.1
	2015	0.191 (0.117-0.303)	1.55±0.18	7.10	4	6.4
噻虫嗪 Thiamethoxam	2011	89.856 (68.000-118.736)	1.47±0.06	0.16	5	5.5
	2012	174.120 (84.990-356.720)	1.01±0.23	4.99	5	10.8
	2013	308.882 (248.237-384.863)	1.08±0.16	0.74	4	19.1
	2014	272.638 (215.040-333.926)	1.76±0.19	3.04	5	16.9
	2015	401.810 (181.615-670.764)	1.77±0.35	4.77	4	24.9

3 讨论

西花蓟马由于其独特的生物学特性和危害习性，抗药性一直是对其防治中的难题。通过 5 年的抗药性监测发现，在我国西花蓟马的重发生

区——北京和云南地区，西花蓟马对多杀菌素类药剂（多杀菌素和乙基多杀菌素）已明显产生抗性。北京地区西花蓟马田间种群对多杀菌素的抗性倍数达到 80~150 倍，对乙基多杀菌素抗性倍数高达 7 730 倍；昆明地区西花蓟马对乙基多杀

表 3 北京延庆地区西花蓟马对不同杀虫剂的抗药性水平 (2011—2015)

Table 3 Resistance of the filed population of *Frankliniella occidentalis* to different insecticides in Yanqing, Beijing (2011-2015)

药剂 Insecticide	年份 Year	LC ₅₀ (95%置信限) 95% confidence interval	斜率±SE Slope ± SE	卡方 Chi square	自由度 df	抗性倍数 Resistance ratio
多杀菌素 Spinosad	2011	0.012 (0.008-0.019)	1.01±0.09	0.89	5	2.4
	2013	0.051 (0.045-0.058)	1.17±0.15	0.49	4	10.2
	2014	0.078 (0.055-0.109)	1.02±0.13	4.66	5	15.6
	2015	0.769 (0.647-0.909)	2.88±0.304	1.02	4	153.9
乙基多杀菌素 Spinetoram	2011	0.003 (0.002-0.004)	1.36±0.075	4.47	5	14.5
	2013	0.014 (0.010-0.021)	0.88±0.13	2.11	4	70.0
甲维盐 Emamectin benzoate	2013	0.463 (0.202-0.896)	0.83±0.11	6.08	4	2.9
	2014	0.952 (0.644-1.345)	0.98±0.11	3.95	5	5.9
阿维菌素 Abamectin	2011	0.601 (0.413-0.876)	1.34±0.08	4.52	5	0.3
	2013	0.853 (0.529-1.386)	0.46±0.10	1.00	4	0.5
	2014	0.558 (0.334-0.848)	0.73±0.09	4.66	5	0.3
	2015	10.562 (8.858-12.594)	2.58±0.27	1.80	4	6.1
虫螨腈 Chlorfenapyr	2013	0.079 (0.053-0.117)	1.20±0.16	3.95	4	2.6
	2014	0.093 (0.058-0.145)	1.18±0.13	6.97	5	3.1
	2015	0.859 (0.616-1.255)	2.12±0.26	4.93	4	28.6
噻虫嗪 Thiamethoxam	2011	359.417 (286.743-450.516)	1.97±0.05	2.37	5	22.2
	2013	105.233 (76.736-144.124)	1.27±0.14	3.48	4	6.5

表 4 云南昆明西花蓟马田间种群对不同杀虫剂的抗药性水平

Table 4 Resistance of the filed population of *Frankliniella occidentalis* to different insecticides in Kunming, Yunnan

药剂 Insecticide	年份 Year	LC ₅₀ (95%置信限) 95% confidence interval	斜率±SE Slope±SE	自由度 df	卡方 Chi square	抗性倍数 Resistance ratio
多杀菌素 Spinosad	2011	0.014 (0.011-0.018)	1.39±0.06	4	1.06	2.8
	2014	0.031 (0.023-0.040)	1.14±0.11	5	1.35	6.2
乙基多杀菌素 Spinetoram	2011	0.006 (0.004-0.009)	1.16±0.09	5	0.14	30.0
	2014	0.061 (0.042-0.094)	1.60±0.15	5	11.13	305.0
甲维盐 Emamectin benzoate	2011	0.563 (0.366-0.866)	1.09±0.10	5	0.31	3.5
	2014	0.633 (0.442-0.877)	0.91±0.10	5	1.96	3.9
阿维菌素 Abamectin	2011	2.562 (1.988-3.302)	2.04±0.06	4	0.42	1.5
	2014	4.851 (3.132-7.207)	0.70±0.09	5	2.43	2.8
虫螨腈 Chlorfenapyr	2011	0.181 (0.128-0.257)	0.88±0.08	5	1.36	6.0
噻虫嗪 Thiamethoxam	2011	80.533 (60.944-106.420)	1.46±0.06	4	0.08	5.0
	2014	52.644 (27.947-85.589)	1.26±0.13	5	12.51	3.3

菌素的抗性水平也达到 305 倍的极高抗水平。北京海淀地区西花蓟马种群对甲维盐和噻虫嗪具有中等水平的抗性, 对其它药剂处于敏感或低水

平抗性。总体上, 6 种药剂中, 西花蓟马对多杀菌素以及乙基多杀菌素的抗性水平发展最快, 以每年几倍甚至是十几倍的速度增长; 北京海淀地

区抗药性相对普遍,对 5 种药剂均产生了不同程度抗药性;云南昆明地区西花蓟马对乙基多杀菌素的抗药性水平最高,对其它 5 种药剂处于相对敏感或是低水平抗性。

抗药性是害虫防治中的巨大障碍,害虫对杀虫剂抗药性的产生与杀虫剂的使用频次密切相关。在西班牙 Almeria 地区多杀菌素的使用次数每生长季使用 10 次以上 (Bielza *et al.*, 2007)。我们在调查中发现,西花蓟马是北京和云南两地的优势蓟马种类,在黄瓜、辣椒、番茄和玫瑰、康乃馨等花卉上普遍发生,且危害严重。由于多杀菌素类药剂对西花蓟马具有极高的活性,菜农和花农过度依赖使用,每生长季使用多杀菌素或乙基多杀菌素由最初的 1~2 次增加到 3~4 次,甚至更多,导致抗药性迅速产生和发展。噻虫嗪属于新烟碱类杀虫剂,虽然对西花蓟马的喷雾使用效果较低,但生产中仍有大量使用,抗性水平有进一步加重的趋势。阿维菌素类药剂和虫螨腈虽然在西花蓟马的防治中使用并不普遍,但这些药剂是防治叶螨类、潜叶蝇和鳞翅目等害虫的常用药剂,可能由于兼治的作用,个别西花蓟马种群的敏感性有所下降或者产生了低水平抗性。

害虫抗药性的迅速发展对杀虫剂的研发和杀虫剂的合理使用都带来巨大挑战。本研究中,虽然由于敏感品系对多杀菌素特别是乙基多杀菌素极其敏感,导致田间种群的抗性倍数高,实际生产中多杀菌素药剂仍然是防治西花蓟马最有效的药剂。但通过不同年度的比较,西花蓟马对多杀菌素类药剂的 LC_{50} 值逐年增加,最多增加 258 倍 (表 2),达到高抗水平。海淀地区西花蓟马种群对乙基多杀菌素的抗药性 2015 年度较 2014 年度增长了 86 倍,可能与该地区乙基多杀菌素使用年限长且频繁有关,西花蓟马在长期持续药剂压力下产生了极高水平抗药性。为了保护 and 延长多杀菌素类药剂的使用寿命,务必控制其使用次数,轮换使用其它作用机制不同的药剂。多杀菌素和乙基多杀菌素属于同类药剂,交互抗性严重 (侯文杰等, 2013),不能作为轮换药剂,阿维菌素类药剂和虫螨腈对西花蓟马同样具有较高的毒力,可与多杀菌素类药剂轮换使用。噻虫嗪对西花蓟马的触杀和胃毒联合毒力不

高,可充分发挥其内吸活性高的优势,建议苗期灌根使用 (李飞等, 2013)。另外,对西花蓟马的防治不能单纯依靠药剂防治,应尽可能联合使用更多的其它防治措施,比如农业防治和生物防治等 (Alfredo and Anthony, 2003; 张安盛等, 2008)。

抗药性机制的研究是抗性治理的基础,今后需继续进行更大范围的抗药性监测,了解我国其它地区西花蓟马的抗药性现状,更为紧迫的是需尽快阐明我国西花蓟马对多杀菌素等药剂的抗性机理,为抗性治理提供理论指导。

参考文献(Referenceas)

- Adkins S, 2000. Tomato spotted wilt virus positive steps towards negative success. *Mol. Plant Pathol.*, 1(3): 151–157.
- Alfredo R, Anthony MS, 2003. Development of a bioassay system for monitoring susceptibility in *Thrips tabaci*. *Pest Manag. Sci.*, 59(5): 553–558.
- Bielza P, Quinto V, Contreras J, María T, Alberto M, Pedro JE, 2007. Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain. *Pest Manag. Sci.*, 63(h7): 682–687.
- Demirozer O, Tyler-Julian K, Funderburk J, Leppla N, Reitz S, 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Manag. Sci.*, 68(12): 1537–1545.
- Espinosa PJ, Contreras J, Quinto V, Grávalos C, Fernández E, Bielza P, 2005. Metabolic mechanisms of insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Manag. Sci.*, 61(10): 1009–1015.
- GaoY, Lei Z, Reitz SR, 2012. Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms and management strategies. *Pest Manag. Sci.*, 68(8): 1111–1121.
- Goldbach R, Peters D, 1996. Molecular and Biological Aspects of to Spoviruses, the Bunyaviridae. Glasgow: Springer Science Business Media. 129–157.
- Gong YH, Wu QJ, Zhang YJ, Xu BY, 2010. Insecticide resistance of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* and its management strategies. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(6): 1072–1080. [龚佑辉, 吴青君, 张友军, 徐宝云, 2010. 西花蓟马的抗药性及其治理策略. 昆虫知识, 47(6): 1072–1080.]
- Herron GA, James TM, 2007. Insecticide resistance in Australian populations of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae). *General and Applied Entomology*, 36: 1–5.
- Hou WJ, Li F, Wu QJ, Xu BY, Zhang YJ, 2013. Biochemical

- mechanism of resistance of spinosad in *Frankliniella occidentalis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 1042–1048. [侯文杰, 李飞, 吴青君, 徐宝云, 张友军, 2013. 西花蓟马对多杀菌素的抗性生化机制研究. *应用昆虫学报*, 50(4): 1042–1048.]
- Jensen SE, 2000. Mechanisms associated with methiocarb resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *J. Econ. Entomol.*, 93(2): 464–471.
- Jones, DR, 2005. Plant viruses transmitted by thrips. *Eur. J. Plant Pathol.*, 113(2): 119–157.
- Kirk WDJ, Terry LI, 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agric. Forest. Entomol.*, 5(4): 301–310.
- Lewis T, 1997. Thrips as Crop Pests. London: Cambridge Press. 1–13.
- Li F, Wang XJ, Wu QJ, Xu BY, Wang SL, Zhang YJ, 2013. Residual toxicities of three insecticides applied by toot-drenching and spraying to the western flower thrips. *Plant Protection*, 39(3): 173–177. [李飞, 王相晶, 吴青君, 徐宝云, 王少丽, 张友军, 2013. 三种药剂喷雾和灌根施药方式对西花蓟马的残留毒力. *植物保护*, 39(3): 173–177.]
- Liu FY, Li HL, Qiu YJ, Zhang YX, Huang LC, Li H, Wang GZ, Sheng JL, 2010. Monitoring of resistance to several insecticides in brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) in Huizhou. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(5): 991–993. [刘凤沂, 李惠陵, 邱建友, 张燕雄, 黄丽聪, 李华, 王国忠, 沈晋良, 2010. 惠州地区褐飞虱对几种药剂的抗药性监测. *昆虫知识*, 47(5): 991–993.]
- Loughner RL, Warnock DF, Cloyd RA, 2005. Resistance of greenhouse, laboratory, and native populations of western flower thrips to spinosad. *Hortscience*, 40(1): 146–149.
- Robb KL, Newman J, Virzi JK, 1995. Insecticide Resistance in Western Flower Thrips, in Thrips Biology and Management. New York: Plenum Press. 341–346.
- Thompson GD, Dutton R, Sparks TC, 2000. Spinosad—a case study: An example from a natural products discovery programme. *Pest Manag. Sci.*, 56(8): 696–702.
- Ullman, DE, Medeiros RB, Campbell LR, Whitfield AE, Sherwood JL, German TL, 2002. Thrips as vectors of tospoviruses. *Adv. Bot. Res.*, 36: 113–140.
- Wang HH, Lei ZR, Li X, Dai AG, Chen HQ, 2013. An important invasive pest, *Frankliniella occidentalis*, inspected in Tibet. *Plant Protection*, 39(1): 181–183. [王海鸿, 雷仲仁, 李雪, 代安国, 陈翰秋, 2013. 西藏发现重要外来入侵害虫—西花蓟马. *植物保护*, 39(1): 181–183.]
- Wang ZH, Hou WJ, Hao CY, Wu QJ, Xu BY, Zhang YJ, 2011. Monitoring the insecticide resistance of the field populations of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in Beijing area. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 542–547. [王泽华, 侯文杰, 郝晨彦, 吴青君, 徐宝云, 张友军, 2011. 北京地区西花蓟马田间种群的抗药性监测. *应用昆虫学报*, 48(3): 542–547.]
- Whitfield, AE, Ullman DE, German TL, 2005. Tospovirus-thrips interactions. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 43(43): 459–489.
- Williams T, Valle J, Viñuela E, 2003. Is the naturally derived insecticide spinosad VR compatible with insect natural enemies? *Biocontrol Sci. Technol.*, 13(5): 459–475.
- Wu QJ, Xu BY, Zhang ZJ, Zhang YJ, Zhu GR, 2007. Distribution and species of thrips in Beijing, Zhejiang, Yunnan region. *China Plant Protection*, 27(1): 32–34. [吴青君, 徐宝云, 张治军, 张友军, 朱国仁, 2007. 京、浙、滇地区植物蓟马种类及其分布调查. *中国植保导刊*, 27(1): 32–34.]
- Wu QJ, Xu BY, Xie W, Wang SL, Zhang YJ, 2013. Methods for monitoring the resistance of whiteflies and thrips to insecticides. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(2): 553–555. [吴青君, 徐宝云, 谢文, 王少丽, 张友军, 2013. 粉虱和蓟马类害虫的抗药性监测方法. *应用昆虫学报*, 50(2): 553–555.]
- Yuan CM, Zhi JR, Li JZ, Zhang Y, 2008. The distribution and integrated management of vegetables thrips in Guizhou Province. *Hubei Agricultural Science*, 47(12): 1442–1444. [袁成明, 鄧军锐, 李景柱, 张勇, 2008. 贵州省蔬菜蓟马的种类、分布及综合防治. *湖北农业科学*, 47(12): 1442–1444.]
- Zhang AS, Yu Y, Meng XY, Li LL, Sun TL, 2007. Predation of *Orius sauteri* nymph on *Frankliniella occidentalis* adults. *Natural Enemies on Insects*, 29(3): 108–112. [张安盛, 于毅, 门兴元, 李丽莉, 孙廷林, 2007. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马成虫的捕食作用. *昆虫天敌*, 29(3): 108–112.]
- Zhang ZJ, Wu QJ, Li F, Zhang YJ, Xu BY, Zhu GR, 2007. Life history of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysan, Thripae), on five different vegetable leaves. *J. Appl. Entomol.*, 131(5): 347–354.
- Zhang YJ, Wu QJ, Xu BY, Zhu GR, 2003. Dangerous invasive pest—*Frankliniella occidentalis* occurred in Beijing. *Plant Protection*, 29(4): 58–59. [张友军, 吴青君, 徐宝云, 朱国仁, 2003. 危险性外来入侵生物—西花蓟马在北京发生危害. *植物保护*, 29(4): 58–59.]
- Zhang YJ, Zhu GR, Chu D, Wu QJ, Wang SL, 2011. Occurrence, damage and control of important invasive insect pests on the vegetable crops in China. *Plant Protection*, 37(4): 1–6. [张友军, 朱国仁, 褚栋, 吴青君, 王少丽, 2011. 我国蔬菜作物重大入侵害虫发生、危害与控制. *植物保护*, 37(6): 1–6.]
- Zheng CY, Liu YH, Zhang NQ, Zhao XL, 2007. Invaded insect pest—*Frankliniella occidentalis* first reported in Shandong Province. *Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science)*, 24(3): 172–174. [郑长英, 刘云虹, 张乃芹, 赵希丽, 2007. 山东省发现外来入侵有害生物—西花蓟马. *青岛农业大学学报*, 24(3): 172–174.]