

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2019.02.009

不同杀虫剂对西花蓟马的室内毒力及田间药效

张治科^{1*}, 吴圣勇², 雷仲仁^{2,3}, 康萍芝¹, 杜玉宁¹, 张丽荣¹

¹宁夏农林科学院植物保护研究所, 宁夏植物病虫害防治重点实验室, 宁夏 银川 750002;

²中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;

³闽台特色作物病虫害生态防控协同创新中心, 福建 福州 350002

摘要:【目的】西花蓟马是一种世界性的危险性入侵害虫, 筛选防治西花蓟马的有效药剂可为生产中科学用药提供依据。【方法】通过室内毒力测定和田间药效试验, 测定了 2 种化学药剂和 8 种生物药剂对西花蓟马成虫的致死中浓度 (LC₅₀) 和药后不同时期的防治效果。【结果】室内毒力测定依据 LC₅₀ 值将各药剂对西花蓟马的敏感性由高到低依次排序为乙基多杀菌素 (0.1958 mg · L⁻¹)、印楝素 (0.9399 mg · L⁻¹)、苦参碱 (1.2483 mg · L⁻¹)、阿维菌素 (1.8096 mg · L⁻¹)、高效氯氰菊酯 (4.4458 mg · L⁻¹)、藜芦碱 (10.7628 mg · L⁻¹)、鱼藤酮 (18.1898 mg · L⁻¹)、吡虫啉 (46.3964 mg · L⁻¹)、松脂酸钠 (131.5214 mg · L⁻¹)、苏云金杆菌 (446.2318 mg · L⁻¹)；田间药效试验发现, 乙基多杀菌素和吡虫啉防治西花蓟马均表现出较强的速效性和持效性, 药后 1~14 d 的防效分别可达 84% 和 73% 以上；其次是藜芦碱, 药后 1~14 d 的防效可达 48.15%~61.37%；高效氯氰菊酯的防效较低, 药后 14 d 的防效为 46.22%；生物药剂阿维菌素、苏云金杆菌、苦参碱、印楝素的速效性均较低, 但防效随施药后时间的延长而逐渐上升；鱼藤酮持效性最低。【结论】乙基多杀菌素和吡虫啉可推荐为生产中防治西花蓟马的首选药剂, 植物源药剂藜芦碱和生物药剂阿维菌素可作为交替使用药剂。

关键词: 西花蓟马；杀虫剂；毒力测定；田间药效

Toxicity and control efficacy of insecticides against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*

ZHANG Zhike^{1*}, WU Shengyong², LEI Zhongren^{2,3}, KANG Pingzhi¹, DU Yuning¹, ZHANG Lirong¹

¹Ningxia Key Laboratory of Plant Diseases and Pests Control, Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002, China; ²State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect

Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

³Fujian-Taiwan Joint Centre for Ecological Control of Crop Pests, Fuzhou, Fujian 350002, China

Abstract: 【Aim】*Frankliniella occidentalis* is an important insect pest worldwide. This paper was aimed to find effective insecticides against *F.occidentalis* and providing the basis for employing pesticide scientifically in field. 【Method】The toxicity and control efficacy of two chemical and eight biological pesticides were evaluated in the laboratory and under field conditions. 【Result】The bioassay in the laboratory showed that the pest sensitivity of each pesticide according to the LC₅₀ value was, in decreasing order: spinetoram (0.1958 mg · L⁻¹), azadirachtin (0.9399 mg · L⁻¹), matrine (1.2483 mg · L⁻¹), avermectin (1.8096 mg · L⁻¹), beta cypermethrin (4.4458 mg · L⁻¹), veratrine (10.7628 mg · L⁻¹), rotenone (18.1898 mg · L⁻¹), imidacloprid (46.3964 mg · L⁻¹), sodium terpinate (131.5214 mg · L⁻¹), *Bacillus thuringiensis* (446.2318 mg · L⁻¹). Under field conditions, the efficacy of spinetoram and imidacloprid against *F.occidentalis* were more than 84% and 73% from 1 to 14 days after spraying, respectively. The control efficacy by veratrine from 1 to 14 days after spraying was in the range of 48.15%–61.37%. The control efficacy of beta cypermethrin was relatively low: 46.22% on day 14 after spraying. The efficacy of abamectin, *Bacillus thuringiensis*, matrine and azadirachtin

收稿日期 (Received): 2018-10-10 接受日期 (Accepted): 2018-11-30

基金项目: 一二三产业融合发展科技创新示范项目 (YES-16-03); 宁夏“十三五”重大科技项目 (2016BZ0904); 宁夏农林科学院科技创新先导资金项目 (NKYJ-17-05); 国家自然科学基金项目 (31660621); 宁夏回族自治区重点研发计划 (2018BFF02005-2)

作者简介: 张治科, 男, 副研究员, 博士。研究方向: 害虫综合防治

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: zhangzhike98@163.com

were relatively low, but the control efficiency increased gradually with time. Rotenone had the lowest persistence. 【Conclusion】 Spinetoram and imidacloprid are recommended as the ideal insecticides against *F.occidentalis* in field and veratrum and avermectin can be used as rotating insecticides.

Key words: *Frankliniella occidentalis*; insecticides; determining toxicity; field efficacy

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande), 隶属缨翅目 Thysanoptera 蓟马科 Thripidae 花蓟马属 *Frankliniella*, 是世界性的危险性入侵害虫, 寄主范围广(雷仲仁等, 2004; Yudin *et al.*, 1986), 传播快(Kirk & Terry, 2003), 严重危害蔬菜、花卉等植物(Cockfield *et al.*, 2007), 并能传播多种病毒(Jones *et al.*, 2005)。由于化学农药的不科学使用, 增加了农产品及环境中的农药残留, 增强了西花蓟马对包括有机氯、有机磷、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯等类型杀虫剂的抗药性(Bielza, 2008)。自从 2012 年宁夏发现西花蓟马以来, 目前已对其在宁夏的发生情况(张治科等, 2016a)、繁殖力(张治科等, 2017a)、空间分布特征(张治科等, 2018)等生物学、种群生态学特性以及化学生态学(张治科, 2015; 张治科等, 2015, 2016b, 2017b)等方面进行了初步研究, 但有关宁夏西花蓟马的防治方面尚未见相关报道。本研究通过室内毒力测定和田间药效试验, 测定了 2 种化学药剂和 8 种生物药剂对西花蓟马成虫的致死中浓度和药后不同时期的防治效果, 为宁夏设施蔬菜西花蓟马防治药剂的科学使用和有效控制该虫的发生提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

西花蓟马由中国农业科学院植物保护研究所蔬菜害虫组提供, 在实验室内通过 Panasonic MLR_352-PC 通用环境试验箱繁殖种群多代, 挑选个体大小较一致的健康成虫供试。

1.2 供试药剂

6%乙基多杀菌素悬浮剂(美国陶氏益农公司), 1.8%阿维菌素乳油(浙江升华拜克生物股份有限公司), 30%松脂酸钠水乳剂[科技发展(上海)有限公司], 0.3%苦参碱乳油[科技发展(上海)有限公司], 8000 IU · μL^{-1} 苏云金杆菌悬乳剂(山东泰诺药业有限公司), 0.3%印楝素乳油(成都绿金生物科技有限公司), 5%黎芦碱可溶性水剂(宝鸡市方晟生物开发有限公司), 4.5%高效氯氰菊酯乳油(威海韩孚生化药业有限公司), 70%吡虫啉水分

散粒剂(浙江海正化工股份有限公司), 4%鱼藤酮乳油(广州农药厂从化市分厂)。

1.3 实验方法

1.3.1 室内毒力测定 在预实验的基础上, 将各药剂有效成分梯度分别设为: 苦参碱 3、1.5、0.75、0.375、0.1875 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 松脂酸钠 300、150、75、37.5、18.75 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 乙基多杀菌素 60、12、2.4、0.48、0.096 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 阿维菌素 18、6、2、0.667、0.222 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 苏云金杆菌 1000、500、250、125、62.5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 印楝素 3、1.5、0.75、0.375、0.1875 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 黎芦碱 50、25、12.5、6.25、3.125 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 高效氯氰菊酯 45、22.5、11.25、5.625、2.8125 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 吡虫啉 700、350、175、87.5、43.75 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 鱼藤酮 40、20、10、5、2.5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

采用浸液法, 将新鲜四季豆 *Phaseolus vulgaris* L. 豆荚浸入药液中 5 s, 取出后用吸水纸吸取多余药液, 自然晾干, 置于直径 7 cm 的培养皿, 并接入 20 头左右西花蓟马初羽化成虫, 保鲜膜封口(用昆虫针扎孔数个), 置于 Panasonic MLR_352-PC 通用环境试验箱内[温度 (25 ± 0.5) $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $50\% \pm 5\%$, 光周期 14 L : 10 D]。以清水作为对照。48 h 后统计活虫数量(以小毛笔轻触虫体未有活动者视为死亡)。采用 Abbott 公式, 校正死亡率/% = $(x - y) / x \times 100$, 式中 x 为对照组内的生存率, y 为处理组内的生存率, $x - y$ 为药剂处理的死亡率。使用 Excel 2010 和 DPS 8.5 进行数据处理分析。

1.3.2 田间防效评价 在宁夏银川市西夏区农牧场设施四季豆中, 采用背负式手动喷雾器喷雾施药, 用水量 $0.09 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。根据室内毒力测定结果将各供试药剂的浓度设为苦参碱 3 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、松脂酸钠 300 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、乙基多杀菌素 12 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、阿维菌素 18 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、苏云金杆菌 1000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、印楝素 3 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、黎芦碱 50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、高效氯氰菊酯 45 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、吡虫啉 700 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、鱼藤酮 40 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。将设施四季豆地划分为 33 个小区, 每小区 20 m^2 , 并设一喷施清水的小区为对照, 重复 3 次, 小区间采用防虫网隔离, 观察各处理药剂对西花蓟马的防治效果。

分别于药前及药后 1、3、7、14 d 进行调查,各处理区随机 5 点取样,每点取 5 株四季豆,调查每株上、中、下部位各一片叶上西花蓟马的数量;依公式 $Q=(a-e)/a\times 100\%$ 和 $P_r=(P_e-P_{ck})/(1-P_{ck})\times 100\%$,求出虫口减退率和校正虫口减退率(式中 a 为上次调查各样点平均虫量, e 为本次调查各样点平均虫量, P_e 为防治区虫口减退率, P_{ck} 为对照区虫口减退率)。

2 结果与分析

2.1 西花蓟马室内毒力测定

乙基多杀菌素对西花蓟马毒力最高,LC₅₀ 值为

0.1958 mg · L⁻¹;其次是印楝素、苦参碱和阿维菌素,LC₅₀ 分别为 0.9399、1.2483 和 1.8096 mg · L⁻¹;以上生物药剂对西花蓟马的敏感性均高于化学药剂高效氯氰菊酯(4.4458 mg · L⁻¹)和吡虫啉(46.3964 mg · L⁻¹)。植物源药剂藜芦碱和鱼藤酮对西花蓟马的毒力较好,LC₅₀ 分别为 10.7628、18.1898 mg · L⁻¹,低于化学药剂高效氯氰菊酯,但高于吡虫啉。松脂酸钠和苏云金杆菌对西花蓟马的敏感性最低,LC₅₀ 为 131.5214 和 446.2318 mg · L⁻¹(表 1)。

表 1 药剂对西花蓟马成虫室内毒力
Table 1 The toxicity of insecticides against adult *F. occidentalis*

药剂 Insecticide	毒力回归方程 Toxic regression equation	相关系数 Correlation coefficient	χ ² Chi-square	致死中浓度 LC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	95%置信区间 95% confidence interval
阿维菌素 Avermectin	Y=0.9147X+4.7643	0.9815	0.8002	1.8096	0.8619~3.6294
苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>	Y=1.5982X+0.7656	0.9668	1.5283	446.2318	309.0195~795.5538
松脂酸钠 Sodium terpinatate	Y=0.9966X+2.8881	0.9824	0.4821	131.5214	77.0571~371.3621
苦参碱 Matrine	Y=1.3658X+4.8684	0.9972	0.1233	1.2483	0.8457~2.2789
印楝素 Azadirachtin	Y=1.8902X+5.0508	0.9869	1.0685	0.9399	0.6797~1.3889
藜芦碱 Veratrine	Y=1.9044X+3.0348	0.9857	1.4421	10.7628	7.8159~14.3514
鱼藤酮 Rotenone	Y=1.2492X+3.4262	0.9949	0.2123	18.1898	11.7378~39.2611
乙基多杀菌素 Spinetoram	Y=1.0030X+5.7105	0.9415	0.2123	0.1958	0.0295~0.5002
高效氯氰菊酯 Beta cypermethrin	Y=0.6846X+4.5564	0.9723	0.4380	4.4458	0.3283~9.0814
吡虫啉 Imidacloprid	Y=1.1764X+3.0395	0.9906	0.5104	46.3964	15.9915~77.6836

2.2 田间药效评价

各药剂对西花蓟马的田间防效表明,生物农药乙基多杀菌素的防效最高,其次为化学药剂吡虫啉,药后 1~7 d 的防效分别可达 95%和 80%以上,药后 15 d 的防效分别为 84%和 73%,可见乙基多杀菌素、吡虫啉防治西花蓟马均表现出较强的速效性和持效性;生物药剂藜芦碱药后 1~14 d 的防效可达 48.15%~61.37%,对西花蓟马亦具有一定的速效性和持效性;化学药剂高效氯氰菊酯对西花蓟马的防效较低,药后 14 d 的防效为 46.22%;生物药剂阿维菌素、苏云金杆菌、苦参碱和印楝素的速效性均不明显,药后 1 d 的防效均低于 5%,但防效随施药后时间的延长而逐渐上升,药后 14 d 防效上升至 41.57%~59.73%;生物药剂鱼藤酮药后 3 d 的防效可达 59.74%,但持效性较低,药后 14 d 防效仅为 12.06%(表 2)。

3 讨论

本研究通过室内毒力测定和田间药效试验,认

为乙基多杀菌素和吡虫啉可推荐为防治宁夏设施蔬菜西花蓟马的首选药剂,植物源药剂藜芦碱具有一定的速效性和持效性,生物药剂阿维菌素对西花蓟马的敏感性较高,且田间持效期较长,这 2 种药剂可作为防治西花蓟马交替使用药剂。

采用多杀菌素,如 2.5%多杀菌素悬浮剂(张安盛等,2012)、6%乙基多杀菌素(张晓明等,2018)对西花蓟马的毒力测定已有报道,这些结果与本研究略有不同,可能与不同植物饲养、不同实验方法以及西花蓟马种群抗药性程度不同等因素有关。

据报道,60 g · L⁻¹乙基多杀霉素、0.5%藜芦碱 SL、0.3%印楝素(余爽等,2016)、0.6%苦参碱水剂、0.5%印楝素乳油、7.5%鱼藤酮乳油、6%乙基多杀菌素悬乳剂(穆常青等,2014)等对西花蓟马具有较好的速效性和持效性,与本研究结果基本相似,只是本研究发现印楝素的速效性较低,鱼藤酮的持效性较低,可能与药剂不同厂家、不同有效成分含量或不同剂型等有关。

表 2 药剂对西花蓟马的田间防治效果
Table 2 Control effect of insecticides against the adult of *F. occidentalis* under field conditions

药剂 Insecticide	虫口基数 Number of insect/ 头	药后 1 d 1th day after application				药后 3 d 3th day after application				药后 7 d 7th day after application				药后 14 d 14th day after application			
		活虫数 Number of living insect/ 头	减退率 Reduction/ %	防效 Control efficacy/ %		活虫数 Number of living insect/ 头	减退率 Reduction/ %	防效 Control efficacy/ %		活虫数 Number of living insect/ 头	减退率 Reduction/ %	防效 Control efficacy/ %		活虫数 Number of living insect/ 头	减退率 Reduction/ %	防效 Control efficacy/ %	
吡虫啉 Imidacloprid	0.65	0.11	83.08	79.69		0.13	80.00	86.39		0.09	86.15	93.38		0.53	18.46	73.18	
阿维菌素 Avermectin	0.58	0.46	20.69	4.83		0.45	22.41	47.22		0.68	-17.24	43.90		0.71	-22.41	59.73	
苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>	0.71	0.59	16.90	0.28		0.51	28.17	51.14		0.75	-5.63	49.46		0.91	-28.17	57.84	
松脂酸钠 Sodium terpinatate	0.49	0.31	36.73	24.08		0.38	22.45	47.24		0.57	-16.33	44.34		0.71	-44.90	52.34	
苦参碱 Matrine	0.66	0.55	16.67	0.00		0.43	34.85	55.68		0.68	-3.03	50.70		0.98	-48.48	51.16	
印楝素 Azadirachtin	0.76	0.61	19.74	3.68		0.51	32.89	54.35		0.87	-14.47	45.23		1.35	-77.63	41.57	
藜芦碱 Veratrine	0.81	0.35	56.79	48.15		0.46	43.21	61.37		0.88	-8.64	48.02		1.21	-49.38	50.86	
鱼藤酮 Rotenone	0.49	0.37	24.49	9.39		0.29	40.82	59.74		0.58	-18.37	43.36		1.31	-167.35	12.06	
乙基多杀菌素 Spinetoram	0.55	0.01	98.18	97.82		0.00	100.00	100.00		0.03	94.55	97.39		0.26	52.73	84.45	
高效氯氟菊酯 Beta cypermethrin	0.63	0.51	19.05	2.86		0.56	11.11	39.53		0.79	-25.40	40.00		1.03	-63.49	46.22	
CK	0.78	0.65	16.67	-		1.15	-47.44	-		1.63	-108.97	-		2.37	-203.85	-	

肖长坤等(2006)报道,0.3%印楝素乳油施药后3、7 d防效均在90%以上,而本研究发现,印楝素对西花蓟马的敏感性较高,但田间试验速效性低,且施药后3、7 d防效仅为54.35%、45.23%,可能由于本研究毒力测定供试虫源为室内饲养多代的敏感种群,而田间防效差异可能与不同地区西花蓟马种群对药剂抗性程度不同等因素有关。

由于药剂的单一使用,已使西花蓟马种群对某些药剂有了不同程度的抗性,如北京、晋宁及呈贡西花蓟马种群对多杀菌素产生的抗性分别为34.45、47.45和64.45倍(王圣印等,2014)。因此,生产中应注意交替使用药剂以延缓西花蓟马的药性(沈宝明等,2012)。

本研究发现,吡虫啉防治西花蓟马呈现出较强的速效性和持效性。另有研究发现,西花蓟马对吡虫啉的抗性发展速度相对辛硫磷和甲维盐较慢,且下降速度较快(王圣印等,2012),并且通过添加多功能氧化酶抑制剂、谷胱甘肽S-转移酶抑制剂、羧酸酯酶抑制剂等酶抑制剂还可增强吡虫啉对西花蓟马的防效(王圣印等,2014)。因此,该药剂可作为生产中防治西花蓟马交替使用的首选药剂。

本研究选择10种药剂单剂进行试验测定,而药剂复配后对西花蓟马的效果也有所不同,如阿维菌素与毒死蜱复配后对西花蓟马2龄若虫具有增效作用,而与吡蚜酮、吡虫啉复配组合后均表现出拮抗作用(陈雪林等,2011);多杀菌素与毒死蜱复配后具有明显的增效作用,与丁硫克百威、高效氯氟氰菊酯复配后具有相加作用,与吡虫啉复配后表现出拮抗作用(沈登荣等,2017);植物源药剂10%柠檬草乳油250倍液与0.3%印楝素乳油800倍液组合、0.3%印楝素乳油800倍液与2.5%鱼藤酮乳油800倍液组合后对西花蓟马防效显著提高(曾亮等,2009)。

化学方法和物理方法的协调防控在病虫害综合防治中也显得尤为重要,通过杀虫剂减量处理结合高温闷棚,不仅可减少化学药剂的使用量,还可以提高对西花蓟马的防效。有研究报道,采用杀虫剂 LC_{50} 剂量处理西花蓟马成虫和2龄若虫18、28 h后,再进行高温热激2 h,明显增强了药剂对西花蓟马种群的抑制作用(左太强等,2017)。

今后还需进一步筛选防治宁夏设施蔬菜西花蓟马的新型药剂,丰富交替使用的药剂种类,并采

用药剂复配技术筛选出防治西花蓟马效果更好的药剂组合,同时注重结合物理、生物及农业的综合协调防控措施,减少化学药剂的使用,并将西花蓟马控制在经济危害水平之下。

参考文献

- 陈雪林,孙蓉,杜予州,王建军,2011.阿维菌素与三种杀虫剂对西花蓟马的联合毒力.植物保护,37(5):206-209.
- 雷仲仁,问锦曾,王音,2004.危险性外来入侵害虫——西花蓟马的鉴别、危害及防治.植物保护,30(3):63-66.
- 穆常青,杨海霞,谷培云,谢爱婷,张芸,国洋,焦雪霞,张智,2014.9种药剂对温室彩椒西花蓟马的田间防效评价.中国蔬菜,1(10):37-39.
- 沈宝明,符伟,刘勇,谭新球,魏娟,王秋丽,张德咏,2012.室内药剂交替使用对西花蓟马抗药性发展的影响.植物保护,38(2):133-135.
- 沈登荣,何超,赵远艳,田学军,袁盛勇,张宏瑞,2017.多杀菌素与4种杀虫剂复配对西花蓟马的联合毒力.江苏农业科学,45(23):91-93.
- 王圣印,于毅,刘永杰,马井玉,2012.西花蓟马对吡虫啉、辛硫磷和甲维盐的抗性风险和抗性稳定性.应用生态学报,23(12):3429-3434.
- 王圣印,张安盛,李丽莉,门兴元,周仙红,翟一凡,刘永杰,魏书军,于毅,2014.西花蓟马田间种群对常用杀虫剂的抗性现状及防治对策.昆虫学报,57(5):621-630.
- 肖长坤,郑建秋,师迎春,胡铁军,李文明,李久强,2006.防治西花蓟马药剂筛选试验.植物检疫,20(1):20-22.
- 余爽,何平,陈建雄,刘大章,沈俊华,王浩,2016.生物农药防治石榴西花蓟马的田间药效试验.四川农业科技(11):34-36.
- 张安盛,张思聪,李丽莉,门兴元,周仙红,于毅,2012.3种环境友好型药剂对西花蓟马的室内毒力与田间防效.植物保护,38(4):175-177.
- 张晓明,柳青,李宜儒,胡昌雄,赵浩旭,陈国华,张宏瑞,李正跃,2018.六种常见杀虫剂对西花蓟马和花蓟马的毒力测定.环境昆虫学报,40(1):215-223.
- 张治科,2015.西花蓟马嗅觉相关蛋白鉴定及功能研究.博士学位论文.北京:中国农业科学院.
- 张治科,吴圣勇,雷仲仁,2015.西花蓟马化学感受蛋白的cDNA克隆、时空表达分析及组织定位.昆虫学报,58(1):1-14.
- 张治科,吴圣勇,雷仲仁,2016a.西花蓟马气味结合蛋白的cDNA克隆、序列分析及时空表达.中国农业科学,49(6):1106-1116.
- 张治科,吴圣勇,雷仲仁,康萍芝,杜玉宁,张丽荣,

- 2017a. 宁夏设施辣椒上西花蓟马的生长发育和繁殖研究. 中国植保导刊, 37(7): 35–38.
- 张治科, 吴圣勇, 雷仲仁, 康萍芝, 杜玉宁, 张丽荣, 2018. 宁夏辣椒花期西花蓟马的空间分布特征研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 46(3): 142–147.
- 张治科, 张烨, 吴圣勇, 2016b. 西花蓟马在宁夏的发生及防控措施. 植物检疫, 30(4): 75–77.
- 张治科, 张烨, 吴圣勇, 雷仲仁, 2017b. 昆虫气味结合蛋白研究进展. 环境昆虫学报, 39(3): 713–720.
- 曾亮, 袁庆华, 侯向阳, 姚拓, 2009. 植物源药剂混配防治西花蓟马的药效研究. 植物保护, 35(6): 164–166.
- 左太强, 李帅, 张彬, 张芳, 万方浩, 郑长英, 2017. 低剂量杀虫剂与高温结合对西花蓟马种群的防控. 植物保护学报, 44(4): 687–692.
- BIELZA P, 2008. Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science*, 64(11): 1131–1138.
- COCKFIELD S D, BEERS E H, ZACK R S, 2007. Phenology of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on plant species in and near apple orchards in Washington State. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 104: 35–44.
- JONES T, SCOTT-DUPREE C, HARRIS R, SHIPP L, HARRIS B, 2005. The efficacy of spinosad against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, and its impact on associated biological control agents on greenhouse cucumbers in southern Ontario. *Pest Management Science*, 61: 179–185.
- KIRK W D J, TERRY L I, 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Meteorology*, 5: 301–310.
- YUDIN L S, CHO J J, MITCHELL W C, 1986. Host range of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), with special references to *Leucaena glauca*. *Environmental Entomology*, 15(6): 1292–1295.

(责任编辑:郭莹)