

◆ 农药应用 ◆

氟啶虫胺胍对桃蚜和瓜蚜室内杀虫活性 及田间防治效果

王 彭¹, 曲春鹤¹, 黄大益², 林冠华³, 刘叙杆¹, 黄正谊¹, Lakshmi pathi Srigiriraju⁴, Luis Gomez⁵,
谢 磊¹, 任 璐¹

(1. 陶氏益农农业科技(中国)有限公司 上海分公司, 上海 201203 2. 陶氏益农台湾道礼股份有限公司, 台北 10588 3. 陶氏益农台湾屏东试验站, 台湾屏东 90841 4. 陶氏益农印度有限公司, 海德拉巴 500073 5. 陶氏益农美国公司, 印第安纳波利斯 46268)

摘要: 通过室内毒力测定及田间药效试验评价氟啶虫胺胍原药以及22%氟啶虫胺胍悬浮剂和50%氟啶虫胺胍水分散粒剂对桃蚜和瓜蚜的杀虫活性。分别采用浸叶法和常规喷雾法进行室内毒力测定和田间药效试验。室内毒力测定结果表明, 氟啶虫胺胍原药对桃蚜和瓜蚜48 h LC₅₀值分别为0.98 mg/L和1.70 mg/L, 氟啶虫胺胍对桃蚜和瓜蚜的相对毒力分别是啶虫脒的4.2倍和2.0倍。田间药效试验结果表明, 22%氟啶虫胺胍悬浮剂和50%氟啶虫胺胍水分散粒剂对桃蚜和瓜蚜具有很好的速效性和持效性, 平均防治效果为82.0%~96.0%。氟啶虫胺胍可有效防治桃蚜和瓜蚜, 是农业生产上防治蚜虫的理想药剂之一。

关键词: 氟啶虫胺胍; 桃蚜; 瓜蚜; 杀虫活性; 田间药效

中图分类号: S481⁺.9 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2017.05.014

Laboratory Bioassay and Field Efficacy of Sulfoxaflor Against Aphids *Myzus persicae* and *Aphis gossypii*

WANG Peng¹, QU Chun-he¹, HUANG Ta-I², LIN Guan-hua³, LIU Xu-gan¹, HUANG Zheng-yi¹, SRIGIRIRAJU Lakshmi pathi⁴, GOMEZ Luis⁵, XIE Lei¹, REN Lu¹

(1. Dow AgroSciences (China) Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai 201203, China; 2. Dow AgroSciences Taiwan, Taipei 10588, China; 3. TAFS Dow AgroSciences Taiwan, Taiwan Pingtung 90841, China; 4. Dow AgroSciences India, Hyderabad 500073, India; 5. Dow AgroSciences USA, Indianapolis 46268, USA)

Abstract: To understand the insecticidal activity of sulfoxaflor and field performance of sulfoxaflor 22% SC and sulfoxaflor 50% WG against *Myzus persicae* and *Aphis gossypii*, laboratory bioassays were conducted by using leaf dipping method and field efficacy trials were carried out by method of foliar application. Laboratory bioassay results indicated that sulfoxaflor provided good insecticidal activity against *M. persicae* and *A. gossypii* and the LC₅₀ values at 48 h were 0.98 mg/L and 1.70 mg/L, respectively. Sulfoxaflor showed effective potency to two species of aphids compared with acetamiprid with greater relative control of 4.2 and 2. Field efficacy results indicated that sulfoxaflor 22% SC and sulfoxaflor 50% WG provided quick knock down and relatively long residual efficacy on two species of aphids with average control of 82.0%-96.0%. Sulfoxaflor is one of the most effective molecules for control of aphids *M. persicae* and *A. gossypii*.

Key words: sulfoxaflor; *Myzus persicae*; *Aphis gossypii*; insecticidal activity; field efficacy

收稿日期: 2017-06-22

作者简介: 王彭(1982—) 男, 辽宁省本溪人, 博士, 产品技术经理, 负责杀虫剂相关工作。E-mail: Gavinwang@dow.com

蚜虫是目前农业生产上主防的刺吸式口器害虫之一,且生产上防治蚜虫仍然多以化学防治为主,由于其世代重叠严重,发育历期短,繁殖速率快,加大了化学防治的难度。同时,由于长期大量使用单一化学药剂,导致不同种类蚜虫已对多种杀虫剂产生了不同程度的抗性,使生产防治面临巨大挑战^[1-4]。其中,桃蚜(*Myzus persicae*)和瓜蚜(*Aphis gossypii*)已成为抗药性严重且难以治理的重要蚜虫种类,生产上应积极采取暂停用药、交替用药等抗性治理措施。目前生产上亟需新的不同作用机制的药剂轮换使用,延缓其抗性持续发展^[3-4]。

氟啶虫胺胍(sulfoxaflor, Isoclast™)属于砜亚胺类化合物,被杀虫剂抗性行动委员会(IRAC)认定为唯一的Group 4C类全新有效成分,是美国陶氏益农公司自主研发的用于防治刺吸式口器害虫的全新杀虫剂。其杀虫谱比较广,对飞虱、粉虱、蚜虫、盲蝽蟥和介壳虫等均有效。氟啶虫胺胍具有高效、低毒、低残留、内吸性好、对非靶标生物安全等优点。Babcock(2011)等研究结果表明,氟啶虫胺胍对桃蚜的室内杀虫活性最高,LC₅₀值(72 h)为0.05 mg/L,其相对毒力是吡虫啉的1.8倍,啶虫脒(acetamiprid)的1.4倍,呋虫胺(dinotefuran)的35.2倍,氟苯虫酰胺(flubendiamide)的15.2倍,螺虫乙酯(spirotetramat)的5.2倍,且氟啶虫胺胍与生产上常规用于防治蚜虫的新烟碱类、菊酯类、有机磷类和氨基甲酸酯类杀虫剂无明显交互抗性^[5-7]。2013—2016年,美国陶氏益农公司与各省级农科院合作在中国大陆和中国台湾地区开展了田间药效试验,以期了解氟啶虫胺胍对主要农作物上桃蚜和瓜蚜的防治效果。本文记录并总结了22%氟啶虫胺胍悬浮剂和50%氟啶虫胺胍水分散粒剂对桃蚜和瓜蚜的防治效果,为其进一步田间应用提供试验基础。

1 试验材料与方法

1.1 试验药剂

室内毒力测定试验:95.5%氟啶虫胺胍原药,美国陶氏益农公司;96%啶虫脒原药,广东大丰植保科技有限公司。

田间药效试验:22%氟啶虫胺胍悬浮剂(商品名:特福力®)、50%氟啶虫胺胍水分散粒剂(商品名:可立施®),美国陶氏益农公司;10%吡虫啉可湿性粉剂,南京红太阳股份有限公司;18%吡虫啉可溶液剂,台湾嘉泰企业股份有限公司;20%啶虫脒可湿性粉剂,河北润达农药化工有限公司;70%啶虫脒水

分散粒剂,广东瑞德丰生物科技有限公司;2.5%高效氯氟氰菊酯水乳剂,先正达南通作物保护有限公司。

1.2 供试虫源

室内毒力测定试验中,桃蚜和瓜蚜种群系由试验合作单位中国农业科学院于2014年采自田间试验地,在室内饲养1代后,取生理状态一致的健康无翅成蚜用于开展试验。

1.3 试验方法

1.3.1 室内毒力测定

药液配制:氟啶虫胺胍和啶虫脒原药用丙酮溶解,加入0.01% Triton X-100降低表面张力,用蒸馏水溶解配制高浓度母液,之后稀释配制成5个质量浓度药液。

室内毒力测定参照《农药室内生物测定试验准则 杀虫剂 第14部分:浸叶法》(NY/T 1154.14—2008)。测定步骤如下:选取大小、叶色等指标基本一致且完整的叶片洗净晾干后制成叶碟,浸入不同浓度的药液中5 s,取出晾干后,叶片背面向上放置在垫有海绵水台的培养皿中。选取大小和活力基本一致的无翅成蚜各30头,接在相同浓度药液处理的叶碟上,每个药剂浓度处理和对照处理各重复4次。处理完成后,将各个培养皿放在温度为(25±1)℃,相对湿度(60±10)%,光照L:D=16 h:8 h的养虫室中。处理后48 h调查蚜虫死亡虫数,以用毛笔轻触蚜体,无自主性反应者计为死亡。采用“DPS统计分析软件”进行数据处理,计算LC₅₀值、相关系数及毒力回归方程。

1.3.2 田间药效试验

2013—2016年,在中国大陆和台湾地区共计12个不同地点分别开展了对黄瓜、大白菜、甘蓝、马铃薯和西瓜等作物上桃蚜和瓜蚜的田间药效试验。大陆地区试验药剂设计:22%氟啶虫胺胍悬浮剂有效成分用量36 g/hm²和45 g/hm²;50%氟啶虫胺胍水分散粒剂有效成分用量37.5 g/hm²和45 g/hm²。具体试验方法参照国标《农药田间药效试验准则(一) 杀虫剂防治马铃薯等作物蚜虫》(GB/T 17980.15—2000)和《农药田间药效试验准则第27部分:杀虫剂防治十字花科蔬菜蚜虫》(NY/T 1464.27—2010)。台湾地区试验药剂设计:22%氟啶虫胺胍悬浮剂有效成分用量40 g/hm²和80 g/hm²。试验采用完全随机区组设计,每处理4~6个重复,药前进行基数调查,药后调查活虫数。以施药前和施药后各期的蚜虫数计算各处理区虫口减退率及防治效果,采用“DPS统计分析软件”进行数据处理^[8]。

2 结果与分析

2.1 室内毒力测定结果

表1室内毒力测定结果表明,氟啶虫胺胍对无翅桃蚜和瓜蚜成虫具有很高的杀虫活性,其48 h LC₅₀

值分别为0.98 mg/L和1.70 mg/L,而对照药剂啶虫脒对无翅桃蚜和瓜蚜成虫48 h LC₅₀值分别为4.16 mg/L和3.40 mg/L,氟啶虫胺胍的相对毒力分别是啶虫脒的4.2和2.0倍。氟啶虫胺胍原药对桃蚜和瓜蚜有很好的毒杀作用。

表1 氟啶虫胺胍对桃蚜(*M. persicae*)和瓜蚜(*A. gossypii*)室内毒力测定结果

蚜虫	供试药剂	回归方程	相关系数	LC ₅₀ 值(95%置信限)/(mg·L ⁻¹)	毒效比(RT)
桃蚜	氟啶虫胺胍	$y=1.3353x+5.0106$	0.9948	0.98 (0.72~1.24)	4.2
	啶虫脒	$y=1.2947x+4.1990$	0.9971	4.16 (1.57~6.70)	1.0
瓜蚜	氟啶虫胺胍	$y=1.9114x+4.5572$	0.9947	1.70 (1.15~2.34)	2.0
	啶虫脒	$y=1.2450x+4.3379$	0.9998	3.40 (1.95~4.89)	1.0

注:室内毒力测定试验由中国农业科学院协助完成。

2.2 田间药效试验结果

2.2.1 对大白菜桃蚜的防效

表2田间试验结果表明,22%氟啶虫胺胍悬浮剂在有效成分用量36~45 g/hm²下对大白菜桃蚜具有

很好的防治效果。其药后1 d的防治效果为70.2%~91.4%,表现出较好的速效性。药后3 d,桃蚜死亡率快速上升。药后7 d,其防治效果为90.0%~98.8%,具有很好的持效性。

表2 22%氟啶虫胺胍悬浮剂防治大白菜桃蚜(*M. persicae*)田间药效试验结果

地区	试验药剂	有效成分用量/ (g·hm ⁻²)	2015年防治效果/%			2016年防治效果/%		
			1 d	3 d	7 d	1 d	3 d	7 d
河南	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	81.6 b	82.2 b	96.5 b	84.5 ab	92.2 b	90.0 ab
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	87.6 a	89.6 a	98.8 a	91.0 a	95.2 a	94.6 a
	20%啶虫脒可湿性粉剂	30	79.2 b	71.1 c	86.7 c	60.0 c	78.7 c	85.3 b
辽宁	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	85.8 b	87.8 b	94.9 b	81.4 b	90.2 b	93.8 b
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	91.4 a	91.4 a	97.3 a	89.9 a	92.1 a	95.5 a
	20%啶虫脒可湿性粉剂	30	78.6 c	82.3 c	88.6 c	79.5 c	85.5 c	90.0 c
河北	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	70.2 b	91.4 a	94.5 a	79.5 a	92.2 a	94.8 a
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	73.1 b	93.2 a	96.1 a	82.1 a	94.3 a	96.7 a
	20%啶虫脒可湿性粉剂	30	81.7 a	92.9 a	94.7 a	80.8 a	94.3 a	95.8 a

注:田间试验由河南农业大学、辽宁省农科院和河北省农科院协助完成,试验结果为4次重复平均值,小写字母表示5%差异显著性,下表同。

2.2.2 对甘蓝桃蚜的防效

2013年,在台湾地区开展的防治甘蓝桃蚜田间药效试验结果见表3。22%氟啶虫胺胍悬浮剂在有效成分用量40~80 g/hm²下连续施药2次,对甘蓝桃蚜

的整体防治效果在98.0%以上,2次施药持效期在14 d以上,对甘蓝具有很好的保护作用,有效抑制种群再繁殖,与对照药剂18%吡虫啉可溶液剂无显著性差异。

表3 22%氟啶虫胺胍悬浮剂防治甘蓝桃蚜(*M. persicae*)田间药效试验结果

地区	试验药剂	有效成分用量/ (g·hm ⁻²)	防治效果/%		
			7 d ₁	3 d ₂	7 d ₂
台湾屏东	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	40	98.1 a	99.1 a	98.1 a
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	80	98.2 a	99.1 a	98.7 a
	18%吡虫啉可溶液剂	25	95.7 a	96.0 a	96.9 a
台湾高雄	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	40	97.9 a	99.4 a	99.8 a
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	80	98.9 a	99.7 a	99.9 a
	18%吡虫啉可溶液剂	25	89.9 a	93.6 a	95.0 a
台湾南投	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	40	99.3 a	99.8 a	99.8 a
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	80	99.8 a	99.9 a	99.9 a
	18%吡虫啉可溶液剂	25	92.9 a	97.4 a	97.4 a

注:d₁为第1次药后调查天数,d₂为第2次药后调查天数,试验结果为6次重复平均值。

2.2.3 对马铃薯蚜虫的防治

表4田间药效试验结果表明,22%氟啶虫胺胍悬浮剂在有效成分用量36~45 g/hm²下对马铃薯蚜虫具有很好的防治效果。药后1 d,速效性明显,防效在

70.5%~89.4%之间。在山东,其防治效果显著优于对照药剂2.5%高效氯氟氰菊酯水乳剂。22%氟啶虫胺胍悬浮剂在试验用量下,药后7 d防治效果为93.6%~97.4%,其持效期在7 d以上。

表4 22%氟啶虫胺胍悬浮剂防治马铃薯蚜虫(*M. persicae*)田间药效试验结果

地区	试验药剂	有效成分用量/ (g·hm ⁻²)	防治效果/%		
			1 d	3 d	7 d
内蒙古	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	89.4 a		93.6 a
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	89.7 a		94.2 a
	2.5%高效氯氟氰菊酯水乳剂	30	82.5 a		91.2 a
山东	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	81.4 b	90.9 b	93.9 b
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	85.8 a	93.3 a	97.4 a
	2.5%高效氯氟氰菊酯水乳剂	30	74.3 c	86.6 c	90.0 c
河北	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	77.9 a	91.2 a	96.4 a
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	70.5 a	89.0 a	95.5 a
	2.5%高效氯氟氰菊酯水乳剂	30	65.3 a	87.1 a	91.8 a

注:田间药效试验由内蒙古农牧科学院、山东省农科院和河北省农科院协助完成,试验结果为4次重复平均值。

2.2.4 对黄瓜瓜蚜的防治

浙江、山东和云南田间药效试验结果表明,22%氟啶虫胺胍悬浮剂在有效成分用量36~45 g/hm²下对黄瓜瓜蚜具有很好的防治效果(表5)。其药后1 d

速效性较好,防效为76.3%~96.5%;药后7 d防效为86.8%~99.7%,表现出很好的持效性。浙江试验结果表明,22%氟啶虫胺胍悬浮剂在试验条件下防效显著优于对照药剂10%吡虫啉可湿性粉剂。

表5 22%氟啶虫胺胍悬浮剂防治黄瓜瓜蚜(*A. gossypii*)田间药效试验结果

地区	试验药剂	有效成分用量/ (g·hm ⁻²)	2015年防治效果/%			2016年防治效果/%		
			1 d	3 d	7 d	1 d	3 d	7 d
浙江	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	76.7 a	97.9 a	98.9 a	77.6 a	98.2 a	99.2 a
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	76.3 a	98.9 a	99.4 a	79.7 a	99.1 a	99.7 a
	10% 吡虫啉可湿性粉剂	45	69.2 b	87.8 b	93.8 b	72.6 b	89.9 b	95.3 b
山东	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	93.1 c	93.6 c	94.1 c	92.1 c	92.7 c	93.2 c
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	96.5 a	96.8 a	96.9 a	95.8 a	96.5 a	96.5 a
	10% 吡虫啉可湿性粉剂	45	94.9 b	95.3 b	95.3 b	93.9 b	94.7 b	94.5 b
云南	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	36	79.0 b	82.5 b	86.8 b	79.8 b	84.1 b	88.6 b
	22% 氟啶虫胺胍悬浮剂	45	81.9 a	85.1 a	89.5 a	83.3 a	86.8 a	91.2 a
	10% 吡虫啉可湿性粉剂	45	81.4 a	82.4 b	86.6 b	82.7 a	84.0 b	88.3 b

注:田间试验由宁波农科院、山东省农科院和云南省农科院协助完成,试验结果为4次重复平均值。

2.2.5 对西瓜瓜蚜的防治效果

2015—2016年,分别在西瓜主要栽培省份海

南、陕西和浙江开展了防治西瓜瓜蚜的田间药效试验,试验结果见表6。

表6 50%氟啶虫胺胍水分散粒剂防治西瓜瓜蚜(*A. gossypii*)田间药效试验结果

地区	试验药剂	有效成分用量/ (g·hm ⁻²)	2015年防治效果/%			2016年防治效果/%		
			1 d	3 d	7 d	1 d	3 d	7 d
海南	50%氟啶虫胺胍水分散粒剂	37.5	84.6 a	91.9 a	95.6 a	84.5 ab	90.4 b	95.3 a
	50%氟啶虫胺胍水分散粒剂	45.0	86.8 a	93.1 a	97.1 a	86.9 a	94.5 a	97.0 a
	70%啶虫脒水分散粒剂	42.0	85.3 a	92.9 a	96.1 a	83.7 ab	91.7 b	95.7 a
陕西	50%氟啶虫胺胍水分散粒剂	37.5	66.5 b	95.2 a	97.3 a	69.3 ab	88.5 a	95.0 a
	50%氟啶虫胺胍水分散粒剂	45.0	69.9 b	96.1 a	98.2 a	71.9 a	89.3 a	96.3 a
	70%啶虫脒水分散粒剂	42.0	75.6 a	91.0 b	93.8 b	74.6 a	90.5 a	95.0 a
浙江	50%氟啶虫胺胍水分散粒剂	37.5	72.7 a	95.6 a	98.9 a	79.3 ab	96.3 a	98.2 a
	50%氟啶虫胺胍水分散粒剂	45.0	74.2 a	97.6 a	99.7 a	81.7 a	97.9 a	99.6 a
	70%啶虫脒水分散粒剂	42.0	67.5 b	88.9 b	95.1 b	75.9 b	90.9 b	95.3 b

注:田间试验由海南省农科院、陕西省农科院和宁波市农科院协助完成,试验数据为4次重复平均值。

50%氟啶虫胺胍水分散粒剂在有效成分用量37.5~45 g/hm²下表现出较好的速效性,药后1 d的防效在66.5%~86.9%之间。50%氟啶虫胺胍水分散粒剂在37.5~45 g/hm²有效成分用量下持效期可达7 d,防治效果为95.0%~99.7%。

3 讨论

桃蚜寄主植物广泛,包括十字花科甘蓝、大白菜、豆科菜豆、豇豆、百合科大蒜和伞形科芹菜等^[4]。由于桃蚜寄主范围广,繁殖代数多,在不同寄主之间可以不断迁移危害,加之蔬菜生长周期短,复种指数高,因而施用化学农药防治蚜虫的次数也相对较多,从而导致一些主要寄主作物上桃蚜抗性水平上升很快。辽宁和河南田间防治大白菜桃蚜药效试验结果表明,20%啶虫脒可湿性粉剂30 g/hm²对大白菜桃蚜的平均防治效果小于85.0%。22%氟啶虫胺胍悬浮剂36~45 g/hm²对大白菜桃蚜的防治效果显著优于对照药剂20%啶虫脒可湿性粉剂(表2)。内蒙古作为我国主要马铃薯生产基地,拥有多种马铃薯种质资源,对种薯品质的要求极高。由于蚜虫易传播病毒病,该地区防治马铃薯蚜虫注重预防,即在蚜虫发生初始虫量较低的时候就开始用药防治,且注重不同作用机制药剂的轮换使用,延缓其抗性的发生发展,从而有效控制蚜虫的发生与蔓延,阻断病毒病的传播,旨在保护种质资源。田间药效试验数据证明,22%氟啶虫胺胍悬浮剂是防治马铃薯蚜虫的理想药剂,在有效成分用量36~45 g/hm²下,药后1 d的防效即在89.0%以上,药后7 d防效在93.0%以上(表4)。

瓜蚜主要危害茄科(辣椒、茄子)和葫芦科(黄瓜、西瓜)寄主植物^[4]。在生产上,不同作物用药水平和用药次数的差异,直接影响瓜蚜的抗药性发展水平。云南作为我国重要的蔬菜生产基地,使用化学农药是生产上蚜虫防治的最快速有效手段之一,新烟碱类杀虫剂的频繁使用,导致该地区黄瓜瓜蚜的耐药性和抗药性增强。22%氟啶虫胺胍悬浮剂在有效成分用量45 g/hm²下,药后3~7 d,对黄瓜瓜蚜的防治效果显著优于对照药剂10%吡虫啉可湿性粉剂(表5)。浙江作为我国主要的西瓜栽培省份之一,受当地栽培模式影响,瓜蚜的抗性发展水平呈逐年上升趋势。50%氟啶虫胺胍水分散粒剂在试验有效成

分量37.5~45 g/hm²下,其防治效果显著优于对照药剂70%啶虫脒水分散粒剂(表6)。

为解决生产上防治蚜虫可用药剂不足的问题,以及科学合理使用化学药剂防治桃蚜和瓜蚜,综合上述试验结果,22%氟啶虫胺胍悬浮剂和50%氟啶虫胺胍水分散粒剂分别在蚜虫发生始盛期施药1次,可以有效防治桃蚜和瓜蚜。水量充足,均匀细致喷雾有助于药效的发挥。依据蚜虫发生初始虫量,酌情考虑间隔7~10 d进行第2次施药。2次施药可以更有效地控制蚜虫的再繁殖,对作物提供更好的持久保护作用。台湾地区防治甘蓝桃蚜田间药效试验数据证明,2次施药间隔7 d,其防治效果在98.0%以上(表3)。氟啶虫胺胍作为全新的Group 4C类杀虫剂,其作用机理不同于新烟碱类杀虫剂,是生产上防治蚜虫的有效化学药剂。

致谢:感谢Paige Oliver对文章内容及英文摘要所提出的宝贵意见和建议!感谢试验各合作单位对试验开展及完成所给予的大力支持和协助!

参考文献

- [1] 吴金泉. 桃蚜抗性机制的研究进展 [J]. 中国农学通报, 1993, 9 (2): 20-22.
- [2] 宫亚军, 王泽华, 石宝才, 等. 北京地区不同桃蚜种群的抗药性研究 [J]. 中国农业科学, 2011, 44 (21): 4385-4394.
- [3] 张帅. 2015年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议 [J]. 中国植保导刊, 2016, 36 (3): 61-65.
- [4] 汤秋玲, 马康生, 高希武. 蔬菜蚜虫抗药性现状及抗性治理策略 [J]. 植物保护, 2016, 42 (6): 11-20.
- [5] Babcock J M, Gerwick C B, Huang J X, et al. Biological Characterization of Sulfoxaflor, a Novel Insecticide [J]. Pest Management Science, 2011, 67 (3): 328-334.
- [6] Zhu Y M, Loso M R, Watson G B, et al. Discovery and Characterization of Sulfoxaflor, a Novel Insecticide Targeting Sap-feeding Pests [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59 (7): 2950-2957.
- [7] Sparks T C, Watson G B, Loso M R, et al. Sulfoxaflor and the Sulfoximine Insecticides: Chemistry, Mode of Action and Basis for Efficacy on Resistant Insects [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2013, 107 (1): 1-7.
- [8] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其DPS数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 43-55; 188-193.

(责任编辑:柏亚罗)