

联肼·乙螨唑对蔬菜优势叶螨产卵发育的影响及其田间防效

乔晓芳 徐丹丹 张友军 徐宝云 王少丽*

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要:为明确新型复配杀螨剂联肼·乙螨唑对目前蔬菜田常发生的2种优势叶螨二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 和截形叶螨 *T. truncatus* 的杀螨活性,于室内采用离体叶碟法测定其对这2种叶螨产卵及发育的影响,于室外采用活体植株评价该药剂对2种叶螨的田间防效。结果表明,经复配杀螨剂联肼·乙螨唑及其单剂处理2种叶螨雌成螨24 h后,死亡率为20.50%~54.98%,均显著高于清水对照;联肼·乙螨唑处理较清水对照显著降低了2种叶螨卵发育至若螨期的比率,联肼·乙螨唑处理后二斑叶螨和截形叶螨的若螨率分别为4.91%和1.63%。田间试验中联肼·乙螨唑对2种叶螨具有一定的速效性,药后3 d对二斑叶螨和截形叶螨的防效分别达95.74%和89.83%,药后7 d防效分别为98.03%和99.44%,显示了优良的防控效果及持效性。表明复配杀螨剂联肼·乙螨唑可用于田间蔬菜优势叶螨种群的高效防控。

关键词: 联肼·乙螨唑; 二斑叶螨; 截形叶螨; 杀螨活性; 防效

Effects of bifenazate·etoxazole on the oviposition and development of dominant mite species on vegetables and its control efficacy

Qiao Xiaofang Xu Dandan Zhang Youjun Xu Baoyun Wang Shaoli*

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

Abstract: In order to determine the acaricidal activity of bifenazate-etoxazole against the two dominant pest mites, *Tetranychus urticae* and *T. truncatus*, on the vegetable crops, the leaf disc method was adopted to study its effects on the oviposition of *T. urticae* and *T. truncatus*, and its control efficacy were determined in the field. The results showed that the mortality rates caused by bifenazate-etoxazole, bifenazate, and etoxazole against the female adults of *T. urticae* and *T. truncatus* ranged from 20.50% to 54.98%, which were significantly higher than the water control. Bifenazate-etoxazole also significantly decreased the protonymph rates compared to the water control, which were 4.91% and 1.63% for *T. urticae* and *T. truncatus* respectively. The field trials showed that bifenazate-etoxazole could take effects rapidly; the control efficacy on *T. urticae* and *T. truncatus* reached 95.74% and 89.83%, respectively, after acaricide spray for 3 d, and 98.03% and 99.44%, respectively, after spray for 7 d, suggesting a high control efficacy and long persistence period. The results indicated that bifenazate-etoxazole could be applied for the spider mite control in the field.

Key words: bifenazate-etoxazole; *Tetranychus urticae*; *Tetranychus truncatus*; acaricidal activity; control efficacy

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0200500), 国家现代农业(西甜瓜)产业技术体系(CARS-25), 中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-IVFCAAS)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: wangshaoli@caas.cn

收稿日期: 2018-12-24

叶螨是为害蔬菜、果树及其它多种重要农作物的世界性害螨,蔬菜田常见种类以二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 和截形叶螨 *T. truncatus* 为主(王少丽等,2014;杨顺义等,2018)。叶螨以成螨和幼若螨群集在叶片背面刺吸植物汁液,导致叶片发黄或者干枯脱落,影响作物的产量和品质。由于叶螨体型微小、生活史短、世代重叠严重,化学药剂的频繁使用导致其抗药性发展很快,尤其是二斑叶螨,已对化学药剂中至少92种活性成分产生了不同程度的抗药性(van Leeuwen et al., 2010; 张绍勇等, 2017),包括传统的有机磷类、氨基甲酸酯类和拟除虫菊酯类以及一些新型杀螨剂(van Leeuwen et al., 2010; Wang et al., 2015; Xu et al., 2018),给叶螨的化学防控带来了极大挑战。因此,筛选可用于叶螨化学防治的高效低毒药剂对于叶螨田间种群暴发时的应急性防控非常重要。

联苯肼酯是美国科聚亚公司研发的新型杀螨剂,其作用位点是线粒体细胞色素b复合物III上的Q_b位点(van Leeuwen et al., 2008; van Nieuwenhuijse et al., 2009),于2009年在我国登记为新型选择性叶面喷雾药剂,具有高效低毒、对环境友好等优点,被广泛应用于田间害螨的防治且取得了良好的效果(宫亚军等,2013; Tang et al., 2014)。乙螨唑是日本住友化学株式会社研究开发的一种具有独特结构的杀螨剂,其作用方式主要是抑制昆虫表皮和真菌细胞壁的几丁质合成,进而抑制螨卵的胚胎形成及叶螨的正常蜕皮过程(Demaeght et al., 2014)。然而,近年来有叶螨对联苯肼酯单剂出现低抗药性及其抗性基因出现低频率突变的报道(宫亚军等,2014),而基于不同作用机制的联苯肼酯和乙螨唑的复配制剂施用则成为延缓害螨抗药性发展的重要途径之一。

目前联肼·乙螨唑复配制剂主要登记用于柑橘、苹果等果树上害螨的防治,常用来防控果树红蜘蛛,但其对蔬菜作物上的2种优势叶螨二斑叶螨和截形叶螨的防效尚不明确。为了评价新型复配制剂联肼·乙螨唑对蔬菜上优势叶螨种类的杀螨活性,本研究拟于室内测定联肼·乙螨唑对二斑叶螨和截形叶螨的产卵影响,并评价其对2种叶螨田间种群的防效,以期为田间叶螨包括抗性叶螨的化学防治提供科学指导及技术储备。

1 材料与方法

1.1 材料

供试叶螨及寄主:截形叶螨和二斑叶螨分别采

自北京市昌平区南口试验基地和北京市海淀区中国农业科学院蔬菜试验基地,寄主植物分别为茄子和空心菜,品种为圆杂16号和靛竹2号竹叶,采集后于室内菜豆品种碧丰上饲养1代后建立实验种群供试。饲养条件为温度 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度80%、光周期16 L:8 D。3种寄主植物的种子购自当地市场。

供试药剂:43%联苯肼酯(bifenazate)悬浮剂,爱利思达生物化学制品有限公司;11%乙螨唑(etoxazole)悬浮剂、45%联肼·乙螨唑(bifenazate-etoxazole)悬浮剂,桂林集琦生化有限公司。

仪器:奥林巴斯SZX-7体视显微镜,奥林巴斯(中国)有限公司;RXZ型(多段编程)智能人工气候箱,宁波江南仪器厂;濠花MH-16型背负式手动喷雾器,工作压力为0.2~0.3 MPa,浙江濠花喷雾器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 不同药剂处理对叶螨及其卵发育的影响

按照不同药剂的推荐使用剂量设置3个药剂处理,即43%联苯肼酯悬浮剂3 000倍液、11%乙螨唑悬浮剂5 000倍液、45%联肼·乙螨唑悬浮剂10 000倍液,同时设置清水对照,每个处理4次重复。采用叶片残毒法(徐丹丹等,2018)测定不同药剂处理对叶螨及其卵发育的影响。首先用打孔器从健康菜豆叶片上打出直径2.5 cm的圆形叶碟,分别在不同药剂处理中浸泡10 s,取出晾干后以叶片背面朝上放置于铺有湿润滤纸的0.1%琼脂培养皿内,再用零号毛笔分别接入二斑叶螨或截形叶螨健康雌成螨25头,24 h后检查记录叶螨的存活数和死亡数,用毛笔轻触螨体,试螨仅有1只足动或完全不动者视为死亡;然后移出雌成螨,将带螨卵的培养皿放置在温度为 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、光周期为16 L:8 D、相对湿度为 $(70\pm 5)\%$ 的人工气候箱内,逐日观察至若螨期。在体视显微镜下分别检查并记录各处理中的产卵量、由卵成功发育至若螨的螨数目。分别计算药剂处理24 h后二斑叶螨和截形叶螨雌成螨的死亡率(死亡数/总螨量)、单头雌成螨的产卵量(24 h产卵总数/雌螨总数)及卵孵化并发育成若螨的比率(简称若螨率)。若螨率=卵发育成若螨的数量/总卵量。

1.2.2 不同药剂处理对叶螨的田间防效

田间防效试验分别于2018年在北京市昌平区南口试验基地棚室圆杂16号茄子田和北京市海淀区中国农业科学院蔬菜试验基地棚室靛竹2号竹叶空心菜田进行,棚室长均为45 m,宽均为8 m。棚室内分别设置长30 m、宽8 m的试验区 and 长10 m、宽

8 m的对照区, 试验区 and 对照区之间设置7~8行植株作为隔离区, 长8 m, 宽5 m。茄子田优势叶螨种类为截形叶螨, 茄子种植密度约为3万棵/hm², 施药时茄子处于初果期; 空心菜田优势叶螨种类为二斑叶螨, 种植密度约为4.5万株/hm², 施药时苗高15~20 cm。分别设置43%联苯肼酯悬浮剂3 000倍液、11%乙螨唑悬浮剂5 000倍液、45%联苯肼酯·乙螨唑悬浮剂10 000倍液和清水对照4个处理。各处理分别设置4个小区, 即4次重复, 每小区长10 m×宽2 m, 常规田间管理。2个棚室施药时间分别为2018年6月20日和2018年8月21日, 试验期间各施药1次。不同处理的药剂溶液全部现配现用, 用背负式喷雾器进行全株正反叶面均匀喷雾。在喷雾施药前调查各处理的螨口基数, 施药后分别于药后1、3和7 d调查各处理的叶螨数量。每个小区作为1个重复, 每个重复随机调查10株作物, 每个处理共计调查40株。根据调查记录的原始数据计算各药剂处理下的虫口减退率和田间防效, 虫口减退率=(药前虫口基数-药后虫口数量)/药前虫口基数×100%, 防效=(处理的虫口减退率-空白对照的虫口减退率)/(1-空白对

照的虫口减退率)×100%。

1.3 数据分析

试验数据采用SPSS 24.0软件进行统计分析, 应用Duncan氏新复极差法对各处理间的差异显著性进行检验。

2 结果与分析

2.1 不同药剂处理对叶螨雌成螨及其卵发育的影响

二斑叶螨在联肼·乙螨唑及其2种单剂处理的叶片上取食24 h后, 雌成螨的死亡率均显著高于清水对照。联苯肼酯处理后二斑叶螨死亡率最高, 达33.50%, 显著高于乙螨唑(20.50%)和联肼·乙螨唑复配制剂(25.25%)处理, 后两者之间无显著差异。不同处理间二斑叶螨单头雌成螨的产卵量均无显著差异, 表明药剂处理24 h后对二斑叶螨雌成螨的产卵量无显著影响; 二斑叶螨产卵后, 若螨率在不同处理之间存在差异, 其中, 乙螨唑和联肼·乙螨唑2个处理间无显著差异, 若螨率分别为3.72%和4.91%, 但均显著低于联苯肼酯处理(69.62%)与清水对照(79.28%)(表1)。

表1 不同药剂处理对二斑叶螨和截形叶螨雌成螨及其卵发育的影响

Table 1 Effects of acaricide treatment on the adult females and egg development of *Tetranychus urticae* and *T. truncatus*

叶螨 Mite	处理 Treatment	24 h成螨死亡率(%) Mortality rate of adult females in 24h	24 h单雌产卵量 Eggs laid per female in 24 h	若螨率(%) Protonymph rate
二斑叶螨 <i>T. urticae</i>	联苯肼酯 Bifenazate	33.50±2.63 a	1.55±0.34 a	69.62±7.65 a
	乙螨唑 Etoxazole	20.50±2.22 b	2.68±0.45 a	3.72±1.70 b
	联肼·乙螨唑 Bifenazate·etoxazole	25.25±1.49 b	1.91±0.25 a	4.91±2.45 b
	清水对照 Water control	7.75±1.84 c	2.23±0.33 a	79.28±9.11 a
截形叶螨 <i>T. truncatus</i>	联苯肼酯 Bifenazate	54.98±11.50 a	0.91±0.43 b	15.19±3.61 b
	乙螨唑 Etoxazole	27.48±5.22 b	1.90±0.23 a	2.20±0.85 c
	联肼·乙螨唑 Bifenazate·etoxazole	33.97±2.93 b	1.99±0.44 a	1.63±0.58 c
	清水对照 Water control	5.81±4.95 c	2.38±0.44 a	69.19±6.75 a

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

联苯肼酯处理24 h后, 截形叶螨雌成螨的死亡率为54.98%, 显著高于乙螨唑(27.48%)和联肼·乙螨唑复配制剂(33.97%)处理, 该雌成螨在药剂处理后的死亡率趋势和二斑叶螨一致, 但均高于二斑叶螨的死亡率。各药剂处理24 h后, 截形叶螨雌成螨的单雌产卵量均低于清水对照; 截形叶螨的若螨率以清水对照最高, 为69.19%, 显著高于联苯肼酯处理(15.19%), 而乙螨唑和联肼·乙螨唑复配制剂处理中若螨率则分别为2.20%和1.63%, 显著低于清

水对照和联苯肼酯处理(表1)。

2.2 不同药剂处理对叶螨的田间防效

2.2.1 不同药剂处理对二斑叶螨的田间防效

使用联肼·乙螨唑及其2种单剂防治空心菜上的二斑叶螨时, 在药后1 d, 复配制剂联肼·乙螨唑即表现出很强的速效性, 防效达93.02%, 显著高于联苯肼酯和乙螨唑单剂75.53%和79.06%的防效; 药后3 d和7 d各处理的防效均持续升高, 但各处理间均无显著差异; 其中复配制剂联肼·乙螨唑处理3 d

后的防效为 95.74%, 7 d 后防效达 98.03%, 表现出优良的持效性(表 2)。

表 2 不同药剂处理对二斑叶螨的田间防效

Table 2 The control efficacy of different pesticides on *Tetranychus urticae*

处理 Treatment	螨口基数 (头/株) Mite no. per plant before treatment	药后 1 d 1 d after application		药后 3 d 3 d after application		药后 7 d 7 d after application	
		叶螨数量 (头/株) Mite no. per plant	防效 (%) Control efficacy	叶螨数量 (头/株) Mite no. per plant	防效 (%) Control efficacy	叶螨数量 (头/株) Mite no. per plant	防效 (%) Control efficacy
联苯肼酯 Bifenazate	81.20	25.00	75.53±5.90 b	7.60	94.28±1.20 a	4.20	98.20±0.66 a
乙螨唑 Etoxazole	101.20	29.20	79.06±5.48 b	19.00	81.47±12.14 a	12.00	94.46±1.86 a
联苯肼酯·乙螨唑 Bifenazate·etoxazole	105.20	11.80	93.02±2.53 a	8.60	95.74±1.34 a	4.80	98.03±0.55 a
清水对照 Water control	43.00	69.20	—	70.80	—	91.20	—

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.2.2 不同药剂处理对截形叶螨的田间防效

使用联肼·乙螨唑及其 2 种单剂防治茄子上的截形叶螨时,随着施药时间的延长,防效持续升高。药后 3 d,各药剂处理的防治效果均达 87.24% 以上,

以联肼·乙螨唑处理防效最高,达 89.93%;药后 7 d,联肼·乙螨唑处理的防效为 99.44%,显著高于联苯肼酯和乙螨唑单剂处理的防效,表现出良好的持效性(表 3)。

表 3 不同药剂处理对截形叶螨的田间防效

Table 3 The control efficacy of different pesticides on *Tetranychus truncatus*

处理 Treatment	螨口基数 (头/株) Mite no. per plant before treatment	药后 1 d 1 d after application		药后 3 d 3 d after application		药后 7 d 7 d after application	
		叶螨数量 (头/株) Mite no. per plant	防效 (%) Control efficacy	叶螨数量 (头/株) Mite no. per plant	防效 (%) Control efficacy	叶螨数量 (头/株) Mite no. per plant	防效 (%) Control efficacy
联苯肼酯 Bifenazate	1 319.20	684.07	57.89±2.55 a	191.53	87.24±0.98 b	175.87	83.11±4.94 b
乙螨唑 Etoxazole	979.33	549.13	55.64±2.30 a	127.13	88.44±0.81 ab	100.53	88.62±2.51 b
联苯肼酯·乙螨唑 Bifenazate·etoxazole	1 168.20	661.47	52.62±2.17 a	139.93	89.83±0.79 a	6.40	99.44±0.19 a
清水对照 Water control	1 133.67	1 277.60	—	1 264.87	—	1 048.80	—

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

3 讨论

联苯肼酯和乙螨唑是 2 种作用机制不同的杀螨剂,对叶螨均具有较高的杀螨活性(宫亚军等,2013; Wang et al., 2018)。本研究结果表明,联苯肼酯对二斑叶螨和截形叶螨雌成螨均有较高的活性,处理 24 h 后雌成螨的死亡率均显著高于清水对照,单雌产卵量及若螨率也均低于清水对照。这与宫亚军等(2013)研究发现联苯肼酯对各个发育阶段的二斑叶

螨均有效的结果相一致。杨振国等(2017)研究结果表明,联苯肼酯对朱砂叶螨 *T. cinnabarinus* 和二斑叶螨成螨产卵具有抑制作用,其产卵抑制率分别为 27%~81% 和 10%~80%,而且所产螨卵的孵化率随联苯肼酯浓度的增大而显著降低;封云涛等(2018)研究结果显示,乙螨唑对山楂叶螨 *T. viennensis* 雌成螨没有毒力;而王志静等(2012)研究结果则表明,乙螨唑对柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 的卵、幼螨和雌

成螨均表现出较高的毒力, LC_{50} 分别为 23.5、22.5 和 41.3 $\mu\text{g/mL}$, 与本研究结果一致, 即乙螨唑对叶螨雌成螨也具有杀螨活性, 处理 24 h 后二斑叶螨和截形叶螨雌成螨死亡率分别为 20.50% 和 27.48%, 显著高于清水对照, 2 种叶螨死亡率存在差异可能与叶螨种类、叶螨种群采集地用药历史有关。本研究不同药剂处理后, 二斑叶螨和截形叶螨的单雌产卵量与清水对照均差异不明显, 但若螨率显著低于清水对照, 说明各处理药剂均不同程度地抑制 2 种叶螨卵期到若螨期的正常发育进程, 且这种抑制作用对截形叶螨更明显, 这可能与不同叶螨种类对药剂的耐性差异有关。

本研究结果表明, 联肼·乙螨唑复配制剂及其单剂在田间药效试验中均表现出优良的持效性, 药后 7 d 的防效达 83.11% 以上, 与高阳等 (2017) 研究发现联苯肼酯单剂对草莓上二斑叶螨的药后 7 d 防控效果超过 85% 一致。而在已有的研究中, 单剂的田间药效持效期更长, 如联苯肼酯对柑橘全爪螨的药效可持续到 15 d (徐淑等, 2014); 乙螨唑 5 000 倍液防治山楂叶螨时, 药后 21 d 螨口减退率高达 99.77%, 药后 30 d 防效仍可达到 93.06% (张坤鹏等, 2016; 封云涛等, 2018)。由此推测联肼·乙螨唑的持效期可能比本研究的观察期更长, 这仍需要在实际应用中继续观察。

本研究所用的联肼·乙螨唑复配制剂采用推荐施用的最低浓度 10 000 倍, 根据中国农药信息网的登记信息, 按照每公顷的有效成分用量计算, 喷施联肼·乙螨唑的用药量远远低于 2 个单剂推荐施用浓度的有效成分用量之和, 能显著降低田间用药量, 达到减药节本的目标。联苯肼酯的作用位点单一, 极易产生抗药性 (Ochiai et al., 2007), 且室内已筛选出对联苯肼酯具有 10 万倍极高抗性的二斑叶螨种群 (van Leeuwen et al., 2008), 在我国北京市怀柔区二斑叶螨田间种群中也检测到靶标位点突变而导致敏感性下降的个体 (宫亚军等, 2014)。因此, 作用机制不同的联肼·乙螨唑复配制剂可作为轮换药剂用来延缓害虫对联苯肼酯抗药性的发展。基于联肼·乙螨唑对叶螨的卵和成螨有毒力, 还可对叶螨全种群进行高效防控, 特别是对阿维菌素、菊酯类杀虫剂等具有抗性的叶螨田间种群也会起到防控作用。有研究表明, 联苯肼酯对智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* 等捕食螨表现低毒作用 (宫亚军等, 2015; Liu et al., 2016), 推测联肼·乙螨唑可以与利用捕食螨的生物防治措施协同使用, 发挥更高效的防控效果。

联肼·乙螨唑作为一种新型杀螨剂组合, 室内外试验证明该制剂具有优良的杀螨活性, 还可以降低害螨的单雌产卵量, 对卵的正常发育也具有抑制作用; 田间药效试验也表明该药剂对叶螨田间种群有很强的速效性和持效性。目前该药剂并未在寄主植物茄子和空心菜上正式登记, 故在本试验实施期间对茄子和空心菜的长势也进行了持续观察, 未观察到作物出现药害或其它问题, 表明该混剂在茄子和叶菜类作物上较为安全。

致谢: 蔬菜有害生物控制与优质栽培北京市重点实验室提供部分试验仪器的共享使用, 特此致谢!

参 考 文 献 (References)

- Demaeght P, Osborne EJ, Odman-Naresh J, Grbić M, Nauen R, Mersendorfer H, Clark RM, van Leeuwen T. 2014. High resolution genetic mapping uncovers chitin synthase-1 as the target-site of the structurally diverse mite growth inhibitors clofentezine, hexythiazox and etoxazole in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 51: 52–61
- Feng YT, Wei MF, Guo XJ, Zhang RX, Yu Q, Fan RJ. 2018. Toxicity evaluation of three acaricides against hawthorn spider mite *Amphitetranychus viennensis* Zacher. *Journal of Plant Protection*, 45 (3): 640–646 (in Chinese) [封云涛, 魏明峰, 郭晓君, 张润祥, 庾琴, 范仁俊. 2018. 三种杀螨剂对山楂叶螨的毒力评价. *植物保护学报*, 45(3): 640–646]
- Gao Y, Li CP, Wei WL, Liu YL, Yang WD. 2017. Control effect experiment of bifenazate 43% SC against *Tetranychus urticae* Koch. *China Vegetables*, (6): 59–61 (in Chinese) [高阳, 李常平, 卫王亮, 刘莹蕾, 杨卫东. 2017. 43% 联苯肼酯悬浮剂防治草莓二斑叶螨药效试验. *中国蔬菜*, (6): 59–61]
- Gong YJ, Jin GH, Cui BX, Wang ZH, Zhu L, Kang ZJ, Wei SJ. 2015. Toxicity of the acaricide bifenazate to the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and the feasibility of using bifenazate in conjunction with *P. persimilis* to control the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(6): 1459–1465 (in Chinese) [宫亚军, 金桂花, 崔宝秀, 王泽华, 朱亮, 康总江, 魏书军. 2015. 联苯肼酯对智利小植绥螨的安全性及二者对二斑叶螨的联合控制作用. *应用昆虫学报*, 52(6): 1459–1465]
- Gong YJ, Shi BC, Wang ZH, Kang ZJ, Jin GH, Cui WX, Wei SJ. 2013. Toxicity and field control efficacy of the new acaricide bifenazate to the two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch. *Agrochemicals*, 52(3): 225–227, 233 (in Chinese) [宫亚军, 石宝才, 王泽华, 康总江, 金桂花, 崔文夏, 魏书军. 2013. 新型杀螨剂: 联苯肼酯对二斑叶螨的毒力测定及田间防效. *农药*, 52(3): 225–227, 233]
- Gong YJ, Wang ZH, Shi BC, Cui WX, Jin GH, Sun YY, Wei SJ. 2014. Sensitivity of different field populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to the acaricides in Beijing area.

- Scientia Agricultura Sinica, 47(15): 2990–2997 (in Chinese) [宫亚军, 王泽华, 石宝才, 崔文夏, 金桂华, 孙艳艳, 魏书军. 2014. 北京地区二斑叶螨不同种群的药剂敏感性. 中国农业科学, 47(15): 2990–2997]
- Liu RH, Nyoike TW, Liburd OE. 2016. Evaluation of site-specific tactics using bifenazate and *Neoseiulus californicus* for management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberries. *Experimental and Applied Acarology*, 70(2): 189–204
- Ochiai N, Mizuno M, Mimori N, Miyake T, Dekeyser M, Canlas LJ, Takeda M. 2007. Toxicity of bifenazate and its principal active metabolite, diazene, to *Tetranychus urticae* and *Panonychus citri* and their relative toxicity to the predaceous mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Experimental and Applied Acarology*, 43(3): 181–197
- Tang XF, Zhang YJ, Wu QJ, Xie W, Wang SL. 2014. Stage-specific expression of resistance to different acaricides in four field populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 107(5): 1900–1907
- van Leeuwen T, Vanholme B, van Pottelberge S, van Nieuwenhuysse P, Nauen R, Tirry L, Denholm I. 2008. Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance: non-Mendelian inheritance in action. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(16): 5980–5985
- van Leeuwen T, Vontas J, Tsagkarakou A, Dermauw W, Tirry L. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40(8): 563–572
- van Nieuwenhuysse P, van Leeuwen T, Khajehali J, Vanholme B, Tirry L. 2009. Mutations in the mitochondrial cytochrome *b* of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) confer cross-resistance between bifenazate and acequinocyl. *Pest Management Science*, 65(4): 404–412
- Wang L, Zhang YJ, Xie W, Wu QJ, Wang SL. 2015. A bioassay for evaluation of the resistance of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) to selected acaricides. *Systematic and Applied Acarology*, 20(6): 579–590
- Wang SL, Zhang YJ, Wu QJ, Xie W, Xu BY. 2014. Dominant species identification of spider mites on vegetables in some areas in Beijing and Hebei. *Journal of Environmental Entomology*, 36(4): 481–486 (in Chinese) [王少丽, 张友军, 吴青君, 谢文, 徐宝云. 2014. 京冀地区蔬菜叶螨优势种类鉴定. 环境昆虫学报, 36(4): 481–486]
- Wang ZJ, Jiang YC, He LG, Wu LM, Tong Z. 2012. Toxicity bioassay of etoxazole against *Panonychus citri* (McGregor). *South China Fruits*, 41(4): 75–76 (in Chinese) [王志静, 蒋迎春, 何利刚, 吴黎明, 全铸. 2012. 乙螨唑对柑桔全爪螨的室内毒力测定. 中国南方果树, 41(4): 75–76]
- Wang ZW, Cang T, Wu SG, Wang XQ, Qi PP, Wang XY, Zhao XP. 2018. Screening for suitable chemical acaricides against two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae*, on greenhouse strawberries in China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 163: 63–68
- Xu DD, He YY, Zhang YJ, Xie W, Wu QJ, Wang SL. 2018. Status of pesticide resistance and associated mutations in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, in China. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 150: 89–96
- Xu DD, Zhang YJ, Xie W, Wu QJ, Wang SL. 2018. CAPS marker monitoring abamectin resistance in two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Plant Protection*, 45(4): 782–787 (in Chinese) [徐丹丹, 张友军, 谢文, 吴青君, 王少丽. 2018. 二斑叶螨对阿维菌素抗性的CAPS标记. 植物保护学报, 45(4): 782–787]
- Xu S, Chen KG, Yu Y, Chen GM, Chen BX. 2014. Toxicity test and field efficacy of bifenazate against *Panonychus citri* McGregor. *Plant Protection*, 40(5): 191–195 (in Chinese) [徐淑, 陈凯歌, 余瑶, 陈耿民, 陈炳旭. 2014. 联苯肼酯对柑橘全爪螨的毒力测定及田间防效. 植物保护, 40(5): 191–195]
- Yang SY, Zhou XL, Chen LL, Zhang XH, Yang HY, Shen HM. 2018. The genetic analysis of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* geographical populations in Gansu Province. *Journal of Plant Protection*, 45(6): 1328–1334 (in Chinese) [杨顺义, 周兴隆, 陈露露, 张新虎, 杨航宇, 沈慧敏. 2018. 甘肃省二斑叶螨地理种群的遗传分析. 植物保护学报, 45(6): 1328–1334]
- Yang ZG, Xie DY, Ni J, Su ZG, Luo YJ. 2017. Effects of bifenazate on eggs and oviposition inhibitory activities of *Tetranychus cinabarinus* and *Tetranychus urticae*. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 29(10): 1692–1698 (in Chinese) [杨振国, 谢道燕, 倪婧, 苏振国, 罗雁婕. 2017. 联苯肼酯药后对朱砂叶螨和二斑叶螨的产卵抑制作用及所产螨卵的影响. 浙江农业学报, 29(10): 1692–1698]
- Zhang KP, Gong QT, Wu HB, Xia WX, Sun RH. 2016. Control effect of three kinds of miticides against *Tetranychus viennensis*. *Agrochemicals*, 55(1): 67–69 (in Chinese) [张坤鹏, 宫庆涛, 武海斌, 夏文霞, 孙瑞红. 2016. 新型杀螨剂对山楂叶螨的防治效果. 农药, 55(1): 67–69]
- Zhang SY, Yang B, Chen Z, Huang J, Zhang LQ, Chen AL. 2017. Acaricidal bioactivity and field efficacy of the novel macrolide compound tenvermectin against the mites. *Journal of Plant Protection*, 44(2): 318–323 (in Chinese) [张绍勇, 杨波, 陈振, 黄隼, 张立钦, 陈安良. 2017. 大环内酯类新化合物天维菌素杀螨活性及田间防治效果. 植物保护学报, 44(2): 318–323]

(责任编辑:李美娟)