

乙唑螨腈与螺螨酯混用对柑橘全爪螨的田间防治效果评价

唐 涛^{1*}, 赵明平², 黄生空², 王 培¹, 符 伟¹

(1. 湖南省农业科学院植物保护研究所, 长沙 410125; 2. 湖南省江华瑶族自治县农业农村局, 永州 425500)

摘要 柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 是一种重要的世界性害螨, 已对多种常用杀螨剂产生了不同程度的抗性。为有效控制该害螨的危害, 本研究于 2017 年—2018 年通过田间小区试验评价了 30% 乙唑螨腈·螺螨酯 SC、30% 乙唑螨腈 SC、240 g/L 螺螨酯 SC、1.8% 阿维菌素 EC 及 43% 联苯肼酯 SC 对柑橘全爪螨的防治效果及其对柑橘树的安全性。研究结果表明: 试验浓度下, 叶面喷施 1 次上述药剂均对柑橘树安全。30% 乙唑螨腈·螺螨酯 SC 及 30% 乙唑螨腈 SC 能有效控制柑橘全爪螨危害, 速效性好, 持效期长达 30 d, 药后 1~30 d 的防治效果分别为 76.55%~100% 和 81.21%~98.30%。240 g/L 螺螨酯 SC 和 43% 联苯肼酯 SC 对柑橘全爪螨的控制作用较好, 速效性一般而持效期可达 30 d, 药后 1~30 d 的防治效果分别为 69.15%~91.55% 和 64.63%~88.46%。1.8% 阿维菌素 EC 难以控制柑橘全爪螨危害, 速效性较差, 持效期约 15 d; 药后 1~30 d 对该害螨的防治效果为 57.08%~83.39%。综上所述, 在柑橘生产实践中, 为有效控制柑橘全爪螨为害, 应于害螨初发期叶面喷施 1 次 30% 乙唑螨腈·螺螨酯 SC 75 mg/kg 或 30% 乙唑螨腈 SC 100 mg/kg。

关键词 柑橘全爪螨; 乙唑螨腈; 螺螨酯; 防治效果

中图分类号: S 436.661.23 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2020192

Evaluation of control efficacy of cyetpyrafen mixed with spiroticlofen against citrus red mite, *Panonychus citri* McGregor under field conditions

TANG Tao^{1*}, ZHAO Mingping², HUANG Shengkong², WANG Pei¹, FU Wei¹

(1. Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China; 2. Bureau of Agriculture and Rural Affairs of Jianghua Yao Autonomous County, Hunan Province, Yongzhou 425500, China)

Abstract Citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor), is one of the most important mites worldwide, which has developed different resistance levels to several commonly used acaricides. In the present study, in order to effectively protect citrus trees from *P. citri*, field plot experiments were conducted to evaluate control efficacy of cyetpyrafen·spiroticlofen 30% SC, cyetpyrafen 30% SC, spiroticlofen 240 g/L SC, abamectin 1.8% EC and bifenazate 43% SC against *P. citri* and their safety for citrus trees in 2017–2018. The results showed that a single foliar spray of these acaricides at the tested rates was not phytotoxic to citrus crops. Cyetpyrafen·spiroticlofen 30% SC and cyetpyrafen 30% SC could effectively control this mite, and showed an excellent rapid and long-term suppression up to 30 days after treatment (DAT). The control efficacies of these two acaricides against *P. citri* were 76.55%–100% and 81.21%–98.30%, respectively, 1–30 DAT. *P. citri* could be better controlled by spiroticlofen 240 g/L SC and bifenazate 43% SC, which showed moderate rapid and long-term control effects up to 30 DAT. The control efficacies of above two acaricides were 69.15%–91.55% and 64.63%–88.46%, respectively, 1–30 DAT. However, *P. citri* was difficult to control by abamectin 1.8% EC, which showed poor rapid control effect and the long-term duration about 15 DAT, with the efficacy of 57.08%–83.39%, 1–30 DAT. In summary, these results suggested that one-time foliar spray of cyetpyrafen·spiroticlofen 30% SC at 75 mg/kg or cyetpyrafen 30% SC at 100 mg/kg could be recommended to effectively control *P. citri*, respectively, during its initial infestation period in citrus production.

Key words *Panonychus citri*; cyetpyrafen; spiroticlofen; control efficacy

收稿日期: 2020-04-12 修订日期: 2020-05-20

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0200505-9)

* 通信作者 E-mail: tanson_1@163.com

柑橘全爪螨 *Panonychus citri* (McGregor), 又名柑橘红蜘蛛, 属蛛形纲 Arachnida、蜱螨亚纲 Acari、叶螨科 Tetranychidae, 是一种严重为害柑橘的世界性害螨, 且在我国柑橘产区均有分布。该害螨以幼/若螨和成螨刺吸为害柑橘叶片、嫩梢及果实表皮, 严重时造成落叶、枯梢及落果, 影响柑橘树的树势及柑橘的产量与品质^[1]。长期以来, 柑橘全爪螨的防控措施以生物防治(利用捕食性天敌^[2-4]和病原真菌^[5-6])和化学防治^[7-15]为主, 尤其是后者因具有快速、高效及简便等特点而始终占据首选地位。然而, 杀螨剂的长期、单一、连续及不合理使用, 加上柑橘全爪螨体小、繁殖速度快、发育历期短、世代数多且重叠严重, 致使该害螨极易产生抗药性。大量研究表明, 柑橘全爪螨已对螺螨酯(spirodiclofen)^[16-17]、螺虫乙酯(spirotetramat)^[16-17]、三唑锡(azocyclotin)^[17]、吡啶灵(pyridaben)^[16-20]、唑螨酯(fenpyroximate)^[20]、甲氧菊酯(fenpropathrin)^[16, 19, 21-24]、阿维菌素(abamectin)^[17, 19, 25]、毒死蜱(chlorpyrifos)^[19]、丁氟螨酯(cyflumetofen)^[24]和联苯肼酯(bifenazate)^[24]等产生不同程度的抗药性, 而个别地区种群对炔螨特(propargite)出现敏感性下降趋势^[26]。

害螨抗性治理的有效策略主要依赖于轮换使用不同作用机制的杀螨剂。目前, 已在我国获得正式登记并用于田间防治柑橘全爪螨的杀虫/杀螨剂种类繁多, 主要为有机磷酸酯类^[19]、拟除虫菊酯类^[17, 27]、GluCl 变构调节剂^[7, 19, 27-30](阿维菌素, 6: 按 IRAC 的作用机制划分^[31], 下同)、螨生长抑制剂^[15, 27, 29, 32]、线粒体 ATP 合成酶抑制剂^[7, 26-27]、苯甲酰脲类^[27]、章鱼胺受体激动剂、线粒体复合物 III 电子传递(mitochondrial complex III electron transport, MET III)抑制剂^[32-34](联苯肼酯, 20D)、MET I 抑制剂^[7, 15, 17, 19, 27, 33]、特窗酸和特拉姆酸衍生物^[15, 27, 34-35](螺螨酯, 23)、MET II 抑制剂/ β -乙腈衍生物^[15, 36-39][乙唑螨腈(cyetpyrafen), 25A]、溴螨酯(bromopropylate)^[27]、石硫合剂(lime sulfur)和氟啶胺(fluzinam)^[15, 40]等 14 类杀螨剂的多种单剂及其复配制剂。已有研究表明, 乙唑螨腈^[15, 37-39]、螺螨酯^[27, 30]、阿维菌素^[27-28]、丁氟螨酯^[15, 36]、炔螨特^[7, 27]、唑螨酯^[27]和溴螨酯^[27]对柑橘全爪螨的速效性好且持效期长, 氟啶胺^[15, 40]、吡啶灵^[15, 33]、乙螨唑(etoxazole)^[15]和联苯肼酯^[32]的田间防效表现不稳

定并存在地域差异, 而四螨嗪(clofentezine)^[27]的速效性较差、持效期长。此外, 笔者前期研究发现, 螺甲螨酯(spiromesifen, 23)和腈吡螨酯(cyfenpyrafen, 25A)对柑橘全爪螨亦具有较好的控制作用(未发表)。然而, 目前有关乙唑螨腈与螺螨酯的复配制剂对柑橘全爪螨的速效性、持效期及其对柑橘树的安全性尚未见报道。为此, 本文以 30%乙唑螨腈·螺螨酯悬浮剂为试验药剂, 采用其对应的两种单剂(30%乙唑螨腈悬浮剂、240 g/L 螺螨酯悬浮剂)及生产上常用的两种杀螨剂(1.8%阿维菌素乳油和 43%联苯肼酯悬浮剂)为对照药剂, 通过叶面喷雾法, 对比研究了以上药剂对柑橘全爪螨的田间防效差异及其对柑橘树的安全性, 旨在为筛选有效控制柑橘全爪螨的杀螨剂及其减量使用提供科学依据, 进而为柑橘安全、高效及可持续生产保驾护航。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试药剂: 30%乙唑螨腈·螺螨酯悬浮剂(SC)(两个单剂有效成分含量各为 15%), 江苏扬农化工股份有限公司; 30%乙唑螨腈悬浮剂(SC), 沈阳科创化学制品有限公司; 240 g/L 螺螨酯悬浮剂(SC), 拜耳股份有限公司; 1.8%阿维菌素乳油(EC), 浙江世佳科技有限公司; 43%联苯肼酯悬浮剂(SC), 陕西上格之路生物科技有限公司。以上药剂的田间试验剂量参照中国农药信息网农药登记数据^[41]的推荐剂量、前期探索试验结果并结合当地用药习惯与抗药性水平而设定。

药械: 背负式手动压缩喷雾器(腾飞牌 3WBS—16 型, 工作压为 0.2~0.4 MPa, 单弯喷头)由浙江台州市路桥奇勇塑料厂生产, 市购。

1.2 试验方法

试验在湖南省江华瑶族自治县白芒营镇白饭洞村试验基地柑橘园(24°55'30"N, 111°33'24"E)进行。2017 年及 2018 年供试品种均为‘南丰蜜橘’, 树龄分别为 8 年及 15 年, 树势良好、均一, 种植密度为 825 株/hm²。2017 年于果实成熟期(11 月 8 日)施药 1 次, 此时正是柑橘全爪螨若螨初发期。2018 年在果实膨大期(9 月 4 日)施药 1 次, 此时正是柑橘全爪螨若螨初发期。

试验设 8 个处理, 处理 1~3 分别用 30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC 150、100 mg/kg 和 75 mg/kg, 对水 1 200 L/hm² 茎叶均匀喷雾(下同); 处理 4~7 分别

喷施 30%乙唑螨腈 SC 100 mg/kg、240 g/L 螺螨酯 SC 60 mg/kg、1.8%阿维菌素 EC 6 mg/kg与 43%联苯肼酯 SC 215 mg/kg;处理 8 为空白对照,不施用杀螨剂。每处理重复 4 次,随机区组排列。每个小区 3 株柑橘树(面积约 25 m²),区间插标签牌并以细绳相隔,四周设 3 m 宽保护行。

1.3 田间调查及药效计算

药前及药后 1、3、10、15、30 d,每个小区随机固定 1 株柑橘树取样,分别取该树中、上部的东、西、南、北、中 5 个方位各 1 个枝梢上的 10 片叶,共查 50 片叶,用手持放大镜观察叶面,记录活螨数。计算螨口减退率和防治效果。

螨口减退率=[(施药前活螨数-施药后活螨数)/施药前活螨数]×100%;

防治效果=[(PT-CK)/(1-CK)]×100%;CK 为空白对照区螨口减退率,PT 为药剂处理区螨口减退率。

1.4 数据分析

利用 Microsoft Excel 2007 与 SPSS Statistics 22.0 数据处理软件对试验数据进行整理分析,并以单因素 ANOVA 的 Duncan 氏新复极差法(未对数据进行转换,Levene 检测结果表明数据满足方差齐性的要求)对柑橘全爪螨的药前活螨数、螨口减退率及防治效果进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 对柑橘树安全性

药后 1~30 d,田间观察结果表明:在试验浓度

下,供试药剂处理区内柑橘树及果实生长正常,且与空白对照区相比无明显差异;说明供试药剂均对‘南丰蜜橘’安全。

2.2 对柑橘全爪螨的防治效果

两年田间试验结果(表 1~表 2)表明:试验剂量下,30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC 对柑橘全爪螨的控制效果佳、速效作用好且持效期长达 30 d;此外,该药剂对全爪螨的防治效果随着剂量增加而显著上升,但并非成比例增长。30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC 75~150 mg/kg 处理对柑橘全爪螨均有较好的控制作用,药后 1 d 的防治效果为 76.55%~88.89%;药后 3 d,对全爪螨的防治效果上升至 82.46%~95.38%;药后 10 d,对全爪螨的控制作用持续上升,防治效果为 90.53%~99.39%;药后 15 d,对全爪螨的控制作用达到最佳,防治效果为 94.57%~100.00%;药后 30 d,对全爪螨的控制作用较药后 10 d 略有下降,但仍维持在 87.11%~98.06%。

30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC 75 mg/kg 药后 1~30 d 对柑橘全爪螨的防治效果为 76.55%~95.57%,明显优于对照药剂 240 g/L 螺螨酯 SC 60 mg/kg 处理(69.15%~91.55%)、43%联苯肼酯 SC 215 mg/kg 处理(64.63%~88.46%)及 1.8%阿维菌素 EC 6 mg/kg 处理(57.08%~83.39%),且与后 3 种对照药剂处理间差异均显著。30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC 100 mg/kg 处理对全爪螨的防治效果为 82.24%~98.71%,略好于对照药剂 30%乙唑螨腈 SC 100 mg/kg 处理(81.21%~98.30%),但二者差异不显著。

表 1 不同杀螨剂对柑橘全爪螨的田间防治效果——速效性¹⁾

Table 1 Control efficacy (rapid control effect) of different acaricides against <i>Panonychus citri</i> under field conditions							
年份 Year	供试药剂 Acaricide	有效成分用量/ mg·kg ⁻¹ Dosage of active ingredient	药前	药后 1 d		药后 3 d	
			Before treatment	One day after treatment		Three days after treatment	
			活螨数/头 Number of mites	螨口减退率/% Reduced rate of survival mites	防治效果/% Control efficacy	螨口减退率/% Reduced rate of survival mites	防治效果/% Control efficacy
2017	30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC	150	(187.00±3.72)abc	(86.64±0.61)a	(87.13±0.64)a	(94.13±0.71)a	(93.88±0.77)a
	cyetpyrafen·spirodiclofen 30% SC	100	(189.50±1.94)ab	(81.54±0.54)b	(82.24±0.46)b	(88.12±0.41)b	(87.66±0.34)b
		75	(180.50±1.76)c	(75.63±0.48)c	(76.55±0.37)c	(83.12±0.51)c	(82.46±0.49)c
	30%乙唑螨腈 SC	100	(179.00±3.63)c	(80.47±0.73)b	(81.21±0.63)b	(87.17±0.44)b	(86.68±0.41)b
	cyetpyrafen 30% SC						
	240 g/L 螺螨酯 SC	60	(182.50±1.32)bc	(67.93±0.72)d	(69.15±0.53)d	(77.52±0.63)e	(76.66±0.47)e
	spirodiclofen 240 g/L SC						
	1.8%阿维菌素 EC	6	(194.00±3.76)a	(55.40±0.50)f	(57.08±0.59)f	(71.50±0.61)f	(70.41±0.42)f
	abamectin 1.8% EC						
	43%联苯肼酯 SC	215	(187.00±1.68)abc	(63.24±0.73)e	(64.63±0.50)e	(81.15±0.54)d	(80.43±0.41)d
	bifenazate 43% SC						
	空白对照 CK	—	(186.00±2.68)abc	(-3.92±0.71)g	—	(3.73±1.01)g	—

续表 1 Table 1(Continued)

年份 Year	供试药剂 Acaricide	有效成分用量/ mg·kg ⁻¹ Dosage of active ingredient	药前	药后 1 d		药后 3 d	
			Before treatment	One day after treatment		Three days after treatment	
			活螨数/头 Number of mites	螨口减退率/% Reduced rate of survival mites	防治效果/% Control efficacy	螨口减退率/% Reduced rate of survival mites	防治效果/% Control efficacy
2018	30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC cyetpyrafen·spirodiclofen 30% SC	150	(200.75±6.68)a	(88.26±0.91)a	(88.89±0.77)a	(94.87±0.69)a	(95.38±0.56)a
		100	(192.50±4.87)ab	(82.37±1.28)b	(83.32±1.03)b	(88.63±0.95)b	(89.75±0.71)b
		75	(196.50±3.59)a	(76.89±1.08)c	(78.12±0.78)c	(83.50±0.81)c	(85.10±0.54)c
	30%乙唑螨腈 SC cyetpyrafen 30% SC	100	(195.00±4.81)ab	(80.94±0.83)b	(81.94±0.59)b	(87.59±0.74)b	(88.80±0.52)b
		60	(185.50±1.85)ab	(70.23±0.98)d	(71.78±0.77)d	(75.23±1.02)e	(77.63±0.67)e
		6	(180.25±4.64)b	(56.82±0.65)f	(59.05±0.64)f	(69.76±0.25)f	(72.63±0.55)f
	43%联苯肼酯 SC bifenazate 43% SC	215	(190.25±3.54)ab	(64.99±1.19)e	(66.82±0.96)e	(79.06±0.94)d	(81.09±0.62)d
		—	(197.50±6.96)a	(-5.47±1.18)g	—	(-10.62±1.50)g	—
		—	(197.50±6.96)a	(-5.47±1.18)g	—	(-10.62±1.50)g	—

1) 表中调查数据为 4 个重复的平均值±标准误;同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。
Data in the table are presented as mean±standard error (SE) of four replicates, and the data in the same column followed by different lower-case letters are significantly different at 0.05 level. The same applies below.

表 2 不同杀螨剂对柑橘全爪螨的田间防治效果——持效期

Table 2 Control efficacy (persistent suppression) of different acaricides against *Panonychus citri* under field conditions

年份 Year	供试药剂 Acaricide	有效成分用量/ mg·kg ⁻¹ Dosage of active ingredient	药后 10 d		药后 15 d		药后 30 d	
			10 days after treatment		15 days after treatment		30 days after treatment	
			螨口减退率/% Reduced rate of survival mites	防治效果/% Control efficacy	螨口减退率/% Reduced rate of survival mites	防治效果/% Control efficacy	螨口减退率/% Reduced rate of survival mites	防治效果/% Control efficacy
2017	30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC cyetpyrafen·spirodiclofen 30% SC	150	(99.47±0.21)a	(99.39±0.24)a	(100.00±0.00)a	(100.00±0.00)a	(98.14±0.12)a	(98.06±0.12)a
		100	(96.31±0.37)b	(95.75±0.41)b	(98.95±0.21)ab	(98.71±0.26)b	(92.48±0.23)b	(92.18±0.26)b
		75	(92.81±0.44)c	(91.73±0.44)c	(96.40±0.26)c	(95.57±0.30)c	(88.36±0.53)c	(87.90±0.56)c
	30%乙唑螨腈 SC cyetpyrafen 30% SC	100	(95.84±0.45)b	(95.22±0.47)b	(98.62±0.25)b	(98.30±0.29)b	(91.62±0.35)b	(91.30±0.38)b
		60	(89.31±0.54)d	(87.69±0.57)d	(93.14±0.40)d	(91.55±0.49)d	(80.81±0.61)d	(80.07±0.53)d
		6	(85.57±0.46)e	(83.39±0.45)e	(84.55±0.47)f	(80.95±0.69)f	(71.63±0.52)f	(70.51±0.57)f
	43%联苯肼酯 SC bifenazate 43% SC	215	(89.97±0.46)d	(88.46±0.44)d	(89.05±0.46)e	(86.51±0.51)e	(76.86±0.69)e	(75.97±0.61)e
		—	(13.16±0.81)f	—	(18.82±0.68)g	—	(3.77±0.49)g	—
		—	(13.16±0.81)f	—	(18.82±0.68)g	—	(3.77±0.49)g	—
2018	30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC cyetpyrafen·spirodiclofen 30% SC	150	(98.99±0.31)a	(98.94±0.32)a	(99.74±0.15)a	(99.72±0.16)a	(97.61±0.30)a	(97.55±0.31)a
		100	(94.89±0.58)b	(94.65±0.57)b	(98.55±0.29)a	(98.41±0.31)b	(91.79±0.44)b	(91.58±0.44)b
		75	(91.00±0.68)c	(90.53±0.69)c	(95.06±0.54)b	(94.57±0.56)c	(87.43±0.51)c	(87.11±0.50)c
	30%乙唑螨腈 SC cyetpyrafen 30% SC	100	(94.25±0.57)b	(93.97±0.55)b	(98.21±0.32)a	(98.03±0.35)b	(91.15±0.55)b	(90.92±0.57)b
		60	(86.95±0.68)d	(86.27±0.66)d	(91.12±0.63)c	(90.25±0.63)d	(82.09±0.54)d	(81.64±0.54)d
		6	(82.95±0.60)e	(82.07±0.55)e	(81.95±0.44)e	(80.15±0.31)f	(72.62±0.79)f	(71.95±0.56)f
	43%联苯肼酯 SC bifenazate 43% SC	215	(88.40±0.91)d	(87.81±0.88)d	(86.71±0.62)d	(85.38±0.61)e	(78.16±0.58)e	(77.61±0.56)e
		—	(4.96±1.20)f	—	(9.07±1.71)f	—	(2.45±0.92)g	—
		—	(4.96±1.20)f	—	(9.07±1.71)f	—	(2.45±0.92)g	—

3 讨论

柑橘全爪螨为柑橘三大害螨之一,具有明显的趋嫩取食习性,可为害柑橘叶片、嫩梢、花蕾及果实。若防治不及时和不到位,势必对柑橘产业造成巨大的经济损失。目前,柑橘全爪螨的防治策略仍以化学防治为主,而生产上常用的杀螨单剂为甲氰菊酯^[17]、联苯菊酯(bifenthrin)^[27]、毒死蜱^[19]、阿维菌素^[7, 19, 27-30]、乙螨唑^[15]、炔螨特^[7, 26-27]、联苯肼酯^[33-34]、哒螨灵^[15, 17, 19, 27, 33]、螺螨酯^[27, 34-35]、螺虫乙酯^[15]、丁氟螨酯^[15, 36]和乙唑螨腈^[15, 37-39]等。然而,过度依赖与不合理使用化学农药,极易导致柑橘全爪螨出现交互抗性或多抗等抗药性问题,且抗性日益加剧^[16, 24, 42]。

特窗酸及特拉姆酸衍生物类杀螨剂——螺螨酯抑制脂肪酸生物合成,通过触杀和胃毒作用杀灭柑橘全爪螨的卵、幼/若螨及成螨,尤其对卵的杀灭效果优异。该药剂曾被认为是治理柑橘全爪螨的理想杀螨剂,但因其抗药性问题日益显现^[16, 42]而在柑橘生产上逐渐失去主导地位,现常将其与阿维菌素、哒螨灵和炔螨特等药剂混用^[42]。Hu等^[16]报道2009年螺螨酯对柑橘全爪螨的控制效果已呈现明显的地域差异,即:建宁和重庆种群对该药剂保持敏感,而福州与平和种群则产生较高水平的抗性,且对螺虫乙酯表现出交互抗性。张素英等^[42]通过实地调查发现,桂林及其周边地区柑橘生产上盲目用药,肆意增加使用剂量,已导致螺螨酯、阿维菌素、哒螨灵、四螨嗪及噻螨酮等药剂对柑橘全爪螨的防治效果显著下降,且抗性水平逐年增长。本研究结果表明,喷施240 g/L螺螨酯 SC 60 mg/kg对柑橘全爪螨的控制效果较好,但速效性一般而持效期长达30 d,药后1~30 d对该害螨的防治效果为69.15%~91.55%。说明湖南省江华地区柑橘全爪螨对螺螨酯的敏感性可能呈现下降趋势,而该地区若继续单一、大量使用螺螨酯防控柑橘全爪螨,势必增加其抗性风险。为此,生产上轮用不同作用机制的药剂防治柑橘全爪螨,对于延缓和治理江华地区螺螨酯抗药性刻不容缓且势在必行。

采用不同作用机制的杀虫/杀螨剂混用,是合理解决害虫/螨抗性问题的行之有效的首选策略,同时对于延长药剂的使用寿命、扩大防治谱、推进农药减量

增效及保护生态环境大有裨益。龙友华^[29]认为阿维菌素与噻螨酮复配不仅可弥补后者无杀成螨活性的缺陷,而且具有高效、安全及长效等优势。赵庆阳^[34]报道喷施30%联苯·螺螨酯 SC(两个单剂有效成分含量各为15%)75 mg/kg药后1 d对柑橘全爪螨的防治效果为60.31%,显著高于240 g/L螺螨酯 SC 60 mg/kg的效果(41.10%);该药剂150 mg/kg药后1 d对该害螨的防治效果为65.25%,明显低于43%联苯肼酯 SC 239 mg/kg的效果(75.28%)。此外,30%联苯·螺螨酯 SC 150 mg/kg药后15~30 d对该害螨的防治效果为69.13%~92.21%,明显优于43%联苯肼酯 SC 239 mg/kg的效果(40.56%~80.34%),却显著低于240 g/L螺螨酯 SC 60 mg/kg的效果(75.42%~94.97%)。以上结果说明联苯肼酯与螺螨酯以1:1的比例混用防治柑橘全爪螨时,虽能提高螺螨酯的速效性及延长联苯肼酯的持效期,但对螺螨酯的持效性可能存在拮抗风险。因此,生产上防治柑橘全爪螨时,应当慎用联苯肼酯与螺螨酯组合。

乙唑螨腈属于新型丙烯腈类杀螨剂,为琥珀酸脱氢酶抑制剂;其作用于MET II,阻碍琥珀酸到辅酶Q的电子流,从而干扰害螨的细胞内呼吸^[43]。该药剂兼具触杀和胃毒作用,且与常规杀螨剂无交互抗性,对卵、幼/若螨及成螨均高效。王彦博等^[15]报道喷施30%乙唑螨腈 SC 66.67 mL/L及20%丁氟螨酯 SC 100.00 mL/L对柑橘全爪螨的速效性好且持效期长,药后1~30 d对该害螨的防治效果分别为88.90%~99.08%和87.33%~98.23%,优于500 g/L氟啶胺 SC 285.71 mL/L、20%哒螨灵 WP 57.14 mL/L、0.3%印楝素(azadirachtin) EC 4.00 mL/L、110 g/L乙螨唑 SC 17.60 mL/L和22.4%螺虫乙酯 SC 49.78 mL/L的效果。本研究结果表明,喷施30%乙唑螨腈 SC 100 mg/kg、30%乙唑螨腈·螺螨酯 SC 75~150 mg/kg对柑橘全爪螨高效,且速效性好、持效期长达30 d,药后1~30 d对该害螨的防治效果分别为81.21%~98.30%和76.55%~100.00%,明显优于240 g/L螺螨酯 SC 60 mg/kg、43%联苯肼酯 SC 215 mg/kg和1.8%阿维菌素 EC 6 mg/kg的效果。与冯聪等^[37]、刘少武等^[38]、莫小荣等^[39]研究结果较为一致,证明乙唑螨腈对柑橘全爪螨的速效性明显好于螺螨酯,而持效期与后者相当,均可达到药后

30 d。此外,笔者还发现喷施 30% 乙唑螨腈·螺螨酯 SC 100 mg/kg 药后 1~30 d 对柑橘全爪螨的防治效果为 82.24%~98.71%,与 30% 乙唑螨腈 SC 100 mg/kg 的效果(81.21%~98.30%)相当,显著优于 240 g/L 螺螨酯 SC 60 mg/kg 的效果(69.15%~91.55%)。说明乙唑螨腈与螺螨酯以 1:1 的比例混用对柑橘全爪螨存在明显的增效作用,不仅可降低两种单剂的使用剂量,而且有利于延长乙唑螨腈和螺螨酯的使用寿命,以及促进该害螨的抗药性治理。

综上所述,乙唑螨腈可有效控制柑橘全爪螨危害,且速效性好、持效期长达 30 d;螺螨酯及联苯腈酯对该害螨的控制作用较好,但速效性一般,而持效期长达 30 d;阿维菌素难以有效控制其为害,且速效性较差,持效期约 15 d。因此,在柑橘生产实践中,为有效防控柑橘全爪螨为害,建议于害螨发生为害初期,叶面均匀喷施 1 次 30% 乙唑螨腈·螺螨酯 SC 75 mg/kg 或 30% 乙唑螨腈 SC 100 mg/kg;在柑橘全爪螨对螺螨酯已产生抗性的地区,仍可按照以上方法进行防治,归因于乙唑螨腈与螺螨酯的作用机制不一致且以 1:1 的比例混用防治对该害螨的增效作用显著。

参考文献

- [1] 雷惠德,胡军华,李鸿筠,等.不同柑桔品种上桔全爪螨的生长和种群动态差异[J].昆虫学报,2004,47(5):607-611.
- [2] 张艳璇,林坚贞,季洁,等.用数值反应和实验种群生命表分析胡瓜钝绥螨的控制能力[J].中国农业科学,2004,37(12):1866-1873.
- [3] FANG Xiaoduan, OUYANG Gecheng, LU Huilin, et al. Ecological control of citrus pests primarily using predatory mites and the bio-rational pesticide matrine [J]. International Journal of Pest Management, 2018, 64(3): 262-270.
- [4] 宋子伟,方小端,张宝鑫,等.香樟柠檬捕食螨和叶螨发生动态初报[J].应用昆虫学报,2019,56(4):766-771.
- [5] 王娟,胡军华,龙艳玲,等.交枝顶孢霉杀柑橘全爪螨活性及其生物学特性研究[J].植物保护,2017,43(2):95-101.
- [6] 龙艳玲,胡军华,王帆,等.粉棒束孢对柑橘全爪螨的毒杀活性及其生物学特性[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2017,43(4):411-416.
- [7] 肖敏,吉训聪,林朝上.几种杀螨剂防治海南绿橙红蜘蛛药效比较[J].植物保护,2008,34(1):152-153.
- [8] 陈新华,邓业成,朱燕红.46种植物提取物对柑橘红蜘蛛的杀螨活性[J].广西师范大学学报:自然科学版,2006,24(1):94-97.

- [9] 李志强,梁广文,岑伊静.印楝素对柑橘园柑橘全爪螨自然种群的控制作用[J].植物保护,2009,35(1):136-138.
- [10] 马丽娜,胡军华,冉春,等.31种中草药提取物对柑橘全爪螨的杀螨活性[J].植物保护,2009,35(3):70-73.
- [11] 张永强,丁伟,田丽,等.黄花蒿提取物对柑橘全爪螨的生物活性[J].中国农业科学,2009,42(6):2217-2222.
- [12] 胡军华,马丽娜,冉春,等.牛蒡 L1-2 组分对桔全爪螨的毒性和几种代谢酶的作用[J].昆虫学报,2010,53(4):405-410.
- [13] 熊忠华,席运官,陈小俊,等.4种天然源农药对有机橘园柑橘全爪螨的防治技术研究[J].江西农业大学学报,2013,35(1):97-101.
- [14] RIBEIRO L D P, ZANARDI O Z, VENDRAMIM J D, et al. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and commercial pesticides against citrus red mite [J]. Experimental and Applied Acarology, 2014, 64(1): 87-98.
- [15] 王彦博,程曦,王郑睿,等.7种药剂对柑橘全爪螨的室内毒力及田间防效[J].植物保护,2019,45(6):292-294.
- [16] HU Jinfeng, WANG Changfang, WANG Jun, et al. Monitoring of resistance to spirodiclofen and five other acaricides in *Panonychus citri* collected from Chinese citrus orchards [J]. Pest Management Science, 2010, 66(9): 1025-1030.
- [17] 丁天波,牛金志,夏文凯,等.柑橘全爪螨田间种群敏感性测定及三种主要解毒酶活性比较[J].应用昆虫学报,2012,49(2):382-389.
- [18] DING Tianbo, NIU Jinzhi, YANG Lihong, et al. Transcription profiling of two cytochrome P450 genes potentially involved in acaricide metabolism in citrus red mite *Panonychus citri* [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2013, 106(1/2): 28-37.
- [19] 张昆,丁天波,杨爵铭,等.柑橘全爪螨两个田间种群抗性监测及羧酸酯酶生化特性研究[J].应用昆虫学报,2013,50(2):362-367.
- [20] ALAVIJEH E S, KHAJEHALI J, SNOECK S, et al. Molecular and genetic analysis of resistance to MET-I acaricides in Iranian populations of the citrus red mite *Panonychus citri* [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2020, 164: 73-84.
- [21] DING Tianbo, ZHONG Rui, JIANG Xuanzhao, et al. Molecular characterisation of a sodium channel gene and identification of a Phe1538 to Ile mutation in citrus red mite, *Panonychus citri* [J]. Pest Management Science, 2015, 71(2): 267-277.
- [22] SHEN Xiaomin, LIAO Chongyu, LU Xueping, et al. Involvement of three esterase genes from *Panonychus citri* (McGregor) in fenpropathrin resistance [J/OL]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(8): 1361. DOI: 10.3390/ijms17081361.
- [23] LIAO Chongyu, FENG Yingcai, LI Gang, et al. Antioxidant role of *PcGSTd1* in fenpropathrin resistant population of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) [J/OL]. Frontiers in Physiology, 2018, 9: 314. DOI: 10.3389/fphys.2018.00314.

- 对玉米田杂草防效及安全性[J]. 农药, 2012, 51(12): 912-914.
- [5] PALLETT K E, CRAM S M, LITTLE J P, et al. Isoxaflutole: the background to its discovery and the basis of its herbicidal properties [J]. Pest Management Science, 2001, 57(2): 133-142.
- [6] TOMKIEL M, BAĆMAGA M, BOROWIK A, et al. Effect of a mixture of flufenacet and I sxaflutole on population numbers of soil-dwelling microorganisms, enzymatic activity of soil, and maize yield [J]. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 2019, 54(10): 1-11.
- [7] 毛佳, 冯立志, 齐晓雪, 等. 异噁唑草酮及其代谢物在玉米中残留分析方法[J]. 农药科学与管理, 2019, 40(1): 35-40.
- [8] 肖春艳. 78%扑草净·乙草胺·异噁唑草酮悬浮乳剂防除花生田杂草田间药效试验报告[J]. 农业与技术, 2018, 38(6): 71.
- [9] 吴幽鉴. 异噁唑草酮复配使用更有前途[J]. 农药市场信息, 2017(20): 66.
- [10] ROUCHAUD J, NEUS O, EELEN H, et al. Soil metabolism of isoxaflutole in corn [J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2002, 42(3): 280-285.
- [11] MILAN M, FERRERO A, LETEY M, et al. Effect of buffer strips and soil texture on runoff losses of flufenacet and isoxaflutole from maize fields [J]. Journal of environmental science and health, Part B, 2013, 48(10/12): 1021-1033.
- [12] 王东, 闫思月, 贾春虹, 等. 分散固相萃取/超高效液相色谱-串联质谱法测定玉米和土壤中噁酮磺隆-异噁唑草酮及其代谢物残留[J]. 分析测试学报, 2017, 36(3): 355-360.
- [13] 李晓秋, 夏振岩, 潘玉荣, 等. 爱玉优防除春玉米田杂草示范报告[J]. 吉林农业, 2017(10): 56-57.
- [14] 王茂云, 李蓉荣, 刘纯, 等. 三氟啶磺隆除草活性及对棉花的安全性评价[J]. 农药学报, 2014, 16(1): 23-28.
- [15] 高兴祥, 王宝亮, 房锋, 等. 氟噁唑胺生物活性及对玉米和大豆安全性室内测定[J]. 植物保护学报, 2017, 44(4): 703-704.
- [16] 高兴祥, 孙作文, 李美, 等. 异噁唑草酮防除玉米田杂草及玉米安全性效果测定[J]. 玉米科学, 2016, 24(5): 157-160.
- [17] 卢宗志, 祝彦海, 李洪鑫, 等. 异噁唑草酮单用及混用对玉米田杂草的防治效果[J]. 农药, 2017, 56(11): 840-843.
- [18] 左兰. 异噁唑草酮在玉米田的应用研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2016.
- [19] 汪建沃. 农业部将停止 2,4-滴丁酯田间试验和登记申请[J]. 农药市场信息, 2016(4): 9.
- (责任编辑: 田 喆)
- ~~~~~
- (上接 287 页)
- [24] PAN Deng, DOU Wei, YUAN Guorui, et al. Monitoring the resistance of the citrus red mite (Acari: Tetranychidae) to four acaricides in different citrus orchards in China [J]. Journal of Economic Entomology, 2020, 113(2): 918-923.
- [25] LIAO Chongyu, XIA Wenkai, FENG Yingcai, et al. Characterization and functional analysis of a novel glutathione S-transferase gene potentially associated with the abamectin resistance in *Panonychus citri* (McGregor) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2016, 132: 72-80.
- [26] 黄振东, 方培林, 陈道茂, 等. 浙江柑橘全爪螨对炔螨特的敏感性变化[J]. 植物保护, 2006, 32(4): 94-96.
- [27] 朱祚亮, 曹诗红, 蔡世凤, 等. 11 种杀螨剂防治柑橘红蜘蛛田间药效试验[J]. 湖北植保, 2014(3): 19-20.
- [28] 黄有林, 姜邦钊, 陈上进. 1.8%阿维菌素乳油防治柑橘红蜘蛛药效试验[J]. 江西农业, 2017(19): 22.
- [29] 龙友华. 6.8%阿维菌素·噁唑草酮乳油对柑橘红蜘蛛毒力测定及田间药效试验[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(11): 147-149.
- [30] 张绍勇, 杨波, 陈振, 等. 大环内酯类新化合物天维菌素杀螨活性及田间防治效果[J]. 植物保护学报, 2017, 44(2): 318-323.
- [31] IRAC. Insecticide Resistance Action Committee [EB/OL]. [2020-04-12]. <http://irac-online.org/mode-of-action/>.
- [32] 黄素青, 张志祥, 徐汉虹, 等. 新型杀螨剂噁唑草酮对柑橘红蜘蛛的生物活性[J]. 农药, 2005, 44(2): 81-83.
- [33] 徐淑, 陈凯歌, 余瑶, 等. 联苯肼酯对柑橘全爪螨的毒力测定及田间防效[J]. 植物保护, 2014, 40(5): 191-195.
- [34] 赵庆阳. 30%螺螨酯·联苯肼酯 SC 防治柑橘红蜘蛛田间药效试验[J]. 广西植保, 2019, 32(4): 19-20.
- [35] 黄振东, 蒲占渭, 林荷芳, 等. 25%螺螨酯 SC 防治柑橘红蜘蛛的田间试验效果[J]. 浙江柑橘, 2010, 27(4): 21-23.
- [36] 曹相余. 20%丁氟螨酯 SC 防治柑橘红蜘蛛田间药效示范试验[J]. 南方园艺, 2014, 25(2): 28-29.
- [37] 冯聪, 宋玉泉, 刘少武, 等. 新型杀螨剂乙唑螨腈防治柑橘红蜘蛛田间应用[J]. 农药, 2017, 56(10): 712-714.
- [38] 刘少武, 宋玉泉, 张俊龙, 等. 30%乙唑螨腈悬浮剂防治不同害螨田间药效试验[J]. 现代农药, 2018, 17(3): 18-21.
- [39] 莫小荣, 徐法三, 吴群. 乙唑螨腈等药剂防治柑橘红蜘蛛试验[J]. 浙江柑橘, 2019, 36(3): 20-22.
- [40] 姜友法, 田大军, 王宝林, 等. 40%氟啶胺悬浮剂对柑橘红蜘蛛的防治效果[J]. 世界农药, 2019, 41(1): 61-62.
- [41] 中国农药信息网. 农药登记数据[EB/OL]. [2020-04-12]. <http://www.icama.org.cn/hysj/index.jhtml>.
- [42] 张素英, 门友均, 唐明丽, 等. 桂林地区柑橘园常用杀螨剂抗性药害调查[J]. 南方园艺, 2013, 24(1): 31-32.
- [43] 李斌, 于海波, 罗艳梅, 等. 乙唑螨腈的合成及其杀螨活性[J]. 现代农药, 2016, 15(6): 15-16.
- (责任编辑: 田 喆)