

陕西苹果园山楂叶螨抗药性监测*

彭丽娟** 左亚运 段辛乐 陈茂华***

(西北农林科技大学植物保护学院, 农业部西北黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室, 杨凌 712100)

摘要 【目的】明确陕西省苹果园的山楂叶螨 *Tetranychus viennensis* Zacher 种群对 5 种药剂的抗性水平。【方法】采用玻片浸渍法, 建立了山楂叶螨室内饲养的相对敏感种群对 5 种杀虫剂的敏感基线, 同时从陕西乾县、礼泉、兴平、澄城、安塞、淳化、凤翔和扶风 8 个不同地区的苹果园采集山楂叶螨, 分析这些田间种群的抗药性水平。【结果】山楂叶螨室内相对敏感种群对阿维菌素的敏感性最高, 对毒死蜱敏感性最低; 各种群对哒螨灵已产生了 13.29~69.63 倍的抗性; 对高效氯氟氰菊酯已经产生了 7.99~46.74 倍的抗性; 除兴平种群对阿维菌素表现为低抗水平外 (抗性倍数 7.63), 其余种群对阿维菌素表现为敏感或者敏感性下降 (抗性倍数 1.89~3.94); 除扶风种群对毒死蜱抗性水平处于敏感性下降的阶段外, 其它 7 个种群对毒死蜱的均处于敏感阶段; 各种群对噻虫嗪均处于敏感阶段。【结论】山楂叶螨室内相对敏感种群对 5 种不同杀虫剂的敏感性不同; 各田间种群对哒螨灵和高效氯氟氰菊酯两种药剂已经产生了不同水平的抗药性, 除兴平种群对阿维菌素产生低抗水平抗性外, 其余田间种群对阿维菌素、毒死蜱和噻虫嗪抗性均表现为敏感或者敏感性下降; 田间防治时应该减少哒螨灵和高效氯氟氰菊酯两种药剂的使用, 同时注意不同农药的轮换使用, 以此延缓山楂叶螨对杀虫剂产生高水平抗药性。

关键词 山楂叶螨, 毒力, 抗药性监测, 苹果园

Resistance of *Tetranychus viennensis* to insecticides in apple orchards in Shaanxi Province

PENG Li-Juan** ZUO Ya-Yun Duan Xin-Le CHEN Mao-Hua***

(College of Plant Protection, Northwest A&F University, Key Laboratory of Crop Pest Integrated Pest Management on the Loess Plateau of Ministry of Agriculture, Yangling 712100, China)

Abstract [Objectives] To investigate insecticide resistance in *Tetranychus viennensis* (Zacher) in apple orchards in Shaanxi Province. [Methods] The slide-dip method was used to test the toxicity of five insecticides to a susceptible population of *T. viennensis*, and to specimens from eight wild populations collected from apple orchards at Qianxian, Liquan, Xingping, Chengcheng, Ansai, Chunhua, Fengxiang and Fufeng, Shaanxi Province. [Results] The susceptible population was the most sensitive to abamectin, and the least sensitive to chlorpyrifos. The eight wild populations had moderate to high resistance to pyridaben (resistance ratios of 13.29-69.63), and low to high resistance to lambda-cyhalothrin (resistance ratios of 7.99-46.74), and were susceptible, or had low levels of resistance, to abamectin (resistance ratios of 1.89-7.63). The Fufeng population was slightly resistant to chlorpyrifos but all other populations were susceptible to this pesticide, and all populations were susceptible to thiamethoxam. [Conclusion] The susceptible population of *T. viennensis* showed different sensitivity to the five insecticides tested. Field populations varied in their resistance to pyridaben and lambda-cyhalothrin, and were susceptible, or had low levels of resistance, to abamectin, chlorpyrifos and thiamethoxam. These results suggest that the application of pyridaben and lambda-cyhalothrin should be reduced, and rotation of insecticides should be considered to manage the development of insecticide resistance in *T. viennensis*.

Key words *Tetranychus viennensis*, toxicity, insecticide resistance monitoring, apple orchard

* 资助项目 Supported projects: 国家科技支撑计划课题 (2012BAK11B03)

**第一作者 First author, E-mail: 1711219953@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: maohua.chen@nwsuaf.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-04-09, 接受日期 Accepted: 2015-05-22

山楂叶螨 *Tetranychus viennensis* Zacher 是我国北方落叶果树的主要害虫之一, 在我国分布广泛, 危害较重, 其主要危害苹果、梨、桃、李、杏、山楂等果树, 其中苹果、梨、桃受害最重 (匡海源, 1986; Gotoh, 1986; Kasap, 2003; Ji *et al.*, 2005; Geng *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2014)。山楂叶螨危害不仅影响当年受害的果实产量, 而且严重削弱树势, 对随后几年的果实产量及品质也有较大的影响 (秦玉川等, 1990; 蔡宁华等, 1992; 武予清和刘芹轩, 1994; 张金勇和陈汉杰, 2000)。

化学杀螨剂的大量使用容易导致苹果园中叶螨产生抗药性, 山楂叶螨对内吸磷、对硫磷、三氯杀螨醇、甲氰菊酯等多种药剂已经产生了抗性 (刘芹轩, 1966; 张昌辉和曹子刚, 1966; 冯明祥, 1988; 曹子刚等, 1990; 孟昭礼等, 1997; 张国洲, 2002; 刘金香等, 2006)。陕西省是我国主要的苹果生产区之一, 近年来苹果园山楂叶螨在该省危害严重 (王刚云等, 2002)。国内外对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 和朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) 的抗药性报道较多, 但对山楂叶螨的抗药性研究较少。本研究利用室内敏感品系建立山楂叶螨对常用 5 种杀虫剂的相对敏感基线; 同时在陕西省 8 个不同地区的苹果园采集山楂叶螨田间种群, 分析这些田间种群对 5 种不同类型杀虫剂的抗性水平, 研究结果能为山楂叶螨的抗药性治理和综合防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试叶螨

相对敏感种群: 山楂叶螨相对敏感品系 (SQ) 采自陕西杨凌西北农林科技大学校园苹果树, 室内连续饲养 25 代, 饲养过程中不接触任何农药。

田间种群: 于 2014 年 7 月, 在陕西省乾县 (QX)、礼泉 (LQ)、兴平 (XP)、澄城 (CC)、安塞 (AS)、淳化 (CH)、凤翔 (FX) 和扶风 (FF) 8 个不同地区苹果园采集山楂叶螨种群, 每个地

区种群分别采自 3 个以上不同苹果园, 共采集至少 100 片被山楂叶螨危害严重的苹果叶片, 用塑料袋带回实验室, 继续用新鲜的没有接触任何药剂的苹果叶片饲养至下一代, 分析下一代的成螨的抗性水平。

山楂叶螨室内饲养条件为 $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 相对湿度 $60\% \pm 10\%$, 光周期为 $L:D=16:8$ 。

1.2 供试农药

供试药剂: 96% 毒死蜱原药 (青岛美德龙化工有限公司), 96% 高效氯氟氰菊酯原药 (盐城农博生物科技有限公司), 92% 阿维菌素原药 (山东中农生物科技有限公司), 96% 噻虫嗪原药 (山东中农生物科技有限公司), 95.4% 哒螨灵原药 (山东中农联合农药工业有限公司)。

1.3 毒力测定方法

室内生物测定参照联合国粮农组织 (FAO, 1980) 推荐的玻片浸渍法 (Slide-dip method), 并略加改动。将双面胶带剪成约 2 cm 长, 贴在载玻片的一端, 用镊子揭去粘胶上的纸片, 用零号毛笔选择个体大小一致的雌成螨 40 头, 将其背部粘在胶带上, 避免粘到山楂叶螨的足、螨须和口器, 每片胶带粘 4 行, 每行粘 10 头。将载玻片置于有盖培养皿中, 后将培养皿放于温度 $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $60\% \pm 10\%$ 、光周期为 $L:D=16:8$ 的培养箱中, 4 h 后用双目解剖镜观察, 剔除死亡和无活力的个体, 保证每个载玻片至少有 30 头以上雌成螨, 不足进行补添, 然后进行生物测定。药剂稀释 5~7 个浓度梯度, 将带螨的玻片端浸入药液中, 轻轻摇动 5 s 后取出, 快速用吸水纸吸去载玻片和螨体周围的多余药液, 后把培养皿放回培养箱中。以清水作为对照处理, 每个处理重复 3 次。24 h 后用双目解剖镜检查结果 (用零号毛笔轻轻触动叶螨的足, 完全不动者计为死亡), 记录死亡数。

1.4 数据处理

用 Abbott 公式校正后, 用 Finney 机率值分析法进行统计分析, 用 DPS 软件处理试验数据。计算各种药剂的毒力回归方程、 LC_{50} 及相关系

数。将各杀虫剂的 LC_{50} 值与室内敏感种群毒力基线的 LC_{50} 值进行比较, 计算抗性倍数 (Resistance ratio, RR)。敏感性或者抗性水平分为敏感 ($RR < 3$)、敏感性下降 ($3 \leq RR < 5$)、低水平抗性 ($5 \leq RR < 10$)、中等水平抗性 ($10 \leq RR < 40$)、高水平抗性 ($40 \leq RR < 160$) 和极高水平抗性 ($RR \geq 160$) (沈晋良和吴益东, 1995)。

2 结果与分析

2.1 山楂叶螨相对敏感种群对 5 种杀虫剂的敏感基线

通过 5 种杀虫剂对山楂叶螨相对敏感品系的毒力测定, 得到了 5 种药剂的毒力方程和致死中浓度 (表 1)。山楂叶螨对阿维菌素的敏感性最高, LC_{50} 为 0.0070 mg/L; 对哒螨灵、高效氯氟氰菊酯、噻虫嗪的 LC_{50} 依次为 0.0093 mg/L、10.1331 mg/L 和 26.9428 mg/L; 对毒死蜱敏感性最低, LC_{50} 为 138.182 mg/L。

2.2 山楂叶螨田间种群对 5 种杀虫剂的抗性水平

陕西省 8 个山楂叶螨田间种群对 5 种不同类型杀虫剂的抗性水平如表 2 所示。不同苹果园山楂叶螨种群对阿维菌素的抗性倍数介于 1.89~7.63 之间。兴平 (XP) 山楂叶螨种群对阿维菌素的抗性达到低抗水平, 抗性倍数为 7.63; 乾县 (QX) 和安塞 (AS) 的山楂叶螨种群对阿维菌素的抗性处于敏感性下降阶段, 抗性倍数分别为 3.94 和 3.09; 其它 5 个不同苹果园的山楂

叶螨种群对阿维菌素的抗性仍于敏感阶段 ($RR < 3$)。

供试的山楂叶螨田间种群对哒螨灵的抗性倍数介于 13.29~69.63 之间。礼泉 (LQ) 和扶风 (FF) 的山楂叶螨种群对哒螨灵的抗性达到高抗水平, 抗性倍数分别为 69.63 和 42.09; 乾县 (QX)、兴平 (XP)、澄城 (CC)、安塞 (AS)、淳化 (CH) 和扶风 (FF) 的山楂叶螨种群对哒螨灵的抗性达到中抗水平, 抗性倍数在 13.29~32.28 之间。

采自 8 个地区的山楂叶螨种群对噻虫嗪仍处于敏感阶段, 抗性倍数介于 0.64~1.75 之间。供试山楂叶螨种群对高效氯氟氰菊酯的抗性倍数介于 7.99~46.74 之间。兴平 (XP) 的山楂叶螨种群对高效氯氟氰菊酯的抗性达到高抗水平, 抗性倍数为 46.74; 乾县 (QX)、礼泉 (LQ)、安塞 (AS)、淳化 (CH) 和扶风 (FF) 的山楂叶螨种群对高效氯氟氰菊酯的抗性倍数在 17.67~36.44 之间, 达中抗水平; 澄城 (CC) 和扶风 (FF) 的山楂叶螨种群对高效氯氟氰菊酯具低水平抗性, 抗性倍数分别为 7.97 和 9.58。另外, 不同果园的山楂叶螨种群对毒死蜱的抗性倍数介于 0.87~3.03 之间。凤翔 (FX) 的山楂叶螨种群对毒死蜱的抗性倍数为 3.03, 处于敏感性下降阶段, 其余 7 个地区果园的山楂叶螨种群对毒死蜱的抗性处于敏感阶段, 抗性倍数在 0.87~2.13 之间。

表 1 5 种杀虫剂对山楂叶螨的敏感基线
Table 1 Sensitivity baseline of *Tetranychus viennensis* to five insecticides

杀虫剂 Insecticide	毒力回归方程 Virulence regression equations	致死中浓度 LC_{50} (mg/L)	95%置信区间 95% confidence limit	相关系数 Coefficient
阿维菌素 Abamectin	$y=6.0670+0.4958x$	0.0070	0.0001-0.0225	0.9556
哒螨灵 Pyridaben	$y=6.5782+0.7773x$	0.0093	0-0.1043	0.9839
高效氯氟氰菊酯 Lambda-cyhalothrin	$y=4.4903+0.5068x$	10.1331	1.4514-79.0929	0.9980
噻虫嗪 Thiamethoxam	$y=3.4667+1.0719x$	26.9428	12.3866-460.2544	0.9752
毒死蜱 Chlorpyrifos	$y=3.0368+0.9172x$	138.1820	76.1613-697.6897	0.9721

表 2 山楂叶螨田间种群对 5 种杀虫剂的抗性水平
Table 2 Resistance level of *Tetranychus viennensis* field populations to five insecticides

杀螨剂 Acaricide	采样点 Sampling location	斜率±标准误 Slope±SE	LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间 95% confidence interval	相关系数 Correlation coefficient	抗性倍数 Resistance ratio
阿维菌素 Abamectin	敏感品系 SQ	0.496±0.232	0.007	0.000-0.023	0.956	—
	乾县 QX	1.308±0.316	0.028	0.017-0.081	0.996	3.94
	礼泉 LQ	1.294±0.281	0.014	0.009-0.023	0.997	1.94
	兴平 XP	1.063±0.320	0.053	0.025-0.685	0.999	7.63
	澄城 CC	1.279±0.279	0.019	0.013-0.038	0.989	2.71
	安塞 AS	0.864±0.243	0.022	0.013-0.073	0.966	3.09
	淳化 CH	1.200±0.281	0.017	0.011-0.034	0.991	2.39
	凤翔 FX	1.691±0.294	0.014	0.010-0.020	0.981	1.94
	扶风 FF	1.489±0.287	0.013	0.009-0.020	0.999	1.89
哒螨灵 Pyridaben	敏感品系 SQ	0.777±0.393	0.009	0.000-0.104	0.984	—
	乾县 QX	1.306±0.288	0.147	0.098-0.262	0.973	16.33
	礼泉 LQ	1.025±0.328	0.648	0.276-17.181	0.963	69.63
	兴平 XP	1.005±0.270	0.238	0.140-0.785	0.968	25.58
	澄城 CC	1.400±0.310	0.300	0.188-0.795	0.988	32.27
	安塞 AS	0.984±0.264	0.261	0.152-0.932	0.981	28.05
	淳化 CH	1.406±0.292	0.138	0.094-0.228	0.972	14.79
	凤翔 FX	1.160±0.297	0.391	0.217-1.767	0.953	42.09
	扶风 FF	2.402±0.360	0.124	0.098-0.162	0.992	13.29
噻虫嗪 Thiametham	敏感品系 SQ	1.072±0.337	26.942	12.387-460.254	0.975	—
	乾县 QX	1.040±0.303	43.054	21.822-345.972	0.995	1.60
	礼泉 LQ	1.341±0.328	33.549	19.670-118.111	0.993	1.25
	兴平 XP	1.155±0.338	47.187	23.344-439.000	0.988	1.76
	淳化 CC	1.100±0.284	27.586	16.216-94.068	0.982	1.02
	安塞 AS	0.728±0.252	29.508	14.607-376.722	0.991	1.10
	淳化 CH	0.766±0.258	32.266	16.032-396.120	0.972	1.20
	凤翔 FX	1.209±0.269	17.243	11.442-33.583	0.999	0.64
	扶风 FF	1.073±0.265	19.799	12.417-47.999	0.975	0.73
高效氯氟氰菊酯 Lambda cyhalothrin	敏感品系 SQ	0.507±0.233	10.133	1.451-79.093	0.998	—
	乾县 QX	0.793±0.264	224.632	119.005-1 409.643	0.984	22.17
	礼泉 LQ	1.157±0.314	369.237	200.879-1 904.42	0.995	36.44
	兴平 XP	1.210±0.322	473.660	245.100-2 934.597	0.972	46.74
	澄城 CC	1.174±0.267	80.923	46.905-125.661	0.971	7.99
	安塞 AS	0.986±0.272	353.481	191.348-1 855.777	0.953	34.88
	淳化 CH	1.430±0.290	210.784	142.841-411.269	0.981	20.80
	凤翔 FX	1.536±0.298	179.008	126.035-309.731	1.000	17.67
	扶风 FF	1.020±0.262	97.122	54.706-169.041	0.989	9.58

续表 2 (Table 2 continued)

杀螨剂 Acaricide	采样点 Sampling location	斜率±标准误 Slope±SE	LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间 95% confidence interval	相关系数 Correlation coefficient	抗性倍数 Resistance ratio
毒死蜱 Chlorpyrifos	敏感品系 SQ	0.917±0.271	138.182	76.161-697.690	0.972	—
	乾县 QX	1.162±0.282	163.650	96.052-555.958	0.980	1.18
	礼泉 LQ	1.337±0.366	271.354	135.381-2 133.137	0.955	1.96
	兴平 XP	1.202±0.322	206.071	109.824-1 138.875	0.990	1.49
	澄城 CC	1.050±0.279	172.745	95.169-787.139	0.999	1.25
	安塞 AS	1.033±0.254	120.442	73.606-335.860	0.986	0.87
	淳化 CH	0.946±0.294	295.012	131.024-5 379.702	0.989	2.13
	凤翔 FX	0.904±0.313	419.347	155.153-43 204.520	0.965	3.03
	扶风 FF	0.939±0.283	250.467	117.742-2 976.573	0.996	1.81

3 讨论

敏感基线的确定在山楂叶螨田间种群抗性水平监测中具有重要意义。在实际研究中,由于无法获得山楂叶螨对农药的绝对敏感品系,一般都使用室内相对敏感品系作为参照。本研究利用山楂叶螨室内相对敏感品系进行分析表明,山楂叶螨对阿维菌素的敏感性最高,对毒死蜱敏感性最差。

本研究在建立敏感基线的基础上,分析了陕西省 8 个不同地区山楂叶螨种群对 5 种不同类型杀虫剂的抗性水平,结果表明,不同地区种群对不同杀虫剂的抗性水平存在较大差异,这可能是由于不同地区的用药差异造成的。冉春等(2008)和 Niu 等(2011)发现,采自不同地区的柑橘全爪螨田间种群对不同药剂的抗性水平存在差异,不同地区杀螨剂的使用情况不同是造成这种差异的主要原因。另外,果园的农药种类及剂型、药剂残留期、使用频率及剂量、防治时期、施药方法及技术等在螨类抗药性的发展中也起着至关重要的作用(Ran *et al.*, 2009)。

赵卫东等(2001)发现山东寿光二斑叶螨种群对哒螨灵产生了低水平抗性,山东烟台种群对高效氯氟氰菊酯已经产生了中等水平抗性;Suh 等(2006)发现,韩国果园的二斑叶螨种群对哒螨灵产生不同水平抗性,最高达高抗水平;刘庆

娟等(2012)研究表明,采自山东的二斑叶螨种群对哒螨灵产生了高水平的抗性。本研究发现,陕西省 8 个不同地区的山楂叶螨种群对哒螨灵和高效氯氟氰菊酯的抗性水平均较高,因此,建议在本研究采样地区进行山楂叶螨防治时,应采取停用或减少使用哒螨灵和高效氯氟氰菊酯的措施,以减轻这 2 种药剂的选择压力,逐渐恢复山楂叶螨对这两种药剂的敏感性。

本研究结果显示,兴平(XP)的山楂叶螨种群对阿维菌素已产生低水平抗性。赵卫东等(2001)研究发现,采自山东蔬菜大棚的两个二斑叶螨种群均没有对阿维菌素产生抗性;王少丽等(2009)分析发现,北京地区蔬菜上的朱砂叶螨种群对阿维菌素没有产生抗性;马慧等(2009)用 9 种杀螨剂对山东地区的朱砂叶螨不同发育阶段进行毒力测定,发现阿维菌素的杀螨活性最高。陈秋双等(2012)用药膜法对朱砂叶螨种群进行抗药性监测时,发现所监测的 6 个不同地理种群对阿维菌素还没有产生抗性;师超等(2012)测定了 6 种杀螨剂对重庆市北碚区田间的朱砂叶螨种群的敏感性,结果显示,阿维菌素对朱砂叶螨表现出较高的毒力。有报道显示,有些地区的二斑叶螨对阿维菌素的敏感性降低或者对阿维菌素产生了抗药性(刘庆娟等, 2012; 宫亚军等, 2013)。因此,在陕西省进行山楂叶螨的防治时,应注意阿维菌素与其他作用方式的

药剂交替使用,以降低选择压力,延缓其抗药性。噻虫嗪是 1998 年推出市场的一种具有独特结构和优良杀虫活性的新型新烟碱类化合物 (Maiefisch *et al.*, 2001), 它表现出触杀、胃毒和内吸活性,可以通过植物根、茎和叶吸收传导达到较好的杀虫活性。本研究的山楂叶螨种群对噻虫嗪未产生抗性。

总之,在果园山楂叶螨的防治过程中,定期对山楂叶螨的田间种群进行抗药性监测,根据山楂叶螨对不同农药的敏感性或者抗性水平,合理使用各类农药,延缓其对阿维菌素和毒死蜱等果园常用农药的抗性;同时应结合山楂叶螨的种群动态合理使用各药剂,减少农药使用量和施药次数,从而对该螨进行有效的综合防治。

参考文献 (References)

- Cai NH, Qin YC, Hu DX, 1992. Evaluations of the damage of two spider mite species to apple tree. *Acta Phytophylacica Sinica*, 19(2): 165. [蔡宁华, 秦玉川, 胡敦孝, 1992. 叶螨为害苹果树的产量损失估测. 植物保护学报, 19(2): 165.]
- Cao ZG, Zhang YH, Liu W, Wang ZL, 1990. Study on the resistance of hawthorn spider mites (*Tetranychus viennensis* Zacher) and *Panonychus ulmi* Koch. *Entomological Knowledge*, 27(6): 346–349. [曹子刚, 张蕴华, 刘微, 王之岭, 1990. 山楂叶螨和苹果全爪螨抗药性的研究. 昆虫知识, 27(6): 346–349.]
- Chen QS, Zhao S, Zou J, Shi L, He L, 2012. Monitoring of acaricide resistance in *Tetranychus cinnabarinus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(2): 364–369. [陈秋双, 赵舒, 邹晶, 石力, 何林, 2012. 朱砂叶螨抗药性监测. 应用昆虫学报, 49(2): 364–369.]
- FAO, 1980. Revised method for spider mites and their eggs (e. g. *Tetranychus* spp. and *Panonychus ulmi* Koch). *FAO Plant Production and Protection*, 21: 49–54.
- Feng MX, 1988. A preliminary study on the resistance of hawthorn spider mites (*Tetranychus viennensis* Zacher) to dicofol. *Entomological Knowledge*, 25(4): 215–216. [冯明祥, 1988. 山楂叶螨对三氯杀螨醇抗性研究初报. 昆虫知识, 25(4): 215–216.]
- Geng SB, Chen HJ, Zhang JY, Tu HT, 2014. Bioactivity of garlic-straw extracts against the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. viennensis*. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 30(1): 38–48.
- Gong YJ, Shi BC, Wang ZH, Kang ZJ, Jin GH, Cui WX, Wei SJ, 2013. Toxicity and field control efficacy of the new acaricide bifentazate to the two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch. *Agrochemicals*, 52(3): 225–227. [宫亚军, 石宝才, 王泽华, 康总江, 金桂华, 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.]
- Gotoh T, 1986. Life-history parameters of the hawthorn spider mite, *Tetranychus viennensis* Zacher (Acarina: Tetranychidae), on deciduous oak. *Applied Entomology and Zoology*, 21(3): 389–393.
- Ji J, Zhang YX, Chen X, 2005. Laboratory population life table of *Amphitetranychus viennensis* Zacher (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Systematic and Applied Acarology*, 10: 7–10.
- Kasap Ismail, 2003. Life history of hawthorn spider mite *Amphitetranychus viennensis* (Acarina: Tetranychidae) on various apple cultivars and at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology*, 31(1/2): 79–91.
- Kuang HY, 1986. Agricultural mites. Beijing: Agriculture Press. 1–290. [匡海源, 1986. 农螨学. 北京: 农业出版社. 1–290.]
- Liu JX, Han JC, Liu HP, 2006. Studies on resistance mechanisms of the hawthorn spider mite, *Tetranychus Viennensis* Zacher, to isocarbophos and fenprothrin. *Journal of Sichuan University*, 43(6): 1364–1368. [刘金香, 韩巨才, 刘慧平, 2006. 山楂叶螨抗药性机制的初步研究. 四川大学学报, 43(6): 1364–1368.]
- Liu QJ, Liu YJ, Zhou XH, Zhang AS, Li LL, Men XY, Zhang SC, Yu Y, 2012. Differences in the sensitivities of the eggs of four *Tetranychus urticae* geographical strains to ten acaricides. *Plant Protection*, 38(4): 178–180. [刘庆娟, 刘永杰, 周仙红, 张安盛, 李丽莉, 门兴元, 张思聪, 于毅, 2012. 四个二斑叶螨地理种群卵对 10 种杀螨剂的敏感性差异. 植物保护, 38(4): 178–180.]
- Liu QX, 1966. Studies on the resistance of hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis* Zacher) to systox. *Acta Entomologica Sinica*, 15(2): 114–118. [刘芹轩, 1966. 山楂红蜘蛛对内吸磷的抗性研究. 昆虫学报, 15(2): 114–118.]
- Ma H, Zhou Y, Xia XM, Zhao M, Wang HY, 2009. Toxicities of nine acaricides to *Tetranychus cinnabarinus* of different developmental stages. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 25(23): 375–379. [马惠, 周玉, 夏晓明, 赵鸣, 王红艳, 2009. 9 种杀螨剂对朱砂叶螨不同发育阶段的室内毒力测定. 中国农学通报, 25(23): 375–379.]
- Maiefisch P, Huerlimann H, Rindlisbacher A, Gsell L, Dettwiler H, Haettenschwiler J, Sieger E, Walti M, 2001. The discovery of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. *Pest*

- Management Science*, 57(2): 165–176.
- Meng ZL, Li JH, Dong XL, Lin Y, Duan FM, Zhao CD, 1997. Strategy for insecticide resistance management in plum spider mites (*Tetranychus viennensis* Zacher). *Pesticides*, 36(11): 10–14. [孟昭礼, 李佳航, 董向丽, 林英, 段方猛, 赵川德, 1997. 山楂红蜘蛛抗药性及其延缓途径的研究. 农药, 36(11): 10–14.]
- Niu JZ, Liu GY, Dou W, Wang JJ, 2011. Susceptibility and activity of glutathione-S-transferases in nine field populations of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) to pyridaben and azocyclotin. *Florida Entomologist*, 94(2): 321–329.
- Qin YC, Cai NH, Hu DX, Huang KX, 1990. Study on the mixed damage of sweet cherry spider mite and European red mite to apple leaf and fruit. *Acta Phytophylacica Sinica*, 17(4): 349–353. [秦玉川, 蔡宁华, 胡敦孝, 黄可训, 1990. 山楂叶螨与苹果全爪螨混合为害对苹果叶片及果实的影响. 植物保护学报, 17(4): 349–353.]
- Ran C, Chen Y, Wang JJ, 2009. Susceptibility and carboxylesterase activity of five field populations of *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) to four acaricides. *International Journal of Acarology*, 35(2): 115–121.
- Ran C, Chen Y, Yuan ML, Wang JJ, Liu HQ, Yao TS, 2008. Susceptibility of *Panonychus citri* field populations to different acaricides. *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(06): 537–540. [冉春, 陈洋, 袁明龙, 王进军, 刘浩强, 姚廷山, 2008. 桔全爪螨田间种群对杀螨剂的敏感性. 植物保护学报, 35(6): 537–540.]
- Shen JL, Wu YD, 1995. Cotton Bollworm (*Helicoverpa armigera* Hubner) Resistance and Management. Beijing: Chinese Agriculture Press. 25–88. [沈晋良, 吴益东, 1995. 棉铃虫抗药性及其治理. 北京: 中国农业出版社. 25–88.]
- Shi C, Tu XM, Feng XC, Fu YY, Wang L, Cao Q, Deng XP, 2012. Comparison of six acaricides by different bioassay methods to *Tetranychus cinnabarinus* toxicity. *Agrochemicals*, 3(51): 222–224. [师超, 涂锡茂, 冯雪春, 付艳艳, 王磊, 曹倩, 邓新平, 2012. 6 种杀螨剂对朱砂叶螨不同生测方法的毒力比较. 农药, 3(51): 222–224.]
- Suh E, Koh SH, Lee JH, Shin KI, Cho K, 2006. Evaluation of resistance pattern to fenpyroximate and pyridaben in *Tetranychus urticae* collected from greenhouses and apple orchards using lethal concentration-slope relationship. *Experimental and Applied Acarology*, 38(2/3): 151–156.
- Wang GY, Zhang SL, Chen ZJ, Lei H, Zhang F, 2002. A Study on causes of outbreak of leaf mite and the regional controlling technical system in Shaanxi. *Journal of Catastrophology*, 17(3): 21–25. [王刚云, 张淑莲, 陈志杰, 雷虹, 张峰, 2002. 陕西叶螨暴发成灾原因与区域性控制技术体系研究. 灾害学, 17(3): 21–25.]
- Wang SL, Wang R, Zhang YJ, Xun BY, 2009. Toxicity bioassay of 11 common acaricides to carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 25(24): 386–388. [王少丽, 王然, 张友军, 徐宝云, 2009. 11 种常用药剂对蔬菜朱砂叶螨的室内毒力测定. 中国农学通报, 25(24): 386–388.]
- Wu YQ, Liu QX, 1994. Review on inheritance of pesticide resistance in phytophagous spider mites. *Hereditas*, 16(5): 45. [武予清, 刘芹轩, 1994. 植食叶螨抗药性遗传学研究的进展. 遗传, 16(5): 45.]
- Zhang CH, Cao ZG, 1966. Studies on the hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis* Zacher) I. measurement of the resistance to organophosphorus acaricides. *Acta Entomologica Sinica*, 15(2): 217–226. [张昌辉, 曹子刚, 1966. 山楂红蜘蛛防治研究 I. 对有机磷杀螨剂的抗性测定. 昆虫学报, 15(2): 217–226.]
- Zhang GZ, 2002. Resistance to Pest and its Management. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, (4): 512–514. [张国洲, 2002. 害虫抗药性及其治理. 安徽农业科学, (4): 512–514.]
- Zhang JY, Chen HJ, 2000. Research Progress of Entomology. Beijing: China Science and Technology Press. 462–463. [张金勇, 陈汉杰, 2000. 昆虫学研究进展. 北京: 中国科技出版社. 462–463.]
- Zhang YK, Sun B, Hong XY, 2014. Infection and reproductive effects of *Wolbachia* in the hawthorn spider mite, *Amphitetranychus viennensis* (Acarina: Tetranychidae). *Acta Entomologica Sinica*, 57(8): 914–920.
- Zhao WD, Wang KY, Jiang XY, 2001. The monitoring of resistance of *Tetranychus urticae* Koch to several insecticides. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 3(3): 86–88. [赵卫东, 王开运, 姜兴印, 仪美芹, 2001. 二斑叶螨对常用杀螨剂的抗药性测定. 农药学报, 3(3): 86–88.]