

杨振国,谢道燕,达爱斯,等. 炔螨特与苯丁锡混合使用对朱砂叶螨的最佳配比筛选[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):106-109.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.026

炔螨特与苯丁锡混合使用对朱砂叶螨的最佳配比筛选

杨振国, 谢道燕, 达爱斯, 罗雁婕

(云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所, 云南蒙自 661101)

摘要:为筛选出对朱砂叶螨具有增效作用的炔螨特与苯丁锡混剂的最佳配比,以玻片浸渍法测定各配比混剂对朱砂叶螨的杀螨活性,并以共毒因子法和共毒系数法评价其增效程度。炔螨特、苯丁锡对朱砂叶螨成螨处理后 24 h 的 LC_{50} 分别为 435.38、93.26 mg/L,二者混剂的增效配比介于 1:0.09~0.83 之间,SPSS 拟合出其混剂的共毒因子(γ)与混剂中炔螨特含量(x)的数学模型,为 $\gamma = -1\,231.14x^2 + 1\,616.29x - 378.46$ ($F = 13.47$, $P = 0.01$, $r = 0.90$),进一步确定其最佳的质量浓度配比为 33:17,该配比的致死中浓度 (LC_{50}) 为 102.90 mg/L,共毒系数为 188.28,其对朱砂叶螨的毒力是炔螨特的 4 倍以上。炔螨特与苯丁锡以质量浓度比为 33:17 混合表现出显著的增效作用,具有一定的开发应用价值。

关键词:朱砂叶螨;炔螨特;苯丁锡;农药复配剂;共毒系数;共毒因子;多作用机制;高效复配杀螨剂

中图分类号: S482.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0106-04

朱砂叶螨 (*Tetranychus cinnabarinus*) 广泛分布于世界温带地区,是温室的重要杂食性害螨之一,危害 100 余种作物,个体小、发育快、繁殖力强且易产生抗药性等基本生态对策,使朱砂叶螨成为难以防治的有害生物之一^[1-3]。目前,朱砂叶螨的防治仍以化学药剂防治为主^[4],长期单一的或单一作用机制的化学药剂防治致使害螨的抗药性日益加重。为缓解

害虫害螨对单一药剂的抗药问题,目前主要趋向于开发农药的复配剂^[5-6]。将不同作用机制的杀螨剂混合使用或轮换使用,是延缓害螨抗药性及其治理的重要手段,同时具有降低毒性和成本的作用,具有增效作用的复配剂不仅能够降低用药量,还能增强防治效果,更可以延缓害螨抗药性^[7-8]。因此,开展多作用机制的高效复配杀螨剂研究对害螨的防治及抗药性治理具有重要意义。

炔螨特属亚硫酸酯类杀螨剂,自 1964 年推广应用以来,由于其具有杀若螨、成螨活性高、广谱低毒、持效期长、对天敌无害、不容易产生抗性等诸多优点,在农药杀螨剂市场上经久不衰,现在已成为世界上使用范围广、生产应用大吨位的杀螨剂品种^[9],可用于防治二斑叶螨 (*T. urticae*)、苹果全爪螨 (*Panonychus ulmi*)、太平洋叶螨 (*T. pacificus*)、柑橘全爪螨

收稿日期:2018-07-09

基金项目:国家自然科学基金(编号:31560520);云南省科技计划重点新产品项目(编号:2015BB009)。

作者简介:杨振国(1986—),男,云南砚山人,硕士,助理研究员,主要从事桑树病虫害防控研究。E-mail:zhenguo yang@qq.com。

通信作者:罗雁婕,博士,研究员,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:yanjieluo@126.com。

[2] 王小奇,崔娟,张萌,等. 5 种药剂对斑鞘豆叶甲的室内毒力测定及田间药效试验[J]. 农药,2015,54(11):834-836.

[3] 李佳,高宇,崔娟,等. 大豆田昆虫对不同颜色趋向选择的差异性分析[J]. 大豆科学,2015,34(2):289-292.

[4] 傅建伟,林泽燕,李志胜,等. 黄板对蔬菜害虫的诱集作用及在黄曲条跳甲种群监测中的应用[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2004,33(4):438-440.

[5] 高宇,史树森,崔娟,等. 三种颜色色板对大豆田薊马的诱集效果[J]. 中国油料作物学报,2016,38(6):838-842.

[6] Warrant E, Dacke M. Vision and visual navigation in nocturnal insects[J]. Annual Review of Entomology,2011,56(1):239-254.

[7] Fernandez P, Hilker M. Host plant location by Chrysomelidae[J]. Basic and Applied Ecology,2007,8(2):97-116.

[8] 包强,李耀明,欧高财,等. 不同颜色色板对茶角胸叶甲成虫田间诱集效果研究[J]. 湖南农业科学,2017(2):71-73.

[9] Yang E C, Lee D W, Wu W Y. Action spectra of phototactic responses of the flea beetle, *Phyllotreta striolata* [J]. Physiological Entomology,2003,28(4):362-367.

[10] Szentesi Á, Weber D C, Jermy T. Role of visual stimuli in host and

mate location of the Colorado potato beetle[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata,2002,105(2):141-152.

[11] 陈俊谕,马光昌,陈泰运,等. 椰心叶甲对虚拟波长下不同颜色的选择行为[J]. 热带作物学报,2014,35(5):962-966.

[12] 杜生茂,张善才,田仕荷. 油菜蚤跳甲成虫趋色性观察[J]. 应用昆虫学报,1994,31(4):252.

[13] Sun F, Bao C, Jing T Z. Locating host plants via orientation to standing visual targets has dispersal benefits for the monophagous leaf beetle *Ambrostoma quadriimpressum* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata,2016,158(3):229-235.

[14] 孟庆英. 核桃扁叶甲生物学特性及寄主选择性研究[D]. 泰安:山东农业大学,2007.

[15] Gorb E, Gorb S. Effects of surface topography and chemistry of *Rumex obtusifolius* leaves on the attachment of the beetle *Gastrophysa viridula* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata,2009,130(3):222-228.

[16] 冯国凤,冯兴海,邓倩文,等. LED 光源对柳圆叶甲成虫行为的影响[J]. 应用昆虫学报,2015,52(4):983-992.

(*P. citri*)等叶螨,但其害螨对炔螨特的抗性也有报道^[10-14]。炔螨特对害螨主要是胃毒和触杀,其主要作用机制是抑制线粒体 Mg^{2+} -ATPase,作用位点位于 F_0 亚基部位,抑制线粒体呼吸作用,阻碍害虫体内神经细胞线粒体功能的发挥,影响其呼吸作用及能量转换^[15]。苯丁锡是感温型抑制神经组织的有机锡杀螨剂,主要起触杀作用,对幼螨、成螨和若螨杀伤力较强,对螨卵的杀伤力不大,对有机磷、有机氯杀虫剂有抗药性的害螨无交互抗性^[16],可防治朱砂叶螨、柑橘叶螨、柑橘锈螨、苹果叶螨、茶橙瘦螨、茶短须螨等农业害螨^[17-18]。苯丁锡的杀螨活性与温度有直接的关系,当气温在 22 ℃ 以上时,药效增强;当气温在 15 ~ 22 ℃ 以下时药性降低;当气温在 15 ℃ 以下时,药效较差,不宜在冬季使用^[19]。对高等动物、鸟类、蜜蜂低毒,对害螨天敌捕食螨、食虫瓢虫、草蛉等较安全,但对鱼类等水生生物高毒^[20]。鉴于炔螨特与苯丁锡在杀螨机制上的差异性,研究二者不同配比混剂对朱砂叶螨的联合作用,并筛选其最佳的增效配比,以期获得一种多作用机制的高效复配杀螨剂。

1 材料与方法

1.1 供试螨类

朱砂叶螨采自云南省蒙自市桑园内,在智能人工气候室内(26 ± 1) ℃、RH 60% ~ 80%、光周期 14 L : 10 D 条件下,用蛭石盆栽四季豆苗饲养,扩繁后作为供试螨类。

1.2 供试药剂

90% 炔螨特,购自山东青岛农药厂;98% 苯丁锡,由浙江华兴化工有限公司提供。试验前,称取适量原药置于容量瓶内,用丙酮充分溶解,并定容为 10 000 mg/L 母液,将其放入 4 ℃ 冰箱内保存备用。毒力测定时,通过初筛试验,选定 5 个死亡率介于 16% ~ 84% 之间的浓度进行测定,用 0.1% 吐温-80 水溶液将母液稀释成既定浓度作为毒力测定的供试液,并以 0.1% 吐温-80 水溶液作对照。

1.3 杀螨活性测定方法

试验于 2016 年 4—6 月在云南省蒙自市草坝镇进行,杀螨活性测定参照联合国粮农组织 (FAO) 推荐的玻片浸渍法^[21]。将朱砂叶螨雌成螨挑在贴有双面胶的玻片上,在温度 (26 ± 1) ℃、RH 60% ~ 80% 的环境下放置 4 h,用双目解剖镜检查,剔除死亡和不活泼的个体,记录活螨数。将玻片粘有螨虫的一端浸入供试液中 5 s 后取出,用滤纸将螨体周围的药液吸尽。每种浓度和对照处理 120 头成螨,试验重复 3 次。处理后同样条件下培养,24 h 后检查害螨死亡情况。用毛笔轻触螨体,以其螯肢不动者为死亡。

表 1 炔螨特与苯丁锡对朱砂叶螨雌成螨处理后 24 h 的毒力测定结果

杀螨剂	毒力回归方程	LC ₅₀ 值及其 95% 置信限 (mg/L)	LC ₉₀ 值及其 95% 置信限 (mg/L)	χ^2 值	P 值
苯丁锡	$y = -6.09 + 3.09x$	93.26 (80.31 ~ 106.95)	242.16 (197.65 ~ 327.05)	2.77	0.43
炔螨特	$y = -11.30 + 4.28x$	435.38 (390.62 ~ 481.94)	867.49 (758.66 ~ 1 036.76)	2.71	0.26

2.2 混剂对朱砂叶螨的增效配比筛选

比较炔螨特与苯丁锡不同配比混剂对朱砂叶螨雌成螨处理后 24 h 的杀螨活性,结果 (表 2) 表明,处理 4 ~ 处理 10 的实际死亡率在 0.05 水平下显著大于预期死亡率,表现为增效

1.4 试验设计

1.4.1 混剂增效配比的筛选 首先测定炔螨特和苯丁锡的致死中浓度 (LC₅₀),然后以各自的 LC₅₀ 剂量为基准,将 2 种药液按其 LC₅₀ 药液按体积比为 10 : 0.9 : 1.8 : 2.7 : 3.6 : 4.5 : 5.4 : 6.3 : 7.2 : 8.1 : 9.0 : 10 混合,配制出不同比例的混剂,测定各组对比对朱砂叶螨处理 24 h 后的死亡率。用 SPSS 软件经 Duncan's 新复极差法比较各处理之间的效果差异,若某一配比组合的死亡率在统计上显著大于 2 个单剂在 LC₅₀ 值时的死亡率,则表示该配比组合具有增效作用。另外,采用共毒因子 (co-toxicity factor, CTF) 法判断其增效程度,当共毒因子比显著大于 20 为增效作用;显著小于 -20 为拮抗作用;介于 -20 ~ 20 之间为相加作用^[22]。

共毒因子法 (CTF) = (实际死亡率 - 预期死亡率) / 预期死亡率 × 100。

1.4.2 混剂增效最佳配比的确定 参照王小艺等提出的方法^[23],以某一单剂在混剂中的含量为自变量 x ,其相对应的校正毒力比为因变量 y ,利用 SPSS 软件进行数学模型拟合。一般其基本关系基本符合二次曲线方程 $y = ax^2 + bx + c$ ^[24],再根据此方程求出 y 的极值和此时对应的 x ,即可得某配比时单剂的含量,从而求得最佳配比。

进一步确定最佳配比,则是对拟合方程计算的最佳配比及相邻的配比进行混剂毒力测定,并求出共毒系数 (co-toxicity coefficient, CTC) 及增效倍数。共毒系数大于 120 为增效作用,小于 80 为拮抗作用,介于 80 ~ 120 之间为相加作用^[25]。其共毒系数的计算公式如下 (P 为单剂 A 和 B 在混剂中的含量):

毒力指数 (TI) = 标准药剂 LC₅₀ / 供试药剂 LC₅₀ × 100;
混剂的实测毒力指数 (ATI) = 标准药剂 LC₅₀ / 混剂 LC₅₀ × 100;
混剂的理论毒力指数 (TTI) = $TI_A \times P_A + TI_B \times P_B$;
混剂的共毒系数 = $ATI / TTI \times 100$ 。

1.5 数据统计与分析

所有试验数据的统计与分析均采用 SPSS 17.0 软件进行,各处理间的显著性差异比较采用 Duncan's 新复极差检验,毒力回归分析用 Finney 概率值分析法。

2 结果与分析

2.1 单剂对朱砂叶螨的毒力

采用玻片浸渍法测定炔螨特、苯丁锡对朱砂叶螨雌成螨的室内毒力,其药剂处理 24 h 的 LC₅₀ 值分别为 435.38、93.26 mg/L;LC₉₀ 值分别为 867.49、242.16 mg/L (表 1)。

作用,其中处理 7、处理 8、处理 9 的实际死亡率显著大于其他处理的实际死亡率,其实际死亡率分别为 73.87%、75.29%、71.66%;同时以共毒因子法比较可知,处理 4 ~ 处理 10 的共毒因子也显著大于 20,表现为增效作用,其中处理 7 和处理 8

表2 炔螨特与苯丁锡不同配比混剂对朱砂叶螨雌成螨的杀螨活性及其共毒因子

处理	$V_{\text{炔}}:V_{\text{苯}}$	质量浓度(C ,mg/L)		$C_{\text{炔}}:C_{\text{苯}}$	预期死亡率(%)			实际死亡率 (%)	共毒因子
		炔螨特	苯丁锡		炔螨特	苯丁锡	总和		
1	10:0	435.0	0		49.9	0.0	49.9	52.20±1.88ef	4.61
2	9:1	391.5	9	1:0.02	42.1	0.1	42.2	48.59±3.23ef	15.13
3	8:2	348.0	18	1:0.05	33.8	1.4	35.2	44.15±3.67g	25.43
4	7:3	304.5	27	1:0.09	25.3	4.8	30.1	51.30±3.74ef*	70.44
5	6:4	261.0	36	1:0.14	17.0	10.2	27.2	54.27±1.95e*	99.51
6	5:5	217.5	45	1:0.21	9.8	16.4	26.2	62.60±1.18cd**	138.95
7	4:6	174.0	54	1:0.31	4.4	23.2	27.6	73.87±0.76a**	167.64
8	3:7	130.5	63	1:0.48	1.2	29.9	31.1	75.29±0.93a**	142.09
9	2:8	87.0	72	1:0.83	0.2	36.5	36.7	71.66±0.70ab**	95.27
10	1:9	43.5	81	1:1.86	0.1	42.6	42.7	65.32±4.47bc*	52.97
11	0:10	0.0	90	—	0.0	48.2	48.2	55.83±3.08de	15.82

注:实际死亡率为“校正死亡率±标准差”;同列数据后不同小写字母表示在0.05水平上存在显著差异(Duncan’s新复极差测验);*、**表示实际死亡率与预期死亡率在0.05、0.01水平上存在显著差异(独立样本t检验)。

的共毒因子分别为167.64和142.09,即处理7和处理8增效最明显。因此,炔螨特与苯丁锡的增效配比介于1:(0.09~0.83)之间,且1:0.31附近增效最明显。

2.3 混剂的最佳配比模型拟合

采用SPSS软件拟合混剂中炔螨特的含量与混剂对朱砂叶螨雌成螨的共毒因子间的数学模型,其模型为一元二次方程: $y = -1\,231.14x^2 + 1\,616.29x - 378.46$ [$F_{(2,6)} = 13.47, P = 0.01, r = 0.90$],该模型的方差分析结果表明,在0.01水平下,模型拟合度合格 [$F_{(2,6)} > F_{0.01}$],可以用于描述混剂中炔螨特的含量与混剂对朱砂叶螨雌成螨的共毒因子间的关系。采用求极值法获得如下结果:当 x 为0.6564时, y 的极大值为152.02,即混剂中炔螨特的含量为65.64%时,共毒因子最大,为152.02,此时,炔螨特与苯丁锡的配比为0.6564:(1-0.6564)=0.6564:0.3436≈33:17。因此,炔螨特与苯丁锡对朱砂叶螨的联合作用最佳理论配比为33:17。

2.4 混剂对朱砂叶螨的联合作用最佳配比筛选

获得理论最佳配比33:17后,进一步测定了该配比与其相连配比33:14、33:15、33:16、33:18、33:19、33:20对朱砂叶螨雌成螨的毒力,以共毒系数法评价其增效程度,筛选出最佳配比,其结果如表4所示。在药后24h,炔螨特与苯丁锡配比以33:14、33:15、33:16、33:17、33:18、33:19、33:20的LC₅₀分别为145.74、139.04、104.85、102.90、112.84、128.64、151.05 mg/L,以炔螨特为标准药剂计算的共毒系数分别为142.74、145.89、188.93、188.28、168.13、144.60、120.89,各配比混剂的共毒系数均大于100,表现为增效作用,其中配比33:16、33:17增效显著。配比33:16、33:17混剂对朱砂叶螨的毒力分别是炔螨特对朱砂叶螨毒力的4.15、4.23倍(表3)。因此,炔螨特与苯丁锡混剂对朱砂叶螨的联合作用最佳增效配比为33:(16~17)。

表3 炔螨特与苯丁锡不同配比混剂对朱砂叶螨雌成螨处理后24 h的室内毒力测定结果

$C_{\text{炔}}:C_{\text{苯}}$	毒力回归方程	LC ₅₀ 值及其95%置信限 (mg/L)	LC ₉₀ 值及其95%置信限 (mg/L)	χ^2 值	P 值	共毒系数	相对毒力
33:14	$y = -5.10 + 2.34x$	145.74(99.89~252.62)	510.13(282.99~996.72)	9.72	0.02	142.74	2.99
33:15	$y = -5.06 + 2.36x$	139.04(90.02~269.61)	484.73(255.34~906.27)	13.11	0.00	145.89	3.13
33:16	$y = -4.73 + 2.34x$	104.85(92.52~119.64)	369.80(297.56~489.97)	3.80	0.28	188.93	4.15
33:17	$y = -4.95 + 2.46x$	102.90(73.69~151.81)	341.71(212.60~902.29)	8.24	0.04	188.28	4.23
33:18	$y = -4.57 + 2.22x$	112.84(99.19~129.52)	424.95(336.96~574.79)	4.26	0.24	168.13	3.86
33:19	$y = -4.10 + 1.94x$	128.64(110.96~151.60)	587.42(438.55~873.48)	0.77	0.86	144.60	3.38
33:20	$y = -4.99 + 2.29x$	151.05(132.40~175.31)	548.33(425.88~768.35)	2.07	0.56	120.89	2.88

注:以炔螨特为标准药剂计算共毒系数;相对毒力=炔螨特的LC₅₀值/混剂的LC₅₀值。

3 讨论与结论

朱砂叶螨的抗药性不断的增强主要取决于其复杂的抗性基因^[26-27],多作用机制的杀虫剂不仅可以克服药剂对单一靶标的刺激,还可以在某一靶标产生抗性后继续具有杀虫活性。何林等报道了甲氰菊酯与阿维菌素混用能有效延缓朱砂叶螨抗性的进化,而哒螨灵与阿维菌素混用、轮用都能有效延缓朱砂叶螨对二者的抗性进化^[28]。有研究报道,温室月季上的二

斑叶螨对苯丁锡的抗性倍数达1494倍,且抵抗性害螨也会迅速产生抗性^[29]。因此,为了延缓害螨的抗性、降低防治成本、延长杀螨剂的使用寿命,将有效的杀螨剂进行复配势在必行。本研究中炔螨特与苯丁锡以33:16、33:17混配对朱砂叶螨的毒力分别是炔螨特对朱砂叶螨毒力的4.15、4.23倍,具有显著的杀螨活性。此外,炔螨特因对家蚕安全,长期用于防治桑园害螨,而苯丁锡对家蚕也为低毒^[30],该复配剂有望更好地应用于桑园害螨防治中,具有开发应用潜力。

参考文献:

- [1] Cakmak I, Demiral M A. Response of *Tetranychus cinnabarinus* feeding on NaCl – stressed strawberry plants [J]. *Phytoparasitica*, 2007, 35(1): 37 – 49.
- [2] Sertkaya E, Kaya K, Soylu S. Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.) (Acarina: Tetranychidae) [J]. *Industrial Crops and Products*, 2010, 31(1): 107 – 112.
- [3] Wang J J, Zhao Z M, Zhang J P. The host plant – mediated impact of simulated acid rain on the development and reproduction of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari, Tetranychidae) [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2004, 128(6): 397 – 402.
- [4] Marcic D. Acaricides in modern management of plant – feeding mites [J]. *Journal of Pest Science*, 2012, 85(4): 395 – 408.
- [5] Xu L C, Zhan N Y, Liu R, et al. Joint action of phoxim and fenvalerate on reproduction in male rats [J]. *Asian Journal of Andrology*, 2004, 6(4): 337 – 341.
- [6] Coors A, Frische T. Predicting the aquatic toxicity of commercial pesticide mixtures [J]. *Environmental Sciences Europe*, 2011, 23(1): 1 – 18.
- [7] He L, Zhao Z M, Deng X P, et al. Resistance risk assessment; realized heritability of resistance to methrin, abamectin, pyridaben and their mixtures in the spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *International Journal of Pest Management*, 2003, 49(4): 271 – 274.
- [8] 何林, 赵志模, 邓新平, 等. 甲氰菊酯与阿维菌素单用、轮用和混用对朱砂叶螨抗性进化的影响 [J]. *蛛形学报*, 2002, 11(1): 54 – 57.
- [9] 黎金嘉. 善待农药杀螨剂炔螨特 [J]. *农药市场信息*, 2010(16): 15 – 17.
- [10] Kabir K H, Chapman R B, Penman D R. Monitoring propargite resistance in European red mite, *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) [J]. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1993, 21(2): 133 – 138.
- [11] Stavrinides M C, van Nieuwenhuysen P, van Leeuwen T, et al. Development of acaricide resistance in Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) from California vineyards [J]. *Experimental and Applied Acarology*, 2010, 50(3): 243 – 254.
- [12] 沈慧敏, 杨宝生. 二点叶螨对 16 种杀虫、杀螨剂的抗药性 [J]. *植物保护学报*, 2001, 28(4): 362 – 366.
- [13] 陈洋, 冉春, 熊琳, 等. 不同柑橘种质资源对橘全爪螨酶活性及其对药剂敏感性的影响 [J]. *西南农业学报*, 2006, 19(3): 434 – 437.
- [14] 陈道茂, 方培林, 林荷芳, 等. 橘全爪螨对克螨特抗药性测定 [J]. *浙江农业学报*, 2000, 12(5): 62 – 63.
- [15] Knowles C O. Mechanisms of resistance to acaricides [M] // *Molecular mechanisms of resistance to agrochemicals*. Berlin: Springer, 1997: 57 – 77.
- [16] Teodoro A V, Fadini M A, Lemos W P, et al. Lethal and sub – lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations [J]. *Experimental and Applied Acarology*, 2005, 36(1/2): 61 – 70.
- [17] Beers E H, Riedl H, Dunley J E. Resistance to abamectin and reversion to susceptibility to fenbutatin oxide in spider mite (Acari: Tetranychidae) populations in the Pacific Northwest [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1998, 91(2): 352 – 360.
- [18] Herron G A, Edge V E, Rophail J. The influence of fenbutatin – oxide use on organotin resistance in two – spotted mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) [J]. *Experimental and Applied Acarology*, 1994, 18(11/12): 753 – 755.
- [19] 沈娟, 黄啟良, 夏建波, 等. 分散剂及黄原胶对多菌灵悬浮剂流变性质的影响 [J]. *农药学报*, 2008(3): 354 – 360.
- [20] van Leeuwen T, van Pottelberge S, Tirry L. Comparative acaricide susceptibility and detoxifying enzyme activities in field – collected resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae* [J]. *Pest Management Science*, 2005, 61(5): 499 – 507.
- [21] Busvine J R. Recommended methods for measurement of resistance to pesticides [J]. *Plant Production and Protection*, 1980, 21: 49 – 54.
- [22] Mansour N A, Eldefrawi M E, Topozada A, et al. Toxicological studies on the Egyptian cotton leaf worm, *Prodenia litura*. VI. Potentiation and antagonism of organophosphorus and carbamate insecticides [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1966, 59(2): 307 – 311.
- [23] 王小艺, 王跃龙, 欧晓明. 农药混剂配比研究的一种实用寻优方法初探 [J]. *农药学报*, 2005, 7(1): 40 – 44.
- [24] 邓新平, 张伟, 张卫, 等. 数学模型在二元复配杀螨剂最优配比筛选中的应用 [J]. *蛛形学报*, 2005, 14(1): 28 – 32.
- [25] Sun Y P, Johnson E R. Analysis of joint action of insecticides against house flies [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1960, 53(5): 887 – 892.
- [26] He L, Gao X W, Wang J J, et al. Genetic analysis of abamectin resistance in *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2009, 95(3): 147 – 151.
- [27] Xu Z F, Zhu W Y, Liu Y C, et al. Analysis of insecticide resistance – related genes of the carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus* based on a *de novo* assembled transcriptome [J]. *PLoS One*, 2014, 9(5): e94779.
- [28] 何林, 赵志模, 邓新平, 等. 朱砂叶螨对 3 种杀螨剂的抗性选育及抗性治理研究 [J]. *中国农业科学*, 2003, 36(4): 403 – 408.
- [29] Ilias A, Roditakis E, Grispou M, et al. Efficacy of ketoenols on insecticide resistant field populations of two – spotted spider mite *Tetranychus urticae* and sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* from Greece [J]. *Crop Protection*, 2012, 42: 305 – 311.
- [30] 杨振国, 谢道燕, 江秀均, 等. 桑园专用高效安全杀螨农药的室内筛选试验 [J]. *蚕业科学*, 2015, 41(1): 48 – 52.