

不同农药单剂及混配微乳剂的环境毒性研究

高越,张润祥,王振,封云涛,范仁俊
(山西省农业科学院植物保护研究所,太原 030032)

摘要:为了研究高效氯氰菊酯、阿维菌素、甲维盐等9种单剂或混配微乳剂的安全性,笔者测试了其对环境生物的毒性大小。根据《化学农药环境安全评价试验准则》,对斑马鱼、鹤鹑、蜜蜂、桑蚕分别采用半静水式鱼毒测定法、经口染毒法、接触染毒法、食下毒叶法进行测试。在鱼毒性方面,0.2%高渗甲维盐、3%啉虫脒和20%阿维·杀虫单微乳剂表现为低或中毒,其余药剂均表现为高毒或剧毒;在鸟毒性方面,4.5%高效氯氰菊酯微乳剂表现为高毒,其余药剂均表现为低毒或中毒;在蜜蜂毒性方面,0.2%高渗甲维盐和3%啉虫脒微乳剂表现为低毒或中毒,其余均表现为高毒;在桑蚕毒性方面,所有药剂均表现为高毒或剧毒。说明啉虫脒和低含量甲维盐对鱼、鸟、蜂、蚕毒性较低,而拟除虫菊酯类杀虫剂、阿维菌素及高含量甲维盐风险性较高,在施用时应远离鱼塘、蜂场及桑树。

关键词:农药;微乳剂;环境毒性

中图分类号:S482.3

文献标志码:A

论文编号:2010-3490

Environmental Toxicity of Several Different Pesticides Single or Mixed Micro-Emulsion

Gao Yue, Zhang Runxiang, Wang Zhen, Feng Yuntao, Fan Renjun

(Plant Protection Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan 030032)

Abstract: In order to study the safety of beta-cypermethrin, avermectin, emamectin benzoate, et al, 9 single or mixed micro-emulsion, the authors tested their environmental toxicity. Using semi-hydrostatic-type, oral exposure method, food intake method, contact exposure method to test the toxicity to fish, bird, honeybees, silkworm, respectively according to 'The guidelines of chemical pesticides environmental safety evaluation'. On the toxicity to fish, 0.2% hypertonic emamectin benzoate, 3% acetamiprid and 20% avermectin. monosultap were evaluated as 'low toxic class' or 'moderate toxic class', others were 'high toxic class' or 'hypertoxic class'; on the bird toxicity, 4.5% beta-cypermethrin was evaluated as 'high toxic class', others were 'low toxic class' or 'moderate toxic class'; on the toxicity to honeybees, 0.2% hypertonic emamectin benzoate and 3% acetamiprid were evaluated as 'low toxic class' or 'moderate toxic class', others were 'high toxic class'; on the toxicity to silkworm, all the pesticides were evaluated as 'high toxic class' or 'hypertoxic class'. Shows that acetamiprid and low content emamectin benzoate behaved low toxicity to fish, bird, honeybees, silkworm, but pyrethroid insecticides, vavermectin and high content emamectin benzoate behaved high toxicity, so these insecticides should be far away from fish pond, bee yard and mulberry while applying.

Key words: pesticide; micro-emulsion; environmental toxicity

基金项目:山西省科技创新重大项目“农药水基化制剂新技术的研究创制”(2008101019);山西省科技攻关项目“高效氟氯氰菊酯水乳剂制剂优化及应用技术研究”(20100311037)。

第一作者简介:高越,男,1976年出生,山西太原人,助理研究员,硕士,主要从事植物保护研究工作。通信地址:030032 山西省太原市高新区中心街以北万立科技大厦, Tel: 0351-7124948, E-mail: gaoyue1207@sina.com。

通讯作者:范仁俊,男,1959年出生,山西运城人,研究员,硕士生导师,本科,主要从事植物保护研究工作。通信地址:030032 山西省太原市高新区中心街以北万立科技大厦,山西省农业科学院植物保护研究所, Tel: 0351-7117268, E-mail: rjfan@163.com。

收稿日期:2010-12-01, **修回日期:**2011-04-18。

0 引言

高效氯氰菊酯、高效氯氟氰菊酯、高效氟氯氰菊酯属拟除虫菊酯类杀虫剂,其作用在于改变昆虫神经膜的通透性,使中毒昆虫过度兴奋、麻痹而死亡;其对害虫以触杀、胃毒作用为主,无内吸及熏蒸作用^[1]。

阿维菌素属生物源农药,是通过微生物发酵工艺制取的一种大环内酯高效杀虫杀螨剂,主要通过胃毒和触杀作用(主要是胃毒作用)来达到目的,无熏蒸作用,内吸作用较小。当害虫咬食或虫体接触药剂后,可通过口腔、爪垫、足节窝和体壁等器官或部位进入体内,刺激释放 γ -氨基丁酸,而 γ -氨基丁酸对节肢动物的神经传导有抑制作用,可使害虫中枢神经系统的信号不能被运动神经元接受,产生麻痹而死亡。无杀卵作用。但对叶片有较好的穿透性,能渗入叶内,杀死潜藏在叶内的幼虫,还可抑制新生的幼虫潜入叶内。同时,阿维菌素还能使接触叶片上药液的雌性成虫的食量和产卵量均下降,影响繁殖能力^[2-5]。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(简称甲维盐)是新型高效半合成抗生素类杀虫杀螨剂,它主要通过增强神经传导物质,刺激氯离子快速进入神经细胞,造成细胞功能丧失并干扰神经行为,导致虫体瘫痪致死,具有超高效、低毒、低残留、无公害等生物农药的特点,对鳞翅目昆虫具有非常突出的杀虫活性^[6-7]。

啉虫脒是一种新型广谱、高效、安全杀虫剂,具有触杀、胃毒、渗透和内吸等杀虫作用,其杀虫机理主要是作用于昆虫神经系统突触后膜的烟碱乙酰胆碱受体,使昆虫麻痹而死^[8]。杀虫单属于沙蚕毒素类杀虫剂,作为一种弱的胆碱酯酶抑制剂,主要通过竞争性对烟碱型胆碱酯酶的占领而使胆碱不能与胆碱酯酶结合,阻断正常的神经节胆碱在突触间的神经传递^[9]。

笔者测定了几种不同农药单剂及复配微乳剂对鱼、鸟、蜂、蚕4种环境生物的毒性,同时观察了经不同药剂处理后4种环境生物的中毒症状,旨在明确各类农药对4种环境生物的毒性,以及药剂混用后对环境生物毒性的影响,为病虫害防治及周围环境选用药剂和对农药环境毒性评价提供科学的依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试生物

(1)试验用鱼。体长2~3 cm的斑马鱼苗,购自沈阳市于洪区前民养殖场。在试验开始前,设置10天适应期,使试验用鱼适应试验用水,和试验室环境。同时观察鱼的日常状态,分离表现异常的鱼。在鱼群背景

死亡率低于5%后,再进行试验。在正式试验前24 h停止给饵。

(2)试验用鸟。鹌鹑孵化后在沈阳顺发鹌鹑养殖场饲养21天,待能完全鉴别性别后引入试验室。鹌鹑饲以幼禽商品膨化饲料,营养成分符合幼禽生理要求。鹌鹑于不锈钢笼具中饲养,笼具规格60 cm×32 cm×32 cm,每笼10只,雌雄分别饲养。在试验开始前,设置7~10天适应期,使试验用鸟适应试验室环境。同时观察鸟的日常状态,分离表现异常的鸟。

(3)试验用蜜蜂。意大利成年工蜂,体重约0.10 g。试验用蜂在试验前从蜂箱中取出,在试验环境中保持到第2天。饲养于40 cm×40 cm×40 cm的网纱蜂笼内,用脱脂棉浸泡适量蜜水饲喂。设置1天适应期,使试验用蜂适应试验室环境。同时观察蜜蜂的日常状态,分离表现异常的蜜蜂。

(4)试验用蚕。家蚕2龄,由中国农科院桑蚕研究所提供。家蚕以新鲜桑叶饲养,营养成分符合稚蚕生理要求。试验用蚕于消毒培养皿中饲养,饲养皿直径16 cm,高2 cm,每皿20条。在试验开始前,设置1天适应期,使试验用蚕适应试验室环境。同时观察家蚕的日常状态,分离表现异常的家蚕。

1.1.2 供试药剂 4.5%高效氯氰菊酯微乳剂(山西科锋农业科技有限公司);2.5%高效氯氟氰菊酯微乳剂(山西科锋农业科技有限公司);2.5%高效氟氯氰菊酯微乳剂(山西科锋农业科技有限公司);2%阿维菌素微乳剂(山西科锋农业科技有限公司);0.2%高渗甲维盐微乳剂(山西科锋农业科技有限公司);2.2%甲维盐微乳剂(山西科锋农业科技有限公司);3%啉虫脒微乳剂(山西科锋农业科技有限公司);20%阿维·杀虫单微乳剂(山西科锋农业科技有限公司);4%甲维盐·高氯微乳剂(山西科锋农业科技有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 鱼试验 根据《化学农药环境安全评价试验准则》^[10],采用半静水式鱼毒测定方法,依据预试验结果设计染毒接触浓度,并设1个空白对照组。每组10尾鱼。试验组和空白对照组同时进行。准确称取样品,配制成母液,然后按设计浓度吸取母液,加到试验用水中,充分混匀,每个浓度组设3个平行,以不加试药为空白对照。将试验鱼放入试验缸和对照缸内,每缸10尾。于试验开始后的4、24、48、72、96 h记录中毒症状和死亡数。

1.2.2 鸟试验 根据《化学农药环境安全评价试验准则》^[10],采用经口染毒法,依据预试验结果设计给药剂量,每组鹌鹑雌雄各10只。试验组和空白对照组同时进行。

在试验前 16 h 停止给饵。将各微乳剂样品按设计剂量以蒸馏水稀释后给药,最高剂量组直接给药,采用经口给药方法,一次给足设计剂量,给药体积 0.1 mL/10 g 体重。给药后将试验鸟放回试验笼内,2 h 后恢复给食。每天上午、下午各观察 1 次,记录鹌鹑中毒症状和死亡情况,直至第 7 天。鹌鹑死亡数据以改进 Karber 法进行统计处理,求出 LD_{50} 和 95% 置信区间。

1.2.3 蜂试验 根据《化学农药环境安全评价试验准则》^[10],采用接触染毒法,依据预试验结果设计试验浓度,每组 20 只蜜蜂。同时,设立空白对照组、溶剂对照组,各组均设 3 个平行。以丙酮配制各微乳剂溶液。将蜜蜂夹于 2 层塑料网纱中固定,用微量注射器穿过网眼在蜜蜂前胸背板处点滴 1.5 μ L 药液,滴毕将蜜蜂转移到 20 cm \times 20 cm \times 20 cm 的试验蜂笼中,自由摄取蜂蜜水。试验组和溶剂对照组同时进行。染毒后在 24 h 和 48 h 进行观察,并记录蜜蜂的中毒症状和死亡情况。蜜蜂死亡结果以 Karber 法进行统计处理,计算出 LD_{50} (48 h)95% 置信区间。

1.2.4 蚕试验 根据《化学农药环境安全评价试验准则》^[10],

采用食下毒叶法,依据预试验结果设计药液浓度,每个处理 20 条家蚕。同时,设计空白对照组。试验组和空白对照组均设 3 个平行。将各微乳剂按设计浓度配制成药液,以设定浓度药液定量浸渍桑叶,以 6 mL 药液浸渍 6 g 桑叶,晾干后将治染毒桑叶饲喂家蚕,整个试验期间饲喂处理桑叶。给药后,观察并记录家蚕的中毒症状和死亡情况。每天上午、下午各观察 1 次,记录家蚕 1、4、24、48、72、96 h 中毒症状和死亡情况。以概率单位法进行统计处理,求出 96 h LC_{50} 和 95% 置信区间。

2 结果与分析

2.1 鱼试验

在 96 h 的试验期间,试验鱼接触各微乳剂药液后,均出现游动减缓、侧翻失衡。其中,以菊酯类或含有菊酯类、阿维菌素及高含量甲维盐微乳剂毒性较高;20%阿维·杀虫单微乳剂毒性次之;0.2%高渗甲维盐微乳剂、3%啶虫脒微乳剂毒性最低。根据数据进行统计处理,各微乳剂对斑马鱼毒性结果见表 1,柱状效果图见图 1。

表 1 供试药剂对斑马鱼的毒性试验结果

样品	LC_{50} (95%置信限)(96 h)/(mg/L)	毒性级别
4.5%高效氯氟菊酯微乳剂	0.00061(0.00046~0.0008)	剧毒级
2.5%高效氯氟菊酯微乳剂	0.00032(0.00026~0.00041)	剧毒级
2.5%高效氟氯菊酯微乳剂	0.0010(0.0008~0.0012)	剧毒级
2%阿维菌素微乳剂	0.08(0.07~0.10)	剧毒级
2.2%甲维盐微乳剂	0.19(0.17~0.22)	高毒级
0.2%高渗甲维盐微乳剂	27.01(21.32~34.21)	低毒级
3%啶虫脒微乳剂	25.28 (24.77~25.79)	低毒级
20%阿维·杀虫单微乳剂	2.88(2.72~3.05)	中毒级
4%甲维盐·高氯微乳剂	0.00380(0.00344~0.00410)	剧毒级

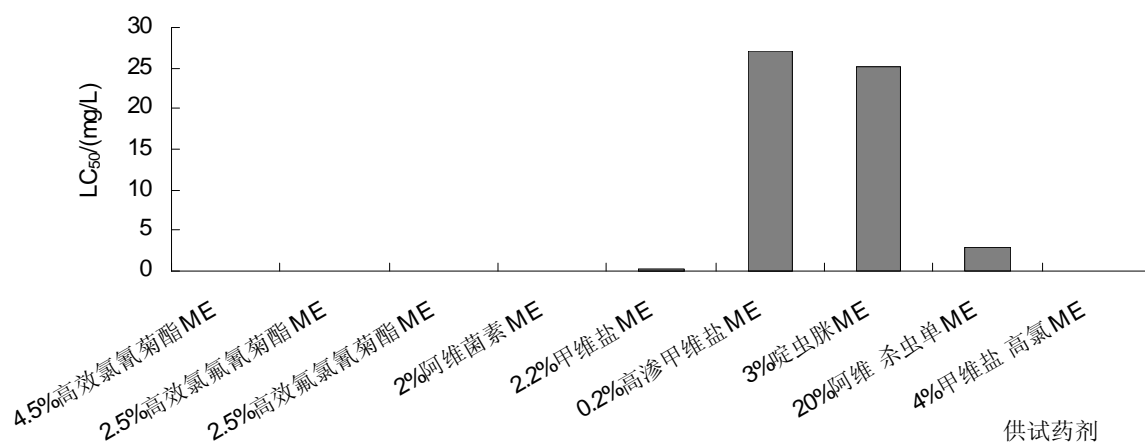


图 1 供试药剂对斑马鱼的毒性试验结果柱状图

2.2 鸟试验

4.5%高效氯氰菊酯微乳剂、2.5%高效氟氯氰菊酯微乳剂、2.5%高效氟氯氰菊酯微乳剂、2%阿维菌素微乳剂染毒0.5 h后,出现急性中毒症状,表现为抽搐、倒伏,死亡主要集中在1天内;3%啉虫脒微乳剂染毒后5 min出现急性中毒症状,表现为站立不稳、倒伏、昏迷、精神萎靡、抽搐;4%甲维盐·高氯微乳剂表现症状为羽毛蓬松、兴奋、痉挛、抽搐、呼吸困难,8 h出现死亡;20%阿维·杀虫单微乳剂表现症状为抽搐,但症状较轻;2.2%甲维盐微乳剂、0.2%高渗甲维盐微乳剂未出现明显中毒症状。按药后7天有效成分LD₅₀划分毒性级别,菊酯类或含有菊酯类、阿维菌素微乳剂毒性较高;20%阿维·杀虫单微乳剂毒性次之;2.2%甲维盐微乳剂、3%啉虫脒微乳剂、0.2%高渗甲维盐微乳剂毒性最低。所有药剂对雄性和雌性鹌鹑的毒性大小比较接近,处于同一毒性级别。试验结果见表2,柱状效果图见图2。

2.3 蜂试验

染毒后,各微乳剂处理蜜蜂出现不同程度的中毒症状。表现为乏力、迟钝、失去飞翔能力。其中以菊酯类或含有菊酯类、阿维菌素或含阿维菌素及高含量甲维盐微乳剂毒性较高;0.2%高渗甲维盐微乳剂毒性次之;3%啉虫脒微乳剂毒性最低。试验结果见表3,柱状效果图见图3。

2.4 蚕试验

在饲喂染毒桑叶后,4.5%高效氯氰菊酯微乳剂、2.5%高效氯氰菊酯微乳剂、2.5%高效氟氯氰菊酯微乳剂、3%啉虫脒微乳剂、4%甲维盐·高氯微乳剂处理家蚕出现吐液、脱肛、身体缩短至死亡症状;2%阿维菌素微乳剂、2.2%甲维盐微乳剂、0.2%高渗甲维盐微乳剂、20%阿维·杀虫单微乳剂出现脱肛、身体伸长至死亡、侧卧症状。其中以菊酯类或含有菊酯类、阿维菌素或含阿维菌素及甲维盐微乳剂毒性较高;3%啉虫脒微乳剂毒性较低,试验结果见表4,柱状效果图见图4。

表2 供试药剂对鹌鹑的毒性试验结果

样品	药后7 d LD ₅₀ (95%置信限)		毒性级别
	♂/[mg/(kg.bw)]	♀/[mg/(kg.bw)]	
4.5%高效氯氰菊酯微乳剂	23.0(19.6~27.0)	24.4(20.8~28.7)	高毒级
2.5%高效氯氰菊酯微乳剂	60.6(50.4~72.9)	51.6(43.3~61.4)	中毒级
2.5%高效氟氯氰菊酯微乳剂	63.1(52.5~75.8)	55.9(46.3~67.5)	中毒级
2%阿维菌素微乳剂	69.3(60.9~78.8)	63.8(56.3~72.1)	中毒级
2.2%甲维盐微乳剂	>220.0	>220.0	低毒级
0.2%高渗甲维盐微乳剂	>2000.0	>2000.0	低毒级
3%啉虫脒微乳剂	492.6(428.4~566.4)	492.6(422.6~574.1)	低毒级
20%阿维·杀虫单微乳剂	146.5(117.5~182.8)	134.0(109.2~164.4)	中毒级
4%甲维盐·高氯微乳剂	69.11(37.05~118.20)	69.11(37.05~118.20)	中毒级

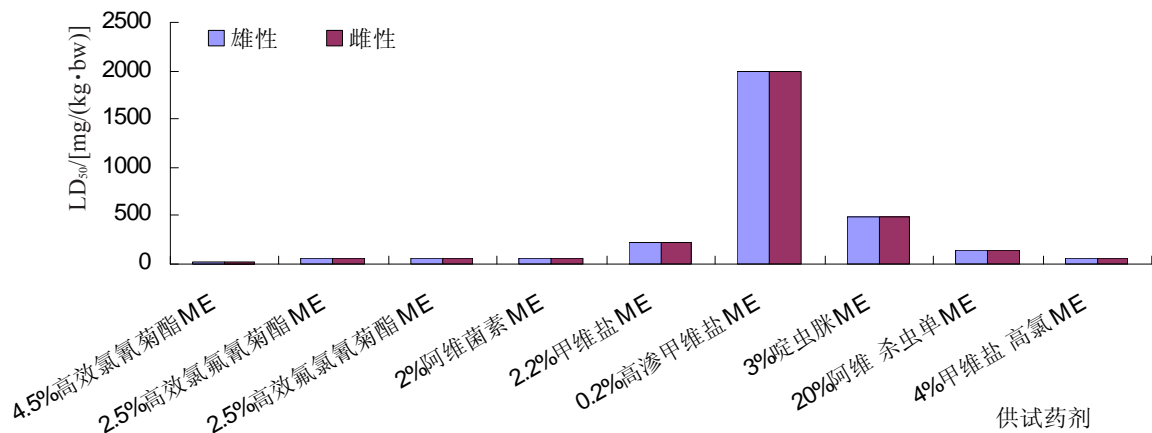


图2 供试药剂对鹌鹑的毒性试验结果柱状图

表3 供试药剂对蜜蜂的急性接触毒性试验结果

样品	药后 48 h LD ₅₀ (95%置信限)/(μg a.i./只)	毒性级别
4.5%高效氯氟菊酯微乳剂	0.0070(0.0057~0.0085)	高毒级
2.5%高效氯氟菊酯微乳剂	0.029(0.024~0.034)	高毒级
2.5%高效氟氯菊酯微乳剂	0.0041(0.0035~0.0047)	高毒级
2%阿维菌素微乳剂	0.0040(0.0035~0.0046)	高毒级
2.2%甲维盐微乳剂	0.0064(0.0052~0.0078)	高毒级
0.2%高渗甲维盐微乳剂	1.96(1.66~23.2)	中毒级
3%啶虫脒微乳剂	30.28(26.68~34.36)	低毒级
20%阿维·杀虫单微乳剂	0.856(0.726~1.008)	高毒级
4%甲维盐·高氯微乳剂	0.92(0.57~1.62)	高毒级

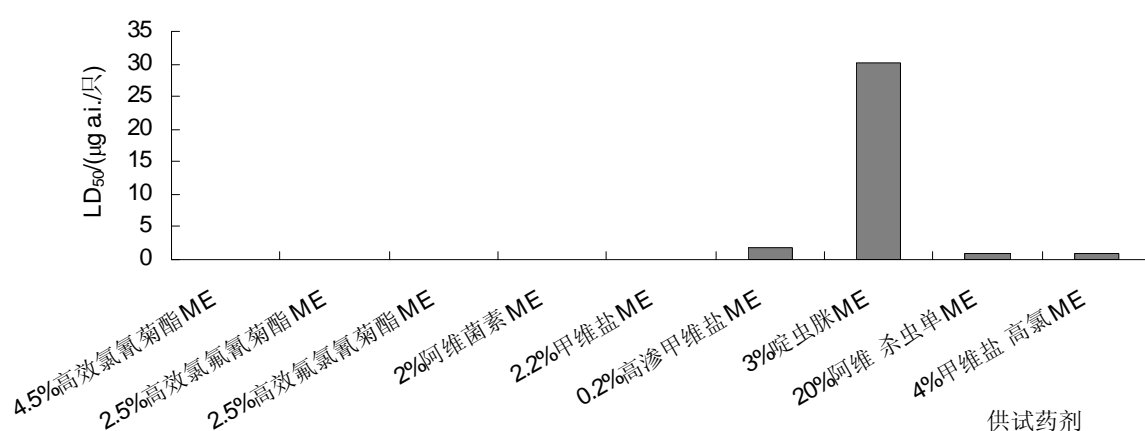


图3 供试药剂对蜜蜂的急性接触毒性试验结果柱状图

表4 供试药剂对家蚕的毒性试验结果

样品	LC ₅₀ (95%置信限)(48 h)/(mg/L)	毒性级别
4.5%高效氯氟菊酯微乳剂	>1.90	高毒级
2.5%高效氯氟菊酯微乳剂	>1.00	高毒级
2.5%高效氟氯菊酯微乳剂	>3.00	高毒级
2%阿维菌素微乳剂	>3.00	高毒级
2.2%甲维盐微乳剂	>3.00	高毒级
0.2%高渗甲维盐微乳剂	1.80(1.09~2.95)	高毒级
3%啶虫脒微乳剂	10.7(8.6~13.3)	高毒级
20%阿维·杀虫单微乳剂	0.80(0.57~1.12)	高毒级
4%甲维盐·高氯微乳剂	0.00207(0.00164~0.00263)	剧毒级

3 结论

本研究测试了高效氯氟菊酯、阿维菌素、啶虫脒等9种单剂或混配微乳剂对鱼、鸟、蜂、蚕4种环境生物的毒性大小。试验结果表明,拟除虫菊酯类杀虫剂对鱼、鸟、蜂、蚕均表现为较高毒性,阿维菌素、高含量甲维盐及2种混配药剂阿维菌素·杀虫单和甲维盐·高氯也对4种环境生物表现为较高毒性,低含量甲维盐和啶虫脒则表现为较低毒性。表明拟除虫菊酯类杀虫剂、阿

维菌素、高含量甲维盐及混配药剂阿维菌素·杀虫单和甲维盐·高氯对鱼、鸟、蜂、蚕风险性较高。

4 讨论

4.1 阿维菌素类农药微乳剂与乳油环境毒性的比较

张午中^[11]及吴声敢等^[12]分别测试了阿维菌素乳油对家蚕的安全性,均发现该药剂对家蚕表现为剧毒,而王冬兰等^[13]测试了阿维菌素乳油对意大利蜜蜂的毒性,亦发现其表现为剧毒,而本试验中测得阿维菌素微

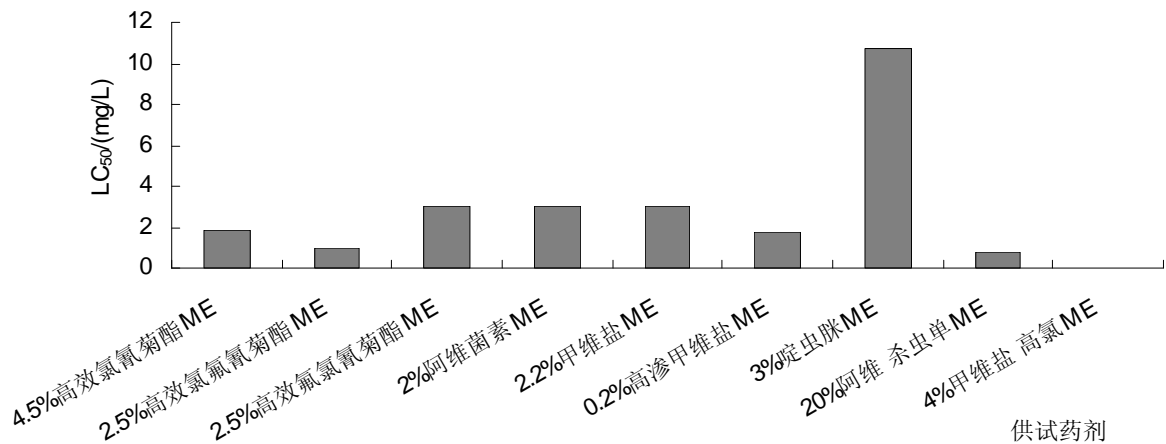


图4 供试药剂对家蚕的毒性试验结果柱状图

乳剂对家蚕及蜜蜂均表现为高毒,说明阿维菌素微乳剂对家蚕和蜜蜂的毒性有所下降。

另外,浙江大学魏方林等^[14]以及浙江农科院苍涛等^[15]分别测试了甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油对环境生物的急性毒性,发现该药剂对鹌鹑中毒^[14]或高毒^[15],对蜜蜂剧毒^[14]或高毒^[15],对家蚕剧毒,对斑马鱼高毒,而本试验中测得甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对环境生物的毒性分别为:对鹌鹑低毒,对蜜蜂高毒,对家蚕高毒,对斑马鱼高毒。

可以看出,不论是阿维菌素还是甲维盐,与乳油相比,其微乳剂制剂的毒性均有所下降,这说明通过改变加工剂型,可以使农药毒性降低。此外,微乳剂也是一种环境相容性较好的水基化剂型,与乳油相比,微乳剂以水为基质,避免了乳油产品中大量使用有机溶剂造成环境污染和产生药斑、锈斑的问题,同时在运输、贮藏、使用上具有高度安全性。因此,微乳剂是高毒、高污染农药剂型理想的替代剂型。

4.2 单剂与混配药剂环境毒性的比较

本试验分别测试了2.2%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、4.5%高效氯氰菊酯以及4%甲维盐·高氯微乳剂对环境生物的急性毒性,结果为甲维盐单剂对鹌鹑低毒,对蜜蜂高毒,对家蚕高毒,对斑马鱼高毒;高氯单剂对鹌鹑高毒,对蜜蜂高毒,对家蚕高毒,对斑马鱼剧毒;混配药剂对鹌鹑中毒,对蜜蜂高毒,对家蚕剧毒,对斑马鱼剧毒。通过比较可以看出,当高效氯氰菊酯与甲维盐进行混配后,混剂对环境生物的毒性与高效氯氰菊酯的相当,但高于甲维盐,说明这2种药剂的混配在环境生物毒性上无明显改进,原因可能为该混剂中毒性较大的高效氯氰菊酯占比例较大(高氯:甲维盐=3.7:0.3)。因此,在进一步的研究中,应以降低混剂的环境生物毒性为目标,寻找合适的比例,既保证杀虫效果,又对环境生物友好。

参考文献

- [1] 华纯.拟除虫菊酯类农药的进展和剂型[J].世界农药,2009(5):39-44.
- [2] 马志卿,陈安良,冯俊涛,等.阿维菌素和氟虫腈对粘虫的毒杀作用比较[J].农药学报,2003,5(4):37-41.
- [3] 杨向黎,陈春丽,李杰,等.2.5%高效氟氰菊酯乳油防治棉铃虫药效试验总结[J].山东省农业管理干部学院学报,2005,23(5):175-176.
- [4] Mandal K, Chahil GS, Sahoo SK, et al. Dissipation kinetics of beta-cyfluthrin and imidacloprid in brinjal and soil under subtropical conditions of Punjab, India[J].Bull Environ Contam Toxicol,2010,84(2):225-229.
- [5] Mukherjee I, Gopal M, Mathur DS. Behavior of beta-cyfluthrin after foliar application on chickpea (*cicer arietinum* L.) and pigeon pea (*cajanus cajan* L.)[J].Bull Environ Contam Toxicol,2007,78(1):85-89.
- [6] 毕富春,徐风波.甲氨基阿维菌素苯甲酸盐研究概述[J].农药科学与管理,2002,23(3):31-33.
- [7] 王亚廷,刘亚敏,李波,等.4.3%高氯·甲维盐微乳剂的研制[J].现代农药,2007,6(4):21-23.
- [8] 魏书娟,宗建平,王海迎,等.啶虫脒不同施药方法在甘蓝中的残留及其对蚜虫的防效[J].农药研究与应用,2009,13(2):25-28.
- [9] 蒋迎,陈刘汪.杀虫单在水稻及稻田中的残留动态研究[J].浙江农业科学,2009(2):410-414.
- [10] 国家环境保护局.化学农药环境安全评价试验准则[M].1989.
- [11] 张午中,白锡川,吴明亮.阿维菌素对家蚕毒性试验[J].江苏蚕业,2007(3):54-56.
- [12] 吴声敢,王强,赵学平,等.阿维菌素和氟虫腈对家蚕毒性与安全性评价研究[J].浙江农业学报,2004,16(5):309-312.
- [13] 王冬兰,刘贤进,张存政,等.阿维菌素和吡虫啉对意大利蜂的联合毒性作用[J].江苏农业科学,2006(1):146-148.
- [14] 魏方林,朱金文,李少南,等.甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油对环境生物的急性毒性研究[J].农药科学与管理,2008,29(3):19-24.
- [15] 苍涛,赵学平,吴长兴,等.甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对4种非靶生物毒性及安全性评价[J].农药,2007,46(7):481-483.