

◆ 残留与环境 ◆

## 3种蜜蜂对农药的敏感性差异研究

刘琼<sup>1,2</sup>, 袁善奎<sup>1,2\*</sup>, 王永江<sup>1,2</sup>, 宋伟华<sup>1,2</sup>, 陈红英<sup>1,2</sup>, 刘海林<sup>1,2</sup>

(1. 农业农村部农药检定所, 北京 100125; 2. 农业农村部农药评价重点实验室, 北京 100125)

**摘要:**为了探究不同种蜜蜂对农药的敏感性差异,在室内测定了3种蜜蜂对3种不同作用机理杀虫剂的敏感性差异。结果表明,3种供试杀虫剂灭多威、吡虫啉和溴氰虫酰胺对意大利蜜蜂、中华蜜蜂和卡尼鄂拉蜂的急性经口和急性接触毒性均为高毒,但意大利蜜蜂和卡尼鄂拉蜂对3种药剂的敏感性差异较小,在3倍以内;意大利蜜蜂与中华蜜蜂对灭多威和溴氰虫酰胺的敏感性差异较小,对吡虫啉的敏感性差异较大,急性经口毒性差异高达25.1倍。为了更好地保护蜜蜂种质资源,在开展农药环境风险评估过程中,应考虑尽可能测试更多种类的蜜蜂。

**关键词:**意大利蜜蜂;中华蜜蜂;卡尼鄂拉蜂;农药;毒性

中图分类号:TQ 450.2+6 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2025.03.009

### Study on the sensitivity differences to pesticides among three species of bees

LIU Qiong<sup>1,2</sup>, YUAN Shankui<sup>1,2\*</sup>, WANG Yongjiang<sup>1,2</sup>, SONG Weihua<sup>1,2</sup>, CHEN Hongying<sup>1,2</sup>, LIU Hailin<sup>1,2</sup>

(1. Institute for the control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 2. Key Laboratory of Pesticide Evaluation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China)

**Abstract:** In order to investigate the sensitivity differences of different bee species to pesticides, the sensitivity of three bee species to three insecticides with different mechanisms of action were tested in laboratory. The results showed that the three tested insecticides, methomyl, imidacloprid and cyantraniliprole had high acute oral and contact toxicity to *Apis mellifera*, *A. cerana cerana* and *A. mellifera carnica*. However, the sensitivity differences between *A. mellifera* and *A. mellifera carnica* to three insecticides were relatively small, within three times. The sensitivity differences between *A. mellifera* and *A. cerana cerana* to methomyl and cyantraniliprole were relatively small, while the sensitivity differences to imidacloprid were significant, and the acute oral toxicity difference was as high as 25.1 times. In order to protect honeybee resources better, it is necessary to consider testing as many bee species as possible during the environmental risk assessment of pesticides.

**Key words:** *Apis mellifera*; *A. cerana cerana*; *A. mellifera carnica*; pesticide; toxicity

农业生产离不开农药的使用,而蜜蜂对农药又极为敏感。1990年至今,全球多个国家出现因农药中毒导致蜜蜂群体死亡和蜂群数量骤减的现象<sup>[1]</sup>。蜜蜂数量的减少不仅会直接影响植物的繁殖和产量,也对人类粮食供给和生态环境产生一定的冲击,保护蜜蜂就是保护整个自然生态系统的健康和平衡发展。目前,中国饲养的蜜蜂分为两大类:东方蜜

蜂和西方蜜蜂。东方蜜蜂主要指中华蜜蜂,它是中国独有的当家品种。中华蜜蜂飞行敏捷,嗅觉灵敏,能够利用零星蜜源植物。与意大利蜜蜂相比,它的采集力强、采蜜期长、消耗饲料少,非常适合中国山区定点饲养,但其蜂王日产卵量比西方蜜蜂少,所以群势小。西方蜜蜂包括意大利蜜蜂、东北黑蜂、卡尼鄂拉蜂等。意大利蜜蜂原产于地中海中部的亚平宁

收稿日期:2024-11-07

基金项目:国家重点研发计划(2023YFD1701300)

作者简介:刘琼(1983—),女,主要从事农药生态毒理研究工作。E-mail:373774668@qq.com

通信作者:袁善奎(1976—),男,研究员,主要从事农药环境风险评估研究与管理。E-mail:skyyuan76@sina.com

半岛,属黄色蜂种。意大利蜜蜂繁殖力强、产量高,很受蜂农欢迎。其除在华南亚热带地区越冬困难,在西藏地区无饲养外,在全国其他地区均有饲养,成为国内人工饲养的主要蜜蜂品种。卡尼鄂拉蜂原产于巴尔干半岛北部的多瑙河流域,20世纪50年代引入中国。经过几十年的选育、驯化,卡尼鄂拉蜂及其杂交品种现在已经成为我国养蜂生产中的重要品种之一。卡尼鄂拉蜂产蜜力强,在群势相同的情况下,其产蜜量高于意大利蜜蜂的20%~30%,是生产蜂蜜的理想蜂种。

蜜蜂作为杀虫剂的非靶向性昆虫,有研究发现,全球近3/4的蜂蜜样本检出杀虫剂残留<sup>[2]</sup>。鉴于蜜蜂是一种重要的传粉昆虫,我国农药登记管理要求测试农药对蜜蜂的毒性,并评估其风险,其中推荐的受试蜜蜂为意大利蜜蜂。由于生物试材本身存在一定的差异性,不同品种蜜蜂对药剂的敏感性也会存在一定差异。目前,关于意大利蜜蜂的研究很多,只有极少数研究涉及其他蜜蜂品种。为了评估不同种类蜜蜂对农药的敏感性差异,更好地保护蜜蜂种群,本研究选择了3种有代表性的、已知毒性的不同作用机制杀虫剂作为试验材料,比较它们对中华蜜蜂、意大利蜜蜂、卡尼鄂拉蜂的敏感性差异。其中,吡虫啉(imidacloprid)作为目前市场上应用广泛的新烟碱类杀虫剂,具有广谱、高效、低毒、低残留等优点,被广泛应用于粮食和经济作物<sup>[3]</sup>。灭多威(methomyl)是一种常用的有机磷类内吸性杀虫剂,具有很强的触杀作用,可以有效杀死多种害虫的卵、幼虫和成虫,但它在环境中半衰期长,容易残留于土壤、地下水、湖泊和海洋中<sup>[4]</sup>。溴氰虫酰胺(cyantraniliprole)是杜邦公司继氯虫苯甲酰胺之后,成功开发的第2代鱼尼丁受体抑制剂类杀虫剂,通过激活昆虫鱼尼丁受体的钙离子通道,引起细胞内钙离子大量释放,进而导致昆虫肌肉收缩、麻痹而中毒死亡<sup>[5]</sup>。其可有效防治鳞翅目、半翅目和鞘翅目害虫<sup>[6]</sup>。本研究旨在评估现行农药登记评价体系中,选取意大利蜜蜂作为供试蜜蜂的合理性,为全面评估农药对蜜蜂的安全性提供理论参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试农药:98%灭多威原药,撒尔夫(河南)农化有限公司生产并提供;97.4%吡虫啉原药、97%溴氰虫酰胺原药为实验室保存样品。待测农药分别用丙酮配制成 $1.0 \times 10^4 \mu\text{g/mL}$ 的母液,4℃冰箱储存备用。

供试生物:意大利蜜蜂(*Apis mellifera*)、中华蜜蜂(*A. cerana cerana*)和卡尼鄂拉蜂(*A. mellifera carnica*),均购于北京市农翼友蜜蜂养殖场。饲养条件均为室外人工驯养,试验时选择健康无病、大小一致的成年工蜂。

### 1.2 试验方法

参考《化学农药环境安全评价试验准则 第10部分:蜜蜂急性毒性试验》(GB/T 31270.10—2014)<sup>[7]</sup>,测试供试农药对蜜蜂的急性毒性。

#### 1.2.1 急性经口毒性试验

根据预实验结果设置5~7个剂量组,被试药剂用丙酮溶解,同时设置溶剂及空白对照组,每个处理组设3次重复,每次重复10只蜜蜂。把贮蜂笼内的蜜蜂引入试验笼中,将配制好的一系列试验药液加入试验用饲喂器中。每个饲喂器加入200  $\mu\text{L}$ 试验药液,溶剂对照加入200  $\mu\text{L}$ 溶剂,空白对照加入200  $\mu\text{L}$  50%蔗糖水溶液。4~6 h后将饲喂器取出,换用不含供试物的50%蔗糖水溶液进行饲喂。对试验处理药液的消耗量进行测定,计算得到正式试验实际剂量。观察蜜蜂染毒后症状,并记录24、48 h死亡蜂数。

#### 1.2.2 急性接触毒性试验

根据预实验结果设置5~7个剂量组,被试药剂用丙酮溶解,同时设置溶剂及空白对照组,每个处理设置3次重复,每次重复10只蜜蜂。将贮蜂笼内的蜜蜂用氮气进行麻醉后,用连续进样器将配制好的一系列试验药液点滴在蜜蜂前胸背板处,点滴量为1  $\mu\text{L}$ /蜂,待蜜蜂身上的药液晾干后,转入试验笼饲养,试验期间用50%蔗糖水溶液进行饲喂。观察蜜蜂染毒后症状,并记录24、48 h死亡蜂数。

#### 1.2.3 数据统计分析及毒性评价

用SPSS 22.0统计软件处理48 h急性毒性试验数据,得出48 h的LD<sub>50</sub>和95%置信区间。依据《化学农药环境安全评价试验准则 第10部分:蜜蜂急性毒性试验》<sup>[7]</sup>毒性划分标准,判断3种农药对3种不同蜂群的毒性等级。

## 2 结果分析

### 2.1 3种蜜蜂的急性中毒症状

在急性经口毒性试验中,经过3种药剂处理后的蜜蜂在高剂量时均表现出不同程度的拒食现象。试验过程中出现反应迟钝、行动缓慢、身体蜷缩、双翅张开等中毒症状,同一药剂对不同品种蜜蜂的中毒症状一致。在急性接触毒性试验中,3种药剂处理后的蜜蜂均出现身体蜷缩、双翅张开等中毒症状,

同一药剂对不同品种蜜蜂的中毒症状一致。

## 2.2 3种蜜蜂的急性毒性试验结果

急性毒性试验结果如表1所示。98%灭多威原药对意大利蜜蜂、中华蜜蜂和卡尼鄂拉蜂的急性经口LD<sub>50</sub>(48 h)分别为0.135 0、0.057 9和0.099 0 μg/蜂,毒性等级均为高毒,最高与最低相差2.3倍;对意大利蜜蜂、中华蜜蜂和卡尼鄂拉蜂的急性接触LD<sub>50</sub>(48 h)分别为0.105 0、0.092 0和0.059 0 μg/蜂,毒性等级均为高毒,最高与最低相差1.8倍。

97.4%吡虫啉原药对意大利蜜蜂、中华蜜蜂和卡尼鄂拉蜂的急性经口LD<sub>50</sub>(48 h)分别为0.098 5、

0.003 8和0.086 8 μg/蜂,毒性等级均为高毒,最高与最低相差25.8倍;对意大利蜜蜂、中华蜜蜂和卡尼鄂拉蜂的急性接触LD<sub>50</sub>(48 h)分别为0.055 3、0.005 6和0.021 30 μg/蜂,毒性等级均为高毒,最高与最低相差9.8倍。97%溴氰虫酰胺原药对意大利蜜蜂、中华蜜蜂和卡尼鄂拉蜂的急性经口LD<sub>50</sub>(48 h)分别为0.239 0、0.180 0和0.236 0 μg/蜂,毒性等级均为高毒,最高与最低相差1.3倍;对意大利蜜蜂、中华蜜蜂和卡尼鄂拉蜂的急性接触LD<sub>50</sub>(48 h)分别为0.229 0、0.118 0和0.163 0 μg/蜂,毒性等级均为高毒,最高与最低相差1.9倍。

表1 3种蜜蜂对3种杀虫剂的急性毒性试验结果

供试农药	供试蜂群	毒性途径	LD <sub>50</sub> (48 h)/(μg/蜂)	95%置信限/(μg/蜂)	毒力回归曲线方程	毒性等级
灭多威	意大利蜜蜂	经口	0.135 0	0.105 0~0.163 0	y=6.198+7.130x	高
		接触	0.105 0	0.101 0~0.108 0	y=9.060+9.254x	高
	中华蜜蜂	经口	0.057 9	0.051 1~0.065 0	y=3.035+2.452x	高
		接触	0.092 0	0.082 0~0.102 0	y=3.152+3.042x	高
	卡尼鄂拉蜂	经口	0.099 0	0.089 2~0.111 0	y=3.252+3.238x	高
		接触	0.059 0	0.052 7~0.066 1	y=2.999+2.440x	高
吡虫啉	意大利蜜蜂	经口	0.095 8	0.071 1~0.119 0	y=2.830+2.779x	高
		接触	0.055 3	0.048 4~0.062 1	y=3.429+2.728x	高
	中华蜜蜂	经口	0.003 8	0.002 8~0.005 1	y=13.156+5.441x	高
		接触	0.005 6	0.000 3~0.040 5	y=6.695+2.975x	高
	卡尼鄂拉蜂	经口	0.086 8	0.051 5~0.154 0	y=1.819+1.713x	高
		接触	0.021 3	0.019 1~0.023 7	y=4.138+2.475x	高
溴氰虫酰胺	意大利蜜蜂	经口	0.239 0	0.207 0~0.275 0	y=2.359+3.791x	高
		接触	0.229 0	0.182 0~0.290 0	y=1.463+2.285x	高
	中华蜜蜂	经口	0.180 0	0.156 0~0.207 0	y=2.914+3.907x	高
		接触	0.118 0	0.094 0~0.150 0	y=2.151+3.321x	高
	卡尼鄂拉蜂	经口	0.236 0	0.205 0~0.271 0	y=2.330+3.713x	高
		接触	0.163 0	0.132 0~0.202 0	y=2.065+2.624x	高

从同一药剂对3种蜜蜂的急性经口毒性结果看,98%灭多威原药对3种蜜蜂的毒性表现为中华蜜蜂>卡尼鄂拉蜂>意大利蜜蜂,对中华蜜蜂的毒性是意大利蜜蜂的2.3倍,对卡尼鄂拉蜂的毒性是意大利蜜蜂的1.4倍,供试药剂对3种蜜蜂的敏感性差异较小,在3倍以内。97.4%吡虫啉原药对3种蜜蜂的毒性表现为中华蜜蜂>卡尼鄂拉蜂>意大利蜜蜂,对中华蜜蜂的毒性是意大利蜜蜂的25.1倍,对卡尼鄂拉蜂的毒性是意大利蜜蜂的1.1倍,供试药剂对意大利蜜蜂与卡尼鄂拉蜂的敏感性差异较小,在3倍以内,但与中华蜜蜂的敏感性相对较大。97%溴氰虫酰胺原药对3种蜜蜂的毒性表现为中华蜜蜂>卡尼鄂拉蜂>意大利蜜蜂,对中华蜜蜂的毒性是意

大利蜜蜂的1.3倍,对卡尼鄂拉蜂的毒性是意大利蜜蜂的1.0倍,供试药剂对3种蜜蜂的敏感性差异较小,均在2倍以内。

从同一药剂对3种蜜蜂的急性接触毒性结果看,98%灭多威原药对3种蜜蜂的毒性表现为卡尼鄂拉蜂>中华蜜蜂>意大利蜜蜂,对中华蜜蜂的毒性是意大利蜜蜂的1.1倍,对卡尼鄂拉蜂的毒性是意大利蜜蜂的1.8倍,供试药剂对3种蜜蜂的敏感性差异较小,均在2倍以内。97.4%吡虫啉原药对3种蜜蜂的毒性表现为中华蜜蜂>卡尼鄂拉蜂>意大利蜜蜂,对中华蜜蜂的毒性是意大利蜜蜂的9.8倍,对卡尼鄂拉蜂的毒性是意大利蜜蜂的2.6倍,供试药剂对3种蜜蜂的敏感性差异较小,均在10倍以内。97%

溴氰虫酰胺原药对3种蜜蜂的毒性表现为中华蜜蜂>卡尼鄂拉蜂>意大利蜜蜂,对中华蜜蜂的毒性是意大利蜜蜂的1.9倍,对卡尼鄂拉蜂的毒性是意大利蜜蜂的1.4倍,供试药剂对3种蜜蜂的敏感性差异较小,均在2倍以内。

### 3 讨论

本文研究结果表明,与意大利蜜蜂和卡尼鄂拉蜂相比,中华蜜蜂对吡虫啉敏感性差异相对较大,尤其是急性经口毒性,差异高达25.1倍,这与李梦<sup>[8]</sup>的研究结果相符合,中华蜜蜂相比于意大利蜜蜂对新烟碱类杀虫剂更敏感。针对新烟碱类杀虫剂,登记管理时只采用对意大利蜜蜂的评估数据,不能完全涵盖对我国本土物种中华蜜蜂的风险。3种蜜蜂对灭多威和溴氰虫酰胺的敏感性差异不大,均在3倍以内,采用意大利蜜蜂评估数据完全可以起到保护其他蜜蜂种群的作用。因此,在环境风险评估中选择意大利蜜蜂作为试验生物可以覆盖对卡尼鄂拉蜂的风险,但不能完全覆盖对中华蜜蜂的风险,这与王瀛寰等<sup>[9]</sup>的研究结果一致。由于中华蜜蜂是我国的本土蜜蜂种群,对保护蜜蜂种质资源和生物多样性具有重要意义,建议在实际风险评估中,尤其是针对一些新的作用机制的农药,应尽可能测试更多种类的蜜蜂品种。

从急性毒性试验结果来看,上述3种杀虫剂对蜜蜂均为高毒,存在潜在高风险性,这与林涛等<sup>[10]</sup>、孟顺龙等<sup>[4]</sup>、苍涛等<sup>[11]</sup>和谭丽超等<sup>[12]</sup>的研究结果一致。但本研究主要测试了3种蜜蜂成蜂在农药急性经口和急性接触毒性方面的敏感性差异,未开展在

蜜蜂幼虫急性毒性及慢性毒性方面对农药的敏感性差异研究,待将来进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 卜元卿,单正军,周军英,等. 农药对蜜蜂生物毒性及安全性评价研究回顾[J]. 农药, 2009, 48(6): 399-401.
- [2] MITCHELL E, MULHAUSER B, MULOT M, et al. A worldwide survey of neonicotinoids in honey[J]. Science, 2017, 358(6359): 109-111.
- [3] 冯建国. 苹果病虫草害防治手册[M]. 北京: 金盾出版社, 2014: 289.
- [4] 孟顺龙,陈锋,陈曦,等. 灭多威对藻-溘-鱼典型水生食物链生物的急性毒性研究[J]. 中国农学通报, 2023, 39(23): 121-126.
- [5] TEIXEIRA L A, ANDALORO J T. Diamide insecticides: global efforts to address insect resistance stewardship challenges[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2013, 106(3): 76-78.
- [6] 孙丽娜,闫晓静,芮昌辉,等. 以昆虫鱼尼丁受体为靶标的化合物活性筛选方法研究进展[J]. 农药学报, 2010, 12(4): 402-407.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 化学农药环境安全评价试验准则 第10部分: 蜜蜂急性毒性试验: GB/T 31270.10—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [8] 李梦. 新烟碱类杀虫剂胁迫下中、意蜂行为和生理响应的比较研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2018.
- [9] 王瀛寰,张艳峰,张旭,等. 五种农药对中华蜜蜂和意大利蜜蜂经口的毒性比较[J]. 农药学报, 2012, 14(4): 453-456.
- [10] 林涛,游泳,郑丽祯,等. 3种双酰胺类杀虫剂制剂对环境非靶标生物的急性毒性[J]. 农药学报, 2015, 17(6): 757-762.
- [11] 苍涛,王彦华,吴长兴,等. 新烟碱类杀虫剂对蜜蜂的急性毒性及风险评估[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(4): 285-292.
- [12] 谭丽超,卜元卿,程燕,等. 吡虫啉对蜜蜂幼虫的室内毒性研究[J]. 生态毒理学报, 2016, 11(4): 253-257.

(编辑:顾林玲)

(上接第60页)

析方法,采用ZORBAX SB C<sub>18</sub>色谱柱,以乙腈+0.05%磷酸水溶液为流动相,在波长245 nm时检测。该方法具有分离效果、线性关系良好,精密度、准确度高特点,适用于13%氯氟吡啶酯·氟氟草酯乳油的日常检测 and 实际生产中对质量控制的要求。

#### 参考文献

- [1] 顾林玲,柏亚罗. 新颖芳基吡啶甲酸酯类除草剂——氟氟吡啶酯和氯氟吡啶酯[J]. 现代农药, 2017, 16(1): 44-48.
- [2] 许梦娇,孙徐涛,彭震,等. 氯氟吡啶酯对水稻的安全性及选择性机制研究[J]. 南京农业大学学报, 2023, 46(6): 1069-1076.
- [3] 刘洋,赵秀梅,王立达,等. 氯氟吡啶酯与敌稗茎叶处理对水稻产量及田间杂草防治效果的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2023(11):

67-71.

- [4] 朱友理,吴小美,何东兵. 氯氟吡啶酯在机插稻田杂草防除中的应用技术[J]. 现代农药, 2021, 20(3): 56-60; 64.
- [5] 李广雨,黄元炬,王春,等. 黑龙江省稻田稗草对氟氟草酯抗性研究及药剂筛选[J]. 农药, 2024, 63(8): 620-624.
- [6] 谭正堂,付宇,何钰,等. HPLC法分析30%氟氟草酯·噁唑酰草胺可分散油悬浮剂[J]. 农药, 2024, 63(7): 507-509; 527.
- [7] 张思思,刘敏,方宇航,等. 稻田稗草种群对氟氟草酯的抗性水平和抗性机理初探[J]. 现代农药, 2024, 23(3): 17-22.
- [8] 凌舟洋,应小军. 氯氟吡啶酯+氟氟草酯防除单季直播稻杂草的效果[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(4): 586-587.
- [9] 董灵江,黄贤夫,陈海波,等. 氯氟吡啶酯与氟氟草酯混配防除早稻直播田杂草效果探索[J]. 新农业, 2017(9): 23-26.

(编辑:顾林玲)