

DOI: 10.7524/AJE.1673-5897.20181116001

谭丽超, 程燕, 卜元卿, 等. 新烟碱类农药在我国的登记现状及对蜜蜂的初级风险评估[J]. 生态毒理学报, 2019, 14(6): 292-303

Tan L C, Cheng Y, Bu Y Q, et al. Registration status review and primary risk assessment to bees of neonicotinoid pesticides [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2019, 14(6): 292-303 (in Chinese)

新烟碱类农药在我国的登记现状及对蜜蜂的初级风险评估

谭丽超, 程燕*, 卜元卿, 周军英, 单正军

生态环境部南京环境科学研究所, 国家环境保护农药环境评价与污染控制重点实验室, 南京 210042

收稿日期: 2018-11-16 录用日期: 2019-08-01

摘要: 调研已开发的包括吡虫啉、噻虫嗪、噻虫胺、啉虫脒、噻虫啉、呋虫胺、烯啶虫胺、环氧虫啉、氯噻啉、啶虫啉和氟啶虫胺胍在内的 11 种新烟碱类农药在我国的登记现状。根据已登记的新烟碱农药的使用方法, 开展了不同暴露场景下蜜蜂的初级风险评估。结果表明, 喷施场景下, 吡虫啉、噻虫嗪、噻虫胺、啉虫脒、呋虫胺、氟啶虫胺胍和氯噻啉这 7 种新烟碱类农药在不同作物上使用对蜜蜂的风险商值均大于 1, 风险均不可接受; 啉虫脒、啶虫啉和噻虫啉在所有登记作物上使用对蜜蜂的风险商值均小于 1, 风险可接受。土壤或种子处理场景下, 除噻虫啉外, 其余 4 种新烟碱类农药包括吡虫啉、噻虫胺、噻虫嗪和呋虫胺对蜜蜂的风险商值均大于 1, 风险均不可接受。评估结果可为新烟碱类农药在我国的登记管理提供科学参考。

关键词: 新烟碱类农药; 蜜蜂; 初级风险评估; 登记现状

文章编号: 1673-5897(2019)6-292-12 中图分类号: X171.5 文献标识码: A

Registration Status Review and Primary Risk Assessment to Bees of Neonicotinoid Pesticides

Tan Lichao, Cheng Yan*, Bu Yuanqing, Zhou Junying, Shan Zhengjun

Key Laboratory of Pesticide Environmental Assessment and Pollution Control, Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042, China

Received 16 November 2018 accepted 1 August 2019

Abstract: The registration status of eleven neonicotinoid pesticides (imidacloprid, thiamethoxam, acetamiprid, thiacloprid, dinotefuran, nitenpyram, cycloxaprid, imidaclothiz, paichongding and sulfoxaflor) in China were reviewed. Then primary risk assessments of the neonicotinoid pesticides currently registered in China to honey bees were conducted in different exposure scenario. Ten neonicotinoid pesticides were applied by spraying, among which the risk quotient (RQ) values of seven pesticides (imidacloprid, thiamethoxam, clothianidin, nitenpyram, dinotefuran, sulfoxaflor and imidaclothiz) were all greater than 1, revealing the unacceptable risk of these neonicotinoid pesticides to honey bees; while the RQ values of the remaining three pesticides (acetamiprid, paichongding and thiacloprid) were all less than 1, which means the risk of these neonicotinoid pesticides to honey bees are acceptable. Five neonicotinoid pesticides were applied through soil or seed treatment, among which the RQ values of four pesticides

基金项目: 环境保护部标准项目“农药生态风险评价程序与方法”(No. 2014-72)

作者简介: 谭丽超(1985—), 女, 助理研究员, 研究方向为农药环境毒理及生态风险评价, E-mail: tclidemengxiang@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: chynies@163.com

(imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam and dinotefuran) were greater than 1, which means the risk of these neonicotinoid pesticides to honey bees are unacceptable, and the thiacloprid showed a low risk to honey bees. The results of risk assessment could provide reference for the registration and management of neonicotinoid pesticides in China.

Keywords: neonicotinoid pesticides; honeybee; primary risk assessment; registration status

蜜蜂属节肢动物门、昆虫纲、膜翅目、蜜蜂科、蜜蜂属,是自然界中最主要的授粉昆虫,对促进作物高产、保护植物多样性、维护生态系统平衡具有重要作用。新烟碱类杀虫剂是一类新兴的农药,具有与生物碱尼古丁(又称烟碱)相同的药效官能团,其作用原理是作用于昆虫神经肌肉功能的基础——胆碱能信号,通过阻碍胆碱能信号的传导,控制昆虫行为,使昆虫过度兴奋或麻痹,从而致使昆虫丧失控制行为的能力。因其具有高效和广谱的杀虫特性、独特新颖的作用方式、良好的根部内吸性、低哺乳动物毒性等特点被广泛应用于农业生产中。据欧洲食品安全总局(EFSA)报道,截至2012年,新烟碱类杀虫剂已被全球120多个国家登记使用,涉及作物达1000多种^[1]。目前已经开发的新烟碱类杀虫剂有11种,包括噻虫嗪(thiamethoxam)、吡虫啉(imidacloprid)、噻虫胺(clothianidin)、啉虫脒(acetamiprid)、噻虫啉(thiacloprid)、呋虫胺(dinotefuran)、烯啶虫胺(nitenpyram)、环氧虫啉(cycloxaprid)、氯噻啉(imidaclothiz)、啉虫啉(暂无英文名称)和氟啉虫胺脒(sulfoxaflo^r)^[2]。过去20年,新烟碱类杀虫剂成为全球使用最广泛、增长最快的杀虫剂。然而,近年来,由于新烟碱类杀虫剂对蜜蜂等传粉昆虫的潜在风险,受到强烈关注。目前,国内外研究大多关注某一种或某几种新烟碱类农药对蜜蜂的急性、亚急性毒性及对蜜蜂行为、生理等方面的影响^[3-9]。对新烟碱类农药的登记情况以及对蜜蜂的风险评估的研究极少。

本文首先对吡虫啉、噻虫嗪、噻虫胺、啉虫脒、噻虫啉、呋虫胺、烯啶虫胺、环氧虫啉、氯噻啉、啉虫啉和氟啉虫胺脒等11种新烟碱类农药在我国的登记情况进行调研,然后对这些农药品种在我国使用条件下对蜜蜂的风险进行初级风险评估,旨在为新烟碱类农药在我国的登记管理提供科学参考。

1 研究方法(Study methods)

1.1 新烟碱类农药在我国的登记查询

通过查询《中国农药信息网》^[10],对吡虫啉、噻虫嗪、噻虫胺、啉虫脒、噻虫啉、呋虫胺、烯啶虫胺、环氧虫啉、氯噻啉、啉虫啉和氟啉虫胺脒等11种新烟碱类农药在我国的登记情况进行整理,包括登记作

物类型、用量和使用方法等。

1.2 在我国登记的新烟碱类农药对蜜蜂的初级风险评估

通过查询“农药电子手册(e-pesticide manual)”^[11]和农药特性数据库(Pesticide Properties Database, PPDB)^[12],获得在我国登记的新烟碱类农药对蜜蜂的急性经口和接触半致死剂量(LD₅₀)。根据《农药登记 环境风险评估指南 第4部分:蜜蜂》(NY/T 2882.4—2016),对这些品种对蜜蜂的风险进行初级评估^[13]。

《农药登记 环境风险评估指南 第4部分:蜜蜂》(NY/T 2882.4—2016)设定了喷施场景和土壤或种子处理2种暴露场景。当农药直接喷施于作物时,则在喷施场景下进行评估。当农药使用方法为土壤处理或种子处理时,如农药具有内吸性,则在土壤或种子处理场景下进行风险评估。

对于喷施场景,初级暴露分析不计算预测暴露剂量(PED),采用农药单次最高施药剂量作为暴露量;初级效应分析不计算预测无效应剂量(PNED),仅使用蜜蜂急性经口或接触毒性较高的半致死剂量(LD₅₀)。最后根据如下公式计算风险商值(RQsp):

$$RQsp = AR / (LD_{50} \times 50) \quad (1)$$

式中:RQsp为喷施农药暴露场景的风险商值;AR为推荐的农药单次最高施用量,单位为g a.i.·hm⁻²;LD₅₀为蜜蜂急性经口或接触毒性中毒性较高的半致死剂量,单位为μg a.i.·蜂⁻¹。

对于土壤或种子处理场景,用花粉和花蜜中的农药残留量乘以蜜蜂每日花粉和/或花蜜摄食量,估算得到花粉、花蜜中内吸性农药的预测暴露剂量(PEDsys)。当残留数据不可靠或者缺少残留数据时,花粉和花蜜中的残留量采用默认值1 mg a.i.·kg⁻¹花粉或花蜜。当缺少单只蜜蜂的最高日摄食量实测数据时,采用默认值0.128 g·蜂⁻¹;初级效应分析用有效成分对蜜蜂的急性经口半致死剂量(LD₅₀)除以不确定因子10计算得到预测无效应剂量(PNEDsys)。最后根据式(2)计算风险商值(RQsys):

$$RQsys = PEDsys / PNEDsys \quad (2)$$

式中:RQsys 为土壤或种子处理的内吸性农药的风险商值。

当 $RQ \leq 1$, 风险可接受;当 $RQ > 1$, 风险不可接受,可进行高级风险评估。

2 结果(Results)

2.1 11 种新烟碱类农药在我国的登记情况

截至 2017 年 11 月 21 日^[10],11 种新烟碱类农药在我国的登记情况如表 1 所示。

表 1 新烟碱类农药在我国的登记情况
Table 1 Registration of the neonicotinoid pesticides in China

农药名称 Pesticide name	登记产品数量 Amount of the products	登记作物名称 Crop name	使用方法 Application method	最大登记使用用量 Maximum application rate
吡虫啉 Imidacloprid	1 314	菠菜 Spinach	喷雾 Spray	45 g a.i.·hm ⁻²
		番茄 Tomato	喷雾 Spray	63 g a.i.·hm ⁻²
		甘蓝 Cabbage	喷雾 Spray	75 g a.i.·hm ⁻²
		黄瓜 Cucumber	穴施 Hole fertilization	9.75 mg·株 ⁻¹
			喷雾 Spray	9.75 mg·plant ⁻¹
		节瓜 Chieh-qua	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
			喷雾 Spray	63 g a.i.·hm ⁻²
		韭菜 Leek	药土法 Medicine for making	450 g a.i.·hm ⁻²
			撒施 Broadcast	600 g a.i.·hm ⁻²
		萝卜 Radish	喷雾 Spray	21 g a.i.·hm ⁻²
		马铃薯 Potato	种薯包衣	30 g·(100 kg 种薯) ⁻¹
			Kind of potato coating	30 g·(100 kg seed potato) ⁻¹
		茄子 Eggplant	喷雾 Spray	90 g a.i.·hm ⁻²
		芹菜 Celery	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
		十字花科蔬菜 Brassicaceous vegetable	喷雾 Spray	45 g a.i.·hm ⁻²
			喷雾 Spray	63 g a.i.·hm ⁻²
		小葱 Shallot	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
		莲藕 Lotus root	喷雾 Spray	37.5 g a.i.·hm ⁻²
		草莓 Strawberry	喷雾 Spray	50 g a.i.·hm ⁻²
		枸杞 Medlar	喷雾 Spray	63 g a.i.·hm ⁻²
		杭白菊 Chrysanthemum morifolium Ramat	喷雾 Spray	60 g a.i.·hm ⁻²
		棉花 Cotton	喷雾 Spray	600 g·(100 kg 种子) ⁻¹
			种子包衣 Seed pelletin	600 g·(100 kg seed) ⁻¹
			滴灌或灌根 Drip or root irrigation	180 g a.i.·hm ⁻²
			拌种 Seed dressing	500 g·(100 kg 种子) ⁻¹
			拌种 Seed dressing	500 g·(100 kg seed) ⁻¹
		小麦 Wheat	喷雾 Spray	105 g a.i.·hm ⁻²
			种子包衣 Seed pelletin	600 g·(100 kg 种子) ⁻¹
			沟施 Furrow dressing	600 g·(100 kg seed) ⁻¹
			沟施 Furrow dressing	900 g a.i.·hm ⁻²
			拌种 Seed dressing	850 g·(100 kg 种子) ⁻¹
			拌种 Seed dressing	850 g·(100 kg seed) ⁻¹

续表1

农药名称 Pesticide name	登记产品数量 Amount of the products	登记作物名称 Crop name	使用方法 Application method	最大登记使用用量 Maximum application rate
吡虫啉 Imidacloprid	1 314	水稻 Rice	喷雾 Spray	150 g a.i.·hm ⁻²
			种子包衣 Seed pelletin	420 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				420 g·(100 kg seed) ⁻¹
			拌种 Seed dressing	840 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				840 g·(100 kg seed) ⁻¹
		玉米 Corn	种子包衣 Seed pelletin	600 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				600 g·(100 kg seed) ⁻¹
			拌种 Seed dressing	490 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				490 g·(100 kg seed) ⁻¹
		花生 Peanut	种子包衣 Seed pelletin	360 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				360 g·(100 kg seed) ⁻¹
		烟草 Tobacco	喷雾 Spray	60 g a.i.·hm ⁻²
			穴施(颗粒剂) Acupoint application (granules)	195 g a.i.·hm ⁻²
		茶树 Tea plant	喷雾 Spray	42 g a.i.·hm ⁻²
		冬枣 Winter jujube	喷雾 Spray	210 g a.i.·hm ⁻²
		甘蔗 Sugarcane	喷雾 Spray	1 500 g a.i.·hm ⁻²
		柑橘 Orange	喷雾 Spray	315 g a.i.·hm ⁻²
		梨树 Pear	喷雾 Spray	180 g a.i.·hm ⁻²
		苹果 Apple	喷雾 Spray	225 g a.i.·hm ⁻²
		桃 Peach	喷雾 Spray	562.5 g a.i.·hm ⁻²
		雷竹 Lei bamboo	喷雾 Spray	90 g a.i.·hm ⁻²
		林木 Forest	喷雾 Spray	112.5 g a.i.·hm ⁻²
		松树 Pine tree	喷雾 Spray	50 g a.i.·hm ⁻²
		草坪 Lawn	喷雾 Spray	2 100 g a.i.·hm ⁻²
		草原 Grasslands	喷雾 Spray	15 g a.i.·hm ⁻²
啉虫脒 Acetamiprid	700	菠菜 Spinach	喷雾 Spray	37.5 g a.i.·hm ⁻²
		大白菜 Chinese cabbage	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
		芹菜 Celery	喷雾 Spray	27 g a.i.·hm ⁻²
		十字花科蔬菜 Brassicaceous vegetable	喷雾 Spray	27 g a.i.·hm ⁻²
		番茄 Tomato	喷雾 Spray	31.5 g a.i.·hm ⁻²
		甘蓝 Cabbage	喷雾 Spray	48 g a.i.·hm ⁻²
		黄瓜 Cucumber	喷雾 Spray	75 g a.i.·hm ⁻²
		莲藕 Lotus root	喷雾 Spray	22.5 g a.i.·hm ⁻²
		萝卜 Radish	喷雾 Spray	90 g a.i.·hm ⁻²
		柑橘 Orange	喷雾 Spray	90 g a.i.·hm ⁻²
		冬枣 Winter jujube	喷雾 Spray	180 g a.i.·hm ⁻²
		茶树 Tea plant	喷雾 Spray	22.5 g a.i.·hm ⁻²
		苹果 Apple	喷雾 Spray	74.925 g a.i.·hm ⁻²
		西瓜 Watermelon	喷雾 Spray	42 g a.i.·hm ⁻²
		水稻 Rice	喷雾 Spray	45 g a.i.·hm ⁻²
		棉花 Cotton	喷雾 Spray	45 g a.i.·hm ⁻²
		小麦 Wheat	喷雾 Spray	60 g a.i.·hm ⁻²
		烟草 Tobacco	喷雾 Spray	36.75 g a.i.·hm ⁻²

续表1

农药名称 Pesticide name	登记产品数量 Amount of the products	登记作物名称 Crop name	使用方法 Application method	最大登记使用用量 Maximum application rate
噻虫嗪 Thiamethoxam	391	菠菜 Spinach	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
		番茄 Tomato	喷雾 Spray	75 g a.i.·hm ⁻²
			灌根 Root-irrigation	50 mg·株 ⁻¹
				50 mg·plant ⁻¹
		甘蓝 Cabbage	喷雾 Spray	56.25 g a.i.·hm ⁻²
			灌根 Root-irrigation	50 mg·株 ⁻¹
				50 mg·plant ⁻¹
		黄瓜 Cucumber	喷雾 Spray	46.88 g a.i.·hm ⁻²
		节瓜 Chieh-qu	喷雾 Spray	75 g a.i.·hm ⁻²
		韭菜 Leek	灌根 Root-irrigation	1 732.5 g a.i.·hm ⁻²
		辣椒 Pepper	喷雾 Spray	56.7 g a.i.·hm ⁻²
			灌根 Root-irrigation	50 mg·株 ⁻¹
				50 mg·plant ⁻¹
		马铃薯 Potato	喷雾 Spray	56.25 g a.i.·hm ⁻²
			拌种 Seed dressing	28 g·(100 kg 种薯) ⁻¹
				28 g·(100 kg seed potato) ⁻¹
			种薯包衣 Kind of potato coating	28 g·(100 kg 种薯) ⁻¹
				28 g·(100 kg seed potato) ⁻¹
		茄子 Eggplant	喷雾 Spray	56.25 g a.i.·hm ⁻²
			灌根 Root-irrigation	50 mg·株 ⁻¹
				50 mg·plant ⁻¹
		芹菜 Celery	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
			喷雾 Spray	18.75 g a.i.·hm ⁻²
			撒施 Broadcast	562.5 g a.i.·hm ⁻²
		甘蔗 Sugarcane	沟施 Furrow dressing	750 g a.i.·hm ⁻²
			柑橘 Orange	140.625 g a.i.·hm ⁻²
			苹果 Apple	118.125 g a.i.·hm ⁻²
		西瓜 Watermelon	喷雾 Spray	37.5 g a.i.·hm ⁻²
		葡萄 Grape	喷雾 Spray	140.625 g a.i.·hm ⁻²
		茶树 Tea plant	喷雾 Spray	27 g a.i.·hm ⁻²
		人参 Ginseng		98 g·(100 kg 种子) ⁻¹
			种子包衣 Seed pelletin	98 g·(100 kg seed) ⁻¹
		观赏花卉 Ornamental flower	喷雾 Spray	78.8 g a.i.·hm ⁻²
		花生 Peanut	撒施 Broadcast	750 g a.i.·hm ⁻²
			拌种 Seed dressing	240 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				240 g·(100 kg seed) ⁻¹
		棉花 Cotton	喷雾 Spray	60 g a.i.·hm ⁻²
				420 g·(100 kg 种子) ⁻¹
			拌种 Seed dressing	420 g·(100 kg seed) ⁻¹
				480 g·(100 kg 种子) ⁻¹
			种子包衣 Seed pelletin	480 g·(100 kg seed) ⁻¹

续表1

农药名称 Pesticide name	登记产品数量 Amount of the products	登记作物名称 Crop name	使用方法 Application method	最大登记使用用量 Maximum application rate
噻虫嗪 Thiamethoxam	391	水稻 Rice	喷雾 Spray	54 g a.i.·hm ⁻²
			撒施 Broadcast	450 g a.i.·hm ⁻²
			种子包衣 Seed pelletin	140 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				140 g·(100 kg seed) ⁻¹
			拌种 Seed dressing	105 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				105 g·(100 kg seed) ⁻¹
		向日葵 Sunflower	拌种 Seed dressing	280 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				280 g·(100 kg seed) ⁻¹
			种子包衣 Seed pelletin	245 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				245 g·(100 kg seed) ⁻¹
		小麦 Wheat	撒施 Broadcast	750 g a.i.·hm ⁻²
			拌种 Seed dressing	45 g a.i.·hm ⁻²
			喷雾 Spray	240 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				240 g·(100 kg seed) ⁻¹
			种子包衣 Seed pelletin	210 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				210 g·(100 kg seed) ⁻¹
		烟草 Tobacco	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
		油菜 Rape	喷雾 Spray	56.25 g a.i.·hm ⁻²
			种子包衣 Seed pelletin	840 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				840 g·(100 kg seed) ⁻¹
			拌种 Seed dressing	560 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				560 g·(100 kg seed) ⁻¹
		玉米 Corn	拌种 Seed dressing	280 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				280 g·(100 kg seed) ⁻¹
			种子包衣 Seed pelletin	480 g·(100 kg 种子) ⁻¹
				480 g·(100 kg seed) ⁻¹
烯啶虫胺 Nitenpyram	133		撒施(颗粒剂) Sprinkling (granules)	600 g a.i.·hm ⁻²
		草坪 Lawn	喷雾 Spray	384 g a.i.·hm ⁻²
		茶树 Tea plant	喷雾 Spray	31.5 g a.i.·hm ⁻²
		甘蓝 Cabbage	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
		柑橘 Orange	喷雾 Spray	56.25 g a.i.·hm ⁻²
		观赏菊花 Ornamental chrysanthemum	喷雾 Spray	50.025 g a.i.·hm ⁻²
		棉花 Cotton	喷雾 Spray	45 g a.i.·hm ⁻²
		水稻 Rice	喷雾 Spray	112.5 g a.i.·hm ⁻²

续表1

农药名称 Pesticide name	登记产品数量 Amount of the products	登记作物名称 Crop name	使用方法 Application method	最大登记使用用量 Maximum application rate	
呋虫胺 Dinotefuran	56	甘蓝 Cabbage	喷雾 Spray	480 g a.i.·hm ⁻²	
		甘蓝 Cabbage	喷雾 Spray	45 g a.i.·hm ⁻²	
		黄瓜 Cucumber	喷雾 Spray	150 g a.i.·hm ⁻²	
		马铃薯 Potato	种薯包衣 Kind of potato coating	40 g·(100 kg 种子) ⁻¹ 40 g·(100 kg seed) ⁻¹	
		观赏菊花 Ornamental chrysanthemum	喷雾 Spray	108 g a.i.·hm ⁻²	
		花生 Peanut	种子包衣 Seed pelletin	200 g·(100 kg 种子) ⁻¹ 200 g·(100 kg seed) ⁻¹	
		水稻 Rice	喷雾 Spray	150 g a.i.·hm ⁻²	
			拌种 Seed dressing	360 g·(100 kg 种子) ⁻¹ 360 g·(100 kg seed) ⁻¹	
			撒施(颗粒剂) Sprinkling (granules)	225 g a.i.·hm ⁻²	
			种子包衣 Seed pelletin	100 g·(100 kg 种子) ⁻¹ 100 g·(100 kg seed) ⁻¹	
			小麦 Wheat	种子包衣 Seed pelletin	400 g·(100 kg 种子) ⁻¹ 400 g·(100 kg seed) ⁻¹
			喷雾 Spray	90 g a.i.·hm ⁻²	
		玉米 Corn	种子包衣 Seed pelletin	200 g·(100 kg 种子) ⁻¹ 200 g·(100 kg seed) ⁻¹	
			甘蓝 Cabbage	喷雾 Spray	105 g a.i.·hm ⁻²
		黄瓜 Cucumber	喷雾 Spray	120 g a.i.·hm ⁻²	
		花生 Peanut	灌根 Root-irrigation	504 g a.i.·hm ⁻²	
		林木 Forest	喷雾 Spray	67.5 g a.i.·hm ⁻²	
		水稻 Rice	喷雾 Spray	105 g a.i.·hm ⁻²	
		松树 Pine tree	喷雾 Spray	49.95 g a.i.·hm ⁻²	
			喷粉 Powder injection	45 g a.i.·hm ⁻²	
			杨树 Aspen	喷雾 Spray	33.75 g a.i.·hm ⁻²
			喷粉 Powder injection	45 g a.i.·hm ⁻²	
噻虫啉 Thiacloprid	37	番茄 Tomato	喷雾 Spray	60 g a.i.·hm ⁻²	
		甘蓝 Cabbage	穴施(颗粒剂) Acupoint application (granules)	375 g a.i.·hm ⁻²	
		韭菜 Leek	灌根 Root-irrigation	375 g a.i.·hm ⁻²	
		甘蔗 Sugarcane	穴施、沟施、撒施(颗粒剂) Acupoint application, Furrow dressing, Sprinkling (granules)	375 g a.i.·hm ⁻²	
			梨树 Pear	喷雾 Spray	225 g a.i.·hm ⁻²
		水稻 Rice	喷雾 Spray	112.5 g a.i.·hm ⁻²	
			撒施(颗粒剂) Sprinkling (granules)	300 g a.i.·hm ⁻²	
			拌种 Seed dressing	176 g·(100 kg 种子) ⁻¹ 176 g·(100 kg seed) ⁻¹	
				小麦 Wheat	喷雾 Spray

续表1

农药名称 Pesticide name	登记产品数量 Amount of the products	登记作物名称 Crop name	使用方法 Application method	最大登记使用用量 Maximum application rate
氟啶虫胺胍 Sulfoxaflor	8	棉花 Cotton	喷雾 Spray	97.5 g a.i.·hm ⁻²
		水稻 Rice	喷雾 Spray	66 g a.i.·hm ⁻²
		小麦 Wheat	喷雾 Spray	22.5 g a.i.·hm ⁻²
		柑橘 Orange	喷雾 Spray	43.92 g a.i.·hm ⁻²
		苹果 Apple	喷雾 Spray	19.8 g a.i.·hm ⁻²
		黄瓜 Cucumber	喷雾 Spray	75 g a.i.·hm ⁻²
氯噻啉 Imidaclothiz	3	茶树 Tea plant	喷雾 Spray	45 g a.i.·hm ⁻²
		甘蓝 Cabbage	喷雾 Spray	22.5 g a.i.·hm ⁻²
		柑橘 Orange	喷雾 Spray	56.25 g a.i.·hm ⁻²
		水稻 Rice	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
		烟草 Tobacco	喷雾 Spray	30 g a.i.·hm ⁻²
哌虫啉 Paichongding	2	水稻 Rice	喷雾 Spray	52.5 g a.i.·hm ⁻²

由表 1 可知,在已开发的 11 种新烟碱类农药中,除环氧虫啉未在我国登记外,其余 10 种均在我国取得了批准登记,其中,吡虫啉登记的产品(包括原药、单剂和混剂)数量最多,占新烟碱类农药登记总数的 49%,啉虫脒次之,之后依次为噻虫嗪、烯啶虫胺、呋虫胺、噻虫啉、噻虫胺、氟啶虫胺胍和氯噻啉,哌虫啉最少。从登记作物的种类来看,吡虫啉、啉虫脒和噻虫嗪登记的范围较为广泛,既用于水稻、小麦等粮食作物,又用于油菜、花生等油料作物,还可用于蔬菜、果树、观赏花卉、烟草和林木等;在使用方法上,吡虫啉、噻虫嗪、呋虫胺、噻虫啉和噻虫胺等 5 种新烟碱类农药的使用方法较为多样化,除喷雾外,还有种子包衣、灌根、穴施、拌种和撒施等不同类型的土壤或种子处理使用方式。10 种新烟碱类农药均批准用于蜜源或粉源作物,如油菜、向日葵、棉花、柑橘、白菜、黄瓜、西瓜和苹果等,对蜜蜂存在暴露的风险。

2.2 在我国登记的 10 种新烟碱类农药对蜜蜂的初级风险评估

通过查询 10 种新烟碱类农药对蜜蜂的急性经口和接触 LD₅₀ 值^[6-7,12,14],获得初级风险评估所需的效应终点值(表 2),并根据 1.2 所述风险商值(RQ)计算方法计算风险商值,结果见表 3 和表 4。

由表 3 可知,在所评估的 10 种喷雾施用的新烟碱农药中,吡虫啉、噻虫嗪、噻虫胺、烯啶虫胺、呋虫胺、氟啶虫胺胍和氯噻啉等 7 种农药在不同作物上使用对蜜蜂的风险商值均大于 1,风险不可接受;其

余 3 种包括啉虫脒、哌虫啉和噻虫啉在所有登记作物上使用对蜜蜂的风险商值均小于 1,风险可接受。

由表 4 可知,所评估的 5 种用作土壤或种子处理剂的新烟碱农药中,除噻虫啉外,其余 4 种包括吡虫啉、噻虫胺、噻虫嗪和呋虫胺对蜜蜂的风险商值均大于 1,风险不可接受。

3 讨论 (Discussion)

已开发的 11 种新烟碱类农药中,除环氧虫啉未在我国登记外,其余 10 种均在我国取得批准登记,应用范围十分广泛且使用方法多样化,除喷雾外,还有种子包衣、灌根、穴施、拌种和撒施等不同类型的土壤或种子处理使用方式。其中,吡虫啉登记的产品(包括原药、单剂和混剂)数量最多,占新烟碱类农药登记总数的 49%。10 种新烟碱类农药均批准用于蜜源或粉源作物,如油菜、向日葵、棉花、柑橘、白菜、黄瓜、西瓜和苹果等,对蜜蜂存在暴露的风险。而新烟碱类农药主要通过选择性控制昆虫神经系统烟碱型乙酰胆碱酯酶受体,阻断昆虫中枢神经系统的正常传导,从而导致害虫出现麻痹进而死亡,因此新烟碱类农药对蜜蜂的风险不容忽视。

风险评估原则上应采用多层次分级评估方法。首先进行初级风险评估,当初级风险评估结果显示风险不可接受时应进行高级风险评估或采取风险降低措施。根据 10 种新烟碱农药的使用方法,开展了不同暴露场景下蜜蜂的初级风险评估。结果表明,吡虫啉、噻虫嗪、噻虫胺、烯啶虫胺、呋虫胺、氟啶虫

表 2 11 种新烟碱类农药对蜜蜂的毒性终点值

Table 2 Toxicity endpoints of the eleven neonicotinoid pesticides to bees

农药中文名称 Pesticide Chinese name	农药英文名称 Pesticide English name	急性经口 LD ₅₀	急性接触 LD ₅₀	计算 RQ 所用 LD ₅₀
		/(μg a.i.·蜂 ⁻¹)	/(μg a.i.·蜂 ⁻¹)	/(μg a.i.·蜂 ⁻¹)
		Acute oral LD ₅₀ /(μg a.i.·bee ⁻¹)	Acute contact LD ₅₀ /(μg a.i.·bee ⁻¹)	LD ₅₀ values for calculation of RQs/(μg a.i.·bee ⁻¹)
吡虫啉	Imidacloprid	0.0037	0.081	0.0037
啉虫脒	Acetamiprid	14.53	8.09	8.09
噻虫嗪	Thiamethoxam	0.005	0.024	0.005
		0.141	0.00709	
烯啶虫胺	Nitenpyram	3.170	0.727	0.0324
		0.0951	0.0324	
呋虫胺	Dinotefuran	0.255	0.049	0.049
噻虫啉	Thiacloprid	17.32	38.82	17.32
噻虫胺	Clothianidin	0.004	0.044	0.004
氟啶虫胺胍	Sulfoxaflor	0.146	0.379	0.146
氯噻啉	Imidaclothiz	0.161	0.213	0.161
啉虫脒	暂无英文名称 There is no English name currently	7.22	/	7.22

注:RQ 表示风险商值;表中数据部分来自 PPDB 数据库,部分来自文献[6-7,12,14]。

Note: RQ stands for risk quotient; the data in the table refer to PPDB database and references [6-7,12,14].

表 3 喷雾施用场景初级风险评估结果

Table 3 Primary risk assessment results
of the spray application scenario

农药名称 Pesticide name	登记作物名称 Crop name	RQ 值 RQ values
吡虫啉 Imidacloprid	草坪 Lawn	11 351
	桃 Peach	3 040
	柑橘 Orange	1 702
	苹果 Apple	1 216
	冬枣 Winter jujube	1 135
	梨树 Pear	972
	水稻 Rice	810
	林木 Forest	608
	小麦 Wheat	567
	茄子 Eggplant	486
	雷竹 Lei bamboo	486
	甘蓝 Cabbage	405
	番茄 Tomato	340
	节瓜 Chieh-qua	340
	小葱 Shallot	340
	杭白菊 <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat	340
	棉花 Cotton	324

续表3

农药名称 Pesticide name	登记作物名称 Crop name	RQ 值 RQ values
吡虫啉 Imidacloprid	烟草 Tobacco	324
	枸杞 Medlar	270
	松树 Pine tree	270
	菠菜 Spinach	243
	十字花科蔬菜 Brassicaceous vegetable	243
	茶树 Tea plant	227
	草莓 Strawberry	202
	黄瓜 Cucumber	162
	芹菜 Celery	162
	莲藕 Lotus root	162
噻虫嗪 Thiamethoxam	萝卜 Radish	113
	草原 Grasslands	81
	草坪 Lawn	1 536
	柑橘 Orange	562
	葡萄 Grape	562
	苹果 Apple	472
	观赏花卉 Ornamental flower	315
	番茄 Tomato	300
	节瓜 Chieh-qua	300
	棉花 Cotton	240

续表3		
农药名称 Pesticide name	登记作物名称 Crop name	RQ 值 RQ values
噻虫嗪 Thiamethoxam	辣椒 Pepper	226
	甘蓝 Cabbage	225
	马铃薯 Potato	225
	茄子 Eggplant	225
	油菜 Rape	225
	水稻 Rice	216
	黄瓜 Cucumber	187
	小麦 Wheat	180
	西瓜 Watermelon	150
	菠菜 Spinach	120
	芹菜 Celery	120
	烟草 Tobacco	120
	茶树 Tea plant	108
	甘蔗 Sugarcane	75
噻虫胺 Clothianidin	梨树 Pear	1 125
	水稻 Rice	562
	番茄 Tomato	300
	小麦 Wheat	300
烯啶虫胺 Nitenpyram	水稻 Rice	69
	柑橘 Orange	34
	观赏菊花 Ornamental chrysanthemum	30
	棉花 Cotton	27
	茶树 Tea plant	19
	甘蓝 Cabbage	18
	黄瓜 Cucumber	61
呋虫胺 Dinotefuran	水稻 Rice	61
	观赏菊花 Ornamental chrysanthemum	44
	小麦 Wheat	36
	甘蓝 Cabbage	18
	棉花 Cotton	13
氟啶虫胺胍 Sulfoxaflor	黄瓜 Cucumber	10
	水稻 Rice	9
	柑橘 Orange	6
	小麦 Wheat	3
	苹果 Apple	2
氯噻啉 Imidaclothiz	柑橘 Orange	6
	茶树 Tea plant	5
	水稻 Rice	3
	烟草 Tobacco	3
	甘蓝 Cabbage	2

续表3		
农药名称 Pesticide name	登记作物名称 Crop name	RQ 值 RQ values
啉虫脒 Acetamiprid	冬枣 Winter jujube	0.445
	萝卜 Radish	0.222
	柑橘 Orange	0.222
	黄瓜 Cucumber	0.185
	苹果 Apple	0.185
	小麦 Wheat	0.148
	甘蓝 Cabbage	0.119
	水稻 Rice	0.111
	棉花 Cotton	0.111
	西瓜 Watermelon	0.104
啉虫脒 Paichongding	菠菜 Spinach	0.093
	烟草 Tobacco	0.091
	番茄 Tomato	0.078
	大白菜 Chinese cabbage	0.074
	芹菜 Celery	0.067
啉虫脒 Thiacloprid	十字花科蔬菜 Brassicaceous vegetable	0.067
	莲藕 Lotus root	0.056
	茶树 Tea plant	0.056
	水稻 Rice	0.145
	黄瓜 Cucumber	0.138
噻虫啉 Thiacloprid	甘蓝 Cabbage	0.121
	水稻 Rice	0.121
	林木 Forest	0.078
	松树 Pine tree	0.058
	杨树 Aspen	0.052
噻虫啉 Thiacloprid	马铃薯 Potato	0.00003
	苹果 Apple	0.00001

胺胍和氯噻啉这 7 种新烟碱农药对蜜蜂的风险商值均大于 1, 风险均不可接受。故需进行高级风险评估或风险降低措施分析, 但由于目前国内暂无蜜蜂的半田间或田间试验数据, 暂时无法进行高级风险评估。因此, 多层次风险评估方法在实际评估时未能得到充分的应用, 目前风险评估结果存在一定的不确定性。可通过开展田间试验等方法进行高级风险评估, 从而获得更接近实际的风险评估结果, 降低评估结果的不确定性。

近年来, 新烟碱类农药对蜜蜂的风险受到了世界范围内的关注, 农药管理较为先进的国家和组织已采取了一系列风险减少措施。2013 年, 欧洲食品

表 4 内吸性农药在土壤或种子处理场景中的初级风险评估结果

Table 4 Primary risk assessment results of the systemic insecticides applied by soil or seed treatment

农药名称 Pesticide name	PED/(μg a.i.·蜂 ⁻¹) PED/(μg a.i.·bee ⁻¹)	PNED/(μg a.i.·蜂 ⁻¹) PNED/(μg a.i.·bee ⁻¹)	RQ 值 RQ values
吡虫啉 Imidacloprid	0.128	0.00037	345
噻虫胺 Clothianidin	0.128	0.0004	320
噻虫嗪 Thiamethoxam	0.128	0.0005	256
呋虫胺 Dinotefuran	0.128	0.0049	26
噻虫啉 Thiacloprid	0.128	1.732	0.074

注:PED 表示预测暴露剂量,PNED 表示预测无效应剂量;因未查到可靠的农药残留数据,PED 值统一使用默认值 0.128 μg a.i.·蜂⁻¹。
Note: PED stands for predicted exposure dose, and PNED stands for predicted no-effect dose; PED is set as the default value of 0.128 μg a.i.·bee⁻¹ since no reliable exposure data for pesticides were found.

安全局(EFSA)公布了新的植物保护产品对蜜蜂的风险评估指导文件,并于同年发布了新烟碱类杀虫剂产品对蜜蜂的风险评估报告,认为该类产品的使用可通过飘尘、花粉和露水等途径对蜜蜂形成急性毒害,并可能对蜜蜂种群带来不可接受的影响^[15]。EFSA 因此宣布从 2013 年 12 月 1 日起限制噻虫嗪、吡虫啉和噻虫胺这 3 种新烟碱类杀虫剂在夏季禾谷类作物和蜜源作物(包括向日葵、油菜、玉米和大豆)上的使用^[16]。美国环保局也于 2014 年 6 月颁布了农药对蜜蜂的风险评价指南(*Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees*)^[17];此外,禁止在蜜蜂出没的地区使用新烟碱类农药产品^[18]。随着新烟碱类农药在我国登记数量的不断增加、使用范围的不断扩大,其对蜜蜂的影响问题需要引起关注和重视。建议今后一段时间加强以下方面的工作:

(1)对于国外已禁限用但在我国仍大量使用的新烟碱类农药,需密切关注其使用后对蜜蜂的危害影响,必要时开展环境经济损益分析,全面客观地评价这些品种给我国农业生产、农药产业等方面带来的效益及对环境可能造成的损害。最后,依据分析结果,制定相应的管理措施。

(2)完善农药对蜜蜂高层次风险评估方法,对初级风险高的农药品种开展高层次风险评估,明确其使用对蜜蜂的风险。

(3)对于高风险的新烟碱类农药品种,应积极开展风险减少措施研究,研究减少用量、选择使用时间和减少漂移等风险减少措施对降低使用风险的贡

献,制定合理、可行的风险减少措施。

(4)依据我国新的农药登记资料要求和风险评估要求,严格把关新烟碱类农药在我国的登记,从源头上控制新烟碱类农药对蜜蜂的风险。

通讯作者简介:程燕(1980—),女,博士,副研究员,主要研究方向为环境毒理学。

参考文献(References):

[1] 蔺哲广, 孟飞, 郑火青, 等. 新烟碱类杀虫剂对蜜蜂健康的影响[J]. 昆虫学报, 2014, 57(5): 607-615
Lin Z G, Meng F, Zheng H Q, et al. Effects of neonicotinoid insecticides on honeybee health [J]. Acta Entomologica Sinica, 2014, 57(5): 607-615 (in Chinese)

[2] 朴秀英, 嵇莉莉, 林荣华, 等. 新烟碱类杀虫剂登记与管理现状分析[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(3): 70-74
Piao X Y, Ji L L, Lin R H, et al. Analysis of the registration and management of the neonicotinoid insecticides [J]. China Plant Protection, 2015, 35(3): 70-74 (in Chinese)

[3] 刘思宏, 刘燕梅, 封国君, 等. 新烟碱类杀虫剂对蜜蜂亚致死效应的研究进展[J]. 广西植保, 2017, 30(1): 35-39

[4] 李梦, 李志国, 和静芳, 等. 新烟碱类杀虫剂对蜜蜂行为与生理影响的研究进展[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2016, 45(5): 490-495
Li M, Li Z G, He J F, et al. Advances in effect of neonicotinoid insecticides on behavior and physiology of honey bees [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition, 2016, 45(5): 490-495 (in

- Chinese)
- [5] 李梦,李志国,和静芳,等.新烟碱类杀虫剂对中华蜜蜂蔗糖反应行为的影响[J].中国蜂业,2017,68(4):20-22
- Li M, Li Z G, He J F, et al. The effects of sucrose behavior responses on *Apis cerana cerana* by neonicotinoid insecticides [J]. Apiculture of China, 2017, 68(4): 20-22 (in Chinese)
- [6] 黎镇非,张瑞明,钟长文,等.5种杀虫剂对意大利蜜蜂的急性毒性试验与安全性评价[J].农药,2017,56(4):279-282
- Li Z F, Zhang R M, Zhong C W, et al. Acute toxicity test and safety evaluation of five insecticides to *Apis mellifera* [J]. Agrochemicals, 2017, 56(4): 279-282 (in Chinese)
- [7] 季守民,程传英,袁传卫,等.7种新烟碱类杀虫剂对意大利蜜蜂的急性毒性及风险评价[J].农药,2015,54(4):282-285
- Ji S M, Cheng C Y, Yuan C W, et al. Acute toxicity and risk assessment of seven neonicotinoid insecticides on honeybees (*Apis mellifera* L.) [J]. Agrochemicals, 2015, 54(4): 282-285 (in Chinese)
- [8] Moffat C, Pacheco J G, Sharp S, et al. Chronic exposure to neonicotinoids increases neuronal vulnerability to mitochondrial dysfunction in the bumblebee (*Bombus terrestris*) [J]. The FASEB Journal, 2015, 29(5): 2112-2119
- [9] Stanley D A, Smith K E, Raine N E. Bumblebee learning and memory is impaired by chronic exposure to a neonicotinoid pesticide [J]. Scientific Reports, 2015, 5: 16508
- [10] 农业农村部农药检定所.中国农药信息网[DB/OL].(2017-11-21) [2018-11-16]. <http://www.chinapesticide.gov.cn/>.
- [11] British Crop Protection Council (BCPC). The e-Pesticide Manual 2000-2001 [R]. Farnham: BCPC, 2001
- [12] The Agriculture & Environment Research Unit (AERU). The PPDB Pesticide Properties Database [DB/OL]. (2017-07-01) [2018-11-16]. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/foot-print/>.
- [13] 中华人民共和国农业部. NY/T 2882.4—2016 农药登记环境风险评估指南 第4部分:蜜蜂[S].北京:中国标准出版社,2016
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. NY/T 2882.4-2016 Guidance on environmental risk assessment for pesticide registration—Part 4: Honeybees [S]. Beijing: China Standards Press, 2016 (in Chinese)
- [14] 江苏克胜集团股份有限公司. 呋虫啉[J]. 农药科学与管理, 2010, 31(9): 58
- [15] European Food Safety Authority (EFSA). EFSA identifies risks to bees from neonicotinoids [R]. Parma: EFSA, 2013
- [16] European Food Safety Authority (EFSA). Regarding risks for bees related to the use of the neonicotinoid pesticides thiamethoxam, clothianidin and imidacloprid [R]. Parma: EFSA, 2013
- [17] United States Environmental Protection Agency (US EPA). Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees [R]. Washington DC: US EPA, 2014
- [18] United States Environmental Protection Agency (US EPA). EPA Actions to Protect Pollinators [EB/OL]. (2017-07-01) [2018-11-16]. <http://www2.epa.gov/pollinator-protection/epa-actions-protect-pollinators> ◆