

氯虫苯甲酰胺拌种对3种玉米地下害虫的防治效果

何发林^{1,2}, 孙石昂^{1,2}, 于灏泳^{1,2}, 乔治华^{1,2},
姚向峰^{1,2}, 李向东¹, 张吉旺³, 姜兴印^{1,2*}

(1. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018; 2. 山东省农药毒理与应用技术重点实验室, 泰安 271018;
3. 山东农业大学农学院, 泰安 271018)

摘要 为明确氯虫苯甲酰胺种子处理对玉米田地下害虫的防治效果, 筛选出合适的田间用药剂量, 通过室内盆栽接虫与田间接虫相结合综合评价了氯虫苯甲酰胺对玉米地下害虫沟金针虫、铜绿丽金龟以及小地老虎的综合防治效果。结果表明, 盆栽播种后 20 d, 氯虫苯甲酰胺 4 g/kg 拌种处理对沟金针虫、铜绿丽金龟和小地老虎的盆栽防效分别为 78.15%、80.26% 和 81.05%; 田间播种后 20 d, 氯虫苯甲酰胺 4 g/kg 拌种对沟金针虫、铜绿丽金龟和小地老虎的田间接虫防效分别为 83.87%、86.27% 和 88.37%; 高剂量的氯虫苯甲酰胺对玉米田地下害虫的田间综合防效优于对照药剂吡虫啉和氟虫腈。氯虫苯甲酰胺拌种处理对玉米种子无不良影响, 对出苗和生长有一定的促进作用, 有明显的防虫增产作用, 可推广应用于防治玉米田地下害虫。

关键词 氯虫苯甲酰胺; 沟金针虫; 铜绿丽金龟; 小地老虎; 种子处理

中图分类号: S 482.3 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019194

Control effect of chlorantraniliprole on three kinds of underground pests in the maize field by seed treatment

HE Falin^{1,2}, SUN Shiang^{1,2}, YU Haoyong^{1,2}, QIAO Zhihua^{1,2}, YAO Xiangfeng^{1,2},
LI Xiangdong¹, ZHANG Jiawang³, JIANG Xingyin^{1,2*}

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;
2. Key Laboratory of Pesticide Toxicology and Application Technique of Shandong Province, Tai'an 271018, China;
3. College of Agronomy, Shandong Agriculture University, Tai'an 271018, China)

Abstract In order to clarify the control effects of chlorantraniliprole on underground pests in maize field by seed treatment and screen out the suitable field doses for further popularization, the indoor pot experiments and field experiments were conducted to investigate the integrated control effects of chlorantraniliprole on the underground pests *Pleonomus canaliculatus*, *Anomala corpulenta* and *Agrotis ipsilon* in maize field. Pot experiments showed that the control efficacies of chlorantraniliprole at the doses of 4 g/kg through seed treatment on *P. canaliculatus*, *A. corpulenta* and *A. ipsilon* were 78.15%, 80.26% and 81.05%, respectively. Meanwhile, when artificially inoculated three kinds of pests in maize field 20 d after sowing, seed treatment with chlorantraniliprole (4 g/kg) showed a high field control effects against *P. canaliculatus* (83.87%), *A. corpulenta* (86.27%) and *A. ipsilon* (88.37%). The comprehensive control effect of chlorantraniliprole at higher doses was better than that of imidacloprid and fipronil. There were no adverse effects on the maize seeds, however, the emergence rates and growth were, to a certain extent, promoted after seed treatment with chlorantraniliprole. Chlorantraniliprole could not only control underground pests effectively, but also promote maize emergence and growth, which had good popularization and application value in controlling underground pests in maize field.

Key words chlorantraniliprole; *Pleonomus canaliculatus*; *Anomala corpulenta*; *Agrotis ipsilon*; seed treatment

收稿日期: 2019-04-17 修订日期: 2019-06-02

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0200604); 山东省现代农业产业技术体系(SDAIT-02-10); 山东“双一流”奖补项目(SYL2017-XTTD11)

* 通信作者 E-mail: xyjiang@sdau.edu.cn

地下害虫是指生活在土壤中,主要为害农作物的地下部分(如根、茎、种子等)和近地面部分的一类害虫^[1-2]。近年来,全球气候变暖以及农业种植制度(免耕技术、秸秆还田、轮作模式)的改变为地下害虫提供了更为有利的取食、栖息、繁殖场所和条件,造成越冬虫源积累量增加,发生为害日趋严重^[4-6]。玉米在播种期至幼苗期常受多种病虫害的为害,金针虫、蛴螬、小地老虎等地下害虫常造成玉米田间缺苗断垄,玉米产量损失严重^[7-8]。目前,生产上防治地下害虫主要采用有机磷类、氨基甲酸酯类以及苯基吡唑类等传统药剂,其防治效果也较高^[9-11]。随着一些高残留或剧毒杀虫剂的限用,地下害虫防治药剂越来越稀缺^[12-14]。因此,亟待筛选出高效、低毒、低残留的杀虫剂。

氯虫苯甲酰胺是由杜邦公司开发的第一个具有新型邻酰胺基苯甲酰胺类广谱杀虫剂,具有高效、低毒、广谱、持效期长、环境友好等特点^[15-16]。除对大部分鳞翅目害虫高效以外,对鞘翅目、双翅目、半翅目等多种非鳞翅目害虫也有很好的防控效果^[17]。已有研究表明氯虫苯甲酰胺对地下害虫蛴螬的卵、初孵幼虫和成虫均具有较高的杀虫活性^[13,18]。该药剂不但可以喷雾方式防治鳞翅目等多种害虫^[19],也可用作种子处理剂防治地下及地上害虫^[20-22]。但尚无关氯虫苯甲酰胺种子处理防治玉米地下害虫的相关报道。

本研究以氯虫苯甲酰胺为试验药剂,以常规使用的吡虫啉和氟虫腈作为对照药剂,于播种前对玉米种子进行拌种处理,采用盆栽接虫和田间接虫法测定其对玉米地下害虫沟金针虫、铜绿丽金龟以及小地老虎的防治效果和持效性,并进行田间综合防治试验,旨在综合评价氯虫苯甲酰胺拌种对玉米地下害虫的控制效果,为玉米田地下害虫提供高效、安全的用药参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 试验药剂及来源

供试药剂均为市售。50%氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole)悬浮种衣剂,美国杜邦公司;600 g/L吡虫啉(imidacloprid)悬浮种衣剂,美国世科姆公司;5%氟虫腈(fipronil)悬浮种衣剂,海利尔药业集团股份有限公司。

1.1.2 试验虫源

将田间诱集的小地老虎 *Agrotis ipsilon* (Rottemberg) 成虫在室内每天喂食 20% 的蜂蜜水至其产卵。初孵幼虫(1~2 龄)喂食新鲜甘蓝叶片,3 龄以后转入 12 孔细胞培养板(孔径 22 mm,孔深 18 mm),并喂食新鲜的人工饲料,老熟幼虫转入平底试管(直径 22 mm,高 80 mm)内饲养直至化蛹。试验前在人工智能养虫室,于(27±1)℃、相对湿度 75%±5%、光周期 L//D=16 h//8 h、光照强度 3 500 lx 条件下纯化驯养几代,以消除环境的影响。选择同一批生长一致的新蜕皮(12 h 内)3 龄幼虫进行室内毒力测定。

沟金针虫 *Pleonomus canaliculatus* Faldermann 与铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* Motschulsky 幼虫采自山东省宁阳县堽城镇得时村小麦田,置于装有湿度为 15%~18% 土壤的 50 cm×25 cm×20 cm 饲养盒内,以发芽的小麦(‘泰农 18’种子由山东农业大学小麦试验基地提供)种子作为食物饲养,并在室内模拟其田间生存条件。饲养条件:沟金针虫,温度(20±1)℃、相对湿度为 40%~50%、黑暗;铜绿丽金龟,温度(25±1)℃、相对湿度 70%±10%、黑暗。

1.1.3 供试植物

试验中玉米 *Zea mays* 品种为‘郑单 958’,由河南金博士种业股份有限公司生产。

1.2 试验方法

1.2.1 供试药剂对 3 种地下害虫的盆栽防治效果

试验于 2018 年在山东农业大学日光温室内进行,以 50%氯虫苯甲酰胺 FSC 为试验药剂,600 g/L 吡虫啉 FSC 和 5%氟虫腈 FSC 为对照药剂。在安全性试验和预试验的基础上设定 11 个处理对玉米种子进行拌种,药剂用量均为有效成分用量。其中氯虫苯甲酰胺的药种比设为 1、2、3、4 g/kg,吡虫啉为 3、4 g/kg,氟虫腈为 1、2 g/kg。以未拌药剂的玉米种子为空白对照。准确称取玉米种子和所需的药剂加入食品袋中,将药剂与种子拌匀后倒出晾干备用。

将过筛细土装入 23 cm×18 cm×21.5 cm 的塑料花盆中,每盆播 2 粒拌好药的玉米种子,放到日光温室中正常管理,温度(25±1)℃、相对湿度 70%~80%、光照周期 L//D=14 h//10 h。播种后 5、10、15、20 d 人工接入大小一致的小地老虎新蜕皮(12 h)的 3 龄幼虫、沟金针虫 3 龄幼虫和铜绿丽金龟 2 龄幼虫,

将花盆放到笼罩中以防止试虫逃逸,每盆接虫 2 头,以 20 盆为 1 个重复,每处理重复 4 次,接虫 72 h 后检查小地老虎的存活情况、接虫 5 d 后检查沟金针虫和铜绿丽金龟的存活情况。记录存活试虫的数量,计算死虫率、防虫效果。死虫率=(死虫数/接虫数) $\times 100\%$;防治效果=(空白对照组活虫数-药剂处理组活虫数)/空白对照组活虫数 $\times 100\%$ 。

1.2.2 供试药剂对 3 种地下害虫的田间接虫防治效果

试验于 2018 年 6 月在山东省宁阳县堽城镇得时村玉米田进行。播种前对土地进行旋耕深翻,采用塑料板设置隔离区(深 30 cm),每个隔离区面积为 1 m^2 ($1\text{ m}\times 1\text{ m}$)。药剂处理设计同 1.2.1,播种前 1 d 对玉米种子进行拌种处理,晾干备用。播种方法为单粒播种,每个隔离区播种 10 粒,以 4 个隔离区为 1 个重复,共 4 个重复。播种后 5、10、15、20 d 人工接入大小一致、健康活泼的金针虫 3 龄幼虫、铜绿丽金龟 2 龄幼虫和小地老虎 3 龄幼虫。每株玉米接 1 头试虫。接虫 3 d(小地老虎)和 5 d(沟金针虫和铜绿丽金龟)后检查植株被害情况,记录被害玉米植株数量,计算被害株率及防治效果。小地老虎为害特征为从地表将玉米幼苗茎基部咬断使植株死亡;铜绿丽金龟为害特征为咬食玉米幼苗根部,造成叶片干枯,严重者整株萎蔫,部分也能直接咬断玉米茎基部;沟金针虫为害特征为蛀食种子和根部,造成植株萎蔫或干枯。植株死亡、叶片或植株萎蔫均被记录为被害植株。被害株率=(被害株数/总株数) $\times 100\%$;防治效果=(空白对照组被害株率-药剂处理组被害株率)/空白对照组被害株率 $\times 100\%$ 。

1.2.3 供试药剂对 3 种地下害虫的田间综合防治效果

试验于 2018 年 6 月在山东省宁阳县堽城镇得时村玉米田进行,土壤质地为砂壤土,pH 7.48,有机质含量 1.54%,前茬作物为小麦。该地区常年采用单一的小麦—玉米轮作种植模式,且周围杂草树木繁多,故地下害虫发生较重。播种前未进行旋耕深翻。药剂处理设计同 1.2.1,播种前 1 d 对玉米进行拌种。采用手持式点播机进行单粒播种,株间距 20 cm,行间距为 30 cm。播种时在各处理的每个小区选择一行进行行间人工开沟,均匀播撒 100 粒种子,用于调查出苗率。播种后 7 d 调查未出苗的种子数,计算出苗率,出苗率=(出苗数/播种数) $\times 100\%$ 。待玉米长至 3 叶 1 心时每小区随机选择 20

株玉米测量株高,并观察有无药害出现。出苗后 3、7、14、21 d 检查玉米植株被害情况,记录被害株数量,计算被害株率及防治效果(同 1.2.2)。收获期测定小区产量,计算增产率,增产率=(药剂处理组产量-空白对照组产量)/空白对照产量 $\times 100\%$ 。小区随机区组排列,小区边缘设保护行,每处理 4 个小区,每小区面积为 $6\text{ m}\times 5\text{ m}$ 。

1.3 数据分析

采用 SPSS 23.0 软件对所得试验数据进行统计分析,应用 Duncan 氏新复极差法检验不同处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 氯虫苯甲酰胺对 3 种地下害虫的盆栽防治效果

2.1.1 对沟金针虫的盆栽防治效果

50%氯虫苯甲酰胺 FSC 以 1 g/kg 拌种对沟金针虫的防效较差,播后 5~20 d 的防效均显著低于对照药剂低剂量拌种处理。当以 2 g/kg 拌种时,播后 5~10 d 的防效与对照药剂的低剂量拌种处理没有显著差异,但播后 20 d,其防效显著低于 600 g/L 吡虫啉 FSC 的低剂量拌种处理,说明 600 g/L 吡虫啉 FSC 的持效期较长。以 3 g/kg 拌种时,播后 5~20 d 的防效与对照药剂的低剂量拌种处理相比无显著差异。以最高施用剂量(药种比 4 g/kg)拌种时,播种 5~20 d 对沟金针虫的防治效果与对照药剂 600 g/L 吡虫啉 FSC 和 5%氟虫腈 FSC 高剂量拌种处理相比无显著差异(表 1)。

2.1.2 对铜绿丽金龟的盆栽防治效果

50%氯虫苯甲酰胺 FSC 对铜绿丽金龟的盆栽防治效果随着拌种剂量增大逐渐提高。以 1 g/kg 拌种播种后 5~20 d 对铜绿丽金龟的防效均显著低于对照药剂 600 g/L 吡虫啉 FSC 和 5%氟虫腈 FSC 的低剂量拌种处理。以 2 g/kg 拌种播后 15 d 的防效与对照药剂的低剂量拌种处理没有显著差异,但播后 20 d 其防效显著低于 600 g/L 吡虫啉 FSC 低剂量拌种处理,说明 600 g/L 吡虫啉 FSC 的持效期较长。当以 3 g/kg 拌种时,播后 5~20 d 的防效与对照药剂的低剂量拌种处理没有显著差异。50%氯虫苯甲酰胺 FSC 药种比 4 g/kg(高剂量)拌种处理播种后 5~20 d 的防治效果与对照药剂吡虫啉和氟虫腈相比无显著差异(表 2)。

表 1 氯虫苯甲酰胺种子处理对沟金针虫的盆栽防治效果¹⁾

Table 1 Control efficacy of chlorantraniliprole through seed treatment on *Pleonomus canaliculatus* in potted maize

药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 5 d 5th day after sowing		播种后 10 d 10th day after sowing	
		死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(78.13±1.71)e	(77.12±1.26)e	(72.50±1.55)e	(70.86±1.63)d
	2	(84.38±1.96)d	(83.66±1.32)d	(78.75±1.78)d	(77.48±0.87)cd
	3	(88.75±1.50)bc	(88.24±1.04)bcd	(81.88±0.87)cd	(80.79±0.53)bc
	4	(93.13±1.43)a	(92.81±0.69)ab	(88.13±0.64)ab	(87.42±0.74)ab
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(87.50±2.05)cd	(86.93±0.91)cd	(82.50±1.33)cd	(81.46±0.62)bc
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(91.88±2.39)ab	(91.50±0.87)abc	(87.50±1.52)ab	(86.75±0.88)ab
5%氟虫腈 FSC	1	(89.38±2.36)bc	(88.89±1.34)bcd	(84.38±1.26)bc	(83.44±1.25)bc
fipronil 5% FSC	2	(94.38±1.74)a	(94.12±0.58)a	(90.63±0.97)a	(90.07±1.03)a
对照 Control	—	(4.38±0.89)f	—	(5.63±0.74)f	—

药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 15 d 15th day after sowing		播种后 20 d 20th day after sowing	
		死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(65.63±1.39)d	(63.82±1.46)e	(56.88±1.85)d	(54.30±1.06)e
	2	(71.88±0.88)cd	(70.39±1.28)de	(65.63±1.64)c	(63.58±1.18)d
	3	(78.13±0.97)abc	(76.97±1.74)bcd	(71.25±0.93)b	(69.54±1.03)c
	4	(83.75±0.65)a	(82.89±1.69)a	(79.38±1.33)a	(78.15±0.75)a
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(76.25±1.76)bc	(75.00±1.55)cd	(73.75±1.62)b	(72.19±0.97)bc
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(82.50±1.28)ab	(81.58±1.67)ab	(78.13±1.67)a	(76.82±1.32)ab
5%氟虫腈 FSC	1	(78.75±1.64)abc	(77.63±0.78)abc	(70.63±1.58)b	(68.87±0.98)cd
fipronil 5% FSC	2	(84.38±1.37)a	(83.55±0.95)a	(80.00±0.99)a	(78.81±0.63)a
对照 Control	—	(5.00±0.81)e	—	(5.63±0.49)e	—

1) 表中数据为平均值±标准误。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。
Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan’s new multiple range test. The same below.

表 2 氯虫苯甲酰胺种子处理对铜绿丽金龟的盆栽防治效果

Table 2 Control efficacy of chlorantraniliprole through seed treatment on *Anomala corpulenta* in potted maize

药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 5 d 5th day after sowing		播种后 10 d 10th day after sowing	
		死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(81.25±0.69)f	(80.13±1.05)d	(75.63±1.15)d	(74.00±1.73)d
	2	(86.25±0.75)e	(85.43±0.99)c	(80.00±1.74)cd	(78.67±1.52)cd
	3	(91.25±1.36)cd	(90.73±0.74)b	(84.38±1.63)c	(83.33±0.98)bc
	4	(94.38±0.54)ab	(94.04±0.58)a	(90.63±0.97)ab	(90.00±0.46)a
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(90.00±1.63)d	(89.40±1.51)b	(84.38±0.85)c	(83.33±0.68)bc
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(93.13±0.97)bc	(92.72±0.73)ab	(90.00±1.36)ab	(89.33±0.87)a
5%氟虫腈 FSC	1	(90.63±1.28)d	(90.07±0.96)b	(85.63±1.47)bc	(84.67±0.94)b
fipronil 5% FSC	2	(95.63±0.76)a	(95.36±1.02)a	(91.25±0.88)a	(90.67±0.69)a
对照 Control	—	(5.63±0.71)g	—	(6.25±0.69)e	—

药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 15 d 15th day after sowing		播种后 20 d 20th day after sowing	
		死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(68.13±1.27)e	(66.00±1.73)e	(61.25±1.55)e	(59.21±0.68)d
	2	(73.75±0.93)de	(72.00±1.42)de	(69.38±1.37)d	(67.76±1.24)c
	3	(80.63±1.26)abc	(79.33±0.69)bcd	(75.00±0.66)bcd	(73.68±1.32)bc
	4	(86.25±1.35)a	(85.33±0.75)a	(81.25±0.74)abc	(80.26±1.07)ab
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(79.38±0.91)cd	(78.00±1.08)cd	(77.50±0.82)abc	(76.32±0.96)ab
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(85.63±0.89)ab	(84.67±1.21)ab	(81.88±0.79)ab	(80.92±0.75)a
5%氟虫腈 FSC	1	(80.00±1.47)bcd	(78.67±1.56)bcd	(74.38±0.83)cd	(73.03±0.81)bc
fipronil 5% FSC	2	(86.25±1.65)a	(85.33±0.95)a	(82.50±1.08)a	(81.58±0.97)a
对照 Control	—	(6.25±0.86)f	—	(5.00±0.75)f	—

2.1.3 对小地老虎的盆栽防治效果

50%氯虫苯甲酰胺 FSC 药种比 1~4 g/kg 拌种处理对小地老虎均具有较好的防治效果。当以 1 g/kg 拌种时,播后 5 d 的防效与 5%氟虫腈 FSC 的低剂量拌种处理没有显著差异,但显著高于 600 g/L 吡虫啉 FSC 的低剂量拌种处理;播后 10~20 d 的防效显著高于对照药剂低剂量拌种处理。当以 2 g/kg 拌

种时,播后 5~20 d 的防效显著高于对照药剂吡虫啉和氟虫腈低剂量拌种处理。当以 3 g/kg 拌种时,播后 10~20 d 的防效显著高于对照药剂高剂量拌种处理。高剂量(药种比 4 g/kg)拌种处理播种后 5~20 d 对小地老虎的盆栽防治效果显著高于对照药剂的高剂量拌种处理(表 3)。

表 3 氯虫苯甲酰胺种子处理对小地老虎的盆栽防治效果

Table 3 Control efficacy of chlorantraniliprole through seed treatment on *Agrotis ipsilon* in potted maize

药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 5 d 5th day after sowing		播种后 10 d 10th day after sowing	
		死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(83.75±0.99)de	(83.12±1.13)d	(78.75±1.25)cd	(78.06±1.14)d
	2	(87.50±1.36)cd	(87.01±1.27)c	(83.13±1.19)bc	(82.58±0.98)c
	3	(92.50±1.24)b	(92.21±1.39)b	(86.88±1.02)b	(86.45±0.85)b
	4	(95.63±1.08)a	(95.45±0.96)a	(91.88±0.78)a	(91.61±0.91)a
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(79.38±1.42)e	(78.57±1.28)e	(74.38±0.95)de	(73.55±1.32)e
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(85.63±1.51)d	(85.06±0.94)cd	(79.38±1.37)c	(78.71±1.28)d
5%氟虫腈 FSC	1	(83.75±0.87)de	(83.12±1.32)d	(73.75±0.93)e	(72.90±0.97)e
fipronil 5% FSC	2	(91.25±0.85)bc	(90.91±1.07)b	(78.75±1.26)cd	(78.06±1.04)d
对照 Control	—	(3.75±0.62)f	—	(3.13±0.71)f	—
药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 15 d 15th day after sowing		播种后 20 d 20th day after sowing	
		死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(73.75±0.76)cd	(72.00±0.89)d	(63.75±1.18)d	(62.09±0.86)de
	2	(78.13±0.85)bc	(76.67±0.87)c	(69.38±1.14)c	(67.97±1.05)c
	3	(83.13±0.97)ab	(82.00±1.21)b	(75.63±0.76)b	(74.51±0.93)b
	4	(87.50±1.23)a	(86.67±1.18)a	(81.88±0.95)a	(81.05±1.37)a
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(61.88±1.17)f	(59.33±1.45)g	(50.63±1.32)f	(48.37±1.52)g
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(67.50±1.25)ef	(65.33±1.36)ef	(58.75±0.86)de	(56.86±0.74)ef
5%氟虫腈 FSC	1	(65.63±0.79)ef	(63.33±0.93)fg	(56.25±1.19)ef	(54.25±0.99)f
fipronil 5% FSC	2	(70.63±1.31)de	(68.67±1.24)de	(64.38±0.97)cd	(62.75±1.26)cd
对照 Control	—	(3.75±0.68)g	—	(4.38±0.62)g	—

2.2 氯虫苯甲酰胺对 3 种地下害虫的田间接虫防治效果

2.2.1 对沟金针虫的田间接虫防治效果

50%氯虫苯甲酰胺 FSC 对沟金针虫的田间接虫防治效果随着拌种剂量增大逐渐提高。以 1 g/kg 拌

种时防效较差,播后 5~20 d 的防效均显著低于对照药剂吡虫啉和氟虫腈低剂量拌种处理。当以 2,3 g/kg 拌种时,播后 5、15、20 d 的防效与对照药剂的低剂量拌种处理没有显著差异。3 种药剂以最高施用剂量拌种,播种后 5~20 d 的防治效果均高于 80%(表 4)。

表 4 氯虫苯甲酰胺种子处理对沟金针虫的田间接虫防效

Table 4 Field control efficacy of chlorantraniliprole through seed treatment on *Pleonomus canaliculatus* under artificial inoculation condition

药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 5 d 5th day after sowing		播种后 10 d 10th day after sowing	
		死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(21.88±0.59)b	(64.65±1.14)e	(19.38±0.72)b	(64.37±0.94)f
	2	(18.13±0.67)bc	(70.71±0.68)de	(15.63±0.58)c	(71.27±1.16)e
	3	(15.00±0.92)cd	(75.76±0.97)cd	(11.25±0.63)de	(79.31±0.69)c
	4	(11.25±0.77)ef	(81.82±1.25)ab	(8.75±0.71)e	(83.91±0.78)ab
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(16.25±0.85)c	(73.74±1.63)d	(13.75±0.57)cd	(74.71±1.23)de
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(11.88±0.63)def	(80.81±1.08)abc	(10.63±0.66)de	(80.46±1.15)bc
5%氟虫腈 FSC	1	(14.38±0.74)cde	(76.77±0.87)bcd	(12.50±0.29)cd	(77.01±0.84)cd
fipronil 5% FSC	2	(9.38±0.65)f	(84.85±1.23)a	(8.13±0.45)e	(85.06±1.37)a
对照 Control	—	(61.88±0.91)a	—	(54.38±0.86)a	—

续表 4 Table 4(Continued)

药剂 Insecticide	有效成分/ g·kg ⁻¹ Dose	播种后 15 d 15th day after sowing		播种后 20 d 20th day after sowing	
		死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC	1	(17.50±0.65)b	(62.67±0.76)e	(15.00±0.76)b	(61.29±1.15)d
chlorantraniliprole 50% FSC	2	(13.75±0.70)c	(70.67±0.95)d	(11.25±0.82)c	(70.97±1.02)c
	3	(9.38±0.68)ef	(80.00±0.74)abc	(6.88±0.67)ef	(82.26±0.54)ab
	4	(7.50±0.71)fg	(84.00±0.83)ab	(6.25±0.34)f	(83.87±0.97)a
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(11.88±0.62)cd	(74.67±0.89)cd	(10.00±0.53)cd	(74.19±0.69)bc
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(8.75±0.28)efg	(81.34±0.97)abc	(6.88±0.36)ef	(82.26±0.73)ab
5%氟虫腈 FSC	1	(10.63±0.41)de	(77.34±1.08)bcd	(8.75±0.69)de	(77.42±0.65)abc
fipronil 5% FSC	2	(6.88±0.36)g	(85.33±1.42)a	(6.25±0.55)f	(83.87±0.86)a
对照 Control	—	(46.88±0.75)a	—	(38.75±0.84)a	—

2.2.2 对铜绿丽金龟的田间接虫防治效果

50%氯虫苯甲酰胺 FSC 对铜绿丽金龟的田间接虫防治效果随着施用剂量增大逐渐提高。以 1 g/kg 拌种,播种后 5~20 d 对铜绿丽金龟的防效均显著低于对照药剂吡虫啉和氟虫腈低剂量拌种处理。以 2 g/kg 拌种时播后 20 d 与对照药剂的低剂量拌种

处理无显著差异。当以 3 g/kg 拌种时,播后 5~20 d 与对照药剂的低剂量拌种处理无显著差异。高剂量(药种比 4 g/kg)拌种处理播种后 5~20 d 的防治效果与对照药剂吡虫啉和氟虫腈高剂量拌种相比无显著差异(表 5)。

表 5 氯虫苯甲酰胺种子处理对铜绿丽金龟的田间接虫防效

Table 5 Filed control efficacy of chlorantraniliprole through seed treatment on *Anomala corpulenta* under artificial inoculation condition

药剂 Insecticide	有效成分/ g·kg ⁻¹ Dose	播种后 5 d 5th day after sowing		播种后 10 d 10th day after sowing	
		死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC	1	(26.25±0.81)b	(67.69±0.67)e	(23.75±0.86)b	(69.84±0.82)e
chlorantraniliprole 50% FSC	2	(22.50±0.84)c	(72.31±1.24)de	(20.63±0.77)bc	(73.81±1.05)de
	3	(18.13±0.75)d	(77.69±0.82)bc	(16.25±0.84)de	(79.37±0.91)bc
	4	(14.38±0.63)f	(82.31±0.97)ab	(13.13±0.68)ef	(83.33±0.76)ab
	3	(20.63±0.82)cd	(74.62±1.08)cd	(19.38±0.51)cd	(75.40±0.87)cd
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(20.63±0.82)cd	(74.62±1.08)cd	(19.38±0.51)cd	(75.40±0.87)cd
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(15.00±0.57)ef	(81.54±1.13)ab	(13.75±0.79)ef	(82.54±1.34)ab
5%氟虫腈 FSC	1	(17.50±0.39)de	(78.46±0.89)bc	(15.63±0.42)e	(80.16±0.93)b
fipronil 5% FSC	2	(13.13±0.74)f	(83.85±0.95)a	(11.25±0.53)f	(85.71±1.08)a
对照 Control	—	(81.25±0.66)a	—	(78.75±0.78)a	—

药剂 Insecticide	有效成分/ g·kg ⁻¹ Dose	播种后 15 d 15th day after sowing		播种后 20 d 20th day after sowing	
		死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC	1	(22.50±0.69)b	(68.70±1.03)e	(20.63±0.68)b	(67.65±0.89)e
chlorantraniliprole 50% FSC	2	(18.75±0.72)bc	(73.91±1.36)de	(15.63±0.91)c	(75.49±0.97)d
	3	(14.38±0.84)de	(80.00±1.20)bcd	(12.50±0.86)cd	(80.39±1.22)cd
	4	(10.63±0.37)ef	(85.22±0.97)ab	(8.75±0.54)ef	(86.27±1.21)ab
	3	(17.50±0.55)cd	(75.65±0.62)cd	(15.63±0.73)c	(75.49±0.79)d
600 g/L 吡虫啉 FSC	3	(17.50±0.55)cd	(75.65±0.62)cd	(15.63±0.73)c	(75.49±0.79)d
imidacloprid 600 g/L FSC	4	(11.25±0.76)ef	(84.35±1.59)ab	(10.00±0.82)def	(84.31±0.82)abc
5%氟虫腈 FSC	1	(13.75±0.29)def	(80.87±0.75)abc	(11.88±0.97)de	(81.37±1.05)bcd
fipronil 5% FSC	2	(10.00±0.68)f	(86.09±0.88)a	(8.13±0.45)f	(87.25±0.96)a
对照 Control	—	(71.88±0.93)a	—	(63.75±0.75)a	—

2.2.3 对小地老虎的田间接虫防治效果

50%氯虫苯甲酰胺 FSC 药种比 1~4 g/kg 拌种处理对小地老虎具有较好的防治效果,且随着施用剂量增大对小地老虎的防效也逐渐提高。当以 1 g/kg

拌种时,播后 5~20 d 的防效均在 70%左右。当以 2 g/kg拌种时,播后 5、10、20 d 的防效与 5%氟虫腈 FSC 低剂量拌种处理没有显著差异,但显著高于 600 g/L 吡虫啉 FSC 的低剂量拌种处理;播后 15 d

的防效与对照药剂低剂量拌种处理没有显著差异。以 3 g/kg 拌种时播后 15 d 的防效与对照药剂高剂量拌种处理相比无显著差异。以高剂量(药种比 4 g/kg)拌种处理对小地老虎的田间接虫防治效果显著高于对照药剂吡虫啉和氟虫腈高剂量拌种处理。

表 6 氯虫苯甲酰胺种子处理对小地老虎的田间接虫防效

Table 6 Field control efficacy of chlorantraniliprole through seed treatment on *Agrotis ipsilon* under artificial inoculation condition

药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 5 d 5th day after sowing		播种后 10 d 10th day after sowing	
		死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(31.25±0.69)b	(66.89±0.96)e	(28.75±1.07)b	(68.49±0.86)f
	2	(24.38±0.88)de	(74.17±0.87)cd	(21.25±0.75)de	(76.71±1.24)de
	3	(18.75±1.05)f	(80.13±0.54)b	(16.25±0.91)g	(82.19±0.58)b
	4	(13.75±1.22)g	(85.43±1.20)a	(11.25±0.62)h	(87.67±0.93)a
600 g/L 吡虫啉 FSC imidacloprid 600 g/L FSC	3	(28.75±0.71)bc	(69.54±1.13)e	(26.25±0.86)bc	(71.23±0.54)f
	4	(21.88±0.82)e	(76.82±0.91)c	(19.38±0.49)ef	(78.77±0.77)cd
5%氟虫腈 FSC fipronil 5% FSC	1	(25.63±0.79)cd	(72.85±0.75)d	(23.13±0.57)cd	(74.66±1.13)e
	2	(18.75±1.33)f	(80.13±0.88)b	(16.88±0.84)fg	(81.51±0.62)bc
对照 Control	—	(94.38±0.75)a	—	(91.25±1.62)a	—

药剂 Insecticide	有效成分/ g · kg ⁻¹ Dose	播种后 15 d 15th day after sowing		播种后 20 d 20th day after sowing	
		死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(26.25±0.63)b	(70.21±1.03)e	(24.38±0.63)b	(69.77±0.78)e
	2	(20.63±0.41)cd	(76.60±0.87)cd	(19.38±0.52)c	(75.97±0.99)d
	3	(14.38±0.67)ef	(83.69±0.72)ab	(13.13±0.65)e	(83.72±0.84)b
	4	(10.63±0.78)f	(87.94±0.69)a	(9.38±0.71)f	(88.37±1.23)a
600 g/L 吡虫啉 FSC imidacloprid 600 g/L FSC	3	(25.00±0.62)bc	(71.63±0.79)de	(23.13±0.83b	(71.32±0.76)e
	4	(18.13±1.01)de	(79.43±0.65)bc	(16.88±1.18)cd	(79.07±1.05)cd
5%氟虫腈 FSC fipronil 5% FSC	1	(20.63±0.85)cd	(76.60±1.12)cd	(18.75±0.74)c	(76.75±0.58)d
	2	(15.00±0.89)e	(82.98±0.68)b	(14.38±0.35)de	(82.17±0.93)bc
对照 Control	—	(88.13±0.87)a	—	(80.63±0.92)a	—

2.3 氯虫苯甲酰胺对玉米地下害虫田间综合防治效果

2.3.1 氯虫苯甲酰胺对田间玉米种子萌发、幼苗生长及产量的影响

试验过程中玉米未出现药害症状。定量播种区玉米出苗后 7 d,3 种药剂拌种处理的田间玉米出苗率均高于 90%,与对照(89.25%)相比显著提高。

50%氯虫苯甲酰胺 FSC 拌种处理 3 叶 1 心时幼苗株高显著高于对照(20.13 cm),与对照药剂相比无显著性差异。50%氯虫苯甲酰胺 FSC 药种比 1~4 g/kg拌种处理后玉米产量与对照相比显著增加,其中高剂量(药种比 4 g/kg)产量最高,增产率为 15.31%,对照药剂吡虫啉和氟虫腈拌种处理后增产率与氯虫苯甲酰胺处理相比差异不显著(表 7)。

表 7 氯虫苯甲酰胺种子处理对田间玉米种子萌发、幼苗生长及产量的影响

Table 7 Effects of chlorantraniliprole to seed germination, seedling growth and yield of maize by seed treatment in field

药剂 Insecticide	有效成分/g · kg ⁻¹ Dose	出苗率/% Emergence rate	株高/cm Plant heigh	小区产量/kg Yield of plots	增产率/% Increase rate of yield
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(92.75±0.68)bc	(22.66±0.34)a	(22.01±0.22)b	(8.63±2.39)b
	2	(92.25±0.51)c	(22.43±0.41)a	(22.43±0.27)bc	(10.71±1.67)ab
	3	(94.75±0.31)abc	(22.48±0.53)a	(22.74±0.68)bc	(12.25±0.65)ab
	4	(93.75±0.58)ab	(22.61±0.29)a	(23.36±0.54)a	(15.31±0.72)a
600 g/L 吡虫啉 FSC imidacloprid 600 g/L FSC	3	(95.25±0.63)a	(22.97±0.56)a	(22.47±0.76)bc	(10.91±1.68)ab
	4	(94.75±0.31)ab	(22.51±0.42)a	(23.01±0.25)bc	(13.56±2.06)ab
5%氟虫腈 FSC fipronil 5% FSC	1	(92.75±0.56)bc	(22.35±0.38)a	(22.60±0.38)bc	(11.55±0.91)ab
	2	(92.25±0.53)c	(22.15±0.45)a	(23.05±0.41)bc	(13.75±1.34)ab
对照 Control	—	—	(89.25±0.70)d	(20.13±0.67)b	(20.26±0.59)c

2.3.2 氯虫苯甲酰胺对地下害虫的综合防治效果

田间玉米出苗后 3 d,空白对照的植株被害率为 15.63%,随着时间的延长,植株被害率逐渐增加。50%氯虫苯甲酰胺 FSC 对玉米地下害虫综合防治效果随着施用剂量增大逐渐提高。以 1 g/kg 拌种时防效较差,出苗后 7~21 d 的防效均显著低于对照药剂低剂量拌种处理。以 2 g/kg 拌种与对照药

剂的低剂量拌种,3 g/kg 与对照药剂的高剂量拌种处理拌种,出苗后 3~21 d 的防效没有显著差异。以高剂量(药种比 4 g/kg)拌种处理出苗后 7 d 的田间综合防效显著高于对照药剂高剂量拌种处理;出苗后 14~21 d 的田间综合防效显著高于 600 g/L 吡虫啉 FSC 高剂量拌种处理,但与 5%氟虫腈 FSC 高剂量拌种处理相比无显著差异(表 8)。

表 8 氯虫苯甲酰胺种子处理对玉米地下害虫综合防治效果

Table 8 Integrated control efficacy of chlorantraniliprole on underground pests of maize by seed treatment in field					
药剂 Insecticide	有效成分/ g·kg ⁻¹ Dose	播种后 5 d 5th day after sowing		播种后 10 d 10th day after sowing	
		死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(10.00±0.91)b	(36.02±1.46)c	(16.25±0.65)b	(55.17±1.18)e
	2	(8.75±0.75)bc	(44.02±1.52)bc	(13.75±0.82)bc	(62.07±1.39)d
	3	(6.88±0.69)bcd	(56.01±1.84)abc	(10.63±0.77)de	(70.69±1.67)bc
	4	(4.38±1.12)e	(72.01±0.97)a	(6.88±0.69)f	(81.03±1.25)a
600 g/L 吡虫啉 FSC imidacloprid 600 g/L FSC	3	(7.50±0.73)bcd	(52.02±1.65)abc	(13.13±1.36)cd	(63.79±0.97)d
	4	(5.63±0.84)bcd	(64.01±2.79)ab	(10.63±0.73)de	(70.69±1.33)bc
5%氟虫腈 FSC fipronil 5% FSC	1	(7.50±1.12)bcd	(52.02±3.29)abc	(11.88±0.99)cd	(67.24±1.54)cd
	2	(5.00±1.39)cd	(68.01±2.35)a	(8.75±1.54)ef	(75.86±1.69)b
对照 Control	—	(15.63±0.96)a	—	(36.25±1.17)a	—

药剂 Insecticide	有效成分/ g·kg ⁻¹ Dose	播种后 15 d 15th day after sowing		播种后 20 d 20th day after sowing	
		死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy	死虫率/% Mortality	防治效果/% Control efficacy
50%氯虫苯甲酰胺 FSC chlorantraniliprole 50% FSC	1	(18.75±0.69)b	(54.55±1.61)e	(23.75±1.22)b	(48.65±1.04)e
	2	(15.00±0.72)cd	(63.64±2.28)cd	(19.38±0.96)c	(58.11±0.85)d
	3	(12.50±1.23)de	(69.70±2.64)bc	(15.63±1.37)de	(66.22±1.28)bc
	4	(8.75±1.46)f	(78.79±1.47)a	(11.25±0.83)f	(75.68±1.32)a
600 g/L 吡虫啉 FSC imidacloprid 600 g/L FSC	3	(15.63±0.91)c	(62.12±1.35)d	(18.75±1.19)c	(59.46±0.97)d
	4	(12.50±0.69)de	(69.70±0.96)bc	(15.00±0.75)de	(67.57±1.07)bc
5%氟虫腈 FSC fipronil 5% FSC	1	(13.13±0.75)cde	(68.18±1.78)bcd	(16.88±0.63)cd	(63.51±1.59)cd
	2	(10.63±0.84)ef	(74.24±2.63)ab	(13.13±0.74)ef	(71.62±1.32)ab
对照 Control	—	(41.25±1.05)a	—	(46.25±0.95)a	—

3 结论与讨论

氯虫苯甲酰胺由于低毒、靶标独特、应用方法多样,已成为害虫综合治理战略中的一类重要药剂^[23-24]。除对鳞翅目害虫高效以外,氯虫苯甲酰胺对双翅目、鞘翅目、半翅目等多种非鳞翅目害虫也有很好的防治效果^[15]。研究表明氯虫苯甲酰胺对小地老虎卵无毒杀作用,但对其幼虫具有较高的毒力^[25-29],本研究结果表明氯虫苯甲酰胺拌种处理对小地老虎也有较好的防治效果。宫庆涛等^[13]和李晓等^[30]发现氯虫苯甲酰胺对铜绿丽金龟幼虫有较高的毒力;王淑枝等采用氯虫苯甲酰胺制备毒土防治铜绿丽金龟卵和初孵幼虫,获得了较高毒杀效果^[18],但纪桂霞等采用毒土法发现氯虫苯甲酰胺对铜绿丽金龟卵毒力较低(LC₅₀为 208.488 mg/kg)^[31],这

可能与昆虫卵的发育程度有关,不同胚胎发育时期对药剂敏感性差异较大^[31]。本研究表明氯虫苯甲酰胺拌种处理对玉米地下害虫沟金针虫、铜绿丽金龟和小地老虎均有很好的防治效果。随着传统高毒药剂的限用与禁用,氯虫苯甲酰胺可有效替代传统高毒农药应用于玉米地下害虫的防治。

科学合理的施药技术不仅是影响防治效果的关键环节,也是发挥药剂最大效用的基础^[22,32]。地下害虫由于生存环境特殊,常规的施药方法难以减少其为害。目前地下害虫常用施药方法有沟施、毒土、灌根、毒饵诱杀等^[20],这些方法比较费工费时。化学防治需要结合田间的实际情况选择正确的施药时期^[13,33]。小地老虎以第 1 代为防治重点,其中 3 龄前小地老虎幼虫还未扩散为害,且抗性较小,是防治的最佳时期^[34]。沟金针虫与铜绿丽金龟的防治

应集中在卵期、初孵幼虫和成虫期 3 个关键时期。近年来农业种植模式的改变导致地下害虫为害时间延长,通常能从玉米播种期一直为害到幼苗期。因此,玉米地下害虫的防治必须掌握好防治时期,要做到幼虫期防治与成虫期防治相结合,播种期防治与生长期防治相结合^[21]。播种前对玉米进行拌种能在一定程度上减少地下害虫及其他病虫害为害,药剂拌种为隐蔽施药,可保护自然天敌,对环境友好,是科学精准的施药方法^[22]。

田间地下害虫的防治中,药剂的综合防效和持效性是重要的评价指标^[31]。在玉米生产过程中,地下害虫轻则造成断垄,重则造成绝收^[5]。近年来,其对玉米产量的影响呈现上升趋势^[35]。本研究通过盆栽接虫和田间接虫的方法评价了氯虫苯甲酰胺拌种处理对 3 种玉米地下害虫,沟金针虫、铜绿丽金龟以及小地老虎的防治效果与持效性,并通过田间试验验证了氯虫苯甲酰胺拌种处理对玉米地下害虫的综合防治效果。结果表明,氯虫苯甲酰胺高剂量拌种处理在播种后 20 d 对沟金针虫、铜绿丽金龟及小地老虎的防治效果在 80% 左右,特别是对小地老虎的防效显著高于对照药剂吡虫啉和氟虫腈。本试验结果是基于 2018 年田间自然发生和为害情况记录数据,尚需连续多年多地进一步明确氯虫苯甲酰胺对玉米田地下害虫的综合防治效果。

参考文献

- [1] 魏鸿钧,张昭良,王荫长. 中国地下害虫[M]. 上海:上海科学技术出版社,1989:273-376.
- [2] 孙元友,李颖,薛俊华. 铜绿丽金龟的生活习性及其防治技术[J]. 吉林林业科技,2009,38(5):54-55.
- [3] 陈建明,俞晓平,陈列忠,等. 我国地下害虫的发生和治理策略[J]. 浙江农业学报,2004,16(6):389-394.
- [4] 李杨,韩君,于春雷,等. 七种杀虫剂对暗黑鳃金龟成虫和幼虫的毒力及田间防控效果[J]. 植物保护学报,2012,39(2):147-152.
- [5] 张美翠,尹姣,李克斌,等. 地下害虫蛴螬的发生与防治研究进展[J]. 中国植保导刊,2014,34(10):20-28.
- [6] 陆俊姣,董晋明,任美凤,等. 山西临汾冬小麦-夏玉米轮作田地下害虫种群在土壤中的迁移规律[J]. 昆虫学报,2017,60(9):1046-1059.
- [7] 王波,杨基峰. 玉米苗期地下害虫防治研究[J]. 安徽农业技术师范学院学报,2001,15(1):6-8.
- [8] 尚栋亮,于慧敏,张金良,等. 鲜食玉米种子包衣对地下害虫的防控以及苗期生长发育的影响[J]. 中国生物防治学报,2018,35(1):31-36.
- [9] 陈建明,陈忠其,俞晓平,等. 九种无公害农药对铜绿金龟子和韭菜迟眼蕈蚊的毒力测定[J]. 浙江农业学报,2006,18(5):321-324.
- [10] 席国成,刘春琴,刘艳涛,等. 铜绿丽金龟卵对 5 种杀虫剂的敏感性测定[J]. 河北农业科学,2012,16(10):54-55.
- [11] 周靖华,李艳红,张林林,等. 几种杀虫剂对铜绿丽金龟成虫的触杀作用[J]. 西北农业学报,2012,21(9):179-183.
- [12] 姚庆学,张勇,丁岩. 金龟子防治研究的回顾与展望[J]. 东北林业大学学报,2003,31(3):64-66.
- [13] 宫庆涛,张坤鹏,武海斌,等. 6 种杀虫剂对铜绿丽金龟防治效果评价[J]. 果树学报,2016,33(12):1542-1549.
- [14] 朱秀蕾,陆秀君,刘子欢,等. 六种杂草对华北大黑鳃金龟甲取食和繁殖的影响[J]. 植物保护学报,2017,44(2):351-352.
- [15] 徐尚成,俞幼芬,王晓军,等. 新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展[J]. 现代农药,2008,7(5):8-11.
- [16] 杨桂秋,童怡春,杨辉斌,等. 新型杀虫剂氯虫苯甲酰胺研究概述[J]. 世界农药,2012,34(1):31-34.
- [17] ZHANG Ruimin, DONG Junfeng, CHEN Jiahua, et al. The Sublethal effects of chlorantraniliprole on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013, 12(3): 457-466.
- [18] 王淑枝,刘顺通,段爱菊,等. 不同药剂对铜绿丽金龟卵和幼室内药效及毒力测定[J]. 山西农业科学,2014,42(6):603-605.
- [19] 安静杰,党志红,李耀发,等. 拌种防治玉米二点委夜蛾的药剂筛选及其安全性研究[J]. 植物保护,2017,43(3):213-217.
- [20] 王淑枝,王利霞,仲嘉伟,等. 不同药剂拌种防治花生田地下害虫药效试验[J]. 华中昆虫研究,2012,8:165-167.
- [21] 段爱菊,韩瑞华,王利霞,等. 不同药剂拌种对花生地下害虫的防治试验[J]. 花生学报,2011,40(4):37-40.
- [22] 何发林,姜兴印,尚佃龙,等. 氯虫苯甲酰胺种子处理对花生地上及地下害虫的防治效果[J]. 植物保护学报,2019,46(1):239-248.
- [23] 李秀霞,梁沛,高希武. 昆虫对双酰胺类杀虫剂抗性机制研究进展[J]. 植物保护学报,2015,42(4):481-487.
- [24] 赵平,严秋旭,李新,等. 双酰胺类杀虫剂的现状与展望[J]. 农药科学与管理,2015,36(11):23-29.
- [25] 杜军辉,于伟丽,王猛,等. 三种双酰胺类杀虫剂对小地老虎和蚯蚓的选择毒性[J]. 植物保护学报,2013,40(3):266-272.
- [26] 王猛,王凯,刘峰,等. 溴氰虫酰胺和氯虫苯甲酰胺对三种鳞翅目害虫的毒力作用比较[J]. 植物保护学报,2014,41(3):360-366.
- [27] 于伟丽,杜军辉,胡廷萍,等. 六种杀虫剂对小地老虎的毒力及对土壤生物安全性评价[J]. 植物保护学报,2012,39(3):277-282.
- [28] 刘同金,庄乾营,赵维,等. 氯虫苯甲酰胺防治玉米田小地老虎和玉米螟试验[J]. 山东农业科学,2010(9):81-82.
- [29] 陆俊姣,董晋明,赵荣华,等. 4 种药剂对小地老虎幼虫的毒力及田间防效[J]. 中国植保导刊,2016,36(2):60-62.
- [30] 李晓,鞠倩,赵志强,等. 8 种杀虫剂对花生蛴螬的田间防效及安全性评价[J]. 植物保护,2013,39(4):159-163.
- [31] 纪桂霞,刘芳,夏楠楠,等. 几种药剂对铜绿丽金龟的杀卵作用研究[J]. 花生学报,2017,46(1):59-63.
- [32] 史彩华,胡静荣,杨玉婷,等. 不同药剂和施药方法对韭蛆的田间防治效果[J]. 植物保护学报,2018,45(2):282-289.
- [33] 张为丽,姚海峰,郑薇薇,等. 八节黄芩马高效低毒防治药剂的筛选[J]. 果树学报,2014,31(6):1134-1138.
- [34] 向玉勇,杨茂发. 小地老虎在我国的发生危害及防治技术研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(33):14636-14639.
- [35] 于涵. 不同种衣剂对玉米地下害虫防治效果及产量的影响[J]. 现代化农业,2015(4):41.

(责任编辑:杨明丽)