

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

何发林¹ 姜兴印^{1*} 尚佃龙¹ 姚晨涛¹ 李向东¹ 张吉旺²

(1. 山东农业大学植物保护学院, 农药毒理与应用技术省级重点实验室, 泰安 271018;

2. 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花生地下害虫及地上刺吸式口器害虫的防治效果, 筛选出合适的田间用药剂量, 通过室内盆栽接虫试验和田间试验研究氯虫苯甲酰胺对花生地下害虫沟金针虫 *Pleonomus canaliculatus* (Faldermann)、铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* Motschulsky 以及地上害虫花生蚜 *Aphis craccivora* Koch 的综合防治效果。结果表明, 盆栽药剂拌种处理后 15 d, 氯虫苯甲酰胺有效成分用量为 2.40、3.20 g/kg 种子处理对沟金针虫的防治效果为 77.42% 和 82.58%, 对铜绿丽金龟的防治效果为 77.12% 和 85.62%; 田间拌种处理收获时, 2.40、3.20 g/kg 种子剂量的氯虫苯甲酰胺对花生田沟金针虫的防治效果为 68.12% 和 76.33%, 对铜绿丽金龟的防治效果为 71.38% 和 80.71%; 3.20 g/kg 种子剂量处理对花生蚜的防治效果最高, 为 36.39%; 该药剂拌种处理后对花生种子无不良影响, 对出苗和生长有一定的促进作用, 2.40、3.20 g/kg 种子剂量处理后增产率为 16.16% 和 18.44%。表明氯虫苯甲酰胺种子处理对花生地下害虫沟金针虫和铜绿丽金龟具有很高的防治效果和持效性, 同时对花生蚜也有一定的兼治效果, 有明显的防虫增产作用, 可推广应用于防治花生田地下害虫。

关键词: 氯虫苯甲酰胺; 花生; 种子包衣; 地上害虫; 地下害虫

Control effects of overground and underground insect pests of peanut by seed dressing with chlorantraniliprole

He Falin¹ Jiang Xingyin^{1*} Shang Dianlong¹ Yao Chentao¹ Li Xiangdong¹ Zhang Jiawang²

(1. Key Laboratory of Pesticide Toxicology & Application Technique, College of Plant Protection, Shandong

Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China; 2. College of Agronomy, Shandong

Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China)

Abstract: In order to clarify the control effects of chlorantraniliprole on underground pests and aboveground sucking pests in the peanut field by seed treatment and screen out the suitable field doses for further popularization, the indoor pot experiments and field experiments were conducted to study the integrated control effects of chlorantraniliprole on the underground insect pests (wireworms and grubs) and the aboveground pests (aphids). The results of pot experiments showed that the control effects of *Pleonomus canaliculatus* (Faldermann) were 77.42% and 82.58%, respectively, and the control effects of *Anomala corpulenta* Motschulsky were 77.12% and 85.62%, respectively, 15 d after chlorantraniliprole was applied by seed dressing with the doses of 2.40 g/kg seeds and 3.20 g/kg seeds. Meanwhile, the results of field experiments showed that the doses of chlorantraniliprole of 2.40 g/kg seeds and 3.20 g/kg

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 (Author for correspondence), E-mail: xyjiang@sdau.edu.cn

收稿日期: 2018-06-10

seeds had a high control effects to *P. canaliculatus* with 68.12% and 76.33%, respectively, and the control effects on *A. corpulenta* were 71.38% and 80.71%, respectively, when the peanuts were harvested. The control effects of *Aphis craccivora* Koch was up to 36.39% when treated with 3.20 g/kg seed dose of chlorantraniliprole. There were no adverse effects on the peanut seeds; however, the emergence rates and growth were, to a certain extent, promoted, and the increase rates of peanut yields were 16.16% and 18.44%, respectively, when chlorantraniliprole was applied at 2.40 g/kg seeds and 3.20 g/kg seeds. The results indicated that chlorantraniliprole had high and persistent control effects against underground pests in peanut fields. Moreover, it also had certain control effects on *A. craccivora*. It could not only control underground insect pests effectively, but also increase peanut production, which had good prospects for popularization and application in controlling underground insect pests in peanut fields.

Key words: chlorantraniliprole; peanut; seed dressing; aboveground pest; underground pest

花生是我国主要的油料作物,种植区域集中在山东、河南等省(闫冉冉等,2014),其年产量约占世界花生年产量的60%,因此,花生在我国国民经济发展中具有重要的战略地位(Zhang et al., 2011; 郑伟等,2018)。在花生生长过程中,地上及地下害虫为害均可造成花生的缺苗断垅、产量降低,甚至是绝收(渠成等,2014; 刘子欢等,2015)。花生地下害虫的种类主要有金针虫、蛴螬、地老虎等,是影响花生种子发芽、幼苗长势、结荚、产量以及品质的主要害虫,在花生整个生长发育期内均可受害(方秋瑾,2010)。花生地上害虫有蚜虫、红蜘蛛等,其中花生蚜 *Aphis craccivora* Koch 是为害花生的重要地上害虫(王磊等,2011),该虫以刺吸式口器吸取植株汁液,同时分泌大量蜜露引起煤污病,除直接为害花生外,还是多种花生病毒病的传播媒介(李军华等,2007)。全球气候变暖和农业栽培制度的改变为农业害虫提供了隐蔽场所,其生活环境有了很大的改善,为害程度加剧、为害范围增大,导致作物产量损失加重(陈建明等,2004; 李杨等,2012)。

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(陈建明等,2006; 席国成等,2012; 周靖华等,2012),随着此类高残留或剧毒杀虫剂的禁止或限制使用,市场上地下害虫防治药剂稀缺(姚庆学等,2003; 宫庆涛等,2016a; 朱秀蕾等,2017)。花生蚜防治仍然依赖有机磷类农药、拟除虫菊酯类以及新烟碱类等杀虫剂,由于化学药剂的长期大量使用,已使蚜虫的抗药性不断增加(李晓等,2013a; 高志山等,2016)。因此,亟待筛选高效、低毒、低残留的杀虫剂,作为花生地上及地下害虫防治的优选药剂。

氯虫苯甲酰胺是双酰胺类杀虫剂,由杜邦公司开发的一种具有广谱、低毒、持效期长、环境友好以

及对靶标害虫防效极佳等特点的杀虫剂(徐尚成等,2008)。近年来,已有研究表明氯虫苯甲酰胺对地下害虫也有较高的防治效果(刘刚,2009; 刘顺通等,2009; 王淑枝等,2014),但尚无关于氯虫苯甲酰胺种子处理防治花生地上及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毒死蜱作为对照药剂,并于播种前对花生种子进行包衣处理,采用盆栽接虫法测定药剂对金针虫、铜绿丽金龟幼虫以及蚜虫的防治效果和持效性,并通过田间防治试验评价氯虫苯甲酰胺对花生地上及地下害虫的综合控制效果,以期对花生田防治地上及地下害虫提供高效、安全的用药参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂:10% 氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole)悬浮种衣剂、25% 吡虫啉(imidacloprid)悬浮种衣剂和30% 毒死蜱(chlorpyrifos)悬浮种衣剂,均为本实验室自制。虽然这3种药剂均有市售,但是为了排除非有效成分对试验结果的干扰,均使用了自制药剂。

供试植物:花生品种为丰花3号,种子由山东农业大学花生研究所提供;小麦品种为泰农18,种子由山东农业大学小麦试验基地提供;所用蚕豆由山东农业大学生命科学学院提供。

供试昆虫:花生蚜于温室以蚕豆幼苗为寄主植物常年继代饲养,饲养条件为温度 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度70%~85%、光照周期16 L:8 D;铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* Motschulsky 与沟金针虫 *Pleonomus canaliculatus* Faldermann 的幼虫采自山东省宁阳县堽城镇得时村小麦田,置于装有含水量为15%~18%的土壤的50 cm×25 cm×20 cm 饲养盒内饲养,以发

芽的小麦种子作为食物来源,并在室内模拟其田间生存条件饲养待用,温度为 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为40%~50%、光照周期为8 L:16 D。

1.2 方法

1.2.1 供试药剂对害虫的盆栽防治效果测定

本试验于2017年在山东农业大学日光温室内进行,温度 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度70%~80%、光照周期14 L:10 D。在预试验和安全性试验的基础上,共设定9个处理,其中氯虫苯甲酰胺有效成分用量设为0.80、1.60、2.40、3.20 g/kg种子4个剂量拌种处理花生种子,选用毒死蜱有效成分用量为2.50、5.00 g/kg种子和吡虫啉有效成分用量为1.25、2.50 g/kg种子的剂量作为对照药剂,称取200 g花生种子和所需药剂用量,加入食品袋中,将药剂与种子拌匀后,倒出晾干,备用。以未拌药剂的花生种子作为空白对照。

将过筛细土装入直径16 cm、高18 cm的塑料花盆中,每盆播2粒拌好药的丰花3号花生种子,放到日光温室中正常管理。在播种后15、30、45 d的花生苗上接大小一致的4龄花生蚜若蚜,将接虫后的花盆放到笼罩中防止花生蚜逃逸,每盆接虫40头,每个重复5盆,每个处理重复4次,接虫72 h后检查花生蚜的存活情况;沟金针虫2龄幼虫和铜绿丽金龟2龄幼虫于播种后5 d和15 d接到土壤表面,将24 h内不能入土的试虫替换,每盆接2头试虫,每重复20盆,每处理重复4次,接虫5 d后检查沟金针虫和铜绿丽金龟幼虫的存活情况。记录存活花生蚜、沟金针虫和铜绿丽金龟幼虫的数量,计算防治效果。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 供试药剂对害虫的田间防治效果测定

本试验于2017年6月在山东省宁阳县堽城镇得时村花生田进行,质地为砂壤土,前茬作物小麦。该地区常年保持单一的小麦-花生轮作种植模式,且周围杂草树木繁多,故地下害虫发生较重。设定的8个药剂浓度处理和1个空白对照同1.2.1,于播种前1 d分别按照每100 kg种子拌药量用水调成2.5 L药液,于食品袋中匀速摇晃,直至种子均匀沾上药液为止,晾干备用。播种方法为露地机械播种,播种量为 225 kg/hm^2 ,每公顷种植15万~18万穴,每穴播种1粒,播后镇压以减少土壤水分蒸发和使种子与土壤紧密接触。每个处理重复4次,共36个小区,试验小区随机区组排列,每小区面积为 $10\text{ m}\times 3\text{ m}$,小区边缘设保护行,各小区的土壤、肥力、地势、栽培管理等条件均一致。

分别于播种后20、35、50 d后检查花生苗上的花生蚜数量,每小区采用15点棋盘式取样,每点调查4株花生,记录每株上花生蚜的数量,计算防治效果。在花生出苗后定苗前、定苗后15 d和收获时分别调查沟金针虫和铜绿丽金龟幼虫的虫口密度,采用挖土取样方法调查,每小区按Z字型5点取样,每点挖土区域为长50 cm $\times$ 宽50 cm $\times$ 深30 cm,将土样过孔径0.5 cm筛,详细记录单位面积内沟金针虫和铜绿丽金龟幼虫的数量,计算防治效果。防治效果=(空白对照区活虫数-药剂处理区活虫数)/空白对照区活虫数 $\times 100\%$ 。

1.2.3 供试药剂对花生生长及产量的影响测定

基于1.2.2的田间试验设计,播种时在各个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,作为调查出苗率的处理。播种后15 d后调查出苗数,计算出苗率,不出苗的调查烂种数量,计算烂种率。出苗率=出苗株数/调查区总播种数 $\times 100\%$;烂种率=烂种数/调查区总播种数 $\times 100\%$ 。播种30 d后,每小区随机取样,调查20株花生苗,测量株高、根长、分枝数、分枝长以及地上、地下部分鲜重。收获时调查由地下害虫为害的花生株数和被害荚果数,每小区随机调查5点,每点为1 m垄长花生的受害株数以及被害荚果数,计算植株被害率、植株防治效果、荚果被害指数及保果效果,并测定小区产量及计算增产率。植株被害率=被害株数/调查区总株数 $\times 100\%$;植株防治效果=(空白对照组被害株数-药剂处理组被害株数)/空白对照组被害株数 $\times 100\%$;荚果被害指数= $\sum$ (各级被害荚果数 $\times$ 被害级数)/(调查总荚果数 $\times 9$) $\times 100$;保果效果=(空白对照组荚果被害指数-药剂处理组荚果被害指数)/空白对照组荚果被害指数 $\times 100\%$;增产率=(药剂处理产量-空白对照产量)/空白对照产量 $\times 100\%$ 。花生荚果按被害情况进行分级,分级标准为:0级:未受害;1级:荚果被咬食5%以下;3级:荚果被咬食5%~15%;5级:荚果被咬食16%~25%;7级:荚果被咬食26%~50%;9级:荚果被咬食50%以上。

1.3 数据分析

采用SPSS 19.0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 供试药剂对花生地上及地下害虫的盆栽防治效果

氯虫苯甲酰胺对花生蚜有一定的防治效果,且

随着浓度的增大,防治效果逐渐提高。氯虫苯甲酰胺以 3.20 g/kg 种子剂量拌种处理后 15、30、45 d 对花生蚜的防治效果分别为 17.61%、19.23%和 32.35%,而吡虫啉 1.25 g/kg 种子剂量拌种处理后 15、30、45 d 对花生蚜的防治效果分别为 94.60%、76.19% 和

82.84%,毒死蜱以 5.00 g/kg 种子剂量拌种处理后 15、30、45 d 对花生蚜的防治效果仅分别为 27.89%、20.49% 和 34.45%(表 1)。表明氯虫苯甲酰胺对花生蚜的防治效果远低于吡虫啉,与毒死蜱的防治效果相当。

表 1 氯虫苯甲酰胺种子处理对花生蚜的盆栽防治效果

Table 1 Control efficacy of chlorantraniliprole to *Aphis craccivora* by seed dressing in potted peanut plants

药剂 Insecticide	有效成分 Dose (g/kg seeds)	试虫数 No. of <i>Aphis craccivora</i> tested	药后 15 d 15th day after pesticide application		药后 30 d 30th day after pesticide application		药后 45 d 45th day after pesticide application	
			活虫数 No. of survived	防治效果 Control efficacy (%)	活虫数 No. of survived	防治效果 Control efficacy (%)	活虫数 No. of survived	防治效果 Control efficacy (%)
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	0.80	200	183.25±7.65 ab	5.78±0.20 g	263.25±8.63 b	5.39±0.29 f	348.75±10.36 b	8.65±0.45 g
	1.60	200	178.75±6.41 bc	8.10±0.16 f	251.25±7.34 bc	9.71±0.18 e	311.50±11.77 c	18.40±0.39 f
	2.40	200	168.50±5.98 cd	13.37±0.27 e	234.75±7.93 de	15.64±0.17 d	270.75±9.68 de	29.08±0.27 de
	3.20	200	160.25±6.32 d	17.61±0.42 d	224.75±6.22 de	19.23±0.18 c	258.25±10.72 ef	32.35±0.39 cd
吡虫啉 Imidacloprid	1.25	200	10.50±2.33 f	94.60±0.78 b	66.25±5.69 f	76.19±0.14 b	65.50±6.35 g	82.84±0.58 b
	2.50	200	3.75±1.27 f	98.07±0.77 a	25.50±4.67 g	90.84±0.63 a	31.75±4.98 h	91.68±0.84 a
毒死蜱 Chlorpyrifos	2.50	200	164.50±7.45 d	15.42±0.58 de	237.50±7.95 cd	14.65±0.52 d	279.75±12.84 d	26.72±0.46 e
	5.00	200	140.25±5.77 e	27.89±0.43 c	221.25±8.56 e	20.49±0.32 c	250.25±11.56 f	34.45±0.40 c
对照 Control	—	200	194.50±8.86 a	—	278.25±9.97 a	—	381.75±13.69 a	—

表中数据为平均数±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。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.

氯虫苯甲酰胺以 2.40 g/kg 种子剂量拌种处理后 5 d 和 15 d 对沟金针虫的防治效果分别为 83.33% 和 77.42%,对铜绿丽金龟的防治效果分别为 83.12% 和 77.12%,且随着浓度的增大,防治效果也逐渐提高;而吡虫啉以 1.25 g/kg 种子剂量拌种处理后 15 d 对沟金针虫和铜绿丽金龟的防治效果分别为 65.80% 和 70.59%,毒死蜱以 2.50 g/kg 种子剂量拌种处理后 15 d 对沟金针虫和铜绿丽金龟的防治效果分别为 79.35% 和 80.39%(表 2)。表明氯虫苯甲酰胺对地下害虫沟金针虫和铜绿丽金龟表现出很好的防治效果,且浓度越大,防治效果越好。氯虫苯甲酰胺在 3.20 g/kg 种子剂量处理后 15 d,对沟金针虫和铜绿丽金龟的防治效果分别为 82.58% 和 85.62%,均显著高于吡虫啉和毒死蜱,而在 2.40 g/kg 种子剂量处理下对地下害虫也有较高的防效,同时对地上害虫花生蚜也表现出一定的兼治效果。

2.2 供试药剂对花生地上及地下害虫的田间防治效果

氯虫苯甲酰胺以 3.20 g/kg 种子剂量拌种处理花生种子,播种后 20、35、50 d 对花生蚜的防治效果分别为 36.39%、30.33%、25.58%;吡虫啉以 1.25 g/kg 种子剂量拌种处理的防治效果分别为 83.37%、78.25% 和 65.42%;毒死蜱以 5.00 g/kg 种子剂量拌种处理的

防治效果分别为 37.75%、33.74% 和 23.93%(表 3)。表明吡虫啉拌种能有效控制花生蚜的为害,且持效期长;而氯虫苯甲酰胺和毒死蜱对花生蚜的防治效果却很低。

氯虫苯甲酰胺以 0.80、1.60、2.40、3.20 g/kg 种子剂量拌种处理,在花生出苗后定苗前、定苗后 15 d 以及收获时对田间地下害虫的虫口密度具有明显的减退作用。在收获时,2.40、3.20 g/kg 种子剂量的氯虫苯甲酰胺拌种处理对沟金针虫的防治效果分别为 62.12% 和 76.33%,对铜绿丽金龟的防治效果分别为 71.38% 和 80.71%,而吡虫啉以 2.50 g/kg 种子剂量拌种处理的防治效果分别为 70.05% 和 74.28%,毒死蜱以 5.00 g/kg 种子剂量拌种处理的防治效果分别为 74.40% 和 78.46%。与空白对照相比,各个处理均能有效控制虫口密度,而对照药剂吡虫啉和毒死蜱对地下害虫也有较高的防治效果,其中氯虫苯甲酰胺在 3.2. g/kg 种子剂量处理下对地下害虫的防治效果显著高于毒死蜱和吡虫啉处理(表 4~5)。

2.3 供试药剂对花生出苗和生长的影响

氯虫苯甲酰胺种子处理对花生的出苗和生长有一定的调节作用。各处理对花生种子均无不良影响,不会造成花生种子烂种;对出苗率有一定的促进

作用,均高于91.25%,而空白对照为89.00%。氯虫苯甲酰胺以1.60、2.40、3.20 g/kg种子剂量拌种处理后的株高分别为21.46、22.34、21.60 cm,较空白对照19.32 cm显著提高;分枝数分别为4.79、4.93和4.82个,较空白对照4.22个显著增加;地上鲜重分别为16.85、

17.38、16.93 g,较空白对照15.64 g显著增加;地下鲜重分别为9.11、9.09、8.73 g,较空白对照7.72 g明显增加(表6)。表明氯虫苯甲酰胺种子处理后对花生株高、根长、分枝数、分枝长、地上和地下鲜重有明显的促进作用,但各个药剂处理间差异不显著。

表2 氯虫苯甲酰胺种子处理对花生沟金针虫和铜绿丽金龟的盆栽防治效果

Table 2 Control efficacy of chlorantraniliprole to *Pleonomus canaliculatus* and *Anomala corpulenta* by seed dressing in potted peanut plants

药剂 Insecticide	有效成分 Dose (g/kg seeds)	试虫数 No. of under-ground pests tested	沟金针虫 <i>Pleonomus canaliculatus</i>				铜绿丽金龟 <i>Anomala corpulenta</i>			
			药后 5 d		药后 15 d		药后 5 d		药后 15 d	
			5th day after pesticide application		15th day after pesticide application		5th day after pesticide application		15th day after pesticide application	
			活虫数 No. of survived	防治效果 Control efficacy (%)	活虫数 No. of survived	防治效果 Control efficacy (%)	活虫数 No. of survived	防治效果 Control efficacy (%)	活虫数 No. of survived	防治效果 Control efficacy (%)
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	0.80	40	18.25±1.65 b	53.21±0.95 f	21.25±1.36 b	45.16±0.56 g	15.25±0.99 b	60.39±0.40 e	17.25±1.23 b	54.90±0.49 f
	1.60	40	12.75±1.21 c	67.31±0.62 e	17.00±1.15 c	56.13±0.45 f	10.25±1.03 c	73.38±0.61 d	12.25±1.07 c	67.97±0.49 e
	2.40	40	6.50±0.96 de	83.33±0.70 b	8.75±1.03 e	77.42±0.52 c	6.50±0.68 e	83.12±0.72 bc	8.75±0.88 d	77.12±0.68 d
	3.20	40	4.50±0.37 ef	88.46±0.73 a	6.75±0.75 ef	82.58±0.53 ab	3.50±0.35 f	90.91±0.83 a	5.50±0.74 fg	85.62±0.89 ab
	5.00	40	0.89±0.89 c	97.79±0.79 d	0.36±0.36 d	99.49±0.49 e	0.74±0.74 d	99.26±0.26 a	0.65±0.65 c	99.70±0.70 e
吡虫啉 Imidacloprid	1.25	40	11.00±0.89 c	71.79±0.79 d	13.25±0.36 d	65.80±0.49 e	8.00±0.74 d	79.22±0.57 c	11.25±0.65 c	70.59±0.70 e
	2.50	40	7.50±0.55 d	80.77±0.91 c	10.25±0.58 de	73.55±0.44 d	3.75±0.34 f	90.26±0.96 a	6.25±0.46 f	83.66±0.79 bc
毒死蜱 Chlorpyrifos	2.50	40	6.25±0.39 de	83.97±0.71 b	8.00±0.65 e	79.35±0.48 bc	5.50±0.28 e	85.71±0.85 b	7.50±0.39 e	80.39±0.65 cd
	5.00	40	4.25±0.47 f	89.10±0.56 a	6.25±0.45 f	83.87±0.66 a	2.75±0.27 f	92.86±0.88 a	4.75±0.42 g	87.58±0.74 a
对照 Control	—	—	39.00±1.98 a	—	38.75±2.14 a	—	38.50±1.37 a	—	38.25±1.55 a	—

表中数据为平均数±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。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.

表3 氯虫苯甲酰胺种子处理对花生蚜的田间防治效果

Table 3 Effects of chlorantraniliprole on *Aphis craccivora* by seed dressing in the field

药剂 Insecticide	有效成分 Dose (g/kg seeds)	药后 20 d		药后 35 d		药后 50 d	
		20th day after pesticide application		35th day after pesticide application		50th day after pesticide application	
		数量(头/株) No. per plant	防治效果(%) Control efficacy	数量(头/株) No. per plant	防治效果(%) Control efficacy	数量(头/株) No. per plant	防治效果(%) Control efficacy
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	0.80	58.01±2.66 ab	10.30±0.51 f	142.61±3.12 ab	7.18±0.51 e	162.46±4.45 ab	5.56±0.65 f
	1.60	52.16±2.14 bc	19.35±0.78 e	137.16±2.57 b	10.72±0.60 e	152.26±3.69 bc	11.49±0.56 e
	2.40	46.38±2.35 cd	28.29±0.84 d	122.49±2.38 c	20.27±0.71 d	145.02±3.34 cd	15.70±0.55 d
	3.20	41.14±2.43 d	36.39±0.63 c	107.04±1.84 d	30.33±0.70 c	128.02±3.12 e	25.58±0.69 c
吡虫啉 Imidacloprid	1.25	10.76±1.23 e	83.37±0.84 b	33.42±1.42 e	78.25±0.98 b	59.49±2.87 f	65.42±0.67 b
	2.50	2.96±0.42 f	95.43±1.16 a	11.81±1.11 f	92.31±0.97 a	38.19±2.41 g	77.80±0.61 a
毒死蜱 Chlorpyrifos	2.50	51.63±1.69 bc	20.17±0.55 e	124.29±3.19 c	19.10±0.55 d	144.22±1.75 cd	16.16±0.38 d
	5.00	40.26±2.27 d	37.75±0.42 c	101.80±3.72 d	33.74±0.47 c	130.86±4.13 de	23.93±0.25 c
对照 Control	—	64.67±2.75 a	—	153.64±3.64 a	—	172.02±4.72 a	—

表中数据为平均数±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。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.

表 4 氯虫苯甲酰胺种子处理对花生沟金针虫的田间防治效果

Table 4 Effects of chlorantraniliprole on *Pleonomus canaliculatus* by seed dressing in the field

药剂 Insecticide	有效成分 Dose (g/kg seeds)	出苗后定苗前		定苗后 15 d		收获时	
		Before seedling fixing and after emergence		15th day after seedling fixing		Harvest time	
		数量 (头/m ²)	防治效果 (%)	数量 (头/m ²)	防治效果 (%)	数量 (头/m ²)	防治效果 (%)
		No. per square meter	Control efficacy	No. per square meter	Control efficacy	No. per square meter	Control efficacy
氯虫苯	0.80	3.05±0.32 b	63.91±0.63 e	3.75±0.29 b	58.10±0.43 f	5.45±0.38 b	47.34±0.47 g
甲酰胺	1.60	2.15±0.25 cd	74.56±0.45 d	2.60±0.27 cd	70.95±0.62 e	4.90±0.23 bc	52.66±0.42 f
Chlorantr-aniliprole	2.40	1.45±0.21 ef	82.84±0.58 c	1.80±0.20 e	79.89±0.57 c	3.30±0.22 de	68.12±0.66 cd
	3.20	0.75±0.14 g	91.12±1.12 a	1.00±0.14 f	88.83±0.86 a	2.45±0.20 f	76.33±0.37 a
吡虫啉	1.25	2.30±0.18 c	72.78±0.63 d	2.65±0.23 c	70.39±0.74 e	4.25±0.28 c	58.94±0.68 e
Imidacloprid	2.50	1.10±0.15 fg	86.98±0.54 b	1.50±0.19 ef	83.24±0.35 b	3.10±0.29 def	70.05±0.41 c
毒死蜱	2.50	1.75±0.18 de	79.29±0.59 c	2.05±0.14 de	77.09±0.41 d	3.45±0.15 d	66.67±0.39 d
Chlorpyrifos	5.00	0.95±0.17 g	88.76±0.47 b	1.15±0.09 f	87.15±0.28 a	2.65±0.24 ef	74.40±0.28 b
对照 Control	—	8.45±0.55 a	—	8.95±0.62 a	—	10.35±0.71 a	—

表中数据为平均数±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。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.

表 5 氯虫苯甲酰胺种子处理对花生铜绿丽金龟幼虫的田间防治效果

Table 5 Effects of chlorantraniliprole on *Anomala corpulenta* by seed dressing in the field

药剂 Insecticide	有效成分 Dose (g/kg seeds)	出苗后定苗前		定苗后 15 d		收获时	
		Before seedling fixing and after emergence		15th day after seedling fixing		Harvest time	
		数量 (头/m ²)	防治效果 (%)	数量 (头/m ²)	防治效果 (%)	数量 (头/m ²)	防治效果 (%)
		No. per square meter	Control efficacy	No. per square meter	Control efficacy	No. per square meter	Control efficacy
氯虫苯	0.80	3.85±0.23 b	67.78±0.71 d	5.10±0.33 b	60.92±0.65 f	7.05±0.39 b	54.66±0.29 e
甲酰胺	1.60	2.45±0.20 c	79.50±0.32 c	3.70±0.25 c	71.65±1.12 e	5.65±0.35 c	63.67±0.37 d
Chlorantr-aniliprole	2.40	1.55±0.17 d	87.03±0.45 b	2.30±0.21 f	82.38±0.27 c	4.45±0.32 d	71.38±0.78 bc
	3.20	0.70±0.08 g	94.14±0.87 a	1.25±0.18 h	90.42±0.52 a	3.00±0.31 f	80.71±0.51 a
吡虫啉	1.25	2.30±0.17 c	80.75±0.69 c	3.30±0.25 d	74.71±0.46 e	5.40±0.34 c	65.27±0.64 d
Imidacloprid	2.50	1.20±0.13 ef	89.96±0.29 b	1.85±0.22 g	85.82±0.37 b	4.00±0.30 e	74.28±0.33 b
毒死蜱	2.50	1.50±0.14 de	87.45±0.64 b	2.85±0.27 e	78.16±0.71 d	4.80±0.29 d	69.13±0.42 c
Chlorpyrifos	5.00	0.95±0.07 fg	92.05±0.38 a	1.55±0.15 gh	88.12±0.63 ab	3.35±0.31 f	78.46±0.19 a
对照 Control	—	11.95±0.84 a	—	13.05±0.95 a	—	15.55±1.02 a	—

表中数据为平均数±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。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.

2.4 供试药剂对田间花生植株、荚果及产量的影响

氯虫苯甲酰胺种子处理可明显降低花生植株的被害率, 0.80、1.60、2.40、3.20 g/kg 种子剂量拌种处理的植株防治效果分别为 36.99%、42.68%、51.61% 和 64.79%, 防治效果显著。氯虫苯甲酰胺各剂量拌种处理对花生荚果也有明显的保果效果, 能减少荚果

受害, 荚果被害指数较对照显著降低, 保果效果分别为 49.03%、61.42%、70.37% 和 77.46%。与对照相比, 氯虫苯甲酰胺种子处理对花生产量也有一定的促进作用, 0.80、1.60、2.40、3.20 g/kg 种子剂量拌种处理与对照相比能显著提高花生产量, 增产率分别为 9.54%、12.53%、16.16% 和 18.44% (表 7)。

表 6 氯虫苯甲酰胺种子处理对田间花生出苗和生长的影响

Table 6 Effects of chlorantraniliprole on the seed germination and seedling growth of peanut by seed dressing in the field

药剂 Insecticide	有效成分 Dose (g/kg seeds)	出苗率 Emergence rate (%)	烂种率 Rotten seed rate (%)	株高 Plant height (cm)	根长 Root length (cm)	分枝数 No. of branching	分枝长 Length of branching (cm)	地上鲜重 Aboveground fresh weight (g)	地下鲜重 Underground fresh weight (g)
氯虫苯 甲酰胺 Chlorantr- aniliprole	0.80	93.00± 0.83 a	5.25± 0.96 a	20.94± 0.13 bc	16.89± 0.40 a	4.86± 0.26 a	13.54± 0.25 a	16.22± 0.31 bc	8.84± 0.41 ab
	1.60	93.25± 2.24 a	5.75± 0.58 a	21.46± 0.23 abc	17.54± 0.36 a	4.79± 0.17 a	13.72± 0.17 a	16.85± 0.25 ab	9.11± 0.16 a
	2.40	91.25± 1.15 ab	5.25± 0.63 a	22.34± 0.22 a	17.85± 0.27 a	4.93± 0.28 a	13.86± 0.29 a	17.38± 0.46 a	9.09± 0.09 a
	3.20	93.75± 0.87 a	6.25± 0.29 a	21.60± 0.14 ab	17.68± 0.35 a	4.82± 0.19 a	13.63± 0.34 a	16.93± 0.27 ab	8.73± 0.43 ab
吡虫啉 Imidacloprid	1.25	93.50± 0.97 a	5.25± 0.96 a	21.57± 0.33 abc	17.60± 0.39 a	4.73± 0.37 a	13.79± 0.12 a	17.22± 0.29 ab	9.08± 0.06 a
	2.50	90.25± 0.46 ab	6.50± 0.34 a	21.43± 0.27 bc	17.46± 0.44 a	4.44± 0.28 ab	13.72± 0.36 a	16.81± 0.16 ab	8.97± 0.33 ab
毒死蜱 Chlorpyrifos	2.50	92.50± 0.71 ab	6.25± 0.29 a	20.96± 0.16 bc	17.41± 0.24 a	4.62± 0.09 ab	13.71± 0.21 a	16.77± 0.41 ab	8.94± 0.47 ab
	5.00	90.75± 1.22 ab	6.50± 0.76 a	20.68± 0.32 c	16.83± 0.21 a	4.57± 0.17 ab	13.51± 0.11 a	16.58± 0.23 abc	8.62± 0.05 ab
对照 Control	—	89.00± 0.37 b	6.75± 0.54 a	19.32± 0.12 d	16.72± 0.12 a	4.22± 0.21 b	12.57± 0.28 b	15.64± 0.19 c	7.72± 0.09 b

表中数据为平均数±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。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.

表 7 氯虫苯甲酰胺种子处理对田间花生植株、荚果以及产量的影响

Table 7 Effects of chlorantraniliprole on peanut seedlings, pods and yields by seed dressing in the field

药剂 Insecticide	有效成分 Dose (g/kg seeds)	植株 Seedling		荚果 Pod		产量 Yield	
		被害率 (%) Percentage of injury	防治效果 (%) Control efficacy	荚果被害指数 Index of pod victimization	保果效果 (%) Preservation effect of pods	小区产量 (kg) Yield of plots	增产率 (%) Increase rate of yield
氯虫苯 甲酰胺 Chlorantr- aniliprole	0.80	27.32±1.12 b	36.99±0.34 f	4.62±0.15 b	49.03±0.38 e	9.82±0.24 c	9.54±0.36 d
	1.60	24.85±1.09 bc	42.68±0.28 e	3.50±0.16 c	61.42±0.24 d	10.08±0.27 b	12.53±0.55 c
	2.40	20.98±1.05 de	51.61±0.33 c	2.68±0.14 def	70.37±0.41 b	10.41±0.25 a	16.16±0.51 b
	3.20	15.26±1.03 g	64.79±0.42 a	2.04±0.12 g	77.46±0.41 a	10.61±0.29 a	18.44±0.48 a
吡虫啉 Imidacloprid	1.25	21.92±1.08 cd	49.43±0.27 d	3.23±0.13 cd	64.38±0.22 cd	9.96±0.24 bc	11.16±0.40 c
	2.50	18.53±0.97 ef	57.27±0.38 bc	2.49±0.11 efg	72.54±0.46 b	10.44±0.21 a	16.49±0.46 b
毒死蜱 Chlorpyrifos	2.50	20.11±1.04 de	53.60±0.41 cd	2.94±0.12 cde	67.55±0.48 c	10.43±0.25 a	16.38±0.44 b
	5.00	16.82±1.03 fg	61.19±0.35 ab	2.21±0.09 fg	75.58±0.39 a	10.55±0.26 a	17.72±0.48 ab
对照 Control	—	43.35±1.23 a	—	9.06±0.17 a	—	8.96±0.22 d	—

表中数据为平均数±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。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.

3 讨论

氯虫苯甲酰胺是以鳞翅目幼虫为主要防治靶标的新型杀虫剂(杨洪等,2013;王猛等,2014),由于其低毒、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(李秀霞等,2015;赵平等,2015)。除对鳞翅目害虫高效以外,氯虫苯甲酰胺对

鞘翅目、双翅目、半翅目等多种非鳞翅目害虫也有很好的防治效果(徐尚成等,2008;杜军辉等,2013)。王淑枝等(2014)发现氯虫苯甲酰胺对铜绿丽金龟卵有毒杀作用,纪桂霞等(2017)也证实了此结论;而且其对铜绿丽金龟初孵幼虫也有较高的毒力(李晓等,2013b;王淑枝等,2014;宫庆涛等,2016a)。本研究

结果表明,氯虫苯甲酰胺对花生地下害虫沟金针虫和铜绿丽金龟有很好的防治效果,同时对地上害虫花生蚜也有一定的兼治作用。随着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在花生地上及地下害虫防治中的应用。

科学合理的施药技术不仅是影响害虫防治效果的关键环节,也是发挥药剂最大效用的基础(史彩华等,2018)。对花生地上害虫的防治主要在花生生长期进行喷雾处理(李晓等,2013a),而对地下害虫的防治则采用沟施、毒土、灌根、毒饵诱杀等方法(王淑枝等,2012),相对而言这些方法比较费工费时。本研究通过氯虫苯甲酰胺拌种处理花生种子,在播种期一次施药,除了能有效防治地下害虫沟金针虫和铜绿丽金龟外,还能兼治地上害虫花生蚜,并对花生有一定的促进生长及增产效果,且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。化学防治需要结合田间的实际情况选择正确的施药时期(张为丽等,2014;宫庆涛等,2016b),通常情况下,地下害虫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,其中幼虫和卵均存活于土壤中,具有隐蔽为害的特点,常规的喷雾难以发挥作用,加上近年来农业栽培模式的改变,导致地下害虫能从花生播种期一直为害到收获期。因此,花生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以及播种期防治与生长期防治相结合(段爱菊等,2011),其中种子处理能保证花生从播种期到收获期都免于地下害虫幼虫为害。

在田间地下害虫的防治过程中,药剂的综合防效和持效性是重要的评价指标(纪桂霞等,2017)。本试验不仅在室内通过盆栽接虫的方法评价了氯虫苯甲酰胺种子处理对沟金针虫和铜绿丽金龟幼虫以及花生蚜的盆栽防效与持效性,也通过田间试验验证了氯虫苯甲酰胺种子处理对地下及地上害虫的综合防治效果。本研究结果表明,氯虫苯甲酰胺种子处理用于地下害虫防治时具有很好的持效性,收获时高剂量氯虫苯甲酰胺的防治效果仍高达80.71%,甚至高于吡虫啉(74.28%)和毒死蜱(78.46%)的防治效果,毒死蜱和吡虫啉作为地下害虫传统防治药剂效果依然很好。氯虫苯甲酰胺通过一次施药就能有效地防治整个生育期地下害虫为害,在防治花生地下害虫的应用前景广阔。

在花生出苗后至开花前,蚜虫、叶螨等刺吸式口器害虫为害也能造成花生产量的损失(冯国明,

2011,张文丹等,2015),本研究室内接虫试验表明,氯虫苯甲酰胺在种子处理后30 d和45 d后的花生蚜数量明显比接虫时数量多,但还是明显低于对照,该药剂种子处理对花生蚜虽然有一定的兼治效果,但明显低于新烟碱类杀虫剂吡虫啉,甚至比有机磷类杀虫剂毒死蜱都低,这与药剂本身的性质和作用机理密切相关。因此,在花生蚜的防治过程中,可采用氯虫苯甲酰胺与新烟碱类药剂复配拌种处理,一方面可高效防治花生蚜,在整个花生蚜发生期无需再用药,另一方面能有效防治地下害虫;通过氯虫苯甲酰胺播种前进行拌种处理,后期使用新烟碱类、拟除虫菊酯类等杀虫剂进行喷雾处理也能起到很好的防治效果。

参 考 文 献 (References)

- Chen JM, Chen ZQ, Yu XP, Zheng XS, Chen LZ, Zhang JF. 2006. Determination on the toxicity of 9 kinds safety insecticides to the larvae of *Anomala corpulenta* Motschulsky and *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang in the laboratory. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 18(5): 321–324 (in Chinese) [陈建明, 陈忠其, 俞晓平, 郑许松, 陈列忠, 张珏锋. 2006. 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. *浙江农业学报*, 18(5): 321–324]
- Chen JM, Yu XP, Chen LZ, Lü ZX, Zheng XS, Xu HX, Zhang JF. 2004. Occurrence, damage of the soil-dwelling pests and its management strategy in China. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 16(6): 389–394 (in Chinese) [陈建明, 俞晓平, 陈列忠, 吕仲贤, 郑许松, 徐红星, 张珏锋. 2004. 我国地下害虫的发生为害和治理策略. *浙江农业学报*, 16(6): 389–394]
- Du JH, Yu WL, Wang M, Zhang CG, Mu W. 2013. Selective toxicity of three amide pesticides to black cutworm *Agrotis ypsilon* and earthworm *Eisenia foetida*. *Journal of Plant Protection*, 40(3): 266–272 (in Chinese) [杜军辉, 于伟丽, 王猛, 张灿光, 慕卫. 2013. 三种双酰胺类杀虫剂对小地老虎和蚯蚓的选择毒性. *植物保护学报*, 40(3): 266–272]
- Duan AJ, Han RH, Wang LX, Wang SZ, Liu ST. 2011. Experiment of different pesticides on preventing and controlling underground pests in peanut field. *Journal of Peanut Science*, 40(4): 37–40 (in Chinese) [段爱菊, 韩瑞华, 王利霞, 王淑枝, 刘顺通. 2011. 不同药剂拌种对花生地下害虫的防治试验. *花生学报*, 40(4): 37–40]
- Fang QJ. 2010. Occurrence and control of main diseases and insect pests in peanut. *Modern Agricultural Science and Technology*, (7): 186, 189 (in Chinese) [方秋瑾. 2010. 花生主要病虫害的发生及防治. *现代农业科技*, (7): 186, 189]
- Feng GM. 2011. Classification and efficient control of peanut pests. *Pesticide Market News*, (12): 39 (in Chinese) [冯国明. 2011. 花生害虫的分类高效防治. *农药市场信息*, (12): 39]
- Gao ZS, Zhang XF, Liu HT, Zhang WJ, Mu W. 2016. Feasibility for

- controlling wheat aphids by seed dressing with neonicotinoid insecticides. *Journal of Plant Protection*, 43(5): 864–872 (in Chinese) [高志山, 张学峰, 刘海涛, 张文娟, 慕卫. 2016. 新烟碱类杀虫剂种子包衣防治麦蚜的可行性评价. *植物保护学报*, 43(5): 864–872]
- Gong QT, Wu HB, Zhang KP, Sun LN, Sun RH. 2016b. Research of three insecticides' residual effect on oriental fruit moth and peach fruit moth. *Journal of Fruit Science*, 33(7): 857–864 (in Chinese) [宫庆涛, 武海斌, 张坤鹏, 孙丽娜, 孙瑞红. 2016b. 三种杀虫剂对梨小食心虫和桃小食心虫的残效研究. *果树学报*, 33(7): 857–864]
- Gong QT, Zhang KP, Wu HB, Li SH, Zhang XP, Sun RH. 2016a. Effect evaluation of 6 insecticides on *Anomala corpulenta*. *Journal of Fruit Science*, 33(12): 1542–1549 (in Chinese) [宫庆涛, 张坤鹏, 武海斌, 李素红, 张学萍, 孙瑞红. 2016a. 6种杀虫剂对铜绿丽金龟防治效果评价. *果树学报*, 33(12): 1542–1549]
- Ji GX, Liu F, Xia NN, Ma KY, Zhao HP, Xue M. 2017. Toxic effects of several insecticides on the egg of *Anomala corpulenta* Motschulsky. *Journal of Peanut Science*, 46(1): 59–63 (in Chinese) [纪桂霞, 刘芳, 夏楠楠, 马凯悦, 赵海朋, 薛明. 2017. 几种药剂对铜绿丽金龟的杀卵作用研究. *花生学报*, 46(1): 59–63]
- Li JH, Li SS, Li SW, Ren L, Jin JM. 2007. Effects of environmental factors on the occurrence of peanut aphids. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 1(6): 719–720 (in Chinese) [李军华, 李绍生, 李绍伟, 任丽, 金建猛. 2007. 环境因子对花生蚜虫发生程度的影响. *浙江农业科学*, 1(6): 719–720]
- Li X, Ju Q, Zhao ZQ, Xie HX, Wang JN, Qu MJ. 2013a. Control effects and safety assessment of four insecticides on *Aphis craccivora*. *Shandong Agricultural Sciences*, 45(4): 93–95, 136 (in Chinese) [李晓, 鞠倩, 赵志强, 谢焕雄, 王建楠, 曲明静. 2013a. 4种杀虫剂对花生蚜虫的防治效果及安全性评价. *山东农业科学*, 45(4): 93–95, 136]
- Li X, Ju Q, Zhao ZQ, Xie HX, Wang JN, Qu MJ. 2013b. Field control of the peanut white grub and safety assessment of eight insecticides. *Plant Protection*, 39(4): 159–163 (in Chinese) [李晓, 鞠倩, 赵志强, 谢焕雄, 王建楠, 曲明静. 2013b. 8种杀虫剂对花生蛴螬的田间防效及安全性评价. *植物保护*, 39(4): 159–163]
- Li XX, Liang P, Gao XW. 2015. Research advances in resistance mechanisms of pest insects to diamide insecticides. *Journal of Plant Protection*, 42(4): 481–487 (in Chinese) [李秀霞, 梁沛, 高希武. 2015. 昆虫对双酰胺类杀虫剂抗性机制研究进展. *植物保护学报*, 42(4): 481–487]
- Li Y, Han J, Yu CL, Yu WL, Mu W. 2012. Toxicity and control effect of seven insecticides to *Holotrichia parallela*. *Journal of Plant Protection*, 39(2): 147–152 (in Chinese) [李杨, 韩君, 于春雷, 于伟丽, 慕卫. 2012. 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. *植物保护学报*, 39(2): 147–152]
- Liu G. 2009. Chlorobenzamide can be used to control grub of peanut in field. *Pesticide Market News*, (22): 42 (in Chinese) [刘刚. 2009. 氯虫苯甲酰胺可用于防治花生田蛴螬. *农药市场信息*, (22): 42]
- Liu ST, Duan AJ, Zhang ZQ, Liu CY. 2009. The control effect of chlorantraniliprole 35% WG on grubworm in peanut field. *Agrochemicals*, 48(10): 769–770 (in Chinese) [刘顺通, 段爱菊, 张自启, 刘长营. 2009. 35% 氯虫苯甲酰胺 WG 防治花生田蛴螬田间药效评价. *农药*, 48(10): 769–770]
- Liu ZH, Lu XJ, Ning WS, Li RJ, Zhao D, Guo W. 2015. Effects of seven species of forest plants on feeding and fecundity of *Holotrichia obliqua*. *Journal of Plant Protection*, 42(5): 749–754 (in Chinese) [刘子欢, 陆秀君, 宁文烁, 李瑞军, 赵丹, 郭巍. 2015. 7种林木植物对华北大黑鳃金龟取食和繁殖的影响. *植物保护学报*, 42(5): 749–754]
- Qu C, Zhang WD, Zhu GD, Liu L, Wu LQ, Xue M. 2014. Study on the safety of seedling and growth of peanut with five insecticides by seed dressing. //Chen WQ. *Proceedings of the 2014 Annual Meeting of the Chinese Society for Plant Protection*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, pp. 486 (in Chinese) [渠成, 张文丹, 祝国栋, 刘磊, 武立强, 薛明. 2014. 5种杀虫剂拌种对花生出苗及生长的安全性研究. //陈万权. 2014年中国植物保护学会学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, pp. 486]
- Shi CH, Hu JR, Yang YT, Chen JX, Li CR, Zhang YJ. 2018. Field control efficacy of various pesticides and different application methods against Chinese chive gnat *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Plant Protection*, 45(2): 282–289 (in Chinese) [史彩华, 胡静荣, 杨玉婷, 程佳旭, 李传仁, 张友军. 2018. 不同药剂和施药方法对韭蛆的田间防治效果. *植物保护学报*, 45(2): 282–289]
- Wang L, Li X, Ju Q, Jiang XJ, Zhao ZQ, Qu MJ. 2011. Preliminary study on control effect of new low-toxic pesticides on main over-ground pests in peanut field. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 23(6): 89–90, 92 (in Chinese) [王磊, 李晓, 鞠倩, 姜晓静, 赵志强, 曲明静. 2011. 新型低毒杀虫剂防治花生主要地上害虫的初步研究. *江西农业学报*, 23(6): 89–90, 92]
- Wang M, Wang K, Liu F, Mu W. 2014. Comparison of the bioactivity of cyantraniliprole and chlorantraniliprole against three important lepidopterous pests. *Journal of Plant Protection*, 41(3): 360–366 (in Chinese) [王猛, 王凯, 刘峰, 慕卫. 2014. 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. *植物保护学报*, 41(3): 360–366]
- Wang SZ, Liu ST, Duan AJ, Wang LX, Miao J. 2014. Efficacy and virulence determination of different agents on *Anomala corpulenta* Motschulsky and instar larvae indoor. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 42(6): 603–605, 624 (in Chinese) [王淑枝, 刘顺通, 段爱菊, 王利霞, 苗进. 2014. 不同药剂对铜绿丽金龟卵和幼虫室内药效及毒力测定. *山西农业科学*, 42(6): 603–605, 624]
- Wang SZ, Wang LX, Zhong JW, Han RH. 2012. Effect of seed dressing with different insecticides on controlling underground pests of peanut in field. *Studies on Insects in Central China*, 8: 165–167 (in Chinese) [王淑枝, 王利霞, 仲嘉伟, 韩瑞华. 2012. 不同药剂拌种防治花生田地下害虫药效试验. *华中昆虫研究*, 8: 165–167]
- Xi GC, Liu CQ, Liu YT, Feng XJ, Liu FS, Wu Y, Li JY, Wang QL. 2012. The sensitivity of the eggs of *Anomala corpulenta*

- Motschulsky to five types of insecticides. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 16(10): 54–55, 59 (in Chinese) [席国成, 刘春琴, 刘艳涛, 冯晓洁, 刘福顺, 吴娱, 李靖宇, 王庆雷. 2012. 铜绿丽金龟卵对5种杀虫剂的敏感性测定. *河北农业科学*, 16(10): 54–55, 59]
- Xu SC, Yu YF, Wang XJ, Wan Q. 2008. Rynaxypyr, a new insecticide and its research & development in application. *Modern Agrochemicals*, 7(5): 8–11 (in Chinese) [徐尚成, 俞幼芬, 王晓军, 万琴. 2008. 新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展. *现代农药*, 7(5): 8–11]
- Yan RR, Qu C, Xue M, Ye BH, Yang SL, Li ZX. 2014. Study on the control of the larvae of *Holotrichia parallela* by root-irrigation with neonicotinoids in peanut field. *China Plant Protection*, 34(1): 60–63 (in Chinese) [闫冉冉, 渠成, 薛明, 叶保华, 杨士玲, 李朝霞. 2014. 新烟碱类药剂灌根防治花生田暗黑鳃金龟幼虫研究. *中国植保导刊*, 34(1): 60–63]
- Yang H, Wang Z, Jin DC. 2013. Sublethal effect of chlorantraniliprole on the experimental population of non-target insect *Nilaparvata lugens* (Stål). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 24(2): 549–555 (in Chinese) [杨洪, 王召, 金道超. 2013. 氯虫苯甲酰胺对非靶标害虫褐飞虱实验种群的亚致死效应. *应用生态学报*, 24(2): 549–555]
- Yao QX, Zhang Y, Ding Y. 2003. Review on the advance and prospect of scarabs control research. *Journal of Northeast Forestry University*, 31(3): 64–66 (in Chinese) [姚庆学, 张勇, 丁岩. 2003. 金龟子防治研究的回顾与展望. *东北林业大学学报*, 31(3): 64–66]
- Zhang SJ, Li L, Li GM, Zhang CL. 2011. Influences of 5-ala application on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) growth before winter. *Agricultural Science and Technology*, 12(3): 324–329
- Zhang WD, Liu L, Qu C, Xue M. 2015. Toxicities and control effects of clothianidin and other insecticides to *Aphis craccivora* by the seed dressing. *Journal of Peanut Science*, 44(1): 29–33 (in Chinese) [张文丹, 刘磊, 渠成, 薛明. 2015. 不同杀虫剂对花生蚜毒力及拌种控制效果研究. *花生学报*, 44(1): 29–33]
- Zhang WL, Yao HF, Zheng WW, Zhang HY. 2014. Screening of high efficient and low toxicity pesticides against *Thrips flavidulus*. *Journal of Fruit Science*, 31(6): 1134–1138 (in Chinese) [张为丽, 姚海峰, 郑薇薇, 张宏宇. 2014. 八节黄蓟马高效低毒防治药剂的筛选. *果树学报*, 31(6): 1134–1138]
- Zhao P, Yan QX, Li X, Zhang MH, Zhang Y. 2015. Status and perspective of diamide insecticides. *Pesticide Science and Administration*, 36(11): 23–29 (in Chinese) [赵平, 严秋旭, 李新, 张敏恒, 张悦. 2015. 双酰胺类杀虫剂的现状与展望. *农药科学与管理*, 36(11): 23–29]
- Zheng W, Huang TB, Xiao GB, Lü WS, Xiao FL, Zhang SW, Lai SS, Wu Y, Li YZ, Xiao XJ, et al. 2018. Effects of different fertilizer management on growth and yield of peanut. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 24(1): 33–35 (in Chinese) [郑伟, 黄天宝, 肖国滨, 吕伟生, 肖富良, 张绍文, 赖诗盛, 吴艳, 李亚贞, 肖小军, 等. 2018. 不同肥料运筹对花生生长发育及产量的影响. *安徽农学通报*, 24(1): 33–35]
- Zhou JH, Li YH, Zhang LL, Wu JX, Lu JJ. 2012. Contacting toxicities of several insecticides on adults of *Anomala corpulenta* Motschulsky. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 21(9): 179–183 (in Chinese) [周靖华, 李艳红, 张林林, 仵均祥, 陆俊姣. 2012. 几种杀虫剂对铜绿丽金龟成虫的触杀作用. *西北农业学报*, 21(9): 179–183]
- Zhu XL, Lu XJ, Liu ZH, Zhao D, Li RJ, Guo W. 2017. Effects of six weeds on herbivory and fecundity of northern China scarab beetle *Holotrichia oblita*. *Journal of Plant Protection*, 44(2): 351–352 (in Chinese) [朱秀蕾, 陆秀君, 刘子欢, 赵丹, 李瑞军, 郭巍. 2017. 六种杂草对华北大黑鳃金龟甲取食和繁殖的影响. *植物保护学报*, 44(2): 351–352]

(责任编辑:李美娟)