中国油料作物学报
Chinese Journal of Oil Crop Sciences
2026,48(4):134-141
doi:10.19802/j.issn.1007-9084.2026005

# 蛴螬防治药剂的室内毒力测定与田间药效评价

谢明惠[1],钟永志[1],林璐璐[1],张光玲[1],倪皖莉[2],陈浩梁[1*]
(1. 安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所,安徽 合肥 230001;
2. 安徽省农业科学院作物研究所,安徽 合肥 230001)

**摘要**:为筛选防治花生蛴螬的高效药剂,本研究以暗黑鳃金龟(*Holotrichia parallela*)2龄幼虫为试虫,采用浸虫法、土壤混药法和食物浸渍法测定7种杀虫剂的室内毒力,并开展田间试验。结果表明,辛硫磷在三种毒力测定方法中均表现出高毒力,尤其在土壤混药法中$LC_{50}$低至0.902 mg/L,相对毒力指数高达1154.03,显著优于其他药剂。四唑虫酰胺在浸虫法和土壤混药法中也表现出较强毒力。噻虫胺在浸虫法中表现出更强毒力,而联苯菊酯则在土壤混药法中更为高效。田间试验进一步证明,辛硫磷采用穴喷处理时防虫保果效果最佳,四唑虫酰胺和噻虫胺通过拌种处理增产效果尤为显著。综上,辛硫磷仍是当前防治蛴螬的高效速杀型药剂,四唑虫酰胺与噻虫胺可作为具有应用潜力的种子处理剂进行推广应用。

**关键词**:暗黑鳃金龟;辛硫磷;四唑虫酰胺;毒力测定;田间防效
**中图分类号**:S435.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1007-9084(2026)04-0134-08

## Laboratory toxicity bioassay and field efficacy evaluation of insecticides against white grubs

XIE Ming-hui[1], ZHONG Yong-zhi[1], LIN Lu-lu[1], ZHANG Guang-ling[1], NI Wan-li[2], CHEN Hao-liang[1*]
(1. *Institute of Plant Protection and Agro-products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei* 230001, *China*; 2. *Crop Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei* 230001, *China*)

**Abstract:** To screen effective insecticides for controlling peanut white grub, this study used the second-instar larvae of *Holotrichia parallela* as test insects. The toxicities of 7 insecticides were determined using the insect dipping method, soil mixing method, and food dipping method, and field trials were conducted. Results showed that phoxim exhibited high toxicity across all 3 laboratory bioassay methods, especially in the soil mixing method, with an $LC_{50}$ as low as 0.902 mg/L and a relative toxicity index as high as 1154.03, which significantly outperforming the other insecticides. Tetraniliprole also demonstrated strong toxicity in both the insect dipping and soil mixing methods. Clothianidin demonstrated higher toxicity in the insect dipping method, whereas bifenthrin was more effective in the soil mixing method. Field trials confirmed that hole-spray application of phoxim provided the best control in terms of grub control and pod protection, while seed-dressing with tetraniliprole and clothianidin resulted in particularly significant yield increases. In conclusion, phoxim remains a highly effective, fast-acting insecticide for current white grub control, whereas tetraniliprole and clothianidin represent promising candidates for application as seed treatment agents.

**Key words:** *Holotrichia parallela*; phoxim; tetraniliprole; toxicity bioassay; field efficacy

蛴螬是鞘翅目金龟总科幼虫的统称,其种类多、分布广、危害重,是我国农业生产中的重要地下害虫[1]。其长期栖息在土壤中,取食根系、地下茎及荚果,常导致作物缺苗断垄,严重影响作物产量和品质[2]。蛴螬食性杂,可为害花生、玉米、大豆、马铃薯、中药材等多种作物,造成重大经济损失[3-6]。在花生上,蛴螬危害尤为突出,一般可导致减产10%~30%,严重发生且防治不力田块减产幅度可达60%~

收稿日期:2026-01-09
基金项目:国家重点研发计划(2024YFD1400800)
作者简介:谢明惠(1985- ),女,副研究员,主要从事地下害虫综合防控研究,E-mail: xieminghui730@163.com
* 通讯作者:陈浩梁(1984- ),男,研究员,主要从事农业害虫综合治理研究,E-mail: chenhaoliang@aaas.org

80%,已成为制约花生产业的关键因素[7,8]。在黄淮海花生主产区,田间蛴螬以暗黑鳃金龟(*Holotrichia parallela*)、铜绿丽金龟(*Anomala corpulenta*)和华北大黑鳃金龟(*Holotrichia oblita*)为优势种群,三者占比超过95%,其中暗黑鳃金龟发生最为普遍[3,9]。

在生产实践中,蛴螬防治面临诸多挑战。由于其危害隐蔽,农户不易识别且防治意识薄弱,常错过适宜防控时机。随着花生高效栽培和机械化种植技术的大规模推广,农业生产模式向集约化、轻简化快速转型,这对蛴螬等地下害虫的防治提出了更为复杂和严格的要求[10,11]。长期以来,化学防治是控制花生蛴螬的主要手段,但持续使用化学杀虫剂易引发抗药性、农产品安全及环境污染等问题[12,13]。因此,积极筛选并加快推广高效、低毒、环境友好的新型替代药剂,建立与之配套的科学施药技术体系,已成为当前花生安全生产中一项紧迫而重要的任务。

针对上述问题,本研究以黄淮海花生区优势种暗黑鳃金龟幼虫为对象,综合采用浸虫法、土壤混药法和食物浸渍法等室内毒力测定方法,系统比较了辛硫磷、四唑虫酰胺等7种杀虫剂的生物活性[14]。在此基础上,选取活性显著的药剂,通过拌种与穴喷两种施药方式开展田间试验。本研究旨在为花生蛴螬的科学防治提供精准的药剂选择与施用技术依据,并为今后制定以延缓抗性为目标的合理轮用或复配策略奠定必要的数据基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试虫源 暗黑鳃金龟成虫采自安徽省宿州市花生田。将成虫按每盒200头(雌雄比约1:1)置于饲养盒中饲养。饲养盒顶部覆以纱网,底部铺设有约30 cm厚、含水量为18%~20%的潮湿细土,并隔日补充新鲜榆树叶。所有饲养过程均在人工气候室中进行,环境条件设置为温度25℃,光周期8L:16D。成虫产卵后,定期收集虫卵,将其置于盛有潮湿细土的饲养盒中孵化。幼虫孵出后,以马铃薯块饲喂至二龄,选取体型均一、健康活跃的个体作为供试幼虫。

1.1.2 供试药剂 室内毒力测定所用原药信息如下:96%氯虫苯甲酰胺(山东省联合农药工业有限公司)、95%高效氟氯氰菊酯(江苏扬农化工股份有限公司)、97%联苯菊酯(江苏扬农化工股份有限公司)、98%噻虫胺(山东省联合农药工业有限公司)、90%四唑虫酰胺(拜耳股份有限公司)、90%辛硫磷(湖北仙隆化工股份有限公司)、90%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(南京红太阳股份有限公司)。田间试验所用药剂均由本实验室自制,包括:10%联苯菊酯悬浮剂,48%噻虫胺悬浮剂,20%四唑虫酰胺悬浮剂,30%辛硫磷微囊悬浮剂。

### 1.2 方法

1.2.1 室内毒力测定 将供试原药用丙酮溶解并配制成母液,再用含0.1%吐温的水溶液将其稀释为5~7个浓度梯度备用。分别采用以下3种方法进行毒力测定:

浸虫法:参考行业标准NY/T 1154.15-2009。将试虫置于钢网罩中,浸入药液30 s后取出,用滤纸吸去多余药液,随后转移至装有新鲜马铃薯块的六孔板中(每孔1头)。为保持湿度,六孔板外部以湿润黑布覆盖。

土壤混药法:将沙壤土过20目筛,并于120℃下烘箱灭菌4 h。将梯度稀释的药液与适量马铃薯丝加入上述土壤中,补充水分使其最终含水量为18%,混合均匀以制成毒土。随后,将毒土加入六孔板的各孔中。每孔放入1头试虫,待其全部钻入毒土后,盖上六孔板盖以防其逃逸。

食物浸渍法:准备马铃薯丝(截面约0.1 $cm^2$、长约1 cm),放入钢网罩中,在药液中浸渍30 s,取出后用滤纸吸去多余药液后分装至六孔板中(每孔2条)。随后每孔转入1头试虫,并添加含水量为18%的潮湿细土进行饲养。

以上3种方法均以0.1%吐温的水溶液作为空白对照。每个处理试虫18头,重复4次。处理后的试虫置于温度25℃、湿度60%的人工气候室中饲养。处理后72 h检查试虫死亡情况并计算死亡率,以触碰虫体没有反应视为死亡。

为比较不同杀虫剂及不同测定方法间的毒力差异,计算相对毒力指数(relative toxicity index, RTI),公式为:RTI= 标准药剂$LC_{50}$ / 供试药剂$LC_{50}$。

标准药剂的确定原则如下:在相同测定方法中比较不同药剂时,以毒力最低($LC_{50}$值最高)的药剂作为标准药剂;在比较同一药剂在不同测定方法中的毒力时,以食物浸渍法中测得的该药剂结果作为标准值。

1.2.2 田间药效试验 田间试验在合肥市长丰县花生种植基地进行,前茬作物为小麦。土壤为黏土,肥力中等,供试花生品种为皖花4号。播种时施复合肥750 kg/$hm^2$,每穴2粒花生种,密度约为12万

穴/hm²,全生育期常规田间管理。

根据室内生测的结果,选取毒力较高的4种药剂分别制成制剂,每种药剂采用穴喷和拌种两种施药方式。其中,穴喷是在花生播种时使用喷雾器将药剂均匀喷到播种穴中,随后覆土,用水量为900 L/hm²;拌种是将试验药剂加20 mL水稀释,与种子混合均匀,置于阴凉通风处晾干后播种。试验采用随机区组排列,共设9个处理,每小区50 m²,每个处理重复4次。所设各处理如下:①10%联苯菊酯悬浮剂:15 g/kg种子拌种;②10%联苯菊酯悬浮剂1500 g/hm²穴喷;③48%噻虫胺悬浮剂:4 g/kg种子拌种;④48%噻虫胺悬浮剂:900 g/hm²穴喷;⑤20%四唑虫酰胺悬浮剂:5 g/kg种子拌种;⑥20%四唑虫酰胺悬浮剂:900 g/hm²穴喷;⑦30%辛硫磷微囊悬浮剂:15 g/kg种子拌种;⑧30%辛硫磷微囊悬浮剂:1200 g/hm²穴喷;⑨清水对照。

播种一个月后调查出苗率。收获时,按"Z"字型五点取样法在每个小区选取5个取样点,每点收取5株花生,调查相应播种穴中的蛴螬活虫数量。同时将所取花生荚果放入网袋中,风干至恒重后称量并统计荚果被害级别。花生荚果分级标准如下:0级:荚果完整,无被害状;1级:荚果表皮有被害小洞,果仁完整;3级:荚果被害大洞,果仁危害一半及以上[15]。

相关计算公式如下:

防虫效果(%)=(空白区虫口数-处理区虫口数)/空白区虫口数×100

荚果被害指数(%)=Σ(受害级×该受害级果数)/(调查总果数×最高受害)×100

保果效果(%)=(对照区荚果被害指数-处理区荚果被害指数)/对照区荚果被害指数×100

增产率(%)=(处理区产量-对照区产量)/对照区产量×100。

### 1.3 数据分析

室内毒力测定数据采用SPSS 16.0软件用Probit模块拟合毒力回归方程,计算毒力回归方程的斜率±标准误、$LC_{50}$及其95%置信区间等。田间防效使用SPSS 16.0软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA),差异显著性采用Tukey's-b检验进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 7种药剂对暗黑鳃金龟幼虫的毒力

浸虫法结果(表1)显示,7种药剂对暗黑鳃金龟幼虫的触杀毒力存在显著差异。其中,四唑虫酰胺和辛硫磷的毒力最高,$LC_{50}$值分别为5.578mg/L和6.646 mg/L,且两者的相对毒力指数远高于其他药剂(分别为13.56和11.56),表明它们对幼虫具有优异的触杀活性。噻虫胺($LC_{50}$=11.811 mg/L)毒力居中。而氯虫苯甲酰胺$LC_{50}$值为21.619 mg/L,相对毒力指数为3.50。联苯菊酯、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和高效氟氯氰菊酯的毒力较低,接近基准线1.00。

土壤混药法的毒力测定结果呈现出与浸虫法不同的趋势(表2)。辛硫磷表现出极高的毒力,其$LC_{50}$值低至0.902 mg/L,相对毒力指数高达

**表1 浸虫法测定7种药剂对暗黑鳃金龟幼虫的毒力**

**Table 1 Toxicity of 7 insecticides to larvae of *Holotrichia parallela* using insect dipping method**

| 杀虫剂 Insecticide | 斜率±标准误 Slope±SE | $LC_{50}$/(mg/L) 95% confidence interval | $\chi^2$ | df | *P* | 相对毒力指数 Relative toxicity index |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 四唑虫酰胺 Tetraniliprole | 1.559±0.122 | 5.578(4.718~6.593) | 1.905 | 4 | 0.753 | 13.56 |
| 噻虫胺 Clothianidin | 1.919±0.165 | 11.811(8.000~16.626) | 4.757 | 3 | 0.224 | 6.41 |
| 氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole | 1.619±0.124 | 21.619(18.377~25.422) | 3.541 | 4 | 0.472 | 3.50 |
| 联苯菊酯 Bifenthrin | 1.631±0.124 | 44.933(38.262~52.832) | 4.050 | 4 | 0.399 | 1.55 |
| 辛硫磷 Phoxim | 1.701±0.111 | 6.646(4.713~8.859) | 4.787 | 4 | 0.222 | 11.56 |
| 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate | 1.109±0.091 | 48.840(39.222~60.182) | 1.288 | 5 | 0.936 | 1.55 |
| 高效氟氯氰菊酯 Beta-cyfluthrin | 0.948±0.108 | 75.652(57.784~97.711) | 2.609 | 4 | 0.625 | 1.00 |

1154.03,显著高于其他药剂。其次是联苯菊酯,$LC_{50}$值分别为3.816 mg/L,相对毒力指数较高,为272.78。四唑虫酰胺和噻虫胺的毒力中等,而氯虫苯甲酰胺、高效氟氯氰菊酯和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的毒力相对较弱。

食物浸渍法主要反映药剂的胃毒作用。结果表明(表3),辛硫磷的胃毒活性最强,$LC_{50}$值为13.215 mg/L,相对毒力指数最高(14.10)。四唑虫酰胺($LC_{50}$= 39.216 mg/L)次之。噻虫胺($LC_{50}$= 55.012 mg/L)和联苯菊酯($LC_{50}$= 70.027 mg/L)的毒力处于中等水平。而氯虫苯甲酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和高效氟氯氰菊酯的$LC_{50}$值均高于147.645 mg/L,相对毒力指数接近基准线1.00,表明它们通过胃毒途径对幼虫的毒效较差。

### 2.2 不同测定方法对毒力评价的影响

以食物浸渍法结果为基数(相对毒力指数设为1.00),同一药剂不同生测方法的相对毒力见表4。在土壤混药法中,联苯菊酯和辛硫磷的相对毒力指数远高于其他两种测定方法,相对毒力指数分别为18.35和14.65,这表明二者在土壤中具有极高的活性。氯虫苯甲酰胺、四唑虫酰胺、噻虫胺在浸虫法中的相对毒力指数高于土壤混药法和食物浸渍法,

**表2 土壤混药法测定7种药剂对暗黑鳃金龟幼虫的毒力**

**Table 2 Toxicity of 7 insecticides to larvae of *Holotrichia parallela* using soil mixing method**

| 药剂 Insecticide | 斜率±标准误 Slope±SE | $LC_{50}$/(mg/L) 95% confidence interval | $\chi^2$ | df | *P* | 相对毒力指数 Relative toxicity index |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 四唑虫酰胺 Tetraniliprole | 0.972±0.109 | 14.034(10.373~18.108) | 1.444 | 4 | 0.836 | 74.17 |
| 噻虫胺 Clothianidin | 1.089±0.078 | 151.376(121.664~185.768) | 6.645 | 5 | 0.355 | 6.88 |
| 氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole | 0.924±0.073 | 435.049(343.053~549.494) | 7.128 | 5 | 0.224 | 2.39 |
| 联苯菊酯 Bifenthrin | 0.922±0.113 | 3.816(2.298~5.308) | 1.817 | 4 | 0.769 | 272.78 |
| 辛硫磷 Phoxim | 1.432±0.158 | 0.902(0.604~1.446) | 2.671 | 4 | 0.445 | 1154.03 |
| 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate | 0.889±0.077 | 1040.936(782.695~1418.812) | 5.569 | 4 | 0.234 | 1.00 |
| 高效氟氯氰菊酯 Beta-cyfluthrin | 0.875±0.076 | 877.821(658.840~1189.939) | 2.663 | 4 | 0.616 | 1.19 |

**表3 食物浸渍法测定7种药剂对暗黑鳃金龟幼虫的毒力**

**Table 3 Toxicity of 7 insecticides to larvae of *Holotrichia parallela* using food dipping method**

| 药剂 Insecticide | 斜率±标准误 Slope±SE | $LC_{50}$/(mg/L) 95% confidence interval | $\chi^2$ | df | *P* | 相对毒力指数 Relative toxicity index |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 四唑虫酰胺 Tetraniliprole | 1.390±0.099 | 39.216(27.513~57.285) | 3.733 | 4 | 0.443 | 4.75 |
| 噻虫胺 Clothianidin | 0.952±0.108 | 55.012(42.661~72.081) | 2.673 | 4 | 0.614 | 3.39 |
| 氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole | 1.062±0.090 | 154.811(124.651~193.832) | 1.964 | 4 | 0.854 | 1.20 |
| 联苯菊酯 Bifenthrin | 1.571±0.124 | 70.027(59.276~83.805) | 1.558 | 4 | 0.816 | 2.66 |
| 辛硫磷 Phoxim | 2.039±0.166 | 13.215(9.007~18.655) | 4.339 | 4 | 0.396 | 14.10 |
| 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate | 1.184±0.114 | 147.645(119.347~187.912) | 1.054 | 4 | 0.902 | 1.26 |
| 高效氟氯氰菊酯 Beta-cyfluthrin | 0.797±0.075 | 186.269(136.308~262.393) | 1.987 | 4 | 0.738 | 1.00 |

这表明三者通过直接接触对幼虫的毒杀效果更为高效。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和高效氟氯氰菊酯在浸虫法的毒力水平亦高于另外两种方法,但是由于二者的绝对$LC_{50}$仍较高,对暗黑鳃金龟幼虫的整体毒力有限。

### 2.3 4种杀虫剂防治花生蛴螬的田间试验

本研究基于室内毒力测定的结果,选择四唑虫酰胺、噻虫胺、联苯菊酯和辛硫磷四种药剂开展田间试验。由图1可知,所有药剂处理在各项指标上均显著优于对照组,但不同药剂与施药方式间效果存在差异。

在出苗率方面,所有药剂处理均显著高于对照。其中,48%噻虫胺拌种、30%辛硫磷穴喷和20%四唑虫酰胺穴喷表现最佳,出苗率分别为85.02%、86.24%和84.96%,三者之间无显著性差异,且均显著高于表现相对较差的10%联苯菊酯穴喷处理(图1A)。从防虫效果来看,各处理对蛴螬的防效差异明显。30%辛硫磷穴喷处理的效果最为突出,高达72.31%,显著优于10%联苯菊酯拌种(38.46%)和48%噻虫胺穴喷(46.15%)(图1B)。此外,20%四唑虫酰胺拌种(61.54%)与48%噻虫胺拌种(58.46%)也表现出较好的防治效果。在保果效果方面,其趋势与防虫效果基本一致。30%辛硫磷穴喷处理仍保持最佳,保果率为68.39%,显著高于其他大部分处理;其次为20%四唑虫酰胺拌种(59.00%)和48%噻虫胺拌种(54.93%),两者差异不显著;而10%联苯菊酯拌种的保果效果最差,仅为38.73%(图1C)。从最终产量来看,48%噻虫胺拌种处理的增产效果最为显著,其次为20%四唑虫酰胺拌种,增产率均高于15%。48%噻虫胺穴喷和30%辛硫磷穴喷也表现出较好的增产效果,增产率在11.37%和11.17%;10%联苯菊酯拌种(6.19%)和30%辛硫磷拌种(8.47%)的增产效果相对较差(图1D)。

## 3 讨论与结论

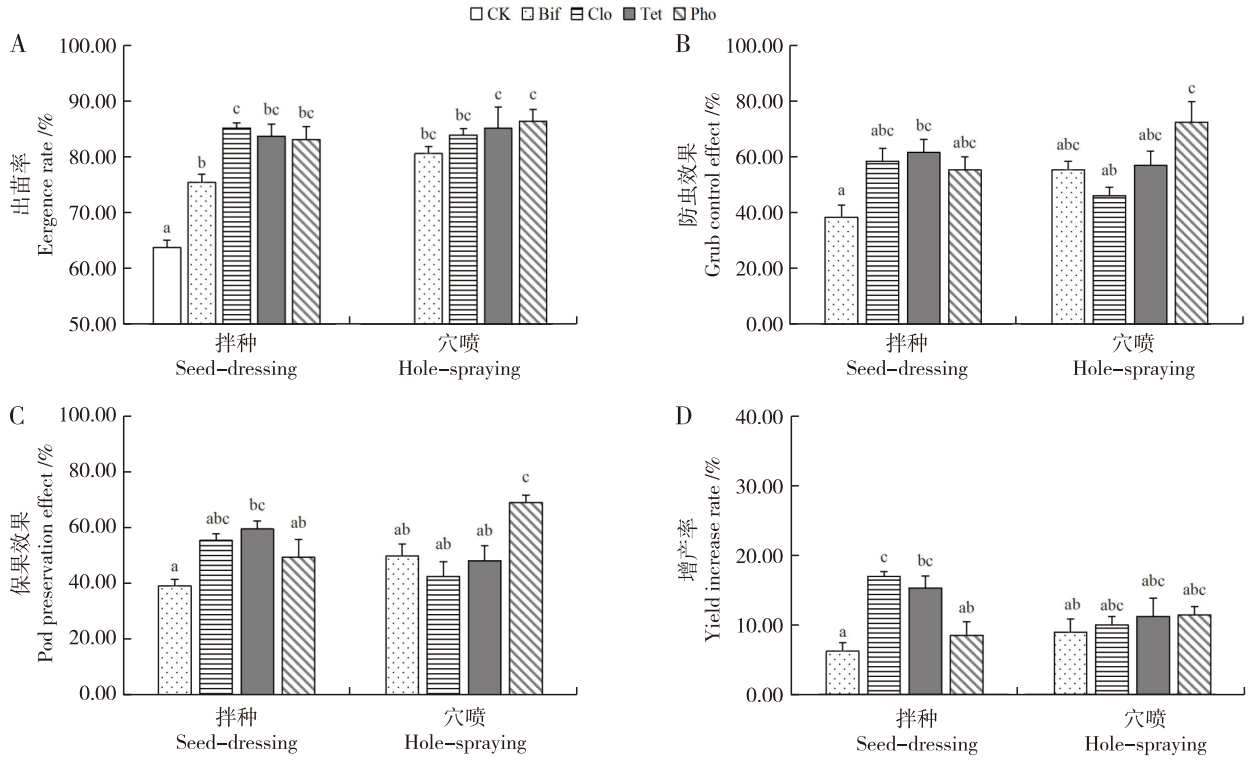
室内毒力测定是评估杀虫剂活性的关键手段。鉴于不同类别杀虫剂的作用机制各异,其毒力表现往往因测定方法的不同而产生显著差异[16]。为此,本研究选取了涵盖双酰胺类、新烟碱类、拟除虫菊酯类、有机磷类以及生物源类五大类作用机制的7种药剂,既包括辛硫磷、联苯菊酯等当前防治蛴螬的常用药剂,以评估其持续有效性,也纳入了四唑虫酰胺、氯虫苯甲酰胺等新型药剂,旨在筛选具有潜力的替代药剂。通过综合采用浸虫法、土壤混药法和食物浸渍法三种测定方法,系统评价了上述药剂对暗黑鳃金龟幼虫的生物活性。

测定结果显示,供试药剂的毒力表现存在显著差异。研究表明,辛硫磷在土壤混药法中,$LC_{50}$值低至0.902 mg/L,相对毒力指数高达1154.03,显著优于其他供试药剂。李耀发等[17]研究也发现,辛硫磷在点滴法的毒力低于氰戊菊酯,但在土壤混药法中的毒力是其38倍。这主要得益于辛硫磷兼具触杀、胃毒与熏蒸的多重作用机制,药剂在施入土壤

**表4 基于不同测定方法的七种杀虫剂对暗黑鳃金龟幼虫毒力比较**

**Table 4 Toxicity comparison of 7 insecticides to *Holotrichia parallela* larvae assessed by different bioassay methods**

| 药剂 Insecticide | 相对毒力指数 Relative toxicity index | | |
|---|---|---|---|
| | 浸虫法 Insect dipping method | 土壤混药法 Soil mixing method | 食物浸渍法 Food dipping method |
| 四唑虫酰胺 Tetraniliprole | 7.03 | 2.79 | 1.00 |
| 噻虫胺 Clothianidin | 4.66 | 0.36 | 1.00 |
| 氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole | 7.16 | 0.36 | 1.00 |
| 联苯菊酯 Bifenthrin | 1.44 | 18.35 | 1.00 |
| 辛硫磷 Phoxim | 2.02 | 14.65 | 1.00 |
| 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate | 3.02 | 0.14 | 1.00 |
| 高效氟氯氰菊酯 Beta-cyfluthrin | 2.46 | 0.21 | 1.00 |




注:数据为平均值±标准误,字母不同表示处理间差异显著($P$<0.05)。CK为对照、Bif为联苯菊酯、Clo为噻虫胺、Tet为四唑虫酰胺、Pho为辛硫磷

Note: Data are in mean±SE; Different letters indicate significant difference at 0.05; CK, Bif, Clo, Tet, and Pho represent control, Bifenthrin, Clothianidin, Tetraniliprole and Phoxim, respectively

**图1 不同处理对花生蛴螬的田间防治效果**

**Fig. 1 Control effect of different treatments against white grubs in peanut field**

后可在蛴螬主要活动层形成持续且有效的毒杀环境[12,18]。因此,辛硫磷仍是当前防控蛴螬的高效速杀型药剂,而通过微囊化等技术提升其光稳定性与持效期,是保障其田间综合防效的关键[19]。四唑虫酰胺是新一代双酰胺类杀虫剂,其作用于鱼尼丁受体,并具优异的内吸传导性能,目前主要用于防治草地贪夜蛾、甜菜夜蛾等鳞翅目害虫[20-22]。本研究中,其对暗黑鳃金龟幼虫也表现出较强毒力,浸虫法和土壤混药法的$LC_{50}$分别为5.578 mg/L和14.034 mg/L,仅次于辛硫磷,为蛴螬防治提供了新的高效种子处理选项。噻虫胺是新烟碱类杀虫剂,在本试验中毒力表现中等。但其内吸特性强,拌种后能在作物根系周围形成保护带,有效阻止地下害虫为害幼根,因此也常作为种子处理剂用于蛴螬防控[23,24]。联苯菊酯在土壤混药法中的相对毒力指数显著高于浸虫法和食物浸渍法,表明其在土壤介质中对蛴螬具有良好的防控潜力,但由于内吸活性弱,更适合作为土壤处理使用[25]。相比之下,氯虫苯甲酰胺、高效氟氯氰菊酯及甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对暗黑鳃金龟幼虫的毒力相对较低,不建议单独用于蛴螬的防治。

毒力测定方法的选择对药剂毒力评价具有重要影响。土壤混药法模拟了蛴螬在土壤中的栖息与取食环境,能够反映药剂的综合毒力,适用于全面评价药剂在土壤中对害虫的毒杀效果[17,26]。浸虫法主要评估药剂的触杀活性,适用于通过体壁接触发挥作用的药剂[27]。食物浸渍法用于检测胃毒活性[15],本研究中该方法灵敏度较低,可能是浸药后食物散发的刺激性气味导致试虫拒食或取食量减少。因此,根据药剂作用特性和害虫的生物学特点,选择合适的室内毒力评价体系,对准确预测田间药效至关重要。氰戊菊酯以触杀作用为主,在点滴法和浸虫法中对蛴螬表现出较高活性,但在土壤混药法中毒力较差,说明其不适用于防治地下害虫[17]。本研究中,联苯菊酯在浸虫法中毒力水平较低,却在土壤混药法中表现出较高毒力,说明其作用方式或药剂特性更适合通过土壤途径发挥防效。

药剂的防控效果不仅取决于其室内毒力,也与施药方式密切相关。田间试验表明:对于辛硫磷等以触杀和熏蒸作用为主的药剂,穴喷处理能直接在根区建立有效药带,实现快速控害[19]。本试验中,30%辛硫磷以微囊悬浮剂型施用,其持效性得到显

著提升,表现出最佳防虫与保果效果。而对于噻虫胺、四唑虫酰胺等具强内吸性的药剂,则宜采用拌种处理,以充分发挥其内吸传导与持效保护的优势,具有显著的增产作用[23,28]。随着机械化生产的普及,种子包衣技术具有省工、高效、利于标准化作业等优点,在现代农业害虫综合治理中展现出广阔的应用前景[29,30]。

综上,在本试验条件下,辛硫磷对蛴螬表现出稳定且显著的防治效果,可作为花生田蛴螬防治的有效药剂,推荐在发生初期或重发田块采用穴喷方式施用,以快速控制虫害。四唑虫酰胺与噻虫胺作为种子处理剂,对蛴螬表现出良好的防治效果,拌种使用可有效保护幼苗并提升产量,具有较好的应用前景。因此,在实际防控中,应依据药剂特性与施药方式相匹配的原则进行科学决策:针对虫害较重的田块,可考虑选用辛硫磷穴喷进行防控;在常年发生区或注重前期预防的田块,则推荐采用噻虫胺或四唑虫酰胺拌种处理。本研究为花生蛴螬综合防控中药剂的科学选用与精准施用提供了初步依据,但仍需通过多区域、多年度的田间试验进一步验证。

**参考文献:**


[1] 罗宗秀,李克斌,曹雅忠,等. 河南部分地区花生田地下害虫发生情况调查[J]. 植物保护,2009,35(2):104-108.

[2] 钟涛,许国庆,徐蕾,等. 沈阳地区花生田苗期蛴螬危害损失及防治指标[J]. 中国油料作物学报,2016,38(5):640-643.

[3] 曲春娟,姜晓静,万书波,等. 花生/玉米间作对暗黑鳃金龟和铜绿丽金龟发生的影响[J]. 中国油料作物学报,2025,47(1):167-175.

[4] 臧冬初,王永峰,裴桂英,等. 黄泛区夏大豆田间蛴螬发生与防治的初步研究[J]. 吉林农业大学学报,2011,33(2):165-168.

[5] 闫俊杰,郭文超,李国清,等. 我国马铃薯害虫防控现状与展望[J]. 植物保护,2023,49(5):190-195+206.

[6] 左红娟,曹辉,王峰,等. 施药防治金银花地下害虫蛴螬的效果初报[J],中国植保导刊,2025,45(5):84-86.

[7] 曲明静,郭巍. 花生蛴螬生物防治[M]. 北京:中国农业出版社,2014:28-38.

[8] 刘福顺,冯晓洁,刘春琴,等. 河北沧州花生田蛴螬发生动态及影响因素分析[J]. 中国植保导刊,2022,42(4):33-37.

[9] 陈琦,蒋月丽,范志业,等. 2006-2018年河南省漯河市蛴螬优势种变化及其与秋作物种植面积的关系[J]. 植物保护学报,2020,47(3):471-477.

[10] 李海东,李文金,康涛,等. 花生覆膜和露地栽培条件下不同收获时期对产量及构成因素的影响[J]. 花生学报,2021,50(3):75-79.

[11] 廖伯寿. 我国花生生产发展现状与潜力分析[J]. 中国油料作物学报,2020,42(2):161-166.

[12] 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.

[13] 谢明惠,倪皖莉,林璐璐,等. 暗黑鳃金龟化学防治药剂的筛选及复配种衣剂的田间药效[J]. 安徽农业科学,2021,49(24):168-171.

[14] 李耀发,党志红,高占林,等. 金针虫室内毒力测定方法筛选[J]. 应用昆虫学报,2014,51(5):1356-1361.

[15] 渠成,薛明,张文丹,等. 花生不同种植模式对蛴螬发生的影响及药剂防治效果的比较[J]. 花生学报,2015,44(2):12-17.

[16] 付群梅,智通卫,沈娟,等. 不同方法测定7种杀虫剂对水稻褐飞虱室内毒力的比较研究[J]. 现代农药,2015,14(3):49-52.

[17] 李耀发,党志红,高占林,等. 三种方法测定几种杀虫剂对华北大黑鳃金龟的毒力.《粮食安全与植保科技创新》编辑委员会. 粮食安全与植保科技创新[C]//北京:中国农业科学技术出版社,2009: 661-663.

[18] 周再军,唐兴贵,苏五雷,等. 3种有机磷杀虫剂对烟草粉螟幼虫的室内熏杀效果[J]. 河北农业科学,2014,18(4):43-46+71.

[19] 陈浩梁,谢明惠,林璐璐,等. 三种不同药剂及施药方法对花生蛴螬的防效[J]. 安徽农业科学,2014,42(6):1688-1690.

[20] Qu C, Yao J Q, Zhan Q Y, et al. Risk assessment, cross-resistance, biochemical mechanism and fitness cost of tetraniliprole resistance in the tomato pinworm *Tuta absoluta*[J]. Crop Prot, 2024, 183: 106756. DOI: 10.1016/j.cropro.2024.106756.

[21] 王淑枝,段爱菊,张自启. 四唑虫酰胺拌种对玉米田草地贪夜蛾的药效评价[J]. 山西农业科学,2025,53(3):100-106.

[22] 郭党,王育红,张自启,等. 四唑虫酰胺拌种处理对大豆-玉米带状复合种植田甜菜夜蛾药效评价[J]. 农药,2025,64(5):376-379.

[23] 张自启,王利霞,王淑枝,等. 48%噻虫胺悬浮剂拌种对花生田蛴螬的药效评价[J]. 山西农业科学,2022,50(2):231-235.

[24] 刘煜财,张伟,张金花,等. 8种药剂对花生蛴螬的田间防效及安全性评价[J]. 东北农业科学,2016,41(5):76-78.

[25] 陈美航,鲁道旺,罗海荣,等. 不同药剂对天麻地下害虫的田间防治效果的评价[J]. 农药,2023,62(2):

151-153+156
[26] 何发林,乔治华,姚向峰,等. 低致死剂量氯虫苯甲酰胺对沟金针虫食物利用和相关生理生化指标的剂量和时间效应[J]. 昆虫学报,2019,62(8):948-959.
[27] 王威龙,高宇,何江,等. 山西蒲县梨园茸喙丽金龟发生动态及三种植物源杀虫剂对其成虫的毒力测定[J]. 昆虫学报,2025,68(8):1115-1122.
[28] 渠成,赵海朋,张文丹,等. 5种药剂拌种在不同土壤温湿度下对花生安全性评价[J]. 花生学报,2017,46(4):42-47.
[29] 陈小姝,邹晓霞,李美君,等. 种衣剂处理对低温胁迫下花生种子萌发及幼苗生长和生理特性的影响[J]. 花生学报,2024,53(1):26-33.
[30] 谢明惠,林璐璐,陈浩梁,等. 药剂拌种对花生苗期的影响及田间蛴螬防效评价[J]. 中国油料作物学报,2018,40(2):275-283.

(责任编辑:郭学兰)