



吴嫦娟, 熊腾飞, 尹艳琼, 钟国华, 冯夏. 玉米种子丸粒化包衣处理对草地贪夜蛾的防治效果 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (6): 1314–1321.

玉米种子丸粒化包衣处理对草地贪夜蛾的防治效果

吴嫦娟^{1,2}, 熊腾飞¹, 尹艳琼³, 钟国华², 冯夏^{1*}

(1. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640;

2. 华南农业大学, 农业农村部华南作物有害生物综合治理重点实验室, 广州 510642; 3. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 昆明 650205)

摘要: 本研究明确了乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺丸粒化包衣后对玉米种子的安全性和玉米幼苗对草地贪夜蛾的防治效果, 为玉米苗期草地贪夜蛾防治提供新技术。首先在室内验证了乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺拌土后对草地贪夜蛾的防治效果, 又进行了种子丸粒化包衣处理, 测定了丸粒化包衣方式下药剂对种子萌发的影响和对草地贪夜蛾的防治效果。结果表明, 250 mg/kg 的乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺拌土处理后, 草地贪夜蛾对 14 d 的玉米苗的取食率分别为 1.67%、5.01%, 与对照组取食率 27.02% 差异显著。药种比为 1:100 和 1:200 的乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺丸粒化包衣处理组与对照组的发芽率之间无显著差异。乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺丸粒化包衣处理组在播种后第 7 天对草地贪夜蛾广州种群防治效果显著, 其中药种比为 1:100 的乙基多杀菌素丸粒化包衣处理组致死率最高为 89%; 两药剂丸粒化包衣处理组在播种后第 21 天对草地贪夜蛾云南种群仍有较好防治效果, 两个浓度的乙基多杀菌素丸粒化包衣处理对草地贪夜蛾的致死率均达 100%。本研究表明玉米种子丸粒化包衣技术可有效防控玉米苗期草地贪夜蛾的危害。

关键词: 种子丸粒化包衣; 乙基多杀菌素; 氯虫苯甲酰胺; 草地贪夜蛾

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 06-1314-08

The effect of prevention and control against *Spodoptera frugiperda* by corn seeds pelleting

WU Chang-Juan^{1,2}, XIONG Teng-Fei¹, YIN Yan-Qiong³, ZHONG Guo-Hua², FENG Xia^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences; Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China; 2. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in South China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Agriculture College of South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 3. Agricultural Environment and Resource Institutes, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: Our study clarified the safety of corn seeds and the prevention and control effect of *Spodoptera frugiperda* after corn seeds were pelleted with spinetoram and chlorantraniliprole, provide a new technology for the prevention and control of *S. frugiperda* during corn seedling. First, we verified the effects of spinetoram and chlorantraniliprole on the control of *S. frugiperda* after mixing soil, and then the

基金项目: 广东省重点领域研发计划 (2019B020218009); 广东省农业科学院创新研究团队项目; 广东省农业科学院学科领域拓展研究 (农机农艺结合方向) 项目 (202036); 国家自然科学基金 (31701819); 云南省重点研发计划 (2019IB007)

作者简介: 吴嫦娟, 女, 1996 年生, 硕士, 研究方向为植物保护农药方向, E-mail: 1076436745@qq.com

* 通讯作者 Author for corresponding: 冯夏, 硕士, 研究员, 主要研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: fengx@gdppri.com

收稿日期 Received: 2020-07-01; 接受日期 Accepted: 2020-10-19

effective pesticides were pelletized with corn, to determine the prevention and control effect of *S. frugiperda* by the new method seed-pelleting. The results showed that after 250 mg/kg of spinetoram and chlorantraniliprole mixing with soil, the feeding rates of *S. frugiperda* on 14-day corn seedlings were 1.67% and 5.01%, respectively, compared with those of the control group 27.02% difference is significant. There was no significant difference in the germination rate between the spinetoram and chlorantraniliprole pelletization treatment group and the control group with the drug-to-seeds ratios of 1:100 and 1:200. The spinetoram and chlorantraniliprole pelletization treatment group has a significant control effect on the Guangzhou population of *S. frugiperda* on the 7th day after sowing, and the highest lethality rate was 89% from the spinetoram pelletization with a drug-to-seeds ratio of 1:100; the two pesticides pelletization treatment group still had a good control effect on the Yunnan population of *S. frugiperda* on the 21th day after sowing. The lethality rate of *S. frugiperda* reached 100% by the two concentrations spinetoram pelletization treatment. This study shows that the corn seed pelletization technology can effectively prevent and control the damage of *S. frugiperda* in the corn seedling stage.

Key words: Seed-pelleting; spinetoram; chlorantraniliprole; *Spodoptera frugiperda*

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), 也称秋粘虫, 属鳞翅目夜蛾科灰翅夜蛾属, 原产于美洲热带和亚热带地区并在美洲大陆广泛分布 (Sparks, 1979; Todd and Poole, 1980)。2019 年 1 月 11 日在我国云南省普洱江城被首次发现 (姜玉英等, 2019), 截止到 2020 年 7 月 9 日我国共有 21 个省 (市、区) 1 029 县 (区) 发现草地贪夜蛾幼虫, 危害面积为 65.53×10^4 ha (王磊和陆永跃, 2020)。草地贪夜蛾迁飞能力强, 成虫在产卵前每晚可迁移 100 km (郭井菲, 2019); 寄主范围广, 可危害包括玉米、水稻、甘蔗、高粱和花生等 300 多种植物 (陈昊楠等, 2020); 繁殖力高, 一生可产卵 1 000 ~ 1 500 粒 (周素花, 2019); 破坏性极强, 老熟幼虫可以将玉米叶啃穿, 叶片形成大大小小的窟窿, 甚至会直接钻到玉米果穗里啃食, 对我国玉米的生产安全造成了重大威胁 (马盼盼等, 2019)。

乙基多杀菌素是美国陶氏益农公司研发的新一代高效、广谱、低毒及环境友好型杀虫剂, 具有胃毒和触杀作用, 主要用于防治鳞翅目、缨翅目和双翅目害虫 (Thompson, 2000; 付步礼等, 2017)。已有研究表明乙基多杀菌素对草地贪夜蛾幼虫具有较好的毒杀活性 (郑群等, 2019)。氯虫苯甲酰胺 (chlorantraniliprole) 是第一个具有新型邻酰胺苯甲酰胺类化学结构的广谱杀虫剂, 作用方式独特 (董卫莉等, 2008; 唐振华和陶黎明, 2008), 对小菜蛾等鳞翅目害虫有很好的控制效果 (尹飞等, 2012), 且持效时间长。

草地贪夜蛾主要危害苗期玉米, 取食心叶, 咬断生长点, 造成缺垄断行, 影响产量 (姜洪等, 2020), 因此苗期是防治草地贪夜蛾为害的关键期。王冰冰等研究表明, 种衣剂在植株苗期对病虫害防治效果可达 70% ~ 90%, 远高于一般农药的 30% ~ 70% (王冰冰等, 1998)。种子丸粒化包衣是种衣剂的一种, 是在种子表面包裹一层丸粒化材料, 使得种子表面光滑、形状规则方便机械化播种 (Pedrini *et al.*, 2017), 同时, 以丸粒化材料为载体添加杀虫剂等活性物质, 防除病虫草害, 帮助种子克服外界不良环境 (Ryu *et al.*, 2006; Maity *et al.*, 2017; Nwankwo *et al.*, 2018)。本文探讨杀虫剂种子丸粒化对玉米苗期草地贪夜蛾的防治效果, 筛选有效药剂, 为草地贪夜蛾的防治提供了一个新技术。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本实验供试玉米选用“玉米 31 号”, 供试药剂选择 5% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 (商品名: 普尊, 美国杜邦公司), 乙基多杀菌素 (60 克/升悬浮剂) (美国陶氏益农公司)。供试草地贪夜蛾广州种群采自广东省农业科学院玉米田, 草地贪夜蛾云南种群由云南省农科院提供。本研究采用种子丸化法进行种子包衣处理, 原药药种比设为 1:100 和 1:200, 种子丸粒化包衣材料和试验设备均为广东省农业科学院植物保护研究所自研, 试验于广

东省农业科学院植物保护研究所试验田和云南省玉溪市元江县种子管理站制种基地进行。

1.2 试验方法

1.2.1 盆栽效果试验

将 5% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂和 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂分别配制成 25 mg/kg、125 mg/kg、250 mg/kg 3 种不同浓度的药液。在半径为 5 cm、高为 10 cm 的平底圆柱体玻璃管中加入 4/5 体积的有机质营养土，每个玻璃管放置一粒玉米种，分别加入已配制好的 40 mL 的不同浓度的乙基多杀菌素溶液、氯虫苯甲酰胺溶液、清水，每种浓度 50 次重复（每粒玉米种为一次重复），置于室外条件下，连续 7 d 统计玉米的发芽种子数，计算发芽率。播种第 2 天开始出苗，播种第 7 天和第 14 天分别在浓度为 250 mg/kg 的两药剂处理的玉米苗的生长点上接虫处理，每棵玉米苗上接 3 头 2~3 龄幼虫，5 次重复（每棵玉米苗为一次重复）。调查接虫处理后 24 h、48 h 的死虫数（用细软毛笔轻触虫体，观察 1 min 后幼虫无反应即视为死亡）和取食面积（将玉米叶片放在带格子的坐标纸上，统计被取食部分对应坐标纸上的格子数，计算出取食面积），计算草地贪夜蛾的致死率和取食率。

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{发芽种子数}}{\text{播种种子总数}} \times 100$$

$$\text{取食率}(\%) = \frac{\text{取食叶片面积}}{\text{叶片总面积}} \times 100$$

$$\text{致死率}(\%) = \frac{\text{死虫数}}{\text{接虫总数}} \times 100$$

1.2.2 种子丸粒化包衣

取玉米种子 200 g，乙基多杀菌素（60 克/升悬浮剂）16.67 g（原药药种比 1:200）、33.33 g（原药药种比 1:100）或 5% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 20 g（原药药种比 1:200）、40 g（原药药种比 1:100），丸粒化材料 240 g，粘合剂若干。将种子、丸粒化材料、粘合剂和乙基多杀菌素悬浮剂或氯虫苯甲酰胺悬浮剂加入丸粒化机械指定位置开机进行包衣，包衣完成后放入烘干机 35℃ 热风滚动风干 40 min，最后装入自封袋内，密封避光保存。

1.2.3 田间效果试验

试验一于广东省农业科学院植物保护研究所试验田进行。药种比为 1:100 和 1:200 的乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣种与裸种（设为对照）

分别设 3 个重复（每个小区为一次重复），交叉播种，共 15 个小区，每个小区播 30 粒玉米种。播种第 3 天开始出苗，播种第 7 天采用五点取样法在每个试验小区分别取五个点，每个点取玉米样本 1 株，移栽至育苗钵内，进行接虫处理，每颗玉米苗的生长点上接 3 头 2~3 龄幼虫，调查接虫处理 24 h、48 h 的死虫数和取食面积，计算草地贪夜蛾的致死率和取食率。

试验二于云南省玉溪市元江县种子管理站制种基地，试验方法与广州田间试验方法一致，在播种第 21 天接草地贪夜蛾云南种群，调查玉米苗上草地贪夜蛾的死亡数，计算致死率。

1.2.4 统计方法

使用 SPSS 19.0 进行单因素方差分析比较不同药剂不同浓度处理下玉米的发芽率，草地贪夜蛾的取食率、致死率，并用 Duncan's 式新复极差法（DMRT）检验各处理间的差异显著性（ $P < 0.05$ ）。使用 SigmaPlot 14.0 作图。

2 结果与分析

2.1 两种药剂处理对玉米发芽率的影响

2.1.1 两种药剂拌土处理对玉米发芽率的影响

药剂拌土法结果表明：乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺处理组发芽率为 76%~84%，与对照组发芽率 86%（见图 1）无显著差异（ $F = 1.333$ ， $df = 6$ ， $P = 0.276 > 0.05$ ），说明浓度为 25~250 mg/kg 的乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺对玉米种的萌发均无显著影响。

2.1.2 两种药剂包衣处理对玉米发芽率的影响

乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理后玉米发芽率依为 77.8%~85.6%（见图 2），其中的乙基多杀菌素药种比为 1:100 包衣处理的玉米苗发芽率与对照组之间存在显著差异，其他处理组与对照组的发芽率之间差异不显著（ $F = 10.625$ ， $df = 4$ ， $P = 0.001 < 0.05$ ），说明包衣对玉米种的萌发无显著影响。

2.2 两种药剂处理对草地贪夜蛾取食的影响

2.2.1 两种药剂拌土处理对草地贪夜蛾取食的影响

由第 7 天和第 14 天玉米苗接虫处理后草地贪夜蛾广州种群的取食率的结果表明（见图 3），处

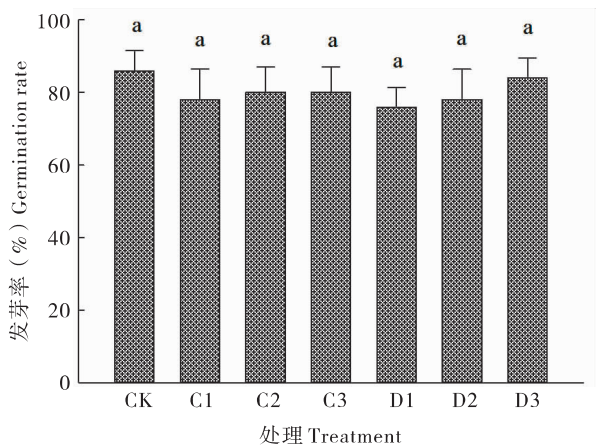


图1 不同浓度乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺处理对玉米发芽率的影响

Fig.1 Germination rate of corn seeds treated with different concentrations of spinetoram and chlorantraniliprole

注: C1、C2、C3 分别表示浓度为 250 mg/kg、125 mg/kg、25 mg/kg 乙基多杀菌素溶液; D1、D2、D3 分别表示浓度为 250 mg/kg、125 mg/kg、25 mg/kg 氯虫苯甲酰胺溶液。C1, C2 and C3 respectively represent the concentration of 250 mg/kg, 125 mg/kg and 25 mg/kg spinetoram; D1, D2 and D3 respectively represent the concentration of 250 mg/kg, 125 mg/kg and 25 mg/kg chlorantraniliprole.

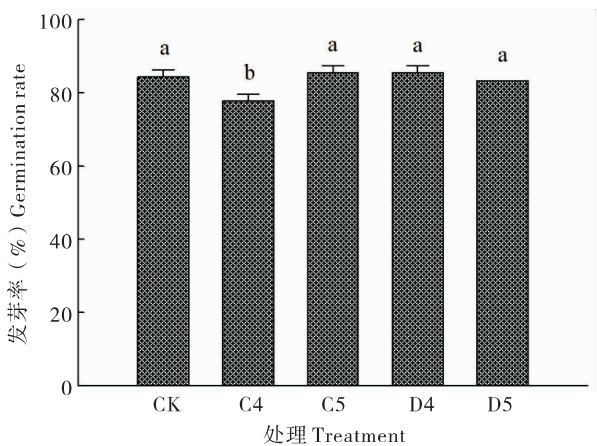


图2 乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理对玉米发芽率的影响

Fig.2 Germination of corn seed pelletized with Spinetoram and Chlorantraniliprole

注: C4 和 C5 分别代表药种比乙基多杀菌素:玉米种 = 1:100 和 1:200; D4 和 D5 分别代表药种比氯虫苯甲酰胺:玉米种 = 1:100 和 1:200。C4 and C5 respectively represent the drug species ratio of spinetoram: Corn species = 1:100 and 1:200; D4 and D5 respectively represent the drug species ratio of chlorantraniliprole: Corn species = 1:100 and 1:200.

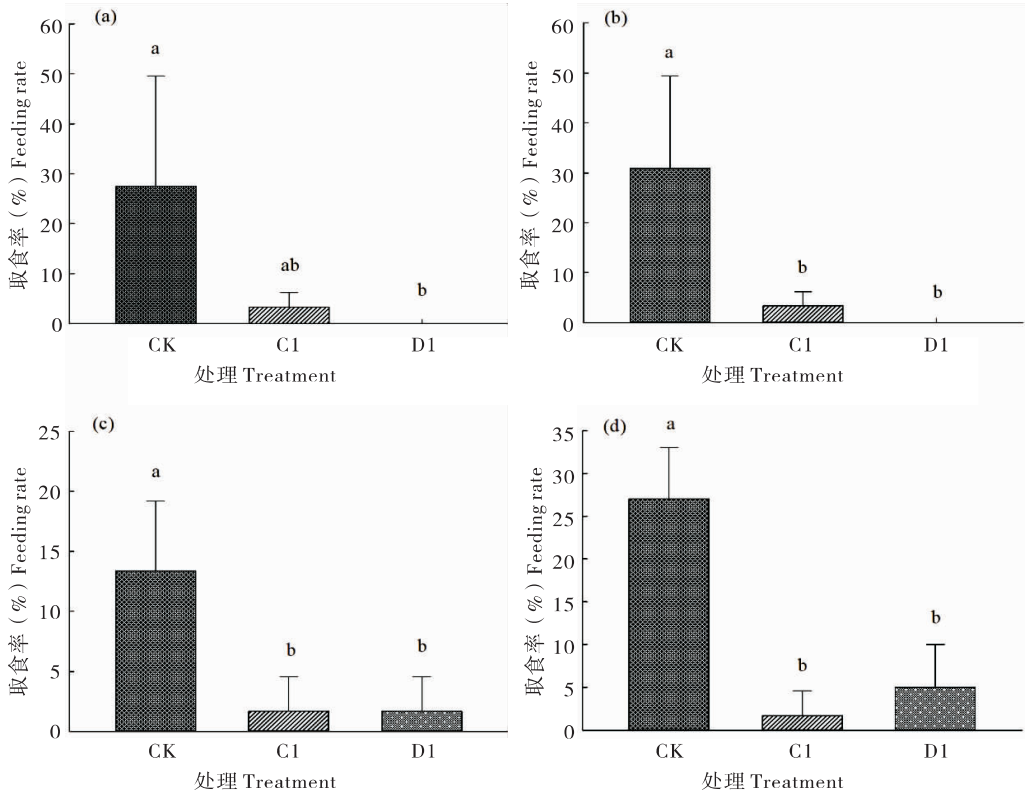


图3 乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾取食的影响

Fig.3 Effects of feeding rate of *Spodoptera frugiperda* by spinetoram and chlorantraniliprole

注: (a), (b) 表示第7天苗接虫处理后 24 h, 48 h 草地贪夜蛾的取食率; (c), (d) 表示第14天苗接虫处理后 24 h, 48 h 的草地贪夜蛾的取食率; C1 表示浓度为 250 mg/kg 乙基多杀菌素溶液; D1 表示浓度为 250 mg/kg 氯虫苯甲酰胺溶液。(a), (b) were the feeding rate at 24 h, 48 h of *S. frugiperda* fed on the 7th plant; (c), (d) were the feeding rate at 24 h, 48 h of *S. frugiperda* fed on the 14th plant; C1 represent the concentration of 250 mg/kg spinetoram; D1 represent the concentration of 250 mg/kg chlorantraniliprole.

理组的取食率均在 10% 以下, 与对照组的取食率之间均存在着显著差异, 其中氯虫苯甲酰胺处理的第 7 天玉米苗未被取食。说明浓度为 250 mg/kg 的两种药剂对玉米保苗效果显著。

2.2.2 两种药剂处理包衣处理对草地贪夜蛾取食的影响

由乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理后, 播种第 7 天玉米苗接草地贪夜蛾广州种群处理的

取食率的结果可知 (见图 4), 接虫处理 24 h 时, 两种药剂的高浓度处理与对照组的取食率之间存在显著差异 ($F = 2.398$, $df = 4$, $P = 0.119 > 0.05$); 48 h 时, 所有处理组与对照组的取食率之间均存在显著差异 ($F = 8.213$, $df = 4$, $P = 0.003 < 0.05$)。说明乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理 7 天时保苗效果显著。

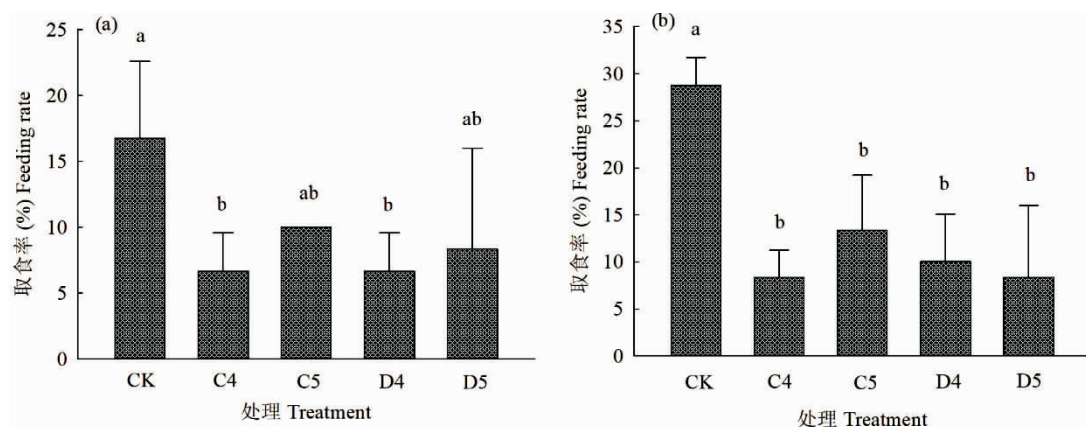


图 4 乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理对草地贪夜蛾取食率的影响

Fig. 4 Feeding rate of *Spodoptera frugiperda* by corn seed pelletized with Spinetoram and Chlorantraniliprole

注: (a), (b) 表示包衣处理后, 第 7 天苗接虫处理 24 h, 48 h 草地贪夜蛾的取食率; C4 和 C5 分别代表药种比乙基多杀菌素: 玉米种 = 1:100 和 1:200; D4 和 D5 分别代表药种比氯虫苯甲酰胺: 玉米种 = 1:100 和 1:200。下图同。Note: (a), (b) after seed - pelleting, the feeding rate at 24 h, 48 h of *S. frugiperda* fed on the 7th plant; C4 and C5 respectively represent the drug species ratio of spinetoram : Corn species = 1 : 100 and 1 : 200; D4 and D5 respectively represent the drug species ratio of chlorantraniliprole : Corn species = 1 : 100 and 1 : 200. Same below.

2.3 两种药剂处理对不同种群草地贪夜蛾致死率的影响

2.3.1 两种药剂拌土处理广州种群草地贪夜蛾的致死率

由第 7 天和第 14 天玉米苗接虫处理后草地贪夜蛾广州种群致死率的结果可知 (见图 5), 对照组的致死率均低于 20%, 处理组的致死率均在 80% 以上, 两者之间存在显著差异, 其中第 14 天苗接虫处理 48 h 时乙基多杀菌素处理组的致死率为 100%, 氯虫苯甲酰胺处理组的致死率为 88%。

2.3.2 两种药剂包衣处理广州种群草地贪夜蛾的致死率

乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理播种第 7 天后, 接草地贪夜蛾广州种群, 从致死率的结果可知 (见图 6), 乙基多杀菌素药种比为

1:100 的包衣处理组致死率最高, 对照组致死率为 0, 所有处理组草地贪夜蛾的致死率与对照组的致死率之间存在显著差异, 说明乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理后可有效防治草地贪夜蛾。

2.3.3 两种药剂包衣处理云南种群草地贪夜蛾的致死率

玉米种包衣处理播种 21 d 后, 接入草地贪夜蛾云南种群, 从草地贪夜蛾云南种群的致死率的结果可知 (见图 7), 乙基多杀菌素处理组的致死率为 100%, 氯虫苯甲酰胺处理组的致死率分别为 53.33%、44.00%, 处理组与对照组的致死率之间均存在显著差异。($F = 69.154$, $df = 4$, $P = 0.000 < 0.05$)。说明播种后第 21 天, 两种药剂对草地贪夜蛾云南种群仍有较好防治效果。

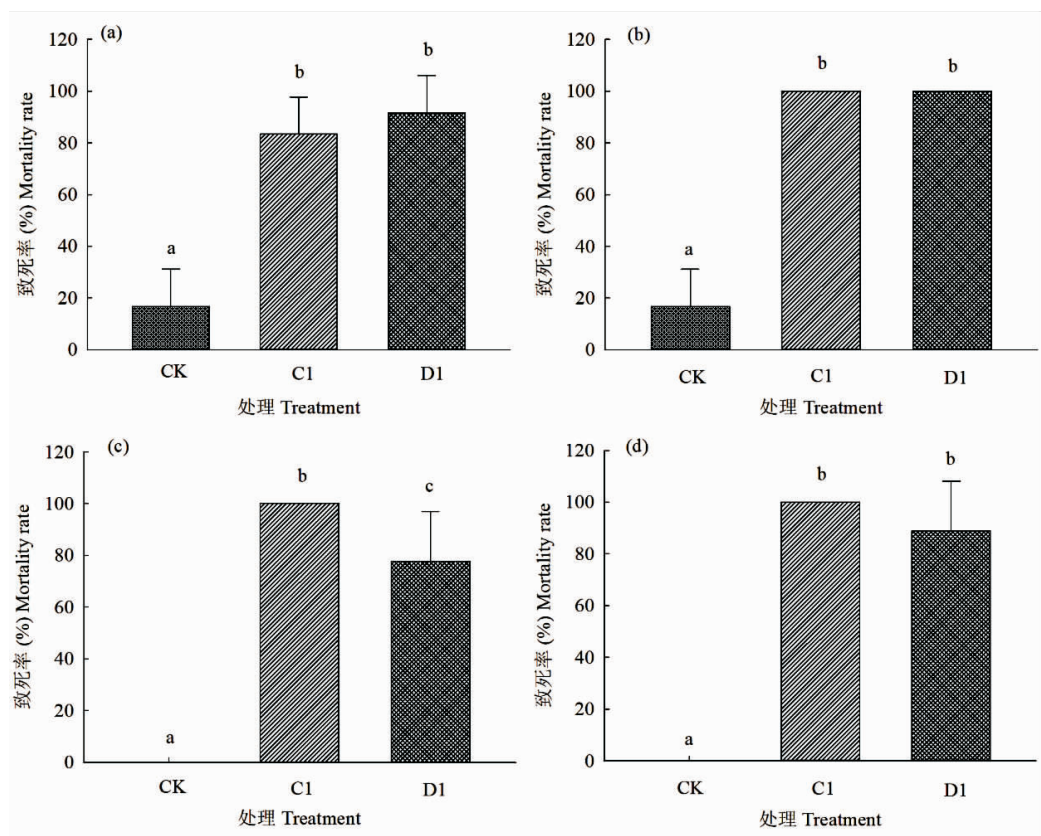


图5 乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺处理对草地贪夜蛾致死率的影响
Fig. 5 Effects of mortality rate of *Spodoptera frugiperda* by spinetoram and chlorantraniliprole

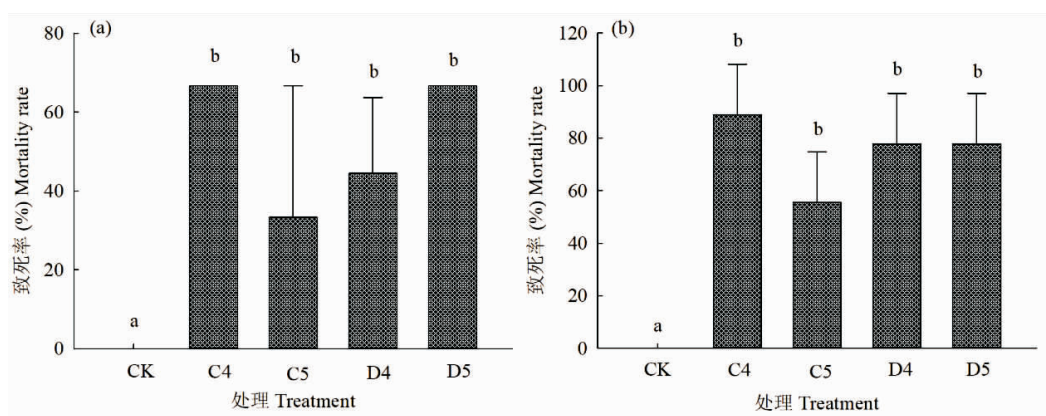


图6 乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理对草地贪夜蛾广州种群致死率的影响
Fig. 6 Mortality rate of *Spodoptera frugiperda* by corn seed pelletized with Spinetoram and Chlorantraniliprole in Guangzhou

3 结论与讨论

目前,已有关于种子丸粒化包衣技术防治十字花科蔬菜上害虫的相关报道,如胡珍娣等使用乙基多杀菌素等7种杀虫剂进行种子包衣处理防治黄曲条跳甲并评价其对种子的安全性及保护作

用(胡珍娣等,2017)。熊腾飞等证明种子丸粒化包衣可缓释氟啶虫胺胍,控制黄曲条跳甲的田间种群数量,减少田间菜薹被黄曲条跳甲的危害比例,保护十字花科蔬菜的安全生产(熊腾飞等,2019)。但是还没有关于种子丸粒化包衣技术在玉米上的应用的相关报道。

本研究使用目前对草地贪夜蛾效果很好的两种药剂乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺通过拌种和

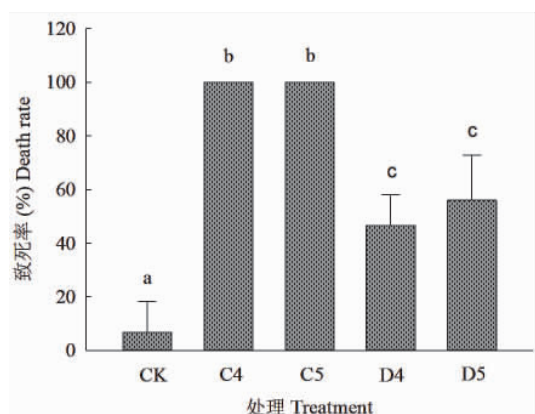


图7 乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺包衣处理对草地贪夜蛾云南种群致死率的影响

Fig. 7 Mortality rate of *Spodoptera frugiperda* by corn seed pelletized with Spinetoram and Chlorantraniliprole in Yunan

丸粒化包衣测试了对玉米种的安全性,结果表明两种药剂在这两种施药方式下都不会影响玉米种子的发芽率,对玉米种子的萌发都是安全的。同时两种药剂在室内拌种和种子丸粒化包衣两种施药方式下对玉米苗均有很好的保护率,效果达70%以上。

广州、云南两地的试验表明,乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺种子丸粒化包衣处理后对草地贪夜蛾均有较高的毒杀活性。对广州种群草地贪夜蛾而言,两种药剂均有较高的致死效果,差异不显著,但对云南种群草地贪夜蛾来说,乙基多杀菌素包衣处理致死率高达100%明显优于氯虫苯甲酰胺,说明两地草地贪夜蛾种群对乙基多杀菌素的敏感性存在差异。研究表明,通过种子丸粒化包衣处理,乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺可有效的防治草地贪夜蛾,减少玉米被草地贪夜蛾的为害程度,明确了玉米种子丸粒化包衣技术是一种防治草地贪夜蛾的有效途径,为草地贪夜蛾的防治提供了更多的选择。

随着经济的发展,农业机械化程度的提高,种子丸粒化包衣技术在农业生产中发挥着愈来愈重要的作用,也在不断地被完善。本研究只选用了乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺两种药剂对玉米种子丸粒化包衣,其他药剂还需要进一步的筛选,不同玉米品种(杂交玉米夜称旱地的饲用玉米,甜糯玉米也食用型玉米),不同的种植模式还需进一步的探讨,从而提高种子丸粒化包衣这一技术的应用范围。

参考文献 (References)

- Cheng HN, Zhang Z, Xu X, *et al.* Evaluation on the field control effect of several kinds of insecticides on the field [J]. *Science and Technology of Sichuan Agriculture*, 2020, 388 (1): 44–47. [陈昊楠, 张喆, 徐翔, 等. 多种药剂对草地贪夜蛾田间防治效果评价 [J]. *四川农业科技*, 2020, 388 (1): 44–47]
- Dong WL, Xu JY, Liu XH, *et al.* Synthesis crystal structure and biological activity of o-formamide benzoamide containing 1, 2, 3-thiadiazole [J]. *Chemical Journal of Chinese Universities*, 2008, 29 (10): 1990–1994. [董卫莉, 徐俊英, 刘幸海, 等. 含1, 2, 3-噻二唑的邻甲酰胺基苯甲酰胺类化合物的合成、晶体结构与生物活性 [J]. *高等学校化学学报*, 2008, 29 (10): 1990–1994]
- Fu BL, Xia XY, Li Q, *et al.* Selection and risk assessment of spinetoram resistance in *Thrips hawaiiensis* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2017, 54 (2): 325–331. [付步礼, 夏西亚, 李强, 等. 黄胸蓟马对乙基多杀菌素的抗性选育及抗性风险评估 [J]. *应用昆虫学报*, 2017, 54 (2): 325–331]
- Guo JF, He KL, Wang ZY. Biological characteristics, trend of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, and the strategy for management of the pest [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (3): 361–369. [郭井菲, 何康来, 王振营. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策 [J]. *应用昆虫学报*, 2019, 56 (3): 361–369]
- Hu ZD, Liu MJ, Li ZY, *et al.* Protective effects and safety assessment of flowering cabbage seed-coating treatment of seven insecticides [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (6): 1374–1381. [胡珍娣, 刘明津, 李振宇, 等. 7种杀虫剂包衣对菜心种子安全性及保护作用评价 [J]. *环境昆虫学报*, 2017, 39 (6): 1374–1381]
- Jiang H, Li H, Cheng J. The characteristics and prevention and control methods of the occurrence of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2020, 1: 112–115. [姜洪, 李环, 陈君. 草地贪夜蛾发生危害特点及防控方法 [J]. *现代农业科技*, 2020, 1: 112–115]
- Jiang YY, Liu J, Zhu XM. Occurrence and trend of *Spodoptera frugiperda* invasion in China [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (2): 33–35. [姜玉英, 刘杰, 朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析 [J]. *中国植保导刊*, 2019, 39 (2): 33–35]
- Ma PP, Wang B, Hu ZJ, *et al.* Prevention and control measures of the *Spodoptera frugiperda* [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2019, 12: 224–225. [马盼盼, 王冰, 胡占菊, 等. 草地贪夜蛾及其防控措施 [J]. *农业科技通讯*, 2019, 12: 224–225]
- Maity A, Vijay D, Singh SK, *et al.* Layered pelleting of seed with nutrient enriched soil enhances seed germination in *Dianthus barbatus* (*Pennisetum pedicellatum*) [J]. *Range Management and Agroforestry*, 2017, 38 (1): 70–75.
- Nwankwo CI, Blaser SR, Vetterlein D, *et al.* Seedball-induced changes of root growth and physico-chemical properties—a case study with

- pearl millet [J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2018, 181 (5): 768–776.
- Pedri S, Merritt DJ, Stevens J, *et al.* Seed coating: Science or marketing spin? [J]. *Trends in Plant Science*, 2017, 22 (2): 106–116.
- Ryu CM, Kim J, Choi O, *et al.* Improvement of biological control capacity of *Paenibacillus polymyxa* E681 by seed pelleting on sesame [J]. *Biological Control*, 2006, 39 (3): 282–289.
- Sparks AN. A Review of the biology of the fall armyworm [J]. *Florida Entomologist*, 1979, 62 (2): 82–87.
- Thompson GD, Dutton R, Sparks TC. Spinosad – a case study: An example from a natural products discovery programme [J]. *Pest Management Science*, 2000, 56 (8): 696–702.
- Tang ZH, Tao LM. Molecular mechanism of action of novel diamide insecticides on ryanodine receptor [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 6: 88–93. [唐振华, 陶黎明. 新型二酰胺类杀虫剂对鱼尼丁受体作用的分子机理 [J]. 昆虫学报, 2008, 6: 88–93]
- Todd EL, Poole RW. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenee from the Western Hemisphere [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1980, 73 (6): 722–738.
- Wang BB, Sun BQ. The status and prospect of seed coating in China [J]. *Crops*, 1998, 2: 19–20. [王冰冰, 孙宝启. 我国种衣剂的现状和前景 [J]. 作物杂志, 1998, 2: 19–20]
- Wang L, Lu YY. Spreading trend predication of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in year of 2020 in China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020: 1–11. [王磊, 陆永跃. 2020年我国草地贪夜蛾蔓延发生趋势及预测 [J]. 环境昆虫学报, 2020: 1–11]
- Xiong TF, Lin QS, Feng X. Degradation dynamics of sulfoxaflor in Choy sum plants and soil after seed pelletizing treatment and the effectiveness of this pesticide against *Phyllotreta striolata* (Fabricius) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (4): 826–831. [熊腾飞, 林庆胜, 冯夏. 种子丸粒化包衣处理后氟啶虫胺腈的消解动态及对黄曲条跳甲的防控效果 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (4): 826–831]
- Yin F, Feng X, Hu ZD, *et al.* Sublethal effect of chlorantraniliprole on the growth and development of *Plutella xylostella* (L.) [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39 (17): 78–80. [尹飞, 冯夏, 胡珍娣, 等. 氯虫苯甲酰胺对小菜蛾生长发育的亚致死效应研究 [J]. 广东农业科学, 2012, 39 (17): 78–80]
- Zhou SH. Identification and control techniques of *Phyllotreta striolata* of shangqiu city [J]. *Agriculture of Henan*, 2019, 523 (35): 28–29. [周素花. 商丘市玉米田草地贪夜蛾的识别与防治技术 [J]. 河南农业, 2019, 523 (35): 28–29]
- Zheng Q, Wang YQ, Tan YT, *et al.* Bioactivity of spinetoram and its field efficiency against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (6): 1169–1174. [郑群, 王勇庆, 谭煜婷, 等. 乙基多杀菌素悬浮剂对草地贪夜蛾的生物活性及田间防效 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (6): 1169–1174]