



黄新意, 何仁坤, 胡琼波, 魏香琴, 罗建军, 翁群芳. 4 种种子处理剂对菜心安全性及保护作用评价 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (2): 468–476.

4 种种子处理剂对菜心安全性及保护作用评价

黄新意^{*}, 何仁坤^{*}, 胡琼波, 魏香琴, 罗建军^{**}, 翁群芳^{**}

(华南农业大学植物保护学院, 广州 510642)

摘要: 为评价 4 种种子处理剂对菜心种子的安全性以及对黄曲条跳甲 *Phyllotreta striolata* (Fabricius) 的防治效果和保苗作用, 本研究开展了室内、田间安全性试验以及田间保护试验。室内安全性试验结果显示, 40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂、600 g/L 吡虫啉悬浮种衣剂、18% 噻虫胺种子处理悬浮剂、54% 吡虫·氟虫腈悬浮种衣剂用量分别低于 5 120、9 600、2 880、7 040 g (a. i.) /100 kg 种子时, 对菜心种子发芽和生长无影响。田间安全性及保护作用结果显示, 40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂和 54% 吡虫·氟虫腈悬浮种衣剂保护作用显著, 菜心出苗后 25 d 的株高和鲜重与对照组相比均有增加, 且差异显著。结果表明 40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂和 54% 吡虫·氟虫腈悬浮种衣剂对菜心种子具有较好的安全性, 且对菜心苗期有良好的保护作用。

关键词: 黄曲条跳甲; 种子处理剂; 菜心; 安全性评价

中图分类号: Q965; S89

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 02-0468-09

Protective effects and safety evaluation of four seed treatment agents on Chinese flowering cabbage

HUANG Xin-Yi^{*}, HE Ren-Kun^{*}, HU Qiong-Bo, WEI Xiang-Qin, LUO Jian-Jun^{**}, WENG Qun-Fang^{**} (School of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: To evaluate the safety of four seed treatment agents on Chinese flowering cabbage seeds and protection of Chinese flowering cabbage against the damaging of *Phyllotreta striolata* on, we conducted the safety experiments under laboratory conditions and in field, and the protective effect test in field. The results of safety evaluation experiments showed that treatment with 40% Cyantraniliprole · Thiamethoxam (FS) flowable concentrate for seed treatment, 600 g/L Imidacloprid (FS), 18% Thiamethoxam (FS) and 54% Imidacloprid · Fipronil (FS) under the concentration of 5 120, 9 600, 2 880, 7 040 g (a. i.) /100 kg seed, respectively, had no effect on Chinese flowering cabbage seed germination and growth. The field tests showed that the protective effect of 40% Cyantraniliprole · Thiamethoxam (FS) and 54% Imidacloprid · Fipronil (FS) was significantly higher. Compared with control treatment, the plant height and fresh weight of Chinese flowering cabbage growing was significantly increased after 25 days of sowing. We concluded that 40% bromothiazide · Suspension and 54% imidacloprid · suspension had better safety and protective effect.

Key words: *Phyllotreta striolata*; seed treatment agent; Chinese flowering cabbage; safety evaluation

基金项目: 国家重点研发计划专课题 (2016YFD0200506); 广州市科技计划项目 (201903010067)

^{*} 共同第一作者: 黄新意, 男, 1996 年生, 硕士, 研究方向为植物保护, E-mail: Xin@163.com; 何仁坤, 男, 1995 年生, 硕士, 研究方向为植物保护, E-mail: ml8702033809@163.com

^{**} 共同通讯作者 Author for correspondence: 翁群芳, 女, 博士, 副研究员, 研究方向为农药学, E-mail: wengweng@scau.edu.cn; 罗建军, 男, 硕士, 讲师, 研究方向为农药学, E-mail: luojianjun@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2021-01-16; 接受日期: 接受日期 Accepted: 2021-06-08

黄曲条跳甲 *Phyllotreta striolata* (Fabricius) 是一种危害十字花科蔬菜的寡食性害虫, 随着蔬菜种植结构的调整及栽培模式的改变, 已逐渐上升为十字花科蔬菜的主要害虫。早在上世纪 60 年代, 陈金良、蒙黔英等人对该虫的生活习性做过研究, 对黄曲条跳甲的防治药剂及对 DDT 的抗性也曾有报道 (陈金良, 1962; 曹慢和朱茂德, 1962; 屈天祥和陈其瑚, 1963; 蒙黔英等, 1985)。上世纪 80 年代以来, 化学杀虫剂的大量使用, 导致黄曲条跳甲的抗药性迅速产生, 黄曲条跳甲对有机磷类、氨基甲酸酯类及拟除虫菊酯类杀虫剂产生了不同程度的抗性 (郑岩明等, 2015), 猖獗为害问题日益突出, 毁苗现象严重 (侯有明等, 1999; 侯有明等, 2001)。在广东和福建一些地区, 黄曲条跳甲已取代小菜蛾 *Plutella xylostella* (Linnaeus) 从次要害虫上升为主要害虫, 严重威胁十字花科蔬菜的产量与质量 (何玲等, 2019)。

长期以来, 黄曲条跳甲的主要防治方法是化学药剂防治。研究表明, 黄曲条跳甲成虫可使用宿主植物防御化合物来创建自己的葡萄糖苷酸-黑芥子酶系统, 从而抵御宿主的反侵蚀 (Beran *et al.*, 2014), 致使跳甲的防治更加困难。但除化学防治方法外, 其它的防治方法并不能有效应用于生产实践中。如生物防治, 虽有研究成果的报道, 但防效一般, 不能满足生产上的需求 (王果红和韩日畴, 2008; 陈秀等, 2020); 而物理防治虽可持久、较好地防治黄曲条跳甲 (龚玲等, 2013), 但是对于非大规模的蔬菜种植不适用, 如使用防虫网防治的方法对于土壤消毒及封网要求较高 (聂河兴, 2007), 且在害虫种群数量较大时不能快速防治。种子处理, 可将种子与化学防治有效结合, 在菜心苗期可有效防治土壤中的黄曲条跳甲幼虫对菜心根系的取食以及跳甲成虫对菜心叶片的取食。胡珍娣等 (2017) 用啉虫脒等 7 种杀虫剂对菜心种子包衣处理, 评价了种子安全性和保护作用, 试验结果表明苏云金杆菌、啉虫脒、乙基多杀菌素、氟虫腈等均可较好保护菜心种子, 同时苏云金杆菌和乙基多杀菌素还能够提高种子的发芽势、发芽率和出苗率。尽管种子处理能够显著提高菜心保苗率和防治效率, 但是目前种子处理应用于菜心田间防治研究仍然较少。筛选合适的种子处理药剂, 对于田间防治黄曲条跳甲、保护作物有重要的现实意义。

本研究评价了 4 种不同种子处理药剂在菜心

的应用, 测定了种子处理剂对菜心种子的安全性及田间对菜心保护作用, 以期对黄曲条跳甲的田间化学防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂: 40% 溴酰·噻虫嗪 (cyantraniliprole·thiamethoxam) 种子处理悬浮剂, 瑞士先正达作物保护有限公司; 600 g/L 吡虫啉 (imidacloprid) 悬浮种衣剂, 拜耳作物科学 (中国) 有限公司; 18% 噻虫胺 (clothianidin) 种子处理悬浮剂, 苏州富美实植物保护剂有限公司; 54% 吡虫·氟虫腈 (cyantraniliprole·fipronil) 悬浮种衣剂, 拜耳作物科学 (中国) 有限公司。

供试种子: 粗条油青菜心种, 广州长合种子有限公司生产。

试验基地: 华南农业大学教学科研实践基地。

1.2 方法

1.2.1 种子处理剂对菜心种子发芽的影响试验

试验方法参考《粮油检验 籽粒发芽试验 (GB/T 5520-2011)》和《杀菌剂和杀虫剂对作物安全性室内试验准则 (NY/T 1965.1-2010)》进行, 并参考胡珍娣试验方法 (胡珍娣等, 2017), 稍作调整。具体方法如下: 在直径为 9 cm 的培养皿内铺垫两层滤纸, 吸取适量清水至滤纸, 吸水至饱和后将经过种子处理剂处理后的菜心种子转移到滤纸上, 均匀摆放, 50 粒/皿, 置于 25℃ 恒温光照培养箱中。对照使用清水处理种子, 每个处理重复 4 次。试验期间, 定期定量加水保持滤纸湿润。处理后 2 d、5 d 分别调查菜心种子发芽数量, 5 d 后测量发芽种子的株高, 每个重复随机测量 20 粒发芽种子的鲜重, 并记录数据。试验数据按下式统计分析, 评价种子处理剂对菜心种子发芽的影响。

发芽势 (%) = (2 d 内发芽总数/供试种子数) × 100

发芽率 (%) = (5 d 内发芽总数/供试种子数) × 100

供试药剂用量: 在预实验的基础上, 供试药剂用量设为推荐最大剂量的 1、4、8、16、32 倍。40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂的试验剂量为 640、2 560、5 120、10 240 和 20 480 g (a. i.) /100 kg 种子; 600 g/L 吡虫啉 (imidacloprid) 悬浮种衣剂的试验剂量为 300、1 200、2 400、4 800 和 9 600 g (a. i.) /100 kg 种子; 18% 噻虫胺 (clothianidin) 种

子处理悬浮剂的试验剂量为 90、360、720、1 440 和 2 880 g (a. i.) /100 kg 种子; 54% 吡虫·氟虫腈 (cyantraniliprole · fipronil) 悬浮种衣剂的试验剂量为 440、1 760、3 520、7 040 和 14 080 g (a. i.) /100 kg 种子; 对照组为清水对照。

1.2.2 种子处理剂对菜心种子出苗的影响

试验采用育苗盘育苗, 将营养一致的育苗土分装至各育苗盘, 浇水使土壤含水量大约 60% 后, 将各药剂处理及清水对照处理种子进行准确播种, 育苗盘每个小格播种 2 粒, 每个处理 50 粒, 重复 4 次, 10 d 后调查菜心出苗率、株高和鲜重。

出苗率(%) = (10 d 内出苗总数/供试种子数) × 100

1.2.3 种子处理剂对菜心田间生长的影响

试验设在华南农业大学教学科研实践基地。试验田土壤肥力均匀一致, 黄曲条跳甲自然发生, 世代交替。在 4 种种子处理剂对菜心种子发芽和出苗试验基础上, 确定各种种子处理剂田间试验剂量为 750、1 500、3 000 g (a. i.) /100 kg。以已经登记用于跳甲防治的 30% 噻虫嗪种子处理悬浮剂为对照药剂, 浓度为 750 g (a. i.) /100 kg。本试验将一块面积为 84 m² 的试验田划分出多个面积约 2 m² 的试验小区, 各处理及对照分别称取 15 g 菜心种子, 用种子处理剂处理后按照常规方式播种, 每个处理重复 3 次。播种时间为 2018 年 4 月 27 日, 整个生长期不进行病虫害防治。播种后 3 天统计各小区的出苗数, 采用 5 点取样法, 每点 0.2 m²。播后 28 d 调查种子处理剂对菜心植株的影响, 每处理随机选 60 株菜心, 分别测量地上部分株高、鲜重, 评价不同种子处理剂对菜心的影响。2018 年 5 月 25 日调查各处理及对照黄曲条跳甲为害叶片的取食孔。根据取食孔, 计算叶片受

害指数。参考标准 GB/T 17980.18 - 2000 进行取食孔分级, 具体为: 0 级, 叶片无受害; 1 级, 叶片上有零星被害; 3 级, 1/3 以下叶片受害; 5 级, 1/3 ~ 1/2 叶片受害; 7 级, 1/2 ~ 2/3 叶片受害; 9 级, 2/3 以上叶片受害。每小区调查 3 个点, 每点调查 10 株。

受害指数(%) = $\frac{\sum(\text{各级受害叶片数} \times \text{相对级别值})}{\text{调查总叶片数} \times 9} \times 100$

1.3 统计方法

本试验采用 SPSS 21.0 统计软件统计分析, 试验指标以平均值 ± 标准误 (Mean ± SE) 表示, 用邓肯氏新复极差法 (DMRT) 进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 4 种药剂处理对菜心种子发芽的影响

试验结果见图 1 ~ 图 4。与对照相比, 40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂用量大于 5 120 g (a. i.) /100 kg 种子, 会显著降低菜心种子室内发芽势, 用量大于 10 240 g (a. i.) /100 kg 种子时, 种子发芽率及出苗率均显著降低 (图 1)。菜心种子经 600 g/L 吡虫啉悬浮种衣剂 9 600 g (a. i.) /100 kg 种子处理后, 发芽势与对照组相比差异显著, 发芽率及出苗率与对照组相比差异不显著, 出苗率可达 96% (图 2)。18% 噻虫胺种子处理悬浮剂在 2 880 g (a. i.) /100 kg 种子浓度下对菜心种子发芽势有显著抑制作用, 对发芽率及出苗率没有影响 (图 3)。54% 吡虫·氟虫腈悬浮种衣剂用量为 14 080 g (a. i.) /100 kg 种子时, 对菜心种子发芽率和出苗率有显著影响 (图 4)。

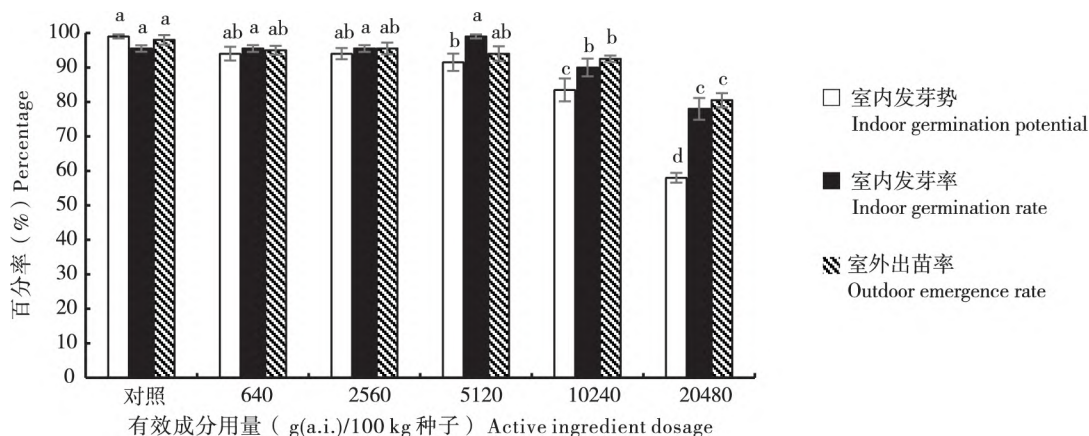


图 1 40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂对菜心种子发芽势、发芽率及出苗率的影响

Fig. 1 Effects of 40% cyantraniliprole · thiamethoxam seed treatment suspension agent on germination potential, germination rate and emergence rates of Chinese flowering cabbage seed

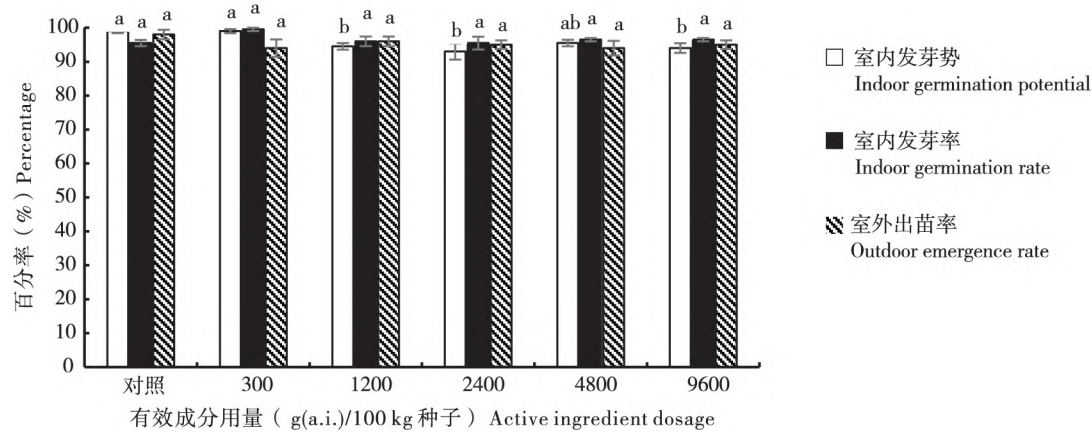


图 2 600 g/L 吡虫啉悬浮种衣剂对菜心种子发芽势、发芽率及出苗率的影响

Fig. 2 Effects of 600 g/L imidacloprid suspension concentrates for seed dressing on germination potential , germination rate and emergence rates of Chinese flowering cabbage seed

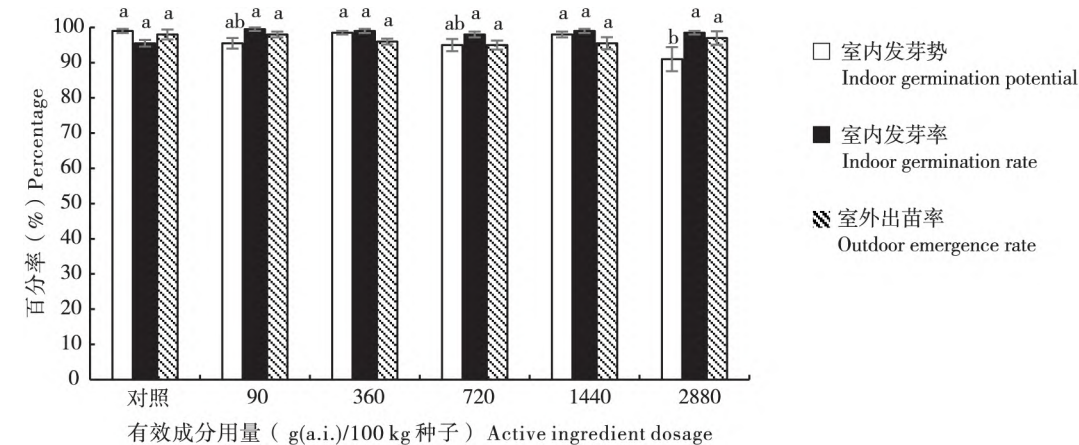


图 3 18% 噻虫胺种子处理悬浮剂对菜心种子发芽势、发芽率及出苗率的影响

Fig. 3 Effects of 18% clothianidin seed treatment suspension agent on germination potential , germination rate and emergence rates of Chinese flowering cabbage seed

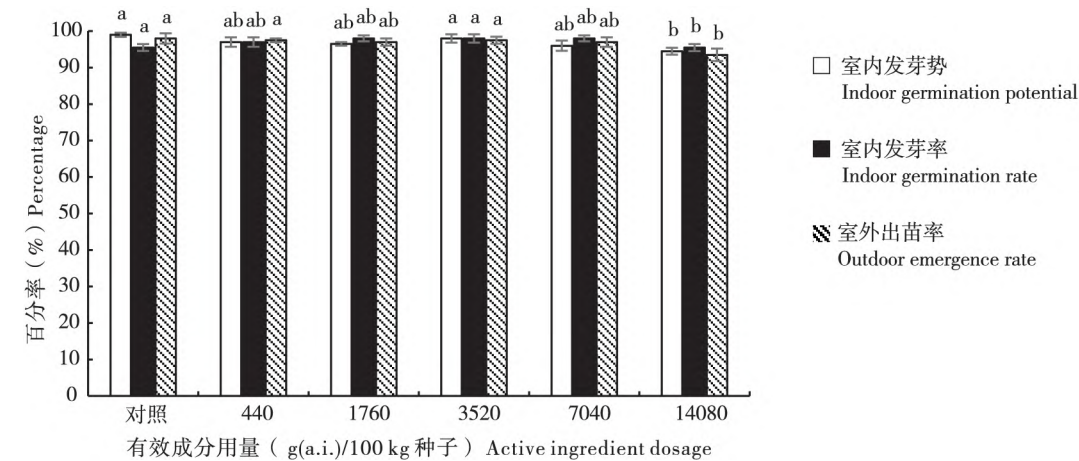


图 4 54% 吡虫·氟虫腈悬浮种衣剂对菜心种子发芽势、发芽率及出苗率的影响

Fig. 4 Effects of 54% cyantraniliprole · fipronil suspension concentrates for seed dressing on germination potential , germination rate and emergence rates of Chinese flowering cabbage seed

2.2 4 种药剂处理对菜心种子发芽后生长的影响

40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂在推荐最大剂量的 1、4、8、16、32 倍用量下处理菜心种子, 室内育苗试验结果显示, 用量低于 5 120 g (a. i.) / 100 kg 种子时, 菜心种子发芽 5 d 后的株高大于对照组, 但差异不显著; 同等用量下处理的菜心种子发芽 5 d 后的鲜重与对照差异不显著。在有效成分用量大于 10 240 g (a. i.) / 100 kg 种子时, 菜心发芽 5 d 后株高和鲜重显著低于对照, 表明该有效成分用量对菜心发芽后的生长有不利的影响。室外育苗试验结果表明, 40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂处理用量高于 10 240 g (a. i.) / 100 kg 种子时, 菜心种子发芽生长 10 d 后的株高出现降低的现象, 同时鲜重明显低于对照组, 表明 40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂处理菜心种子, 有效

成分用量低于 5 120 g (a. i.) / 100 kg 种子时对菜心种子安全无影响 (表 1)。

600 g/L 吡虫啉悬浮种衣剂以推荐最大剂量的 1、4、8、16、32 倍用量处理, 室内育苗试验结果表明, 不超过 9 600 g (a. i.) / 100 kg 种子有效成分用量, 菜心种子发芽 5 d 后的株高和鲜重与对照组相比差异不显著, 表明 600 g/L 吡虫啉悬浮种衣剂在用量 9 600 g (a. i.) / 100 kg 种子以内对菜心种子安全。室外育苗试验表明, 600 g/L 吡虫啉悬浮种衣剂处理用量在 300 ~ 9 600 g (a. i.) / 100 kg 种子以内, 菜心种子发芽生长 10 d 后的株高介于 2.64 ~ 4.30 cm, 与对照组相当, 或高于对照组; 同时鲜重介于 0.65 ~ 0.75 g 之间, 与对照组相当, 表明 600 g/L 吡虫啉悬浮种衣剂用量在 9 600 g (a. i.) / 100 kg 种子以内对菜心种子安全无影响 (表 2)。

表 1 40% 溴酰·噻虫嗪处理对菜心生长的影响

Table 1 Effect of 40% cyantraniliprole · thiamethoxam treatment on the growth of Chinese flowering cabbage

药剂 Insecticide	有效成分用量 Active ingredient dosage g (a. i.) / 100 kg seed	室内 (5 d) Indoor		室外 (10 d) Outdoor	
		株高 (cm) Height	鲜重 (g) Fresh weight	株高 (cm) Height	鲜重 (g) Fresh weight
40% 溴酰· 噻虫嗪 40% Cyantraniliprole · thiamethoxam	640	2.13 ± 0.07 a	0.42 ± 0.02 a	3.01 ± 0.11 a	0.80 ± 0.08 ab
	2 560	2.06 ± 0.06 ab	0.33 ± 0.01 b	3.16 ± 0.06 a	0.76 ± 0.01 ab
	5 120	1.90 ± 0.09 ab	0.33 ± 0.01 b	3.09 ± 0.09 a	0.85 ± 0.04 a
	10 240	1.25 ± 0.11 c	0.23 ± 0.02 c	2.83 ± 0.10 ab	0.69 ± 0.03 bc
	20 480	0.68 ± 0.10 d	0.20 ± 0.02 c	2.53 ± 0.15 b	0.59 ± 0.03 c
对照 CK	—	1.80 ± 0.14 b	0.35 ± 0.01 b	2.79 ± 0.16 ab	0.76 ± 0.03 ab

注: 表中数据为 Mean ± SE, 同列数据后不同字母者表示经 DMRT 法检测差异显著 ($P < 0.05$), 每处理重复 4 次。下表同。Note: Data in the table was Mean ± SE. Different letters after the data in the same column indicated a significant difference (5% level) detected by DMRT method. Each treatment was repeated 4 times. The same below.

表 2 600 g/L 吡虫啉处理对菜心生长的影响

Table 2 Effect of 600g/L imidacloprid treatment on the growth of Chinese flowering cabbage

药剂 Insecticide	有效成分用量 Active ingredient dosage g (a. i.) / 100 kg seed	室内 (5 d) Indoor		室外 (10 d) Outdoor	
		株高 (cm) Height	鲜重 (g) Fresh weight	株高 (cm) Height	鲜重 (g) Fresh weight
600 g/L 吡虫啉 600 g/L Imidacloprid	300	1.82 ± 0.08 a	0.34 ± 0.03 a	2.64 ± 0.06 b	0.68 ± 0.05 ab
	1 200	1.93 ± 0.07 a	0.39 ± 0.06 a	2.69 ± 0.06 b	0.75 ± 0.03 ab
	2 400	1.86 ± 0.03 a	0.30 ± 0.08 a	2.69 ± 0.07 b	0.69 ± 0.02 ab
	4 800	1.77 ± 0.07 a	0.36 ± 0.01 a	4.30 ± 1.58 a	0.65 ± 0.04 b
	9 600	1.81 ± 0.04 a	0.37 ± 0.02 a	2.65 ± 0.02 b	0.73 ± 0.02 ab
对照 CK	—	1.80 ± 0.14 a	0.35 ± 0.01 a	2.79 ± 0.16 b	0.76 ± 0.03 a

18% 噻虫胺种子处理悬浮剂以推荐最大剂量的 1、4、8、16、32 倍用量处理, 用量在 2 880 g (a. i.) / 100 kg 种子以内, 菜心种子发芽 5 d 后的株高和鲜重总体上不低于对照组, 表明 18% 噻虫胺种子处理悬浮剂用量在 2 880 g (a. i.) / 100 kg 种子以内对菜心种子安全。室外育苗试验结果表明, 18% 噻虫胺种子处理悬浮剂用量在 90 ~ 2 880 g (a. i.) / 100 kg 种子以内, 菜心种子发芽生长 10 d 后的株高介于 2. 71 ~ 3. 27 cm, 鲜重介于 0. 68 ~ 0. 98 g 之间, 与对照组差异不显著, 表明 8% 噻虫胺种子处理悬浮剂处理菜心种子, 用量在 2 880 g (a. i.) / 100 kg 种子以内对菜心种子安全 (表 3)。

54% 吡虫·氟虫腈悬浮种衣剂以推荐最大剂量的 1、4、8、16、32 倍用量处理, 室内育苗试验

结果表明, 用量在 7 040 g (a. i.) / 100 kg 种子以内时, 菜心种子发芽 5 d 后的株高及鲜重与对照组相比差异不显著; 当用量大于 14 080 g (a. i.) / 100 kg 种子时, 菜心发芽 5 d 后株高和鲜重均低于对照处理, 表明该用量下对菜心发芽后的生长有不利的影 响。室外育苗试验结果表明, 用量 440 ~ 7 040 g (a. i.) / 100 kg 种子, 菜心种子发芽生长 10 d 后的株高介于 2. 75 ~ 2. 97 cm, 与对照组表现相当; 鲜重介于 0. 72 ~ 0. 84 g 之间, 与对照组表现相当; 用量在 14 080 g (a. i.) / 100 kg 种子时, 鲜重显著低于对照处理, 表明 54% 吡虫·氟虫腈悬浮种衣剂处理菜心种子, 用量在 7 040 g (a. i.) / 100 kg 种子以内对菜心种子安全 (表 4)。

表 3 18% 噻虫胺处理对菜心生长的影响
Table 3 Effect of 18% clothianidin treatment on the growth of Chinese flowering cabbage

药剂 Insecticide	有效成分用量 Active ingredient dosage g(a. i.) / 100 kg seed	室内 (5 d) Indoor		室外 (10 d) Outdoor	
		株高 (cm) Height	鲜重 (g) Fresh weight	株高 (cm) Height	鲜重 (g) Fresh weight
18% 噻虫胺 18% Clothianidin	90	1. 78 ± 0. 08 a	0. 31 ± 0. 02 c	2. 71 ± 0. 05 a	0. 79 ± 0. 01 bc
	360	1. 74 ± 0. 00 a	0. 42 ± 0. 00 ab	2. 93 ± 0. 14 a	0. 81 ± 0. 02 b
	720	1. 90 ± 0. 02 a	0. 41 ± 0. 04 ab	2. 73 ± 0. 08 a	0. 68 ± 0. 02 c
	1 440	1. 84 ± 0. 05 a	0. 45 ± 0. 03 a	3. 27 ± 0. 13 a	0. 98 ± 0. 07 a
	2 880	1. 69 ± 0. 04 a	0. 42 ± 0. 01 ab	3. 11 ± 0. 08 a	0. 79 ± 0. 04 bc
对照 CK	—	1. 80 ± 0. 14 a	0. 35 ± 0. 01 bc	2. 79 ± 0. 16 a	0. 76 ± 0. 03 bc

表 4 54% 吡虫·氟虫腈处理对菜心生长的影响
Table 4 Effect of 54% cyantraniliprole · fipronil treatment on the growth of Chinese flowering cabbage

药剂 Insecticide	有效成分用量 Active ingredient dosage g(a. i.) / 100 kg seed	室内 (5 d) Indoor		室外 (10 d) Outdoor	
		株高 (cm) Height	鲜重 (g) Fresh weight	株高 (cm) Height	鲜重 (g) Fresh weight
54% 吡虫· 氟虫腈 54% Cyantraniliprole · fipronil	0. 79 ± 0. 03 a	440	1. 77 ± 0. 06 ab	0. 46 ± 0. 01 a	2. 79 ± 0. 04 a
	1 760	1. 95 ± 0. 02 a	0. 40 ± 0. 01 ab	2. 75 ± 0. 14 a	0. 72 ± 0. 02 a
	3 520	1. 89 ± 0. 03 ab	0. 39 ± 0. 05 ab	2. 96 ± 0. 03 a	0. 80 ± 0. 01 a
	7 040	1. 87 ± 0. 04 ab	0. 37 ± 0. 02 b	2. 97 ± 0. 13 a	0. 84 ± 0. 04 a
	14 080	1. 71 ± 0. 03 b	0. 33 ± 0. 01 b	2. 87 ± 0. 11 a	0. 66 ± 0. 02 b
对照 CK	—	1. 80 ± 0. 14 ab	0. 35 ± 0. 01 b	2. 79 ± 0. 16 a	0. 76 ± 0. 03 a

2.3 4 种种子处理剂处理菜心种子的田间试验

结果显示,用量 750、1 500、3 000 g (a. i.) / 100 kg 种子处理菜心种子,出苗后 5 d 4 种种子处理剂及对照药剂较空白对照菜心苗数均要高,溴酞·噻虫嗪、吡虫啉、吡虫·氟虫腈及对照药剂噻虫嗪处理均显著高于空白对照,噻虫胺处理与空白对照差异不显著(见表 5)。表明 4 种试验种衣剂及对照药剂对苗期菜心具有保护作用,其中吡虫·氟虫腈的保护作用最好,其次是溴酞·噻虫嗪,两者均高于对照药剂噻虫嗪,噻虫胺的保护作用较对照药剂差。出苗后 25 d,溴酞·噻虫嗪、吡虫·氟虫腈及对照药剂噻虫嗪处理的菜心株高及鲜重均高于空白对照;溴酞·噻虫嗪 750 g (a. i.) /100 kg 种子处理的株高显著高于空白对照,鲜重则差异显著;吡虫·氟虫腈 3 000 g(a. i.) /

100 kg 种子处理,株高显著高于空白对照,两者鲜重差异不显著。吡虫啉 750 g (a. i.) /100 kg 种子处理,株高及鲜重与对照相比,差异不显著。噻虫胺 3 000 g (a. i.) /100 kg 种子处理,株高和鲜重与对照相比差异不显著。表明溴酞·噻虫嗪和吡虫·氟虫腈能够促进菜心的生长,且效果高于对照药剂噻虫嗪。受害指数用于评价种子处理剂对菜心生长期的保护作用。从表 5 中出苗后 25 d 受害指数可以看出,溴酞·噻虫嗪、吡虫·氟虫腈及对照药剂与空白对照的受害指数无显著差异;吡虫啉的受害指数低于对照,但差异不显著;噻虫胺在 3 000 g (a. i.) /100 kg 种子处理菜心时受害指数高于对照,表明 4 种种子处理剂及对照药剂对菜心生长后期基本无保护作用(表 5)。

表 5 四种种子处理剂对菜心田间生长的影响

Table 5 Effects of four seed coating agents on field growth of Chinese flowering cabbage

药剂 Insecticide	有效成分用量 Active ingredient dosage g(a. i.) / 100 kg seed	出苗后 5 d 5 d after emergence		出苗后 25 d 25 d after emergence	
		0.2 m ² 苗数	株高 (cm)	鲜重 (g)	受害指数 (%)
		Seeds number of 0.2 m ²	Height	Fresh weight	Damage index
40% 溴酞·噻虫嗪	750	167 ± 34 abc	9.72 ± 0.26 a	27.01 ± 7.18 abc	38.89 ab
40% Cyantraniliprole · thiamethoxam	1 500	193 ± 20 ab	9.90 ± 1.25 a	30.62 ± 8.14 ab	38.11 abc
	3 000	194 ± 28 ab	10.24 ± 0.64 a	34.65 ± 3.57 a	35.71 abcd
600 g/L 吡虫啉	750	181 ± 6 abc	7.05 ± 0.78 d	11.56 ± 1.65 d	34.79 bcd
600 g/L Imidacloprid	1 500	187 ± 17 ab	6.92 ± 0.29 d	14.32 ± 2.12 cd	28.53 d
	3 000	177 ± 27 abc	7.08 ± 0.19 d	17.06 ± 1.40 bcd	27.82 d
18% 噻虫胺	750	110 ± 9 cd	—	—	—
18% Clothianidin	1 500	115 ± 23 cd	—	—	—
	3 000	132 ± 8 bcd	7.64 ± 0.51 bcd	17.23 ± 0.64 bcd	44.49 a
54% 吡虫·氟虫腈	750	210 ± 20 a	9.20 ± 0.93 abc	23.92 ± 3.31 abcd	36.70 abcd
54% Cyantraniliprole · fipronil	1 500	217 ± 10 a	9.23 ± 0.25 abc	28.98 ± 4.84 abc	38.17 abc
	3 000	220 ± 23 a	9.49 ± 0.16 ab	29.66 ± 6.85 abc	38.78 abc
30% 噻虫嗪	750	177 ± 29 abc	9.25 ± 0.26 abc	26.12 ± 1.82 abcd	32.34 bcd
30% Thiamethoxam (对照药剂)					
对照 CK	0	77 ± 23 d	7.45 ± 0.55 cd	21.22 ± 3.81 abcd	38.48 abcd

注: 鲜重为 20 株菜心的鲜重。18% 噻虫胺处理组, 由于黄曲条跳甲的严重为害, 菜心取食殆尽, 出苗后 25 天未能获得相关数据。Note: Fresh weight was the fresh weight of 20 cabbage. After 25 days of emergence, Treatment groups of 18% clothianidin, all Chinese flowering cabbage were feeded by *Phyllotreta striolata*, so the data was missing.

3 结论与讨论

研究表明, 4 种种子处理剂 (40% 溴酰·噻虫嗪种子处理悬浮剂、600 g/L 吡虫啉悬浮种衣剂、18% 噻虫胺种子处理悬浮剂和 54% 吡虫·氟虫腈悬浮种衣剂) 有效成分用量依次低于 5 120、9 600、2 880、7 040 g (a. i.) /100 kg 种子时, 对菜心种子发芽、生长安全无影响。4 种种子处理剂对田间菜心出苗初期保护作用较好, 而菜心生长后期保护性差, 需结合其它方式保护。

由于跳甲成虫为害地上部分, 幼虫为害地下部分, 目前生产上防治黄曲条跳甲仍以化学药剂防治成虫为主, 而忽略土壤中的幼虫和蛹的防治, 因此不能从源头控制虫源, 防治效果较差 (张静等, 2019; 杨建云等, 2020)。有研究表明, 种子处理后可以带药下地, 使药物直接作用于黄曲条跳甲的幼虫时期, 有效控制黄曲条跳甲对苗期作物的为害 (尹飞等, 2017), 同时可缓释药剂, 有效延长药剂的持效期, 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 (熊腾飞, 2019)。有报道吡虫啉处理可防治黄曲条跳甲苗期危害 (张登峰等, 2003)。利用吡虫啉悬浮种衣剂防治黄曲条跳甲既省工省时, 又能减少跳甲幼虫的种群数量, 从而减少成虫的数量, 可减少成虫防治中化学药剂的使用。

协同增效药剂具有延长农药使用寿命、克服原有单剂使用缺陷、缓解靶标的抗药性、扩大防治谱、节本增效和提高环境安全性等优势。而且新药剂研发往往投入高、风险大、周期长, 一种新农药从研发制作到推广应用通常需要十年以上。在当前我国农药创制能力较弱、创新研发水平较低的现实情况下, 利用好现有的农药品种, 通过混配技术发挥现有农药间的协同增效作用正是能快速解决问题的选择 (侍甜等, 2017), 可减少新药研发成本, 进一步加大种衣剂的协同增效研发。

参考文献 (References)

- Beran F, Pauchet Y, Kunert G, et al. *Phyllotreta striolata* flea beetles use host plant defense compounds to create their own glucosinolate – myrosinase system [J]. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2014, 111 (20): 7349–7354.
- Cao M, Zhu MD. Effect of 666 powder seed dressing on the prevention of beetle jumping in Chinese flowering Cabbage seedlings [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 1962, 11: 454–455. [曹慢, 朱茂德. 666 粉拌种防治白菜苗期跳甲的效果 [J]. *新疆农业科学*, 1962, 11: 454–455]
- Chen JL. Living habits and control methods of cabbage white butterfly and bent strip jumper [J]. *Shanxi Agricultural Sciences*, 1962, 6: 30–31. [陈金良. 菜粉蝶和曲条跳甲的生活习性及其防治方法 [J]. *山西农业科学*, 1962, 6: 30–31]
- Chen X, Zhang ZW, Zhao L, et al. Toxicity and field control efficacy of five insecticides against *Phyllotreta striolata* [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (2): 272–275. [陈秀, 张正炜, 赵莉, 等. 5 种杀虫剂对青菜黄曲条跳甲的毒力测定及田间药效 [J]. *植物保护*, 2020, 46 (2): 272–275]
- Gong L, Zheng XY, Zheng M, et al. Physical control of *Phyllotreta striolata* Fabricius [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2013, 14: 134–136. [龚玲, 郑晓宇, 郑敏, 等. 黄曲条跳甲的物理防治 [J]. *现代农业科技*, 2013, 14: 134–136]
- Hou YM, Liu SY, Zhou JH, et al. Study on the population dynamics of *Myzus persicae* on different host plants [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 1999, 17 (4): 45–49. [侯有明, 刘绍友, 周靖华, 等. 不同寄主植物上桃蚜种群动态的研究 [J]. *干旱地区农业研究*, 1999, 17 (4): 45–49]
- Hou YM, You MS, Pang XF, et al. Application technology of entomopathogenic nematodes to control the striped flea beetle in vegetable fields [J]. *Journal of Fujian Agriculture University (Natural Science Edition)*, 2001, 30 (1): 67–71. [侯有明, 尤民生, 庞雄飞, 等. 以斯氏线虫控制黄曲条跳甲幼虫的田间应用技术 [J]. *福建农林大学学报 (自然科学版)*, 2001, 30 (1): 67–71]
- 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]
- He L, Lin QS, Xu HH, et al. Evaluation on the safety of seed coating on seedlings of *Brassica campestris* and its control efficacy on *Phyllotreta striolata* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (5): 1133–1140. [何玲, 林庆胜, 徐汉虹, 等. 菜心种子丸粒化包衣对幼苗的安全性及对黄曲条跳甲的防治效果评价 [J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41 (5): 1133–1140]
- Meng QY, Jian FM, Wu LP, et al. Indoor determination of food intake of cabbage caterpillars [J]. *Journal of Guizhou Agricultural College*, 1985, 2: 43–50. [蒙黔英, 简富明, 吴浪平, 等. 菜青虫取食量的室内测定 [J]. *贵州农学院学报*, 1985, 2: 43–50]
- Nie HX. Causes and countermeasures of the harm of yellow curve strip jumper [J]. *Hunan Agricultural Science*, 2007, 5: 122–124. [聂河兴. 黄曲条跳甲危害严重原因与防治对策 [J]. *湖南农业科学*, 2007, 5: 122–124]
- Qu TX, Chen QH. Determination of resistance to DDT by *Phyllotreta vittata* Fabr [J]. *Insect Knowledge*, 1963, 2: 51–55. [屈天祥, 陈其瑚. 黄条跳甲 (*Phyllotreta vittata* Fabr.) 对 DDT 的抗性

- 测定 [J]. 昆虫知识, 1963, 2: 51–55]
- Shi T, He LW, Huang XQ, *et al.* Application progress of synergistic combinations in termite control [J]. *Chinese Sanitary Insecticide*, 2017, 23 (4): 385–388. [侍甜, 何利文, 黄晓光, 等. 药剂协同增效组方在白蚁防治中的研究与应用进展 [J]. 中华卫生杀虫药械, 2017, 23 (4): 385–388]
- Tang HJ, Chen W, Wang LL, *et al.* Inspection of grain and oils – germination test of seeds: GB/T 5520–2011 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2011. [唐怀建, 陈威, 王伶俐, 等. 中华人民共和国国家标准. 粮油检验发芽试验: GB/T 5520–2011 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2011]
- Wang GH, Han RC. Biological control of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* Fabricius [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2008, 24 (1): 91–93. [王果红, 韩日晴. 黄曲条跳甲的生物防治 [J]. 中国生物防治学报, 2008, 24 (1): 91–93]
- 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]
- Yang JY, Ji CY, Ling B, *et al.* Isolation and identification of bacteria from *Phyllotreta striolata* (Fabricius) and determination of its insecticidal bioactivity [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2014, 30 (3): 434–440. [杨建云, 纪春艳, 凌冰, 等. 黄曲条跳甲幼虫致病菌的鉴定及其对黄曲条跳甲的杀虫活性研究 [J]. 中国生物防治学报, 2014, 30 (3): 434–440]
- Yin F, Chen HY, Li ZY, *et al.* Preliminary study on the effect of seven seed coating agent on Chinese flowering cabbage and *Phyllotreta striolata* [J]. *Plant Protection*, 2017, 43 (4): 224–227. [尹飞, 陈焕瑜, 李振宇, 等. 7 种包衣剂对菜薹及黄曲条跳甲的影响初报 [J]. 植物保护, 2017, 43 (4): 224–227]
- Zhang J, Chen LB, Yan C, *et al.* The effect of 2% clothianidin and cyfluthrin granule against *Phyllotreta striolata* [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2019, 40 (8): 1606–1610. [张静, 陈利标, 闫超, 等. 2% 噻虫胺·氟氯氰菊酯颗粒剂对黄曲甲的防治效果 [J]. 热带作物学报, 2019, 40 (8): 1606–1610]
- Zhang DF, Zhao XY, Ma QH. Controlling effect on qianchongke *et al.* Insecticide control striped flea beetle during rape seedling stage [J]. *Qinghai Agriculture and Forestry Technology*, 2003, 4: 4–5. [张登峰, 赵新宇, 马全花. 千虫克等几种杀虫剂对油菜苗期跳甲的防治效果 [J]. 青海农林科技, 2003, 4: 4–5]
- Zheng YM, Liu X, Jiang LL, *et al.* Toxicity of clothianidin and other insecticides to *Phyllotreta striolata* [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2015, 17 (2): 230–234. [郑岩明, 刘霞, 姜莉莉, 等. 噻虫胺等七种杀虫剂对黄曲条跳甲的毒力 [J]. 农药学报, 2015, 17 (2): 230–234]
- Zhou MG, Zhu CY, Ji LL, *et al.* Agriculture industry standard of the People's Republic of China. Guidelines for crop safety evaluation of pesticides part 1: Laboratory test for cropsafety evaluation of fungicides and insecticides: NY/T1965.1–2010 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2011. [周明国, 朱春雨, 嵇莉莉, 等. 中华人民共和国农业行业标准. 农药对作物安全性评价准则第 1 部分: 杀菌剂和杀虫剂对作物安全性室内试验准则: NY/T1965.1–2010 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2011]