



胡珍娣, 李振宇, 尹飞, 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.

7 种杀虫剂包衣对菜心种子安全性及保护作用评价

胡珍娣^{*}, 刘明津^{*}, 李振宇, 尹飞, 陈焕瑜, 包华理, 冯夏^{**}

(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)

摘要: 用啉虫脒等 7 种杀虫剂及其混剂对菜心种子包衣处理后, 对种子安全性及保护作用进行评价, 筛选适合菜心种子包衣防治黄曲条跳甲的杀虫剂。结果表明, 各处理对菜心幼苗株高和株鲜重无显著影响, 但对种子发芽势、发芽率、出苗率和受害指数方面的影响存在差异。苏云金杆菌 (Bt) 和乙基多杀菌素能提高种子发芽势、发芽率和出苗率, 能显著降低菜心受害指数; 啉虫脒、氟虫腈、虫螨腈和啮虫酰胺 4 种药剂相比, 啉虫脒能显著降低菜心受害指数, 氟虫腈次之, 4.0 g/200 g 处理剂量能显著降低菜心受害指数; 虫螨腈和啮虫酰胺降低受害指数作用不显著; 但啉虫脒 3.0 g/200 g 和 4.0 g/200 g 处理剂量对种子发芽势、发芽率和出苗率均有显著降低作用。氯氟菊酯与不同剂量啉虫脒、虫螨腈和氟虫腈混配后进行种子包衣处理, 对种子安全性均较单剂差, 前期均能显著降低种子发芽势。含有不同剂量啉虫脒的混剂与啉虫脒单剂具相似规律。总体而言, 单剂 Bt 综合效果最优, 啉虫脒、乙基多杀菌素、氟虫腈次之, 虫螨腈和啮虫酰胺较差; 混剂安全性较单剂差, 但保护作用相对优于单剂。

关键词: 黄曲条跳甲; 菜心; 杀虫剂; 种子包衣; 安全性评估

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 06-1374-08

Protective effects and safety assessment of flowering cabbage seed-coating treatment of seven insecticides

HU Zhen-Di^{*}, LIU Ming-Jin^{*}, LI Zhen-Yu, YIN Fei, CHEN Huan-Yu, BAO Hua-Li, FENG Xia^{**}

(Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: To screen the feasibility of flowering cabbage seed dressing with common used insecticides against striped flea beetle (*Phyllotreta striolata*), seven insecticides were applied to evaluate protective effect and safety assessment in present study. The results showed that under different treatments, all insecticides had different influence on seeds germination potential, germination rate and emergence rate except plant height and weight. Bt and spinetoram could promoted seeds germination potential, germination rate and emergence rate, and could reduce leaf injury index significantly effectively. Among acetamiprid, fipronil, chlorfenapyr and tolfeprad, acetamiprid could reduce leaf injury index significantly, but 3.0 g/200 g and 4.0 g/200 g treatment dose could significantly reduce seeds germination potential, germination rate and emergence rate; followed by fipronil, safety assessment was good and 4.0 g/200 g dose could significantly reduce the leaf injury index; safety assessment of chlorfenapyr and tolfeprad was

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (31501664); 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201203038); 广东省农业科学院院长基金 (201514); 广东省科技计划项目 (2013B050800019, 2014B070706017, 2016A020212012); 植物病虫害生物学国家重点实验室开放基金项目 (SKLOF201510)

^{*} 作者简介: 胡珍娣, 女, 1979 年生, 江苏省张家港市人, 硕士研究生, 副研究员, 研究方向为蔬菜害虫防控技术, E-mail: littleblackfox@126.com
共同第一作者: 刘明津, 女, 1966 年生, 辽宁丹东人, 本科, 高级农艺师, E-mail: jin6611@163.com

^{**} 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: fengx@gdppri.com

收稿日期 Received: 2016-08-12; 接受日期 Accepted: 2016-09-28

also good, but there was no distinguishable difference in reducing leaf injury index. As flowering cabbage seed treated with mixed insecticides (cypermethrin + acetamiprid, fipronil and chlorfenapyr respectively), low seeds germination potential was investigated, and safety assessment was not as good as above single insecticides. The mixture of cypermethrin and acetamiprid showed a similar situation with single acetamiprid agent. Overall, Bt is the best, followed by acetamiprid, spinetoram and fipronil, but chlorfenapyr and tolfenpyrad were relatively worse. The safety of mixed insecticides was worse than that of the single insecticide, but the protective effect is relatively better.

Key words: *Phyllotreta striolata*; *Brassica campestris*; insecticide; seed-coating treatment; safety assessment

黄曲条跳甲 *Phyllotreta striolata* (Fabricius) 在我国十字花科蔬菜上为害严重, 特别是华南、华东和华中地区十分猖獗。黄曲条跳甲以成虫取食叶片造成小孔洞和缺刻, 严重时整株啃光, 幼苗期成虫为害最严重, 常造成缺苗断垄 (包华理等, 2010; 宋艳霞等, 2011)。幼虫生活在土壤中, 啃食菜根、蛀食根皮或咬断根须, 使地面植株叶片变黄, 萎蔫而死, 甚至传播根部软腐病 (李云端, 2002)。研究表明, 黄曲条跳甲特有的生物学特性、蔬菜种植结构调整以及防治手段单一等是其泛滥成灾主要原因 (张茂新, 1999, 2000; 聂河兴, 2007)。多年来, 国内外科研工作者针对黄曲条跳甲为害, 在杀虫剂使用、植物保护剂和植物提取物开发、抗虫品种筛选、物理防治及寄生性天敌等方面进行了大量研究 (林泽燕, 2006)。但截至目前, 尚未能建立起可持续控制的防治体系, 化学防治仍然是生产中主要防治手段。

据调查, 大部分菜农对黄曲条跳甲防治虫态、防治时期、防治药剂及防治手段存在的误区是导致化学防治效果大幅降低的主要原因。随着对黄曲条跳甲研究的深入, 越来越多科研工作者发现要有效控制黄曲条跳甲为害, 单一叶片喷药防治成虫效果较差, 关键在于建立成虫和幼虫共同防治体系 (侯有明, 1991; 胡珍娣等, 2012)。李惠明 (2001) 指出黄曲条跳甲防治关键点是幼虫, 且最好在田间成虫高峰 13–16 d 后的幼虫危害初期进行防治, 能大幅降低后期成虫防治压力。传统采用晒田、翻晒或泡田等措施, 配合药剂灌根、浇淋等土壤处理一定程度能够降低土壤内幼虫基数 (张茂新等, 2000)。但实施这些农业措施生产成本较高, 处理程序繁琐, 较少被菜农采用。为寻求新型、高效、简便的防治方法, 本研究以国内蔬菜种子包衣研究为对象, 立足解决生产中黄曲条跳甲防治难点, 借助包衣设备, 将田间常用杀虫剂通过种子包衣技术均匀有效地包敷到种子表面, 制成丸化菜心 *Brassica campestris* 种子, 并通

过系列试验评价其对菜心种子的安全性和保护作用, 旨在为可持续防治黄曲条跳甲提供科学依据及参考。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

86% 乙基多杀原药, 由陶氏益农 (上海) 有限公司提供; 96% 啉虫脒原药, 购自广西南宁广猷农业化工有限公司; 95% 氟虫腈原药和 95% 虫螨腈原药, 购自湖北康宝泰精细化工有限公司; 95% 啉虫脒原药, 购自济南康道生物科技有限公司; 99% 氯氟菊酯原药, 购自湖北远程赛创科技有限公司; Bt 制剂, 由武汉科诺生物科技股份有限公司提供。

本研究采用种子丸化法进行种子包衣处理, 委托重庆荣凯机械制造有限公司制成所需样品 2 批。第一批处理杀虫剂为啉虫脒、Bt 和乙基多杀菌素, 每种药剂有效成分用量分别设为 0.6、1.0、2.0、3.0 和 4.0 g/200 g 包衣处理; 第二批处理杀虫剂为氟虫腈、虫螨腈、啉虫脒单剂和氯氟菊酯 + 虫螨腈, 氯氟菊酯 + 氟虫腈, 氯氟菊酯 + 啉虫脒复配剂, 其中单剂有效成分用量分别设 1.0、2.0 和 4.0 g/200 g 包衣处理, 复配制剂有效成分用量分别设 (0.5 + 0.5)、(0.5 + 1.0) 和 (0.5 + 2.0) g/200 g 包衣处理, 并设清水对照。

1.2 供试作物品种

供试菜心品种为油青四九 (甜菜心), 购自广州长合种子有限公司。

1.3 发芽率试验

试验方法参考《杀菌剂和杀虫剂对作物安全性室内试验准则 (NY/T1965.1–2010)》及《粮食、油料检验种子发芽试验 (GB/T5520–85)》进行, 并加以调整 (高修吾等, 1987; 周明国等, 2011)。具体操作如下: 在 9 cm 直径玻璃培养皿内铺垫滤纸两层, 吸取适量清水至滤纸, 吸水至饱

和后用镊子取丸化菜心种子, 均匀有序摆放 100 粒/皿, 置于 25℃ 恒温光照培养箱中, 2 d 后调查菜心发芽势, 5 d 后调查菜心发芽率, 重复 3 次。

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

1.4 出苗率试验

2015 年 10 月 10–30 日, 分别进行了两批丸化菜心的出苗率试验。试验采用营养钵育苗, 将各处理及对照处理丸化种子进行准确播种 200 粒, 每个育苗钵播种 4 粒, 重复 3 次。10 d 后等菜心出齐后调查出苗率。

1.5 对菜心生长的影响

试验设在广东省农业科学院植物保护研究所大丰试验基地进行。试验田土壤肥力均匀一致, 黄曲条跳甲自然发生, 世代交替, 田间管理与当地农业措施一致。本研究中将试验田划分出多个面积约 2 m² 的试验小区, 各处理及对照于 2016 年 1 月 10 日播种, 每处理及对照各称取 15 g 丸化菜心种子, 常规操作播种, 重复 3 次。整个生长期不进行病虫害防治。于 2016 年 2 月 15 日菜心收获时, 对各处理取样, 每处理随机选 15 株菜心, 分别测量地上部分株高、株重 (鲜重), 评价不同杀虫剂种子包衣对菜心的影响。

1.6 对菜心保护作用评价

试验地采用开放种植模式, 管理概况、播种情况及处理同 1.5。于 2016 年 2 月 15 日菜心收获前, 调查各处理及对照田块黄曲条跳甲的取食孔。根据取食孔, 计算叶片受害指数, 主要参照王晓军等 (2000) 的方法进行取食孔分级并略有调整, 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。每区调查 3 个点, 每点调查 10 株。

受害指数 (%) = Σ (各级受害叶片数 × 相对级别值) / (调查总叶片数 × 9) × 100

2 结果与分析

2.1 不同杀虫剂种子包衣对菜心发芽势、发芽率及出苗率的影响

比较不同杀虫剂种子包衣后菜心种子发芽势、发芽率及出苗率情况, 结果表明, 第一批丸化菜心种子播种 2 d 后, 啉虫脒 3.0 g/200 g、4.0 g/200 g 包衣能显著降低菜心种子发芽势, 其他处理菜心种子发芽势与对照差异均不显著 (表 1)。但

Bt 各处理均表现出优于啉虫脒和乙基多杀菌素的发芽势。第二批丸化菜心种子播种 2 d 后, 虫螨腈 4.0 g/200 g, 及 3 种该杀虫剂的混配制剂, 与对照相比能显著影响菜心种子发芽势。氯氰菊酯 + 虫螨腈 (0.5 + 0.5) g/200 g、(0.5 + 1.0) g/200 g 和 (0.5 + 2.0) g/200 g 包衣发芽势为 54%、30% 和 29.67%, 氯氰菊酯 + 氟虫腈 (0.5 + 0.5) g/200 g、(0.5 + 1.0) g/200 g 和 (0.5 + 2.0) g/200 g 包衣发芽势为 61.33%、36% 和 26.33%, 均远低于对照 88.33%, 其中氯氰菊酯 + 啉虫脒是 3 个混剂中对发芽势影响最大的, (0.5 + 0.5) g/200 g、(0.5 + 1.0) g/200 g 和 (0.5 + 2.0) g/200 g 包衣处理的发芽势仅为 22%、12.33% 和 3%。其他单剂菜心种子发芽势与对照差异均不显著。

发芽率结果表明, 第一批丸化菜心种子播种 5 d 后, 除啉虫脒 3.0 g/200 g、4.0 g/200 g 种子包衣显著降低菜心种子发芽率外, 其他处理菜心种子发芽率与对照差异均不显著。第二批丸化菜心种子播种 5 d 后, 除氯氰菊酯 + 啉虫脒 (0.5 + 1.0) g/200 g、(0.5 + 2.0) g/200 g 菜心种子发芽率与对照相比显著下降, 其余各剂对发芽率影响不显著。

室外出苗率结果表明, 第一批丸化种子播种 10 d 后, Bt 0.6 g/200 g 与对照相比能显著提高出苗率, 啉虫脒 3.0 g/200 g、4.0 g/200 g 种子包衣与对照相比显著降低了出苗率。其他供试药剂各剂量对菜心出苗率均无影响。第二批丸化种子播种 10 d 后, 除氯氰菊酯 + 啉虫脒 (0.5 + 2.0) g/200 g 对菜心种子出苗率有一定影响外, 其他处理对出苗率均无影响。田间出苗率表现出与室内试验相同的规律, 即随着处理剂量增大, 出苗率出现一定程度降低, 但差异不显著。总体而言, 几乎所有处理出苗率均低于室内发芽率, 这可能与土壤持水量、外界温湿度、播种深度、浇水量等均有关。

2.2 不同杀虫剂种子包衣对菜心生长的影响

第一批和第二批丸化菜心种子株高和株重与对照相比均不存在显著差异 (表 2)。同一种杀虫剂, 随着包衣剂量增加, 株高与株重略有所下降, 其中吡虫啉 4.0 g/200 g 表现较为明显, 但未达到显著水平。Bt 和乙基多杀菌素 0.6 g/200 g、1.0 g/200 g 包衣后, 株高株重和对照相比均有一定程度提高, 但未达到显著水平。啉虫脒、啉虫脒及所有混剂包衣后, 株高株重与对照相比均有一定的下降, 但未达到显著水平。总体而言, 种子包衣对菜心后期的生长无显著影响。

表 1 不同杀虫剂处理对菜心种子发芽势、发芽率和出苗率的影响
Table 1 The effect of different treatment on flowering cabbage germination potential , germination rate and emergence rate

		室内试验			室外试验
供试药剂		g/200 g 种子	Laboratory experiment		Field experiment
Insecticides		g/200 g seeds	发芽势 (%)	发芽率 (%)	出苗率 (%)
			Germination potential	Germination rate	Emergence rate
第 一 批 The first batch	啶虫脒 Acetamiprid	0. 6	90. 33 ± 1. 04 ab	95. 00 ± 2. 65 a	87. 50 ± 3. 50 ab
		1. 0	86. 33 ± 2. 08 abc	91. 33 ± 1. 53 a	88. 50 ± 2. 29 ab
		2. 0	84. 67 ± 4. 51 abc	93. 33 ± 2. 08 a	85. 17 ± 2. 84 bc
		3. 0	65. 67 ± 6. 03 d	82. 33 ± 4. 51 b	79. 17 ± 2. 84 cd
		4. 0	46. 33 ± 4. 04 e	62. 33 ± 1. 15 c	72. 83 ± 2. 84 d
	苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>	0. 6	91. 67 ± 2. 31 ab	95. 33 ± 0. 58 a	92. 50 ± 1. 32 a
		1. 0	93. 00 ± 2. 65 ab	94. 00 ± 2. 00 a	90. 50 ± 1. 32 ab
		2. 0	94. 67 ± 1. 53 a	95. 33 ± 0. 58 a	91. 33 ± 1. 04 ab
		3. 0	94. 00 ± 2. 00 ab	96. 33 ± 1. 53 a	87. 83 ± 2. 25 ab
		4. 0	93. 00 ± 1. 73 ab	97. 33 ± 1. 15 a	88. 00 ± 1. 80 ab
	乙基多杀菌素 Spinetoram	0. 6	85. 00 ± 3. 61 abc	94. 67 ± 2. 52 a	90. 83 ± 1. 26 ab
		1. 0	82. 67 ± 3. 06 bc	93. 67 ± 1. 53 a	90. 33 ± 2. 25 ab
		2. 0	85. 33 ± 1. 53 abc	95. 67 ± 0. 58 a	88. 00 ± 2. 00 ab
		3. 0	83. 00 ± 3. 61 bc	95. 33 ± 1. 53 a	86. 67 ± 3. 06 ab
		4. 0	78. 33 ± 8. 02 c	92. 00 ± 4. 36 a	85. 00 ± 1. 00 bc
	对照 CK	—	89. 00 ± 3. 61 abc	93. 00 ± 2. 00 a	87. 33 ± 1. 15 ab
第 二 批 The second batch	氟虫脒 Fipronil	1. 0	90. 33 ± 3. 06 a	94. 67 ± 1. 53 a	85. 67 ± 1. 53 a
		2. 0	89. 00 ± 3. 61 a	93. 00 ± 2. 00 ab	84. 67 ± 1. 26 a
		4. 0	87. 33 ± 1. 53 a	91. 00 ± 1. 00 ab	83. 83 ± 2. 84 ab
	虫螨脒 Chlorfenapyr	1. 0	93. 00 ± 1. 00 a	95. 33 ± 0. 50 a	85. 00 ± 3. 61 a
		2. 0	86. 00 ± 2. 65 a	90. 00 ± 2. 00 abc	86. 33 ± 3. 79 a
		4. 0	71. 33 ± 3. 21 b	91. 00 ± 1. 00 ab	82. 67 ± 3. 06 ab
	唑虫酰胺 Tolfenpyrad	1. 0	89. 00 ± 3. 61 a	93. 00 ± 4. 36 ab	82. 33 ± 0. 58 ab
		2. 0	88. 00 ± 2. 65 a	91. 00 ± 2. 65 ab	86. 33 ± 1. 53 a
		4. 0	83. 67 ± 5. 03 a	87. 67 ± 3. 79 abc	83. 33 ± 2. 84 ab
	氯氰菊酯 + 虫螨脒 Cypermethrin + chlorfenapyr	0. 5 + 0. 5	54. 00 ± 1. 73 c	96. 67 ± 1. 53 ab	84. 50 ± 5. 07 a
		0. 5 + 1. 0	30. 00 ± 3. 00 de	92. 67 ± 3. 06 ab	80. 50 ± 1. 80 ab
		0. 5 + 2. 0	29. 67 ± 1. 53 de	90. 67 ± 3. 06 ab	82. 17 ± 1. 89 ab
	氯氰菊酯 + 氟虫脒 Cypermethrin + fipronil	0. 5 + 0. 5	61. 33 ± 5. 03 c	95. 00 ± 4. 36 a	84. 50 ± 1. 32 a
		0. 5 + 1. 0	36. 00 ± 4. 36 d	90. 67 ± 3. 06 ab	83. 33 ± 1. 53 ab
		0. 5 + 2. 0	26. 33 ± 3. 51 e	86. 33 ± 2. 52 bcd	83. 00 ± 2. 00 ab
	氯氰菊酯 + 啶虫脒 Cypermethrin + acetamiprid	0. 5 + 0. 5	22. 00 ± 3. 00 e	89. 00 ± 1. 00 abc	82. 67 ± 1. 61 ab
0. 5 + 1. 0		12. 33 ± 2. 52 f	82. 67 ± 3. 61 cd	80. 33 ± 1. 53 ab	
0. 5 + 2. 0		3. 00 ± 1. 00 f	79. 67 ± 1. 53 d	75. 50 ± 4. 09 b	
对照 CK	—	88. 33 ± 2. 08 a	94. 67 ± 1. 53 ab	82. 67 ± 0. 58 a	

注: 表中数据为 mean ± SE , 同列数据后字母相同代表处理间差异不显著 (Tukey , α = 0. 05) 。下表同。Note: Means followed by the same letter were not significantly different at 0. 05 level (Tukey , α = 0. 05) . The same below.

表 2 不同杀虫剂处理对菜心生长的影响

Table 2 The effect of different treatment on height and heavy of flowering cabbage

供试药剂 Insecticides		g/200 g 种子 g/200 g seeds	株高 (cm) Plant height	株重 (g) Plant weight
第 一 批 The first batch	啉虫脒 Acetamiprid	0.6	13.50 ± 0.85 ab	2.28 ± 0.32 ab
		1.0	13.43 ± 1.16 ab	2.41 ± 0.53 ab
		2.0	13.38 ± 0.99 ab	2.82 ± 0.24 ab
		3.0	12.93 ± 0.83 ab	1.89 ± 0.28 ab
		4.0	12.30 ± 0.62 b	1.70 ± 0.17 b
	苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>	0.6	15.97 ± 0.70 a	3.31 ± 0.26 a
		1.0	14.33 ± 0.38 ab	2.79 ± 0.45 ab
		2.0	14.00 ± 0.85 ab	2.41 ± 1.06 ab
		3.0	13.80 ± 0.92 ab	2.30 ± 0.26 ab
		4.0	12.34 ± 1.99 b	1.97 ± 0.57 ab
	乙基多杀菌素 Spinetoram	0.6	15.50 ± 0.69 a	3.20 ± 0.66 a
		1.0	15.37 ± 0.50 ab	3.24 ± 0.59 a
		2.0	13.53 ± 1.16 ab	2.73 ± 0.29 ab
		3.0	13.53 ± 1.39 ab	2.13 ± 0.42 ab
		4.0	14.07 ± 1.10 ab	2.33 ± 0.15 ab
	对照 CK	—	14.01 ± 1.48 ab	2.75 ± 0.50 ab
第 二 批 The second batch	氟虫腈 Fipronil	1.0	12.58 ± 0.77 a	2.85 ± 0.31 a
		2.0	12.10 ± 1.49 a	2.03 ± 0.24 a
		4.0	12.33 ± 1.54 a	2.17 ± 0.31 a
	虫螨腈 Chlorfenapyr	1.0	12.41 ± 1.37 a	2.26 ± 0.57 a
		2.0	12.44 ± 1.72 a	2.41 ± 0.51 a
		4.0	12.28 ± 0.85 a	2.34 ± 0.23 a
	唑虫酰胺 Tolfenpyrad	1.0	11.42 ± 0.72 a	2.30 ± 0.20 a
		2.0	11.50 ± 0.70 a	1.93 ± 0.62 a
		4.0	11.10 ± 0.44 a	1.97 ± 0.15 a
	氯氰菊酯 + 虫螨腈 Cypermethrin + chlorfenapyr	0.5 + 0.5	11.56 ± 1.18 a	2.13 ± 0.54 a
		0.5 + 1.0	11.23 ± 0.64 a	2.05 ± 0.22 a
		0.5 + 2.0	11.33 ± 0.55 a	2.09 ± 0.12 a
	氯氰菊酯 + 氟虫腈 Cypermethrin + fipronil	0.5 + 0.5	11.66 ± 0.71 a	2.03 ± 0.07 a
		0.5 + 1.0	11.38 ± 0.52 a	1.98 ± 0.29 a
		0.5 + 2.0	11.41 ± 0.87 a	1.95 ± 0.13 a
	氯氰菊酯 + 啉虫脒 Cypermethrin + acetamiprid	0.5 + 0.5	11.83 ± 0.25 a	2.03 ± 0.07 a
		0.5 + 1.0	11.63 ± 0.58 a	1.98 ± 0.29 a
		0.5 + 2.0	11.60 ± 0.89 a	1.95 ± 0.13 a
	对照 CK	—	12.16 ± 0.26 a	2.33 ± 0.27 a

2.3 不同杀虫剂种子包衣对菜心保护作用评价

不同杀虫剂包衣后对菜心的保护作用，主要通过调查菜心整个生长期内黄曲条跳甲取食孔并计算出的受害指数来评价。由表 3 可以看出，第一批用啶虫脒和 Bt 1.0 g/200 g、2.0 g/200 g、3.0 g/200 g 和 4.0 g/200 g，乙基多杀菌素 3.0 g/200 g 和 4.0 g/200 g 包衣后，菜心在整个生长期内受害指数与对照相比显著降低。第二批用氟虫腈 4.0 g/200 g、混剂（氯氰菊酯 + 虫螨腈）和（氯

氰菊酯 + 氟虫腈）（0.5 + 2.0）g/200 g、（氯氰菊酯 + 啶虫脒）（0.5 + 1.0）g/200 g 和（0.5 + 2.0）g/200 g 包衣后，菜心在整个生长期内，受害指数与对照相比显著降低。总体而言，啉虫酰胺和虫螨腈种子包衣后对菜心的保护作用不明显，啶虫脒和 Bt 包衣后对菜心保护作用相对较好。同一种杀虫剂包衣后，对菜心的保护作用与处理剂量正相关。

表 3 不同杀虫剂处理对菜心的保护作用
Table 3 The defend effect of different treatment on flowering cabbage

	供试药剂 Insecticides	g/200 g 种子 g/200 g seeds	受害叶片数 (相对级别值) Number of injured leaves (relative level value)			叶片受害指数
						Leaf injury
			1	2	3	index
第 一 批 The first batch	啶虫脒 Acetamiprid	0.6	56 (5)	47 (3)	42 (3)	7.70 a
		1.0	15 (1)	15 (1)	10 (1)	0.56 de
		2.0	10 (1)	8 (1)	10 (1)	0.39 de
		3.0	10 (1)	10 (1)	8 (1)	0.39 de
		4.0	3 (1)	5 (1)	3 (1)	0.15 e
	苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>	0.6	30 (3)	26 (3)	30 (3)	3.59 bcde
		1.0	24 (1)	25 (1)	25 (1)	1.03 de
		2.0	17 (1)	25 (1)	15 (1)	0.79 de
		3.0	10 (1)	15 (1)	15 (1)	0.56 de
		4.0	10 (1)	6 (1)	10 (1)	0.36 de
	乙基多杀菌素 Spinetoram	0.6	40 (3)	50 (3)	42 (3)	5.51 abc
		1.0	30 (3)	44 (3)	30 (3)	4.34 abcd
		2.0	30 (3)	38 (3)	30 (3)	4.09 abcde
		3.0	25 (1)	30 (3)	25 (1)	1.95 cde
		4.0	15 (1)	13 (1)	20 (1)	0.67 de
	对照 CK	—	42 (3)	53 (5)	38 (3)	7.03 ab
第 二 批 The second batch	氟虫腈 Fipronil	1.0	33 (3)	30 (3)	30 (3)	3.88 bcd
		2.0	30 (3)	21 (1)	38 (3)	3.13 bcd
		4.0	20 (1)	16 (1)	15 (1)	0.71 d
	虫螨腈 Chlorfenapyr	1.0	46 (3)	50 (3)	50 (3)	6.09 abc
		2.0	34 (3)	30 (3)	30 (3)	3.92 bcd
		4.0	30 (3)	20 (1)	33 (3)	2.91 bcd
	唑虫酰胺 Tolfenpyrad	1.0	54 (5)	60 (5)	50 (3)	10.02 a
		2.0	42 (3)	40 (3)	40 (3)	5.09 bcd
		4.0	44 (3)	45 (3)	35 (3)	5.16 abcd
	氯氰菊酯 + 虫螨腈 Cypermethrin + chlorfenapyr	0.5 + 0.5	40 (3)	35 (3)	25 (1)	3.48 bcd
		0.5 + 1.0	35 (3)	25 (1)	37 (3)	3.35 bcd
		0.5 + 2.0	15 (1)	20 (1)	16 (1)	0.71 d

续上表

	供试药剂 Insecticides	g/200 g 种子 g/200 g seeds	受害叶片数 (相对级别值) Number of injured leaves (relative level value)			叶片受害指数 Leaf injury index
			1	2	3	
第 二 批 The second batch	氯氰菊酯 + 氟虫腈	0.5 + 0.5	35 (3)	40 (3)	36 (3)	4.63 bcd
	Cypermethrin + fipronil	0.5 + 1.0	30 (3)	25 (1)	36 (3)	3.10 bcd
		0.5 + 2.0	10 (1)	14 (1)	10 (1)	0.47 d
	氯氰菊酯 + 啶虫脒	0.5 + 0.5	30 (3)	37 (3)	30 (3)	4.05 bcd
	Cypermethrin	0.5 + 1.0	20 (1)	27 (3)	20 (1)	1.69 cd
	+ acetamiprid	0.5 + 2.0	15 (1)	15 (1)	10 (1)	0.56 d
	对照 CK	—	40 (3)	56 (5)	43 (3)	7.37 ab

注: 同列数据后字母相同代表处理间差异不显著 (Tukey, $\alpha = 0.05$)。Note: Data followed by the same letter were not significantly different at 0.05 level (Tukey, $\alpha = 0.05$).

3 结论与讨论

种衣剂是由传统的浸种、拌种发展而来的,借助现代设备将农药、化肥、植物生长调节剂、成膜剂和其他助剂加工而成,包被于种子表面,形成标准化、商品化的特殊药物剂型(赵磊磊等, 2009)。其作用机理是当包衣处理过的种子播入土壤后,种衣剂遇水吸胀,在种子及其所发育幼苗周围形成保护层,并被幼苗植株内吸到植株体内,有效防止种子和苗期病虫害的危害(慕康国等, 1998)。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)。已有不少关于氟虫腈、多杀菌素、噻虫胺、吡虫啉等杀虫剂种子包衣后防治农业害虫的报道 (Ester *et al.*, 1997; Nault *et al.*, 2006)。本研究对黄曲条跳甲田间常用杀虫剂: 啶虫脒、氟虫腈、虫螨腈、啮虫酰胺、Bt、乙基多杀菌素和氯氰菊酯进行种子包衣处理,并评价对种子的安全性及保护作用。所选药剂中除虫螨腈、氟虫腈具有一定内吸性外,均以触杀和胃毒作用方式为主,兼具良好的渗透性,能满足种子包衣后杀虫剂缓慢释放毒杀黄曲条跳甲幼虫的作用,达到防治幼虫出土为害,大幅降低田间成虫种群密度,起到保护菜心的目的。

菜心出苗率、株高及其鲜重是菜心生长重要的植物学性状。安全性评价主要围绕这些指标进行,研究结果表明,与空白对照组相比,所有处理对采收期菜心株高、株重均无显著影响。但不

同处理在菜心整个生长期表现出一定差异,较高剂量啮虫脒能显著影响菜心种子发芽势、发芽率和出苗率。而不同剂量 Bt 对种子发芽势、发芽率和出苗率有不同程度提高。乙基多杀菌素、氟虫腈、虫螨腈和啮虫酰胺对菜心种子发芽势、发芽率和出苗率无影响。定量氯氰菊酯与虫螨腈、氟虫腈和啮虫脒混配能显著降低菜心发芽势,但对后期发芽率和出苗率影响均不显著。对菜心的保护作用主要体现在叶片受害指数方面,研究表明混剂的保护作用相对优于单剂,单剂中啮虫脒和 Bt 表现出相对较好的保护作用,乙基多杀菌素和氟虫腈次之。需要注意的是,氟虫腈目前在十字花科蔬菜上是禁用的,本研究仅研究作为种衣剂防治跳甲的可行性及安全性,实际应用中还需注意农药禁用条例等。

总体而言,本研究表明将黄曲条跳甲常用杀虫剂进行种子包衣处理,对菜心种子的植物学特性基本无影响,播种后杀虫剂缓慢释放,能直接作用于菜心生长发育的关键期,黄曲条跳甲生长最薄弱的幼虫期环节,与传统的灌根、撒毒土相比,使用方便,省时省力,持效期长且防治成本低,容易被农民接受。可作为防治黄曲条跳甲的新技术新方法,值得进一步进行田间药效试验,并在生产上推广应用。

参考文献 (References)

- Bao HL, Zhou XM, Zhu TS, *et al.* Toxicity test of several insecticides on striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2010, 9: 139 - 141. [包华理, 周小毛, 朱天圣, 等. 杀虫剂对黄曲条跳甲成虫的室内毒力测定 [J]. 广

- 东农业科学, 2010, 9: 139–141]
- Gao XW, Yang HR, Wu YX, *et al.* National Standard of the People's Republic of China. GB5520–85. Inspection of grain and oilseeds germination test of seeds [S]. Beijing: China Agriculture Press, 1987. [高修吾, 杨浩然, 吴艳霞, 等. 中华人民共和国国家标准. GB5520–85, 粮食, 油料检验种子发芽试验 [S]. 北京: 中国农业出版社, 1987]
- Hou YM. Study on the Ecological Control in Biological Communities and Leaf Vegetables [D]. Guangzhou: The College of Natural Resources and Environment of South China Agricultural University, 1991. [侯有明. 菜田生物群落与叶菜类主要害虫生态控制研究 [D]. 广州: 华南农业大学资源与环境学院, 1991]
- Hu ZD, Feng X, Chen HY, *et al.* Control effect of the soil treatment on striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* (F.) with some insecticides [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 13: 100–101. [胡珍娣, 冯夏, 陈焕瑜, 等. 药剂土壤处理对菜心田黄曲条跳甲的防治效果 [J]. 广东农业科学, 2012, 13: 100–101]
- Li YD. Agricultural Entomology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002. [李云端. 农业昆虫学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002]
- Li HM. Prevention and Control Handbook of Vegetable Diseases and Insects [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2001. [李惠明. 蔬菜病虫害防治实用手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2001]
- Lin ZY. Effect of Different Control Measures on Striped Flea Beetle, *Phyllotreta striolata* and Its Host *Brassica campestris* [M]. Fujian: Fujian Agriculture and Forestry University, 2006. [林泽燕. 不同控制措施对黄曲条跳甲 *Phyllotreta striolata* 及其寄主上海青的影响 [M]. 福建: 福建农林大学, 2006]
- Mu KG, Liu XL, Bai JJ, *et al.* Seed coating and its biological effect [J]. *Seed*, 1998, 6: 50–52. [慕康国, 刘西莉, 白建军, 等. 种衣剂及其生物学效应 [J]. 种子, 1998, 6: 50–52]
- Nie HX. The reason of serious harm and control strategy of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 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]
- Song YX, Dong YZ, Zhang MX. Studies on the influence of *Phyllotreta striolata* on the value loss of *Brassica campestris* and the economic thresholds [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2011, 32 (1): 53–56. [宋艳霞, 董易之, 张茂新. 黄曲条跳甲为害引起的菜心价值损失及防治指标研究 [J]. 华南农业大学学报, 2011, 32 (1): 53–56]
- 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]
- Nault BA, Straub RW, Taylor AG. Performance of novel insecticide seed treatments for managing onion maggot in onion fields [J]. *Crop Protection*, 2006, 25 (1): 58–65.
- Ester A, Vogel RDE, Bouma E. Controlling *Thrips tabaci* (Lind.) in leek by film-coating seeds with insecticides [J]. *Crop Protection*, 1997, 16 (7): 673–677.
- Wang XJ, Wang X, Wang JY, *et al.* Pesticide – Guidelines for the Field Efficacy Trials (II) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. [王晓军, 王熹, 王金友, 等. 农药田间药效试验准则 (二) [M]. 北京: 中国标准出版社, 2000]
- Zhao LL, Nie LS, Zhu QK, *et al.* Seed coating and its application in China [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25 (23): 126–131. [赵磊磊, 聂立水, 朱清科, 等. 种子包衣及其在中国的应用研究 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (23): 126–131]
- Zhang MX. Population Dynamics and Control Studies of Striped Flea Beetle, *Phyllotreta striolata* [D]. Guangzhou: The College of Natural Resources and Environment of South China Agricultural University, 1999. [张茂新. 黄曲条跳甲种群动态及控制的研究 [D]. 广州: 华南农业大学资源环境学院, 1999]
- Zhang MX, Ling B. New progress on control technology of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* [J]. *Plant Protection*, 2000, 26 (6): 31–33. [张茂新, 凌冰. 黄曲条跳甲防治技术研究新进展 [J]. 植物保护, 2000, 26 (6): 31–33]
- Zhang MX, Liang GW, Pang XF. Establishment and analysis of population life table of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2000, 21 (2): 21–24. [张茂新, 梁广文, 庞雄飞. 黄曲条跳甲自然种群生命表的组建与分析 [J]. 华南农业大学学报, 2000, 21 (2): 21–24]
- Zhou MG, Zhu CY, Ji LL, *et al.* Agriculture Industry Standard of the People's Republic of China. NY/T1965.1–2010. Guidelines for crop safety evaluation of pesticides Part 1: Laboratory test for crop safety evaluation of fungicides and insecticides [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. NY/T1965.1–2010, 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 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2011]