

多杀霉素对小菜蛾和斜纹夜蛾的毒力及对小菜蛾的田间药效评价

郝轩卉¹, 刘守柱^{2*}, 高泽众², 姜晓娇², 林志颖², 张悦²

(1. 山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安 271018; 2. 聊城大学农学与农业工程学院, 山东 聊城 252059)

摘要:室内测定 10% 多杀霉素悬浮剂对小菜蛾和斜纹夜蛾的毒力, 并进行多杀霉素防治小菜蛾的田间试验。结果表明, 10% 多杀霉素悬浮剂对小菜蛾 3、4 龄幼虫的 LC_{50} 分别为 1.965 0、3.675 6 mg/L, 对斜纹夜蛾 3、4、5、6 龄幼虫的 LC_{50} 分别为 11.310 5、229.769 1、749.513 9、4 817.303 0 mg/L; 10% 多杀霉素悬浮剂田间防治小菜蛾, 18.75、22.5、26.25 g/hm² 剂量处理均对小菜蛾有明显的效果, 药后 1 d 防治效果分别为 21.08%、44.27%、71.32%, 药后 7 d 防治效果分别为 84.63%、92.38%、94.51%, 经方差分析, 药后 3 d, 22.5 g/hm² 处理与 26.25、18.75 g/hm² 处理差异均达显著水平。多杀霉素对小菜蛾的毒力高于对斜纹夜蛾的毒力, 因而可用于防治小菜蛾而不适于斜纹夜蛾的防治; 田间使用 10% 多杀霉素悬浮剂防治小菜蛾适宜使用量为有效量 22.5 g/hm²。

关键词:多杀霉素; 小菜蛾; 斜纹夜蛾; 毒力; 防治效果

中图分类号: S436.35

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)05-0084-04

Virulence of Spinosad against *Plutella xylostella* and *Spodoptera litura* and Field Efficacy Evaluation on *P. xylostella*

HAO Xuanhui¹, LIU Shouzhu^{2*}, GAO Zezhong², JIANG Xiaojiao², LIN Zhiying², ZHANG Yue²

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018; 2. School of Agricultural Science and Engineering, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China)

Abstract: Virulence of spinosad 10% suspension concentrate(SC) against *Plutella xylostella* and *Spodoptera litura* was determined in labor, and the control effect against *P. xylostella* was assayed in fields. Results showed that the LC_{50} value of spinosad against 3rd and 4th instar larva of *P. xylostella* is 1.965 0 mg/L and 3.675 6 mg/L. However, for the 3rd, 4th, 5th, 6th instar larva of *S. litura*, the value is 11.310 5, 229.769 1, 749.513 9, 4 817.303 0 mg/L, respectively. Spinosad 10% SC has a good field control effect against *P. xylostella* when the application dosage is 18.75, 22.50, 26.25 g/ha. The control effect of 1 d post-application is 21.08%, 44.27%, 71.32%, respectively. The control effect of 7 d post-application reached to 84.63%, 92.38%, 94.51%, respectively. Variance analysis showed that 3 d post-application, the control effect of 22.5 g/ha treatment is higher than 18.75 g/ha treatment, and lower than 26.25 g/ha treatment both at a 0.05 level. The toxicity of spinosad to *P. xylostella* is higher than *S. litura*, the reasonable application dosage is 22.5 g/ha.

Key words: Spinosad; *Plutella xylostella*; *Spodoptera litura*; Virulence; Control effect

小菜蛾 (*Plutella xylostella* L.) 和斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius) 是世界性分布的蔬菜害虫, 对各种蔬菜尤其是十字花科蔬菜, 如白菜、萝卜、甘蓝、花椰菜等危害严重, 是影响蔬菜

产量和品质的重要因素之一。秋花菜的产量损失率与小菜蛾的种群数量有明显相关性^[1]。小菜蛾可对十字花科蔬菜造成 20%~50% 的产量损失, 严重时损失率高达 60% 以上^[2]。相较小菜蛾而言, 斜纹夜蛾属于间歇性爆发的害虫, 近些年危害渐趋严重, 斜纹夜蛾在浙江可以导致蔬菜损失率高达 65.6%^[3]。由此可见, 要保证蔬菜产业健康发展, 需要对小菜蛾等害虫进行有效防控。

蔬菜害虫防控目前主要以化学农药为主, 产品种类众多。查询中国农药信息网可知, 登记用

收稿日期: 2020-05-21

基金项目: 山东省自然科学基金项目 (ZR2020MC127)

作者简介: 郝轩卉 (2004-), 女, 在读本科, 从事农业害虫及生物防治研究。

通讯作者: 刘守柱, 男, 博士, 副教授, E-mail: liushouzhu@lcu.edu.cn

于防治斜纹夜蛾的农药产品有 65 个,用于防治小菜蛾的农药产品共有 1 482 个,其中大部分是化学农药。化学农药的大量使用,不仅会污染环境,破坏生态,残留严重时还会造成人畜食物中毒,与绿色农业、有机农业的发展理念严重背离,因此降低剧毒化学农药使用,提高生物源农药,包括植物源和微生物源农药的使用比例是害虫防治的发展趋势。此外,生物农药、微生物农药也可与化学农药联合使用,在保证对害虫有效防治的基础上,可以大幅提升产品质量安全^[4]。为了保证生物农药有良好的防治效果,需要对其杀虫谱、使用剂量、使用方法等进行不断研究和更新。鉴于此,对多杀霉素进行相关研究。

多杀霉素又名多杀菌素,是一种大环内酯类化合物,是由土壤放线菌(*Saccharopolyspors spinosa* Mertz & Yao)经有氧发酵得到的次生代谢物,对多种鳞翅目害虫有很好的杀虫活性,且对天敌昆虫、哺乳动物毒性较低,在土壤及水中降解速度快,对环境安全,是非常有前途的生物杀虫剂^[5-6]。为了更好地利用多杀霉素,在室内测定多杀霉素对小菜蛾和斜纹夜蛾的毒力,通过田间试验测定

多杀霉素对小菜蛾的防治效果,以期为该药剂的合理使用提供技术支持。

1 材料与方

1.1 供试昆虫及饲养

小菜蛾及斜纹夜蛾均由聊城大学农学院昆虫实验室提供,在人工气候养虫室内人工饲养 3 代以上。小菜蛾饲养于 50 cm×50 cm×40 cm 的养虫笼内,饲以新鲜甘蓝叶片;斜纹夜蛾 1~3 龄幼虫置于直径 5 cm、高 5 cm 的养虫盒内群集饲养,4 龄后置于直径 5 cm、高 3 cm 的养虫盒内单头饲养,饲以人工饲料,配方参考陈琼等^[7]方法配制。养虫室温度 25 ℃,相对湿度 50%,光暗比 16 h:8 h。

1.2 多杀霉素对小菜蛾和斜纹夜蛾的毒力测定

1.2.1 供试药剂及剂量

供试药剂:10% 多杀霉素悬浮剂,山东省绿士农药有限公司产品。

试验剂量:分别对小菜蛾 3、4 龄幼虫和斜纹夜蛾 3、4、5、6 龄幼虫进行毒力测定,试验剂量根据昆虫种类及龄期不同设置(见表 1)。

表 1 10% 多杀霉素悬浮剂对小菜蛾和斜纹夜蛾幼虫剂量设置

昆虫	龄期	有效成分剂量 (mg/L)					
小菜蛾	3	4	3	2	1	0.5	0(CK)
	4	6	5	4	3	2	0(CK)
	3	10	5	4	2	1	0(CK)
斜纹夜蛾	4	500	400	300	200	100	0(CK)
	5	1 000	800	600	400	200	0(CK)
	6	7 000	6 000	5 000	4 000	2 000	0(CK)

1.2.2 毒力测定方法

挑选小菜蛾和斜纹夜蛾不同龄期幼虫各 120 头,分为 6 组,每组试虫 20 头,按表 1 剂量对试虫进行药剂处理,以清水组作为对照。对小菜蛾采用点滴法进行处理,用移液枪吸取 10 μL 相应药剂点滴在幼虫背部,药液晾干后移入养虫盒,饲以新鲜甘蓝叶片;斜纹夜蛾采用浸渍法,将每头试虫在相应浓度的药液中浸渍 10 s 后取出,药液晾干后移入养虫盒,饲以人工饲料。以上各处理均重复 3 次,按 1.1 饲养方法进行饲养,24 h 后检查虫口死亡数量。

1.2.3 数据处理及 LC₅₀ 计算方法

分别按下式计算死亡率和校正死亡率,并以校正死亡率作为依据,用 DPS 7.05 软件生物测定

功能进行数量型数据机值分析,计算 LC₅₀、相关系数和线性回归方程。

死亡率(%)=(死亡虫数/总虫口基数)×100

校正死亡率(%)=[(处理组死亡虫数-对照组死亡虫数)/(总虫口基数-对照组死亡虫数)]×100

1.3 多杀霉素对小菜蛾的田间防治效果

1.3.1 试验条件

田间试验在聊城大学农学院实习农场进行。试验作物:甘蓝,品种:中甘十一,定期浇水,保证生长正常。试验进行时由于田间小菜蛾发生数量较少,在室内人工培养后,将小菜蛾成虫大量释放到田间,以增加小菜蛾虫口基数。田间观察到小菜蛾幼虫数量较多时,进行叶面喷雾处理,喷雾器械为电动喷雾器,流速 800 mL/min,锥形喷

片。小区面积 20 m²,随机排列,重复 4 次。

1.3.2 试验设计

根据药剂说明书使用剂量,以美国陶氏益农公司生产的 60 g/L 乙基多杀菌素乳油为对照药剂,以清水处理作为空白对照,按表 2 剂量进行田间喷雾。

表 2 10%多杀霉素防治小菜蛾田间剂量设置

药剂	施药剂量(制剂量) (g/667 m ²)	有效成分量 (g/hm ²)
10%多杀霉素悬浮剂	12.50	18.75
10%多杀霉素悬浮剂	15.00	22.50
10%多杀霉素悬浮剂	17.50	26.25
60 g/L 乙基多杀菌素乳油	25.00	22.50
空白对照	-	-

1.3.3 调查方法

根据田间药效实验准则 GB/T 17980.9-2000,分别于药前及药后 1、3、7 d 调查记载存活虫数,共计 4 次。施药前每小区固定 10 棵甘蓝,每棵甘蓝系上红绳,调查甘蓝小菜蛾虫数,以此作为计

算防治效果的虫口基数。药后 1、3、7 d 分别调查活虫数,计算虫口减退率和防治效果。

虫口减退率(%)=[(处理前虫口基数-处理后存活虫数)/处理前虫口基数]×100

防治效果(%)=[(处理区虫口减退率-对照区虫口减退率)/(100-对照区虫口减退率)]×100

1.3.4 统计分析

各处理计算防治效果后,采用 DPS 7.05 软件进行单因素随机区组方差分析,多重比较采用新复极差法,测算不同处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 10%多杀霉素悬浮剂对小菜蛾的毒力

根据试验结果,施药后 24 h,10%多杀霉素悬浮剂对小菜蛾 3、4 龄幼虫有非常好的致死效果,LC₅₀ 分别为 1.965 0、3.675 6 mg/L(表 3)。相较而言,多杀霉素对 4 龄虫的致死中浓度比 3 龄虫提高约 87%,说明随着龄期的增大,小菜蛾对药剂的耐受水平明显增强。

表 3 10%多杀霉素对小菜蛾的毒力

龄期	回归方程	r	LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间	P
3	y=4.566 2+1.478 6x	0.920 7	1.965 0	1.353 9~2.852 0	0.026 5
4	y=3.783 9+2.151 1x	0.946 2	3.675 6	3.334 2~4.052 1	0.004 4

2.2 10%多杀霉素悬浮剂对斜纹夜蛾的毒力

由表 4 可知,斜纹夜蛾不同龄期幼虫对多杀霉素的抵抗力显著不同,3、4、5、6 龄幼虫的 LC₅₀ 分别为 11.310 5 mg/L、229.769 1 mg/L、749.513 9

mg/L、4 817.303 0 mg/L,6 龄虫对多杀霉素的抵抗能力是 3 龄虫的 426 倍,增幅巨大,说明该药剂对低龄的斜纹夜蛾幼虫毒力较高,但不适用于高龄幼虫。

表 4 10%多杀霉素对斜纹夜蛾的毒力

龄期	回归方程	r	LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间	P
3	y=3.229 0+1.681 1x	0.942 3	11.310 5	6.289 8~20.338 8	0.016 5
4	y=0.558 3+1.881 1x	0.996 5	229.769 1	217.448 6~242.787 7	0.000 2
5	y=1.641 4+2.310 2x	0.994 4	749.513 9	691.177 1~812.774 4	0.000 5
6	y=6.695 4+3.175 7x	0.993 1	4 817.303 0	4 551.100 6~5 126.877 6	0.000 7

比较 10%多杀霉素悬浮剂对小菜蛾和斜纹夜蛾幼虫的 LC₅₀ 值,可以看出该药剂用于防治小菜蛾效果较好,但对斜纹夜蛾,尤其是 4 龄以上的幼虫,由于毒力较低,效果不太理想。根据室内毒力测定结果,选择小菜蛾进行田间药效试验。

2.3 10%多杀霉素对小菜蛾的田间防治效果

由表 5 可知,施药后 1 d,10%多杀霉素悬浮剂对小菜蛾的防效较差,尤其是低剂量 18.75 g/hm²,防效仅有 21.08%。施药后 3 d 调查,各处理对小菜蛾的防治效果明显上升,防效均在 70% 以上。施药

后 7 d 各剂量处理对小菜蛾的防治效果进一步上升,均达 80% 以上,说明该药剂有较好的持效性。

对 10%多杀霉素悬浮剂 18.75、22.5、26.25 g/hm² 处理的防治效果进行方差分析,结果表明:低剂量 18.75 g/hm² 处理对小菜蛾的防治效果明显低于 22.5、26.25 g/hm² 处理;施药后 1~3 d,22.5 g/hm² 处理效果低于高剂量 26.25 g/hm² 处理效果,但 7 d 后效果差异不显著。

比较 10%多杀霉素悬浮剂与对照药剂 60 g/L 乙基多杀菌素乳油相同剂量处理(22.5 g/hm²),施

表5 10%多杀霉素悬浮剂防治甘蓝小菜蛾田间试验结果

	施药后 1 d			施药后 3 d			施药后 7 d		
	防效(%)	差异显著性		防效(%)	差异显著性		防效(%)	差异显著性	
		5%	1%		5%	1%		5%	1%
10%多杀霉素悬浮剂 18.75 g/hm ²	21.08	c	C	73.97	c	B	84.63	b	B
10%多杀霉素悬浮剂 22.5 g/hm ²	44.27	b	B	81.21	b	AB	92.38	ab	AB
10%多杀霉素悬浮剂 26.25 g/hm ²	71.32	a	A	87.92	a	A	94.51	a	A
60 g/L乙基多杀菌素乳油 22.5 g/hm ²	65.23	a	A	88.06	a	A	96.92	a	A

注:不同大小写字母分别表示在 1% 和 5% 水平上差异显著

药后 1 d 乙基多杀菌素乳油效果明显好于多杀霉素,达 0.01 显著水平;虽然药后 3 d、7 d 乙基多杀菌素效果依然高于多杀霉素,但差异未达显著水平,说明两者最终效果相当。

3 结论与讨论

多杀霉素用于蔬菜害虫,尤其是小菜蛾的防治已经获得农业农村部的登记许可,经中国农药信息网检索,到目前为止,包括混剂在内共有 52 个产品获得登记,但登记用于防治斜纹夜蛾的仅 1 个混剂产品。本研究中多杀霉素对小菜蛾末龄(4 龄)幼虫的 LC₅₀ 为 3.675 6 mg/L,对斜纹夜蛾低龄(3 龄)幼虫的 LC₅₀ 为 11.310 5 mg/L,毒力差距在 3 倍左右,对高龄幼虫的毒力差距更大,甚至对高龄幼虫基本无效(表 4),说明该药剂对小菜蛾的毒力远高于对斜纹夜蛾的毒力,因而该药剂不宜防治斜纹夜蛾,除非与其他药剂复配使用。同时该结果也解释了为何该药剂登记用于斜纹夜蛾防治产品少的原因。

无论是采用触杀法,还是采用饲喂法,多杀霉素都对小菜蛾表现出较高的毒力。本研究中多杀霉素对小菜蛾 3 龄幼虫的触杀 LC₅₀ 为 1.965 0 mg/L。多杀霉素对 3 龄小菜蛾的触杀 LC₅₀ 为 1.019 2 mg/L^[8],采用饲喂法测得多杀霉素对小菜蛾 3 龄虫的 LC₅₀ 为 1.271 8 mg/L^[7],三者毒力相差不大,说明该药剂的触杀活性和胃毒活性都比较好。田间试验结果进一步表明,虽已经使用多年,但山东省绿士农药有限公司生产的 10% 多杀霉素悬浮剂仍是防治小菜蛾的优良药剂。

作为一种比较有效的生物杀虫剂,多杀霉素单独使用时即可取得较好的防治效果^[9-11],与本研究的结果一致。但需要特别指出的是,小菜蛾作为一种世界范围广泛分布的重大害虫,已经对多种药剂产生严重抗药性,如阿维菌素、氯虫苯甲酰胺^[12-13]等。虽然目前还没有小菜蛾对多杀霉素

出现严重抗药性的报道,但局部地区已经出现中等抗药性种群^[14],因此,在使用多杀霉素时应考虑到抗药性治理的问题,尽量避免长期、大量使用单一药剂。在实际应用中,建议多杀霉素与其他药剂混配使用,例如多杀霉素与苏云金杆菌^[15],阿维菌素^[8],苦参碱^[16],或真菌类的球孢白僵菌^[17]等复配使用,一方面可以避免抗药性产生,提高防治效果,另外也可以延长产品的使用寿命,扩大杀虫谱。

参考文献:

[1] 赵胜荣,袁永达,於文俊,等.小菜蛾危害引起的秋花菜产量损失及其防治指标研究[J].上海农业学报,2005,21(2):45-48.

[2] 曹立耘.小菜蛾对蔬菜的危害与综合防治[J].山东农药信息,2013(7):44-45.

[3] 陈庭华,陈彩霞,蒋开杰,等.斜纹夜蛾发生规律和预测预报新方法[J].昆虫知识,2001,8(1):36-39.

[4] 董照锋.不同药剂混合处理对茶树主要病虫害的防治效果研究[J].东北农业科学,2020,45(2):36-40.

[5] 李 姮,汪清民,黄润秋.多杀菌素的研究进展[J].农药学报,2003,5(2):1-12.

[6] 史雪岩.多杀菌素类杀虫剂的环境降解及抗性机制研究进展[J].农药学报,2018,20(5):557-567.

[7] 陈 琼,曾庆旭,周学强,等.阿维菌素与多杀霉素混配小菜蛾的增效作用及田间防效[J].江西农业学报,2016,28(9):46-49.

[8] 刘 伟,王海迎,杜 磊,等.多杀霉素和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对小菜蛾的室内生测及田间药效评价[J].农药科学与管理,2009,30(9):58-60.

[9] 张大为,陈立辉,李继平,等.几种药剂防治小菜蛾试验研究[J].甘肃科技纵横,2019,48(7):19-20.

[10] 王田珍,王树明,张启国,等.5种农药对小菜蛾幼虫的田间防效试验[J].云南农业科技,2018(S1):95-96.

[11] 王爱东,江新林.多杀霉素 5% 悬浮剂防治花椰菜小菜蛾药效试验[J].农药科学与管理,2015,36(4):51-53.

[12] 刘 霞.小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的抗性机制及溴氰虫酰胺对小菜蛾生物学特性的影响[D].泰安:山东农业大学,2016.

[13] 周小毛,柏连阳,黄雄英,等.小菜蛾对阿维菌素的抗药性研究进展[J].江西农业学报,2007,19(3):48-50,53.

价结果表明,在吉林省具有一定推广前景的草莓品种为‘承德公主’,加权综合评分为71分。

3 讨论与结论

以‘红颜’和‘艳丽’为对照,通过对‘承德公主’‘海丽甘’‘申琪’‘通州公主’和‘桃薰’等5个草莓引种品种成活率、物候期、生长结果习性、果实品质、果实经济性状、畸形果率及其抗病虫能力等进行观察、测定、对比分析可知,5个草莓引种品种在吉林省均易成活。其中‘桃薰’和‘承德公主’生长势最强,高于对照品种,因此从生长势看推荐种植‘桃薰’和‘承德公主’。

吉林省设施草莓种植主要以鲜食为主,因此在选择时应以果实个大、产量高、果形整齐、色泽鲜艳、风味口感佳的品种为宜^[8]。5个草莓引种品种中,‘承德公主’产量高、果实个大、风味口感佳,对灰霉病和白粉病有较强的抗性,畸形果率低,综合评分高于对照品种,可在吉林省推广。而‘桃薰’果肉果皮均为白色,微带粉色,水蜜桃香味,价格比同期红草莓价格高90元/kg^[13],经济效益可观,可在园区搭配种植,小面积推广,以丰富草莓市场,提高果农经济效益,但果实硬度低、对灰霉病抗性较差且畸形果率较高,生产中要注意防治灰霉病和畸形果的发生;同时‘桃薰’生长期长,生产中应根据上市时间适当提前栽植。

参考文献:

- [1] 陈 志,陈升萍.日光温室草莓品种对比[J].安徽农业科学,2016,44(5):27-29.
- [2] 付羽佳,白晶晶,孙丹丹,等.29个草莓品种对灰霉病的抗性评价及叶片生理指标差异[J].东北农业科学,2022,47(2):82-87.
- [3] 程嘉惠,张梅丽,王 超,等.低温胁迫对4个草莓品种生理指标的影响[J].东北农业科学,2021,46(1):85-88,113.
- [4] 张雯丽.中国草莓产业发展现状与前景思考[J].农业展望,2012,8(2):30-33.
- [5] 杨维杰,沈 岚,斯双双.草莓新品种引种及高架基质栽培[J].浙江农业科学,2021,62(7):1341-1342,1345.
- [6] 张豫超,谢 鸣,陈俊伟,等.不同采收期草莓果实抗氧化物质含量和抗氧化活性的变化[J].浙江农业学报,2009,21(3):250-254.
- [7] 董 辉,杨 莉,李 莉,等.我国草莓资源加工利用现状及发展[J].江西农业学报,2017,29(6):80-83,89.
- [8] 陈玉波,张学明,姚环宇,等.8个草莓品种在日光温室立体栽培的引种表现[J].东北农业科学,2016,41(6):97-99.
- [9] 陈秀娟,陈卫平,糜 林,等.南方草莓叶面积计算方法的研究[J].中国农学通报,2009,25(14):190-193.
- [10] 赵密珍,吴伟民,蔡伟健,等.草莓种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006:77-79.
- [11] 姜 新,李一伟,刘 芸,等.3个草莓品种在广西南宁的引种初报[J].中国南方果树,2018,47(4):145-146,150.
- [12] 马 欣,宗 静,齐长红.9个我国自育草莓品种引种筛选初报[J].中国果树,2017(6):47-50.
- [13] 曲 丽,张明涛,邹华锋,等.新品种白色草莓“桃薰”试验初报[J].西北园艺(综合),2017(3):47-48.

(责任编辑:范杰英)

(上接第87页)

- [14] 尹艳琼,杨明文,彭桂清,等.滇西南菜区小菜蛾发生规律及抗药性现状[J].植物保护,2019,45(6):288-291,310.
- [15] 彭 静,黄雪萍,蒋殿君,等.6%多杀霉素·苏云金杆菌悬浮剂的研制[J].材料研究与应用,2020,14(1):47-50.
- [16] 吉沐祥,吴 祥,肖 婷,等.多杀霉素与苦参碱复配对草

莓蓟马的毒力测定与田间防效[J].江苏农业科学,2013,41(7):101-103.

- [17] 朱晓敏,张 强,李 锋,等.球孢白僵菌与苦参碱联合作用对稻水象甲成虫毒力测定[J].东北农业科学,2020,45(2):41-43,115.

(责任编辑:王 昱)