



鲁艳辉, 田俊策, 郑许松, 徐红星, 杨亚军, 杨太源, 石兆云, 吕仲贤. 室内测定 6 种化学杀虫剂对草地贪夜蛾幼虫的毒力 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (2): 329–334.

室内测定 6 种化学杀虫剂对草地贪夜蛾幼虫的毒力

鲁艳辉¹, 田俊策¹, 郑许松¹, 徐红星¹, 杨亚军¹, 杨太源², 石兆云², 吕仲贤^{1*}

(1. 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所, 省部共建农产品质量安全国家重点实验室(筹), 杭州 310021;

2. 西双版纳傣族自治州植保植检站, 云南景洪 666100)

摘要: 2019 年草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 入侵我国多个省份和地区, 对我国农业生产造成重大影响。化学防治是应对入侵害虫的主要措施, 因此, 本研究测定了 6 种不同作用机制杀虫剂对草地贪夜蛾初孵和 3 龄幼虫的生物活性。结果表明, 对初孵幼虫具有较高毒力作用的为氯虫苯甲酰胺、多杀菌素、茚虫威、阿维菌素和甲氧虫酰肼; 对 3 龄幼虫具有较高毒力作用的为氯虫苯甲酰胺、多杀菌素和茚虫威; 与初孵幼虫相比, 阿维菌素、茚虫威、多杀菌素和甲氧虫酰肼的 LC_{50} 分别提高了 78.06、1.70、11.73 和 23.09 倍。本研究筛选出了对草地贪夜蛾初孵幼虫和 3 龄幼虫杀虫效果较好的药剂, 证明了低龄幼虫对部分农药抵抗力较弱, 而 3 龄后的幼虫抵抗力显著增加, 为田间草地贪夜蛾的化学防治提供了科学的用药指导。

关键词: 草地贪夜蛾; 杀虫剂; 毒力测定

中图分类号: Q965.9; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858(2020)02-0329-06

Laboratory toxicity test of 6 chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda*

LU Yan-Hui¹, TIAN Jun-Ce¹, ZHENG Xu-Song¹, XU Hong-Xing¹, YANG Ya-Jun¹, YANG Tai-Yuan², SHI Zhao-Yun², LÜ Zhong-Xian^{1*} (1. State Key Laboratory for Quality and Safety of Agro-products (in prepared), Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 2. Plant Protection and Plant Inspection Station in Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture, Jinghong 666100, Yunnan Province, China)

Abstract: In 2019, *Spodoptera frugiperda* invaded many provinces and regions in China, which had a significant impact on agricultural production. Chemical control is the primary measure to manage invasive pests. Therefore, the bioactivities of six pesticides with different action mechanisms against the newly hatching and third instar larvae of *S. frugiperda* were determined in this study. The results showed that chlorantraniliprole, spinosad, indoxacarb, abamectin and methoxyfenozide had higher toxicity to newly hatched larvae; chlorantraniliprole, spinosad and indoxacarb had higher toxicity to the third instar larvae; and compared with the newly hatched larvae, the LC_{50} of the third instar larvae increased 78.06, 1.70, 11.73 and 23.09 times, respectively. In this study, we screened out the insecticides with high insecticidal effect on the first hatching and third instar larvae of *S. frugiperda*, respectively; proved that the resistance of the younger larvae to some pesticides was weak, but the resistance of the larvae after the third instar

基金项目: 浙江省重点研发计划项目 (2020C02003)

作者简介: 鲁艳辉, 女, 博士, 副研究员, 主要研究方向为昆虫生态毒理学, E-mail: luyanhui4321@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 吕仲贤, 博士, 研究员, 主要研究方向为害虫生态控制, E-mail: luzxmh@163.com

收稿日期 Received: 2019-08-02; 接受日期 Accepted: 2019-12-23

increased significantly; and provided scientific medication guidance for the chemical control of *S. frugiperda* in the field.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; insecticides; toxicity test

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith), 属于鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 又称秋粘虫 fall armyworm, 原是美洲热带和亚热带地区的特有种 (Pitre, 1988; Capinera, 2000), 具有突出的迁飞能力, 2019 年 1 月从缅甸入侵到中国云南省 (姜玉英等, 2019)。草地贪夜蛾为多食性害虫, 可取食包括玉米、水稻、小麦、高粱、甘蔗等在内的一百多种寄主植物 (Casmuz *et al.*, 2010)。目前, 草地贪夜蛾已传播扩散至我国多个省份和地区, 对我国农业生产造成重大影响。草地贪夜蛾在我国适生性强, 随着季风加强和温度的升高, 繁殖扩散能力进一步提升, 预计我国遭受威胁的玉米、甘蔗等作物面积将达 2 亿亩以上 (郑群等, 2019)。

氯虫苯甲酰胺是一种邻甲酰胺氨基苯甲酰胺类杀虫剂, 能高效激活昆虫鱼尼丁受体, 过度释放细胞内钙库中的钙离子, 导致昆虫瘫痪死亡。阿维菌素是一种十六元大环内酯化合物, 可干扰昆虫神经生理活动, 刺激释放 γ -氨基丁酸, 氨基丁酸对节肢动物的神经传导有抑制作用, 导致昆虫因麻痹而死亡。氰氟虫腙是一种缩氨基脲类杀虫剂, 它通过附着在钠离子通道的受体上, 阻碍钠离子通行。茚虫威是兼具噁二嗪结构的氨基甲酸酯类杀虫剂, 作用机制与大多数氨基甲酸酯类药剂不同, 它通过阻断昆虫神经细胞内的钠离子通道, 使神经细胞失去功能, 导致害虫运动失调、不能进食、麻痹并最终死亡。多杀菌素是一种大环内酯类高效生物杀虫剂, 但作用机制不同于一般的大环内酯类化合物, 它通过刺激昆虫的神经系统, 增加其自发活性, 导致其非功能性的肌收缩、衰竭而死亡。此外, 多杀菌素也作用于 γ -氨基丁酸受体, 可进一步提高其杀虫活性的。甲氧虫酰肼是第二代双酰肼类昆虫生长调节剂, 对鳞翅目害虫具有高度选择杀虫活性, 可引起鳞翅目幼虫停止取食, 加快蜕皮, 使害虫在成熟前因提早蜕皮而死亡 (British Crop Production Council, 2012)。虽然上述 6 种杀虫剂作用机制不尽相同, 但均对鳞翅目害虫有较好的防治效果。本研究选取这 6 种作用机制不同的杀虫剂测定其对草地贪

夜蛾初孵幼虫和 3 龄幼虫的生物活性, 旨在筛选对草地贪夜蛾不同龄期幼虫杀虫效果较好的药剂, 为田间草地贪夜蛾的化学防治提供科学的用药指导。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试草地贪夜蛾种群卵块于 2019 年 5 月采自云南省西双版纳景洪市勐海县 (100°93'N, 21°74'E) 前期未用过药的玉米实验田。将孵化出的幼虫在人工气候室内 (温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $70\% \pm 5\%$ 、光周期 L:D=16 h:8 h) 用人工饲料饲养繁殖 (Lynch *et al.*, 1989), 成虫以 10% 的蔗糖水提供营养。以 F_1 代初孵幼虫、3 龄幼虫作为试验虫源。

1.2 供试药剂

氯虫苯甲酰胺 (95% 原药)、阿维菌素 (98% 原药)、氰氟虫腙 (95% 原药)、茚虫威 (99% 原药)、多杀菌素 (99% 原药)、甲氧虫酰肼 (98.2% 原药)。以上 6 种供试药剂的原药均为中国农业大学高希武教授提供。

1.3 试验方法

采用叶片浸渍法测定各药剂的杀虫活性 (农药室内生物测定试验准则—杀虫剂 NY/T1154.14-2008)。将原药用丙酮配制成 1 000 ppm 或 2 000 ppm 的母液, 再用含 0.1% Triton X-400 去离子水等比稀释成 5 个合适的浓度, 将事先准备好的甘蓝叶片 (直径 5 cm) 分别在不同浓度的药剂中浸渍 10 s, 自然晾干后置于直径 7 cm 的培养皿中。选取 F_1 代初孵幼虫及发育整齐的 3 龄幼虫接入药剂处理后的叶片。以含 0.1% Triton X-400 去离子水作为对照。每处理 10 头幼虫, 3 次重复。药剂处理后的试虫置于上述正常饲养环境中饲养 (温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $70\% \pm 5\%$ 、光周期 L:D=16 h:8 h)。48 h 后检查幼虫存活状态, 用毛刷轻触幼虫体表不动者判定为死亡, 并记录死亡数、存活数, 计算死亡率。

1.4 数据处理与统计分析

利用 DPS 软件 (唐启义, 2013) 计算这 6 种杀虫剂对草地贪夜蛾初孵幼虫和 3 龄幼虫的致死中浓度 LC_{50} 。两者 LC_{50} 的比率 95% 的置信区间包含 1, 则 LC_{50} 之间的差异不显著。

2 结果与分析

2.1 6 种药剂对草地贪夜蛾初孵幼虫的毒力作用

6 种药剂不同浓度处理草地贪夜蛾初孵幼虫, 死亡率分别在 8.89% ~ 95.56% (氯虫苯甲酰胺 1.25 ~ 20 mg/L)、13.33% ~ 86.67% (阿维菌素 1 ~ 16 mg/L)、11.11% ~ 95.56% (氟氟虫脲 20 ~ 320 mg/L)、11.11% ~ 88.89% (茚虫威 2.5 ~ 40 mg/L)、2.22% ~ 88.89% (多杀菌素 0.25 ~ 4 mg/L)、6.67% ~ 84.44% (甲氧虫酰肼 2.5 ~ 40 mg/L) 之间 (表 1)。对草地贪夜蛾初孵幼虫毒力效果最好的为多杀菌素, 最差的为氟氟虫脲。 LC_{50} 由低到高依次为: 多杀菌素、阿维菌素、氯虫苯甲酰胺、茚虫威、甲氧虫酰肼、氟氟虫脲 (表 1)。其中氯虫苯甲酰胺和阿维菌素对初孵幼虫的 LC_{50} 无显著差异, 茚虫威与甲氧虫酰肼的 LC_{50} 也无显著差异 (表 2)。

2.2 6 种杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力作用

6 种药剂处理草地贪夜蛾 3 龄幼虫, 死亡率分别在 3.33% ~ 96.67% (氯虫苯甲酰胺 1.25 ~ 20 mg/L)、10.00% ~ 90.00% (阿维菌素 80 ~ 1 280 mg/L)、16.67% ~ 93.33% (氟氟虫脲 20 ~ 320 mg/L)、10.00% ~ 93.33% (茚虫威 5 ~ 80 mg/L)、13.33% ~ 100.00% (多杀菌素 5 ~ 80 mg/L)、6.67% ~ 93.33% (甲氧虫酰肼 80 ~ 1 280 mg/L) 之间 (表 3)。对草地贪夜蛾 3 龄幼虫毒力效果最好的为氯虫苯甲酰胺, 最差的为阿维菌素和甲氧虫酰肼。 LC_{50} 由低到高依次为: 氯虫苯甲酰胺、多杀菌素、茚虫威、氟氟虫脲、阿维菌素、甲氧虫酰肼。其中茚虫威与多杀菌素对 3 龄幼虫的 LC_{50} 无显著差异 (表 4)。与初孵幼虫相比, 氯虫苯甲酰胺和氟氟虫脲对 3 龄幼虫的 LC_{50} 未发生明显变化; 而阿维菌素、茚虫威、多杀菌素和甲氧虫酰肼的 LC_{50} 分别提高了 78.06、1.70、11.73 和 23.09 倍 (表 2、表 4)。

3 结论与讨论

本研究通过测定 6 种常见杀虫剂对草地贪夜蛾初孵幼虫和 3 龄幼虫的毒力作用, 评价了不同作用机制杀虫剂的应用潜力。结果显示除了氯虫苯甲酰胺和氟氟虫脲外, 与初孵幼虫比较, 阿维菌素、茚虫威、多杀菌素和甲氧虫酰肼对 3 龄幼虫的 LC_{50} 均有所提高。这与鳞翅目害虫低龄幼虫对大部分农药抵抗力较弱, 3 龄后的幼虫抵抗力显著增加是相符的 (赵胜园等, 2019)。氯虫苯甲酰胺、茚虫威、多杀菌素虽然作用机制不同, 但是初孵幼虫和 3 龄幼虫均有较高的毒力作用。王勇庆等 (2019) 报道氯虫苯甲酰胺在室内和田间均对草地贪夜蛾有很好的防效。但草地贪夜蛾国外种群已经对氯虫苯甲酰胺产生了一定的抗性 (Gutiérrez - Moreno *et al.*, 2019), 所以在使用氯虫苯甲酰胺防控草地贪夜蛾时要注意与其他药剂的轮用或混用。氟氟虫脲与茚虫威虽然都作用于钠离子通道, 阻断钠离子通行, 但氟氟虫脲对草地贪夜蛾幼虫的毒力作用显著低于茚虫威, 这可能与茚虫威属氨基甲酸酯类药剂且兼具噁二嗪结构的特点有关。因此, 茚虫威被推荐为我国应急防治草地贪夜蛾的药剂 (杨光, 2019), 而氟氟虫脲虽然被用于多种鳞翅目害虫的防治, 但并不建议用来防治草地贪夜蛾。本研究的毒力测定结果证明多杀菌素对草地贪夜蛾初孵幼虫和 3 龄幼虫均有很好的防治效果。此外, 它能有效控制多种鳞翅目害虫, 包括小菜蛾 *Plutella xylostella*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、烟青虫 *Heliothis assulta*、菜青虫 *Pieris rapae* 等。阿维菌素与多杀菌素都属于大环内酯类杀虫剂, 但可能由于结构不同导致作用机制不同的原因, 本研究的结果显示阿维菌素对草地贪夜蛾 3 龄幼虫毒力作用效果较差, LC_{50} 高达 320.437 mg/L。甲氧虫酰肼属于昆虫生长调节剂, 速效性相对较差, 而且本实验是 48 h 统计死亡率的, 这可能是导致甲氧虫酰肼对 3 龄幼虫毒力作用差的主要原因。

综上所述, 本研究的研究结果为草地贪夜蛾的田间防治提供了科学依据和理论指导。针对不同龄期的草地贪夜蛾幼虫可选用不同种类的药剂, 初孵幼虫可选氯虫苯甲酰胺、多杀菌素、茚虫威、

表 1 6 种杀虫剂对西双版纳草地食夜蛾种群初孵幼虫的死亡率

Table 1 Mortalities of 6 insecticides against newly hatched larvae of *Spodoptera frugiperda*

氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	阿维菌素 Abamectin		氟氟虫脒 Metaflumizone		茚虫威 Indoxacarb		多杀菌素 Spinosad		甲氧虫酰肼 Methoxyfenozide	
	浓度 (mg/L) Concentration	死亡率 (%) Mortality								
0	0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00
1.25	1	8.89 ± 5.88	20	11.11 ± 2.22	2.5	11.11 ± 5.88	0.25	2.22 ± 2.22	2.5	6.67 ± 3.85
2.5	2	28.89 ± 2.22	40	31.11 ± 2.22	5	24.44 ± 13.52	0.5	26.67 ± 10.18	5	20.00 ± 3.85
5	4	46.67 ± 3.85	80	60.00 ± 3.85	10	55.56 ± 2.22	1	40.00 ± 3.85	10	42.22 ± 5.88
10	8	73.33 ± 3.85	160	77.78 ± 2.22	20	62.22 ± 4.44	2	71.11 ± 2.22	20	55.56 ± 5.88
20	16	95.56 ± 2.22	320	95.56 ± 2.22	40	88.89 ± 2.22	4	88.89 ± 5.88	40	84.44 ± 8.89

表 2 6 种杀虫剂对西双版纳草地食夜蛾种群初孵幼虫的杀虫活性

Table 2 Insecticidal activity of 6 insecticides against newly hatched larvae of *Spodoptera frugiperda*

药剂 Insecticides	斜率 ± 标准误差 Slope ± SE	卡方值 (自由度) χ^2 (df)	致死中浓度 (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg/L)		毒力回归方程 Toxicity regression equation
			LC ₅₀ (95% FL) (mg/L)	置信限	
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	2.320 ± 0.267	1.65 (3)	4.843 (3.982 ~ 5.890)	c	Y = 3.41 + 2.32x
阿维菌素 Abamectin	1.933 ± 0.241	0.40 (3)	4.105 (3.278 ~ 5.151)	c	Y = 3.81 + 1.93x
氟氟虫脒 Metaflumizone	2.311 ± 0.268	0.60 (3)	66.032 (53.919 ~ 80.140)	a	Y = 0.79 + 2.31x
茚虫威 Indoxacarb	1.921 ± 0.243	2.68 (3)	10.653 (8.507 ~ 13.403)	b	Y = 3.03 + 1.92x
多杀菌素 Spinosad	2.353 ± 0.271	2.90 (3)	1.175 (0.970 ~ 1.432)	d	Y = 4.84 + 2.35x
甲氧虫酰肼 Methoxyfenozide	1.962 ± 0.249	1.32 (3)	13.900 (11.175 ~ 17.727)	b	Y = 2.76 + 1.96x

表 3 6 种杀虫剂对西双版纳草地贪夜蛾种群 3 龄幼虫的死亡率
Table 3 Mortalities of 6 insecticides against 3rd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole		阿维菌素 Abamectin		氟氟虫脒 Metaflumizone		茚虫威 Indoxacarb		多杀菌素 Spinosad		甲氧虫酰肼 Methoxyfenozide	
浓度 (mg/L)	死亡率 (%)	浓度 (mg/L)	死亡率 (%)	浓度 (mg/L)	死亡率 (%)	浓度 (mg/L)	死亡率 (%)	浓度 (mg/L)	死亡率 (%)	浓度 (mg/L)	死亡率 (%)
Concentration	Mortality	Concentration	Mortality	Concentration	Mortality	Concentration	Mortality	Concentration	Mortality	Concentration	Mortality
0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00	0	0.00 ± 0.00
1.25	3.33 ± 3.33	80	10.00 ± 5.77	20	16.67 ± 6.67	5	10.00 ± 5.77	5	13.33 ± 3.33	80	6.67 ± 6.67
2.5	20.00 ± 5.77	160	23.33 ± 3.33	40	30.00 ± 11.55	10	30.00 ± 5.77	10	30.00 ± 0.00	160	23.33 ± 3.33
5	63.33 ± 6.67	320	53.33 ± 6.67	80	56.67 ± 3.33	20	56.67 ± 6.67	20	60.00 ± 5.77	320	56.67 ± 6.67
10	83.33 ± 6.67	640	73.33 ± 8.82	160	80.00 ± 5.77	40	73.33 ± 3.33	40	96.67 ± 3.33	640	70.00 ± 5.77
20	96.67 ± 3.33	1280	90.00 ± 5.77	320	93.33 ± 3.33	80	93.33 ± 3.33	80	100.00 ± 0.00	1280	93.33 ± 3.33

表 4 6 种杀虫剂对西双版纳草地贪夜蛾种群 3 龄幼虫的杀虫活性
Table 4 Insecticidal activity of 6 insecticides against 3rd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

药剂 Insecticides	斜率 ± 标准误差 Slope ± SE	卡方值 (自由度) χ^2 (df)	致死中浓度 (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg/L)	毒力回归方程 Toxicity regression equation
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	3.048 ± 0.401	1.11 (3)	4.489 (3.655 ~ 5.485) d	$Y = 3.01 + 3.05x$
阿维菌素 Abamectin	2.160 ± 0.312	0.25 (3)	320.437 (247.825 ~ 414.191) a	$Y = 0.41 + 2.16x$
氟氟虫脒 Metaflumizone	2.092 ± 0.309	0.30 (3)	64.712 (49.113 ~ 83.698) b	$Y = 1.21 + 2.09x$
茚虫威 Indoxacarb	2.186 ± 0.316	0.52 (3)	18.081 (13.948 ~ 23.234) c	$Y = 2.25 + 2.19x$
多杀菌素 Spinosad	3.100 ± 0.426	3.23 (3)	13.785 (9.428 ~ 19.743) c	$Y = 1.47 + 3.10x$
甲氧虫酰肼 Methoxyfenozide	2.354 ± 0.329	1.26 (3)	320.997 (252.295 ~ 408.116) a	$Y = 0.90 + 2.35x$

阿维菌素和甲氧虫酰肼, 3 龄幼虫可选氯虫苯甲酰胺、多杀菌素和茚虫威。当然, 本研究也仅限于实验涉及到的 6 种不同作用机制药剂, 对于田间复杂的害虫发生环境, 仍需进行大量的室内筛选和田间试验。

参考文献 (References)

- BCPC (British Crop Production Council). The e-Pesticide Manual [M]. Version 6.0, 16th ed, 2012.
- Capinera JL. Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae) [M]. Gainesville, FL: University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, EDIS, 2000.
- Casmuz A, Juárez ML, Socías MG, et al. Review of the host plants of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 2017, 69: 3-4.
- Gutiérrez-Moreno R, Mota-Sanchez D, Blanco CA, et al. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2019, 112 (2): 792-802.
- 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]
- Lynch RE, Nwanze KF, Wiseman BR, et al. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) development and fecundity when reared as larvae on different meridic diets [J]. *Journal of Agricultural Entomology*, 1989, 6 (2): 101-111.
- Pitre HN. Relationship of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) from Florida, Honduras, Jamaica, and Mississippi: Susceptibility to insecticides with reference to migration [J]. *Florida Entomologist*, 1988: 56-61.
- Tang QY. DPS Data Processing System (Volume III) Specialized Statistics and Miscellanea Third Edition [M]. Beijing: Beijing Science Press, 2013. [唐启义, DPS 数据处理系统 (第三卷) 专业统计及其他 (第三版) [M]. 北京: 北京科学出版社, 2013]
- Wang YQ, Ma QL, Tan YT, et al. The toxicity and field efficacy of chlorantraniliprole against *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Journal of Environmental Entomology*, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.Q.20190701.1722.004.html>. [王勇庆, 马千里, 谭煜婷, 等. 氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾的毒力及田间防效 [J/OL]. 环境昆虫学报, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.Q.20190701.1722.004.html>]
- Yang G. List of recommended insecticides for emergency control of *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Focus News*, 2019. DOI: 10.13378/j.cnki.pmn.2019.12.003. [杨光. 草地贪夜蛾应急防治用药推荐名单公布 [J/OL]. 要闻, 2019. DOI: 10.13378/j.cnki.pmn.2019.12.003]
- Zhao SY, Sun XX, Zhang HW, et al. Laboratory test on the control efficacy of common chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (3): 10-14. [赵胜园, 孙小旭, 张浩文, 等. 常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定 [J]. 植物保护, 2019, 45 (3): 10-14]
- Zheng Q, Wang YQ, Tan YT, et al. Bioactivity of spinetoram and its field efficiency against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190712.1523.004.html>. [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, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190712.1523.004.html>]