

◆ 药效与应用 ◆

7种杀虫剂对不同地区草地贪夜蛾田间种群的毒力测定

陈澄宇¹, 赵云霞¹, 唐艺婷¹, 张学峰¹, 刘莹^{2*}, 谌爱东²

(1. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 江苏淮安 223001; 2. 云南省农业科学院农业环境资源研究所/云南省农业跨境有害生物绿色防控重点实验室, 昆明 650205)

摘要:草地贪夜蛾作为入侵我国的重大迁飞性害虫,对我国的农业生产造成了重要的影响,化学防治是目前防控草地贪夜蛾的主要措施。本研究通过采集云南嵩明县和开远市、安徽泾县和江苏涟水县4个地区的草地贪夜蛾田间种群,采用浸叶法于室内测定7种杀虫剂对4个田间种群的毒力。结果表明,双酰胺类杀虫剂对4个种群草地贪夜蛾的致死中浓度(LC₅₀)为9.64~41.14 mg/L;甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对4个田间种群的毒力较好,其LC₅₀值均小于0.01 mg/L;茚虫威对4个种群草地贪夜蛾的LC₅₀值为8.22~14.65 mg/L;虫螨腈对4个田间种群的LC₅₀值在0.55~3.27 mg/L;乙基多杀菌素对4个田间种群的LC₅₀值为0.13~0.44 mg/L。该研究结果可为草地贪夜蛾的化学防控提供科学用药指导。

关键词:草地贪夜蛾;杀虫剂;毒力;浸叶法

中图分类号:TQ 450;S433 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2022.03.014

Toxicity of 7 Insecticides Against the Different Geographical Field Populations of *Spodoptera frugiperda*

CHEN Chengyu¹, ZHAO Yunxia¹, TANG Yiting¹, ZHANG Xuefeng¹, LIU Ying^{2*}, SHEN Aidong²

(1. Huaiyin Institute of Agricultural Sciences of Xuhuai Region in Jiangsu, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Jiangsu Huai'an 223001, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment/Key Laboratory of Green Prevention and Control of Agricultural Transboundary Pests of Yunnan Province, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: As a major migratory pest, *Spodoptera frugiperda* has a significantly negative impact on our country's agricultural production. Currently, chemical control is still the main measure to control *S. frugiperda*. In this study, 4 field populations of *S. frugiperda* were collected in Songming and Kaiyuan of Yunnan province, Jingxian of Anhui province and Lianshui of Jiangsu province. The toxicity of 7 insecticides against 4 field populations were detected by leaf immersion method. The results showed that the LC₅₀ value of diamide insecticides to 4 geographical populations against *S. frugiperda* were 9.64-41.14 mg/L. The LC₅₀ of emamectin benzoate which showed good insecticidal activity against the 4 field populations were less than 0.01 mg/L. The LC₅₀ values of indoxacarb were 8.22-14.65 mg/L. The LC₅₀ value of chlorfenapyr and spinetoram against 4 field populations were 0.55-3.27 and 0.13-0.44 mg/L, respectively. The results of this study could provide scientific guidance for the chemical control of *S. frugiperda*.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; insecticide; toxicity; leaf immersion method

收稿日期:2022-03-02

基金项目:云南省农业跨境有害生物绿色防控重点实验室(202105AG070001);淮安市自然科学研究计划(HAB202077);云南省重点研发计划(2019IB007);云南省创新团队(202005AE160003)

作者简介:陈澄宇(1989—),男,山东潍坊人,博士,助理研究员,主要从事昆虫毒理学及绿色防控技术研究。E-mail:chenchengyu@126.com

通信作者:刘莹(1989—),女,云南普洱人,博士,助理研究员,主要从事农业害虫绿色防控研究。E-mail:liuyingqh@yaas.org.cn

草地贪夜蛾 (*Spodoptera frugiperda*) 属鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae), 起源于美洲热带和亚热带地区, 具有多食性和迁飞性等特点, 是危害美洲地区玉米的主要害虫, 也是最具破坏性的害虫^[1-4]。其幼虫以多种植物为食, 可为害玉米、水稻、小麦、甘蔗、棉花、花生和蔬菜作物等, 若防控不及时, 可能造成重大产量损失^[5-6]。草地贪夜蛾成虫具有世代重叠的特性及强大的迁飞能力, 其成虫一晚可飞 100 km, 雌蛾在产卵前, 可迁飞 500 km; 繁殖能力强, 其单雌产卵量能达到 1 000 粒。目前草地贪夜蛾已蔓延到美国、非洲、东南亚等 40 多个国家和地区^[7]; 2019 年在我国云南省首次被发现后, 已迅速向广西、贵州、广东、湖南和江苏等地蔓延, 成为又一个“北迁南回, 周年循环”的重大迁飞性害虫。

目前, 国内外已使用多种措施对草地贪夜蛾进行防治。例如理化诱控: 在成虫发生高峰期, 采取高空诱虫灯、性诱捕器以及食物诱杀等理化诱控措施; 生物防治: 采用白僵菌、绿僵菌、核型多角体病毒 (NPV)、苏云金杆菌 (Bt) 等生物制剂于早期防治幼虫, 充分保护利用夜蛾黑卵蜂、螟黄赤眼蜂、蠋蝽等天敌^[8-9]。与此同时, 化学药剂因其速效性, 仍作为防治草地贪夜蛾的主要措施。

相关报道显示, 美洲地区的草地贪夜蛾种群已对有机磷类 (甲基对硫磷)、氨基甲酸酯类 (甲萘威)、拟除虫菊酯类 (高效氯氟氰菊酯)、双酰胺类 (氯虫苯甲酰胺) 等多种杀虫剂均产生了抗性^[10-16]。2020 年 2 月我国农业农村部印发了《2020 年全国草地贪夜蛾防控预案》的通知, 其中氨基阿维菌素苯甲酸盐、茚虫威、四氯虫酰胺、氯虫苯甲酰胺、虱螨脲、虫螨腈、乙基多杀菌素、氟苯虫酰胺均作为单剂推荐使用^[17]。因此, 为明确我国不同地区草地贪夜蛾对以上杀虫剂的敏感性, 需对草地贪夜蛾田间种群进行室内毒力测定, 为草地贪夜蛾的防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试种群

供试昆虫采集地点详细信息见表 1。带回室内在养虫室中饲养, 采用人工饲料法扩大繁殖后供试。饲养条件: 温度为 $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 相对湿度为 75%, 自然光。

1.2 试验药剂

83.5% 氨基阿维菌素苯甲酸盐原药, 齐鲁晟华制药有限公司; 95% 茚虫威原药, 江苏省南通施壮化

工有限公司; 10% 四氯虫酰胺悬浮剂, 沈阳科创化学制品有限公司; 95.3% 氯虫苯甲酰胺原药, 上海杜邦农化有限公司; 95% 虫螨腈原药, 山东潍坊双星农药有限公司; 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂, 科迪华农业科技有限责任公司; 95% 氟苯虫酰胺原药, 拜耳股份公司; 丙酮、Triton X-100, 国药集团化学试剂有限公司。

表 1 草地贪夜蛾田间种群采集地点和时间

种群简称	采集地	经纬度	采集时间
SM	云南省昆明市嵩明县	103.12°E, 25.36°N	2020-07
KY	云南省开远市	103.31°E, 23.45°N	2020-07
JX	安徽省宣城市泾县	118.28°E, 30.60°N	2020-08
LS	江苏省淮安市涟水县	119.11°E, 33.84°N	2020-09

1.3 生物测定

采用浸叶法测定供试化学杀虫剂对草地贪夜蛾的室内毒力。具体方法如下: 将原药用丙酮配置成母液, 并用 0.1% Triton X-100 水溶液稀释成试验浓度; 制剂药剂则直接用 0.1% Triton X-100 水溶液稀释成试验浓度。在室内栽种未经任何种衣剂处理的玉米种子, 于 5~6 叶期, 将玉米叶片剪成 $2\text{ cm} \times 1.5\text{ cm}$ 片段, 在各系列浓度药液中浸渍 20 s 后挂起晾干。以 0.1% Triton X-100 水溶液为对照, 48 h 后分别调查死亡虫数。试验使用 9 孔细胞培养板, 每个处理 3 龄草地贪夜蛾幼虫 30 头, 并重复 3 次。试验过程中如叶片吃完及时补充带药叶片。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 数据处理系统软件进行分析, 求出不同杀虫剂对 3 龄幼虫在 48 h 的 LC_{50} 值, 并以 LC_{50} 值 95% 置信区间不重叠作为判断不同杀虫剂间毒力差异显著的标准^[18]。

2 结果与分析

2.1 双酰胺类杀虫剂对不同地区草地贪夜蛾种群的室内毒力

双酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺、氟苯虫酰胺和四氯虫酰胺对不同草地贪夜蛾种群的室内毒力结果见表 2。研究表明, 氯虫苯甲酰胺对 4 个地区草地贪夜蛾的 LC_{50} 值在 $9.64 \sim 23.58\text{ mg/L}$ 之间, 其中对云南嵩明县的 SM 种群毒力最高, 对江苏涟水县 LS 种群毒力最低, LS 和 JX 种群对氯虫苯甲酰胺的敏感性明显低于 SM 和 KY 种群。氟苯虫酰胺对 4 个地区草地贪夜蛾的 LC_{50} 值在 $13.22 \sim 33.55\text{ mg/L}$ 之间, 其中对 SM 种群的毒力最高, 显著高于开远县的 KY、涟水县的 LS 和泾县 JX 种群的毒力。四氯虫酰胺对 4 个地区

草地贪夜蛾的LC₅₀值在11.80~41.14 mg/L之间,其中对SM种群的毒力最高,对JX种群的毒力最低,对SM种群的毒力显著高于JX种群。

2.2 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对不同地区草地贪夜蛾种群的室内毒力

室内生测结果表明,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对4个地区的草地贪夜蛾种群均有较好的毒力,对草地贪夜蛾的LC₅₀值在0.003 2~0.008 0 mg/L之间。对KY种群的毒力最高,显著高于对另外3个种群的毒力。此外,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对草地贪夜蛾的LC₅₀值明显低于其他种类杀虫剂。

2.3 茚虫威对不同地区草地贪夜蛾种群的室内毒力

茚虫威对4个草地贪夜蛾田间种群的室内毒力结果表明,其对SM、KY、JX和LS的LC₅₀值分别为

11.27、11.00、8.22和14.65 mg/L。其中,JX种群对茚虫威的敏感性最高,该种群对茚虫威的敏感性显著高于SM种群和LS种群,与KY种群没有显著差异。

2.4 虫螨腈对不同地区草地贪夜蛾种群的室内毒力

虫螨腈对4个地区草地贪夜蛾的室内毒力结果表明,其对草地贪夜蛾的LC₅₀值在0.55~3.27 mg/L之间,其对4个种群的毒力大小依次为LS、SM、JX和KY。

2.5 乙基多杀菌素对不同地区草地贪夜蛾种群的室内毒力

室内生测结果表明,乙基多杀菌素对4个种群的草地贪夜蛾均有较好的毒力,其LC₅₀值在0.13~0.44 mg/L之间。其中,KY种群对乙基多杀菌素的敏感性最高,并显著高于JX种群,而与另2个种群对乙基多杀菌素的敏感性差异不显著。

表 2 7 种杀虫剂对不同种群草地贪夜蛾的室内毒力

杀虫剂	种群	斜率±标准误	卡方值	自由度	<i>p</i>	LC ₅₀ /(mg·L ⁻¹) 95%置信限
氯虫苯甲酰胺	SM	2.01 ± 0.29	2.29	3	0.51	9.64 (8.04~11.13) b
	KY	2.63 ± 0.32	1.38	3	0.71	11.82 (10.49~13.18) b
	JX	2.67 ± 0.49	1.01	3	0.80	21.14 (19.06~23.85) a
	LS	1.69 ± 0.37	1.39	3	0.71	23.58 (19.63~27.78) a
氟苯虫酰胺	SM	2.45 ± 0.32	4.47	3	0.22	13.22 (11.73~14.88) b
	KY	2.74 ± 0.59	2.28	3	0.52	33.55 (29.86~37.13) a
	JX	2.23 ± 0.58	1.33	3	0.72	27.18 (22.21~31.09) a
	LS	1.83 ± 0.38	0.91	3	0.82	29.76 (25.56~35.20) a
四氯虫酰胺	SM	2.53 ± 0.31	4.18	3	0.24	11.80 (10.43~13.21) b
	KY	2.78 ± 0.60	1.39	3	0.71	36.87 (33.20~40.83) a
	JX	3.16 ± 0.62	1.99	3	0.58	41.14 (37.64~45.35) a
	LS	1.67 ± 0.29	1.64	3	0.65	13.23 (11.13~15.72) b
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	SM	2.27 ± 0.56	5.62	3	0.132	0.005 3 (0.003 9~0.007 5) a
	KY	1.77 ± 0.48	4.64	3	0.20	0.003 2 (0.002 6~0.003 7) b
	JX	1.39 ± 0.47	3.12	3	0.37	0.005 2 (0.004 3~0.006 6) a
	LS	1.60 ± 0.44	0.50	3	0.92	0.008 0 (0.006 4~0.009 6) a
茚虫威	SM	2.25 ± 0.30	3.62	3	0.31	11.27 (9.79~12.78) a
	KY	1.84 ± 0.29	3.09	3	0.38	11.00 (9.21~12.79) ab
	JX	1.78 ± 0.29	2.85	3	0.42	8.22 (6.44~9.77) b
	LS	2.49 ± 0.47	2.14	3	0.54	14.65 (12.53~16.45) a
虫螨腈	SM	3.32 ± 0.07	3.25	3	0.36	1.04 (0.96~1.15) b
	KY	1.41 ± 0.13	3.10	3	0.38	3.27 (2.61~3.99) a
	JX	1.25 ± 0.12	2.43	3	0.49	1.56 (1.01~2.07) b
	LS	1.75 ± 0.07	1.51	3	0.68	0.55 (0.41~0.66) c
乙基多杀菌素	SM	1.56 ± 0.11	3.40	3	0.33	0.18 (0.14~0.23) b
	KY	1.23 ± 0.11	2.16	3	0.54	0.13 (0.08~0.17) b
	JX	1.65 ± 0.07	2.12	3	0.55	0.44 (0.33~0.54) a
	LS	1.10 ± 0.10	1.94	3	0.58	0.21 (0.14~0.27) b

注:致死中浓度数值后标注的不同小写字母表示差异显著(95%置信限无重叠)。

3 讨 论

本研究通过测定7种常见的杀虫剂对采自我国4个不同地区的草地贪夜蛾种群的毒力,评价了不同作用机制杀虫剂的应用潜力。据报道双酰胺类杀虫剂在草地贪夜蛾的防治中被广泛应用。本研究关于双酰胺类杀虫剂室内毒力测定的结果与以往研究结果基本相符,如张百重等^[19]采用叶片浸渍法测定了氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾2龄幼虫的毒力,其 LC_{50} 值为2.087 mg/L;郭志敏等^[20]采用浸叶法测定湖北草地贪夜蛾田间种群3龄幼虫对氯虫苯甲酰胺的敏感性,其 LC_{50} 值在9.651~28.907 mg/L之间。本研究结果显示,双酰胺类杀虫剂对草地贪夜蛾的 LC_{50} 值在9.64~41.14 mg/L之间。不同地区的草地贪夜蛾对同一种杀虫剂,均出现了敏感性差异,其中云南嵩明县SM种群对氯虫苯甲酰胺、氟苯虫酰胺和四氯虫酰胺的敏感性均显著高于安徽泾县JX种群,同时对氯虫苯甲酰胺和氟苯虫酰胺的敏感性也显著高于江苏涟水LS种群,该结果表明作为防治草地贪夜蛾的常用药剂,草地贪夜蛾可能在由南向北迁移过程中,受到双酰胺类杀虫剂的“筛选”,其对该类杀虫剂的耐受性会慢慢升高,并逐步产生抗药性,因此需加强对该类杀虫剂的抗性监测,延缓抗性的产生。

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐属于大环内酯类杀虫剂,研究表明其对草地贪夜蛾的防效较高^[21]。周泽雄等^[22]研究了甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对草地贪夜蛾3龄幼虫的室内毒力,结果表明,48 h后甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对3龄幼虫的 LD_{50} 值为0.011 9 mg/L,表现出较好的毒杀效果。尹艳琼等^[23]采用浸叶法测定甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对云南地区5个草地贪夜蛾种群3龄幼虫的毒力, LD_{50} 值在0.05~0.09 mg/L之间。本研究发现甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对4个田间种群毒力均强于以上研究, LC_{50} 值均小于0.01 mg/L,显示了较好的毒杀作用,可用于草地贪夜蛾的田间防治,但由于甲氨基阿维菌素苯甲酸盐存在较易光解导致的持效期短的问题,可考虑制备缓释剂型延长持效期,或与持效期较好的其他种类杀虫剂复配进行田间防治。

茚虫威属于缩氨基脲类电压依赖性钠离子通道阻断剂,为二嗪类杀虫剂,具有独特的作用机制,对鳞翅目害虫具有卓越的杀虫活性。茚虫威通过触杀和胃毒方式进入昆虫体内,代谢为杀虫活性更强的N-去甲氧羰基代谢物(DCJW),不可逆地阻断钠

离子通道。鲁艳辉等^[24]采用叶片浸渍法测定了茚虫威对采自云南的草地贪夜蛾3龄幼虫的生物活性,结果表明药后48 h的 LC_{50} 值为18.081 mg/L。周泽雄等^[22]研究了茚虫威对海南的草地贪夜蛾3龄幼虫的室内毒力,结果表明48 h后茚虫威对3龄幼虫的 LD_{50} 值为1.047 9 mg/L。本研究显示茚虫威对4个田间种群的毒力介于以上研究之间,其 LC_{50} 值为8.22~14.65 mg/L,表明不同地区之间的草地贪夜蛾种群对茚虫威的敏感性具有差异。

虫螨腈干扰质子梯度影响氧化磷酸化的解偶联剂,属于新型芳基吡咯类杀虫杀螨剂。闫文娟等^[25]报道5 mg/L的虫螨腈处理草地贪夜蛾2龄幼虫72 h后,校正死亡率为80.0%;用药量10 mg/L时,对2龄幼虫的校正死亡率增加到了93.3%。本研究结果同样表明虫螨腈对草地贪夜蛾3龄幼虫具有较好的毒杀作用,可用于草地贪夜蛾的防治。

乙基多杀菌素属于烟碱型乙酰胆碱受体(nAChR)变构调节剂。高祖鹏等^[26]采用表面涂抹法测定了乙基多杀菌素对草地贪夜蛾2、3和4龄幼虫的 LC_{50} ,结果表明处理48 h后 LC_{50} 值分别为0.21、0.34和0.59 mg/L。本研究结果表明,乙基多杀菌素对4个种群的草地贪夜蛾的 LC_{50} 值在0.13~0.44 mg/L之间,与上述结果相似,同样表现出较好的速效性和毒杀活性。

鉴于化学防治仍是目前控制草地贪夜蛾的重要手段,而不同地区草地贪夜蛾种群对多种杀虫剂敏感性不一样,因此,需加强草地贪夜蛾对主要杀虫剂的抗性监测及治理,保障玉米生产安全。当然,本研究仅限于所涉及的几种不同作用机制的杀虫剂对4个地方种群的室内毒力,对于不同地区的草地贪夜蛾种群及田间复杂的虫害发生环境,仍需进行大量的室内毒力测定和田间试验研究。

参考文献

- [1] CRUZ I, FIGUEIREDO M L C, SILVA R B, et al. Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [Smith]) [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize [J]. International Journal of Pest Management, 2012, 58(1): 83-90.
- [2] BOAVENTURA D, ULRICH J, LUEKE B, et al. Molecular characterization of Cry1F resistance in fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* from Brazil [J]. Insect Biochemistry Molecular Biology, 2020, 116: 103280.
- [3] 梁沛,谷少华,张雷,等. 我国草地贪夜蛾的生物学、生态学和防治研究概况与展望[J]. 昆虫学报, 2020, 63(5): 624-638.
- [4] 吴孔明. 中国草地贪夜蛾的防控策略[J]. 植物保护, 2020, 46(2):

- 1-5.
- [5] BALL O J, COUDRON T A, TAPPER B A, et al. Importance of host plant species, *Neotyphodium* endophyte isolate, and alkaloids on feeding by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae [J]. Journal of Economic Entomology, 2006, 99(4): 1462-1473.
- [6] DUMAS P, LEGEAI F, LEMAITRE C, et al. *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) host-plant variants: two host strains or two distinct species?[J]. Genetica, 2015, 143(3): 305-316.
- [7] 吴秋琳,姜玉英,胡高,等. 中国热带和南亚热带地区草地贪夜蛾春夏两季迁飞轨迹的分析[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 1-9.
- [8] 亢菊侠,刘莎,李元喜,等. 草地贪夜蛾监测预警方法及绿色防控技术研究进展[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(1): 85-89.
- [9] 王登杰,任茂琼,姜继红,等. 草地贪夜蛾绿色防控技术研究进展[J]. 植物保护, 2020, 46(1): 1-9.
- [10] YU S J. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)[J]. Pesticide Biochemistry Physiology, 1991, 39(1): 84-91.
- [11] YU S J, JR E M. Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae)[J]. Pest Management Science, 2007, 63(1): 63-67.
- [12] RÍOS-DÍEZ J D, SALDAMANDO-BENJUMEA C I. Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) strains from central Colombia to two insecticides, methomyl and lambda-cyhalothrin: a study of the genetic basis of resistance[J]. Journal of Economic Entomology, 2011, 104(5): 1698-1705.
- [13] ZHU Y C, BLANCO C A, PORTILLA M, et al. Evidence of multiple/cross resistance to Bt and organophosphate insecticides in Puerto Rico population of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2015, 122: 15-21.
- [14] OKUMA D M, BERNARDI D, HORIKOSHI R J, et al. Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to spinosad in Brazil[J]. Pest Management Science, 2018, 74(6): 1441-1448.
- [15] BOLZAN A, PADOVEZ F E, NASCIMENTO A R, et al. Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides[J]. Pest Management Science, 2019, 75(10): 2682-2689.
- [16] 李永平,张帅,王晓军,等. 草地贪夜蛾抗性现状及化学防治策略[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 14-19.
- [17] 农业农村部. 农业农村部关于印发《2020年全国草地贪夜蛾防控预案》的通知[J]. 中华人民共和国农业农村部公报, 2020(3): 39-43.
- [18] 单彩慧,王鸣华,范加勤,等. 西花蓟马防治药剂的室内筛选[J]. 农药, 2010, 49(10): 768-770.
- [19] 张百重,苏栩,卢留洋,等. 三种杀虫剂亚致死剂量对草地贪夜蛾细胞色素P450基因表达的影响[J]. 昆虫学报, 2020, 63(5): 565-573.
- [20] 郭志敏,邓晓倩,李静,等. 湖北四个地区草地贪夜蛾田间种群的杀虫剂敏感性及其靶标突变检测[J]. 昆虫学报, 2020, 63(5): 582-589.
- [21] 林玉英,金涛,马光昌,等. 15种杀虫剂对草地贪夜蛾卵的毒力测定[J]. 植物保护, 2020, 46(1): 82-86.
- [22] 周泽雄,唐继洪,吕宝乾,等. 四种药剂对海南草地贪夜蛾的室内毒力和田间防效[J]. 热带农业科学, 2020, 40(增刊): 6-12.
- [23] 尹艳琼,张红梅,李永川,等. 8种杀虫剂对云南不同区域草地贪夜蛾种群的室内毒力测定[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 70-74.
- [24] 鲁艳辉,田俊策,郑许松,等. 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.
- [25] 闫文娟,杨帅,谭煜婷,等. 虫螨腈对草地贪夜蛾幼虫的室内毒力及田间防效[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(3): 602-606.
- [26] 高祖鹏,郭井菲,何康来,等. 乙基多杀菌素对草地贪夜蛾幼虫的毒力及对其解毒酶和乙酰胆碱酯酶活性的影响[J]. 昆虫学报, 2020, 63(5): 558-564.

(责任编辑:金兰)

印度的土壤有机碳(SOC)含量从1%下降到0.3%

国家雨养区管理局(NRAA)首席执行官Ashok Dalwai表示,在近70年里,印度的土壤有机碳(SOC)含量从1%下降到0.3%。土壤有机碳是土壤有机质的主要成分,赋予土壤保水能力、结构和肥力。Dalwai表示,SOC含量急剧下降会影响土壤生产力,因为影响土壤微生物正常生存。生物肥料和堆肥可以提高土壤的有机碳含量,集约化种植作物的土壤缺乏适当堆肥是土壤有机碳含量下降的原因,农民应该减少对杀虫剂和化肥的依赖。在近70年里,印度约51%的土地通过大、小和微灌进行了灌溉,而51%的耕地是靠雨养。微灌可以节省30%~40%的水,并且提高作物产量,灌溉土地上的农作物产量平均每英亩3 t,而雨育土地上的农作物产量仅为每英亩1.1 t。该中心豆类战略目标是将其豆类产量从2016—2017年的1 670万t增加到2021—2022年的2 500万t;油籽产量目标是从2016—2017年的2 400万t增至3 200万t。印度政府正在进行用甜菜作为甘蔗的替代品来生产糖的试验项目。

(金兰译)