

林素坤, 刘凯鸿, 王瑞飞, 等. 印楝素对草地贪夜蛾的毒力测定及田间防效 [J]. 华南农业大学学报, 2020, 41(1): 22-27.
LIN Sukun, LIU Kaihong, WANG Ruifei, et al. Indoor toxicity of azadirachtin to *Spodoptera frugiperda* and its control effect in field[J]. Journal of South China Agricultural University, 2020, 41(1): 22-27.

印楝素对草地贪夜蛾的毒力测定及田间防效

林素坤¹, 刘凯鸿², 王瑞飞¹, 刘本菊¹, 张悦¹, 吴吉英子¹,
程东美², 徐汉虹¹, 张志祥¹

(1 天然农药与化学生物学教育部重点实验室/华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642;
2 仲恺农业工程学院 农业与生物学院, 广东 广州 510225)

摘要:【目的】评价印楝素对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 的毒力与防效, 为草地贪夜蛾的防治提供技术参考。【方法】采用浸叶法与喷雾法测定了印楝素对草地贪夜蛾的室内毒力和田间防治效果。【结果】在室内条件下, 0.3%(φ) 印楝素乳油处理草地贪夜蛾 7 d 后, 2 龄和 3 龄幼虫的 LC_{50} 值分别为 0.59 和 0.46 mg/L; 40%(w) 印楝素干粉处理草地贪夜蛾 7 d 后, 2 龄和 3 龄幼虫的 LC_{50} 值分别为 0.93 和 0.79 mg/L。0.3% 印楝素乳油处理草地贪夜蛾 3 d 后, 2 龄和 3 龄幼虫的 AFC_{50} 值分别为 0.30 和 0.12 mg/L; 40% 印楝素干粉处理草地贪夜蛾 3 d 后, 2 龄和 3 龄幼虫的 AFC_{50} 值分别为 0.53 和 0.30 mg/L。0.3% 印楝素乳油稀释 500 倍喷雾处理后 1、3 和 7 d 对草地贪夜蛾的防效分别达到了 24.83%、50.34% 和 75.50%。【结论】印楝素对草地贪夜蛾具有较好的毒杀活性与拒食活性, 7 d 后的防治效果较好; 印楝素对草地贪夜蛾的防治具有广阔的应用前景。

关键词: 印楝素; 草地贪夜蛾; 幼虫; 室内毒力; 田间防效
中图分类号: S433.4; S435.132 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-411X(2020)01-0022-06

Indoor toxicity of azadirachtin to *Spodoptera frugiperda* and its control effect in field

LIN Sukun¹, LIU Kaihong², WANG Ruifei¹, LIU Benju¹, ZHANG Yue¹, WU Jiyingzi¹,
CHENG Dongmei², XU Hanhong¹, ZHANG Zhixiang¹

(1 Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology, Ministry of Education/College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 College of Agriculture and Biology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: 【Objective】To evaluate the toxicity and control effect of azadirachtin to *Spodoptera frugiperda* and provide a technical reference for prevention and control of *Spodoptera frugiperda*. 【Method】The toxicity and field control effect of azadirachtin on *Spodoptera frugiperda* were determined by soaking leaf method and spraying method. 【Result】Under indoor condition, the LC_{50} values of 2nd and 3rd instar larvae were 0.59 and 0.46 mg/L respectively, when treated with 0.3% azadirachtin EC after seven days; At seven days after treated with 40% azadirachtin dry powder, the LC_{50} values of 2nd and 3rd instar larvae were 0.93 and 0.79 mg/L respectively; At three days after treated with 0.3% azadirachtin EC, the AFC_{50} values of 2nd and 3rd instar larvae were 0.30 and 0.12 mg/L respectively; At three days after treated with 40% azadirachtin dry powder, the AFC_{50} values of 2nd and 3rd instar larvae were 0.53 and 0.30 mg/L respectively. When 0.3% azadirachtin EC was diluted 500 times and sprayed on

corn, the control effects on *S. frugiperda* reached 24.83%, 50.34% and 75.50% after 1, 3 and 7 days respectively.

【Conclusion】Azadirachtin has good toxicity and antifeedant activity, and the control effect on *S. frugiperda* is better at seven days after treatment. Azadirachtin has a broad application prospect in controlling *S. frugiperda*.

Key words: azadirachtin; *Spodoptera frugiperda*; larva; indoor toxicity; field efficacy

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith 起源于美洲热带和亚热带地区, 是典型的迁飞性害虫^[1], 其幼虫可取食玉米、水稻、高粱和甘蔗等 350 多种植物^[2-3]。草地贪夜蛾于 2019 年 1 月入侵我国云南^[4-7], 截至 2019 年 7 月 23 日, 已经蔓延到我国 21 个省(市、自治区), 严重威胁我国农业及作物生产^[8]。自草地贪夜蛾侵入我国以来, 传播迅速, 且我国大部分地区均适宜草地贪夜蛾生存, 如果不进行人为干预, 其势必会对我国作物安全造成重大影响^[9]。化学农药对草地贪夜蛾的防治已有几十年的应用历史^[10], 目前许多国家的田间种群对多数传统农药已产生了不同程度的抗性^[11], 靶标害虫产生抗性使得农药的使用剂量加大, 而农药使用剂量的增加会引发农产品质量安全、环境安全和生物多样性问题^[12-14]。近年来, 世界各国都在大力推广和使用生物农药来防治害虫, 生物农药防治效果独特, 具有多重作用机制, 不易引起抗药性, 而且对环境安全^[15]。印楝素是一种从印楝中提取出来的生物活性物质, 是世界公认的广谱、高效、低毒、易降解、无残留的杀虫剂^[16-17]。许多研究表明, 印楝素对多种害虫具有拒食、触杀、胃毒、抑制生长发育和影响卵巢发育的作用^[18]。本文测定了室内 0.3%(φ) 印楝素乳油和 40%(w) 印楝素干粉对草地贪夜蛾毒杀活性和拒食活性以及 0.3% 印楝素乳油对草地贪夜蛾的田间防效, 旨在为科学防治草地贪夜蛾提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源 2019 年 5 月在广州市花都区花山镇紫西村玉米地 (113°26'50.43"N, 23°48'66.63"E) 采集草地贪夜蛾卵块, 因 1 龄和 2 龄幼虫取食叶片后会留下一层膜, 3 龄及高龄幼虫可以把叶片吃穿, 1 龄幼虫取食量较小, 试验叶片可能无法满足高龄幼虫的取食量, 故卵孵化后, 以玉米嫩叶饲养至 2 龄和 3 龄幼虫供试。饲养条件为温度 25℃ ± 2℃、湿度为 60% ± 5%、光周期为 16 h 光:8 h 暗。

1.1.2 供试玉米 供试玉米种植地为广州市花都区花山镇紫西村, 试验时玉米处于喇叭口期, 植株长势均匀。试验前及试验过程中均未喷施其他农

药, 玉米栽培及管理条件符合当地的农业实践管理。

1.1.3 供试药剂 0.3% 印楝素乳油, 成都绿金生物科技有限责任公司; 40% 印楝素干粉, 华南农业大学天然农药与化学生物学教育部重点实验室。

1.1.4 试验仪器及工具 电动喷雾器、叶面积测定仪、定量药匙、移液枪、培养皿、天平、水桶、量杯、滤纸、剪刀、毛刷等。

1.2 方法

1.2.1 室内毒力试验 采用浸叶法^[19]测定了 40% 印楝素干粉对草地贪夜蛾 2 龄和 3 龄幼虫的毒力, 根据预备试验结果, 将 40% 印楝素干粉用 φ 为 70% 的丙酮溶液配制成 0.1、0.5、1.0 和 5.0 mg/L 的 4 个印楝素质量浓度。将洁净的新鲜玉米嫩叶剪成 3 cm×5 cm 的叶片, 浸渍药液 3 s, 自然晾干后置于垫有滤纸(直径 9 cm)保湿的培养皿中, 再选取大小一致的 2 龄幼虫 20 头饥饿处理 4 h 后接入培养皿内, 3 龄幼虫每皿只接入 1 头, 每处理测定 20 头, 每处理重复 3 次。以 φ 为 70% 的丙酮溶液浸渍 3 s 后自然晾干的嫩叶喂食为对照。

将 0.3% 印楝素乳油用水稀释成 0.1、0.5、1.0 和 5.0 mg/L 的 4 个印楝素质量浓度, 以清水为对照, 均匀喷洒至盆栽玉米叶片上, 待其晾干后, 选取新鲜玉米嫩叶剪成 3 cm×5 cm 的叶片, 置于垫有滤纸(直径 9cm)保湿的培养皿中, 再选取大小一致的 2 龄幼虫 20 头饥饿处理 4 h 后接入培养皿内, 3 龄幼虫每皿只接入 1 头, 每处理测定 20 头、重复 3 次。

处理后 1、2 和 3 d 用叶面积测定仪测定取食面积, 并根据以下公式计算拒食率:

拒食率 = (对照组取食叶面积 - 处理组取食叶面积) / 对照组取食叶面积 × 100%。

并使用 Excel 进行毒力回归计算, 得到毒力回归方程、AFC₅₀、上下限及相关系数。

处理后 1、2、3、5 和 7 d 检查幼虫的存活状态, 以毛刷轻触幼虫体表, 无反应判定为死亡, 记录死亡数, 按照以下公式计算各处理幼虫的死亡率和校正死亡率:

死亡率 = 死虫数 / 供试虫数 × 100%,
校正死亡率 = (处理组死亡率 - 对照组死亡率) / (100 - 对照组死亡率) × 100%。

使用 Excel 进行毒力回归计算, 得到毒力回归方程、 LC_{50} 、上下限及相关系数, 采用 GraphPad Prism 5 作图, SPSS19.0 数据处理软件进行差异显著性分析。

1.2.2 田间药效试验 田间药效试验于 2019 年 6 月 17 日至 6 月 24 日在广东省广州市花都区花山镇紫西村玉米地进行, 草地贪夜蛾为害期为幼虫各个阶段, 试验期间玉米正处于喇叭口期, 试验地玉米 52 500 株/hm²。试验共设 3 个处理浓度, 即用水将 0.3% 印楝素乳油稀释 500、800 和 1 000 倍, 稀释倍数越高, 药剂浓度越低。每个处理设置 3 个重复小区, 每个小区 30 m², 各小区之间设置 1 m 宽的隔离带, 另设对照小区 3 个, 各 30 m²。试验用药时天气多云, 施药当天及施药后 3 d 无降雨。

将 0.3% 印楝素乳油稀释后, 对玉米进行全株均匀喷雾施药, 制剂用药量为 750 mL/hm²。对照小区使用清水按照相同方法处理。

在每个小区中采用“Z”字型六点取样法, 每点 5 株, 共计 30 株, 试验前做好标记并统计玉米上的虫口数量, 施药后 1、3 和 7 d 按照相同方式调查虫口数量, 并同时观察小区玉米生长情况及药害发生情况。按照以下公式计算虫口减退率和防治效果, 并用 SPSS19.0 数据处理软件进行差异显著性分析。

虫口减退率 = (药前活虫数 - 药后活虫数) / 药前活虫数 × 100%,

防治效果 = (处理区虫口减退率 - 对照组虫口减退率) / (1 - 对照组虫口减退率) × 100%。

2 结果与分析

2.1 印楝素对草地贪夜蛾幼虫的室内毒杀活性

为评价使用印楝素对草地贪夜蛾的毒杀活性与防效, 在室内测定了 0.3% 印楝素乳油和 40% 印楝素干粉对草地贪夜蛾幼虫的毒杀活性, 结果见图 1 和表 1。从图 1 可以看出, 质量浓度为 5 mg/L 的印楝素对草地贪夜蛾 2 龄和 3 龄幼虫具有良好的毒杀活性。在质量浓度为 5 mg/L 时, 0.3% 印楝素乳油处理草地贪夜蛾后 1、2、3、5 和 7 d, 2 龄幼虫的死亡率分别为 6.67%、23.33%、53.33%、70.00% 和 86.67%, 3 龄幼虫的死亡率分别为 8.33%、26.67%、60.00%、80.00% 和 90.00%; 40% 印楝素干粉处理草地贪夜蛾后 1、2、3、5 和 7 d, 2 龄幼虫的死亡率分别为 1.67%、16.67%、50.00%、61.67% 和 75.00%, 3 龄幼虫的死亡率分别为 6.67%、20.00%、53.33%、65.00% 和 83.33%。经 Tukey 法差异显著性分析, 在 $P < 0.05$

水平上, 7 d 后处理组与对照组的死亡率差异显著, 处理组之间无显著差异, 对照组之间无显著差异。试验发现, 印楝素对草地贪夜蛾的毒杀效果较为缓慢, 未死亡的幼虫出现行动迟缓、躯体僵硬等现象。

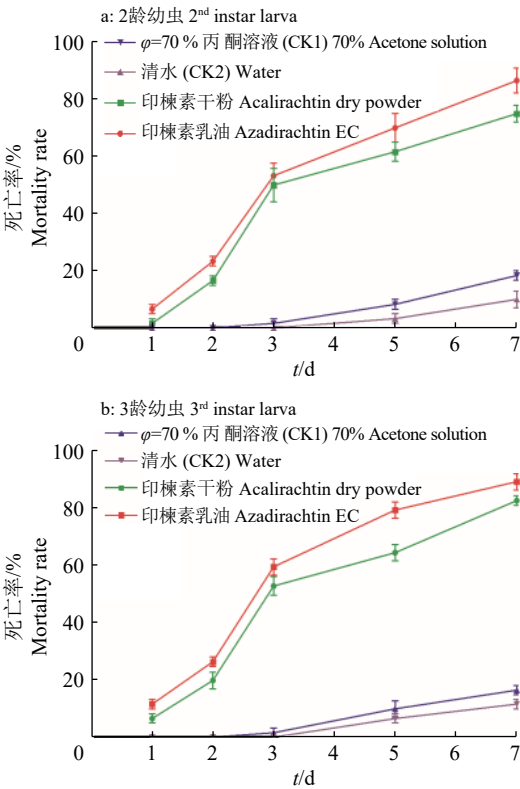


图 1 印楝素 ($\rho=5$ mg/L) 对草地贪夜蛾 2 龄和 3 龄幼虫的室内毒杀活性

Fig. 1 Indoor toxicity activity of azadirachtin ($\rho=5$ mg/L) on the 2nd and 3rd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

从表 1 可以看出, 相较于 40% 印楝素干粉, 0.3% 印楝素乳油对草地贪夜蛾有更好的毒力, 处理后 7 d 2 龄和 3 龄幼虫的 LC_{50} 值为 0.59 和 0.46 mg/L, 而 40% 印楝素干粉处理草地贪夜蛾后 7 d, 2 龄和 3 龄幼虫的 LC_{50} 值为 0.93 和 0.79 mg/L。试验中, 印楝素对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒杀活性要高于 2 龄幼虫。

2.2 印楝素对草地贪夜蛾幼虫的室内拒食活性

本文为评价使用印楝素对草地贪夜蛾的拒食活性与防效, 在室内测定了 0.3% 印楝素乳油和 40% 印楝素干粉对草地贪夜蛾幼虫的拒食活性, 结果见表 2。从表 2 可以看出, 印楝素对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的拒食效果要较好于 2 龄幼虫; 相较于 40% 印楝素干粉, 0.3% 印楝素乳油对草地贪夜蛾具有更好的拒食活性, 处理后 3 d, 2 龄和 3 龄幼虫的 AFC_{50} 值分别为 0.30 和 0.12 mg/L; 而 40% 印楝素干粉处理草地贪夜蛾后 3 d, 2 龄和 3 龄幼虫的 AFC_{50} 值分别为 0.53 和 0.30 mg/L。试验观察发现, 处理组的

表 1 印楝素对草地贪夜蛾 2 龄和 3 龄幼虫的毒力分析

Table 1 The toxicity analyses of azadirachtin on the 2nd and 3rd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

幼虫 Larva	处理 Treatment	t/d	毒力回归方程 ¹⁾ Regression equation	LC ₅₀ /(mg·L ⁻¹)	95%置信区间 95% confidence limit	相关系数(r) Correlation coefficient
2龄 2 nd instar	0.3%印楝素乳油	3	Y=0.755 7X+4.571 5	3.69	1.80~7.56	0.988 1
	0.3% Azadirach- tin EC	5	Y=1.046 1X+4.924 4	1.18	0.83~1.68	0.988 7
		7	Y=1.465 2 X+5.333 8	0.59	0.46~0.76	0.990 5
	40%印楝素干粉	3	Y=0.947 7 X+4.353 0	4.82	2.46~9.45	0.996 7
	40% Azadirachtin dry powder	5	Y=0.932 1 X+4.616 5	2.58	1.53~4.33	0.990 1
		7	Y=0.977 4 X+5.032 7	0.93	0.65~1.32	0.988 3
3龄 3 rd instar	0.3%印楝素乳油	3	Y=0.871 5 X+4.671 7	2.38	1.40~4.04	0.990 5
	0.3% Azadirach- tin EC	5	Y=1.179 9 X+5.057 4	0.89	0.66~1.21	0.989 2
		7	Y=1.495 5 X+5.500 3	0.46	0.36~0.60	0.991 1
	40%印楝素干粉	3	Y=0.859 5 X+4.481 7	4.01	2.06~7.81	0.992 4
	40% Azadirachtin dry powder	5	Y=0.831 5 X+4.600 1	3.03	1.65~5.56	0.993 0
		7	Y=1.304 2 X+5.136 4	0.79	0.60~1.03	0.989 1

1) Y: 死亡概率, X: 浓度对数

1) Y: Mortality probability, X: Logarithm of concentration

表 2 印楝素对草地贪夜蛾 2 龄和 3 龄幼虫的拒食活性

Table 2 The anti-feedant activities of azadirachtin on the 2nd and 3rd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

幼虫 Larva	处理 Treatment	t/d	毒力回归方程 ¹⁾ Regression equation	AFC ₅₀ / (mg·L ⁻¹)	95%置信区间 95% confidence limit	相关系数(r) Correlation coefficient
2龄 2 nd instar	0.3%印楝素乳油	1	Y=0.839 1X+5.362 5	0.37	0.17~0.82	0.990 6
	0.3% Azadirach- tin EC	2	Y=0.699 0X+5.238 7	0.46	0.19~1.10	0.988 0
		3	Y=0.643 4X+5.334 6	0.30	0.10~0.88	0.994 2
	40%印楝素干粉	1	Y=0.744 4X+5.098 9	0.74	0.33~1.62	0.994 9
	40% Azadirachtin dry powder	2	Y=0.708 5X+5.219 6	0.49	0.21~1.15	0.989 8
		3	Y=0.667 2X+5.185 5	0.53	0.22~1.29	0.992 0
3龄 3 rd instar	0.3%印楝素乳油	1	Y=0.751 0X+5.521 4	0.20	0.07~0.60	0.989 3
	0.3% Azadirach- tin EC	2	Y=0.846 4X+5.628 2	0.18	0.06~0.51	0.990 0
		3	Y=0.671 0X+5.611 7	0.12	0.03~0.54	0.989 7
	40%印楝素干粉	1	Y=0.815 0X+5.379 8	0.34	0.15~0.79	0.995 3
	40% Azadirachtin dry powder	2	Y=0.738 3X+5.531 5	0.19	0.06~0.59	0.988 6
		3	Y=0.784 1X+5.408 9	0.30	0.12~0.74	0.997 0

1) Y: 死亡概率, X: 浓度对数

1) Y: Mortality probability, X: Logarithm of concentration

幼虫出现逃避叶片、显著减少取食的现象。

2.3 印楝素对草地贪夜蛾的田间防效

田间测定了 0.3% 印楝素乳油对草地贪夜蛾的防治效果, 并与 10%(φ) 氯氰菊酯乳油 1 000 倍液进行比较, 结果见表 3。施药后观察, 0.3% 印楝素乳油对玉米安全, 玉米正常生长, 无药害产生, 对非靶标生物也未见明显的不良影响。从表 3 可以看出, 在印楝素药剂稀释 500 倍时, 施药后 7 d, 0.3% 印楝

素乳油对草地贪夜蛾具有良好的防效, 可以将虫口密度控制在较低的水平。稀释 500 倍时, 施药后 1、3 和 7 d 防效分别达到 24.83%、50.34% 和 75.50%, 稀释 800 倍时, 施药后 1、3 和 7 d 的防效分别为 19.76%、41.51% 和 66.03%, 稀释 1 000 倍时, 施药后 1、3 和 7 d 的防效分别为 10.90%、32.70% 和 53.37%。试验发现, 0.3% 印楝素乳油 3 个处理浓度之间, 稀释倍数越低, 即浓度越高, 对草地贪夜蛾的防效越佳。施药

表 3 0.3% 印楝素乳油对草地贪夜蛾的田间防效¹⁾
Table 3 The field control effect of 0.3% azadirachtin EC for *Spodoptera frugiperda*

处理 Treatment	稀释倍数 Dilution times	药后不同时间的防效/% Control effect at different time after treatment		
		1 d	3 d	7 d
0.3%印楝素乳油	500	24.83±1.46b	50.34±2.92b	74.50±4.38a
0.3% Azadirachtin EC	800	19.76±3.09b	41.51±0.83c	66.03±3.31ab
	1 000	10.90±0.99c	32.70±2.97d	53.37±1.71bc
10%氯氰菊酯乳油	1 000	57.63±1.61a	66.67±1.84a	44.62±3.06c
10% Cypermethrin EC				

1) 同列数据后凡是有一个相同字母者,表示差异不显著($P>0.05$, Tukey法)
1) The same letters in the same column indicated that the difference was not significant ($P>0.05$, Tukey method)

后草地贪夜蛾对小区玉米再取食率低,叶片的完整程度较为理想;草地贪夜蛾的卵块明显减少,但 0.3% 印楝素乳油防治草地贪夜蛾的速效性不佳。

3 讨论与结论

本文通过测定印楝素对草地贪夜蛾的毒杀活性、拒食活性以及防治效果,评价了印楝素在草地贪夜蛾防治工作中的应用潜力。试验中发现,相较于 40% 印楝素干粉,0.3% 印楝素乳油对草地贪夜蛾具有更好的毒力。在生产过程中,40% 印楝素干粉经除杂净化,会去除一些活性物质,而 0.3% 印楝素乳油中的活性物质较多,这些活性物质与印楝素发生一定的协同作用,从而造成 0.3% 印楝素乳油对草地贪夜蛾的毒力作用优于 40% 印楝素干粉。对比 2 龄幼虫和 3 龄幼虫,发现印楝素对 3 龄幼虫具有更好的毒杀活性和拒食活性。一般情况下,鳞翅目 1~2 龄害虫是对农药抵抗力最弱的阶段,杀虫剂对鳞翅目 2 龄害虫的毒力作用要强于 3 龄幼虫^[20]。本研究对草地贪夜蛾取食行为的观察发现,2 龄幼虫由于吃不穿叶片,取食后叶片还留下一层膜,取食同等的叶面积,2 龄幼虫取食的药量接近 3 龄幼虫取食药量的一半,因而造成印楝素对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力作用强于 2 龄幼虫。

抗药性是杀虫剂使用留给害虫的遗传特征^[21],草地贪夜蛾作为一种迁飞性害虫,无疑会将抗性基因扩散,从而放大抗药性的问题,抗药性问题会增加农药的使用剂量,进而引发农产品的质量安全和环境安全等问题。生物农药对环境安全,并且由于具有多重作用机制不易引起抗药性,目前已成为防治害虫的重要手段之一^[22],虽然试验中印楝素对草地贪夜蛾的防治时效性不佳,但印楝素作为植物杀虫剂的代表,几乎达到了理想农药所要求的全部标准,不仅无明显的脊椎动物毒性或植物药害,还能在环境中迅速降解^[23]。试验中发现,印楝素不仅对

草地贪夜蛾具有良好的毒杀活性,还具有明显的拒食活性,在田间施药后,草地贪夜蛾对玉米取食率明显降低,叶片较为完整,在印楝素毒杀和拒食双重作用机制下,草地贪夜蛾的危害得到了有效控制。综上所述,在草地贪夜蛾的防治工作中,印楝素具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] LUGINBILL P. The fall army worm[J]. USDA Technology Bulletin, 1928, 34: 2-7.
[2] EARL Y R, GONZALEZ-MORENO P, MURPHY S T, et al. Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm[J]. *Neobiota*, 2018, 40: 25-50.
[3] KRIS A, WYCKHUYS G, ROBERT J, et al. Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize[J]. *Crop Prot*, 2006, 25(11): 1180-1190.
[4] 杨学礼,刘永昌,罗茗钟,等. 云南省江城首次发现迁入我国西南地区的草地贪夜蛾 [J]. *云南农业*, 2019(1): 72.
[5] 界面新闻. 草地贪夜蛾入侵中国 21 个省份, 如何快速监测识别仍是防控痛点[EB/OL]. [2019-07-17]. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1639275743535174345&wfr=spider&for=pc>.
[6] 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.
[7] 吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析 [J]. *植物保护*, 2019, 45(2): 1-6.
[8] 杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 等. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议[J/OL]. *植物保护*, [2019-06-28]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019260>.
[9] 林伟, 徐淼锋, 权永兵, 等. 基于 MaxEnt 模型的草地贪夜蛾适生性分析[J/OL]. *植物检疫*, [2019-08-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1990.s.20190422.1026.002.html>.
[10] ARAHAMS P, BEALE T, COCK M, et al. Fall army-

worm status: Impacts and control options in Africa: Preliminary evidence note(April 2017)[R]. CABI, UK, 2017.

[11] 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/OL]. 植物保护, [2019-08-03]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019315>.

[12] 吴孔明. 中国农作物病虫害防控科技的发展方向 [J]. 农学学报, 2018, 8(1): 35-38.

[13] 陈印军, 方琳娜, 杨俊彦. 我国农田土壤污染状况及防治对策 [J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(4): 1-5.

[14] 李晓强, 孙跃先, 叶光祯, 等. 使用化学农药对农业生物多样性的影响 [J]. 云南大学学报(自然科学版), 2018, 30(S2): 365-369.

[15] 邱德文. 生物农药与生物防治发展战略浅谈 [J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(5): 88-92.

[16] 谭卫红, 宋湛谦. 天然植物杀虫剂印楝素的研究进展 [J]. 华南热带农业大学学报, 2004, 10(1): 23-28.

[17] 熊忠华, 席运官, 陈小俊, 等. 4 种天然源农药对有机橘园柑橘全爪螨的防治技术研究 [J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(1): 97-101.

[18] SCHMUTTERER H. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*[J]. *Annu Rev Entomol*, 1990, 35: 271-279.

[19] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 杀虫剂: 第 14 部分 浸叶法: NY/T1154.14—2008[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.

[20] 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.

[21] 吴孔明, 郭予元. 棉铃虫种群的地理型分化和区域性迁飞规律 [J]. 植物保护, 2007, 33(5): 6-11.

[22] 赵梦琳. 生物农药发展现状及发展趋势分析 [J]. 农业开发与装备, 2019(6): 37.

[23] 刘熙东, 陈铃诗, 徐汉虹. 基于专利分析印楝素产业发展特征及其对策研究 [J]. 中国农业科技导报, 2018, 20(2): 19-26.

【责任编辑 周志红】

欢迎订阅 2020 年《华南农业大学学报》

《华南农业大学学报》是华南农业大学主办的综合性农业科学学术刊物。本刊主要报道农业各学科的科研学术论文、综述等，涵盖动物科学、兽医学、农学、园艺学、土壤肥料、植物保护、生物学、林业科学、农业工程和食品科学等学科。本刊附英文目次和英文摘要。读者对象主要是农业院校师生、农业科研人员和有关部门的专业技术人员。

本刊为《中文核心期刊要目总览》综合性农业科学核心期刊，《中国科学引文数据库 (CSCD)》、《中国科技论文统计源（中国科技核心期刊）》及《中国学术期刊综合评价数据库》等来源期刊，并排列在中国科学引文数据库被引频次最高的中国科技期刊 500 名以内；为《CNKI》《万方数据库》《中国生物学文摘》《化学文摘》《EBSCO》《Scopus》《CABI》《剑桥科学文摘》《动物学记录》《食品科技文摘》《文摘杂志》《日本科学技术振兴机构数据库》等国内外 40 多家数据库（文摘）收录。

双月刊，逢单月上旬出版，A4 幅面。定价 15.00 元/册，全年 90.00 元。自办发行，参加全国非邮发报刊联合征订发行，非邮发代号：6573。国内外公开发行，欢迎订阅！

订阅款邮汇至：300381 天津市卫津南路李七庄邮局 9801 信箱，全国非邮发报刊联合征订服务部。

《华南农业大学学报》编辑部