

8种农药对草地贪夜蛾的田间防治效果

赵胜园¹, 杨现明¹, 杨学礼², 宋翼飞^{1,3}, 王文辉⁴, 吴孔明^{1*}

- (1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;
2. 云南省普洱市江城县委植保植检站, 普洱 665999; 3. 福建农林大学植物保护学院, 福州 350002;
4. 云南省普洱市江城县宝藏镇农业服务中心, 普洱 665904)

摘要 利用前期室内筛选得到的对草地贪夜蛾有较高防效的5种化学农药和3种生物农药在云南省普洱市江城县开展了对玉米上草地贪夜蛾田间药效试验研究。结果表明,化学农药60 g/L乙基多杀菌素SC、5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐ME、200 g/L氯虫苯甲酰胺SC、5%氯虫苯甲酰胺UL和75%乙酰甲胺磷SP施药7 d后对草地贪夜蛾的防效达到81.42%~92.59%,施药15 d后对玉米叶片的保护率达到82%~95%。3%氟虫腈ME施药7 d后的防效为46.90%,施药15 d后对玉米叶片的保护率仅为18.75%。生物农药10%多杀霉素WG、8 000 IU/ μ L苏云金杆菌SC和80亿孢子/g球孢白僵菌OD施药7 d后的防效分别为73.62%、60.78%~64.01%和29.12%,施药15 d后对叶片保护率分别为57.50%、25.63%~36.25%和26.25%。本研究结果表明,乙基多杀菌素、甲维盐、氯虫苯甲酰胺、乙酰甲胺磷及抗生素类农药多杀霉素等新型高效低毒农药是草地贪夜蛾应急防控的首选农药,而苏云金芽孢杆菌和球孢白僵菌对该虫防治效果相对较低,适用于低密度种群的预防性控制用药。

关键词 草地贪夜蛾; 杀虫剂; 田间药效; 玉米

中图分类号: S 48 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2019289

Field efficacy of eight insecticides on fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*

ZHAO Shengyuan¹, YANG Xianming¹, YANG Xueli², SONG Yifei^{1,3}, WANG Wenhui⁴, WU Kongming¹

- (1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Jiangcheng Plant Protection and Quarantine Station, Puer City, Yunnan Province, Puer 665999, China; 3. College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 4. Baozang Agricultural Service Center of Jiangcheng County, Puer City, Yunnan Province, Puer 665904, China)

Abstract In our previous indoor study, we found five chemical insecticides and three biological insecticides showed high toxicity to *Spodoptera frugiperda*. In this paper the control effect of these insecticides against *S. frugiperda* in corn field were investigated in Jiangcheng county, Yunnan province. The results showed that the spinetoram 60 g/L SC, emamectin benzoate 5% ME, chlorantraniliprole 200 g/L SC, chlorantraniliprole 5% UL and acephate 75% SP showed great control effect which is 81.42%—92.59% 7 days after application and the protection rates of these four insecticides on corn leaves reached 82%—95% 15 days after application, but control effect of fipronil 3% ME was only 46.90% 7 days after application, and its protection rate on leaves was 18.75% 15 days after application. The control effects of spinosad 10% WG, *Bacillus thuringiensis* 8 000 IU/ μ L SC and *Beauveria bassiana* 8×10^9 spores/g OD were 73.62%, 60.78%—64.01% and 29.12% 7 days after application, and the leaf protection rates were 57.50%, 25.63%—36.25% and 26.25% respectively after 15 days. We suggested that spinetoram, emamectin benzoate, chlorantraniliprole, acephate and spinosad are the first choice for emergency control of *S. frugiperda*, while *Bacillus thuringiensis* and *Beauveria bassiana* are suitable for the preventive control of *S. frugiperda* in low population density.

Key words *Spodoptera frugiperda*; insecticide; field effect; corn

收稿日期: 2019-06-12 修订日期: 2019-06-15

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-15-19)

* 通信作者 E-mail: wukongming@caas.cn

自草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) 2019 年 1 月入侵我国云南省以来,到 5 月底该虫已蔓延至 16 个省(市、自治区)的 600 多个县(市、区),给玉米、高粱、甘蔗、薏苡等作物造成严重危害^[1-5]。经预测,该虫将进一步迁飞入侵我国华北、西北和东北的广大地区^[2,5],中国玉米生产受到严重威胁。

农业农村部高度重视草地贪夜蛾的防控工作,将北方玉米主产区确定为“虫口夺粮”的主战场,防控的总体目标是对重点防控区域防控处置率要达到 90% 以上,危害损失控制在 5% 以内,确保不发生玉米大面积连片成灾减产。近期出台了一系列防控措施,包括成立草地贪夜蛾监测防控应急调研指导小组、开展基层农技从业人员的技术培训、增加人员力量及增设观测网点等。鉴于目前我国尚无防治该虫的登记农药,农业农村部根据《农药管理条例》的有关规定,在专家论证的基础上,提出多种应急用药措施,以解决生产上的防治用药问题。

在草地贪夜蛾原生地美洲地区,喷施农药一直是防治该虫的主要手段之一^[6-8],其中化学农药防治已有超过 50 年的历史^[9]。但在长期的选择压力下,草地贪夜蛾不仅对传统有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类农药产生了较高的抗性^[10-14],而且在墨

西哥和波多黎各对氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素等新型农药也已有了不同程度的抗性^[15]。生物农药具有低毒、低残留、环境友好等特点,是减少化学农药使用量和绿色防控害虫的重要手段,国外已将抗生素类农药多杀霉素、阿维菌素及微生物农药苏云金芽孢杆菌 *Bacillus thuringiensis* 用于防治草地贪夜蛾^[6-7,16]。

我们前期经过对多种农药的室内筛选,明确了化学农药甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(简称甲维盐)、乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、乙酰甲胺磷、氟虫腈,生物农药多杀霉素、苏云金杆菌、球孢白僵菌等对草地贪夜蛾具有较好的防控效果^[17-18]。为了进一步确认这些药剂的田间实际防效,为生产用药提供技术指导,我们在草地贪夜蛾的入侵地和重灾区云南省普洱市江城县开展了这些药剂在玉米田对草地贪夜蛾的防效试验。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试药剂:根据赵胜园等^[17-18]的草地贪夜蛾室内药剂筛选试验结果,选择对草地贪夜蛾具有较高防效的化学农药及生物农药供试。药剂稀释倍数见表 1。

表 1 供试药剂

Table 1 Insecticides used in this study

商品农药 Insecticide	厂家信息 Manufacture information	稀释倍数/倍 Dilution times
200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 chlorantraniliprole 200 g/L SC	美国富美实公司	2 400
5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(简称甲维盐)微乳剂 emamectin benzoate 5% ME	惠州市银农科技股份有限公司	2 400
5% 氯虫苯甲酰胺超低容量液剂 chlorantraniliprole 5% UL	广西田园生化股份有限公司	600
60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂 spinetoram 60 g/L SC	美国陶氏益农公司	1 000
75% 乙酰甲胺磷可溶粉剂 acephate 75% SP	广西田园生化股份有限公司	375
3% 氟虫腈微乳剂 fipronil 3% ME	广西田园生化股份有限公司	300
80 亿孢子/g 球孢白僵菌可分散油悬浮剂 <i>Beauveria bassiana</i> 8×10 ⁹ spores/g OD	重庆聚立信生物工程有限公司	400
10% 多杀霉素水分散粒剂 spinosad 10% WG	山东惠民中联生物科技有限公司	2 000
8 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂(Bt-1) <i>Bacillus thuringiensis</i> 8 000 IU/μL SC (Bt-1)	河北青园腾达生物科技有限公司	70
8 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂(Bt-2) <i>Bacillus thuringiensis</i> 8 000 IU/μL SC (Bt-2)	黑龙江省卫星生物科技有限公司	85

药械:背负式电动喷雾器(清元 3WBD-16 型,临沂佳士通农业机械有限公司),由江城县植保植检站提供。

试验地:试验设在云南省普洱市江城县宝藏镇水城村的春玉米田(22°41′15.60″N,101°38′33.70″E),试验地地势平坦,土壤类型属于壤土,肥力中等。种植玉米品种为“康农 2 号”(湖北康农生物技术有限公

司),株距 20 cm,行距 55 cm,试验地水肥管理正常。

1.2 试验方法

试验时间为 2019 年 4 月 17 日—5 月 10 日,玉米生育期为拔节期。试验设置 10 个药剂处理,以清水为对照,每处理 3 次重复,共计 33 小区,每小区面积为 20 m²,小区间间隔 1 m 为保护行,各小区随机排列组合。以茎叶喷雾方式施药,药液用量为 450 kg/hm²,

均匀喷雾。4月18日施药当天天气晴朗,气温33℃/13℃,相对湿度65%,无持续风向,风力1~2级。施药前1d及施药后1、3、5、7d,分别采用五点取样法调查各小区虫口密度,每点调查1m²,记录每点虫口数及为害情况,着重调查喇叭口及叶鞘部位。根据公式(1)和(2)分别计算虫口减退率(%)和防治效果(%)。药前及药后15d采用五点取样法调查玉米叶片完整度,记录完整叶片数,计算各处理的叶片保护率。

$$\text{虫口减退率} = \frac{\text{药前活虫数} - \text{药后活虫数}}{\text{药前活虫数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{防治效果} = \frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{1 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{叶片保护率} = \frac{\text{每株完整叶片数} - \text{药前完整叶片数}}{\text{每株叶片总数} - \text{药前叶片总数}} \times 100\% \quad (3)$$

校正叶片保护率 =

$$\frac{\text{处理叶片保护率} - \text{对照叶片保护率}}{1 - \text{对照叶片保护率}} \times 100\% \quad (4)$$

1.3 数据处理与统计分析

所有数据经 Excel 整理后,采用 SAS 9.4 对不同处理的虫口减退率、防治效果及叶片保护率进行统计分析,均值采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较,显著性水平 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

化学农药 60 g/L 乙基多杀菌素 SC、75% 乙酰甲胺磷 SP 和 5% 甲维盐 ME 具有很好的速效性,药后 1 d 虫口减退率分别为 72.95%、66.00% 和 64.59%,防效分别达到 71.46%、64.12% 和 62.63%,显著高于其他药剂处理(表 2);相对其他生物农药,10% 多杀霉素 WG 对草地贪夜蛾也具有一定速效性,药后 1 d 虫口减退率达到 49.80%,防效为 47.03%,显著高于其他生物农药处理。

表 2 不同药剂对玉米田草地贪夜蛾的田间防治效果¹⁾

Table 2 Control effects of different insecticides against *Spodoptera frugiperda* in corn field

药剂处理 Insecticide	虫口 基数/头 Population density	药后 1 d 1 day after treatment		药后 3 d 3 days after treatment		药后 5 d 5 days after treatment		药后 7 d 7 days after treatment	
		减退率/% Decline rate	防效/% Control efficacy	减退率/% Decline rate	防效/% Control efficacy	减退率/% Decline rate	防效/% Control efficacy	减退率/% Decline rate	防效/% Control efficacy
60 g/L 乙基多杀菌素 SC spinetoram 60 g/L SC	641.33	72.95	(71.46± 9.20)a	91.12	(89.96± 2.38)a	93.56	(92.72± 0.75)a	93.74	(92.59± 0.99)a
5% 甲维盐 ME emamectin benzoate 5% ME	416.00	64.59	(62.63± 1.64)a	77.68	(74.77± 4.23)c	89.25	(87.86± 2.23)b	90.52	(88.77± 2.26)ab
200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC chlorantraniliprole 200 g/L SC	464.00	34.16	(31.01± 5.26)c	85.01	(83.06± 2.10)b	85.89	(84.07± 4.16)bc	88.62	(86.52± 4.31)abc
5% 氯虫苯甲酰胺 UL chlorantraniliprole 5% UL	546.67	37.56	(34.11± 2.10)c	78.67	(75.88± 2.23)c	82.92	(80.71± 2.11)c	88.02	(85.81± 3.97)bc
75% 乙酰甲胺磷 SP acephate 75% SP	386.67	66.00	(64.12± 4.73)a	82.61	(80.33± 5.47)bc	82.98	(80.78± 6.13)c	84.31	(81.42± 5.19)c
10% 多杀霉素 WG spinosad 10% WG	664.00	49.80	(47.03± 6.69)b	69.28	(65.26± 0.88)d	72.47	(68.91± 3.57)d	77.72	(73.62± 2.82)d
8 000 IU/μL 苏云金杆菌 SC(Bt-1) <i>Bacillus thuringiensis</i> 8 000 IU/μL SC (Bt-1)	706.67	31.73	(27.96± 4.39)c	49.33	(42.71± 5.40)e	61.43	(56.44± 3.91)e	69.61	(64.01± 2.26)e
8 000 IU/μL 苏云金杆菌 SC(Bt-2) <i>B. thuringiensis</i> 8 000 IU/μL SC (Bt-2)	554.67	20.49	(16.10± 4.92)d	44.77	(37.55± 6.90)e	56.22	(50.56± 5.72)ef	66.88	(60.78± 8.94)e
3% 氟虫腈 ME fipronil 3% ME	324.00	33.50	(29.83± 3.84)c	51.28	(44.91± 4.20)e	50.83	(44.48± 2.98)f	55.16	(46.90± 7.54)f
80 亿孢子/g 球孢白僵菌 OD <i>Beauveria bassiana</i> 8×10 ⁹ spores/g OD	476.00	14.25	(9.51± 3.69)e	24.68	(14.84± 0.43)f	33.02	(24.36± 3.54)g	40.15	(29.12± 2.76)g
对照 Control	614.67	5.23	—	11.56	—	11.45	—	15.56	—

1) 表中数据为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Data in the table are mean±SD, different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

药后 3 d, 200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC 和 5% 氯虫苯甲酰胺 UL 处理的虫口减退率分别由第 1 天的 34.16% 和 37.56% 上升到 85.01% 和 78.67%, 防效也分别由第 1 天的 31.01% 和 34.11% 上升到 83.06% 和 75.88%; 同时, 60 g/L 乙基多杀菌素 SC 防效达到了 89.96%, 显著高于其他处理; 5% 甲维盐 ME 和 75% 乙酰甲胺磷 SP 处理组的防效分别上升到 74.77% 和 80.33%; 10% 多杀霉素 WG 处理防效达到 65.26%, 其他处理组防效均低于 60%。

药后 5 d, 化学农药处理组除 3% 氟虫腈 ME 外防效均超过 80%, 并显著高于生物农药处理; 两种 8 000 IU/ μ L 苏云金杆菌 SC 处理的防效均超过 50%, 表现出一定的防治效果。药后 7 d, 60 g/L 乙基多杀菌素 SC、5% 甲维盐 ME、200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC 的防效分别为 92.59%、88.77% 和 86.52%, 三者无显著差异; 10% 多杀霉素 WG 防效达到 73.62%, 两种 8 000 IU/ μ L 苏云金杆菌 SC 处理的防效均超过 60%; 3% 氟虫腈 ME 处理组在化学农药中防效最低, 为 46.90%; 80 亿孢子/g 球孢白僵菌 OD 处理组防效最低, 为 29.12%。

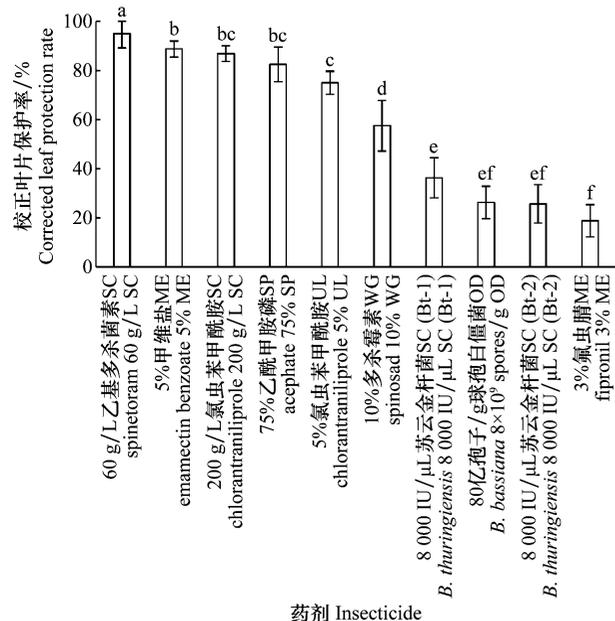


图 1 不同药剂对草地贪夜蛾为害玉米叶片的保护效果

Fig. 1 Protective effect of different insecticides on corn leaves damaged by *Spodoptera frugiperda*

试验田草地贪夜蛾发生较重, 为害株率为 100%, 处理前处于拔节期, 是功能叶片生长和雌雄穗分化的重要时期。由图 1 可知, 化学农药对玉米叶片的保护作用较好, 药后 15 d, 玉米处于抽雄期

(约 16 叶), 化学农药处理组以 60 g/L 乙基多杀菌素 SC、5% 甲维盐 ME、200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC 和 75% 乙酰甲胺磷 SP 效果最好, 叶片保护率分别为 95.00%、88.25%、86.88% 和 82.50%; 生物农药处理组以 10% 多杀霉素 WG 效果最好, 叶片保护率为 57.50%, 基本能保证功能叶片的完整性, 其他几种生物农药处理的功能叶均不同程度受到草地贪夜蛾为害。

3 讨论

目前, 尽管已有报道草地贪夜蛾对化学农药产生了较高的抗性, 但在巴西等美洲地区, 施用化学农药仍是防治草地贪夜蛾的重要手段^[6-8, 14-15]。乙基多杀菌素、灭多威、氯虫苯甲酰胺、茚虫威、毒死蜱、二氟脲、高效氯氟氰菊酯、氟丙氧脲等仍然广泛用于玉米田草地贪夜蛾的防治^[8]。在非洲地区氯氟氰菊酯、 α -氯氟菊酯、氟虫双酰胺、氯虫苯甲酰胺、高效氯氟氰菊酯、茚虫威、乙酰甲胺磷、丁硫克百威、阿维菌素、氟丙氧脲、乙基多杀菌素等农药被推荐用于防控草地贪夜蛾^[6-7, 16, 19]。

本研究结果表明, 除氟虫腈外, 乙基多杀菌素、甲维盐、氯虫苯甲酰胺、乙酰甲胺磷对草地贪夜蛾具有较好的速效性和防控效果, 药后 3 d 的虫口减退率及防效均大于 70%; 药后 5 d, 防效及虫口减退率均超过 80%。药后 7 d 对该虫的防效仍然大于 80%。

生物农药的速效性总体较差。药后 3 d, 除多杀霉素外, 苏云金杆菌 Bt-1 及 Bt-2 处理的虫口减退率及防效均低于 50%, 球孢白僵菌处理的虫口减退率及防效低于 25%。随着时间的延长, Bt-1 及 Bt-2 显示出较高的防效, 药后 7 d, 虫口减退率接近 70%, 防效也大于 60%。但药后 7 d, 球孢白僵菌处理的虫口减退率仅为 40.15%, 防效为 29.12%。两种微生物农药虽有一定的防治效果, 但叶片保护率较低, 叶片受害率显著高于化学杀虫剂处理及抗生素类农药处理。

源于植物、细菌、真菌、病毒以及天敌活体等生物资源或其代谢产物的生物农药具有低毒、低残留、环境友好等特点, 但也存在见效慢、防治谱窄等缺点^[20-22]。微生物农药往往需要适宜的温湿度等环境条件进行繁殖发育才能发挥作用^[21], 如球孢白僵菌需要高湿度条件才能具有较高防效^[23], 相对湿度越高, 对害虫的致死率越高, 在相对湿度 95% 条件下对草地螟幼虫致死率可达 100%^[24]。因此, 生物农

药在施用极易受环境等非生物因素的限制,田间环境是否适于病原流行是影响防效的主要因素^[21]。此外,白僵菌等生物杀虫剂对初龄幼虫具有更高的侵染致死率^[21],在害虫密度较低,环境湿度较高的条件下,对低龄幼虫利用生物农药防治会有较高的防效。本试验期间,江城县处于干旱季节,这可能是生物农药效果不佳的主要原因。

针对白僵菌等生物农药防效慢的缺点,可采用多种农药复配的方式予以解决。如苏云金芽孢杆菌和球孢白僵菌复配制剂防治马铃薯甲虫具有协同增效作用,杀虫速度较快的 Bt 菌可降低叶片被害率,持效期长的白僵菌可以实现长期的病原流行与控制目标^[25]。为减少化学农药的施用量,亦可将白僵菌等生物农药与化学农药混合使用,实现不同类型农药的优势互补^[26]。

总体而言,乙基多杀菌素、甲维盐、氯虫苯甲酰胺、乙酰甲胺磷及抗生素类农药多杀霉素是草地贪夜蛾应急防控的首选农药,而苏云金芽孢杆菌及球孢白僵菌对该虫控制效果相对较低,适用于种群低密度下的预防性控制。

参考文献

[1] 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.

[2] 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.

[3] 张磊,靳明辉,张丹丹,等. 入侵云南草地贪夜蛾的分子鉴定[J]. 植物保护,2019,45(2):19-24.

[4] 全国农业技术推广服务中心. 植物病虫害情报[EB/OL]. (2019-05-14)[2019-05-28]. https://www.natesc.org.cn/Html/2019_05_14/28092_151760_2019_05_14_458487.html.

[5] 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.

[6] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Integrated management of the fall armyworm on maize. A guide for farmer field schools in Africa [R/OL]. 2018. <http://www.fao.org/3/I8665EN/i8665en.pdf>.

[7] United States Agency for International Development, the International Maize and Wheat Improvement Center, the CGIAR Research Program on Maize. Fall armyworm in Africa; a guide for integrated pest management [R/OL]. 2018. <https://www.preventionweb.net/publications/view/56957>.

[8] BURTET L M, BERNARDI O, MELO A A, et al. Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt maize and insecticides in south Brazil [J]. Pest Management Science, 2017, 73(12): 2569-2577.

[9] LUGNBILL P. The fall army worm[R]. USDA Technology

Bulletin, 1928, 34: 2-7.

[10] YOUNG J R, MCMILLIAN W W. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl treated surfaces [J]. Journal of Economic Entomology, 1979, 72(2): 202-203.

[11] YU S J. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1991, 39(1): 84-91.

[12] YU S J. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 1992, 85(3): 675-682.

[13] YU S J, NGUYEN S N, ABO-ELGHAR G E. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2003, 77(1): 1-11.

[14] YU S J, MCCORD E J. 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.

[15] GUTIÉRREZ-MORENO R, MOTA-SANCHEZ D, BLANCO C A, et al. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico [J]. Journal of Economic Entomology, 2018, 112(2): 792-802.

[16] ARAHAMS P, BEALE T, COCK M, et al. Fall armyworm status; Impacts and control options in Africa; Preliminary evidence note (April 2017) [R]. CABI, UK, 2017.

[17] 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.

[18] 赵胜园, 杨现明, 孙小旭, 等. 常用生物农药对草地贪夜蛾的室内防效[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 21-26.

[19] Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, Kenya. Fall armyworm technical brief-maize crop in Kenya [R/OL]. 2018. <https://www.cabi.org/ISC/abstract/20187200505>.

[20] 刘晓漫, 曹劫程, 王秋霞, 等. 我国生物农药的登记及推广应用现状[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 106-112.

[21] 阙生全, 喻爱林, 刘亚军, 等. 白僵菌应用研究进展[J]. 中国森林病虫, 2019, 38(2): 29-35.

[22] 徐汉虹, 安玉兴. 生物农药的发展动态与趋势展望[J]. 农药科学与管理, 2001, 22(1): 32-34.

[23] LUZ C, FARGUES J. Temperature and moisture requirements for conidial germination of an isolate of *Beauveria bassiana*, pathogenic to *Rhodnius prolixus* [J]. Mycopathologia, 1997, 138(3): 117-125.

[24] 曹艺潇, 刘爱萍. 不同温湿度对草地螟白僵菌的致病力影响[J]. 草原与草坪, 2010, 30(4): 68-70.

[25] WRAIGHT S P, RAMOS M E. Characterization of the synergistic interaction between *Beauveria bassiana* strain GHA and *Bacillus thuringiensis morrisoni* strain *tenebrionis* applied against Colorado potato beetle larvae [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2017, 144: 47-57.

[26] 曹伟平, 宋健, 赵建江, 等. 球孢白僵菌与 11 种新型化学杀菌剂的相容性评价[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(6): 749-755.