

特 别 关 注

Special Focus

我国草地贪夜蛾的防控对策与建议

杨普云¹, 朱晓明¹, 郭井菲², 王振营^{2*}

(1. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 2. 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)

摘要 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 是世界性重大农业害虫, 该虫自 2019 年 1 月入侵我国云南省到 5 月下旬, 在不到 5 个月的时间里就已经入侵了长江流域及其以南的 15 个省(市、自治区)。预计 6 月和 7 月将到达我国的玉米主产区黄淮海夏玉米区和北方春玉米区, 受威胁玉米面积 1 300 多万 hm^2 , 将严重威胁我国的玉米生产安全。我国玉米的种植布局随季节和纬度变化从南至北递次推移, 时间和空间上互补, 为草地贪夜蛾提供了丰富的食物资源, 为其种群区域性迁移和周年繁殖为害提供了良好的自然条件。为做好草地贪夜蛾的防控工作, 及时控制其为害, 本文在总结国内外防控草地贪夜蛾经验教训的基础上, 初步提出了我国草地贪夜蛾的防控对策。

关键词 草地贪夜蛾; 入侵; 防控; 对策

中图分类号: S 435.132 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019260

Strategy and advice for managing the fall armyworm in China

YANG Puyun¹, ZHU Xiaoming¹, GUO Jingfei², WANG Zhenying²

(1. National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China;

2. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, is a serious agricultural pest in the world. By the end of May, 2019, it has expanded to 15 provinces in Yangtze River Basin and its south area in less than five months since its first invasion into Yunnan province in January, 2019. It is estimated that *S. frugiperda* could reach the main corn production regions, the Huang-Huai-Hai summer corn region and the north spring corn region in June and July, respectively, and probably infest about 13 million hectares of corn, which would pose a serious threat to the security of corn production in China. The patterns and arrangements of corn cultivation in China were gradually changed from south to north with seasonal and latitudinal changes. The temporal and spatial complementation in corn growing provides ample food resources for *S. frugiperda* as well as favorable conditions for their regional migration and continuous breeding. In order to prevent and control *S. frugiperda* effectively, the strategies for managing *S. frugiperda* in China were proposed based on the previous lessons and experiences in handling the migratory pest and techniques employed for the control of *S. frugiperda* both at home and abroad.

Key words *Spodoptera frugiperda*; invasion; control; strategies

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 原产于美洲热带和亚热带地区, 是玉米等粮食作物上的重大迁飞性害虫。2019 年 1 月 13 日确认草地贪夜蛾入侵我国云南省^[1], 至 5 月 21 日, 已有云南、广西、贵州、广东、湖南、海南、福建、浙江、湖

北、四川、江西、重庆、河南、安徽等 14 省(自治区)的 385 个县(市、区)见虫, 发生面积 9.23 万 hm^2 ^[2], 5 月 22 日又在上海市的奉贤区发现为害玉米, 短短不到 5 个月的时间, 该虫就入侵了我国长江流域及其以南地区。

收稿日期: 2019-05-25 修订日期: 2019-05-27

基金项目: 国家现代农业(玉米)产业技术体系(CARS-02)

* 通信作者 E-mail: zywang@ippcaas.cn

草地贪夜蛾具有以下突出特点:一是食性杂。寄主植物广泛,包括玉米、水稻、大麦、棉花、花生、高粱等 76 科 353 种植物^[3]。二是繁殖能力强。雌虫可多次交配产卵,一生可产卵 900~1 000 粒,最高可达 2 000 粒^[4]。三是迁飞扩散快。每晚可以迁飞 150 多 km,随气流可以迁飞到 1 500 km 以外的地区^[5]。四是为害重。玉米苗期受害一般可导致减产 10%~25%,严重地块可造成毁种绝收。幼虫可取食幼茎、叶片、雄穗、果穗等多个部位^[6]。五是防控难度大。草地贪夜蛾适生温度范围 11~30℃^[7],3 龄以上幼虫对多种有机磷类、拟除虫菊酯类和氨基甲酸酯类等化学农药有抗性^[8],并且对部分转基因玉米有抗性^[9-10]。已确认入侵我国的草地贪夜蛾属于玉米品系(corn strain),主要为害玉米、高粱和棉花^[11]。根据分析预测:草地贪夜蛾将在春季和夏季形成迁飞虫源,通过气流迁飞至我国黄淮海和东北地区,预计在夏秋季进一步迁飞至我国华北和东北玉米主产区^[12],受威胁玉米面积 1 333 万 hm² (2 亿亩)以上,防控任务非常艰巨。

我国玉米的种植布局随季节和纬度变化从南至北递次推移,时间和空间上互补,为草地贪夜蛾提供了丰富的食物资源,为其种群区域性迁移为害和周年繁育提供了良好的自然条件。

草地贪夜蛾作为外来入侵生物,在我国短期内缺乏有效的天敌和自然生态控制,境外虫源的不断输入和我国已定殖种群的不断繁衍,使草地贪夜蛾种群数量有可能会在短期内迅速增长,在我国玉米和甘蔗主产区形成大规模暴发态势,将严重威胁我国的玉米和糖业生产安全。为做好草地贪夜蛾的防控工作,及时控制其为害,本文吸收国内外防控草地贪夜蛾的经验教训,初步提出了我国草地贪夜蛾的防控对策。

1 防控目标

1.1 总体防控目标

根据全国农业技术推广服务中心印发的《2019 年草地贪夜蛾防控技术方案(试行)》^[13],确定草地贪夜蛾的总体防控目标:草地贪夜蛾达到防治指标的地块防治处置率 90%以上,总体防治效果达 85%以上,危害损失率控制在 8%以内。确保不出现玉米和甘蔗大面积连片成灾毁种现象,并不显著影响农业农村部 2015—2020 年农药用量零增长计划。

1.2 玉米(甘蔗)不同生育期防控目标

玉米小喇叭口期以前(甘蔗 3 叶期以前)的防治目标以保苗为主。玉米苗期(甘蔗 3 叶期以前),草地贪夜蛾幼虫一般喜欢钻蛀到玉米心叶中取食,也可在玉米幼苗或甘蔗苗的根基部钻蛀为害。其可以咬断生长点,或钻蛀玉米、甘蔗苗的根基部造成枯心苗,导致植株死亡,严重地块可造成全田或部分毁种^[5]。

玉米大喇叭口期以前的防治目标以保功能叶为主。玉米大喇叭口期时,草地贪夜蛾幼虫多为高龄幼虫,其取食叶片形成不规则的长形孔洞,造成心叶破烂。为害严重地块看上去就像冰雹突袭过一样^[14]。更严重时可将整株玉米的叶片吃光,仅剩茎秆和叶柄。造成玉米生长点死亡、影响果穗的发育。

玉米穗期的防治目标以保穗为主。玉米穗期,躲藏在玉米心叶里的草地贪夜蛾高龄幼虫会继续为害发育的玉米雄穗,雄穗抽出后高龄幼虫会随雄穗抽出而转移到叶腋或雌穗穗柄为害。也可咬食玉米花丝,从穗顶钻蛀果穗或从果穗侧面的苞叶处咬食幼嫩穗轴,再继续咬食籽粒,直接降低玉米的产量和品质^[8]。

1.3 不同生态区域防控目标

南部地区(草地贪夜蛾周年繁殖区):危害损失率控制在 10%以内,持续控制草地贪夜蛾种群数量,使春季向中部、北部迁飞扩散的虫源基数逐年减少。中部地区(迁飞过渡区):危害损失率控制在 8%以内,使迁飞虫量逐年减少,平均施药次数控制在 2 次以内。北部地区(重点防范区):危害损失率控制在 5%以内,平均施药次数控制在 1.5 次以内。

2 防控策略

按照“长短结合、标本兼治”的原则,以生态控制和农业防治为基础,生物防治和理化诱控为重点,化学防治为底线,实施“分区治理、联防联控、综合治理”策略。

2.1 分区治理对策

在技术路线上,以虫源地种群控制为关键,调整作物结构或播期,保护利用天敌,实施以生物防治为基础,科学、安全、合理使用化学农药的策略,持续压低种群数量;在关键技术上,注重作物多样性,品种多样性,措施多样性;在防控机制上,根据发生时间开展协调防控,将群防群治与统防统治相结合。

2.1.1 南部地区(周年繁殖区)

南部地区主要包括广东、广西、海南、云南 4 省份。

2017 年这 4 个省份玉米种植面积为 235.51 万 hm^2 , 占全国玉米种植总面积的 5.55%; 产量约为 1 239.1 万 t, 占全国玉米总产量的 4.78%。尽管这 4 省玉米的种植面积和产量在全国占比较低, 但由于这 4 个省份常年有玉米种植, 且气候适宜, 是草地贪夜蛾周年繁殖区^[15]。特别是冬季鲜食玉米的种植为草地贪夜蛾在南部地区越冬提供了优越的寄主条件, 为来年草地贪夜蛾在全国范围的发生提供了虫源。因此, 针对南部地区要加强可持续治理和关键时期防控, 控制当地为害, 减少迁出虫量。冬春季重点关注周年繁殖区的玉米田, 压低春季向北扩散蔓延的虫源基数, 春季重点在华南和西南南部冬玉米区实施群防群治与统防统治相结合, 压低一代基数。防治上要借助南部地区植被多样、天敌昆虫资源丰富的特点, 充分利用生态防控。

2.1.2 中部地区(迁飞过渡区)

中部地区主要包括湖南、湖北、重庆、四川、浙江、福建、江西、上海等地区。2017 年我国中部地区玉米种植面积约为 459.56 万 hm^2 , 占全国玉米种植总面积的 10.84%。产量约为 2 369.6 万 t, 占全国玉米总产量的 9.15%。5 月中旬开始, 伴随西南季风, 草地贪夜蛾可从南部地区进一步迁飞至中部地区, 并以中部地区作为过渡, 繁殖一代后或做短暂停留继续北迁, 6—7 月份可迁入黄淮海及北方玉米主产区^[12]。针对中部迁飞过渡区, 春末夏初应对入侵扩散区实施统防统治, 提高防控效率、效果, 减少虫源迁出数量。

2.1.3 黄淮海及北方玉米主产区(重点防范区)

黄淮海及北方玉米主产区主要包括河南、河北、北京、天津、山东、山西、江苏、安徽、陕西、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、宁夏等地区。2017 年黄淮海及北方玉米主产区玉米种植面积约为 2 924.38 万 hm^2 , 占全国玉米种植总面积的 68.97%, 产量约为 18 638.8 万 t, 占全国玉米总产量的 71.94%。黄淮海及北方玉米主产区的玉米产量高低直接影响国家粮食安全, 是夏季迁入为害区和重点防范区。受春季与夏季盛行西南季风的影响, 我国南部地区的草地贪夜蛾主要向北和东北方向迁飞扩散, 6—7 月份将分别迁入黄淮海及北方玉米主产区。因此, 6—7 月以后, 要加强虫情监测预报, 密切关注玉米苗期到抽雄吐丝期草地贪夜蛾的发生为害情况, 做好关键时期的应急防控。根据虫情监测结果, 对集中降落区的迁入代成虫进行理化

诱控, 对重发区的 3 龄前幼虫进行药剂防治。

2.2 联防联控对策

2.2.1 与境外虫源地国家的联合监测与信息共享

草地贪夜蛾是一种危险性的跨境害虫, 需要开展国家间的联防联控, 为应对其进一步扩散和为害筑起一道坚固的防线^[16]。我国应积极参与联合国粮农组织(FAO)和国际应用生物科学中心(CABI)等国际组织实施的国际草地贪夜蛾防控行动, 在 FAO 框架下, 加强与老挝、越南、泰国、缅甸等国家的合作, 通过落实草地贪夜蛾监测及预警系统(FAW Monitoring and Early Warning System, FAMEWS)、开发草地贪夜蛾风险地图等行动实现联合监测、信息共享, 推动国家间、地区间的信息交流和联防联控, 提高防控能力和效果。同时, 我国专家应积极与国际专家进行交流合作, 借鉴非洲国家有关草地贪夜蛾可持续治理的方法和经验, 为草地贪夜蛾的防治提供管理技术和政策建议。针对我国以及亚洲其他国家的玉米生产者大多数是小规模种植的情况, 可通过开办农民田间学校、制作草地贪夜蛾防治手册等方式帮助一线植保人员和农民更好地监控和防控, 以减轻草地贪夜蛾的为害。

2.2.2 我国草地贪夜蛾不同发生区域之间的协调防控

我国地域辽阔, 从南到北草地贪夜蛾的发生区域分为周年繁殖区、迁飞过渡区和迁入区(重点防范区)。对于这三个区域, 要在时间上和空间上开展协调防控行动, 开发以区域防控为主线的全程技术模式。冬春季重点关注南方周年繁殖区, 实施群防群治与统防统治相结合, 压低春季向北扩散蔓延的虫源基数。春末夏初对过渡区实施统防统治, 提高防控效率和效果, 压低一代虫源基数以及虫源迁出数量。夏季以后, 要重点关注黄淮海夏玉米和北方春玉米产区, 加强虫情监测, 根据虫情监测结果, 对集中降落区和重发区实施统防统治和应急防治, 防止大面积成灾现象发生。

3 综合治理技术措施

3.1 监测技术

草地贪夜蛾的监测技术主要包括成虫诱测和田间人工调查^[17]。对于草地贪夜蛾成虫, 可利用雷达监测、地面测报灯、高空测报灯、性诱剂等方法进行监测^[18]。其中, 信息素诱捕法目前被证明是监测草

地贪夜蛾种群动态的最好方法^[19],已在北美洲国家、非洲国家广泛应用。对于诱集到的雌蛾,也可以通过解剖检查雌蛾的卵巢发育级别和交尾情况来推测草地贪夜蛾的种群性质和迁飞动向^[17]。田间人工调查主要调查草地贪夜蛾卵、幼虫和蛹的数量,发育阶段和时空分布,以及田间为害率。由于草地贪夜蛾喜好取食幼嫩玉米植株^[14],因此在田间调查卵和幼虫时,应以苗期至灌浆期的玉米为重点调查对象^[17]。调查幼虫时可根据田间为害症状判断幼虫龄期,低龄幼虫为害状多为半透明薄膜“窗孔”,高龄幼虫为害状多为不规则的长形孔洞^[7]。由于玉米上草地贪夜蛾可与其他鳞翅目害虫混合发生^[20],因此,调查时要避免与斜纹夜蛾、甜菜夜蛾和黏虫等形态相近的鳞翅目害虫混淆。特别是其低龄幼虫特征不明显,与其他夜蛾科的幼虫非常相似,很难从形态上进行鉴定^[21],需要采集后带回实验室进行分子鉴定。一般在当地老熟幼虫发生后 7 d 开始调查蛹,取样方法与卵、幼虫相似,均采取 5 点取样^[17]。

3.2 农业防治

农业防治侧重于预防。生产中可通过种植抗性或耐受性的玉米品种、加强田间管理、保持土壤肥力和水分充足、促进玉米健康生长等措施来提高玉米对草地贪夜蛾的抗性和耐受性^[6]。也可以通过调整作物播种期,适期提早播种,使草地贪夜蛾的幼虫期与玉米的苗期至抽雄吐丝期错开,同时避免交错种植,以防止持续为草地贪夜蛾提供理想的寄主植物(即玉米幼株)。此外,利用植物多样性,保持田间植物多元化也有助于减少草地贪夜蛾侵扰,并为自然天敌提供栖息场所。例如,利用“推拉”伴生种植策略(“Push-Pull”companion cropping)防治草地贪夜蛾已经在非洲国家取得很好的成效^[22]。在我国,对于有一定种植规模的家庭农场、农民专业合作社,可种植多个品种的玉米,或将玉米与驱避害虫、吸引天敌的其他植物进行间作或轮作。对于种植面积较小的小农户,可采取选用抗性好、质量优的种子,加强田间管理,调整播期等措施来减轻草地贪夜蛾的为害。

3.3 理化诱控

理化诱控技术是指利用草地贪夜蛾的趋光性、趋化性等特性诱杀成虫和幼虫。对于成虫,可应用性诱剂、杀虫灯、糖醋液进行诱杀^[23]。在成虫发生期,可集中连片使用黑光灯诱杀,同时搭配使用性诱剂和食诱剂,通过控制成虫的数量来减少成虫产卵量。在

非洲,针对草地贪夜蛾的幼虫,有的采用向玉米心叶中撒施沙子和草木灰进行防治,但这种方法需要大量劳动力,且防治效果不佳;也有的通过向玉米植株喷洒糖水来吸引蚂蚁等捕食性天敌,但效果一般^[24]。

3.4 生物防治

草地贪夜蛾生物防治包括保护利用自然天敌、人工释放天敌以及使用生物农药^[8]。草地贪夜蛾的天敌资源丰富^[25-26],其寄生性天敌有夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* Nixon、岛甲腹茧蜂 *Chelonus insularis* Cresson、缘腹绒茧蜂 *Cotesia marginiventris* (Cresson) 等寄生蜂和一些寄蝇^[8,27]。捕食性天敌有螳螂、猎蝽、花蝽、蜘蛛、蚂蚁、草蛉等^[8]。田间可通过生态调控吸引和利用当地现有的天敌,也可以从我国已有的天敌昆虫中进行筛选,或考虑从美洲引入一些与草地贪夜蛾协同进化的天敌,通过驯化并大规模饲养后进行田间投放^[28]。最新研究发现,将原产美洲的夜蛾黑卵蜂引入非洲后对草地贪夜蛾起到了较好的控制作用^[29]。在拉丁美洲,短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* Riley 等赤眼蜂已经被证明对草地贪夜蛾有较好的防治作用,并实现了商业化生产^[30]。我国是利用赤眼蜂防治农林害虫最成功的国家之一^[31],可以筛选对草地贪夜蛾卵寄生效果好的赤眼蜂种用于该虫的防治。苏云金芽孢杆菌(Bt)、球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*、核型多角体病毒以及杆状病毒等生物农药对草地贪夜蛾都有很好的防治效果^[23]。此外,类黄酮、双稠哌啶类生物碱、洋椿苦素、柠檬苦素类似物等植物提取物对草地贪夜蛾也有明显的毒杀、拒食或生长抑制作用^[32-34]。

3.5 化学防治

3.5.1 防治指标

草地贪夜蛾的为害状十分典型,田间调查以观测和统计被害植株为主。目前参照国外的经验,玉米心叶初期(2~5 片完全展开叶)平均被害株率 20% (10%~30%)时必须施药防治;玉米心叶末期(8~12 片完全展开叶)平均被害株率 40% (30%~50%)时需要用药防治;玉米穗期果穗平均被害率 20% (10%~30%)时需要用药防治^[35]。今后随着对草地贪夜蛾研究的深入,将研究和制定出适合我国国情的不同玉米生育时期的草地贪夜蛾的防治指标,用于指导草地贪夜蛾的防治。

3.5.2 施药方法

在利用杀虫剂防治草地贪夜蛾时要根据其幼虫

的为害特点,在适宜时期进行喷雾。由于草地贪夜蛾的高龄幼虫会躲藏在玉米组织内部和排泄物下面,所以要在幼虫 3 龄前进行防治^[8]。此外,根据草地贪夜蛾幼虫通常在夜间取食的特点,一般在清晨和傍晚施药^[36]。施药时,要根据田间种群监测及经济为害水平来指导用药,同时要根据农药使用说明书推荐的浓度和剂量进行适量喷洒,并注意药剂的轮换使用^[37]。根据不同玉米生育阶段,喷药时要将药喷洒在玉米心叶、雄穗或雌穗等草地贪夜蛾为害的关键部位。

3.5.3 用药种类

用药时,要充分考虑化学农药给人类健康、环境安全和生物多样性带来的影响,避免使用高毒农药。根据国家立法和国际准则,选择国际上已经注册登记、允许使用的农药来防治草地贪夜蛾^[38]。国际上可用于草地贪夜蛾防治的杀虫剂有氟氯氰菊酯、氯虫苯甲酰胺、乙酰甲胺磷、顺式氯氰菊酯、丁硫克百威等^[36]。由于草地贪夜蛾刚入侵我国,国内尚无登记农药可用。目前,室内研究结果表明,20%甲氰菊酯 EC、15%啉虫酰胺 SC、25 g/L 溴氰菊酯 EC、25 g/L 高效氯氟氰菊酯 EC 和 20%呋虫胺 SC 对草地贪夜蛾卵具有较高的杀卵活性;1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC、5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 ME、75%乙酰甲胺磷 SP、6%乙基多杀菌素 SC 和 20%甲氰菊酯 EC 对草地贪夜蛾 2 龄幼虫具有较强的杀虫活性^[39],这些农药可用于草地贪夜蛾的应急防控。

4 工作机制

草地贪夜蛾是一种世界性、迁飞性和毁灭性的重大害虫,防治工作需要多部门和多地区协同推进。要坚持“预防为主、综合防治”的植保方针,牢固树立“公共植保、绿色植保”两个理念,不断完善“政府主导、属地管理、联防联控”重大病虫防控工作机制。一是要确立政府主导的公共植保体制。认真落实公共植保理念,成立以政府主管领导挂帅的草地贪夜蛾防控指挥部,草地贪夜蛾的防控工作近几年内必须由部门行为上升为政府行为。二是要建立完善属地管理、联防联控的工作协调机制。按照“政府主导、属地管理、联防联控”的要求,逐步形成纵向分级负责、横向联合协作的防控工作机制。针对草地贪夜蛾跨区域迁飞性和暴发性的特点和防控要求,成立防控协调机构,开展信息共享、技术协作、配合密

切、责任明确的区域联防联控行动。针对我国玉米主产区局部地区突发性的草地贪夜蛾暴发为害,应建立和完善应急防控预案、物资储备、队伍组建及快速反应相互配套的应急防控机制。三是要充分利用专业化统防统治的组织方式开展应急防控。针对一家一户防病治虫难、劳动力素质呈结构性下降的实际,积极探索和推进专业化统防统治的有效形式,为切实做好草地贪夜蛾的区域性应急防控发挥作用。

参考文献

- [1] TODD E L, POOLE R W. Keys and illustrations for the army-worm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1980, 73(6): 722–738.
- [2] 于文静. 农业农村部要求加强草地贪夜蛾监测防治[EB/OL]. (2019-05-22)[2019-05-22]. http://www.xinhuanet.com/food/2019-05/22/c_1124525666.htm.
- [3] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSA-GÓMEZ D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286–301.
- [4] JOHNSON S J. Migration and the life history strategy of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in the Western Hemisphere [J]. International Journal of Tropical Insect Science, 1987, 8(4/5/6): 543–549.
- [5] ABRAHAMS P, BATEMAN M, BEALE T, et al. Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. Evidence note (2) [R]. Wallingford, UK: CAB International, 2017.
- [6] FAO. Integrated management of the fall armyworm on maize [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017.
- [7] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82–87.
- [8] FAO. Community-based fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) monitoring, early warning and management [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
- [9] WAQUIL J M, DOURADO P M, CARVALHO R A D, et al. Manejo de lepidópteros-pragana cultura do milho com o evento Bt piramidado Cry1A. 105e Cry2Ab2 [J]. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2013, 48: 1529–1537.
- [10] MWILLRICH S, BABOCK J M, NOLTING S, et al. Efficacy of Cry1F insecticidal protein in maize and cotton for control of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Florida Entomologist, 2008, 91(4): 555–565.
- [11] 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.
- [12] 吴秋琳, 姜玉英, 胡高, 等. 中国热带和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.
- [13] 全国农业技术推广服务中心. 2019 年草地贪夜蛾防控技术方案(试行)[EB/OL]. (2019-03-18)[2019-05-21]. http://www.moa.gov.cn/gk/nszd_1/2019/201903/t20190318_6176742.htm.
- [14] 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.
- [15] 郭井菲, 赵建周, 何康来, 等. 警惕危险性害虫草地贪夜蛾入侵中国[J]. 植物保护, 2018, 44(6): 1-10.
- [16] FAO. Briefing note on FAO actions on fall armyworm (FAW) [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
- [17] 刘杰, 姜玉英, 刘万才, 等. 草地贪夜蛾测报调查技术初探[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(4): 44-47.
- [18] 江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 12-18.
- [19] CRUZ I, FIGUEIREDO M D L C, SILVA R B D, 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.
- [20] 郭井菲, 静大鹏, 太红坤, 等. 草地贪夜蛾形态特征及与 3 种玉米田为害特征和形态相近鳞翅目昆虫的比较[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 7-12.
- [21] OEPP/EPPO. PM 7/124 (1) *Spodoptera littoralis*, *Spodoptera litura*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera eridania* [J]. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 2015, 45(3): 410-444.
- [22] MIDEGA C A O, PITTCHEAR J O, PICKETT J A, et al. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa [J]. Crop Protection, 2018, 105: 10-15.
- [23] POISOT A S, HRUSKA A, FREDRIX M, et al. Integrated management of the fall armyworm on maize: A guide for farmer field schools in Africa [R]. Rome: Food and Agriculture Organization, 2018.
- [24] PRASANNA B M, HUESING J E, EDDY R et al. Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management[R]. Wallingford, UK: CAB International, 2018.
- [25] AYIL-GUTIÉRREZ B A, SÁNCHEZ-TEYER L F, VAZQUEZ-FLOTA F, et al. Biological effects of natural products against *Spodoptera* spp. [J]. Crop Protection, 2018, 114: 195-207.
- [26] SHYLESHA A N, JALALI S, GUPTA A, et al. Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies [J]. Journal of Biological Control, 2018, 32(3): 1-7.
- [27] BUENO R C O D F, CARNEIRO T R, BUENO A D F, et al. Parasitism capacity of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs [J]. Brazilian Archives of Biology and Technology, 2010, 53(1): 133-139.
- [28] 王岩, 颜旭. 如何打赢草地贪夜蛾阻击战[N]. 农民日报, 2019-05-11(6).
- [29] FAO. Scientists confirm first report of egg parasitoid in Africa to fight devastating fall armyworm [EB/OL]. (2019-04-08)[2019-05-21]. <https://blog.invasive-species.org/2019/04/08/scientists-confirm-first-report-of-egg-parasitoid-in-africa-to-fight-devastating-fall-armyworm/>.
- [30] BUTLER G D, LOPEZ J D. *Trichogramma pretiosum*: Development in two hosts in relation to constant and fluctuating temperatures [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1980, 73(6): 671-673.
- [31] 黄聪, 李有志, 万方浩. 我国应用赤眼蜂防治稻螟技术及研究进展[M]//李有志, 曾粮斌, 文礼章. 华中昆虫研究第十二卷. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2016: 14-29.
- [32] GALLO M B, ROCHA W C, DA CUNHA U S, et al. Bioactivity of extracts and isolated compounds from *Vitex polygama* (Verbenaceae) and *Siphoneugena densiflora* (Myrtaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Pest Management Science, 2006, 62(11): 1072-1181.
- [33] GIONGO A M, VENDRAMIM J D, FREITAS S D, et al. Toxicity of secondary metabolites from Meliaceae against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Neotropical Entomology, 2016, 45(6): 1-9.
- [34] CÉSPEDES C L, CALDERÓN J S, LINA L, et al. Growth inhibitory effects on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrela* spp. (Meliaceae) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(5): 1903-1908.
- [35] PRASANNA B M, HUESING J E, WDDY R, et al. Fall armyworm in Africa: A guide for integrated pest management [M]. First Edition. Mexico, CDMX: CIMMYT, 2018.
- [36] MWANGI D K. Fall armyworm technical brief-maize crop in Kenya [R]. Nairobi: Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, 2018.
- [37] DAY R, ABRAHAMS P, BATEMAN M, et al. Fall armyworm: impacts and implications for Africa [J]. Outlooks on Pest Management, 2017, 28(5): 196-201.
- [38] FAO. FAO's position on the use of pesticides to combat fall armyworm [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
- [39] 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.

(责任编辑: 杨明丽)