

草地贪夜蛾在甘蔗上的发生及防治措施

李傲梅 谭宏伟 魏吉利 商显坤 黄东亮* 何为中*

(广西农业科学院甘蔗研究所, 广西甘蔗遗传改良重点实验室,
农业部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室, 南宁 530007)

摘要: 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 是原产于美洲热带和亚热带地区的重大世界性农业害虫, 而甘蔗是草地贪夜蛾的重要寄主植物之一。2019年草地贪夜蛾入侵我国, 给我国甘蔗产业带来巨大威胁。本文阐述不同生态型草地贪夜蛾对寄主选择的偏好及其对甘蔗的适应性, 概括国内外蔗区草地贪夜蛾发生现状、为害特点及防治措施, 并对我国蔗区草地贪夜蛾预防和防控策略进行展望。

关键词: 草地贪夜蛾; 甘蔗; 发生现状; 防控策略

Advances in outbreak and control of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* on sugarcane

LI Aomei TAN Hongwei WEI Jili SHANG Xiankun HUANG Dongliang* HE Weizhong*

(Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement (Guangxi), Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China)

Abstract: Fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, native to tropical and subtropical regions of the Americas, is the major worldwide agricultural pests and sugarcane is important host of *S. frugiperda*. The fall armyworm was invaded in to China in 2019 and imposed huge threat to the development of sugarcane industry. The host preference of different ecological types of *S. frugiperda*, their adaptation to sugarcane, current characteristics for status and harm of sugarcane block in home and abroad, as well as the integrative pest management were reviewed in this paper, and then a perspective of strategy for prevention and substantial control of *S. frugiperda* in sugarcane regions were proposed.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; sugarcane; current status; control strategy

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*, 又称秋黏虫, 起源于美洲热带和亚热带地区, 具有食性广、繁殖力强、适生区广、迁飞能力强等特点, 给农业生产造成巨大威胁 (Todd & Poole, 1980)。2018年入侵亚洲并在印度发现其为害甘蔗 (Chormule et al., 2019), 2019年入侵我国云南省, 并在德宏傣族景颇族自治州为害甘蔗, 然后陆续入侵广西、广东等省区, 给甘蔗生产造成巨大为害 (李敏, 2019; 孙东磊等, 2019)。甘蔗是草地贪夜蛾的重要寄主之一 (Andrews, 1988)。明确国内外蔗区草地贪夜蛾的

发生现状、为害特点及有效防控措施, 将有利于监测和防控草地贪夜蛾的发生, 避免其在甘蔗上大规模暴发。本文对草地贪夜蛾生态型及对甘蔗的适应性、国内外草地贪夜蛾发生现状及综合防控措施进行综述, 以期为我国蔗区草地贪夜蛾的监测预警和绿色防控提供参考。

1 草地贪夜蛾生态型及其对甘蔗的适应性

1.1 草地贪夜蛾的生态型

草地贪夜蛾目前一般分为玉米型和水稻型2种

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD020110), 广西特色作物试验站项目(桂TS2016022), 广西农业科学院团队项目(2015YT03)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: Hdl666@163.com, cs899@aliyun.com

收稿日期: 2020-07-19

生态型,这2种生态型的草地贪夜蛾外部形态基本一致,但在寄主植物上却存在明显差异,前者比后者有更强的适应性(Pashley, 1988)。前者主要为害玉米、高粱、棉花,后者主要为害水稻和各种牧草(Cock et al., 2017)。目前入侵我国的草地贪夜蛾主要为玉米型,但在广东及重庆等省市发现部分为害的草地贪夜蛾属于水稻型(张磊等, 2019)。在美国佛罗里达州为害甘蔗的草地贪夜蛾大部分属于水稻型(Hall et al., 2005),目前为害我国及其它国家甘蔗的草地贪夜蛾生态型尚不明确。

1.2 草地贪夜蛾对甘蔗的适应性

草地贪夜蛾是多食性昆虫,寄主范围广,已记载寄主包括76科353种,尤其喜食玉米、水稻、高粱、花生、棉花、大豆和甘蔗等禾本科、菊科和豆科植物(CABI, 2018; Montenegro et al., 2018)。在拉丁美洲文学汇编中甘蔗已被列为草地贪夜蛾的寄主(Andrews, 1988)。Boregas et al. (2013)在试验中发现,在17种寄主植物中,甘蔗是其中不适合草地贪夜蛾的寄主之一。但2018年世界各地将甘蔗列为草地贪夜蛾的主要寄主(EPPO, 2018)。

草地贪夜蛾能在甘蔗单一物种上完成生活史,也可先在其它寄主植物上而后转移到甘蔗上完成生活史。如在实验室条件下,草地贪夜蛾通过取食甘蔗叶柄顺利完成其生活史(Deshmukh et al., 2018);幼虫主要取食甘蔗苗叶片、生长点和茎基部,1~3龄幼虫潜藏在甘蔗苗心叶中取食叶肉,4~6龄幼虫潜藏于土壤表层蛀食甘蔗苗茎基部,造成枯心苗,高龄幼虫咬断甘蔗苗生长点,形成断苗,啃食甘蔗叶,形成缺刻或孔洞,严重时吃光大量甘蔗叶片,仅剩叶脉,影响甘蔗植株生长(太红坤等, 2019)。在草地贪夜蛾转主适应性试验中发现,自广东省湛江市玉米田中采集的草地贪夜蛾能在甘蔗上顺利完成生活史并成功繁衍种群(吴正伟等, 2019)。在玉米与甘蔗间作田中,在玉米苗期前60 d草地贪夜蛾主要为害玉米苗,当甘蔗出苗40~50 d后草地贪夜蛾开始转移为害甘蔗苗,对玉米苗的为害率降低(Chormule et al., 2019)。因此,草地贪夜蛾对甘蔗具有较强的适应性,其对甘蔗的直接为害或者转主为害应该引起重视。

2 国内外蔗区草地贪夜蛾发生现状

2.1 国外蔗区草地贪夜蛾的发生现状

草地贪夜蛾全球暴发之前,其在原产地美洲零星为害甘蔗(Hall et al., 2005)。草地贪夜蛾入侵亚

洲后,最早于2018年9月22日在印度马哈拉施特拉邦桑格利市 Ghogaon 村庄被发现为害出苗60 d的甘蔗苗,为害率达到5%,在印度其它蔗区草地贪夜蛾为害率较低,仅为2%~5%(Chormule et al., 2019)。草地贪夜蛾取食甘蔗叶片后,被取食部位形成不规则“窗口”状缺口,且有潮湿锯屑状新鲜粪便(Chormule et al., 2019)。2018年11月,草地贪夜蛾在印度南部泰米尔纳德邦蔗区扩散,如在印度泰米尔纳德邦莫达库里奇城镇的2个农场中,3.0~4.0月龄甘蔗幼苗受到草地贪夜蛾为害,在普伽鲁尔的一个独立农场中,2.5月龄甘蔗幼苗也受到草地贪夜蛾为害,为害率为1.85%~30.86%(Srikanth et al., 2018)。

2.2 国内蔗区草地贪夜蛾发生现状

2019年2月28日云南省普洱市景谷县勐班乡发现草地贪夜蛾为害甘蔗,也是国内首次发现草地贪夜蛾为害甘蔗(李敏, 2019)。2019年4月中旬,云南省德宏傣族景颇族自治州陇川县5个乡镇甘蔗田均受到草地贪夜蛾为害,被害株率为2.49%,幼虫数为0.07头/m²,4月底云南省普洱市景谷县和临沧市耿马县甘蔗苗也受到草地贪夜蛾为害(刘杰等, 2019),到5月草地贪夜蛾已经在云南省扩散,5个市(州)13个县(市)甘蔗田被草地贪夜蛾为害,最高虫口数为32.3头/百株,重发田块被害株率达30%~40%,枯心苗率为1%~3%(仓晓燕等, 2019)。

广东省蔗区也受到草地贪夜蛾为害,其主要为害5~6叶期至拔节初期的果蔗、糖蔗及伸长期的果蔗(孙东磊等, 2019)。广西壮族自治区蔗区也受到草地贪夜蛾为害,在新种植甘蔗上其发生率高达95%以上(宋修鹏, 2019),草地贪夜蛾幼虫密度为28头/百株,最多可达2头/株(Song et al., 2020)。广西壮族自治区种植面积最大的农作物分别为水稻、甘蔗和玉米,种植面积分别为1.923×10⁶、9.350×10⁵和5.972×10⁵ hm²(广西壮族自治区统计局, 2018),并且玉米与甘蔗常采取间作、套作或邻作种植模式,这几种种植模式极可能为草地贪夜蛾田间种群暴发提供丰富的寄主条件,使草地贪夜蛾呈大规模暴发趋势(杨普云等, 2019)。

3 蔗区草地贪夜蛾的防控策略和技术

甘蔗是热带、亚热带作物,具有喜高温、需水量大、吸肥多、生长期长的特点,其生长环境与其它作物有很大差异。我国南方中亚热带、南亚热带和热带水热条件较好的河谷平原、三角洲适宜种植甘蔗,也适宜草地贪夜蛾生长,因此甘蔗种植区是草地贪

夜蛾暴发的高风险地区,做好蔗区草地贪夜蛾的监测防控工作尤其重要。目前,国内外蔗区对草地贪夜蛾主要采取化学防控、农业防治和生物防治等常规手段。

3.1 化学防治

目前,并无专用药剂用于防治甘蔗上草地贪夜蛾,一般情况下参考玉米型草地贪夜蛾的防控药剂,如氯虫苯甲酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)或乙基多杀菌素等化学农药。灭幼脲、虱螨脲对草地贪夜蛾卵和2龄幼虫的防治效果明显,可替代传统化学农药来绿色防控草地贪夜蛾(陈利民等,2019)。利用无人机喷施氯虫吡喃-氯虫腓-鲁氟脲混合剂对甘蔗上草地贪夜蛾的防治效果可达94.94%,喷施阿维菌素-氯虫虫腓和氯虫螨脲,蔗区草地贪夜蛾种群下降80%以上(Song et al.,2020)。

3.2 生物防治

昆虫天敌、昆虫病原物及其代谢产物等是生物防治害虫的主要“武器”,其具有资源丰富、易流行、不易产生抗药性、保护生态环境等优点(石旺鹏和谭树乾,2019)。

草地贪夜蛾的天敌夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus*、腹绒茧蜂 *Cotesia marginiventis*、岛甲腹茧蜂 *Chelonus insularis*、温寄蝇 *Winthemia trinitatis*、大斑长足瓢虫 *Coleomegilla maculata*、血红环瓢虫 *Cycloneda sanguinea*、大眼长蝽 *Geocoris punctipes*、狡小花蝽 *Orius insidiosus* 等对草地贪夜蛾的捕食或寄生作用明显,也可通过在甘蔗区释放天敌来防控草地贪夜蛾。

在我国,金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae*、莱氏绿僵菌 *M. rileyi*、球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*、甘蓝夜蛾核型多角体病毒 *Mamestra brassicae nuclear polyhedrosis virus*、苏云金芽胞杆菌 *Bacillus thuringiensis*、短稳杆菌 *Empedobacter brevis* 等生物农药被列为草地贪夜蛾应急防控推荐药剂,也可持续用于防控甘蔗上的草地贪夜蛾。此外,草地贪夜蛾幼虫对Cry1Ab、Cry1Ac、Cry1F、Vip3Aa20和Cry2Ab五种Bt蛋白的抗性较低,也可将此用于草地贪夜蛾的生物防控中(李国平等,2019)。

Douglas et al.(2013)从甘蔗渣中提取的甘蔗焦木酸对草地贪夜蛾有较好的防治效果,可将其作为绿色药剂用于防控甘蔗上的草地贪夜蛾。

3.3 行为调控

“推-拉”策略是一种新型的害虫综合管理策略,即利用昆虫行为调节物质同时趋避和诱杀害虫,

以达到控制害虫的目的。在非洲利用“推-拉”策略防治草地贪夜蛾已经取得很好的效果(Midega et al.,2018)。顺9-十四乙酸酯和顺9-十二乙酸酯是草地贪夜蛾的性信息素组分,当两者按照96.6:3.4比例混合时,对草地贪夜蛾雄成虫的引诱活性较高(王登杰等,2020);信息物质 Hercon、Trece、Scentry 2-component、Scentry 4-component 和 Scenturion 对草地贪夜蛾也有较好的引诱活性(Hall et al.,2005),可将这些昆虫行为调节物质作为性诱捕剂来驱避和诱杀甘蔗上的草地贪夜蛾。

3.4 生态调控

合理间作或者提高保护地周边生境多样性来增加田间天敌数量,进而将草地贪夜蛾控制在经济危害阈值范围之下。与豆科作物间作或套种既能增加土壤固氮作用,改善田间小气候(Sida et al.,2018),还能为草地贪夜蛾天敌提供庇护所(Midega et al.,2014);与大豆间作,玉米田草地贪夜蛾虫害可减少20%~30%(van Huis,1981);在田间周边种植开花植物可提高田间天敌多样性和丰富度,进而对草地贪夜蛾有较好的控制效果(Wyckhuys & O'Neil,2006)。

3.5 转抗虫基因植物

转Bt抗虫基因植物仍是国内外控制草地贪夜蛾的主要手段之一。随着草地贪夜蛾对转Bt抗虫基因作物的抗性增加(吴超等,2019),转多价抗虫基因植物成为防控草地贪夜蛾的有效措施。采取多基因聚合和沉默策略——同时表达作用不同靶标的Bt杀虫蛋白基因,沉默调节昆虫生长发育及免疫等关键基因,构建表达不同Bt蛋白和双链RNA的转基因植物(Ren et al.,2019),既能提高植物抗虫能力,又延缓草地贪夜蛾产生抗性。

4 展望

室内寄主偏好试验及国内外蔗区草地贪夜蛾发生现状表明甘蔗是草地贪夜蛾的重要寄主,草地贪夜蛾是为害甘蔗的重要害虫。广西、云南、广东等省区是我国甘蔗主产区,也是草地贪夜蛾的适生区,草地贪夜蛾虫害暴发的风险很高,要高度警惕。同时,针对目前蔗区广泛存在甘蔗与玉米间作、套作的现状,应重点监测和防控,防止草地贪夜蛾的扩散和大规模为害。

针对草地贪夜蛾对许多化学农药及Bt蛋白均产生了不同程度抗性的现状,做好蔗区早期监测预警,并采取生物、生态和行为等可持续控制措施防止

草地贪夜蛾的暴发,必要时采用混用、轮用、交替使用对草地贪夜蛾作用位点和机制不同的药剂,延缓草地贪夜蛾抗药性的产生进程,加强草地贪夜蛾在蔗区的发生规律和生物学特性的研究,明确草地贪夜蛾对甘蔗的适应性机制,为蔗区草地贪夜蛾的可持续防控提高理论和技术支撑。

参 考 文 献 (References)

- ANDREWS KL. 1988. Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). The Florida Entomologist, 71 (4): 630–653
- BOREGAS K, MENDES SM, WAQUIL JM, FERNANDES GW. 2013. Fitness stage of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on alternative hosts. Bragantia, 72(1): 61–70
- CABI. 2018. *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm). Wallingford, UK: CAB International
- CANG XY, ZHANG RY, YIN J, SHAN HL, LI J, WANG XY, LUO ZM, HUANG YK. 2019. Dynamic monitoring and control measures for the occurrence of *Spodoptera frugiperda* in sugarcane districts in China. Sugar Crops of China, 41(3): 77–80 (in Chinese) [仓晓燕, 张荣跃, 尹炯, 单红丽, 李婕, 王晓燕, 罗志明, 黄应昆. 2019. 我国蔗区草地贪夜蛾发生动态监测与防控措施. 中国糖料, 41(3): 77–80]
- CHEN LM, HUANG J, WU QC, WU QQ, PAN YM, LÜ YB. 2019. Laboratory test on the control efficacy of green insecticides against *Spodoptera frugiperda*. Journal of Environmental Entomology, 41(4): 775–781 (in Chinese) [陈利民, 黄俊, 吴全聪, 吴倩倩, 潘逸明, 吕要斌. 2019. 绿色杀虫剂对草地贪夜蛾杀虫活性比较测定. 环境昆虫学报, 41(4): 775–781]
- CHORMULE A, SHEJAWAL N, DESHMUKH S, KALLESHWARASWAMY CM. 2019. First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae) on sugarcane and other crops from Maharashtra, India. Journal of Entomology and Zoology Studies, 7(1): 114–117
- COCK MJW, BESEH PK, BUDDIE AG, CAFÁ G, CROZIER J. 2017. Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. Scientific Reports, 7(1): 4103
- DESHMUKH S, KALLESHWARASWAMY CM, MARUTHI MS, PAVITHRA HB. 2018. Biology of invasive fall army worm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize. Indian Journal of Entomology, 80(3): 540–543
- EPPO. 2018. EPPO global database: *Spodoptera frugiperda* (LAPHFR). <https://gd.eppo.int/taxon/LAPHFR>
- DOUGLAS AFF, BARBOSA-FERREIRA M, FAVERO S, CARLOS A. 2013. Biological activity of sugarcane pyroligneous acid against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. African Journal of Biotechnology, 12(43): 6241–6244
- HALL DG, MEAGHER RL Jr., NAGOSHI RN, IREY M. 2005. Monitoring populations of adult fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), in Florida sugarcane using pheromone traps, with special reference to genetic strains of the pest. International Society of Sugar Cane Technologists Proceedings, 25: 784–786
- LI GP, GI TJ, SUN XX, JIANG YY, WU KM, FENG HQ. 2019. Susceptibility evaluation of invaded *Spodoptera frugiperda* population in Yunnan Province to five Bt proteins. Plant Protection, 45 (3): 15–20 (in Chinese) [李国平, 姬婷婷, 孙小旭, 姜玉英, 吴孔明, 封洪强. 2019. 入侵云南草地贪夜蛾种群对5种常用Bt蛋白的敏感性评价. 植物保护, 45(3): 15–20]
- LI M. 2019. Occurrence of *Spodoptera frugiperda* in Jinggu grassland and its prevention and control suggestions. Bulletin of Agricultural Science and Technology, (11): 225–229 (in Chinese) [李敏. 2019. 景谷草地贪夜蛾发生情况与防控建议. 农业科技通讯, (11): 225–229]
- LIU J, JIANG YY, LI H, LI YH, TAI HK, WANG ZY. 2019. A preliminary report on *Spodoptera frugiperda* harming sugarcane. China Plant Protection, 39(6): 35–36 (in Chinese) [刘杰, 姜玉英, 李虎, 李亚红, 太红坤, 王振营. 2019. 草地贪夜蛾为害甘蔗初报. 中国植保导刊, 39(6): 35–36]
- MIDEGA CAO, JONSSON M, KHAN ZR, EKBOMB B. 2014. Effects of landscape complexity and habitat management on stem-borer colonization, parasitism and damage to maize. Agriculture, Ecosystems & Environment, 188: 289–293
- MIDEGA CAO, PITCHAR JO, PICKETT JA, HAILU GW, KHAN ZR. 2018. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), in maize in East Africa. Crop Protection, 105: 10–15
- MONTENEGRO IJ, CORRAL SD, NAPAL GND, CARPINELLA MC, MELLADO M, MADRID AM, VILLENA J, PALACIOS SM, CUELLAR MA. 2018. Antifeedant effect of polygodial and drimenol derivatives against *Spodoptera frugiperda* and *Epilachna paenulata* and quantitative structure-activity analysis. Pest Management Science, 74(7): 1623–1629
- PASHLEY DP. 1988. Quantitative genetics, development and physiological adaptation in host strains of fall armyworm. Evolution, 42 (1): 93–102
- REN MZ, ZAFAR MM, MO HJ, YANG ZE, LI FG. 2019. Fighting against fall armyworm by using multiple genes pyramiding and silencing (MGPS) technology. Science China: Life Sciences, 62 (12): 1702–1706
- SHI WP, TAN SQ. 2019. Current status and trend on grasshopper and locust biological control. Chinese Journal of Biological Control, 35(3): 307–324 (in Chinese) [石旺鹏, 谭树乾. 2019. 蝗虫生物防治发展现状及趋势. 中国生物防治学报, 35(3): 307–324]
- SIDA TS, BAUDRON F, KIM H, GILLERC KE. 2018. Climate-smart agroforestry: *Faidherbia albida* trees buffer wheat against climatic extremes in the Central Rift Valley of Ethiopia. Agricultural and Forest Meteorology, 248: 339–347
- SONG XP. 2019. Guangxi sugarcane innovation team investigated the occurrence and control of *Spodoptera frugiperda* on sugarcane.

- <http://www.gxny.gov.cn/xxgk/ztjj/gxcxtd/jsfw/t561142.html> (in Chinese) [宋修鹏. 2019. 广西甘蔗创新团队调研草地贪夜蛾在甘蔗上的发生及防治情况. <http://www.gxny.gov.cn/xxgk/ztjj/gxcxtd/jsfw/t561142.html>]
- SONG XP, LIANG YJ, ZHANG XQ, QIN ZQ, WEI JJ, LI YR, WU JM. 2020. Intrusion of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in sugarcane and its control by drone in China. Sugar Tech, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00799-x>
- SRIKANTH J, GEETHA N, SINGARAVELU B, RAMASUBRAMANIAN T, MAHESH P, SARAVANAN L, SALIN KP, CHITRA N, MUTHUKUMAR M. 2018. First report of occurrence of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in sugarcane from Tamil Nadu, India. Journal of Sugarcane Research, 8(2): 195–202
- Statistics Bureau of Guangxi Zhuang Autonomous Region. 2018. Guangxi statistical yearbook 2018. Beijing: China Statistics Press (in Chinese) [广西壮族自治区统计局. 2018. 2018年广西统计年鉴. 北京: 中国统计出版社]
- SUN DL, WEN MF, LI JH, LIU JY, LUO QW, MAO YK, CHEN PH, LIN MJ. 2019. Preliminary report on the investigation of the damage of *Spodoptera frugiperda* in the sugarcane area of Guangdong Province. Journal of Environmental Entomology, 41(6): 1155–1162 (in Chinese) [孙东磊, 文明富, 李继虎, 刘景业, 罗青文, 毛永凯, 陈培华, 林明江. 2019. 广东蔗区草地贪夜蛾为害调查初报. 环境昆虫学报, 41(6): 1155–1162]
- TAI HK, GUO JF, YANG SC, ZHANG F, LIU J, YANG YQ, SONG M, XIA YG, HE K, LIN QX, et al. 2019. Biological characteristics and damage symptoms of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, on sugarcane in Dehong Prefecture of Yunnan Province. Plant Protection, 45(6): 75–79 (in Chinese) [太红坤, 郭井菲, 杨世常, 张峰, 刘杰, 杨煜卿, 宋梅, 夏银果, 何珂, 蔺乔仙, 等. 2019. 草地贪夜蛾在云南德宏州甘蔗上的生物学习性及为害状观察. 植物保护, 45(6): 75–79]
- TODD EL, POOLE RW. 1980. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. Annals of the Entomological Society of America, 73(6): 722–738
- VAN HUIS A. 1981. Integrated pest management in the small farmer's maize crop in Nicaragua. Ph. D Thesis. Wageningen: Landbouwhogeschool
- WANG DJ, REN MQ, JIANG JH, BI SJ, WU SY. 2020. Research progress on green control technology for management of *Spodoptera frugiperda*. Plant Protection, 46(1): 1–9 (in Chinese) [王登杰, 任茂琼, 姜继红, 毕思进, 吴圣勇. 2020. 草地贪夜蛾绿色防控技术研究进展. 植物保护, 46(1): 1–9]
- WU C, ZHANG L, LIAO CY, WU KM, XIAO YT. 2019. Research progress of resistance mechanism and management techniques of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to insecticides and Bt crops. Journal of Plant Protection, 46(3): 503–513 (in Chinese) [吴超, 张磊, 廖重宇, 吴孔明, 萧玉涛. 2019. 草地贪夜蛾对化学农药和Bt作物的抗性机制及治理技术研究进展. 植物保护学报, 46(3): 503–513]
- WU ZW, SHI PQ, ZENG YH, HUANG HF, HUANG QZ, MA XH, GUO LZ. 2019. Population life tables of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Plant Protection, 45(6): 59–64 (in Chinese) [吴正伟, 师沛琼, 曾永辉, 黄炜锋, 黄勤知, 马新华, 郭良珍. 2019. 3种寄主植物饲养的草地贪夜蛾种群生命表. 植物保护, 45(6): 59–64]
- WYCKHUIS KAG, O' NEIL RJ. 2006. Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize. Crop Protection, 25(11): 1180–1190
- YANG PY, ZHU XM, GUO JF, WANG ZY. 2019. Strategy and advice for managing the fall armyworm in China. Plant Protection, 45(4): 1–6 (in Chinese) [杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 王振营. 2019. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议. 植物保护, 45(4): 1–6]
- ZHANG L, JIN MH, ZHANG DD, JIANG YY, LIU J, WU KM, XIAO YT. 2019. Molecular identification of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Yunnan Province. Plant Protection, 45(2): 19–24, 56 (in Chinese) [张磊, 靳明辉, 张丹丹, 姜玉英, 刘杰, 吴孔明, 萧玉涛. 2019. 入侵云南草地贪夜蛾的分子鉴定. 植物保护, 45(2): 19–24, 56]

(责任编辑:张俊芳)