

草地贪夜蛾对玉米和烟草的偏好性研究

徐蓬军¹, 张丹丹², 王杰¹, 吴孔明², 王新伟¹, 王秀芳¹, 任广伟^{1*}

(1. 中国农业科学院烟草研究所, 青岛 266101; 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 自2019年初首先在云南省发现草地贪夜蛾入侵中国以来, 该虫已对国家粮食安全构成严重威胁。草地贪夜蛾寄主范围广, 主要喜食禾本科植物, 同时也能为害多种双子叶植物。本研究以玉米和烟草为测试对象, 比较研究了草地贪夜蛾在两种寄主上的产卵量及两种寄主植物对草地贪夜蛾生长发育的影响。结果表明, 每个养虫笼中放入2对雌雄成虫, 玉米植株上的卵块数量(17 ± 2.65)块/笼显著多于烟草叶片上的卵块数量(3 ± 1.73)块/笼, 玉米上的幼虫数量(834.67 ± 275.16)头/笼显著多于烟草上的幼虫数量(92 ± 55.83)头/笼, 表明草地贪夜蛾更喜欢选择玉米进行产卵和取食。烟草上草地贪夜蛾幼虫死亡率达 $92.53\% \pm 1.46\%$, 但其能在烟草上产卵和存活。取食玉米籽粒的草地贪夜蛾幼虫发育历期、死亡率、体重、蛹重分别为(17.22 ± 1.90)d、 $24.35\% \pm 8.13\%$ 、(0.261 ± 0.112)g/头、(0.187 ± 0.030)g/头, 取食烟草叶片的草地贪夜蛾对应的参数分别为(26.80 ± 1.89)d、 $85.49\% \pm 4.16\%$ 、(0.034 ± 0.028)g/头、(0.131 ± 0.028)g/头, 表明取食烟草叶片的草地贪夜蛾幼虫发育历期显著延长, 幼虫死亡率显著升高, 幼虫体重和蛹重显著下降。与取食玉米籽粒的草地贪夜蛾相比, 取食烟草叶片的个体适合度显著降低, 但成虫配对后能够产卵并孵化出幼虫。与非嗜好寄主烟草相比, 草地贪夜蛾取食嗜好寄主玉米表现出更高的适合度, 其偏好选择玉米进行产卵和取食, 但在烟草上也能完成生活史, 种群密度大时存在为害烟草的潜在风险。

关键词 草地贪夜蛾; 烟草; 玉米; 生长发育; 寄主选择

中图分类号: S 435.132 文献标识码: A DOI: 10.16688/j.zwbh.2019299

The host preference of *Spodoptera frugiperda* on maize and tobacco

XU Pengjun¹, ZHANG Dandan², WANG Jie¹, WU Kongming²,
WANG Xinwei¹, WANG Xiufang¹, REN Guangwei¹

(1. Tobacco Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266101, 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 Since the invasion of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) was first reported in Yunnan province, China in early 2019, it has brought serious threat to food security. Fall armyworm has a broad host range including monocotyledonous and dicotyledonous plants and especially prefers to feed on plants from the family Poaceae. Herein, we use maize and tobacco to investigate the host preference and the effect of the two plants on the development of *S. frugiperda*. Our results indicated that there were more egg masses and larvae on maize (17 ± 2.65 and 834.67 ± 275.16) than that on tobacco (3 ± 1.73 and 92 ± 55.83). Although most larvae on tobacco died ($92.53\% \pm 1.46\%$), there were eggs and survival larvae. By feeding on maize kernel, the larval period, mortality, individual body weight and pupal body weight were (17.22 ± 1.90) days, $24.35\% \pm 8.13\%$, (0.261 ± 0.112)g and (0.187 ± 0.030)g, respectively. However, by feeding on tobacco leaves, the above parameters were (26.80 ± 1.89) days, $85.49\% \pm 4.16\%$, (0.034 ± 0.028)g and (0.131 ± 0.028)g, respectively. These results indicated that compared with feeding on maize kernel, individuals of *S. frugiperda* feeding on tobacco leaves showed lower fitness with higher larval mortality, and lower larval growth rate, body weight of larvae and pupae. These results showed that the fall armyworm preferred to feed on maize, however, could finish the life cycle on tobacco, suggesting a potential threat to tobacco when it is in high population density.

Key words *Spodoptera frugiperda*; tobacco; maize; development; host preference

收稿日期: 2019-06-16 修订日期: 2019-06-18

基金项目: 中国烟草总公司烟草绿色防控重大专项[110201601022(LS-02), 110201601023(LS-03)]

* 通信作者 E-mail: renguangwei@caas.cn

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 是一种源自美洲地区的多食性、迁飞性重大鳞翅目害虫^[1-3]。2016 年 1 月草地贪夜蛾在西非的尼日利亚和加纳暴发为害,随后迅速扩散至贝宁和多哥等地区,截至 2017 年 9 月,已遍及非洲的亚撒哈拉地区多个国家并持续扩散^[4-6]。根据草地贪夜蛾的生活习性及温度、寄主等因素进行推测,亚洲和大洋洲等地区存在被入侵的高风险^[7-8]。2018 年,草地贪夜蛾入侵印度并迅速蔓延为害,同年年底,包括泰国、斯里兰卡、缅甸等多个国家证实草地贪夜蛾入侵,对亚洲粮食安全生产带来巨大威胁^[9-14]。2019 年 1 月首先在云南发现其入侵中国^[15],短短 5 个月内迅速蔓延至广西、贵州、广东、湖南等 14 省(区、市)^[16]。对此,农业农村部及相关研究人员迅速开展了系列调查研究,包括草地贪夜蛾形态特征^[17-18]、迁飞路径^[19-20]、防控对策及建议^[21]、Bt 抗性水平检测^[22]和分子鉴定^[23]等。

根据遗传差异,草地贪夜蛾分为玉米型和水稻型,其中入侵我国的种群主要是玉米型^[23-24]。草地贪夜蛾寄主植物包括来自 76 个科的 350 多种植物,其中禾本科 106 种,占近 1/3,是其偏好寄主;另外,菊科和豆科寄主植物有 31 种^[25]。草地贪夜蛾取食不同寄主植物时表现出适合度差异,例如取食谷子的草地贪夜蛾幼虫存活率、体重和成虫产卵量显著高于取食玉米和大豆,而取食棉花则表现更低的适合度^[26]。目前,草地贪夜蛾在我国主要为害玉米,而我国多数烟草种植区玉米与烟草邻作较为普遍,且两种作物的生育期相近。为了明确草地贪夜蛾对烟草是否具有潜在风险,我们以玉米和烟草为对象,解析取食嗜好和非嗜好寄主对草地贪夜蛾的影响及草地贪夜蛾对两种寄主的选择性。

1 材料与方法

1.1 供试虫源及饲养材料

草地贪夜蛾由张丹丹于 2019 年采自云南省普洱市江城县。供试寄主玉米为购自市场的鲜食玉米‘金冠 218’,选择性试验盆栽玉米为‘青农 105’,烟草为室内种植的烤烟品种‘K326’。

1.2 寄主选择性

设置养虫笼(长 1 m,宽 50 cm,高 50 cm,纱网 120 目),每笼放入 3 株 7 叶期、株高 30 cm 左右的玉米苗和 3 株 7 叶期烟苗,每个养虫笼中分别放入 2 对羽化第 1 天的草地贪夜蛾雌雄成虫,第 8 天杀死成虫,记录玉米和烟草叶片上的卵块数量和幼虫数量,3 个养虫笼作为 3 次重复。

试验环境条件:温度(25 ± 1)℃,相对湿度 75%±5%,光周期 L//D=16 h//8 h。

1.3 生命表参数记录

将 1 龄幼虫放入 24 孔板单头饲养,4 d 后转入 6 孔板,8 d 后转入塑料盒(直径 3 cm,高 4 cm),以新鲜玉米籽粒和烟草叶片喂食,每天记录草地贪夜蛾生长发育情况直至化蛹或死亡。设置 3 个重复,每个重复 24 头幼虫,结果统计时剔除换饲料过程中人为损伤导致的死虫数目。选择第 12 天的幼虫和第 3~5 天的蛹称重。成功化蛹的个体的发育历期、体重等参数用于后续的分析。试验环境条件同上。

1.4 数据处理方法

采用 GraphPad InStat 3 进行双尾 paired-t-test 比较分析。

2 结果与分析

2.1 草地贪夜蛾对玉米和烟草的选择性

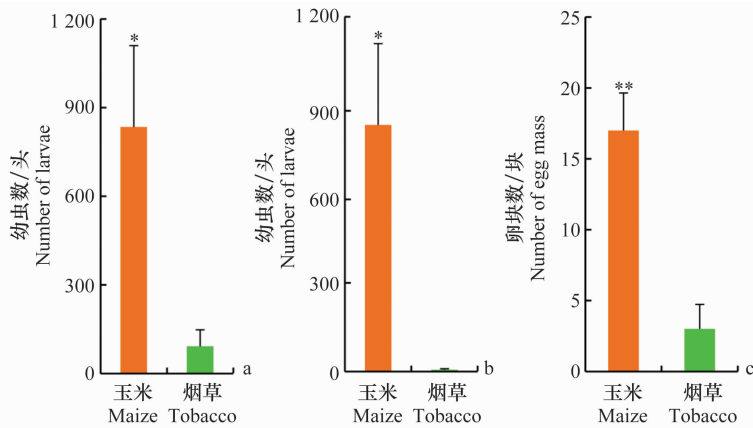
以烟草和玉米植株上的卵块数量和幼虫数量进行草地贪夜蛾的寄主选择性分析。玉米上的幼虫数量(834.67 ± 275.16)头/笼,显著大于烟草上的幼虫数量(92 ± 55.83)头/笼($t=5.846, P=0.0280, n=3$)(图 1a)。玉米植株上未见死亡幼虫,但烟草上的幼虫大量死亡,死亡率为 $92.53\% \pm 1.46\%$ 。只用存活幼虫数量做统计分析,玉米上的幼虫数量(834.67 ± 275.16)头/笼,显著大于烟草上幼虫数量(6.33 ± 3.06)头/笼($t=5.271, P=0.0342, n=3$)(图 1b)。玉米植株上的卵块数量(17 ± 2.65)块/笼,显著多于烟草叶片上的卵块数量(3 ± 1.73)块/笼($t=12.124, P=0.0067, n=3$)(图 1c)。幼虫数量和卵块数量均表明草地贪夜蛾更喜欢选择玉米产卵和取食。

2.2 玉米和烟草对草地贪夜蛾生长发育的影响

以玉米籽粒饲养的草地贪夜蛾幼虫平均发育历期为(17.22 ± 1.90)d,而以烟草叶片饲养的幼虫发育历期显著延长,达到(26.80 ± 1.89)d($t=7.350, P<0.0001$,玉米: $n=50$;烟草: $n=10$)(图 2a)。以玉米饲养的幼虫第 12 天体重为(0.261 ± 0.112)g/头,显著大于烟草叶片饲养的幼虫(0.034 ± 0.028)g/头($t=5.446, P=0.0004$,玉米: $n=50$;烟草: $n=10$)(图 2b)。玉米饲养的草地贪夜蛾蛹重(0.187 ± 0.030)g/头,显著大于烟草叶片饲养获得的蛹重(0.131 ± 0.028)g/头($t=3.122, P=0.0123$,玉米: $n=47$;烟草: $n=10$)(图 2c)。烟草叶片饲养的幼虫从第 4 天到第 11 天大量死亡(图 2e),最终幼虫死亡率为 $85.49\% \pm 4.16\%$,显著高于玉米饲喂的幼虫死亡率 $24.35\% \pm 8.13\%$ ($t=9.655, P=0.0106$,

$n=3$)(图 2d)。因烟草叶片饲喂的草地贪夜蛾只获得 5 头成虫(2 雌、3 雄),故未对蛹的羽化率、成虫生殖力和寿命进行分析,但是来自烟草的成虫配对(2 雌/2 雄)成功产卵并孵化出幼虫(183 头)。以最终能羽化为成虫的蛹统计发育历期,结果表明来自

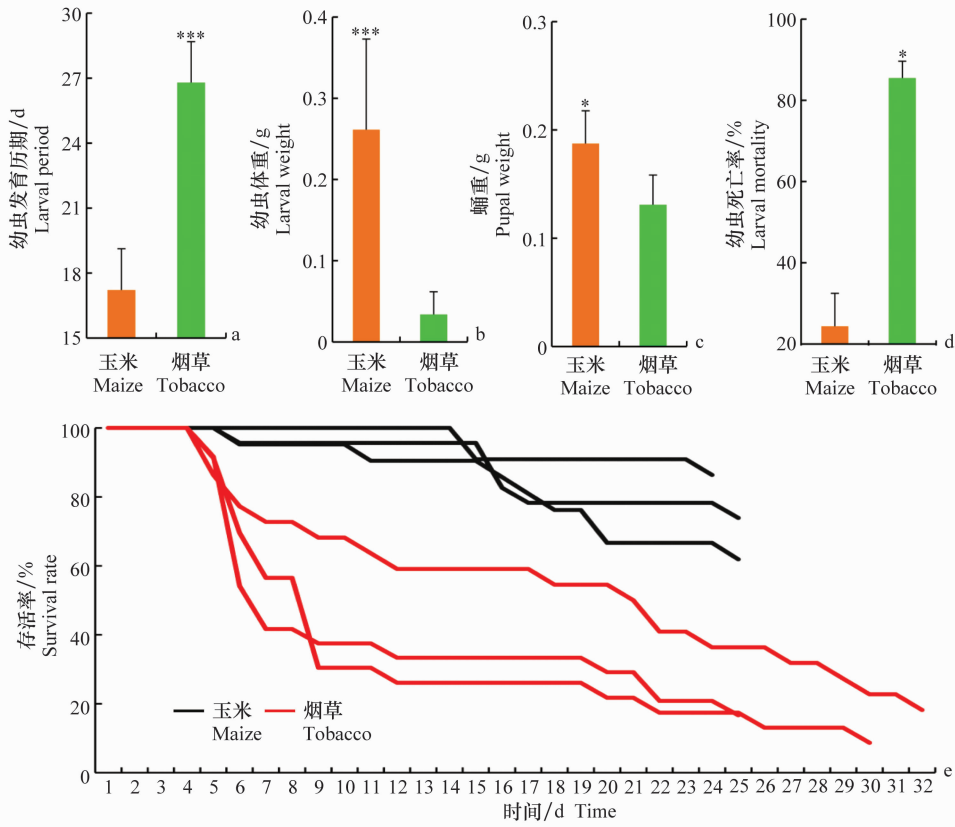
玉米和烟草的蛹发育历期分别为(10.46 ± 0.95)d 和(10.20 ± 0.45)d,无显著差异($t=0.000, P=1$,玉米: $n=35$;烟草: $n=5$)。上述结果表明,草地贪夜蛾在玉米上具有更高的适合度,但在烟草上能够完成一个完整世代。



a: 玉米和烟草上的总幼虫数; b: 玉米和烟草上存活的幼虫数; c: 玉米和烟草上的卵块数。* 代表 $P<0.05$, **代表 $P<0.01$
a: Total number of larvae on maize and tobacco; b: Number of survival larvae on maize and tobacco; c: Number of egg masses on maize and tobacco. * stand for $P<0.05$, ** stand for $P<0.01$

图 1 草地贪夜蛾对玉米和烟草的选择性

Fig. 1 Preference of *Spodoptera frugiperda* to maize and tobacco



a: 幼虫发育历期; b: 第12天幼虫体重; c: 第3~5天蛹重; d: 幼虫死亡率; e: 幼虫发育期个体存活率动态(相同颜色折线代表重复)。*代表 $P<0.05$, ***代表 $P<0.001$
a: Larval period; b: Larval weight on the 12th day after hatching; c: Pupal weight from the 3rd to 5th day; d: Larval mortality; e: The dynamics of larval survival rate (lines in same color stand for replicates). * stand for $P<0.05$, *** stand for $P<0.001$

图 2 取食玉米和烟草对草地贪夜蛾生长发育等生命表参数的影响

Fig. 2 Life cycle parameters of *Spodoptera frugiperda* feeding on maize and tobacco

3 讨论

草地贪夜蛾寄主范围广,可迁飞和暴发为害,严重威胁粮食及经济作物安全生产,2019年1月首先在云南发现其入侵中国后立即引起了广泛关注^[15-23]。草地贪夜蛾定殖云南的首选寄主植物是云南的主要农作物之一玉米^[27]。烟草是云南省重要的经济作物,种植面积全国最大。前期虽有报道烟草等9种茄科作物是草地贪夜蛾的寄主^[25],但未见取食茄科作物对草地贪夜蛾生长发育等生命表参数的详细研究及草地贪夜蛾对茄科作物选择性的研究。本研究以玉米和烟草为对象,系统记录了取食玉米和烟草对草地贪夜蛾生长发育的影响,结果表明,与取食玉米的个体相比,取食烟草的草地贪夜蛾幼虫发育历期长,幼虫体重和蛹重小,幼虫死亡率高,表现为适合度显著降低,但以烟草饲养的草地贪夜蛾可以发育至成虫并产卵、孵化出幼虫,表明其可在烟草上完成生活史。寄主选择性研究表明,草地贪夜蛾幼虫更喜欢在玉米上产卵和定殖,扩散到烟草上的幼虫大量死亡,但仍有接近7%的个体存活。上述研究预示,在食物充足时,草地贪夜蛾首先取食玉米等禾本科植物,但当食物匮乏、种群密度过高时,存在向烟草等非嗜好作物转移为害的风险。

昆虫的寄主转移与进化适应是种群分化和物种形成的重要机制之一,例如桃蚜 *Myzus persicae* 取食烟草后逐渐形成了适应烟草的种群^[28],草地贪夜蛾在取食不同寄主过程中形成了玉米型和水稻型两个典型的种群^[24]。同其他作物相比,烟草在世界范围内的种植面积小,草地贪夜蛾取食烟草概率低,缺乏适应进化的基础。但在我国17个烟草种植主产省,玉米与烟草邻作情况较为普遍,且生育期相近,为草地贪夜蛾取食烟草的适应性进化提供了有利条件。尽管我们的研究表明取食烟草的草地贪夜蛾适合度显著降低,但仍能完成生活史,当草地贪夜蛾种群密度大、食物匮乏时有可能为害烟草,并最终形成适应烟草的草地贪夜蛾种群。因此,今后应密切关注草地贪夜蛾发生动态,并加强对其在烟田发生情况的监测,同时研究草地贪夜蛾适应烟草的可能性及相关机制,为综合防控提供依据。

参考文献

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

Bulletin, 1928, 34: 91.

- [2] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. The Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82 - 86.
- [3] CASMUZ A, JUAREZ M L, SOCIAS M G, et al. Revision de los hospederos del gusano cogollero del maiz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 2010, 69(3/4): 209 - 231.
- [4] GOERGEN G, KUNAR P L, SANKUNG S B, et al. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in west and central Africa[J/OL]. PLoS ONE, 2016, 11(10): e0165632.
- [5] COCK M J, BESEH P K, BUDDIE A G, et al. Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries [J/OL]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 4103.
- [6] FAO. Fall armyworm keeps spreading and becomes more destructive [EB/OL]. (2018 - 06 - 28)[2019 - 06 - 11]. <http://www.profirst.cn/Enweb/New.923.html>.
- [7] EARLY 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.
- [8] 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.
- [9] NAKWEET G. Global actions needed to combat fall armyworm [EB/OL]. (2018 - 09 - 28)[2019 - 06 - 11]. <https://allafrica.com/stories/201810160297.html>.
- [10] BHOSALE J. Fall armyworm spreads to five states in India [EB/OL]. (2018 - 10 - 09)[2019 - 06 - 11]. <http://economictimes.indiatimes.com/markets/commodities/news/fall-army-worm-spreads-to-five-states-in-india/articleshow/66128598.cms>.
- [11] FAO. First detection of fall armyworm on the border of Thailand [EB/OL]. (2018 - 12 - 19)[2019 - 06 - 11]. <http://www.ippc.int/en/countries/thailand/pestreports/2018/12/first-detection-ol-fall-army-worm-on-the-border-ol-thailand/>.
- [12] FAO. FAO statement on fall armyworm in Sri Lanka [EB/OL]. (2019 - 01 - 24)[2019 - 06 - 11]. <http://www.fao.org/srilanka/news/detail-events/en/c/1177796/>.
- [13] FAO. Briefing note on FAO actions on fall armyworm[R]. Rome, Italy, FAO, 2019: 1 - 6.
- [14] FAO. First detection report of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in Myanmar [EB/OL]. (2019 - 01 - 11)[2019 - 06 - 11]. <http://www.ippc.int/en/countries/myanmar/pestreports/2019/01/first-detection-report-ol-the-fall-armyworm-spodoptera-frugiperda-lepidoptera-noctuidae-on-maize-in-myanmar/>.
- [15] 全国农业技术推广服务中心. 重大害虫草地贪夜蛾已侵入云南, 各地要求立即开展调查监测[R]. 植物病虫害情报, 2019年第7期, 2019 - 01 - 18.

(下转 90 页)

resistance to *Aphanomyces euteiches* root rot and *Rhizoctonia solani* stem rot in peas [J]. Journal of Biological Chemistry, 1920, 45 (6): 1080–1085.

- [77] 郭高球. 草原 12 号豌豆选育和应用[J]. 青海科技, 1996, 3(2): 6–10.
- [78] 贺晨邦, 冯钦华, 严青彪, 等. 草原 26 号豌豆品种[J]. 中国种业, 2007(10): 69.
- [79] KRAFT J M, COFFMAN V A. Registration of 97–261 and 97–2154 pea germplasms [J]. Crop Science, 2000, 40(1): 302–303.
- [80] ROUX-DUPARQUE M, BOITEL C, DECAUX B, et al. Breeding peas for resistance to *Aphanomyces* root rot: current main outputs of three breeding programmes [M]//Dijon, France; Proceedings of the 5th European Conference on Grain Legumes, 2004 (7/11): 133.
- [81] 李兴龙, 李彦忠. 土传病害生物防治研究进展[J]. 草业学报, 2015, 24(3): 204–212.
- [82] XUE A G. Biological control of pathogens causing root rot complex in field pea using *Clonostachys rosea* strain ACM941 [J]. Phytopathology, 2003, 93(3): 329–335.

- [83] WAKELIN S A, WALTER M, JASPERS M, et al. Biological control of *Aphanomyces euteiches* root-rot of pea with spore-forming bacteria [J]. Australasian Plant Pathology, 2002, 31 (4): 401–407.
- [84] THYGESEN K, LARSEN J, BØDKER L. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce development of pea root-rot caused by *Aphanomyces euteiches* using oospores as pathogen inoculums [J]. European Journal of Plant Pathology, 2004, 110(4): 411–419.
- [85] CHARUDATTAN R. Biological control of weeds by means of plant pathogens: Significance for integrated weed management in modern agroecology [J]. Biocontrol, 2001, 46(2): 229–260.
- [86] BOTELHO G R, MENDONÇA-HAGLER L C. Fluorescent *Pseudomonads* associated with the rhizosphere of crops: an overview [J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2006, 37(4): 401–416.
- [87] ABOEYOUSR K A M, HASHEM M, ALI E H. Integrated control of cotton root rot disease by mixing fungal biocontrol agents and resistance inducers [J]. Crop Protection, 2009, 28 (4): 295–301.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 64 页)

- [16] 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)[2019–06–11]. http://www.xinhuanet.com/food/2019-05/22/c_1124525666.htm.
- [17] 赵胜园, 罗倩明, 孙小旭, 等. 草地贪夜蛾与斜纹夜蛾的形态特征和生物学习性比较[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(5): 26–35.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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, (2019–05–29)[2019–06–17]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019260>.
- [22] 张丹丹, 吴孔明. 国产 Bt-Cry1Ab 和 Bt-(Cry1Ab+Vip3Aa) 玉米对草地贪夜蛾的抗性测定[J/OL]. 植物保护, (2019–05–23)[2019–06–17]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019251>.
- [23] 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.

- [24] 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.
- [25] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSA-GOMEZ D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286–300.
- [26] BARROS E M, TORRES J B, RUBERSON J R, et al. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2010, 137: 237–245.
- [27] 孙小旭, 赵胜园, 靳明辉, 等. 玉米田草地贪夜蛾幼虫的空间分布型与抽样技术[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 13–18.
- [28] BASS C, ZIMMER C T, RIVERON J M, et al. Gene amplification and microsatellite polymorphism underlie a recent insect host shift [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013, 110(48): 19460–19465.

(责任编辑: 杨明丽)