

草地贪夜蛾的产卵节律及其对不同介质的产卵选择性

金涛, 林玉英, 马光昌, 向凯萍, 楚小强, 彭正强*, 易克贤

(中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 农业农村部热带农林有害生物入侵监测与控制重点开放实验室, 海口 571101)

摘要 草地贪夜蛾是2019年新入侵我国的重大农业害虫,对我国粮食生产安全构成了严重威胁。本文在室内条件下,观察记录了雌成虫的产卵节律及其对不同介质的产卵选择性。结果表明,草地贪夜蛾平均最高日产卵量可达229.3粒/头,且主要集中在羽化后7 d内产卵,占总产卵量的68.1%;产卵主要在20:00—05:00进行;在玉米老叶和牛皮纸上的产卵量显著高于玉米心叶、复印纸、玻璃壁和棉花等介质上的产卵量,分别占总产卵量的32.6%和31.1%。这些结果表明,草地贪夜蛾成虫具有较强的繁殖能力和产卵节律性,对玉米老叶片具有显著的产卵偏好。

关键词 草地贪夜蛾; 产卵节律; 产卵选择性; 产卵介质

中图分类号: S435.132 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019672

Oviposition rhythms of *Spodoptera frugiperda* and its oviposition preferences to different medium

JIN Tao, LIN Yuying, MA Guangchang, XIANG Kaiping, CHU Xiaoqiang, PENG Zhengqiang*, YI Kexian

(Environment and Plant Protection Institute, China Academy of Tropical Agricultural Sciences, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Tropical Crops, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Haikou 571101, China)

Abstract The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, is a notorious agricultural pest which newly invaded into China in 2019. It would pose a serious threat to the production of grain in our country. The oviposition rhythms of *S. frugiperda* female adult and its oviposition preferences to different medium were observed indoor. The results showed that the highest daily fecundity was 229.3 eggs per individual, and most eggs were laid in 7 days after emergence, account to 68.1% of the total eggs. Furthermore, females mainly laid eggs during 20:00—05:00. The eggs laid on developed maize leaf and craft paper were significantly more than those on first fully expanded leaf, printer paper, glass, and cotton ball, account to 32.6% and 31.1% of the total eggs, respectively. All these results indicated that the adults of *S. frugiperda* have a greater reproduction capacity and an obvious oviposition rhythm, as well as a greater oviposition preference to developed maize leaves.

Key words *Spodoptera frugiperda*; oviposition rhythms; oviposition preferences; medium for oviposition

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 又称秋黏虫(fall armyworm),是原产于美洲热带和亚热带地区的鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 杂食性害虫。该虫按寄主偏好可分为玉米型和水稻型,玉米型偏好玉米、高粱和棉花等,水稻型偏好水稻等^[1]。入侵我国的主要为玉米型,其寄主广泛,包括玉米、甜玉米、甘蔗、高粱等近200多种作物^[2-3]。该虫在玉米植株各个生长期均可造成危害,在没有防

治的玉米田,一头幼虫便可使玉米叶心部分枯烂,无法生长出新叶而死亡。自2019年1月草地贪夜蛾入侵我国云南省江城县以来,因其有迁飞习性已逐步扩散至全国26个省区,涉及1538个县,玉米田发生面积106.5万hm²,并对其他作物如甘蔗、高粱、谷子和小麦等14种作物造成危害^[4]。我国东临太平洋,受海陆季风的影响较大,同时还受到东亚季风和印度季风的影响,草地贪夜蛾很可能借助这些

收稿日期: 2019-12-04

修订日期: 2019-12-17

基金项目: 农业农村部2019年草地贪夜蛾监测防治应急调研指导项目;中国热带农业科学院创新团队项目(1630042017012);中国热带农业科学院重要入侵生物监测与应急防控项目(1630042019046)

* 通信作者 E-mail: lypzhq@163.com

季风进一步北迁至华北、西北和东北等粮食主产区^[5-8]。我国玉米、甘蔗和小麦等农作物生产将受到严重威胁,防控形势严峻。

化学药剂具有高效、速效和使用方便的优点^[9],是对暴发性尤其是入侵性害虫进行应急防控的重要手段^[10]。然而,草地贪夜蛾具有极强的迁飞扩散能力,其入侵速度和现阶段在全球的为害面积远超人们所料,仅靠化学应急防治是远远不够的。随着草地贪夜蛾在我国大面积发生和定殖,深入了解该虫的生物学习性及其发生趋势对制定其长效防控策略具有重要的科学意义。前人对草地贪夜蛾的产卵选择性研究表明,该虫偏好在黑麦草、小麦、玉米和高粱等作物上产卵,但并未注明是玉米型或水稻型种群^[11]。草地贪夜蛾入侵我国后,研究人员比较了其对于玉米和小麦不同部位的产卵选择性,结果表明该虫更喜欢在玉米上产卵,其在玉米、小麦叶片、玉米和小麦茎秆上的产卵量存在显著差异^[12]。本文以草地贪夜蛾成虫为研究对象,对其产卵节律及对产卵介质的产卵选择性进行了研究。旨在了解草地贪夜蛾的产卵习性,为今后大量高效地继代扩繁试验种群,选择较好的卵块承载介质扩繁天敌寄生蜂,开展生物防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和植物

于2019年8月25日至10月30日采集海南省儋州市两院沙田区甜玉米地的草地贪夜蛾高龄幼虫,带回中国热带农业科学院环境与植物保护研究所的隔离检疫室内,使用玉米叶单头隔离饲养,羽化的成虫作为试虫。饲养和测试环境:温度 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$, $L/D=16\text{ h}/8\text{ h}$,相对湿度 $75\%\sim 85\%$ 。采集该地区的玉米心叶和老叶片,用于选择试验。

1.2 产卵量与成虫日龄的关系

选取5组刚羽化的草地贪夜蛾成虫,每组12头,性比1:1,投入到使用复印纸卷住上、下两只培养皿制成的直径为9 cm,高为21 cm的圆柱形饲养盒中,再加入玉米老叶(功能叶片)和含有20%蜂蜜水的棉花球。每天早上08:00更换一次饲养盒及玉米老叶片和蜂蜜水,对更换下来的叶片和饲养盒进行检查,记录逐日产卵数量,直至盒中雌成虫全部死亡为止,试验温度 $(26\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $80\%\pm$

10% ,光周期 $L/D=12\text{ h}/12\text{ h}$ 。

1.3 产卵日节律

根据试验1.2获得的结果,选取草地贪夜蛾产卵数量最多的96 h,即第3天至第6天,对草地贪夜蛾的产卵日节律进行研究。具体方法:取5组刚羽化的草地贪夜蛾成虫,每组12头,性比1:1,投入与1.2相同规格的饲养盒中。每3 h更换一次饲养盒及玉米老叶和蜂蜜水,观察并记录每个时间段的产卵数量,连续记录96 h。试验环境同1.2。

1.4 对不同介质的产卵选择性

剪取长为10 cm的复印纸,卷住上、下两只培养皿,制成直径为9 cm,高10 cm的圆柱形饲养盒,在饲养盒内壁再卷入高为5 cm牛皮纸,并投入长约9 cm,宽约6 cm的玉米心叶(第一片完全展开叶)和老叶,形成了玻璃、牛皮纸、复印纸、玉米老叶和心叶等介质组成的饲养盒,表面积分别约为127.2、141.3、141.3、108 cm^2 和108 cm^2 ,并投入蘸20%蜂蜜水的棉花球。接入刚羽化的雌雄成虫各1头,共20组,每48 h更换饲养盒装置及其内的玉米叶片和蜂蜜水等,观察草地贪夜蛾在不同介质上卵块数和产卵数量,并记录。

1.5 数据处理

产卵量以平均值 $\pm$ 标准误表示,应用SPSS数据处理系统,进行Tukey多重比较法检验不同等级间各结构组织的差异显著性水平。以日产卵量的原始值做盒须图(box plot)进行比较,并以每3 h产卵量、每雌产卵量、卵分布比例分别做散点折线图(scatter line)和垂直柱形图(vertical bar)进行比较。

2 结果与分析

2.1 产卵量与日龄的关系

不同日龄草地贪夜蛾成虫产卵情况如图1所示,草地贪夜蛾成虫第4天的产卵量相对最高,为229.3粒/头,第3、5、6、7天产卵量分别为130.9、137.9、124.6粒/头和117.4粒/头,而第2、8、9、10、11、12天的产卵量相对较低,分别为75.7、70.6、44.5、26.8、10.3粒/头和2.2粒/头,在第1、13天和14天产卵量为0。由此可见,草地贪夜蛾雌成虫主要集中在羽化后前7 d产卵,占总产卵量的68.1%,而后产卵量逐渐下降,羽化后8~14 d的产

卵量为 31.9%，总体呈现为先上升后下降的趋势。表明草地贪夜蛾能在雌成虫羽化后 7 d 内产下绝大多数的卵，在较短的时间内进入产卵高峰期。

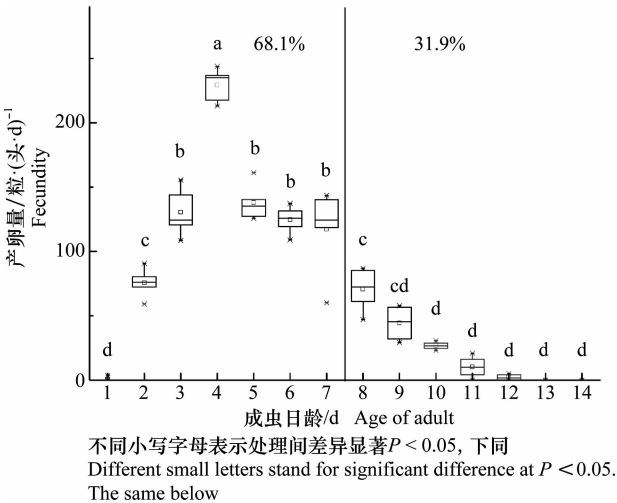


图 1 不同日龄草地贪夜蛾雌成虫的产卵量
Fig. 1 Fecundity of *Spodoptera frugiperda* females at different day ages

2.2 产卵日节律

草地贪夜蛾雌成虫在羽化后的第 3~6 天的 96 h 内的产卵情况如图 2 所示,不同时间段草地贪夜蛾的产卵量存在显著变化,其中第 4 天的 23:00 至第 5 天的 02:00 的时间段产卵量最高,为 75.6 粒/头,显著高于其他各时间段的产卵量。其次是第 4 天的 20:00—23:00 的时间段,产卵量为 50.4 粒/头,显著高于当天的 17:00—20:00 和第 5 天的 02:00—05:00 的时间段产卵量,后者分别为 42.1 粒/头和 35.1 粒/头。从第 3~6 天草地贪夜蛾成虫昼夜产卵量日节律来看,该虫从每天 14:00—23:00 进入产卵高峰,在 20:00—02:00 的产卵量相对最高,02:00—08:00 产卵量逐渐下降,在 08:00—14:00 产卵量极少,总体上草地贪夜蛾雌成虫多集中于晚间接近凌晨的时间段产卵,且产卵量日节律呈波浪形变化。这些结果表明草地贪夜蛾产卵具有极强的节律性,晚间到凌晨是其产卵高峰期,白天也会偶尔产卵,但产卵量极少。

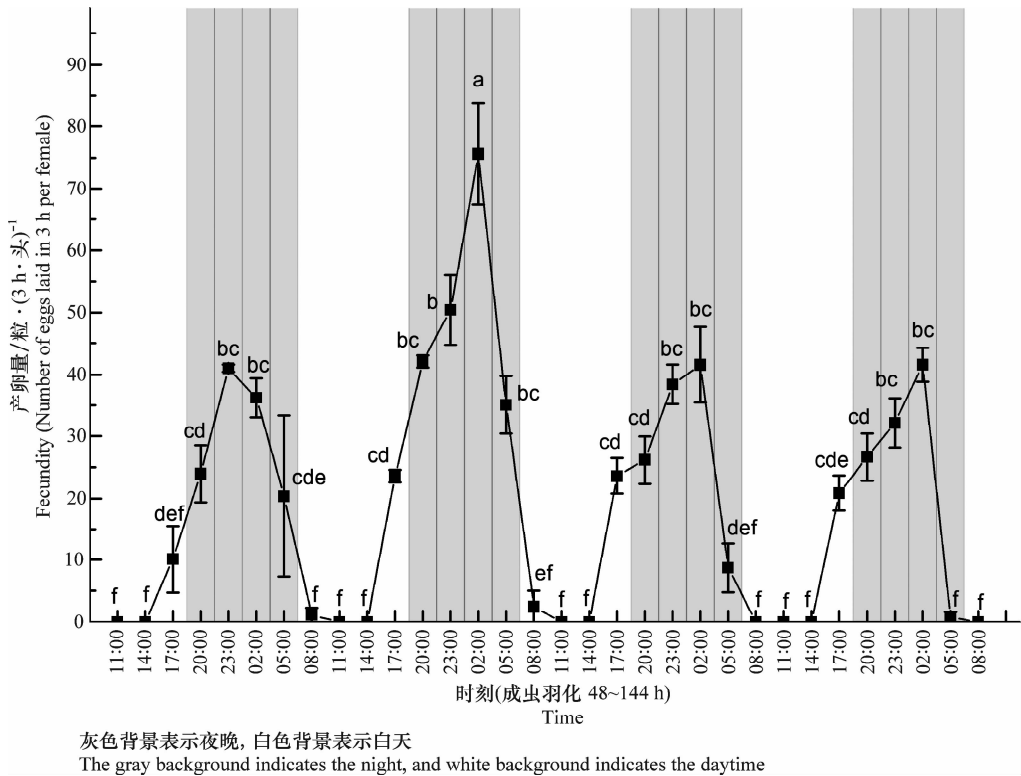


图 2 草地贪夜蛾雌成虫产卵的日节律
Fig. 2 Daily rhythm of *Spodoptera frugiperda* females' oviposition

2.3 草地贪夜蛾对不同介质的产卵选择性

草地贪夜蛾雌成虫对不同介质的产卵选择性如图 3 所示,雌成虫在玉米老叶、玉米心叶、复印纸、牛

皮纸、玻璃壁和棉花等介质上的产卵量分别为 357.8、132.8、150.8、340.9、111.9 粒/头和 2.86 粒/头,且在玉米老叶和牛皮纸上的产卵量显著高于

其他介质上的产卵量,分别占产卵量的 32.6% 和 31.1%,在复印纸、玉米心叶和玻璃壁的产卵分布分别为 13.7%、12.1% 和 10.2%,而在棉花上仅占产

卵分布的 0.26%。表明了草地贪夜蛾雌成虫对玉米老叶和牛皮纸具有显著的产卵选择性,而对本试验中其他介质无明显产卵选择偏好。

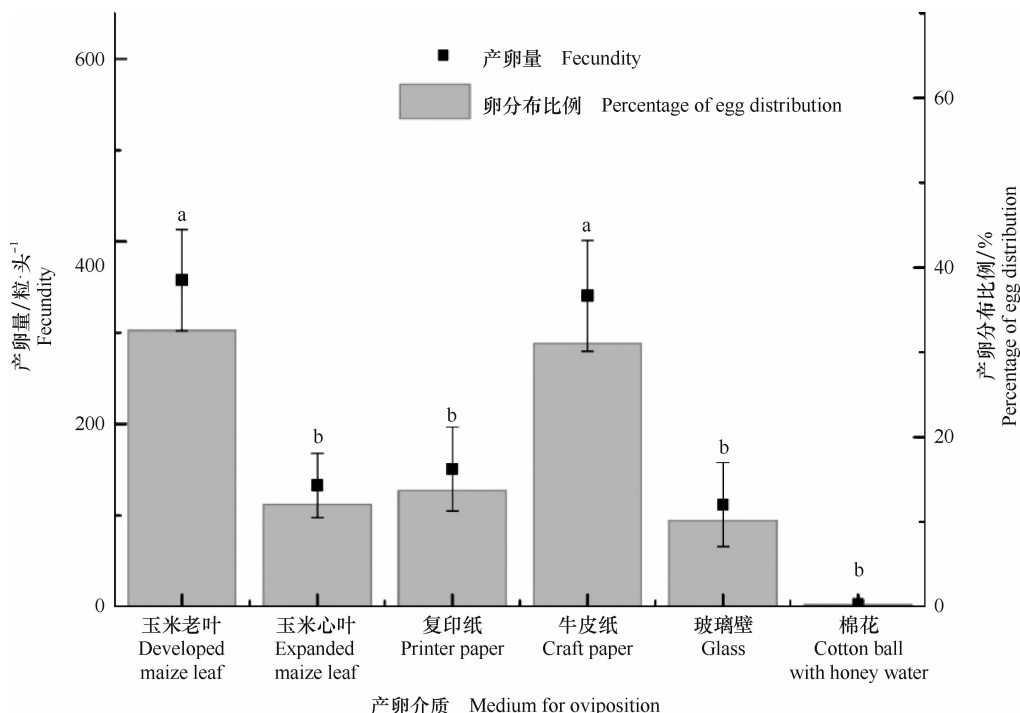


图 3 草地贪夜蛾雌成虫对不同介质的产卵选择性

Fig. 3 Oviposition preference of *Spodoptera frugiperda* females to different medium

3 讨论

准确掌握草地贪夜蛾的产卵节律及产卵选择性对于开展该虫的种群动态监测,实施有效防控具有重要的指导意义。本文研究了室内条件下草地贪夜蛾雌成虫的产卵量与日龄关系、产卵日节律和成虫对产卵介质的选择性,结果表明,3~7 日龄草地贪夜蛾雌成虫产卵量最大,其他日龄虽有少量产卵,但总体上产卵量呈现随日龄先上升后下降的趋势;且多集中于晚间接近凌晨的时间段产卵,每天产卵量日节律呈波浪形变化;相比于复印纸、棉花、玉米心叶和玻璃等介质,草地贪夜蛾对玉米老叶具有较明显的产卵偏好性。本文研究结果显示了草地贪夜蛾雌成虫具有较强的繁殖能力,其产卵具有极强的节律性,并具有一定的产卵选择性。

对于多食性昆虫,成虫将卵产在自己偏好的寄主植物上以便于后代更容易获得食物,完成生长发育。当然外界的一些竞争选择压力,如种群密度、天敌存在环境等因素,也会影响该虫的产卵选择性^[13]。本文是以新迁入我国的玉米型草地贪夜蛾

作为试验虫源,选用 8~10 叶期的玉米植株叶片作为材料,研究其产卵选择性,试验结果表明,玉米老叶上的产卵量显著高于其他介质如玉米心叶上的产卵量,占总产卵量的 32.6%。虽然草地贪夜蛾幼虫取食偏好多集中于植株的幼嫩位置,但产卵位置更倾向于避光的老叶片背面^[12,14],明确其产卵和取食偏好性可以为其田间种群发生调查和指导有效的防控提供科学依据。

草地贪夜蛾作为 2019 年新入侵的重要害虫,无论进行生物生态学基础研究还是防控技术的研究,都需要建立一套简便、有效的草地贪夜蛾人工大量繁殖的方法,尤其是在利用如夜蛾黑卵蜂、赤眼蜂、各类茧蜂和病原物等各种天敌资源^[15-22]开展生物防治和推广等方面。本文对草地贪夜蛾产卵动态的研究揭示,雌成虫能在羽化后 7 d 内产下绝大多数的卵,占总产卵量的 68.1%,而后 7 d 产卵量仅占 31.9%。为提高草地贪夜蛾的人工繁殖效率,也可以只需收集草地贪夜蛾 7 日龄前的卵,既可达到卵产量最大化,也可提高人工繁殖效率,减少劳动力。在产卵介质的选择方面,认为使用玉米老叶和牛皮

纸就可以获得较好的产卵诱集效果,但在大量人工饲养过程中,牛皮纸更容易进行标准化操作,推荐用作卵块承载介质,可更加便利地应用于草地贪夜蛾卵寄生蜂的扩繁。

参考文献

[1] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. The Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82–87.

[2] LIU Huan, LAN Tianming, FANG Dongming, et al. Chromosome level draft genomes of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), an alien invasive pest in China [J/OL]. bioRxiv, 2019: 671560. DOI: 10.1101/671560.

[3] 张磊, 柳贝, 姜玉英, 等. 中国不同地区草地贪夜蛾种群生物型分子特征分析[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 20–27.

[4] 姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 等. 2019 年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 10–19.

[5] 王磊, 陈科伟, 钟国华, 等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾发生危害、防控研究进展及防控策略探讨[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(3): 479–487.

[6] 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.

[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] 马千里, 吴吉英子, 宋紫霞, 等. 与美国对比分析草地贪夜蛾在我国危害发展趋势[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(5): 929–936.

[9] 高希武. 我国害虫化学防治现状与发展策略[J]. 植物保护, 2010, 36(4): 19–22.

[10] 强胜, 陈国奇, 李保平, 等. 中国农业生态系统外来种入侵及其管理现状[J]. 生物多样性, 2010, 18(6): 647–659.

[11] PITRE H N, MULROONEY J E, HOGG D B. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition: crop preferences and egg distribution on plants [J]. Journal of Economic Entomology, 1983, 76(3): 463–466.

[12] 巴吐西, 张云慧, 张智, 等. 草地贪夜蛾对小麦和玉米的产卵

选择性及其种群生命表[J]. 植物保护, 2020, 46(1): 17–23.

[13] THOMPSON J N. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1988, 47(1): 3–14.

[14] 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.

[15] BUENO R C O D F, BUENO A D F, XAVIER M F D C, et al. *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) parasitism on eggs of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Erebidae) compared with its natural host *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Annals of the Entomological Society of America, 2014, 107(4): 799–808.

[16] MD S A. Natural enemies of the fall armyworm and the corn earworm in sorghum and maize in Irapuato, Guanajuato, Mexico [J]. Southwestern Entomologist, 2018, 43(3): 715–722.

[17] RIOS-VELASCO C, GALLEGOS-MORALES G, CAMBERO-CAMPOS J, et al. Natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Coahuila, México [J]. Florida Entomologist, 2011, 94(3): 723–726.

[18] DEQUECH S T B, CAMERA C, STURZA V S, et al. Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by *Trichogramma* in maize [J]. Acta Scientiarum Agronomy, 2013, 35(3): 295–300.

[19] SHYLES A N, JALALI S K, 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, 35(3): 145–151.

[20] 唐璞, 王知知, 吴琼, 等. 草地贪夜蛾的天敌资源及其生物防治中的应用[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(3): 370–381.

[21] 陈万斌, 李玉艳, 王孟卿, 等. 草地贪夜蛾的天敌昆虫资源、应用现状及存在的问题与建议[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 658–673.

[22] 陈万斌, 李玉艳, 王孟卿, 等. 草地贪夜蛾的昆虫病原微生物资源及其应用现状[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 1–9.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 98 页)

[27] SEMLITSCH R D, WEST C A. Size-dependent cannibalism in noctuid caterpillars [J]. Oecologia, 1988, 77(2): 286–288.

[28] RICHARDSON M L, MITCHELL R F, RRAGEL P F, et al. Causes and consequences of cannibalism in noncarnivorous insects [J]. Annual Review of Entomology, 2010, 55(1): 39–53.

[29] KAKIMOTO T, FUJISAKI K, MIYATAKE T. Egg laying preference, larval dispersion, and cannibalism in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Annals of the Entomological Society of America, 2003, 96(6): 793–798.

[30] VALICENTE F H, TUELHER E D S, PENA R C, et al.

Cannibalism and virus production in *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae fed with two leaf substrates inoculated with Baculovirus spodoptera [J]. Neotropical Entomology, 2013, 42(2): 191–199.

[31] RAFFA K F. Effect of host plant on cannibalism rates by fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae [J]. Environmental Entomology, 1987, 16(3): 672–675.

[32] 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.

(责任编辑: 杨明丽)