



李志刚, 吕欣, 押玉柯, 徐齐云, 叶静文, 韩诗畴, 张春兰, 李军. 粤港两地田间发现夜蛾黑卵蜂与螟黄赤眼蜂寄生草地贪夜蛾 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (4): 760-765.

粤港两地田间发现夜蛾黑卵蜂与 螟黄赤眼蜂寄生草地贪夜蛾

李志刚, 吕欣*, 押玉柯, 徐齐云, 叶静文, 韩诗畴, 张春兰, 李军**
(广东省生物资源应用研究所, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广州 510260)

摘要: 草地贪夜蛾是新入侵我国的重大危险性害虫, 了解野外条件下天敌的发生情况对于挖掘和利用本地天敌资源开展生物防治有重要意义。2019年4月至7月, 定期在广州及香港地区的玉米田中开展草地贪夜蛾发生情况调查时, 发现野外两种卵寄生蜂寄生草地贪夜蛾。通过分子生物学方法鉴定为夜蛾黑卵蜂和螟黄赤眼蜂, 并分别建立实验种群, 为人工扩繁及田间应用打下基础, 为利用本地天敌开展草地贪夜蛾生物防治提供重要参考。

关键词: 草地贪夜蛾; 夜蛾黑卵蜂; 螟黄赤眼蜂; 广州; 香港

中图分类号: Q968.1; S433.4; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2019) 04-0760-06

The parasitism of *Telenomus remus* and *Trichogramma chilonis* on *Spodoptera frugiperda* found in the fields of Guangzhou and Hong Kong

LI Zhi-Gang, LV Xin*, YA Yu-Ke, XU Qi-Yun, YE Jing-Wen, HAN Shi-Chou, ZHANG Chun-Lan, LI Jun** (Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Institute of Applied Biological Resources, Guangzhou 510260, China)

Abstract: From April to July, 2019, a regular survey of *Spodoptera frugiperda* was conducted in the cornfields of Guangzhou and Hong Kong. Two species of egg parasitoids were found to be parasitic in *S. frugiperda* in the cornfields. Then, the egg parasitoids were cultivated in the eggs of *S. frugiperda* and identified by molecular identification as *Telenomus remus* and *Trichogramma chilonis*. Moreover, the experimental populations of these egg parasitoid wasps were established respectively, which laid a foundation for artificial propagation and field application. This study provides important references for the biological control of *S. frugiperda* with native natural enemies.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; *Telenomus remus*; *Trichogramma chilonis*; Guangzhou; Hong Kong

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith) 隶属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 是原产于美洲热带和亚热带地区的重大迁飞性害虫 (Todd &

Poole, 1980; Johnson, 1987; CABI, 2019), 具有寄主范围广、繁殖能力强、扩散速度快、危害程度重和防控难度大等特点 (郭井菲等, 2019)。

基金项目: 广东省科学院科技发展专项 (2019GDASYL-0302007); 广州市政府资金 (SYZFCG- [2017] 032); 广东省科技计划项目 (2017B020202006, 2017A020219002); 广州市科技计划项目 (201607010083)

作者简介: 李志刚, 男, 1978年生, 博士, 副研究员, 主要从事昆虫多样性的保护与利用等方面的研究, E-mail: leegdei@163.com

* 共同第一作者: 吕欣, 女, 1980年生, 硕士, 副研究员, 主要从事害虫生物防治研究, E-mail: greenhopelv@163.com

** 通讯作者 Author for correspondence: 李军, 博士, 研究员, 主要从事入侵生物学研究, E-mail: longfeili2004@163.com

收稿日期 Received: 2019-07-12; 接受日期 Accepted: 2019-07-20

目前草地贪夜蛾已入侵到 40 多个非洲国家 (地区) 以及 9 个亚洲国家 (Feldmann, 2019; 全国农业技术推广服务中心, 2019)。2019 年 1 月, 我国云南首次发现草地贪夜蛾危害玉米 (姜玉英等, 2019), 目前已扩散至云南、广西、广东、贵州、湖南、福建、四川、重庆、海南等 19 个省 (市、自治区), 并有继续扩散到北方玉米主产区的可能性, 对我国玉米产业造成重大威胁 (葛世帅等, 2019; 杨普云等, 2019)。

草地贪夜蛾常用的防控方法包括农业防治、生物防治和化学防治等。利用赤眼蜂等寄生性天敌开展草地贪夜蛾的生物防治, 具有减少化学农药使用、保护农田生态环境、促进农产品质量等优点。草地贪夜蛾入侵我国后扩散迅速、危害严重, 发现、保护和利用本地天敌是有效抑制其为害的重要途径。本文在广州和香港两地发现野外卵寄生蜂寄生草地贪夜蛾的现象, 从野外采集的同一草地贪夜蛾卵块中培育出两种卵寄生蜂, 并分别建立实验种群, 为人工扩繁及田间应用打下基础, 为利用本地天敌开展草地贪夜蛾生物防治提供重要参考。

1 材料与方法

1.1 野外调查与试虫采集

自 2019 年 4 月 28 日至 7 月 3 日, 定期在广州增城区、花都区以及香港新界元朗锦田的玉米田中开展草地贪夜蛾调查。在上述 3 个区域各选择一块玉米田, 采用 5 点取样法、W 形取样方式, 每点调查 10 株。并大量采集草地贪夜蛾卵块, 将带有卵块的玉米叶片带回实验室进行饲养观察。

1.2 寄生蜂实验种群的建立

将单片带有草地贪夜蛾卵块的玉米叶片置于指形管内, 细纱布封口, 放入相对湿度 70% ± 5%、温度 26℃ ± 1℃、光周期 L:D = 12 h: 12 h 的人工气候箱内饲养。每日观察卵块变化情况, 如有草地贪夜蛾幼虫孵化, 添加新鲜玉米叶持续饲养; 如有寄生蜂羽化, 加入草地贪夜蛾新鲜卵块或米蛾卵供其产卵, 连代培养, 建立寄生蜂实验种群。

1.3 寄生蜂分子鉴定方法

将捕获的寄生蜂按照采集地和形态划分为 A、

B 及 K 组, 每组分别进行样品处理, 用一次性灭菌牙签挑取死亡的寄生蜂成虫 3 ~ 5 头, 放置到已编号的 200 μL PCR 管底, 加入 5 μL 样本处理试剂 (广州善耕生物科技有限公司), 直接作为 DNA 模版, 立即用于后续 PCR 反应。

分别对 *CO I* 基因 (黑卵蜂样品) 和 *ITS 2* 基因 (赤眼蜂样品) 片段进行 PCR 扩增 (Folmer *et al.*, 1994; 李正西和沈佐锐, 2002), 所用引物序列见表 1。在上述 PCR 样品处理管中配制以下 PCR 反应体系: 2 × Taq PCR Mix (百泰克, 紫色) 13 μL, 去离子水 6 μL, 上下游引物 (10 μm/μL) 各 1 μL。于 Eppendorf 96 孔梯度 PCR 仪上设置如下 PCR 反应条件对目的基因片段进行 PCR 扩增: (94℃ 3 min, 55℃ 3 min) 4 个循环; (94℃ 30 s, 55℃ 30 s, 72℃ 30 s) 36 个循环; 72℃ 8 min。

将 5 μL PCR 扩增产物用移液枪吸取上样到 1% 琼脂糖凝胶上 (含 EB), 在盛有 1 × TAE 电泳缓冲液的水平凝胶电泳仪上, 调电流至 100 mA, 进行稳流电泳分离检测目的基因, 电泳时间 30 min。凝胶扫描成像仪上拍照、鉴定后进行 PCR 产物直接测序 (Sanger 测序, ABI 3730 XL)。采用 CONTIG 软件对测序结果进行查阅和拼接。于 NCBI GenBank 中对测序获取的序列进行 BLAST 比对, 检测其与数据库中已有寄生蜂对应序列的同源性。

表 1 *CO I* 基因和 *ITS 2* 基因片段扩增引物信息

Table 1 Primers of *CO I* gene and *ITS 2* gene fragments used in this study

| 引物名称 Primer | 引物序列 Sequence | 扩增区域 Target |
|-----------------|--------------------------------------|----------------|
| <i>CO I</i> -F | 5'-GGTCAACAAATCATAAAGA TATTGG-3' | <i>CO I</i> |
| <i>CO I</i> -R | 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAA AAAATCA-3' | <i>CO I</i> |
| <i>ITS 2</i> -F | 5'-TGTGAAGTGCAGGACACATG-3' | <i>ITS 2</i> |
| <i>ITS 2</i> -R | 5'-GTCTTGCCTGCTCTGAG-3' | <i>ITS 2</i> |

2 结果与分析

将野外采集的草地贪夜蛾卵置于人工气候箱

内培养, 被寄生蜂寄生的草地贪夜蛾卵粒颜色逐渐变深 (图 1-A), 寄生蜂在草地贪夜蛾卵内完成发育后咬破卵壳钻出草地贪夜蛾卵 (图 1-B、D)。

广州田间采集的同一草地贪夜蛾卵块上培育出 2 种卵寄生蜂; 香港田间采集的草地贪夜蛾卵中培育出 1 种卵寄生蜂。



图 1 粤港两地田间寄生草地贪夜蛾的两种卵寄生蜂

Fig. 1 Two kinds of egg parasitoid wasps of *Spodoptera frugiperda* in Guangzhou and Hong Kong

注: A, 被寄生的草地贪夜蛾卵; B, 寄生蜂羽化后的草地贪夜蛾卵壳; C-D, 从草地贪夜蛾卵内羽化的夜蛾黑卵蜂; E-F, 从草地贪夜蛾卵内羽化的螟黄赤眼蜂。Note: A, The parasitized eggs of *Spodoptera frugiperda*; B, eggshell of *Spodoptera frugiperda* after eclosion of egg parasitoid wasps; C-D, *Telenomus remus*; E-F, *Trichogramma chilonis*.

香港采集的卵寄生蜂与广州采集的其中一种卵寄生蜂形态特征相似，均与唐雅丽等（2010）对夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* Nixon 的形态特征描述基本一致；广州采集的另一种卵寄生蜂形态特征基本符合林乃铨（1994）对螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis* Ishii 的形态特征描述。

通过 PCR 扩增，CO I 引物（黑卵蜂样品）及 ITS 2 引物（赤眼蜂样品）在对应样品中均得到较好的扩增效果，条带单一整齐（图 2）。测序获得的 CO I 基因序列长为 670 bp，将测序结果在 NCBI GenBank 中 BLAST 比对，其基因序列与 *Telenomus remus* BIQUG15396-B12 CO I 序列（KY835081.1）的覆盖度为 87%、一致性为 99.83%；测得的 ITS 2 基因序列长为 444 bp，在 NCBI GenBank 中 BLAST 比对，其序列与 *Trichogramma chilonis* LK4（FN665797.1）5.8 S rRNA 部分序列、ITS 2 序列及 28 S rRNA 部分序列的覆盖度为 99%、一致性为 98.88%。经鉴定，广州田间采集的 2 种卵寄生蜂为膜翅目 Hymenoptera 缘腹细蜂科 Scelionidae 的夜蛾黑卵蜂（图 1-C、D）和膜翅目 Hymenoptera 赤眼蜂科 Trichogrammatidae 的螟黄赤眼蜂（图 1-E、F）；香港田间采集的卵寄生蜂为夜蛾黑卵蜂。

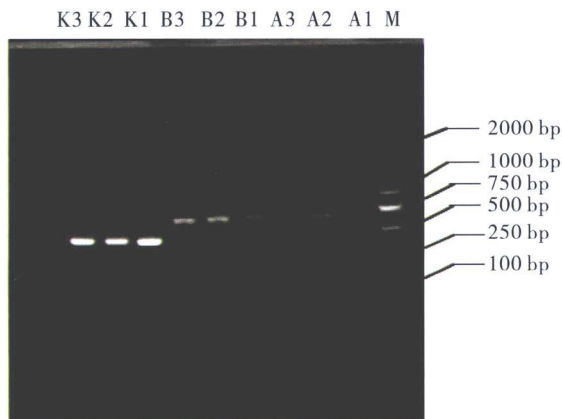


图 2 部分 PCR 扩增产物琼脂糖电泳检测图

Fig. 2 Gel electrophoresis of partial PCR products

注：K，广州采集的赤眼蜂样品（ITS 2）；B，香港采集的黑卵蜂样品（CO I）；A，广州采集的黑卵蜂样品（CO I）；M，DL2000 DNA Marker。Note: K, Samples of *Trichogramma* collected in Guangzhou (ITS 2); B, Samples of *Telenomus* collected in Hong Kong (CO I); A, Samples of *Telenomus* collected in Guangzhou (CO I); M, DL2000 DNA Marker.

3 结论与讨论

经鉴定，粤港两地田间发现的可寄生草地贪夜蛾的两种卵寄生蜂为夜蛾黑卵蜂和螟黄赤眼蜂。夜蛾黑卵蜂是多种鳞翅目夜蛾科害虫的重要寄生性天敌，螟黄赤眼蜂寄主广泛，是目前大规模繁殖利用的赤眼蜂种类之一，应用于多种农林害虫的生物防治。该发现为利用本地寄生性天敌开展草地贪夜蛾生物防治提供重要参考。

生物防治是草地贪夜蛾可持续控制的有效途径之一。国外关于草地贪夜蛾的生物防治研究主要集中在寄生性天敌方面（卢辉等，2019）。据不完全统计，世界范围内草地贪夜蛾上共记录到寄生蜂 10 科 120 余种（Molina-Ochoa *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2014; FAO, 2018; Shylesha *et al.*, 2018; 唐璞等，2019）。草地贪夜蛾寄生蜂在我国有分布的有 16 种，包括赤眼蜂科的微小赤眼蜂 *Trichogramma minutum* Riley、短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* (Riley) 以及缘腹细蜂科的夜蛾黑卵蜂（唐璞等，2019）。我国 2009 年 6 月在广州大葱田被寄生的与夜蛾黑卵蜂同属的甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 卵块上采集夜蛾黑卵蜂，之后对其生物学、生态学特性开展了较为系统的研究（陈丽等，2010，2011，2013；唐雅丽等，2010；杨莹等，2012）。本文发现广州、香港田间均存在夜蛾黑卵蜂寄生草地贪夜蛾卵的现象，而且在广州田间夜蛾黑卵蜂寄生的草地贪夜蛾卵块上同时发现螟黄赤眼蜂的寄生现象。

卵寄生蜂作为被广泛应用于生物防治的寄生性天敌昆虫，大量繁殖一直是制约其田间应用的关键问题。目前国内主要用柞蚕 *Antheraea pernyi* Guérin-Méneville、米蛾 *Corcyra cephalonica* (Stainton) 等替代寄主卵进行人工扩繁卵寄生蜂，饲养工序复杂，生产成本较高。广东省昆虫研究所（现广东省生物资源应用研究所）自 1975 年开展赤眼蜂体外培育研究并取得重大进展，首次成功地在以人工饲料配制成的人工卵中培育出多种赤眼蜂，并逐步应用于田间生产（刘文惠等，1979；李丽英等，1989；Han *et al.*, 1994）。近年来继续在人工卵营养液优化、连代培育、低温冷藏、人工卵机械化生产等方面开展研究，赤眼蜂体外培育技术得到不断改进和完善（Lü *et al.*, 2014, 2017, 2019）。应用夜蛾黑卵蜂开展草地贪夜蛾的生物防

治,其高效繁育技术至关重要。夜蛾黑卵蜂的繁育方法与赤眼蜂类似,除了利用草地贪夜蛾卵和替代寄主卵进行繁育外,也可以借鉴赤眼蜂体外培育的成功经验,在人工卵培育夜蛾黑卵蜂方面开展深入研究。

巴西、墨西哥、委内瑞拉等拉丁美洲国家利用夜蛾黑卵蜂防治草地贪夜蛾均取得较好效果 (Cave, 2000; Figueiredo *et al.*, 2002; Carneiro *et al.*, 2009; Pomari *et al.*, 2013)。陈丽 (2011) 研究发现夜蛾黑卵蜂与拟澳洲赤眼蜂 *Trichogramma confusum* 均是甜菜夜蛾卵期的优势天敌,单独释放夜蛾黑卵蜂的田间防效为 75.80%, 高于单独释放拟澳洲赤眼蜂的 46.33%, 同时释放两种寄生蜂的田间防效升高, 达到 81.35%。本文在广州田间发现夜蛾黑卵蜂和螟黄赤眼蜂寄生在同一草地贪夜蛾的卵块上, 两种卵寄生蜂有可能存在共寄生现象。联合应用夜蛾黑卵蜂与螟黄赤眼蜂防治草地贪夜蛾, 尚需在两种寄生蜂的寄主适应性、种间关系、田间释放技术以及防效评价等方面开展进一步的研究工作。

致谢: 特别感谢香港特别行政区渔农自然护理署开展野外采集工作, 并提供寄生蜂标本。

参考文献 (References)

- CABI. Datasheet. *Spodoptera frugiperda* (fall army worm) [EB/OL]. Invasive Species Compendium, (2019-04-23) [2019-06-19].
- Carneiro TR, Fernandes OA, Cruz I. Influence of females intraspecific completion and lack of host on *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) parasitism on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs [J]. *Revista Brasileira de Entomologia*, 2009, 53 (3): 457-460.
- Cave RD. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus* [J]. *Biocontrol News and Information*, 2000, 21: 21-26.
- Chen L, Chen KW, Liang GW. Antennal sensilla of female *Telenomus remus* observed with scanning electron microscopy [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2013, 34 (1): 72-75. [陈丽, 陈科伟, 梁广文. 夜蛾黑卵蜂雌蜂触角感器的扫描电镜观察 [J]. 华南农业大学学报, 2013, 34 (1): 72-75]
- Chen L, Chen KW, Xu ZF, *et al.* Olfactory response of *Telenomus remus* Nixon to the information compounds of *Spodoptera exigua* (Hübner) [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2010, 18: 4-7. [陈丽, 陈科伟, 许再福, 等. 夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* Nixon 对甜菜夜蛾信息化化合物的嗅觉反应 [J]. 长江蔬菜, 2010, 18: 4-7]
- Chen L. Study on the Host Adaptability of *Telenomus remus* and *Trichogramma confusum* [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2011. [陈丽. 夜蛾黑卵蜂与拟澳洲赤眼蜂寄生主适应性差异研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2011]
- FAO. Integrated management of the fall armyworm on maize. A guide for Farmer Field Schools in Africa [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018: 1-139.
- Feldmann F, Rieckmann U, Winter S. The spread of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Africa: What should be done next? [J]. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2019, 126 (5): 97-101.
- Figueiredo MLC, Lucia DT, Cruz I. Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) density on control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses upon release in maize field [J]. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2002, 1: 12-19.
- Folmer O, Black M, Hoeh W, *et al.* DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates [J]. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 1994, 3 (5), 294-299.
- Ge SH, He LM, He W, *et al.* Determination on moth flight capacity of *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Plant Protection*, 2019. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019322> [葛世帅, 何莉梅, 和伟, 等. 草地贪夜蛾的飞行能力测定 [J/OL]. 植物保护, 2019. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019322>]
- Guo JF, He KL, Wang ZY. Biological characteristics, trend of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, and the strategy for management of the pest [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (3): 361-369. [郭井菲, 何康来, 王振营. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (3): 361-369]
- Han SC, Chen QX, Li LY. A study on the oviposition synergists for *in vitro* rearing *Trichogramma* spp. [J]. *Entomologia Sinica*, 1994, 1 (4): 333-338.
- Jiang YY, Liu J, Zhu XM. Occurrence and trend of *Spodoptera frugiperda* invasion in China [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (2): 33-35. [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]
- Johnson SJ. 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.
- Li LY, Chen QX, Liu WH. Egg-laying behavior of 12 species of trichogramma and its relationship with success rate *in vitro* [J]. *Insect Natural Enemies*, 1989, 11 (1): 31-36 [李丽英, 陈巧贤, 刘文惠. 十二种赤眼蜂的产卵行为及其与体外培育成功率的关系 [J]. 昆虫天敌, 1989, 11 (1): 31-36]
- Li ZX, Shen ZR. Application of rDNA-ITS2 to molecular identification of *Trichogramma* spp. [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2002, 7 (5): 80-84. [李正西, 沈佐锐. rDNA-ITS2 应用于赤眼蜂分子鉴定的研究 [J]. 中国农业大学学报, 2002, 7 (5): 80-84]
- Lin NQ. Systematic Studies of Chinese Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) [M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology

- Press, 1994. [林乃铨. 中国赤眼蜂分类 (膜翅目: 小蜂总科) [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1994]
- Liu WH, Xie ZN, Xiao GF, *et al.* *In vitro* culture of *Trichogramma* (1): Some problems in culture medium and *in vitro* culture [J]. *Journal of Plant Conservation*, 1979, 6 (2): 17–24. [刘文惠, 谢中能, 肖国凡, 等. 赤眼蜂体外培育研究 (一): 培养液及其体外培育中的一些问题 [J]. 植物保护学报, 1979, 6 (2): 17–24]
- Lu H, Tang JH, Lv BQ, *et al.* Recent advances in biological control and invasion risk of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2019, 40 (6): 1237–1244. [卢辉, 唐继洪, 吕宝乾, 等. 草地贪夜蛾的生物防治及潜在入侵风险 [J]. 热带作物学报, 2019, 40 (6): 1237–1244]
- Lü X, Han SC, De Clercq P, *et al.* Orthogonal array design for optimization of an artificial medium for *in vitro* rearing of *Trichogramma dendrolimi* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2014, 152: 52–60.
- Lü X, Han SC, Li J, *et al.* Effects of cold storage on the quality of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on artificial medium [J]. *Pest Management Science*, 2019, 75: 1328–1338.
- Lü X, Han SC, Li ZG, *et al.* Biological characters of *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared *in vitro* versus *in vivo* for thirty generations [J]. *Scientific Reports*, 2017, 7: 17928.
- Molina-Ochoa J, Carpenter JE, Heinrichs EA, *et al.* Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: An inventory [J]. *Florida Entomologist*, 2003, 86 (3): 254–289.
- National Agricultural Technology Extension and Service Center. Notification on the occurrence of fall armyworm in China and neighboring countries [R]. *Plant Disease and Insect Information*, 2019, No. 13. [全国农业技术推广服务中心. 我国及周边国家草地贪夜蛾发生危害情况通报 [R]. 植物病虫害情报, 2019, 13 期]
- Pomari AF, Bueno AD, Bueno R, *et al.* Releasing number of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) against *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in corn, cotton and soybean [J]. *Ciência Rural*, 2013, 43: 377–382.
- Shylesha AN, Jalali SK, 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): 145–151.
- Silva RB, Cruz I, Penteado-Dias AM. First report of *Dolichozele koebelei* Viereck, 1911 (Hymenoptera: Braconidae) on larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize (*Zea mays* L.) under different cropping systems [J]. *Brazilian Journal of Biology*, 2014, 74 (3): 218–222.
- Tang P, Wang ZZ, Wu Q, *et al.* The natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and their application in biological control programs [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (3): 370–381. [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]
- Tang YL, Chen KW, Xu ZF, Study on ontogenesis of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2010, 18: 1–3. [唐雅丽, 陈科伟, 许再福. 夜蛾黑卵蜂 (*Telenomus remus* Nixon) 个体发育研究 [J]. 长江蔬菜, 2010, 18: 1–3]
- Todd EL, Poole RW. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1980, 73 (6): 722–738.
- Yang PY, Zhu XM, Guo JF, *et al.* Strategy and advice for managing the fall armyworm in China [J/OL]. *Plant Protection*, 2019. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019260>. [杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 王振营. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议 [J/OL]. 植物保护, 2019. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019260>]
- Yang Y, Han Y, Fang ZH, *et al.* Effect of host egg age and contact time on the parasitic capacity of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2012, 49 (6): 1490–1495. [杨莹, 韩勇, 方祝红, 等. 寄主卵龄和接触时间对夜蛾黑卵蜂寄生能力的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2012, 49 (6): 1490–1495]