夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾田间防效的初步评价

赵 旭[1#], 朱凯辉[1#], 张柱亭[2], 何康来[3],
张礼生[3], 周金成[1*], 董 辉[*]

(1. 沈阳农业大学植物保护学院, 沈阳 110866; 2. 凯里学院, 凯里 556011;
3. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要 夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* 是草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 卵期的重要专性寄生蜂。本研究通过人工释放夜蛾黑卵蜂,利用释放回捕法于田间初步评价了夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾卵的田间防效。结果显示,夜蛾黑卵蜂在田间对草地贪夜蛾卵块的寄生率达到100%,卵粒寄生率为84.39%,田间校正寄生率达83.54%。尽管试验全过程伴随有连续阴雨天气,但降雨对夜蛾黑卵蜂的田间防效未产生较大的负面影响。本研究是我国首例于田间应用夜蛾黑卵蜂防控草地贪夜蛾卵的报道,研究结果将为利用夜蛾黑卵蜂防控草地贪夜蛾提供重要参考。

关键词 夜蛾黑卵蜂; 草地贪夜蛾; 田间应用; 卵寄生蜂; 生物防治

中图分类号: S 476.3, S 433.4 **文献标识码**: B **DOI**: 10.16688/j.zwbh.2019533

Preliminary evaluation of the control efficacy of *Telenomus remus* against *Spodoptera frugiperda* in field conditions

ZHAO Xu[1#], ZHU Kaihui[1#], ZHANG Zhuting[2], HE Kanglai[3],
ZHANG Lisheng[3], ZHOU Jincheng[1*], DONG Hui[1*]

(1. *College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang* 110866, *China*;
2. *Kaili University, Kaili* 556011, *China*; 3. *Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100193, *China*)

Abstract *Telenomus remus* is one of the most important egg parasitoids against *Spodoptera frugiperda* eggs. In this study, we investigated the field control efficacy of *T. remus* against *S. frugiperda* eggs by the release-recapture method. The results showed that the parasitic rate of egg masses and eggs is 100% and 84.39%, respectively. The corrected parasitic rate of eggs is 83.54%. Though rainy weather continuous during the experimental period, the rain didn't cause negative effect on the control efficacy of *T. remus*. Our study is the first report concerning the field control efficacy of *T. remus* against *S. frugiperda* eggs, and the results will provide the basic reference for the control of *S. frugiperda* by using *T. remus*.

Key words *Telenomus remus*; *Spodoptera frugiperda*; field application; egg parasitoids; biological control

2019年1月,原产于美洲的草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 被报道首次入侵我国云南省[1-2]。草地贪夜蛾兼具多食性和迁飞性[2-3],在不到9个月的时间便席卷入侵我国25个省份[4],并跨海迁飞至韩国南部[5]以及日本[6]。随着草地贪夜蛾种群数量的逐步扩张,我国华南地区将成为其周年繁殖区域,并成为新的迁飞虫源地之一。以此为跳板,草地贪夜蛾在未来几年极有可能进一步北迁扩散至我国东北玉米主产区,并在黄淮海等粮食主产区形成为害,成为又一个"北迁南回,周年循环"的重大迁飞性害虫[4]。

草地贪夜蛾迁飞种群在田间大量产卵使其种群数量暴增,而田间天敌等生态抑制因子无法在短时间内形成对迁飞害虫的有效控制。因此,采取"增强型生物防治"策略是一种必要的措施[7]。通过在田间淹没式释放大量卵寄生蜂等生物防治作用物可在

收稿日期: 2019-10-04 **修订日期**: 2019-10-10
基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201805)
* 通信作者 E-mail:周金成 parasitoidswasp@163.com;董辉 biocontrol@163.com
# 为并列第一作者

早期形成对草地贪夜蛾卵的有效控制,并在随后形成对草地贪夜蛾的长期跟随控制。然而,草地贪夜蛾卵块具有特殊的形态结构。首先,草地贪夜蛾卵块表面常附着有鳞毛层,可以阻碍卵寄生蜂接触其卵粒。其次,草地贪夜蛾卵块内的卵粒常多层堆积,即使卵寄生蜂能够克服其卵块表面的鳞毛层,也仅能寄生表层卵粒而无法接触内层卵粒[8-9]。由于上述原因,我国各地规模化生产的卵寄生蜂品种如松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi*、螟黄赤眼蜂 *T. chilonis*、玉米螟赤眼蜂 *T. ostriniae* 对草地贪夜蛾卵块的寄生作用均不理想[8-10]。

在草地贪夜蛾的原产地美洲,夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus*、短管赤眼蜂 *T. pretiosum* 和甲腹茧蜂 *Chelonus* spp. 被认为是当地草地贪夜蛾卵期重要的寄生性天敌[7,11-15]。其中,拉美国家利用规模化繁育的夜蛾黑卵蜂防治草地贪夜蛾已取得了一些成功的经验[16-19]。在我国,夜蛾黑卵蜂被报道主要寄生草地贪夜蛾的两种近缘种斜纹夜蛾 *S. litura* 和甜菜夜蛾 *S. exigua*[20-21]。本研究组前期研究和国内同行均发现我国田间的草地贪夜蛾卵块中常寄生有夜蛾黑卵蜂[11-12,22]。这些研究结果暗示了夜蛾黑卵蜂具备极高的应用价值。尽管国内外学者已证明了夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾卵高效的寄生作用,然而尚未有研究评价我国本土分布的夜蛾黑卵蜂对入侵性草地贪夜蛾的田间控制作用。因此,本研究在田间小规模人工释放 3 000 头夜蛾黑卵蜂,通过释放回捕室内繁育的草地贪夜蛾卵块测定了夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾卵块的田间防效。研究结果将为评价夜蛾黑卵蜂的田间防治效果和生态适应性提供重要依据。

1　材料与方法

1.1　供试寄主

夜蛾黑卵蜂及其寄主草地贪夜蛾最初均采自贵州省黔东南苗族侗族自治州凯里市丹寨县附近的玉米田。草地贪夜蛾幼虫以人工饲料饲养至化蛹。人工饲料的主要成分以 1967 年 Bowling 报道的饲料配方为基础[23],加入微量韦氏盐、甲醛和复合维生素进行改进。待草地贪夜蛾成虫羽化后,转移至圆柱形养虫笼(直径 20 cm,高 35 cm)内使其充分交配,笼内悬挂蘸有 10%蜂蜜水的脱脂棉为成虫补充营养,养虫笼笼壁覆盖牛皮纸作为产卵介质。每日将牛皮纸上的草地贪夜蛾卵块剪下,用于草地贪夜蛾连代饲养或作为供试寄主卵繁育夜蛾黑卵蜂。夜蛾黑卵蜂以新鲜草地贪夜蛾卵作为寄主饲养,羽化的夜蛾黑卵蜂成蜂以蘸取 10%蜂蜜水的无菌棉线每日饲喂。本试验所有供试昆虫的繁育条件均为光周期 L//D=16 h//8 h,(26±1)℃,RH 60%～80%。

1.2　田间试验

试验地点为贵州省黔东南苗族侗族自治州凯里市丹寨县附近的晚播青储玉米田。由于夜蛾黑卵蜂扩散距离较远,我们选择距离试验田约 400 m 处的一块青储玉米田作为本试验的对照田。试验日期为 2019 年 8 月 26 日－30 日。试验期间当地气候高湿多雨,全程均伴有阴雨天气(表 1)。

表 1　试验期间天气情况

Table 1　Weather conditions during the experimental period

日期/月-日 Date	天气 Weather	最高气温/℃ Maximum temperature	最低气温/℃ Minimum temperature
08－26	阵雨转中雨	31	23
08－27	阵雨转阴	29	22
08－28	多云转阵雨	32	22
08－29	阵雨	25	19
08－30	阵雨转多云	28	19

为防止雨水沾湿蜂卡而影响夜蛾黑卵蜂羽化。预先将同一批 36 枚寄生有夜蛾黑卵蜂的草地贪夜蛾卵块分装于球形塑料放蜂器内(直径 4 cm),放蜂器顶部有 4 个宽 1 mm,长 5 mm 的孔洞使成蜂羽化后能够钻出。每一放蜂器分装 3 枚寄生有夜蛾黑卵蜂的卵块备用。去除雄蜂后,36 枚卵块共计可羽化约 3 000 头夜蛾黑卵蜂雌蜂。

夜蛾黑卵蜂释放中心点设在玉米田中心位置。将装有夜蛾黑卵蜂子代蜂的球形放蜂器集中放置于中心点附近玉米植株的“喇叭口”位置。放蜂器内的夜蛾黑卵蜂子代蜂已发育 12 d,成蜂将在 24～48 h 后陆续羽化。沿放蜂点半径 5 m 处每隔约 4 m 放置 6 枚新鲜草地贪夜蛾卵块,共放置 48 枚寄主卵块。卵块以订书钉固定于玉米中部叶片的背面,作为“哨兵”寄主卵块(sentinel host eggs),用于检测夜蛾黑卵蜂的寄生率。每个卵块预先在体视显微镜下统计卵块上的卵粒数,并将初始卵粒数用铅笔标记于卵块所附着的牛皮纸上。对照田内每隔 4 m 放置 6 枚新鲜草地贪夜蛾卵块,对照田共放置 24 枚寄主卵块。

夜蛾黑卵蜂和草地贪夜蛾卵块释放时间为 8 月 26 日上午 9:00－11:00,夜蛾黑卵蜂预计次日(8 月 27 日)开始陆续羽化出蜂。待夜蛾黑卵蜂羽化后第 4 日(8 月 30 日)的上午 9:00－11:00,将先前释放的寄主卵块回收,转移至室内繁育至卵粒变黑,表示

寄生于卵内的夜蛾黑卵蜂子代已发育至预蛹阶段，统计试验田和对照田释放回捕卵块的卵块被寄生率和卵粒被寄生率。若卵块丢失则视为无效重复。

1.3 数据处理

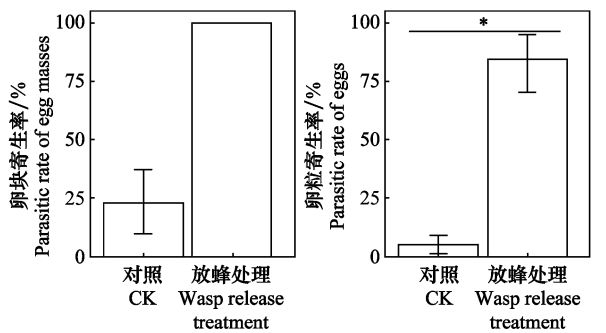
本试验中放蜂田寄主卵的卵块被寄生率均为100%，无统计变异，故未对卵块被寄生率进行统计分析。放蜂田和对照田寄主卵的卵粒被寄生率间的差异采用 t 检验比较差异显著性。为满足统计检验的数据分布正态性假定，比例数据结果均进行了反正弦转换[24]。田间校正寄生率按照下列公式进行计算：

田间校正寄生率＝(放蜂田卵粒寄生率－对照田卵粒寄生率)/(1－对照田卵粒寄生率)×100%；

本试验所得数据均使用R统计软件进行分析[25]。

2 结果与分析

由于放蜂田卵块被寄生率为100%无统计变异，故未检验放蜂田寄主卵和对照田寄主卵卵块寄生率之间的差异显著性，但放蜂田卵块被寄生率在数值上明显高于对照田(平均值±标准误差：23.08%±12.16%)。放蜂田卵粒被寄生率(84.39%±6.70%)显著高于(t＝2.32，P＝0.025)对照田卵粒被寄生率(5.14%±3.03%)。人工放蜂的田间校正寄生率为83.54%(图1)。



误差柄表示95%置信区间。*表示对照田与处理田寄生率存在显著差异
The error bars indicate the 95% confidence interval; * indicates significant differences between the parasitic rate of eggs of wasp-release treatment and control field

图1 放蜂处理田和对照田的卵块寄生率和卵粒寄生率

Fig. 1 Parasitic rate of egg masses and eggs in wasp release treatment and control fields

3 讨论

本试验结果表明，夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾卵块的寄生率达到100%，卵粒寄生率也达到80%以上。这一结果与我们前期的室内试验结果和国外相关研究结果类似[8, 16]。关于夜蛾黑卵蜂的田间应用，拉丁美洲国家的同行已取得了一些经验。在巴西，有报道称田间释放的夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾卵的寄生率可达70%以上[26]。在委内瑞拉，当地通过每隔7 d释放5 000头夜蛾黑卵蜂，在释放3次后的连续两个月的时间内，草地贪夜蛾卵块被寄生率均维持在75%以上[27]。在洪都拉斯，当地推荐每周每公顷释放75 000～105 000头夜蛾黑卵蜂可达到理想的防治效果[28]。另外，草地贪夜蛾在田间呈现明显的世代重叠，落卵时间无明显规律[29]。而夜蛾黑卵蜂寿命最高可达20 d以上[30]，田间定殖能力强，释放到田间的夜蛾黑卵蜂种群的自然跟随效应可延长其防效达数月之久。可见，夜蛾黑卵蜂在未来将是防治草地贪夜蛾的重要有力武器，具有广阔的应用前景。本试验我们参考了赤眼蜂的田间放蜂方法，仅在放蜂点半径5 m范围内测试了该蜂的短期寄生效能，而该蜂在更大尺度条件下的田间防效和长期控害作用评价尚需要开展进一步研究。

连续阴雨天气是本试验中不可回避的重要环境影响因子，我们发现阴雨天气对夜蛾黑卵蜂的田间寄生效果没有太大的负面影响。在试验地点所在的贵州省黔东南地区，夏秋季节连绵的阴雨天气是典型的气候特征，当地有“天无三日晴”的说法。不仅在贵州当地，夏季多雨天气也是我国东部草地贪夜蛾周年繁殖区及迁飞过渡区普遍的气象特征。频繁的降雨不仅对一些常规化学防治产生不利影响，也不利于许多膜翅目寄生蜂在田间活动。然而，本试验的研究结果和国外相关研究发现，夜蛾黑卵蜂可耐受高湿多雨环境。有研究表明，相对湿度80%条件下繁育的夜蛾黑卵蜂雌蜂个体适合度和寄生能力均达到最高，而相对湿度为40%或以下时，该蜂适合度明显降低[31]。我们判断，夜蛾黑卵蜂具有适应高湿环境的优势。

在我国目前已报道的所有卵寄生蜂中，夜蛾黑卵蜂可能是一种针对草地贪夜蛾的最佳候选天敌。这种卵期寄生蜂一方面表现出对草地贪夜蛾卵的高效寄生能力，同时对夏季多雨高湿的田间环境具备高度适应性。因此，关于该蜂的大规模繁育和田间应用技术应当及早提上日程。拉丁美洲的多个国家已经就夜蛾黑卵蜂的大规模饲养和商业化应用取得了一些经验，在巴西、委内瑞拉和哥伦比亚的科研机构或私人公司均有生产并出售[28]。可见，夜蛾黑卵蜂的规模化繁育和田间应用已在国外形成了相对成熟的体系，我国生物防治工作者可通过考察和借鉴国外先进经验实现对该蜂的大规模繁育和应用。

参考文献

[1] TODD E L, POOLE R W. 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.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 中华人民共和国农业农村部. 农业农村部就草地贪夜蛾防控工作举行新闻发布会[EB/OL]. [2019 - 09 - 17]. http://www.moa.gov.cn/hd/zbft_news/cdtyefk/.

[5] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Report of first detection of fall armyworm (FAW) in Republic of Korea [EB/OL]. [2019 - 06 - 21]. https://www.ippc.int/fr/countries/republic-of-korea/pestreports/2019/06/report-of-first-detection-of-fall-armywormfaw-in-republic-of-korea/.

[6] 高知県病害虫防除所. グリーンフォーカス 令和元年 8 月号[EB/OL]. [2019 - 08 - 01]. http://www.nogyo.tosa.pref.kochi.lg.jp/info/dtl.php? ID=8415.

[7] 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.

[8] 霍梁霄, 周金成, 宁素芳, 等. 夜蛾黑卵蜂寄生草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵的生物学特性[J]. 植物保护,2019,45(5):60 - 64.

[9] 朱凯辉, 周金成, 张柱亭, 等. 短管赤眼蜂对草地贪夜蛾和斜纹夜蛾不同日龄卵的寄生能力及子代蜂适合度[J]. 植物保护,2019,45(5):54 - 59.

[10] 张琛,周金成,杨帅,等. 短期冷藏米蛾卵对草地贪夜蛾天敌短管赤眼蜂繁育质量的影响[J]. 植物保护,2019,45(5):37 - 41.

[11] 李志刚,吕欣,押玉柯,等. 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.

[12] 戴鹏,孙佳伟,陈永明, 等. 发现 3 种防治草地贪夜蛾的卵寄生蜂[J]. 吉林农业大学学报,2019,41(5):505 - 509.

[13] 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.

[14] CARNEIRO T R, FERNANDES O A. Interspecific interaction between *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs [J]. Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 2012, 84(4): 1127 - 1135.

[15] BESERRA E B, DIAS C T D S, PARRA J R P. Distribution and natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn [J]. Florida Entomologist, 2002, 85(4): 588 - 593.

[16] GOULART M M P, BUENO A D F, BUENO R C O D F, et al. Host preference of the egg parasitoids *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum* in laboratory [J]. Revista Brasileira de Entomologia, 2011, 55(1): 129 - 133.

[17] PREZOTTI L, PARRA J R P, VENCOVSKY R, et al. Effect of the size of the founder population on the quality of sexual populations of *Trichogramma pretiosum*, in laboratory [J]. Biological Control, 2004, 30(2): 174 - 180.

[18] POMARI-FERNANDES A, DE FREITAS BUENOA, DE BORTOLI S A, et al. Dispersal capacity of the egg parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygastridae) in maize and soybean crops [J]. Biological Control, 2018, 126: 158 - 168.

[19] QUEIROZ A P, DE FREITAS BUENO A, POMARI-FERNANDES A, et al. Quality control of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) reared on the factitious host *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae) for successive generations [J]. Bulletin of Entomological Research, 2017, 107(6): 1 - 8.

[20] 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.

[21] 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.

[22] 宁素芳, 周金成, 张柱亭, 等. 贵州省黔东南地区发现草地贪夜蛾的 5 种寄生性天敌及其两种重寄生蜂[J]. 植物保护, 2019,45(6):39 - 42.

[23] BOWLING C C. Rearing of two lepidopterous pests of rice on a common artificial diet [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1967, 60(6): 1215 - 1216.

[24] FARAWAY I J. Extending the linear model with R [M]. Second edition. Boca Rotan: CRC Press, 2016.

[25] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [EB/OL]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [2019 - 03 - 11]. https://www.r-project.org/.

[26] QUEIROZ A P, DE FREITAS BUENO A, POMARI-FERNANDES A, et al. Influence of host preference, mating, and release density on the parasitism of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera, Platygastridae) [J]. Revista Brasileira de Entomologia, 2017, 61(1): 86 - 90.

[27] HERNANDEZ D, FERRER F, LINARES B. Introduccion de *Telenomus remus* Nixon (Hym.: Scelionidae) para controlar *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) en Yaritagua Venezuela [J]. Agronomía Tropical, 1989, 39(1 - 3): 45 - 61.

[28] CAVE R D. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus* [J]. Biocontrol News and Information, 2000, 21(1): 21 - 26.

[29] 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.

[30] SCHWARTZ A, GERLING D. Adult biology of *Telenomus remus* [Hymenoptera: Scelionidae], under laboratory conditions [J]. Entomophaga, 1974, 19(4): 483 - 492.

[31] POMARI-FERNANDES A, QUEIROZ A P, DE FREITAS BUENO A, et al. The importance of relative humidity for *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) parasitism and development on *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs [J]. Annals of the Entomological Society of America, 2015, 108(1): 11 - 17.

(责任编辑: 杨明丽)