

短管赤眼蜂和夜蛾黑卵蜂防治草地贪夜蛾田间竞争的初步评价

朱凯辉^{1#}, 周金成^{1#}, 张柱亭², 何康来³, 张礼生³, 董辉^{1*}

(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 短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* 与夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* 均为草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 卵期的重要寄生性天敌。为检验两种卵寄生蜂混合释放条件下的竞争能力, 本试验于田间同时释放短管赤眼蜂和夜蛾黑卵蜂, 统计分析了两卵寄生蜂对草地贪夜蛾的寄生效能及种间竞争情况。结果显示, 短管赤眼蜂对释放的草地贪夜蛾卵块的卵块寄生率为 52.94%, 卵粒寄生率为 3.28%; 对田间自然卵块的卵块寄生率为 53.33%, 卵粒寄生率为 5.80%。夜蛾黑卵蜂对释放的草地贪夜蛾卵块的卵块寄生率为 88.23%, 卵粒寄生率为 9.96%; 对田间自然卵块的卵块寄生率为 100.00%, 卵粒寄生率为 50.33%。在未进行放蜂处理的对照田中, 未出现短管赤眼蜂, 夜蛾黑卵蜂的卵块寄生率为 23.57%, 卵粒寄生率为 7.67%。本研究结果表明, 在高温高湿环境中, 夜蛾黑卵蜂在田间竞争中处于优势。本研究结果将为利用卵寄生蜂防控草地贪夜蛾提供参考。

关键词 短管赤眼蜂; 夜蛾黑卵蜂; 草地贪夜蛾; 田间防效; 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.2019623

Preliminary evaluation of field competition between *Trichogramma pretiosum* and *Telenomus remus* in the control of *Spodoptera frugiperda*

ZHU Kaihui^{1#}, ZHOU Jincheng^{1#}, ZHANG Zhuting², HE Kanglai³, ZHANG Lisheng³, 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 *Trichogramma pretiosum* and *Telenomus remus* are important natural enemies of *Spodoptera frugiperda*. In order to test the competitiveness of two species of parasitoids under mixed release conditions, *T. pretiosum* and *T. remus* were released simultaneously in the field, and the parasitic efficiency and interspecies competition of *T. pretiosum* and *T. remus* were statistically analyzed. The results showed that for *T. pretiosum*, the parasitic rate to released egg masses was 52.94% and the parasitic rate to eggs was 3.28%; the parasitic rate to natural egg masses in field was 53.33% and the parasitic rate to eggs was 5.80%. For *T. remus*, the parasitic rate to released egg masses was 88.23% and the parasitic rate to eggs was 9.96%; the parasitic rate to natural egg masses in field was 100.00% and the parasitic rate to eggs was 50.33%. In control field without released parasitoids, *T. pretiosum* never showed up, and the parasitic rate to released egg masses of *T. remus* was 23.57% and the parasitic rate to eggs was 7.67%. According to this study, in the environment of high temperature and high humidity, *T. remus* had an advantage in field competition with *T. pretiosum*. The results will provide a reference for application of these two parasitoids in the control of *S. frugiperda*.

Key words *Trichogramma pretiosum*; *Telenomus remus*; *Spodoptera frugiperda*; field control effect; biological control

收稿日期: 2019-11-14 修订日期: 2019-11-26

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201000)

* 通信作者 E-mail: biocontrol@163.com

为并列第一作者

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 灰翅夜蛾属,原产于美洲热带和亚热带地区^[1],具有杂食性、暴食性、迁飞性和繁殖能力强等特点^[2-4]。早在 2017 年,国际农业和生物科学中心(Centre Agriculture Bioscience International,CABI)就在《2017 年世界植物现状》中把草地贪夜蛾列为世界十大植物害虫之一。该虫于 2019 年 1 月入侵我国云南省江城县^[5]。短短 9 个月便迅速扩散到 25 个省份,为害玉米、甘蔗等作物面积超过 90 万 hm²,已成为威胁我国秋粮生产的头号害虫^[6-8]。草地贪夜蛾在我国的定殖及周年为害几成定局,因此需要研究针对该虫的长期防控措施^[9]。

天敌逃逸假说认为,入侵地专食性天敌的缺乏是导致入侵生物泛滥成灾的重要原因之一^[10]。因此,筛选和引入原产地天敌是防控入侵害虫的“模式方法”。筛选草地贪夜蛾的专食性天敌是其防治的关键环节。短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* 是草地贪夜蛾原产地的一种天敌昆虫,在 2015 年巴西就利用短管赤眼蜂防治草地贪夜蛾,使当地玉米产量提高 19.4%,每公顷玉米地增加 96.5 美元的收益^[11]。夜蛾黑卵蜂是拉美地区规模化繁育用于防治草地贪夜蛾的卵寄生天敌,且已取得一些成功经验^[12]。可见,短管赤眼蜂和夜蛾黑卵蜂均为草地贪夜蛾潜在的高效生防作用物。然而,两种寄生蜂的田间竞争尚未见研究。

本研究通过在田间同时释放夜蛾黑卵蜂和短管赤眼蜂,比较和评价了两者对草地贪夜蛾卵块寄生能力和田间竞争能力。研究结果将为草地贪夜蛾的天敌筛选提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

草地贪夜蛾采于贵州省黔东南州凯里市丹寨县附近的玉米田,在室内通过人工饲料饲喂。饲料配方参考 1967 年 Bowling 提出的人工饲料^[13],加入微量复合维生素和甲醛等加以改进。草地贪夜蛾成虫羽化后置于铁丝网制成的圆柱形养虫笼(直径 20 cm,高 35 cm)中,笼内放入牛皮纸、笼壁覆盖纱布作为草地贪夜蛾的产卵介质。以 10% 蜂蜜水作为草地贪夜蛾成虫的营养来源,每 12 h 更换 1 次。每日将产卵介质上的卵块剪下作为供试寄主卵块。

草地贪夜蛾幼虫于(30±0.5)℃下饲养,成虫繁育温度为(25±1)℃。相对湿度均为 60%~80%,光周期 L//D=16 h//8 h。

短管赤眼蜂以米蛾 *Corcyra cephalonica* 卵为中间寄主连续繁育约 600 代以上,饲养条件为(26±1)℃,RH 60%~80%,光周期 L//D=16 h//8 h。米蛾幼虫以麦麸饲养,成虫羽化后,以纱窗网作为其产卵介质。将新鲜米蛾卵用阿拉伯胶粘附于白色纸卡上制成寄主卵卡,每卡约 300 粒,用于繁育短管赤眼蜂。

夜蛾黑卵蜂采集于贵州省黔东南州凯里市丹寨县附近玉米田中草地贪夜蛾卵块。羽化后的夜蛾黑卵蜂成蜂每日饲喂 10% 蜂蜜水并以斜纹夜蛾卵作为中间寄主连代饲养。培养条件均为(26±1)℃,RH 60%~80%,光周期 L//D=16 h//8 h。

1.2 试验设计

田间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。放蜂时间为 2019 年 8 月 26 日。当地高湿多雨,试验期间全程均伴随有阴雨天气(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影响寄生蜂羽化,预先将同一批寄生有夜蛾黑卵蜂的 36 枚草地贪夜蛾卵块和 20 枚寄生有短管赤眼蜂的米蛾卵卡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可以顺利钻出。每一个放蜂器分装 3 枚卵卡。36 枚卵块和 20 张卵卡共计可羽化约 3 000 头夜蛾黑卵蜂和 30 000 头短管赤眼蜂。

天敌释放的时间为 8 月 26 日上午 9:00—11:00,释放地点设在试验田的中心位置,将球形放蜂器集中放在中心点附近的玉米“喇叭口”位置。放蜂器内的夜蛾黑卵蜂已发育 12 d,短管赤眼蜂已发育 9 d,两种成蜂将在 24~48 h 内陆续羽化。为检验两种

卵寄生蜂的竞争能力,取同批次草地贪夜蛾卵块在显微镜下统计卵粒数,然后将卵粒数标记在卵块所附着的牛皮纸上。以放蜂点为圆心,半径为 5 m 的圆形区域内,每间隔约 4 m 将 6 枚草地贪夜蛾卵块固定于玉米中部叶片的背面,共放置 48 枚寄主卵块。除此之外,将放蜂点 200 m 外的一块玉米田设为对照区,对照区内,以直线排列的方式,每间隔 4 m 放置 6 枚卵块,共放置 24 枚草地贪夜蛾卵块。

回收草地贪夜蛾卵块的时间为 8 月 30 日(卵寄生蜂羽化后第 4 天)的上午 9:00—11:00,在回收的过程中我们同时采集试验区域的自然卵块。回收的卵块在室内培养,直至卵粒变黑。待试验区与对照区采集的卵块孵化出幼虫或卵粒变黑后,统计寄主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。试验区回收释放卵块 17 枚,采集自然卵块 15 枚;对照区采集 3 枚卵块。将同时有短管赤眼蜂和夜蛾黑卵蜂羽化的卵块定义为存在竞争的卵块。待变黑卵粒中寄生蜂羽化后,统计存在竞争的卵块数以及每个卵块中两种卵寄生蜂的出蜂数。

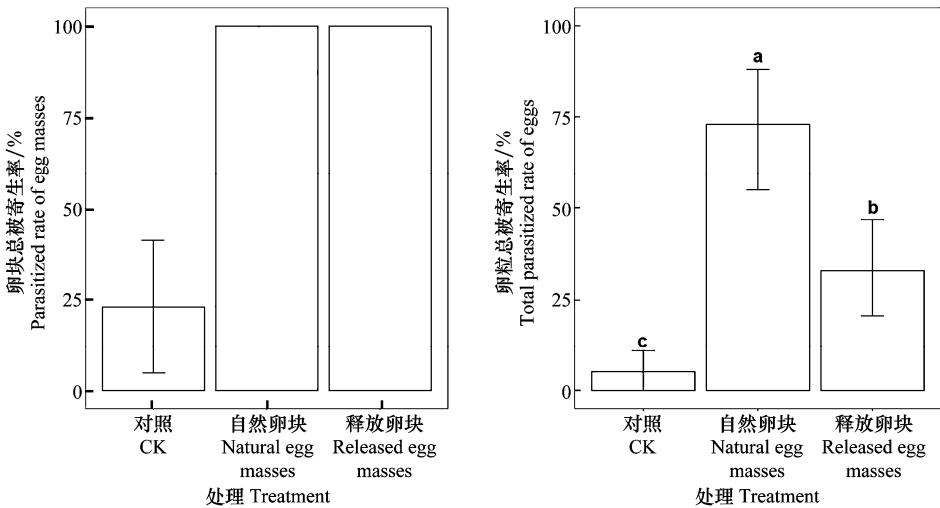
1.3 数据处理

本试验所得数据均使用 R 统计软件进行分析^[14]。放蜂区和对照区寄主卵的卵粒被寄生率差异采用 *t* 检验分析,不同处理组合下各试验指标的差异采用 Tukey's HSD 法进行检测^[15]。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。

2 结果与分析

2.1 卵块寄生率与卵粒寄生率统计

如图 1 所示,放蜂田草地贪夜蛾自然卵块和释放卵块的卵块被寄生率均达到了 100%,二者无统计学变异,但均显著高于对照田卵块被寄生率(23.08%±12.16%)。放蜂田自然卵块的卵粒被寄生率(73.34%±23.52%)显著高于对照田卵粒被寄生率(7.23%±7.23%)(*t*=2.50, *P*=0.04);放蜂田释放卵块的卵粒寄生率(33.65%±25.17%)也显著高于对照田卵粒被寄生率(*t*=1.09, *P*=0.032)(图 1)。



误差柄表示95%置信区间。柱上不同小写字母表示不同处理之间卵粒被寄生率差异显著(*P*<0.05)
The error bars indicate the 95% confidence interval. The different lowercase letters indicate the significant differences among different treatment of total parasitic rate of eggs (*P*<0.05)

图 1 对照田及放蜂田草地贪夜蛾卵块被寄生率和卵粒被寄生率

Fig. 1 Parasitized rate of egg masses and eggs of *Spodoptera frugiperda* in control field and wasp-released field

2.2 两种卵寄生蜂的竞争比较

放蜂田自然卵块中存在两种卵寄生蜂竞争的卵块率为 53.33%±31.64%,释放卵块中存在两种卵寄生蜂竞争的卵块率为 41.18%±50.73%(图 2)。

在释放的草地贪夜蛾卵块中,夜蛾黑卵蜂的卵块寄生率(88.23%±11.44%)显著高于短管赤眼蜂的卵块寄生率(52.94%±21.45%)(*t*=-2.4, *P*=

0.024);在自然卵块中,夜蛾黑卵蜂的卵块寄生率(100%)显著高于短管赤眼蜂的卵块寄生率(53.33%±21.64%)(*t*=3.5, *P*=0.000 5)。由于短管赤眼蜂在我国没有分布,对照田中未发现被短管赤眼蜂寄生的草地贪夜蛾卵,因此寄生率记为 0;对照田中夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾卵块的寄生率为 23.57%±23.88%(图 3)。

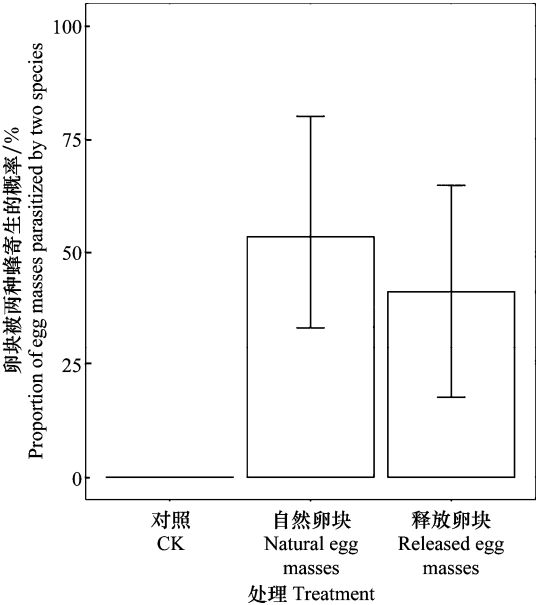


图 2 对照田及放蜂田中同时被两种寄生蜂寄生的卵块比例
Fig. 2 Proportion of egg masses parasitized by two species in control field and wasp-released field

在释放的草地贪夜蛾卵块中,夜蛾黑卵蜂的卵粒寄生率($9.96\% \pm 5.03\%$)显著高于短管赤眼蜂的卵粒寄生率($3.28\% \pm 6.96\%$)($t = -2.39$, $P = 0.022$);在自然卵块中,夜蛾黑卵蜂的卵粒寄生率($50.33\% \pm 30.98\%$)显著高于短管赤眼蜂的卵粒寄生率($5.80\% \pm 7.17\%$)($t = -5.42$, $P < 0.01$)。对照田中夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾的卵粒寄生率为 $7.67\% \pm 5.03\%$ 。因短管赤眼蜂在中国没有分布,故在未进行放蜂处理的对照田中也未出现短管赤眼蜂寄生草地贪夜蛾卵的现象(图 4)。

3 讨论

研究结果表明,夜蛾黑卵蜂与短管赤眼蜂在田间存在竞争关系,而在竞争的过程中,夜蛾黑卵蜂寄生草地贪夜蛾卵的卵块寄生率达到了 80%以上,卵粒寄生率为 50%左右,相较于短管赤眼蜂 50%左右的卵块寄生率和 6%左右的卵粒寄生率,夜蛾黑卵蜂在此竞争试验中占有优势。

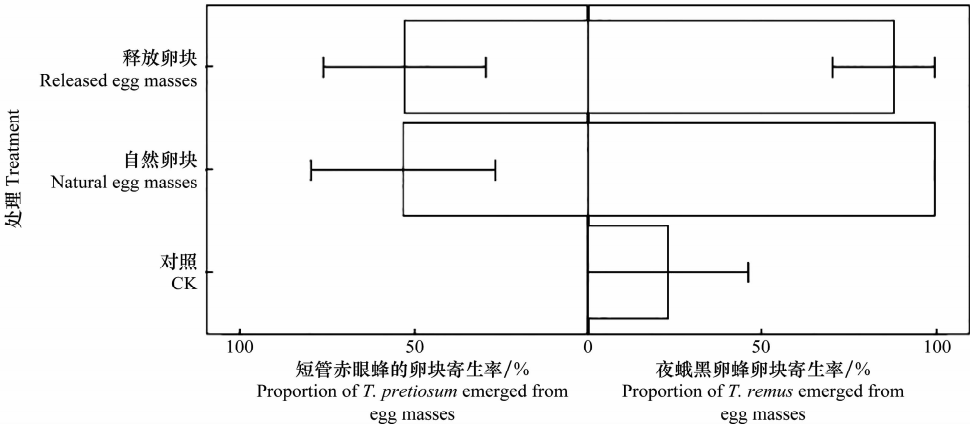


图 3 对照田和放蜂田中短管赤眼蜂和夜蛾黑卵蜂对卵块的寄生率
Fig. 3 Parasitic rates of *Trichogramma pretiosum* and *Telenomus remus* to egg masses of *Spodoptera frugiperda* in control field and wasp-released field

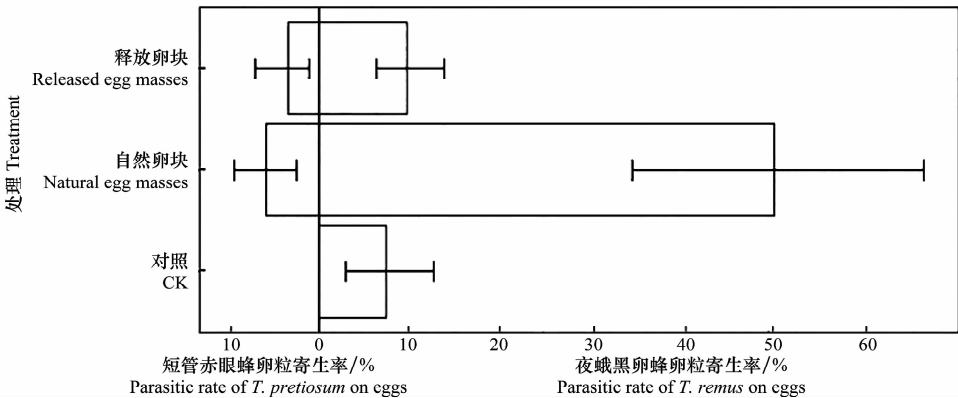


图 4 放蜂田和对照田短管赤眼蜂和夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾卵的寄生率
Fig. 4 Parasitic rates of *Trichogramma pretiosum* and *Telenomus remus* to eggs in control and wasp-released fields

本试验的地点为贵州省黔东南地区,阴雨天气是此地区夏秋季节典型的气候特征,这种气候特征也是本试验不可抗拒的客观因素。高温高湿天气不仅有利于入侵害虫草地贪夜蛾的生长繁殖,而且会对多种化学农药防治产生负面影响。我们观察发现,雨水天气对大部分膜翅目卵寄生蜂的羽化、移动和寄生寄主等行为存在不利影响。然而,通过本试验的研究结果和查阅文献发现,夜蛾黑卵蜂可耐受高温多雨天气。有研究表明,在相对湿度 80% 的条件下繁育的雌性夜蛾黑卵蜂个体适合度和寄生能力均达到最高水平^[9]。我们判断,在高温高湿的贵州地区,夜蛾黑卵蜂为防治草地贪夜蛾的优势天敌。但在其他气候地区短管赤眼蜂和夜蛾黑卵蜂的竞争优劣仍有待于继续考证。

天敌生物防治害虫的关键取决于天敌扩散、定位并寄生寄主的能力^[16]。草地贪夜蛾的卵块常具有一层较厚的绒毛,对卵寄生蜂起一定的防御作用。据观察,该绒毛可屏蔽短管赤眼蜂对卵粒的寄生,对短管赤眼蜂寄生草地贪夜蛾卵的卵粒寄生率有较大影响^[18]。而夜蛾黑卵蜂发现寄主后,在寄生时具有清理绒毛的行为特征,且对卵块最内层卵粒的寄生率也可达到 90% 以上^[18]。夜蛾黑卵蜂的行为特征是其高效寄生草地贪夜蛾卵的重要原因。该蜂可能是目前已知的草地贪夜蛾最佳候选天敌。

在目前草地贪夜蛾入侵的危机形势之下,我们既要引入天敌实现定殖并长期防控,还要通过大量释放自然天敌来达到立竿见影的防治效果。我们对短管赤眼蜂和夜蛾黑卵蜂田间防治草地贪夜蛾的防效进行比较,其结果将为大规模释放卵寄生蜂防治草地贪夜蛾体系的建立提供重要指导。

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] 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): 5–14.
- [3] 葛世帅, 何莉梅, 和伟, 等. 草地贪夜蛾的飞行能力测定[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 28–33.
- [4] JOHNSON S J. 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.
- [5] 杨学礼, 刘永昌, 罗茗钟, 等. 云南省江城县首次发现迁入我国西南地区的草地贪夜蛾[J]. 云南农业, 2019(1): 72.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 王磊, 陈科伟, 陆永跃. 我国草地贪夜蛾入侵扩张动态与发生趋势预测[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(4): 683–694.
- [9] 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.
- [10] 万方浩, 侯有明, 蒋明星. 入侵生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [11] DE LOURDES CORRÊA FIGUEIREDO M, CRUZ I, DA SILVA R B, et al. Biological control with *Trichogramma pretiosum* increases organic maize productivity by 19.4% [J]. Agronomy for Sustainable Development, 2015, 35(3): 1175–1183.
- [12] POMARI-FERNANDES A, DE FREITAS BUENO A, DE BORTOLI S A, et al. Dispersal capacity of the egg parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) in maize and soybean crops [J]. Biological Control, 2018, 126: 158–168.
- [13] 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.
- [14] R Core Team. R: A Language and environment for statistical computing [EB/OL]. [2019–03–11]. <https://www.r-project.org/>.
- [15] FARAWAY J J. Extending the linear model with R: Generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models [M]. Second edition. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- [16] 许晶. 六种赤眼蜂对主要农业害虫的寄生选择及适应性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2017.
- [17] 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.
- [18] SCHWARTZ A, GERLING D. Adult biology of *Telenomus remus* [Hymenoptera: Scelionidae], under laboratory conditions [J]. Entomophaga, 1974, 19(4): 483–492.

(责任编辑: 杨明丽)