

草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵块表面鳞毛层对夜蛾黑卵蜂寄生效能的影响

霍梁霄^{1#}, 王美靖^{1#}, 宁素芳¹, 张龙喜¹, 张柱亭²,
何康来³, 张礼生³, 周金成^{1*}, 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 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 是近期入侵我国的重大迁飞性害虫。夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* 是鳞翅目夜蛾科害虫卵期的重要寄生性天敌。本试验以有和无鳞毛层的草地贪夜蛾和斜纹夜蛾 *S. litura* 卵为寄主, 揭示寄主卵块表面鳞毛层对夜蛾黑卵蜂寄生适应性的影响。结果表明: 两种寄主的卵块, 无论有无鳞毛层, 夜蛾黑卵蜂对卵块寄生率均达到 100%, 卵粒寄生率均超过 95%; 且对夜蛾黑卵蜂子代羽化率和个体大小均无显著影响。但无论有无鳞毛层, 斜纹夜蛾卵中夜蛾黑卵蜂的羽化率均显著高于草地贪夜蛾。研究结果说明寄主卵块表面的鳞毛对夜蛾黑卵蜂的寄生作用无显著影响。

关键词 草地贪夜蛾; 夜蛾黑卵蜂; 卵寄生蜂; 斜纹夜蛾; 鳞毛层

中图分类号: S 476.3, S 433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019569

Effect of egg masses scale layer on the parasitic efficacy of *Telenomus remus* against *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera litura*

HUO Liangxiao^{1#}, WANG Meijing^{1#}, NING Sufang¹, ZHANG Longxi¹, ZHANG Zhuting²,
HE Kanglai³, ZHANG Lisheng³, 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 *Spodoptera frugiperda* is a major migratory pest and has invaded our country recently. *Telenomus remus* is an egg parasitoid of Noctuidae insects. In this paper, the egg masses of *S. frugiperda* and *S. litura* with or without scale layer were used as hosts to study the effect of scale layer on the parasitic efficacy of *T. remus* against the hosts. The results showed that for the egg masses of the two hosts, regardless with or without the scale layer, the parasitic rates of the *T. remus* to egg masses all reached 100%, and the parasitic rates to the eggs all above 95%. Meanwhile, the emergence rates and body sizes of the offspring wasps came from the egg masses with or without scale layers showed no significant difference. But the emergence rate of the *T. remus* from the eggs of *S. litura* was significantly higher than that from the eggs of *S. frugiperda*, regardless with or without the scale layer. These results suggested that the scale layer on the egg mass has no effect on the parasitic efficacy of the *T. remus*.

Key words *Spodoptera frugiperda*; *Telenomus remus*; egg parasitoids; *Spodoptera litura*; scale layer

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 属鳞翅目夜蛾科, 原产于美洲热带和亚热带地区, 是一种分布广泛且严重威胁农业生产和粮食安全的害虫^[1-2]。

2019 年 1 月草地贪夜蛾首次在我国云南省普洱市江城被报道, 截至 9 月其已扩散到 24 个省区 1 300 多个县, 为害面积超过 90 万 hm²^[3-4]。草地贪夜蛾寄

收稿日期: 2019-10-22

修订日期: 2019-11-04

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0300307); 贵州省科技厅科技计划项目(黔科合 J 字[2014]2152)

* 通信作者 E-mail: 周金成 parasitoidswasp@163.com; 董辉 biocontrol@163.com

为并列第一作者

主植物十分广泛,包括玉米、高粱、小麦、水稻、大豆、棉花、甜菜等 80 余种作物^[2]。由于该虫具有繁殖潜能强和扩散速度快的特点,一旦暴发将给当地作物造成突发性的危害^[5-6]。目前,化学防治是控制草地贪夜蛾种群数量的首要应急防控手段,但长期大量使用杀虫剂易使草地贪夜蛾产生抗药性,造成防治困难^[7-8]。

利用寄生性天敌防治草地贪夜蛾是一种有效的生物防治方法。然而,草地贪夜蛾所产卵块常覆盖有鳞毛层,这些鳞毛层在一定程度上能避免卵粒受到天敌的为害^[9-10]。本实验室前期研究发现,短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* 对具有鳞毛层的草地贪夜蛾卵块寄生率较低^[11]。类似的研究也表明,拟澳洲赤眼蜂 *T. confusum* 对具有鳞毛层的甜菜夜蛾 *S. exigua* 卵的寄生率最高为 54.61%,随着寄生过程消耗的时间增加,该寄生蜂寄生效率降低^[12]。另一方面,我国本土的寄生蜂天敌可能难以成功搜寻、识别并寄生草地贪夜蛾卵块,无法保证有效地控制该入侵害虫的种群数量^[13]。因此,亟需寻找一种高效防治草地贪夜蛾的天敌种类。

夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* 属膜翅目广腹细蜂科,是鳞翅目夜蛾科害虫卵期重要的寄生性天敌^[14-15]。夜蛾黑卵蜂雌性一生中平均产 270 粒卵,通常在寄主卵中单独产卵,从而避免过寄生^[15]。据报道,拉丁美洲的许多国家在田间应用夜蛾黑卵蜂防治草地贪夜蛾,并取得显著成效^[16-17]。本研究组前期研究发现,在实验室条件下利用夜蛾黑卵蜂寄生无鳞毛层的草地贪夜蛾卵时,卵粒寄生率可达 95% 以上^[13]。赵旭等^[18]在田间释放夜蛾黑卵蜂来防治草地贪夜蛾,结果表明其田间寄生率高于 80%。因此,夜蛾黑卵蜂可能是一种针对草地贪夜蛾卵期的高效生防作用物。目前,国内针对草地贪夜蛾卵表覆有的鳞毛层是否影响夜蛾黑卵蜂寄生效果的研究报道还较少。因此,明确寄主卵表覆有的鳞毛层对夜蛾黑卵蜂寄生的影响,对利用夜蛾黑卵蜂防治草地贪夜蛾具有重要的意义。

本试验通过夜蛾黑卵蜂分别对具有和不具有鳞毛层的草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵块寄生,并统计卵块寄生率、卵粒寄生率、子代蜂羽化率和子代蜂个体大小,明确寄主卵表鳞毛层对夜蛾黑卵蜂寄生效能的影响,从而为田间应用夜蛾黑卵蜂防治草地贪夜蛾提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

草地贪夜蛾幼虫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。斜纹夜蛾由南京农业大学农作物生物灾害综合治理教育部重点实验室提供。草地贪夜蛾幼虫和斜纹夜蛾幼虫在室内均以人工饲料饲养。人工饲料参考 Bowling 提出的人工饲料配方^[19],并加以微量复合维生素和甲醛等进行改良。待成虫羽化后分别置于圆柱形养虫笼(直径 20 cm,高 35 cm)内,笼壁内覆牛皮纸作为草地贪夜蛾成虫和斜纹夜蛾成虫的产卵介质。以无菌脱脂棉蘸取 10% 蜂蜜水每 12 h 饲喂成虫 1 次。每日将产在牛皮纸上的草地贪夜蛾卵块和斜纹夜蛾卵块剪下,作为本试验的供试寄主卵块。草地贪夜蛾和斜纹夜蛾的繁育条件均为 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 60% ~ 80%,光周期 L//D=16 h//8 h。

夜蛾黑卵蜂种群采自贵州省黔东南州凯里市丹寨县附近的玉米田。羽化后的夜蛾黑卵蜂成蜂以 10% 蜂蜜水进行每日饲喂。选取 2 日龄已交配的雌蜂作为供试蜂。夜蛾黑卵蜂的繁育条件为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 70% $\pm$ 5%,光周期 L//D=16 h//8 h。

1.2 寄生试验

将 24 h 内产出的草地贪夜蛾卵块和斜纹夜蛾卵块剪下后,单个卵块分别装于玻璃指形管(直径 1.0 cm,长度 4.5 cm)内。同一寄主卵块依据表面有无鳞毛层,分成两组,每组 6 个卵块。每个卵块引入 5 头夜蛾黑卵蜂雌蜂,寄生 24 h 后将雌蜂分离出来。用体视显微镜观察并记录每个卵块的总卵数。每隔 12 h 观察 1 次卵块,用小毛笔轻轻刷掉卵块上孵化的草地贪夜蛾幼虫和斜纹夜蛾幼虫,并记录孵出幼虫的卵粒数。卵块继续培养至卵粒变黑,表明卵粒被成功寄生,记录寄生卵粒数。待子代蜂羽化后,记录子代蜂个数。雌蜂死亡后 24 h 内,转移至体视显微镜下测量其后足胫节长度,以表示其子代个体大小。

采用广义线性模型(generalized linear model, GLM)下的双因素方差分析所统计的数据,检验草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵块鳞毛层对夜蛾黑卵蜂的卵粒寄生率、子代羽化率和子代个体大小的影响。本试验数据均采用 R(3.5.3)软件进行分析^[20]。

2 结果与分析

2.1 卵块寄生率和卵粒寄生率

无鳞毛层和有鳞毛层的草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵块均被夜蛾黑卵蜂寄生,卵块寄生率均达到100%,两者无显著差异(图 1)。

卵块寄生率不受卵块表面鳞毛层影响($F =$

1.72, $P = 0.20$),也不受寄主种类的影响($F =$ 1.27, $P = 0.27$)。表面有鳞毛层和无鳞毛层的草地贪夜蛾卵块卵粒寄生率分别为 $94.95\% \pm 2.77\%$ 、 $97.79\% \pm 1.67\%$;斜纹夜蛾卵块,表面有鳞毛层和无鳞毛层的卵粒寄生率分别为 $98.42\% \pm 1.14\%$ 、 $98.58\% \pm 0.90\%$;不同寄主种类的卵粒寄生率均达到了95%以上(图 1)。

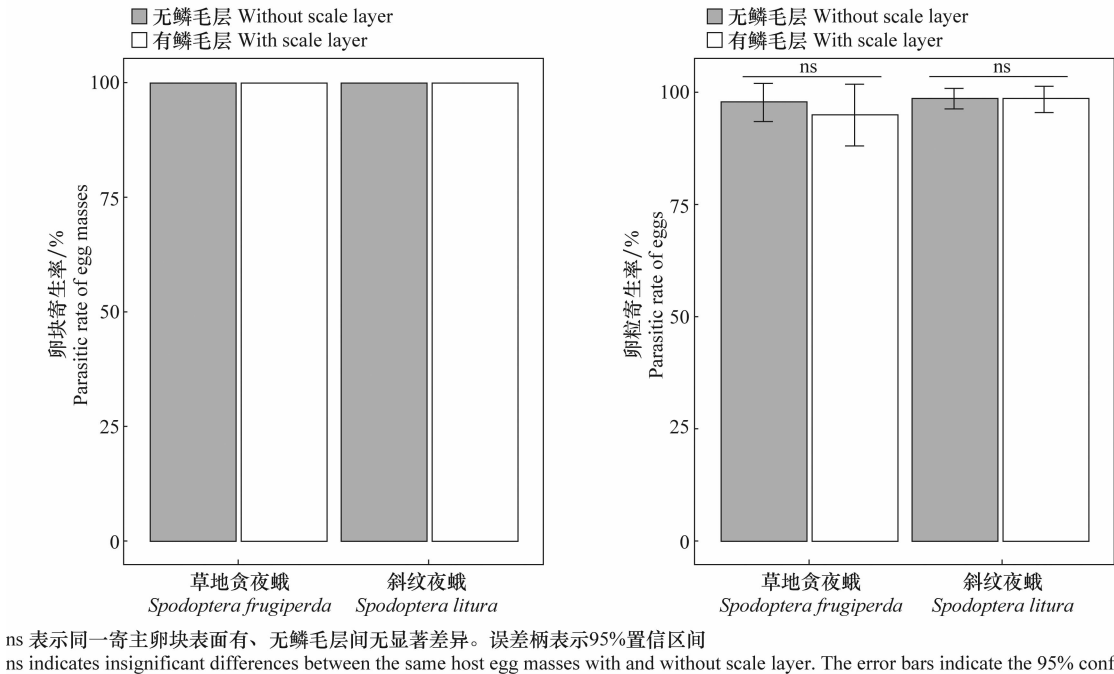


图 1 夜蛾黑卵蜂对有、无鳞毛层的草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵块和卵粒的寄生率
Fig. 1 Parasitic rate of *Telenomus remus* to egg masses and eggs of *Spodoptera frugiperda* and *S. litura* with or without scale layer

2.2 子代蜂羽化率和子代蜂个体大小

子代蜂羽化率不受卵块表面鳞毛层影响($F = 2.35$, $P = 0.14$),但受寄主种类的显著影响($F = 42.47$, $P < 0.001$)。当寄主卵块表面具有鳞毛层时,草地贪夜蛾卵块的子代蜂羽化率为 $52.76\% \pm 7.19\%$,显著低于斜纹夜蛾卵块的子代蜂羽化率 $84.66\% \pm 6.78\%$ ($z = -5.45$, $P < 0.001$)。当寄主卵块表面不具有鳞毛层时,草地贪夜蛾卵块的子代蜂羽化率为 $57.51\% \pm 7.35\%$,显著低于斜纹夜蛾卵块子代蜂羽化率 $98.25\% \pm 2.71\%$ ($z = -5.01$, $P < 0.001$)(图 2)。

子代蜂个体大小不受卵块表面具有的鳞毛层影响($F = 0.50$, $P = 0.20$),也不受两种寄主卵块种类的影响($F = 2.44$, $P = 0.27$)。草地贪夜蛾卵块表面具有鳞毛层的子代蜂个体大小为 (0.1639 ± 0.0006) mm;卵块表面不具有鳞毛层的子代蜂个体大小为 $(0.1627 \pm$

$0.0009)$ mm。斜纹夜蛾卵块表面具有鳞毛层的子代蜂个体大小为 (0.1656 ± 0.0015) mm;卵块表面不具有鳞毛层的子代蜂个体大小为 (0.1650 ± 0.0011) mm(图 2)。

3 讨论

研究结果表明,草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵块表面的鳞毛层不影响夜蛾黑卵蜂的寄生效能。该结果与夜蛾黑卵蜂对夜蛾科其他寄主卵的研究结果一致。陈丽^[12]发现夜蛾黑卵蜂对具有鳞毛层的甜菜夜蛾卵的寄生率可高达99%。夜蛾黑卵蜂雌蜂采取利用寄主卵表鳞毛空隙、主动清理鳞毛和移动表层卵粒3种行为方式对寄主卵粒进行高效寄生^[21]。说明在夜蛾黑卵蜂寄生过程中,草地贪夜蛾卵块和斜纹夜蛾卵块表面的鳞毛层并没有对其寄生行为造成很大的干扰,该寄生蜂依旧能够对具有鳞毛层的寄主卵粒进行高效寄生。

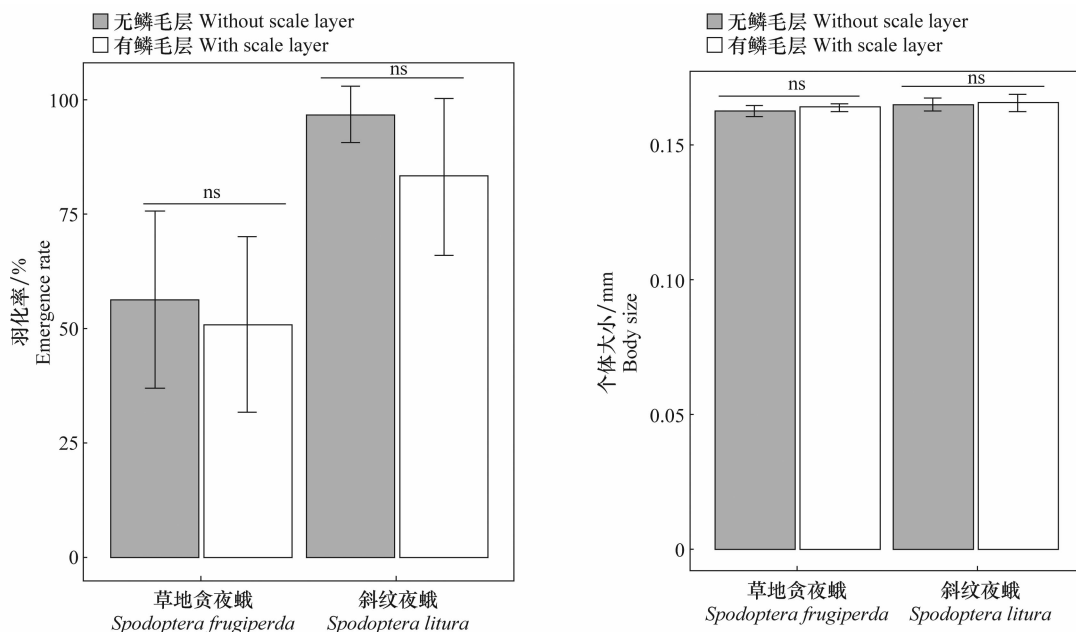


图2 具有和不具鳞毛层的草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵块对子代蜂羽化率和个体大小的影响

Fig. 2 Emergence rate and body size of offspring wasps came from the egg masses of *Spodoptera frugiperda* and *S. litura* with or without scale layer

研究结果还发现,夜蛾黑卵蜂子代羽化率不受寄主卵表鳞毛层影响。草地贪夜蛾卵育出的子代蜂羽化率低于斜纹夜蛾卵育出的子代蜂,表明夜蛾黑卵蜂在寄主中的发育及羽化可能受寄主营养成分和寄主自身的影响。Cossentine 等^[22]研究发现麦蛾 *Sitotroga cerealella* 卵中羽化出的普氏赤眼蜂 *T. platneri* 的数量显著小于蔷薇卷叶蛾 *Choristoneura rosaceana*。刘欢等^[23]研究发现蝇蛹俑小蜂 *Spalangia endius* 在瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae* 蛹上的出蜂量高于橘小实蝇 *B. dorsalis* 蛹和南瓜实蝇 *B. tau* 蛹。对于寄生蜂而言,寄主卵的大小、寄主卵所含的营养成分及含量、生理状况以及寄主免疫能力的差异,都可能导致寄生蜂的适合度发生一定的变化^[24]。具体哪种原因导致寄生草地贪夜蛾卵块和斜纹夜蛾卵块的夜蛾黑卵蜂子代蜂羽化率产生差异,还需进一步验证。

草地贪夜蛾入侵我国后对农业生产已经构成了巨大威胁。因此,亟待挖掘和筛选天敌资源并扩大天敌的种群数量,本文发现夜蛾黑卵蜂能够在草地贪夜蛾卵期达到非常好的防治效果,夜蛾黑卵蜂是防治夜蛾科害虫的优势天敌资源。为了达到夜蛾黑卵蜂控制草地贪夜蛾的目的,有必要建立夜蛾黑卵蜂的大规模繁育技术。本研究结果表明斜纹夜蛾卵

可用于夜蛾黑卵蜂的扩繁,夜蛾黑卵蜂可以作为草地贪夜蛾生物防治的重要资源。

参考文献

- [1] TODD E L, POOLE R W. Keys and illustrations for the army-worm 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): 1 - 10.
- [3] 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.
- [4] 张武鸣, 覃雪明, 赵庆阳, 等. 草地贪夜蛾对玉米的为害特性及防控技术初探[J]. 种子科技, 2019, 37(6): 125 - 126.
- [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] TOGOLA A, MESEKA S, MENKIR A, et al. Measurement of pesticide residues from chemical control of the invasive *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in a maize experimental field in Mokwa, Nigeria [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(5): 849.
- [8] OKUMA D M, BERNARDI D, HORIKOSHI R J, et al. Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to spinosad in Brazil [J]. Pest Management Science, 2018, 74(6): 1441 - 1448.

- [17] 李时荣,葛朝虹,刘德广,等. 寄主植物对不同基因型麦长管蚜解毒酶活性的影响[J]. 西北农业学报, 2018, 27(2): 283-293.
- [18] ADAMCZYK J J, HOLLOWAY J W, LEONARD B R, et al. Susceptibility of fall armyworm collected from different plant hosts to selected insecticides and transgenic Bt cotton [J]. Journal of Cotton Science, 1997, 1(1): 21-28.
- [19] INGBER D A, MASON C E, FLEXNER L. Cry1 Bt susceptibilities of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains [J]. Journal of Economic Entomology, 2018, 111(1): 361-368.
- [20] VEENSTRA K H, PASHLEY D P, OTTEA J A. Host-plant adaptation in fall armyworm host strains: comparison of food consumption, utilization, and detoxication enzyme activities [J]. Annals of The Entomological Society of America, 1995, 88(1): 80-91.
- [21] 李定银, 鄧军锐, 张涛, 等. 草地贪夜蛾对 4 种寄主植物的偏好性[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 50-54.
- [22] 王芹芹, 崔丽, 王奇渊, 等. 棉铃虫对茼蒿威的抗性机理: PBO, DEF 和 DEM 的增效作用及解毒酶活性[J]. 昆虫学报, 2017, 60(8): 912-919.
- [23] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72(1/2): 248-254.
- [24] 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.
- [25] 刘杰, 姜玉英, 吴秋琳, 等. 我国草地贪夜蛾冬春季发生为害特点及下半年发生趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(7): 36-38.
- [26] 徐蓬军, 张丹丹, 王杰, 等. 草地贪夜蛾对玉米和烟草的偏好性研究[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 61-64.
- [27] 吴正伟, 师沛琼, 曾永辉, 等. 3 种寄主植物饲养的草地贪夜蛾种群生命表[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 59-64.
- [28] 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.
- [29] KASTEN P, PRECETTI A A C M, PARRA J R P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural [J]. Revista de Agricultura, 1978, 53: 69-78.
- [30] BOLZAN A, PADOVEZ F E, NASCIMENTO A R, et al. Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides [J/OL]. Pest Management Science, 2019. DOI: 10.1002/ps.5376.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 62 页)

- [9] 李元喜, 刘树生. 寄主对拟寄生昆虫产卵行为的防御[J]. 中国生物防治, 1999, 15(3): 130-134.
- [10] 金凤, 嵇保中, 刘曙雯, 等. 昆虫产卵分泌物的产生方式、成分及功能[J]. 昆虫学报, 2009, 52(9): 1008-1016.
- [11] 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.
- [12] 陈丽. 夜蛾黑卵蜂与拟澳洲赤眼蜂寄主适应性差异研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2011: 40-42.
- [13] 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.
- [14] BUENO R C O F, CARNEIRO T R, BUENO A F, et al. Parasitism capacity of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs [J]. Brazilian Archives of Biology and Technology, 2010, 53(1): 133-139.
- [15] CAVE R D. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus* [J]. Biocontrol News and Information, 2000, 21(1): 21N-26N.
- [16] 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(4/6): 199-205.
- [17] 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.
- [18] 赵旭, 朱凯辉, 张柱亭, 等. 夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾田间防效的初步评价[J/OL]. 植物保护: 1-5 [2019-10-22]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019533>.
- [19] 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.
- [20] R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [EB/OL]. [2019-03-11]. <https://www.r-project.org/>.
- [21] 杨帅, 张龙喜, 赵旭, 等. 夜蛾黑卵蜂雌、雄蜂鉴别方法及雌蜂寄生草地贪夜蛾卵的行为特征[J/OL]. 植物保护: 1-6 [2019-10-10]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019496>.
- [22] COSSENTINE J E, LEMIEUX J, ZHANG Yong. Comparative host suitability of viable and nonviable codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) eggs for parasitism by *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. Environmental Entomology, 1996, 25(5): 1052-1057.
- [23] 刘欢, 李磊, 牛黎明, 等. 寄主对蝇蛹蛹小蜂发育及寄生效能的影响[J]. 生物安全学报, 2016, 25(3): 194-198.
- [24] HARVEY J A, STRAND M R. The developmental strategies of endoparasitoid wasps vary with host feeding ecology [J]. Ecology, 2002, 83(9): 2439-2451.

(责任编辑: 杨明丽)