

斯氏侧沟茧蜂对草地贪夜蛾幼虫的寄生行为及寄生效应

陈壮美¹, 赵琳超¹, 刘航¹, 廖用信², 王星^{1*}

(1. 湖南农业大学植物保护学院, 植物病虫害生物学与防控湖南省重点实验室, 长沙 410128;
2. 湖南省武冈市农业农村局, 武冈 422400)

摘要 草地贪夜蛾入侵我国后快速扩散, 发现和保护利用本土天敌是有效抑制其暴发为害的重要途径。本研究以长沙地区农田常见的斯氏侧沟茧蜂为研究对象, 系统观察了其对不同龄期草地贪夜蛾幼虫的寄生行为, 测定了被寄生草地贪夜蛾幼虫体重和取食量的变化。结果表明, 斯氏侧沟茧蜂能寄生2~4龄草地贪夜蛾幼虫, 可显著抑制其体重增量和取食量, 有效阻滞其进入暴食期, 并最终致其死亡。说明斯氏侧沟茧蜂可有效寄生草地贪夜蛾幼虫, 并抑制其生长和取食, 对其具有一定生物防控能力, 是值得保护和利用的本土寄生蜂。

关键词 斯氏侧沟茧蜂; 草地贪夜蛾; 寄生行为; 寄生效果; 生物防治

中图分类号: S 476.3, S 433.4 文献标识码: A DOI: 10.16688/j.zwbh.2019341

Parasitic behavior and effect of *Microplitis similis* on *Spodoptera frugiperda* larvae

CHEN Zhuangmei¹, ZHAO Linchao¹, LIU Hang¹, LIAO Yongxin², WANG Xing¹

(1. College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Hunan Provincial Key Laboratory for Biology and Control of Plant Diseases and Insect Pests, Changsha 410128, China;
2. Wugang Municipal Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Hunan Province, Wugang 422400, China)

Abstract *Spodoptera frugiperda* has invaded China and spread rapidly, the discovery and protection of native natural enemies is a significant way to effectively suppress its outbreaks. In this study, the parasitic behavior of *Microplitis similis* collected from Changsha, China on different instar larvae of *S. frugiperda* was observed. And the change of the body weight and feed intake of the parasitized larvae were measured. The results showed that *M. similis* could successfully parasitized the 2nd to 4th instars larvae of *S. frugiperda*, significantly inhibited the body weight gain and food intake of larvae. Parasitism effectively suppressed food intake of larvae and eventually led to its death. The results indicated that the native *M. similis* could effectively parasitize the larvae of *S. frugiperda*, and inhibited its growth and food intake. Obviously, *M. similis* has certain biological control ability and is worthy of protection and utilization.

Key words *Microplitis similis*; *Spodoptera frugiperda*; parasitic behavior; parasitic effects; biological control

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 隶属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 也称秋黏虫、草地夜蛾, 原产于美洲热带和亚热带地区, 是广泛分布在美洲大陆的多食性迁飞性农业害虫^[1-3]。2016年1月, 草地贪夜蛾首次在非洲的尼日利亚被发现, 短短两年时间快速蔓延至44个非洲国家并造成巨大危

害^[4-5]。2018年5月, 草地贪夜蛾入侵印度^[6]。2019年1月11日我国云南首次发现草地贪夜蛾为害玉米, 截至6月其已扩散蔓延至我国广西、广东、贵州、湖南、福建、四川、重庆等19个省(市、自治区)。草地贪夜蛾传播速度迅猛^[4,7-8], 对我国的农业生产造成重大威胁。

收稿日期: 2019-07-05 修订日期: 2019-07-07

基金项目: 生物多样性调查评估项目(2019HJ2096001006)

* 通信作者 E-mail: wangxing@hunan.edu.cn

作为新外来入侵生物,我国短期内缺乏有效的防控天敌和自然生态控制方法^[8]。化学农药具有高效性、速效性^[9],采用化学农药防治是目前我国草地贪夜蛾应急防控工作的主要手段^[10],且具有较好的防控效果^[11]。然而草地贪夜蛾的化学农药防治在美洲原生地已有几十年的历史,草地贪夜蛾对部分化学农药已产生了一定程度的抗性,该害虫未来的防治策略应该朝着更加安全、可持续,对环境和人类都比较友好的方向发展。

寄生蜂作为农业害虫的重要寄生性天敌,具有较好的生态控害效果;且具有减少化学农药使用、防止化学农药污染、保护生态环境等优点。在寄生蜂种群中,侧沟茧蜂属的应用较为广泛^[12]。目前已有一种侧沟茧蜂被成功应用到田间害虫防治工作中,如中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator*、斜纹夜蛾侧沟茧蜂 *M. prodeniae* 和红足侧沟茧蜂 *M. croceipes* 等,对棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 和谷实夜蛾 *Helicoverpa zea* 等均具有较好的防治效果^[13-15]。

斯氏侧沟茧蜂 *M. similis* 隶属膜翅目 Hymenoptera 茧蜂科 Braconidae,是一种寄生于鳞翅目幼虫体内的单寄生蜂^[16]。该寄生蜂主要寄生斜纹夜蛾、甜菜夜蛾 *S. exigua* 以及小地老虎 *Agrotis ipsilon* 等夜蛾科昆虫^[16-17]。我们发现斯氏侧沟茧蜂可寄生草地贪夜蛾幼虫并完成生长发育。为评估其控害能力,本论文研究了斯氏侧沟茧蜂寄生草地贪夜蛾幼虫的基础行为学特性以及其对各龄期草地贪夜蛾幼虫的寄生效应。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与植物

草地贪夜蛾于 2019 年 5 月采自湖南省武冈市玉米田。斯氏侧沟茧蜂为植物病虫害生物学与防控湖南省重点实验室饲养的试验种群。寄主植物为湖南农业大学东沙基地种植的玉米。供试昆虫饲养条件均为温度 $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,光周期 L//D=14 h//10 h。

1.2 研究方法与数据处理

取 1~5 龄期草地贪夜蛾幼虫各 60 头(均分为对照组和处理组,每组 30 头),单头置于直径 9 cm、高 1.5 cm 的培养皿内,饲以新鲜玉米叶片。取交配后的雌蜂对各龄期处理组幼虫进行寄生,仔细观察

其寄生行为特性。每日清理虫粪及更换新鲜玉米叶片,使用万分之一电子天平称量记录幼虫与被取食叶片的重量。同时,每天将相同大小的叶片放入同规格小塑料盒中,测定叶片的日水分蒸发率。计算公式为:叶片日水分蒸发率 = 1 - 水分蒸发后的叶片重量 / 初始叶片重量;日取食量 = 叶片初始重量 × (1 - 叶片日水分蒸发率) - 被幼虫取食后的叶片重量。所有数据均用 SPSS 16.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 斯氏侧沟茧蜂寄生草地贪夜蛾幼虫的行为学特性

2.1.1 搜寻行为

雌蜂首先用触角沿着叶片边缘、寄主啃食的叶片痕迹、寄主的粪便进行搜寻(图 1a),整个搜寻过程持续 30 s 至 5 min 不等。当搜寻到寄主时,雌蜂的两只触角交替敲打寄主,试探寄主的大小及反应(图 1b)。寄主一般都会反抗,即以腹部为轴,将头部甩至被试探部位试图驱赶寄生蜂,或者快速爬行离开。

寄生蜂对不同龄期寄主的反应不同,对 1 龄寄主,雌蜂在搜寻过程中会多次路过寄主甚至从其身体上爬过,无试探行为。对 2、3、4 龄寄主,寄生蜂若试探到反应剧烈的寄主,会立即飞离,随后又飞回试探;若寄主爬行离开,则利用触角沿寄主爬行位置进行搜寻并追上寄主再次试探;寄主的龄期越大,反抗能力越强。5、6 龄寄主对寄生蜂的试探反应动作较 2、3、4 龄慢,寄生蜂在其身体上爬动,尝试寻找合适的产卵位置及产卵机会。

2.1.2 产卵行为

雌蜂搜寻到适宜寄主后,调整好攻击方位,展开翅膀,弯曲腹部将产卵器伸向寄主并迅速刺向宿主虫体体侧(图 1c),产卵时间不超过 1 s。被寄生瞬间,寄主释放出血淋巴并快速转头驱赶寄生蜂(图 1d),寄生蜂离去后寄主以腹部为轴,左右甩动头部大约 30 s。如寄主攻击寄生蜂,则寄生蜂会立即飞离,梳理被寄主血淋巴沾染的翅膀与腹部。整个试验过程中,观察到寄生蜂可顺利在 2~4 龄寄主体内产卵,未发现寄生蜂对 1 龄寄主有产卵行为。对 5、6 龄寄主,寄生蜂虽有欲产卵现象,但未能将产卵器顺利刺入寄主体内产卵。



a: 斯氏侧沟茧蜂搜寻草地贪夜蛾幼虫; b: 斯氏侧沟茧蜂试探草地贪夜蛾幼虫; c: 斯氏侧沟茧蜂在草地贪夜蛾幼虫体内产卵; d: 草地贪夜蛾幼虫对斯氏侧沟茧蜂进行反击

a: Searching of *M. similis* for the larva of *S. frugiperda*; b: Probing of *M. similis* to the larva of *S. frugiperda*; c: Spawning of *M. similis* in *S. frugiperda*; d: Strike back of *S. frugiperda* larva against *M. similis*

图 1 斯氏侧沟茧蜂对草地贪夜蛾幼虫的寄生行为

Fig. 1 Parasitic behavior of *Microplitis similis* on *Spodoptera frugiperda* larva

2.1.3 结茧行为

寄生蜂幼虫老熟后从草地贪夜蛾幼虫第6、7腹节侧面咬破寄主体壁钻出(图2a),随后开始吐丝,并在寄主腹部末端附近结茧(图2b)。茧呈浅褐色椭圆形(图2c)。此时寄主若受到外界刺激会表现出激烈的反抗行为,寄主不再取食直到死亡。

2.2 斯氏侧沟茧蜂对草地贪夜蛾幼虫生长发育的影响

草地贪夜蛾2~4龄幼虫被斯氏侧沟茧蜂寄生后其体重仅有小幅增加(图3);与之相比,对照组的体重随时间推移明显上升,直至化蛹。两者从寄生第1天起(产卵当天记为第0天)就存在显著差异(2龄: $t=3.651, df=14, P<0.05$;3龄: $t=2.980, df=15, P<0.05$;4龄: $t=5.835, df=10, P<0.05$)。寄生第6天,对照组2、3、4龄幼虫体重分别达到(219.64 ± 25.46)、(270.12 ± 20.96)、(369.45 ± 50.05)mg,而被寄生幼虫仅为(26.74 ± 0.83)、

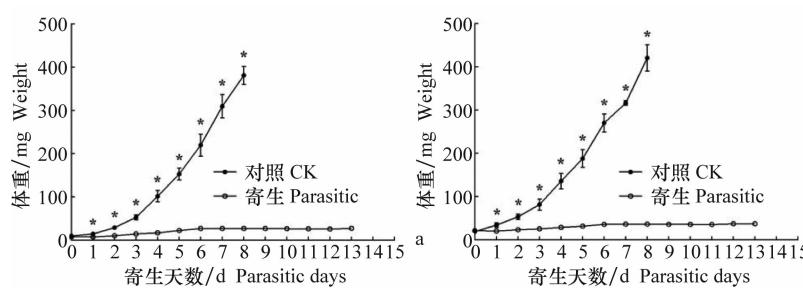
(35.63 ± 1.49)、(58.78 ± 4.31)mg,寄生第7天至第8天寄生蜂幼虫从寄主体内钻出结茧,其后寄主体重无明显变化,寄生蜂幼虫结茧后3~7d寄主死亡。



a: 斯氏侧沟茧蜂钻出草地贪夜蛾幼虫时留下的孔洞; b: 斯氏侧沟茧蜂在草地贪夜蛾幼虫腹部末端附近结茧; c: 斯氏侧沟茧蜂茧的形态
a: The hole in the body wall of *S. frugiperda* for *M. similis* out; b: Cocoon of *M. similis* near the abdomen end of *S. frugiperda*; c: The cocoon of *M. similis*

图 2 斯氏侧沟茧蜂的结茧行为

Fig. 2 Cocooning behaviors of *Microplitis similis*



a、b、c分别为草地贪夜蛾2、3、4龄幼虫。图中*表示差异显著($P<0.05$)。下同
a, b, c were the second, third and fourth instar larvae of *S. frugiperda*, respectively. * indicates significant differences ($P<0.05$). The same below

图 3 斯氏侧沟茧蜂寄生对草地贪夜蛾幼虫体重的影响

Fig. 3 Effects of parasitic by *Microplitis similis* on the body weight of *Spodoptera frugiperda* larvae

与对照组相比,草地贪夜蛾幼虫被寄生后,除2龄幼虫被寄生第1天的取食量变化不明显($t=1.772, df=14, P>0.05$),其他被寄生幼虫的日取食量均显著减少(3龄: $t=5.418, df=15, P<0.05$;4龄: $t=14.570, df=10, P<0.05$)。2、3龄被寄生幼虫日取食量在第6

天达到最大值,分别为(26.46 ± 3.38)、(32.90 ± 3.95)mg;4龄寄主在第7天达到最大值,为(23.64 ± 9.59)mg(图4)。当寄生蜂幼虫从寄主体内钻出后,寄主停止取食,直至死亡。被寄生的2、3、4龄寄主幼虫平均总取食量比对照组分别减少89.62%、94.86%、92.17%。

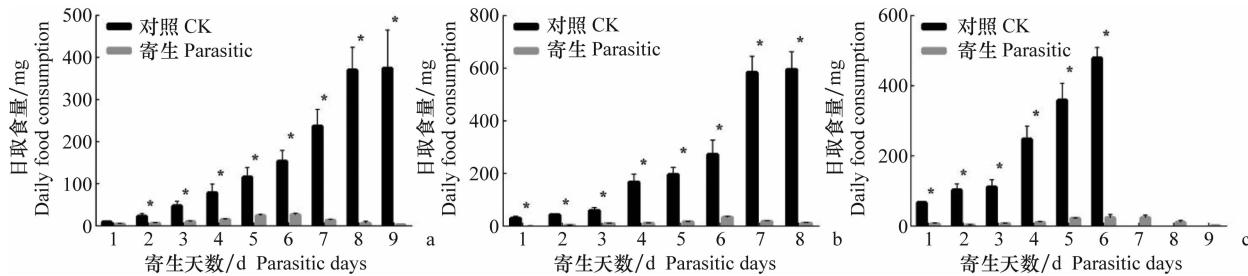


图 4 斯氏侧沟茧蜂寄生对草地贪夜蛾幼虫取食量的影响

Fig. 4 Effects of parasitic by *Microplitis similis* on the food intake of *Spodoptera frugiperda* larvae

3 小结与讨论

本文研究结果表明,斯氏侧沟茧蜂可搜索到2~6龄草地贪夜蛾幼虫,并顺利将卵产到2~4龄寄主幼虫的体内,利用寄主完成其卵到幼虫期的发育,幼虫老熟后从寄主第6、7腹节附近钻出结茧。斯氏侧沟茧蜂的寄生能够显著抑制草地贪夜蛾幼虫的取食和生长。从被寄生开始,草地贪夜蛾幼虫体重增幅显著降低,幼虫虽仍旧取食,但日取食量和总取食量均被明显抑制,直至寄生蜂幼虫钻出结茧后便停止取食,并最终死亡。

李倩等^[18]报道,绿眼赛茧蜂 *Zele chlorophthalmus* 的寄生对草地螟 *Loxostege sticticalis* 幼虫体重有显著的抑制作用,且寄生时间越长,抑制作用越明显。甜菜夜蛾的3龄幼虫被管侧沟茧蜂 *Microplitis tuberculifer* 寄生后,从第2天开始其体重增加量便显著低于同龄期的健康幼虫,而1、2、3龄幼虫的取食量比同龄期健康幼虫分别减少了75.01%、65.64%和57.45%,均有极显著的差异^[19]。中红侧沟茧蜂寄生黏虫可使4、6、8日龄幼虫取食量降低96%以上^[20]。斑痣悬茧蜂 *Meteorus pulchricornis* Wesmeal 寄生同样对甜菜夜蛾幼虫的取食行为有明显的抑制作用^[21]。棉大卷叶螟 *Sylepta derogata* 被绒茧蜂 *Apanteles sagax* 寄生后取食量减少^[22]。蒋杰贤等报道,斜纹夜蛾1~3龄幼虫被斜纹夜蛾侧沟茧蜂寄生后取食量显著下降,且生长发育受到影响,虽然能正常蜕皮发育到4龄,但无法继续发育到5龄^[23]。本研究关于斯氏侧沟茧蜂对草地贪夜蛾幼虫生长发育的影响得到了与上述研究相似的结果,表明斯氏侧沟茧蜂对草地贪夜蛾有着潜在的生防价值。

草地贪夜蛾是一种迁飞能力极强的农业害虫,短短几个月就已扩散至全国19个省区,对我国农业

生产造成了严重的威胁。国内外防治草地贪夜蛾的重要措施均为化学防治,我国已有研究表明,拟除虫菊酯对草地贪夜蛾具有较好的防治效果^[24]。然而化学防治污染环境,对人体危害大,且害虫容易产生抗药性,造成再猖獗现象。故在采用化学农药来应急防控害虫的同时,也应加强生物防控方面的研究,两者相结合才能达到更持续、更安全、更有效防治害虫的目的。本研究表明,一旦草地贪夜蛾幼虫被斯氏侧沟茧蜂寄生,其取食能力大大降低,可有效保护寄主植物,且被寄生的幼虫最终均死亡,这为田间应用斯氏侧沟茧蜂防治草地贪夜蛾提供了依据。

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] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82–87.
- [3] LUGINBILL P. The fall armyworm [R]. New York: USDA Technology Bulletin, 1928, 34: 91.
- [4] 廖永林, 李传瑛, 黄少华, 等. 草地贪夜蛾首次入侵广东地区发生为害调查 [J/OL]. 环境昆虫学报, 2019, 41(3): 497–502.
- [5] GOERGEN G, KUMAR P L, SANKUNG S B, et al. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in west and central Africa [J/OL]. PLoS ONE, 2016, 11(10): e0165632.
- [6] NAKWEYA G. Global actions needed to combat fall armyworm [EB/OL]. SciDevNet, [2019-07-04]. <http://b4fa.org/global-actions-needed-to-combat-fall-armyworm/>.
- [7] 孔德英, 孙涛, 滕少娜, 等. 草地贪夜蛾及其近似种的鉴定 [J/OL]. 植物检疫, 2019, 33(4): 37–40.
- [8] 杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 等. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议 [J/OL]. 植物保护, 2019, 45(4): 1–6.

(下转 90 页)

- [6] FAO. 秋黏虫可能从印度蔓延到亚洲其他地区, 东南亚和中国南部首当其冲[EB/OL]. [2018-8-14]. <https://news.un.org/zh/story/2018/08/1015522>.
- [7] NAYAR J K, VAN HANDEL E. Flight performance and metabolism of the moth *Spodoptera frugiperda* [J]. Journal of Insect Physiology, 1971, 17(12): 2475-2479.
- [8] HANDEL E V. Lipid utilization during sustained flight of moths [J]. Journal of Insect Physiology, 1974, 20(12): 2329-2332.
- [9] GLICK P A. The distribution of insects, spiders, and mites in the air [R]. Technical Bulletins, 1939, 673: 1-150.
- [10] 全国农业技术推广服务中心. 重大害虫草地贪夜蛾已侵入云南, 各地要立即开展调查监测[R]. 植物病虫情报, 2019年第7期, 2019-01-18.
- [11] 全国农业技术推广服务中心. 草地贪夜蛾在云南西南部3市州为害冬玉米[R]. 植物病虫情报, 2019年第8期, 2019-02-01.
- [12] 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.
- [13] EARL Y R, GONZALEZ-MORENO P, MURPHY S T, et al. Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm [J/OL]. bioRxiv, 2018, doi:<https://doi.org/10.1101/391847>.
- [14] WYCKHUYSEN K A G, ONEIL R J. Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize [J]. Crop Protection, 2006, 25(11): 1180-1190.
- [15] MURA G, MOLINA-OCHOA J, COVIELLA C. Population dynamics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in northwestern Argentina [J]. Florida Entomologist, 2006, 89(2): 175-182.
- [16] BHOSALE J. Fall armyworm, considered threat for global food security spreads from maize to sugarcane in India[EB/OL]. [2018-10-09]<https://economictimes.indiatimes.com/news/economy/agriculture/fall-armyworm-considered-threat-for-global-food-security-spreads-from-maize-to-sugarcane-in-india/articleshow/66129005.cms>.
- [17] 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.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 74 页)

- [9] 吴文君, 刘惠霞. 对农药的几点看法[J]. 农药, 1998(9): 3-7.
- [10] 赵胜园, 孙小旭, 张浩文, 等. 常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 10-14.
- [11] 赵胜园, 杨现明, 杨学礼, 等. 8种农药对草地贪夜蛾的田间防治效果[J/OL]. 植物保护, 2019, 45(4): 74-78.
- [12] 罗志良, 戴开甲. 侧沟茧蜂应用研究的新进展[J]. 昆虫知识, 1998, 35(5): 293-296.
- [13] HERBERT D A, ZEHNDER G W, SPEESE J, et al. Parasitization and timing of diapause in Virginia *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae): implications for biocontrol of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean[J]. Environmental Entomology, 1993, 22(3): 693-698.
- [14] LI Jiancheng, YAN Fengming, COUDRON T A, et al. Field release of the parasitoid *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) for control of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton fields in northwestern China's Xinjiang province [J]. Environmental Entomology, 2006, 35(3): 694-699.
- [15] 陈乾锦, 张建忠, 黄景春, 等. 烟田斜纹夜蛾侧沟茧蜂(膜翅目: 茧蜂科)研究[J]. 武夷科学, 2002, 18(1): 312.
- [16] LI Shunji, HUANG Juping, CHANG Yangyang, et al. Development of *Microplitis similis* (Hymenoptera: Braconidae) on two candidate host species, *Spodoptera litura* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Florida Entomologist, 2015, 98(2): 736-741.
- [17] LYLE G T. On three new species of Indian Braconidae [J]. Bulletin of Entomological Research, 1921, 12(2): 129-132.
- [18] 李倩, 程云霞, 罗礼智, 等. 绿眼赛茧蜂生物学特性及其对草地螟的控害作用[J]. 中国生物防治学报, 2017, 33(6): 803-810.
- [19] 屈振刚, 王金耀, 祝丽英. 管侧沟茧蜂的寄生对甜菜夜蛾幼虫取食和发育的影响[J]. 华北农学报, 2005(2): 93-96.
- [20] 路子云, 马爱红, 冉红凡, 等. 中红侧沟茧蜂寄生对粘虫幼虫取食及生长发育的影响[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(5): 982-987.
- [21] 郭林芳, 孟玲, 李保平. 斑痣悬茧蜂寄生对甜菜夜蛾幼虫行为的影响[J]. 南京农业大学学报, 2010, 33(5): 71-74.
- [22] DUODU Y A. Effects of parasitism by *Apanteles sagax* (Hym. Braconidae) on growth, food consumption and food utilization in *Sylepta derogata* larvae (Lep. Pyralidae) [J]. Entomophaga, 1984, 29(1): 63-71.
- [23] 蒋杰贤, 王奎武, 蒋祝瑞. 斜纹夜蛾侧沟茧蜂生态学特性及寄生对寄主发育和取食的影响[J]. 上海交通大学学报, 2003, 21(2): 125-130.
- [24] 马千里, 王勇庆, 谭煜婷, 等. 3种拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾的毒力测定及田间应用效果评价[J/OL]. 环境昆虫学报: 1-10. (2019-07-02). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190628.1653.002.html>.

(责任编辑: 田 喆)