

中红侧沟茧蜂寄生对粘虫幼虫取食及生长发育的影响^{*}

路子云^{1**} 马爱红¹ 冉红凡¹ 刘文旭¹
刘小侠² 李建成^{1***} 张青文²

(1. 河北省农林科学院植物保护研究所, 河北省农业有害生物综合治理工程技术研究中心, 农业部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 保定 071000; 2. 中国农业大学植物保护学院 北京 100092)

摘 要 【目的】为明确中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* (Haliday) 寄生对粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 幼虫取食和发育的影响及评价其田间应用价值。【方法】比较研究了中红侧沟茧蜂寄生不同日龄粘虫对粘虫幼虫取食量和发育的影响。【结果】被寄生的粘虫 4、6、8 日龄幼虫与未被寄生的同龄期幼虫取食量差异达极显著水平。被寄生的 4、6、8 日龄粘虫幼虫间的取食量差异不显著。被寄生的幼虫, 5 d 前体重缓慢上升, 之后缓慢下降, 所有被寄生的幼虫均不能化蛹。4、6、8 日龄粘虫幼虫被寄生后, 中红侧沟茧蜂幼虫在其体内的发育历期不同, 不同日龄间差异显著, 随着日龄的增大显著缩短。【结论】表明该蜂不仅能有效地控制粘虫当代危害, 而且在很大程度上能够抑制粘虫的种群数量。

关键词 中红侧沟茧蜂, 粘虫, 寄生, 取食量, 发育

Effects of parasitism by *Microplitis mediator* (Haliday) on the feeding and development of *Mythimna separata* (Walker) larvae

LU Zi-Yun^{1**} MA Ai-Hong¹ RAN Hong-Fan¹ LIU Wen-Xu¹
LIU Xiao-Xia² LI Jian-Cheng^{1***} ZHANG Qing-Wen²

(1. Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences; IPM Center of Hebei Province; Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northern Region of North China, Ministry of Agriculture, Baoding 071000, China; 2. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100092, China)

Abstract 【Objectives】To determine the effects of parasitism by *Microplitis mediator* (Haliday) on the feeding and development of *Mythimna separata* (Walker) larvae, and evaluate the potential of *M. mediator* as a biological control for *M. separata*. 【Methods】The relative reduction in food consumption and development by *M. separata* larvae following parasitization by *M. mediator* was determined in controlled, laboratory experiments. 【Results】4, 6, and 8, day old *M. separata* larvae that had been parasitized by *M. mediator* consumed significantly less of an artificial diet than unparasitized larvae of the same age. The body weights of newly hatched, parasitized larvae increased slowly for 5 days then declined. No parasitized larvae pupated. The developmental duration of *M. mediator* was significantly shorter if these had parasitized older larvae. 【Conclusion】*M. mediator* can not only reduce the damage caused by the current generation of *M. separata* but can also greatly reduce the abundance of this pest.

Key words *Microplitis mediator*, *Mythimna separata*, parasitism, food consumption, development

*资助项目 Supported projects: 国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(201403031)

**第一作者 First author, E-mail: luziyun2011@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: lijiancheng08@163.com

收稿日期 Received: 2016-05-31, 接受日期 Accepted: 2016-08-10

粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 属鳞翅目, 夜蛾科。主要为害麦、稻、粟、玉米等禾谷类粮食作物及棉花、豆类、蔬菜等十几科 100 余种植物 (浙江农业大学, 1982)。该虫幼虫食叶, 大发生时可将作物的叶片全部食光, 造成严重经济损失。因其群聚性、迁飞性、杂食性、暴食性, 成为全国性重要害虫。近两年来, 粘虫在我国局部暴发成灾。根据农业部统计, 2012 年粘虫在河北、内蒙古、吉林、黑龙江、辽宁、天津等地发生面积近 $3.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 严重发生面积 $4.33 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。2013 年全国粘虫发生面积多于 $2.80 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 给粮食作物生产安全造成了严重威胁。目前对粘虫的防治主要依赖化学农药, 由于粘虫具有迁飞 (移) 性强, 蔓延迅速, 昼伏夜出等特点, 仅靠化学农药防治不仅有一定的难度, 还会造成严重的环境污染, 同时给粮食无公害安全生产造成严重的影响, 因此, 针对粘虫的多种绿色防控方法的研究越来越受到重视。1979 年王德安等在棉田天敌昆虫调查时首次发现了一种寄生棉铃虫低龄幼虫的寄生蜂——中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* (Haliday) (王德安等, 1984)。该寄生蜂属膜翅目, 茧蜂科, 小腹茧蜂亚科, 侧沟茧蜂属, 广泛分布于欧洲和亚洲, 能够寄生鳞翅目夜蛾科和尺蛾科的 40 多种昆虫, 包括棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)、粘虫和甘蓝夜蛾 *Barathra brassicae* (Linnaeus) 等重要农业害虫 (Arthur and Mason, 1986)。中红侧沟茧蜂在我国华北地区年发生 7~8 代 (房慧勇等, 2000)。该寄生蜂在田间对棉铃虫自然寄生率平均达到 22.9%, 以寄生 1~2 龄幼虫为主, 对控制这些害虫的种群数量和抑制危害具有重要作用 (房慧勇等, 2000; Li et al., 2006)。由于中红侧沟茧蜂是一种低龄幼虫寄生蜂, 害虫被寄生后需取食一段时间, 以此来满足该蜂幼虫在寄主体内的发育。为此, 我们针对中红侧沟茧蜂的自然寄主之一粘虫在室内进行了研究, 明确了粘虫幼虫被寄生后的取食量和对作物的危害程度, 以及被寄生后该蜂在幼虫体内的发育历期, 为正确评价中红侧沟茧蜂抑制粘虫危害作用和利用价值提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 寄主食料

寄主食料为田间种植的玉米苗。

1.2 供试虫源

供试粘虫与中红侧沟茧蜂均来自河北省农林科学院植物保护研究所天敌昆虫研究室。每年 6—7 月份从保定郊县玉米田采集粘虫幼虫, 经室内续代饲养获得粘虫虫源。中红侧沟茧蜂采自田间被寄生的棉铃虫低龄幼虫, 经室内单管饲养获得野生蜂种, 以 1~2 龄粘虫幼虫为寄主, 对蜂种进行扩大繁殖, 建立健康的中红侧沟茧蜂人工试验种群作为该项研究的试验材料。

1.3 试验方法

将 4、6、8 日龄粘虫幼虫分别放在有底光的玻璃板上, 用装有中红侧沟茧蜂雌成虫的玻璃管 (直径 5 cm、高 8 cm) 扣住幼虫, 当观察到幼虫被寄生后, 将幼虫移至直径 3 cm、高 10 cm 的玻璃管内饲养, 重复数次获得试验材料。同时以未被寄生的粘虫幼虫作为对照。用一定量的新鲜玉米叶段 (尽量选择宽度一致的玉米叶, 剪成 3 cm 左右小段) 饲喂。置于温度为 $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的光照培养箱内饲养 (光周期 L:D=14:10)。每天定时观察粘虫幼虫取食与发育情况, 更换玉米叶段, 直至中红侧沟茧蜂结茧。玉米叶段在幼虫取食前后分别称重, 测定当天取食量, 同时称幼虫体重。每处理寄生幼虫重复 30 次、未被寄生幼虫重复 30 次、设不供粘虫取食玉米叶段对照重复 10 次, 以计算玉米叶段重量的自然损失率。

1.4 数据处理与分析

去除试验过程中死亡的个体, 计算每头各日龄幼虫的取食量和幼虫被寄生后中红侧沟茧蜂幼虫的发育历期。取食量用下述公式计算:

对照失水率 (%) = (叶片放入时重量 - 叶片换出时重量) / 叶片放入时重量,

幼虫取食量 (g) = 取食前叶片重量 - 取食后

叶片重量/(1-对照失水率)。

平均数间的比较采用 Duncan's 新复极差法。被寄生和未被寄生的幼虫各日龄间的取食量差异采用 *t*-测验。

2 结果与分析

2.1 中红侧沟茧蜂寄生对粘虫幼虫取食量的影响

被中红侧沟茧蜂寄生和未被寄生的粘虫幼虫所取食的玉米叶鲜重见表 1。被寄生的 4、6、8 日龄粘虫幼虫与未被寄生的同龄期幼虫的取食量差异达极显著水平,分别减少 97.35%,96.77% 和 96.57%。被寄生的 4、6、8 日龄幼虫取食量之间的差异不显著,但随日龄的增大有所增加,即被寄生的幼虫越小其取食量越少,且被寄生的 4、6、8 日龄幼虫均不能化蛹。

2.2 被中红侧沟茧蜂寄生的粘虫幼虫取食规律

被中红侧沟茧蜂寄生的 4、6、8 日龄粘虫取食规律见图 1。被寄生的 4、6、8 日龄粘虫幼虫前 2 d 取食量同未被寄生的 4 日龄粘虫幼虫取食量差别不大,从第 3 天明显小于未被寄生的幼虫的取食量,之后被寄生的各日龄幼虫取食量缓慢上升,从第 5 天取食量又缓慢下降直至停止取食,而未被寄生的 4 日龄幼虫前 2 d 取食量相对平稳,之后呈直线上升,到第 10 天取食量达到高峰,之后进入化蛹期,取食量迅速减少,停止取食。未被寄生的 6、8 日龄幼虫第 1 天和第

2 天取食量与被寄生的同龄期幼虫取食量差异明显,第 1 天开始就呈现直线上升趋势,6 日龄粘虫幼虫到第 7 天取食量达到高峰。8 日龄粘虫幼虫到第 6 天取食量达到高峰。未被寄生的各日龄幼虫每天的取食量显著大于被寄生的各日龄幼虫取食量($t<0.01$)。被寄生的各日龄幼虫在中红侧沟茧蜂老熟幼虫钻出体外后停止取食,但仍能存活 2~3 d。

2.3 中红侧沟茧蜂寄生对粘虫幼虫体重和龄期的影响

被中红侧沟茧蜂寄生的粘虫 4、6、8 日龄幼虫体重见图 2。被寄生的 4、6、8 日龄的粘虫幼虫体重前 4 d 与 4 日龄的未被寄生的幼虫体重、前 2 d 与 4、6 日龄未被寄生的幼虫体重均无明显差异。未被寄生的 4 日龄的幼虫体重从第 5 天直线上升,到第 11 天达到高峰;6 日龄的幼虫体重从第 3 天直线上升,到第 8 天达到高峰;8 日龄的幼虫体重从第 1 天直线上升,到第 6 天达到高峰,之后体重下降进入化蛹状态。未被寄生的粘虫幼虫体重在高峰期达到被寄生粘虫的十几倍。被寄生的 4、6、8 日龄幼虫体重 5 d 之前增长比较缓慢,之后有所下降,但差异不明显。不仅如此,寄主的个体发育也大大落后于未被寄生的幼虫,特别是从被寄生后的 5 d 开始,寄主将停止蜕皮,发育阶段停留在 4~5 龄,直到幼蜂钻出,而未被寄生的粘虫幼虫均能正常发育到 6 龄直至化蛹。

表 1 被中红侧沟茧蜂寄生与未被寄生的粘虫幼虫取食量比较
Table 1 Mean diet consumption of parasitized and unparasitized *Mythimna separata* larvae

试虫日龄 Day age of larvae	试虫数 Number of test insects	未被寄生取食量(g) Diet consumption of unparasitized	试虫数 Number of test insects	被寄生取食量(g) Diet consumption of parasitized	<i>t</i> 值 <i>t</i> value	被寄生比未寄生的取食量减少(%) Decrease of food consumption
4	15	4.9164±0.1034	11	0.1273±0.0096 Aa	39.36**	97.35
6	15	4.6687±0.2026	14	0.1450±0.0071 Aa	35.96**	96.77
8	15	4.6435±0.0872	16	0.1596±0.0165 Aa	21.41**	96.57

表中数据为平均数±标准误,同列数据后标注不同字母表示差异显著,小写字母表示 0.05 水平,大写字母表示 0.01 水平(Duncan's 多重比较法);**表示经 *t*-测验处理与对照间存在极显著差异($P<0.01$)。下表同。

The data in table are mean ± SE, and followed by different letters in the same column indicate significant difference, lowercase letters for 0.05 level, capital letters for 0.01 level by Duncan's multiple range test. ** indicates extremely significant difference between treatment and control at the 0.01 level by *t*-test. The same below.

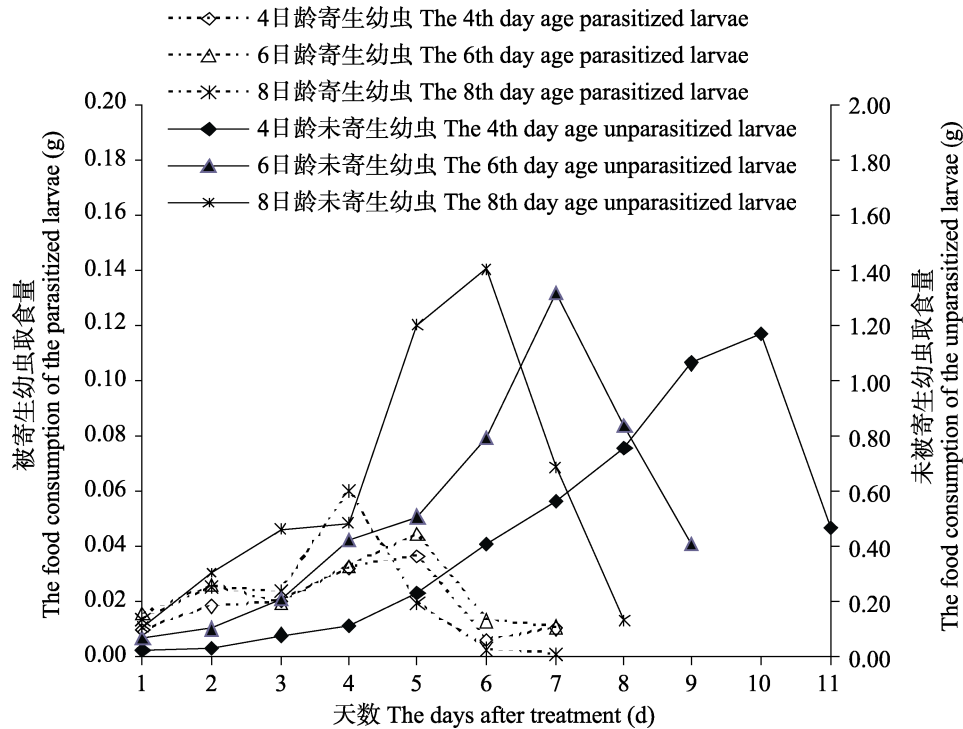


图 1 被中红侧沟茧蜂寄生的 4、6、8 日龄粘虫取食量变化

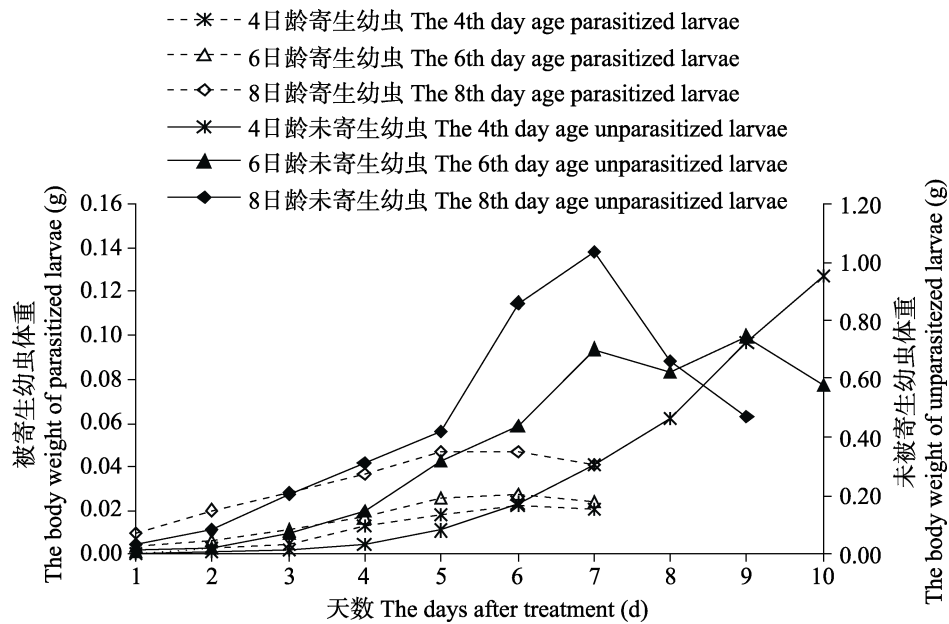
Fig. 1 The food consumption changes of 4th, 6th and 8th larvae parasitized by *Microplitis mediator*

图 2 被中红侧沟茧蜂寄生的粘虫 4、6、8 日龄幼虫体重变化

Fig. 2 The body weight changes of 4th, 6th and 8th larvae parasitized by *Microplitis mediator*

2.4 不同日龄粘虫幼虫被寄生后对中红侧沟茧蜂幼虫发育历期的影响

不同龄期的粘虫幼虫被寄生后,其体内的中红侧沟茧蜂的幼虫发育历期见表 2。中红侧沟茧

蜂的幼虫发育历期在被寄生的不同日龄粘虫幼虫间差异显著,随着日龄的增大,中红侧沟茧蜂的幼虫发育历期随之缩短,即发育历期 4 日龄>6 日龄>8 日龄。但茧重随着日龄的增加有所增加。

3 讨论

本文对中红侧沟茧蜂寄生对粘虫幼虫取食和寄生蜂自身发育的影响研究表明,被寄生的粘虫幼虫与未被寄生的取食量差异达极显著水平,粘虫幼虫一旦被寄生取食量明显减少,被寄生的4,6,8日龄幼虫比未被寄生的同龄期幼虫的取食量分别减少97.35%,96.77%,和96.57%,充分证明了粘虫幼虫一旦被中红侧沟茧蜂寄生,基本上就失去了为害能力,且被寄生的幼虫均不能化蛹,这为田间应用中红侧沟茧蜂防治粘虫提供了依据。依据上述结果,在应用中红侧沟茧蜂防治粘虫时,放蜂时间应掌握在粘虫2龄之前,此时被寄生的幼虫取食量较少,害虫对寄主的危害相对较轻,对产量和产品的质量影响较小,具有控制目标害虫种群数量和抑制害虫当代危害的双重作用。由于4日龄幼虫被寄生后在饲养过程中死亡率较高,因此,在室内繁蜂时以6~8日龄幼虫比较适宜,以便提高繁蜂效率。

表2 中红侧沟茧蜂幼虫在不同日龄被寄生粘虫幼虫体内的发育历期和茧重

Table 2 The development duration and cocoon weight of *Microplitis mediator* larvae in different instars of *Mythimna separata* larvae

粘虫日龄(d)	试虫数(头)	发育历期(d)	茧重(mg)
Day age of larvae	Number of test insects	Development duration	Weight of cocoon
4	29	8.38 Aa	3.2
6	23	7.96 Bb	3.4
8	14	7.27 Cc	3.7

4、6、8日龄粘虫幼虫被寄生后中红侧沟茧蜂幼虫在其体内的发育历期差异显著,随着日龄的增加,历期显著缩短,这和被寄生的粘虫幼虫日龄大幼虫个体也相对较大,寄主营养条件好,中红侧沟茧蜂幼虫发育较快有关。同时,随着被寄生的粘虫幼虫日龄的增加,中红侧沟茧蜂的茧重也有所增加,这也与幼虫个体大,营养条件好,中红侧沟茧蜂幼虫发育好、吐丝量大、结茧较厚有关,但差异不明显。至于不同日龄的粘虫幼虫育出的蜂成虫的雌雄比和生殖力有无差别需进一步验证。

寄生蜂寄生寄主后,通过某些因子调节寄主的生长发育,为其在寄主体内生长发育提供合适的生长环境,保证其自身在寄主体内完成整个发育过程。有些寄生蜂是通过该蜂体内的共生多分DNA病毒和毒液抑制寄主的取食和生长(尹丽红等,2001)。而有些寄生蜂是通过寄生使寄主体内产生畸形细胞抑制寄主的取食和生长(秦启联等,1999)。中红侧沟茧蜂属于容性单寄生蜂,它寄生粘虫幼虫后,幼虫体内会产生畸形细胞,而这种畸形细胞导致寄主表现出体重降低、生长缓慢、发育停滞、不能化蛹等一系列现象(秦启联等,2000;尹丽红等,2001)。试验表明,粘虫幼虫被中红侧沟茧蜂寄生后,畸形细胞的产生对取食量有明显影响,但对食物利用率、食物转化率等是否有影响有待进一步研究。

不同的寄生蜂——寄主组合,寄主的表现也不尽相同。施祖华和刘树生(1999)报道,小菜蛾幼虫被菜蛾绒茧蜂 *Cotesia plutellae* (Kurdjumov)寄生后,被寄生的幼虫取食量较未被寄生的显著增加,但不能正常化蛹。蒋杰贤等(2003)报道,斜纹夜蛾1~3龄幼虫被斜纹夜蛾侧沟茧蜂 *Microplitis* sp.寄生后,食叶量显著下降,虽能正常蜕皮生长发育到4龄,不能发育到5龄幼虫。杭三保等(1989)报道二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker)幼虫被二化螟绒茧蜂寄生后,在绒茧蜂产卵寄生后的第1至第9天内,蜂幼虫在寄主体内未啮出前的取食量与未被寄生的无显著差异,表明寄生蜂寄生对寄主的取食量的影响在不同的寄生蜂——寄主组合间存在差异。本文结果表明,中红侧沟茧蜂寄生低龄粘虫幼虫后能显著降低其取食量,为该蜂在田间释放防治提供了理论依据,具有较好的应用前景。但粘虫幼虫被中红侧沟茧蜂寄生后,取食量显著降低的生理生化机制,尚需进一步研究。

参考文献 (References)

- Arthur AP, Mason PG. 1986. Life history and immature stages of the parasitoid *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae), reared on the bertha armyworm *Mamestra configurata* (Lepidoptera: Noctuidae). *Can. Entomol.*, 118(5): 487-491.

- Fang HY, Zheng BZ, Wang JH, Yang XY, Tan HY, 2000. The occurrence regulaty of *Microplitis mediator* in 33^B cotton. *China Cotton*, 27(3): 29. [房慧勇, 郑丙占, 王敬军, 杨晓玉, 谭焕云, 2000. 新棉 33^B 中红侧沟茧蜂发生规律初探. 中国棉花, 27(3): 29.]
- Hang SB, Huang DL, Wu DZ, 1989. Studies on food consumption and development of *Chilo suppressalis* parasitied by *Apanteles chilonis*. *Journal of Jiangsu Agricultural College*, 10(3): 33–36. [杭三保, 黄东林, 吴达璋, 1989. 二化螟绒茧蜂对寄主二化螟幼虫取食量和生长发育的影响. 江苏农学院学报, 10(3): 33–36.]
- Jiang JX, Wang KW, Jiang ZR, 2003. Bionomics of *Microplitis* sp. (Hymenoptera), and the effect of parasitism on the development and food consumption of *Spodoptera litura* larvae. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science)*, 21(2): 125–130. [蒋杰贤, 王奎武, 蒋祝瑞, 2003. 斜纹夜蛾侧沟茧蜂生态学特征及寄生对寄主发育和取食的影响. 上海交通大学学报(农业科学版), 21(2): 125–130.]
- Li JC, Yan FM, Coudron TA, 2006. 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. *Environ. Entomol.*, 35(3): 694–699.
- Qin QL, Gong H, Ding C, 2000. Embryogenesis and larval development of *Microplitis mediator* parasitizing *Mythimna separata* and occurrence of teratocytes. *Acta Entomologica Sinica*, 43(3): 280–284. [秦启联, 龚和, 丁翠, 2000. 中红侧沟茧蜂在粘虫体内的发育及畸形细胞的发生. 昆虫学报, 43(3): 280–284.]
- Qin QL, Wang FH, Gong H, 1999. Actions on teratocytes in coordinating the relationship between a parasitoid and its host-an overview. *Acta Entomologica Sinica*, 42(4): 431–438. [秦启联, 王方海, 龚和, 1999. 畸形细胞在协调寄生蜂同其寄主相互关系中的作用. 昆虫学报, 42(4): 431–438.]
- Shi ZH, Liu SS, 1999. Parasitism preference of *Cotesia plutellae* to host age and the effect of parasitism on the development and food consumption of the host *Plutella xylostella*. *Journal of Plant Protection*, 26(1): 25–29. [施祖华, 刘树生, 1999. 菜蛾绒茧蜂的寄生选择性及寄生对寄主发育和取食的影响. 植物保护学报, 26(1): 25–29.]
- Wang DA, Nan LZ, Sun X, Li XZ, 1984. The research on bionomics of *Helicoverpa armigera* young larvae parasitoid- *Microplitis* sp. *Natural Enemies of Insects*, 6(4): 211–212. [王德安, 南留柱, 孙洗, 李小珍, 1984. 棉铃虫低龄幼虫寄生蜂-侧沟茧蜂生物学研究. 昆虫天敌, 6(4): 211–212.]
- Yin LH, Wang CZ, Qin JD, 2001. Polydnavirus and its functions in parasitoid-host interactions. *Acta Entomologica Sinica*, 44(1): 109–118. [尹丽红, 王琛柱, 钦俊德, 2001. 多分 DNA 病毒及其在寄生蜂与寄主关系中的作用. 昆虫学报, 44(1): 109–118.]
- Zhejiang Agricultural University, 1982. *Agricultural Entomology* (second edition). Shanghai: Shanghai Science and Technologic Press. 249–259. [浙江农业大学, 1982. 农业昆虫学(第 2 版). 上海科学技术出版社. 249–259.]



危害枸杞的棉蚜 *Aphis gossypii* Glover

棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 是一种常见害虫, 主要危害次生寄主棉花、玉米、大豆、西瓜、黄瓜、南瓜、茄子、西葫芦、月季、核桃、丁香、金橘等, 也危害原生寄主石榴、花椒、木槿和鼠李等。危害枸杞的蚜虫种类多为棉蚜, 无翅孤雌蚜体型宽椭圆形, 活体淡墨绿色, 腹管黑色, 玻片标本腹部背片 ~ 背中斑不显, 无愈合的大背斑(区别于豆蚜)。照片 2016 年 7 月 28 日拍摄于新疆精河枸杞叶片。

(张润志 中国科学院动物研究所)