

玉米螟赤眼蜂对不同分布方式 米蛾卵的寄生研究

王慧贤¹, 张 焱², 朱文雅², 郭瑞峰³

(1. 山西农业大学, 山西 太原 030031; 2. 山西农业大学植物保护学院, 山西 太原 030031;
3. 山西农业大学高粱研究所, 山西 晋中 030600)

摘要: 玉米螟赤眼蜂是一种优良的卵寄生性天敌, 寄主卵的分布方式会影响赤眼蜂的寄生偏好。为了明确寄主卵不同空间格局及排列方式对赤眼蜂寄生偏好的影响, 分别模拟了米蛾卵在顶、侧、底分布以及新旧米蛾卵以镶嵌或间隔排列时玉米螟赤眼蜂对其的寄生情况。结果发现, 玉米螟赤眼蜂在搜索寄主过程中会优先选择临近位置的卵粒开始寄生, 且当出蜂位置和寄主卵位置同时位于接种区顶部或底部时, 该区域卵的寄生率相对较高, 为 49.42%、68.58%; 新旧卵镶嵌排列时, 新卵区的寄生卵分布比例相对更高, 分别为 57.31%、60.26%, 但左右排列和间隔排列时, 旧卵区的寄生卵分布比例相对较高, 分别为 48.21%、48.36%。寄主卵的空间分布和排列方式均能不同程度影响玉米螟赤眼蜂的寄生行为, 因此, 接蜂时宜将卵卡放置在接种区顶端向下, 接蜂位置临近卵卡位置最佳; 将新、旧卵以左右排列时, 可提高旧卵在混用时的寄生比例。

关键词: 赤眼蜂; 米蛾卵; 分布方式; 寄生差异

中图分类号: Q968.1; S476 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2024)09-0859-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.09.015

Study on the Parasitism of *Trichogramma ostrinae* on Rice Moth Eggs with Different Distribution Patterns

WANG Huixian¹, ZHANG Ye², ZHU Wenya², GUO Ruifeng³

(1. Shanxi Agricultural University, Taiyuan Shanxi 030031, China; 2. College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Taiyuan Shanxi 030031, China; 3. Institute of Sorghum, Shanxi Agricultural University, Jinzhong Shanxi 030600, China)

Abstract: The *Trichogramma ostrinae*, an excellent egg parasitoid of the Asian corn borer, exhibits preference in parasitism influenced by the distribution patterns of host eggs. To clarify the impact of different spatial patterns and arrangements of host eggs on the parasitism preferences of *T. ostrinae*, this study compared the parasitism behavior of *T. ostrinae* on rice moth eggs positioned at the top, side, and bottom, as well as the differences in parasitism when fresh and old rice moth eggs were arranged in mosaic or spaced patterns. Results showed that *T. ostrinae* would tend to initiate parasitism on eggs located nearby during host searching. Moreover, when the emergence point of the parasitoid and the position of host eggs were both at the top or bottom of the inoculation area, the parasitism rates were relatively higher, at 49.42% and 68.58%, respectively. In the mosaic arrangement of fresh and old eggs, the proportion of parasitized eggs was higher in the fresh egg zone, with percentages of 57.31% and 60.26%, respectively. However, in lateral or spaced arrangements, the proportion of parasitized eggs was higher in the old egg zone, at 48.21% and 48.36%, respectively. This study demonstrates that both the spatial distribution and arrangement of host eggs can influence the parasitism behavior of *T. ostrinae* to varying degrees. Optimal parasitism occurs when egg cards are placed top-down in the inoculation area, with the emergence point of the parasitoid positioned adjacent to the egg card. Lateral arrangement of fresh and old eggs can enhance the parasitism ratio of old eggs when mixed.

Key words: *Trichogramma*; *Corcyra cephalonica* egg; Distribution pattern; Parasitism difference

玉米螟赤眼蜂(*Trichogramma ostrinae*)为膜翅目赤眼蜂科赤眼蜂属, 是一种优良的卵寄生性天敌昆虫, 已被广泛应用于亚洲玉米螟[*Ostrinia fur-*

nacalis(Guenée)]的生物防治且防控效果显著^[1-3]。赤眼蜂在田间的控害作用主要是通过淹没式释放来实现的, 这也就意味着释放前需要合适的替代

收稿日期: 2024-05-23; 修订日期: 2024-06-18

基金项目: 山西省科技重大专项计划“揭榜挂帅”项目(202101140601026-6-2)。

作者简介: 王慧贤(1983—), 女, 山西稷山人, 助理研究员, 研究方向为作物病虫害绿色防控。Email: wanghuixian0422@126.com。

通信作者: 郭瑞峰(1984—), 男, 山西临县人, 副研究员, 研究方向为有害生物综合治理。Email: zbsguorf@126.com。

寄主来进行规模化的人工繁育^[4-6]。米蛾[*Corcyra cephalonica*(Stainton)]是一种常见的仓储害虫, 饲养方便且卵粒干净易获取, 因此常被用作赤眼蜂室内繁育的优良中间寄主^[7-8]。

赤眼蜂对寄主卵的成功搜寻和寄生是其繁育后代的关键所在。当赤眼蜂发现适宜的寄主昆虫时会将卵产在寄主卵内, 其子代将在寄主卵这个封闭的环境里完成整个发育过程。但在自然环境下, 由于寄主昆虫对不同作物或同种作物不同部位的取食存在偏好, 其产卵行为也会因作物种类或者作物部位不同而表现出一定的趋性差异^[9]。例如, 棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)夏季会选择在棉花上产卵, 而秋季则更加偏好在夏玉米的花丝以及雌穗位上的叶片和叶鞘部位产卵^[10]; 梨木虱(*Psylla chinensis*)在春季会将卵产于花柄和幼叶, 冬季则多产于顶芽^[11]; 草地贪夜蛾[*Spodoptera frugiperda*(J. E. Smith)]卵块虽集中分布在玉米植株中部, 但在小喇叭口期和吐丝期分别位于叶片正面和背面^[12]; 绿盲蝽越冬代卵在山东烟台多产于顶花芽鳞片内^[13], 但在河北衡水则偏好产卵于果树枝茎、皮缝或卵穴中^[14]。寄主卵在作物上的附着位置不同, 赤眼蜂在搜寻和寄生时的难易程度也会存在差异。

米蛾卵作为赤眼蜂室内繁育的替代寄主, 蜂卵通常会被人为控制在一个相对狭小且封闭的空间内, 借此提高二者相遇的概率以减少搜寻时间。此外, 鉴于寄主卵是赤眼蜂子代生长所需营养物质的唯一来源, 前人关于寄生适合度的相关研究也集中在寄主卵种类、大小、卵壳结构、卵内营养物质、卵发育程度等因素上^[15-16], 往往忽略了由于寄主卵空间分布及排列方式不同给赤眼蜂寄生所带来的影响。为此, 本研究模拟了玉米螟赤眼蜂对米蛾卵不同分布空间, 以及新旧米蛾卵以镶嵌或间隔排列时的寄生情况差异, 明确了寄主

卵不同空间格局及排列方式对赤眼蜂寄生偏好的影响, 以期为赤眼蜂的室内繁育和田间控害提供技术支持和理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试虫源 供试玉米螟赤眼蜂采自山西省忻州市玉米地玉米螟卵, 以米蛾卵为寄主繁育多代, 建立稳定的室内饲养种群。饲养条件均为温度 25 ℃、相对湿度 75%、光周期为 15 (光照): 9 (黑暗)。

1.1.2 供试寄主 以麦麸为主, 混配大豆面、玉米面和小麦面饲养米蛾, 获取新鲜米蛾卵并将其均匀地散布于托盘上, 用紫外灯照射以杀死卵内胚胎, 后用于玉米螟赤眼蜂的繁育。

1.2 试验方法

1.2.1 寄主卵不同空间对玉米螟赤眼蜂寄生的影响 将灭活后的新鲜米蛾卵均匀撒在涂有白乳胶的卡纸上, 各卵粒间无堆砌和重叠, 保证 200 粒卵 / 卡。待其晾干后分别粘于两端开口的圆柱形管口中心位置(将卡纸粘有米蛾卵的一侧朝向管内以封住管口)及内壁中间位置(卵卡粘于内壁且与管口两端等距)模拟寄生卵的 3 种分布方式。圆柱形管尺寸为口径 5.50 cm, 管高 20.00 cm。选择待羽化出蜂的寄生黑卵 8~10 粒分别粘于上述卵卡相邻位置后完全封口, 将该圆柱形管垂直放置于温度为 25 ℃、湿度为 75%、黑暗条件下寄生 48 h, 后去掉黑卵及已孵化雌蜂并于温度为 25 ℃、湿度为 75%、光周期为 15(光照): 9(黑暗)条件下培养至卵卡上寄生卵完全变黑, 镜检记录圆管顶端、侧壁及底部黑卵数。每处理 3 次重复。

1.2.2 新旧卵不同排列方式对玉米螟赤眼蜂寄生的影响 将灭活后的新、旧(与新卵间隔 14 d)米蛾卵按图 1 所示制备成卵卡, 保证 500 粒卵 / 卡。挑取 24 h 内已交尾的玉米螟赤眼蜂雌蜂接入至顶端

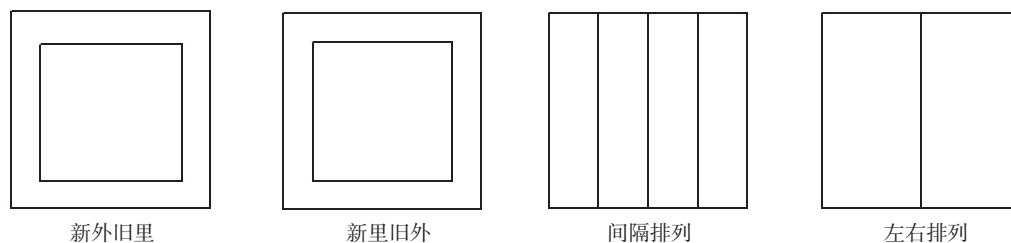


图 1 新旧米蛾卵排列方式

开口、四周及底部避光的长方体盒(长×高×宽=15.0 cm×4.5 cm×10.0 cm),并用上述卵卡封住顶端开口,于温度25℃、湿度75%、黑暗条件下寄生24 h。后去掉雌蜂,并于温度为25℃、湿度为75%、光周期为15(光照):9(黑暗)条件下继续培养至卵卡上寄生卵完全变黑,镜检记录新、旧卵区域黑卵数。每处理4个重复。

寄生卵分布比例=(单一位点黑卵数/各位点总黑卵数)×100%

1.3 数据统计与分析

采用SPSS 20.0软件对数据进行统计分析。采用单因素方差分析对不同空间格局下寄生卵分布比例进行差异分析,数据分析前先进行反正弦转换;采用卡方检验对不同排列方式下新旧卵寄生比例进行差异分析。

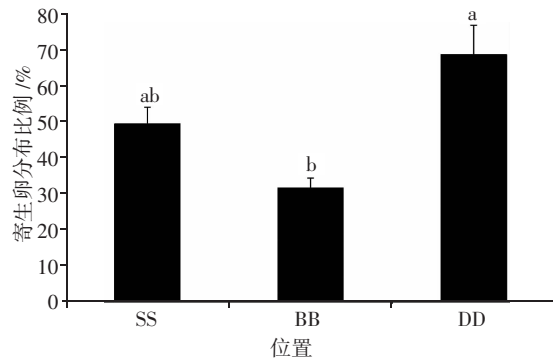
2 结果与分析

2.1 寄主卵不同空间格局对玉米螟赤眼蜂寄生情况的影响

由表1可知,当羽化出蜂位置处于顶部时,顶部、垂直壁和底部的寄生卵分布比例均差异显著($F=15.73, P<0.05$),且寄生卵的比例在空间上表现为顶部>垂直壁>底部;当出蜂位置处于垂直壁时,顶部和垂直壁的寄生卵分布比例差异不显著,但与底部差异显著($F=11.34, P<0.05$),且寄生卵在顶部和垂直壁的比例均大于底部。当出蜂位置处于底部时,顶部和垂直壁的寄生卵分布比例差异不显著,但与底部差异显著($F=21.91, P<0.05$),且寄生卵在顶部和垂直壁的比例均小于底部。

当出蜂位置紧邻寄主卵位置时,顶部的寄生卵分布比例平均数为49.42%,与垂直壁和底部差

异均不显著;底部的寄生卵分布比例显著高于垂直壁,其平均数为68.58% ($F=10.75, P<0.05$) (图2)。表明寄主卵的空间分布会影响其寄生情况,赤眼蜂羽化后会优先选择临近位置的寄主卵,且对顶部和底部分布的卵粒有一定的偏好性。

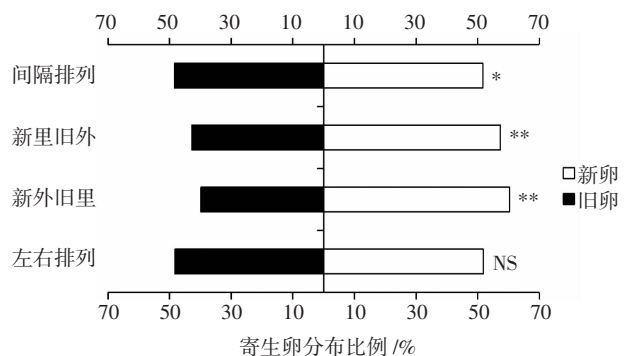


(S、B、D 分别代表顶部、垂直壁、底部, 紧邻两个字母的首字母代表出蜂位置, 次字母表示寄主卵位置)

图2 出蜂位置紧邻寄主卵位置时不同空间格局下的寄生卵分布比例

2.2 新旧卵不同排列方式对玉米螟赤眼蜂寄生情况的影响

由图3可知,排列方式不同,寄生卵在新卵或旧卵区的分布比例差异均不显著($\chi^2=30.49$)。新卵在新外旧里和新里旧外两种排列方式下的寄生卵分布比例相对更高,为60.26%和57.31%;旧卵在左右排列和间隔排列时寄生卵分布比例相对较高,为48.21%和48.36%。当排列方式为新外旧里、新里旧外、间隔排列时,新卵区的寄生卵分布比例均显著高于旧卵区($\chi^2_{\text{新外旧里}}=115.36, P<0.05$; $\chi^2_{\text{新里旧外}}=61.99, P<0.05$; $\chi^2_{\text{间隔排列}}=4.06, P<0.05$);当左右排列时,新旧卵区的寄生卵分布比例差异不明显($\chi^2_{\text{左右排列}}=2.15, P<0.05$)。表明4种排列



(* 和 ** 分别表示紧邻图柱所代表数据在0.05和0.01水平上的差异显著性, NS表示差异不显著)

图3 同一排列方式下新、旧卵分布比例

表1 不同出蜂位置 and 不同寄主卵位置下寄生卵的分布

出蜂位置	寄主卵位置	寄生卵分布情况			
		平均数	95%置信区间	极小值	极大值
顶部	顶部	1.00±0.09 a	0.60~1.40	0.89	1.18
	垂直壁	0.66±0.05 b	0.44~0.88	0.58	0.75
	底部	0.33±0.10 c	-0.12~0.77	0.17	0.52
垂直壁	顶部	0.93±0.05 a	0.70~1.16	0.84	1.02
	垂直壁	1.00±0.09 a	0.61~1.39	0.84	1.15
	底部	0.49±0.10 b	0.06~0.91	0.32	0.66
底部	顶部	0.31±0.04 b	0.12~0.50	0.22	0.36
	垂直壁	0.52±0.03 b	0.39~0.66	0.47	0.57
	底部	1.00±0.12 a	0.49~1.51	0.78	1.19

方式下, 赤眼蜂多选择寄生新卵, 但当新卵、旧卵以相对简单的方式分布时, 如左右排列, 赤眼蜂对新卵的寄生偏好会被削弱。

3 讨论与结论

寄生蜂对寄主的搜索过程可分为寄主群落定位 - 寄主微生境定位 - 微生境接受 - 寄主定位 - 寄主接受等 5 个步骤^[17]。有研究发现, 寄生蜂在寄主栖息地定位、寄主定位和寄主适宜性检测等连续的行为过程中具有对植物、寄主等气味的联系性学习能力^[18-19]。在这种学习经历的加持下, 寄生蜂对寄主的搜寻效率也会极大提升。为了躲避天敌免于被寄生, 寄主昆虫在产卵选择上也衍生出一系列生存对策, 例如将卵产在靶标作物的隐蔽位置, 或根据作物的生长期适时调整产卵部位, 再转移作物产卵。由于寄主产卵趋性不同, 卵粒也会因为所在附着面的着生部位和延展方向呈现不同的空间分布型。

本研究将米蛾卵分别置于圆筒底部、垂直壁和顶端, 模拟寄主卵最简单的 3 种分布方式, 结果发现, 玉米螟赤眼蜂均会优先寄生与自己所处位置相对更近的米蛾卵, 且当出蜂位置、寄主卵位置同时位于接种区顶部或底部时, 该区域卵的寄生率相对较高, 为 49.42%、68.58%; 新旧卵镶嵌排列时, 新卵区的寄生卵分布比例相对更高, 为 57.31% 和 60.26%, 但左右排列和间隔排列时, 旧卵区的寄生卵分布比例相对较高, 为 48.21% 和 48.36%。这主要是因为本试验中出蜂位置毗邻寄主卵, 且米蛾卵本为玉米螟赤眼蜂的优良繁育寄主, 故赤眼蜂无需经历寄主群落定位、寄主微生境定位和接受的学习过程, 而只需要感受来自寄主的非条件性刺激, 从而表现出对临近卵粒的偏好。Vet 等^[20]的研究也表明, 学习经历对寄主定位和接受过程的影响作用相对较弱。此外, 结果还发现, 在出蜂位置毗邻寄主卵的情况下, 顶端卵粒的寄生比例相对高于侧壁。考虑到本试验是在完全避光的环境下进行, 可排除外界光源对其寄生行为的影响, 推测其向上性行为造成了这种差异。赤眼蜂在觅食、交配和寄生等行为过程中会表现出明显的向上性, 这种特性有助于其在自然环境中避开地面障碍物并在植被层中找到寄主卵^[21]。

寄生蜂主要是通过寄主及其周边环境中的嗅觉和视觉刺激来定位并搜索寄主, 这些刺激包括化学刺激(如植物和昆虫的挥发物)和物理刺激(如植物和昆虫的色泽与形状)。学习是寄生蜂的一种普遍特征, 这种能力使其能在复杂多变的生存环境中高效识别各种有效信息, 且寄生蜂对过往经历中的环境和行为存在一定的记忆和学习行为^[22-23]。本研究将新、旧米蛾卵以不同方式聚集排列, 并观察玉米螟赤眼蜂对卵粒的寄生情况, 结果发现, 相较于镶嵌排列时的旧卵区, 左右排列和间隔排列时旧卵的被寄生数量相对更高, 且当左右排列时, 赤眼蜂对新卵的选择偏好被削弱, 新、旧卵区的寄生情况无显著差异。这主要是因为, 镶嵌排列时中心方形区域卵粒相对集中, 而新、旧卵以左右和间隔排列时各区域的分布则显得更为平均, 这会导致不同区域间卵粒所释放气味更易混杂在一起, 影响赤眼蜂对该化学信号的学习和记忆效率, 从而干扰其对不同状态米蛾卵寄生适合度的判断, 使得旧卵的寄生比例在一定程度上得到提升。

综上, 寄主卵的空间分布和排列方式均能不同程度影响玉米螟赤眼蜂的寄生行为。而赤眼蜂具有较强的向上性和趋光性, 故建议实际操作时将卵卡放置在接种区顶端向下, 出蜂位置临近卵卡位置为宜。此外, 为了提高旧卵在混用时的利用率, 尽量将新卵、旧卵以简单的方式排列。本试验中, 通过新旧卵左右排列, 可提高旧卵在混用时的寄生比例, 可有效提高旧卵的寄生效率达 11% 左右, 但该结果仅表明此排列方式下赤眼蜂对旧卵选择偏好的增强, 并不能佐证旧卵寄生适合度的提升, 后续研究还需对旧卵育出蜂的生命力、繁殖力和寄生能力进行探讨。

参考文献:

- [1] MYINT Y Y, BAI S, ZHANG T, et al. Molecular and morphological identification of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from Asian corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in Myanmar[J]. Journal of Economic Entomology, 2021, 114(1): 40-49.
- [2] WANG Z Y, HE K L, ZHANG F, et al. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China[J]. Biological Control, 2014, 68(1): 136-144.

- [3] 牛晓芸. 基于西部地区园艺植物常见病虫害特点的生物防治措施[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(2): 188-193.
- [4] BALLAL C R, GHOSH, E. Diapause induction and termination in Indian strains of *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)[J]. The Canadian Entomologist, 2017, 149(5): 607-615.
- [5] HAQUE A, ISLAM A, BARI, A, et al. Cold storage-mediated rearing of *trichogramma evanescens* westwood on eggs of *Plodia interpunctella* (Hübner) and *Galleria mellonella* L.[J]. PLoS One, 2021, 16(6): e0253287.
- [6] 张美娇, 周昭旭. 耐低湿松毛虫赤眼蜂对苹果蠹蛾卵的寄生能力及适应性[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(10): 947-951.
- [7] ADOM M, DATINON B, TOUNOU A, et al. Suitability of three Lepidopteran host species for mass-rearing the egg parasitoid *Trichogrammatoidea eldanae* Viggiani (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for biological control of cereal stemborers[J]. International Journal of Tropical Insect Science, 2021, 41: 295-302.
- [8] ALASADY M, OMAR D, IBRAHIM R, et al. Life table of the green lacewing *Apertochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) reared on rice moth *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae)[J]. International Journal of Agriculture and Biology, 2010, 12(2): 266-270.
- [9] 董子舒, 张玉静, 段云博, 等. 植食性昆虫产卵寄主选择影响因素及机制的研究进展[J]. 南方农业学报, 2017, 48(5): 837-843.
- [10] 王振营, 何康来, 文丽萍, 等. 第四代棉铃虫卵在华北夏玉米田的时空分布[J]. 中国农业科学, 2001, 34(2): 153-156.
- [11] 赵龙龙, 张未仲, 胡增丽, 等. 各型中国梨木虱在梨树不同部位的产卵特点[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 201-204.
- [12] 黄建荣, 刘彬, 田彩红, 等. 草地贪夜蛾卵块在玉米植株上的空间分布[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 218-221.
- [13] 苏恒, 李国平, 孙小旭, 等. 绿盲蝽越冬卵在苹果园中的空间分布型及抽样技术[J]. 植物保护, 2022, 48(5): 298-303.
- [14] 李俊奎, 郑义. 绿盲椿象在苹果园的发生与防治[J]. 山西果树, 2005(3): 50.
- [15] LEGAULT S, HEBERT C, BERTHIAUME R, et al. Effects of seasonal variation in host quality and availability on parasitism by the egg parasitoid *Telenomus colradensis*[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2013, 148(2): 142-151.
- [16] PIZZOL J, DESNEUX N, WAJNBERG E, et al. Parasitoid and host egg ages have independent impact on various biological traits in a *Trichogramma* species[J]. Journal of Pest Science, 2012, 85(4): 489-496.
- [17] 刘树生, 江丽辉, 李月红. 寄生蜂成虫在寄主搜索过程中的学习行为[J]. 昆虫学报, 2003(2): 228-236.
- [18] GODFRAY H C J, HUNTER M S. Heteronomous hyperparasitoids, sex ratios and adaptations: a reply[J]. Ecological Entomology, 1994, 19(1): 93-95.
- [19] MEINERS T, WACKERS F, LEWIS W J. Associative learning of complex odours in parasitoid host location[J]. Chemical Senses, 2003, 28(3): 231-236.
- [20] VET L E M, LEWIS W J, CARDE R T. Chemical ecology of insects 2 [M]. Boston: Springer, 1995.
- [21] ALI A, WRIGHT M. Behavioral response of *Trichogramma papilionis* to host eggs, host plants, and induced volatile plant cues[J]. Biological Control, 2020, 149: 104323.
- [22] VET L, DICKE M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context[J]. Annual Review of Entomology, 1992, 37: 141-172.
- [23] STEINBERG S, DICKE M, VET L E M. Relative importance of infochemicals from first and second trophic level in long-range host location by the larval parasitoid *Cotesia glomerata*[J]. Journal of Chemical Ecology, 1993, 19: 47-59.