



陆明星, 朱晨旭, 朱凤, 李秋雨, 杭三保, 杜予州. 水稻大螟越冬幼虫寄生蜂种类调查与主要寄生蜂越冬动态分析 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (4): 808–814.

## 水稻大螟越冬幼虫寄生蜂种类调查与 主要寄生蜂越冬动态分析

陆明星<sup>1</sup>, 朱晨旭<sup>1</sup>, 朱凤<sup>2</sup>, 李秋雨<sup>1</sup>, 杭三保<sup>1</sup>, 杜予州<sup>\*</sup>

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏扬州 225009; 2. 江苏省植物保护植物检疫站, 南京 210036)

**摘要:** 大螟 *Sesamia inferens* (Walker) 是水稻上一种重要的钻蛀性害虫, 其寄主范围广, 近年来为害加重。由于长期以来对大螟的防治采取兼治策略, 大螟已经对多种农药产生了抗性。因此, 掌握水稻大螟生物防治资源有重要的应用意义。本研究报道了江苏扬州地区水稻大螟越冬幼虫体内仅有两种寄生蜂, 分别是中华茧蜂 *Amyosoma chinensis* 和螟黄足盘绒茧蜂 *Cotesia flavipes*, 其中螟黄足盘绒茧蜂是优势种群。通过近三年的系统调查发现: 在自然界中螟黄足盘绒茧蜂在大螟越冬幼虫体内的寄生率呈现动态变化, 最高寄生率达 33.33%, 并且不同年份之间有差异。螟黄足盘绒茧蜂最短出茧时间仅为 5.0 d, 最长不超过 14.0 d。除了 12 月份至次年 1 月份采集的螟黄足盘绒茧蜂外, 其它时间点采集到的螟黄足盘绒茧蜂的羽化率高达 75% 以上。该研究结果为利用螟黄足盘绒茧蜂防治大螟提供了研究基础。

**关键词:** 大螟; 中华茧蜂; 螟黄足盘绒茧蜂; 寄生率; 越冬动态; 生物防治

**中图分类号:** Q968.1; S433; S476 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-0858 (2022) 04-0808-07

### Investigation on the species of parasitic wasps in the overwintering larvae of *Sesamia inferens* (Walker) and analysis of the overwintering dynamics of the key parasitic wasps

LU Ming-Xing<sup>1</sup>, ZHU Chen-Xu<sup>1</sup>, ZHU Feng<sup>2</sup>, LI Qiu-Yu<sup>1</sup>, HANG San-Bao<sup>1</sup>, DU Yu-Zhou<sup>1\*</sup>  
(1. School of Horticulture and Plant Protection, Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China; 2. Jiangsu Plant Protection and Plant Quarantine Station, Nanjing 210036, China)

**Abstract:** *Sesamia inferens* (Walker) is an important borer pest on rice with a wide range of hosts, and its damage has been aggravated in recent years. Now, *S. inferens* has developed resistance to a variety of pesticides due to the long-term prevention and treatment strategy. Therefore, it is of important application significance to master the biological control resources of *S. inferens*. This study reported that there were only two parasitic wasps in the overwintering larvae of *S. inferens* in Yangzhou, Jiangsu—*Amyosoma chinensis* and *Cotesia flavipes*, and the latter was the dominant parasitic species. Through the systematic investigation of the past three years, it was found that the parasitism rate of *C. flavipes* in nature in the overwintering larvae of *S. inferens* showed a dynamic change, and the highest parasitism rate could reach

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0201000); “六大人才高峰”高层次人才项目 (NY-088); 江苏省第五期“333工程”项目 (BRA2019314); 扬州大学自制实验仪器项目 (zzyq202020)

作者简介: 陆明星, 男, 博士, 副教授, 研究方向为昆虫种群演变规律及综合治理, E-mail: lumx@yzu.edu.cn

\* 通讯作者 Author for correspondence: 杜予州, 男, 博士, 教授, 研究方向为昆虫系统学及资源昆虫利用, E-mail: yzdu@yzu.edu.cn

收稿日期 Received: 2021-04-09; 接受日期 Accepted: 2021-06-06

33.33%。Also, there were differences between different years. The shortest time to emerge from the cocoon was only 5 days, and the longest did not exceed 14 days. Except for the *C. flavipes* collected from December to January of the following year, the emergence rate of *C. flavipes* collected at other time could reach to 75% or even higher. The results of this study provided a research basis for the use of *C. flavipes* to prevent the occurrence of *S. inferens*.

**Key words:** *Sesamia inferens*; *Amyosoma chinensis*; *Cotesia flavipes*; parasitic rate; overwintering dynamic; biological control

大螟 *Sesamia inferens* (Walker) 又称紫螟, 是水稻上一种重要的钻蛀性害虫。大螟原先是水稻上的次要害虫, 它的为害严重程度要远远低于二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 和三化螟 *Tryporyza incertulas* (Walker), 因此, 以往对于大螟的关注程度较低。然而近年来随着水稻栽培种植制度改变、全球变暖, 水稻田内大螟种群数量不断上升, 特别是在江苏沿江、沿海和苏南局部地区发生危害逐年加重, 同时也发现大螟的为害从稻田周边向中心扩散 (李洪山等, 2002; 徐丽娜等, 2011; Su *et al.*, 2014; 吕亮等, 2018)。由于长期使用化学农药, 尤其对于大螟的防治一直采用兼治的策略, 在防治二化螟、三化螟、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 等时往往会对大螟产生一定的选择压力。因此, 大螟对多种常用农药产生了抗性, 例如, 大螟对稻丰散、杀虫单和三唑磷产生了一定的抗药性 (张海艳等, 2012; 赵钧等, 2016)。随着我国经济的不断发展和人民生活水平的不断提高, 大家逐渐开始重视稻米农药残留的问题。加之国家对生态安全愈发重视, 随着“双减”指导思想的提出, 标志着我国将大力发展绿色农业, 维护生态安全, 其中生物防治也不断得到大家的重视 (陈学新, 2010)。

寄生蜂是稻田的主要天敌类群之一, 对田间害虫具有一定的控制能力, 例如, 在自然条件下水稻二化螟的寄生蜂完全可以控制二化螟田间种群 (潘丹丹等, 2016)。目前已经在自然界中发现 200 余种水稻钻蛀性螟虫寄生性天敌, 这些天敌主要隶属于赤眼蜂科、姬蜂科、茧蜂科等, 同时这些寄生性天敌可寄生钻蛀性螟虫的各个生长发育阶段 (程家安, 1996; 何俊华, 2004)。尽管近年来大螟的种群数量在上升, 但是, 对于田间大螟寄生蜂种类及发生动态的研究甚少。例如, 何俊

华 (1984) 年发现大螟可以被 12 种姬蜂科的寄生蜂寄生, 分别为满点黑瘤姬蜂 *Coccygomimus aethiops* (Curtis)、螟蛉瘤姬蜂 *Itoplectis naranyae* (Ashmead)、无斑黑点瘤姬蜂 *Xanthopimpla flavolineata* Cameron、广黑点瘤姬蜂 *Xanthopimpla punctata* Fabricius、螟黑点瘤姬蜂 *Xanthopimpla stemmator* Thunberg、三化螟沟姬蜂 *Amauromorpha accepta schoenobii* (Viereck)、横带驼姬蜂 *Goryphus basilaris* Holmgren、中华钝唇姬蜂 *Eriborus sinicus* (Holmgren)、大螟钝唇姬蜂 *Eriborus terebrans* (Gravenhorst)、螟黄抱缘姬蜂 *Temelucha biguttula* (Munakata)、大螟细颖姬蜂 *Enicospilus sakaguchii* (Matsumura & Uchida) 和粘虫白星姬蜂 *Vulgichneumon leucaniae* Uchida。因此, 为将来能在田间利用寄生蜂控制大螟, 对田间大螟的寄生蜂种类、优势种群以及其发生动态进行系统的研究有重要意义。此外, 冬季寒冷的天气无疑是包括寄生蜂在内所有昆虫必须面临的难题, 寄生蜂是否能够安全度过冬季是其能否形成稳定有效的当地种群的決定因素。因此, 寄生蜂冬季调查对后续田间应用具有重要的指导意义。为了分析水稻大螟寄生蜂的潜在控害能力, 为大螟生物防治提供资源选择, 本研究近年来对江苏水稻田中大螟寄生蜂的种类及优势种的越冬特性等进行了系统调查与研究分析。

## 1 材料与方法

### 1.1 水稻大螟越冬幼虫寄生蜂种类调查

2017-2019 年间到扬州大学实验田、扬州市甘泉镇六里村和月塘镇 (32°39'N, 119°42'E) 稻田中进行调查。具体方法如下: 从田间采集水稻大螟越冬幼虫带回实验室放置在茭白上在实验室

条件下 ( $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $\text{RH}75\% \pm 10\%$ ) 进行饲养观察, 确认是否被寄生, 待水稻大螟寄生蜂羽化成成虫收集与保存。根据《浙江蜂类志》对所收集的寄生蜂种类进行鉴定(何俊华, 2004), 如遇到不能确定种的寄生蜂送至浙江大学应用昆虫研究所进行鉴定确认。以上所有采集到的寄生蜂标本都进行拍照留存。

### 1.2 水稻大螟越冬幼虫主要寄生蜂寄生动态分析

在实验室条件下 ( $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $\text{RH}75\% \pm 10\%$ ) 将在 2017–2019 年间水稻大螟越冬期间系统的从田间采集到的大螟越冬幼虫放置在茭白上进行饲养观察, 每天观察大螟体内寄生蜂的寄生情况并作记录, 待寄生蜂羽化收集与保存寄生蜂, 以便后续鉴定, 鉴定方法同上。

### 1.3 水稻大螟越冬幼虫主要寄生蜂越冬特征研究

2017–2019 年间大螟幼虫越冬期间, 定期将采集到的大螟幼虫以茭白进行饲养, 并将其放置在  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $\text{RH}75\% \pm 10\%$ ,  $L:D = 16:8$  的条件下每天观察, 并记录大螟的化蛹头数、被寄生头数以及死亡头数。具体实验步骤如下: 挑出被寄生的大螟越冬幼虫, 将所得到的寄生蜂茧单独放在试管中, 记录相关数据。

### 1.4 不同采集时间对主要寄生蜂后续发育的影响

每天分别观察上述已出茧的主要寄生蜂直至其羽化死亡后统计其羽化和未羽化情况, 记录每次采集的相关数据, 寄生蜂样本用 75% 乙醇保存用于后续的鉴定, 鉴定方法同上。

## 2 结果与分析

### 2.1 水稻大螟越冬幼虫寄生蜂种类调查

通过近 3 年大螟越冬幼虫体内寄生蜂种类系统的调查仅发现 2 种大螟幼虫寄生蜂分别是中华茧蜂 *Amyosoma chinensis* 和螟黄足盘绒茧蜂 *Cotesia flavipes*, 其中, 中华茧蜂为单寄生蜂在大螟越冬幼虫上的寄生率极低。螟黄足盘绒茧蜂是大螟越冬幼虫体内优势寄生蜂, 属于聚寄生蜂。螟黄足盘绒茧蜂和二化螟优势寄生蜂二化螟盘绒茧蜂 *Cotesia chilonis* 在形态上很相似, 主要区别在于螟黄足盘绒茧蜂螟腹部第一背板呈梯形, 并具有皱纹; 成虫足黄色, 爪黑色(图 1)。

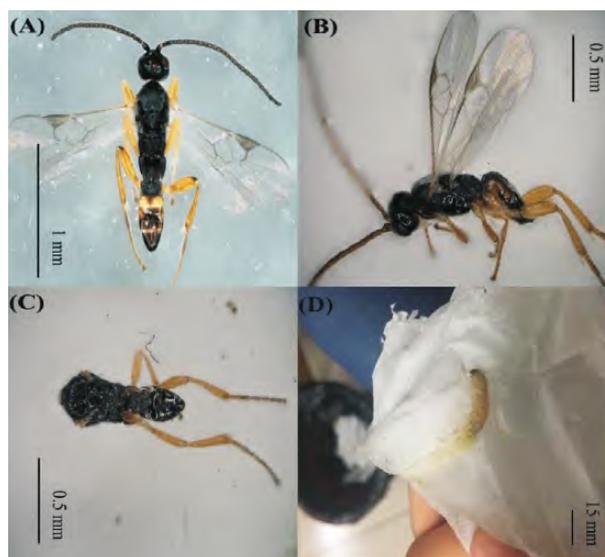


图 1 螟黄足盘绒茧蜂的形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of *Cotesia flavipes*  
注: (A), 螟黄足盘绒茧蜂背面观; (B), 螟黄足盘绒茧蜂侧面观; (C), 螟黄足盘绒茧蜂背面特征; (D), 螟黄足盘绒茧 3 龄幼虫啣出图。Note: (A), Dorsal view of *C. flavipes*; (B), Side view of *C. flavipes*; (C), Back morphological characteristics of *C. flavipes*; (D), The 3<sup>rd</sup> instar larvae of *C. flavipes* bit out from *Sesamia inferens*.

### 2.2 大螟越冬幼虫体内螟黄足盘绒茧蜂寄生动态分析

在 2017–2018 年和 2018–2019 年分别对水稻大螟越冬期间, 对水稻大螟越冬幼虫体内螟黄足盘绒茧蜂寄生情况进行了系统研究, 结果表明: 2017–2018 年间和 2018–2019 年间水稻大螟越冬幼虫体内螟黄足盘绒茧蜂的寄生动态有所不同(图 2)。在 2017–2018 年间, 螟黄足盘绒茧蜂的最高寄生率是在 2017 年 12 月 5 日, 高达 33.33%。除了 4 个采集时间点未发现大螟体内具有螟黄足盘绒茧蜂以外, 螟黄足盘绒茧蜂的寄生率在 2.70%~33.33% 之间进行波动。此外, 在 2018 年 3 月 26 日时, 18.75% 大螟越冬幼虫体内仍然发现螟黄足盘绒茧蜂(图 2-A)。然而, 在 2018–2019 年间, 除了 4 个采集时间点未发现大螟体内具有螟黄足盘绒茧蜂以外, 螟黄足盘绒茧蜂的寄生率在 2.86%~18.18% 之间进行波动。螟黄足盘绒茧蜂的最高寄生率是在 2018 年 12 月 3 日, 高达 18.18%。此外, 在 2019 年 3 月 5 日时 14.29% 大螟越冬幼虫体内仍然发现螟黄足盘绒茧蜂(图 2-B)。

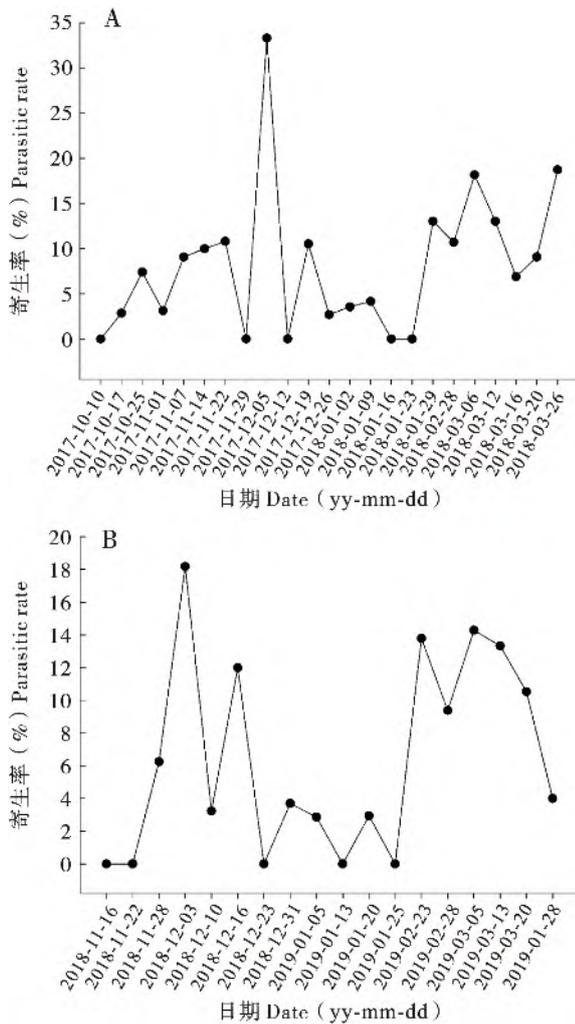


图2 螟黄足盘绒茧蜂对水稻大螟越冬幼虫的寄生率  
Fig. 2 Parasitic rates of *Cotesia flavipes* in the overwintering larvae of *Sesamia inferens*

### 2.3 大螟越冬幼虫体内螟黄足盘绒茧蜂越冬特征分析

尽管在2017-2018年和2018-2019年不同时间采集的水稻大螟越冬幼虫体内螟黄足盘绒茧蜂出茧时间有所不同,但是总体的趋势一致(图3)。2017-2018年系统调查发现:螟黄足盘绒茧蜂最短出茧时间5.0 d,最长则需要13.0 d,相差8 d;2018-2019年系统调查发现:螟黄足盘绒茧蜂最短出茧时间5.0 d,最长则需要12.0 d,相差7 d。总体来说,3年系统观察发现,在所有调查采集的大螟越冬幼虫体内螟黄足盘绒茧蜂出茧时间并无明显的不同,并且,螟黄足盘绒茧蜂所需要的出茧时间和田间环境温度有相当高的关联性。因此,在扬州地区螟黄足盘绒茧蜂不存在滞育现象,它们在大螟体内休眠越冬。

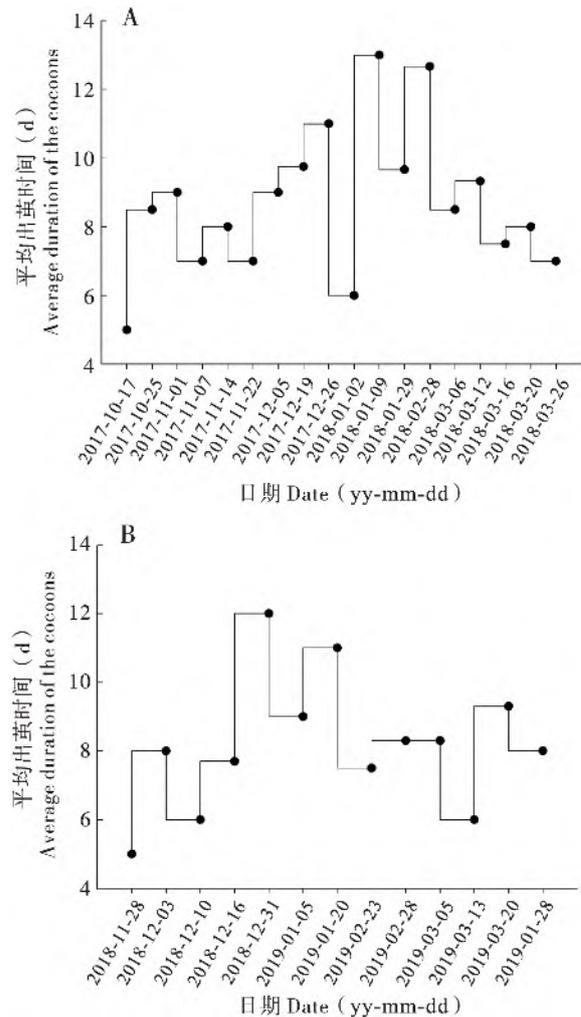


图3 水稻大螟越冬幼虫体内螟黄足盘绒茧蜂平均出茧时间  
Fig. 3 Average durations of the cocoons of *Cotesia flavipes* emerged from the overwintering larvae of *Sesamia inferens*

### 2.4 不同采集时间对螟黄足盘绒茧蜂后续发育的影响

将2017-2018年和2018-2019年不同时间采集的水稻大螟越冬幼虫置于正常生长发育温度下系统观察螟黄足盘绒茧蜂的生长发育情况发现,被寄生的大螟体内螟黄足盘绒茧蜂可以进一步生长发育,并且所有从大螟体内啣出的螟黄足盘绒茧蜂3龄幼虫都可以进一步结茧。然而,在同一时间点采集到的被寄生的大螟,其体内螟黄足盘绒茧蜂啣出出茧的时间有很大的不同。2017年12月5日螟黄足盘绒茧蜂最短出茧时间是5 d,而最长出茧时间达到13 d;2019年3月20日螟黄足盘绒茧蜂最短出茧时间是6 d,而最长出茧时间达到14 d(图4)。进一步观察这些茧的羽化情况可以发现:在12月份至次年1月份采集到的大螟越

冬幼虫体内的螟黄足盘绒茧蜂羽化率较低，尤其在2019年1月5日共发现螟黄足盘绒茧蜂出茧78粒；2019年1月20日的羽化率仅为47.54%（图5-B）。此外，在其他采集时间点获得的螟黄足盘绒茧蜂羽化率都在75%以上（图5）。

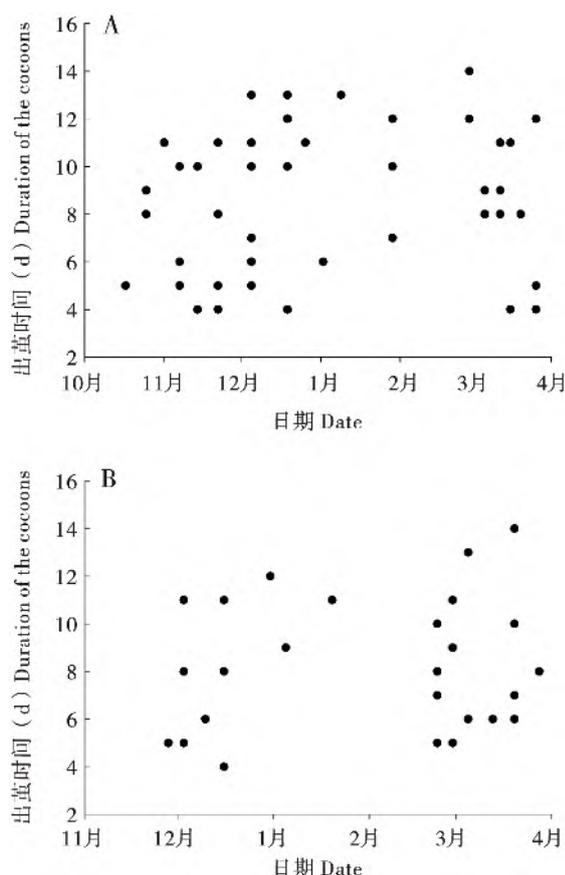


图4 水稻大螟越冬幼虫体内螟黄足盘绒茧蜂出茧时间

Fig. 4 Durations of the cocoons of *Cotesia flavipes*

found from the overwintering larvae of *Sesamia inferens*

注：(A)，2017-2018；(B)，2018-2019。图3是代表某个采集时间点所有寄生蜂出茧的平均间隔时间，反映的是该蜂休眠程度，但是，不同的个体之间有差异，因此图4表明的是不同个体之间的休眠程度的差异。  
Note: (A)，2017-2018；(B)，2018-2019。Fig. 3 represented the average interval of cocoon emergence of all parasitoids at a certain collection time point, reflecting the dormancy degree of the parasitoid. However, there were differences among different individuals. Therefore, Fig. 4 showed the difference of dormancy degree among different individuals.

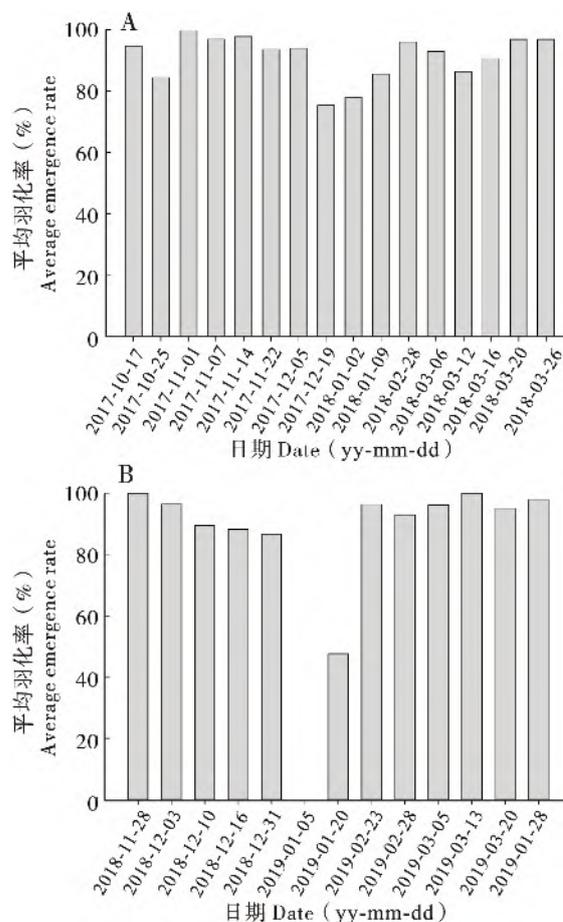


图5 螟黄足盘绒茧蜂平均羽化率

Fig. 5 Average emergence rate of the cocoons of *Cotesia flavipes*

### 3 结论与讨论

大螟寄主范围较广，除了为害水稻外还可以为害茭白、玉米、小麦、甘蔗等植物，且近年来大螟为害水稻的面积逐渐增加。此外，由于大螟寄主的多样性导致了其发生期不整齐，也给防治带来了一定的困难。目前，国家越来越注重生态安全，对农药的使用提出了更高更严的要求，因此，合理利用与开发害虫寄生蜂天敌资源也越来越受到重视。本研究通过3年的田间系统调查发现：扬州地区水稻大螟越冬幼虫体内寄生蜂种类仅有2种，分别是中华茧蜂和螟黄足盘绒茧蜂，其中螟黄足盘绒茧蜂是优势种群。螟黄足盘绒茧蜂属于螟黄足盘绒茧蜂复合群 *Cotesia flavipes* complex，该类群都是为害谷物和甘蔗的钻蛀性昆虫的聚集性内寄生蜂（Walker，1994）。关于复合

群的成员目前认为至少包括 4 种: 二化螟盘绒茧蜂主要分布在中国和日本; 大螟盘绒茧蜂 *C. sesamiae* 主要分布在非洲; 螟黄足盘绒茧蜂 *C. flavipes* 主要分布在中国、印度等地, 但后续被引进到非洲等国; *C. nonagriae* 分布在澳大利亚和巴布亚新几内亚 (李志文等, 2004; Muirhead *et al.*, 2012)。其中, 螟黄足盘绒茧蜂在国外已经作为一种重要的幼虫寄生蜂用于多种钻蛀性螟虫的防治 (Aya *et al.*, 2017; Smaniotto *et al.*, 2019)。在印度不同地区都发现螟黄足盘绒茧蜂寄生玉米钻蛀性螟虫 *Chilo partellus*, 并且不同地区的寄生率不同, 最高的寄生率可达到 55% (Rai and Prasad, 2019)。本研究发现螟黄足盘绒茧蜂在水稻大螟越冬幼虫上的最高寄生率可达到 33.33%。

前期的研究发现在同样的生境下还存在中华钝唇姬蜂 *Eriborus sinicus* Holmgren 和螟蛉瘤姬蜂 *Itopectis naranyae* Ashmea, 同时这两种寄生蜂也都可以寄生大螟 (何俊华, 1984; 潘丹丹等, 2016)。这可能是因为这些寄生蜂在夏季生长季节可以寄生大螟幼虫, 但是它们并不在大螟老熟幼虫体内越冬。进一步系统调查分析发现螟黄足盘绒茧蜂以休眠的方式在大螟越冬幼虫体内越冬。在任何时间点采集到的螟黄足盘绒茧蜂, 被放置在正常的生长温度下都可以进一步发育。然而, 在 12 月份到次年 1 月份之间的螟黄足盘绒茧蜂成虫的羽化率较低。我们前期的研究发现: 水稻大螟也是以幼虫休眠进行越冬。而水稻二化螟则是以幼虫兼性滞育越冬, 它体内优势寄生蜂也是以幼虫滞育越冬 (Xiao *et al.*, 2010; Lu *et al.*, 2013; 潘丹丹等, 2016)。这说明寄主昆虫和寄生蜂之间经过长期的进化采取了一致的越冬策略。总之, 本研究系统调查了在新的环境条件下大螟越冬幼虫体内寄生蜂的种类和优势寄生蜂螟黄足盘绒茧蜂的越冬特征。通过本研究发现螟黄足盘绒茧蜂作为大螟重要天敌资源具有保护利用与开发的前景, 特别是对越冬代大螟体内螟黄足盘绒茧蜂的保护利用对控制大螟种群具有重要的应用意义。

致谢: 感谢浙江大学何俊华教授对寄生蜂的鉴定给予的巨大帮助!

## 参考文献 (References)

- Aya VM, Echeverri C, Barrera GP, *et al.* *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) as a biological control agent of sugarcane stem borers in Colombia's Cauca River Valley [J]. *Florida Entomologist*, 2017, 100 (4): 826–830.
- Chen XX. Recent progress, existing problems and prospects in biological control of insect pests in China [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47 (4): 615–625. [陈学新. 21 世纪我国害虫生物防治研究的进展, 问题与展望 [J]. 昆虫知识, 2010, 47 (4): 615–625]
- Cheng JA. Rice Insect Pests [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1996, 9: 47–48. [程家安. 水稻害虫 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996, 9: 47–48]
- He JH. Hymenopteran Insect Fauna of Zhejiang [M]. Beijing: Science Press, 2004: 432, 659, 683. [何俊华. 浙江蜂类志 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 432, 659, 683]
- He JH. List of parasitoids (Hymenoptera) of the Ichneumonidae of rice pests in China [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Zhejiangensis*, 1984, 10 (1): 77–110. [何俊华. 中国水稻害虫的姬蜂科寄生蜂 (膜翅目) 名录 [J]. 浙江农业大学学报, 1984, 10 (1): 77–110]
- Li HS, Li CH, Li HY, *et al.* The decrease and increase characteristics of *Sesamia inferens* population in rice fields in the north of Jiangsu Province and the rules of host change [J]. *Plant Protection Technology and Extension*, 2002, 22 (10): 13–16. [李洪山, 李慈厚, 李红阳, 等. 苏北稻区水稻大螟种群消长特点及在寄主间的转换规律 [J]. 中国植保导刊, 2002, 22 (10): 13–16]
- Li ZW, You LS, Luo QH, *et al.* Phylogenetic relationships among the *Cotesia flavipes* complex (Hymenoptera: Braconidae: Microgasterinae) based on cladistic analysis [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47 (2): 253–259. [李志文, 游兰韶, 罗庆怀, 等. 螟黄足盘绒茧蜂复合群支序系统学研究 (膜翅目: 茧蜂科: 小腹茧蜂亚科) [J]. 昆虫学报, 2004, 47 (2): 253–259]
- Lu MX, Cao SS, Du YZ, *et al.* Diapause, signal and molecular characteristics of overwintering *Chilo suppressalis* (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae) [J]. *Scientific Reports*, 2013, 3: 3211.
- Lv L, Chang XQ, Yang XL, *et al.* Biological survey on the overwintering larvae of rice stem borer in Hubei Province [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2018, 40 (5): 1051–1057. [吕亮, 常向前, 杨小林, 等. 湖北水稻蛀秆螟越冬情况调查 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40 (5): 1051–1057]
- Muirhead KA, Murphy NP, Sallam N, *et al.* Phylogenetics and genetic diversity of the *Cotesia flavipes* complex of parasitoid wasps (Hymenoptera: Braconidae), biological control agents of lepidopteran stemborers [J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2012, 63 (3): 904–914.

- Pan DD, Liu ZX, Lu MX, et al. Species and occurrence dynamics of parasitic wasps of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) in Yangzhou [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2016, 38 (6): 1106 – 1113. [潘丹丹, 刘中现, 陆明星, 等. 扬州地区水稻二化螟寄生蜂种类及主要寄生蜂发生动态 [J]. 环境昆虫学报, 2016, 38 (6): 1106 – 1113]
- Rai AK, Prasad R. Management of spotted stem borer, *Chilo partellus* (Swinhoe) in maize crop through augmentative releases of *Cotesia flavipes* (Cameron) in Bihar [J]. *Journal of Biological Control*, 2019, 33 (1): 57 – 62.
- Smaniotto G, Borges Filho RDC, Bernardi D, et al. Biology of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) strains at different temperatures [J]. *Environmental Entomology*, 2019, 48 (3): 649 – 654.
- Sun M, Tang XT, Lu MX, et al. Cold tolerance characteristics and overwintering strategy of *Sesamia inferens* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Florida Entomologist*, 2014, 97 (4): 1544 – 1553.
- Walker AK. Species of Microgastrinae (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing lepidopterous cereal stem borers in Africa [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 1994, 84: 421 – 434.
- Xiao HJ, Mou FC, Zhu XF, et al. Diapause induction, maintenance and termination in the rice stem borer *Chilo suppressalis* (Walker) [J]. *Journal of Insect Physiology*, 2010, 56 (11): 1558 – 1564.
- Xu LN, Li CC, Hu BJ, et al. Review of history, present situation and prospect of pink stem borer in China [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27 (24): 244 – 248. [徐丽娜, 李昌春, 胡本进, 等. 中国大螟研究历史、现状与展望 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (24): 244 – 248]
- Zhang HY, Li HD, Han ZJ. Differences in susceptibility of field populations of *Sesamia chinensis* to different insecticides [J]. *China Rice*, 2012, 18 (1): 29 – 33. [张海艳, 李海东, 韩召军. 大螟田间种群对不同杀虫剂敏感性的差异 [J]. 中国稻米, 2012, 18 (1): 29 – 33]
- Zhao J, Fu WX, Han ZJ. Resistance monitoring of *Sesamia inferens* (Walker) to seven insecticides and verification of related baseline data [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2016, 39 (1): 84 – 88. [赵钧, 付文曦, 韩召军. 大螟对7种杀虫剂的抗药性监测及相对敏感基线验证 [J]. 南京农业大学学报, 2016, 39 (1): 84 – 88.]