



劳氏粘虫的发生危害和防治研究进展

段 云¹, 陈 琦², 郭 培³, 苗 进¹, 夏鹏亮⁴, 巩中军¹,
蒋月丽¹, 李 彤¹, 武予清^{1,*}

(1. 河南省农业科学院植物保护研究所, 河南省农作物病虫害防治重点实验室,

农业部华北南部有害生物治理重点实验室, 郑州 450002;

2. 漯河市农业科学院, 河南漯河 462000; 3. 河北省农林科学院植物保护研究所, 河北保定 071000;

4. 湖北省烟草公司恩施州公司, 湖北恩施 445000)

摘要: 劳氏粘虫 *Mythimna loreyi* 是粘虫 *Mythimna seperata* 的近缘种, 两者在形态上相近, 为害特征基本相同, 但在不同地区的发生危害规律可能存在一定差异。近些年来, 劳氏粘虫在许多国家和地区频繁暴发危害, 已成为一种普遍发生的农业害虫。为今后深入研究劳氏粘虫的暴发成灾规律和综合防控技术, 本文在分析国内外研究资料的基础上, 对劳氏粘虫的研究进展进行了综述。目前, 劳氏粘虫已分布于亚洲、欧洲、非洲、大洋洲和北美洲的近 80 个国家和地区。以幼虫取食危害玉米、水稻和小麦等多种禾本科作物和杂草; 3 龄前幼虫食量小, 5–6 龄幼虫食量增大, 进入暴食期。幼虫具有聚集性、杂食性和暴食性, 成虫具有迁飞性, 发生危害时具有隐蔽性、偶发性和暴发性。劳氏粘虫的发生和为害规律常因地区、年份和季节的不同而存在差异。气候条件、食物和天敌是影响劳氏粘虫发生危害的主要因素, 而气候因素、人类活动和害虫的生物学特征是导致近些年来劳氏粘虫发生范围扩大, 危害程度加重的重要原因。性诱剂、天敌和生物农药是近些年来劳氏粘虫生物防治研究的主要方向。根据目前劳氏粘虫在我国的发生情况及研究现状, 我们建议今后从以下 3 个方面开展工作: (1) 借鉴粘虫的防控策略和防治经验, 从空中和地面两个方面加强预测预报工作, 建立和完善预测预报系统; (2) 从农业防治、物理防治、生物防治和化学防治等方面开展综合防治工作; (3) 将生物技术和现代农业信息技术等现代化的技术和方法应用于暴发成灾规律和综合防治研究中, 并建立综合防控技术系统。

关键词: 劳氏粘虫; 粘虫; 发生; 综合防治; 天敌

中图分类号: Q968 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296(2022)04-0522-11

Research progress on the occurrence, damage and control of *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae)

DUAN Yun¹, CHEN Qi², GUO Pei³, MIAO Jin¹, XIA Peng-Liang⁴, GONG Zhong-Jun¹, JIANG Yue-Li¹, LI Tong¹, WU Yu-Qing^{1,*} (1. Henan Key Laboratory of Crop Pest Control, MOA's Regional Key Laboratory of Crop IPM in Southern Part of Northern China, Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 2. Luohe Academy of Agricultural Sciences, Luohe, Henan 462000, China; 3. Institute of Plant Protection, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Baoding, Hebei 071000, China; 4. Enshi Tobacco Company of Hubei Province, Enshi, Hubei 445000, China)

Abstract: *Mythimna loreyi* is a relative species of *Mythimna seperata*. The two pest species are similar in

基金项目: 河南省科技攻关项目(202102110465); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系(CARS-03); 河南省农业科学院自主创新项目(2022ZC32)

作者简介: 段云, 女, 1981 年 11 月生, 安徽涡阳人, 博士, 副研究员, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: duanyunhao@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: yuqingwu36@hotmail.com

收稿日期 Received: 2021-06-06; 接受日期 Accepted: 2021-10-08

morphology and have basically the same damage characteristics, but there may be some differences in the occurrence and damage rules in different regions. In recent years, *M. loreyi* has become a common agricultural pest with frequent outbreaks in many countries and regions. In order to deeply study the outbreak law and to comprehensively prevent and control this pest, we summarized its research status based on the analysis of domestic and foreign research data in this article. At present, *M. loreyi* has been distributed in nearly 80 countries and regions in Asia, Europe, Africa, Oceania and North America. The larvae of this pest feed on a variety of gramineous crops and weeds, such as corn, rice and wheat. Before the 3rd instar, the larvae eat less, the 5th–6th instar larvae eat more, and enter the gluttony stage. The larvae of *M. loreyi* are aggregative, omnivorous and gluttonous, and the adults are migratory. The damage caused by this pest is covert, sporadic and fulminant. There are differences in the law of the occurrence and damage of *M. loreyi* due to different regions, years and seasons. Climatic conditions, food and natural enemies are the main factors that affect its damage. At the same time, it is pointed out that climatic factors, human activities and the biological characteristics of *M. loreyi* are the important factors that have led to its occurrence expansion and damage aggravation in recent years. Sex attractants, natural enemies and biological pesticides are the main research directions in the biological control of this pest in recent years. Based on the occurrence and research status of *M. loreyi* in China, the following three aspects are suggested to be carried out in the future work: (1) By learning from the prevention and control strategies and experience of *M. seperata*, strengthening the prediction and forecast of *M. loreyi* from two aspects of air forecast and ground forecast; (2) carrying out comprehensive prevention and control work from agricultural control, physical control, biological control and chemical control; and (3) applying modern technologies and methods such as biotechnology and modern agricultural information technology to study the law of outbreak and disaster, integrated prevention and control of *M. loreyi*, and to establish the comprehensive prevention and control technology systems.

Key words: *Mythimna loreyi*; *Mythimna seperata*; occurrence; integrated control; natural enemies

劳氏粘虫 *Mythimna loreyi* 或 *Leucania loryi*, 英文名 maize caterpillar, army worm 和 lorey leafworm (Ho *et al.*, 2002), 在中国又被称为白点粘夜蛾(陈秀洁, 2016), 幼虫与粘虫 *Mythimna seperata* 等统称苻蛱、剃枝虫等(吴荣宗, 1962), 隶属鳞翅目(Lepidoptera) 夜蛾科(Noctuidae) 秘夜蛾属 *Mythimna*, 是一种世界范围内广泛分布的重要农业害虫(Sertkaya and Bayram, 2005; Nam *et al.*, 2020), 2020 年被我国列为一类农作物害虫名录。

全球生物多样性信息网络(Global Biodiversity Information Facility, GBIF) 的信息显示, 早在 1827 年, Duponchel 将劳氏粘虫命名为 *M. loreyi*, *L. loreyi*, *Cirphis loreyi* 和 *Noctua loreyi*。随后, Treitschke (1835) 将其命名为 *Leucania caricis* (GBIF Secretariat, 2021), Walker (1856) 将其命名为 *Leucania collecta*, *Leucania denotata*, *Leucania exterior* 和 *Leucania thoracica* (GBIF Secretariat, 2021)。目前随着研究工作不断推进, 劳氏粘虫的命名也逐渐趋于统一, 国际上使用比较广泛的学名为 *M. loreyi*

和 *L. loreyi*。不同数据库或网站使用的名称以一种为主, 如 GBIF 上使用 *L. loreyi*, 而美国国家生物信息中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI) 的物种分类中使用 *M. loreyi*。

从现有资料来看, 人们对劳氏粘虫的关注已有近 200 年的时间, 其中有关劳氏粘虫发生危害的报道也有 100 年的时间(Lamborn, 1914)。由于该害虫对环境适应性强、繁殖力高和造成的经济损失大, 近一个世纪以来已逐渐成为被广泛关注的农业害虫之一。近些年来, 马丽等(2016)、陈琦等(2020) 和段云等(2021) 分别对劳氏粘虫与其近缘种粘虫的形态特征和种群发生规律的差异进行了比较分析。Joomun 等(2012)、Jindal (2019) 和 Nam 等(2020) 分别报道了劳氏粘虫及其近缘种鉴定的分子标记。进入 21 世纪以来, 受气候变化、种植业结构调整和作物品种更换等多种因素的影响, 劳氏粘虫在许多国家和地区的发生范围明显扩大, 危害程度也不断加重, 这种情况在亚洲和非洲的许多国家表现得更加明显(El-Sherif *et al.*, 1972; Jalaeian *et al.*, 2017;

Nam *et al.*, 2020)。近些年来,劳氏粘虫在许多国家和地区频繁暴发危害,已成为一种普遍发生的害虫,给粮食的安全生产带来严重威胁(Jalaeian *et al.*, 2017)。我国华南、华中和华北等多个省份和地区也出现了类似的情况(段云等, 2018; 黄芊等, 2018; 仵均祥等, 2018; 陈立涛等, 2020)。鉴于此,本文根据国内外现有的文献资料,从劳氏粘虫的分布范围、生物学特征、发生危害规律及影响因素、综合防治及今后的研究方向等方面进行了系统综述,希望能够为今后进一步研究该害虫、实现其可持续防控提供参考。

1 分布与生物学特征

1.1 分布范围

GBIF 的统计信息显示,南非(1901)是记录劳氏粘虫发生情况较早的国家,之后为澳大利亚(1903)、葡萄牙(1936)、法国(1944)和瑞士(1952)等。20 世纪 70 年代,国际应用生物科学中心(CAB International, UK)的统计数据显示,劳氏粘虫分布于世界 4 大洲的近 70 个国家和地区。20 世纪 80 年代前后,劳氏粘虫在印度和日本等亚洲国家发生危害(Takahashi, 1983; Saini, 1987; Singh *et al.*, 1987)。进入 21 世纪以来,受气候变化等多种因素的影响,劳氏粘虫在亚洲、欧洲和中东地区的发生范围有扩大的趋势,如芬兰(2006)、韩国(2017)和科威特(2021)等先后有关于劳氏粘虫的记录。据 GBIF 统计,截至 2021 年 3 月,劳氏粘虫已分布于 5 大洲(亚洲、欧洲、非洲、大洋洲和北美洲)的近 80 个国家和地区。其中,在亚洲主要分布于中国、日本和伊朗等 20 多个国家和地区;在欧洲主要分布于法国、葡萄牙和意大利等 20 多个国家和地区;在非洲主要分布于南非、摩洛哥和埃及等 30 多个国家和地区;在大洋洲主要分布于澳大利亚等 5 个国家和地区;在北美洲主要分布于美国。

在中国,20 世纪 60 年代就有关于劳氏粘虫发生危害的报道(吴荣宗, 1962)。21 世纪以前,劳氏粘虫主要分布于广东、广西、云南、福建、江苏、湖南和台湾等南方的省份和地区,而在北方分布的报道很少(吴荣宗, 1962; Wu, 1982; 赵魁杰, 1988)。进入 21 世纪,劳氏粘虫不仅在我国南方地区经常发生危害,在北方的发生范围也有扩大的趋势(黄芊等, 2018; 仵均祥等, 2018; 陈立涛等, 2020)。

1.2 寄主种类

劳氏粘虫幼虫食性杂,可取食多种植物,尤其喜食禾本科植物,为害的作物主要包括小麦、大麦、玉米、水稻、高粱、甘蔗、棉花、向日葵、甜菜和大麻等(El-Sherif *et al.*, 1972; Singh *et al.*, 1987; Chandler and Benson, 1991; Qin *et al.*, 2018)。除危害作物外,劳氏粘虫还可取食危害多种杂草,如苏丹草、羊草、披碱草、黑麦草、冰草和狗尾草等(吴荣宗, 1962; El-Sherif *et al.*, 1972; Wu, 1982; Singh *et al.*, 1987)。

近些年来,受气候变化等多种因素的影响,劳氏粘虫为害的寄主种类也在发生变化。20 世纪 80 年代前后,劳氏粘虫在印度和日本等国家主要为害小麦、水稻、玉米和甘蔗(El-Sherif, 1972; Khan *et al.*, 1972)。Jalaeian 等(2017)报道,劳氏粘虫在伊朗的北部省份主要为害水稻。Nam 等(2020)报道,劳氏粘虫在韩国和日本等亚洲国家主要危害玉米。

20 世纪 80 年代以前,劳氏粘虫在我国南方地区冬季主要为害小麦和大麦,夏季主要为害玉米、水稻和高粱等。80 年代以后,随着全国玉米种植面积不断扩大,劳氏粘虫的发生范围也逐渐扩大,并成为玉米上的主要害虫之一(胡久义等, 2007)。但是,总体来看,整个 20 世纪劳氏粘虫在我国南方地区主要为害水稻和玉米,而对甘蔗和小麦为害的报道较少,并很少成灾(吴荣宗, 1962; Wu, 1982)。进入 21 世纪后,劳氏粘虫逐渐成为北方玉米上的主要害虫之一。2015–2020 年在安徽、河南、河北、山东和陕西等多个省份均有劳氏粘虫为害玉米的报道,有的地区甚至出现玉米幼苗几乎被全部吃光的现象(段云等, 2018; 仵均祥等, 2018; 陈立涛等, 2020)。

1.3 生活习性及其为害特点

幼虫孵化后,群集在裹叶里,食去卵壳后爬出叶面。1 和 2 龄幼虫爬行时均拱腰,3 龄以后这种现象消失。1–2 龄幼虫受惊后常吐丝下垂,悬在半空(El-Sherif, 1972)。3 龄以后的幼虫具有假死性,受惊后立即落地,身体卷曲成环状不动,片刻后爬上作物或钻入松土里。幼虫白天一般隐藏在作物内部,或钻入土中或有遮盖物的地方,晚上活动为害。老熟幼虫停止取食,排尽粪,钻入作物根部附近的草丛或松土里,在 1–2 cm 深处化蛹。

幼虫具有聚集性、杂食性、暴食性和隐蔽性,发生严重时可将作物叶片全部食光(胡久义等, 2007)。其中,1–2 龄幼虫仅食叶肉,形成小圆孔,3 龄幼虫后形成不规则的缺刻,5–6 龄幼虫食量增

大,进入暴食期,可将作物叶片吃光,只剩叶脉(郭松景等, 2001; 胡久义等, 2007)。幼虫为害初期往往不容易被发现。在玉米的生长前期,幼虫主要取食叶片,大发生时可将全田作物吃成光秆。在玉米吐丝抽雄后,幼虫主要取食叶片、雌穗花丝和幼嫩籽粒,导致部分籽粒不育,同时将粪便排入其中,污染雌穗,严重影响玉米的产量和品质(郭松景等, 2001, 2003; 黄芊等, 2018; 陈立涛等, 2020)。

成虫日息夜出,白天隐藏在草丛、灌木林和土缝等处,傍晚开始活动。El-Sherif 等(1972)研究表明,劳氏粘虫成虫在一天中有 2 次明显的活动高峰,一次在黄昏时分,另一次在黎明前。成虫对光及酸甜物质有明显的趋性(吴荣宗, 1962)。羽化后的成虫必须在取得营养和适宜的温湿度条件下,才能进行正常的交配、产卵。雌蛾对产卵的部位有选择性,尤喜在叶销内面、叶面上产卵(El-Sherif *et al.*, 1972)。初产卵聚集呈条块状,一般排列成一排或多排。每一卵块有卵粒 2~40 粒,多的可达上百粒。雌蛾的产卵量受环境条件影响很大,一般可产几十粒至几百粒,多者可产千粒左右(Hirai *et al.*, 1983; 段云等, 2018)。El-Sherif(1972)和 El-Sherif 等(1972)的研究表明,与甘蔗相比,劳氏粘虫雌蛾更喜欢在玉米上产卵。成虫具有一定的迁飞能力,在环境不适合时迁向别处(Williams, 1958; 赵魁杰, 1988; 宋海燕等, 2021)。

2 发生危害规律及影响因素

2.1 发生危害规律

劳氏粘虫的发生为害具有隐蔽性、偶发性和暴发性。同时,也常常群集迁移危害。在中国、日本和印度等许多国家和地区,劳氏粘虫常与东方粘虫,白脉粘虫等近缘种混合发生(林国星, 1964; Khan *et al.*, 1972; Harai, 1975; Hirai and Santa, 1983; Saini, 1987)。20 世纪 70-80 年代,劳氏粘虫在印度常与东方粘虫混合发生为害(Bhattacharjee and Gupta, 1971; Khan *et al.*, 1972; Saini, 1987; Singh *et al.*, 1987),但不同的季节,常以一种粘虫占优势。

近些年来,我国对劳氏粘虫发生规律的研究仍较少。吴荣宗(1962)报道,劳氏粘虫在广州年发生 6 代,第一代幼虫于 4 月为害玉米,以后各代为害玉米和水稻,偶尔为害甘蔗和小麦。劳氏粘虫以幼虫和蛹在杂草及再生稻中越冬,天气转暖幼虫仍取食,无冬眠现象。赵魁杰(1988)研究表明,1983-1985

年间劳氏粘虫在江苏年发生 3 代,以第 4 代幼虫越冬,3 月底 4 月初为蛹期,4 月中旬至 5 月上旬出现成虫,4 月底至 9 月中旬幼虫可以为害冬小麦、玉米和水稻。劳氏粘虫在河南的大部分地区年发生 3~4 代,主要为害玉米(郭松景等, 2003; 胡久义等, 2007)。黑光灯下,4-8 月诱蛾量极小,发生严重的年份,9 月份诱蛾较多,单灯一晚可诱蛾一百头至几百头,大发生年份可达 3 000 多头,10 月后蛾量逐渐下降。

劳氏粘虫取食具有偏好性,且低龄幼虫的偏好性更加明显。在几种常见的作物中,劳氏粘虫更喜欢取食为害玉米(El-Sherif *et al.*, 1972; 郭松景等, 2003; 蒋婷等, 2017)。El-Sherif 等(1972)研究表明,在玉米田一般可以发现劳氏粘虫的卵和 2 龄以前的幼虫,而在甘蔗田则观察不到;4 龄后的幼虫可为害玉米和甘蔗,且更喜欢玉米。郭松景等(2003)研究发现,在玉米和小麦临近的地块,劳氏粘虫更喜欢取食危害玉米。

进入 21 世纪以来,劳氏粘虫的发生范围向北扩展,为害作物种类发生变化,发生世代数增加,主要为害世代发生变化,部分地区的危害程度也逐渐加重。

2.2 发生为害的影响因素

劳氏粘虫在各地的发生危害程度主要决定于气候条件,食物、天敌和人类活动等其他因素也起一定作用。

2.2.1 气候条件:气候变化影响劳氏粘虫的分布、丰度及其潜在危害,是导致劳氏粘虫大发生的主导因素。其中,温度、相对湿度和降雨等是影响其发生危害的主要因素(胡久义等, 2007)。

温度:劳氏粘虫是一种变温动物,生长发育和繁殖受温度的影响比较大。随着纬度和海拔的升高,劳氏粘虫的发生世代数减少。在不同温度下,劳氏粘虫的各项生命指标均有差异(何柯杭, 2020)。Hirai 和 Santa (1983)研究发现,在 20~25℃ 条件下,劳氏粘虫雌蛾产卵可达 1 300 粒,但在 30℃ 以上时,雌蛾不能产卵。段云等(2018)的研究表明,在 25℃ 条件下饲养的劳氏粘虫田间种群,雌蛾和雄蛾的平均寿命分别为 13.17 和 13.52 d,雌蛾的平均产卵前期和平均产卵历期分别为 4.03 和 8.28 d。Qin 等(2017)和黄芊等(2018)研究表明,劳氏粘虫各虫态在 18~30℃ 条件下均可生长发育和繁殖,且发育历期随温度的升高而缩短。

低温是影响劳氏粘虫生长发育、地理分布和种

群数量的重要因素。Hirai 和 Santa (1983) 研究认为劳氏粘虫可以幼虫越冬, 最低存活温度为 2℃。我国学者认为劳氏粘虫的耐寒性较差, 在我国的南方地区可以幼虫越冬, 但在北方地区不能越冬(郭松景等, 2003; 胡久义等, 2007)。秦建洋等(2018)对室内饲养的劳氏粘虫种群进行了过冷却点测定, 结果表明不同发育时期的劳氏粘虫对低温的抵抗能力不同, 其中 3 龄幼虫的过冷却点值最低(-9.53℃), 抗寒性最强; 不同日龄蛹的过冷却点值差异不大。

湿度和降雨: 近些年来, 耕作制度的改进及农业措施的发展影响了田间小气候, 特别是引起相对湿度的改变, 对劳氏粘虫的发生危害程度也产生一定的影响。其中, 环境湿度对劳氏粘虫各虫态的成活率和成虫的寿命等均有一定的影响。降雨对劳氏粘虫的作用, 除引起机械损伤等外, 主要通过调节环境湿度来影响粘虫。劳氏粘虫喜欢在干燥的缝隙中产卵, 幼虫的存活率随环境湿度的增大而降低。

另外, 劳氏粘虫的发生危害情况与秸秆还田也有一定的关系。近些年来, 国家严格禁止小麦秸秆焚烧, 虽然有利于环保, 但也给害虫暴发创造了良好的条件。

2.2.2 食物: 食物是劳氏粘虫发育过程中所必需的营养和水分物质来源。El-Sherif (1972) 研究表明, 与取食水稻和甘蔗等寄主植物时相比, 劳氏粘虫幼虫取食玉米后雌蛾的繁殖能力更强。Hirai 和 Santa (1983) 利用人工饲料饲养劳氏粘虫时发现, 在人工饲料中添加玉米粉和山梨酸能够提高劳氏粘虫成虫的成活率。Sagnia 等(1991) 研究表明, 用玉米苗饲养的劳氏粘虫幼虫发育速度明显比用甘蔗苗饲养的快。劳氏粘虫成虫羽化后必须在取得营养和适宜的温湿度条件下才能进行正常的交配、产卵; 若不及时补充营养, 则产卵不能孵化(吴荣宗, 1962)。

2.2.3 天敌: 在自然界中, 劳氏粘虫的天敌资源十分丰富。其中, 寄生性和捕食性天敌昆虫主要进攻劳氏粘虫的早期阶段, 如卵和低龄幼虫。高龄幼虫和蛹会因寄生蜂和寄生蝇的寄生而死亡。从现有文献资料来看, 近些年来对劳氏粘虫天敌的研究主要集中在非洲和亚洲的一些国家和地区, 如埃及、中国、印度、日本、土耳其、伊朗和菲律宾等(吴荣宗, 1962; Pati and Mathur, 1986; Cabello, 1989; Parchami-Araghi, 1994; Sertkaya and Bayram, 2005; Kara et al., 2007)。根据 CABI 的统计结果和相关的文献报道, 目前已报道的劳氏粘虫天敌共 41 种, 主要包括寄生性天敌昆虫 38 种, 捕食性天敌 1 种和

微生物天敌 2 种(表 1)。

不同地区气候和农业种植结构不同, 劳氏粘虫的寄生性天敌种类和优势种也存在差异。Singh 等(1987) 研究表明, 寄生性天敌 *Apanteles* sp. 对劳氏粘虫的寄生率因季节而变化, 其中 9 月份的寄生率为 41.2%, 而 2 月份的只有 0.6%。Kara 等(2007) 报道在土耳其的东南地区发现了 4 种劳氏粘虫寄生蝇, 分别为 *Pseudogonia rufifrons*, *Exorista larvarum*, *Drino imberbis* 和 *Linnaemya neavei*。2003 年和 2004 年这几种寄生蝇在田间的寄生率分别为 7.1% 和 15.5%。

20 世纪 60-80 年代, 我国对劳氏粘虫寄生性天敌昆虫进行了一些研究。吴荣宗(1962) 报道了劳氏粘虫的 7 种天敌昆虫, 其中, 寄生蝇 *Cuphocera varia* 和 *Isomeria cinerascens* 寄生幼虫和蛹, 寄生蜂中姬蜂 *Enicospilus* sp. 寄生幼虫及蛹, 小茧蜂 *Apanteles* sp. 寄生幼虫。Wu (1982) 的研究表明, 劳氏粘虫可以被 *Cuphocera varia*, *P. rufifrons*, *Apanteles* sp. 和 *Enicospilus* sp. 寄生。

目前关于劳氏粘虫捕食性天敌的研究报道还较少, 仅印度的 Pati 和 Mathur (1986) 报道于 1981-1982 年在水稻田观察到捕食类天敌丹螬 *Amyotea malabarica* 可以捕食劳氏粘虫及其他鳞翅目害虫。该捕食性天敌在我国也有分布, 但目前对其在劳氏粘虫控制中的作用, 尚无相关研究。目前已报道的劳氏粘虫微生物类天敌共 2 种, 为病毒类的浓核病毒 *Densonucleosis virus* (MIDNV) (Fédière et al., 1995) 和细菌类的苏云菌芽孢杆菌 *Bacillus thuringiensis* (Porcar and Caballero, 2000)。

2.3 近些年来劳氏粘虫发生危害加剧的原因

进入 21 世纪后, 劳氏粘虫的发生危害情况发生了变化, 有些地区由次要害虫上升为主要害虫(郭松景等, 2003; 胡久义等, 2007; 段云等, 2018)。分析认为引起这些变化的原因有多种, 如气候因素、人类活动、自然条件下天敌的数量等, 同时也与劳氏粘虫自身的生物学特性有关(段云等, 2018, 2021)。

2.3.1 气候因素: 气候因素影响劳氏粘虫的生长发育、繁殖和迁飞等, 是近些年来引发劳氏粘虫发生危害加重的主要因素。(1) 温度。劳氏粘虫在适宜的温度下生长发育快, 繁殖能力强, 而温度过高或过低则对其生长发育和繁殖都不利(于志浩, 2019)。近些年来, 北半球冬季温度升高是导致北方地区劳氏粘虫的越冬区域扩大, 越冬存活的虫口基数增加的

表 1 劳氏粘虫的天敌种类
Table 1 Natural enemies of *Mythimna loreyi*

生物类群	学名	被寄生寄主虫态	参考文献或出处
Biological groups	Scientific name	Developmental stage of parasitized host	References or sources
寄生性天敌	膜翅目 Hymenoptera		
Parasitic enemies	茧蜂科 Braconidae		
	绒茧蜂属 <i>Apanteles</i> sp.	幼虫 Larva	吴荣宗, 1962
	甲腹茧蜂 <i>Cbelonus oculator</i>	幼虫 Larva	Sertkaya and Bayram, 2005
	黄绒茧蜂 <i>Cotesia flavipes</i>	幼虫 Larva	Cheng <i>et al.</i> , 1987
	粉蝶盘绒茧蜂 <i>Cotesia glomerata</i>	幼虫 Larva	CABI
	螟蛉绒茧蜂 <i>Cotesia ruficrus</i>	幼虫 Larva	Sertkaya and Bayram, 2005
	<i>Cotesia telengai</i>	幼虫 Larva	CABI
	截距滑茧蜂 <i>Homolobus truncator</i>	幼虫 Larva	Cabello, 1989
	<i>Lissopimpla excels</i>		CABI
	粘虫悬茧蜂 <i>Meteorus gyrator</i>	幼虫 Larva	CABI
	微黄悬茧蜂 <i>Meteorus ictericus</i>	幼虫 Larva	Sertkaya and Bayram, 2005
	姬蜂科 Ichneumonidae		
	弯尾姬蜂 <i>Diadegma crassicornis</i>	幼虫 Larva	Göztiaçik <i>et al.</i> , 2009
	细颚姬蜂属 <i>Enicospilus</i> sp.	幼虫/蛹 Larva/Pupa	吴荣宗, 1962
	<i>Euplectrus platyhypenae</i>		
	花茧姬蜂 <i>Hyposoter didymato</i>	幼虫 Larva	Sertkaya and Bayram, 2005
	棱柄姬蜂 <i>Sinophorus</i> sp.	幼虫 Larva	Sertkaya and Bayram, 2005
	小蜂科 Chalcididae		
	广大腿小蜂 <i>Brachymeria lasus</i>	幼虫 Larva	张翌楠等, 2019
	缘腹细蜂科		
	黑卵蜂 <i>Telenomus hawa</i>	卵 Egg	CABI
	赤眼蜂科		
	日本赤眼蜂 <i>Trichogramma japonicum</i>	卵 Egg	CABI
	双翅目 Diptera		
	寄蝇科 Tachinidae		
	小寄蝇属 <i>Bactromyia zhumanovi</i>	幼虫 Larva	CABI
	<i>Chaetogaedia monticola</i>	幼虫 Larva	CABI
	<i>Cuphocera lavana</i>	幼虫 Larva	CABI
	粘虫缺须寄蝇 <i>Cuphocera varia</i>	幼虫/蛹 Larva/Pupa	Wu, 1982
	赘寄蝇属 <i>Drino imberbis</i>	幼虫 Larva	Kara <i>et al.</i> , 2007
	红尾追逐寄蝇 <i>Exorista fallax</i>	幼虫 Larva	CABI
	古毒蛾追寄蝇 <i>Exorista larvarum</i>	幼虫 Larva	Kara <i>et al.</i> , 2007
	日本追寄蝇 <i>Exorista japonica</i>	幼虫 Larva	张怡卓等, 2018
	毛虫追寄蝇 <i>Exorista rossica</i>		Sertkaya and Bayram, 2005
	黑腹膝芒寄蝇 <i>Gonia picea</i>	幼虫 Larva	Sertkaya and Bayram, 2005
	灰色等腿寄蝇 <i>Isomeria cinerascens</i>	幼虫 Larva	吴荣宗, 1962
	<i>Lespesia archippivora</i>	幼虫 Larva	CABI
	短须寄蝇属 <i>Linnaemya neave</i>	幼虫 Larva	Kara <i>et al.</i> , 2007
	短须寄蝇属 <i>Linnaemya vulpina</i>	幼虫 Larva	Sertkaya and Bayram, 2005
	红额拟膝芒寄蝇 <i>Pseudogonia rufifrons</i>	幼虫 Larva	Khan <i>et al.</i> , 1972
	寄蝇 <i>Tachina exorista</i>	幼虫 Larva	Khan <i>et al.</i> , 1972
	怒寄蝇 <i>Tachina nupta</i>	幼虫 Larva	Parchami-Araghi, 1994
	峭寄蝇 <i>Tachina praeceps</i>	幼虫 Larva	Parchami-Araghi, 1994
	黑尾寄蝇 <i>Tachina magnicornis</i>		张怡卓等, 2018
	<i>Tritaxys milias</i>	幼虫 Larva	CABI
捕食性天敌	半翅目 Hemiptera		Pati and Mathur, 1986
Predatory enemies	蝽科 Pentatomidae		
	丹蝽 <i>Amyotea malabarica</i>		
细菌 Bacteria	苏云菌芽孢杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i>		Porcar and Caballero, 2000
病毒 Virus	浓核病毒 <i>Densonucleosis virus</i>		Fédière <i>et al.</i> , 1995

主要因素。夏季高温影响劳氏粘虫的发育进度和成虫的交配,直接影响下一代的种群数量。(2)降雨和湿度。近些年来,全球气候变化以及人类活动的影响引发了降雨结构的改变(黄生志等, 2019),直接引起劳氏粘虫生活环境中湿度的改变。湿度较低,高龄幼虫可提前进入化蛹阶段,对后期的存活和繁殖力有一定影响;湿度较高,幼虫的存活率、化蛹率和成虫羽化率都会降低。另外,气候条件对劳氏粘虫的迁飞过程也有影响(胡高等, 2020)。条件适合的情况下,劳氏粘虫留在当地繁殖为害,反之,则前往别处繁殖为害或越冬。在迁飞过程中,遇到下沉气流或降雨时,劳氏粘虫可提前降落,留在当地繁殖,导致迁飞路径发生改变。

2.3.2 人类活动:近些年来,农业生产水平提高,耕作制度和耕作方式改变,种植结构调整等,增加了劳氏粘虫在土壤中的存活率,如秸秆清理、旋耕次数和灌溉条件的改变等,导致田间小气候发生变化,提高了劳氏粘虫各虫态的存活率,增加了下一代的虫源数量。南方小麦种植面积减少,北方玉米种植面积扩大,水田改旱田的面积增加等,也是导致劳氏粘虫发生危害程度加重的原因。化学防治不得力(导致天敌数量减少)或防治不及时、预测预报系统不健全,人们对其发生危害规律认识不足;大量农村劳动力外出打工,农田管理粗放,田边地头杂草滋生;除草剂的大量使用,农田杂草群落结构发生变化等,也是造成劳氏粘虫发生危害日趋严重或暴发成灾的重要因素。

2.3.3 劳氏粘虫的生物学特征:劳氏粘虫幼虫具有聚集性,发生危害早期具有隐蔽性,成虫具有较强的繁殖能力和迁飞扩散能力等,对劳氏粘虫的发生危害也具有重要影响。

3 预测预报及综合防治

3.1 预测预报

借鉴粘虫的预测预报经验,可将劳氏粘虫的预测预报分为:(1)空中预测预报,即利用雷达或高空探照灯等对劳氏粘虫在空中的迁飞动态和迁飞规律进行长期监测,为本地和异地的发生危害提供参考;(2)地面预测预报,即利用智能虫情测报灯或黑光灯、性诱剂、糖醋液或食诱剂等,对当地虫情进行实时监测,同时结合田间虫情调查,为防治提供参考。

3.2 综合防治

根据劳氏粘虫的发生危害特点及危害规律,同

时借鉴粘虫的防控策略,在劳氏粘虫防控上应贯彻“预防为主、综合防治”的植保方针(萧玉涛等, 2019),坚持系统监测、分区治理、分代防治和分类指导的原则,采取“治前控后,联防联控”以及“卵、幼虫和成虫协同防治”的防控策略。

根据劳氏粘虫的发生危害特点,应加强重点区域防控,不同区域合理地利用农业防治、物理防治、生物防治和化学防治等措施。同时,结合劳氏粘虫常与其他害虫混合发生的情况,在防治上与其他害虫一起防治。

3.2.1 农业防治:小麦收获时,留低茬,清秸秆;及时清除田边地头杂草,破坏劳氏粘虫幼虫的生存场所。合理施肥和科学浇水等对劳氏粘虫为害也起到抑制作用。

3.2.2 物理防治:在劳氏粘虫主要危害世代的成虫羽化盛期,在秋粮主产区大面积使用杀虫灯或黑光灯集中诱杀成虫,降低成虫的产卵量和田间的虫口密度。

3.2.3 生物防治:在劳氏粘虫危害早期,低密度田块可采用生物防治来控制其危害程度。目前国内外在劳氏粘虫生物防治方面的报道主要集中在性诱剂诱捕成虫、天敌资源的发掘、保护和利用及生物农药的开发和应用上。但是,在生物防治方面成功的报道却很少。其中,Facknath(1989)报道,在毛里求斯利用生物防治的方法来防治甘蔗田劳氏粘虫等鳞翅目主要害虫,并取得了一定的效果。

(1)性诱剂的研究和应用:性诱剂作为一种绿色的防控技术,可用于劳氏粘虫成虫始发期至盛末期的监测和防治。从现有资料来看,国外对劳氏粘虫性诱剂的研究主要集中在 20 世纪 80 年代前后(表 2)。其中,日本是最早开展劳氏粘虫性信息素研究和应用的国家(Takahashi *et al.*, 1979, 1980; Takahashi, 1983)。Takahashi 等(1979)最早从劳氏粘虫雌蛾中鉴定出两种性诱剂活性成分:顺-9-十四碳烯乙酸酯[(*Z*)-9-tetradecenyl acetate, Z9-14Ac]和顺-11-十六碳烯乙酸酯[(*Z*)-11-hexadecenyl acetate, Z11-16Ac]。随后,Takahashi 等(1980)从劳氏粘虫雌蛾中又鉴定出第 3 个活性成分:顺-7-十二碳烯乙酸酯[(*Z*)-7-dodecenyl acetate, Z7-12Ac]。Sato 等(1980)对劳氏粘虫性诱剂成分配比的研究结果表明,Z7-12Ac 和 Z9-14Ac 的配比为 1:8 时对劳氏粘虫雄蛾的诱集效果优于 Z7-12Ac, Z9-14Ac 和 Z11-16Ac 的配比为 0.8:8:2 时的效果。台湾的 Ho 等(2002)从劳氏粘虫处女雌蛾中鉴定出 8 种性信

表 2 劳氏粘虫性信息素成分及配比
Table 2 The components and ratios of the sex pheromones of *Mythimna loreyi*

编号 No.	成分 Components	活性成分比例 Ratio of the active components	参考文献 References	种群来源地 Localities of populations
1	12Ac*, Z7-12Ac, 14Ac*, Z7-14Ac*, Z9-14Ac, 16Ac*, Z7-16Ac*, Z11-16Ac	Z7-12Ac: Z9-14Ac = 15: 85	Ho <i>et al.</i> , 2002	中国台湾 Taiwan, China
2	Z7-12Ac, Z9-14Ac, Z11-16Ac	Z7-12Ac: Z9-14Ac: Z11-16Ac = 1: 10: 2. 5	Takahashi, 1983	日本 Japan
3	Z11-14Ac, Z9-14Ac, Z11-16Ac	—	Soldán and Spitzer, 1983	阿尔及利亚 Algeria
4	Z7-12Ac, Z9-14Ac, Z11-16Ac	Z7-12Ac: Z9-14Ac = 1: 9; Z7-12Ac: Z9-14Ac: Z11-16Ac = 0. 8: 8: 2	Sato <i>et al.</i> , 1980	
5	Z7-12Ac, Z9-14Ac, Z11-16Ac	Z7-12Ac: Z9-14Ac: Z11-16Ac = 1: 14: 4	Takahashi <i>et al.</i> , 1980	日本 Japan
6	Z9-14Ac, Z11-16Ac	Z9-14Ac: Z11-16Ac = 78: 22	Takahashi <i>et al.</i> , 1979	日本 Japan
7	Z9-12Ac	—	Ando <i>et al.</i> , 1977	

* 无生物活性的成分 Non-bioactive ingredients.

息素成分,其中具有活性的 3 种成分为:Z7-12Ac, Z11-16Ac 和 Z9-14Ac。

近两年草地贪夜蛾入侵我国后,国内在对其性诱剂开展相关研究的同时,发现部分厂家的性诱剂产品对劳氏粘虫也具有一定的引诱效果,结合田间试验,筛选出了对劳氏粘虫具有较好引诱效果的性诱剂组合物,并申报了发明专利(黄文坤等, 2020)。但是,不同地区的同一种昆虫对性诱剂产品的反应可能存在差异(Ho *et al.*, 2002),因此,国内应针对不同地区的劳氏粘虫种群研制比较适合的性诱剂产品。

(2) 天敌资源的保护利用:目前在劳氏粘虫天敌产品应用上的国家并不多,主要以菲律宾、日本和毛里求斯等少数国家为主,且主要集中在寄生蝇和寄生蜂方面的应用(Takahashi, 1983; Facknath, 1989)。根据 CABI 收录的结果,在天敌产品的应用上以在菲律宾的水稻上为最多,主要包括寄生蜂类的 *Euplectrus platyhypenae*, 卵寄生蜂中黑卵蜂 *Telenomus hawaii* 和赤眼蜂 *Trichogramma japonicum*; 寄生蝇类中的 *Lespesia archippivora* 和 *Chaetogaedia monticola*。我国虽然也对劳氏粘虫的天敌资源进行了一些初步研究,但目前尚无相关的产品应用。

(3) 生物农药的研究及应用:生物农药对劳氏粘虫种群具有潜在的控制作用。在劳氏粘虫卵孵化盛期和低龄幼虫期,可采用生物农药进行防治。但是,目前已报道的劳氏粘虫微生物类天敌只有病毒类的浓核病毒(MIDNV)和细菌类的苏云金杆菌

(Bt)。其中,苏云金杆菌是世界上应用最广泛的一种菌剂,具有对人畜无毒害,对作物无残留,不污染环境,对天敌昆虫友好等优点,具有广阔的开发应用前景。

3.2.4 化学防治:借鉴粘虫的防治经验,在劳氏粘虫幼虫发生为害的高密度田块,在 3 龄幼虫发生为害前可选用防治粘虫的化学药剂进行防治。遇虫龄较高时,要适当加大用药量;遇雨天应及时补喷。在防治中,优先选用高效、低毒、绿色环保的农药,宜于傍晚或阴天施药,并注意交替轮换用药。同时,建议有条件的地区组织实施以植保无人机、高效植保机械为重点的统防统治工作。

4 小结与展望

劳氏粘虫是一种世界范围内广泛分布的重要农业害虫,近些年来在许多国家和地区分布范围有扩大的趋势,危害程度也进一步加剧。但是,近些年来,我国有关劳氏粘虫的研究报道并不多,对其发生危害规律和迁飞规律等方面的了解也较少。因此,今后应将生物技术(如抗性育种、新基因的挖掘和利用)和现代农业信息技术(如遥感、地理信息系统、全球定位系统和计算机网络技术)等现代化的技术和方法应用于劳氏粘虫(张云慧和程登发, 2013),加强对劳氏粘虫暴发成灾规律(如分析发生危害和迁飞规律及其影响因素)和综合防治(如制定预测预报标准,建立和完善预测预报系统,选育抗

性品种,开发天敌资源,研发性诱剂和食诱剂等绿色产品,研发化学防治的新对策和新技术及建立综合防控技术系统等)的研究,为揭示劳氏粘虫的暴发成灾机制及综合防治提供参考。

参考文献 (References)

Ando T, Yoshida S, Tatsuki S, Takahashi N, 1977. Sex attractants for male Lepidoptera. *Agric. Biol. Chem.*, 41(8): 1485 – 1492.

Bhattacharjee NS, Gupta SL, 1971. Identity of lepidopterous pests infesting wheat crop at Delhi. *Indian J. Entomol.*, 33(4): 435 – 451.

Cabello T, 1989. Natural enemies of noctuid pests (Lep. Noctuidae) on alfalfa, corn, cotton and soybean crops in Southern Spain. *J. Appl. Entomol.*, 108(1 – 5): 80 – 88.

Chandler KJ, Benson AJ, 1991. Evaluation of armyworm infestation in North Queensland sugarcane on crops. *Proc. Aust. Soc. Sug. Cane Technol.*, 13: 79 – 82.

Chen LT, Ma JF, Wang MJ, Wu YZ, Cheng JY, Zhao HR, Hao YT, Wang YF, Dong ZP, 2020. First discovery of *Leucania loreyi* (Duponchel) on summer maize at heading stage in Guantao, Hebei Province. *China Plant Prot.*, 40(5): 50 – 51, 64. [陈立涛, 马继芳, 王梅娟, 吴有志, 程金艳, 赵红荣, 郝延堂, 王永芳, 董志平, 2020. 河北馆陶首次发现劳氏黏虫为害穗期夏玉米. 中国植保导刊, 40(5): 50 – 51, 64]

Chen Q, Duan Y, Hou YH, Chen L, Fan ZY, Shen HL, Liu D, Li LL, Li SM, 2020. Morphological characteristics of *Spodoptera frugiperda* in comparison with three other common Noctuidae species at maize filling stage. *Plant Prot.*, 46(1): 34 – 41. [陈琦, 段云, 侯艳红, 陈莉, 范志业, 沈海龙, 刘迪, 李雷雷, 李世民, 2020. 草地贪夜蛾与玉米灌浆期 3 种常见夜蛾科害虫的形态特征比较. 植物保护, 46(1): 34 – 41]

Chen XJ, 2016. Genetic Evolution and Related Species Research of *Mythimna separata* in the Overwintering Range. MSc Thesis, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. [陈秀洁, 2016. 粘虫越冬区种群遗传进化及其近缘种研究. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文]

Cheng WY, Chang CH, Wang ZT, 1987. Occurrence of *Cotesia flavipes* Cameron (Hym; Braconidae) in autumn sugarcane fields. Report of the Taiwan Sugar Research Institute, No. 117. 31 – 41.

Duan Y, Guo P, Chen Q, Wu YQ, Miao J, Gong ZJ, Li T, Jiang YL, 2021. Population dynamics of armyworm in Yuanyang, Henan province, during 2015 – 2019. *Plant Prot.*, 47(4): 234 – 238, 243. [段云, 郭培, 陈琦, 武予清, 苗进, 巩中军, 李彤, 蒋月丽, 2021. 2015 年 – 2019 年河南原阳黏虫和劳氏黏虫的种群动态. 植物保护, 47(4): 234 – 238, 243]

Duan Y, Li HL, Chen Q, Wang Q, Fan X, Duan AJ, Lian HM, Wu YQ, 2018. Indoor-breeding of different populations of armyworm. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 55(5): 870 – 874. [段云, 李慧玲, 陈琦, 王强, 范栩, 段爱菊, 连红梅, 武予清, 2018. 粘虫田间种群的室内饲养研究. 应用昆虫学报, 55(5): 870 – 874]

El-Sherif SI, 1972. On the biology of *Leucania loreyi* Dup.

(Lepidoptera, Noctuidae). *Z. Angew. Entomol.*, 71(1): 104 – 111.

El-Sherif SI, Hammad SM, El-Sawaf SK, 1972. Field observations on *Leucania loreyi* (Dup.) (Lepid., Noctuidae) in Egypt. *J. Appl. Entomol.*, 70(1 – 4): 160 – 166.

Facknath S, 1989. Biological control of sugar-cane pests in Mauritius: A case study. *Int. J. Trop. Insect. Sci.*, 10(6): 809 – 813.

Fédière G, El-Sheikh MAK, Abol-Ela S, Salah M, Veyrunes JC, 1995. Isolation of a new densovirus from *Mythimna loreyi* Dup. (Lep. Noctuidae) in Egypt. *Bull. Fac. Agric. Cairo.*, 46: 693 – 702.

GBIF Secretariat, 2021. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2021-03-15.

Gözütaçık C, Mart C, Kara K, 2009. Parasitoids of several lepidopterous pests in maize plantations in the Southeast Anatolian Region of Turkey. *Turk. J. Zool.*, 33(4): 475 – 477.

Guo SJ, Li SM, Ma LP, Li SL, 2001. Spatial distribution patterns and sampling techniques of larvae of *Leucania loreyi* duponchel in corn fields. *J. Henan Agric. Univ.*, 35(3): 245 – 248. [郭松景, 李世民, 马林平, 李松林, 2001. 劳氏粘虫幼虫在玉米田的空间分布及抽样技术研究. 河南农业大学学报, 35(3): 245 – 248]

Guo SJ, Li SM, Ma LP, Zhuo XN, 2003. Studies on biological characteristics and damage law of *Leucania loreyi* Duponchel. *J. Henan Agric. Sci.*, (9): 37 – 39. [郭松景, 李世民, 马林平, 卓喜牛, 2003. 劳氏粘虫的生物学特性及危害规律研究. 河南农业科学, (9): 37 – 39]

Harai K, 1975. The influence of rearing temperature and density of the development of two *Leucania* species, *L. loreyi* Dup. and *L. separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 10(3): 234 – 237.

He KH, 2020. Effects of Temperature Fluctuation Treatment on Reproductive Period and Physiology and Biochemistry in the *Leucania loreyi* (Duponchel). MSc Thesis, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi. [何柯杭, 2020. 变温处理对劳氏粘虫发育历期及生理生化的影响. 陕西杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文]

Hirai K, Santa H, 1983. Comparative physio-ecological studies on the armyworms, *Pseudaletia separata* Walker and *Leucania loreyi* Duponchel (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Chugoku Nat. Agric. Exp. Sta.*, 21: 55 – 101.

Ho HY, Tsai RS, Hsu EL, Chow YS, Kou R, 2002. Investigation of possible sex pheromone components of female *loreyi* leafworm *Acantholeucania loreyi* (Duponchel) (Lepidoptera: Noctuidae) in Taiwan. *Zool. Stud.*, 41(2): 188 – 193.

Hu G, Gao BY, Feng HQ, Jiang XF, Zhai BP, Wu KM, 2020. Insect migration: Individual behaviour, population dynamics and ecological consequences. *Bull. Natl. Nat. Sci. Found. China*, 34(4): 456 – 463. [胡高, 高博雅, 封洪强, 江幸福, 翟保平, 吴孔明, 2020. 迁飞昆虫的个体行为、种群动态及生态效应. 中国科学基金, 34(4): 456 – 463]

Hu JY, Fan CY, Jiang XH, Li SM, 2007. Occurrence regularity and

- integrated control of corn armyworm, *Mythimna loreyi*. *Henan Agric.*, (5): 13. [胡久义, 樊春艳, 蒋兴华, 李世民, 2007. 暴发性害虫玉米劳氏粘虫发生规律和综合防治. 河南农业, (5): 13]
- Huang Q, Jiang XB, Ling Y, Jiang T, Chen YC, Long D, Fu CQ, Wu BQ, Huang SS, Li C, Huang FK, Long LP, 2018. Growth, development and reproduction of *Leucania loreyi* (Duponchel) on four host plants. *J. South China Agric. Univ.*, 39(3): 48–53. [黄芊, 蒋显斌, 凌炎, 蒋婷, 陈玉冲, 龙迪, 符诚强, 吴碧球, 黄所生, 李成, 黄凤宽, 龙丽萍, 2018. 劳氏黏虫在 4 种寄主植物上的生长发育和繁殖. 华南农业大学学报, 39(3): 48–53]
- Huang SZ, Du M, Li P, Guo Y, Wang L, 2019. Investigation of the abrupt changes in precipitation concentration and the driving forces under the changing environment. *Adv. Water Sci.*, 30(4): 496–506. [黄生志, 杜梦, 李沛, 郭怿, 王璐, 2019. 变化环境下降雨集中度的变异与驱动力探究. 水科学进展, 30(4): 496–506]
- Huang WK, Mei XD, Peng DL, Ning J, Wang LY, 2020. A highly effective attractant for *Leucania loreyi* and its application. China Patent, CN202010373998.5. [黄文坤, 梅向东, 彭德良, 宁君, 王留洋, 2020. 一种劳氏粘虫高效引诱剂及其应用. 中国专利: CN202010373998.5]
- Jalaeian M, Farahpour-haghani A, Esfandiari M, 2017. First report of damage caused by *Leucania loreyi* (Lep.: Noctuidae) on rice in Guilan province. *Plant Pest Res.*, 7(3): 77–80.
- Jiang T, Huang Q, Jiang XB, Ling Y, Chen YC, Fu CQ, Wu BQ, Huang SS, Li C, Huang FK, Long LP, 2017. Feeding preference of larvae of three species of armyworm on four host plants, *J. South. Agric.*, 48(8): 1415–1420. [蒋婷, 黄芊, 蒋显斌, 凌炎, 陈玉冲, 符诚强, 吴碧球, 黄所生, 李成, 黄凤宽, 龙丽萍, 2017. 3 种粘虫幼虫对 4 种寄主植物的趋势选择. 南方农业学报, 48(8): 1415–1420]
- Jindal V, 2019. DNA barcode reveals occurrence of *Mythimna loreyi* (Duponchel) in Punjab. India. *Indian J. Biotechnol.*, 18(1): 81–84.
- Joomun N, Ganeshan S, Dookun-Saumtally A, 2012. Identification of three armyworm species (Lepidoptera: Noctuidae) using DNA barcodes and restriction enzyme digestion. *Int. Sugar J.*, 114(1361): 344–349.
- Kara K, Göztaçık C, Mart C, 2007. Note: Tachinid parasitoids (Diptera: Tachinidae) of *Mythimna (Acantholeucania) loreyi* in the southeast Anatolian region of Turkey. *Phytoparasitica*, 35(2): 136–139.
- Khan RM, Sharma SK, Gupta BM, 1972. Appearance of armyworms on wheat crop in outbreak form and their control. *Madras Agric. J.*, 59(11/12): 663–665.
- Lamborn WA, 1914. The agricultural pests of the southern provinces, Nigeria. *Bull. Entomol. Res.*, 5(3): 197–214.
- Lin GX, 1964. Investigation of armyworm overwintering in Pucheng, Fujian province. *Plant Prot.*, 2(6): 260. [林国星, 1964. 粘虫在福建浦城越冬调查. 植物保护, 2(6): 260]
- Ma L, Gao LN, Huang JR, Li GP, Tian CH, Feng HQ, 2016. Comparison of morphological characteristics of *Mythimna separata* (Walker) and *Mythimna loreyi* (Duponchel). *Plant Prot.*, 42(4): 142–146. [马丽, 高丽娜, 黄建荣, 李国平, 田彩红, 封洪强, 2016. 粘虫和劳氏粘虫形态特征比较. 植物保护, 42(4): 142–146]
- Nam HY, Kwon M, Kim HJ, Kim J, 2020. Development of a species diagnostic molecular tool for an invasive pest, *Mythimna loreyi*, using LAMP. *Insects*, 11(11): 817.
- Parchami-Araghi M, 1994. The first record of three parasitoid flies (Dip.: Tachinidae) on *Mythimna loreyi* Dup. (Lep.: Nuctoidae) larva in Iran. *J. Entomol. Soc. Iran*, 14: 19.
- Pati P, Mathur KC, 1986. *Amyotea (Asopus) malabarica* (Fabricius), a predatory bug on leaf feeding pests of rice. *Oryza*, 23(3): 200–201.
- Porcar M, Caballero P, 2000. Molecular and insecticidal characterization of a *Bacillus thuringiensis* strain isolated during a natural epizootic. *J. Appl. Microbiol.*, 89(2): 309–316.
- Qin JY, Lan JJ, Zhang L, Cheng YX, Jiang XF, 2018. Determination of supercooling point and freezing point of larvae and pupae of *Mythimna loreyi* (Duponchel). *China Plant Prot.*, 38(8): 33–38. [秦建洋, 兰建军, 张蕾, 程云霞, 江幸福, 2018. 劳氏粘虫幼虫和蛹过冷却点及结冰点的测定. 中国植保导刊, 38(8): 33–38]
- Qin JY, Liu YQ, Zhang L, Cheng YX, Sappington TW, Jiang XF, 2018. Effects of moth age and rearing temperature on the flight performance of the loreyi leafworm, *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae), in Tethered and free flight. *J. Econ. Entomol.*, 111(3): 1243–1248.
- Qin JY, Zhang L, Liu YQ, Sappington TW, Cheng YX, Luo LZ, Jiang XF, 2017. Population projection and development of the *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) as affected by temperature: Application of an age-stage, two-sex life table. *J. Econ. Entomol.*, 110(4): 1583–1591.
- Sagnia SB, Oumarou S, Harouna A, 1991. Preliminary results on the biology of the rice armyworm, *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, 12(5–6): 641–643.
- Saini SS, 1987. Pest status of armyworms on rice crop in the Punjab. *Indian J. Plant Prot.*, 15(1): 63–64.
- Sato Y, Takahash S, Sakai M, Kodama T, 1980. Attractiveness of the synthetic sex pheromone to the males of the armyworm, *Leucania separata* Walker and the lorey leafworm, *Leucania loreyi* Duponchel (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 15(3): 334–340.
- Sertkaya E, Bayram A, 2005. Parasitoid community of the loreyi leaf worm *Mythimna (Acantholeucania) loreyi*: Novel host-parasitoid associations and their efficiency in the eastern mediterranean region of Turkey. *Phytoparasitica*, 33(5): 441–449.
- Singh R, Mrig KK, Chaudhary JP, 1987. Incidence and survival of *Mythimna* species on cereal crops in Hisar. *Indian J. Agr. Sci.*, 57(1): 59–60.
- Soldán T, Spitzer K, 1983. Some moths recorded at sex pheromone traps in Mitidja, Algeria (Lepidoptera: Tortricidae, Pyralidae,

Noctuidae). *Acta Entomol. Bohemoslov.*, 80(5): 395–398.

Song HY, Li LL, Zhang QQ, Song YY, Zhu ZG, Lu ZB, Yu Y, Men XY, 2021. Southward migration routes of insect species in Shandong province. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 58(3): 592–600. [宋海燕, 李丽莉, 张晴晴, 宋莹莹, 朱振国, 卢增斌, 于毅, 门兴元, 2021. 昆虫经山东省向南迁飞的种类及迁飞路线探讨. *应用昆虫学报*, 58(3): 592–600]

Takahashi S, 1983. Simultaneous attraction of three armyworm species to the synthetic sex pheromone of the rice armyworm, *Pseudaletia separata* (Walker). *Mem. Coll. Agric. Kyoto Univ.*, 122: 37–41.

Takahashi S, Kawaradani M, Sato Y, Sakai M, 1979. Sex pheromone components of *Leucania separata* Walker and *Leucania loreyi* Duponchel. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 23(2): 78–81.

Takahashi S, Kawaradani M, Sato Y, Sakai M, 1980. The components of the female sex pheromone of the lorey leafworm, *Leucania loreyi* Duponchel. *Appl. Entomol. Zool.*, 15(4): 499–501.

Williams CB, 1958. Insect Migration. Collins, London and Glasgow. 65–67.

Wu JT, 1982. Distribution, seasonal occurrence and natural enemies of armyworm attacking rice in China. *Int. Rice Res. Newslett.*, 7(2): 9–10.

Wu JX, Song LD, Wang TQ, Zhang XP, Zhao YW, 2018. First discovery and local harmfulness investigation of *Leucania loreyi* Dup. in Guanzhong corn field of Shanxi province. *Shaanxi J. Agric. Sci.*, 64(12): 31–34. [作均祥, 宋梁栋, 王太泉, 张兴平, 赵玉婉, 2018. 陕西关中玉米田首次发现劳氏粘虫及其在局地危害性调查. *陕西农业科学*, 64(12): 31–34]

Wu YC, 1962. Preliminary studies on *Leucania loreyi* Dup. *Acta Entomol. Sin.*, 11(2): 164. [吴荣宗, 1962. 劳氏粘虫的初步研究. *昆虫学报*, 11(2): 164]

Xiao YT, Wu C, Wu KM, 2019. Agricultural pest control in China over the past 70 years: Achievements and future prospects. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 56(6): 1115–1124. [萧玉涛, 吴超, 吴孔明, 2019. 中国农业害虫防治科技 70 年的成就与展望. *应用昆虫学报*, 56(6): 1115–1124]

Yu ZH, 2019. Effects of Short-term High Temperatures on Growth, Physiological and Biochemical Substances of *Mythimna loreyi*. MSc Thesis, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi. [于志浩, 2019. 短时高温对劳氏粘虫生长与生物物质的影响, 陕西杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文]

Zhang YH, Cheng DF, 2013. Progress in monitoring and forecasting of insect pests in China. *Plant Prot.*, 39(5): 55–61. [张云慧, 程登发, 2013. 突发性暴发性害虫监测预警研究进展. *植物保护*, 39(5): 55–61]

Zhang YN, Wang FH, Xu SW, Yang ZQ, 2019. Application study on the common parasitic natural enemy insects in Beijing. *J. Beijing Vocat. Coll. Agric.*, 33(2): 20–27. [张翌楠, 王福海, 许士文, 杨忠岐, 2019. 北京地区寄生性天敌昆虫及常见种类的应用. *北京农业职业学院学报*, 33(2): 20–27]

Zhang YZ, Han HB, Wang DH, Xu H, Xu LB, Shi L, Liu AP, Zhang CT, 2018. Fauna resource investigation of Tachinidae (Diptera) from the grasslands, Inner Mongolia of China. *J. Environ. Entomol.*, 40(6): 1353–1363. [张怡卓, 韩海斌, 王德慧, 徐浩, 徐林波, 史丽, 刘爱萍, 张春田, 2018. 内蒙古草原寄蝇科昆虫资源调查. *环境昆虫学报*, 40(6): 1353–1363]

Zhao KJ, 1988. A preliminary study on the local occurrence of *Leucania loreyi* Dup. *Entomol. Knowl.*, 25(3): 140–142. [赵魁杰, 1988. 劳氏粘虫地方发生规律初步研究. *昆虫知识*, 25(3): 140–142]

(责任编辑: 赵利辉)