

有害生物动态

Information of Pests

警惕南美番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta*
(Meyrick) 在中国扩散

张桂芬^{1,2*}, 冼晓青^{1,2}, 张毅波^{1,2}, 张 蓉¹, 马德英³, 刘万学^{1,2*},
高有华³, 王 俊⁴, 杨子林⁵, 李庆红⁶, 王玉生¹, 薛延韬¹, 万方浩^{1,2*}

- (1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 农业农村部作物有害生物综合治理
重点实验室, 北京 100193; 2. 农业农村部外来入侵生物预防与控制研究中心, 北京 100193;
3. 新疆农业大学, 乌鲁木齐 830052; 4. 新疆维吾尔自治区植物保护站, 乌鲁木齐 830006;
5. 云南省临沧市植保植检站, 临沧 677099; 6. 云南省植保植检站, 昆明 650034)

摘要 南美番茄潜叶蛾源于南美洲的秘鲁, 是新近侵入中国的一种外来有害生物, 主要为害蔬菜、水果、烟草、粮食作物、糖料作物和杂草等, 嗜食茄科植物, 尤其番茄(包括鲜食番茄、樱桃番茄、加工番茄等)和世界广布性杂草龙葵, 严重发生时导致番茄减产 80%~100%。该虫首次于 2017 年在新疆伊犁被发现, 寄主植物为露地鲜食番茄, 之后又在云南临沧发生, 寄主植物为保护地鲜食番茄。南美番茄潜叶蛾寄主范围广泛, 有 9 科约 40 种, 并极易随农产品(尤其番茄)的贸易活动/调运进行远距离扩散, 严重威胁我国农业产业的安全发展。文章概述了南美番茄潜叶蛾的分布范围、生物学特性、传播途径, 分析了其在我国的发生发展趋势, 并从物种鉴定、生物防治等方面提出了建议, 以期有效防控该虫在我国的进一步扩散提供参考。

关键词 南美番茄潜叶蛾; 外来有害生物; 发展趋势; 传播途径; 物种鉴定

中图分类号: S433.4 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019061

Warning of the dispersal of a newly invaded alien species,
tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick), in China

ZHANG Guifen^{1,2*}, XIAN Xiaoqing^{1,2}, ZHANG Yibo^{1,2}, ZHANG Rong¹, MA Deying³, LIU Wanxue^{1,2*},
GAO Youhua³, WANG Jun⁴, YANG Zilin⁵, LI Qinghong⁶, WANG Yusheng¹, XUE Yantao¹, WAN Fanghao^{1,2*}

- (1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Key Laboratory of Integrated Pest Management of Crop, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Center for Management of Invasive Alien Species, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, Beijing 100193, China;
3. Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 4. Plant Protection Station of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830006, China; 5. Lincang Plant Protection and Quarantine Station, Yunnan Province, Lincang 677099, China; 6. Yunnan Plant Protection and Quarantine Station, Kunming 650034, China)

Abstract The South America tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick), a newly invaded alien species in China, is an extremely damaging leaf-mining moth of South American origin. This moth can damage nearly 40 host species, including vegetables, fruits, tobacco, food crop, sugar crop, as well as weed plants, belonging to nine families. However, it prefers the Solanaceae plants most, especially the tomatoes, containing the fresh marketing tomato, processing tomato and cherry tomato, as well as the black nightshade *Solanum nigrum* L., a worldwide distributed weed species. Under heavy infestation, yield losses of tomatoes in the range of 80%–100% are common. *T. absoluta* was first recorded in Yili, Xinjiang, China in August, 2017 infesting open-field fresh marketing to

收稿日期: 2019-02-13 修订日期: 2019-04-09

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC1200600; 2016YFC1201200); 中国农业科学院科技创新工程项目(caasx-2013-2018-IAS)

* 通信作者 E-mail: 张桂芬 zhangguifen@caas.cn; 刘万学 liuwanyue@caas.cn; 万方浩 wanfanghao@caas.cn

mato plants. Several months later, it was found in Lincang, Yunnan, China, infesting protected-field fresh marketing tomato. *T. absoluta* is small in body size and can be easily carried away via national and international trade actives of agri-products, especially the tomato fruits, which pose a potential threat to the safety production of China's agricultural industry. In the present paper, we summarize the information on the geographic distribution, biological characteristics and pathways of spreading, analyze the development trend in China, and propose biological control measures of *T. absoluta*.

Key words *Tuta absoluta*; invasive alien pests; development trend; pathways of spreading; species identification

南美番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick), 又名番茄潜叶蛾、番茄潜麦蛾、番茄麦蛾, 英文首选通用名称 the tomato leafminer、国际通用名称 the South American tomato moth^[1], 属鳞翅目 Lepidoptera 麦蛾科 Gelechiidae, 原产于南美洲的秘鲁, 是一种世界性检疫性入侵害虫^[1-2]。南美番茄潜叶蛾寄主范围广泛, 可为害蔬菜(如番茄、茄子、甜椒、菜豆、菠菜等)、水果(如樱桃番茄/圣女果、姑娘、人参果等)、粮食作物(如马铃薯)、糖料作物(如甜菜)、烟草以及杂草植物(如龙葵、田旋花等)等, 且扩散迅速, 截至 2017 年 5 月已在南美洲、欧洲、非洲、中美洲、亚洲等的 85 个国家/地区发生, 并在 22 个国家/地区疑似发生, 严重发生时常导致番茄减产 80%~100%^[1, 3-4]。迄今, 该虫既非我国进境植物检疫性有害生物(详见《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》)^[5], 亦未曾被任一出入境检验检疫局截获过(<http://www.haiguan.info>, 2018)。然而, 2017 年 8 月笔者在新疆伊犁进行野外调查时发现该虫严重为害露地番茄^[6]; 翌年 3 月, 又在云南临沧发现其为害保护地番茄。目前南美番茄潜叶蛾仅在我国局部区域发生, 其卵和初孵幼虫个体微小(体长不足 1 mm)^[1, 6], 极易随农产品的国际贸易活动或境内调运进行远距离扩散传播。本文从其地理分布、生物学特性、传播扩散途径、发展趋势及预防控策略等方面进行阐述, 以为有效预防和控制南美番茄潜叶蛾的进一步扩散和为害提供借鉴。

1 地理分布

南美番茄潜叶蛾起源于南美洲西部的秘鲁, 截至 2017 年已在 85 个国家/地区分布, 在 22 个国家/地区疑似发生^[1, 3-4]。包括, 南美洲发生国家 10 个, 疑似发生国家 3 个; 欧洲发生国家 29 个; 非洲发生国家/地区 24 个, 疑似发生国家/地区 14 个; 中美洲发生国家/地区 2 个; 亚洲发生国家/地区 20 个, 疑似发生国家 5 个^[1, 3, 7]。在与我国毗邻的亚洲国家中, 印度、尼泊尔、阿富汗和吉尔吉斯斯坦等为已经

发生国家^[3, 7], 巴基斯坦、塔吉克斯坦、哈萨克斯坦和缅甸等为疑似发生国家^[1, 3]。

2 生物学特性

2.1 寄主植物和为害方式

南美番茄潜叶蛾为多食性害虫, 已报道的寄主植物有 9 科 39 种/属, 其中, 茄科 8 属 17 种, 包括蔬菜、水果、烟草等栽培作物 7 属 8 种(包括种名待定 1 种), 杂草植物 4 属 9 种^[1-2, 8-9]; 豆科 1 属 1 种, 为蔬菜作物^[2]; 锦葵科 1 属 1 种(种名待定)^[2]; 苋科 1 属 1 种, 为杂草植物^[10]; 旋花科 1 属 1 种, 为杂草植物^[10]; 藜科 3 属 3 种, 蔬菜作物、糖料作物和粮食作物各 1 种^[1]; 菊科 1 属 1 种, 为蔬菜作物^[1]; 十字花科 1 属 1 种, 为杂草植物^[1]; 禾本科 1 属 1 种, 为杂草植物^[1]。

南美番茄潜叶蛾主要以幼虫进行为害, 既可潜食叶肉, 也可蛀食果实, 还能为害顶芽及嫩梢嫩茎^[1-2, 11]。幼虫一经孵化即潜入叶片组织中取食叶肉, 初期形成细小的潜道, 之后随着幼虫的生长, 食量增加, 潜道变宽变大, 形成不规则的半透明斑, 进而导致被害叶片皱缩、干枯; 3~4 龄幼虫具有转移叶片或转株为害的习性; 同时, 在潜道一端时常能见到幼虫排泄的黑色粪便(图 1a)。此外, 幼虫还可蛀食果实, 形成孔洞、导致果实畸形, 或招致病菌寄生、引发果实腐烂; 并且, 尤其喜欢在果萼与幼果相接处潜食, 导致果实脱落(图 1b)。



a: 潜食番茄叶片, 示潜道、幼虫及其黑色粪便; b: 蛀食番茄幼果, 示果面及果萼与果实间蛀孔
a: Mining and feeding in tomato leaf, miner, larva and larval faeces indicated;
b: Boring tomato fruit, bored holes on fruit and between the calyx and the fruit indicated

图 1 南美番茄潜叶蛾为害状

Fig. 1 Photographs of damage caused by larvae of *Tuta absoluta*

2.2 生物学特性

在原产地,南美番茄潜叶蛾一年发生 10~12 代^[2,12]。卵散产或 2~3 粒聚产,卵主要产在叶片的正面和背面,亦可产在嫩茎或幼果及果萼处^[13]。在适宜温湿度(温度 26~30℃、相对湿度 60%~75%)条件下,卵期 5~7 d,幼虫期约为 20 d^[1]。蛹期依雌雄性别而异,雌性蛹期 10~11 d,雄性蛹期 11~13 d。在实验室条件下,成虫寿命 30~40 d^[1];在地中海盆地,雌性和雄性成虫寿命分别为 10~15 d 和 6~7 d^[2]。成虫为黄昏活动型,雌虫可多次交配,最多产卵 260 粒^[2,14]。

2.3 传播扩散途径

南美番茄潜叶蛾为小型昆虫,个体小,尤其卵和初孵幼虫体长均不足 1 mm,且潜食或蛀食为害,难以及时发现,因此极易随农产品[尤其茄科果实、幼苗以及观赏型花卉(如珊瑚樱、五彩椒)及其种苗]的贸易活动进行远距离传播扩散^[1-3]。如 2006 年该虫由南美洲侵入到欧洲的西班牙,据推测是随着从智利进口的带虫番茄果实无意引进的^[2, 15];而在欧洲及地中海地区各国间的快速扩散,更是印证了这一事实^[2]。此外,运输工具、装货箱、填充物/包装物

等也是其远距离传播的有效途径^[2-3]。如 2009 年该虫在英国的首次田间暴发,就是由于从意大利和西班牙进口了带虫包装物^[16]。南美番茄潜叶蛾中短距离的扩散,主要是借助自然因素或自身能力,如气流的作用,但其自主飞行能力尚有待进一步研究确证^[2]。此外,受侵染的茄科蔬菜尤其番茄植株幼苗的出售/购买,在其传播扩散中的作用亦不能小觑。

3 防控措施

3.1 物种鉴定

形态鉴别 南美番茄潜叶蛾的发育包括卵、幼虫、蛹和成虫,共计 4 个虫态。其中,卵椭圆形或近圆柱形,长约 0.4 mm,乳白色或淡黄色(图 2a),近孵化时为黑褐色。幼虫 4 个龄期,初孵幼虫为白色,后随取食部位而变为绿色(取食叶片)或淡粉色(取食成熟果实)(图 2b);老熟幼虫化蛹前体色变淡,胴部背面粉红色明显,体长 10~12 mm。蛹初期为淡绿色或棕绿色(图 2c),后变为栗褐色,近羽化时变为深褐色。成虫体长约 10 mm,棕褐色、灰褐色或淡灰褐色,鳞片银灰色,触角丝状,鞭节黑白相间,下唇须发达(图 2d, e)。其他详细特征参见 CABI^[1]、Imenes 等^[11]。



a: 卵; b: 幼虫(3龄); c: 蛹, 侧面观; d: 成虫, 背面观; e: 成虫, 侧面观
a: Egg; b: Larva (3rd instar); c: Pupa, lateral view; d: Adult, dorsal view; e: Adult, lateral view

图 2 南美番茄潜叶蛾卵、幼虫、蛹和成虫特征

Fig. 2 Photographs of egg, larva, pupa, and adults of *Tuta absoluta*

分子鉴定 近年来,基于 DNA 条形码的物种识别技术多用于南美番茄潜叶蛾的鉴定。如, Toševski 等以 2010—2011 年来自 3 个不同区域的田间性信息素诱集样本为靶标,以 CO I 基因 5'端(LCO1490/HCO2198)和 3'端(C1J-2195/L2-N-3014)通用型引物分别进行 PCR 扩增,以及碱基序列测定和数据库比对分析,确证了该虫在塞尔维亚

的发生^[17]。又如 2016 年,Visser 等以在南非共和国姆普马兰加省(Mpumalanga province, Republic of South Africa)诱集到的样本为供试材料,采用 DNA 条形码通用型引物 LCO1490 和 HCO2198,通过系统发育分析对样本进行检测识别,明确了该虫在南非的首次发生^[18];同年,Mutamiswa 等以来自博茨瓦纳东北区(North-East District, Botswana)的样

本为检测对象,采用 DNA 条形码引物 LCO1490/HCO2198,确定了该虫已入侵博茨瓦纳^[19]。与此同时,基于 CO I 标记的靶向南美番茄潜叶蛾的物种特异性 SS-CO I (species-specific CO I) 检测鉴定技术体系已研发成功^[20];利用该技术,通过特定条带的有无就能对该虫进行准确鉴定,无需碱基序列测定,既快捷又方便。

3.2 生物防治

利用天敌是控制南美番茄潜叶蛾发生与为害的主要措施之一,也是首选。在南美洲的巴西,两地三年的调查结果显示,当地有 8 种寄生性天敌昆虫,其中,膜翅目小蜂科的 *Spilochalcis* sp. 为优势种类,种群数量多、分布范围广、且寄生率高^[21];从哥伦比亚引进的短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* Riley, 亦表现非凡^[22]。而在南美洲的其他国家,该种害虫的寄生性天敌除短管赤眼蜂外,还有赤眼蜂 *T. exiguum* Pinto & Platner^[23-24]、寡节小蜂科的 *Dineulophus phthorimaeae* (De Santis)^[25],以及绒茧蜂属 *Apanteles*、齿腿姬蜂属 *Pristomerus* 等属的种类^[1];此外,还有捕食性天敌瓢甲科盔唇瓢虫属 *Chilocorus* 的种类^[26] 和小卷蛾斯氏线虫 *Steinernema carpocapsae* Agriotis^[27-28] 等亦具有较好的控制效果。另据 Biondi 等报道,芙新姬小蜂 *Neochrysocharis formosa* (Westwood) 无论是在原产地还是在入侵地均可寄生南美番茄潜叶蛾幼虫^[15];而在欧洲,烟盲蝽 *Nesidiocoris tenuis* Reuter、Macrolophus pygmaeus Rambur 和小盲蝽属种类 *Dicyphus* spp. 对该种害虫的卵和幼龄幼虫均具有较好的控制作用^[29]。目前,南美番茄潜叶蛾在我国尚处于种群建立阶段,因此其详细的天敌种类及其利用价值尚需加快研究。

4 发展趋势

南美番茄潜叶蛾主要随番茄果实、幼苗,以及茄科花卉植物等的贸易活动或调运传播扩散。基于对南美番茄潜叶蛾不同入侵阶段风险的定性评估,及其入侵风险的半定量分析,该虫不仅传入我国的可能性极大,而且还能在我国大部分番茄产区以及马铃薯种植区域定殖,属于具有极高风险的外来入侵害虫(其综合风险值 $R > 2.5$)^[30-31],应将其增补列入《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》。加之,在与我国西北和西南毗邻的国家当中,南美番茄潜叶蛾已分别在 4 个国家发生和疑似发生^[1, 3-4, 7],这些国家

与我国陆上接壤,或是我国“一带一路”战略实施的重要节点国家、战略合作伙伴(中国—中亚),或是已正式建成自由贸易区(中国—东盟),农产品贸易往来日益频繁;同时,我国西南和西北边境区域边民互市交易日趋活跃(番茄果实和幼苗亦包括其中)^[31]。此外,尽管迄今尚未有该虫被截获的记录,然而近 5 年来,我国时有新鲜或冷藏番茄和马铃薯的进口记录,而且旅客携带是截获进境番茄有害生物的主要来源,并且约有 40% 的截获记录来自疫区国家(<http://www.haiguan.info>)^[31]。这些均为该虫的再次传入及进一步入侵提供了先机。

尽管目前南美番茄潜叶蛾仅在我国局部区域发生,其具体来源亦有待进一步考证。然而,其最嗜食的寄主植物—番茄,也是我们寻常百姓家的最爱,既可作为水果直接鲜食(即生食),也可作为蔬菜或调味品略施加工或深加工后食用(即熟食)。而且我国番茄无论是种植面积还是产量均位居世界前列(<http://www.fao.org/faostat>)^[31],其中,新疆是我国加工番茄主产区,主要以番茄制品,即番茄酱,出口亚洲、非洲、欧洲、美洲、大洋洲等多个地区^[32-33]。云南是我国重要的商品蔬菜主产区、全国南菜北运基地之一,同时也是冬春季番茄的重要产区,其盛产的鲜食番茄、樱桃番茄/圣女果,不仅销往全国各地,更是远销到东南亚国家以及港澳台地区,其年出口量约占全国番茄出口总量的 1/3^[34-36]。鉴于此,我们应在南美番茄潜叶蛾已发生区域及其前沿扩散带,加强监管和防控工作,严防其进一步传播扩散,保障我国农业安全、经济安全以及农产品贸易安全。

参考文献

- [1] CABI. Invasive Species Compendium, *Tuta absoluta* (tomato leaf-miner) datasheet [EB/OL]. (2019-01-04)[2019-06-03]. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/49260#toPictures>.
- [2] DESNEUX N, WAJNBERG E, WYCKHUYS K A G, et al. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control [J]. Journal of Pest Science, 2010, 83: 197-215.
- [3] CAMPOS M R, BIONDI A, ADIGA A, et al. From the Western Palaearctic region to beyond: *Tuta absoluta* ten years after invading Europe [J]. Journal of Pest Science, 2017, 90: 787-796.
- [4] 张桂芬, 刘万学, 万方浩, 等. 世界毁灭性检疫害虫番茄潜叶蛾的生物生态学及危害与控制 [J]. 生物安全学报, 2018, 27(3): 155-163.
- [5] 国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国进境植物检疫性

- 有害生物名录(更新至 2017 年 6 月, 441 种)[EB/OL]. (2017-06-14)[2019-02-10]. http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/zvfg/gfxwj/dzwjy/201706/t20170614_490858.htm.
- [6] 张桂芬, 马德英, 刘万学, 等. 中国新发现外来入侵害虫——南美番茄潜叶蛾(鳞翅目: 麦蛾科)[J]. 生物安全学报, 2019, 28(3): 200-203.
- [7] UULU T E, ULUSOY M R, ÇALIŞKAN A F. First record of tomato leafminer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in Kyrgyzstan [J]. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 2017, 47(2): 285-287.
- [8] ABBES K, HARBI A, ELIMEM M, et al. Bioassay of three solanaceous weeds as alternative hosts for the invasive tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and insights on their carryover potential [J]. African Entomology, 2016, 24: 334-342.
- [9] TROPEA GARZIA G, CASTAÑÉ C, PERDIKIS D. *Physalis peruviana* L. (Solanaceae), a host plant of *Tuta absoluta* in Italy [J]. IOBC/WPRS Bulletin, 2009, 49: 231-232.
- [10] BAWIN T, DUJEU D, DE BACKER L, et al. Ability of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) to develop on alternative host plant species [J]. The Canadian Entomologist, 2016, 148: 434-442.
- [11] IMENES S D L, UCHÔA-FERNANDES M A, CAMPOS T B, et al. Aspectos biológicos e comportamentais da trata do tomateiro *Scrobipalpus absoluta* (Meyrick, 1917), (Lepidoptera-Gelechiidae) [J]. Arquivos do Instituto Biológico, Sao Paulo, 1990, 57(1/2): 63-68.
- [12] MARTINS J C, PIKANÇO M C, BACCI L, et al. Life table determination of thermal requirements of the tomato borer *Tuta absoluta* [J]. Journal of Pest Science, 2016, 89: 897-908.
- [13] COCCO A, DELIPERI S, LENTINI A, et al. Seasonal phenology of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected and open-field crops under Mediterranean climatic conditions [J]. Phytoparasitica, 2015, 43: 713-724.
- [14] UCHÔA-FERNANDES M A, LUCIA T M C D, VILELA E F. Mating, oviposition and pupation of *Scrobipalpus absolute* (Meyr.) (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil, 1995, 24(1): 159-164.
- [15] BIONDI A, GUEDES R N C, WAN Fanghao, et al. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: Past, present, and future [J]. Annual Review of Entomology, 2018, 63: 239-258.
- [16] FERA. FERA confirms the first outbreak in the UK of *Tuta absoluta*-the South American tomato moth [EB/OL]. (2014-09-04)[2019-06-03]. <http://www.fera.defra.gov.uk/showNews.cfm?id=402>.
- [17] TOŠEVSKI I, JOVIĆ J, MITROVIĆ M, et al. *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae): a new pest of tomato in Serbia [J]. Pesticides and Phytomedicine (Belgrade), 2011, 26(3): 197-204.
- [18] VISSER D, UYS V M, NIEUWENHUIS R J, et al. First records of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in South Africa [J]. BioInvasions Records, 2017, 6(4): 301-305.
- [19] MUTAMISWA R, MACHEKANO H, NYAMUKONDIWA C. First report of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in Botswana [J]. Agriculture & Food Security, 2017, 6: 49.
- [20] 张桂芬, 刘万学, 郭建洋, 等. 重大潜在入侵害虫番茄潜叶蛾的 SS-COI 快速检测技术 [J]. 生物安全学报, 2013, 22(2): 80-85.
- [21] UCHÔA-FERNANDES M A, DE CAMPOS W G. Parasitoids of larvae and pupae of the tomato worm *Scrobipalpus absolute* Meyrick, 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. Revista Brasileira de Entomologia, 1993, 37(3): 399-402.
- [22] HAJI F N P. Controle biológico da trata do tomateiro com *Trichogramma* no Nordeste do Brasil [M]//PARRA J R P, ZUCCHI R A. Trichogramma e o controle biológico aplicado. Piracicaba: FEALQ, Brazil, 1997: 319-324.
- [23] BERTI J, MARCANO R. Preference of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for different aged eggs of various hosts [J]. Boletim de Entomologia Venezolana, 1991, 6(2): 77-81.
- [24] AMAYA NAVARRO M. Biological control of *Scrobipalpus absolute* (Meyrick) by *Trichogramma* sp. in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. Colloques De Linna, 1988(43): 453-458.
- [25] LARRAIN S P. Assessment of total mortality and parasitism by *Dineulophus phthorimaeae* (De Santis) (Hym, Eulophidae) in larvae of the tomato moth *Scrobipalpus absolute* (Meyrick) [J]. Agricultura Tecnica, 1986, 46(2): 227-228.
- [26] VASICEK A L. Natural enemies of *Scrobipalpus absolute* Meyr. (Lep.-Gelechiidae) [J]. Revista de la Facultad de Agronomia, Universidad Nacional de la Plata, 1983, 59(1/2): 199-200.
- [27] PRADA R M A, GUTIERREZ P J. Preliminary contribution to the microbiological control of *Scrobipalpus absolute* (Meyrick), with *Neoaplectana carpocapsae* Weiser and *Bacillus thuringiensis* Berl. on tomato *Lycopersicon esculentum* Mill [J]. Acta Agronomica, 1974, 24(1/4): 116-137.
- [28] JIMÉNEZ R M, GALLO D P, SILVA V E. Susceptibility of various species of lepidopterous larvae to the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* [J]. IDESIA, 1989, 11: 49-51.
- [29] JAWORSKI C C, CHAILLEUX A, BEAREZ P, et al. Apparent competition between major pests reduces pest population densities on tomato crop, but not yield loss [J]. Journal of Pest Science, 2015, 88: 793-803.
- [30] XIAN Xiaoqing, HAN Peng, WANG Su, et al. The potential invasion risk and preventive measures against the tomato leafminer *Tuta absoluta* in China [J]. Entomologia Generalis, 2017, 36(4): 319-333.

- [31] 洗晓青, 张桂芬, 刘万学, 等. 世界性入侵害虫番茄潜麦蛾入侵我国的风险分析[J]. 植物保护学报, 2019, 46(1): 49-55.
- [32] 中商情报网. 中国番茄加工行业现状研究分析[EB/OL]. (2013-08-13)[2019-02-10]. <http://www.askci.com/news/201308/13/131403033111.shtml>.
- [33] 中国日报网. 2017年中国出口番茄酱情况分析[EB/OL]. (2017-12-29)[2019-02-10]. <https://baijiahao.baidu.com/s? id=1588083521510977518&wfr=spider&for=pc>.
- [34] 搜狐网. 云南蔬菜在全国的地位和作用[EB/OL]. (2017-09-23)[2019-02-10]. https://www.sohu.com/a/194066297_721269.
- [35] 搜狐网. 一图带你看懂云南番茄产业布局[EB/OL]. (2018-11-20)[2019-02-10]. http://www.sohu.com/a/276793344_656712.
- [36] 中商情报网. 2017年中国番茄出口数据分析: 云南出口量最多[EB/OL]. (2018-02-21)[2019-02-10]. <https://baijiahao.baidu.com/s? id=1593000204245534799&wfr=spider&for=pc>.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 247 页)

- [21] 肖汉祥, 刘明津, 李燕芳, 等. 广东稻区褐飞虱对烯啶虫胺和呋虫胺的敏感性测定[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(6): 1369-1373.
- [22] 张欧, 王京安, 顾辉, 等. 湖北省稻飞虱抗药性试验研究[J]. 湖北植保, 2018(5): 11-12.
- [23] 余慧灵, 向兴, 袁贵鑫, 等. 溴氰虫酰胺亚致死剂量对甜菜夜蛾生长发育及体内解毒酶活性的影响[J]. 昆虫学报, 2015, 58(6): 634-641.
- [24] 倪珏萍. 褐飞虱室内活性测定法的优化与应用[J]. 药科学与管理, 2007, 28(8): 36-41.
- [25] BAN Lanfeng, ZHANG Shuai, HUANG Ziyang, et al. Resistance monitoring and assessment of resistance risk to pymetrozine in *Laodelphax striatellus* (Hemiptera: Delphacidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2012, 105(6): 2129-2135.
- [26] ZHANG Kai, ZHANG Wei, ZHANG Shuai, et al. Susceptibility of *Sogatella furcifera* and *Laodelphax striatellus* (Hemiptera: Delphacidae) to six insecticides in China [J]. Journal of Economic Entomology, 2014, 107(5): 1916.
- [27] ZHANG Xiaomin, TAO Yunli, CHI H, et al. Adaptability of small brown planthopper to four rice cultivars using life table and population projection method[J/OL]. Scientific Reports, 2017, 7: 42399.
- [28] 庞雄飞. 种群数量控制指数及其应用[J]. 植物保护学报, 1990, 17(1): 11-16.
- [29] LIU Zewen, HAN Zhaojun. Fitness costs of laboratory-select-

ed imidacloprid resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) [J]. Pest Management Science, 2010, 62(3): 279-282.

- [30] 刘泽文, 韩召军, 王荫长. 褐飞虱抗有机磷品系的交互抗性及其适合度研究[J]. 南京农业大学学报, 2001, 24(4): 37-40.
- [31] 李建, 周彩荣, 余永红. 新烟碱类杀虫剂——Nitenpyram [J]. 河南化工, 2004(8): 4-6.
- [32] WANG Yanhua, CHEN Jin, ZHU Yucheng, et al. Susceptibility to neonicotinoids and risk of resistance development in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) [J]. Pest Management Science, 2008, 64(12): 1278-1284.
- [33] 孙慧, 杨春河. 新型杀虫剂烯啶虫胺[J]. 精细与专用化学品, 2009, 17(11): 16-18.
- [34] 刘玉坤, 陈宇, 席春虎. 5种药剂对稻飞虱防治效果评价[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(8): 57.
- [35] 汤爱兵. 溴氰菊酯对稻褐飞虱繁殖力的影响[J]. 江西植保, 2007, 30(2): 70-71.
- [36] WANG Pan, ZHOU Lilin, YANG Fan, et al. Sublethal effects of thiamethoxam on the demographic parameters of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2017, 110(4): 1750-1754.
- [37] 刘淑华, 杨保军, 刘双, 等. 亚致死剂量吡虫啉和吡蚜酮对褐飞虱生物适合度的影响[J]. 中国水稻科学, 2012, 26(3): 361-364.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 280 页)

- [9] 李伟平. 新型白及组培快繁体系的建立及总酚含量测定研究[D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2013.
- [10] 赵艳霞, 邓雁如, 张晓静, 等. 白及属药用植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2013(8): 1137-1145.
- [11] 汤逸飞, 阮川芬, 应晨, 等. 白及属植物化学成分与药理作用研究进展[J]. 中草药, 2014(19): 2864-2872.
- [12] 孙爱静, 庞素秋, 王国权. 中药白及化学成分与药理活性研究进展[J]. 环球中医药, 2016(4): 507-511.
- [13] 梅再胜, 吕晓妮, 徐天鹏, 等. 茶树菇栽培过程中的七个主要问题及防治技术[J]. 科学种养, 2016(11): 33-34.
- [14] 龙开道. 棘跳虫在百合上的发生规律及防治技术初探[J]. 中国植保导刊, 2004, 24(9): 5-7.

- [15] 刘永清, 龙开道. 芋田棘跳虫的发生特点及防治技术[J]. 中国植保导刊, 2005(8): 19-20.
- [16] 菇讯. 杏鲍菇菇疣跳虫防治技术[J]. 农家之友, 2015(12): 57.
- [17] 朱富春. 食用菌跳虫的发生规律及综合防治措施[J]. 食用菌, 2012(5): 310-311.
- [18] 曹丹丹. 松材线虫病死木隐翅虫及其与寄主间化学信息联系机制研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2014.
- [19] 吴才祥. 跳虫对天麻的危害与防治[J]. 中国食用菌, 2001(4): 21-22.
- [20] 梁玉勇, 田战强. 微孔防虫膜防治天麻跳虫为害的试验[J]. 食用菌, 2009(2): 64-65.

(责任编辑: 杨明丽)