

世界性害虫番茄潜麦蛾入侵我国的风险分析

洗晓青^{1,2} 张桂芬^{1,2} 刘万学^{1,2} 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, 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)

摘要: 为评估原产于南美洲的世界性毁灭害虫——番茄潜麦蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 入侵我国的可能性和风险, 应用有害生物风险分析方法对其进行风险评估, 即对番茄潜麦蛾的不同入侵阶段风险进行定性分析, 并应用多指标综合评价方法, 从其国内外的发生现状、潜在的经济危害性、受害作物的经济重要性、入侵我国的可能性以及风险管理的难度等方面进行入侵风险的半定量分析。结果表明, 番茄潜麦蛾虽然目前我国还没有分布, 但在我国大部分番茄产区都可以存活和定殖, 是一种具有高度潜在威胁的有害生物; 其入侵我国的风险评估值 R 为 2.64, 属于极高风险性农业有害生物。故此建议将其增补列入《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》, 在新疆、云南、广西等边境省区开展预防性监测, 并加强对该种害虫的检验检疫力度, 严防其传入我国。

关键词: 番茄潜麦蛾; 风险分析; 植物检疫; 早期监测

Risk assessment of the invasion of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) into China

Xian Xiaoqing^{1,2} Zhang Guifen^{1,2} Liu Wanxue^{1,2} Wan Fanghao^{1,2*}

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, 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, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to evaluate the potential risk of invasion of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick), native to South America, into China, qualitative analysis of possible risk during different invasion stages and semi-quantitative analysis of the whole invasion were performed in this study. Semi-quantitative assessment included the present occurrence in the world, potential economic harm, and the economic importance of the damaged host plants, as well as the possibility of invasion into China and the difficulty of risk management. The results showed that *T. absoluta* could survive in and colonize most tomato-producing areas of China mainland although it is not distributed in China at present; the risk assessment value of its invasion into China was 2.64, and it was classified as an agricultural pest with very high risk. Therefore, it is suggested that it be added to the List of Quarantine Pests in Imported Plants of the People's Republic of China, for preventive monitoring in border provinces or autonomous regions such as Xinjiang, Yunnan and Guangxi, to strengthen the inspection and quarantine of this pest so as to strictly prevent its introduction into China.

Key words: *Tuta absoluta* (tomato leafminer); risk analysis; plant quarantine; early monitoring

番茄潜麦蛾 *Tuta absoluta* 属鳞翅目麦蛾科, 是世界番茄产业的重要害虫。该虫原产于南美洲, 自

2006年首次入侵西班牙以来,在欧洲和地中海地区迅速扩散为害,并对当地的番茄产业造成了巨大的经济损失。世界上已有近90多个国家和地区报道其发生和为害(Desneux et al., 2011; Campos et al., 2017; Uulu et al., 2017)。番茄潜麦蛾于2010年起开始入侵中亚和东南亚的部分国家(Tonnang et al., 2015),与我国西北和西南边境接壤的国家如俄罗斯、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、巴基斯坦、印度、尼泊尔、孟加拉国等先后发现该虫为害(Campos et al., 2017; Uulu et al., 2017),并有进一步扩散的趋势(Biondi et al., 2018)。目前,番茄潜麦蛾正逐步向我国西北和西南的边境地区逼近,对我国番茄主要种植区域构成潜在威胁。

番茄潜麦蛾主要为害茄科植物,其中番茄 *Lycopersicon esculentum* 是其主要的栽培寄主植物,龙葵 *Solanum nigrum* 是其主要的野生寄主植物。此外,还可以为害马铃薯 *S. tuberosum*、茄子 *S. melongena*、辣椒 *Capsicum annuum*、烟草 *Nicotiana tabacum*、人参果 *S. muricatum*、枸杞 *L. hirsutum* 等其它人工栽培植物(Desneux et al., 2010; Bawin et al., 2016; CABI, 2018)。我国是继美国、欧盟之后的番茄第3大生产地区,也是全球最重要的番茄制品生产国和出口国(<http://www.fao.org/statistics>, 2018)。目前我国虽然还未发现番茄潜麦蛾,但是如果该虫在番茄种植区域暴发成灾,将会对当地的番茄产业造成毁灭性灾难,其潜在的危害性也难以估量。

番茄潜麦蛾在与我国西部和南部省区接壤的8个国家已有发生,对当地番茄种植产业造成严重的经济损失并且有继续蔓延扩散的趋势,我国大陆地区属于该虫发生的高风险地区(Biondi et al., 2018)。因此,有必要分析其入侵我国的风险(鞠瑞亭等, 2005)。有害生物风险分析(pest risk analysis, PRA)是植物检疫的重要内容,也是植物检疫的支撑技术之一,包括开始、风险评估和风险管理3个阶段(李志红和秦誉嘉, 2018)。有害生物风险评估是PRA的关键阶段,一般认为风险评估方法包括定性评估和定量评估。本研究对番茄潜麦蛾在我国传入、定殖、扩散和经济影响的风险进行定性分析,同时应用多指标综合评价方法,从其国内外的发生现状、潜在的经济危害性、受害作物的经济重要性、入侵我国的可能性以及风险管理的难度等方面对番茄潜麦蛾入侵我国的风险进行半定量分析,明确该虫入侵我国的风险等级,以期提出其早期监测预警和检验检疫等方面的风险管理建议方案提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

风险评估中所涉及的数据包括我国进口新鲜或冷藏的番茄和马铃薯记录、2014—2017年我国进境番茄(不包括番茄种子)有害生物截获记录、番茄年平均收获面积和年平均产量,分别来源于海关信息网(<http://www.haiguan.info>, 2018)、中国国家有害生物检疫信息平台(<http://www.pestchina.com>, 2018)和联合国粮农组织的统计数据(<http://www.fao.org/fao-stat>, 2018)。鲜食番茄调运记录主要通过查询大型综合和专业生鲜电商网站,包括阿里巴巴、淘宝、多点、每日优鲜、京东到家、盒马鲜生、中粮我买网等。

1.2 方法

1.2.1 番茄潜麦蛾入侵我国的定性风险分析

传入可能性分析:根据番茄潜麦蛾在其它国家的历史传播过程与扩散情况,结合我国进口新鲜或冷藏的番茄和马铃薯记录以及2014—2017年我国进境番茄(不包括番茄种子)有害生物截获记录,分析其可能传入我国的途径和媒介;根据其在周边国家的发生情况和寄主植物产品的贸易情况分析其可能首次传入的地区。

定殖可能性分析:基于CLIMEX软件预测获得的番茄潜麦蛾在我国的适生区分布范围(马菲等, 2011; Xian et al., 2017),结合我国目前番茄栽培方式及周期,分析其在我国各地区定殖的可能性。

扩散可能性分析:统计整理获得的鲜食番茄调运记录,结合我国鲜食番茄运输和交易概况以及马铃薯种薯携带该虫的可能性,分析其扩散可能性。

潜在的经济影响分析:该虫为害鲜食番茄和加工番茄,在原产地造成的产量损失高达80%~100%(Desneux et al., 2011)。根据联合国粮农组织统计资料和其造成的产量损失比例,结合我国番茄年平均收获面积和年平均产量,分析其入侵我国之后对番茄产业造成的可能经济损失。

1.2.2 番茄潜麦蛾入侵我国的半定量风险分析

本研究采用多指标综合评价方法对番茄潜麦蛾入侵我国的风险进行半定量分析。首先,参照蒋青等(1995)建立的有害生物风险性评估体系,构建番茄潜麦蛾的风险综合评估指标体系。该评价指标体系共有5个一级指标(P_1)和15个二级指标。5个一级指标分别是我国分布情况(P_1)、潜在的经济危害性(P_2)、寄主植物的经济重要性(P_3)、传播可能性(P_4)和危险性管理难度(P_5);15个二级指标分别为国内分布情况(P_{11})、潜在的经济价值(P_{21})、是否为其它检疫性有害生物的传播媒介(P_{22})、国外重视程

度(P_{23})、受害栽培寄主种类(P_{31})、受害栽培寄主种植面积(P_{32})、受害栽培寄主的特殊经济价值(P_{33})、截获难易(P_{41})、运输中有害生物的存活率(P_{42})、国外分布(P_{43})、国内适应范围(P_{44})、传播力(P_{45})、检验鉴定难度(P_{51})、除害处理难度(P_{52})、根除难度(P_{53})。依据15个二级指标的判断标准对其进行科学客观的量化赋值,并根据有害生物风险分析计算公式(韦远华等,2017)对各项一级风险评价指标(P_i)和总风险 R 值进行计算。 $R = \sqrt[5]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5}$,其中, $P_2 = 0.6P_{21} + 0.2P_{22} + 0.2P_{23}$; $P_3 = \text{Max}(P_{31}, P_{32}, P_{33})$; $P_4 = \sqrt[5]{P_{41} \times P_{42} \times P_{43} \times P_{44} \times P_{45}}$; $P_5 = (P_{51} + P_{52} + P_{53})/3$ 。最后,将计算出的 R 值,按照我国农业有害生物的危险程度标准进行分级(董丹丹等,2011)。当 $R < 1.0$ 时,无风险,风险等级为I级;当 $1.0 \leq R < 1.5$ 时,为低风险,风险等级为II级;当 $1.5 \leq R < 2.0$,为中风险,风险等级为III级;当 $2.0 \leq R < 2.5$,为高风险,风险等级为IV级;当 $2.5 \leq R < 3.0$,为极高风险,风险等级为V级。

2 结果与分析

2.1 番茄潜麦蛾入侵我国的定性风险分析

2.1.1 传入可能性

从番茄潜麦蛾在欧洲和地中海地区的入侵历史过程来看:长距离扩散为害主要通过寄主植物产品(鲜食或冷藏番茄)的贸易;而短距离扩散主要依靠幼虫爬行和成虫飞行,常见于相邻田块和/或温室之间的转移,但未见其成虫飞翔能力的详细报道。番茄潜麦蛾的卵和幼虫个体较小,如卵为圆柱形,大小仅为 $0.36 \text{ mm} \times 0.22 \text{ mm}$;为害初期比较隐蔽,外观观察上很难发现;成虫可在果萼上产卵,初孵幼虫钻入果实为害,在长途运输的冷藏条件下,卵和幼虫均可保持活力。产品载体工具如鲜食番茄的包装盒,尤其是重复利用的包装盒,该虫可在包装盒内化蛹;产品包装设备、产品异地包装、交通工具也都可能附着成虫和成为其蛹藏匿场所;新鲜番茄苗的幼苗嫩茎和叶上也可携带其卵和初孵幼虫。因此,寄主植物如番茄、马铃薯、茄子等的种苗或果实等农产品贸易和异地调运,以及跨区/境游客尤其是国际航班携带鲜食番茄都可能导致番茄潜麦蛾的传入。

从我国进口新鲜或冷藏的番茄和马铃薯记录来看:2014—2017年我国只有2批新鲜或冷藏的番茄进口,即2015、2017年分别从意大利和法国经北京口岸进入国内;14批新鲜或冷藏的马铃薯进口,分别从北京、青岛、大连、哈尔滨、兰州和西宁这6个口岸进入国内。鉴于我国进口番茄的官方记录极少,番茄潜麦蛾通过鲜食或冷藏的番茄贸易经海关传入

的可能性较低。2014—2017年我国进境番茄有害生物截获记录表明,携带检疫性有害生物的批次以旅检为主,其中近40%的截获记录来源于番茄潜麦蛾已经发生的国家,包括法国、俄罗斯、埃及、伊朗、阿联酋、意大利、印度等。此外,我国西南和西北的边境地区有多个边民互市点,存在新鲜番茄果实或植株的小额贸易。由此推测,该虫可能传入我国大陆地区的主要途径:一是没有官方记录的新鲜或冷藏的番茄跨境贸易;二是通过国际交通运输工具跨境有意或无意地携带番茄果实或植株。

可能首次传入的地区:第一是我国新疆边境地区,尤其是与哈萨克斯坦和塔吉克斯坦接壤的进境口岸周边的番茄种植区。新疆是连接我国和中亚地区的农产品贸易交通枢纽,其部分大田地区属于适生性分布区,而且新疆冬季有大面积的设施番茄种植,可为该虫越冬繁殖提供有利的气候条件。第二是云南和广西边境地区。这些地区与东南亚国家的农产品贸易交往频繁,边境和边民互市贸易较多,而且周边部分国家已有该虫发生为害。第三是环渤海湾地区,如北京、大连、青岛等。这些口岸均有从已发生国家进口新鲜番茄和马铃薯的记录。

2.1.2 定殖可能性

基于GLIMEX软件预测结果分析,在自然环境下,山东、河北南部、陕西南部、甘肃南部、四川中部及其以南省区都适合该虫生存;在设施农业条件下,该虫也可顺利在新疆和东北地区的温室中存活。我国的番茄产业在各种保护地的设施栽培与露地配套条件下,通过调节播种期已经实现了番茄周年生产、供应和上市,这为番茄潜麦蛾的周年繁殖提供了有利条件。因此,该虫在我国的大部分番茄种植区域都可以存活和定殖。

2.1.3 扩散可能性

我国的番茄消费以鲜食为主,国内鲜食番茄调运频繁。除青海、宁夏、西藏、香港、澳门、台湾等省区外,均有鲜食番茄的网上交易记录。鲜食番茄储存和运输的温度范围多为 $4 \sim 13^\circ\text{C}$,在运输过程中不会对番茄潜麦蛾的存活造成不利影响。我国各省(自治区/直辖市)之间和内部的番茄种苗调运十分频繁,这也是该虫传播扩散的一条重要途径。2016年我国启动马铃薯主粮化战略,马铃薯种植面积扩大,种薯调运频繁。番茄潜麦蛾虽然不直接为害马铃薯块茎,但是幼虫取食块茎上的新发嫩叶,所以也有可能随马铃薯块茎及种薯传带扩散。

2.1.4 潜在的经济影响

根据联合国粮农组织的统计资料,2000年以来

我国番茄的种植、加工和出口处于持续增长态势,我国是世界番茄种植面积和产量最多的国家,近20年我国已经成为全球最重要的番茄制品生产国和出口国。番茄是番茄潜麦蛾的主要田间寄主植物。我国2009—2016年番茄年平均收获面积为96.7万 hm^2 ,年平均产量为5 042.5万t。番茄潜麦蛾可直接取食番茄果实,导致产量和品质严重降低,通过取食伤口还可导致其它病菌的二次侵害,被害严重的番茄果实,完全失去商业价值。按照新鲜番茄收购价1元/kg、为害率10%计算,给我国农民造成的直接经济损失将超过50亿元。

综上所述,番茄潜麦蛾可以通过寄主植物产品及其包装载体、交通运输工具等有意或无意跨境贸易的途径传入;首次可能传入地包括新疆、云南、广

西以及环渤海湾地区,均为我国番茄主产区;进入我国大陆后可在大部分番茄种植区存活并定殖,随寄主植物产品贸易的长距离扩散能力强,易造成潜在的巨大经济损失。因此,番茄潜麦蛾入侵我国的风险级别高。

2.2 番茄潜麦蛾入侵我国的半定量风险分析

2.2.1 风险综合评估指标体系构建与指标赋值

本研究构建的番茄潜麦蛾的风险综合评估指标体系包括5个一级指标15个二级指标(表1)。根据番茄潜麦蛾在我国的分布情况、可能造成的潜在的经济影响、寄主植物的重要性、传播与扩散的可能性以及风险管理难度的实际情况,对番茄潜麦蛾风险综合评估指标体系中的15个二级指标进行逐一赋值,各指标的赋分理由和具体分值如表1所示。

表1 番茄潜麦蛾入侵我国风险的半定量风险评估
Table 1 Semi-quantitative risk analysis of *Tuta absoluta* in China

一级指标 Primary index	二级指标 Secondary index	判断标准 Assessment standard	赋值分 Valuation	赋分理由 Reason
中国分布情况 (P_1)	-	中国无分布, $P_1=3$; 0<分布面积 $\leq 20\%$, $P_1=2$; $20\% <$ 分布面积 $\leq 50\%$, $P_1=1$; 分布面积 $> 50\%$, $P_1=0$	3	中国无分布 No distribution in China
Distribution in China (P_1)		No distribution, $P_1=3$; 0<distribution area in China $\leq 20\%$, $P_1=2$; $20\% <$ distribution area in China $\leq 50\%$, $P_1=1$; distribution area in China $> 50\%$, $P_1=0$		
潜在的经济危害性(P_2)	潜在的经济价值(P_{21})	据预测,造成产量损失达20%以上或严重降低产品质量, $P_{21}=3$; 5%<产量损失 $\leq 20\%$, 和/或有较大质量损失, $P_{21}=2$; 1%<产量损失 $\leq 5\%$, 和/或有较小质量损失, $P_{21}=1$; 产量损失 $\leq 1\%$, 且对质量无影响, $P_{21}=0$	3	可造成番茄80%~100%产量损失 80%~100% production loss caused in the invading areas
Potential economic harm (P_2)	Potential economic value (P_{21})	As estimated, production loss $> 20\%$ or serious reduction in product quality, $P_{21}=3$; 5%<production loss $\leq 20\%$ and/or large reduction in product quality, $P_{21}=2$; 1%<production loss $\leq 5\%$ and/or low reduction in product quality, $P_{21}=1$; production loss $\leq 1\%$ and no reduction in product quality, $P_{21}=0$		
	其它检疫性有害生物的传播媒介(P_{22})	可传带3种以上的检疫性有害生物, $P_{22}=3$; 传带2种, $P_{22}=2$; 传带1种, $P_{22}=1$; 不传带任何检疫性有害生物, $P_{22}=0$	0	不传带任何检疫性有害生物 Medium of no quarantine pest
	Medium of other quarantine pests (P_{22})	Medium of over three quarantine pests, $P_{22}=3$; medium of two quarantine pests, $P_{22}=2$; medium of one quarantine pest, $P_{22}=1$; medium of no quarantine pest, $P_{22}=0$		
	国外重视程度(P_{23})	如被20个以上的国家列为检疫性有害生物名录, $P_{23}=3$; 19~10个国家, $P_{23}=2$; 9~1个国家, $P_{23}=1$; 无, $P_{23}=0$	3	超过20个国家被列入检疫性有害生物名录 In the quarantine pest lists of over 20 countries
	Great importance in foreign countries (P_{23})	In the quarantine pest lists of over 20 countries, $P_{23}=3$; in the quarantine pest lists of 10~19 countries, $P_{23}=2$; in the quarantine pest lists of 1~9 countries, $P_{23}=1$; none, $P_{23}=0$		
寄主植物的经济重要性(P_3)	受害栽培寄主种类(P_{31})	受害的农作物栽培寄主达10种以上, $P_{31}=3$; 寄主为9~5种, $P_{31}=2$; 寄主为4~1种, $P_{31}=1$; 无, $P_{31}=0$	3	受害的栽培寄主超过10种 Over 10 infected crops
Economic importance of host plants (P_3)	Number of infected host plants (P_{31})	Over 10 infected crops, $P_{31}=3$; 5~9 infected crops, $P_{31}=2$; 1~4 infected crops, $P_{31}=1$; no infected crops, $P_{31}=0$		
	受害栽培寄主种植面积(P_{32})	受害农作物栽培寄主种植总面积达350万 hm^2 以上, $P_{32}=3$; 350万~150万 hm^2 , $P_{32}=2$; 小于150万 hm^2 , $P_{32}=1$; 无, $P_{32}=0$	3	我国的番茄种植面积大于350万 hm^2 Planting area of tomato in China is over 3.5 million hm^2
	Planting area of infected host plants (P_{32})	Planting area of infected host plants: over 3.5 million hm^2 , $P_{32}=3$; 150~350 million hm^2 , $P_{32}=2$; less than 1.5 million hm^2 , $P_{32}=1$; none, $P_{32}=0$		

续表1 Continued

一级指标 Primary index	二级指标 Secondary index	判断标准 Assessment standard	赋值分 Valuation	赋分理由 Valuation reason
传播可能性 (P_4) Spread possibility (P_4)	受害栽培寄主的特殊经济价值(P_{33}) Specialeconomic value of infected host plants (P_{33})	根据其应用价值、出口创汇等方面,由专家判断定级, P_{33} 为3、2、1、0 It is judged and scored by the experts according to the practical application value and exportation exchange of host plants. P_{33} is classified as 0, 1, 2 and 3	3	我国是世界上非常重要的番茄制品出口国家 China is an vary important exporting country of tomato products
	截获难易(P_{41}) Interception difficulty (P_{41})	有害生物经常被截获, $P_{41}=3$;偶尔被截获, $P_{41}=2$;从未截获或历史上只截获过少数几次, $P_{41}=1$;因现有检验技术原因,本项不设0级 Frequently intercepted, $P_{41}=3$; occasionally intercepted, $P_{41}=2$; never intercepted or only in small number, $P_{41}=1$. There is no 0 level for this item due to existing inspection technology	1	在欧洲和地中海地区经常被截获,在我国由于未在检疫名录上,故从未有被截获的记录 Often intercepted in Europe and the Mediterranean countries; not in plant quarantine pests list in China; no interception in China
	运输中有害生物的存活率(P_{42}) Survival rate in transportation (P_{42})	运输中有害生物的存活率 $>40\%$, $P_{42}=3$;10% $<$ 存活率 $\leq 40\%$, $P_{42}=2$;0 $<$ 存活率 $\leq 10\%$, $P_{42}=1$;存活率为0, $P_{42}=0$ Survival rate in transportation $>40\%$, $P_{42}=3$; 10% $<$ survival rate in transportation $\leq 40\%$, $P_{42}=2$; 0 $<$ survival rate in transportation $\leq 10\%$, $P_{42}=1$; no survival rate in transportation, $P_{42}=0$	3	番茄运输中几乎无死亡,存活率在40%以上 Almost no death during tomato transportation, over 40% survival rate
	国外分布(P_{43}) Distribution in foreign countries (P_{43})	在世界50%以上国家有分布, $P_{43}=3$;50% \leq 分布国家 $<25\%$, $P_{43}=2$;25% \leq 分布国家 <0 , $P_{43}=1$;无分布, $P_{43}=0$ In over 50% countries, $P_{43}=3$; 50% \leq distribution countries $<25\%$, $P_{43}=2$; 25% \leq distribution countries <0 , $P_{43}=1$; no distribution, $P_{43}=0$	3	世界上近40%的国家有分布 Distributed in 40% countries all over the world
	国内适生区(P_{44}) Potential distribution in China (P_{44})	在国内50%以上的地区适生, $P_{44}=3$;50% \leq 国内适生地区 $<25\%$, $P_{44}=2$;25% \leq 国内适生地区 <0 , $P_{44}=1$;无, $P_{44}=0$ Survival in over 50% Chinese area, $P_{44}=3$; 50% \leq survival in Chinese area $<25\%$, $P_{44}=2$; 25% \leq survival in Chinese area <0 , $P_{44}=1$; none, $P_{44}=0$	3	国内大部分地区都是潜在适生区 Potentially distributed in most areas of China
	传播力(P_{45}) Transmission ability (P_{45})	气传有害生物, $P_{45}=3$;由活动力很强的介体传播的有害生物, $P_{45}=2$;土传及传播力很弱的有害生物, $P_{45}=1$;该项不设0级 Airborne pest, $P_{45}=3$; pest with active media transmission, $P_{45}=2$; soilborne pest and pest with weak transmission, $P_{45}=1$. There is no 0 level for this item	2	主要通过番茄果实和种苗的人为运输传播 Transported mainly by tomato fruit and seedling
	危险性管理难度(P_5) Risk management difficulty (P_5)	检验鉴定的难度(P_{51}) Plant inspection and identification difficulty (P_{51})	现有检验鉴定方法的可靠性很低,花费的时间很长, $P_{51}=3$;检验鉴定方法非常可靠且简便快速, $P_{51}=0$;介于二者之间,偏向于3, $P_{51}=2$;介于二者之间,偏向于0, $P_{51}=1$ The inspection and identification methods: low reliability and time-consuming, $P_{51}=3$; very reliable, simple and fast, $P_{51}=0$; between the above two, towards 3, $P_{51}=2$; between the above two, towards 0, $P_{51}=1$	2
除害处理的难度(P_{52}) Treatment difficulty (P_{52})		现有除害处理几乎完全不能杀死有害生物, $P_{52}=3$;除害率 $<50\%$, $P_{52}=2$;50% \leq 除害率 $<100\%$, $P_{52}=1$;除害率为100%, $P_{52}=0$ After disinfection treatments, barely is killed, $P_{52}=3$; disinfection rate $<50\%$, $P_{52}=2$; 50% \leq disinfection rate $<100\%$, $P_{52}=1$; 100% disinfection rate, $P_{52}=0$	3	现有的除害处理方法几乎完全不能杀死有害生物 After disinfection treatments, barely is killed
根除难度(P_{53}) Eradication difficulty (P_{53})		田间防治效果差,成本高,难度大, $P_{53}=3$;田间防治效果显著,成本很低,简便, $P_{53}=0$;介于二者之间,偏向于3, $P_{53}=2$;介于二者之间,偏向于0, $P_{53}=1$ Poor control effect in fields, with high cost, difficult, $P_{53}=3$; good control effect in fields, with low cost, difficult, $P_{53}=0$; between the above two, towards 3, $P_{53}=2$; between the above two, towards 0, $P_{53}=1$	3	防治效果成本较高,有较强抗药性 Poor control effect in fields with high cost, strong resistance to current pesticides

2.2.2 半定量分析结果

根据有害生物风险分析公式,分别计算出番茄潜麦蛾的一级风险指标值。其中,中国分布情况 $P_1=3.00$,潜在的经济危害性 $P_2=0.6P_{21}+0.2P_{22}+0.2P_{23}=2.40$,寄主植物的经济重要性 $P_3=\text{Max}(P_{31}, P_{32}, P_{33})=3.00$,传播可能性 $P_4=\sqrt[5]{P_{41} \times P_{42} \times P_{43} \times P_{44} \times P_{45}}=2.22$,危险性管理难度 $P_5=(P_{51}+P_{52}+P_{53})/3=2.67$ 。因此,番茄潜麦蛾的综合风险值 $R=\sqrt[5]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5}=2.64$,表明番茄潜麦蛾入侵我国的风险级别属于极高风险(V级)。

3 讨论

番茄潜麦蛾幼虫个体小、早期为害隐蔽性强,为害症状与斑潜蝇相似,不易被及时发现与准确识别;成幼虫可随鲜食番茄的果实和番茄植株的调运进行长距离传播与扩散,容易导致异地突发为害案例;此外,该虫抗药性强,对有机磷类、拟除虫菊酯类、阿维菌素、巴丹、邻甲酰氨基苯甲酰胺类,以及生物源药剂多杀菌素、印楝素、几丁质合成抑制剂等多种药剂都产生了抗性(张桂芬等,2018)。因此,该虫在首次入侵地区极易造成绝产绝收,对当地的番茄产业带来巨大的经济损失。鉴于此,世界上许多国家都将其列为检疫对象。在自然条件下,番茄潜麦蛾的地理分布主要受冬季低温的限制,但是我国有大面积的冬季保护地,可以实现终年繁殖和为害。对于番茄潜麦蛾这种高风险性入侵害虫,应该引起足够的重视,提前制定风险管理方案。

建议将番茄潜麦蛾增补到《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》,加强检疫监管,防止其传入和扩散。欧盟、美国、加拿大、澳大利亚等国已相继将其列为检疫性有害生物。2004年,EPPO将该虫列入A1类检疫名单(在EPPO地区尚未发生的检疫性有害生物);自2006年西班牙首次发现该虫后,EPPO将该虫从A1名单移到A2名单(在地区局部发生的检疫性有害生物)(EPPO,2017)。美国农业部动植物检疫局多次发布联邦法令,针对番茄潜麦蛾不断更新对其产品实行管制措施的进口国名单,对来自疫区国家的番茄果实实行严格限制(USDA-APHIS,2018)。加拿大食品检验局对来自疫区的番茄采取严格检疫措施,并且从疫区国家进口的番茄果实不允许再出口至美国(CFIA,2016)。澳大利亚农林渔业部、生物安全局针对该虫修订了荷兰番茄和欧盟辣椒、青椒的进口条件,此类商品必须附有出口国国家植保组织签发的植物检疫证书,注明

该批货物产地无番茄潜麦蛾发生或已对该批货物实行有效处理措施。巴基斯坦在2016年将其列入国家对外检疫名单(<http://www.tutaabsoluta.com>,2016)。基于番茄潜麦蛾极易造成毁灭性危害的特点,以及在中亚和东南亚国家的入侵为害和扩散态势,建议将其列为高风险的检疫性植物有害生物,实施严格的产地检疫、入境检疫、调运检疫及跟踪检疫,严禁携带有该虫的番茄果实和种苗等调运。

建议建立区域性监测网络,在其可能传入和发生的地区进行性诱剂定点监测。鉴于该虫已经在我国西北和西南边境的周边国家,包括哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、巴基斯坦、印度、孟加拉国等亦有该种害虫严重发生和为害,蛀果潜叶钻蛀为害且对化学药剂的抗性极强,并且已经对当地的番茄种植业造成了毁灭性损失,严重威胁我国番茄和马铃薯产业的健康发展。因此,基于该虫的主要传播和扩散途径及方式,亟待在其发生前沿区域、以及我国西部周边的云南、广西、新疆等省区的番茄种植主产区进行严密监测;尤其需要在“一带一路”框架的“六廊六路和多国多港”的境内沿线的关键节点(来源地的农产品贸易和人员流动的高发区)的周边生境进行重点长期监测;同时加强对国内茄科蔬菜、花卉、产品及其种苗的检验检疫,建立该虫的全国区域性监测网络,严防该虫传入我国。

针对番茄潜麦蛾入侵我国的高风险区内从事植物保护和植物检疫的技术人员,全面开展对番茄潜麦蛾的为害症状识别、成虫及幼虫形态学特性和分子生物学鉴定技术等培训工作。由于番茄潜麦蛾的早期为害症状与斑潜蝇的为害症状类似,成虫外观又与我国的进境植物检疫性有害生物马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* (Zeller)容易混淆,因此在田间发生为害情况下和进出口植物检疫过程中,技术人员都很难准确而快速地识别该虫。目前COI条形码识别技术是快速准确地鉴定番茄潜麦蛾的主要方法(张桂芬等,2013)。此外,进行番茄潜麦蛾为害症状识别和物种鉴定培训还可以提高植物保护和植物检疫基层工作人员对该虫可能传入的警惕性,争取做到早发现早防治,以减少该虫对我国番茄产业造成的经济损失。

参 考 文 献 (References)

- Bawin T, Dujeu D, de Backer L, Francis F, Verheggen FJ. 2016. Ability of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) to develop on alternative host plant species. *The Canadian Entomologist*, 148(4):

- 434-442
- Biondi A, Guedes RNC, Wan FH, Desneux N. 2018. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present and future. Annual Review of Entomology, 63: 239-258
- Campos MR, Biondi A, Adiga A, Guedes RNC, Desneux N. 2017. From the western Palaearctic Region to beyond: *Tuta absoluta* 10 years after invading Europe. Journal of Pest Science, 90(3): 787-796
- Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 2016. General phytosanitary import requirements for fresh pepper and tomato fruit from the world. <http://www.inspection.gc.ca>
- Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI). 2018. Invasive species compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/49260>
- Desneux N, Luna MG, Guillemaud T, Urbaneja A. 2011. The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. Journal of Pest Science, 84(4): 403-408
- Desneux N, Wajnberg E, Wyckhuys KAG, Burgio G, Arpaia S, Narváez-Vasquez CA, González-Cabrera J, Ruescas DC, Tabone E, Frandon J, et al. 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. Journal of Pest Science, 83(3): 197-215
- Dong DD, Liu CH, Fan XC, Sun HS, Zhang GH, Wang ZY. 2011. Risk analysis of grape phylloxera *Viteus vitifoliae* Fitch in China. Plant Quarantine, 25(1): 21-26 (in Chinese) [董丹丹, 刘崇怀, 樊秀彩, 孙海生, 张国海, 王忠跃. 2011. 葡萄根瘤蚜在中国的风险性分析. 植物检疫, 25(1): 21-26]
- European and Mediterranean Plant Protection (EPPO). 2017. EPPO A2 List of pests recommended for regulation as quarantine pests. <https://www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm>
- Jiang Q, Liang YB, Wang NY, Yao WG. 1995. Study on the quantitative analysis methods of pest hazard assessment. Plant Quarantine, 9(4): 208-211 (in Chinese) [蒋青, 梁忆冰, 王乃扬, 姚文国. 1995. 有害生物危险性评价的定量分析方法研究. 植物检疫, 9(4): 208-211]
- Ju RT, Peng ZQ, Yin LP, Du YZ, Xu Y. 2005. Risk analysis of alien invasive pest, *Brontipisa longissima* (Gestro), in China. Journal of Plant Protection, 32(3): 246-250 (in Chinese) [鞠瑞亭, 彭正强, 印丽萍, 杜予州, 徐颖. 2005. 入侵害虫椰心叶甲在中国的风险性分析. 植物保护学报, 32(3): 246-250]
- Li ZH, Qin YJ. 2018. Review on the quantitative assessment models for pest risk analysis and their comparison. Plant Protection, 44(5): 134-145 (in Chinese) [李志红, 秦誉嘉. 2018. 有害生物风险分析定量评估模型及其比较. 植物保护, 44(5): 134-145]
- Ma F, Zhang JH, Yu YX, Cao YX, Duan SN. 2011. *Tuta absoluta*. Plant Quarantine, 25(5): 55-58 (in Chinese) [马菲, 张俊华, 于艳雪, 曹逸霞, 段胜男. 2011. 番茄麦蛾. 植物检疫, 25(5): 55-58]
- Tonnang HEZ, Mohamed SF, Khamis F, Ekesi S. 2015. Identification and risk assessment for worldwide invasion and spread of *Tuta absoluta* with a focus on Sub-Saharan Africa: implications for phytosanitary measures and management. PLoS ONE, 10(8): e0135283
- United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service (USDA-APHIS). 2018. Federal import orders. <https://www.aphis.usda.gov/aphis>
- Uulu TE, Ulusoy MR, Çalışkan AF. 2017. First record of tomato leafminer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in Kyrgyzstan. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 47(2): 285-287
- Wei YH, Qin WQ, Huang SC, Yu FY. 2017. Risk analysis of *Octodonta nipae* in Hainan Province. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 37(8): 42-45, 67 (in Chinese) [韦远华, 覃伟权, 黄山春, 余凤玉. 2017. 水椰八角铁甲在海南的风险性分析. 热带农业科学, 37(8): 42-45, 67]
- Xian XQ, Han P, Wang S, Zhang GF, Liu WX, Desneux N, Wan FH. 2017. The potential invasion risk and preventive measures against the tomato leafminer *Tuta absoluta* in China. Entomologia Generalis, 36(4): 319-333
- Zhang GF, Liu WX, Guo JY, Zhang YB, Wan FH. 2013. Species-specific COI primers for rapid identification of *Tuta absoluta* (Meyrick), a significant, potential alien species. Journal of Biosafety, 22(2): 80-85 (in Chinese) [张桂芬, 刘万学, 郭建洋, 张毅波, 万方浩. 2013. 重大潜在入侵害虫番茄潜叶蛾的SS-COI快速检测技术. 生物安全学报, 22(2): 80-85]
- Zhang GF, Liu WX, Wan FH, Xian XQ, Zhang YB, Guo JY. 2018. Bioecology, damage and management of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), a worldwide quarantine pest. Journal of Biosafety, 27(3): 155-163 (in Chinese) [张桂芬, 刘万学, 万方浩, 洗晓青, 张毅波, 郭建洋. 2018. 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. 生物安全学报, 27(3): 155-163]

(责任编辑:李美娟)