我国首次发现外来入侵害虫欧洲辣椒螟*

杨俊伟[1**] 陈金翠[2] 吴 迪[1] 陈 婷[2] 袁菲蔓[2] 程 波[3] 李金萍[1]
宫亚军[2] 崔建臣[1] 董 杰[1] 张加勇[1***] 魏书军[2***]

（1. 北京市植物保护站，北京 100029；2. 北京市农林科学院，北京 100097；3. 北京市密云区植物保护站，北京 404019）

摘 要 **【目的】** 对北京市密云区种植园内发现的危害草莓的新害虫进行种类鉴定，掌握该虫的危害情况与发生规律，采取有效措施进行防控。**【方法】** 通过形态学和分子生物学手段进行物种鉴定，观察该虫的危害特点，在受害园区交替喷施乙基多杀菌素和苏云金杆菌进行防控。**【结果】** 形态和分子鉴定结果表明该害虫为欧洲辣椒螟 *Duponchelia fovealis*（鳞翅目：草螟科：斑野螟亚科）。该虫原产南欧和地中海东部地区，目前已经扩散至除澳大利亚大陆外的世界主要大陆，在我国尚属首次报道，是入侵我国的一种新害虫。欧洲辣椒螟食性广，寄主植物包括草莓、辣椒、玉米、绿萝等 65 科的 140 多种植物，幼虫可取食植物嫩叶、茎和果实。在北欧和北美地区常对设施栽培的作物和花卉以及露地种苗造成危害。幼虫常隐藏于土壤中，不易被发现。在我国首次发现该虫的北京市密云区东邵渠镇园区内，约 35%的草莓植株受害。通过交替喷施 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂 30 mL/667 m^2（2 000 倍液）和苏云金杆菌可湿性粉剂 G033A 32 000 IU/mg 100 g/667 m^2（600 倍液），受害园区内的种群得到控制。**【结论】** 欧洲辣椒螟已入侵我国，建议有关部门加强检疫和监测，若发现需尽早采取有效防控措施，以减轻该虫造成的危害。

关键词 欧洲辣椒螟；入侵害虫；北京；草莓；防控

First report of an invasive pest, the European pepper moth *Duponchelia fovealis*, in China

YANG Jun-Wei[1**] CHEN Jin-Cui[2] WU Di[1] CHEN Ting[2] YUAN Fei-Man[2]
CHEN Bo[3] LI Jin-Ping[1] GONG Ya-Jun[2] CUI Jian-Chen[1]
DONG Jie[1] ZHANG Jia-Yong[1***] WEI Shu-Jun[2***]

(1. Beijing Plant Protection Station, Beijing 100029, China; 2. Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 3. Miyun District Plant Protection Station, Beijing 404019, China)

Abstract **[Aim]** To identify a new pest damaging strawberries on a farm in Miyun District, Beijing, understand its impact and occurrence, and implement effective control measures. **[Methods]** The species was identified through morphological and molecular identification and the damage caused by it was observed. A prevention and control experiment was carried out by alternately spraying spinetoram SC and *Bacillus thuringiensis* at the affected farm. **[Results]** The pest was the European pepper moth, *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae). Native to Southern Europe and the Eastern Mediterranean, this moth has now spread to all major continents except Australia. This is the first report of this species in China as an invasive pest. Larvae of this pest are polyphagous and feed on over 140 crops from 65 plant families, including strawberry, pepper, and golden pothos. The larvae feed on the tender leaves, stems, and fruits of plants. *D. fovealis* often attacks crops and flowers grown in greenhouses and outdoor nurseries in Northern Europe and North America. Larvae are often hidden in the soil, making them difficult to detect. On the farm on which this pest was first reported in China, about 35%

*资助项目 Supported projects：北京市乡村振兴农业科技项目（NY2401150024，NY2502110025）

**第一作者 First author，E-mail：yangjunwei_2019@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors，E-mail：zhjiayong@sina.com；shujun268@163.com

收稿日期 Received：2025-04-15；接受日期 Accepted：2025-06-27

of strawberry plants had been damaged by it. The population of this moth in Miyun was successfully controlled by alternately spraying 60 g/L spinetoram SC (equivalent to 30 mL/667 m^2; 2 000-fold dilution) and *Bacillus thuringiensis* wettable powder G033A 32 000 IU/mg 100 g/acre (600-fold dilution). **[Conclusion]** The European pepper moth is now present in China. Therefore, it is recommended that the relevant authorities strengthen quarantine and monitoring measures for this pest. If further outbreaks are detected, effective prevention and control measures should be implemented promptly to mitigate damage to agricultural crops and horticultural plants.

Key words *Duponchelia fovealis*; invasive pest; Beijing; strawberry; pest control

欧洲辣椒螟 *Duponchelia fovealis*，别名南欧沼泽螟，属鳞翅目 Lepidoptera，螟蛾总科 Pyraloidea，草螟科 Crambidae，斑野螟亚科 Spilomelinae，是一种多食性昆虫，可取食多种蔬菜、水果、大田作物和花卉等，幼虫可取食寄主植物的叶子、茎、根和花，常对设施栽培的作物造成危害（CABI, 2020; Rodríguez-Vázquez *et al.*, 2023; Copeman and Frank, 2024）。该虫起源于南欧和地中海东部，现在遍布欧洲大部分地区、中东、北非、南美和北美（Molnár *et al.*, 2018; CABI, 2020）。目前，全球范围关于欧洲辣椒螟造成的经济损失的报道相对较少，但有一项报道指出由于欧洲辣椒螟危害长寿花，可以直接导致单个种植者损失约 25 万美元（Bethke *et al.*, 2013）。草莓在全球多个国家广泛种植，已有报道欧洲辣椒螟会严重为害草莓，造成产量损失（Efil *et al.*, 2014; De Menezes *et al.*, 2019; Padilla-Jiménez *et al.*, 2021）。

2024 年 12 月，作者在北京市密云区草莓种植园发现一种取食草莓的鳞翅目幼虫，经形态和分子鉴定，确定为新入侵我国的欧洲辣椒螟。本文就欧洲辣椒螟的形态、鉴定、为害特征和防控技术进行了研究，讨论了该虫的分布、传播途径、生物学特征和防控难点，以期为该虫在我国的早期监测和科学防治提供依据。

1　材料与方法

1.1　形态和分子鉴定

使用蔡司体视显微镜（SteREO Discovery V20，德国 Carl Zeiss AG）观察北京市密云区采集到的标本的形态学特征并拍摄照片，参考已有的形态学描述对种类进行鉴定（CABI, 2020; Copeman and Frank, 2024）。

使用线粒体 CO Ⅰ（Cytochrome oxidase subunit Ⅰ）分子标记对种类进行分子鉴定。选取 3 头汇源生态农业园区草莓根部附近基质中采集的幼虫，使用 95%的无水乙醇将幼虫充分洗净后，用剪刀剪取腹部一个体节用于 DNA 提取。分别将每个体节放入每孔含 90 μL PureLink Digestion Buffer（Thermo Fisher Scientific）和 20 μL 蛋白酶 K（天根生化科技（北京）有限公司）及 1 个直径 2 mm 钢球的 200 μL 离心管，使用高通量组织研磨仪对组织进行研磨后消化 3 h，每孔加入 90 μL PureLink Digestion Buffer，吹打混匀。在 58 ℃，950 r/min 的金属浴孵育振荡 30 min 后，4 000 r/min 离心 5 min，吸取 150 μL 上清液，将其加入含有 75 μL 磁珠的 200 μL 离心管内，室温下静置孵育 15 min，在磁力架上静置 3 min，去除上清液后，用 80%无水乙醇洗涤 2 次，每孔加入 100 μL Tris 洗脱 DNA，取含有 DNA 的上清液用于 PCR 扩增。

PCR 反应体系总体积为 15 μL，含 Buffer (Mg^{2+}) 1.5 μL，dNTPs 1.5 μL，上下游引物各 0.6 μL，LA Taq 酶（TAKARA，日本）0.2 μL，模板 DNA 1.5 μL，加 ddH_2O 补充总体积至 15 μL。使用改自 Hebert 等（2004）的引物 LEPF1（5′-ATTCAACCAATCATAAAGATATTGG-3′）和 LEPR1（5′-TAAACTTCTGGATGTCCAAAAAATCA-3′）进行扩增，由生工生物工程（上海）股份有限公司合成。扩增程序为 94 ℃预变性 1 min；98 ℃变性 10 s，53 ℃退火 30 s，72 ℃延伸 45 s，40 个循环；最后修复延伸 10 min。PCR 扩增产物送至北京生工生物工程（上海）股份有限公司使用 ABI 3730xl 测序仪（赛默飞世尔科技）进行双端测序。

获得DNA测序结果后，利用SnapGene v6.02软件对序列的测序峰图进行人工核对，将DNA序列提交到NCBI数据库（https://www.ncbi.nlm.nih.gov）中进行Blast比对（Nucleotide blast），以初步进行物种鉴定。然后，通过系统发育分析的方法对物种进行鉴定。从NCBI数据库下载螟蛾总科的线粒体COⅠ基因序列，选取包含本研究所测定区域的同源序列用于分析。下载使用的数据需在同行评审期刊上发表的论文里使用过，或者序列对应的标本经螟蛾分类专家鉴定。来自同一个国家的相同序列，只保留一条。共使用欧洲辣椒螟、斜纹窗野螟 *Torulisquama obliquilinealis*、*Metasia celaenophaes*、草地螟 *Loxostege sticticalis*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、玉米螟 *Ostrinia furnacalis*、桃蛀螟 *Dichocrocis punctiferalis*、二化螟 *Chilo suppressalis*、豆荚螟 *Maruca testulalis*、条螟 *Chilo sacchariphagus* 10个螟蛾科物种的COⅠ序列进行分析。使用MEGA12软件（Kumar *et al.*, 2024）中的ClustalW对DNA序列进行序列比对（Thompson *et al.*, 1994）。在MEGA12软件中，利用最大简约（Maximum parsimony）法基于Tree-Bisection-Reconnection（TBR）模型构建系统发育树（Kannan and Wheeler, 2012），重复1 000次Bootstrap检验，计算各个节点的支持率。用MEGA11软件基于Maximum composite likelihood模型分析序列之间的遗传距离。

1.2 发生为害调查

对北京市密云区东邵渠镇受害园区（40°17′N，116°55′E）欧洲辣椒螟发生情况进行调查，根据园区草莓种植特点，采用平行线法进行逐行调查，共计调查360个点位，每点位调查10株。

对北京市13个涉农区进行普查，以草莓为重点调查作物，兼顾设施蔬菜和种苗，采用访问调查、田间踏查和室内检测3种方法。首先向相关企业、种植户询问了解疑似欧洲辣椒螟的发生地点和为害情况，根据访问调查结果，结合日常监测情况，确定调查地块，至少覆盖各区主要草莓种植基地。然后采用平行线法对选定的棚室进行田间踏查，每个棚室至少调查3个样点，每个样点至少调查10株，发现疑似为害状记录田间监测结果。对疑似害虫进行采样，带回实验室进行种类鉴定。

1.3 防控措施与防效调查

2024年12月19日，在受害园区内使用60 g/L乙基多杀菌素悬浮剂30 mL/667 m^2（2 000倍液）整株均匀喷药，施药3 d后调查防效。在2025年1月6日、23日2次喷施苏云金杆菌可湿性粉剂G033A 32 000 IU/mg 100 g/667 m^2（600倍液）。施药7 d后在害虫为害中心区采取对角线调查法，共选取60个点位，每个点位调查10株（张扬等, 2012）。采用直接观察法观察草莓叶片、茎秆、花朵等部位的欧洲辣椒螟数量，对于地下部分，小心挖取0-10 cm草莓根系分布层及以根系为中心半径5 cm范围内的土壤，观察欧洲辣椒螟的数量和分布情况。计算单位植株上的虫口密度，与施药前的虫口密度进行对比，以评估防控效果。同时仔细观察欧洲辣椒螟的活动状态、形态特征等，如欧洲辣椒螟是否有死亡、昏迷、行动迟缓等现象。记录具有这些状态的虫量，以此判断药剂对欧洲辣椒螟的防治效果。

1.4 欧洲辣椒螟分布

通过文献和CABI（国际农业与生物科学研究中心）获取欧洲辣椒螟的分布数据（CABI and Eppo, 2023）。

2 结果与分析

2.1 分子鉴定结果

对目标害虫的3个样本COⅠ序列进行扩增后，将其与10种螟蛾科物种的已知COⅠ序列进行序列比对，结果表明该序列在螟蛾科物种中具有高度保守性，可作为螟蛾科害虫初步分类的分子标记（图1）。测序的3个样本与10个螟蛾科物种COⅠ序列高度相似，遗传距离与欧洲辣椒螟 *Duponchelia fovealis* 最近，分别为0.009 16、0.013 76和0.021 47，与样本序列遗传距离第二近的序列对应的物种是螟蛾科一物种 *Metasia celaenophaes*（表1）。系统发育分析结果表明，

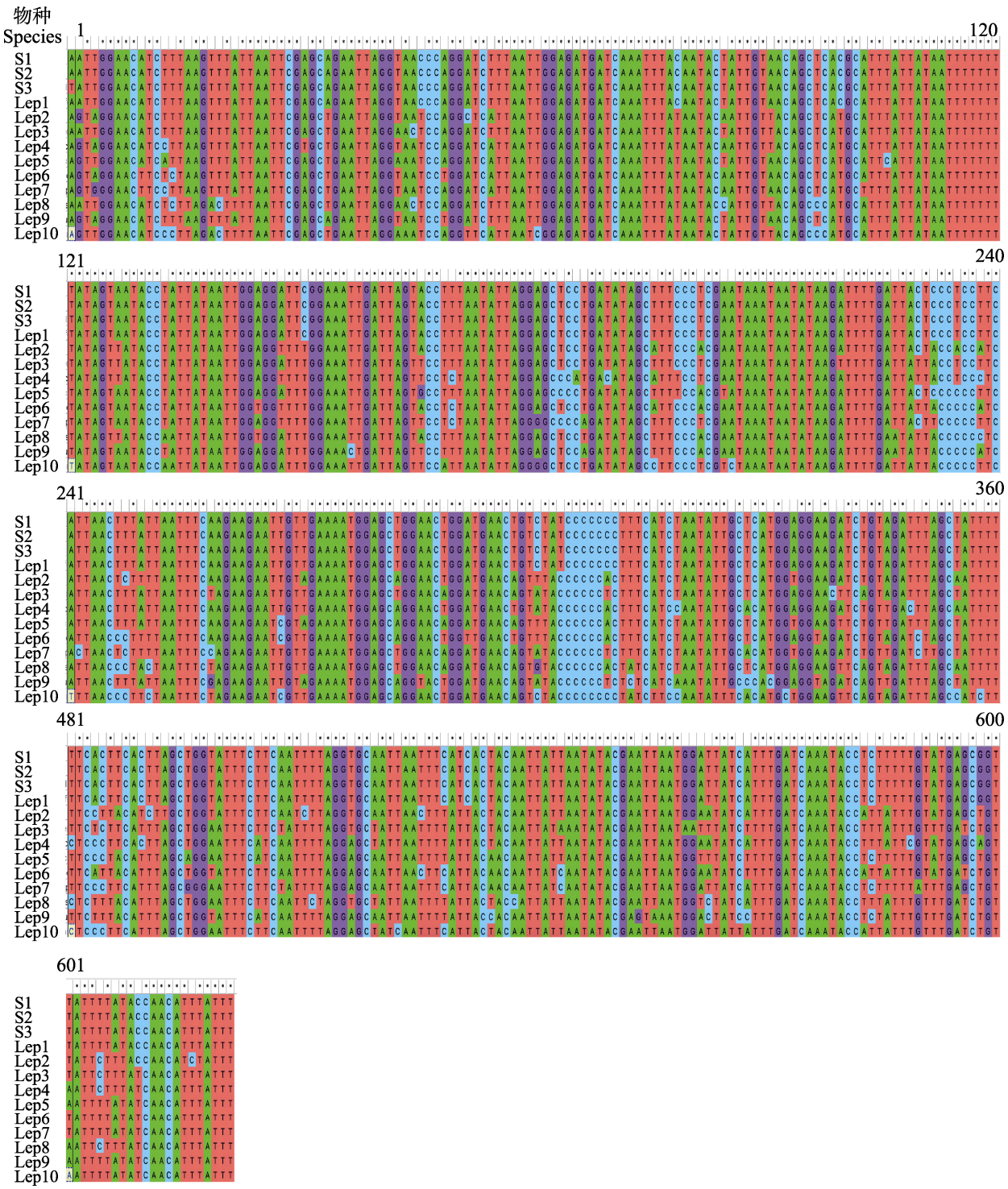

图 1　欧洲辣椒螟 CO Ⅰ序列及其与 10 个螟蛾科害虫序列的比对图

Fig. 1　Sequencing of CO Ⅰ sequences of *Duponchelia fovealis* and their comparison with sequences of 10 species in the Pyralidae

S1：样本 1；S2：样本 2；S3：样本 3；Lep1：欧洲辣椒螟；Lep2：斜纹窗野螟；Lep3：*Metasia celaenophaes*；Lep4：草地螟；Lep5：稻纵卷叶螟；Lep6：玉米螟；Lep7：桃蛀螟；Lep8：二化螟；Lep9：豆荚螟；Lep10：条螟。*表示保守位点。

S1: Sample 1; S2: Sample 2; S3: Sample 3; Lep1: *D. fovealis*; Lep2: *Torulisquama obliquilinealis*; Lep3: *Metasia celaenophaes*; Lep4: *Loxostege sticticalis*; Lep5: *Cnaphalocrocis medinalis*; Lep6: *Ostrinia furnacalis*; Lep7: *Dichocrocis punctiferalis*; Lep8: *Chilo suppressalis*; Lep9: *Maruca testulalis*; Lep10: *Chilo sacchariphagus*. * indicates conserved site.

表 1　基于线粒体 CO Ⅰ基因序列的欧洲辣椒螟与 10 个螟蛾科物种的遗传距离

Table 1　Genetic distance between samples and 10 moths based on mitochondrial CO Ⅰ gene sequences

	S1	S2	S3	Lep1	Lep2	Lep3	Lep4	Lep5	Lep6	Lep7	Lep8	Lep9
S1												
S2	0.007 33											
S3	0.020 62	0.017 67										
Lep1	0.009 16	0.013 76	0.021 47									
Lep2	0.102 68	0.107 14	0.113 43	0.098 31								
Lep3	0.093 13	0.097 86	0.105 83	0.085 11	0.110 60							
Lep4	0.111 27	0.115 67	0.116 35	0.094 22	0.087 80	0.100 30						
Lep5	0.099 10	0.103 76	0.111 61	0.092 71	0.098 19	0.094 22	0.100 15					
Lep6	0.118 59	0.124 45	0.125 18	0.103 34	0.080 36	0.117 02	0.091 64	0.103 05				
Lep7	0.118 59	0.124 45	0.125 18	0.101 82	0.120 54	0.106 38	0.105 02	0.087 08	0.112 34			
Lep8	0.128 84	0.134 70	0.135 49	0.112 46	0.114 58	0.083 59	0.115 05	0.108 85	0.111 69	0.131 29		
Lep9	0.121 52	0.125 92	0.126 66	0.107 90	0.117 56	0.095 74	0.106 35	0.084 18	0.107 12	0.100 59	0.120 18	
Lep10	0.149 34	0.155 20	0.157 58	0.132 22	0.142 86	0.118 54	0.136 45	0.108 85	0.140 43	0.130 63	0.118 22	0.131 94

S1：样本 1；S2：样本 2；S3：样本 3；Lep1：欧洲辣椒螟；Lep2：斜纹窗野螟；Lep3：*Metasia celaenophaes*；Lep4：草地螟；Lep5：稻纵卷叶螟；Lep6：玉米螟；Lep7：桃蛀螟；Lep8：二化螟；Lep9：豆荚螟；Lep10：条螟。

S1: Sample 1; S2: Sample 2; S3: Sample 3; Lep1: *Duponchelia fovealis*; Lep2: *Torulisquama obliquilinealis*; Lep3: *Metasia celaenophaes*; Lep4: *Loxostege sticticalis*; Lep5: *Cnaphalocrocis medinalis*; Lep6: *Ostrinia furnacalis*; Lep7: *Dichocrocis punctiferalis*; Lep8: *Chilo suppressalis*; Lep9: *Maruca testulalis*; Lep10: *Chilo sacchariphagus*.

3 个样本与欧洲辣椒螟聚为一支（图 2）。以上结果表明本研究采集的物种是欧洲辣椒螟。欧洲辣椒螟自 1984 年在芬兰被发现后，已经扩散到非洲、亚洲和南北美洲的多个国家，如比利时、捷克共和国、丹麦、法国、德国、荷兰、瑞典、匈牙利、英国、印度、韩国、巴西、墨西哥、加拿大、美国（Efil *et al.*, 2014; Zawadneak *et al.*, 2016; De Menezes *et al.*, 2019; Cruz-Esteban and Rojas, 2021; CABI and Eppo, 2023）。本文首次报道了该虫在我国的发生和危害。

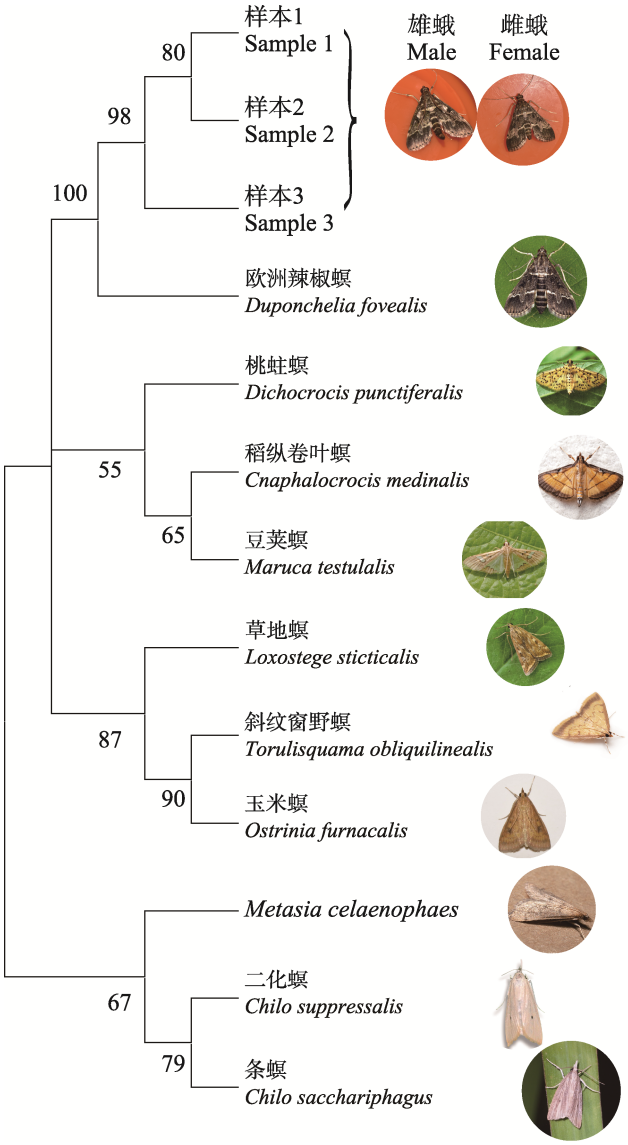

图 2　基于 CO Ⅰ基因并利用最大简约法在 Tree-Bisection-Reconnection 模型下构建的螟蛾科物种系统发育树

Fig. 2　Phylogenetic tree of Pyraloidea species constructed based on CO Ⅰ sequences and using the maximum parsimony method under the Tree-Bisection-Reconnection model

图中螟蛾类图片均来自必应网站（https://cn.bing.com）。用于构建系统发育关系的物种包括欧洲辣椒螟（GenBank accession no.: JF853827.1）、斜纹窗野螟（MF053745.1）、*Metasia celaenophaes*（HQ952721.1）、草地螟（LC697889.1）、稻纵卷叶螟（PP725475.1）、玉米螟（65331444）、桃蛀螟（AB751251.1）、二化螟（10743963）、豆荚螟（19592013）、条螟（27108871）。

The moth images in the figure are downloaded from the Bing website (https://cn.bing.com). Species used to construct phylogenetic relationships include *Duponchelia fovealis* (JF853827.1), *Torulisquama obliquilinealis* (MF053745.1), *Metasia celaenophaes* (HQ952721.1), *Loxostege sticticalis* (LC697889.1), *Cnaphalocrocis medinalis* (PP725475.1), *Ostrinia furnacalis* (65331444), *Dichocrocis punctiferalis* (AB751251.1), *Chilo suppressalis* (10743963), *Maruca testulalis* (19592013) and *Chilo sacchariphagus* (27108871).

2.2 形态描述

欧洲辣椒螟成虫的典型鉴别特征为前翅外横线有一个明显的“指状”突起指向翅外缘（图 3：A，B）。各虫态形态特征描述如下：

成虫：体长 9-12 mm，翅展 19-21 mm。前翅呈灰褐色，内横线和外横线为淡黄白色，分别为波纹状和锯齿状，其中外横线有一个明显的“指状”突起指向翅外缘（黄色箭头指向“指状”突起）（图 3：A，B）（Stocks and Hodges, 2012; White, 2012）。后翅浅橄榄褐色，中央近前缘有一条奶油色波纹状横线。静止时，翅膀从身体两侧伸出，呈三角形。头部、触角和身体呈橄榄棕色，触角丝状，复眼黑色，足浅棕色。腹部有奶油色横带环绕，成虫在飞行时腹部向上弯曲，几乎成 90°（图 3：A，B）。与雌蛾相比，雄蛾的腹部更长、更细（图 3：B）。

卵：呈圆形至椭圆形，大小为 0.5 mm × 0.7 mm，初产时呈淡绿白色或淡黄色，渐变为粉红色、红色，孵化前为棕色。卵粒单产或成堆产（图 3：C，D），每堆 3-10 个重叠在一起，大多

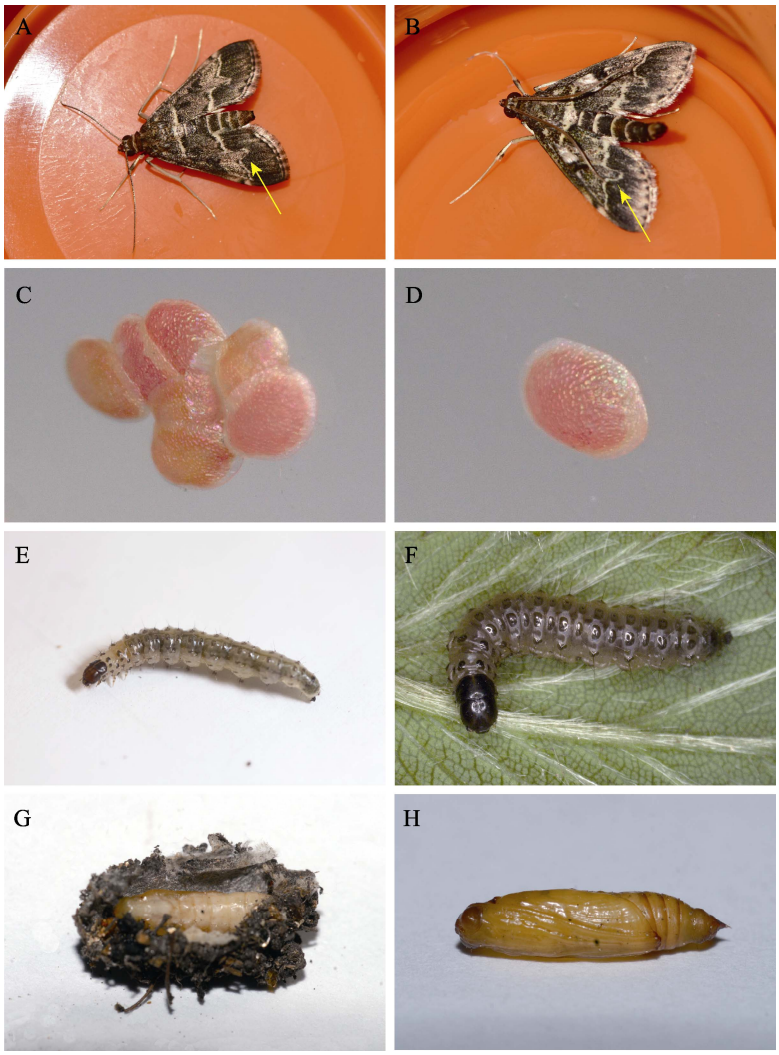

图 3 欧洲辣椒螟不同发育阶段的形态特征

Fig. 3 Morphological characteristics of different developmental stages of *Duponchelia fovealis*

A. 雌成虫（黄色箭头指向“指状”突起）；B. 雄成虫；C. 聚集的卵；D. 单产的卵；E. 低龄幼虫；F. 老熟幼虫；G. 茧；H. 蛹。

A. Female adult (the yellow arrow points to the pronounced “finger”); B. Male adult; C. Egg cluster; D. Singly laid egg; E. Early instar larva; F. Mature larva; G. Cocoon; H. Pupae.

产在叶子的背面近叶脉处，少量产在叶子的正面、叶柄、植株基部或表层土壤中（Stocks and Hodges, 2012; CABI, 2020）。

幼虫：初孵幼虫体长 1.5 mm，头部黑色有光泽，身体呈橙红色。头部后方有坚硬的前胸背板，黑色。每一体节都有近圆形毛片，胸部为褐色，腹部为灰褐色呈两行横向排列；每个毛片上至少长出一根短而结实的刚毛（图 3：E），其中第 2 胸节（T2）的背毛（D）和亚背毛（SD）毛片未融合，第 2、3 胸节（T2、T3）上的 SD2 刚毛细长如发丝（Stocks and Hodges, 2012; CABI, 2020）。随着生长，体色会变成奶白色或浅棕色，颜色因寄主植物而异。在特殊情况下，幼虫的体色甚至可能很暗，体表上的斑点很难看到。老熟幼虫体长可达 17-30 mm，外表呈珍珠般的光泽，斑点在化蛹前会褪去（图 3：F）。

蛹：黄褐色，长 9-12 mm，纺锤形（Stocks and Hodges, 2012; CABI, 2020），常位于叶片背部或土表（图 3：G，H）。

2.3　草莓受害状

欧洲辣椒螟幼虫啃食植株叶片、幼嫩生长点、花、果实及根茎部，严重时造成植株枯死（图 4：A，C）。受害叶片外部出现圆形或新月形缺刻，严重时整片叶子被食，幼虫还可钻入茎中取食为害，由于被危害的部位通常位于植物的基部近土壤部位，危害隐蔽，不容易被发现，直到茎部突然折断时种植者才发现该虫的发生为害。在作物栽培密度高或植株之间相互接触的情况下，该虫幼虫可以爬行上植株上部取食叶片和茎秆（图 4：B）。此外，幼虫还可取食腐烂的植物残骸（图 4：D-F）。

2.4　田间发生为害情况

在北京市密云区首次发现欧洲辣椒螟的种植园内，草莓受害株率达 35.00%±11.68%，严重影响草莓的产量，导致产量损失约 50%。调查了北京市 13 个涉农区，累计调查 70 个乡镇、115 个园区，1.41 万株植株，调查面积 308.73 hm^2，均无发现欧洲辣椒螟的发生和危害。

2.5　防控效果调查

在密云区发现欧洲辣椒螟的园区受害草莓种植区喷施乙基多杀菌素 3 d 后，防效为

图 4　欧洲辣椒螟取食为害状

Fig. 4　Symptoms of strawberry plants injured by *Duponchelia fovealis*

A-C. 欧洲辣椒螟危害草莓茎秆、叶片、果实；D-F. 欧洲辣椒螟取食腐烂的植物残体。

A-C. The damaged strawberry stems, leaves, and fruits; D-F. Feeding of *D. fovealis* on decaying plant remains.

69.39%±5.58%，在 2025 年 1 月 6 日、23 日分两次喷施苏云金杆菌施药 7 d 后，调查 600 株均未发现欧洲辣椒螟幼虫。

3 讨论

3.1 生物学特性和传播途径

欧洲辣椒螟可以为害 65 个科 140 多种植物，包括多种蔬菜、花卉、果树、大田作物以及各种杂草(Copeman and Frank, 2024)。在蔬菜作物中，芹菜、生菜、青椒、草莓、玉米和南瓜更易受该虫危害，在园艺花卉中，一品红、菊花和秋海棠更容易受害。由于欧洲辣椒螟的自然栖息地是淡水和咸水沼泽地，观赏水生植物也容易受到该虫的危害。

该虫的年发生世代因发生环境而异，在西班牙的加那利群岛可常年发生，在位于地中海中心的马耳他共和国，该虫一年发生 2 代，在温室环境中 1 年可常年发生，约 8-9 代（ Copeman and Frank, 2024)。在 20 ℃条件下，卵的发育历期为 4-9 d，幼虫期为 21-28 d，蛹期 7-14 d，成虫期 7-14 d，完成一代需要 42-56 d(Paes *et al.*, 2018)。幼虫通常有 5 个龄期，在温度超过 32 ℃时只有 4 个龄期（ Bethke *et al.*, 2014)。成虫羽化后 24 h 内迅速交配、产卵，1 头雌虫可产约 200 粒卵。成虫有趋光性，幼虫对光线不耐受，当暴露在光线下时会剧烈地来回移动。在温室条件下可连续产卵，露地环境下以蛹越冬（ Paes *et al.*, 2018)。

欧洲辣椒螟成虫飞行能力很强，飞行距离可达 100 km，是近距离传播的主要途径。幼虫能够钻蛀寄主植物的茎和土壤中，通过苗木调运进行近距离和远距离传播(CABI, 2020)。韩国 2018 年报道发现欧洲辣螟（ Lee *et al.*, 2018)。目前尚不清楚该虫是如何传入我国的，推测可能通过主动扩散或栽培基质和苗木调运传入。

3.2 防控措施

加强监测：欧洲辣椒螟是一种极易随寄主植物进行远距离传播的害虫，寄主植物分布广泛，我国大部分地区的生态环境适合该虫生长发育，可通过田间普查和悬挂性诱剂进行大范围监测，防止该虫传入和扩散（ Molnár *et al.*, 2018; Cruz-Esteban and Rojas, 2021; Rodríguez-Vázquez *et al.*, 2024)。

农业防治：由于欧洲辣椒螟也以植物碎屑和残渣为食，因此要及时清除种植区内外的植物残株和杂草（ Blok and Messelink, 2009; White, 2012)。此外，由于该虫更喜欢潮湿的环境，去除与土壤接触的植物下部叶子，可减少虫子数量。在设施环境中，安装防虫网是控制该害虫的有效手段。研究发现取食阿尔比恩（ Albion)、芳香（ Aromas ）和波特拉（ Portola ）3 个草莓品种的欧洲辣椒螟具有更长的卵到成虫的发育时间、更低的蛹重量，并增加了一个幼虫龄期。然而目前尚未见应用抗虫作物品种防控欧洲辣椒螟的报道（ Bischoff *et al.*, 2023)。

药剂防治：用于防控鳞翅目幼虫的药剂通常对该虫具有很好的防控效果，如乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、溴虫氟苯双酰胺、杀虫单、菊酯类、有机磷类、昆虫生长调节剂类杀虫剂等。其中，乙基多杀菌素作为一种生物源杀虫剂，对螟蛾类害虫具有较好的防治效果（ Vassilakos and Athanassiou, 2023)，是本研究选择防控欧洲辣椒螟的杀虫剂。13 种杀虫剂活性室内测定结果表明实验室条件下，茚虫威、高效氯氟氰菊酯+氯虫苯甲酰胺和溴虫氟苯双酰胺对欧洲辣椒螟的防治效果最佳，其中茚虫威毒性最强（ dos Santos *et al.*, 2019)。由于幼虫具有钻入土壤、隐蔽危害的习性，可以使用雾滴较大的喷头将药剂喷施到植物根茎部并渗透到周边的土壤中，以提高化学防治的效果。利用成虫夜间活动的习性，在温室环境中，可在夜间用气雾剂或烟雾剂进行熏蒸防治成虫。

生物防治：目前已有很多研究表明可以使用生物防治方法来控制该害虫，例如盘绒茧蜂 *Apanteles* sp.和齿唇姬蜂 *Campoletis* sp.等天敌可以寄生欧洲辣椒螟（ Zawadneak *et al.*, 2016; Jaraleño-Teniente *et al.*, 2024)。赤眼蜂 *Trichogramma galloi* 和 *Trichogramma pretiosum*

可以寄生欧洲辣椒螟的卵（Pirovani *et al.*, 2017; Pratissoli *et al.*, 2024），捕食性天敌草蛉 *Chrysoperla externa* 可取食欧洲辣椒螟卵（Gonçalves *et al.*, 2024）。另外一些土壤革螨（Messelink and Van Wensveen, 2003）、微生物菌剂（Da Luz *et al.*, 2024）、杀虫真菌（Poitevin *et al.*, 2018; Baja *et al.*, 2020; Katiski da Costa Stuart *et al.*, 2020）、病原线虫（Amatuzzi *et al.*, 2018b; Reyes-Serrano *et al.*, 2023）都可以用来防治该害虫。联合使用杀虫真菌和赤眼蜂（Araujo *et al.*, 2020b）以及多种生物防治产品的联合使用（Araujo *et al.*, 2020a）对欧洲辣椒螟具有更好的防控效果。其中，苏云金杆菌可以作为微生物低毒杀虫剂，以胃毒作用为主，使害虫停止取食，使害虫因饥饿和细胞壁破裂、血液败坏和神经中毒而死亡，其对鳞翅目害虫幼虫有较好的防治效果（Alvarez *et al.*, 2011），是本研究选择联合防控欧洲辣椒螟的产品。

3.3　欧洲辣椒螟传播扩散危害及防控难点

欧洲辣椒螟适应性强、寄主范围广、繁殖能力强，我国大部分地区均适宜该虫的发生危害。该害虫一旦扩散危害，会导致植株萎焉、变黄甚至死亡，从而造成作物减产、品质下降，给农业生产带来经济损失，是我国新发现的外来入侵物种，因此在作物受害的情况下需要及时采取科学有效的防控措施（Zawadneak *et al.*, 2016; Copeman and Frank, 2024）。

目前，对于欧洲辣椒螟的防控仍然存在一些挑战。首先，欧洲辣椒螟幼虫更喜欢生活土壤表面以下以及裸露的根系和碎屑中（Brambila and Stocks, 2010; Copeman and Frank, 2024），这使它们难以被发现，而且可能会减少杀虫剂对欧洲辣椒螟幼虫的触杀作用，这也为欧洲辣椒螟的防控带来一定困难。其次，欧洲辣椒螟幼虫取食隐蔽，可在植物茎或果实内进食，很少直接暴露在叶面上，在取食时会产生丝网或虫道，这可以保护它们免受杀虫剂的侵害（Brambila and Stocks, 2010）。此外，虽然已有许多关于该虫生物防治的报道，但是田间生物防治措施的应用还需要进一步研究（Messelink and Van Wensveen, 2003; Pirovani *et al.*, 2017; Amatuzzi *et al.*, 2018a; Poitevin *et al.*, 2018; Da Luz *et al.*, 2024）。

4　结论

欧洲辣椒螟作为我国新发现的外来入侵害虫，具极强的适应性、广泛的寄主范围和较强的繁殖能力。欧洲辣椒螟除了钻蛀茎、果实外，也会潜藏在植物残体，导致种植者无法及时发现，并采取应对措施。由于该虫主要对设施栽培作物产生威胁，多数防控药剂对其具有很好的防效，基于上述原因，建议有关部门做好该虫的早期监测，及时采取防控措施，减轻控制该虫的扩散危害。

参考文献 (References)

Alvarez A, Virla EG, Pera LM, Baigorí MD, 2011. Biological characterization of two *Bacillus thuringiensis* strains toxic against *Spodoptera frugiperda*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(10): 2343–2349.

Amatuzzi RF, Cardoso N, Poltronieri AS, Poitevin CG, Dalzoto P, Zawadeneak MA, Pimentel IC, 2018a. Potential of endophytic fungi as biocontrol agents of *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae). *Brazilian Journal Biology*, 78(3): 429–435.

Amatuzzi RF, Poitevin CG, Poltronieri AS, Zawadneak MAC, Pimentel IC, 2018b. Susceptibility of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) to soil-borne entomopathogenic fungi. *Insects*, 9(2): 70.

Araujo ES, Benatto A, Bührer Rizzato F , Poltronieri AS, Poitevin CG, Zawadneak MAC, Pimentel IC, 2020a. Combining biocontrol agents with different mechanisms of action to control *Duponchelia fovealis*, an invasive pest in South America. *Crop Protection*, 134: 105184.

Araujo ES, Poltronieri AS, Poitevin CG, Mirás-Avalos JM, Zawadneak MAC, Pimentel IC, 2020b. Compatibility between entomopathogenic fungi and egg parasitoids (Trichogrammatidae): A laboratory study for their combined use to control *Duponchelia fovealis*. *Insects*, 11(9): 630.

Baja F, Poitevin CG, Araujo ES, Mirás-Avalos JM, Zawadneak MAC, Pimentel IC, 2020. Infection of *Beauveria bassiana* and *Cordyceps javanica* on different immature stages of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection*, 138: 105347.

Bethke J, Mey BV, Dara S, 2013. Invasives of concern: Duponchelia, bagrada bug and more. Proceedings 2013 Society of American Florists Pest and Production Management Conference. Society of American Florists, Alexandria, Virginia: 14–18.

Bethke J, Vander MB, Waterworth R, 2014. Life history and control of the European pepper moth, *Duponchelia fovealis*, a new pest in greenhouse production. Entomological Society of America Annual Meeting. Portland, Oregon: 1–24.

Bischoff AM, Araujo ES, Benatto A, Zimmermann RC, de Oliveira MCH, da Rosa JM, Bernardi D, Zawadneak MAC, 2023. Evidence of antibiosis resistance of four strawberry cultivars against *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection*, 168: 106213.

Blok C, Messelink GJ, 2009. Improving control of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Pyralidae) by rooting media related strategies. *Acta Horticulturae*, 819: 203–208.

Brambila J, Stocks I, 2010. The European pepper moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera-Crambidae), a Mediterranean pest moth discovered in central Florida. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. https://www.researchgate.net/publication/311534606.

CABI, 2020. *Duponchelia fovealis* (Southern European marshland pyralid). *CABI Compendium*, Doi: 10.1079/cabicompendium.20168.

CABI, Eppo, 2023. *Duponchelia fovealis* Zeller. [Distribution map]. *Distribution Maps of Plant Pests*, 34: 51870.

Copeman SM, Frank SD, 2024. Profile of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) as a greenhouse and nursery pest in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 15(1): 19.

Cruz-Esteban S, Rojas JC, 2021. Pheromone-baited traps confirm the presence of *Duponchelia fovealis*1 in strawberry crops in *Mexico*. *Southwestern Entomologist*, 46(2): 533–536.

Da Luz TS, Poitevin CG, Zimmermann RC, Furuie JL, Mazarotto EJ, Zawadneak MAC, da Rosa JM, Martins CEN, Pimentel IC, 2024. Potential of microbial control agents in a strategy against *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection*, 176: 106493.

De Menezes CWG, Stein HB, Moreno Shilap AV, Carvalho GA, De Souza Tavares W, De Azevedo Pereira AI, Zanuncio JC, 2019. First record of *Duponchelia fovealis* (Crambidae) as a pest of commercial crops of strawberry in campo das vertentes, Minas Gerais, Brazil. *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 73(2): 131.

dos Santos FM, de Carvalho JR, Pratissoli D, de Freitas Bueno RCO, Pirovani VD, de Souza Rodrigues H, 2019. Toxicity of insecticides in *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a new strawberry pest in Brazil under laboratory conditions. *Journal of Experimental Agriculture International*, 39(5): 1–7.

Efil L, Özgür O, Efil F, 2014. A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on strawberries in Turkey: Damage, distribution and parasitoid. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(4): 328–334.

Gonçalves RB, Araujo ES, de Moraes BR, Pimentel IC, da Rosa JM, Bernardi D, Zawadneak MAC, 2024. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) predate eggs of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae), a pest of strawberry. *Revista Caatinga*, 37: 12178.

Hebert PDN, Penton EH, Burns JM, Janzen DH, Hallwachs W, 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(41): 14812–14817.

Jaraleño-Teniente J, González-Hernández H, Lomeli-Flores JR, Soto-Rojas L, Tamayo-Mejía F, Martínez-Nuñez M, Valdez-Carrasco JM, 2024. *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) and its parasitoid in cultivated berries in Guanajuato, Mexico. *Journal of Entomological Science*, 59(4): 518–523.

Kannan L, Wheeler WC, 2012. Maximum parsimony on phylogenetic networks. *Algorithms for Molecular Biology*, 7(1): 9.

Katiski da Costa Stuart A, Lee Furuie J, Aparecida Cassilha Zawadneak M, Chapaval Pimentel I, 2020. Increased mortality of the European pepper moth *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) using entomopathogenic fungal consortia. *Journal of Invertebrate Pathology*, 177: 107503.

Kumar S, Stecher G, Suleski M, Sanderford M, Sharma S, Tamura K, 2024. MEGA12: Molecular evolutionary genetic analysis version 12 for adaptive and green computing. *Molecular Biology and Evolution*, 41(12): msae263.

Lee YS, Park YM, Lee GS, Lee HA, Min HO, Lee HJ, 2018. The European pepper moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) discovered in Gyeonggi-do, Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*, 57(1): 53–54.

Messelink G, Van Wensveen W, 2003. Biocontrol of *Duponcheria fovealis* (Lepidoptera: Pyralidae) with soil-dwelling predators in potted plants. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68(4 Pt A): 159–165.

Molnár PB, Bognár C, Erdei AL, Fujii T, Vági P, Jósvai JK, Kárpáti Z, 2018. Identification of the female-produced sex pheromone of an invasive greenhouse pest, the European pepper moth

(*Duponchelia fovealis*). *Journal of Chemical Ecology*, 44(3): 257–267.

Padilla-Jiménez SM, Angoa-Pérez MV, Mena-Violante HG, Oyoque-Salcedo G, Montañez-Soto JL, Oregel-Zamudio E, 2021. Identification of organic volatile markers associated with aroma during maturation of strawberry fruits. *Molecules*, 26(2): 504.

Paes JPP, Lima VLS, Pratissoli D, Carvalho JR, Pirovani VD, Bueno RCOF, 2018. Thermal requirements, development and number of generations of *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(Suppl. 1): 2447–2457.

Pirovani VD, Pratissoli D, Tibúrcio MO, de Carvalho JR, Damascena AP, Faria LV, 2017. *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum* for the management of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in strawberry plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(8): 690–693.

Poitevin CG, Porsani MV, Poltronieri AS, Zawadneak MAC, Pimentel IC, 2018. Fungi isolated from insects in strawberry crops act as potential biological control agents of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Applied Entomology and Zoology*, 53(3): 323–331.

Pratissoli D, Damascena AP, de Oliveira RC, de Carvalho JR, de Oliveira ACLF, Piffer ABM, Pirovani VD, 2024. Dispersal capacity of *Trichogramma* for the management of *Duponchelia fovealis*. *Agronomy*, 14(8): 1813.

Reyes-Serrano MA, Guzmán-Franco AW, Santillán Galicia MT, Alatorre-Rosas R, Tamayo-Mejía F, Rodriguez-Maciel JC, 2023. Susceptibility of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) to different entomopathogens in laboratory conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 33(6): 555–566.

Rodríguez-Vázquez E, Hernández-Juárez A, Reyes-Rosas A, Illescas-Riquelme CP, Lara-Viveros FM, 2024. Detection and early warning of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) using an automatic monitoring system. *AgriEngineering*, 6(4): 3785–3798.

Rodríguez-Vázquez E, Pineda-Guillermo S, Hernández-Juárez A, Tejeda-Reyes MA, López-Bautista E, Illescas-Riquelme CP, 2023. Sexual dimorphism, diagnosis and damage caused by *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina*, 82(3): 13–20.

Stocks SD, Hodges A, 2012. European pepper moth or souther n European marsh pyralid *Duponchelia fovealis* (Zeller). UF /IFAS Extension, EENY, 508: 1–10. https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN910.

Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ, 1994. CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22(22): 4673–4680.

Vassilakos TN, Athanassiou CG, 2023. Spinetoram: A potential grain protectant. *Crop Protection*, 173: 106354.

White J, 2012. Greenhouse pest alert the European pepper moth, *Duponchelia fovealis*. *UK Cooperative Extension Service*, 324: 1–2.

Zawadneak MAC, Gonçalves RB, Pimentel IC, Schuber JM, Santos B, Poltronieri AS, Solis MA, 2016. First record of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in south America. *Idesia* (*Arica*), 34(3): 91–95.

Zhang Y, Li YF, Xiao HX, Zhang ZF, Liao YL, Sun SF, Jiang YZ, Pang Y, 2012. Field efficacy trial of *Bacillus thuringensis* preparation without viable bacteria against *Cnaphalocrocis medinalis* and *Plutella xyllostella*. *Journal of Environmental Entomology*, 34(1): 34–37. [张扬, 李燕芳, 肖汉祥, 张振飞, 廖永林, 孙士锋, 蒋耀智, 庞义, 2012. 无活菌苏云金杆菌制剂对稻纵卷叶螟和小菜蛾的田间药效评价试验. 环境昆虫学报, 34(1): 34–37.]