

有害生物动态

Information of Pests

警惕新发病毒番茄褐色皱果病毒 *Tomato brown rugose fruit virus* 对我国番茄产业的危害闫志勇¹, 房乐¹, 田延平¹, 耿超^{1*}, 李向东^{1, 2*}

(1. 山东农业大学植物保护学院植病系植物病毒研究室, 泰安 271018;

2. 山东省农业微生物学省级重点实验室, 泰安 271018)

摘要 番茄褐色皱果病毒 *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) 于 2014 年首次在以色列发现, 随后传播到欧洲、美洲以及亚洲等地。ToBRFV 在番茄叶片上引起花叶, 更重要的是在番茄果实上引起褐色皱缩斑, 导致番茄完全失去商品价值, 是番茄安全生产的重大威胁。为遏制 ToBRFV 的传播, 多个国家已经将该病毒列入检疫对象。2019 年, 我们在山东番茄上检测到该病毒。本文综述了 ToBRFV 发生与危害、寄主范围和症状、传播方式、基因组结构、检测方法, 并提出了防治建议, 希望有助于防范该病毒在我国的扩散。

关键词 番茄褐色皱果病毒; 发生; 症状; 检测; 防治

中图分类号: S 432.1 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2019377

Be alert to the potential damage of new emerging *Tomato brown rugose fruit virus* to Chinese tomato industryYAN Zhiyong¹, FANG Le¹, TIAN Yanping¹, GENG Chao^{1*}, LI Xiangdong^{1, 2*}

(1. *Laboratory of Plant Virology, Department of Plant Pathology, College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China*; 2. *Shandong Provincial Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Tai'an 271018, China*)

Abstract *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) was firstly discovered to infect tomato in Israel in 2014 and had spread to European, American and Asian countries. ToBRFV induces mosaic in leaves and brown rugose in fruits, which may destroy the commercial values and threaten the safe production of tomato. To prevent the spread of ToBRFV, several countries listed it in the quarantine pests. In 2019, we detected ToBRFV in tomato samples collected from Shandong province. Here, we reviewed the occurrence, damage, host range, symptoms, transmission manner, genomic structure, detection methods for ToBRFV and provided suggestions for its control, aiming to help the control of new emerging ToBRFV in China.

Key words *Tomato brown rugose fruit virus*; incidence; symptom; detection; control

番茄褐色皱果病毒 *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) 是番茄上新出现的一种病毒。从 2014 年 10 月首次发现至今, ToBRFV 已传播到欧洲、美洲、亚洲的 9 个国家。本文对 ToBRFV 的发生与危害、寄主范围和症状、传播方式、基因组结构、检测方法进行综述, 并提出了防治建议。

1 发生与危害

2014 年 10 月, 以色列南部 Ohad 村一个农场约

12.14 hm² 的番茄(品种‘Mose’和‘Ikram’)上出现了 ToBRFV。在不到 1 年的时间里, 该病毒传播到以色列大多数番茄种植区。ToBRFV 能侵染含有抗性基因 *Tm-2²* 的番茄品种。感染 ToBRFV 的番茄叶片上出现不同程度的花叶或窄叶症状, 叶柄、花梗、花萼出现坏死, 果实表面有黄色或褐色斑点^[1]。2015 年 4 月, 约旦番茄上出现 ToBRFV, 果实上出现严重的褐色皱缩症状, 发病率接近 100%^[2]。2018 年 7 月, 墨西哥下加利福尼亚州恩森那达市发现 To-

收稿日期: 2019-07-24 修订日期: 2019-09-12

基金项目: 泰山学者建设工程(TS201712023)

* 通信作者 E-mail: 耿超 gengchaomail@sda.u. edu. cn; 李向东 xdongli@sda.u. edu. cn

BRFV^[3]。同月,德国北莱茵-威斯特法伦州温室番茄上发生 ToBRFV。感病植株叶片出现黄色斑点、深绿色疱斑、窄叶和花叶等症状,果实上出现黄色斑点,有些在花萼周围出现皱缩^[4]。2018 年 9 月,美国加利福尼亚州南部约 3.24 hm² 的温室番茄发生 ToBRFV^[5]。2018 年 10 月,在意大利西西里大区拉古萨省 4 个温室的番茄上检测到 ToBRFV。番茄幼叶表现花叶、变形和坏死症状,幼果表现变色和畸形^[6]。2018 年底,巴勒斯坦发现 ToBRFV。发病植株叶片表现出不同程度的花叶、狭窄,果实上有黄色斑点,部分地区番茄发病率为 100%^[7]。2019 年 1 月,土耳其发现 ToBRFV^[8]。2019 年 4 月,我们从山东省禹城送检的番茄样品中检测到 ToBRFV。禹城番茄发病面积为 0.27 hm²,发病率为 50%。田间感病叶片表现为不同程度的花叶,果实上表现黑色或褐色斑点和皱缩^[9](图 1)。截至 2019 年 5 月,该病毒已经扩散到欧洲、美洲以及亚洲 9 个国家。



图 1 ToBRFV 在番茄果实上引起的症状

Fig. 1 The symptoms induced by ToBRFV on tomato fruits

2 病毒分类和基因组结构

ToBRFV 属于植物杆状病毒科 *Virgaviridae* 烟草花叶病毒属 *Tobamovirus*。病毒粒子杆状,长 300 nm,宽 18 nm。基因组为正义单链 RNA,约由 6 392 个核苷酸(nt)组成,包括 74 nt 的 5' 非翻译区、201 nt 的 3' 端非翻译区和 4 个开放阅读框(ORF)。ORF1(75—3 425 nt)编码 1 117 个氨基酸(aa)的复制相关蛋白,分子质量 126 kDa。ORF2(75—

4 922 nt)以通读方式编码含 1 616 aa 的复制相关蛋白,分子质量 183 kDa。ORF3(4 909—5 709 nt)编码含 267 aa 的移动相关蛋白,分子质量为 30 kDa。ORF4(5 712—6 191 nt)编码含 160 aa 的衣壳蛋白,分子质量为 17.5 kDa(图 2)。

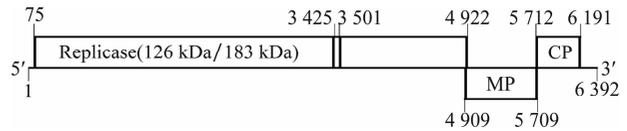


图 2 ToBRFV 基因组结构

Fig. 2 The genomic structure of ToBRFV

3 寄主范围和症状

除了侵染番茄外,ToBRFV 还侵染辣椒、烟草等茄科作物,隐症侵染苋色藜 *Chenopodium amaranticolor*、昆诺藜 *C. quinoa* 和矮牵牛 *Petunia × hybrida*,不侵染西葫芦 *Cucurbita pepo*、马铃薯 *Solanum tuberosum* cv. ‘Nicola’、茄子 *S. melongena* 和带 N 基因的三生烟 *Nicotiana tabacum* cv. ‘Samsun’^[1-2](表 1)。

ToBRFV 能侵染带抗性基因 L^1 、 L^3 和 L^4 的辣椒品种^[1]。叶片表现畸形、黄化和花叶症状,果实畸形,出现黄色、褐色或绿色条纹^[10]。在本氏烟 *N. benthamiana* 上,ToBRFV 可引致叶片花叶、斑驳和坏死,植株崩溃。ToBRFV 能引起克利夫兰烟 *N. clevelandii* 叶片黄化,心叶烟 *N. glutinosa* 和麦格隆熄丰烟 *N. megalosiphon* 的花叶和斑驳,澳可烟 *N. tabacum* cv. ‘Occidentalis’、黄花烟 *N. tabacum* cv. ‘Rustica’和毛叶烟 *N. tabacum* cv. ‘Sylvestris’的轻斑驳,在三生烟和白肋烟 *N. tabacum* cv. ‘White Burley’上引起花叶。ToBRFV 侵染龙葵 *Solanum nigrum* 引起轻微花叶或隐症,隐症侵染墙生藜 *Chenopodium murale* 或引致轻斑驳或叶片坏死。Luria 等认为 ToBRFV 不侵染曼陀罗 *Datura stramonium*,但是 Salem 等证明该病毒隐症侵染曼陀罗^[1-2]。我们实验室接种结果表明,西安金鹏种苗有限公司的‘金鹏一号’、先正达生物科技有限公司的‘迪芬尼’、山东寿光蔬菜种业集团有限公司的‘寿研超贝’、海泽拉农业技术服务有限公司的‘诗洛奇’和‘3630’(含有抗性基因 SW-5b)等 5 个番茄品种均可被 ToBRFV 侵染。海泽拉的‘安迪’(含有抗性基因 T_{sw})和科劳斯的‘爱迪’等 2 个辣椒品种也可被 ToBRFV 侵染。

表 1 ToBRFV 的寄主范围和侵染引起的症状
Table 1 The host range and symptoms of ToBRFV

寄主 Host	症状 Symptom	参考文献 Reference
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	叶片花叶或狭窄,叶柄、花梗和花萼出现坏死,果实上有黄色斑点或褐色皱缩斑点	[1-2,20]
辣椒 <i>Capsicum annuum</i>	果实畸形、有黄色、褐色区域或绿色条纹,叶片畸形、黄化或花叶	[10]
本氏烟 <i>Nicotiana benthamiana</i>	叶片坏死、花叶和斑驳,植株坍塌	[1-2]
克里夫兰烟 <i>N. clevelandii</i>	叶片黄化	[1]
心叶烟 <i>N. glutinosa</i>	花叶和斑驳	[1-2]
麦格隆熄丰烟 <i>N. megalosiphon</i>	花叶和斑驳	[2]
澳可烟 <i>N. tabacum</i> cv. 'Occidentalis'	轻斑驳	[1]
黄花烟 <i>N. tabacum</i> cv. 'Rustica'	轻斑驳	[1]
毛叶烟 <i>N. tabacum</i> cv. 'Sylvestris'	轻斑驳	[1]
三生烟 <i>N. tabacum</i> cv. 'Samsun'	花叶	[1-2]
白肋烟 <i>N. tabacum</i> cv. 'White Burley'	花叶	[2]
龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	轻斑驳或隐症	[1]
墙生藜 <i>Chenopodium murale</i>	轻斑驳和叶片坏死,隐症侵染	[1-2]
苋色藜 <i>C. amaranticolor</i>	隐症侵染	[1]
昆诺藜 <i>C. quinoa</i>	隐症侵染	[1]
矮牵牛 <i>Petunia</i> × <i>hybrida</i>	隐症侵染	[1]
曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	不侵染/隐症侵染	[1-2]
含 N 基因的三生烟 <i>N. tabacum</i> cv. 'Samsun N. N'	不侵染	[1]
马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i>	不侵染	[1]
茄子 <i>S. melongena</i>	不侵染	[1]
西葫芦 <i>Cucurbita pepo</i>	不侵染	[2]

4 传播方式

该病毒很容易传播。已知该病毒的传播方式有:1)接触传播^[1-2]。通过污染的工具、手、衣服、植物与植物间的直接接触传播。2)种子传播^[1]。烟草花叶病毒属的病毒可存在于种皮和胚乳中,传统的种子消毒处理不能完全有效地控制病毒^[11]。被病毒污染的种子一旦长成植株成为带毒株,病毒可通过接触在温室内快速传播。3)污染的土壤^[1]。该病毒在植物残体和受污染的土壤中保持数月后仍具有侵染能力^[12-13]。4)杂草寄主^[1-2]。该病毒可侵染藜科杂草,但不表现症状。这些杂草可作为该病毒的侵染来源^[1]。5)熊蜂传播^[14]。熊蜂可通过授粉期间的机械接触将病毒传播给健康番茄植株。

5 检测方法

ToBRFV 的检测可用生物学、血清学和分子生物学三种方法。1)生物学方法。ToBRFV 接种心叶烟或含 N 基因的三生烟可引发 HR 反应,产生坏死斑(图 3)。将番茄种子或叶片按照重量体积比 1:10 加入磷酸盐缓冲液研磨,得到病汁液。在烟草叶片表面撒上一层 320 目的金刚砂,取 100 ~

200 μL 病汁液到叶片表面。用带手套的手摩擦叶片表面,接种后用自来水冲洗接种叶片,将接种的烟草放入 20~25℃ 的环境中,5~7 d 观察结果。2)血清学方法。最常用的是酶联免疫吸附试验 (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)。但是,烟草花叶病毒、番茄花叶病毒和 ToBRFV 之间有交叉反应,因此利用 ELSIA 不能有效区分 3 种病毒^[1,9]。3)分子生物学方法。利用 RT-PCR 可准确检测出 ToBRFV。已报道的检测引物见表 2。



图 3 ToBRFV 在含有 N 基因的三生烟上引起的局部坏死
Fig. 3 Local lesions induced by ToBRFV on a leaf of *Nicotiana tabacum* cv. 'Samsun N. N'

表 2 检测 ToBRFV 的引物序列

Table 2 The primer sequences for ToBRFV detection

引物名称 Primer name	引物序列 5'-3' Primer sequence	扩增片段长度/bp Expected size	参考文献 Reference
ToBRFV-1534-F	AGATTTCCCTGGCTTTTGGGA	2 200	[1,9]
ToBRFV-3733-R	ATCATCGCCACCAAATTTTC		
ToBRFV-5722-F	CACAATCGCAACTCCATCGC	458	[6]
ToBRFV-6179-R	CAGAGGACCATTGTAAACCGG		
ToBRFV-5503-F	GAAGTCCCGATGTCTGTAAGG	842	[4]
ToBRFV-6344-R	GTGCCTACGGATGTGTATGA		
ToBRFV-3666-F	ATGGTACGAACGGCGGCAG	1 053	[1,8]
ToBRFV-4718-R	CAATCCTTGATGTGTTTAGCAC		
ToBRFV-733-F	AATGTCCATGTTTGTACGCC	561	[7]
ToBRFV-1293-R	CGAATGTGATTTAAAACGTGAAT		
ToBRFV-5476-F	GAAGAAGTTGTTGATGAGTTCAT	812	[14]
ToBRFV-6287-R	GATTTAAGTGGAGGGAAAAACAC		
ToBRFV-620-F	CTTCCAAACGTGTACGCAC	604	[20]
ToBRFV-1223-R	GTCGAGATATGTGCAATAGA		

6 防治建议

由于 ToBRFV 的传播能力和危害性强,已经引发许多国家关注。墨西哥对引进的番茄和辣椒种子制定了检疫措施。土耳其 2019 年 3 月 15 日起要求从约旦、德国、以色列、意大利和墨西哥进口的番茄和辣椒种子须进行 RT-PCR 检测,检测结果须为阴性。新西兰 2019 年 3 月 28 日对引入的番茄和辣椒种子制定紧急措施,种子应来自于无病区,或者 ELISA 检测 ToBRFV 为阴性。2019 年 4 月 1 日,澳大利亚规定进口番茄和辣椒种子必须进行针对 ToBRFV 的 RT-PCR 检测^[15]。ToBRFV 已经被列入欧洲和地中海植物保护组织(European and Mediterranean Plant Protection Organization)警惕名单^[10]。加拿大食品检验局(Canadian Food Inspection Agency)^[16]和英国农业和园艺发展委员会(Agriculture and Horticulture Development Board)^[17]、美国加州农业及食品管理局(California Department of Food and Agriculture)^[18]也对该病毒进行了报道及警告。

中国是番茄和辣椒种子引入及生产大国,如果不及时采取有效措施控制该病毒的传播,可能对中国番茄和辣椒产业造成严重损失。因此我们建议:

1) 将 ToBRFV 列入检疫对象。加强对引进番茄和辣椒种子及种苗带毒情况的检测。从以色列、约旦、巴勒斯坦、德国、土耳其、墨西哥、意大利和美国进口番茄和辣椒种子及种苗,对方必须提供对番茄褐色皱果病毒的检测声明,ELISA 或 RT-PCR 检测结果必须为阴性。国内番茄和辣椒育苗企业也应该及时监测种苗是否携带 ToBRFV。

2) 及早开展番茄褐色皱果病毒监测及防控措施的研究,明确其发生规律、检测和预警技术、防控关键技术

和综合防控体系,遏制番茄褐色皱果病毒的传播。

3) 改善田间卫生。病株、病果及发病叶片需要统一烧毁或深埋。污染的土壤可进行高温处理。污染的设备可用家用漂白剂(0.5% 次氯酸钠)、2% 的 Virkon[®] S 或者 20% 脱脂奶粉进行消毒^[19]。

4) 加强番茄褐色皱果病毒的相关培训。采取多种措施,对种子公司员工、农民及相关人员进行番茄褐色皱果病毒症状识别以及防治措施的培训。

5) 加快抗番茄褐色皱果病毒品种的培育。种植抗病品种是防治病毒病最有效的方式,但目前尚未发现抗该病毒的番茄和辣椒品种^[20]。因此,急需选育抗番茄褐色皱果病毒的番茄和辣椒品种。

参考文献

- [1] LURIA N, SMITH E, REINGOLD V, et al. A new Israeli tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-2² resistance genes [J/OL]. PLoS ONE, 2017, 12(1): e0170429. DOI: 10.1371/journal.pone.0170429.
- [2] SALEM N, MANSOUR A, CIUFFO M, et al. A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan [J]. Archives of Virology, 2016, 161(2): 503-506.
- [3] CAMACHO-BELTRÁN E, PÉREZ-VILLARREA A, LEYVA-LÓPEZ N E, et al. Occurrence of *Tomato brown rugose fruit virus* infecting tomato crops in Mexico [J]. Plant Disease, 2019, 103(6): 1440.
- [4] MENZEL W, KNIERIM D, WINTER S, et al. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* infecting tomato in Germany [J]. New Disease Reports, 2019, 39: 1.
- [5] LING Kaishu, TIAN Tongyan, GURUNG S, et al. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* infecting greenhouse tomato in the V. S. [J]. Plant Disease, 2019, 103(6): 1439.
- [6] PANNO S, CARUSO A G, DAVINO S. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* infecting tomato in Italy [J]. Plant Disease, 2019, 103(6): 1443.
- [7] ALKOWNI R, ALABDALLAH O, FADDA Z. Molecular identi-

- fication of *Tomato brown rugose fruit virus* in tomato in Palestine [J]. *Journal of Plant Pathology*, 2019, 101(3):719-723.
- [8] FIDAN H, SARIKAYA P, CALIS O. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* on tomato in Turkey [J]. *New Disease Reports*, 2019, 39: 18.
- [9] YAN Zhiyong, MA Huayu, HAN Shiling, et al. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* infecting tomato in China [J]. *Plant Disease*, 2019; 103(11):2973.
- [10] EPPO. Alert list-*Tomato brown rugose fruit virus* (Tobamovirus-ToBRFV) [EB/OL]. European and Mediterranean Plant Protection Organization, [2019-07-20]. https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_viruses/tomato_brown_rugose_fruit_virus.
- [11] REINGOLD V, LACHMAN O, BLAOSOV E, et al. Seed disinfection treatments do not sufficiently eliminate the infectivity of *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV) on cucurbit seeds [J]. *Plant Pathology*, 2015, 64(2): 245-255.
- [12] SMITH E, DOMBROVSKY A. Aspects in tobamovirus management in intensive agriculture [M] // *Plant Pathology and Management of Plant Diseases*. IntechOpen, 2019.
- [13] 董红红. 烟草种子和土壤携带三种病毒对烟苗的侵染分析 [D]. 杭州:浙江大学, 2016.
- [14] LEVITZKY N, SMITH E, LACHMAN O, et al. The bumblebee *Bombus terrestris* carries a primary inoculum of *Tomato brown rugose fruit virus* contributing to disease spread in tomatoes [J/OL]. *PLoS ONE*, 2019, 14(1): e0210871. DOI: 10.1371/journal.pone.0210871.
- [15] Emergency measures for tomato and capsicum seed: *Tomato brown rugose fruit virus* [EB/OL]. Australian Government Department of Agriculture, (2019-6-24)[2019-7-20]. <http://www.agriculture.gov.au/import/goods/plant-products/seeds-for-sowing/emergency-measures-tobrfv>.
- [16] *Tomato brown rugose fruit virus* [EB/OL]. Canadian Food Inspection Agency, (2019-6-11)[2019-7-20]. <http://inspection.gc.ca/plants/plant-pests-invasive-species/diseases/tobrfv/eng/1560266450577/1560266450826>.
- [17] ADRIAN FOX, FERA. *Tomato brown rugose fruit virus* [EB/OL]. Agriculture and Horticulture Development Board, [2019-7-20]. <https://ahdb.org.uk/knowledge-library/tomato-brown-rugose-fruit-virus>.
- [18] CHITAMBAR J. *Tomato brown rugose fruit virus* [EB/OL]. California Department of Food and Agriculture, (2018-11-7)[2019-7-20]. <https://blogs.cdffa.ca.gov/Section3162/?p=5843>.
- [19] LI Rugang, BAYSAL-GUREL F, ABDO Z, et al. Evaluation of disinfectants to prevent mechanical transmission of viruses and a viroid in greenhouse tomato production [J]. *Virology Journal*, 2015, 12(1): 5.
- [20] YAN Zhiyong, ZHAO Meisheng, MA Hayu, et al. Biological and molecular characterization of tomato brown rugose fruit virus and development of quadruplex RT-PCR detection [J/OL]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2020. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63275-0.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 308 页)

- [5] CABI. Invasive Species Compendium, *Tuta absoluta* (tomato leaf-miner) datasheet [EB/OL]. (2019-06-24) [2019-07-03]. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/49260#toPictures>.
- [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] 孟宪佐. 中国昆虫信息素研究与应用的进展 [J]. *昆虫知识*, 2000, 37(2):75-83.
- [8] 皇甫伟国, 陈若霞, 王扬军, 等. 几种性信息素对小菜蛾的诱集效果及田间防效 [J]. *浙江农业学报*, 2005, 17(6):395-397.
- [9] ATTYGALLE A B, JHAM G N, SVATOŠ A, et al. Microscale, random reduction: application of the characterization of (3E, 8Z, 11Z)-3, 8, 11-tetradecatrienyl acetate, a new lepidopteran sex pheromone [J]. *Tetrahedron Letters*, 1995, 36(31): 5471-5474.
- [10] ATTYGALLE A B, JHAM G N, SVATOŠ A, et al. (3E, 8Z, 11Z)-3, 8, 11-tetradecatrienyl acetate, major sex pheromone component of the tomato pest *Scrobipalpuloides absoluta* (Lep., Gelechiidae) [J]. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 1996, 4(3): 305-314.
- [11] GRIEPINK F C, VAN BEEK T A, POSTHUMUS M A, et al. Identification of the sex pheromone of *Scrobipalpuloides absoluta*: Determination of double bond position in triple unsaturated straight chain molecules by means of dimethyl disulphide derivatization [J]. *Tetrahedron Letters*, 1996, 37: 411-414.
- [12] FILHO M M, VILELA E F, ATTYGALLE A B, et al. Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* with pheromone traps [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2000, 26(4): 875-881.
- [13] UCHÔA-FERNANDES M A, LUCIA T M C DELLA, VILELA E F. Mating, oviposition and pupation of *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyr.) (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*, 1995, 24(1): 159-164.
- [14] MEGIDO R C, HAUBRUGE E, VERHEGGEN F J. Pheromone-based management strategies to control the tomato leaf-miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). A review [J]. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 2013, 17(3): 475-482.
- [15] XIAN Xiaoqing, HAN Peng, WANG Su, et al. The potential invasion risk and preventive measures against the tomato leaf-miner *Tuta absoluta* in China [J]. *Entomologia Generalis*, 2017, 36(4): 319-333.
- [16] 孙继亮, 张绍铃. 不同诱芯性诱剂对梨园 2 种害虫诱集效果比较 [J]. *中国果树*, 2010(6):45-48.
- [17] 王方晓, 杨可辉, 张秀衢, 等. 斜纹夜蛾性诱剂的诱集效果 [J]. *昆虫知识*, 2008, 45(2):300-302.
- [18] 滕海媛, 王冬生, 章巧利, 等. 不同性信息素产品对上海蔬菜夜蛾诱捕效果的评价 [J]. *上海农业学报*, 2015, 31(1):40-43.
- [19] 张桂芬, 沈晓青, 张毅波, 等. 警惕南美番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 在中国扩散 [J]. *植物保护*, 2020, 46(2):281-286.

(责任编辑: 杨明丽)