

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2024.04.008

不同杀虫剂对番茄潜叶蛾的毒力及田间药效

阿卜力孜·塔伊尔¹, 马 召¹, 帕提玛·乌木尔汗¹, 高建诚², 刘 菲³, 马德英^{1*}

¹新疆农业大学农学院/农业农村部西北荒漠绿洲农林外来入侵生物防控重点实验室(部省共建),

新疆 乌鲁木齐 830052; ²新疆维吾尔自治区植物保护站, 新疆 乌鲁木齐 830006;

³伊犁哈萨克自治州农业技术推广总站, 新疆 伊宁 835000

摘要:【目的】筛选防治番茄潜叶蛾的高效低风险药剂。【方法】选用9种以昆虫生长调节剂为主的杀虫剂进行毒力测定,并开展田间药效试验,测定9种杀虫剂的室内毒力和田间喷施后对番茄潜叶蛾的防治效果。【结果】室内毒力结果表明,10.5%甲维盐 SC 的毒力最高,48 h 的 LC_{50} 值为 $0.061 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,10%四氯虫酰胺 SC 也表现出良好的杀虫活性, LC_{50} 值为 $0.064 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。9种药剂对番茄潜叶蛾的毒力大小排序为 10.5%甲维盐 SC>10%四氯虫酰胺 SC>5%氟铃脲 EC>30%灭蝇胺 SC>25%灭幼脲 SC>50000 IU· mg^{-1} Bt-G033A WP>20%虫酰肼 SC>22%氰氟虫腙 SC>50%氟啶脲 EC。田间防效结果表明,药后 3~14 d 防效 16.67%~85.33%,其中 30%灭蝇胺 SC 处理见效速度快、持效期长、防治效果佳,施药后 14 d 其田间防治效果可保持在 65.00%,高于其他药剂($P<0.05$)。其次是 25%灭幼脲 SC 和 20%虫酰肼 SC 在施药后 14 d 其田间防治效果仍保持 60%,高于其他药剂($P<0.05$)。【结论】30%灭蝇胺 SC、25%灭幼脲 SC 和 20%虫酰肼 SC 最适合作为防治番茄潜叶蛾的首选药剂。

关键词: 番茄潜叶蛾; 杀虫剂; 毒力测定; 田间防效



开放科学标识码
(OSID 码)

Toxicity and field efficacy of different insecticides against *Tuta absoluta*

ABULIZI · Tayier¹, MA Zhao¹, PATIMA · Wumuerhan¹, GAO Jiancheng², LIU Fei³, MA Deying^{1*}

¹College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University/Key Laboratory of Prevention and Control of Invasive Alien Species in Agriculture & Forestry of the North-Western Desert Oasis (Co-construction by Ministry and Province), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Urumqi, Xinjiang 830052, China; ²Plant Protection Station of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang 830006, China; ³Agricultural Technology Extension Master Station of Yili Kazakh Autonomous Prefecture, Yining, Xinjiang 835000, China

Abstract: 【Aim】The main goal was to screen highly efficient and low-risk insecticides for controlling *Tuta absoluta*. 【Method】A total of nine insecticides based on insect growth regulators were selected for toxicity and field efficacy testing. Indoor toxicity of nine insecticides and their control effects after field spraying were determined. 【Result】The results of indoor toxicity showed that 10.5% emamectin benzoate SC had the highest toxicity, with the LC_{50} value at 48 h was $0.061 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Moreover, 10% tetrachlorantraniliprole SC also exhibited good insecticidal activity, with an LC_{50} value of $0.064 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. The order of toxicity of the nine insecticides to tomato leaf miner moth: 10.5% emamectin benzoate SC>10% tetrachlorantraniliprole SC>5% hexaflumuron EC>30% cyromazine SC>25% chlorbenzuron SC>50000 IU/mg Bt-G033A WP>20% tebufenozide SC>22% metaflumizone SC>50% chlorfluazuron EC. The results of field control showed that the control effect ranged from 16.67% to 85.33%, 3 d to 14 d after application. Among them, treatment with 30% cyromazine SC treatment demonstrated fast effect, prolonged duration, and effective control. The field control effect could be maintained at 65.00% 14 d after application, which was higher than that of other pesticides ($P<0.05$). This was followed by 25% chlorbenzuron SC and 20% tebufenozide SC, with the field control effect for 30% cyromazine SC remained at 60% 14 d after application, which was higher than other agents ($P<0.05$). 【Conclusion】In conclusion, 30% cyromazine SC, 25% chlorbenzuron SC, and 20% tebufenozide SC were identified as the most suitable pesticides for controlling *T. absoluta*.

Key words: *Tuta absoluta*; insecticides; toxicity test; field efficacy

收稿日期(Received): 2023-11-20 接受日期(Accepted): 2024-04-26

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD1400200); 重大病虫害防控综合技术研发与示范专项

作者简介: 阿卜力孜·塔伊尔, 男, 硕士研究生。研究方向: 农业害虫综合防治。E-mail: 2538509585@qq.com

* 通信作者(Author for correspondence), 马德英, E-mail: mdyxd@163.com

番茄潜叶蛾 *Phthorimaea absoluta* Meyrick, 曾用名 *Tuta absoluta* Meyrick, 属鳞翅目 Lepidoptera 麦蛾科 Gelechiidae (海永强和刘媛, 2022; Biondi *et al.*, 2018), 原产于南美洲秘鲁, 寄主范围广, 喜食茄科植物, 尤其嗜食番茄 *Solanum lycopersicum* L., 是世界番茄的毁灭性害虫 (Biondi *et al.*, 2018; Desneux *et al.*, 2010)。幼虫以植株地上部组织为食, 导致叶和果实受损, 最终造成大量减产 (Desneux *et al.*, 2010), 大暴发时可致番茄减产 80%~100% (陈宇冲等, 2022; 张桂芬等, 2018; 张润志, 2019)。番茄潜叶蛾有较强的扩散能力 (何云川等, 2022), 自 2006 年该虫首次入侵欧洲的西班牙以来, 传播扩散迅速, 仅用 3 a 时间便蔓延至整个地中海盆地大部分国家和地区 (Garzia *et al.*, 2012; Guillemaud *et al.*, 2015)。截至 2021 年年底, 番茄潜叶蛾已分布至全球 103 个国家和地区 (张桂芬等, 2022), 对全世界番茄产业造成了巨大威胁 (张桂芬等, 2022; Biondi *et al.*, 2018)。

番茄潜叶蛾最常见的防治方法是化学防治 (Ndereyimana *et al.*, 2019; Sellami & Jamoussi, 2016), 化学防治不但见效迅速, 又能有效遏制其蔓延 (Majidiani *et al.*, 2019)。由于番茄潜叶蛾生活史短、世代重叠严重、繁殖能力强, 需大量用药, 而频繁使用药剂会导致药效减退, 害虫产生抗药性 (Ingegno *et al.*, 2019)。智利、巴西、阿根廷等国家相继报道南美番茄潜叶蛾对拟除虫菊酯、阿维菌素、杀螟丹、苄氯菊酯、多杀菌素等药剂产生了不同程度的抗药性 (Silva *et al.*, 2015, 2016), 在欧洲, 番茄潜叶蛾对酰胺类杀虫剂茚虫威产生了高抗 (Roditakis *et al.*, 2017)。目前, 在新疆伊犁和喀什地区, 有针对番茄潜叶蛾危害使用杀虫剂的相关报道 (阿米热·牙生江等, 2020; 付开赞等, 2022)。

马琳等 (2019) 测定了 6 种杀虫剂对番茄潜叶蛾的室内毒力, 结果显示, 云南地区的番茄潜叶蛾种群对部分药剂产生了抗药性, 但对甲维盐、氯虫脲更为敏感, 这 2 种杀虫剂可作为防治番茄潜叶的首选药剂。付开赞等 (2022) 比较了 10 种杀虫剂在田间对番茄潜叶蛾的防效, 发现使用 34% 乙多·甲氧虫 SC 或 6% 乙基多杀菌素 SC 与 0.05% 有机硅助剂组合交替进行防治效果较好。庾琴等 (2022) 证实, 阿维菌素、四唑虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺和吡虫啉 6 种杀

虫剂对番茄潜叶蛾幼虫或成虫均有较高毒力, 并且阿维菌素、四唑虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和乙基多杀菌素具有较好的田间防效。本研究选择了 9 种以昆虫生长调节剂为主及先前尚未进行评价的杀虫剂, 对番茄潜叶蛾进行室内毒力及田间药效试验, 以期对番茄潜叶蛾的药剂筛选及田间防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试番茄潜叶蛾采自伊宁市喀尔墩乡库克兰木蔬菜基地 (81°20'33"E, 43°54'40"N), 种植 2 个面积分别为 667 m² 番茄温室 (无扣棚膜), 番茄品种为东方红, 自然感虫, 常态化管理。

1.2 供试药剂

供试药剂: 50% 氟啶脲乳油 (EC) (河北博嘉农业有限公司); 10.5% 甲维盐悬浮剂 (SC) (深圳诺普信农业化股份有限公司); 5% 氟铃脲乳油 (EC) (大连九信作物科学有限公司); 10% 四氯虫酰胺悬浮剂 (SC) (沈阳科创化学品有限公司); 50000 IU·mg⁻¹ Bt-G033A 可湿性粉剂 (WP) (武汉科诺生物科技有限公司); 20% 虫酰肼悬浮剂 (SC) (上海禾本药业股份有限公司); 22% 氰氟虫腙悬浮剂 (SC) (巴斯夫欧洲公司); 30% 灭蝇胺悬浮剂 (SC) (青岛海纳生物科技有限公司); 25% 灭幼脲悬浮剂 (SC) (河北天发生物科技有限公司)。

田间推荐用量: 氟啶脲 900 mL·hm⁻²; 甲维盐 63.75 mL·hm⁻²; 氟铃脲 847.5 mL·hm⁻²; 四氯虫酰胺 525 mL·hm⁻²; Bt-G033A 1312.5 mL·hm⁻²; 虫酰肼 1350 mL·hm⁻²; 氰氟虫腙 1050 mL·hm⁻²; 灭蝇胺 600 mL·hm⁻²; 灭幼脲 225 mL·hm⁻²。

1.3 试验方法

1.3.1 室内毒力测定 采用叶片浸渍法, 将杀虫剂用蒸馏水稀释配制成 0.25、0.50、0.75、1.00 和 1.25 g·mL⁻¹ 5 个浓度梯度的药液 (聂霄艳, 2007; 孙宇婷等, 2024), 以清水为对照, 共 6 个处理。选取有幼虫 (2~3 龄) 潜入的番茄叶片, 有虫部位剪成叶饼, 于各浓度药液或清水对照浸渍 20 s。每个处理重复 3 次, 每个重复 30 头幼虫。24、48 h 后观察记录番茄潜叶蛾幼虫的存活情况, 以昆虫针轻触虫体无反应且无光泽判定为死亡。几率值法计算 LC₅₀, 毒力指数计算采用以下公式: 毒力指数 (toxicity in-

dex, TI) = 标准药剂 LC₅₀/供试药剂 LC₅₀。

1.3.2 田间药效试验 试验在伊宁市喀尔墩乡番茄大棚进行(43°54'40"E, 81°20'33"N), 株高 140~150 cm, 番茄 1/3 叶片上有幼虫。采用喷雾法推荐用量施药, 每个处理重复 3 次, 每个处理小区不少于 30 株, 每小区 21.60 m², 施药前统计虫口基数量, 以清水为对照。使用小型手动喷雾器, 各处理喷洒后清洗喷雾器。调查方法: 每个处理组随机选 10 株, 挂牌标记, 每株番茄按上、中、下各部位选择一片叶片调查幼虫数量。施药后 3、7、14 d 调查药剂防效。以昆虫针轻触虫体无反应且无光泽判定为死亡。

虫口减退率/% = [(处理前虫口数 - 处理后虫口数) / 处理前虫口数] × 100

防治效果/% = [(处理前虫口减退率 - 对照虫口减退率) / (100 - 对照虫口减退率)] × 100

1.4 数据统计

数据由 Microsoft Excel 2016 处理, SPSS 25.0 分

析。单因素方差分析后, Duncan 氏新复极差法检验差异显著性, 差异显著性水平设定为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同药剂对番茄潜叶蛾的毒力测定

由表 1 可知, 9 种药剂均具有一定的毒力, 其中 10.5% 甲维盐 SC 的毒力最高, 48 h 的 LC₅₀ 值为 0.061 mg · L⁻¹, 表现出优良的杀虫活性; 10% 四氯虫酰胺 SC、5% 氟铃脲 EC、30% 灭蝇胺 SC、25% 灭幼脲 SC、50000 IU · mg⁻¹ Bt-G033A WP 也表现出较高的杀虫活性; 22% 氰氟虫腙 SC 和 50% 氟啶脲 EC 对番茄潜叶蛾幼虫的毒力较低, LC₅₀ 值分别为 0.278 和 0.577 mg · L⁻¹。9 种药剂进行毒力大小排序为 10.5% 甲维盐 SC > 10% 四氯虫酰胺 SC > 5% 氟铃脲 EC > 30% 灭蝇胺 SC > 25% 灭幼脲 SC > 50000 IU · mg⁻¹ Bt-G033A WP > 20% 虫酰肼 SC > 22% 氰氟虫腙 SC > 50% 氟啶脲 EC。

表 1 不同药剂对番茄潜叶蛾的室内毒力测定结果

Table 1 Indoor toxicity test results of different insecticides on *T. absoluta*

药剂 Insecticide	处理时间 Processing time/h	回归方程 Regression equation	相关系数 R	LC ₅₀ 95% 置信区间 95% confidence interval /mg · L ⁻¹	毒力指数 Toxicity index
50% 氟啶脲 EC	24	$y = 2.267x + 0.833$	0.9948	2.706 (0.917~4.643)	1.00
50% chlorfluazuron EC	48	$y = 12.667x + 6.833$	0.9645	0.577 (0.027~1.213)	1.00
10.5% 甲维盐 SC	24	$y = 4.933x + 21.233$	0.9465	0.118 (0.105~0.636)	22.93
10.5% emamectin benzoate SC	48	$y = 3.333x + 25.700$	0.9369	0.061 (-0.082~1.398)	9.46
5% 氟铃脲 EC	24	$y = 6.000x + 13.900$	0.9620	0.507 (0.209~0.551)	5.34
5% hexaflumuron EC	48	$y = 6.400x + 20.133$	0.9399	0.126 (0.088~0.352)	4.58
10% 四氯虫酰胺 SC	24	$y = 9.333x + 11.800$	0.9927	0.469 (0.204~0.476)	5.77
10% tetrachlorantraniliprole SC	48	$y = 1.867x + 26.600$	0.9899	0.064 (-0.008~0.128)	9.02
50000 IU · mg ⁻¹ Bt-G033A WP	24	$y = 13.733x + 1.567$	0.9567	0.992 (0.364~1.116)	2.73
	48	$y = 6.933x + 18.933$	0.9008	0.168 (0.120~0.520)	3.43
20% 虫酰肼 SC	24	$y = 6.667x + 8.800$	0.9821	0.831 (0.185~0.915)	3.26
20% tebufenozide SC	48	$y = 0.333x + 21.633$	0.9255	0.171 (0.085~0.315)	3.37
22% 氰氟虫腙 SC	24	$y = 11.067x + 0.900$	0.9693	1.407 (0.186~1.454)	1.92
22% metaflumizone SC	48	$y = 5.200x + 19.300$	0.9837	0.278 (0.056~0.304)	2.08
30% 灭蝇胺 SC	24	$y = 12.933x + 6.167$	0.9945	0.746 (0.182~1.578)	3.63
30% cyromazine SC	48	$y = 4.533x + 23.867$	0.9061	0.140 (-0.197~0.643)	4.12
25% 灭幼脲 SC	24	$y = 16.667x + 0.900$	0.9474	0.917 (0.163~1.477)	2.95
25% chlorobenzuron SC	48	$y = 5.067x + 24.267$	0.9089	0.155 (-0.241~0.519)	3.72

2.2 不同药剂对番茄潜叶蛾的田间药效

由表 2 可知, 施药后 3 d 的田间防效为 65.00%~85.33%。其中, 20% 虫酰肼 SC、30% 灭蝇胺 SC 和 25% 灭幼脲 SC 的防效均超过 80%, 显著高于其他药剂 ($P < 0.05$), 除 50% 氟啶脲 EC 和 5% 氟铃脲 EC 防效较低外, 其他药剂防效均达到了 70% 以上。

随着施药时间的延长, 各药剂对番茄潜叶蛾的防效逐渐降低。药后 7 d 的防效为 48.67%~75.67%。

其中, 30% 灭蝇胺 SC 和 25% 灭幼脲 SC 的防效超过 70%, 显著高于其他药剂 ($P < 0.05$)。10.5% 甲维盐 SC、10% 四氯虫酰胺 SC、50000 IU · mg⁻¹ Bt-G003A WP、20% 虫酰肼 SC 的防效均达到了 60%。

施药后 14 d 的防效为 16.67%~65.00%。其中, 30% 灭蝇胺 SC 的防效保持在 65%, 显著高于其他药剂防效 ($P < 0.05$), 20% 虫酰肼 SC 和 25% 灭幼脲 SC 的防效超过了 60%。

表 2 9 种药剂对番茄潜叶蛾的田间防效
Table 2 Nine field control effects of insecticides on *T. absoluta*

药剂 insecticide	施药前虫口基数 /头·株 ⁻¹ Pre-application insect population base	药后 3 d 3 d post-drug			药后 7 d 7 d post-drug			药后 14 d 14 d post-drug		
		活虫数/头 Number of live worms	减退率 Reduction rate/%	防效 Efficacy /%	活虫数/头 Number of live worms	减退率 Reduction rate/%	防效 Efficacy /%	活虫数/头 Number of live worms	减退率 Reduction rate/%	防效 Efficacy /%
清水对照 (CK)	10.20	10.08	1.17±0.44	-	10.30	-1.00±0.58	-	11.11	-9.00±0.58	-
50% 氟啶脲 EC	11.23	3.51	68.67±0.33	68.33±0.67c	5.65	49.67±0.88	50.00±0.58f	9.95	11.33±0.88	18.33±0.67f
50% 氯氟啶脲 EC	13.21	3.20	76.00±2.08	75.67±2.33b	4.71	64.33±0.88	64.67±0.88de	8.50	35.67±1.76	41.00±1.73e
10.5% 甲维盐 SC	11.30	3.91	65.33±0.88	65.00±0.58c	5.90	48.00±1.53	48.67±1.45f	10.24	9.33±0.88	16.67±1.20f
10.5% 氟铃脲 EC	11.50	2.60	77.33±0.88	77.33±0.88b	3.91	66.00±2.08	66.33±2.03cd	5.90	49.00±0.58	53.33±0.67c
10% 四氯虫酰胺 SC	13.13	3.01	77.00±0.58	77.00±0.58b	4.90	62.66±0.33	63.00±0.58e	7.20	45.33±0.33	49.67±0.33d
10% 四氯虫酰胺 SC	12.82	2.34	81.67±1.76	81.67±1.76a	4.20	67.33±0.67	68.00±0.58c	5.50	57.33±0.33	61.00±0.58b
20% 虫酰胺 SC	9.71	2.60	73.33±0.88	73.00±0.58b	4.20	56.67±1.67	57.33±1.33f	6.40	34.00±0.58	39.33±0.67e
22% 氟氟虫脲 SC	10.44	1.53	85.33±0.88	85.33±0.88a	2.54	75.67±0.33	75.67±0.33a	4.00	62.00±0.58	65.00±0.58a
22% 灭幼脲 SC	9.51	1.60	83.33±2.40	83.33±2.40a	2.72	71.33±0.67	71.67±0.33b	3.90	59.00±0.58	62.33±0.67b

同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Different letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论与结论

番茄潜叶蛾作为外来入侵生物,其对我国番茄产业所带来的危害引起普遍关注(高峰,2016;余细红和李韶山,2022)。番茄潜叶蛾体积小,隐蔽性强,早期很难被发现和识别(张桂芬,2020)。暴发时,使用化学农药可以减轻危害,但过度使用可能增加害虫抗药性,减少天敌数量,甚至造成田间次要害虫转变为主要害虫。

本研究与马琳等(2019)的研究结果较一致,甲维盐的室内毒力最强。虽然10.5%甲维盐 SC、10%四氯虫酰胺 SC 和5%氟铃脲 EC 对番茄潜叶蛾有较强的室内毒力,但药后3~14 d,防效处于16.67%~53.33%,显著低于30%灭蝇胺 SC、25%灭幼脲 SC 和20%虫酰肼 SC 防效。可以看出,在不同环境和条件下,对番茄潜叶蛾的防治策略会有所差异。

通过室内毒力测定及田间药效试验验证,48 h,9种药剂毒力大小排序为10.5%甲维盐 SC>10%四氯虫酰胺 SC>5%氟铃脲 EC>30%灭蝇胺 SC>25%灭幼脲 SC>50000 IU·mg⁻¹ Bt-G033A WP>20%虫酰肼 SC>22%氰氟虫腙 SC>50%氟啶脲 EC。根据田间药效结果,9种杀虫剂施药后3~14 d 防效为16.67%~85.33%,其中30%灭蝇胺 SC 处理见效速度快、持效期长、防治效果佳,施药后14 d 其田间防治效果可保持在65.00%,高于其他药剂。其次是25%灭幼脲 SC 和20%虫酰肼 SC,施药后14 d 其田间防治效果仍保持60%,适合作为防治番茄潜叶蛾的首选药剂。

参考文献

阿米热·牙生江,阿地力·沙塔尔,付开赞,丁新华,何江,吐尔逊·阿合买提,郭文超,李晓,2020.9种杀虫剂对番茄潜叶蛾的防治效果评价.新疆农业科学,57(12):2291-2298.

陈宇冲,张超,刘康妮,仲航,2022.现代玻璃温室番茄潜叶蛾绿色防治技术.农业工程技术,42(19):12-16,22.

付开赞,李爱梅,丁新华,贾尊尊,吐尔逊·阿合买提,冯宏祖,郭文超,2022.10种杀虫剂对番茄潜叶蛾防治效果评价.新疆农业科学,59(5):1165-1172.

高峰,2016.不得不防的灾害——物种污染.环境保护与循环经济,36(4):23.

何云川,毛植尧,王田珍,王树明,马丽华,普建文,宁锦程,普群,周文武,AMR S·ABOU EL-ELA,祝增荣,

2022.番茄潜叶蛾危害特征及14目防虫网的隔离效果.西北农业学报,31(7):921-929.

海永强,刘媛,2022.番茄潜叶蛾的形态特征和生物学习性.中国植保导刊,42(8):24-28.

马琳,李晓维,王树明,王田珍,吕爱斌,2019.6种杀虫剂对云南地区番茄潜叶蛾的室内毒力测定//陈万权.中国植物保护学会2019年学术年会论文集.北京:中国农业科学技术出版社:268.

聂霄艳,2007.花椒提取物对玉米象和赤拟谷盗的控制作用研究.硕士学位论文.重庆:西南大学.

孙宇婷,李雪,张国华,王艺达,马洪雪,金彩玉,杜熙博,张颖慧,张琳,2024.北细辛精油对桔小实蝇杀虫活性及其机理研究.安徽农业科学,52(4):128-132,156.

余细红,李韶山,2022.我国生物入侵现状与防制分析.生物学教学,47(2):95-96.

庾琴,郭晓君,封云涛,杜恩强,刘新,张润祥,郝赤,2022.6种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾的毒力及田间防效.生物安全学报,31(4):345-350.

张桂芬,2020.南美番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta*, a.幼虫及为害状, b.蛹, c.成虫, d.卵.植物保护,46(2):1.

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.

张桂芬,张毅波,洗晓青,刘万学,李萍,刘万才,刘慧,冯晓东,吕志创,王玉生,黄聪,郭建洋,万方浩,马德英,张晓明,桂富荣,李亚红,罗荣,王慧卿,王俊,2022.新发重大农业入侵害虫番茄潜叶蛾的发生为害与防控对策.植物保护,48(4):51-58.

张润志,2019.番茄潜麦蛾 *Tuta absoluta* (Povolny) 幼虫.应用昆虫学报,56(1):50.

BIONDI A, GUEDES R N C, WAN F H, 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(1): 239-258.

DESNEUX N, WAJNBERG E, WYCKHUYS K A G, BURGIOG, ARPAIA S, NARVÁEZ-VASQUEZ C A, GONZÁLEZ-CABRERA J, RUESCAS D C, TABONE E, FRANDON J, PIZZOLJ, PONCETC, CABELLO T, URBANEJAA, 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.

GARZIA G T, SISCARO G, BIONDI A, ZAPPALA L, 2012. *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage. *EPPO Bulletin*, 42(2): 205-210.

GUILLEMAUD T, BLINAURÉLIE, LE GOFF I, DESNEUX N,

- REYES M, TABONE E, TSAGKARAKOU A, LOMBAERT E, LAURA N, 2015. The tomato borer, *Tuta absoluta*, invading the Mediterranean Basin, originates from a single introduction from Central Chile. *Scientific Reports*, 5(1): 8371.
- INGEGNO B L, MESSELINK G J, BODINO N, ILIADOU A, DRISS L, WOELKE J B, LEMAN A, TAVELLA L, 2019. Functional response of the mirid predators *Dicyphus bolivari* and *Dicyphus errans* and their efficacy as biological control agents of *Tuta absoluta* on tomato. *Journal of Pest Science*, 92(4): 1457–1466.
- MAJIDIANIS, POURABAD R F, LAUDANI F, CAMPOLO O, ZAPPALÀ LUCIA, RAHMANI S, MOHAMMADI, PALMERI V, 2019. RNAi in *Tuta absoluta* management: effects of injection and root delivery of dsRNAs. *Journal of Pest Science*, 92(4): 1409–1419.
- NDEREYIMANA A, NYALALA S, MURERWA P, GAIDASHOVA S, 2019. Potential of entomopathogenic nematode isolates from Rwanda to control the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1): 1–7.
- RODITAKIS E, STEINBACH D, MORITZ G, VASAKIS E, STAVRAKAKI M, ILIAS A, GARCÍA-VIDAL L, MARTÍNEZ-AGUIRRE R D MARÍA, BIELZA P, MOROU E, SILVA E J, SILVA M W, SIQUEIRA A A H, IQBAL S, TROCZKA J B, WILLIAMSON S M, BASS C, TSAGKARAKOU A, VONTAS J, NAUEN R, 2017. Ryanodine receptor point mutations confer diamide insecticide resistance in tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 80: 11–20.
- SELLAMI S, JAMOSSI K, 2016. Investigation of larvae digestive β -glucosidase and proteases of the tomato pest *Tuta absoluta* for inhibiting the insect development. *Bulletin of Entomological Research*, 106(3): 406–414.
- SILVA M W, BERGER M, BASS C, BALBINO V, AMARAL HP M, CAMPOS R M, SIQUEIRA A A H, 2015. Status of pyrethroid resistance and mechanisms in Brazilian populations of *Tuta absoluta*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 122: 8–14.
- SILVAM W, BERGER M, BASS C, WILLIAMSON M, MOURA N M D, RIBEIRO L M S, SIQUEIRA H A A, 2016. Mutation (G275E) of the nicotinic acetylcholine receptor $\alpha 6$ subunit is associated with high levels of resistance to spinosyns in *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 131: 1–8.
- (责任编辑:郭莹)
- (上接第 355 页)
- MEDAL J, OVERHOLT W, CHARUDATTAN R, MULLAHEY J, GASKALLA R, DÍAZ R, CUDA J, 2012. *Tropical soda apple management plan*. Gainesville, Florida: University of Florida-IFAS.
- MCKENZIE R J, MULLER E M, SKINNER A K W, KARIS P O, BARKER N P, 2006. Phylogenetic relationships and generic delimitation in subtribe Arctotidinae (Asteraceae: Arctotideae) inferred by DNA sequence data from ITS and five chloroplast regions. *American Journal of Botany*, 93(8): 1222–1235.
- MCGOVERN R J, POLSTON J E, DANYLUK G M, HIEBERT E, ABOUZID A M, STANSLY P A, 1994a. Identification of a natural weed host of tomato mottle geminivirus in Florida. *Plant Disease*, 78: 1102–1106.
- MCGOVERN R J, POLSTON J E, MULLAHEY J J, 1996. Tropical soda apple (*Solanum viarum* Dunal): host of tomato, pepper, and tobacco viruses in Florida // *Proceedings of tropical soda apple symposium*. Bartow: Florida. University of Florida-IFAS: 31–34.
- MCGOVERN R J, POLSTON J E, MULLAHEY J J, 1994b. *Solanum viarum*: weed reservoir of plant viruses in Florida. *International Journal of Pest Management*, 40(3): 270–273.
- NEI M, KUMAR S, 2000. *Molecular evolution and phylogenetics*. New York; Oxford University Press.
- SALAUDEEN T, THOMAS M, HARDING D, HIGHT S D, 2013. Economic impact of tropical soda apple (*Solanum viarum*) on Florida cattle production. *Weed Technology*, 27(2): 389–394.
- SELLERS B A, DEVKOTA P, MULLAHEY J J, FERRELL J A, 2022. Tropical soda apple: biology, ecology, and management of a noxious weed in Florida. [2023-02-09]. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/uw097>.
- WHITE T J, BRUNS T, LEE S, TAYLOR J, 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*: 315–322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>.
- (责任编辑:郭莹)