

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2022.04.007

6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾的毒力及田间防效

庾 琴, 郭晓君, 封云涛, 杜恩强, 刘 新, 张润祥*, 郝 赤*
山西农业大学植物保护学院, 山西 太原 030031

摘要:【目的】研究 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾卵、幼虫和成虫的毒力及其在温室番茄上的防治效果, 为南美番茄潜叶蛾防治提供高效杀虫剂和施药技术。【方法】采用浸渍法和药膜法测定了 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾卵、幼虫和成虫的毒力, 田间调查毒力较高杀虫剂对温室番茄上南美番茄潜叶蛾防效。【结果】6 种杀虫剂中的乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和阿维菌素对南美番茄潜叶蛾卵有毒力作用, 致死中浓度 (LC_{50}) 分别为 1.415、13.588 和 23.194 $mg \cdot L^{-1}$ 。6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾幼虫的 LC_{50} 分别为: 阿维菌素 0.026 $mg \cdot L^{-1}$ 、四唑虫酰胺 0.052 $mg \cdot L^{-1}$ 、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 0.057 $mg \cdot L^{-1}$ 、乙基多杀菌素 0.072 $mg \cdot L^{-1}$ 、氯虫苯甲酰胺 0.484 $mg \cdot L^{-1}$ 和呋虫胺 2.039 $mg \cdot L^{-1}$ 。对于南美番茄潜叶蛾成虫, 24 h 时, 仅甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和四唑虫酰胺对成虫有较高毒力; 72 h 时, 6 种杀虫剂对成虫的 LC_{50} 分别为: 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 0.390 $mg \cdot L^{-1}$ 、乙基多杀菌素 1.646 $mg \cdot L^{-1}$ 、四唑虫酰胺 2.630 $mg \cdot L^{-1}$ 、呋虫胺 5.577 $mg \cdot L^{-1}$ 、阿维菌素 22.502 $mg \cdot L^{-1}$ 和氯虫苯甲酰胺 39.636 $mg \cdot L^{-1}$ 。在成虫盛发期第 4 天施药, 阿维菌素、四唑虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素在南美番茄潜叶蛾危害严重的温室番茄上防效达 80% 以上。【结论】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、氯虫苯甲酰胺和呋虫胺对南美番茄潜叶蛾卵、幼虫或成虫有较高毒力, 其中阿维菌素、四唑虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和乙基多杀菌素田间防效较好。

关键词: 南美番茄潜叶蛾; 杀虫剂; 毒力; 田间防效



开放科学标识码
(OSID 码)

Toxicity of six insecticides on *Tuta absoluta* (Meyrick) and control efficacy in field trials

YU Qin, GUO Xiaojun, FENG Yuntao, DU Enqiang, LIU Xin, ZHANG Runxiang*, HAO Chi*
College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Taiyuan, Shanxi 030031, China

Abstract: 【Aim】Six insecticides were tested for their toxicity and efficacy on the eggs, larvae, and adults of *Tuta absoluta* in greenhouse tomato plants. 【Method】The dipping and film methods were used to determine the toxicities of the six insecticides to *T. absoluta* eggs, larvae, and adults. The effects of these highly toxic insecticides on *T. absoluta* were investigated in a greenhouse on tomato plants. 【Result】Among the six insecticides, spinetoram, emamectin benzoate, and avermectin were toxic to *T. absoluta* eggs, with LC_{50} values of 1.415, 13.588, and 23.194 $mg \cdot L^{-1}$, respectively. The LC_{50} of abamectin, tetrazolamide, emamectin benzoate, spinetoram, chlorfenoxamide, and dinotefuran in the larvae were 0.026, 0.052, 0.057, 0.072, 0.484, and 2.039 $mg \cdot L^{-1}$, respectively. Only emamectin benzoate and tetrazolium were highly toxic to the adults at 24 h. At 72 h, the LC_{50} of the six insecticides in *T. absoluta* adults were as follows: emamectin benzoate, 0.390 $mg \cdot L^{-1}$; spinetoram, 1.646 $mg \cdot L^{-1}$; tetrazolium furamethoxam, 2.630 $mg \cdot L^{-1}$; dinotefuran, 5.577 $mg \cdot L^{-1}$; avermectin, 22.502 $mg \cdot L^{-1}$; and chlormethoxam, 39.636 $mg \cdot L^{-1}$. The control efficacies were above 80% when abamectin, tetrazolamide, emamectin benzoate, or spinetoram were applied to *T. absoluta* on the 4th day after the peak of adult emergence in the greenhouse. 【Conclusion】The six insecticides were highly toxic to *T. absoluta* eggs, larvae, or adults. Among them, abamectin, tetrazolamide, emamectin benzoate, and spinetoram effectively controlled *T. absoluta* in the greenhouse.

Key words: *Tuta absoluta*; insecticide; toxicity; field control effect

收稿日期 (Received): 2021-10-19 接受日期 (Accepted): 2022-05-20
基金项目: 山西省自然科学基金项目 (201901D111231); 山西农业大学博士基金 (2021BQ56); 山西农业大学科研专项 (2020xfhf11)
作者简介: 庾琴, 女, 研究员。研究方向: 入侵生物综合防控。E-mail: yuqinninetwoone@163.com
* 通信作者 (Author for correspondence), 张润祥, E-mail: 973588211@qq.com; 郝赤, E-mail: sxauhc@163.com

南美番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 为鳞翅目麦蛾科, 源于南美洲, 为当地茄科植物的一种重要害虫(洗晓青等, 2019)。自 21 世纪初开始快速扩散传播, 现已分布于 90 多个国家和地区, 并对番茄 *Solanum lycopersicum* L. 造成严重危害(洗晓青等, 2019; Biondi *et al.*, 2018; Tropea *et al.*, 2012)。国际马铃薯中心认为南美番茄潜叶蛾是威胁全球番茄生产的最严重害虫之一, 可导致番茄经济损失达 50%~100% (张润志, 2019)。从 2017 年起, 南美番茄潜叶蛾在我国新疆、云南、贵州、四川、广西、湖南等地相继被发现(陆永跃, 2021; 尹艳琼等, 2021; 张桂芬等, 2018), 呈快速扩大趋势。2021 年 6 月, 首次在山西省太原市温室番茄上发现南美番茄潜叶蛾危害, 部分温室中 80% 以上番茄叶片白化干枯, 90% 以上果实蛀果腐烂。

南美番茄潜叶蛾为钻蛀性害虫, 卵较小, 初孵幼虫孵化后快速蛀入叶肉中, 易与斑潜蝇 *Liriomyza chinensis* (Kato) 危害混淆, 隐蔽性极强, 防治困难(张桂芬, 2020; 张润志, 2019)。化学防治是一种快速有效的防控技术, 但杀虫剂使用不当, 易使南美番茄潜叶蛾产生抗性。在非洲、巴西、美国等地, 南美番茄潜叶蛾对菊酯类、二酰胺类等杀虫剂已有较高抗性(Khalid *et al.*, 2012; Obitakis *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2016); 连续 2 年使用酰胺类和菊酯类杀虫剂后, 尼日利亚番茄园中的南美番茄潜叶蛾对氯虫苯甲酰胺、高效氯氟氰菊酯和溴氰菊酯的抗性分别增至 4.09~16.97、2.66~7.88 和 3.23~6.24 倍(Oke *et al.*, 2020); 美国和巴西地区在使用杀虫剂 6 年后, 氯虫苯甲酰胺的 LC_{50} 从 $0.0044 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 升至 $1263 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 溴氰虫酰胺和氟虫酰胺的 LC_{50} 分别从 0.015 和 $0.038 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 升至 281 和 $3018 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Silva *et al.*, 2016)。国内研究也发现, 连续使用杀虫剂 2 年后, 云南地区的南美番茄潜叶蛾对多杀菌素、氯虫腈、茚虫威、溴氰菊酯、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺的敏感性均降低(马琳等, 2019)。因此, 轮换使用作用机制不同的高效杀虫剂、减缓害虫抗性增加速度是化学防治的迫切要求。本研究选择了作用机制不同的 6 种杀虫剂, 比较了这些杀虫剂对不同虫态南美番茄潜叶蛾的毒力, 并进行田间防治验证效果, 以期能为南美番茄潜叶蛾的防治提供更适宜的杀虫剂及防控技术。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

南美番茄潜叶蛾幼虫采自山西省太原市小店区的温室番茄中, 试验种群为室内条件下饲养的 F1 代种群。幼虫用番茄植株饲养, 成虫用 5% 蜂蜜水饲喂、在番茄上产卵。饲养条件: 温度 $25 \sim 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 RH 50%~60%, 光周期 L:D=15 h:9 h。

1.2 供试杀虫剂

杀虫剂原药: 95.3% 阿维菌素原药(河北威远生化农药有限公司)、90.1% 四唑虫酰胺原药[拜耳作物科学(中国)有限公司]、90.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐原药(浙江钱江生物化学股份有限公司)、81.2% 乙基多杀菌素原药(科迪华农业科技有限责任公司)、95.3% 氯虫苯甲酰胺原药(美国杜邦公司)、99.1% 呋虫胺原药(山东省联合农药工业有限公司)。

杀虫剂制剂: 5% 阿维菌素乳油(河北威远生化农药有限公司)、 $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 四唑虫酰胺悬浮剂[拜耳作物科学(中国)有限公司]、3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳剂(江苏正邦作物保护有限公司)、 $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙基多杀菌素悬浮剂(美国陶氏益农公司)、南美番茄潜叶蛾诱芯(中捷四方生物科技股份有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 杀虫剂对南美番茄潜叶蛾不同虫态的毒力测定 试验在室温条件下进行, 温度 $25 \sim 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 30%~60%。原药用丙酮溶解、再用自来水配制的含质量分数 0.02% 吐温-80 的溶液, 稀释成系列浓度梯度药液, 药液量 200 mL。

浸卵法测定卵毒力。采摘带有 40 粒新产卵的番茄叶片 1~2 张, 将叶片浸泡在药液中 10 s, 取出后用滤纸吸取多余药液, 将叶片放入垫有保湿滤纸的培养皿中, 叶柄处裹上湿润棉球。以自来水(含质量分数为 0.02% 的吐温-80)浸泡的番茄叶片为对照。每处理 30 粒卵, 用镊子去掉多余卵。第 5 天调查未孵化卵数量。

浸叶法测定幼虫毒力。选择番茄植株中上部生长发育的正常叶片 1~2 张, 洗净晾干。将叶片放入垫有保湿滤纸的培养皿中, 叶柄处裹上湿润棉球, 挑选 2~3 龄幼虫 30 头放到叶片上。1 h 后观察, 去除死亡或行动不正常的幼虫, 再补至 30 头。48 h 后调查死亡幼虫数量, 以幼虫不能正常钻蛀取食为死亡。

试管药膜法测定成虫毒力。选择直径 3 cm、高 10 cm 试管, 洗净晾干。将原药用丙酮溶解成系列

浓度梯度的药液,吸取 2 mg 放入试管中,不停转动形成药膜。接入成虫,每处理 20 头。分别于处理后 24、72 h 后调查死亡成虫数量。成虫不能正常爬行或无力振翅飞行,或腹部畸形变大为死亡。同时记录成虫产卵量。

所有试验均重复 3 次。试验数据采用 SPSS 16.0 软件的 probit analysis 法计算致死中浓度 LC_{50} 、斜率和标准误等。

1.3.2 杀虫剂田间防治效果 根据毒力测定结果,试验选择四唑虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素和阿维菌素 4 种杀虫剂进行田间防治效果试验。试验在山西省太原市温室番茄上进行,番茄品种为普罗旺斯,植株高度 160 cm 左右。7 月上旬温室中悬挂南美番茄潜叶蛾性信息素诱捕器监测成虫羽化盛发期,在成虫羽化盛期第 4 天施药。施药时,番茄 1/3~1/2 叶片上有幼虫钻蛀,危害严重。试验设置杀虫剂试验处理和空白对照处理,空白对照处理未喷施任何杀虫剂。每处理设 3 次重复,每小区 30 m²。杀虫剂用量为 5%阿维菌素乳油 225.0、300.0 mL·hm⁻², 200 g·L⁻¹四唑虫酰胺悬浮剂 112.5、150.0 mL·hm⁻², 3%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水乳剂 300.0、600.0 mL·hm⁻², 60 g·L⁻¹乙基多杀菌素悬浮剂 300.0、600.0 mL·hm⁻²。

试验使用背负式电动喷雾器喷施,工作压力 0.20~0.40 MPa,施药量 1200 L·hm⁻²。施药前调查叶片上南美番茄潜叶蛾幼虫基数,每小区随机选择 10 株番茄,每株番茄按上、中、下 3 个位置各随机选择一张叶片,调查叶片上幼虫数量。施药后 3、10 d 调查杀虫剂防治效果,根据防效计算方法计算防治效果。试验数据采用 Excel 2013 软件计算平均值和标准偏差,用 SPSS 16.0 软件的 Duncan 氏新复极差法计算差异显著性。

$虫口率/\% = 100 \times \text{活虫数} / \text{调查叶片数}$; $虫口减退率/\% = 100 \times (\text{药前虫口率} - \text{药后虫口率}) / \text{药前虫口率}$; $防治效果/\% = 100 \times (\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}) / (1 - \text{对照区虫口减退率})$ 。

2 结果与分析

2.1 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾卵的毒力

结果表明,乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和阿维菌素对卵的孵化有抑制作用,0.1~50.0 mg·L⁻¹的氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺和呋虫胺对卵孵化率无影响,无法有效抑制卵孵化(表 1)。

2.2 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾幼虫的毒力

结果表明,阿维菌素对幼虫 LC_{50} 较低,为 0.026 mg·L⁻¹,其次为四唑虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和乙基多杀菌素,氯虫苯甲酰胺和呋虫胺的 LC_{50} 较高,分别为 0.484 和 2.039 mg·L⁻¹。结果说明,试验选择的 6 种杀虫剂对幼虫均有一定毒力,其中阿维菌素、四唑虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和乙基多杀菌素毒力较高(表 2)。

2.3 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾成虫的毒力

由表 3、4 可知,杀虫剂处理后 24 h,仅四唑虫酰胺和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对成虫有较高毒力;随着杀虫剂处理时间增加至 72 h,6 种杀虫剂对成虫毒力大幅增加,其中,乙基多杀菌素和呋虫胺 LC_{50} 分别从 374.310 和 603.126 mg·L⁻¹降至 1.646 和 5.577 mg·L⁻¹。四唑虫酰胺除直接杀死成虫外,也有效抑制其产卵,试验设置浓度范围内,单雌产卵量在 10 粒以内,低于其他杀虫剂处理的 50~80 粒。说明四唑虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素和呋虫胺对南美番茄潜叶蛾成虫有较高毒力,前两者速效性好,后两者速效性较差。其中,四唑虫酰胺对成虫产卵有较好抑制作用。

表 1 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾卵的毒力
Table 1 Toxicity of six insecticides on *T. absoluta* eggs

杀虫剂 Insecticides	斜率±标准误 Slope±SE	致死中浓度(95% 置信区间) LC_{50} (95% confidence interval)/(mg·L ⁻¹)
81.2%乙基多杀菌素 81.2% spinetoram	-0.193±0.070	1.415 (1.107~1.828)
90.3%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 90.3% emamectin benzoat	-1.054±0.084	13.588 (9.993~19.438)
95.3%阿维菌素 95.3% abamectin	-0.928±0.080	23.194 (16.020~35.499)
95.3% 氯虫苯甲酰胺 95.3% chlorantraniliprole	-	-
90.1%四唑虫酰胺 90.1% tetrazolamide	-	-
99.1%呋虫胺 99.1% dinotefuran	-	-

“-”表示该杀虫剂在 0.1~50.0 mg·L⁻¹对卵孵化率无影响。
“-” means the insecticides had no effect on egg hatching rate at 0.1~50.0 mg·L⁻¹.

表 2 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾幼虫的毒力
Table 2 Toxicity of six insecticides on *T. absoluta* larvae

杀虫剂 Insecticides	斜率±标准误 Slope±SE	致死中浓度(95% 置信区间) LC ₅₀ (95% confidence interval)/(mg · L ⁻¹)
95.3%阿维菌素 95.3% abamectin	1.756±0.249	0.026 (0.016~0.036)
90.1%四唑虫酰胺 90.1% tetrazolamide	1.209±0.093	0.052 (0.033~0.075)
90.3%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 90.3% emamectin benzoat	0.746±0.080	0.057 (0.030~0.092)
81.2%乙基多杀菌素 81.2% spinetoram	0.716±0.081	0.072 (0.037~0.116)
95.3% 氯虫苯甲酰胺 95.3% chlorantraniliprole	0.203±0.079	0.484 (0.227~0.779)
99.1%呋虫胺 99.1% dinotefuran	-0.164±0.071	2.039 (1.337~3.033)

表 3 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾成虫的毒力 (24 h)
Table 3 Toxicity of six insecticides on *T. absoluta* adults at 24 h

杀虫剂 Insecticides	斜率±标准误 Slope±SE	致死中浓度(95% 置信区间) LC ₅₀ (95% confidence interval)/(mg · L ⁻¹)
90.3%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 90.3% emamectin benzoat	-0.326±0.064	2.592 (1.850~3.662)
90.1%四唑虫酰胺 90.1% tetrazolamide	-0.789±0.087	4.766 (3.734~6.075)
95.3%阿维菌素 95.3% abamectin	-2.149±0.176	155.722 (108.867~248.854)
95.3% 氯虫苯甲酰胺 95.3% chlorantraniliprole	-2.120±0.229	296.438 (53.910~980.049)
81.2%乙基多杀菌素 81.2% spinetoram	-1.022±0.074	374.310 (144.373~1727.447)
99.1%呋虫胺 99.1% dinotefuran	-1.161±0.081	603.126 (185.696~4880.444)

表 4 6 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾成虫的毒力 (72 h)
Table 4 Toxicity of six insecticides on *T. absoluta* adults at 72 h

杀虫剂 Insecticides	斜率±标准误 Slope±SE	致死中浓度(95% 置信区间) LC ₅₀ (95% confidence interval)/(mg · L ⁻¹)
90.3%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 90.3% emamectin benzoat	-0.289±0.061	0.390 (0.229~0.594)
81.2%乙基多杀菌素 81.2% spinetoram	-0.140±0.061	1.646 (1.083~2.382)
90.1%四唑虫酰胺 90.1% tetrazolamide	-0.602±0.085	2.630 (2.114~3.246)
99.1%呋虫胺 99.1% dinotefuran	-0.559±0.067	5.577 (4.041~7.774)
95.3%阿维菌素 95.3% abamectin	-1.258±0.123	22.502 (16.840~30.166)
95.3% 氯虫苯甲酰胺 95.3% chlorantraniliprole	-1.759±0.183	39.636 (29.920~55.019)

2.4 田间防治效果

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、四唑虫酰胺、阿维菌素和乙基多杀菌素对蛀入叶肉中的幼虫防效较低,施药后 3 d,仅较高浓度阿维菌素防效为 60.60%,显著高于其他处理的 23.95%~48.22%。施药后 10 d 时,4 种杀虫剂防效增加,较高浓度处理防效均达 80%以上。其中,对幼虫和成虫均有高毒力的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐防效显著高于其他 3 种杀虫剂;对幼虫毒力高的阿维菌素和对幼虫和成虫较高毒力的四唑虫酰胺防效高于对幼虫和卵毒力较高的乙基多杀菌素,但差异不明显。说明 4 种杀虫剂对蛀入叶肉中的南美番茄潜叶蛾幼虫防效较差;在成虫产卵初盛期、幼虫未蛀入叶片时施药,对幼虫和成虫有较高毒力(表 5)。

3 讨论

本研究结果表明,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对南美番茄潜叶蛾幼虫毒力较高,氯虫苯甲酰胺和呋虫胺有一定毒力。研究中测出的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺对南美番茄潜叶蛾的 LC₅₀ 均高于 Silva *et al.*(2016) 和马琳等(2019)的研究结果,说明试验中使用的南美番茄潜叶蛾种群对氯虫苯甲酰胺和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐敏感性可能已下降。因而,在当地应避免频繁使用这 2 种或与其作用机理相似的杀虫剂。本研究同时测定了太原温室番茄上频繁使用的溴氰菊酯,结果表明,50.00 mg · L⁻¹ 溴氰菊酯对幼虫已无毒杀作用,远高于马琳等(2019)的研究结果,说明南美番茄潜叶蛾对该杀虫剂已产生较高抗性,不宜作为防治杀虫剂使用。

表 5 4 种杀虫剂对南美番茄潜叶蛾的田间防效
Table 5 Control effect of four insecticides against *T. absoluta* in greenhouse

杀虫剂 Insecticides	用量 Dosage /(mL·hm ⁻²)	施药后 3 d 3 d after rapplication		施药后 10 d 10 d after application	
		虫口减退率	防效	虫口减退率	防效
		Decreased rate/%	Control efficacy/%	Decreased rate/%	Control efficacy/%
5%阿维菌素乳油	225.0	32.42±6.70b	39.18±6.03b	43.23±8.93d	67.37±5.13d
5% abamectin SC	300.0	56.23±5.82a	60.60±5.24a	74.27±4.71ab	85.21±2.71ab
200 g·L ⁻¹ 四唑虫酰胺悬浮剂	112.5	15.50±4.44c	23.95±4.00c	59.03±3.11c	76.45±1.79c
200 g·L ⁻¹ tetrazolamide SG	150.0	37.52±4.87b	43.77±4.38b	77.81±6.94ab	87.25±3.99ab
3%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水乳剂	300.0	36.49±6.91b	42.84±6.22b	75.03±3.60c	75.03±3.60c
3% emamectin benzoate EW	600.0	37.52±4.87b	48.22±4.31b	89.09±3.15a	89.09±3.15a
60 g·L ⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂	300.0	31.94±6.36b	38.75±5.73b	39.58±5.51d	65.28±3.17d
60 g·L ⁻¹ spinetoram SG	600.0	36.81±6.01b	43.12±5.41b	66.67±8.33bc	80.84±4.79bc
对照 CK	-	-11.41±2.41		-73.61±10.49	

表中数字为平均值±标准误,同列数据后不同小写字母表示 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。
Data in the table are mean±SE, different lowercase letters in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's.

除幼虫外,南美番茄潜叶蛾的卵和成虫也是化学防治的薄弱环节。本研究结果表明,乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和阿维菌素对卵毒力较高;甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和四唑虫酰胺对成虫毒力高、速效性好;乙基多杀菌素和呋虫胺对成虫毒力高、速效性较差。因而,可根据南美番茄潜叶蛾实际发生危害情况选择适宜的杀虫剂。

在对南美番茄潜叶蛾进行化学防治时,也应考虑杀虫剂的使用方法。28~30℃条件下,南美番茄潜叶蛾成虫羽化后第 2 天开始产卵,第 3~4 天产卵量快速增加,卵期为 3~4 d;3~4 龄幼虫 20~30 min 后完成钻蛀位点选择、取食蛀入叶片内部全过程,而 1 龄幼虫则需 30~50 min,接触杀虫剂机会高于 3~4 龄幼虫。因而,本研究将施药时间设在成虫羽化盛期后第 4 天,当成虫数量较多时,选择甲氨基阿维菌素苯甲酸盐或四唑虫酰胺进行防治,可快速压低成虫基数;初孵幼虫孵化盛期、未钻蛀叶片前,选择阿维菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、四唑虫酰胺或乙基多杀菌素杀灭初孵幼虫。

外来物种成功入侵新生境后,往往要快速适应不良的环境变化,如入侵种群的抗药性,或对农药的耐受性等(樊宗芳等,2021)。本研究中的种群为当地新入侵种群,其对杀虫剂敏感性下降是南美番茄潜叶蛾入侵种群自身的抗药性,还是当地化学防治作用的结果尚不明确,如何根据入侵的南美番茄潜叶蛾种群特点进行有效防控尚需进一步研究。

参考文献

樊宗芳, 宋洁蕾, 桂富荣, 和淑琪, 2021. 5 种杀虫剂对西花蓟马和花蓟马的毒力及其生理酶活性的影响. 生物安全学报, 30(3): 206–212.

陆永跃, 2021. 警惕番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 在我国持续扩散入侵. 环境昆虫学报, 43(2): 526–528.

马琳, 李晓维, 王树明, 王田珍, 吕要斌, 2019. 6 种杀虫剂对云南地区番茄潜叶蛾的室内毒力测定//中国植物保护学会. 2019 年学术年会论文集. 北京: 中国植物保护学会: 276.

洗晓晴, 张桂芬, 刘万学, 万方浩, 2019. 世界性害虫番茄潜麦蛾入侵我国的风险分析. 植物保护学报, 46(1): 49–55.

尹艳琼, 郑丽萍, 李峰奇, 马庭矗, 宋文宏, 陈钊, 陈福寿, 刘莹, 谌爱东, 2021. 云南弥渡县番茄潜叶蛾的发生情况及田间防治效果. 环境昆虫学报, 43(3): 559–566.

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.

张润志, 2019. 番茄潜麦蛾 *Tuta absoluta* (Povolny) 危害状(果实). 应用昆虫学报, 56(5): 996.

BIONDI A, GUEDES R, WAN F, 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.

TROPEA G G, SISCARO G, BIONDI A, ZAPPALÀ L, 2012. *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 42(2): 205–210.

KHALID H, MADELEINE B, PABLO B, DINA C, LINDA M, KEVIN G, CARMELO R, WILLIAMSON M S, CHRIS B, 2012. Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltage-gated sodium channel of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 42: 506–513.

OKE O A, ABIOLAO A, HAMISUH S, 2020. Evaluation of resistance and toxicity of different insecticides on *Tuta absoluta* meyrick populations in major tomato growing states of Nigeria// NIASY S, EKESI S, MIGIRO L, OTIENO W. Sustainable management of invasive pests in Africa. Cham: Springer: 45–55.

SILVA J E, ASSIS C, RIBEIRO L, SIQUEIRA H A A, 2016. Field-evolved resistance and cross-resistance of brazilian *Tuta absoluta* (Lepidoptera: gelechiidae) populations to diamide insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 109 (5): 2190–2195.

(责任编辑:郭莹)



中宣部宣教局 中国文明网