

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2024.03.009

番茄潜叶蛾对不同类型杀虫剂的敏感性

张治科*, 李媛, 张宁

宁夏农林科学院植物保护研究所, 宁夏植物病虫害防治重点实验室, 宁夏银川 750002

摘要:【目的】番茄潜叶蛾是一种对番茄具有毁灭性危害的世界入侵害虫,本研究测定了不同类型药剂对入侵害虫番茄潜叶蛾的毒力活性及防治效果,为生产中科学防治番茄潜叶蛾提供理论依据。【方法】采用室内毒力测定方法,计算各药剂对不同龄期幼虫的毒力回归方程;采用田间防效评价方法,得出药后 1~21 d 各药剂对幼虫的防效,综合比较分析不同类型药剂对番茄潜叶蛾的控制作用。【结果】室内毒力测定结果表明,植物源杀虫剂印楝素和抗生素类杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对番茄潜叶蛾的毒性相对最强,其中印楝素对 1 龄幼虫的毒力最强,其 LC_{50} 为 $3.22\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对 2~4 龄幼虫的毒力最强,其 LC_{50} 分别为 7.1046 、 7.5663 和 $4.375\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;其次是苯甲酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺和合成杀虫剂乙基多杀菌素;拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氰菊酯、昆虫生长调节剂类杀虫剂甲氧虫酰肼对番茄潜叶蛾也有较好的毒杀作用;新烟碱类杀虫剂吡虫啉、噻虫嗪、烯啶虫胺对番茄潜叶蛾的毒性相对较弱。田间防效结果表明,抗生素类杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的防效相对最高、持效性最好,药后第 7、14 和 21 天防效分别为 74.11%、71.42% 和 60.03%;其次是苯甲酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺、合成杀虫剂乙基多杀菌素和拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氰菊酯;植物源杀虫剂印楝素的持效性较好,药后第 7~21 天的防效均高于 50%;昆虫生长调节剂类杀虫剂甲氧虫酰肼以及新烟碱类杀虫剂吡虫啉、噻虫嗪、烯啶虫胺对番茄潜叶蛾的田间防效相对较弱。【结论】抗生素类杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、苯甲酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺和合成杀虫剂乙基多杀菌素可作为生产中防治番茄潜叶蛾的首选药剂,具有较好的应用前景,植物源杀虫剂印楝素和拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氰菊酯可作为交替使用药剂。

关键词: 番茄潜叶蛾; 杀虫剂; 毒力测定; 田间防效

Toxicity of various insecticides against *Tuta absoluta*

ZHANG Zhike*, LI Yuan, ZHANG Ning

Ningxia Key Laboratory of Plant Diseases and Pests Control, Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002, China

Abstract:【Aim】*Tuta absoluta* is a type of worldwide invasive pest that causes destructive damage to tomatoes. To provide a theoretical basis for the scientific control of *T. absoluta* production, we determined the toxicity and control effect of various pesticides against *T. absoluta* larvae.【Method】The toxicity regression equation of each pesticide on different instar larvae was calculated using toxicity measurements. The efficacy of each pesticide on larvae was determined from 1 to 21 days after treatment via field efficacy evaluation. The control effects of various types of pesticides on tomato leaf miner were comprehensively analyzed. Further the control effects of various insecticides on *T. absoluta* were compared and analyzed using indoor toxicity tests and field trials.【Result】The results of indoor toxicity tests showed that the sensitivities of azadirachtin and emamectin benzoate were the strongest toward *T. absoluta*. Azadirachtin exhibited the strongest toxicity against the 1st instar larvae, with an LC_{50} value of $3.22\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. The toxicity of emamectin benzoate was strongest against the 2nd~4th instar larvae, with LC_{50} values of 7.1046 , 7.5663 , and $4.375\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, respectively. This was followed by chlorphenamide and ethyl polybactericide. Beta-cypermethrin and methoxyfenozide also exhibited high toxicity against *T. absoluta*. The sensitivities of imidacloprid, thiamethoxam, and nitenpyram against *T. absoluta* were relatively weak. The results of the field control showed that emamectin benzoate had the best control effect and persistence, with control effects of 74.11%, 71.42%, and 60.03% on the 7th, 14th, and 21st days after treatment, respectively, followed by chloramphenicol, ethyl polybactericide, and beta-cypermethrin. Azadirachtin exhibited good persistence, and the control effect of azadirachtin was greater

收稿日期(Received): 2023-02-14 接受日期(Accepted): 2023-11-26

基金项目: 中央引导地方科技发展专项(2022FRD05037); 银川市农业园区科技人才服务团队项目

作者简介: 张治科,男,博士,研究员。研究方向: 昆虫生态与综合防治

* 通信作者(Author for correspondence), 张治科, E-mail: zhangzhike98@163.com

than 50%, 7–21 days after treatment. Methoxyfenozide, imidacloprid, thiamethoxam, and nitenpyram exerted relatively weak effects on *T. absoluta*. 【Conclusion】 Emamectin benzoate, chloramphenicol benzamide, and ethyl polybactericide, which have good application prospects, could be used as the first choice of pesticides to control *T. absoluta* in production. Azadirachtin and beta cyhalothrin could be used alternatively.

Key words: *Tuta absoluta*; pesticides; toxicity; field efficacy

番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* Meyrick, 又名番茄麦蛾、番茄潜麦蛾, 隶属于鳞翅目 Lepidoptera 麦蛾科 Gelechiidae, 起源于南美洲, 2006 年在西班牙发现, 随后迅速传入欧洲、亚洲和非洲 (Ibrahim *et al.*, 2019; Mateus *et al.*, 2017; Reihaneh *et al.*, 2018)。迄今为止, 全球已有 100 多个国家和地区出现相关报道 (陆永跃, 2021; 吴圣勇等, 2022), 该虫已成为番茄 *Solanum lycopersicum* L. 等茄科作物上重要害虫。我国西北和西南接壤的俄罗斯、哈萨克斯坦、印度和尼泊尔等国家均已发现该虫入侵 (Izhevsky *et al.*, 2011; Viraktamath *et al.*, 2015)。2017 年 8 月, 我国首次在新疆伊犁地区发现番茄潜叶蛾 (李晓维等, 2022), 2018 年 3 月在云南临沧地区害 (张桂芬等, 2020), 其后在湖南、四川、广西、宁夏等地相继发现 (张治科等, 2022; Mateus *et al.*, 2017)。番茄潜叶蛾可以危害包括茄科、豆科、菊科、十字花科以及禾本科在内的近 40 余种植物, 尤其嗜食番茄 (李晓维等, 2019; 张桂芬等, 2019)。番茄潜叶蛾以幼虫通过潜入叶片、嫩芽、顶梢、果实危害, 造成番茄品质和产量下降 (Nicolas *et al.*, 2010), 受害果实丧失经济价值 (王文倩等, 2022)。若防治不当, 可造成 80% ~ 100% 的损失 (Nicolas *et al.*, 2010), 严重制约番茄产业的高质量发展。

化学防治是目前生产中防治番茄潜叶蛾的主要手段之一 (Mateus *et al.*, 2017), 见效快, 可有效控制番茄潜叶蛾的扩散。但由于番茄潜叶蛾的世代周期短、繁殖能力强、易暴发成灾, 且该虫主要在幼虫期危害 (王俊等, 2021), 幼虫个体较小、危害隐蔽, 加之大量化学药剂的不科学使用导致的“3R”问题 (Ingegno *et al.*, 2019), 因此, 筛选理想的药剂进行针对性的防治至关重要。目前, 关于宁夏地区番茄潜叶蛾的抗药性及化学药剂应用尚未见到相关报道。本研究通过选择生产中常用的不同类型化学药剂, 对番茄潜叶蛾幼虫的 4 个虫龄分别进行室内毒力测定, 随后开展田间防效试验验证, 筛选出防治效果较好的药剂, 以期为宁夏地区及周边省份的番茄潜叶蛾有效控制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

25% 噻虫嗪水分散粒剂 (河北国欣诺生物技术有限公司), 200 g · L⁻¹ 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 (美国富美实公司), 6% 鱼藤酮微乳剂 (北京三浦百草绿色植物制剂有限公司), 20% 阿维 · 杀虫单微乳剂 (山东省烟台科达化工有限公司), 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂 (江西众和化工有限公司), 5% 阿维菌素乳油 (河北冠龙农化有限公司), 0.3% 印楝乳油 (成都绿金生物科技有限责任公司), 4.5% 高效氯氰菊酯乳油 (江苏华裕农化有限公司), 20% 烯啶虫胺水分散粒剂 (陕西华戎凯威生物有限公司), 60 g · L⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂 [中农立华 (天津) 农用化学品有限公司], 240 g · L⁻¹ 甲氧虫酰肼悬浮剂 [中农立华 (天津) 农用化学品有限公司], 70% 吡虫啉可湿性粉剂 (江苏克胜集团股份有限公司)。

1.2 供试虫源

于 2022 年 4—5 月将宁夏银川市西夏区芦花乡设施番茄中带有番茄潜叶蛾幼虫的叶片带回室内, 放入 RXZ-430C 智能人工气候箱 (温度 23 ℃, 光周期 14 L : 10 D, 相对湿度 65% ± 5%), 及时补充新鲜叶片, 选择同龄期健康的番茄潜叶蛾开展毒力测定试验。

1.3 室内毒力测定

在预试验的基础上, 在室内将供试药剂用水按照体积比稀释成不同有效成分含量梯度: 噻虫嗪 500.000、250.000、125.000、62.500、31.250、15.630、7.813 mg · L⁻¹, 氯虫苯甲酰胺 100.00、50.00、25.00、12.50、6.25 mg · L⁻¹, 鱼藤酮 30.000、15.000、7.500、3.750、1.875 mg · L⁻¹, 阿维 · 杀虫单 100.00、50.00、25.00、12.50、6.25 mg · L⁻¹, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 25.000、12.500、6.250、3.125、1.560、0.780、0.390 mg · L⁻¹, 阿维菌素 100.000、50.000、25.000、12.500、6.250、3.125 mg · L⁻¹, 印楝 24.000、12.000、6.000、3.000、1.500、0.750、0.375 mg · L⁻¹, 高效氯氰菊酯

45.000、22.500、11.250、5.625、2.813 mg · L⁻¹, 烯啶虫胺 100.00、50.00、25.00、12.50、6.25 mg · L⁻¹, 乙基多杀菌素 30.000、15.000、7.500、3.750、1.875 mg · L⁻¹ 甲氧虫酰肼 480.0、240.0、120.0、60.0、30.0、15.0、7.5 mg · L⁻¹, 吡虫啉 1400.00、700.00、350.00、175.00、87.50、43.75 mg · L⁻¹。

采用浸叶法(王伟等, 2023), 挑选带有 1~2 头相同龄期幼虫的叶片, 分别浸入不同浓度供试药液 10 s 后取出, 用滤纸吸去叶片上多余药液, 自然晾干后移入培养皿中, 用封口膜封口。每处理 20 头, 重复 3 次, 设清水对照。48 h 后检查试虫存活情况(用小毛笔笔峰轻触虫体, 无明显反应视为死亡)。依据张治科等(2022)判断番茄潜叶蛾幼虫龄期。

1.4 田间防效评价

2022 年 6—7 月在番茄潜叶蛾发生较重的宁夏银川市西夏区芦花乡花期的设施番茄大棚内划分试验小区, 随机区组排列, 开展各药剂对番茄潜叶蛾的田间防效试验。根据室内毒力测定结果, 将各药剂的有效成分质量浓度分别设为 60 g · L⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂 40 mg · L⁻¹、20% 阿维 · 杀虫单微乳剂 200 mg · L⁻¹、5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂 25 mg · L⁻¹、5% 阿维菌素乳油 200 mg · L⁻¹、240 g · L⁻¹ 甲氧虫酰肼悬浮剂 120 mg · L⁻¹、200 g · L⁻¹ 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 50 mg · L⁻¹、6% 鱼藤酮微乳剂 30 mg · L⁻¹、0.3% 印楝素乳油 24 mg · L⁻¹、25% 噻虫嗪水分散粒剂 500 mg · L⁻¹、20% 烯啶虫胺水分散粒剂 200 mg · L⁻¹、70% 吡虫啉可湿性粉剂 700 mg · L⁻¹、4.5% 高效氯氰菊酯乳油 45 mg · L⁻¹, 另设清水作对照, 共 13 个处理。每处理防治面积 30 m², 90 株番茄, 用药量 2.7 L, 采用高压喷雾器进行喷施。每个处理或对照均重复 3 次。分别于施药前及施药后 1、3、7、14 和 21 d 调查幼虫数量, 随机 3 点取样, 每个样点随机选择一株番茄, 统计幼虫数量。

1.5 数据处理及分析

采用 Excel 2016、DPS、Origin 软件分析数据, 拟合毒力回归方程, 计算致死中浓度 LC₅₀ 及其 95% 置信限、田间虫口减退率和校正虫口减退率, 评价供试药剂对番茄潜叶蛾的毒力及防治效果。依据不同药剂 LC₅₀ 95% 置信限是否有重叠判断不同药剂毒力差异显著性; 单因素方差分析数据, Duncan 新

复极差法比较田间防效差异显著性($P<0.05$)。

虫口减退率和校正虫口减退率计算公式为:

$$Q/\% = \frac{a-e}{a} \times 100 \text{ 和 } p_r/\% = \frac{P_e - P_{ck}}{1 - P_{ck}} \times 100$$

式中, a 为上次调查各处理平均虫量, e 为本次调查各样点平均虫量, P_e 为防治区虫口减退率, P_{ck} 为对照区虫口减退率。

2 结果与分析

2.1 不同药剂对番茄潜叶蛾幼虫的室内毒力

不同药剂对番茄潜叶蛾不同龄期幼虫的毒力测定结果见表 1, 对 1 龄幼虫, 印楝素的毒力相对最强, LC₅₀ 为 3.22 mg · L⁻¹, 其次是甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素和高效氯氰菊酯, 其余药剂的毒力相对较低; 对 2 龄幼虫, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的毒力相对最强, LC₅₀ 为 7.1046 mg · L⁻¹, 其次是氯虫苯甲酰胺、印楝素、甲氧虫酰肼和高效氯氰菊酯, 其余药剂的毒力相对较低; 对 3 龄幼虫, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的毒力相对最强, LC₅₀ 为 7.5663 mg · L⁻¹, 其次是印楝素、氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素和鱼藤酮, 其余药剂的毒力相对较低; 对 4 龄幼虫, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的毒力相对最强, LC₅₀ 为 4.375 mg · L⁻¹, 其次是印楝素、乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺, 其余药剂的毒力相对较低。

从 LC₅₀ 变化趋势来看, 大多供试药剂的毒力与番茄潜叶蛾幼虫的虫龄呈明显负相关, 如噻虫嗪对番茄潜叶蛾 1~4 龄幼虫的 LC₅₀ 依次为 104.7476、224.7317、296.4312 和 471.1952 mg · L⁻¹, 氯虫苯甲酰胺的依次为 8.9753、10.0619、17.4159 和 26.3359 mg · L⁻¹, 印楝素的依次为 3.2206、11.6335、14.4862 和 20.0996 mg · L⁻¹, 高效氯氰菊酯的依次为 11.295、20.2797、35.1626 和 35.6681 mg · L⁻¹。

从杀虫剂的类型比较分析, 抗生素类杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、植物源杀虫剂印楝素、苯甲酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺、合成杀虫剂乙基多杀菌素对番茄潜叶蛾的毒力较强, 拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氰菊酯、昆虫生长调节剂类杀虫剂甲氧虫酰肼对番茄潜叶蛾也有较好的毒杀作用, 新烟碱类杀虫剂吡虫啉、噻虫嗪、烯啶虫胺对番茄潜叶蛾的毒力相对较弱。

表 1 不同类型药剂对番茄潜叶蛾幼虫室内的毒力
Table 1 Toxicity of different kinds od insecticides against *T. absoluta* larvae

药剂 Insecticide	虫龄 Insect age	毒力回归方程 Toxic regression equation	相关系数 Correlation coefficient	χ^2 Chi- square	致死中浓度 LC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	95%置信区间 95% confidence interval/(mg · L ⁻¹)
噻虫嗪 Thiamethoxam	1	Y=0.8852X+3.2118	0.9301	1.7497	104.7476	46.1684~398.6150
	2	Y=0.6519X+3.4670	0.9260	0.9231	224.7317	75.4049~555.0928
	3	Y=0.9244X+2.1749	0.9127	1.6913	296.4312	123.2525~308.9589
	4	Y=0.8705X+2.6729	0.9261	1.2517	471.1952	167.9854~756.6555
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	1	Y=1.3836X+3.6815	0.8158	1.7885	8.9753	0.4390~18.1736
	2	Y=1.2158X+3.7810	0.9173	1.0562	10.0619	0.5592~20.6587
	3	Y=0.9234X+3.8541	0.9563	0.4859	17.4159	0.0069~56.14464
	4	Y=0.9200X+3.6931	0.9470	0.5253	26.3359	2.8683~50.0619
鱼藤酮 Rotenone	1	Y=0.8235X+3.8483	0.9800	0.1323	25.0377	9.5428~99.0403
	2	Y=1.0380X+3.4850	0.9609	0.4621	28.8084	11.2968~56.2358
	3	Y=1.0307X+3.6545	0.9541	0.5582	20.2069	8.6748~98.1462
	4	Y=0.9845X+3.2862	0.9595	0.3277	55.0467	13.7811~70.0382
阿维·杀虫单 Abamectin monosultap	1	Y=1.0124X+3.0624	0.9856	0.1549	81.9914	32.8304~158.3475
	2	Y=1.2157X+2.7138	0.9630	0.4816	75.9597	34.8606~105.7750
	3	Y=1.5397X+1.9236	0.8490	1.6434	99.5381	46.9472~284.0512
	4	Y=1.3277X+2.2501	0.8113	1.9449	117.8162	49.2356~564.0458
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate	1	Y=0.9219X+4.3488	0.9370	1.1052	5.0859	1.6831~21.5049
	2	Y=1.2493X+3.9362	0.8200	2.2873	7.1046	3.8549~21.5546
	3	Y=0.9656X+4.1513	0.9900	0.0993	7.5663	2.0695~34.2270
	4	Y=0.8625X+4.4471	0.9795	0.4166	4.3750	1.8180~14.5973
阿维菌素 Avermectin	1	Y=0.7099X+3.7712	0.9429	1.0605	53.8209	18.6407~88.3737
	2	Y=0.9366X+3.5098	0.9293	1.3659	38.9945	17.188~116.5487
	3	Y=1.7160X+1.9332	0.8477	2.0201	61.2595	34.0497~331.5993
	4	Y=0.5645X+3.8457	0.9055	0.8957	110.8632	26.3303~208.2589
印楝 Azadirachtin	1	Y=0.4786X+4.7569	0.9724	0.2033	3.2206	0.4931~10.3987
	2	Y=0.5228X+4.4428	0.9172	0.9000	11.6335	3.1378~25.3687
	3	Y=1.2285X+3.5738	0.8152	1.6678	14.4862	6.7144~185.8483
	4	Y=1.1844X+3.4565	0.8254	2.2124	20.0996	8.1275~92.1658
高效氯氟菊酯 Beta-cypermethrin	1	Y=0.8519X+4.1030	0.8937	1.5070	11.2950	3.8056~123.3229
	2	Y=1.2543X+3.3605	0.9314	1.1443	20.2797	10.0082~48.8718
	3	Y=1.3719X+2.8790	0.8200	1.2598	35.1626	17.4347~62.6171
	4	Y=0.5925X+4.0803	0.9374	0.4742	35.6681	8.481~196.1311
烯啶虫胺 Nitenpyram	1	Y=1.0605X+2.8735	0.7517	3.1043	101.2232	40.852~278.5815
	2	Y=1.0572X+2.9657	0.9700	0.3263	83.9847	36.1086~237.6525
	3	Y=0.4774X+4.1501	0.9520	0.1254	60.2735	17.2055~83.4949
	4	Y=0.6213X+3.6034	0.7979	1.2904	176.9722	32.8954~398.9212
乙基多杀菌素 Spinetoram	1	Y=0.8761X+4.0892	0.9148	0.8972	10.9568	3.5208~69.8903
	2	Y=0.9139X+3.7505	0.9316	0.8056	23.2939	9.5739~65.7559
	3	Y=0.9213X+3.8199	0.8975	1.0837	19.0957	7.3736~67.5871
	4	Y=0.9811X+3.6597	0.9120	1.1365	23.2395	9.8221~88.3771
甲氧虫酰肼 Methoxyfenozide	1	Y=1.4879X+2.7338	0.8249	2.1720	33.3518	1.6817~69.3978
	2	Y=0.9965X+3.8698	0.7878	1.7657	13.6210	1.2923~31.4030
	3	Y=0.9213X+3.8199	0.8975	1.0837	19.0957	7.3736~68.1489
	4	Y=1.1790X+2.7623	0.9914	0.1401	79.0760	17.0198~162.8675
吡虫啉 Imidacloprid	1	Y=0.4515X+3.8472	0.8992	0.5101	357.3110	158.5905~409.2790
	2	Y=0.8413X+2.5021	0.9747	0.3759	931.7463	540.0797~1858.3579
	3	Y=0.4957X+3.3327	0.9048	0.3387	2308.2707	867.0396~9687.2090
	4	Y=0.5213X+3.3563	0.9797	0.0667	1423.3786	329.5764~2158.3678

2.2 田间防治效果

不同药剂对番茄潜叶蛾的田间防治效果存在一定的差异(表 2), 抗生素类杀虫剂甲氨基阿维菌

素苯甲酸盐的防效相对最高, 药后第 7、14 天防效分别为 74.11%和 71.42%, 第 21 天为 60.03%, 表明甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对番茄潜叶蛾具有很好

的持效性,且药后 7 d 的防效除氯虫苯甲酰胺和乙基多杀菌素外,显著高于其他药剂;其次是苯甲酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺,药后第 7、14 天防效分别为 67.55%和 61.83%,第 21 天的防效高于 50%,表现出较好的防效和持效性;合成杀虫剂乙基多杀菌素和拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氰菊酯也表现出较好的田间防治效果,药后第 7 天的防效分别为

69.64%和 56.55%;植物源杀虫剂印楝素的速效性相对较弱,但药后第 7、14 和 21 天的防效均高于 50%,持效性较好,且药后第 14 和 21 天的防效与本次田间防效表现最好的药剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐差异不显著;昆虫生长调节剂类杀虫剂甲氧虫酰肼以及新烟碱类杀虫剂吡虫啉、噻虫嗪、烯啶虫胺对番茄潜叶蛾的田间防效相对较弱。

表 2 不同类型杀虫剂对番茄潜叶蛾的田间防效
Table 2 The field efficacy of different kinds of pesticides against *T. absoluta*

供试药剂 Insecticides	药后 1 天 1 d after application		药后 3 天 3 d after application		药后 7 天 7 d after application	
	虫口减退率 Decreased rate/%	防效 Control efficacy/%	虫口减退率 Decreased rate/%	防效 Control efficacy/%	虫口减退率 Decreased rate/%	防效 Control efficacy/%
噻虫嗪 Thiamethoxam	26.39±6.94abc	32.61±5.33a	7.87±3.96defg	29.54±3.47efg	-9.72±5.01cd	45.83±2.08cd
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	21.30±2.45abc	27.02±7.98a	48.15±1.85a	60.23±2.86a	34.72±1.39ab	67.56±2.65ab
鱼藤酮 Rotenone	-1.39±8.45d	5.84±12.61ab	-5.56±5.56fg	19.32±4.30fg	-37.50±15.77de	32.44±5.75e
阿维.杀虫单 Abamectin monosultap	34.72±1.39a	39.28±7.44a	30.56±2.78abc	46.97±1.51abcd	-9.72±5.01cd	45.83±2.08cd
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate	7.87±3.96bcd	14.76±8.66ab	43.06±9.72a	56.06±8.44ab	48.15±1.85a	74.11±2.87a
阿维菌素 Avermectin	3.70±3.70cd	11.43±5.95ab	21.30±2.45bcd	39.77±2.86bcde	-14.81±9.80cd	43.45±3.62de
印楝素 Azadirachtin	-14.81±9.80d	-6.42±13.56b	-1.39±8.45efg	22.35±7.20fg	12.04±7.23bc	56.55±3.62bc
高效氯氰菊酯 Beta cypermethrin	30.56±2.78ab	35.94±5.55a	34.72±1.39ab	49.99±2.62abc	12.04±7.23bc	56.55±3.62bc
烯啶虫胺 Nitenpyram	-14.81±9.80d	-6.42±13.56b	-9.72±5.01g	16.29±1.89g	-63.43±11.24e	19.64±0.89f
乙基多杀菌素 Spinetoram	25.46±6.23abc	30.35±10.87a	34.72±1.39ab	49.99±2.62abc	38.89±5.56ab	69.64±3.72a
甲氧虫酰肼 Methoxyfenozide	-1.39±8.45d	5.84±12.61ab	16.20±11.12bcde	35.61±9.49cdef	-19.91±18.08cd	41.07±7.70de
吡虫啉 Imidacloprid	-1.39±8.44d	5.84±12.61ab	12.04±7.23cdef	32.57±6.47defg	-5.56±5.56cd	47.92±2.08cd
CK	-10.19±10.92d	-	-31.02±4.56h	-	-103.70±16.14f	-

供试药剂 Insecticides	药后 14 天 14 d after application		药后 21 天 21 d after application	
	虫口减退率 Decreased rate/%	防效 Control efficacy/%	虫口减退率 Decreased rate/%	防效 Control efficacy/%
噻虫嗪 Thiamethoxam	-94.44±14.70d	30.20±0.88e	-183.33±25.46ef	14.77±3.58g
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	-5.56±5.56ab	61.84±2.42ab	-64.35±18.57abc	50.56±3.60bc
鱼藤酮 Rotenone	-64.35±18.57cd	40.78±5.78de	-108.80±20.61bcd	37.24±2.54def
阿维.杀虫单 Abamectin monosultap	-68.52±15.82cd	39.33±4.37de	-103.70±16.14bcd	38.68±0.22def
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate	21.30±2.45a	71.42±2.38a	-32.41±8.83a	60.03±1.19a
阿维菌素 Avermectin	-50.00±9.62bcd	46.02±1.59cd	-121.30±17.74cd	33.39±1.31f
印楝素 Azadirachtin	-14.81±9.80ab	58.50±3.72abc	-55.09±14.26ab	53.29±2.29ab
高效氯氰菊酯 Beta cypermethrin	-19.91±18.08abc	56.61±6.64bc	-63.43±11.24abc	50.72±0.72bc
烯啶虫胺 Nitenpyram	-98.61±16.02d	28.75±1.59e	-161.57±22.46de	21.35±1.13g
乙基多杀菌素 Spinetoram	-10.65±13.23ab	59.95±5.07ab	-87.04±24.50 abc	43.81±5.02cd
甲氧虫酰肼 Methoxyfenozide	-41.67±12.73bc	48.92±4.02bcd	-112.96±18.79bcd	35.95±1.26ef
吡虫啉 Imidacloprid	-64.35±18.57cd	40.78±5.78de	-90.28±14.50abc	42.70±0.39de
CK	-179.17±24.41e	-	-232.41±27.51f	-

同列数据不同小写字母表示差异显著($p<0.05$)。
Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level.

3 讨论与结论

国内外已有相关的不同药剂对番茄潜叶蛾的药效评价,涉及到的药剂主要有乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、阿维菌素、四唑虫酰胺、氯

虫苯甲酰胺、呋虫胺、茚虫威、高效氯氰菊酯、溴虫腈等(阿米热·牙生江等,2020;李晓维等,2022;庾琴等,2022)。本研究供试药剂中,植物源杀虫剂印楝素对番茄潜叶蛾 1~4 龄幼虫的毒力较强,其毒力与番茄潜叶蛾幼虫的虫龄呈明显的负相关,这可

能与番茄潜叶蛾幼虫的发育有关,与低龄幼虫相比,高龄幼虫的表皮较厚(海永强和刘媛,2022),印楝素不易穿透,致使高龄幼虫对其敏感度相对较低。文吉辉等(2008)报道,印楝素对烟粉虱低龄若虫的毒力比高龄若虫更强。本研究田间防效结果发现,印楝素的速效性相对较弱,但药后第 7、14 和 21 天的防效均高于 50%,持效性较好,印楝素是 21 世纪很有发展前景的植物源农药之一(徐德进等,2005),它被系统传导到植株各个部位,增强了控制害虫的潜力(徐德进等,2011; Coudriet *et al.*, 1985),且对天敌昆虫毒力低,有利于天敌昆虫种群的增长(Sabiiti & Muzeyi,2005),可作为交替使用药剂在农业生产中防治番茄潜叶蛾。

抗生素类杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐具有低成本、低毒(制剂近无毒)、无公害等生物农药的特点,在农业上可用于多种害虫防治(樊宗芳等,2021; 刘向蕊等,2014; 王龙龙等,2015; 王志平等,2010; 徐德进等,2011)。本研究中,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对番茄潜叶蛾的毒力很高,在供试药剂中对 2~4 龄幼虫的毒力最强,其 LC_{50} 分别为 7.1046、7.5663 和 4.375 $mg \cdot L^{-1}$,且田间防效及持效性相对最好,药后第 7、14 和 21 天防效分别为 74.11%、71.42%和 60.03%;有研究报道,甲维盐、溴虫腈、多杀菌素、茚虫威、氯虫苯甲酰胺和高效氯氰菊酯 6 种杀虫剂中,对番茄潜叶蛾毒力最高的是甲维盐(李晓维等,2022);另有研究报道,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对番茄潜叶蛾 2~3 龄幼虫的 LC_{50} 为 0.057 $mg \cdot L^{-1}$ (庾琴等,2022),与本研究结果差异较大,这可能与试验方法以及供试虫源的抗药程度不同有关。

此外,本研究还发现,苯甲酰脲类杀虫剂氯虫苯甲酰胺、合成杀虫剂乙基多杀菌素和拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氰菊酯对番茄潜叶蛾的室内毒力较强,且表现出较好的田间防效和持效性,在生产中可与印楝素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐等药剂交替使用,降低番茄潜叶蛾对某类杀虫剂产生的抗药性。本研究室内毒力测定发现,昆虫生长调节剂类杀虫剂甲氧虫酰肼对番茄潜叶蛾也有较好的毒杀作用,但田间防治效果较低;另外,供试药剂中新烟碱类杀虫剂吡虫啉、噻虫嗪、烯啶虫胺对番茄潜叶蛾的毒力以及田间防治效果相对均较弱,究其原因还需进一步研究分析。

本研究表明,抗生素类杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、苯甲酰脲类杀虫剂氯虫苯甲酰胺和合成杀虫剂乙基多杀菌素可作为生产中防治番茄潜叶蛾的首选药剂,植物源杀虫剂印楝素和拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氰菊酯可作为交替使用药剂。生产中具体应用各种药剂时,还应综合考虑用药成本、对环境造成的风险等诸多因素,从而科学合理地使用杀虫剂,有效阻止番茄潜叶蛾的进一步传播扩散,降低或延缓番茄潜叶蛾对某类杀虫剂产生的抗药性,为促进番茄产业的高质量发展奠定基础。

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,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.
- 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.
- 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.
- 李晓维,李栋,郭文超,吕要斌,2019. 番茄潜叶蛾对 4 种茄科植物的适应性研究. *植物检疫*, 33(3): 1-5.
- 李晓维,马琳,吕要斌,2022. 新疆和云南番茄潜叶蛾种群对六种杀虫剂的敏感性及其与解毒酶活性的关系. *昆虫学报*, 65(8): 1010-1017.
- 刘向蕊,吕宝乾,金启安,温海波,阎伟,彭正强,冯雨艳,2014. 5 种杀虫剂对入侵害虫椰子织蛾的室内毒力测定. *生物安全学报*, 23(1): 13-17.
- 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.
- 王俊,高建诚,管辉,2021. 番茄潜叶蛾在新疆的发生情况与防控建议. *中国植保导刊*, 41(12): 83-84.
- 王龙龙,刘钰,崔蕊蕊,庄治国,薛超彬,庄占兴,2015. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐研究开发现状与展望. *农药*, 54(6): 394-399.
- 王文倩,常吕恕,杨金睿,杨韵,杜广祖,肖关丽,陈斌,2022. 番茄潜叶蛾与马铃薯块茎蛾形态特征及为害症状的比较. *植物保护*, 48(4): 245-251.
- 王伟,黄秋实,袁海滨,张瑜,梁革梅,2023. 亚致死浓度氟啶虫胺腈对棉蚜生物学特性及生长发育基因的影响. *植物保护学报*, 50(3): 812-822.
- 王志平,倪雪荣,袁振亚,2010. 甲维盐等药剂对甜菜夜蛾田间药效试验简报. *上海农业科技*, 2(2): 130-131.

- 文吉辉, 侯茂林, 卢伟, 黎家文, 2008. 印楝素不同处理方法对烟粉虱的室内毒力测定. 中国农业科学, 41(4): 1242-1247.
- 吴圣勇, 张起恺, 张烨, 刁红亮, 张治科, 唐良德, 张田园, 张晓明, 雷仲仁, 2022. 番茄潜叶蛾综合防控技术研究进展. 植物保护, 49(2): 1-9.
- 徐德进, 常燕, 万晓泳, 张宏, 祝树德, 2005. 0.3%印楝素乳油对水稻褐飞虱的生物活性. 现代农药, 4(4): 25-29, 33.
- 徐德进, 季英华, 顾中言, 徐广春, 许小龙, 董玉轩, 2011. 10种杀虫剂对南京地区Q型烟粉虱的室内毒力测定. 江西农业学报, 23(12): 79-82.
- 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, 冼晓青, 张毅波, 张蓉, 马德英, 刘万学, 高有华, 王俊, 杨子林, 李庆红, 王玉生, 薛延韬, 万方, 2020. 警惕南美番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 在中国扩散. 植物保护, 46(2): 281-286.
- 张桂芬, 马德英, 刘万学, 王玉生, 付文君, 王俊, 高有华, 万方浩, 2019. 中国新发现外来入侵害虫——南美番茄潜叶蛾(鳞翅目: 麦蛾科). 生物安全学报, 28(3): 200-203.
- 张治科, 吴圣勇, 雷仲仁, 2022. 宁夏地区新发农业入侵生物番茄潜叶蛾的发生危害及防控. 中国瓜菜, 35(11): 111-116.
- COUDRIET D L, PRABHAKER N, MEYERDIRK D E, 1985. Sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae): effects of neem-seed extract on oviposition and immature stages. *Environmental Entomology*, 14(6): 776-779.
- IBRAHIM B, MUHAMMAD M M, HABEEB K S, NASIRU A, SULAIMAN S I, 2019. Determination of insecticide susceptibility of field populations of tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) in Northern Nigeria. *Agriculture*, 9(1): 7-20.
- INGEGNOB L, MESSELINK G J, BODINO N, ILIADOU I A, DRISS L, WOELKE J B, LEMAN A, TAVELLA L, 2019. Functional response of the mirid predators *Dicyphus boliviari* and *Dicyphus errans* and their efficacy as biological control agents of *Tuta absoluta* on tomato. *Journal of Pest Science*, 92(4): 1457-1466.
- IZHEVSKY S S, AKHATOV A K, SINYOV S Y, 2011. *Tuta absoluta* has been detected in Russia. *Zashchita I Karantin Rastenii*: 40-44.
- MATEUS R C, ANTONIO B, ABHIJIN A, RAUL N C G, NICOLAS D, 2017. From the Western Palaearctic region to beyond: *Tuta absoluta* 10 years after invading Europe. *Journal of Pest Science*, 90(3): 787-796.
- NICOLAS D, ERIC W, KRIS A G W, GIOVANNI B, SALVATORE A, CONSUELO A, NARVA'EZ V, JOEL G, DIANA C R, ELISABETH T, JACQUES F, JEANNINE P, CHRISTINE P, TOMA'S C, ALBERTO U, 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.
- REIHANEH B, MIR J H, SEYED A M, 2018. Insecticide susceptibility in *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and metabolic characterization of resistance to diazinon. *Journal of Economic Entomology*, 111(4): 1-7.
- SABIITI S, MUZEYI BEKELE J, 2005. Effects of botanicals, a synthetic insecticide and an insect growth regulator on survival and development of the parasitoid wasp *Cotesia flavipes* parasitising the stem-boring moth *Chilo partellus*. *International Journal of Pest Management*, 51(1): 25-30.
- VIRAKTAMATH A C, KALLESHWARASWAMY, C M, MURTHY M S, VIRAKTAMATH C A, KUMAR N K K, 2015. Occurrence of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in the malnad and hyderabad-karnataka regions of Karnataka, India. *Florida Entomologist*, 98(3): 970-971.

(责任编辑:郭莹)