

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2024.0425

不同生物农药对温室番茄白粉虱的毒力测定及田间防效

朱秀苗¹, 马成立², 陈梅楠², 刘青³, 韩明彬⁴

(1. 山东省新泰市现代农业发展服务中心 山东新泰 271200; 2. 泰安市农业技术推广中心 山东泰安 271000;
3. 泰安市岱岳区农业技术推广中心 山东泰安 271000; 4. 新泰市汶南镇人民政府 山东新泰 271229)

摘要: 为筛选适宜的生物农药进行绿色防控, 测定了 60 g·L⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂、5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂、5% 阿维菌素乳油、0.5% 苦参碱水剂 4 种生物农药对番茄白粉虱的毒力效果, 并进行了农药安全性评价和田间防治试验。室内毒力测定结果表明, 4 种供试生物农药中甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂对温室番茄白粉虱的毒力最高, LC₅₀ 为 2.251 mg·L⁻¹; 苦参碱毒力最低, LC₅₀ 为 17.592 mg·L⁻¹。安全性评价试验结果表明, 药后 21 d 各供试番茄品种均无变色、坏死、生长发育延缓和萎蔫、畸形等药害症状, 生长速率抑制率、落果率无明显影响, 除 60 g·L⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂对金棚 10 号番茄安全系数为 2.0 之外, 其余 3 种药剂对番茄的安全系数均为 4.0。田间试验结果表明, 药后 1~15 d, 4 种供试生物农药的虫口减退率均显著高于清水对照, 其中 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂对番茄白粉虱的防治速效性和持久性最好, 处理后 1~15 d 虫口减退率为 63.232%~91.276%, 防治效果达 58.379%~90.823%。研究结果为温室番茄安全生产的生物农药选择提供了重要支撑和依据。

关键词: 番茄; 生物农药; 白粉虱; 毒力; 田间防效

中图分类号: S641.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)12-157-06

Toxicity determination and field control effect of different biopesticides on *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouse tomato

ZHU Xiumiao¹, MA Chengli², CHEN Meinan², LIU Qing³, HAN Mingbin⁴

(1. Xintai Modern Agriculture Development Service Center, Xintai 271200, Shandong, China; 2. Tai'an Agricultural Technology Promotion Center, Tai'an 271000, Shandong, China; 3. Tai'an Daiyue District Agricultural Technology Promotion Center, Tai'an 271000, Shandong, China; 4. Wennan Town People's Government of Xintai City, Xintai 271229, Shandong, China)

Abstract: *Trialeurodes vaporariorum* are one of the main pests in tomato cultivation, and controlling their occurrence is of great significance for ensuring tomato yield and quality. In order to screen suitable biopesticides for green control, the toxicity effects of four biopesticides (60 g·L⁻¹ etridiazole suspension agent, 5% emamectin benzoate suspension, 5% abamectin emulsion, 0.5% matrine water solution) on *T. vaporariorum* were determined, and pesticide safety evaluation and field control experiments were conducted. The indoor toxicity test results showed that among the four tested biopesticides, the suspension of emamectin benzoate had the highest toxicity to *T. vaporariorum* in greenhouse tomato, with an LC₅₀ of 2.251 mg·L⁻¹; Matrine has the lowest toxicity, with an LC₅₀ of 17.592 mg·L⁻¹. The safety evaluation test results showed that after 21 d of treatment, all tested tomato varieties showed no symptoms of discoloration, necrosis, delayed growth and development, wilting, deformities, or other drug damage. There was no significant effect on growth rate inhibition rate and fruit drop rate. The safety factor of 60 g·L⁻¹ etridiazole suspension agent for Golden Tent No. 10 tomato was 2.0, while the safety factors of the other three agents for tomato were all 4.0. The results of field experiments showed that the insect reduction rate of the four tested biopesticides were significantly higher than those of the water control from 1 d to 15 d after treatment. Among them, the 5% emamectin benzoate suspension had the best rapid and sustained effect on controlling *T. vaporariorum*, with insect reduction rate of 63.232% to 91.276% and control effect of 58.379% to 90.823% from 1 d to 15 d after treatment. The research results provide important support and basis for the selection of biopesticides for the safe production in greenhouse tomato.

Key words: Tomato; Biopesticides; *Trialeurodes vaporariorum*; Toxicity; Field prevention effect

收稿日期: 2024-07-08; 修回日期: 2024-10-24

基金项目: 山东省 2024 年度乡村振兴研究课题(SDXCZX202406-01)

作者简介: 朱秀苗, 女, 高级农艺师, 主要从事植物保护研究工作。E-mail: zxmchinese@126.com

番茄(*Solanum lycopersicum*), 又称西红柿, 为茄科茄属一年生或多年生草本植物, 原产于南美洲和中美洲。番茄果实营养丰富, 富含番茄红素、可溶性糖、有机酸等多种营养成分, 可生食、煮食、加工或整果罐藏, 深受消费者喜爱, 在我国南北方广泛栽培。现代设施栽培技术保证了番茄的周年生产和供应^[1-3]。李云^[4]研究发现, 由于栽培设施的固定性以及老百姓的传统种植理念, 泰安市多数设施番茄生产已经连续 20 多年采用单一品种种植, 有的地块甚至长达 30 年, 长期的连作模式使设施番茄白粉虱(*Trialeurodes vaporariorum*) 危害加重。

白粉虱属同翅目粉虱科, 是一种世界性害虫, 我国各地均有发生, 是温室、大棚内种植作物的重要害虫^[5]。母欣等^[6]研究表明, 温室白粉虱的嗜好寄主为菜豆、番茄等蔬菜作物, 当植株叶片有绒毛时, 温室白粉虱更易着落取食。白粉虱繁殖能力强、繁殖速度快, 喜欢聚集在植株叶片背面, 并通过刺吸式口器吮吸植物汁液, 使植物叶片出现萎蔫、枯死、退色等病症, 并分泌大量蜜露污染叶面和果实, 引起煤污病, 并传播病毒病, 一般可造成损失 10%~30%, 严重的可高达 70%^[7]。为减轻白粉虱对番茄危害的损失, 菜农频繁使用化学杀虫剂, 造成白粉虱抗药性增强和番茄农药残留超标, 给消费者健康和生态环境带来了巨大威胁, 极大制约了番茄产业的可持续发展^[8]。

生物农药是指利用微生物、植物、昆虫等生物资源或其提取物, 来防治植物病虫害的农药。这类农药对环境及非靶标生物的影响较小, 且对人类和动物的毒性相对较低, 使用起来更加安全。此外, 由于生物农药具有多样的作用机制, 能够有效减缓害虫对化学农药的抗药性。因此, 生物农药在一定程度上可以替代传统化学农药, 促进农业的可持续发展^[9-10]。

近年来, 国家对农产品质量安全问题越来越重视, 为保障番茄质量安全, 促进番茄产业的高效可持续发展, 迫切需要筛选出对番茄白粉虱防治效果较好的生物农药。由于目前尚没有针对防治番茄白粉虱的生物农药产品登记, 笔者选取了 4 种生物农药测定其室内毒力, 并对 4 种供试药剂对番茄生产的安全性及田间防治效果进行评价, 以期对番茄白粉虱的绿色防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试白粉虱于 2023 年 9 月采集于新泰市汶南

镇未施农药的温室番茄大棚, 将白粉虱置于光照培养箱内, 在(26±1) °C、RH=(65±5)%、光照: 黑暗=16 h: 8 h 条件下, 以番茄叶继代饲养。挑取龄期和大小一致的健康白粉虱进行试验。

1.2 不同生物农药对白粉虱成虫的毒力测定

1.2.1 供试药剂 乙基多杀菌素, 81.2%原药, 由科迪华农业科技有限责任公司生产; 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐, 95%原药, 由内蒙古新威远生物化工有限公司生产; 阿维菌素, 95%原药, 由河北万博生物科技有限公司生产; 苦参碱, 5%母药, 由江苏省南通神雨绿色药业有限公司生产。用丙酮将原药或母药配置成母液, 再用 0.1%吐温-80 水溶液将各母液按等比关系稀释成 5 个系列质量浓度(1.25、2.5、5、10、20 mg·L⁻¹), 用于毒力测定试验。供试药剂均为市售。

1.2.2 试验方法 参照《农药室内生物测定试验准则杀虫剂第 16 部分: 对粉虱类害虫活性试验 琼脂保湿浸液法》(NY/T 1154.16-2013)^[11], 用直径为 2.2 cm 打孔器将新鲜番茄叶片打成叶碟, 在药液中浸渍 10 s, 待叶片表面药液自然晾干后, 用镊子夹入事先加入 1 mL 琼脂的玻璃管(2.2 cm×15 cm)中, 每管 1 片。将供试白粉虱成虫吸入吸虫器, 移入玻璃管中, 用棉塞将玻璃管封口后倒置于光照培养箱培养。以 0.1%吐温-80 水溶液处理为空白对照, 每个处理或对照各设 3 次重复, 每次重复供试白粉虱成虫 30 头左右。48 h 后逐一检查并记录各处理白粉虱死亡数量, 用毛笔轻触虫体, 试虫不动或不能正常行动即认为死亡。计算试虫的死亡率和校正死亡率。将校正死亡率转化为概率值, 将浓度转化成对数后进行概率分析, 求出毒力回归方程, 计算致死中浓度(LC₅₀)。

$$\text{死亡率}/\% = \text{死亡试虫数}/\text{供试总虫数} \times 100; (1)$$

$$\text{校正死亡率}/\% = (\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}) / (\text{1} - \text{对照死亡率}) \times 100. (2)$$

1.3 安全性评价

1.3.1 供试药剂 60 g·L⁻¹乙基多杀菌素悬浮剂, 由科迪华农业科技有限责任公司生产; 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂, 由青岛海纳生物科技有限公司生产; 5%阿维菌素乳油, 由山东东泰农化有限公司生产; 0.5%苦参碱水剂, 由河北中保绿农作物科技有限公司生产。供试药剂均为市售。

1.3.2 方法 按照《农药对作物安全性评价准则第 1 部分: 杀菌剂和杀虫剂对作物安全性评价室内试验方法》(NY/T 1965.1-2010)要求^[12], 根据 60 g·L⁻¹乙基多杀菌素悬浮剂、5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐

悬浮剂、5%阿维菌素悬浮剂和0.5%苦参碱水剂的田间药效登记剂量,设计成田间推荐最高剂量的1倍、2倍和4倍剂量的3个处理和1个空白对照。于2023年10月在新泰市汶南镇温室番茄大棚内进行安全性试验,试验品种为金棚10号、普罗旺斯、维也纳2号3个番茄品种。用喷雾器将药液均匀喷洒于番茄叶片上,以清水喷雾为对照,每个处理重复5株。药前测量株高,记录结果数量。药后第21天调查番茄有无变色、坏死、生长发育延缓和萎蔫、畸形等药害症状^[13-15],测量株高,计算生长速率、生长速率抑制率;调查果实数量,计算落果率、落果率增加率。

$$\text{生长速率}=\text{植株新生高度}/\text{时间}; \quad (3)$$

$$\text{生长速率抑制率}/\%=(\text{空白对照生长速率}-\text{药剂处理的生长速率})/\text{空白对照生长速率}\times 100; \quad (4)$$

$$\text{落果率}/\%=\text{药剂处理后落果数}/\text{处理前结果总数}\times 100; \quad (5)$$

$$\text{安全系数}=\text{药剂对作物的最大无影响试验剂量}/\text{药剂田间最高推荐使用剂量}。 \quad (6)$$

1.4 不同生物农药对白粉虱成虫的田间防效

1.4.1 供试药剂 4种生物农药的浓度与生产厂家与1.3.1一致。21%噻虫嗪悬浮剂,由山东麒麟农化有限公司生产。供试药剂均为市售。

1.4.2 方法 于2024年4月在新泰市汶南镇温室番茄大棚进行田间防效试验,每处理选取4点,每点5株番茄,每株标记相同部位叶3片,每小区面积约20 m²。药剂对照为21%噻虫嗪悬浮剂,另设清水喷雾为空白对照。每处理3次重复,随机排列。用电动喷雾器对番茄茎叶和整个防虫网区域内进行喷雾,每个处理用大型防虫网罩住,防止其他区域白粉虱混飞。分别于施药前、施药后1、3、7、15 d调查记录白粉虱数量。计算各药剂防治效果。

$$\text{虫口减退率}/\%=(\text{施药前虫数}-\text{施药后虫数})/\text{施药前虫数}\times 100; \quad (7)$$

$$\text{防治效果}/\%=(\text{药剂处理区虫口减退率}-\text{空白对}$$

$$\text{照区虫口减退率})/(100-\text{空白对照区虫口减退率})\times 100。 \quad (8)$$

1.5 数据处理

采用SPSS26.0软件计算毒力回归方程、LC₅₀值和95%置信区间;采用DPS软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同药剂对白粉虱的毒力测定结果

不同生物药剂对白粉虱的毒力测定结果如表1所示,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对白粉虱的毒力最高,LC₅₀为2.251 mg·L⁻¹;其次为阿维菌素和乙基多杀菌素,LC₅₀分别为10.992、11.835 mg·L⁻¹;苦参碱的毒力最低,LC₅₀为17.592 mg·L⁻¹。

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与阿维菌素、乙基多杀菌素和苦参碱的LC₅₀ 95%置信区间均不重叠,表明甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与其他3种生物农药对白粉虱的毒力差异显著;阿维菌素与乙基多杀菌素、苦参碱的LC₅₀ 95%置信区间重叠,表明三者对白粉虱的毒力相当。

2.2 不同生物农药对番茄生产安全性评价

如表2所示,采用60 g·L⁻¹乙基多杀菌素悬浮剂、5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂、5%阿维菌素乳油和0.5%苦参碱水剂1~4倍剂量进行喷雾防治,药后21 d发现不同药剂处理之间生长速率抑制率和落果率无显著差异。60 g·L⁻¹乙基多杀菌素悬浮剂剂量70 mL·667 m²处理时,生长速率最快,为1.086 cm·d⁻¹,仅与最低值(60 g·L⁻¹乙基多杀菌素悬浮剂剂280 mL·667 m²,0.876 cm·d⁻¹)差异显著,与其他处理无显著差异。因此,4种生物农药对金棚10号番茄生产是安全的。

由表3可以看出,采用60 g·L⁻¹乙基多杀菌素悬浮剂、5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂、5%阿维菌素乳油和0.5%苦参碱水剂1~4倍剂量进行喷雾防治,药后21 d发现不同药剂处理之间生长速率、生长速率抑制率和落果率均无显著差异,表明

表1 不同生物农药对白粉虱成虫的毒力测定结果

Table 1 Toxicity test results of different biopesticides on adult *Trialeurodes vaporariorum*

药剂 Medicament	毒力回归方程 Toxicity regression equation	致死中浓度 Median lethal concentration (LC ₅₀)/(mg·L ⁻¹)	95%置信区间 95% Confidence interval (CI)	相关系数 Correlation coefficient (R ²)
乙基多杀菌素 Spinetoram	y=-0.542+0.506x	11.835	6.785~42.431	0.971
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate	y=-0.109+0.309x	2.251	0.003~5.381	0.930
阿维菌素 Avermectin	y=-0.432+0.414x	10.992	5.716~71.734	0.932
苦参碱 Matrine	y=-0.617+0.496x	17.592	9.289~103.763	0.922

表2 不同生物农药对金棚10号番茄生产安全性评价

Table 2 Safety evaluation of different biopesticides on the production of Jinpeng No. 10 tomato

药剂 Medicament	施药剂量 Application dosage/ (mL·667 m ⁻²)	生长速率 Growth rate/ (cm·d ⁻¹)	生长速率抑制率 Growth rate inhibition rate/%	落果率 Fruit drop rate/%
60 g·L ⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂	70	1.086±0.063 a	-7.017±0.879 a	1.176±0.118 a
60 g·L ⁻¹ Ethyl polysaccharide suspension	140	0.925±0.037 ab	-2.9167±0.670 a	0 a
	280	0.876±0.099 b	2.34±1.661 a	1.000±0.100 a
5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂	5	0.933±0.091 ab	-1.075±0.198 a	1.000±0.100 a
5% Abamectin benzoate suspension concentrate	10	0.943±0.087 ab	-1.455±1.091 a	0 a
	20	0.981±0.044 ab	-6.800±0.999 a	0 a
5% 阿维菌素乳油	15	1.000±0.040 ab	-9.161±1.061 a	0 a
5% Abamectin emulsion	30	1.019±0.068 ab	-11.039±1.232 a	1.112±0.111 a
	60	0.924±0.049 ab	-0.9662±0.113 a	0 a
0.5% 苦参碱水剂	90	0.914±0.053 ab	0.833±0.876 a	0 a
0.5% Matrine water solution	180	0.933±0.032 ab	-0.658±0.582 a	1.112±0.111 a
	360	0.943±0.046 ab	-2.428±0.903 a	1.000±0.100 a
清水对照 CK	0	0.943±0.074 ab		1.176±0.118 a

注: 同列不同小写字母代表在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

表3 不同生物农药对普罗旺斯番茄生产安全性评价

Table 3 Safety evaluation of different biopesticides on the production of Provence tomato

药剂 Medicament	施药剂量 Application dosage/ (mL·667 m ⁻²)	生长速率 Growth rate/ (cm·d ⁻¹)	生长速率抑制率 Growth rate inhibition rate/%	落果率 Fruit drop rate/%
60 g·L ⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂	70	0.857±0.071 a	-7.333±1.877 a	0 a
60 g·L ⁻¹ Ethyl polysaccharide suspension	140	0.867±0.123 a	-4.254±1.381 a	1.111±0.111 a
	280	0.848±0.103 a	-5.365±1.817 a	0 a
5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂	5	0.895±0.074 a	-7.905±1.016 a	1.176±0.118 a
5% Abamectin benzoate suspension concentrate	10	1.010±0.059 a	-7.263±0.847 a	0 a
	20	0.867±0.080 a	-6.762±1.513 a	0 a
5% 阿维菌素乳油	15	0.895±0.051 a	-7.260±0.516 a	0 a
5% Abamectin emulsion	30	1.038±0.053 a	-27.381±1.478 a	0 a
	60	0.848±0.061 a	-4.111±1.300 a	0 a
0.5% 苦参碱水剂	90	1.010±0.055 a	-28.638±1.844 a	1.333±0.118 a
0.5% Matrine water solution	180	1.020±0.051 a	-25.507±1.688 a	0 a
	360	0.952±0.050 a	-17.921±1.703 a	0 a
清水对照 CK	0	0.848±0.074 a		1.111±0.111 a

供试药剂对普罗旺斯番茄生产是安全的。

采用 60 g·L⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂、5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂、5% 阿维菌素乳油和 0.5% 苦参碱水剂等 4 种生物农药 1~4 倍剂量进行喷雾防治, 药后 21 d 的调查结果如表 4 所示, 不同药剂处理之间生长速率、生长速率抑制率和落果率均无显著差异, 表明供试药剂对维也纳 2 号番茄生产是安全的。

药后 21 d 调查发现, 3 个品种的番茄均无变

色、坏死、生长发育延缓和萎蔫、畸形等药害症状。除 60 g·L⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂对金棚 10 号番茄安全系数为 2.0 之外, 其余 3 种药剂对番茄的安全系数均为 4.0。

2.3 不同生物农药对番茄白粉虱的田间防治效果

如表 5 所示, 药后 1~15 d, 4 种供试生物农药的虫口减退率均显著高于清水对照。在 4 种供试生物农药中, 对番茄白粉虱的防治速效性和持效性最好的为 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂, 处理后

表4 不同生物农药对维也纳2号番茄生产安全性评价
Table 4 Safety evaluation of different biopesticides on the production of Vienna No. 2 tomato

药剂 Medicament	施药剂量 Application dosage/ (mL·667 m ⁻²)	生长速率 Growth rate/ (cm·d ⁻¹)	生长速率抑制率 Growth rate inhibition rate/%	落果率 Fruit drop rate/%
60 g·L ⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂 60 g·L ⁻¹ Ethyl polysaccharide suspension	70	0.857±0.089 a	-6.273±0.155 a	1.053±0.105 a
	140	0.867±0.130 a	-8.851±1.720 a	0 a
	280	1.000±0.088 a	-30.017±2.441 a	0 a
5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂 5% Abamectin benzoate suspension concentrate	5	0.971±0.047 a	-21.280±1.207 a	1.053±0.105 a
	10	0.991±0.163 a	-13.065±2.575 a	1.053±0.105 a
	20	0.905±0.050 a	-14.306±1.514 a	0 a
5%阿维菌素乳油 5% Abamectin emulsion	15	1.010±0.097 a	-31.594±2.590 a	0 a
	30	0.848±0.146 a	-5.045±1.624 a	0 a
	60	0.876±0.083 a	-8.509±1.368 a	1.111±0.111 a
0.5%苦参碱水剂 0.5% Matrine water solution	90	1.010±0.066 a	-27.707±2.113 a	0 a
	180	0.933±0.053 a	-17.001±1.320 a	1.176±0.118 a
	360	0.971±0.061 a	-22.554±1.689 a	0 a
清水对照 CK	0	0.838±0.098 a		1.111±0.111 a

1~15 d 虫口减退率为 63.232%~91.276%,防治效果为 58.379%~90.823%。药后 1 d,5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂处理后的虫口减退率和防治效果与 60 g·L⁻¹乙基多杀菌素悬浮剂、5%阿维菌素乳油处理后的差异不显著,但显著高于 0.5%苦参碱水剂处理;药后 3~15 d,除与药后 3 d 5%阿维菌素乳油处理的防治效果差异不显著外,虫口减退率和防治效果均显著高于其他 3 种生物农药。对照化学农药 21%噻虫嗪悬浮剂的速效性和持效性均高于 4 种生物农药,但是药后 15 d,对照化学农药处理的虫口减退率为 93.829%,防治效果为 93.490%,与 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂处理差异不显著。

3 讨论与结论

白粉虱是番茄种植中的主要害虫之一,控制番茄白粉虱的发生对确保番茄产量和品质具有重要意义。传统化学农药的使用虽有效,但其不当使用会造成农药残留超标、害虫抗药性增强等问题,同时可能危害人类健康,破坏生态平衡^[6]。为了解决这些问题,越来越多的研究开始关注生物农药的应用。

本研究表明,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对番茄白粉虱的毒力最强,显示出其在生物防治中的优越性。相较于其他生物农药(如阿维菌素、乙基多杀菌素和苦参碱),甲氨基阿维菌素苯甲酸盐不仅具有显著的生物活性,还能有效阻止白粉虱的生长和繁殖。谌巧等^[7]研究表明,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐能够通过影响虫体神经系统而达到较好的杀灭效果。郭文秀等^[8]对不同杀虫剂对烟粉虱成虫的毒力

测定结果表明,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、阿维菌素、乙基多杀菌素对烟粉虱的毒力顺序为阿维菌素>甲氨基阿维菌素苯甲酸盐>乙基多杀菌素,这表明相同生物农药对不同防治对象的杀虫活性有所差异。

王琳^[7]研究表明,相较于传统化学农药,生物农药的低毒性和高安全性使其在实际应用中具有较大的优势。生物农药以低毒、低残留、对环境无害和容易分解的优势,成为化学农药减量控害的有效措施之一。在本研究中,笔者对不同生物农药的安全性进行了系统评估。通过测定生长速率、生长速率抑制率、落果率和叶片健康状况,结果表明,60 g·L⁻¹乙基多杀菌素、5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、5%阿维菌素乳油和 0.5%苦参碱均未对番茄植物产生显著的不良影响。

在田间防效试验中,5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的防治效果高达 90.823%,接近传统化学农药 21%噻虫嗪的 93.490%。这一结果表明,在实际应用中,生物农药不仅具备较好的即时防治效果,还能与化学农药形成良好的互补关系。

单一使用同一种药剂可能导致白粉虱产生抗药性,降低药效。因此,在实际生产中建议采用生物农药的轮换使用策略,结合不同作用机制的药剂,以减少害虫对单一成分的依赖,从而延缓抗药性的产生。同时结合黄蓝板诱捕、引入天敌等方式,以达到更好地控制白粉虱发生危害的目的。

综上所述,4 种供试生物农药中甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂对温室番茄白粉虱的毒力最高,苦参碱毒力最低。安全性评价试验结果表明,药后

表5 不同生物农药对番茄白粉虱的田间防治效果

Table 5 Field control effects of different biopesticides on *Trialeurodes vaporariorum*

药剂 Medicament	施药剂量 Application dosage/ (mL·667 m ⁻²)	施药前虫口数 Number of insect bites before application	药后 1 d 1 d after medication		药后 3 d 3 d after medication		药后 7 d 7 d after medication		药后 15 d 15 d after medication	
			虫口减退率 Reduction rate of insect population/%	防治效果 Prevention and control effect/%	虫口减退率 Reduction rate of insect population/%	防治效果 Prevention and control effect/%	虫口减退率 Reduction rate of insect population/%	防治效果 Prevention and control effect/%	虫口减退率 Reduction rate of insect population/%	防治效果 Prevention and control effect/%
60 g·L ⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂 60 g·L ⁻¹ Ethyl polysaccharide suspension	70	48.333	56.366±3.258 bc	50.763±3.124 bc	73.531±2.192 cd	70.692±2.770 c	81.240±1.157 c	79.391±1.628 c	82.645±1.133 b	81.823±1.147 bc
5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸 盐悬浮剂 5% Abamectin benzoate suspension concentrate	5	58.333	63.232±2.278 b	58.379±3.039 b	83.783±1.291 b	82.025±1.740 b	87.967±0.376 b	86.784±0.715 b	91.276±0.853 a	90.823±1.090 a
5% 阿维菌素乳油 5% Abamectin emulsion	15	51.667	58.162±3.435 bc	52.615±4.405 bc	77.352±1.182 c	74.924±1.707 bc	83.632±1.597 c	81.964±2.162 c	85.036±0.963 b	84.246±1.487 b
0.5% 苦参碱水剂 0.5% Matrine water solution	90	53.333	54.241±1.611 c	48.263±2.108 c	70.913±3.711 d	67.874±3.979 c	80.572±0.519 c	78.676±0.972 c	81.137±1.015 b	80.226±1.232 c
21% 噻虫嗪悬浮剂 21% Thiamethoxam suspension	20	53.333	81.158±1.302 a	78.716±1.416 a	93.282±0.890 a	92.540±1.114 a	93.829±1.086 a	93.188±1.342 a	93.829±1.085 a	93.490±1.283 a
清水对照 CK	0	48.667	11.503±1.120 d		9.494±1.525 e		8.718±2.209 d		4.415±3.377 c	

21 d 各供试番茄品种均无变色、坏死、生长发育延缓和萎蔫、畸形等药害症状,4 种药剂对生长速率抑制率、落果率无显著影响,除 60 g·L⁻¹ 乙基多杀菌素悬浮剂对金棚 10 号番茄安全系数为 2.0 之外,其余 3 种药剂对番茄的安全系数均为 4.0。田间试验结果表明,药后 1~15 d,4 种供试生物农药的虫口减退率均显著高于清水对照,其中 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐悬浮剂对番茄白粉虱的防治速效性和持久性最好。通过对生物农药的合理应用,可以有效控制害虫,推动可持续农业的发展。建议在实际应用中,结合虫害发生情况,合理选择和轮换使用生物农药,以提高防治效果和保障生态安全。

参考文献

- [1] 李进,雷斌,刘梦丽,等.5 种生物农药对设施番茄蚜虫和白粉虱的田间防效评价[J].农药,2020,59(5):382-385.
- [2] 朱丽.温室白粉虱对大型有毒真菌的毒性反应研究[D].沈阳:沈阳大学,2018.
- [3] 包宇.外源褪黑素对低温胁迫下番茄幼苗生理指标的影响[D].重庆:西南大学,2014.
- [4] 李云.泰安市设施番茄连作障碍生产现状及对策分析[J].基层农技推广,2020,8(3):92-93.
- [5] 徐振辉.潍坊保护地番茄病虫发生情况调查与防治研究[D].山东青岛:青岛农业大学,2012.
- [6] 母欣,刘媛媛,杨伟男,等.温室白粉虱对不同蔬菜品种的寄主选择性[J].湖北农业科学,2020,59(4):76-80.
- [7] 刘延翠.温室白粉虱防治效果试验研究[J].现代农村科技,2018(9):59.
- [8] 刘子记,杜公福,牛玉,等.番茄虫害的发生及防治[J].现代农业科技,2019(21):127-128.
- [9] 杨洁.生物农药在蔬菜种植中的应用效果评估[J].种子科技,2024,14(48):145-148.
- [10] 区翠仪,方康,张珂,等.罗伯茨绿僵菌与苦参碱复配防治瓜蚜[J].中国生物防治学报,2024,40(4):820-827.
- [11] 靳蒙茹.柑橘全爪螨脂肪酸合成酶基因的表达和功能分析[D].南昌:南昌大学,2023.
- [12] 张楠,杨峻,王晓军,等.我国种子处理剂登记概况及常见问题[J].农药科学与管理,2018,39(6):16-20.
- [13] 周春涛,谢道燕.氟虫脒对桑树及家蚕的安全性评价[J].江苏农业科学,2015,43(2):280-281.
- [14] 田梅金,柴建萍,刘永光,等.20% 啶唑啉悬浮剂对桑树及家蚕的安全性评价[J].蚕桑通报,2013,44(2):16-19.
- [15] 舒春,蒲庆龙,田达凯,等.40% 苯醚甲环唑·吡唑醚菌酯悬浮剂防治桃树炭疽病的药效及安全性评价[J].湖南农业科学,2023(4):70-72.
- [16] 李青超,王立达,赵秀梅,等.丽蚜小蜂释放量对设施蔬菜温室白粉虱的防治效果研究[J].农业科技通讯,2021(10):162-164.
- [17] 谌巧,何恒果.甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对害虫的亚致死效应研究进展[J].世界农药,2024,46(1):32-37.
- [18] 郭文秀,夏小菊,李丽莉,等.番茄潜叶蛾及其他 4 种番茄常发害虫的高效兼治药剂筛选[J].山东农业科学,2023,55(11):40-48.