

金龟子绿僵菌 CQMa421 与 4 种新烟碱类农药混配对西花蓟马毒力的增效作用

孙秀文^{1,2}, 王桂萍¹, 刘晓^{1,2}, 李霞¹, 王光召^{1,3}, 张伟丽⁴, 王希波⁴, 李丽莉¹, 门兴元¹, 郭文秀¹, 杨向黎², 迟宝杰², 于毅^{1*} (1.山东省农业科学院植物保护研究所, 山东济南 250100; 2.山东农业工程学院农业科技学院, 山东济南 251100; 3.烟台大学生命科学学院, 山东烟台 264005; 4.山东伟丽种苗有限公司, 山东济南 250212)

摘要 采用叶管药膜法测定了金龟子绿僵菌 CQMa421 与新烟碱类农药噻虫嗪、噻虫胺、吡虫啉、啶虫脒按照有效成分比(1:9, 3:7, 5:5, 7:3, 9:1)混配对西花蓟马的室内毒力。结果表明, 4 种新烟碱类杀虫剂的 24 和 48 h 毒力为噻虫胺>噻虫嗪>啶虫脒>吡虫啉, 均高于金龟子绿僵菌 CQMa421。绿僵菌与噻虫嗪和吡虫啉分别以 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, 9:1 的比例混配均具有显著的增效作用, 绿僵菌与噻虫胺和啶虫脒以 9:1, 7:3 的比例混配亦具有良好的增效作用。绿僵菌与新烟碱类农药混配有助于提高对西花蓟马的室内毒力, 为治理西花蓟马对新烟碱类杀虫剂抗性提供理论依据。

关键词 西花蓟马; 金龟子绿僵菌 CQMa421; 新烟碱类农药; 增效作用; 农药抗性

中图分类号 S 763.37 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)24-0122-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.24.026



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Synergistic Effect of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 Mixed with Four Neonicotinoid Pesticides on Virulence of *Frankliniella occidentalis*

SUN Xiu-wen^{1,2}, WANG Gui-ping¹, LIU Xiao^{1,2} et al (1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250100; 2. School of Agricultural Science and Technology, Shandong Academy of Agricultural Engineering, Jinan, Shandong 251100)

Abstract In this study, leaf tube film method was used to determine the indoor virulence of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 mixed with neonicotinoid pesticides (thiamethoxam, thiamethoxidin, imidacloprid, and amidine) in different active component ratios (1:9, 3:7, 5:5, 7:3, 9:1). The results showed that the virulence of four neonicotinoid pesticides at 24 h and 48 h was in the order of thiamethoxam > thiamethoxam > acetamidine > imidacloprid, which was higher than that of *Metarhizium anisopliae* CQMa421, but the mixture of *Metarhizium anisopliae* with thiamethoxam and imidacloprid (1:9, 3:7, 5:5, 7:3, 9:1) had significant synergistic effect. *Metarhizium anisopliae* mixed with clothianidin and acetamidine (9:1, 7:3) also had a good synergistic effect. It can be seen that the mixture of *Metarhizium anisopliae* and neonicotinoid pesticides can alleviate the pesticide resistance, which provides a reliable scientific basis and a new way for the resistance management of neonicotinoid pesticides in *Frankliniella occidentalis*.

Key words *Frankliniella occidentalis*; *Metarhizium anisopliae* CQMa421; Neonicotinoid pesticides; Synergistic effect; Pesticide resistance

西花蓟马 (*Frankliniella occidentalis*) 属缨翅目 (Thysanoptera) 锯尾亚目 (Terebrantia) 蓟马科 (Thripidae), 为多食性世界性检疫害虫^[1]。早期研究发现, 西花蓟马寄主植物广泛, 几乎所有的观赏花卉及蔬菜均有可能成为其寄主^[2]。该虫除以锉吸式口器危害叶子、花朵和果实, 导致叶片产生黑点、叶片皱缩和叶片发育受损, 影响水果品质, 降低经济价值外, 还可传播番茄斑萎病毒 (tomato spotted wilt virus, TSWV)^[3-5] 和凤仙花坏死斑病毒 (impatiens necrotic spot virus, INSV)^[6] 等多种病毒病, 已给我国农业生产造成了严重损失^[7]。化学药剂是目前防治西花蓟马使用最多的方法, 研究发现频繁使用噻虫嗪、噻虫胺、吡虫啉、啶虫脒易诱导西花蓟马产生高水平抗性^[8]。西花蓟马对新烟碱类杀虫剂的抗性水平发展迅速, 抗性治理措施难以发挥作用^[9]。

金龟子绿僵菌 (*Metarhizium anisopliae*) 属于半知菌亚门绿僵菌属真菌, 其中 CQMa421 菌株具有杀虫广谱的特性, 但作用效果缓慢。张英财等^[10] 研究发现绿僵菌与啶虫脒、吡

虫啉、溴氰菊酯等药剂具有较好的相容性。裴松松等^[11] 研究发现金龟子绿僵菌对西花蓟马的防治效果显著。张秀霞等^[12] 研究表明, 金龟子绿僵菌 CQMa421 与其他化学农药混合使用对瓜蚜具有较好的持效性。彭国雄等^[13] 研究结果为活体微生物农药与其他杀虫剂、杀菌剂的联合使用提供了依据。为减缓西花蓟马对新烟碱类杀虫剂的抗性发展速度, 笔者采用叶管药膜法测定噻虫嗪^[14]、噻虫胺^[15]、吡虫啉^[16]、啶虫脒^[17] 与金龟子绿僵菌 CQMa421 菌株混配对西花蓟马的室内毒力, 以期筛选“绿僵菌+化学药剂”的最佳增效组合, 实现对西花蓟马的绿色高效防控。

1 材料与方法

1.1 供试虫源 西花蓟马由山东省农业科学院植物保护研究所温室提供, 于室内温度 25 ℃ 条件下, 在圆形糖果瓶中使用新鲜的芸豆饲养, 培养 10~12 代建立室内试验种群, 选取发育阶段一致的西花蓟马成虫进行试验。

1.2 供试杀虫剂 100% 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂 (重庆聚立信生物工程有限公司提供), 25% 噻虫嗪水分散粒剂 (瑞士先正达作物保护有限公司提供), 20% 啶虫脒可溶性粉剂 (深圳诺普信农化股份有限公司提供), 20% 噻虫胺悬液 (江苏辉丰生物农业股份有限公司提供), 70% 吡虫啉水分散粒剂 (拜耳作物科学(中国)有限公司提供)。

基金项目 国家中药材产业技术体系建设专项基金项目 (CARS-21); 山东省重点研发计划 (LJNY202106)

作者简介 孙秀文 (1999—), 女, 山东临沂人, 硕士研究生, 研究方向: 果树学。* 通信作者, 研究员, 博士, 从事害虫综合防控与生物防治研究。

收稿日期 2022-12-28

1.3 试验方法

1.3.1 杀虫剂对西花蓟马的室内毒力测定。将离心管盖口和底部进行打孔,底部用封口膜进行缠绕,离心管口加一层滤纸,以避免离心管内部缺氧。以清水将噻虫嗪、噻虫胺、吡虫啉、啶虫脒稀释 7~9 个浓度后,浸泡离心管 4 h,取出晾干,放入甘蓝叶片供西花蓟马取食。采用干冰降低养虫瓶内温度,使供试西花蓟马行动迟缓,之后吸入离心管中。将处理后的试虫置于 25 ℃、相对湿度 70%、光周期 L:D=16:8 的养虫室内。分别于 24、48 h 后检查西花蓟马死亡数量,以毛笔尖轻触虫体不能爬动者视为死亡。以清水作为空白对照,每个浓度重复 5 次。

1.3.2 绿僵菌与化学药剂混配对西花蓟马的室内毒力测定。利用所得金龟子绿僵菌 CQMa421 和其他药剂的 LC_{50} ,将绿僵菌分别与上述 4 种药剂按照有效成分比 1:9、3:7、5:5、7:3、9:1 不同的 5 个配比进行混配,测定混配组合对西花蓟马的农药抗性效果,测得混剂 LC_{50} 值。

1.4 数据处理 试验数据采用 Microsoft Excel、SPSS 25.0 软件进行计算和数据分析,得出毒力回归方程、 LC_{50} 值、置信区间。利用软件得出单剂的 LC_{50} 以及混剂 LC_{50} ,再根据共毒系数公式计算出混剂的共毒系数(CTC)。若共毒系数>120 为增效作用;共毒系数在 80~120 为相加作用;共毒系数<80 为拮抗作用。对比不同混配组合的效果,选出具有协同增效作用的配比组合。

$$\text{毒力指数(TI)} = \frac{\text{标准药剂的 } LC_{50}}{\text{供试药剂的 } LC_{50}} \times 100$$

$$\text{混剂理论毒力指数(TTI)} = \text{A 剂的毒力指数} \times \text{药剂 A 在混剂中的百分含量} + \text{B 剂的毒力指数} \times \text{药剂 B 在混剂中的百分含量}$$

$$\text{混剂实测毒力指数(ATI)} = \frac{\text{标准药剂的 } LC_{50}}{\text{混剂的 } LC_{50}} \times 100$$

$$\text{共毒系数(CTC)} = \frac{\text{混剂实测毒指}}{\text{混剂理论毒指}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 新烟碱类杀虫剂对西花蓟马的室内毒力 24 h 时,噻虫嗪、噻虫胺、啶虫脒和吡虫啉对敏感种群西花蓟马的 LC_{50} 分别是 31.187、52.480、103.028 和 47.506 mg/L,金龟子绿僵菌 CQMa421 对敏感种群西花蓟马的 LC_{50} 为 291.497 mg/L。噻虫嗪对敏感种群西花蓟马的毒性最高,啶虫脒毒力最低(表 1)。

48 h 内,噻虫胺、啶虫脒对敏感种群西花蓟马的 LC_{50} 变化较大,噻虫胺 LC_{50} 从 52.480 mg/L 变化到 18.801 mg/L,啶虫脒 LC_{50} 从 103.028 mg/L 变化到 82.530 mg/L。48 h 后,新烟碱类杀虫剂对敏感种群西花蓟马的室内毒力大小排列为噻虫胺>噻虫嗪>吡虫啉>啶虫脒>金龟子绿僵菌 CQMa421 (表 2)。

表 1 新烟碱类杀虫剂对西花蓟马敏感种群的室内毒力(24 h)

Table 1 Indoor toxicity of neonicotinic insecticides to sensitive populations of *Frankliniella occidentalis* (24 h)

序号 No.	药剂 Insecticides	试虫数 Number of test insects//头	LC_{50} (95%置信区间)//mg/L	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数(R^2)
1	噻虫嗪	975	31.187(26.610~36.514)	$Y = -2.148 + 1.438X$	0.975
2	吡虫啉	916	47.506(28.346~76.314)	$Y = -2.015 + 1.202X$	0.932
3	噻虫胺	1 101	52.480(41.962~65.459)	$Y = -1.533 + 0.891X$	0.994
4	啶虫脒	933	103.028(84.151~126.235)	$Y = -2.295 + 1.140X$	0.991
5	绿僵菌	833	291.497(248.574~342.456)	$Y = -3.730 + 1.513X$	0.979

表 2 新烟碱类杀虫剂对西花蓟马敏感种群的室内毒力(48 h)

Table 2 Indoor toxicity of neonicotinic insecticides to sensitive populations of *Frankliniella occidentalis* (48 h)

序号 No.	药剂 Insecticides	试虫数 Number of test insects//头	LC_{50} (95%置信区间)//mg/L	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数(R^2)
1	噻虫嗪	959	24.004(20.825~27.602)	$Y = -2.386 + 1.729X$	0.981
2	吡虫啉	916	68.445(55.289~83.312)	$Y = -2.109 + 1.149X$	0.974
3	噻虫胺	1 101	18.801(14.327~23.985)	$Y = -1.088 + 0.854X$	0.946
4	啶虫脒	933	82.530(67.232~100.709)	$Y = -2.210 + 1.153X$	0.974
5	绿僵菌	833	180.475(153.578~210.897)	$Y = -3.520 + 1.560X$	0.981

2.2 绿僵菌与化学药剂混配对西花蓟马的 24 h 室内毒力 金龟子绿僵菌 CQMa421+吡虫啉混配,按照有效成分比(1:9、3:7、5:5、7:3、9:1)对西花蓟马毒力测定,结果表明,24 h 后金龟子绿僵菌 CQMa421+吡虫啉按照有效成分(1:9、3:7、5:5、7:3、9:1)5 种配比的混剂 LC_{50} 值为 86.491、

100.697、78.076、80.391、138.913 mg/L,共毒系数分别为 156.935、152.958、227.996、262.274、186.111,配比组合共毒系数均大于 120,均具有协同增效作用。5 种混配组合中,配比组合 7:3 表现出相对较好的增效结果,共毒系数为 262.274, LC_{50} 值是 80.391 mg/L(表 3)。

表3 绿僵菌与吡虫啉混配对西花蓟马的室内毒力(24 h)

Table 3 Indoor toxicity of *Metarhizium anisopliae* mixed with imidacloprid to *Frankliniella occidentalis* (24 h)

有效成分比 Active ingredient ratio	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC ₅₀ mg/L	ATI	TTI	CTC
1:9	$Y = -1.811 + 0.935X$	86.491	337.026	214.756	156.935
3:7	$Y = -2.555 + 1.276X$	100.697	289.479	189.254	152.958
5:5	$Y = -1.616 + 0.854X$	78.076	373.350	163.753	227.996
7:3	$Y = -1.502 + 0.788X$	80.391	362.599	138.252	262.274
9:1	$Y = -2.462 + 1.149X$	138.913	209.841	112.751	186.111

注:ATI为混剂实测毒力指数,TTI为混剂理论毒力指数,CTC为共毒系数。

Note:ATI is the measured toxicity index of the mixture,TTI is the theoretical toxicity index of the mixture,and CTC is the cotoxicity coefficient.

24 h后金龟子绿僵菌 CQMa421+噻虫嗪按照有效成分(1:9、3:7、5:5、7:3、9:1)5种配比 LC₅₀分别是39.352、34.522、35.067、51.204、71.656 mg/L,共毒系数分别为248.601、332.469、395.874、342.967、333.454,5种组合共毒系数均大于

120,5种配比组合都对防治西花蓟马具有增效作用。其中有效成分比为5:5时,LC₅₀值是35.067 mg/L,共毒系数为395.874,增效效果最好(表4)。

表4 金龟子绿僵菌 CQMa421与噻虫嗪混配对西花蓟马的室内毒力(24 h)

Table 4 Indoor toxicity of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 mixed with thiamethoxam to *Frankliniella occidentalis* (24 h)

有效成分比 Active ingredient ratio	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC ₅₀ mg/L	ATI	TTI	CTC
1:9	$Y = -2.328 + 1.460X$	39.352	740.743	297.965	248.601
3:7	$Y = -2.321 + 1.509X$	34.522	844.380	253.972	332.469
5:5	$Y = -2.447 + 1.584X$	35.067	831.257	209.980	395.874
7:3	$Y = -2.976 + 1.741X$	51.204	569.286	165.988	342.967
9:1	$Y = -3.020 + 1.628X$	71.656	406.801	121.996	333.454

注:ATI为混剂实测毒力指数,TTI为混剂理论毒力指数,CTC为共毒系数。

Note:ATI is the measured toxicity index of the mixture,TTI is the theoretical toxicity index of the mixture,and CTC is the cotoxicity coefficient.

金龟子绿僵菌 CQMa421+啮虫脒两者混配,两者有效成分比为1:9时,共毒系数为51.275,LC₅₀值为214.823 mg/L,表明2种杀虫剂混配对西花蓟马产生拮抗作用;按有效成分3:7、5:5、9:1时 LC₅₀值为115.073、149.022、222.062 mg/L,共

毒系数分别为111.078、102.163、110.969,3种比例混配组合产生相加作用;有效成分比为7:3时,LC₅₀值为136.798 mg/L,共毒系数为137.582,具有增效作用(表5)。

表5 金龟子绿僵菌 CQMa421与啮虫脒混配对西花蓟马的室内毒力(24 h)

Table 5 Indoor toxicity of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 mixed with acetamiprid to *Frankliniella occidentalis* (24 h)

有效成分比 Active ingredient ratio	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC ₅₀ mg/L	ATI	TTI	CTC
1:9	$Y = -2.535 + 1.087X$	214.823	135.692	264.637	51.275
3:7	$Y = -2.469 + 1.198X$	115.073	253.315	228.051	111.078
5:5	$Y = -2.629 + 1.210X$	149.022	195.607	191.465	102.163
7:3	$Y = -3.263 + 1.527X$	136.798	213.086	154.879	137.582
9:1	$Y = -2.267 + 0.966X$	222.062	131.268	118.293	110.969

注:ATI为混剂实测毒力指数,TTI为混剂理论毒力指数,CTC为共毒系数。

Note:ATI is the measured toxicity index of the mixture,TTI is the theoretical toxicity index of the mixture,and CTC is the cotoxicity coefficient.

金龟子绿僵菌 CQMa421+噻虫胺混配,有效成分比为1:9、9:1时,共毒系数为126.20、136.59,具有增效作用;有效成分比为7:3时,共毒系数为74.33,小于80,表明对西花蓟马的防治产生拮抗作用;有效成分比为5:5、3:7时,共毒系数分别为88.73、90.91,共毒系数在80~120,属于相加作用(表6)。

2.3 绿僵菌与化学杀虫剂混配对西花蓟马的48 h室内毒力 48 h后金龟子绿僵菌 CQMa421+吡虫啉、金龟子绿僵菌 CQMa421+噻虫嗪对西花蓟马共毒系数分别为177.928~

399.027、271.517~478.295,均表现出良好的增效作用,与吡虫啉混配后混剂的 LC₅₀值分别为42.007、41.917、41.950、34.962、92.388 mg/L;与噻虫嗪混配后 LC₅₀值分别为19.554、14.818、24.846、30.364、54.442 mg/L;金龟子绿僵菌 CQMa421+啮虫脒的效果与24 h表现的效果一致,混剂 LC₅₀分别为124.373、91.720、121.135、106.306、159.190 mg/L,共毒系数为70.171~125.201,随时间的变化复配组合共毒系数的大小也发生改变。金龟子绿僵菌 CQMa421+噻虫胺混配后混剂的 LC₅₀分别是31.572、36.145、82.766、93.435、84.165 mg/L;有效

成比 1:9、3:7、5:5、7:3 的共毒系数均在 80 以下,表明 2 种 杀虫剂混配对西花蓟马的防治为拮抗作用(表 7)。

表 6 绿僵菌与噻虫胺混配对西花蓟马的室内毒力(24 h)

Table 6 Indoor toxicity of *Metarhizium anisopliae* mixed with thiamethasone to *Frankliniella occidentalis* (24 h)

有效成分比 Active ingredient ratio	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC ₅₀ mg/L	ATI	TTI	CTC
1:9	$Y = -1.525 + 0.921X$	45.299	643.50	509.89	126.20
3:7	$Y = -1.792 + 0.951X$	76.560	380.74	418.81	90.91
5:5	$Y = -2.028 + 1.013X$	100.235	290.81	327.72	88.73
7:3	$Y = -2.178 + 0.981X$	165.711	175.90	236.63	74.33
9:1	$Y = -1.728 + 0.798X$	146.623	198.80	145.54	136.59

注:ATI 为混剂实测毒力指数,TTI 为混剂理论毒力指数,CTC 为共毒系数。

Note:ATI is the measured toxicity index of the mixture,TTI is the theoretical toxicity index of the mixture,and CTC is the cotoxicity coefficient.

表 7 金龟子绿僵菌 CQMa421 与 4 种杀虫剂混配对西花蓟马的室内毒力(48 h)

Table 7 Indoor toxicity of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 mixed with four insecticides to *Frankliniella occidentalis* (48 h)

序号 No.	药剂 Insecticides	有效成分比 Active ingredient ratio	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC ₅₀ mg/L	ATI	TTI	CTC
1	绿僵菌+吡虫啉	1:9	$Y = -1.729 + 1.065X$	42.007	429.631	188.096	228.410
		3:7	$Y = -1.965 + 1.211X$	41.917	430.553	168.519	255.492
		5:5	$Y = -1.798 + 1.108X$	41.950	430.215	148.942	288.846
		7:3	$Y = -1.412 + 0.915X$	34.962	516.203	129.365	399.027
		9:1	$Y = -2.333 + 1.187X$	92.388	195.345	109.788	177.928
2	绿僵菌+噻虫嗪	1:9	$Y = -1.690 + 1.309X$	19.554	922.957	298.827	308.860
		3:7	$Y = -1.633 + 1.395X$	14.818	1 217.944	254.643	478.295
		5:5	$Y = -2.238 + 1.604X$	24.846	726.374	210.459	345.138
		7:3	$Y = -2.600 + 1.754X$	30.364	594.372	166.276	357.462
		9:1	$Y = -3.049 + 1.756X$	54.442	331.500	122.092	271.517
3	绿僵菌+啶虫脒	1:9	$Y = -2.425 + 1.158X$	124.373	145.108	206.791	70.171
		3:7	$Y = -2.401 + 1.223X$	91.720	196.767	183.060	107.488
		5:5	$Y = -2.544 + 1.221X$	121.135	148.987	159.328	93.509
		7:3	$Y = -3.266 + 1.612X$	106.306	169.769	135.597	125.201
		9:1	$Y = -2.209 + 1.003X$	159.190	113.371	111.866	101.345
4	绿僵菌+噻虫胺	1:9	$Y = -1.803 + 1.203X$	31.572	571.62	873.93	65.400
		3:7	$Y = -1.829 + 1.174X$	36.145	499.30	701.94	71.130
		5:5	$Y = -2.108 + 1.099X$	82.766	218.05	529.96	41.140
		7:3	$Y = -2.376 + 1.206X$	93.435	193.15	357.97	53.950
		9:1	$Y = -2.855 + 1.483X$	84.165	214.42	185.99	115.280

注:ATI 为混剂实测毒力指数,TTI 为混剂理论毒力指数,CTC 为共毒系数。

Note:ATI is the measured toxicity index of the mixture,TTI is the theoretical toxicity index of the mixture,and CTC is the cotoxicity coefficient.

3 结论与讨论

该研究选择噻虫嗪、噻虫胺、啶虫脒、吡虫啉 4 种杀虫剂进行室内毒力试验,结果表明,噻虫嗪对于西花蓟马的作用效果最好,LC₅₀ 在 24.004~31.187,其次为噻虫胺,其他杀虫剂对于西花蓟马也有明显的作用,且 48 h 各杀虫剂对西花蓟马的防治效果比 24 h 均有所提高。张志鹏等^[18]研究表明,在济南、寿光、泰安、聊城采集的 4 个西花蓟马种群对噻虫嗪和吡虫啉均产生了不同程度的抗药性。这与单剂毒力试验结果一致。

绿僵菌与 4 种新烟碱类农药混配试验发现,绿僵菌 CQMa421 与吡虫啉、噻虫嗪、噻虫胺和啶虫脒混配均表现良好的增效作用。由于长时间大面积单一使用化学药剂防治西花蓟马,目前已经在很多地方产生了抗性种群。王圣印等^[19]研究表明西花蓟马对于常用药剂都产生不同程度的抗

性,其中多杀菌素已产生高水平抗性,吡虫啉、啶虫脒为中等水平抗性。绿僵菌与 4 种新烟碱类农药混配,使用化学药剂浓度较低,效果显著,可能是绿僵菌萌发的孢子穿透昆虫体壁形成通道,使得药剂更容易借助通道直接进入昆虫体内,同时侵入体内的绿僵菌菌丝利用昆虫体内营养进行扩繁,最终两者共同作用,快速杀死昆虫,从而有效降低了西花蓟马的抗药性。

樊宗芳等^[20]研究发现,乙基多杀菌素对西花蓟马的效果最好,其次为吡虫啉和噻虫嗪。该研究将绿僵菌与 4 种化学农药混配,效果均比单剂使用显著,有效降低西花蓟马的抗药性,减少化学农药的使用,改善植物生长环境。绿僵菌与噻虫嗪、吡虫啉混配均表现出良好的增效作用;绿僵菌与噻虫胺、啶虫脒混配效果虽不如噻虫嗪、吡虫啉效果显著,但仍比其单剂使用效果显著。张治科等^[21]研究表明吡虫啉对

西花蓟马的敏感性 LC_{50} 为 46.396 4 mg/L, 与该试验吡虫啉 LC_{50} 数值基本一致。

目前西花蓟马的抗药性日渐增强, 有关西花蓟马的防治虽然有一些新的突破, 但大部分是采用新型单一药剂进行防治, 未能有效运用 2 种药剂混配的方法协同降低西花蓟马对农药的抗性。绿僵菌与噻虫嗪、吡虫啉、啉虫脒、噻虫胺混配使用, 对于西花蓟马的防治效果优于单一药剂的使用, 推荐绿僵菌与噻虫嗪、吡虫啉混配使用在生产中防治西花蓟马, 有助于治理西花蓟马抗药性。研究结果为使用微生物和新烟碱类杀虫剂延缓西花蓟马抗药性发展治理西花蓟马抗药性提供了新思路。

参考文献

- [1] KIRK W D J, TERRY L I. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) [J]. *Agricultural and forest entomology*, 2003, 5(4): 301-310.
- [2] ROBB K L. Analysis of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) as a pest of floricultural crops in California greenhouses [D]. Riverside: Dissertation University of California, 1989.
- [3] 段艳茹, 杨军章, 游堂贵, 等. 昭通烟区番茄斑萎病毒病流行与西花蓟马数量关系研究 [J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2020, 35(6): 950-956.
- [4] 卢小雨, 林伟, 张伟锋, 等. 介体蓟马传播番茄斑萎病毒能力的研究进展 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55(6): 1369-1371, 1374.
- [5] 李飞, 吴青君, 徐宝云, 等. 北京地区发现番茄斑萎病毒 [J]. 植物保护, 2012, 38(6): 186-188, 191.
- [6] 陆亮, 杜子州, 李鸿波, 等. 西花蓟马传播病毒病的研究进展 [J]. 植物保

- 护, 2009, 35(2): 7-11.
- [7] 陈静, 孙公田, 张波. 波潼石榴花期西花蓟马防治试验初探 [J]. 种子科技, 2022, 40(2): 52-54.
- [8] PAUL K, KHAN A. Effects of certain insecticides on the predator *Orius insidiosus* and its prey *Thrips palmi* [J]. *Indian journal of entomology*, 2019, 81(1): 1-6.
- [9] 吕要斌, 贝亚维, 林文彩, 等. 西花蓟马的生物学特性、寄主范围及危害特点 [J]. 浙江农业学报, 2004, 16(5): 317-320.
- [10] 张英财, 农向群, 张泽华, 等. 18 种化学农药与绿僵菌相容性研究 [J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(2): 186-191.
- [11] 裴松松, 吴轩, 李瑞军, 等. 对西花蓟马高效金龟子绿僵菌菌株筛选及在花生田间的应用效果 [J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(4): 732-739.
- [12] 张秀霞, 赵忠范, 毛晓红, 等. 金龟子绿僵菌 CQMa421 与 3 种杀虫剂对瓜蚜的联合毒力 [J]. 农药, 2020, 59(1): 74-78.
- [13] 彭国雄, 谢佳沁, 夏玉先. 金龟子绿僵菌 CQMa421 与杀虫剂、杀菌剂的兼容性 [J]. 中国生物防治学报, 2017, 33(6): 747-751.
- [14] 马绍智. 西花蓟马对噻虫嗪抗性风险评估和生化机制初探 [D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [15] 颜改兰, 王圣印. 西花蓟马抗噻虫胺种群对杀虫剂的交互抗性及其机制 [J]. 应用生态学报, 2020, 31(10): 3282-3288.
- [16] 胡昌雄, 李宜儒, 李正跃, 等. 吡虫啉对西花蓟马和花蓟马种间竞争及后代发育的影响 [J]. 生态学杂志, 2018, 37(2): 453-461.
- [17] 赵云成, 马红明, 麻淑芬, 等. 防治蓟马农药筛选试验 [J]. 中国园艺文摘, 2011, 27(7): 22-23.
- [18] 张志鹏, 庄绪波, 侯海霞, 等. 山东省日光温室棕榈蓟马抗药性检测 [J]. 辽宁农业科学, 2018(5): 71-73.
- [19] 王圣印, 张安盛, 李丽莉, 等. 西花蓟马田间种群对常用杀虫剂的抗性现状及防治对策 [J]. 昆虫学报, 2014, 57(5): 621-630.
- [20] 樊宗芳, 宋浩蕾, 桂富荣, 等. 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 [J]. 生物安全学报, 2021, 30(3): 206-212.
- [21] 张治科, 吴圣勇, 雷仲仁, 等. 不同杀虫剂对西花蓟马的室内毒力及田间药效 [J]. 生物安全学报, 2019, 28(2): 127-132.

(上接第 115 页)

速度, 从而迅速提高了嫁接成活率。而枝接从嫁接完成到砧木、接穗形成层愈合, 实现砧木的水分、矿质元素、营养物质顺利输送到接穗, 大概需要 15 d 左右, 在此期间, 砧木不能给接穗提供水分和矿质营养物质, 接穗要靠自身的养分进行愈合, 如果此时接穗脱水, 营养物质储备不足, 就有可能造成接穗死亡, 导致嫁接失败。③高接换冠, 嫁接位置在植株树冠上, 该试验定于 1.5 m 左右。高位枝接, 直接切除砧木以上的植株部分, 使嫁接部位直接暴露在风雨及暴晒中, 可能在嫁接后出现接穗移位、脱水等问题, 影响嫁接成活率。而高位芽接, 未切除嫁接部位以上的植株枝条, 可为嫁接芽遮阴挡雨, 接口不易出现移位, 提高了嫁接成活率。

参考文献

- [1] 陈齐明. 八重绯寒樱组培工厂化技术研究 [J]. 湖北林业科技, 2019, 48(5): 13-17.
- [2] 尤崇魁. 樱花栽培与欣赏 [M]. 台北: 园艺世界出版社, 2007.
- [3] 叶海燕, 林凤英, 王旭. 台湾牡丹樱的植物学特征和生物学特性研究

- [J]. 福建林业, 2020(3): 33-35.
- [4] 洪志猛. 台湾引进的樱花品种花期观测与观赏性状评价 [J]. 福建林业科技, 2019, 46(3): 94-98.
- [5] 聂超仁, 段庆明, 张凯, 等. ‘关山’樱花高接换种技术研究 [J]. 湖北林业科技, 2016, 45(4): 34-36.
- [6] 高新一, 王玉英. 林木嫁接技术图解 [M]. 北京: 金盾出版社, 2009: 10-22.
- [7] 林玲, 唐卫东, 李华雄, 等. 枇杷秋季高位嫁接技术 [J]. 四川农业科技, 202(8): 26-27.
- [8] 张志标, 陶星星, 李月, 等. 水晶香柚高位嫁接和丰产栽培技术 [J]. 农业科技通讯, 2022(9): 232-234.
- [9] 段伟华. 油茶高接换冠技术研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012: 13.
- [10] 刘珠琴, 赵秀花. 中国樱桃高接换种技术 [J]. 宁波农业科技, 2021(2): 25-26.
- [11] 韦红霞, 高彦, 史大卫, 等. 大樱桃高接换头技术 [J]. 西北园艺, 2005(3): 16.
- [12] 霞浦县地方志编纂委员会. 霞浦县志 [M]. 北京: 方志出版社, 1999.
- [13] 段日汤, 杨顺林, 袁理春, 等. 一种麻疯树芽接的高位嫁接改良方法: CN200810058397.4 [P]. 2008-10-15.
- [14] 徐庆莲. 果树高位芽接技术 [J]. 农村百事通, 2005(1): 37.
- [15] 陈璋. 台湾优良观赏花木八重绯寒樱嫁接繁育试验研究 [J]. 福建林业科技, 2007, 34(4): 27-30.