

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.02.003

生物防治与化学防治协同处理防治 柑橘全爪螨的温室试验

安若飞^{1,2}, 余金珂³, 王进军^{1,2},
豆威^{1,2}, 汪昭军^{2,3}, 刘光铭¹

1. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400715;
2. 重庆潼南柠檬科技小院, 重庆 402660;
3. 重庆市潼南区农业科技推广中心, 重庆 402660

摘要:通过对在重庆市潼南区柏梓镇潼南柠檬脱毒种苗繁育中心的4号大棚中设置的6个处理, 在化学防治的基础上选择用药后的不同时间释放捕食螨, 以探究生-化协同防治柑橘全爪螨的效果。试验结果表明, 施用阿维菌素后第6 d释放捕食螨对柑橘全爪螨的防效最好, 虫口减退率和防治效果均可以达到98%以上; 且相较于单一施用化学农药持效期更长, 约为1.5月, 而单一施用化学农药持效期只能维持在10 d左右。由气象因子数据和柑橘全爪螨发生动态相关性分析结果可知, 施用化学农药后可提高柑橘全爪螨种群对高温的抗逆性; 施用阿维菌素后第6 d释放捕食螨天气积分指数对柑橘全爪螨的影响最大, 说明微气候也会对柑橘全爪螨的防治产生影响。研究结果为柠檬产业害螨绿色防治提供了更精细化的方案。

关键词:柑橘全爪螨; 化学防治; 生物防治;
捕食螨; 气象因子; 天气积分指数

中图分类号:S433.7

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号:2097-1354(2024)02-0020-10

Greenhouse Experiment on the Control of *Panonychus citri* through Synergistic Biological and Chemical Approaches

AN Ruofei^{1,2}, YU Jinke³, WANG Jinjun^{1,2}, DOU Wei^{1,2},

收稿日期: 2024-02-01

基金项目: 潼南地区柑橘全爪螨智能监测与快速选药技术研究(TK-2022-17).

作者简介: 安若飞, 硕士研究生, 主要从事农业昆虫生态方面的研究.

通信作者: 王进军, 博士, 教授.

共同通信作者: 汪昭军, 硕士, 高级农艺师.

WANG Zhaojun^{2,3}, LIU Guangming¹

1. College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Tongnan Lemon Science and Technology Yard, Chongqing 402660, China;

3. Tongnan District of Chongqing Agricultural Science and Technology Extension Center, Chongqing 402660, China

Abstract: Through 6 treatments of releasing predatory mites at different times after application of chemicals were set up in No.4 greenhouse of Tongnan Lemon Virus-free Seedling Breeding Center, Baizi Town, Tongnan District, Chongqing, to explore the effect of biological and chemical combination on controlling *Panonychus citri*. The results showed that the release of predator mites 6 days after the application of avermectin had the best control effect on *P. citri*. The pest reduction rate and control effect could reach to more than 98%. Compared with the treatment of single application of chemical pesticides, the effective period of treatment was longer at about 1.5 months, while the effective period of single application of chemical pesticides treatment can only be last to about 10 days. According to the correlation analysis results of meteorological factors and the occurrence of *P. citri* in each treatment, the resistance of *P. citri* population to high temperature could be improved after application of chemical pesticides. Release of predator mites on the 6th day after application of avermectin, the weather integral index had the greatest effect on the population of *P. citri*, indicating that appropriate control measures could enhance the inhibition effect of microclimate on the population of *P. citri*. Regarding the research results provides a more refined scheme for green control of mite in lemon industry.

Key words: *Panonychus citri*; chemical control; biological control; predatory mite; meteorological factors; weather integral index

重庆市潼南区为我国柠檬之都,与美国加州的柠檬产地和意大利西西里岛的柠檬产区共同被誉为世界三大顶级柠檬产地,拥有集种植、加工、营销、研发等于一体的全产业链格局,柠檬种植面积 21.33 万 hm²,柠檬产业已成为重庆市潼南区的支柱性产业^[1]。柑橘全爪螨(*Panonychus citri*)是柑橘类果树发生最严重的害虫之一,在田间又被称为“红蜘蛛”,其主要以成螨和若螨的虫态吸食柠檬叶片,主要在叶背部分布,受害严重的叶片往往呈现出“磨砂状”^[2]。近年来,随着化学农药的大量使用,柑橘全爪螨的抗药性问题日益严峻^[3],对环境造成了污染,并给农民带来了经济损失。目前,学术界有关化学农药抗药性的研究取得了进展^[4-7]。阿维菌素是柑橘产业中防治害虫的常用农药,可以与叶面肥料共同应用,在防治柑橘全爪螨方面有显著效果^[8]。柑橘全爪螨的天敌-巴氏钝绥螨(曾用名巴氏钝绥螨(*Amblyseius barkeri*)),隶属于蜱螨亚纲(Acari),寄螨目(Paratiformes),革螨亚目(Gamasida),植绥螨科(Phytoseiidae)。目前,巴氏新小绥螨是国内生产量最大的本土捕食螨种^[9],在重庆多地应用,并取得了很好的效果,持效期相较于化学农药更长^[10-11],这为柑橘类产业上农药的“增效减量”目标提供了新的方案。

本研究旨在探究一种化学和生物联合防治柑橘全爪螨的方法,减少柠檬种植田间的农药使用量,降低防治柑橘全爪螨的成本,延长时效,为有关柠檬产业的农民提供更精细化的防治方案。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于重庆市潼南区柏梓镇的潼南柠檬脱毒种苗繁育中心的 4 号大棚中,棚中为规范

化种植的5年树龄“尤力克”柠檬。

1.2 试验设备及材料

采用远程温湿度计(鲜盾-DYF20A)进行温湿度收集,试验所用农药为济南中科绿色生物工程有限公司生产的5%阿维菌素,捕食螨为西南大学柑橘研究所生产的抗药性巴氏钝绥螨,每袋3000头以上。

1.3 试验方法

将试验棚中的柠檬树分为6个处理:处理1为空白对照,处理2只释放捕食螨,处理3只施用阿维菌素进行化学防治,处理4在施用阿维菌素后第3d释放捕食螨,处理5在施用阿维菌素后第6d释放捕食螨,处理6在施用阿维菌素后第9d释放捕食螨。每个处理3个重复,每个重复2株柠檬树,共20片叶。在每棵柠檬树的东、南、西、北、中5个方位各选取一根枝条,用红色胶带缠绕标记。在调查时每根枝条随机选取2片叶,用便携式电子显微镜对柑橘全爪螨(包括成螨和若螨)的数量进行观察记录,调查时间安排参照表1。对处理4、处理5、处理6进行4000倍液的阿维菌素药剂处理后在对应时间点释放捕食螨(采用打钉枪的挂施方法),每棵树各挂2袋。且记录试验期间的每日温湿度情况。

表1 调查时间安排

调查时间	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5	处理6
施药前	√	√	√	√	√	√
施药后第1d	—	—	—	—	—	—
施药后第3d	—	—	—	释放捕食螨	—	—
施药后第4d	√	√	√	√	√	√
施药后第6d	—	—	—	—	释放捕食螨	—
施药后第9d	—	—	—	—	—	释放捕食螨
施药后第10d	√	√	√	√	√	√
施药后第15d	√	√	√	√	√	√
施药后第22d	√	√	√	√	√	√
施药后第28d	√	√	√	√	√	√
施药后第38d	√	√	√	√	√	√
施药后第48d	√	√	√	√	√	√

注:图中“√”表示进行柑橘全爪螨数量调查。

1.4 生化协同防治柑橘全爪螨的防治效果评价

对柑橘全爪螨虫口数量进行调查分析,并计算虫口减退率及防治效果。

$$\text{虫口减退率}(\%) = (\text{施药前活螨数} - \text{施药后活螨数}) / \text{施药前活螨数} \times 100\%$$

$$\text{防治效果}(\%) = (1 - CK_0 \times PT_1 / CK_1 \times PT_0) \times 100\%$$

式中, PT_0 为药剂处理区药前活虫数, PT_1 为药剂处理区药后活虫数, CK_0 为空白对照区药前活虫数, CK_1 为空白对照区药后活虫数。

根据前人理论^[12]创新天气积分指数,通过SPSS软件,对所收集到的气象数据进行降维处理,提取主成分;确定标准为特征值 >1 且累计方差贡献率 $>80\%$ 的为主成分;通过主成分载荷表,计算各因子(气象指标)的权重系数[权重系数=载荷值/sqrt(特征值)],将气象数据进行标准化处理,根据权重系数和标准化数据写出所选主成分的得分方程及数值(F_1 、 F_2)。

$$\text{天气积分指数}(F_{\text{综}}) = \sum_{i=1}^n \text{主成分各自得分数值} \times \text{对应方差贡献率}$$

1.5 数据处理与统计学分析

采用 SPSS 20.0、Excel 2021 及 Minitab 软件对本研究数据进行处理与统计分析, 应用 Minitab 中的方差分析法进行差异显著性检验, 用 Excel 进行绘图。在柑橘全爪螨发生动态和气象因子(温湿度)的相关性分析中, 使用皮尔逊相关性分析法(正态分布情况下)或斯皮尔曼相关性分析法(非正态分布情况下)。

2 结果与分析

2.1 不同处理柑橘全爪螨种群数量消长情况

由调查结果可知, 在 0~4 d 内, 处理 1 和处理 2 柑橘全爪螨种群数量持续上升, 最高峰时柑橘全爪螨的数量分别达到了 59.67 头/叶和 55.10 头/叶。其余处理因喷施阿维菌素, 其种群数量均为持续下降, 在施药后第 4 d 虫量最低, 施药后第 10 d 均有不同程度的回升, 说明此次化学防治的持效期约为 10 d。在施药后第 22 d~第 28 d, 所有处理的柑橘全爪螨种群整体呈现下降趋势。在施药后第 28 d~第 38 d, 处理 5 柑橘全爪螨种群数量持续下降, 其余处理呈上升趋势(图 1)。

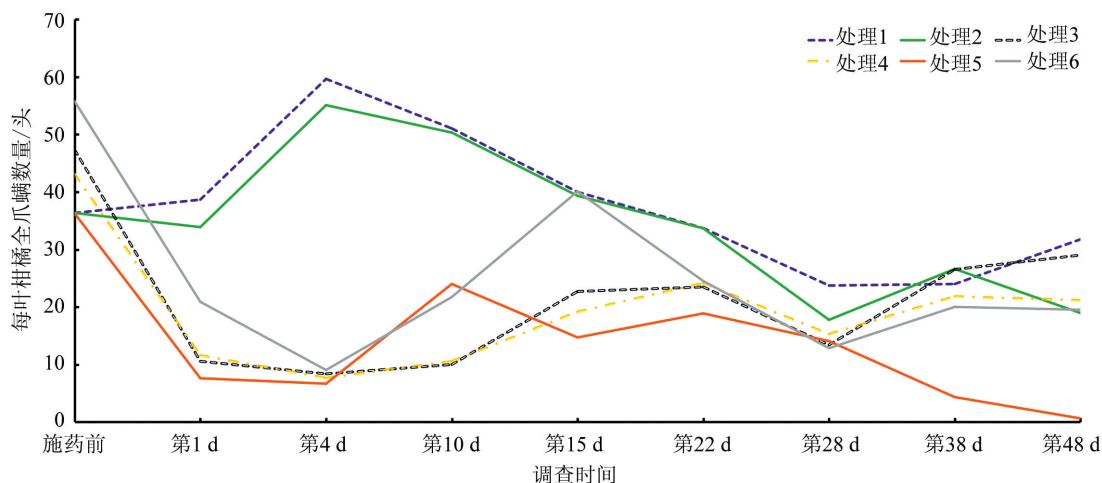


图 1 不同处理柑橘全爪螨消长动态

2.2 不同处理柑橘全爪螨防治效果及虫口减退率比较

由试验结果可知, 施药后第 1 d 与施药后第 4 d, 除处理 2 外, 其他处理的防治效果均在 60.00% 以上, 在施药后第 4 d 防治效果达到最佳, 均在 88% 以上, 其中处理 2 的防治效果明显低于其他处理, 差异具有统计学意义, 其他处理间比较差异无统计学意义; 除处理 2 外, 其余处理的虫口减退率在 61.75%~84.10%。施药后第 10 d, 所有处理的防治效果均下降, 处理 1 (空白对照)和处理 2(只释放捕食螨, 未施用阿维菌素)虫口减退率均上升, 其余处理施用阿维菌素虫口减退率均下降。施药后第 10 d 与施药后第 15 d, 除处理 5 外, 其余处理的防治效果均在下降。施药后第 15 d 处理 2、处理 6 的防治效果明显低于处理 3、处理 4、处理 5 的防治效果, 差异均具有统计学意义(表 2)。施药后第 22 d 与施药后第 28 d, 所有处理的防治效果比较差异均无统计学意义, 所有处理的虫口减退率均在上升。施药后第 38 d 与施药后第 48 d, 处理 5 的防治效果明显高于其他处理, 差异均具有统计学意义(表 3)。不同处理防治效果, 虫口减退率具体变化趋势见图 2、图 3。

表2 不同处理柑橘全爪螨的防治效果和虫口减退率(第1 d~第15 d)

处理方法	防治效果				虫口减退率			
	第1 d	第4 d	第10 d	第15 d	第1 d	第4 d	第10 d	第15 d
处理1(CK)	—	—	—	—	—6.57	—65.88	—39.86	—10.94
处理2	5.80a	—1.20a	—10.80a	—14.60a	6.06	—60.35	—50.26	—30.54
处理3	78.12	89.35	84.07	45.40	77.97	83.40	78.05	46.00
处理4	75.00	88.60	82.08	74.60	73.26	82.32	75.61	55.36
处理5	70.68	88.12	44.50	59.88	76.18	79.79	23.01	56.00
处理6	63.82	90.62	70.35	29.40a	61.75	84.10	59.42	24.50

注: 表中调查时间均以施药当天为时间节点, 数据为3次试验重复的平均值, 小写字母表示组间数据比较差异具有统计学意义($p<0.05$).

表3 不同处理柑橘全爪螨的防治效果和虫口减退率(第22 d~第48 d)

处理方法	防治效果				虫口减退率			
	第22 d	第28 d	第38 d	第48 d	第22 d	第28 d	第38 d	第48 d
处理1(CK)	—	—	—	—	6.49	33.96	—33.31	—74.55
处理2	—19.80	9.70	28.90a	58.80a	—17.28	36.45	3.85	32.10
处理3	32.90	46.80	48.70a	62.17a	44.10	69.81	40.76	33.43
处理4	38.22	44.04	58.86a	70.57a	43.97	64.36	49.21	50.90
处理5	40.79	24.50	89.41	98.88	44.75	51.15	85.88	98.23
处理6	45.60	58.90	66.30a	78.88a	52.09	75.55	61.37	62.45

注: 表中调查时间均以施药当天为时间节点, 数据为3次试验重复的平均值, 小写字母表示组间数据比较差异具有统计学意义($p<0.05$).

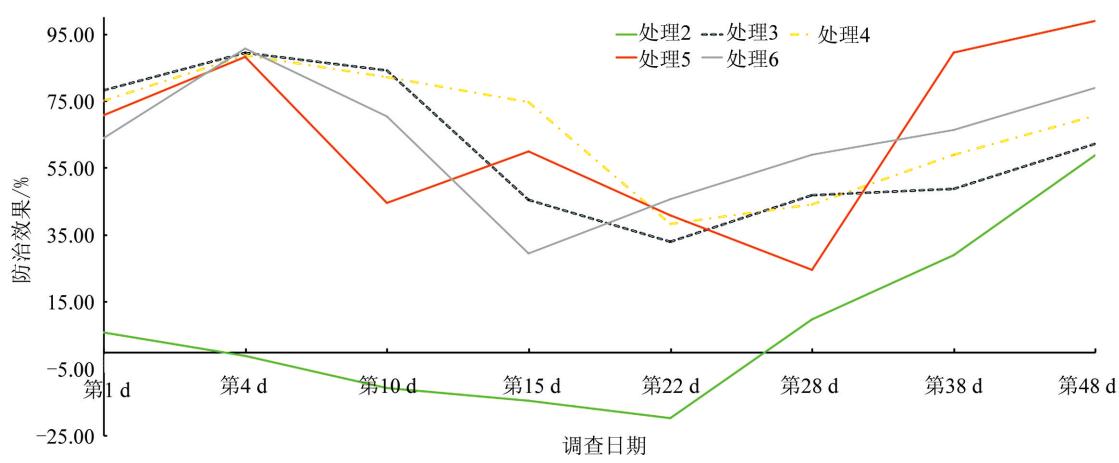


图2 不同处理柑橘全爪螨的防治效果

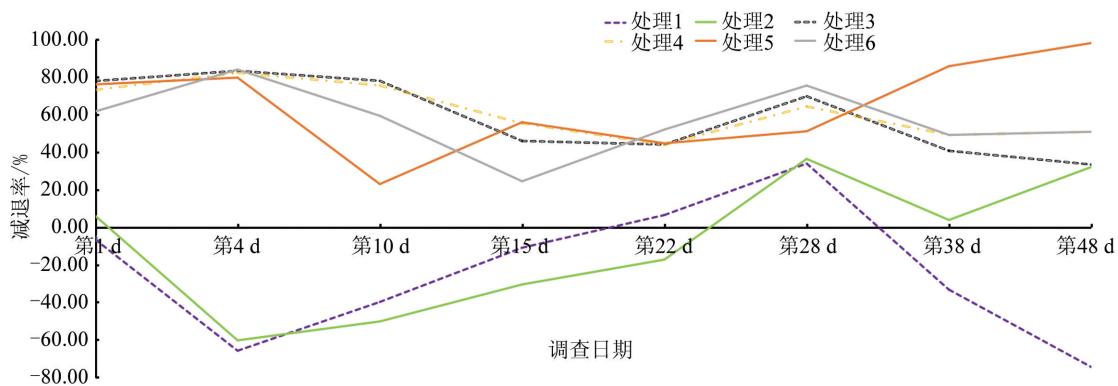


图3 不同处理柑橘全爪螨的虫口减退率

2.3 柑橘全爪螨发生动态和气象因子相关性分析

2.3.1 温湿度

由调查结果可知,试验过程中平均最高温度均高于30℃,而平均最低温度为10~20℃(图4);平均最大湿度均大于80%,平均最低湿度起伏较大(图5).

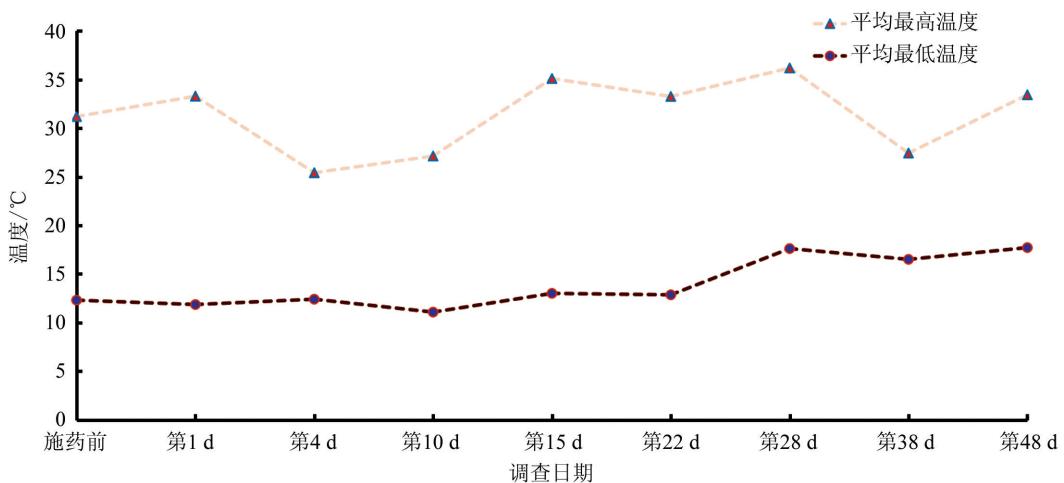


图4 生-化协同防治试验期间温度变化

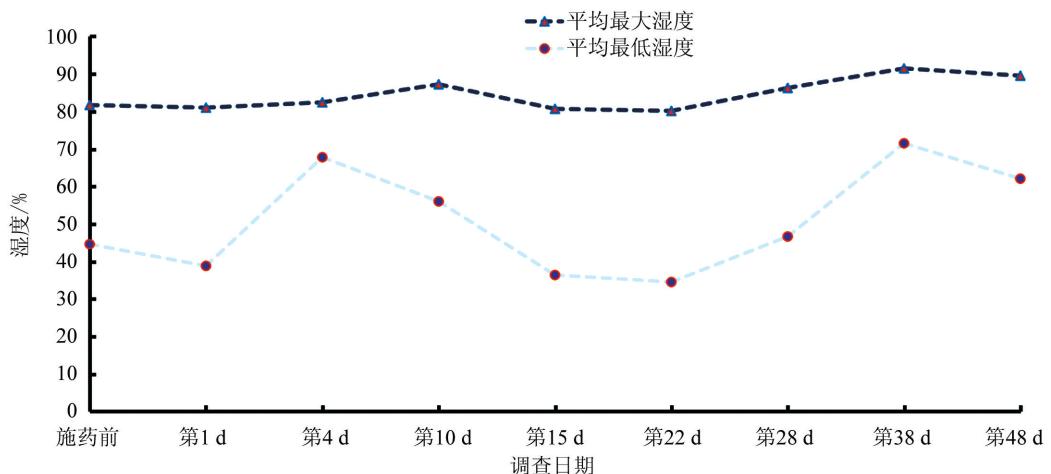


图5 生-化协同防治试验期间湿度变化

2.3.2 天气积分指数计算

生化协同防治试验期间气象因子主成分分析结果显示, 第1和第2主成分累计贡献率达到95.764%且特征值均大于1, 占总信息量的95%以上(表4)。

表4 生化协同防治试验期间气象因子主成分分析

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
F_1	2.372	59.309	59.309
F_2	1.458	36.456	95.764
F_3	0.150	3.744	99.509
F_4	0.020	0.491	100.000

根据4个气象因子的载荷, 第1主成分(F_1)代表湿度对柑橘全爪螨发生动态的作用, 其中平均最低湿度的载荷最大为0.62, 第1主成分中平均最低湿度是主要的影响因素。在第2主成分(F_2)中, 载荷最大的为平均最高温度为0.69, 第2主成分主要由平均最高温度决定(表5)。

表5 生化协同防治试验期间4个气象因子的载荷

主成分	平均最高温度(X_1)	平均最低温度(X_2)	平均最高湿度(X_3)	平均最低湿度(X_4)
F_1	-0.36	0.37	0.60	0.62
F_2	0.69	0.66	0.21	-0.20

根据各个因子在前两个主成分中所构成的相关矩阵向量, 可以将主成分 F_1 和 F_2 的函数表达式写为:

$$F_1 = -0.36X_1 + 0.37X_2 + 0.6X_3 + 0.62X_4$$

$$F_2 = 0.69X_1 + 0.66X_2 + 0.21X_3 - 0.2X_4$$

将主成分分析中的第1主成分(F_1)和第2主成分(F_2)根据其两个函数表达式及两个主成分的贡献率进行综合评价得到天气积分指数表达式($F_{\text{综}}$):

$$F_{\text{综}} = 0.593\ 09F_1 + 0.364\ 56F_2$$

2.3.3 气象因子相关性分析

通过数据分析, 各处理柑橘全爪螨发生动态与相关气象因子均具有不同的相关性。处理1柑橘全爪螨发生动态与所有气象因子均呈明显负相关。处理2柑橘全爪螨发生动态与平均最高温度(X_1)、平均最低温度(X_2)、平均最高湿度(X_3)和天气积分指数呈显著负相关。处理3柑橘全爪螨发生动态与平均最高温度(X_1)、平均最低温度(X_2)和天气积分指数呈极显著的正相关。处理4柑橘全爪螨发生动态与平均最高温度(X_1)和平均最低温度(X_2)呈极显著正相关, 与平均最低湿度(X_4)呈显著负相关性。处理5柑橘全爪螨发生动态与平均最低温度(X_2)、平均最高湿度(X_3)、平均最低湿度(X_4)和天气积分指数呈极显著负相关。处理6柑橘全爪螨发生动态与平均最高湿度(X_3)、平均最低湿度(X_4)和天气积分指数($F_{\text{综}}$)呈极显著负相关(表6)。

表6 生-化协同防治试验期间柑橘全爪螨发生动态与气象因子的相关性

处理方法	平均最高温度 (X_1)	平均最低温度 (X_2)	平均最高湿度 (X_3)	平均最低湿度 (X_4)	$F_{\text{综}}$	R^2
处理 1	-0.101 **	-0.127 **	-0.070 *	-0.027	-0.084 **	0.102
处理 2	-0.102 **	-0.113 **	-0.066 *	-0.05	-0.072 *	0.086
处理 3	0.113 **	0.243 **	0.054	-0.025	0.099 **	0.022
处理 4	0.113 **	0.178 **	0.013	-0.07 *	0.055	0.045
处理 5	-0.034	-0.302 **	-0.227 **	-0.250 **	-0.219 **	0.136
处理 6	0.106 **	-0.001	-0.119 **	-0.196 **	-0.096 **	0.069

注:“**”表示相关性极显著($p<0.01$),“*”表示相关性显著($p<0.05$).

3 结论与讨论

在泸州地区,通过初期施用化学农药降低柑橘全爪螨的虫口基数再释放胡瓜钝绥螨,发现120 d后防效仍大于80%^[13].本研究先施用阿维菌素,再释放捕食螨,对柑橘全爪螨的防效明显,且虫口减退率和校正防效最高为98%以上.在施药后第6 d释放捕食螨的效果最佳;生-化协同防治相较于单一化学或生物防治的持效期更长,可以减少化学农药的使用次数和使用量.并且化学防治的有效期7~10 d,而如施药后第38 d与施药后第48 d,处理5的防治效果明显高于其他处理,差异均具有统计学意义,可见生-化协同防治策略有效期约1.5月.在其他作物上也有类似研究,对草莓二斑叶螨进行生-化协同防治研究发现,智利小植绥螨对草莓二斑叶螨的防治时间最长,由生防区的智利小植绥螨的发生动态图可知,其速效性较差,但持效期长,近2月^[14].通过对花椒害虫的防治研究发现,综合释放异色瓢虫和捕食螨对花椒蚜虫和害螨的防治效果在3周后优于化学防治处理,说明天敌昆虫在害虫防治方面起到了至关重要的作用,化学药剂对害虫种群的防治有效期较短,不利于长期防控害虫^[15].通过利用智利小植绥螨防治西瓜二斑叶螨的研究发现,在二斑叶螨数量较少时,释放捕食螨的效果较好,螨的密度过大时效果不太理想,说明生物防治需要限定在一定的虫口密度下使用,所以前期可以利用化学农药将虫口密度降低,然后再释放捕食螨等天敌昆虫^[16],此项研究与本文所阐述的最优处理方案相吻合.在对苹果二斑叶螨的防治研究中,发现巴氏新小绥螨和高效低毒的农药协同使用时效果最好^[17].

通过柑橘全爪螨发生动态和气象因子相关性分析发现,处理1和处理2的柑橘全爪螨发生动态和平均最高温度(X_1)的相关性系数分别为-0.101和-0.102,均为极显著负相关;但经过化学农药处理的处理3、处理4、处理5、处理6,柑橘全爪螨发生动态和平均最高温度(X_1)的相关系数分别为0.113,0.113,-0.034和0.106,除处理5无明显相关性外,其余的处理均表现为极显著正相关.可见,柑橘全爪螨的发生动态和平均最高温度(X_1)有很强的相关性,且通过施用化学农药可以提高柑橘全爪螨种群对平均最高温度(X_1)的抗逆性.此现象可能是由于阿维菌素在真实的田间环境中受到了其他因素影响,导致了亚致死效应;阿维菌素的亚致死剂量对柑橘全爪螨当代有一定抑制作用,但是对后代有一定促进作用^[18];或是由于打药降低了微气候中的温度.

在处理5中,捕食螨释放时间适宜,柑橘全爪螨种群对各气象因子都较为敏感,且与综合气象因素(即 $F_{\text{综}}$)有极显著的负相关,说明在防治策略得当的情况下,柑橘全爪螨种群会在更大程度上受到环境的制约.在探究不同避雨栽培模式对葡萄病害防治效果的研究中,涉及微气

象条件对葡萄病害的影响,通过数据监测发现有避雨栽培措施的情况下,植株冠层的湿度更适宜葡萄的生长且可减少病害发生^[19]。关于微气候对害虫的影响研究较为匮乏。在释放捕食螨对吐鲁番温室黄瓜叶螨防效评价的研究中发现,斯氏顿绥螨和加州新小绥螨在高温低湿的吐鲁番地区释放效果最好,此项研究充分考虑了当地的气候环境,将吐鲁番地区的高温、低湿的特性考虑到生物防治策略中,结合气候因子和生物适应性的综合因素进行研究,达到了“因地制宜”的效果^[20]。斯氏钝绥螨的抗高温性的研究发现,其在高温处理数小时后,卵的孵化率仍然很高,说明在高温情况下对柑橘全爪螨等害虫的防治效果仍然明显;该研究通过PCR等分子技术进行基因筛选并测定了抗高温基因,此项研究同时也适合于极端气候频发的当下,在极端高温很可能成为常态的情况下,生物防治要充分考虑施用的生态环境以及未来能否培养出抗逆性较高的天敌等^[21]。

本研究还未涉及其他捕食螨种类或不同害螨螨态的被抑制率,可能其他捕食螨种类的释放时期会与本试验结论不同等。在释放多种捕食螨测试对不同害螨螨态的捕食率的试验中,发现捕食螨普遍喜欢卵。但对于处理效率而言,加州新小绥螨较为倾向若螨,而胡瓜顿绥螨倾向于卵^[22]。

综上所述,在防治柑橘全爪螨时,可考虑化学和生物防治的综合应用,达到延长防治时间、减少农药的使用量、减轻农民的负担且使农产品的品质更有保障的目的。

参考文献:

- [1] 汪昭军.潼南农业产业兴旺的经验启示[J].中国农村科技,2023(2): 54-56.
- [2] 曾令玲,何健.0.9%阿维菌素乳油防治柑橘全爪螨药效试验[J].植物医生,2009, 22(3): 30-32.
- [3] 冉春,张云飞,陈飞,等.柑橘全爪螨代谢抗性相关基因表达差异分析[J].果树学报,2013, 30(1): 22-27.
- [4] PAN D, XIA M H, LI CH ZH, et al. CYP₄CL₂ Confers Metabolic Resistance to Pyridaben in the Citrus Pest Mite *Panonychus citri*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2023, 71(49): 19465-19474.
- [5] PAN D, LUO Q J, REILLY A O O, et al. Mutations of Voltage-Gated Sodium Channel Contribute to Pyrethroid Resistance in *Panonychus citri*[J]. Insect Science, 2023 Aug 31. doi: 10.1111/1744-7917.13266.
- [6] KHAJEHALI J, SHAFIEI A E, GHADAMYARI M, et al. Acaricide Resistance in *Panonychus citri* and *P. ulmi* (Acari: Tetranychidae): Molecular Mechanisms and Management Implications[J]. Systematic and Applied Acarology, 2021(26): 1562-1542.
- [7] YU SH J, CONG L, LIU H Q, et al. Genetic Analysis and Screening of Detoxification-Related Genes in an Amitraz-Resistant Strain of *Panonychus citri*[J]. Bulletin of Entomological Research, 2020, 110(6): 743-755.
- [8] 阳廷密,蒋运宁,王明召,等.肥药混用对柑橘全爪螨的田间减量增效作用[J].农药,2020, 59(12): 921-924.
- [9] 徐学农,吕佳乐,王恩东.捕食螨在中国的研究与应用[J].中国植保导刊,2013, 33(10): 26-34.
- [10] 王莉,周贤文,付世军,等.巴氏新小绥螨对柑桔全爪螨的田间防效试验[J].中国南方果树,2021, 50(5): 21-25.
- [11] 裴强,冯春刚,陈力,等.巴氏钝绥螨防控柑橘全爪螨应用效果[J].中国植保导刊,2014, 34(11): 33-36.
- [12] 赵志模,周新远.生态学引论:害虫综合防治的理论及应用[M]:北京:科学技术文献出版社重庆分社,1984.
- [13] 赵戎,李春,陈伟,等.泸州地区柑橘主要病虫害防控措施与效果[J].中国植保导刊,2013, 33(9): 39-40.
- [14] 周晓肖,杨肖芳,李伟龙.草莓二斑叶螨生物防治与化学防治效果比较[J].浙江农业科学,2023, 64(12): 2926-2929.
- [15] 李佩洪,陈政,吴军,等.不同防治措施对花椒虫害防治效果的影响[J].四川农业科技,2023(3): 56-59.
- [16] 李金萍,孙贝贝,侯峥嵘,等.智利小植绥螨防治设施西瓜二斑叶螨的研究与应用[J].湖北农业科学,2022,

- 61(22): 62-65.
- [17] 洪影雪. 捕食螨与化学农药协同控制苹果害螨的技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2021.
- [18] 何恒果, 闫香慧, 王进军, 等. 甲氰菊酯和阿维菌素对柑橘全爪螨的亚致死效应[J]. 应用生态学报, 2016, 27(8): 2629-2635.
- [19] 杜飞, 朱书生, 王海宁, 等. 不同避雨栽培模式对葡萄主要病害的防治效果和植株冠层温湿度的影响 [J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2011, 26 (2): 177-184.
- [20] 郭小虎, 孜来布·玉苏阿洪, 美合日妮萨·穆萨, 等. 人工释放捕食螨对吐鲁番温室黄瓜叶螨的防效评价[J]. 新疆农业科技, 2021(4): 35-39.
- [21] 宋文斌. 斯氏钝绥螨小分子热激蛋白对高温胁迫的响应及功能分析[D]. 重庆: 西南大学, 2021.
- [22] QAYYOUM M A, SONG Z W, KHAN B S, et al. Selection of Suitable Predatory Mites Against, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) Using Relative Control Potential Metrics and Functional Response[J]. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 2021, 31(1): 143.

责任编辑 苏荣艳