

胡瓜钝绥螨及杀螨剂对青海高原设施花生二斑叶螨的防效

李秋荣¹, 侯璐¹, 邵海南², 刘雲祥¹, 刘思雨¹, 戚文荣^{1*} (1. 青海省农林科学院/农业农村部西宁作物有害生物科学观测实验站/青海省农业有害生物综合治理重点实验室, 青海西宁 810016; 2. 青海大学省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室, 青海西宁 810016)

摘要 为明晰捕食螨和杀螨剂对青海高原设施花生二斑叶螨(*Tetranychus urticae* Koch)的防效,以便给生产上治理二斑叶螨提供绿色、高效的技术方法,分别于2019和2020年在高海拔寒冷干旱地区设施花生上开展胡瓜钝绥螨(*Amblyseius cucumeris* (Oudemans))及5种杀螨剂对二斑叶螨的防治试验。结果表明,连续2年以375万头/hm²的密度释放胡瓜钝绥螨30 d后,对二斑叶螨的防效分别达66.78%、67.06%,与43%联苯腈酯悬浮剂无显著差异,而显著高于其他药剂同期防效。2019、2020年喷施43%联苯腈酯悬浮剂第3天防效分别高达87.95%~92.66%,药后7~21 d,防效分别在98.02%~92.54%、97.68%~90.98%,药后30 d,防效分别为63.66%、65.47%,该药剂速效性和持久性均较好;喷施22.4%螺虫乙酯悬浮剂后7~30 d的防效仅次于43%联苯腈酯悬浮剂,110 g/L乙螨唑悬浮剂的同期防效位列第三。因此,早期防治二斑叶螨,建议优先考虑释放捕食螨,而遇出口密度较大时,可轮流使用43%联苯腈酯悬浮剂、22.4%螺虫乙酯悬浮剂和110 g/L乙螨唑悬浮剂这3种杀螨剂。该研究为综合防治二斑叶螨提供了理论依据,对设施花生安全、高效生产具有重要意义。

关键词 设施花生;二斑叶螨;胡瓜钝绥螨;杀螨剂;青海高原

中图分类号 S433.7 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)23-0127-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.23.034



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Control Effect of *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) and Miticides against *Tetranychus urticae* Koch on Facility Peanuts in Qinghai Plateau

LI Qiu-rong¹, HOU Lu¹, SHAO Hai-nan² et al (1. Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Science/State Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pest in Xining, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Qinghai Provincial Key Laboratory of Integrated Management of Agricultural Pests, Xining, Qinghai 810016; 2. Qinghai University, State Key Laboratory of Plateau Ecology and Agriculture, Xining, Qinghai 810016)

Abstract In order to clarify the control effect of predators and miticides on *Tetranychus urticae* Koch of facility peanuts in Qinghai Plateau, provide a green and efficient technical method for the control of *T. urticae* in production, control experiments of *Amblyseius cucumeris* (oudemans) and five miticides against *T. urticae* were carried out on peanuts in high altitude, cold and arid area in 2019 and 2020. The results showed that the control effects on mites were 66.78% and 67.06% respectively, which after 30 days of releasing *A. cucumeris* at a density of 3 750 000 heads per 1 hm² for two years. There was no significant difference with bifenthrin 43% SC, however, it was significantly higher than that of other miticides. The control effect were 87.95%~92.66% on the third day after spraying bifenthrin 43% SC, then 98.02%~92.54% and 97.68%~90.98% from 7 days to 21 days after treatment, they were 63.66% and 65.47% after 30 days in 2019 and 2020, respectively. Bifenazate 43% SC showed better fast-acting property and sustained effect. The control effects of 7 to 30 days after spraying spirotetramat 22.4% SC was second to that of bifenthrin 43% SC, and etoxazole 110 g/L SC thirdly. Therefore, the release of predatory mites should be given priority in the early control of *T. urticae*. When its population density was higher, bifenthrin 43% SC, spirotetramat 22.4% SC and etoxazole 110 g/L SC could be used in turn. This study provides a theoretical basis for comprehensive control of *T. urticae* in facility peanuts, and is of great significance for safe and efficient production of facility peanuts.

Key words Facility peanuts; *Tetranychus urticae*; *Amblyseius cucumeris*; Miticides; Qinghai plateau

花生是我国重要的油料作物和经济作物,也是优势特色作物之一,原产于南美大陆,在我国已有500年的栽培历史。世界花生主产国有中国、印度、美国、印度尼西亚、塞内加尔、苏丹、尼日利亚、扎伊尔和阿根廷等,中国和印度的花生产量分列世界前2位。我国的花生主要分布于山东、河北、河南、辽宁、江苏、福建、广东、广西、贵州、四川等地。由于花生对种植环境和技术要求较高,而青海地处寒冷、干旱的高海拔地区,因此,在高原种植花生需要良好的设施条件和成熟的技术保障。近几年,青海的花生种植面积逐步扩大,已筛选出3个适宜在高原温室种植的花生品种——白沙、海红和千斤王^[1],设施春、夏花生均可栽培创出高产田,青海共和县温室内鲜果产量达16 500 kg/hm²^[2]。二斑叶螨(*Tetranychus urticae* Koch)属于蛛形纲蜱螨目叶螨属,是设施花生害虫的

优势种,其寄主有苹果、大豆、花生、玉米和棉花等200多种。二斑叶螨的成螨、若螨均可造成危害,主要在叶片背面、嫩茎和芽等部位取食,刺穿细胞,吸取汁液,受害叶片先从近叶柄的主脉两侧出现白色斑点,进而变成灰白至暗褐色,光合作用受阻,严重时造成花生叶片焦枯、提早脱落。长期以来,生产中防治害螨主要采用化学药剂,产生抗药性、再猖獗及农药残留即“3R”问题。随着经济、生活水平的不断提高,人们更加注重农产品品质和安全,进一步凸显了病虫害绿色防控技术的重要性。

捕食螨是一类具有捕食作用的螨类,可捕食叶螨、粉螨、瘿螨、跗线螨、蓟马、粉虱等多种小型害螨和害虫^[3-9],捕食能力强、应用范围广、一些品种易规模化生产等特点奠定了其作为小型害螨重要生物防治物的优势地位。近年来,胡瓜钝绥螨[*Amblyseius cucumeris* (Oudemans)]、智利小植绥螨(*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)、瑞氏钝绥螨[*Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot)]和巴氏钝绥螨[*Amblyseius barkeri* (Hughes)]、胡瓜新小绥螨(*Neoseiulus cucumeris* Oudemans)和巴氏新小绥螨(*Neoseiulus barkeri* Hughes)得到广泛

基金项目 青海省科技厅重点研发与转化项目(2018-NK-127);青海省农业有害生物综合治理重点实验室(2022-ZJ-Y10)。

作者简介 李秋荣(1981—),女,山东聊城人,副研究员,从事有害生物综合治理研究。*通信作者,研究员,从事设施作物栽培与病虫害综合治理研究。

收稿日期 2022-01-19

的关注与应用^[10-16],而未见有关利用捕食螨防治高原寒旱地区设施作物害螨的研究。

笔者通过开展胡瓜钝绥螨和5种杀螨剂对设施花生二斑叶螨的防效研究,比较胡瓜钝绥螨以及杀螨剂的防治效果,为高原寒旱区设施花生害螨的安全防控提供基础,有利于花生在青海的科学种植和绿色发展。

1 材料与方

1.1 试验材料 胡瓜钝绥螨 [*Amblyseius cucumeris* (Oudemans)] (2 500 头/袋),福建艳璇生物防治技术有限公司;20%哒螨灵可湿性粉剂,江西中迅农化有限公司;110 g/L 乙螨唑悬浮剂,山东省淄博美田农药有限公司;43%联苯肼酯悬浮剂,江西欧美生物科技有限公司;10%阿维·哒螨灵乳油(哒螨灵 9.8%,阿维菌素 0.2%),山东省绿士农药有限公司;22.4%螺虫乙酯悬浮剂,拜耳股份公司。

1.2 试验地概况 试验地点在西宁市城北区宁大路青海省农林科学院设施温室,海拔 2 310 m,位于 101°44'53"E、36°43'20"N,属大陆性高原半寒温、干旱性气候,年均日照时长 1 939.7 h,年均降水量 330~380 mm,年均气温 7.6 °C,昼夜温差大。试验地土质为栗钙土,土壤肥沃,肥力均匀,灌水条件良好,土壤 pH 7.8。供试花生分别于 2019 年 4 月、2020 年 4 月在温室内起垄,垄宽 0.80 m,垄沟 0.30 m,垄高 0.20 m,覆地;采用人工穴播,双行种植,行距 0.40 m,穴距 0.20~0.25 m,穴深 3~4 cm,每穴播 2~3 粒种子,75 000~90 000 穴/hm²,温室种植面积约 670 m²,试验开展期间花生处于花期。田间调查发现,花生上的优势害螨种群为二斑叶螨 (*Tetranychus urticae* Koch)。

1.3 试验设计 分别设置生防区(释放胡瓜钝绥螨)、化防区(喷施 5 种杀螨剂)和空白对照区(喷施清水),共 7 个处理,每处理 3 个重复,每重复为 1 个小区,每小区 30 m²,共 21 个小区,各处理间设置无纺布,防止捕食螨、害螨在不同小区间活动,所有处理在同一温室内,且种植品种、水肥管理水平均一致。

选择晴天在生防区将袋装胡瓜钝绥螨连同麦麸均匀撒施到花生叶片上,在化防区分别喷施 20%哒螨灵可湿性粉剂、110 g/L 乙螨唑悬浮剂、43%联苯肼酯悬浮剂、22.4%螺虫乙酯悬浮剂和 10%阿维·哒螨灵乳油(使用浓度见表 1),在对照区喷施清水。用利农牌 HD 400 背负式喷雾器(新加坡利农私人有限公司生产),按照常规喷雾方法均匀喷施至花生叶片正、反面,以叶片有少量滴液为宜,药液用量 450 L/hm²,试验期间未喷施任何其他药剂。

1.4 调查方法与计算 分别在防治前及防治后第 3、7、14、21 和 30 天调查害螨虫口密度。采取随机 5 点取样法,每点调查 10 株,每株每次从上、中、下部各选择 2 个叶片统计害螨数量。

分别按照式(1)、(2)计算各处理及对照的虫口减退率和校正防治效果^[16-17]。

$$DR = \frac{(N_1 - N_2)}{N_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中,DR 为虫口减退率(%), N_1 为处理前害螨数(头), N_2 为处理后害螨数(头)。

$$CE = \frac{(DR_1 - DR_2)}{(1 - DR_2)} \times 100\% \quad (2)$$

式中,CE 为校正防治效果(%), DR_1 为处理区虫口减退率(%), DR_2 为对照区虫口减退率(%)。

表 1 捕食螨和杀螨剂用量

Table 1 Dosage of predator mites and miticides

编号 No.	处理 Treatment	稀释倍数 Dilution ratio	捕食螨/杀 螨剂用量 Dosage of predator mites miticides	有效成分 质量浓度 Mass concen- tration of effective constituent mg/kg
①	胡瓜钝绥螨 <i>A.cucumeris</i>	—	375 万头/hm ²	—
②	20%哒螨灵可湿性粉剂 Pyridaben 20% WP	4 000	250.00 mg/L	50.00
③	110 g/L 乙螨唑悬浮剂 Etoxazole 110 g/L SC	6 000	167.00 mg/L	18.37
④	43%联苯肼酯悬浮剂 Bifenazate 43% SC	5 000	200.00 mg/L	86.00
⑤	22.4%螺虫乙酯悬浮剂 Spirotetramat 22.4% SC	4 000	250.00 mg/L	56.00
⑥	10%阿维·哒螨灵乳油 Pyridaben 10% EC	3 000	330.00 mg/L	33.00
⑦	对照(CK)	—	—	—

1.5 安全性调查 在试验过程中,观察喷施杀螨剂的花生是否发生药害症状或出现其他异常现象。

1.6 数据处理 采用 SPSS 21.0 数据处理软件,将校正药效统计结果用 Duncan's 新复极差法作多重比较,分析各处理防效间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 防治前虫口基数 处理前的虫口基数调查结果(表 2)表明,同一年内生防区、化防区和对照区的花生二斑叶螨发生程度差别不明显,属于中度危害,需仔细观察才能发现成螨、若螨及其危害症状。

表 2 处理前花生二斑叶螨成若螨虫口基数

Table 2 Population cardinality of *T.urticae* adults and nymph before treatment in peanuts

编号 No.	处理 Treatment	处理前虫口基数 Population cardinality before treatment//头/株	
		2019 年	2020 年
①	胡瓜钝绥螨 <i>A.cucumeris</i>	27.00	18.67
②	20%哒螨灵可湿性粉剂 Pyridaben 20% WP	30.33	19.00
③	110 g/L 乙螨唑悬浮剂 Etoxazole 110 g/L SC	32.00	21.00
④	43%联苯肼酯悬浮剂 Bifenazate 43% SC	22.67	24.00
⑤	22.4%螺虫乙酯悬浮剂 Spirodiclofen 22.4% SC	21.33	27.67
⑥	10%阿维·哒螨灵乳油 Pyridaben 10% EC	29.00	24.33
⑦	对照(CK)	25.00	28.00

2.2 防效分析 分别于 2019、2020 年在设施花生上释放胡

瓜钝绥螨和喷施不同杀螨剂防治二斑叶螨,其防治效果见表 3、4。由表 3、4 可知,释放胡瓜钝绥螨的生防区花生害螨随着时间推移,防治效果逐渐提高,2019 年处理 21、30 d 防效

分别达 59.72%、66.78%,2020 年分别为 61.98%、67.06%,处理 30 d 的防效与同期联苯肼酯防效 63.66%(2019 年)和 65.47%(2020 年)相当,显著高于其他 4 种杀螨剂。

表 3 捕食螨及 5 种杀螨剂对花生二斑叶螨的防治效果(2019 年)

Table 3 Effects of predator mites and miticides on *T.urticae* (2019)

处理 Treatment	稀释倍数 Dilution ratio	校正防效 Correction control effect // %				
		处理 3 d 3 d after treatment	处理 7 d 7 d after treatment	处理 14 d 14 d after treatment	处理 21 d 21 d after treatment	处理 30 d 30 d after treatment
胡瓜钝绥螨 <i>A.cucumeris</i>	—	20.09±2.33 e	33.57±2.48 d	52.82±2.18 e	59.72±2.27 f	66.78±2.63 a
哒螨灵 Pyridaben	4 000	62.35±2.04 b	76.77±2.13 c	68.92±2.05 d	75.00±2.38 d	41.12±2.15 d
乙螨唑 Etoxazole	6 000	39.27±2.37 d	85.61±1.95 b	83.61±2.09 c	80.47±2.71 c	58.96±2.16 c
联苯肼酯 Bifenazate	5 000	93.84±1.86 a	98.02±1.43 a	96.52±2.10 a	92.54±2.20 a	63.66±3.53 ab
螺虫乙酯 Spirodiclofen	4 000	45.19±1.94 c	88.76±2.22 b	91.82±1.75 b	86.17±2.41 b	61.45±1.95 b
阿维·哒螨灵 Abamectin·Pyridaben	3 000	56.31±1.90 b	75.22±3.29 c	70.41±2.29 d	66.53±2.50 e	57.95±2.41 c
对照(CK)	—	—	—	—	—	—

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column showed significant difference between different treatments at 0.05 level

表 4 捕食螨及 5 种杀螨剂对花生二斑叶螨的防治效果(2020 年)

Table 4 Effects of predator mites and miticides on *T.urticae* (2020)

处理 Treatment	稀释倍数 Dilution ratio	校正防效 Correction control effect // %				
		处理 3 d 3 d after treatment	处理 7 d 7 d after treatment	处理 14 d 14 d after treatment	处理 21 d 21 d after treatment	处理 30 d 30 d after treatment
胡瓜钝绥螨 <i>A.cucumeris</i>	—	22.98±1.31 f	38.25±1.86 e	53.31±1.94 e	61.98±2.01 e	67.06±1.65 a
哒螨灵 Pyridaben	4 000	65.22±1.59 b	76.29±1.60 d	70.79±1.99 d	73.15±2.54 d	43.65±2.33 d
乙螨唑 Etoxazole	6 000	37.51±1.56 e	84.86±2.43 c	84.69±2.47 c	78.63±2.39 c	59.70±2.07 c
联苯肼酯 Bifenazate	5 000	92.66±3.21 a	97.68±3.16 a	96.30±2.16 a	90.98±1.83 a	65.47±2.36 a
螺虫乙酯 Spirodiclofen	4 000	48.14±2.11 d	89.37±1.83 b	90.87±2.93 b	83.90±1.70 b	60.58±1.91 b
阿维·哒螨灵 Abamectin·Pyridaben	3 000	58.41±1.62 c	76.39±1.49 d	72.58±2.38 d	69.98±2.28 d	58.66±1.67 c
对照(CK)	—	—	—	—	—	—

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column showed significant difference between different treatments at 0.05 level

在连续 2 年防治设施花生二斑叶螨的药效试验中,联苯肼酯表现的速效性最好,2019、2020 年药后 3 d 防效分别达 93.84%、92.66%,均显著高于其他 4 种杀螨剂;该药剂在处理同期(3~21 d)均表现出最佳防效,药后 7 d,防治效果分别高达 98.02%、97.68%,药后 30 d,该药剂 2 年的防效分别为 63.66%、65.47%,与胡瓜钝绥螨防治效果相当,均显著高于其他 4 种杀螨剂。

哒螨灵处理后 3 d,2019、2020 年防效分别为 62.35%、65.22%,差异显著性分析结果表明,连续 2 年药后 3 d 防效均低于联苯肼酯,而高于乙螨唑和螺虫乙酯,2019 年处理后 3 d,哒螨灵与阿维·哒螨灵对二斑叶螨的防效不存在显著差异,而 2020 年前者防效显著高于后者;哒螨灵处理后 7~21 d,2 年的防效分别达 68.92%~76.77%、70.79%~76.29%,同期防效均显著高于胡瓜钝绥螨,而显著低于联苯肼酯、乙螨唑和螺虫乙酯;2 年处理后 7、14 d,哒螨灵与阿维·哒螨灵的防效均不存在显著差异,2019 年处理后 21 d,哒螨灵的防效显著高于阿维·哒螨灵,2020 年二者间无显著差异;2 年处理后 30 d,哒螨灵的防效分别为 41.12%、43.65%,2 年均表现为显著低于其他 4 种杀螨剂和胡瓜钝绥螨。总体比较,阿维·哒螨灵与哒螨灵的速效性和持效性相当,均不如联苯肼酯。

2019、2020 年,螺虫乙酯药后 3 d 防效分别为 45.19%、

48.14%,速效性较差;药后 7~21 d,2019 年螺虫乙酯防效为 86.17%~91.82%,2020 年该药剂防效为 83.90%~90.87%,均显著高于乙螨唑、哒螨灵和阿维·哒螨灵;药后 30 d,螺虫乙酯 2 年的防效分别是 61.45%、60.58%,持效性仅次于联苯肼酯。

乙螨唑处理后 3 d,2 年防效分别为 39.27%和 37.51%,在 4 种杀螨剂中速效性最差;药后 7 d,2 年乙螨唑的防效分别为 85.61%、84.86%,均显著低于联苯肼酯,显著高于哒螨灵及阿维·哒螨灵,2019 年与螺虫乙酯防效无显著差异,而 2020 年显著低于螺虫乙酯,连续 2 年药后 14、21、30 d 防效均显著低于螺虫乙酯。

综上所述,在温室内释放捕食螨 21 d 内,胡瓜钝绥螨对花生二斑叶螨的防治效果明显低于其余 5 种杀螨剂,但随着捕食螨种群不断扩大,它们对害螨的控制力逐渐增强,防治效果亦随之提高;2 年的试验结果表明,1 hm² 释放 375 万头胡瓜钝绥螨对花生二斑叶螨的防效在处理 30 d 与持效性最好的杀螨剂联苯肼酯持平,且防效明显高于其他 4 种杀螨剂。该试验使用的 5 种杀螨剂中,联苯肼酯的速效性和持效性均最佳,螺虫乙酯的防效次之,乙螨唑再次之,哒螨灵、阿维·哒螨灵的防效相对较低。

2.3 杀螨剂对花生的安全性 观察、比较不同杀螨剂处理后

花生茎、叶、花、果实及根系等各部位的生长状态,未发现药害症状,说明该试验所采用的药剂处理均不会对花生产生不良影响。

3 结论与讨论

利用胡瓜钝绥螨防治害螨,在设施草莓上使用较为普遍^[16-21],在柑橘、苹果、梨和甜樱桃等果园有一定应用^[22-27],此外,还应用在设施茄子上^[28],而目前尚未见在花生上释放捕食螨防治害螨的报道。该试验释放胡瓜钝绥螨防治青海高原设施花生上的二斑叶螨,短时间内效果不明显,在释放30 d后,防效达67.06%,与持效性最好的杀螨剂联苯肼酯表现出相近的防治效果。

20世纪末至21世纪初,利用药剂防治花生二斑叶螨的报道较多^[29-32],而近十几年鲜有此方面研究^[17,33],学者们将侧重点转移到二斑叶螨对花生、菜豆等寄主植物的选择适应性及寄主植物对该螨的生长发育影响方面^[34-37]。

王新会等^[17]选取7种常用杀螨剂对花生二斑叶螨和朱砂叶螨进行室内毒力和盆栽药效测定,结果显示,螺虫乙酯对二斑叶螨成螨的毒力最高,哒螨灵、联苯肼酯、阿维菌素的毒力次之,螺螨酯对成螨的毒力最低;防治盆栽花生上的二斑叶螨,43%联苯肼酯悬浮剂、22.4%螺虫乙酯悬浮剂和110 g/L乙螨唑悬浮剂4 000倍药液,药后7 d对二斑叶螨的防效达84.27%~100.00%,药后14 d为83.33%~99.58%,显著高于15%哒螨灵乳油、3.2%阿维菌素乳油和10%虫螨腈悬浮剂。该研究所用5种杀螨剂,其中,43%联苯肼酯悬浮剂5 000倍液、22.4%螺虫乙酯4 000倍液和110 g/L乙螨唑悬浮剂6 000倍液对设施花生二斑叶螨的防治效果,2019年药后7 d达85.61%~98.02%,药后14 d为83.61%~96.52%,2020年药后7 d达84.86%~97.68%,药后14 d为84.69%~96.30%,这3种杀螨剂对二斑叶螨的防效均显著高于20%哒螨灵可湿性粉剂和10%阿维·哒螨灵乳油。

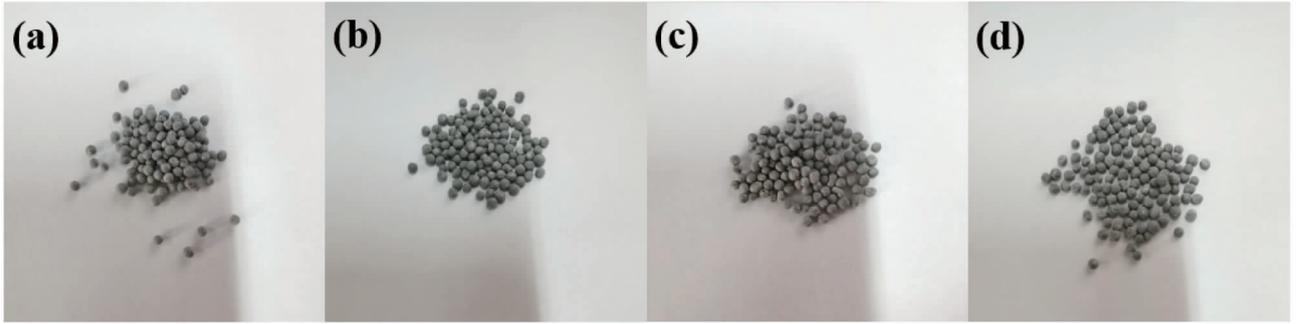
通过抗药性监测发现,二斑叶螨北京密云、山东潍坊、海南三亚、湖南长沙、北京通州、北京海淀、山西运城和山东泰安这8个田间种群已对阿维菌素产生了抗药性^[38];黑龙江哈尔滨、北京密云、北京顺义、北京昌平、北京海淀、浙江宁波和海南吉阳等二斑叶螨的7个田间种群对11种杀螨剂的抗药性监测结果表明,7个测试种群均对阿维菌素表现为高或极高水平抗性,对哒螨灵、联苯菊酯和丙溴磷表现为低抗,对乙唑螨腈和乙基多杀菌素表现为敏感度下降或敏感水平,除个别地理种群外,大部分二斑叶螨种群对联苯肼酯、丁氟螨酯、乙唑螨腈和腈吡螨酯等药剂表现为低抗或中抗^[39]。

螺虫乙酯属季酮酸类化合物,具有独特的双向内吸传导性能;联苯肼酯属联苯肼类化合物,为一种新型氨基甲酸酯类专性杀螨剂,非内吸性,作用于螨类中枢神经传导系统的 γ -氨基丁酸受体,主要用于防治活动期害螨,速效性好,且与现有杀螨剂无交互抗性^[40],建议在虫口基数较大时,使用联苯肼酯,以尽快压低虫口密度;乙螨唑属于二苯基恶唑啉衍生物,主要通过抑制几丁质的合成,阻碍螨卵的胚胎形成以及幼螨到成螨的蜕皮过程,能有效防治卵、幼螨和若螨。这3

种杀螨剂的类别不同,作用机制亦不同,且它们的持效期均较长,可交替轮换使用。因此,推荐在花生二斑叶螨发生早期,优先使用胡瓜钝绥螨等捕食螨进行防治,遇害螨虫口密度较大时,先使用上述3种杀螨剂中的一种,药后7~10 d再释放捕食螨,以达到减少农药使用量、降低农药残留的目的。

参考文献

- [1] 咸文荣,马永强,来有鹏,等.青海高原温室花生引种试验[J].安徽农业科学,2019,47(20):34-36.
- [2] 王树林.青海高原设施花生高效栽培技术[M].西宁:青海人民出版社,2020.
- [3] 周铁锋,石春华,余继忠,等.胡瓜钝绥螨对茶橙瘿螨田间防效评价[J].浙江农业科学,2011,52(5):1114-1116.
- [4] 李茂海.胡瓜钝绥螨与海氏浆角蚜小蜂对烟粉虱联合控害及集团互作研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2017.
- [5] 余清,罗春萍,陈斌,等.胡瓜钝绥螨和斯氏钝绥螨对温室烟草上烟粉虱的控制作用研究[J].云南农业大学学报(自然科学),2017,32(1):36-43.
- [6] 郑苑,宋子伟,张宝鑫,等.斯氏钝绥螨取食三种替代猎物的实验种群生命表[J].应用昆虫学报,2019,56(4):744-749.
- [7] 郑丽日,陈俊谕,王康权,等.胡瓜钝绥螨捕食茶黄蓟马实验种群生命表研究[J].广东农业科学,2019,46(6):93-98.
- [8] 林莉,郭超,韩群鑫,等.胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的捕食效能初步研究[J].环境昆虫学报,2020,42(6):1482-1487.
- [9] 樊斌琦.利用胡瓜钝绥螨防治刘氏短须螨的防治试验[J].中国森林病虫,2016,35(6):47-48.
- [10] ESCUDERO L A, FERRAGUT F. Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mites species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) [J]. Biological control, 2005, 32(3): 378-384.
- [11] 王利平. 瑞氏钝绥螨人工饲养及其对朱砂叶螨的捕食作用 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [12] 张艳璇, 张公前, 季洁, 等. 胡瓜钝绥螨对日光大棚茄子上烟粉虱的控制作用 [J]. 生物安全学报, 2011, 20(2): 132-140.
- [13] MIGEON A, NOUGUIER E, DORKELD F. Spider Mites Web: A comprehensive database for the Tetranychidae [C] // SABELIS M W, BRUIN J. Trends in acarology. Proceedings of the 12th international congress. Dordrecht, Nether lands; Springer, 2010: 557-560.
- [14] 刘平, 尚素琴, 张新虎. 9种常用杀螨剂对巴氏新小绥螨和二斑叶螨的毒力及毒力选择性研究 [J]. 植物保护, 2014, 40(5): 181-184, 202.
- [15] 尚素琴, 刘平, 陈耀年, 等. 巴氏新小绥螨对二斑叶螨的捕食功能及控制潜力研究 [J]. 植物保护, 2017, 43(3): 118-121, 159.
- [16] 孙军辉, 辛杰, 韩秀楠, 等. 4种捕食螨对高海拔冷凉区冬季温室草莓红蜘蛛的防治效果 [J]. 林业科技通讯, 2019(5): 42-44.
- [17] 王新会, 李兆鹏, 武立强, 等. 七种药剂对两种花生叶螨的室内毒力和盆栽药效测定 [J]. 花生学报, 2019, 48(1): 15-20.
- [18] 邱晓红, 熊凯凡, 陈雅婷, 等. 胡瓜钝绥螨防治二斑叶螨的效果和对草莓品质的影响 [J]. 中国植保导刊, 2018, 38(8): 51-54.
- [19] 徐吉洋, 周延安, 李冬雪, 等. 胡瓜钝绥螨对大棚草莓二斑叶螨的防效初探 [J]. 浙江农业科学, 2018, 59(9): 1550-1553.
- [20] 方帆, 金文娟, 黄华, 等. 释放胡瓜钝绥螨对大棚草莓二斑叶螨种群数量的影响 [J]. 浙江农业科学, 2018, 59(9): 1538-1539.
- [21] 李戎, 葛钊宇, 刘星, 等. 三种捕食螨对温室草莓二斑叶螨的防治效果 [J]. 南方农业, 2020, 14(25): 15-19.
- [22] 李美, 符悦冠. 胡瓜钝绥螨研究进展 [J]. 华南热带农业大学学报, 2006(4): 32-38.
- [23] 张艳璇, 王福堂, 季洁, 等. 胡瓜钝绥螨对香梨害螨控制作用的评价及其应用策略 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(3): 518-524.
- [24] 刘晋, 吴蓓蓓, 杨艳, 等. 胡瓜钝绥螨控制柑橘红蜘蛛药效初报 [J]. 耕作与栽培, 2007(4): 46-47.
- [25] 欧阳传禄. 夏季柑橘园释放胡瓜钝绥螨防治红蜘蛛的田间防效评价 [J]. 基层农技推广, 2017, 5(11): 50-51.
- [26] 贾勇. 巴氏钝绥螨和胡瓜钝绥螨控制柑桔害螨对比试验 [J]. 四川农业科技, 2018(4): 33-34.
- [27] 马永强, 李秋荣. 胡瓜钝绥螨对温室甜樱桃二斑叶螨的防治效果 [J]. 青海科技, 2019, 26(5): 13-15.
- [28] 宣丽霞, 胡敏, 王丽梅. 不同密度捕食螨对日光温室茄子红蜘蛛防控效果 [J]. 农业科技与信息, 2020(23): 32-33, 36.



注:(a)和(b)分别为二十烷负载量为90%时抽吸前后的照片;(c)和(d)分别为二十烷负载量为95%时抽吸前后的照片

Note:(a)and(b)were the pictures of EI with the loading of 90% before and after smoking;(c)and(d)were the pictures of EI with the loading of 95% before and after smoking

图7 不同负载量的复合相变材料抽吸前后的比较

Fig.7 The comparison of composite phase change materials with different EI loading before and after smoking

3 结论

该研究通过毛细作用将 EI 填充于 rGO 表面褶皱和内部孔洞中,制备 EI/rGO 复合相变材料。结果表明:①复合相变材料的熔融温度随着 EI 负载量的增加略有升高,熔融相变焓也随 EI 负载量的增加而增大,且具有较高的相变潜热;②复合相变材料的结晶度较纯 EI 有所降低,但没有发生化学反应生成新的物质,当 EI 负载量为 95% 时达到吸附饱和;③在烟支降温段中添加复合相变材料可以将烟气最高温度由 54 ℃ 降至 40 ℃ 以下,负载量 95% 的 EI/rGO 复合相变材料表现出更优异的降温效果,且该复合相变材料对烟气的截留量低于 9 mg,抽吸后无渗漏现象。综上可知,二十烷/还原氧化石墨烯复合相变材料是一种理想的加热卷烟烟气降温材料。

参考文献

- [1] COZZANI V, BARONTINI F, MCGRATH T, et al. An experimental investigation into the operation of an electrically heated tobacco system[J/OL]. *Thermochimica acta*, 2020, 684[2021-06-25]. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2019.178475>.
- [2] 郭新月, 杨占平, 宋晓梅, 等. 加热不燃烧卷烟烟气降温技术研究进展[J]. *中国烟草学报*, 2020, 26(3): 24-32.
- [3] 杨继, 杨帅, 段沅杏, 等. 加热不燃烧卷烟烟草材料的热分析研究[J]. *中国烟草学报*, 2015, 21(6): 7-13.
- [4] 王乐, 韩敬美, 张明建, 等. 电加热卷烟烟气关键成分在滤嘴中的截留规律[J]. *烟草科技*, 2020, 53(11): 69-75.
- [5] 陈浩, 蔡超, 陈胜, 等. 加热不燃烧卷烟复合滤嘴的烟气释放特性研究[J]. *轻工科技*, 2020, 36(11): 1-5.
- [6] 王东岳, 雷萍, 杨仁裕, 等. 加热不燃烧卷烟降温材料用聚乳酸及其复合物的性能[J]. *高分子材料科学与工程*, 2020, 36(4): 21-28.
- [7] 雷萍, 汤建国, 尚善斋, 等. 一种用于加热不燃烧型卷烟的可降解降温段材料: CN201711361195.2[P]. 2020-08-04.

- [8] 陈秋平, 谢国勇, 罗玮, 等. 二十烷/膨胀石墨复合相变材料的制备及其对卷烟滤嘴温度的调控[J]. *烟草科技*, 2017, 50(3): 65-72.
- [9] 李云涛, 晏华, 汪宏涛, 等. 二十烷/膨胀石墨复合相变材料的制备与表征[J]. *功能材料*, 2016, 47(11): 11081-11086.
- [10] FARID M M, KHUDHAIR A M, RAZACK S A K, et al. A review on phase change energy storage: Materials and applications[J]. *Energy conversion and management*, 2004, 45(9/10): 1597-1615.
- [11] 张磊, 聚乙二醇基复合储热材料的制备、性能及其相变传热过程研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.
- [12] 李毅妮, 王韶旭, 张施慧. 二十烷@二氧化硅复合相变储能材料的热化学性能[J]. *大连交通大学学报*, 2014, 35(S1): 161-165.
- [13] 郭新月, 杨占平, 宋晓梅, 等. 正二十烷/醋酸纤维素相变过滤材料的制备及其性能[J]. *纺织学报*, 2019, 40(9): 15-21.
- [14] 王伟, 戴鹏, 石莹, 等. 正二十烷相变砂浆的制备及隔热性能研究[C]// 第六届全国特种混凝土技术(高性能混凝土专题)交流会暨中国土木工程学会混凝土质量专业委员会 2015 年年会论文集. [出版地不详]: [出版者不详], 2015: 278-283.
- [15] 王崇云, 王维, 冯利利, 等. 正二十烷与膨胀石墨共改性三水合醋酸钠相变材料储热性能[J]. *复合材料学报*, 2014, 31(3): 824-829.
- [16] 龙震, 何明宏, 艾顺, 等. 无尘纸@还原氧化石墨烯/聚胺胺复合材料的制备及性能[J]. *武汉工程大学学报*, 2020, 42(5): 535-539.
- [17] 徐颜军, 徐泽海, 孟琴, 等. 新型还原氧化石墨烯/氮化碳复合纳滤膜制备及其性能[J]. *化工学报*, 2019, 70(9): 3565-3572, 3621.
- [18] 李成磊, 郑玉婴, 王振祥. 原位聚合制备还原氧化石墨烯/热塑性聚氨酯复合材料及性能[J]. *化学工程与装备*, 2020(5): 3-8, 11.
- [19] 黎春燕. 氧化还原法石墨烯制备与储能应用[J]. *造纸装备及材料*, 2020, 49(3): 131-132.
- [20] 刘军凯, 安莲英. 化学还原氧化石墨烯制备石墨烯实验条件探索研究[J]. *应用化工*, 2019, 48(12): 2864-2866.
- [21] 曹乃珍, 沈万慈, 温诗铸, 等. 膨胀石墨制备及微孔结构相关性研究[J]. *材料科学与工艺*, 1997, 5(2): 121-123.
- [22] 王志鹏, 刘彦坚, 吕克宇, 等. 还原氧化石墨烯的制备及其对聚酰胺亚胺薄膜拉伸性能的影响[J]. *化学工程师*, 2020, 34(11): 1-4, 29.
- [23] 周顺, 王孝峰, 何庆, 等. 烟草及烟草制品燃烧 & 热解检测分析技术研究进展[J]. *中国烟草学报*, 2017, 23(2): 130-142.

(上接第 130 页)

- [29] 刘升基. 花生田二斑叶螨的发生与防治[J]. *山东农业科学*, 1996, 28(3): 38.
- [30] 邱名榜, 王元庆, 程玉琴, 等. 1.8%阿巴丁乳油防治二斑叶螨试验初报[J]. *植物检疫*, 1998, 12(3): 156-158.
- [31] 王福祥, 刘安枫, 刘春梅. 花生二斑叶螨的发生及防治对策[J]. *中国农技推广*, 2000(2): 42.
- [32] 石鸿文, 余伦友. 花生二斑叶螨的发生与防治[J]. *植物医生*, 2002, 15(4): 11.
- [33] 侯启昌, 杨凤威, 钟英. 利用两种中草药的有效成分防治二斑叶螨的实验研究[J]. *河南林业科技*, 2017, 37(2): 8-9, 28.
- [34] 耿书宝, 陈汉杰, 张金勇, 等. 二斑叶螨对几种植物的选择性观察[J].

- [35] 果树学报, 2014, 31(5): 917-921.
- [36] 徐丹丹, 王玲, 刘小园, 等. 二斑叶螨在菜豆和花生上的生长发育比较[J]. *长江蔬菜*, 2017(16): 68-71.
- [37] 武立强, 马凯悦, 王新会, 等. 两种叶螨对花生等寄主植物的选择适应性研究[J]. *花生学报*, 2017, 46(1): 38-43.
- [38] 刘晓虹, 聂海静, 徐家连, 等. 不同载体植物对二斑叶螨-深点食螨瓢虫生长发育和繁殖的影响[J]. *应用昆虫学报*, 2019, 56(1): 135-141.
- [39] 刘顺聪, 王玲, 张友军, 等. 二斑叶螨田间种群对阿维菌素的抗性及其抗性相关基因表达分析[J]. *昆虫学报*, 2016, 59(11): 1199-1205.
- [40] 徐丹丹, 王少丽, 何艳艳, 等. 我国二斑叶螨抗药性现状及抗性基因突变频率检测[J]. *中国瓜菜*, 2019, 32(8): 155-156.
- [41] 官亚军, 石宝才, 王泽华, 等. 新型杀螨剂——联苯腈酯对二斑叶螨的毒力测定及田间防效[J]. *农药*, 2013, 52(3): 225-227, 233.