



戴爱梅, 丁志梅, 张海军, 陈先荣, 戴秋萍. 印楝素与脂肪酸甲酯联合使用对豆蚜的防治效果 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (5): 1301–1307.

印楝素与脂肪酸甲酯联合使用对豆蚜的防治效果

戴爱梅¹, 丁志梅¹, 张海军², 陈先荣^{3*}, 戴秋萍², 陆永跃⁴

(1. 博尔塔拉蒙古自治州农业技术推广中心, 新疆博乐 833400; 2. 新疆温泉县气象局, 新疆温泉 833505;
3. 新疆农业职业技术学院, 新疆昌吉 831100; 4. 华南农业大学植物保护学院, 广州 510642)

摘要: 本文对新疆博州豇豆豆蚜 *Aphis craccivora* (Koch) 田间消长规律进行调查, 研究了 0.3% 印楝素与脂肪酸甲酯喷雾助剂联合对豆蚜的防治效果, 并对豆蚜天敌消退率进行了调查。结果表明, 在博州, 豆蚜以卵在苦豆子和苜蓿上越冬, 3 月下旬至 4 月初开始孵化, 5 月上中旬出现有翅蚜在杂草上繁殖蔓延, 5 月中旬开始迁入棉花上危害, 6 月中旬陆续迁入豇豆上危害, 7 月上中旬在豇豆上达到危害高峰时期, 7 月中下旬慢慢迁入苜蓿地, 9 月中旬出现性蚜, 9 月下旬–10 月中旬在苜蓿和杂草上产卵越冬。施药后 1 d, 20% 啶虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液对豆蚜的防效最高, 达到 82.91%; 施药后 3 d, 20% 啶虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液防效仍最高为 97.92%; 施药后 7 d, 0.3% 印楝素乳油 60 mL/667m² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液防效达 97.38%, 显著高于其他处理。总体来说, 在豇豆豆蚜发生期施用 1 次 0.3% 印楝素 + 脂肪酸甲酯喷雾助剂防治豇豆豆蚜, 防效好、持效期长, 对豇豆及蚜虫天敌安全性较好。

关键词: 豇豆; 蚜虫; 印楝素; 脂肪酸甲酯; 助剂; 防效

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 05-1301-07

Evaluation of the control effect of azadirachtin and fatty acid methyl ester spray adjuvant on *Aphis craccivora* (Koch)

DAI Ai-Mei¹, DING Zhi-Mei¹, ZHANG Hai-Jun², CHEN Xian-Rong^{3*}, DAI Qiu-Ping², LU Yong-Yue⁴

(1. Agro-tech Extensions and Service Center of Bolertala Mongolia Autonomous City, Bole 833400, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 2. Meteorological Bureau of Xinjiang Wenquan Mongolian Autonomous Prefecture, Wenquan 833505, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 3. Xinjiang Agricultural Vocational and Technical College, Changji 831100, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 4. College of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In this paper, we investigated the growth and decline of cowpea aphid *Aphis craccivora* (Koch) in Bozhou, Xinjiang, the control effect of 0.3% azadirachtin combined with fatty acid methyl ester spray adjuvant on cowpea aphid, and the extinction rate of natural enemies of cowpea aphid. The results showed that cowpea aphids overwintered as eggs on sophora alopecuroides and alfalfa in Bozhou, and hatched from late March to early April. In early and middle May, winged aphids appeared on weeds and spread. In mid-May, they began to migrate to cotton, and in mid-June, they gradually moved into cowpea. In early and middle July, cowpea reached the peak period of harm, and slowly moved into

基金项目: 新疆维吾尔自治区教育厅项目 (XJZJKT-2019Y17); 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队建设项目 (2022KJ134)

作者简介: 戴爱梅, 女, 推广研究员, 主要从事病虫草鼠害监测与综合防治技术研究, E-mail: 7628378@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 陈先荣, 女, 教授, 主要从事蔬菜、西瓜甜瓜生产教学及野生植物的引种开发, E-mail: 1210076099@qq.com

收稿日期 Received: 2022-02-07; 接受日期 Accepted: 2022-08-09

alfalfa in mid-late July. In mid-September, sexual aphids appeared, and oviposited on alfalfa and weeds from late September to mid-October. One day after application, 20% acetamiprid wettable powder 1 000 times had the highest control effect on cowpea aphid, reaching 82.91%. Three days after application, 20% acetamiprid wettable powder diluted 1 000 times still had the highest control effect of 97.92%. 7 days after application, the control effect of 0.3% azadirachtin EC 60 mL/667 m² + fatty acid methyl ester spray adjuvant 1 000 times liquid reached 97.38%, significantly higher than other treatments. In general, the application of 0.3% azadirachtin + fatty acid spray adjuvant once in the occurrence period of cowpea aphids had good control effect and long lasting effect. It is safe to cowpea and aphid natural enemies.

Key words: Cowpeas; *Aphis craccivora* (Koch); azadirachtin; Fatty Acid Methyl Ester; auxiliaries; control effects

豇豆 *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 是我国主要的豆科类蔬菜之一, 种植广泛、经济价值大, 也为新疆地区种植的主要蔬菜种类之一。豆蚜 *Aphis craccivora* (Koch) 是豆科类蔬菜和果树上的主要害虫之一 (张广学和钟铁森, 1983; 文礼章, 1987; 陈鹏等, 2015)。该虫群集、刺吸豇豆嫩茎、嫩叶、幼芽、荚果、花序等汁液, 造成危害, 严重时导致豇豆植株生长缓慢、矮小瘦弱, 叶片黄化、卷缩、枯萎、脱落, 花蕾、果荚停滞发育、脱落等, 严重影响豇豆产量和品质 (王秀梅等, 2014; 王子邦和魏书琴, 2020)。该虫是新疆地区危害豆科蔬菜的主要害虫之一。在豆蚜的防治中多年来主要使用化学杀虫剂, 但是鉴于食品安全和环境影响等要求越来越高, 高效安全农药尤其是生物性农药、生物防治技术等越来越受到重视 (王小艺和沈佐锐, 2002; 陆玉荣等, 2013; 吴帅等, 2018; 陆玉荣等, 2019), 多种植物性和微生物性农药或者天敌被评价或者应用于豆蚜防控实践中 (王秀梅等, 2014; 陈鹏等, 2015; 刘春来等, 2018; 王子邦和魏书琴, 2020)。

印楝素 (Azadirachtin) 是一种柠檬苦素类活性物质, 属于四环三萜类化合物, 主要从印楝 *Azadirachta indica* A. Juss 中分离提取, 是应用较为广泛的植物源杀虫剂, 可对多类植物害虫、卫生害虫昆虫趋向、取食、生长发育等起着驱避、拒食或者抑制等作用 (Ermel *et al.*, 1991; Kalinowski *et al.*, 1997; 徐汉虹, 2017)。脂肪酸甲酯 (Fatty acid methyl ester) 作为新型的植物源溶剂, 具有低毒、易降解、对农作物影响小、耐雨水冲刷等优良特性; 如作为助剂与农药混合使用, 可对农药起到润湿、分散、乳化和促溶等作用, 会增强药液在植物表面的附着力, 因此, 作

为农药增效剂得到较为广泛应用 (杨云海等, 2019; 华乃震和林雨佳, 2020)。为了确保豆类蔬菜产品安全、优质, 降低化学农药用量, 探索建立高效、安全的防治技术是田间豆蚜防治实践中需要解决的重要问题之一。本研究在系统调查明确博州豇豆田豆蚜发生动态基础上, 测试、评价了印楝素与脂肪酸甲酯联合使用对豆蚜的控制作用以及对主要捕食性天敌昆虫类群的影响, 以期在害虫防治实践中提高生物性农药的使用效果提供了依据。

1 材料与方法

1.1 供试豇豆田

调查与试验于 2020 年在新疆博乐市乌图布拉克镇农业高新示范园区进行。选取其中一片面积为 6 667 m² 豇豆田为试验地。豇豆品种为黑眉 5 号, 5 月 1 日播种, 5 月 7 日出苗。常规管理, 豇豆生长期间不施用任何农药。

1.2 豆蚜发生动态调查方法

5 月 15 日开始调查豆蚜发生数量。采用 5 点法定点系统调查, 每点随机选定 10 株豇豆, 每株标记 5 片叶, 每 3 d 调查 1 次叶片上豆蚜各个虫态数量, 直到豇豆收获时止。如遇大雨或连续降雨无法下地时暂停调查。前期调查结果显示 6 月底蚜虫密度已经在 20~30 头/叶, 因此, 确定 7 月初开展药剂防治试验。

1.3 药剂防治效果试验方法

共设 6 个处理, 分别为 0.3% 印楝素乳油 60、80、100 mL/667m²、0.3% 印楝素乳油 60 mL/667m² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液, 对照药剂为 20% 啉虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液, 空白对照

(CK) 为清水。每个处理 3 次重复, 共 18 个小区, 随机区组设计。各小区面积均 220 m², 豇豆栽培管理条件、长势均匀一致。

7 月 1 日, 开展试验前虫口基数调查, 当日气温为 18.9 ~ 26.7℃, 相对湿度为 45.2%。7 月 2 日 10:00 - 11:00, 按试验药剂用量加水 (50 kg/667 m²) 混合配制药液, 使用电动背负式喷雾器将药液均匀喷施于豇豆叶片正反面, 以稍有药滴下滴为度。试验观察期间气象条件较有利于苜蓿蚜豆蚜发生危害。

1.4 防治效果调查与统计方法

1.4.1 防治效果调查

采用 5 点法定点调查。各小区随机选择豇豆 10 株, 每株标记 5 片叶, 施药前调查叶片上蚜虫基数, 施药后 1 d、3 d、7 d、14 d 各调查 1 次活蚜数量。按照以下公式计算虫口减退率和防治效果。

虫口减退率(%) = (施药前豆蚜数量 - 施药后豆蚜数量) / 施药前豆蚜数量 × 100

防治效果(%) = (施药后豆蚜数量减退率 - 对照豆蚜数量减退率) / (100 - 对照豆蚜数量减退率) × 100

采用 DPS 软件中 LSD 最小显著差异法进行多重比较, 分析各个处理间差异显著性 (唐启义, 2017)。

1.4.2 药剂对捕食性天敌类群的影响

在施药前 1 d 和施药后 3 d 分别调查各小区草

蛉类和异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 数量, 按照以下公式计算天敌虫口减退率和相对减少率。

虫口减退率(%) = (施药前天敌数量 - 施药后天敌数量) / 施药前天敌数量 × 100

相对减少率(%) = (施药后天敌数量减退率 - 对照天敌数量减退率) / (100 - 对照天敌数量减退率) × 100

2 结果与分析

2.1 豇豆田豆蚜数量变化动态规律

观察结果显示, 新疆博州地区豆蚜以卵在苦豆子 *Sophora alopecuroides* L. 是和紫花苜蓿 *Medicago sativa* L. 上越冬, 3 月下旬 - 4 月初卵开始孵化; 5 月上中旬出现有翅蚜, 并在杂草上繁殖蔓延; 5 月中旬开始迁入棉花田危害, 6 月中旬陆续迁入豇豆田发生。定点系统调查数据表明, 博州地区豇豆上豆蚜发生期为 6 月中旬 - 7 月下旬, 发生盛期为 7 月上中旬, 其种群发生动态呈明显的单峰型 (图 1)。自 6 月中旬开始发现豆蚜成虫迁入后, 6 月底种群进入快速增长期, 7 月 15 日出现一个明显的发生危害高峰, 之后虫口数量迅速减少, 7 月下旬逐渐降低至零星发生。7 月下旬有翅蚜逐渐迁入苜蓿地, 9 月中旬出现性蚜, 9 月下旬 - 10 月中旬在苜蓿和其他杂草上产卵并进入越冬期。

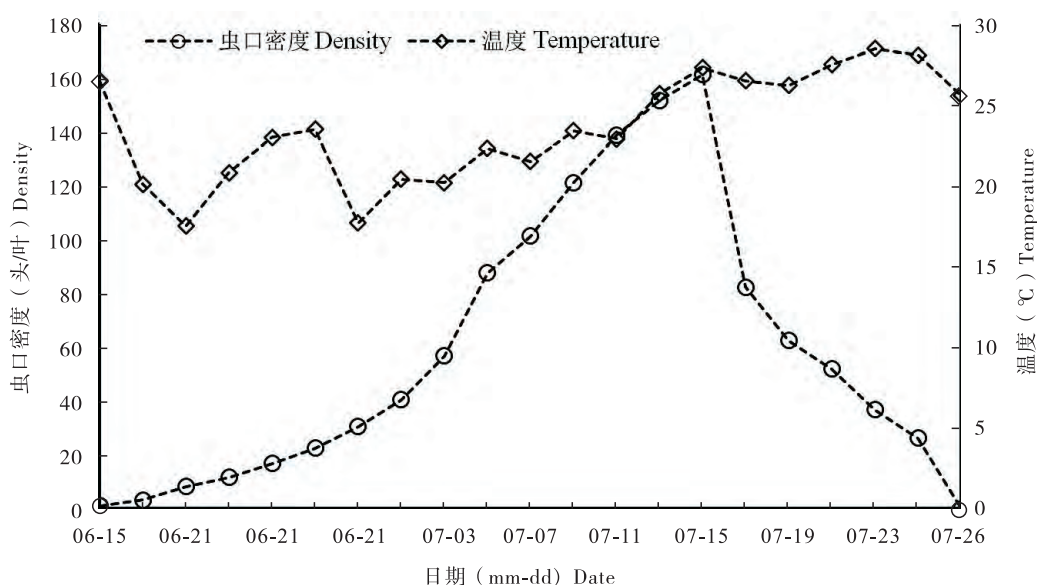


图 1 新疆博州豇豆田豆蚜发生动态

Fig. 1 Dynamic of the cowpea aphid population on the cowpea in Boertala, Xinjiang

2.2 印楝素和脂肪酸甲酯联合使用对豆蚜的防效

调查结果显示,施药后 1 d, 20% 啶虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液对豆蚜的防效最高,达到 82.91%, 0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液达到了 55.13%, 高于 0.3% 印楝素乳油 100、80、60 mL/667 m²; 施药后 3 d, 20% 啶虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液防效仍最高为 97.92%, 其次为 0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液防效达到了 85.18%, 极显著高于其他处理; 施药后 7 d, 0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液防效达 97.38%, 显著高于其他处理; 其次为 0.3% 印楝素乳油 100 mL/667 m² 防效为 92.17%; 施药后 14 d, 20% 啶虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液防效下降, 防效为 64.63%, 0.3% 印楝素乳油各处理的防效均达 83% 以上, 表现出良好的持效性。通过试验调查可知, 0.3% 印楝素乳油

各处理在防治豆蚜时效性较长, 尤其是高剂量 0.3% 印楝素乳油 100 mL/667 m² 与 0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液防效最好。由此可知, 每 667 m² 加入 1 000 倍液脂肪酸甲酯喷雾助剂可减少使用一半的农药剂量, 防效在第 1、3、7 天的防效均高于 0.3% 印楝素乳油其他剂量的处理, 而 0.3% 印楝素高剂量防效要好于低剂量的防效, 对于化学药剂 20% 啶虫脒可湿性粉剂 1 000 倍在前期防效较好, 但 7 d 防效开始下降, 直到 14 d 整体防效低于 0.3% 印楝素的处理 (表 1)。

2.3 印楝素和脂肪酸甲酯联合使用对豇豆上天敌的影响

在豇豆调查期间, 豆蚜的天敌主要有异色瓢虫及草蛉的成虫及幼虫。在施药前及施药后 3 d 按照每 20 株调查天敌的数量, 并计算天敌的减退率。

表 1 0.3% 印楝素不同浓度及脂肪酸甲酯喷雾助剂对豆蚜的防效

Table 1 Control effect of 0.3% azadirachtin at different concentrations and fatty acid methyl ester spray adjuvant on soybean aphids

处理 Treatment	药后不同时间防效 (%) Control effect at different time after treatment			
	1 d	3 d	7 d	14 d
0.3% 印楝素乳油				
0.3% Azadirachtin EC 60 mL/667 m ²	13.08 ± 3.10 eD	44.45 ± 0.83 eE	73.85 ± 2.22 dD	83.36 ± 0.84 cB
0.3% 印楝素乳油				
0.3% Azadirachtin EC 80 mL/667 m ²	22.25 ± 5.22 dD	53.01 ± 1.03 dD	85.02 ± 1.07 cC	89.31 ± 1.21 bAB
0.3% 印楝素乳油				
0.3% Azadirachtin EC 100 mL/667 m ²	33.92 ± 5.66 cC	59.74 ± 1.20 cC	92.17 ± 1.15 bB	94.88 ± 1.25 aA
0.3% 印楝素乳油 + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液				
0.3% Azadirachtin EC 60 mL/667 m ² / + Fatty acid methyl ester spray adjuvant 1 000 times liquid	55.13 ± 0.43 bB	85.18 ± 1.01 bB	97.38 ± 2.49 aA	94.76 ± 2.32 aA
20% 啶虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液				
20% acetamiprid wettable powder 1 000 times solution	82.91 ± 2.24 aA	97.92 ± 1.29 aA	89.82 ± 1.28 bB	64.63 ± 4.59 dC

注: 同列数据后具有相同小写字母表示在 0.05 水平差异不显著, 具有相同大写字母者表示在 0.01 水平差异不显著。下表同。Note: Datas in the same column followed by the same small letter and capital letters are not significantly different (LSD) at level of 0.05 and 0.01. The same as follows in table 2.

表 2 0.3% 印楝素不同浓度及脂肪酸甲酯喷雾助剂施用后天敌幼虫减退率

Table 2 0.3% Azadirachtin at different concentrations and fatty acid methyl ester spray adjuvant decreased the natural enemy larvae

处理 Treatment	天敌种类 Natural enemies	虫口基数 (头) Number of insects	药后 3 d		
			活虫数 (头) Number of living insect	减退率 (%) Reduction rate	相对减退率 (%) Relative reduction rate
0.3% 印楝素乳油	草蛉 <i>Chrysoperla</i> sp.	14	13	9.33	19.58 ± 2.05 cC
0.3% AzadirachtinEC 60 mL/667 m ²	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	16	17	-5.93	13.08 ± 4.59 dC
0.3% 印楝素乳油	草蛉 <i>Chrysoperla</i> sp.	17	15	11.41	21.42 ± 4.06 cC
0.3% AzadirachtinEC 80 mL/667 m ²	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	15	15	-0.82	17.28 ± 5.86 cdBC
0.3% 印楝素乳油	草蛉 <i>Chrysoperla</i> sp.	18	14	22.13	30.92 ± 0.57 bB
0.3% AzadirachtinEC 100 mL/667 m ²	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	14	13	6.67	23.42 ± 5.47 bcBC
0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m ² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液	草蛉 <i>Chrysoperla</i> sp.	13	12	7.01	17.52 ± 5.94 cC
0.3% AzadirachtinEC 60 mL/667 m ² + Fatty acid methyl ester spray adjuvant 1 000 times liquid/667 m ²	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	15	13	12.95	28.57 ± 4.36 bB
20% 啉虫脒可湿性粉剂 1000 倍液 /667m ² 20% acetamiprid wettable powder 1000 times solution	草蛉 <i>Chrysoperla</i> sp.	18	0	100.00	100.00 ± 0 aA
	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	16	0	100.00	100.00 ± 0 aA
	草蛉 <i>Chrysoperla</i> sp.	15	17	-12.74	
	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	14	17	-21.87	
空白对照 CK					

0.3% 印楝素乳油在防治豆蚜的同时，对蚜虫天敌幼虫也有不同程度的减退作用。在施药后 3 d，化学药剂 20% 啉虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液对草蛉影响较大，消退率达 100.00%，0.3% 印楝素乳油 100 mL/667 m² 处理后，草蛉消退率较高，草蛉消退率为 30.92%，其次为 0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m² 处理后，草蛉消退率为 19.58%，0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液处理后，草蛉的消退率为 17.52%，低于 0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m²；整体看生物药剂 0.3% 印楝素乳油及脂肪酸甲酯喷雾助剂在低剂量的混合使用下，对草蛉影响较小，消退率较低。药后 3 d，生物药剂 0.3% 印楝素乳油对瓢虫幼虫杀伤力较小，0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m² 对瓢虫幼虫的影响最小，平均消退率为 13.08%；0.3% 印楝素乳油 60 mL/667 m² + 脂肪酸甲酯喷雾助剂 1 000 倍液处理后，瓢虫的幼虫消退率较高

28.57%，20% 啉虫脒可湿性粉剂 1 000 倍液处理后，消退率为最高为 100.00%（表 2）。

3 结论与讨论

印楝素作为植物源杀虫剂的农药，因杀虫广谱较强、对天敌干扰少、无明显的脊椎动物毒性或植物药害、环境中迅速降解、地区性资源丰富、可再生的特点（Schmterer et al.，1990；Boekes et al.，2004；陈小军等，2010；Ganguly et al.，2010；吴帅等，2018），被世界公认的最优秀的生物农药之一，在国际影响与市场空间日益扩大（程东美等，2007；刘熙东等，2018）。脂肪酸甲酯喷雾助剂作为农药增效剂，广泛应用于绿色防控及农药减量技术实施手段之一。本研究通过 0.3% 印楝素不同浓度及脂肪酸甲酯喷雾助剂田间药效试验综合结果分析，生物农药印楝素对豇豆

豆蚜防效性和持效性均良好,对豇豆没有药害,对2种天敌成虫及幼虫的杀伤力及影响力较小,是防治豇豆蚜的良好药剂;0.3%印楝素与脂肪酸甲酯喷雾助剂对防治豇豆蚜速效性和持效性良好,对豇豆没有药害,对2种天敌幼虫影响力较小,天敌减退率较低。

本研究结果表明,在豇豆蚜虫发生期施用1次,0.3%印楝素60 mL+脂肪酸甲酯喷雾助剂1 000倍液与0.3%印楝素100 mL防效差异不显著,尤其在施药后期,防效优于其他处理,说明0.3%印楝素+脂肪酸甲酯喷雾助剂能有效提高蚜虫的防治效果,且增加了防治持续时间。

当前,农业生产中对蚜虫的防治主要以化学防治为主(陆玉荣,2019;王子邦,2020),虽然化学制剂具有防效快的特点,但其容易污染环境,易导致农药残留,影响作物质量安全,已不能满足生活安全的需求,人们为提高蔬菜的品质及安全性,减少农药残留,开始使用安全、高效的植物源生物农药,但因植物源农药在杀虫时,往往存在见效慢、防效较低,价格较为昂贵等问题(刘春来等,2018),因此,增加防治效果,减少成本投入,安全性、低毒的农药助剂成为了人们施药的首选措施之一。印楝素经多年的推广应用,是作用于昆虫多个器官系统的植物源杀虫剂,可克服害虫的抗药性,可首选用于蔬菜蚜虫的防治(周琼等,2005;陆玉荣,2013),同时对瓢虫、蚜茧蜂、草蛉成虫及幼虫影响较小(周琼等,2002;王小艺等,2002;周琼等,2005)。本研究通过试验调查结果可知,在施用农药时加入脂肪酸甲酯喷雾助剂可提高虫害的防治效果,延长防效时间,从而减少农药防治次数,确保豇豆品质与质量安全。

参考文献 (References)

- Boeke SJ, Boersmam G, Alink GM, *et al.* Safety evaluation of neem (*Azadirachta indica*) derived pesticides [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2004, 94 (1): 25–41.
- Chen P, Wang FZ, Li CC. Control potential of *Harmonia axyridis* (Pallas) against *Aphis craccivora* (Koch) by life table technique [J]. *Journal of Jilin Agricultural University* 2015, 37 (1): 4–19. [陈鹏, 王凤珍, 李春成. 以生命表技术评价异色瓢虫对豆蚜的控害潜能 [J]. 吉林农业大学学报, 2015, 37 (1): 4–19.]
- Chen XJ, Yang YZ, Zhang ZX, *et al.* Safety evaluation of azadirachtin and azadirachtin insecticides [J]. *Journal of Ecology and Environment*, 2010, 19 (6): 1478–1484. [陈小军, 杨益众, 张志祥, 等. 印楝素及印楝杀虫剂的安全性评价研究进展 [J]. 生态环境学报, 2010, 19 (6): 1478–1484.]
- Cheng DM, Zhang ZX, Tian YQ, *et al.* Insecticidal mechanism of *Azadirachta indica* [J]. *Plant Protection*, 2007, 33 (4): 11–15. [程东美, 张志祥, 田永清, 等. 印楝杀虫作用机理 [J]. 植物保护, 2007, 33 (4): 11–15.]
- Ermel K, Kalinowski HO, Schmutterer H. Isolierung und charakterisierung von marrangin, einer neuen, die insektenmetamorphose störenden substanz aus samenkernen des marrangobaumes *Azadirachta excelsa* (Jack) [J]. *Journal of Applied Entomology*, 1991, 112 (1/2/3/4/5): 512–519.
- Ganguly S, Bhattacharya S, Mandi S, *et al.* Biological detection and analysis of toxicity of organophosphate and azadirachtin-based insecticides in *Lathyrus sativus* L. [J]. *Ecotoxicology*, 2010, 19 (1): 85–95.
- Hua NZ, Ling YJ. New development of surfactants for pesticides [J]. *Journal of Jiangsu Chemical Industry*, 2000, (4): 20. [华乃震, 林雨佳. 用于农药的表面活性剂新进展 [J]. 江苏化工, 2000, (4): 20.]
- Kalinowski HO, Krack C, Ermel K, *et al.* Isolation and characterization of 1-tigloyl-3-acetylazadirachtol from the seed kernels of the Thai neem, *Azadirachta siamensis* Valetton [J]. *Zeitschrift Fur Naturforschung Section B*, 1997, 52 (11): 1413–1417.
- Liu CL, Wang S, Yang F, *et al.* Toxicity of Nine Biological Pesticides Against Two Vegetable Aphids [J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2018, (10): 84–86. [刘春来, 王爽, 杨帆, 等. 九种生物农药对两种蔬菜蚜虫室内毒力测定 [J]. 黑龙江农业科学, 2018, (10): 84–86.]
- Liu XD, Chen LS, Xu HH. Studies on development characteristics of azadirachtin industry and countermeasures based on patent analysis [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2018, 20 (2): 19–26. [刘熙东, 陈铃诗, 徐汉虹. 基于专利分析印楝素产业发展特征及其对策研究 [J]. 中国农业科技导报, 2018, 20 (2): 19–26.]
- Lu YR, Han GJ, Qi JH, *et al.* Pesticide screening and field test against aphids on pepper [J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2019, 25 (8): 29–31. [陆玉荣, 韩光杰, 祁建杭, 等. 辣椒蚜虫高效防治药剂筛选及田间应用效果 [J]. 天津农业科学, 2019, 25 (8): 29–31.]
- Lu YR, Lv M, Zhang CM, *et al.* Bioactivities of several pesticides against vegetable aphids [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2013, 41 (18): 7818–7819. [陆玉荣, 吕敏, 张春梅, 等. 几种常用杀虫剂对蔬菜蚜虫的生物活性研究 [J]. 安徽农业科学, 2013, 41 (18): 7818–7819.]
- Schmutterer H. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica* [J]. *Annual Review of Entomology*, 1990, 35 (1): 271–297.
- Tang QY. DPS® Data Processing System (The Forth Edition) [M]. Beijing: Science Press, 2017. [唐启义. DPS®数据处理系统(第四版) [M]. 北京: 科学出版社, 2017.]
- Wang XM, Chen P, Zhang LS. Efficacy estimation of aphid parasitoid *Lysiphlebus fabarum* against cowpea aphid *Aphis craccivora* with life

- table technique [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2014, 41 (6): 687–690. [王秀梅, 陈鹏, 臧连生. 基于生命表技术评价豆柄瘤蚜茧蜂对豆蚜的控害潜能 [J]. 植物保护学报, 2014, 41 (6): 687–690]
- Wang XY, Shen ZR. Selective toxicity of four insecticides on green peach aphid (Homoptera: Aphididae) and predator multicolored asian ladybird (Coleoptera: Coccinellidae) and the coordination evaluation of biological & chemical control to insect pest [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2002, 4 (1): 34–38. [王小艺, 沈佐锐. 四种杀虫剂对桃蚜和异色瓢虫的选择毒性及害虫生物防治与化学防治的协调性评价 [J]. 农药学报, 2002, 4 (1): 34–38]
- Wang ZB, Wei SQ. Toxicity and field control effects of three botanical pesticides on aphids of the blueberry [J]. *South China Fruits*, 2020, 49 (6): 133–135, 140. [王子邦, 魏书琴. 3 种植物源农药对蓝莓蚜虫的室内毒力测定及田间防效 [J]. 中国南方果树, 2020, 49 (6): 133–135, 140]
- Wen LZ. Overview of the research on bean aphid abroad [J]. *Plant Protection*, 1987, 13 (4): 47–49. [文礼章. 国外豆蚜研究概述 [J]. 植物保护, 1987, 13 (4): 47–49]
- Wu S, Li RY, Zhao QJ, *et al.* Toxicity determination of different insecticides against *Myzus persicae* (Sulzer) [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2018, 37 (4): 41–44. [吴帅, 李荣玉, 赵琪君, 等. 不同杀虫剂对烟草蚜虫的室内毒力测定 [J]. 山地农业生物学报, 2018, 37 (4): 41–44]
- Xu HH, Lai D, Zhang ZX. Research and application of botanical pesticide azadirachtin [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2017, 38 (4): 1–11, 133. [徐汉虹, 赖多, 张志祥. 植物源农药印楝素的研究与应用 [J]. 华南农业大学学报, 2017, 38 (4): 1–11, 133]
- Yang YH, Zhao Y, Wang KB, *et al.* The influence of different adjuvants on the adhesion property of 70% Imidacloprid WG on wheat leaves [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2019, 34 (6): 954–964. [杨云海, 赵芸, 王凯博, 等. 农药助剂对 70% 吡虫啉水分散剂在小麦叶片上附着性能的影响 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学版), 2019, 34 (6): 954–964]
- Zhang GX, Zhong TS. Economic insect fauna of China – aphids [M]. Beijing: Science Press, 1983. [张广学, 钟铁森. 中国经济昆虫志 – 蚜虫类 [M]. 北京: 科学出版社, 1983]
- Zhou Q, Liang GW, Zeng L, *et al.* Controlling effects of plant extracts and pesticides on *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* populations [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16 (7): 1317–1321. [周琼, 梁广文, 曾玲, 等. 植物提取物和药剂对蔬菜蚜虫种群的联合控制作用 [J]. 应用生态学报, 2005, 16 (7): 1317–1321]
- Zhou Q, Liang GW, Zeng L, *et al.* Effect of plant extracts and some pesticides on survival, emergence and parasitism of the aphid parasitoids *Aphidius gifuensis* Ashmead and *Diaeretiella rapae* M'Intosh [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (6): 1357–1361. [周琼, 梁广文, 曾玲, 等. 植物提取物和常用药剂对蚜茧蜂的存活、羽化和寄生的影响 [J]. 生态学报, 2005, 25 (6): 1357–1361]
- Zhou Q, Liang GW, Zeng L, *et al.* Effect of plant extracts and some biorational insecticides on egg hatch, survival and predation rates of *Menochilus sexmaculata* (Fabricius) and *Coccinella transversalis* Fabricius; The key natural enemies of cruciferous vegetable aphids in south China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (12): 2736–2740. [周琼, 梁广文, 曾玲, 等. 植物提取物和常用药剂对蚜虫重要天敌瓢虫孵化、存活和捕食效能的影响 [J]. 生态学报, 2003, 23 (12): 2736–2740]