

DOI:10.13718/j.cnki.zwyyx.2026.02.007

植物源杀虫剂对棉蚜的田间防治效果研究

唐新燕¹, 秦探², 何孟竹², 王静文²,
梁韩国庆², 胡玉龙², 李海强²

- 巴楚县农业技术推广中心, 新疆喀什 843800;
- 新疆维吾尔自治区农业科学院 植物保护研究所/
农业农村部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室/
新疆农业生物安全重点实验室, 乌鲁木齐 830091

摘要:近年来,随着新疆南部地区种植结构与栽培模式的调整,棉蚜在喀什地区的危害程度逐年加重,筛选绿色、高效、低毒的防控药剂已成为当务之急。选取5种农药在新疆喀什棉田开展田间药效试验,分别为0.5%苦参碱可溶液剂、0.3%印楝素乳油、1.0%蛇床子素水乳剂、1.5%除虫菊素水乳剂和70.0%啉虫脒水分散粒剂。于施药后1、3、5、7 d调查虫口数量并计算防效。结果表明:药后1 d,0.3%印楝素乳油和1.5%除虫菊素水乳剂防效最佳(分别为92.73%和92.26%),0.5%苦参碱可溶液剂和70.0%啉虫脒水分散粒剂次之(分别为91.19%和90.15%),1.0%蛇床子素水乳剂防效最差(84.09%);药后3 d,70.0%啉虫脒水分散粒剂防效最佳(89.48%),1.0%蛇床子素水乳剂次之(83.58%),1.5%除虫菊素水乳剂防效大幅下降至66.32%;药后5 d和7 d,70.0%啉虫脒水分散粒剂保持最佳防效(分别为82.85%和74.07%),0.5%苦参碱可溶液剂和1.5%除虫菊素水乳剂防效显著降低。供试的4种植物源农药对非靶标生物无不良影响。综合考虑防效与生态安全性,建议棉蚜发生初期优先选用印楝素或除虫菊素,并与化学药剂啉虫脒等轮换使用,以延缓抗药性,为新疆南部地区棉田绿色防控提供依据。

关键词:棉蚜;植物源杀虫剂;
药剂筛选;田间防效

中图分类号:S433.3

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号:2097-1354(2026)02-0060-07

Study on the Field Control Efficacy of Plant-Derived Insecticides Against *Aphis gossypii*

收稿日期:2025-11-20

基金项目:国家重点研发计划(2022YFD1400304)。

作者简介:唐新燕,高级农艺师,主要从事农作物病虫害防治研究。

通信作者:李海强,博士,研究员。

TANG Xinyan¹, QIN Tan², HE Mengzhu², WANG Jingwen²,
LIANG Hanguoqing², HU Yulong², LI Haiqiang²

1. Bachu County Agricultural Technology Extension Center, Kashgar Xinjiang 843800, China;

2. Institute of Plant Protection/Key Laboratory of Agro-Environment of Northwest Oasis, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/
Key Laboratory of Agricultural Biosafety, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China

Abstract: In recent years, with changes in planting structures and cultivation patterns in southern Xinjiang, *Aphis gossypii* infestations have progressively worsened in the Kashgar region, making it increasingly urgent to screen for green, efficient, and low-toxicity control agents. Five pesticides were selected for field efficacy trials, namely 0.5% matrine soluble solution, 0.3% azadirachtin emulsion, 1.0% osthole emulsion in water, 1.5% pyrethrum emulsion in water, and 70.0% acetamiprid water dispersible granule. The number of insect populations was investigated and the control efficacy was calculated on days 1, 3, 5, and 7 after application. The results showed that one day after treatment, 0.3% azadirachtin emulsion and 1.5% pyrethrum emulsion in water had the best control efficacy (92.73% and 92.26% respectively), followed by 0.5% matrine soluble solution and 70.0% acetamiprid water dispersible granule (91.19% and 90.15% respectively), and 1.0% osthole emulsion in water had the worst control efficacy (84.09%). After 3 days of treatment, the control efficacy of 70.0% acetamiprid water dispersible granule achieved best (89.48%), followed by 1.0% osthole emulsion in water (83.58%), and the control efficacy of 1.5% pyrethrum water emulsion dropped significantly to 66.32%. 5 and 7 days after application, 70.0% acetamiprid water dispersible granules maintained the best control efficacy (82.85% and 74.07% respectively), while the control efficacy of 0.5% matrine soluble solution and 1.5% pyrethrum emulsion in water decreased significantly. The four plant-based pesticides tested have no adverse effects on non-target organisms. Taking into account both control efficacy and ecological safety, it is recommended to prioritize the use of 0.3% azadirachtin emulsion and 1.5% pyrethrum emulsion in water for prevention and control of cotton aphids in the early stages of their occurrence. At the same time, it is recommended to alternate the use of plant-based pesticides and chemical pesticides to delay the development of cotton aphid resistance. This study provides scientific basis for green prevention and control of the cotton industry in southern Xinjiang.

Key words: *Aphis gossypii*; botanical insecticides; insecticide screening; field control efficacy

棉蚜(*Aphis gossypii*)属半翅目(Hemiptera)蚜科(Aphididae),是棉花的重要致灾害虫。环境条件适宜时,棉蚜可在短期内迅速增殖,使得种群数量急剧增加,给棉花生产带来严重损失,对棉花产业的稳定发展造成重大威胁^[1]。棉蚜主要借助刺吸式口器刺入棉花植株的幼嫩组织,持续吸取汁液,直接干扰并破坏植株正常的生理代谢与生长发育过程,导致植株整体生长滞缓、叶片明显卷曲皱缩、花蕾大量脱落^[2]。此外,棉蚜在取食过程中会分泌大量黏性蜜露,覆盖于棉花叶片表面,不仅显著降低了植株的光合作用效率,减少了养分积累,还易诱发煤污病,进一步影响植株的健康状况^[3]。棉蚜还是多种植物病毒(如黄瓜花叶病毒和棉花卷叶病毒等)的传播媒介,可在棉株间传播病毒,加剧危害程度,显著降低棉花产量与纤维品质^[4]。棉蚜在多数寄主植物上可进行孤雌生殖,具有生活史短、单雌繁殖量大、繁殖速度快以及世代重叠严重等生物学特性。因此,在棉花生长季内易多次暴发成灾。其典型危害表现为棉叶严重卷曲成簇、棉苗生育期显著推迟、植株根系发育受阻,严重时还会导致棉铃脱落、结铃数量减少,对棉花生产的各个环节均产生显著负面影响^[5]。目前,棉蚜已成为威胁新疆乃至我国棉花安全生产的重要害虫,开展棉蚜防控技术研究、构建科学有效的防控体系是当前棉花产业发展中亟待解决的重要课题。

目前,棉蚜防治仍以化学防治为主,新烟碱类(如吡虫啉、啉虫脒)、拟除虫菊酯类(如高效氯氰菊酯)及有机磷类化学药剂被广泛应用,但长期使用单一化学药剂导致抗药性问题日益突出^[6-9]。例如,新疆棉区棉蚜对吡虫啉的抗性倍数已达100倍以上,对啉虫脒的抗性也呈逐年上升趋势^[10-12]。化学防治虽能快速压低虫口密度,但也会大量杀伤天敌昆虫(如瓢虫、草蛉),导致田间生态平衡被破坏,自然控害能力减弱,促使棉蚜抗性种群迅速发展,易引发害虫的再猖獗和二次暴发^[13-18]。此外,化学药剂的残留也对农产品质量和生态环境构成了潜在威胁,不符合当前绿色农业发展的需求。

新疆作为我国最大的棉花种植区,在全国棉花产业中占据举足轻重的地位。国家统计局2024年的数据显示,新疆棉花种植面积已达244.8万hm²,占全国总种植面积的86.25%,皮棉总产量高达568.6万t,占全国总产量的92.20%。棉花产业不仅是当地农民经济收入的主要来源,在部分县(市)甚至占农业总收入的70%以上。尤其在新疆南部地区,棉花产业已成为推动脱贫攻坚、实现农民脱贫致富的支柱产业。然而,新疆南部地区独特的气候条件(高温、干旱)和种植模式(大面积连片种植)为棉蚜的暴发提供了有利条件,而传统化学防治的局限性日益凸显,亟需探索可持续的棉蚜防控技术。为此,本研究选取苦参碱、印楝素、蛇床子素、除虫菊素4种植物源杀虫剂,以及新烟碱类杀虫剂啉虫脒,在新疆喀什地区开展田间药效试验,系统评价不同植物源药剂对棉蚜防控的速效性和持效性。本研究旨在明确植物源杀虫剂在棉蚜防治中的应用潜力,筛选出防效显著、毒性低、生态相容性良好的绿色农药,为构建棉蚜“化学—生物—生态”综合防控体系提供数据支撑,同时为新疆南部棉区减少化学农药依赖、推进绿色农业发展提供科学依据与实践支撑。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

本研究选用5种单一药剂,分别为0.5%苦参碱可溶液剂、0.3%印楝素乳油、1.0%蛇床子素水乳剂、1.5%除虫菊素水乳剂、70.0%啉虫脒水分散粒剂,在新疆喀什地区巴楚县开展棉蚜防治田间药效试验^[19]。试验处理设计见表1。

表1 试验处理设计与药剂用量

药剂	有效成分含量/%	小区药剂用量/mL	稀释倍数	生产厂家
苦参碱可溶液剂	0.5	0.09	13 333	北京三浦百草生物药业有限公司
印楝素乳油	0.3	2.16	556	成都绿金生物科技有限责任公司
蛇床子素水乳剂	1.0	3.00	400	内蒙古清源保生物科技有限公司
除虫菊素水乳剂	1.5	4.80	250	内蒙古清源保生物科技有限公司
啉虫脒水分散粒剂	70.0	3.00	400	上海沪联生物药业(夏邑)股份有限公司
CK(清水)	—	—	—	—

1.2 试验田概况

试验于2025年6月27日在新疆喀什地区巴楚县多来提巴格乡10村棉田开展。棉田占地面积73.33hm²,采用膜下滴灌模式,地膜宽度2.05m,实行1膜6行种植,栽培管理方式与当地常规栽培管理一致。棉花品种为塔河2号,土壤质地为沙壤土,肥力中等。

1.3 试验设计

试验共设 6 个处理,包括 5 种供试药剂处理和喷施清水的空白对照组(CK),供试药剂有效成分含量及其稀释倍数详见表 1。试验采用随机区组排列,每个小区重复 4 次,共 24 个小区,每个小区面积为 40 m²(4 m × 10 m)。各小区之间设置保护行,避免药剂交叉干扰。每个小区随机挂牌固定调查 10 株棉花,采用背负式喷雾器对各小区棉花进行叶面定量喷雾处理,以清水作为对照^[20]。分别于施药后 1、3、5、7 d 调查统计各小区棉花上的棉蚜活虫数,并计算虫口减退率和防治效果^[21],计算公式如下:

$$\text{虫口减退率}(\%) = \frac{\text{施药前虫口基数} - \text{施药后残存虫数}}{\text{施药前虫口基数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{防效}(\%) = \frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{1 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100\% \quad (2)$$

利用 SPSS 21.0 数据处理软件,通过 Duncan's 新复极差法对各处理的防治效果进行差异显著性分析。

药剂安全性调查:在试验过程中,密切观察所喷施的杀虫剂是否对塔河 2 号产生药害及其他异常现象。

2 结果与分析

2.1 不同种类杀虫剂对棉蚜的田间防效分析

植物源杀虫剂与化学杀虫剂对棉蚜的田间防治效果如表 2 所示。施药后 1 d,0.3%印楝素乳油防治效果最佳,防效达 92.73%;1.5%除虫菊素水乳剂也表现出较高活性,防效为 92.26%,二者防效最为突出。0.5%苦参碱可溶液剂与 70.0%啶虫脒水分散粒剂的防效分别为 91.19%和 90.15%,虽略低于前两种药剂,但仍处于较高水平。相比之下,1.0%蛇床子素水乳剂防效仅为 84.09%,明显低于其他供试药剂,防效最差。施药后 3 d,各药剂防效出现明显波动。70.0%啶虫脒水分散粒剂防效达 89.48%,成为该时段防效最佳的药剂;1.0%蛇床子素水乳剂防效达 83.58%,位居第二;而 1.5%除虫菊素水乳剂防效大幅下降,仅为 66.32%,表明其持效性较差。施药后 5 d 的监测结果进一步体现了药剂防效的动态变化。70.0%啶虫脒水分散粒剂保持最佳防效,达 82.85%;1.0%蛇床子素水乳剂防效次之,为 77.39%;0.5%苦参碱可溶液剂防效下降至 53.87%,为该时段防效最差的药剂,表明其药效持续性较弱。施药后 7 d,70.0%啶虫脒水分散粒剂依然表现最优,防效达 74.07%,显示出较好的持效能力。然而,0.5%苦参碱可溶液剂和 1.5%除虫菊素水乳剂防效进一步下降,分别为 48.46%和 41.93%,表明这两种药剂在棉蚜长期防治中存在明显局限性。

表 2 植物源与化学杀虫剂对棉蚜的田间防效

药剂	药后 1 d		药后 3 d		药后 5 d		药后 7 d	
	虫口减退率/%	防效/%	虫口减退率/%	防效/%	虫口减退率/%	防效/%	虫口减退率/%	防效/%
1.0% 蛇床子素水乳剂	84.05±0.67 b	84.09±0.50 b	78.82±2.37 b	83.58±2.49 ab	72.98±2.19 b	77.39±2.31 ab	38.10±6.23 b	54.95±1.68 b
1.5% 除虫菊素水乳剂	92.24±1.48 a	92.26±1.57 a	58.19±3.09 d	66.32±1.39 c	53.88±2.86 d	61.41±1.29 c	20.20±8.01 c	41.93±9.22 c
70.0% 啶虫脒水分散粒剂	90.12±2.60 ab	90.15±2.48 ab	85.87±1.78 a	89.48±1.48 a	79.51±1.65 a	82.85±1.37 a	64.36±1.47 a	74.07±3.13 a
0.5% 苦参碱可溶液剂	91.17±1.41 ab	91.19±1.33 ab	48.46±7.74 e	58.18±6.49 d	44.87±7.17 e	53.87±6.01 d	29.17±7.65 c	48.46±8.48 c
0.3% 印楝素乳油	92.71±1.04 a	92.73±1.23 a	74.71±0.98 c	80.05±2.61 b	69.18±0.91 c	74.12±2.42 b	34.59±6.19 b	52.40±5.06 b
CK(清水)	-0.25±2.05 c	—	21.07±9.68 f	—	-19.51±8.96 f	—	-37.42±10.62 d	—

注:不同小写字母表示组间数据比较差异有统计学意义($p < 0.05$)。

2.2 对棉花的安全性

在施药前及施药后 1、3、5、7 d 对试验田进行田间调查,将不同药剂处理组的棉花与空白对照组的棉花进行对比,着重观察其状态,包括叶形、叶色、株高、茎粗、果形等指标,未发现处理组与对照组植株出现显著异常。结果表明,在本试验开展期间所喷施的药剂均未对棉花造成药害。

3 讨论与结论

棉蚜属于典型的 R 对策生物,其个体小、繁殖快、适应性强,极易产生抗药性,对新疆棉花生产安全造成了严重威胁^[22-23]。目前,化学防治仍是防治棉蚜的主要手段。然而,化学农药的大量使用会加剧环境污染与生态失衡,污染空气、土壤及水体,误杀棉蚜天敌并破坏土壤健康^[24]。同时,还会加速棉蚜抗药性演化,随着用药剂量递增,棉蚜抗药性日益增强,给棉蚜防治工作带来极大困难^[25]。此外,化学农药的使用还会威胁农产品安全与公共健康,存在农药残留风险等一系列负面效应^[26]。因此,为保障新疆棉花产业的可持续发展,必须打破对单一化学防治的过度依赖,积极探索并构建以生态调控为核心的棉花害虫综合治理策略。

有学者研究发现,我国各棉区蚜虫对啶虫脒等新烟碱类药剂已产生不同程度的抗性^[27-30]。为了避免单一用药,降低棉蚜种群抗药性上升风险,本研究选择苦参碱、印楝素等植物源杀虫剂,在新疆喀什地区棉田开展田间药效试验,旨在筛选出高效、低毒、环境相容性好的杀虫剂,作为当地棉花生产中防控棉蚜的常规药剂。试验结果表明,供试的 5 种杀虫剂均可对棉蚜产生一定的防治效果。药后 1 d,0.3% 印楝素乳油与 1.5% 除虫菊素水乳剂防效最好,0.5% 苦参碱可溶液剂与 70.0% 啶虫脒水分散粒剂次之,1.0% 蛇床子素水乳剂防效最差;药后 3 d,70.0% 啶虫脒水分散粒剂防效最好,1.0% 蛇床子素水乳剂次之,0.5% 苦参碱可溶液剂防效最差;药后 5 d,70.0% 啶虫脒水分散粒剂防效最好,1.0% 蛇床子素水乳剂次之,0.5% 苦参碱可溶液剂防效最差;药后 7 d,70.0% 啶虫脒水分散粒剂防效最好,1.5% 除虫菊素水乳剂防效最差。在棉蚜发生初期,用 0.3% 印楝素乳油、1.5% 除虫菊素水乳剂等植物源农药进行防控效果更好,建议将植物源药剂与化学药剂轮换使用,以延缓抗药性;植物源药剂的持效性短板可通过剂型优化、复配等技术路径加以改进,以挖掘其在绿色棉田生产中的应用潜力。这与李慧琴等^[31]的研究结果相近,尽管植物源药剂防效低于新烟碱类药剂,但从生态环保角度考虑,植物源药剂具有明显的优势,其对环境无污染,对天敌昆虫安全友好。在棉蚜防治过程中,单次用药难以实现长期控制效果,建议将植物源药剂与化学药剂复配交替使用,既能避免长时间单独使用一种药剂使棉蚜产生耐药性和抗药性,又能相互协同提高药效。

研究表明,0.3% 印楝素乳油在防治棉蚜时表现出优异的速度性,药后 1 d 防效即可达到 92.73%,能够快速压低田间棉蚜虫口密度,减少棉蚜种群暴发初期造成的经济损失。李潇等^[32]研究发现,该药剂可通过干扰蚜虫的蜕皮与发育过程,导致害虫无法正常繁殖或诱发畸形,这种非神经毒理的作用机制使得蚜虫极难对其产生交互抗性。刘本菊^[33]的研究表明,相较于传统化学药剂,印楝素乳油对瓢虫、草蛉等非靶标天敌昆虫具有极高的安全性,有助于维持棉田生态平衡,充分发挥自然控害因子对棉蚜的持续抑制作用。尽管印楝素在速度性上表现突出,但其持效期相对较短,这成为限制其广泛应用的主要因素。为此,建议在棉蚜发生初期使用 0.3% 印楝素乳油进行防治,待虫口密度下降后,使用 1.0% 蛇床子素水乳剂持续防控。使用

植物源杀虫剂不仅能大幅减少化学农药的使用频次和用量,降低农产品农药残留风险,更能通过不同作用机理药剂的交替使用,有效延缓棉蚜对单一化学药剂的抗性演化速度。在棉花生产中,应将0.3%印楝素乳油等植物源杀虫剂作为首选的绿色骨干药剂,尤其在棉花苗期、蕾期等对农药敏感的关键生育阶段,优先利用其进行生态调控,保障棉花的生产安全与品质。

在利用农药防控棉花害虫时,应严格遵循“预防为主,综合防治”的核心原则,科学规范用药,杜绝盲目施用与过量喷施。防控害虫应优先选用印楝素、蛇床子素等更具环保性的植物源杀虫剂。同时,注重轮换使用不同作用机制的农药,延缓害虫抗药性的产生,进而保障防治措施的长期有效性,为新疆棉花产业绿色可持续发展提供支撑。

参考文献:

- [1] 李云瑞. 农业昆虫学-南方本 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 195.
- [2] 李艳兵. 不同田间处理措施对多异瓢虫种群动态及对棉蚜控制效果研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021.
- [3] 司升云, 望勇, 杨帆, 等. 湖北地区芋田主要害虫棉蚜的识别与防治 [J]. 长江蔬菜, 2021(21): 55-56.
- [4] 李海强, 王冬梅, 徐遥, 等. 转 Bt 基因抗虫棉对棉蚜个体生长发育和繁殖能力的影响 [J]. 新疆农业科学, 2011, 48(2): 287-290.
- [5] 黄蓉, 华宇, 倪永辉, 等. 50% 氟啶虫酰胺水分散剂对棉蚜的田间防治效果 [J]. 生物灾害科学, 2022, 45(1): 23-26.
- [6] 唐中杰, 谢德意, 许守明, 等. 2005—2020 年转 Bt 基因棉花抗虫性变化及其与产量性状的相关性分析 [J]. 作物杂志, 2023, (2): 77-82.
- [7] 阿迪莱·阿不都热合曼, 彭佳敏, 郭小虎, 等. 氟啶虫酰胺与多异瓢虫联用对棉蚜的防效评价 [J]. 中国植保导刊, 2025, 45(9): 59-62.
- [8] 杨梦迪, 王伟强, 李安琪, 等. 氟啶虫酰胺对异色瓢虫幼虫捕食棉蚜成虫能力的影响 [J]. 昆虫学报, 2025, 68(8): 1088-1093.
- [9] 张华崇, 赵树琪, 闫振华, 等. 4 种药剂对棉蚜田间防治效果 [J]. 湖北植保, 2025(2): 19-21.
- [10] 王业林. 杀棉蚜活性芽孢杆菌的筛选及其活性成分研究 [D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2025.
- [11] 张行. 棉蚜抗药性监测及复配增效组方筛选 [D]. 长春: 吉林大学, 2025.
- [12] 裴娟, 宋荣, 李晓旭. 5 种新型农药对棉蚜的田间防效 [J]. 新疆农垦科技, 2024, 47(2): 51-53.
- [13] 李鹏飞, 郑艺翔, 苟长青, 等. 5 种杀虫剂对棉蚜的防效和对多异瓢虫的安全性评价 [J]. 棉花学报, 2023, 35(6): 487-496.
- [14] 吕云彤. 棉蚜螺虫乙酯抗性 ABC 转运蛋白基因鉴定及其转录调控研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2023.
- [15] 王铁矿, 魏钟帅, 来有鹏, 等. 四种拟除虫菊酯类杀虫剂对枸杞棉蚜的田间防效分析 [J]. 青海农林科技, 2023(2): 59-62, 73.
- [16] 邓生威. 捕食四种杀虫剂亚致死浓度处理棉蚜对大草蛉繁殖及捕食功能的影响 [D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2024.
- [17] 赛米·吾斯曼, 苏巴提江·赛外都力, 马德英, 等. 新烟碱类杀虫剂与多异瓢虫人工释放对棉蚜的田间防效 [J]. 新疆农业科技, 2023, 45(6): 41-43.
- [18] 杜灵恩. 氯噻啉和毒死蜱对棉蚜优势寄生蜂广双瘤蚜茧蜂的潜在影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2023.
- [19] 郭佳茹. 蜡蚧轮枝菌可分散油悬浮剂对棉蚜杀虫活性及取食行为影响 [D]. 银川: 宁夏大学, 2023.
- [20] 李鹏飞. 棉蚜飞防药剂筛选及防治关键时期的研究 [D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2022.
- [21] 何孟竹, 王静文, 谢好杰, 等. 9 种杀螨剂对棉叶螨田间防治效果评价 [J]. 新疆农业科学, 2025, 62(6): 1507-1516.
- [22] 张路生, 王小梦, 田雪慧, 等. 6 种杀虫剂对棉蚜的田间药效评价 [J]. 农药科学与管理, 2023, 44(8): 45-48.

- [23] 于江南. 新疆农林害虫防治学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [24] 孙艳, 李蓉, 郭曜东, 等. 花椒棉蚜发生动态、抗药性水平及防治药剂筛选 [J]. 中国森林病虫, 2024, 43(4): 9-15.
- [25] 石丹丹, 张帅, 梁沛. 棉蚜抗药性现状及治理策略 [J]. 植物保护, 2023, 49(5): 270-278.
- [26] 刘佳美, 刘冰, 王佩玲, 等. 植物源杀虫剂对棉蚜毒力及多异瓢虫的安全性评价 [J]. 新疆农业科学, 2021, 58(11): 2069-2076.
- [27] 赵鹏程, 李焱, 闫文静, 等. 新疆棉蚜不同地理种群对杀虫剂的敏感性 [J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2018, 36(2): 159-163.
- [28] 崔丽, 张靖, 齐浩亮, 等. 我国棉花主产区棉蚜对吡虫啉的抗性监测及抗性机理 [J]. 昆虫学报, 2016, 59(11): 1246-1253.
- [29] 高占林, 李耀发, 党志红, 等. 河北省不同地区棉蚜对吡虫啉等杀虫剂抗药性发展动态研究 [J]. 河北农业大学学报, 2008, 31(3): 81-84.
- [30] 谢玲玲. 哈茨木霉与吡虫啉灌根对蚜害棉花生长发育的影响 [D]. 石河子: 石河子大学, 2023.
- [31] 李慧琴, 胡宝, 张素梅, 等. 植物源药剂与新烟碱类药剂对棉蚜的防控效果比较 [J]. 农业科技通讯, 2021(9): 100-102.
- [32] 李潇, 张政康, 季一航, 等. 印楝素在害虫防治中的应用瓶颈与增效技术研究 [J]. 粮油科学与工程, 2026, 40(1): 29-33.
- [33] 刘本菊. 印楝素对异色瓢虫的驱避保护及潜在影响研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2020.

责任编辑 孙文静 崔玉洁