



郑晓斌, 王京, 袁江江, 陶敏, 王安琪, 李柠君, 吴青君. 三种纳米缓释剂农药对葱蓟马的田间药效评价 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (1): 244–249.

三种纳米缓释剂农药对葱蓟马的田间药效评价

郑晓斌¹, 王京¹, 袁江江¹, 陶敏¹, 王安琪², 李柠君², 吴青君^{1*}

(1. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081; 2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

摘要: 葱蓟马 *Thrips tabaci* Lindeman 是一种世界性农业害虫, 为明确 3 种纳米缓释剂农药对葱蓟马的防治效果, 开展了田间药效评价试验。结果表明, 0.7% 甲维盐纳米缓释剂 (NR) 和 5% 甲维盐微乳剂 (ME) 对葱蓟马的速效性和持效性较好, 3~14 d 的防效均达到 90% 以上; 10% 高效氯氟氰菊酯 NR 和 5% 高效氯氟氰菊酯 ME 对葱蓟马的速效性较好, 药后 3 d, 防效均达 90% 以上, 但后者的持效性稍弱; 2% 呋虫胺 NR 和 20% 呋虫胺可溶粒剂 (SG) 的速效性和持效性较好, 3 d 和 14 d 的防效均达 85% 以上。上述结果表明, 甲维盐、高效氯氟氰菊酯和呋虫胺适用于田间葱蓟马的防治; 相同或更低剂量下, 纳米缓释剂型与传统剂型农药的效果相当或者更优, 显示出良好的应用前景。

关键词: 纳米缓释剂; 葱蓟马; 田间防效

中图分类号: Q965.8; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 01-0244-06

Evaluation of the field efficacy of three controlled release nanopesticides against *Thrips tabaci* Lindeman

ZHENG Xiao-Bin¹, WANG Jing¹, YUAN Jiang-Jiang¹, TAO Min¹, WANG An-Qi², LI Ning-Jun², WU Qing-Jun^{1*} (1. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: *Thrips tabaci* Lindeman is an important agricultural pest around the world. A field trial was conducted in order to evaluate the control efficacy of three controlled release nanopesticides against *T. tabaci*. The results showed that 0.7% emamectin benzoate nano-relievers (NR) and 5% emamectin benzoate microemulsion (ME) provided excellent quick and persistent effect to *T. tabaci* and the control efficacy was over 90% 3~14 days post spraying. Similarly, the quick efficiency of 10% lambda-cyhalothrin NR and 5% lambda-cyhalothrin ME to *T. tabaci* was high and the control efficacy was over 90% 3 days post spraying. However, the persistency of 5% lambda-cyhalothrin ME was relatively lower than the former. The quick and persistent effects of 2% dinotefuran NR and 20% dinotefuran water soluble granule (SG) were high to *T. tabaci* and the control efficacy was over 85% 3~14 days post spraying. The results indicated that three controlled release nanopesticides of emamectin benzoate, lambda-cyhalothrin and dinotefuran could be used against *T. tabaci* in the field. At the same or lower dosages, the controlled

基金项目: 国家特色蔬菜产业技术体系 (CARS-24-C-02); 现代农业产业技术体系北京市叶类蔬菜创新团队 (BAIC07-2019); 中国农业科学院科技创新工程 (CAAS-ASTIP-IVFCAAS); 蔬菜有害生物控制与优质栽培北京市重点实验室

作者简介: 郑晓斌, 男, 博士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: zhengxiaobin116@163.com

* **通讯作者** Author for correspondence: 吴青君, 博士, 研究员, 研究方向为昆虫毒理学及综合治理, E-mail: wuqingjun@caas.cn

收稿日期 Received: 2020-11-20; **接受日期** Accepted: 2021-03-17

release nanopesticides had similar or even higher control efficacy, which showed an ideal application with bright prospect in the future.

Key words: Controlled release nanopesticide; onion thrips; field efficacy

葱蓟马 *Thrips tabaci* Lindeman 又称葱蓟马, 属缨翅目 Thysanoptera 蓟马科 Thripidae 蓟马属 *Thrips*, 是一种重要的世界性农业害虫 (John *et al.*, 2011; Muvea *et al.*, 2014)。在我国, 广泛分布在江苏、云南、新疆和北京等多个地区 (张俊等, 1999; 谢永辉等, 2011; 陈广泉等, 2018)。寄主范围达 300 多种 (Gawande *et al.*, 2019), 主要危害葱 *Allium fistulosum* L.、甘蓝 *Brassica oleracea* L.、蒜 *Allium sativum* L.、韭菜 *Allium tuberosum*、棉花 *Gossypium* spp.、芝麻 *Sesamum indicum* 和烟草 *Nicotiana tabacum* L. 等作物 (Jenser and Szénási, 2004; Trdan *et al.*, 2005a; 2005b; John *et al.*, 2011)。葱蓟马通过锉吸式口器直接取食植物的叶片、茎、花和果实, 严重影响植物的光合作用和果实的产量和品质 (Rueda *et al.*, 2007); 还可以传播多种植物病毒, 包括番茄斑萎病毒 (tomato spotted wilt orthotospovirus, TSWV)、凤仙花坏死病毒 (impatiens necrotic spot virus, INSV)、鸢尾花黄斑病毒 (iris yellow spot virus, IYSV) 和烟草条纹病毒 (tobacco streak virus, TSV) 等, 造成更严重的经济损失 (Sdoodee and Teakle, 1987; Ullman *et al.*, 2002; Sakurai *et al.*, 2004; Gent *et al.*, 2007)。

目前, 葱蓟马防治主要以化学防治为主。但由于个体微小、隐蔽性强以及世代重叠严重, 化学药剂很难接触到虫体 (Nault and Shelton, 2010)。随着杀虫剂的大量使用, 葱蓟马对有机磷类和拟除虫菊酯类杀虫剂产生了不同程度的抗性, 导致其发生更加猖獗, 防治难度不断加大 (Cranshaw and Schweissing, 1989; Shelton *et al.*, 2003; Lebedev *et al.*, 2013)。缓释剂可以调节农药活性成分释放的速率, 对延缓农药抗性、延长持效期、提高有效利用率具有重要作用。目前, 缓释剂型有效成分的粒径普遍在微米量级, 且大多只能简单定性的缓释释放。近几年来, 纳米农药缓释剂的出现, 其小尺寸效应、大比表面积以及表面可修饰性, 使得纳米载药系统具有叶面粘附

性和渗透性、水基化分散、靶向传输等功能, 可进一步提高农药分散性、叶面沉积与展布及其生物活性。以纳米材料作为载体, 将农药靶向运输到作用位点且有效释放, 能减少农药流失, 降低环境污染 (Bordes *et al.*, 2009)。在前期工作基础上, 本研究选择甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 (甲维盐)、高效氯氟氰菊酯和呋虫胺 3 种药剂, 开展了其传统剂型和纳米缓释剂型对葱蓟马的田间药效评价, 目的是为有效防治葱蓟马以及农药新制剂的开发提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

0.7% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 (emamectin benzoate) 纳米缓释剂 (以下简称甲维盐 NR), 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研制; 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂 (以下简称甲维盐 ME), 河北润农化工有限公司生产; 10% 高效氯氟氰菊酯 (lambda-cyhalothrin) 纳米缓释剂 (NR), 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研制; 5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂 (ME), 深圳诺普信农化股份有限公司生产; 2% 呋虫胺 (dinotefuran) 纳米缓释剂 (NR), 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研制; 20% 呋虫胺可溶粒剂 (SG), 日本三井化学 AGRO 株式会社生产。

1.2 试验地概况

试验基地设在中国农业科学院蔬菜花卉研究所顺义试验农场 (E116°50', N40°10') 露地葱田, 土壤肥力中等, 葱长势良好, 整个生育期内管理以及施肥相同。

1.3 试验设计

根据中国农药登记信息网 (<http://www.chinapesticide.org.cn/>) 的农药登记资料确定施药剂量。

甲维盐和高效氯氟氰菊酯的评价试验在葱田

东区进行。0.7% 甲维盐 NR 设 3 个剂量 (有效成分): 4.515、7.560、10.605 g/hm²; 5% 甲维盐 ME 设 2 个剂量 (有效成分): 7.5、15.0 g/hm²; 10% 高效氯氟氰菊酯 NR 设 2 个剂量 (有效成分): 6.0、7.5 g/hm²; 5% 高效氯氟氰菊酯 ME 设 2 个剂量 (有效成分): 9.0、10.5 g/hm²; 另设喷施清水的空白对照。呋虫胺的评价试验在葱田西区进行。2% 呋虫胺 NR 设 3 个剂量 (有效成分): 37.5、45.0、112.5 g/hm²; 20% 呋虫胺 SG 设 2 个剂量 (有效成分): 60、75 g/hm²; 另设喷施清水的空白对照。每处理设 4 个重复, 小区面积为

20 m², 随机区组排列, 小区间设保护行。使用背负式手动喷雾器 (3WBS-16, 台州市春丰机械有限公司) 进行全株均匀喷雾。

1.4 调查与统计方法

施药前调查葱蓟马的发生基数 (若虫和成虫), 每小区固定调查 15 株。施药 3 d、7 d 和 14 d 后, 分别调查葱蓟马的存活数量, 计算虫口减退率 (公式 1) 和校正防效 (公式 2)。采用 SPSS 20 软件 Tukey 法多重比较对各处理的防治效果进行差异显著性分析。

$$\text{虫口减退率} (\%) = \frac{\text{药前活虫数} - \text{药后活虫数}}{\text{药前活虫数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{校正防效} (\%) = \frac{\text{处理虫口减退率} - \text{对照虫口减退率}}{1 - \text{对照虫口减退率}} \times 100 \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 三种药剂对葱蓟马的田间防效

田间试验结果 (表 1) 表明, 0.7% 甲维盐 NR 和 5% 甲维盐 ME 对葱蓟马有较好的速效性和持效性。0.7% 甲维盐 NR 3 个剂量处理 4.515、7.560、10.605 g/hm² 在药后 3 d 对葱蓟马的防治效果分别为 96.89%、98.59% 和 98.78%, 虫口减退率分别为 96.35%、98.38%、98.32%; 5% 甲维盐 ME 2 个剂量处理 7.5、15.0 g/hm² 在药后 3 d 对葱蓟马的防治效果分别为 97.37%、98.34%, 虫口减退率分别为 96.77%、97.87%; 0.7% 甲维盐 NR 或 5% 甲维盐 ME 处理的防效均显著高于 5% 高效氯氟氰菊酯 ME 9 g/hm², 说明甲维盐的速效性优于高效氯氟氰菊酯。0.7% 甲维盐 NR 或 5% 甲维盐 ME 在药后 14 d 对葱蓟马的防效和虫口减退率均高于 10% 高效氯氟氰菊酯 NR 或 5% 高效氯氟氰菊酯 ME, 说明甲维盐的持效性优于高效氯氟氰菊酯。

田间试验结果 (表 2) 表明, 2% 呋虫胺 NR 和 20% 呋虫胺 SG 对葱蓟马有较好的速效性和持效性。2% 呋虫胺 NR 3 个剂量处理 37.5、45.0、112.5 g/hm² 在药后 3 d 对葱蓟马的防治效果分别为

97.05%、98.84%、99.57%, 虫口减退率分别为 96.44%、98.61%、99.53%; 20% 呋虫胺 SG 2 个剂量处理 60、75 g/hm² 在药后 3 d 对葱蓟马的防治效果分别为 99.66%、98.11%, 虫口减退率分别为 99.63%、97.94%。2% 呋虫胺 NR 3 个剂量处理 37.5、45.0、112.5 g/hm² 在药后 14 d 对葱蓟马的防治效果分别为 85.09%、90.10%、91.60%, 虫口减退率分别为 84.42%、90.10%、92.32%。20% 呋虫胺 SG 2 个剂量处理 60、75 g/hm² 在药后 14 d 对葱蓟马的防治效果分别为 90.38%、95.02%, 虫口减退率分别为 91.02%、95.13%。

2.2 传统农药剂型和纳米农药缓释剂型对葱蓟马的田间防效

田间试验结果 (表 1、表 2) 表明, 纳米农药缓释剂型相比传统农药剂型, 对葱蓟马的防效相当或更佳。相同剂量下, 0.7% 甲维盐 NR 与 5% 甲维盐 ME 在施药 3~14 d 对葱蓟马的防效均无显著性差异, 2% 呋虫胺 NR 与 20% 呋虫胺 SG 在药后 3~14 d 对葱蓟马的防效也均无显著性差异, 防效相当。但相同剂量下, 10% 高效氯氟氰菊酯 NR 在药后 3~14 d 对葱蓟马防效高于 5% 高效氯氟氰菊酯 ME, 说明 10% 高效氯氟氰菊酯 NR 对葱蓟马的防效更佳。

表 1 甲维盐和高效氯氟氰菊酯对葱蓟马的田间防效
Table 1 Field control efficacy of emamectin benzoate and Lambda-cyhalothrin against Thrips tabaci

供试药剂 Insecticide	有效成分 含量/g· (hm ²) ⁻¹ Dosage	虫口基数 (头/15 株) Initial number of thrips	药后 3 d 3 days after application			药后 7 d 7 days after application			药后 14 d 14 days after application		
			活虫数 (头/15 株) Number of living thrips	虫口减 退率(%) Reduction rate	校正 防效(%) Corrected control efficacy	活虫数 (头/15 株) Number of living thrips	虫口减 退率(%) Reduction rate	校正 防效(%) Corrected control efficacy	活虫数 (头/15 株) Number of living thrips	虫口减 退率(%) Reduction rate	校正 防效(%) Corrected control efficacy
0.7% 甲维盐 NR Emamectin benzoate	4.515	145	5	96.35	96.89 ab	8	95.04	96.16 a	7	95.02	91.07 ab
	7.560	150	2	98.38	98.59 a	2	98.45	98.89 a	5	96.53	93.67 ab
	10.605	189	3	98.32	98.78 a	1	99.61	99.75 a	3	98.50	97.09 a
5% 甲维盐 ME Emamectin benzoate	7.5	147	5	96.77	97.37 ab	3	98.23	98.86 a	6	96.38	93.89 ab
	15.0	182	4	97.87	98.34 ab	1	99.57	99.71 a	4	97.77	96.09 ab
10% 高效氯氟氰菊酯 NR Lambda-cyhalothrin	6.0	203	11	94.38	95.73 b	14	93.12	95.35 a	17	91.43	85.73 ab
	7.5	212	7	96.63	97.37 ab	8	95.99	97.24 a	11	94.89	90.62 ab
5% 高效氯氟氰菊酯 ME Lambda-cyhalothrin	9.0	218	19	91.19	92.69 c	59	71.78	78.93 b	45	77.85	56.36 c
	10.5	178	4	97.51	97.98 ab	14	92.57	94.74 a	22	87.01	78.44 b
对照 Control	-	204	254	-27.35	-	295	-44.82	-	116	43.17	-

注：表中数据为 4 次重复的平均值。同列不同小写字母表示其平均值差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。下表同。Note: Datum in the table showed average of repetitions for four times. Mean values followed by the different small letter in the same column were significantly different at $P < 0.05$. The same below.

表 2 呋虫胺对葱蓟马的田间防效
Table 2 Field control efficacy of dinotefuran against Thrips tabaci

供试药剂 Insecticide	有效成分 含量/g· (hm ²) ⁻¹ Dosage	虫口基数 (头/15 株) Initial number of thrips	药后 3 d 3 days after application			药后 7 d 7 days after application			药后 14 d 14 days after application		
			活虫数 (头/15 株) Number of living thrips	虫口减 退率(%) Reduction rate	校正 防效(%) Corrected control efficacy	活虫数 (头/15 株) Number of living thrips	虫口减 退率(%) Reduction rate	校正 防效(%) Corrected control efficacy	活虫数 (头/15 株) Number of living thrips	虫口减 退率(%) Reduction rate	校正 防效(%) Corrected control efficacy
2% 呋虫胺 NR Dinotefuran	37.5	350	12	96.44	97.05 a	106	69.37	78.05 c	53	84.42	85.09 b
	45.0	458	7	98.61	98.84 a	70	84.91	89.22 ab	46	90.10	90.10 ab
	112.5	419	2	99.53	99.57 a	34	92.00	94.28 a	30	92.32	91.60 ab
20% 呋虫胺 SG Dinotefuran	60	433	2	99.63	99.66 a	33	92.21	94.20 a	37	91.02	90.38 ab
	75	444	9	97.94	98.11 a	25	94.39	96.02 a	21	95.13	95.02 a
对照 Control	-	256	299	-16.14	-	353	-38.01	-	261	-2.01	-

3 结论与讨论

田间药效试验表明,施药 3 d 和 14 d 后,甲维盐和呋虫胺均有较好的速效性和持效性,防治效果均达 85% 以上;施药 3 d 后,高效氯氟氰菊酯的防效在 90% 以上,但药后 14 d,其持效性较弱。除此之外,同样剂量或较低剂量下的同种药剂,纳米缓释剂农药与传统剂型农药的效果相当或更佳。3 种杀虫剂均适用于田间葱蓟马暴发时快速防控的需要,甲维盐和呋虫胺更适用于长期防控葱蓟马。

甲维盐是一种新型高效半合成抗生素杀虫剂,具有超高效、低毒以及安全等生物农药的特点,兼具触杀和胃毒作用。该药剂通过增强神经递质如谷氨酸和 γ -氨基丁酸 (GABA) 的作用,从而使大量的氯离子进入神经细胞扰乱细胞的功能,最终害虫麻痹死亡。本试验结果表明,甲维盐在施药 3 ~ 14 d 的防效均达 90% 以上,具有较好的速效性和持效性。王健立和郑长英 (2010) 室内毒力测定表明,甲维盐对葱蓟马成虫的室内毒力较高。本试验前期研究发现,田间施药 3 ~ 14 d 后,甲维盐对葱蓟马的防效均在 80% 以上。Galina 等 (2012) 在以色列发现,葱蓟马对甲维盐产生了极高的抗性,可能是甲维盐在以色列的滥用以及葱蓟马种群个体间的差异。呋虫胺作为一种新型的烟碱类杀虫剂,与现有的烟碱类杀虫剂相比,杀虫谱更广,内吸性更强以及杀虫活性更高。该药剂主要作用昆虫的神经系统,引起昆虫麻痹死亡 (张亦冰, 2003)。本试验结果表明,药后 7 ~ 14 d,呋虫胺对葱蓟马的防治效果在 80% 以上。目前,呋虫胺在防治葱蓟马方面报道较少,陈光等 (2018) 试验结果表明,药后 7 d,呋虫胺对葱蓟马的防效在 80% 以上,与本试验结果一致。因此甲维盐和呋虫胺可作为防治田间葱蓟马的首选药剂。高效氯氟氰菊酯是一种高效、广谱性的杀虫剂。本试验结果表明,高效氯氟氰菊酯对葱蓟马具有很好的速效性,防治效果在 90% 以上。

纳米农药缓释剂作为一种新型的农药剂型,与传统农药相比,一方面可以提高难溶性农药分子的兑水分散性和稳定性,增强在靶标表面的粘附性和渗透性,减少有机溶剂和表面活性剂的使用,

提高叶面沉积量和滞留量;另一方面可以利用纳米载体负载农药分子,提高环境敏感型农药分子的稳定性,减少了环境中光、空气、水和微生物对农药的分解,降低了农药的挥发和流失的可能,从而增强农药的持效期,使其用药量减少,进而延缓抗性,降低对环境的负荷。也可以使高毒农药低毒化,降低原药的急性毒性,减少对农作物的药害和环境的污染 (Atta *et al.*, 2015; Xiang *et al.*, 2017)。目前,因其渗透性、结晶性以及热稳定性较强等特点,被广泛应用于农药方面的研究。本试验结果表明,药后 3 ~ 14 d,0.7% 甲维盐 NR、5% 甲维盐 ME 和 2% 呋虫胺 NR、20% 呋虫胺 SG 在相同剂量下对葱蓟马的防治效果均无显著性差异。药后 14 d,10% 高效氯氟氰菊酯 NR 相较于 5% 高效氯氟氰菊酯 ME 在相同剂量下对葱蓟马的防治效果更佳,这可能是纳米农药缓释剂的缓慢释放能力,保证了其在 14 d 依然具有良好的防效。

参考文献 (References)

- Atta S, Bera M, Chattopadhyay T, *et al.* Nano-pesticide formulation based on fluorescent organic photoresponsive nanoparticles: For controlled release of 2, 4-d and real time monitoring of morphological changes induced by 2, 4-d in plant systems [J]. *RSC Advances*, 2015, 5 (106): 86990-86996.
- Bordes P, Pollet E, Averous L. Nano-biocomposites: Biodegradable polyester/nanoclay systems [J]. *Progress in Polymer Science*, 2009, 34 (2): 125-155.
- Chen G, Guo WY, Lü MC. Field efficacy of six insecticides on the trial of controlling onion thrips (*Thrips tabaci*) [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2018, 728 (18): 109-114. 陈光, 郭文英, 吕明超. 6 种杀虫剂防治葱蓟马田间药效试验 [J]. *现代农业科技*, 2018, 728 (18): 109-114.
- Chen GQ, Zhang KL, Zhao YC, *et al.* Seasonal dynamics of species and number of thrips in wetland of Zhangye [J]. *Journal of Qinghai University*, 2018, 36 (1): 40-46. 陈广泉, 张克亮, 赵芸晨, 等. 张掖地区湿地蓟马种类组成及数量季节动态 [J]. *青海大学学报*, 2018, 36 (1): 40-46.
- Cranshaw WS, Schweissing F. Control of organophosphate resistant onion thrips [J]. *Insecticide and Acaricide Tests*, 1989, 14 (1): 128.
- Gawande SJ, Anandhan S, Khandagale K, *et al.* Microbiome profiling of the onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) [J]. *PLoS ONE*, 2019, 14 (9): e0223281.
- Gent DH, Schwartz HF, Khosla R. Distribution and incidence of iris yellow spot virus in Colorado and its relation to onion plant population and yield [J]. *Plant Disease*, 2007, 88 (5):

- 446 – 452.
- Jenser G, Szénási Á. Review of the biology and vector capability of *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) [J]. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 2004, 39 (1): 137 – 155.
- John DM, Marc F, Nault BA, et al. Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): A global pest of increasing concern in onion [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2011, 104 (1): 1 – 13.
- Lebedev G, Abo – Moch F, Gafni G, et al. High – level of resistance to spinosad, emamectin benzoate and carbosulfan in populations of *Thrips tabaci* collected in Israel [J]. *Pest Management Science*, 2013, 69 (2): 274 – 277.
- Muvea AM, Meyhöfer R, Subramanian S, et al. Colonization of onions by endophytic fungi and their impacts on the biology of *Thrips tabaci* [J]. *PLoS ONE*, 2014, 9 (9): e108242.
- Nault BA, Shelton AM. Impact of insecticide efficacy on developing action thresholds for pest management: A case study of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) on onion [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2010, 103 (4): 1315 – 1326.
- Rueda A, Badenes – perez FR, Shelton AM. Development economic thresholds for onion thrips in Honduras [J]. *Crop Protection*, 2007, 26 (8): 1099 – 1107.
- Sakurai T, Inoue T, Tsuda S. Distinct efficiencies of imipatiens necrotic spot virus transmission by five thrips vector species (Thysanoptera: Thripidae) of tospoviruses in Japan [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2004, 39 (1): 71 – 78.
- Sdoodee R, Teakle DS. Transmission of tobacco streak virus by *Thrips tabaci*: A new method of plant virus transmission [J]. *Plant Pathology*, 1987, 36 (3): 377 – 380.
- Shelton AM, Nault BA, Plate J, et al. Regional and temporal variation in susceptibility to λ – cyhalothrin in onion thrips, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), in onion fields in New York [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2003, 96 (6): 1843 – 1848.
- Trdan S, Milevoj L, Leqlina I, et al. Feeding damage by onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), on early white cabbage grown under insecticide – free conditions [J]. *African Entomology*, 2005a, 13 (1): 85 – 95.
- Trdan S, Valib N, Leqlina I, et al. Light blue sticky boards for mass trapping of onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), in onion crops: Fact or fantasy? [J]. *Journal of Plant Diseases and Protection – New Series*, 2005b, 112 (2): 173 – 180.
- Ullman DE, Meideros R, Campbell LR, et al. Thrips as vectors of tospoviruses [J]. *Advances in Botanical Research*, 2002, 36: 113 – 140.
- Wang JL, Zheng CY. Toxicity measurement of several insecticides to *Thrips tabaci* Lindeman in lab [J]. *Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science)*, 2010, 27 (4): 300 – 302. [王健立, 郑长英. 8 种杀虫剂对烟蓟马的室内毒力测定 [J]. 青岛农业大学学报 (自然科学版), 2010, 27 (4): 300 – 302]
- Xiang YB, Zhang GL, Chi Y, et al. Fabrication of a controllable nanopesticide system with magnetic collectability [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2017, 328: 320 – 330.
- Xie YH, Li ZY, Zhang HR. Research advances on the onion thrips (*Thrips tabaci*) [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2011, 39 (5): 2683 – 2685, 2785. [谢永辉, 李正跃, 张宏瑞. 烟蓟马研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (5): 2683 – 2685, 2785]
- Zhang J, Huang CY, Ma YZ. The occurrence and prevention measures of onion thrips (*Thrips tabaci*) [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 1999, 8: 29 – 30. [张俊, 黄春燕, 马玉中. 葱蓟马的发生及防治措施 [J]. 农业科技通讯, 1999, 8: 29 – 30]
- Zhang YB. A new systemic insecticide dinotefuran [J]. *World Pesticides*, 2003, 25 (5): 46 – 47. [张亦冰. 新内吸杀虫剂 – 呋虫胺 [J]. 世界农药, 2003, 25 (5): 46 – 47]