

高效氯氟氰菊酯与烯啶虫胺增效混配剂的筛选及其对小麦蚜虫的田间防治效果

杨恒力, 李红宝, 董文阳, 王翠翠, 史雪岩*, 梁 沛

(中国农业大学植物保护学院, 北京 100193)

摘要 为了延缓麦蚜抗药性和降低杀虫剂使用量,本研究筛选了具有增效作用的高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺的复配比例,并研究了增效复配剂对麦蚜的田间防治效果。浸叶法测定结果表明,高效氯氟氰菊酯对麦蚜的 LC_{50} 为 25.01 mg/L,烯啶虫胺对麦蚜的 LC_{50} 为 28.21 mg/L。通过最佳增效配比的筛选,发现高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺的有效成分比为 1.3:1、1:1.1、1:1.7、1:10.2 时,对麦蚜的毒效比分别为 1.28、1.49、1.64、1.50,表现为增效作用。深入研究发现高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺的有效成分为 1:4.5、1:7.5 和 1:10.2 的混配组合的共毒系数均显示了显著增效作用,其中,当高效氯氟氰菊酯与烯啶虫胺有效成分比为 1:7.5 时,混配剂的 LC_{50} 为 5.22 mg/L,共毒系数达到 532.61。按有效成分比 1:7.5,将 10% 高效氯氟氰菊酯水乳剂与 20% 烯啶虫胺可溶液剂混用后,进行田间试验,结果表明,在药后 1、3 d 和 7 d,混配剂的防效与高效氯氟氰菊酯单剂的防效无显著性差异,在药后 1 d,混配剂的防效高于烯啶虫胺单剂的防效,在药后 3 d 及 7 d,混剂与烯啶虫胺单剂的防效没有显著差异。混配剂的防效在药后 7 d 内不断上升,其中药后 7 d 防效达到 92.98%。混配剂的使用可以达到对高效氯氟氰菊酯减量的目的,同时保证了对麦蚜的防效。

关键词 高效氯氟氰菊酯; 烯啶虫胺; 混配; 麦蚜; 防治效果

中图分类号: S 435.122.2 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2023064

Screening of synergistic mixture of *lambda*-cyhalothrin and nitenpyram and its field control efficacy on wheat aphid

YANG Hengli, LI Hongbao, DONG Wenyang, WANG Cuicui, SHI Xueyan*, LIANG Pei

(College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract In order to delay insecticides resistance and reduce the usage of insecticides during wheat aphid control, this study screened out the synergistic mixing ratio of *lambda*-cyhalothrin and nitenpyram against wheat aphid, and further examined the field control efficacies of the mixture against wheat aphid. The results of leaf dipping method showed that the LC_{50} value of *lambda*-cyhalothrin to wheat aphid was 25.01 mg/L, and the that of nitenpyram was 28.21 mg/L. Synergistic mixing ratio tests showed that the mixtures of *lambda*-cyhalothrin and nitenpyram with ratio of 1.3:1, 1:1.1, 1:1.7 and 1:10.2 exhibited the synergistic effects on wheat aphid with toxicity ratio of 1.28, 1.49, 1.64 and 1.50, respectively. Further study showed that the active ingredients combination of *lambda*-cyhalothrin and nitenpyram at ratio of 1:4.5, 1:7.5 and 1:10.2 exhibited significant synergistic effects with high co-toxicity coefficient. When the active ingredient ratio of *lambda*-cyhalothrin and nitenpyram at 1:7.5, the LC_{50} value of the combination was 5.22 mg/L, and the co-toxicity coefficient reached 532.61. Field test was carried out with the combination of *lambda*-cyhalothrin 10% EW and nitenpyram 20% SL at an active ingredient ratio of 1:7.5. There was no significant difference in the control efficacies of the mixture against wheat aphids with the *lambda*-cyhalothrin. One day after treatment, the control efficacy of the mixture was higher than that of the nitenpyram, while three days and seven days after treatments, there was no difference in the control efficacies of the mixture and nitenpyram. After treatment, the control efficacies of the mixture increased within seven days, while it reached 92.98% at the 7th day, which ensures the control efficacies to wheat aphid with achieving the purpose of reduction the usage of *lambda*-cyhalothrin.

收稿日期: 2023-02-15 修订日期: 2023-03-30

基金项目: 国家大麦青稞产业技术体系(CARS-05-03A-16)

* 通信作者 E-mail: shixueyan@cau.edu.cn

Key words *lambda*-cyhalothrin; nitenpyram; mixture; wheat aphid; control efficacy

麦蚜属半翅目 Hemiptera, 蚜科 Aphididae, 俗称腻虫或蜜虫等, 是小麦上的重要害虫之一, 常年造成小麦减产 10% 以上, 大发生年份造成的小麦产量损失超过 30%。我国发生的麦蚜主要有荻草谷网蚜 *Sitobion miscanthi*、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* 和麦无网长管蚜 *Metopolophium dirhodum* 等 4 种, 其中前 3 种在我国各地普遍发生^[1]。通常, 在小麦上多种麦蚜混合发生。麦蚜通过刺吸取食汁液对小麦造成直接损害, 引起植株营养不良, 发育受阻, 导致麦粒干瘪, 产量降低, 同时, 麦蚜产生的蜜露覆盖在植物表面还会影响小麦正常的生理活动。此外, 麦蚜还是大麦黄矮病毒等多种植物致病性病原物的传播媒介^[2-4]。目前, 化学防治作为麦蚜防治的重要措施仍被广泛应用, 但化学防治也带来了农药残留污染、麦蚜抗药性和再猖獗等问题^[5]。研发对麦蚜防治具有减量增效作用的农药混配剂, 可以在麦蚜防治中减少农药使用量及降低农药残留污染, 对小麦的无公害生产具有价值。

高效氯氟氰菊酯属拟除虫菊酯类杀虫剂, 具有击倒作用强、药效好的特点^[6], 被广泛用于防治麦蚜。目前已有一些高效氯氟氰菊酯相关混配剂被登记用于防治麦蚜, 其中包括高效氯氟氰菊酯与新烟碱类杀虫剂的混配剂, 如 20% 呋虫胺·高效氯氟氰菊酯悬浮剂, 30% 高效氯氟氰菊酯·噻虫嗪悬浮剂、15% 噻虫·高氯氟悬浮剂等^[7-9]。

烯啶虫胺作为一种新烟碱类杀虫剂, 具有内吸和渗透性好、对刺吸式口器害虫防效好等特点^[10], 烯啶虫胺制剂已在水稻、棉花、甘蓝、茶树、柑橘树等作物上登记, 用于防治稻飞虱、蚜虫、粉虱、蓟马等害虫^[11]。目前, 烯啶虫胺制剂还未在小麦上登记, 但已有将其用于小麦蚜虫防治的研究报道^[12-14]。

研究发现不同的新烟碱类杀虫剂之间的作用机制具有差异^[15]。其中, 与吡虫啉、噻虫嗪等新烟碱类杀虫剂以及第三代新烟碱杀虫剂呋虫胺相比, 烯啶虫胺显示了结构与活性方面的差异^[15]。Tomizawa 等^[16]研究发现, 虽然烯啶虫胺与吡虫啉等其他新烟碱类杀虫剂均作用于昆虫烟碱型乙酰胆碱受体 (nAChR), 但是烯啶虫胺在 nAChR α -亚基上的结合作用与吡虫啉等有所不同。毛凯凯^[17]研究发现, 褐飞虱对烯啶虫胺与其他新烟碱类杀虫剂的交互抗

性有所不同。表明, 烯啶虫胺与吡虫啉、噻虫嗪、呋虫胺等新烟碱类杀虫剂的作用机制具有一定的差异, 在田间害虫防治中交替使用烯啶虫胺与其他各种新烟碱杀虫剂, 对治理害虫的新烟碱类杀虫剂抗性应具有一定的价值。

目前虽已有高效氯氟氰菊酯与呋虫胺、噻虫嗪的混配剂, 但还未见将高效氯氟氰菊酯与烯啶虫胺混配用于防治小麦蚜虫。因此, 本研究通过室内毒力测定与田间药效试验, 筛选具有显著增效作用的高效氯氟氰菊酯与烯啶虫胺混配比例, 并研究对麦蚜的田间防治效果。为开发麦蚜防治的新型混配剂提供研究基础, 对于麦蚜抗药性治理也具有参考价值。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试药剂

93% 高效氯氟氰菊酯原药, 江苏农药研究所; 10% 高效氯氟氰菊酯水乳剂 (*lambda*-cyhalothrin 10% EW), 江苏辉丰生物农业股份有限公司; 96.5% 烯啶虫胺原药, 江西天人生态工业有限公司; 20% 烯啶虫胺可溶液剂 (nitenpyram 20% SL), 山东鑫星农药有限公司。

1.1.2 供试昆虫

室内毒力测定使用实验室饲养的麦二叉蚜种群, 此种群于 2020 年 6 月采自河南周口小麦田间, 首先隔离饲养 2~3 代, 去除寄生的蚜茧蜂后置于养虫笼中, 在不接触任何药剂的情况下用水培麦苗在温度 18~25℃, 相对湿度 50%~70%, 光周期 L//D = 17 h//7 h 条件下饲养。

1.1.3 田间药效试验小麦田情况

田间试验在河北省衡水市武邑镇试验田 (37.76°N, 115.87°E) 进行, 小麦品种为‘鲁原 502’, 播种量为 225 kg/hm²。

1.2 试验方法

1.2.1 室内毒力测定

采用浸叶法测定杀虫剂对麦蚜的室内毒力^[18]。将杀虫剂贮备液用含 0.05% (V/V) Triton X-100 的水溶液按等比或等差稀释为 5~7 个质量浓度梯度, 每个质量浓度设 3 个重复。将水培萌发 4 d 的小麦苗 (约 5 cm 高, 带种子) 浸入一定浓度的杀虫剂药液中 30 s, 取出晾干, 置于底部铺有滤纸的直径为

6 cm 培养皿中,滤纸下铺有琼脂保湿,每个培养皿放置 5 株麦苗。用毛笔挑取健康一致的无翅成蚜接于麦苗上,在培养皿上罩上顶端透气的透明塑料圆筒。每个药剂浓度处理 20 头麦蚜。每个药剂浓度处理设 3 次重复,在室内正常饲养条件下饲养。用含 0.05% Triton X-100 的水溶液处理作为对照。48 h 后检查麦蚜死亡率,以对照死亡率小于 20%为有效测定,并用对照死亡率进行校正。

1.2.2 高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配对麦蚜的联合毒力测定

1.2.2.1 高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配的最佳配比筛选

为获得对麦蚜具有增效作用的 2 种杀虫剂的混配比例,采用交互测定法进行了最佳配比的筛选^[19]。以 2 种单剂的 LC₅₀为基础,设置了 11 个不同混合比例的混配处理,分别进行毒力测定。其中,2 个单剂分别以各自 LC₅₀为 100%,混配组合中,A 组分的用量分别为其 LC₅₀的 0、1/10、2/10、3/10、4/10、5/10、6/10、7/10、8/10、9/10 及 10/10,同时,B 组分的用量分别为其 LC₅₀的 10/10、9/10、8/10、7/10、6/10、5/10、4/10、3/10、2/10、1/10 及 0,共制备 11 个不同混配比例的混剂组合,分别进行毒力测定。将各混配剂处理的毒力测定结果,使用下述方法,计算其毒效比率。

毒效比率=实际死亡率/预期死亡率;
预期死亡率=药剂 A 在其 LC₅₀剂量下的实测死亡率×药剂 A 所用的比例+药剂 B 在其 LC₅₀剂量下的实测死亡率×药剂 B 所用的比例;
式中:A 为高效氯氟氰菊酯,B 为烯啶虫胺。
毒效比率<0.75 表现为拮抗作用;毒效比率在 1 左右,则为相加作用;毒效比率>1.25,表现为增效作用^[20]。

1.2.2.2 混配剂联合毒力计算

将上述用交互测定法测出的具有增效作用的混配剂比例,用室内毒力测定方法进一步测出混配剂的毒力,得到混配剂的 LC₅₀。再按照孙云沛共毒系数法^[21]计算混配剂的共毒系数。将其中 1 种单剂作为标准药剂,计算各单剂的毒力指数、混剂的实际毒力指数和理论毒力指数后,最后计算出混剂的共毒系数。以单剂 A 为标准药剂,其毒力指数为 100:
单剂 A 毒力指数(TI_A)=100;
单剂 B 毒力指数(TI_B)=标准药剂的 LC₅₀/供试单剂的 LC₅₀×100;
混剂实际毒力指数(ATI)=标准药剂的 LC₅₀/混剂的 LC₅₀×100;
混剂理论毒力指数(TTI)=单剂 A 的毒力指数 TI_A×P_A+单剂 B 的毒力指数 TI_B×P_B;
共毒系数(CTC)=混剂实际毒力指数(ATI)/混剂理论毒力指数(TTI)×100。

式中:A 为高效氯氟氰菊酯,B 为烯啶虫胺,P_A为高效氯氟氰菊酯在混剂中所占的比例,P_B为烯啶虫胺在混剂中所占的比例。

共毒系数在 100 左右为相加作用,大于 120 表现为增效作用,小于 80 表现为拮抗作用。

1.2.3 不同处理对麦蚜的田间药效试验

1.2.3.1 田间试验设计

田间药效试验设计参照 GB/T 17980.79-2000《农药田间药效试验准则(二)杀虫剂防治小麦蚜虫》进行,共设 4 个处理,每个处理设 4 次重复,每小区面积约 20 m²,共 16 个小区,随机排列,各小区周围设置保护行。2021 年 5 月 12 日,用背负式手动气压喷雾器(台州市深邦园艺用品有限公司)以 300 L/hm²的用水量均匀喷雾施药,设置的药剂处理见表 1。

表 1 高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺防治麦蚜田间药效试验处理¹⁾

Table 1 Field efficacy trials of *lambda*-cyhalothrin and nitenpyram against wheat aphids

处理 Treatment	药剂 Insecticide	有效成分用量/(g/hm ²) Dosage of active ingredient
1	10%高效氯氟氰菊酯 EW 150 mL/hm ² (推荐剂量) <i>lambda</i> -cyhalothrin 10% EW 150 mL/hm ² (recommended dose)	15
2	20%烯啶虫胺 SL 375 mL/hm ² (推荐剂量) nitenpyram 20% SL 375 mL/hm ² (recommended dose)	75
3	10%高效氯氟氰菊酯 EW 60 mL/hm ² +20%烯啶虫胺 SL 225 mL/hm ² (1:7.5) <i>lambda</i> -cyhalothrin 10% EW 60 mL/hm ² +nitenpyram 20% SL 225 mL/hm ² (1:7.5)	(6+45)
4	空白对照(清水) CK	0

1) 1:7.5 为高效氯氟氰菊酯与烯啶虫胺的有效成分比。
1:7.5 is the active ingredient ratio of *lambda*-cyhalothrin to nitenpyram.

1.2.3.2 田间防效调查及计算方法

采用对角线五点取样法进行调查,每点 5 株。每小区共挂牌标记 25 株小麦,定点定株调查整株上的活虫数。2021 年 5 月 11 日调查施药前的虫口基数,施药时间为 5 月 12 日,分别于药后 1 d(5 月 13 日),药后 3 d(5 月 15 日),7 d(5 月 19 日)调查各小区活虫数。

根据以下公式计算虫口减退率(P)和校正防效(EC):

$$P = (N_{CK} - N_t) / N_{CK} \times 100\%;$$
$$EC = (P_t - P_{CK}) / (1 - P_{CK}) \times 100\%。$$

式中, P 为虫口减退率($\%$); N_{CK} 为药前活虫数; N_t 为药后活虫数; EC 为校正防效($\%$); P_t 为处理组虫口减退率; P_{CK} 为对照组虫口减退率。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 软件计算防效,采用

IBM SPSS statistics 22 统计分析软件进行 Tukey 检验,显著性水平设为 0.05。

2 结果与分析

2.1 高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺对麦蚜的室内毒力

采用浸叶法进行室内毒力测定,结果(表 2)表明,高效氯氟氰菊酯对麦二叉蚜的致死浓度为 25.01 mg/L,烯啶虫胺对麦二叉蚜的致死浓度为 28.21 mg/L。可知,高效氯氟氰菊酯与烯啶虫胺对麦二叉蚜种群的毒力水平相近。

2.2 不同配比的高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配剂对麦二叉蚜的毒效比

不同比例的高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配使用,对麦二叉蚜的致死率及毒效比有所不同,结果见表 3。

表 2 高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺对麦二叉蚜的毒力

Table 2 Toxicities of *lambda*-cyhalothrin and nitenpyram to *Schizaphis graminum*

药剂 Insecticide	斜率±标准误 Slope±SE	LC ₅₀ / (mg/L)	95%置信区间/(mg/L) 95%CI	卡方值 χ^2	自由度 <i>df</i>	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
高效氯氟氰菊酯 <i>lambda</i> -cyhalothrin	1.08±0.21	25.01	11.62~38.19	5.50	13.00	0.96
烯啶虫胺 nitenpyram	1.08±0.13	28.21	18.78~38.72	5.10	13.00	0.97

表 3 不同配比的高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配剂对麦二叉蚜的致死率及毒效比¹⁾

Table 3 Lethality and toxicity ratio to *Schizaphis graminum* of the mixtures of *lambda*-cyhalothrin and nitenpyram at different ratio

混配组合 Mixture with different ratio	两种活性成分的使用量 (A+B)/(μg/mL) The usages of two active ingredients (A+B)	两种活性成分的 用量比(A:B) The usage ratio of two active ingredients (A:B)	预期死亡率/% Expected mortality	实际死亡率/% Actual mortality	毒效比 Toxicity ratio
10/10×LC ₅₀ (A):0/10×LC ₅₀ (B)	25.00±0.00	—	—	68.85	—
9/10×LC ₅₀ (A):1/10×LC ₅₀ (B)	22.51±2.82	8.0:1	67.38	67.21	1.00
8/10×LC ₅₀ (A):2/10×LC ₅₀ (B)	20.00±5.64	3.5:1	65.90	75.41	1.14
7/10×LC ₅₀ (A):3/10×LC ₅₀ (B)	17.51±8.46	2.1:1	64.43	77.05	1.20
6/10×LC ₅₀ (A):4/10×LC ₅₀ (B)	15.00±11.28	1.3:1	62.95	80.33	1.28
5/10×LC ₅₀ (A):5/10×LC ₅₀ (B)	12.50±14.11	1:1.1	61.48	91.80	1.49
4/10×LC ₅₀ (A):6/10×LC ₅₀ (B)	10.00±16.93	1:1.7	60.00	98.36	1.64
3/10×LC ₅₀ (A):7/10×LC ₅₀ (B)	7.50±19.75	1:2.6	58.52	68.85	1.18
2/10×LC ₅₀ (A):8/10×LC ₅₀ (B)	5.00±22.57	1:4.5	57.05	70.49	1.24
1/10×LC ₅₀ (A):9/10×LC ₅₀ (B)	2.50±25.39	1:10.2	55.57	83.61	1.50
0/10×LC ₅₀ (A):10/10×LC ₅₀ (B)	0.00±28.21	—	—	54.10	—

1) 表中 A 为高效氯氟氰菊酯,B 为烯啶虫胺;毒效比为实际死亡率与预期死亡率的比值。
In the table, A is *lambda*-cyhalothrin, and B is nitenpyram; toxicity ratio is the ratio of actual mortality to expected mortality.

结果表明,高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺两个有效成分用量接近的 1.3:1、1:1.1 及 1:1.7 的 3 个混配比例组合,麦蚜的实测死亡率显著高于预期死亡率,毒效比均大于 1.25,分别为 1.28、1.49、

1.64,表现为明显的增效作用,此外,烯啶虫胺用量较高的高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配组合(1:10.2),毒效比也达到了 1.50,也具有显著的增效作用。

2.3 高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配对麦二叉蚜的增效作用

根据 2 种杀虫剂混配的毒效比测定结果,为在混配剂中减少高效氯氟氰菊酯的使用量,我们选择了烯啶虫胺比例较高的混配组合作进一步研究,对包括具有较高毒效比的混配比例在内的 3 种高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配组合,即 1:4.5、1:7.5 和 1:10.2 混配组合,进行了室内毒力测定,并进一步计算了其共毒系数。

由表 4 可知,高效氯氟氰菊酯与烯啶虫胺有效成分比为 1:4.5、1:7.5 以及 1:10.2 时,其共毒系数分别

为 262.87、532.61 及 424.60,均表现为增效作用。

2.4 田间药效试验结果与分析

3 种药剂处理中,高效氯氟氰菊酯单剂处理表现出了优良的速效性和持效性,药后 1、3、7 d 的防效分别达到 82.25%、86.08%及 98.63%。而烯啶虫胺单剂处理在药后 1 d 防效很低,仅为 47.01%,药后 3 d 和 7 d 防效分别达到 67.54%和 82.17%。高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混剂处理的药后 1、3 d 和 7 d 的防效分别为 65.38%、83.42%和 92.98%,与高效氯氟氰菊酯单剂处理均没有显著性差异,但药后 1 d 防效显著高于烯啶虫胺单剂处理防效。

表 4 3 种高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配剂对麦二叉蚜毒力的增效作用¹⁾

Table 4 Synergetic effects on the toxicity to <i>Schizaphis graminum</i> of the three mixtures of <i>lambda</i> -cyhalothrin and nitenpyram						
混配比例(A:B) The ratio of A to B	斜率±标准误 Slope±SE	LC ₅₀ / (mg/L)	95%置信区间/(mg/L) 95% CI	卡方值 χ ²	自由度 df	共毒系数 Co-toxicity
1:4.5	1.16±0.22	10.54	7.20~20.36	9.02	13.00	262.87
1:7.5	1.61±0.19	5.22	3.92~6.61	14.46	13.00	532.61
1:10.2	1.52±0.24	6.57	4.78~9.97	14.92	13.00	424.60

1) 表中 A 为高效氯氟氰菊酯,B 为烯啶虫胺。
In the table, A is *lambda*-cyhalothrin,and B is nitenpyram.

表 5 不同药剂处理对麦蚜的防效¹⁾

Table 5 Field control efficacies of wheat aphids by different treatments

处理 Treatment	药前虫数/ (头/100 株) Number of aphids before treatment	药后 1 d 1 d after treatment		药后 3 d 3 d after treatment		药后 7 d 7 d after treatment	
		减退率/% Mortality	防效/% Control efficacy	减退率/% Mortality	防效/% Control efficacy	减退率/% Mortality	防效/% Control efficacy
10%高效氯氟氰菊酯 EW <i>lambda</i> -cyhalothrin 10% EW	778.75	85.37	(82.25± 10.86)a	91.30	(86.08± 9.19)a	99.40	(98.63± 1.51)a
20%烯啶虫胺 SL nitenpyram 20% SL	549.75	56.33	(47.01± 5.75)b	79.94	(67.54± 10.68)a	92.21	(82.17± 10.82)b
10%高效氯氟氰菊酯 EW+20%烯啶虫胺 SL(1:7.5) <i>lambda</i> -cyhalothrin 10% EW + nitenpyram 20% SL(1:7.5)	456.50	71.46	(65.38± 6.29)a	89.75	(83.42± 6.83)a	96.93	(92.98± 3.27)ab
对照 CK	627.00	17.58	—	38.19	—	46.30	—

1) 同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Different lowercase letters in the same column show significant differences ($P<0.05$).

3 结论与讨论

由于化学杀虫剂大量、持续地使用,田间麦蚜的抗药性日益增强,使用新型杀虫药剂防治麦蚜就显得尤为重要^[22]。但新农药的开发周期长、成本高,而科学合理的杀虫剂混用能够发挥增效作用和达到延缓害虫抗药性的目的,因此杀虫剂的混配是解决此类问题的有效方法之一。

试验结果表明,高效氯氟氰菊酯与烯啶虫胺按合适比例混用,对麦蚜具有显著增效作用,还可以优

势互补,具有速效性好、持效期长,药效好的优点。高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺的有效成分比为 1.3:1、1:1.1、1:1.7、1:10.2 时,麦蚜的实测死亡率显著高于预期死亡率,毒效比分别为 1.28、1.49、1.64、1.50,表现为增效作用。高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺按有效成分 1:4.5、1:7.5 和 1:10.2 混用,进一步测定混配组合的共毒系数均大于 200,显示出显著增效作用。田间药效试验也证明,高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺的 1:7.5 混配剂在田间使用时,药后 1、3、7 d 的防效与高效氯氟氰菊酯单剂防效相当,药后

1 d 防效显著高于烯啶虫胺单剂防效,表现出田间减量增效作用。凤剑舞等^[23]的研究发现,高效氯氟氰菊酯与印楝素最佳复配比例为 1:4,共毒系数为 353.24,对小菜蛾的防治效果高于高效氯氟氰菊酯单剂和印楝素单剂。陈诚^[24]的研究发现高效氯氟氰菊酯与苦参碱的最佳复配比为 6:4,共毒系数为 265,其对小菜蛾防效具有显著的增效作用。此外,有研究表明,高效氯氟氰菊酯与新烟碱类药剂混配对麦蚜具有较好的防效。如赵凤梅^[7]研究了用 20%呋虫胺·高效氯氟氰菊酯悬浮剂 30~40 mL/667 m² 处理对小麦蚜虫的防治效果,发现药后 1、3、7、14 d 防效显著高于 2 个对照药剂单剂处理的防效。郑之海^[8]的研究发现,30%高效氯氟氰菊酯·噻虫嗪悬浮剂 3~4 mL/667 m² 的推荐剂量处理对小麦蚜虫的田间防效,与对照单剂的防效基本相当,且持效期优于 2.5 g/L 高效氯氟氰菊酯微乳剂处理。本研究中 1:7.5 的高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配剂对麦蚜显示了较好的速效性和持效性,弥补了烯啶虫胺单剂的速效性差的缺点。因此,可以在田间使用 1:7.5 的高效氯氟氰菊酯和烯啶虫胺混配剂防治麦蚜,在保证防治效果的同时,还显著减少了常用药剂高效氯氟氰菊酯的用药量,对延缓麦蚜的抗药性发展有利。对其他具有增效作用的混配组合的田间防效,还需要进一步研究。

在田间害虫防治中,光照、温度、干旱、雨涝等环境因素的变化均会影响田间防效的结果^[25]。因此本次田间药效试验可能受药剂剂型、施药环境、药后降水等因素的影响。为全面阐明相关增效混配剂的田间增效作用,还需在各种不同田间环境下进一步开展田间防效及增效作用等相关研究。

参考文献

- [1] 周海波,程登发,陈巨莲. 小麦蚜虫田间调查及监测技术[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(3): 853-858.
- [2] LU Yanhui, HE Yanping, GAO Xiwu. Comparative studies on acetylcholinesterase characteristics between the aphids, *Sitobion avenae* and *Rhopalosiphum padi* [J/OL]. Journal of Insect Science, 2013, 13: 9. DOI: 10.1673/031.013.0901.
- [3] VIRENDRA G. Aphids on the world's crops. An identification and information guide [J]. Oriental Insects, 2001, 35(1): 104.
- [4] SCHLIEPHAKE E, HABEKUSS A, SCHOLZ M, et al. Barley yellow dwarf virus transmission and feeding behaviour of *Rhopalosiphum padi* on *Hordeum bulbosum* clones [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2013, 146: 347-356.
- [5] 吴孔明. 中国农作物病虫害防控科技的发展方向[J]. 农学报, 2018, 8(1): 35-38.
- [6] 张舒,郭茂胜,郑在武,等. 360 g/L 吡·高氯 SC 防治小麦蚜虫田间药效试验报告[J]. 湖北植保, 2011(5): 31-32.
- [7] 赵凤梅. 20%呋虫胺·高效氯氟氰菊酯悬浮剂防治小麦蚜虫田间药效试验初报[J]. 农业与技术, 2015(9): 325-326.
- [8] 郑之海. 30%高效氯氟氰菊酯·噻虫嗪悬浮剂防治小麦蚜虫田间药效试验初报[J]. 农业与技术, 2015, 35(2): 111.
- [9] 刘芹,仇保华,刘宗泉,等. 15%噻虫·高氯氟 SC 防治小麦蚜虫药效试验初报[J]. 农业与技术, 2018, 38(1): 12-13.
- [10] 魏立娜,叶非. 新烟碱类杀虫剂的作用机制、应用及结构改造的研究进展[J]. 农药科学与管理, 2013, 34(5): 27-34.
- [11] 王芳,杨旭东,赵凤苹,等. 烯啶虫胺对枸杞蚜虫的室内毒力和田间防效[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(1): 61-63.
- [12] 刘庆友,姚骏,李金叶,等. 60%吡蚜酮·20%烯啶虫胺 WG 防治小麦蚜虫的效果[J]. 农技服务, 2011, 28(8): 1165.
- [13] 倪运东,马学文,陈思宏,等. 多种药剂防治小麦蚜虫效果研究[J]. 中国农业信息, 2015(6): 68-69.
- [14] 李喜国. 北票市麦蚜绿色防控田间药效试验[J]. 现代农业, 2017(5): 25.
- [15] 杨吉春,李森,柴宝山,等. 新烟碱类杀虫剂最新研究进展[J]. 农药, 2007(7): 433-438.
- [16] TOMIZAWA M, CASIDA J E. Minor structural changes in nicotinoid insecticides confer differential subtype selectivity for mammalian nicotinic acetylcholine receptors [J]. British Journal of Pharmacology, 1999, 127(1): 115-122.
- [17] 毛凯凯. 褐飞虱对烯啶虫胺代谢抗性及其调控机制[D]. 武汉: 华中农业大学, 2020.
- [18] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则杀虫剂第 14 部分:浸叶法:NY/T 1154.14-2008 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [19] 吕桂贞,余明华,邱浩,等. 溴虫腈、茚虫威与氟啶脲复配对小菜蛾毒力最佳配比筛选及田间防效研究[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(2): 306-312.
- [20] 高志强,宋仲容,何家洪,等. 印楝素与高效氯氟氰菊酯混剂对菜青虫毒力最佳配比的筛选[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(1): 117-118.
- [21] 魏岑,刘乃炽. 农药混剂研制及混剂品种[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [22] 王超,李新安,刘恩良,等. 我国麦蚜抗药性及研究现状[J]. 环境昆虫学报, 2022, 44(3): 626-635.
- [23] 凤剑舞,张朝伦. 高效氯氟氰菊酯和印楝素混剂的室内毒力测定[J]. 江苏农业科学, 2009(1): 136-137.
- [24] 陈诚. 高效氯氟氰菊酯与苦参碱混配对小菜蛾的防治作用研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2019.
- [25] 吕桂贞. 杀虫剂混配对小菜蛾毒力联合作用及生化机理研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.

(责任编辑: 田 喆)