

# 阿维菌素与 3 种化学杀虫剂复配 对麦二叉蚜的联合毒力

董文阳<sup>#</sup>, 王超杰<sup>#</sup>, 桑梦科, 苏栩, 陈爽,  
朱振西, 陈锡岭<sup>\*</sup>, 张百重<sup>\*</sup>

(河南科技学院资源与环境学院, 新乡 453003)

**摘要** 为减少化学农药的使用量, 延缓抗药性, 实现化学农药的减量增效, 我们探讨了阿维菌素分别与吡虫啉、啉虫脒和氟啶虫胺胍复配对麦蚜的联合毒力。结果表明, 阿维菌素与吡虫啉有效成分比 3:1, 13:9, 1:2, 1:4, 1:7 时, 其共毒系数分别为 148.2, 152.6, 132.2, 156.2, 157.3, 最佳配比为 1:7, 其  $LC_{50}$  为 0.485  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; 阿维菌素与啉虫脒有效成分比 15:1, 5:2, 1:1 时, 其共毒系数分别为 155.3, 198.9, 139.1, 最佳配比为 5:2, 其  $LC_{50}$  为 0.255  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; 阿维菌素与氟啶虫胺胍有效成分比 2:1, 1:3, 10:19, 其共毒系数分别为 241.3, 176.3, 206.4, 最佳配比 2:1, 其  $LC_{50}$  为 0.222  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。不同药剂以增效显著的配比混配使用, 为麦蚜的有效防治和农药的减量使用提供了更好的途径。

**关键词** 麦蚜; 阿维菌素; 杀虫剂复配; 联合毒力

**中图分类号:** S 481.9 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018096

## Co-toxicity of abamectin with three chemical insecticides against *Schizaphis graminum* on wheat

DONG Wenyang, WANG Chaojie, SANG Mengke, SU Xu, CHEN Shuang,  
ZHU Zhenxi, CHEN Xiling, ZHANG Baizhong

(College of Resources and Environment, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

**Abstract** To delay resistance, achieve reduction and synergization of chemical insecticides, we explored co-toxicity of abamectin with imidacloprid, acetamiprid and sulfoxaflopr against *Schizaphis graminum* on wheat. The results indicated that co-toxicity coefficient (CTC) was 148.2, 152.6, 132.2, 156.2 and 157.3 when the proportion of active ingredients of abamectin and imidacloprid was 3:1, 13:9, 1:2, 1:4 and 1:7, respectively, of which the proportion of 1:7 had the highest co-toxicity, with the  $LC_{50}$  value of 0.485  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . CTC was 155.3, 198.9 and 139.1 when the proportion of active ingredients of abamectin and acetamiprid was 15:1, 5:2 and 1:1, respectively, of which the proportion of 5:2 had the highest co-toxicity, with the  $LC_{50}$  value of 0.255  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . CTC was 241.3, 176.3 and 206.4 when the proportion of active ingredients of abamectin and acetamiprid was 2:1, 1:3 and 10:19, respectively, of which the proportion of 2:1 had the highest co-toxicity, with the  $LC_{50}$  value of 0.222  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . All the proportions above had significant synergism. This study provided important theoretical basis for overcoming or delaying the resistance, reducing the cost and improving the control efficacy on wheat aphids.

**Key words** wheat aphid; abamectin; insecticide compound; co-toxicity

麦蚜是为害麦类的主要害虫, 它不但通过口针刺吸作物汁液, 而且还传播黄矮病毒病, 造成麦类黄矮病盛行<sup>[1]</sup>, 小麦受害后, 植株早衰、千粒重降低, 有

的甚至会全株死亡, 小麦减产, 品质下降<sup>[2]</sup>。小麦在我国北方地区是主食农作物, 因此, 麦蚜的防治尤为重要。全世界为害麦类作物的蚜虫有 32 种, 我国主

收稿日期: 2018-03-02 修订日期: 2018-04-07

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201700); 河南省科技攻关计划(农业领域)(182102110053), 河南科技学院高层次人才引进启动项目(208010616003)

\* 通信作者 E-mail: baizhongzhang@hist.edu.cn; chenxiling@hist.edu.cn  
# 为并列第一作者

要有麦长管蚜 *Sitobion avenae*、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* 和麦无网长管蚜 *Acyrtosiphon dirhodum* (Walker) 等<sup>[3]</sup>。黄淮海麦区以麦长管蚜、禾谷缢管蚜为主<sup>[4-5]</sup>。长期以来,我国麦蚜的防治主要以化学农药为主。主要包括新烟碱类、拟除虫菊酯类和氨基甲酸酯类等化学杀虫剂<sup>[6-7]</sup>。但化学杀虫剂大量、持续等不合理的使用,势必造成麦蚜产生抗药性,另外,麦蚜繁殖量很大,世代交替速度快,造成麦蚜对常用杀虫剂产生了较高的抗性<sup>[4,8]</sup>。

阿维菌素作为一种无公害微生物源农药,杀虫谱广,主要用来防治虫体小、世代多、易出现抗药性的刺吸性害虫如害螨、木虱、蚜虫等。其在土壤和水中易降解,易被土壤吸附,不会淋溶,无残留,不会污染环境,在生物体内也无积累和持久性残留<sup>[9-11]</sup>。农药复配剂在现代农业病虫害防治和新型农药的研制和使用中占有重要的地位,杀虫剂的合理复配是延缓或克服害虫抗性的有效措施之一,可以提高药效、降低成本<sup>[12-13]</sup>。阿维菌素与化学杀虫剂复配,一是可增加速效性,阿维菌素杀虫速度较慢,但持效期长,与速效性杀虫剂复配成的混剂,既有速效性,又有持效性;二是延缓害虫产生耐药性,因阿维菌素杀虫作用机理特殊,与无交互抗性的化学农药复配成的混剂能延缓害虫产生耐药性。

因此,本研究以阿维菌素为主干药剂,对其与吡虫啉、啶虫脒和氟啶虫胺胍 3 种化学杀虫剂进行复配,筛选出最佳配比,并测定其联合毒力,以期获得防治麦蚜的最佳防效,减少化学农药使用量,更好地指导田间科学合理用药。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 试虫

供试蚜虫来自中国农业大学昆虫毒理与分子生物学实验室,在温度 18~25℃,相对湿度大约 50%~70%,光周期 L//D=17 h//7 h 的条件下饲养于养虫笼中。饲养方法参照利用水培麦苗大量饲养麦蚜的技术<sup>[14]</sup>。

#### 1.1.2 药剂

98.54%啶虫脒原药(acetamiprid),96.00%吡虫啉原药(imidacloprid),98.20%阿维菌素原药(abamectin),99.00%氟啶虫胺胍原药(sulfoxaflor),

95.20%氧乐果原药(omethoate)均来自深圳诺普信股份有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 毒力测定

生物测定采用玻璃管药膜法,并稍加改进<sup>[15]</sup>。先将氟啶虫胺胍、吡虫啉、啶虫脒和阿维菌素分别用丙酮配制成 2 000 mg/L 的母液,使用时再用丙酮按等比或等差稀释成 5~7 个浓度,每个浓度 3 次重复。用移液枪分别吸取 200 μL 稀释后的药液加入到玻璃管(直径 1.8 cm,高 7.2 cm,内表面积 40 cm<sup>2</sup>)中,立即滚匀。随着丙酮的挥发,药剂会均匀附着于玻璃管内壁,静置 3 h 以上待丙酮完全挥发后用于生物测定,使用丙酮作对照处理。挑取 20 头健康一致的无翅成蚜放入带药膜的玻璃管中,用纱布封住管口,在室内正常饲养条件下(温度 18~25℃,相对湿度 50%~70%,光照 L//D=17 h//7 h)饲养,24 h 后检查死亡率,只有一条腿动或完全不动者视为死亡<sup>[16]</sup>,以对照死亡率小于 10%为有效测定,并用对照死亡率进行校正。所得数据用 POLO 软件进行分析,计算出氟啶虫胺胍、吡虫啉、啶虫脒和阿维菌素等对麦二叉蚜的 LC<sub>50</sub>。

#### 1.2.2 杀虫剂活性成分对麦二叉蚜的联合毒力

##### 1.2.2.1 杀虫剂活性成分复配最佳配比的筛选

采用交互测定法进行最佳配比的筛选<sup>[17]</sup>。以单剂 A、B 的 LC<sub>50</sub>为基础,设 11 个浓度梯度及空白对照共 12 个处理进行测定,其中各处理两单剂比例如表 1(以各自 LC<sub>50</sub>为 100%,然后 10 等分,分别计算在各比例中的含量)。

表 1 复配药剂中各单剂所占比例

Table 1 Proportion of each agent in the compound pesticide

组别 Group	单剂 A/% Agent A	单剂 B/% Agent B	组别 Group	单剂 A/% Agent A	单剂 B/% Agent B
1	100	0	7	40	60
2	90	10	8	30	70
3	80	20	9	20	80
4	70	30	10	10	90
5	60	40	11	0	100
6	50	50	12	0	0

预期死亡率=A 农药 LC<sub>50</sub>实际死亡率×A 农药所占比例+B 农药 LC<sub>50</sub>实际死亡率×B 农药所占比例;

毒效比率=实际死亡率/预期死亡率;

毒效比率>1.25 表现增效作用,毒效比率<0.75 表现拮抗作用,毒效比率在 1 左右为相加作用<sup>[18]</sup>。

### 1.2.2.2 共毒系数测定

按照报道的杀虫剂联合毒力计算方法计算<sup>[19]</sup>,若共毒系数在 100 左右为相加作用,大于 120 或小于 80,分别为增效或拮抗作用。

共毒系数(CTC)=混剂(A+B)实测毒力指数/混剂(A+B)理论毒力指数×100;

混剂实测毒力指数(ATI)=标准药剂的 LD<sub>50</sub>(LC<sub>50</sub>)/混剂(A+B)的 LD<sub>50</sub>(LC<sub>50</sub>)×100;

(A+B)的理论毒力指数(TTI)=A 剂的毒力指数×A 剂在混剂中的质量百分含量+B 剂的毒力指数×B 剂在混剂中的质量百分含量;

单剂毒力指数(TI)=标准药剂的 LD<sub>50</sub>(LC<sub>50</sub>)/供试单剂的 LD<sub>50</sub>(LC<sub>50</sub>)×100。

## 2 结果与分析

### 2.1 4 种杀虫剂对麦二叉蚜的毒力

由表 2 可知,啶虫脒对麦二叉蚜的毒力最高,其 LC<sub>50</sub>为 0.236 μg/mL,其次为氧乐果,吡虫啉和氟啶虫胺腈,其 LC<sub>50</sub>分别为 0.245、0.328 和 0.442 μg/mL,阿维菌素毒力最低,LC<sub>50</sub>为 0.929 μg/mL。

由表 3 可知,阿维菌素与吡虫啉各配比中对麦二叉蚜的致死率高于各单剂的配比有 9:1,8:2,7:3,6:4,4:6 和 3:7,以 8:2 致死率最高,达到 90.56%,毒效比大于 1.6 的复配比例有 9:1,8:2 和 3:7,具有增效作用,其中比例为 8:2 的时候,毒效比最大,达到 2.045。

表 2 4 种杀虫剂对麦二叉蚜毒力

Table 2 Toxicities of the four insecticides on greenbug

药剂 Insecticide	斜率 Slope (平均值±标准误) (Mean±SE)	致死中浓度(95%置信限)/ μg·mL <sup>-1</sup> LC <sub>50</sub> (95% confidence limit)	自由度 Degree of freedom	相关系数(r) Correlation coefficient	卡方值 χ <sup>2</sup>
氧乐果 omethoate	2.176±0.223	0.245(0.177~0.304)	13	0.995	7.044
阿维菌素 abamectin	2.406±0.267	0.929(0.639~1.665)	13	0.962	6.086
啶虫脒 acetamiprid	2.286±0.228	0.236(0.164~0.446)	13	0.983	5.264
吡虫啉 imidacloprid	2.184±0.235	0.328(0.231~0.422)	13	0.991	4.433
氟啶虫胺腈 sulfoxaflor	2.079±0.243	0.442(0.274~0.634)	13	0.993	7.936

表 3 阿维菌素与吡虫啉不同配比对麦二叉蚜致死率<sup>1)</sup>

Table 3 Lethality of different proportion of abamectin and imidacloprid on greenbug

复配比例 Proportion C:A	质量浓度(C+A)/μg·mL <sup>-1</sup> Mass concentration of (C+A)	有效成分比(C:A) Proportion of active ingredients C:A	预期死亡率/% Predicted mortality	实际死亡率/% Observed mortality	毒效比 Ratio of toxic effect
1:0	0.33±0.00	—	—	45.15	—
9:1	0.30±0.09	3:1	43	80.26	1.860
8:2	0.26±0.18	13:9	44	90.56	2.045
7:3	0.23±0.28	1:1	45	70.79	1.556
6:4	0.20±0.38	1:2	47	65.34	1.383
5:5	0.17±0.47	1:3	48	60.98	1.250
4:6	0.13±0.56	1:4	48	75.23	1.563
3:7	0.10±0.66	1:7	49	80.87	1.633
2:8	0.07±0.75	1:10	49	60.02	1.224
1:9	0.03±0.85	1:28	50	60.10	1.200
0:1	0.00±0.94	—	—	65.28	—

1) 表中 C 为吡虫啉, A 为阿维菌素。

In the table, C means imidacloprid, and A means abamectin.

由表 4 可知,阿维菌素与啶虫脒不同配比对麦二叉蚜的致死率高于各单剂的复配比例有 9:1,8:2,6:4,5:5,4:6 和 2:8,以 9:1 致死率最高,达到 81.35%,其中毒效比大于 1.25 的复配比例有 9:1,8:2,4:6 和 2:8,具有增效作用,复配比例为 9:1 的时候,毒效比最大,为 1.667。

由表 5 可知,阿维菌素与氟啶虫胺腈不同配比对麦二叉蚜的致死率高于各单剂的比例有 8:2 和 4:6,以 8:2 致死率最高,达到 80.21%,毒效比大于 1.3 的复配比例同样为 8:2 和 4:6,此 2 种配比具有增效作用,复配比例为 8:2 的时候,毒效比最大,为 1.702。

表 4 阿维菌素与啶虫脒不同配比对麦二叉蚜致死率<sup>1)</sup>

Table 4 Lethality of different proportion of abamectin and acetamiprid on greenbug

复配比例 Proportion A:B	质量浓度(A+B)/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Mass concentration of (A+B)	有效成分比(A:B) Proportion of active ingredients (A:B)	预期死亡率/% Predicted mortality	实际死亡率/% Observed mortality	毒效比 Ratio of toxic effect
1:0	0.93+0.00	—	—	45.12	—
9:1	0.84+0.24	7:2	48	81.35	1.667
8:2	0.74+0.05	15:1	49	65.38	1.327
7:3	0.65+0.07	9:1	49	55.63	1.122
6:4	0.56+0.10	11:2	48	60.56	1.250
5:5	0.47+0.12	4:1	48	60.21	1.250
4:6	0.37+0.14	5:2	47	70.85	1.489
3:7	0.28+0.17	9:5	46	25.22	0.543
2:8	0.19+0.19	1:1	45	60.24	1.333
1:9	0.93+0.22	4:1	48	55.85	1.146
0:1	0.00+0.24	—	—	55.36	—

1) 表内 A 为阿维菌素, B 为啶虫脒。

In the table, A means abamectin, and B means acetamiprid.

表 5 阿维菌素与氟啶虫胺胍复配对麦二叉蚜致死率<sup>1)</sup>

Table 5 Lethality of different proportion of abamectin and sulfoxaflor on greenbug

复配比例 Proportion D:A	质量浓度(D+A)/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Mass concentration of (D+A)	有效成分比(D:A) Proportion of active ingredients D:A	预期死亡率/% Predicted mortality	实际死亡率/% Observed mortality	毒效比 Ratio of toxic effect
1:0	0.44+0.00	—	—	50.32	—
9:1	0.40+0.94	3:7	43	30.52	0.698
8:2	0.35+0.19	2:1	47	80.21	1.702
7:3	0.31+0.28	1:1	45	35.33	0.778
6:4	0.26+0.38	2:3	44	50.89	1.136
5:5	0.22+0.47	1:2	43	35.75	0.814
4:6	0.18+0.56	1:3	43	60.56	1.395
3:7	0.13+0.66	1:5	42	50.85	1.190
2:8	0.90+0.75	6:5	45	50.77	1.111
1:9	0.44+0.85	10:19	43	55.56	1.279
0:1	0.00+0.94	—	—	55.98	—

1) 表内 D 为氟啶虫胺胍, A 为阿维菌素。

In the table, D means sulfoxaflor and A means abamectin.

## 2.2 阿维菌素与 3 种化学杀虫活性成分对麦二叉蚜毒杀活性的协同增效作用

经过测定阿维菌素与 3 种化学农药复配的毒效比, 确定了具有协同增效作用的配比组合, 为了进一步测定这些复配组合的共毒系数, 分别对各配比进行室内毒力测定, 求出组合的  $LC_{50}$ , 然后结合其单个活性成分的  $LC_{50}$ , 计算共毒系数。

由表 6 可知, 阿维菌素与吡虫啉有效成分比 3:1, 13:9, 1:2, 1:4, 1:7 时, 其共毒系数分别为 148.2, 152.6, 132.2, 156.2, 157.3, 为增效作用, 而 1:1 时, 其共毒系数为 119.7, 为相加作用。当两者有效成

分比为 1:7 时, 达到最大共毒系数 157.3,  $LC_{50}$  为 0.485  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

由表 7 可知, 阿维菌素与啶虫脒有效成分比 15:1, 5:2, 1:1 时, 其共毒系数分别为 155.3, 198.9, 139.1, 为增效作用, 而 7:2 时, 其共毒系数为 81.9, 为拮抗作用。当两者有效成分比为 5:2 时达到最大共毒系数 198.9,  $LC_{50}$  为 0.255  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

由表 8 可知, 阿维菌素与氟啶虫胺胍有效成分比 2:1, 1:3, 10:19, 其共毒系数分别为 241.3, 176.3, 206.4, 均为增效作用。当两者有效成分比 2:1 时达到最大共毒系数 241.3,  $LC_{50}$  为 0.222  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

表 6 阿维菌素与吡虫啉对麦二叉蚜毒杀活性的协同增效作用<sup>1)</sup>

Table 6 Synergetic effect of different active ingredient proportion of abamectin and imidacloprid on greenbug

有效成分比(C:A) Proportion of active ingredients (C:A)	斜率 (平均值±标准误) Slope(Mean±SE)	致死中浓度 (95%置信限)/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ $\text{LC}_{50}$ (95% confidence limit)	卡方值 $\chi^2$	自由度 Degree of freedom	相关系数( <i>r</i> ) Correlation coefficient	共毒系数 Co-toxicity coefficient
1:0	0.663±0.0194	0.328(0.231~0.422)	3.206	10	0.923	—
0:1	0.284±0.322	0.929(0.639~1.665)	0.976	10	0.939	—
3:1	2.683±0.781	0.264(0.101~0.355)	1.342	10	0.916	148.2
13:9	2.516±0.758	0.293(0.101~0.378)	2.589	10	0.923	152.6
1:1	1.854±0.583	0.406(0.322~0.525)	0.598	10	0.917	119.7
1:2	1.906±0.590	0.515(0.405~0.679)	3.019	10	0.953	132.2
1:4	1.776±0.573	0.438(0.305~0.540)	1.140	10	0.936	156.2
1:7	2.133±0.588	0.485(0.316~0.563)	1.627	10	0.928	157.3

1) 表内 C 为吡虫啉, A 为阿维菌素; 以氧乐果为标准药剂。

In the table, C means imidacloprid, and A means abamectin; the standard agent is omethoate.

表 7 阿维菌素与啶虫脒对麦二叉蚜毒杀活性的协同增效作用<sup>1)</sup>

Table 7 Synergetic effect of different active ingredient proportion of abamectin and acetamiprid on greenbug

有效成分比(A:B) Proportion of active ingredients (A:B)	斜率 (平均值±标准误) Slope(Mean±SE)	致死中浓度 (95%置信限)/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ $\text{LC}_{50}$ (95% confidence limit)	卡方值 $\chi^2$	自由度 Degree of freedom	相关系数( <i>r</i> ) Correlation coefficient	共毒系数 Co-toxicity coefficient
1:0	0.284±0.322	0.929(0.639~1.665)	0.976	10	0.853	—
0:1	2.286±0.228	0.236(0.164~0.366)	4.400	10	0.909	—
7:2	3.829±0.737	0.687(0.423~0.859)	6.08	10	0.919	81.9
15:1	2.962±0.641	0.509(0.353~0.703)	0.174	10	0.937	155.3
5:2	1.258±0.540	0.255(0.108~0.372)	0.197	10	0.922	198.9
1:1	1.813±0.577	0.271(0.152~0.426)	0.020	10	0.934	139.1

1) 表内 A 为阿维菌素, B 为啶虫脒; 以氧乐果为标准药剂。

In the table, A means abamectin, and B means acetamiprid; the standard agent is omethoate.

表 8 阿维菌素与氟啶虫胺腈对麦二叉蚜毒杀活性的协同增效作用<sup>1)</sup>

Table 8 Synergetic effect of different active ingredient proportion of abamectin and sulfoxaflor on greenbug

有效成分比例(D:A) Proportion of active ingredients (D:A)	斜率 (平均值±标准误) Slope(Mean±SE)	致死中浓度 (95%置信限)/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ $\text{LC}_{50}$ (95% confidence limit)	卡方值 $\chi^2$	自由度 Degree of freedom	相关系数( <i>r</i> ) Correlation coefficient	共毒系数 Co-toxicity coefficient
1:0	1.539±0.371	0.442(0.274~0.634)	1.517	10	0.886	—
0:1	0.284±0.322	0.929(0.639~1.665)	0.976	10	0.892	—
2:1	2.279±0.590	0.222(0.101~0.392)	0.105	10	0.837	241.3
1:3	1.745±0.566	0.416(0.224~0.651)	0.777	10	0.909	176.3
10:19	1.815±0.578	0.453(0.325~0.593)	0.019	10	0.931	206.4

1) 表内 D 为氟啶虫胺腈, A 为阿维菌素; 以氧乐果为标准药剂。

In the table, D means sulfoxaflor, A means abamectin; the standard agent is omethoate.

### 3 结论与讨论

阿维菌素是一种新型抗生素, 具有结构新颖、农畜两用的特点<sup>[20]</sup>, 已有报道阿维菌素与其他化学农药复配取得较好的防治效果<sup>[9, 21-22]</sup>。目前, 国内评价农药复配增效作用的方法主要采用共毒系数法。该方法可直接得到某个配比是否增效及增效程度, 但在选择两单剂的配比比例时, 存在较强的主观性, 很可能出现所选择的所有配比增效作用都很弱甚至出现拮抗作用的现象。因此可以先采用交互测定法

进行最佳配比的筛选, 再用共毒系数法, 根据各药剂的毒力值, 计算出有增效作用的配比组合。

本文在测定阿维菌素、吡虫啉、啶虫脒和氟啶虫胺腈各单剂对麦二叉蚜毒力的基础上, 研究了阿维菌素与吡虫啉、啶虫脒、氟啶虫胺腈的复配对麦二叉蚜的联合毒力作用。结果显示, 阿维菌素分别与 3 种化学杀虫剂配比恰当时均有较好的增效作用。其中, 当阿维菌素与吡虫啉有效成分比为 1:7 时, 共毒系数为 157.3, 其  $\text{LC}_{50}$  为 0.485  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; 当与啶虫脒有效成分比为 5:2 时, 共毒系数为 198.9,  $\text{LC}_{50}$  为

0.255  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。阿维菌素与氟啶虫胺胍复配比例在 2:1 时,共毒系数最大为 241.3,其  $\text{LC}_{50}$  为 0.222  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。据报道,阿维菌素与吡虫啉复配对梨木虱和菜蚜有较好防效<sup>[23-24]</sup>。阿维菌素和氟啶虫胺胍复配对瓜蚜有很好的防治效果<sup>[25-26]</sup>,任淑年<sup>[27]</sup>将阿维菌素和啶虫脒复配对白粉虱取得了较好的防治效果。

本文首次系统研究了阿维菌素分别与 3 种化学杀虫剂复配对麦二叉蚜的最佳配比及其联合毒力。这将为针对麦蚜复配剂配方的筛选提供理论基础和技术支持,但复配剂的剂型及田间试验仍需进一步研究。农药混剂的筛选不仅需要室内测定,而且需要田间药效试验的验证,还要考虑田间环境和害虫发生情况等因素<sup>[28]</sup>。并且由于麦田新烟碱类杀虫剂长期大量使用,麦蚜已经对其产生一定抗性<sup>[29]</sup>。阿维菌素、氟啶虫胺胍和吡虫啉等杀虫剂的作用机制差异较大,无交互抗性<sup>[30]</sup>。因此,阿维菌素与氟啶虫胺胍的复配药剂可作为吡虫啉和啶虫脒的轮换药剂使用,以延缓麦蚜对吡虫啉和啶虫脒的抗性发展。

## 参考文献

[1] 王美芳,原国辉,陈巨莲,等. 麦蚜发生危害特点及小麦抗蚜性鉴定的研究[J]. 河南农业科学,2006,35(7):58-60.

[2] ZHOU Haibo, CHEN Julian, LIU Yong, et al. Influence of garlic intercropping or active emitted volatiles in releasers on aphid and related beneficial in wheat fields in China [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013, 12(3): 467-473.

[3] 曹雅忠,尹姝,李克斌,等. 小麦蚜虫不断猖獗原因及控制对策的探讨[J]. 植物保护,2006,32(5):72-75.

[4] 王随保,陈斌,王义,等. 小麦蚜虫及黄矮病综合防治研究综述[J]. 山西农业科学,2003,31(2):69-71.

[5] 刘泽文,韩召军,张玲春. 吡虫啉防治同翅目害虫的应用综述[J]. 植保技术与推广,2003,23(3):30-32.

[6] CHEN Maohua, HAN Zhaojun, QIAO Xianfeng, et al. Resistance mechanisms and associated mutations in acetylcholinesterase genes in *Sitobion avenae* (Fabricius) [J]. Pesticide Biochemistry & Physiology, 2007, 87(3): 189-195.

[7] LU Yanhui, GAO Xiwu. Multiple mechanisms responsible for differential susceptibilities of *Sitobion avenae* (Fabricius) and *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) to pirimicarb [J]. Bulletin of Entomological Research, 2009, 99(6): 611-617.

[8] 成惠珍,郑淑英,郭玉荣,等. 麦蚜对几种药剂的抗性[J]. 河南农业科学,2004,33(6):50-51.

[9] 刘军和. 阿维菌素和天敌瓢虫对枸杞蚜虫的控制效果评价[J].

北方园艺,2008(11):162-165.

[10] 韩斌杰. 4 种生物农药对枸杞蚜虫的田间防效[J]. 甘肃农业科技,2014(6):48-49.

[11] 王小强,刘长仲,邢亚田,等. 吡虫啉、阿维菌素和高效氯氰菊酯亚致死剂量对绿色型豌豆蚜发育及繁殖的影响[J]. 草业学报,2014,23(5):279-286.

[12] 唐振华. 昆虫抗药性及其治理[M]. 北京:农业出版社,1993:422-440.

[13] 王丽娟,陈彦. 高效氯氰菊酯与硫丹混配对麦长管蚜增效毒力测定[J]. 辽宁农业科学,2003(3):48.

[14] 潘怡欧,秦正睿,席景会. 大豆蚜玻璃管药膜法敏感毒力基线的建立[J]. 大豆科学,2010,29(3):483-485.

[15] 鲁艳辉,杨婷,高希武. 禾谷缢管蚜和麦长管蚜玻璃管药膜法敏感毒力基线的建立[J]. 昆虫学报,2009,52(1):52-58.

[16] 程登发,田喆,孙京瑞,等. 禾缢管蚜在不同温度条件下的飞行能力[J]. 昆虫学报,1997,40(1):180-185.

[17] 吕桂贞,余明华,邱浩,等. 溴虫脒、啉虫威与氟啶脒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.

[18] 高志强,宋仲容,何家洪,等. 印楝素与高效氯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.

[19] 李应金,陈惠明,袁熙贤,等. 农药混剂对烟草蚜虫的联合毒力测定[J]. 烟草科技,2003(7):41-43.

[20] 阿维菌素[EB/OL]. (2015-06-27)[2015-10-12]. <http://baike.haosou.com/doc/2718362-2869668.html>.

[21] 马洪兵,刘玉,姜淑霞,等. 阿维菌素和士达防治月季长管蚜及黄杨绢野螟试验[J]. 山东林业科技,2006(2):50-51.

[22] 彭昌家,白体坤,丁攀,等. 生物农药和生化复配剂防治设施秋番茄温室白粉虱效果研究[J]. 农学学报,2016,6(5):23-27.

[23] 刘刚. 阿维菌素与吡虫啉/啶虫脒混配对梨木虱有较好防效[J]. 农药市场信息,2013(21):48.

[24] 顾国华,葛红,韩娟,等. 阿维菌素·吡虫啉复配剂对菜蚜的室内毒力与田间防效[J]. 长江大学学报(自然科学版),2006,3(8):105-107.

[25] 陈金翠,王泽华,金桂华,等. 6 种农药对瓜蚜的毒力测定及田间药效[J]. 植物保护,2016,42(5):230-233.

[26] 刘刚. 阿维菌素、溴氰虫酰胺、氟啶虫胺胍防治瓜蚜效果较好[J]. 农药市场信息,2016(27):54.

[27] 任淑年. 4%阿维菌素·啶虫脒乳油防治白粉虱药效试验[J]. 现代园艺,2013(17):85.

[28] 高熹,吴国星,杨继雄,等. 6 种杀虫剂对花椒橘蚜的室内毒力及田间药效试验[J]. 农药,2012,51(2):138-140.

[29] 刘燕承. 禾谷缢管蚜抗性及其亚致死效应研究[D]. 雅安:四川农业大学,2016.

[30] 叶莹. 新烟碱杀虫剂 sulfoxaflor 的生物特性[J]. 世界农药,2011,33(4):19-24.

(责任编辑:杨明丽)