

新乡地区麦蚜对3种杀虫剂的抗药性 风险评价

王 泽¹, 郭振营¹, 李梦姣¹, 胡 宁¹, 刘 凯², 雷晓天¹, 董彦琪¹, 岳文英^{2*}, 郭志刚^{1*}

¹新乡市农业科学院, 河南 新乡

²河南省农药检定站, 河南 郑州

收稿日期: 2022年8月21日; 录用日期: 2022年9月19日; 发布日期: 2022年9月26日

摘 要

目的: 明确新乡地区麦蚜对3种常用杀虫剂的抗性现状, 指导本地区田间蚜虫防治实践。方法: 采用药膜法室内测定新乡3县麦蚜对吡虫啉、氧乐果、高效氯氟菊酯三种常用杀虫剂的抗药性。并对辉县市小麦蚜虫的抗药性进行了大田药效试验。结果: 室内试验表明; 三县麦长管蚜对氧乐果抗性均处敏感水平, 辉县和原阳麦长管蚜对吡虫啉均有较明显的抗性, 其中在原阳达到中等水平抗性。原阳麦长管蚜对高效氯氟菊酯抗性为低水平抗性, 其他两地处敏感水平。大田实验表明: 辉县市麦蚜防治要达到理想防效(90%), 吡虫啉、高效氯氟菊酯、氧化乐果至少需用到推荐用量的2.59倍、1.10倍和1.57倍。结论: 辉县市、卫辉市和原阳县麦田的麦长管蚜均对吡虫啉、高效氯氟菊酯、氧乐果产生抗性程度差异较大, 但并未达到高水平抗性。原阳县应限制使用吡虫啉, 以减缓抗性发展。

关键词

麦蚜, 杀虫剂, 抗药性

The Assessment about Resistance of Wheat Aphid to Three Insecticides in Xinxiang District

Ze Wang¹, Zhenying Guo¹, Mengjiao Li¹, Ning Hu¹, Kai Liu², Xiaotian Lei¹, Yanqi Dong¹,
Wenyong Yue^{2*}, Zhigang Guo^{1*}

¹Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang Henan

²Institute for the Control of Agrochemicals of Henan Province, Zhengzhou Henan

Received: Aug. 21st, 2022; accepted: Sep. 19th, 2022; published: Sep. 26th, 2022

*通讯作者。

文章引用: 王泽, 郭振营, 李梦姣, 胡宁, 刘凯, 雷晓天, 董彦琪, 岳文英, 郭志刚. 新乡地区麦蚜对 3 种杀虫剂的抗药性风险评价[J]. 农业科学, 2022, 12(9): 857-864. DOI: 10.12677/hjas.2022.129121

Abstract

Objective: In order to clarify the resistance status of wheat aphid to three common insecticides in Xinxiang district and guide prevention practice of the field aphid in this district. **Methods:** Apply the drug film method to determine the resistance of wheat aphid to three common insecticides imidacloprid, Omethoate and beta cypermethrin in Xinxiang 3 districts and carry out the field efficacy test of wheat aphid resistance in Huixian. **Results:** Laboratory tests show that the resistance of wheat long tube aphid to Omethoate in three countries is sensitive, the resistance of wheat long tube aphid to imidacloprid in Huixian and Yuanyang is obvious, and it reaches a medium level in Yuanyang. The resistance of wheat long tube aphid to beta cypermethrin in Yuanyang is low, and it is sensitive in another two places. The field experiment shows that it is necessary to apply at least 2.59 times, 1.10 times and 1.57 times of the recommended dosage of imidacloprid, beta cypermethrin and Omethoate so as to achieve the ideal control effect (90%). **Conclusion:** The resistance of wheat aphid to imidacloprid, beta cypermethrin and Omethoate varies greatly in Huixian, Weihui and Yuanyang wheat fields, but there is no population with high resistance. The application of imidacloprid should be restricted in Yuanyang for the sake of slowing down the development of resistance.

Keywords

Wheat Aphid, Insecticide, Resistance

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

麦蚜是我国小麦生产中重要的害虫之一。其发生的种类可因地区和气候的差异而不同。一般来讲,全国范围内比较常见的为麦长管蚜(*Macrosiphium avenae*)、麦二叉蚜(*Schizaphis graminum*)、禾谷缢管蚜(*Rhopalosiphum padi*)、无网长管蚜(*Acyrtosiphon dirhodum*) [1]。麦蚜为刺吸式口器,若蚜、成蚜可吸食寄主作物的叶部、茎部和穗粒,造成叶片黄化,生长停滞,籽粒不饱满,严重时造成不能结实或整株枯死[2] [3]。麦蚜分泌的蜜露还可以影响小麦的光合作用,诱发病害。此外,麦蚜可作为多种病原菌和病毒的传播媒介,可引起小麦黄矮病等病害[4],严重影响小麦的产量和品质。据报道,近些年来我国小麦受蚜虫为害面积在 1500 万公顷·次左右,造成巨大的损失[5]。目前,我国生产实际中,虽然提倡多种防治方法并重,但化学防治仍占绝对的主导地位[6] [7]。防治的主要药剂包括有机磷、拟除虫菊酯和新烟碱类等种类。吡虫啉是一种亚硝基甲类杀虫剂,通过作用于昆虫的烟碱乙酰胆碱酯酶受体,从而使昆虫神经麻痹致死,并有触杀、胃毒、内吸等多种作用[8]。高效氯氟菊酯是拟除虫菊酯类杀虫剂的典型代表,主要作用于昆虫神经膜中钠离子通道,导致该通道打开时间过长,从而阻碍神经信号传输,最终导致死亡,以触杀为主,无内吸作用[9]。氧乐果是 AchR 的离子通道开放阻断剂,使神经肌肉细胞接头 Ach 积累,最终导致死亡,有很强的触杀和内吸作用[10]。通过大面积的持续单一用药会对蚜虫造成巨大的选择压力,加之蚜虫繁殖量大,生长周期短,发生代数多,种群密度大,导致麦蚜在相对较短时间内对常见杀虫剂敏感性降低,产生了较为严重的抗药性[11]。自上个世纪末,麦蚜的抗药性逐渐受到人们关注,不断有报道称麦蚜对常见杀虫剂产生不同程度的抗性,部分种群甚至达到了极高水平抗性[12] [13] [14] [15]。新乡

地区是河南省乃至全国重要的小麦生产区。种植面积 25 万公顷,总产量 187.5 万吨[16]。麦蚜是本地区最重要的虫害,麦长管蚜是麦蚜的优势种群。龚培盼对本地区麦长管蚜种群抗性水平测定显示,麦长管蚜对高效氯氰菊酯 139.64 倍的高水平抗性[5]。本试验以室内测定和田间试验相结合的方法测定并明确新乡麦区麦长管蚜对常见 3 种杀虫剂的敏感性和抗药性现状,以期指导田间蚜虫防治实践,并为科学精准用药以及麦蚜的可持续防控以及抗性治理提供数据支撑。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

新乡冬小麦区麦田蚜虫,其中室内测定选择优势种群麦长管蚜为代表种类。

2.2. 试验药剂

95.0%吡虫啉(原药,江苏长青农化股份有限公司提供)、80.1%氧乐果(原药,兰博尔开封科技有限公司提供)、95.7%高效氯氰菊酯(原药,河南远见农业科技有限公司提供)、丙酮(试剂)、吐温-80。

2.3. 试验方法及数据处理

2.3.1. 室内生物测定

1) 试虫采集

在麦蚜盛发期(2021 年 4 月 28 日~2021 年 5 月 2 日)采集试虫,所有供试蚜虫采自大面积种植区小麦田。在辉县市、卫辉市、原阳县各选取 1 块麦田进行试虫采集,尽可能多采集无翅成蚜,数量不少于 2000 头,与小麦叶片一同带回实验室。当天及时进行室内测定。各采集地点地理信息如下:a) 新乡市辉县市三小营村新乡农业科学院院内试验田(N35°27'42", E113°45'45"), b) 卫辉市后河镇台上村(N35°24'26", E114°8'20"), c) 新乡市原阳县祝楼乡卞庄(N35°4'20", E113°40'21")。

2) 试验工具

高 5.6 cm 玻璃瓶,毛笔,纱布,皮筋。

3) 药液配制

将各供试原药溶于丙酮配置成母液,根据各试验药剂田间推荐用量进行预试验,用 0.1%吐温-80 水溶液稀释成一系列浓度梯度,分别记录每种药剂致死麦蚜的大概中心浓度,以此为中心上下设定 7 个浓度梯度,彼此间为倍数关系,以含丙酮的 0.1%吐温-80 水溶液为对照。三种药剂设置浓度如下:

吡虫啉: 0.025 g/L、0.050 g/L、0.100 g/L、0.200 g/L、0.400 g/L、0.800 g/L、1.600 g/L。

高效氯氰菊酯: 0.0216 g/L、0.0259 g/L、0.0311 g/L、0.0373 g/L、0.0448 g/L、0.0538 g/L、0.0645 g/L。

氧化乐果: 0.0512 g/L、0.0666 g/L、0.0865 g/L、0.113 g/L、0.146 g/L、0.190 g/L、0.247 g/L。

4) 处理方法

采用药膜法进行室内测定试验。吸取稀释好的各浓度的药剂溶液分别加入直径 1.6 cm,高 5.6 cm 玻璃瓶(内表面积约 30 cm²)中,立即在桌面上滚动,使得药液均匀涂满玻璃瓶内壁,待丙酮挥发后进行毒力测定。用毛笔挑取大小基本一致的健康无翅成蚜 20 头左右置于处理好的药瓶内,用纱布封口防止逃逸。每处理重复 4 次。在正常的室内环境下饲养,饲养条件:温度 18℃~25℃,相对湿度 50%~70%,光暗周期 16 h/8 h (L/D)。

5) 结果检查

3 h 后检查各处理死亡虫数,检查时用接种针拨动虫体,试虫完全不动即视为死亡,否则视为活虫。对照死亡率<10%为有效测定。

6) 数据统计及分析

按式(1)和式(2)计算各处理的死亡率和校正死亡率,公式和标准曲线参考 NYT 2726-2015《小麦蚜虫抗药性监测技术规程》。

$$P_1 = \frac{K}{N} \times 100 \quad (1)$$

式中:

P_1 ——死亡率,单位为百分率(%);

K ——表示每处理浓度总死亡虫数,单位为头;

N ——表示每处理浓度总虫数,单位为头。

$$P_2 = \frac{(Pt - P0)}{(100 - P0)} \times 100 \quad (2)$$

式中:

P_2 ——校正死亡率,单位为百分率(%);

Pt ——处理死亡率,单位为百分率(%);

$P0$ ——对照死亡率,单位为百分率(%)。

采用 DPS 统计软件进行,运用概率值分析法求出每个药剂的 LC_{50} 值及其 95%置信限、斜率(b 值)及其标准误。

7) 抗药性水平的计算与评价

确定的敏感种群的标准曲线。吡虫啉、氧乐果和高效氯氰菊酯对麦长管蚜敏感性基线的 LC_{50} 分别为 $0.057 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, $0.15 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, $0.080 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。抗性倍数(RR)即测定种群的 LC_{50} 与供试药剂敏感种群的 LC_{50} 的比值。根据抗性倍数的计算结果,将测试种群确定测定种群的抗药性水平。抗性水平分为 4 级。RR < 5.0 为敏感, $5.0 < RR < 10.0$ 为低水平抗性, $10.0 < RR < 100.0$ 为中等水平抗性, $RR > 100.0$ 为高水平抗性。

2.3.2. 大田生物测定

1) 试验田基本情况

试验设在河南省辉县市新乡农科院辉县试验站小麦生产田进行。地势平坦,灌溉方便,肥力中上等,土壤类型褐土,有机质含量 1.5%, PH 值 7.0; 试验地总面积 32 亩,上茬作物玉米。小麦品种为新麦 26 号,2020 年 10 月 20 日播种,基本苗 17.5 万/667 m^2 ,管理同大田。

2) 试验设计

将各供试原药用丙酮溶解并配制成一定浓度母液,参考室内生物测定及大田常规推荐用量确定试验剂量,用 0.1%吐温 80 水溶液将各母液稀释成 7 个梯度溶液,以含丙酮的 0.1%吐温-80 水溶液为对照。具体试验浓度安排如下:

吡虫啉: 20.000 ai.g/ha、30.000 ai.g/ha、45.000 ai.g/ha、67.500 ai.g/ha、101.250 ai.g/ha、157.875 ai.g/ha、227.813 ai.g/ha。

氧乐果: 218.478 ai.g/ha、284.024 ai.g/ha、369.231 ai.g/ha、480.000 ai.g/ha、624.00 ai.g/ha、811.200 ai.g/ha、1054.56 ai.g/ha。

高效氯氰菊酯: 10.417 ai.g/ha、12.500 ai.g/ha、15.000 ai.g/ha、18.000 ai.g/ha、21.600 ai.g/ha、25.920 ai.g/ha、31.110 ai.g/ha。

小区面积 23 m^2 (5 m × 4.6 m)。随机区组排列,重复 4 次。

3) 施药时间

于蚜虫发生盛期(5 月 3 日左右)施药一次。

4) 施药器械及方法

利农 HD-400 型手动背负式喷雾器。均匀喷雾, 用液量 30 Kg/667m²。

5) 调查时间及方法

施药前和施药后 1 d、3 d、7 d 分别调查虫数, 共调查 4 次。调查方法采取每小区 5 点取样, 每点固定 5 株有蚜株, 调查定株上的存活蚜虫头数。

6) 数据处理

根据公式(3)和(4)计算各处理麦蚜的虫口减退率和防治效果, 计算公式如下:

$$\text{虫口减退率}(\%) = \frac{\text{施药前活虫数} - \text{施药后活虫数}}{\text{施药前活虫数}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{防治效果}(\%) = \frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{100 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100 \quad (4)$$

以 Duncan 新复极差法对各处理进行差异显著性分析, 并计算各个药剂的 LD₉₀。参考大田推荐用量, 评价大田试验方式下蚜虫的抗药性水平, 数据处理软件为 DPS7.05。

3. 结果与分析

3.1. 室内抗性试验测定

新乡 3 县麦长管蚜对各供试药剂的抗性水平见表 1。

Table 1. The resistance levels of *Macrosiphium avenae* to the tested chemicals in three counties of Xinxiang
表 1. 新乡 3 县麦长管蚜对各供试药剂的抗性水平

| 采集地 | 药剂 | 斜率 ± 标准误 | LC ₅₀ μg/cm ² (95%置信区间) | 抗性倍数 |
|---------|--------|----------------|---|-------|
| 辉县市三小营村 | 吡虫啉 | 0.581 ± 0.040 | 0.341 (0.270~0.431) | 5.98 |
| | 高效氯氟菊酯 | 2.147 ± 0.163 | 0.385 (0.350~0.423) | 4.81 |
| | 氧乐果 | 4.119 ± 0.489 | 0.179 (0.164~0.195) | 1.19 |
| 卫辉市台上村 | 吡虫啉 | 0.523 ± 0.0500 | 0.127 (0.080~0.203) | 2.23 |
| | 高效氯氟菊酯 | 2.285 ± 0.385 | 0.377 (0.303~0.468) | 4.71 |
| | 氧乐果 | 3.216 ± 0.232 | 0.163 (0.154~0.172) | 1.09 |
| 原阳县卞庄 | 吡虫啉 | 0.734 ± 0.077 | 0.843 (0.631~1.123) | 14.77 |
| | 高效氯氟菊酯 | 2.883 ± 0.350 | 0.561 (0.4809~0.656) | 7.02 |
| | 氧乐果 | 2.592 ± 0.419 | 0.249 (0.215~0.288) | 1.66 |

室内试验结果表明: 新乡 3 县采集的蚜虫对 3 种大田常用杀虫剂吡虫啉、高效氯氟菊酯、氧乐果产生的抗药性程度各不相同。其中吡虫啉、高效氯氟菊酯、氧乐果对辉县市三小营村麦长管蚜的 LC₅₀ 分别是 0.341 μg/cm²、0.385 μg/cm²、0.179 μg/cm²。麦长管蚜产生的抗性倍数分别为 5.98 倍、4.81 倍、1.19 倍, 分别达低水平抗性、敏感水平、敏感水平。对卫辉市后河镇台上村麦田内麦长管蚜的 LC₅₀ 分别是 0.127 μg/cm²、0.377 μg/cm²、0.163 μg/cm²。麦长管蚜产生的抗性倍数分别为 2.23 倍、4.71 倍、1.09 倍, 均为敏感水平。对原阳县卞庄村内麦长管蚜的 LC₅₀ 分别是 0.843 μg/cm²、0.561 μg/cm²、0.249 μg/cm²。麦长管蚜产生的抗性倍数分别为 14.77 倍、7.02 倍、1.66 倍、分别达到中等水平抗性、低水平抗性、敏感水平。

3 县之中, 原阳县祝楼乡卞庄麦长管蚜种群对三种药剂表现出的抗性水平最高、卫辉市台上最低。

辉县市三小营村和原阳县卞庄麦长管蚜种群对吡虫啉在均有较明显的抗性, 其中在原阳卞庄达到中等水平抗性。三县麦长管蚜对氧化乐果抗性都处敏感水平。麦长管蚜种群对高效氯氰菊酯抗性原阳祝楼乡卞庄为低水平抗性, 在其他两地处于敏感水平且程度基本相近。

3.2. 大田药效试验

3 种杀虫剂对小麦蚜虫的田间防治效果见表 2。

Table 2. Field control effects of three insecticides on wheat aphids

表 2. 3 种杀虫剂对小麦蚜虫的田间防治效果

| 药剂 | 浓度 (ai.g/ha) | 药前 基数(头) | 1 d | | | 3 d | | | 7 d | | |
|------------|-----------------|-------------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | | | 虫口数 (头) | 虫口减退 率(%) | 防效 (%) | 虫口数 (头) | 虫口减退 率(%) | 防效 (%) | 虫口数 (头) | 虫口减退 率(%) | 防效 (%) |
| 吡虫啉 | 20.000 | 400 | 397 | 0.81 | 0.04fF | 384 | 4.07 | 10.75fF | 377 | 5.70 | 15.25gE |
| | 30.000 | 513 | 477 | 6.07 | 1.22fF | 472 | 8.14 | 14.54fF | 449 | 12.39 | 20.92fE |
| | 45.000 | 342 | 310 | 9.45 | 8.76eE | 274 | 19.40 | 25.01eE | 250 | 26.54 | 32.84eD |
| | 67.500 | 374 | 315 | 15.90 | 15.24dD | 199 | 45.95 | 49.74dD | 177 | 52.65 | 56.94dC |
| | 101.250 | 453 | 308 | 31.56 | 31.02cC | 122 | 72.52 | 74.42cC | 90 | 79.89 | 80.04cB |
| | 151.875 | 469 | 233 | 50.38 | 49.92bB | 36 | 92.56 | 93.09bB | 20 | 96.23 | 95.13bA |
| | 227.813 | 487 | 206 | 57.78 | 57.55aA | 4 | 98.92 | 99.21aA | 2 | 99.59 | 99.66aA |
| | CK | 405 | 405 | 0.68 | / | 435 | -7.50 | / | 451 | -12.27 | 405 |
| 高效氯 氰菊酯 | 10.417 | 371 | 285 | 23.13 | 24.52fF | 239 | 35.62 | 40.41fF | 219 | 41.03 | 37.78fF |
| | 12.500 | 411 | 266 | 35.34 | 36.57eE | 235 | 42.89 | 47.19eE | 220 | 46.56 | 43.61eE |
| | 15.000 | 337 | 149 | 55.39 | 56.19dD | 132 | 60.70 | 65.06dD | 119 | 64.69 | 62.79dD |
| | 18.000 | 354 | 115 | 67.48 | 68.03cC | 87 | 75.59 | 78.09cC | 73 | 79.47 | 78.31cC |
| | 21.600 | 325 | 44 | 86.13 | 86.41bB | 24 | 92.34 | 93.27bB | 20 | 93.80 | 93.48bB |
| | 25.920 | 401 | 26 | 93.71 | 93.82aA | 1 | 99.84 | 99.81aA | 0 | 100.00 | 100.00aA |
| | 31.110 | 342 | 14 | 95.95 | 96.03aA | 0 | 100.00 | 100.00aA | 0 | 100.00 | 100.00aA |
| | CK | 389 | 396 | -1.95 | / | 413 | -6.62 | / | 371 | 5.22 | / |
| 氧乐果 | 218.478 | 456 | 330 | 27.60 | 32.48gE | 323 | 28.44 | 39.11gG | 276 | 39.50 | 40.31gG |
| | 284.024 | 426 | 277 | 34.64 | 36.97fE | 243 | 43.09 | 47.08fF | 208 | 51.33 | 51.97fF |
| | 369.231 | 378 | 185 | 51.21 | 52.98eD | 151 | 60.13 | 62.86eE | 132 | 65.30 | 65.72eE |
| | 480.000 | 446 | 157 | 64.65 | 65.80dC | 105 | 76.39 | 78.10dD | 71 | 84.16 | 84.45dD |
| | 624.000 | 426 | 87 | 79.86 | 80.55cB | 59 | 86.17 | 87.12cC | 38 | 90.93 | 91.03cC |
| | 811.200 | 532 | 76 | 85.63 | 86.14bAB | 45 | 91.61 | 92.17bB | 23 | 95.86 | 95.90bB |
| | 1054.560 | 425 | 37 | 91.53 | 91.84aA | 0 | 100.00 | 100.00aA | 0 | 100.00 | 100.00aA |
| | CK | 313 | 325 | -3.79 | / | 336 | -7.74 | / | 317 | -1.56 | / |

*同列数据后小写字母和大写字母不同者表示分别在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

麦长管蚜对高效氯氰菊酯产生了抗药性, 其他均为敏感水平。尤其原阳县祝楼乡卞庄麦长管蚜对吡虫啉产生了中等水平抗性。全国农技中心发布的《2019年全国农业有害生物抗药性监测报告》中显示麦长管蚜对吡虫啉抗性倍数为1.4~8.5倍, 对高效氯氰菊酯抗药性为敏感水平。本试验测定结果与上述报告相比, 原阳一地对两药剂抗性倍数都偏高, 其他结果差异不大。

5. 讨论

各地的用药种类、习惯与用药频率存在的差异, 是造成抗性水平不一的主要原因。大田试验所设区域与室内辉县麦长管蚜采集点相近, 但试验结果有差异。大田试验结果显示达到理想防效(90%), 吡虫啉、高效氯氰菊酯、氧乐果至少需用到正常用量的2.59倍、1.10倍和1.57倍, 实验室测定的抗性倍数(RR)值为5.98倍、4.81倍、1.19倍有一定的差异。其原因可能是试验环境不同、蚜虫群落的差异(大田试验未区分麦蚜种类)、敏感种群对照标准选取不同以及药剂作用效果和方式的不同导致。但结果共同表明, 蚜虫对这三种药剂有一定的抗性风险, 在实际用药过程中, 建议适当提高用药量和用药次数, 或与其他杀虫剂联合使用。实验选择三个县(3个地块)的麦长管蚜种群作为研究对象, 其对新乡地区麦长管蚜种群的整体抗药性水平的代表有一定的局限性。

参考文献

- [1] 曹雅忠, 尹姣, 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.
- [2] 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(7): 58-60.
- [3] 孙斌, 王素平, 张志刚, 等. 小麦蚜虫发生规律与综合防治技术[J]. 河南农业, 2016(36): 50-51.
- [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] 龚培盼. 麦蚜抗药性监测及其对高效氯氰菊酯抗性机理研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2020: 1-2.
- [6] 夏莉. 河南省小麦蚜虫消长动态及防治技术[J]. 河南农业, 2018(26): 22.
- [7] 王丹, 马亚杰, 姜伟丽, 等. 麦蚜减药防控技术研究[J]. 种业导刊, 2018(5): 16-19.
- [8] Sheets, L.P. (2014) Encyclopedia of Toxicology (Third Edition): Imidacloprid. Academic Press, Cambridge.
- [9] 李新. 拟除虫菊酯类杀虫剂研发及市场概况[J]. 农化市场十日讯, 2017(1): 27-29.
- [10] 徐海滨, 贺锡雯, 谢佐平, 何凤生. 氧化乐果对烟碱样乙酰胆碱受体离子通道的阻断作用[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 1997(4): 47-51.
- [11] 武银玉, 曹亚萍, 杨秀丽, 等. 麦蚜抗药性现状及抗性治理研究进展[J]. 小麦研究, 2017, 38(2): 1-8.
- [12] 李晓倩, 张亚鑫, 解晓平, 等. 两种麦蚜对杀虫药剂的抗药性监测[J]. 大麦与谷类科学, 2018, 35(4): 6.
- [13] 武银玉, 曹亚萍, 赵飞, 等. 临汾麦区麦长管蚜对常用杀虫剂的抗药性风险[J]. 山西农业科学, 2019, 47(6): 1061-1064.
- [14] 于晓庆, 张帅, 宋姝娥, 等. 小麦蚜虫对六种杀虫剂的抗药性及田间药效评价[J]. 昆虫学报, 2016, 59(11): 1206-1212.
- [15] 祁全梅, 李秋荣. 蚜虫对新烟碱类杀虫剂的抗药性研究进展[J]. 青海农林科技, 2020(1): 58-62.
- [16] 朱素梅. “新乡小麦”地理标志保护产品助力新乡小麦产业快速发展[J]. 中国粮食经济, 2018(5): 61-62.