

黄河流域棉区棉铃虫对3种杀虫剂的抗药性监测

胡红岩 任相亮 马小艳 姜伟丽 马亚杰 王丹 马艳

中国农业科学院棉花研究所/棉花生物学国家重点实验室, 安阳 455000

摘要 田间采集河南、河北、山东、山西4个地区8个棉铃虫种群,室内采用浸叶法监测不同地理种群棉铃虫对3种杀虫剂的抗性水平。结果显示,2016—2017年各监测点棉铃虫种群对辛硫磷处于中等水平抗性,抗性倍数分别为25.2~65.7倍和24.2~48.8倍,近几年棉铃虫对辛硫磷的抗性有上升的趋势;各监测点棉铃虫种群对三氟氯氰菊酯已产生中等至高水平抗性,各地区之间抗性水平和发展趋势有差异,其中沧县、阳谷和夏津种群抗性上升明显,抗性倍数由2016年的21.3、51.9和128.9倍上升为2017年的90.2、187.5和269.3倍,邱县和安阳种群抗性由高水平抗性转为中等水平抗性,抗性倍数由145.4和165.7倍降低为72.2和59.1倍;2016—2017年棉铃虫种群对甲维盐均表现为中等水平抗性,抗性倍数分别为16.2~92.8倍和10.6~89.8倍。监测结果表明,不同地区棉铃虫种群对3种药剂已经产生了不同程度的抗性,建议避免重复使用或限用同一种药剂,注意与不同作用机制的杀虫剂交替轮换使用,以延缓棉铃虫的抗药性上升。

关键词 棉铃虫; 地理种群; 杀虫剂; 抗药性监测; 辛硫磷; 三氟氯氰菊酯; 甲维盐

中图分类号 S 481.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)04-0065-05

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 是一种杂食性害虫,危害多种经济作物和粮食作物,给我国农业生产带来了很大的经济损失。长期以来我国长江流域棉区、黄河流域棉区以及新疆棉区等三大棉区棉铃虫危害严重,化学杀虫剂的长期单一使用,造成棉铃虫的抗药性不断增强。1990年左右棉铃虫对拟除虫菊酯类、有机磷类及氨基甲酸酯类农药产生了不同程度的抗性^[1-2],短时间内3种不同类型的农药对棉铃虫的防效急剧下降,至1992年棉铃虫暴发成灾,造成棉花减产30%左右^[3]。转Bt基因抗虫棉的大面积种植和推广,有效地控制了棉铃虫的暴发,农药使用量大幅度降低,在一定程度上延缓了棉铃虫对杀虫剂的抗性发展^[4-5]。但是由于转Bt基因抗虫棉的杀虫谱窄,一些非靶标害虫的防治仍需要使用化学杀虫剂,同时棉花生长后期转Bt基因抗虫棉对棉铃虫的控制作用减弱,因此,化学防治仍然是棉田害虫防治的重要途径之一^[6]。

传统化学农药的不合理使用,导致了棉铃虫抗性的产生,对棉铃虫田间种群进行抗药性监测,可以及时了解棉铃虫对杀虫剂的抗性现状,为棉铃虫的

抗性治理提供参考。受全国农技推广服务中心农药与药械处委托,本课题组于2016—2017年监测了黄河流域棉区8个棉铃虫种群对辛硫磷、三氟氯氰菊酯和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)的抗药性现状,旨在了解棉铃虫对3种传统药剂及新型杀虫剂的抗性水平,为棉铃虫防治药剂的合理选择及使用提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源及供试药剂

棉铃虫田间种群于2016年和2017年分别采集于黄河流域棉区4个省份的8个棉花种植区,包括河北的邱县和沧县,河南的安阳和西华,山东的滨州、阳谷和夏津及山西的盐湖地区。棉铃虫成虫按地区分别进行饲养,在室内饲养1代,选取生长一致的棉铃虫2龄幼虫作为试验用虫。

药剂为92.5%辛硫磷原药、96%三氟氯氰菊酯原药、63.6%甲维盐原药,均由安阳全丰生物科技有限公司提供。

1.2 抗药性监测

1) 药剂配置。抗药性监测方法参照棉铃虫抗药

收稿日期: 2017-12-27

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFD0200700); 国家棉花产业技术体系岗位科学家经费项目(CARS-18-13)

胡红岩, 博士, 助理研究员. 研究方向: 昆虫生态与分子生物学. E-mail: huhongyan1986@163.com

通信作者: 马艳, 研究员. 研究方向: 农药应用技术. E-mail: aymayan@126.com

性监测农业行业标准(NY/T 2916—2016)^[7]。用丙酮作为溶剂将原药配置成 10% 的辛硫磷 EC(m/V)、5% 的三氟氯氰菊酯 EC(m/V) 和 1% 的甲维盐 EC(m/V) 母液,其中乳化剂用 Triton X-100 (m/V),用量为 10%。试验时将供试药剂按照等比稀释的方法加入清水配置成 8 个浓度梯度。

2) 生测方法。在未施药的常规棉的棉田内采集无病虫害的新鲜棉叶带回室内,保持棉叶表面干净无土无水汽,用孔径与 24 孔板孔径相同的打孔器将棉叶打成小圆片,在配好的药液中浸渍 10 s,取出后将其正面向上晾干,将晾干的带药叶片正面向上置于 24 孔组织培养板内(培养板内预先加入 1 mL 0.5% 琼脂水溶液,防止叶片脱水干燥),每孔接入 1 头经饥饿 4 h 的 2 龄初幼虫,每个浓度梯度的药液共处理 48 头,并设不含任何药剂的 0.1% Triton X-100 水溶液为空白对照。接虫后用黑棉布、橡皮筋盖紧盖子,置于人工智能光照培养箱(26 °C ± 1 °C, RH(60 ± 10)%, 16 h L/8 h D) 饲养。辛硫磷、三氟氯氰菊酯药剂处理于 48 h 后检查各处理死亡虫数,甲维盐处理于 72 h 后记载死亡数。

3) 数据处理与分析。采用 DPS 统计软件处理数据,计算药剂毒力回归方程的斜率、LC₅₀ 值及

95% 置信限。比较不同地区棉铃虫种群对 3 种药剂的 LC₅₀ 与相对敏感毒力基线的 LC₅₀, 计算出各处理的抗性倍数, 抗性倍数 = 各监测点棉铃虫种群的 LC₅₀ 值/敏感毒力基线的 LC₅₀。

4) 抗性评价标准。参考张帅^[8]的抗性水平分级方法评价各处理抗性。抗性水平分级标准为: 0~5 倍为敏感, 5~10 倍为低水平抗性, 10~100 倍为中等水平抗性, 100 倍以上为高水平抗性。

2 结果与分析

2.1 对辛硫磷的抗性监测

对辛硫磷的监测结果见表 1。从表 1 中数据可以看出, 2016 年和 2017 各个监测点棉铃虫对辛硫磷抗性均表现为中等抗性水平。与 2016 年相比, 2017 年邱县、沧县、安阳、西华和盐湖等 5 个监测点棉铃虫种群对辛硫磷的抗性有所下降, 其中西华地区棉铃虫种群的抗性倍数最低, 为 24.2 倍, 其他 4 个监测点抗性倍数在 31.9~38.9 范围, 低于 2016 年的 44.8~65.7 倍。2017 年山东的 3 个地区除滨州种群与去年持平外, 夏津、阳谷两地种群抗性略有上升, 3 个监测点棉铃虫种群的抗性倍数分别为 39.3、48.8 和 30.7 倍。

表 1 棉铃虫田间种群对辛硫磷的抗性水平

Table 1 Resistance of field population of *H. armigera* to phoxim

省份 Province	种群 Population	年份 Year	斜率 ± SE Solpe ± SE	LC ₅₀ (95% 置信区间)/(mg/L) 95% Confidence interval	抗性倍数 Resistance ratio
河北 Hebei	邱县 Qiuxian	2016	2.678 5 ± 0.073 5	230.586 2(217.925 5~243.982 4)	65.7
		2017	2.246 9 ± 0.260 3	117.869 0(93.033 6~149.334 2)	33.6
	沧县 Cangxian	2016	1.994 7 ± 0.156 2	157.327 0(133.609 6~185.360 9)	44.8
		2017	3.163 0 ± 0.443 6	136.432 3(109.992 1~169.228 2)	38.9
河南 Henan	安阳 Anyang	2016	1.002 2 ± 0.149 6	191.706 3(143.638 7~255.859 3)	54.6
		2017	2.062 6 ± 0.366 0	116.415 6(84.889 6~159.649 6)	33.2
	西华 Xihua	2016	3.346 9 ± 0.358 7	88.599 3(78.544 6~99.941 1)	25.2
		2017	1.706 3 ± 0.211 7	85.130 2(67.305 1~107.676 1)	24.2
山东 Shandong	滨州 Binzhou	2016	2.640 3 ± 0.315 6	137.820 0(116.618 0~162.876 6)	39.3
		2017	3.132 4 ± 0.194 5	137.822 5(126.366 1~150.317 5)	39.3
	阳谷 Yanggu	2016	2.062 8 ± 0.107 1	92.407 4(83.945 4~101.722 5)	26.3
		2017	2.009 9 ± 0.442 5	107.811 8(71.592 8~162.354 1)	30.7
夏津 Xiajin	2016	1.689 7 ± 0.196 7	143.669 3(115.869 2~178.139 4)	40.9	
	2017	2.540 5 ± 0.224 0	171.403 1(148.814 6~197.420 1)	48.8	
山西 Shanxi	盐湖 Yanhu	2016	2.231 6 ± 0.312 5	190.929 1(149.335 4~244.107 7)	54.4
		2017	3.316 0 ± 0.263 7	111.897 5(97.355 1~128.612 2)	31.9

注: 敏感毒力基线参考的 LC₅₀ = 3.51 mg/L。Note: The phoxim LC₅₀ of susceptible toxicity baseline is 3.51 mg/L.

2.2 对三氟氯氰菊酯的抗性监测

监测结果(表 2)表明, 2016 年各个监测点棉铃虫对三氟氯氰菊酯的抗性水平仍然较高。其中沧县、阳谷、西华和盐湖均处于中等水平抗性, 抗性倍数为 21.3~67.3 倍; 而其他地区则达到高抗水平,

抗性倍数达到 128.9~165.7 倍。2017 年各地理种群棉铃虫对三氟氯氰菊酯的抗性水平仍然较高, 部分地区抗性水平上升明显。与 2016 年相比, 2017 年沧县、阳谷、西华、盐湖和夏津五地区棉铃虫对三氟氯氰菊酯的抗性水平均有所上升, 沧县种群从

21.3倍上升到 90.2 倍,阳谷种群从 51.9 倍上升为 187.5 倍,分别提高了 3.2 倍和 2.6 倍。近几年西华地区棉铃虫种群抗性水平持续上升,抗性倍数由 2013 年的 11.4 倍^[9]上升为 2016 年的 51.9 倍,2017 年抗性倍数高达 116.2 倍,抗性上升趋势明显。盐湖种群抗性倍数从 56.3 倍上升到 104 倍,由中等水平抗性转变为高水平抗性。2017 年夏津地区棉铃虫抗性水平最高,高达 269.3 倍,与 2016 年相比,抗性水平增加了 1.1 倍,抗性增长明显。

2017 年邱县、安阳和滨州地区棉铃虫对三氟氯

氰菊酯的抗性水平有所下降,邱县抗性倍数由 2016 年的 145.4 倍降低为 72.2,安阳种群由 2016 年的 165.7 倍降低为 59.14 倍,两地棉铃虫种群由高水平抗性转为中等水平抗性。2015—2017 年滨州种群对三氟氯氰菊酯的抗性水平持续下降,由 2015 年的 205.1 倍^[9]下降为 2017 年的 124.3 倍,但仍处于高抗水平。

2.3 对甲维盐的抗性监测

抗性监测结果如表 3 所示,2016—2017 年 8 个监测点棉铃虫种群对甲维盐均表现为中等水平抗

表 2 棉铃虫田间种群对三氟氯氰菊酯的抗性水平

Table 2 Resistance of field population of *H. armigera* to cyhalothrin

省份 Province	种群 Population	年份 Year	斜率±SE Solpe±SE	LC ₅₀ (95%置信区间)/(mg/L) 95% Confidence interval	抗性倍数 Resistance ratio
河北 Hebei	邱县 Qiuxian	2016	1.939 5±0.114 8	200.703 9(176.400 8~228.355 3)	145.4
		2017	1.395 0±0.111 2	99.742 9(85.259 4~116.686 8)	72.3
	沧县 Cangxian	2016	0.941 0±0.130 5	29.379 3(21.657 7~39.853 8)	21.3
		2017	1.706 8±0.195 9	124.469 7(100.593 1~154.013 6)	90.2
河南 Henan	安阳 Anyang	2016	2.733 0±0.314 9	228.647 2(192.160 5~272.061 8)	165.7
		2017	2.057 8±0.097 9	81.619 3(76.011 4~87.641 0)	59.1
	西华 Xihua	2016	1.783 9±0.250 0	71.657 0(55.226 9~92.975 1)	51.9
		2017	2.018 9±0.204 0	160.390 4(129.682 1~198.370 3)	116.2
山东 Shandong	滨州 Binzhou	2016	1.888 3±0.168 4	187.264 2(158.922 0~220.660 9)	135.7
		2017	1.540 3±0.148 3	171.593 9(143.267 0~205.521 8)	124.3
	阳谷 Yanggu	2016	2.089 0±0.220 4	71.339 6(60.323 5~84.367 5)	51.9
		2017	1.385 8±0.066 7	258.692 9(234.447 5~285.445 7)	187.5
夏津 Xiajin	2016	2.166 7±0.377 9	177.858 1(140.114 0~225.769 8)	128.9	
	2017	1.862 3±0.111 5	371.691 9(324.971 5~425.129 1)	269.3	
山西 Shanxi	盐湖 Yanhu	2016	1.786 2±0.161 6	77.630 1(65.096 3~92.577 3)	56.3
		2017	2.309 7±0.356 0	143.489 9(106.212 5~193.850 4)	104.0

注:敏感毒力基线参考的 LC₅₀ = 1.38 mg/L。Note: The cyhalothrin LC₅₀ of susceptible toxicity baseline is 1.38 mg/L.

表 3 棉铃虫田间种群对甲维盐的抗性水平

Table 3 Resistance of field population of *H. armigera* to emamectin benzoate

省份 Province	种群 Population	年份 Year	斜率±SE Solpe±SE	LC ₅₀ (95%置信区间)/(mg/L) 95% Confidence interval	抗性倍数 Resistance ratio
河北 Hebei	邱县 Qiuxian	2016	1.447 8±0.116 7	0.012 7(0.009 8~0.016 4)	25.4
		2017	1.555 4±0.464 2	0.011 9(0.005 2~0.027 6)	23.8
	沧县 Cangxian	2016	0.939 7±0.099 7	0.019 1(0.013 2~0.027 6)	38.2
		2017	3.326 7±0.358 6	0.025 0(0.022 1~0.028 2)	50.0
河南 Henan	安阳 Anyang	2016	1.160 1±0.120 9	0.012 6(0.009 1~0.017 4)	25.2
		2017	1.293 6±0.141 5	0.012 9(0.008 6~0.019 5)	25.8
	西华 Xihua	2016	1.405 2±0.282 1	0.011 3(0.006 3~0.020 2)	22.6
		2017	1.449 1±0.142 4	0.005 3(0.003 9~0.007 1)	10.6
山东 Shandong	滨州 Binzhou	2016	1.670 0±0.138 1	0.009 2(0.007 3~0.011 6)	18.4
		2017	2.205 7±0.191 4	0.008 1(0.006 8~0.009 6)	16.2
	阳谷 Yanggu	2016	1.747 3±0.177 6	0.046 4(0.038 7~0.055 6)	92.8
		2017	2.008 5±0.137 1	0.012 5(0.010 6~0.014 6)	25.0
夏津 Xiajin	2016	1.717 4±0.128 3	0.014 9(0.011 5~0.019 2)	29.8	
	2017	2.944 3±0.275 8	0.044 9(0.037 4~0.053 8)	89.8	
山西 Shanxi	盐湖 Yanhu	2016	1.338 6±0.176 8	0.033 4(0.020 1~0.055 6)	66.8
		2017	1.588 1±0.200 7	0.011 9(0.008 8~0.016 3)	23.8

注:敏感毒力基线参考的 LC₅₀ = 0.000 5 mg/L。Note: The emamectin benzoate LC₅₀ of susceptible toxicity baseline is 0.000 5 mg/L.

性。2017 年邱县、安阳和滨州三地棉铃虫种群对甲维盐的抗性倍数分别为 23.8、25.8 和 16.2 倍, 三地种群抗性水平与 2016 年持平。

西华、阳谷和盐湖三地棉铃虫种群的抗性水平均有所下降, 其中西华地区棉铃虫种群对甲维盐的抗性倍数由 2014 年的 35.3 倍^[9] 下降为 2017 年的 10.6 倍, 表明该地棉铃虫种群对甲维盐的敏感性逐年上升。阳谷种群的抗性倍数由 2016 年的 92.8 倍降低为 25 倍, 盐湖种群的抗性水平由 66.8 下降为 23.8 倍, 两地棉铃虫种群抗性水平下降明显。

沧县和夏津地区棉铃虫种群对甲维盐的抗性水平有所上升, 沧县种群抗性倍数由 2016 年的 38.2 倍上升为 50 倍, 夏津种群抗性倍数由 2016 年的 29.8 倍上升为 89.8 倍, 抗性倍数提高了 2 倍。

3 讨论

棉铃虫为分布广泛、食性杂的多寄主害虫, 具有较强的繁殖能力, 而且世代重叠严重, 在我国各大棉区均有发生, 黄河流域棉区年发生 3~4 代, 长江流域棉区年发生 4~5 代, 新疆棉区也时有发生。由于受到棉铃虫本身遗传结构、农药对棉铃虫的选择压力及农业措施等的影响, 棉铃虫对部分杀虫剂尤其是传统杀虫剂的抗性居高不下^[10-11], 开展棉铃虫的抗性监测是了解田间棉铃虫抗性发展动态, 开展棉铃虫抗性治理、指导田间合理使用杀虫剂的前提。

辛硫磷是一种高效、广谱、低毒的有机磷杀虫剂, 是防治棉铃虫常用的传统药剂, 2013 年黄河流域和新疆棉区棉铃虫种群对辛硫磷的抗性处于敏感状态(抗性倍数 1.0~4.8 倍)^[12], 2015 年华北棉区和新疆棉区棉铃虫种群对辛硫磷的抗性有所上升, 达到中等水平抗性(抗性倍数 12~65 倍)^[13]。本研究结果显示, 2016—2017 年黄河流域棉区棉铃虫种群对辛硫磷的抗性倍数分别为 25.2~65.7 倍和 24.2~48.8 倍, 表明近几年棉铃虫对辛硫磷的抗性有上升趋势, 已由低水平抗性发展到中等水平抗性。夏津和滨州地区棉铃虫种群对辛硫磷的抗性水平依然较高, 在这些地区应该限制辛硫磷的使用, 以延缓棉铃虫的抗药性。

对三氟氯氰菊酯抗性监测结果表明, 2016—2017 年监测地区棉铃虫种群对三氟氯氰菊酯处于中等至高水平抗性。尤其是 2017 年山东地区的阳谷和夏津种群对三氟氯氰菊酯的抗性倍数高达 187.5~269.3 倍, 抗性水平上升趋势明显, 山东是我

国冬小麦、玉米、花生、大豆的优势产区 and 传统棉区^[14], 棉铃虫基数大, 气候条件适宜, 非常适合棉铃虫的继代繁殖, 田间防治棉铃虫用药量高、用药种类单一, 可能是造成棉铃虫抗药性居高不下的主要原因。河北邱县和河南安阳两地棉铃虫对三氟氯氰菊酯抗性有所降低与当地的用药水平关系密切。为指导农民科学、合理、安全使用农药, 保证农产品质量和生态环境安全, 2016 年河北省相关农业部门结合本地实际制定措施, 在一些作物上限制了丁硫克百威、毒死蜱及菊酯类等药剂的使用。近两年河南安阳市在全市范围内建立绿色防控示范区, 结合航空植保无人机实施农作物病虫害统防统治, 有效降低了农药使用量。由此可见, 制定合理的政策措施, 大力推进农作物病虫害绿色防控技术, 积极引导指导农民科学用药, 是延缓棉铃虫抗性的重要措施。

甲维盐是一种新型高效的抗生素类杀虫剂, 被广泛用于蔬菜、棉花等作物的害虫防治, 研究认为甲维盐对棉铃虫具有较好的防治效果, 棉铃虫对甲维盐的抗性遗传力低, 抗药性风险较小^[15]。2013 年农业有害生物抗药性监测结果^[16] 显示全国各监测点棉铃虫种群对甲维盐处于敏感水平。张纬庆^[17] 研究认为 2014 年黄河流域棉区棉铃虫种群对甲维盐仍处于敏感水平, 平均抗性倍数仅为 1.5 倍。本文抗性监测结果表明, 2016—2017 年各监测点棉铃虫种群对甲维盐已上升为中等水平抗性, 其中阳谷和夏津种群的抗性倍数超过 80 倍。可见, 近几年来黄河流域棉区棉铃虫对甲维盐的抗性水平呈现上升趋势。

综上所述, 从监测结果来看, 目前我国北方棉区棉铃虫对辛硫磷和三氟氯氰菊酯的抗性水平较高, 且仍有上升之势, 因此, 在防治棉田棉铃虫时, 应对抗性较高地区采取禁止或限制使用的策略, 减少辛硫磷和三氟氯氰菊酯及其复配制剂的使用量和使用次数, 同时大力推广使用新型替代农药, 以延缓棉铃虫的抗药性上升趋势。为避免棉铃虫对甲维盐抗性的进一步上升, 应该持续监测棉铃虫对甲维盐的抗性变化, 在生产中应合理规划用药, 注意与不同作用机制的杀虫剂交替轮换使用, 避免单一重复使用同种药剂, 结合科学的田间管理措施共同达到持续治虫的目的。

参 考 文 献

[1] 孟香清, 芮昌辉, 范贤林, 等. 华北和新疆棉铃虫对三类农药抗

- 性发展趋势分析[J]. 农药学报, 2000, 2(3): 53-56.
- [2] 芮昌辉, 孟香清, 范贤林. 冀鲁豫和新疆棉铃虫的抗药性[J]. 植物保护学报, 1999, 26(3): 260-264.
- [3] 戴小枫, 郭予元. 1992年棉铃虫暴发危害的特点及成因分析[J]. 中国农学通报, 1993, 9(5): 38-43.
- [4] 吴孔明. 我国Bt棉花商业化的环境影响与风险管理策略[J]. 农业生物技术学报, 2007, 15(1): 1-4.
- [5] WU K M, LU Y H, FENG H Q, et al. Suppression of cotton bollworm in multiple crop in China in areas with Bt toxin-containing cotton[J]. Science, 2008, 321(5896): 1676-1678.
- [6] 崔金杰, 夏敬源. 转Bt基因棉对棉铃虫抗性的时空动态[J]. 棉花学报, 1999, 11(3): 141-146.
- [7] 张帅, 吴益东, 张浩男, 等. NY/T 2916—2016, 棉铃虫抗药性监测技术规程[S]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [8] 张帅. 2016年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(3): 56-59.
- [9] 张帅, 马艳, 闵红, 等. 华北棉区主要害虫抗药性监测与治理技术示范[J]. 昆虫学报, 2016, 59(3): 1238-1245.
- [10] 郑央萍, 杨亦桦, 吴益东. 棉铃虫抗辛硫磷品系的代谢抗性机理[J]. 农药学报, 2008, 10(4): 410-416.
- [11] 林祥文, 沈晋良. 棉铃虫对辛硫磷抗性的风险评估与预报[J]. 昆虫学报, 2001, 44(4): 462-468.
- [12] 张帅, 邵振润, 李永平. 2013年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(3): 55-58.
- [13] 张帅. 2015年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(3): 61-65.
- [14] 郭泽林, 赵旭. 山东省粮经作物播种比例演变及结构优化研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(7): 164-171.
- [15] 董利霞. 甲氨基菌素苯甲酸盐对棉铃虫的抗性选育及亚致死效应研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [16] 张帅. 2014年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(3): 65-69.
- [17] 张纬庆. 棉铃虫田间种群的抗药性监测及对甲维盐的抗性风险评估[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.

Monitoring on resistance of *Helicoverpa armigera* (Hübner) to three insecticides in main cotton-growing areas of Yellow River Region

HU Hongyan REN Xiangliang MA Xiaoyan JIANG Weili MA Yajie WANG Dan MA Yan

*Institute of Cotton Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences /
State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang 455000, China*

Abstract The insecticide resistance level of *Helicoverpa armigera* (Hübner) to phoxim, cyhalothrin, and emamectin benzoate in the main cotton-growing areas of Yellow River Region were monitored in this study. Eight geographic populations of *H. armigera* were collected from Henan, Hebei, Shandong and Shanxi and tested by leaf dipping method to monitor the resistance level of *H. armigera* to three insecticides. The results showed that all populations of *H. armigera* from different monitoring area showed a middle level of resistance to phoxim, with the resistance index remained between 25.2-65.7 in 2016 and 24.2-48.8 in 2017, showing a rising trend in recent years. The resistance of *H. armigera* to cyhalothrin reached a middle to high level, and the resistance level and developing trend were discrepant among eight regions. The resistance level of Cangxian, Yanggu and Xiajin populations of *H. armigera* increased obviously, with resistance index increased from 21.3, 51.9 and 128.9 in 2016 to 90.2, 187.5 and 269.3 in 2017. The resistance of Qiuxian and Anyang populations of *H. armigera* shifted from a high level to middle level with the resistance index of 145.4 and 165.7 in 2016, and 72.2 and 59.1 in 2017. Eight populations of *H. armigera* showed a middle level of resistance to emamectin benzoate in 2016 and 2017, with the resistance index of 16.2-92.8 and 10.6-89.8, respectively. All the eight populations were found to have developed resistance to all three kinds of insecticides, excessive use of the same kind of insecticide therefore should be avoided or limited. In order to delay the development of insecticide resistance of *H. armigera*, different insecticides should be used in rotation.

Keywords *Helicoverpa armigera* (Hübner); geographical population; insecticide; insecticide resistance monitor; phoxim; cyhalothrin; emamectin benzoate

(责任编辑:边书京)