

两种盲蝽的抗药性监测^{*}

谭 瑶¹ 张 帅² 高希武^{1**}

(1. 中国农业大学昆虫学系 北京 100193; 2. 农业部全国农业技术推广服务中心 北京 100125)

摘 要 本文从 2009 到 2011 年连续 3 年用马拉硫磷、毒死蜱、灭多威、三氟氯氰菊酯、吡虫啉、硫丹 6 种杀虫药剂诊断剂量监测了河北、河南、山东、安徽等重要棉产区绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) 田间种群的抗药性。2010 年马拉硫磷诊断剂量处理河北邱县、安徽望江田间种群死亡率 95% 以上; 毒死蜱诊断剂量河南郑州、山东滨州, 安徽地区的田间绿盲蝽死亡率大于 80%; 三氟氯氰菊酯诊断剂量死亡率接近 95% 以上; 2010 年安徽望江、2011 年河北邱县、山东滨州、安徽无为田间种群在吡虫啉诊断剂量下的死亡率在 78% ~ 90%。点滴法对 2011 年各地绿盲蝽种群抗药性监测表明, 各地绿盲蝽对毒死蜱、灭多威、吡虫啉均处于敏感阶段, 对于马拉硫磷、三氟氯氰菊酯、硫丹大多处于低抗水平阶段。在对中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* Jakovlev 3 年的抗性监测中, 作者发现种群抗性个体频率的出现更为普遍。

关键词 绿盲蝽, 中黑盲蝽, 杀虫药剂, 抗药性监测, 诊断剂量

Monitoring the insecticide resistance of the cotton bugs *Apolygus lucorum* and *Adelphocoris suturalis*

TAN Yao¹ ZHANG Shuai² GAO Xi-Wu^{1**}

(1. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Department of Agriculture National Agricultural Technology Extension Service Center, Beijing 100125, China)

Abstract Effective doses of the insecticides, malathion, chlorpyrifos, methomyl, lambda-cyhalothrin, imidacloprid, endosulfan, to control *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) and *Adelphocoris suturalis* Jakovlev were determined based on the susceptible base-line of both species. Resistance of both *A. lucorum* and *A. suturalis* to the above insecticides was monitored with the diagnostic dose method in cotton fields in Hebei, Henan, Shandong and Anhui provinces. The diagnostic dose of malathion resulted in more than 95% mortality in field populations of Hebei's Qiu County and Anhui's Wangjiang County in 2010. Diagnostic doses of chlorpyrifos resulted in more than 80% mortality in field populations in Henan's Zhengzhou and Shandong's Binzhou. All populations of the green plant bug, collected from Hebei, Henan, Shandong and Anhui provinces were susceptible to methomyl and lambda-cyhalothrin. The mortality of field populations after exposure to diagnose doses of imidacloprid ranged from 78% to 90% in Anhui's Wangjiang County in 2010, and in Hebei's Qiu County, Shandong's Binzhou County and Anhui's Wuwei County in 2011. Bioassay of the effects of topical application of these pesticides revealed that populations of the green plant bug were susceptible to chlorpyrifos, methomyl and imidacloprid, and possessed lower resistance to malathion, lambda-cyhalothrin and endosulfan in the above provinces. Our results demonstrate that the diagnostic dose method of monitoring insecticide resistance is both reliable and convenient.

Key words *Apolygus lucorum*, *Adelphocoris suturalis*, insecticide resistance monitor, diagnose dose, topical application

棉花盲蝽是棉花生产上的重要害虫之一, 从 *Adelphocoris suturalis* Jakovlev、绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)、三点盲蝽 *Adelphocoris*

* 资助项目: 国家重点基础研究发展规划项目(973 计划)(2009CB119200)、公益性行业(农业)科研专项(201103012)。

** 通讯作者, E-mail: gaowu@263.net.cn

收稿日期: 2012-01-19, 接受日期: 2012-03-13

fasciaticollis Reuter、苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* (Goeze), 特别是中黑盲蝽和绿盲蝽 2 个种(丁岩钦, 1963)。棉花盲蝽寄主广, 食性杂, 在棉花各个生长期均造成严重危害(朱弘复和孟祥, 1958), 并有转主危害的特性(姜典志等, 2004; 邢殿菊等, 2006)。近年来, 随着转 Bt 基因棉在我国的大面积种植, 棉铃虫得到了有效控制, 但化学杀虫剂在棉田使用频率的降低, 使得棉盲蝽上升为主要害虫, 发生和危害日趋严重(Wu *et al.*, 2002; Lu *et al.*, 2008a; Wu *et al.*, 2008)。鉴于棉花盲蝽对众多作物及蔬菜果品造成的危害, 许多研究者对棉花盲蝽的田间发生危害(周洪旭等, 2003; 李号宾和吴孔明, 2007)、生物学特性及防治方面进行了研究(郭建英等, 2005; 汤建国等, 2007), 但与棉花盲蝽抗药性有关的研究较少(马艳和彭军, 2005; Zhang *et al.*, 2009)。在棉花盲蝽的防治中, 化学防治仍被认为是最有效最迅速的手段(Luttrell *et al.*, 1994; Bostanian *et al.*, 2005; Fleury *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2008), 但是在田间, 农药的不合理使用会使害虫处于农药的选择压下, 使其产生抗性(傅建炜等, 2005)。为了解全国重要棉产区棉花盲蝽对农业生产中常用杀虫剂的抗性情况, 作者于 2009—2011 年连续 3 年在河北、河南、山东、安徽等省份重要棉产区对绿盲蝽、中黑盲蝽开展了抗药性监测的研究工作, 旨在了解上述地区中 2 种重要的棉花盲蝽对常用药剂的敏感度, 并为合理选药、施药、科学防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫与饲养

室内绿盲蝽于 2008 年 4 月由中国农业科学院植物保护研究所提供, 试虫采于 2005 年 6—8 月河北省廊坊试验站棉田, 期间未接触任何药剂。饲养方法参照 Lu 等(2008b)的四季豆饲养法。室内饲养条件: RH: 60% ± 10%; Temperature: (25 ± 2) °C; L: D = 16: 8。

2009 年绿盲蝽采自河南郑州、山东滨州; 2010 年绿盲蝽采自河南郑州、山东滨州、安徽安庆望江县、河北邯郸邱县; 2011 年绿盲蝽采自河南新乡、山东滨州、安徽芜湖无为县、河北邯郸邱县。2009 年中黑盲蝽采自河南郑州; 2010 年中黑盲蝽采自河南郑州、山东滨州、安徽安庆望江县; 2011 年中黑盲蝽

采自河南新乡、山东滨州、安徽芜湖无为县。

1.2 供试药剂

94.3% 马拉硫磷原药, 95.3% 毒死蜱原药, 由山东省德州恒东农药化工有限公司生产; 90% 灭多威原药, 由江苏常隆化工有限公司生产; 98.0% 三氟氯氰菊酯(功夫菊酯)原药, 盐城福利德化工有限公司提供; 95.3% 吡虫啉原药, 由江苏常隆化工有限公司提供; 95% 硫丹原药, 农业部药检所提供。

1.3 生物学测定

1.3.1 玻璃管药膜法 参照 Snodgrass (1996) 及 Snodgrass 和 Scott (2000) 方法并加以改进, 在 20 mL 的玻璃闪烁瓶中注入 200 μL 丙酮溶解的不同浓度的药液, 反复翻滚药瓶以保证药液充分布满小瓶内表面, 待丙酮挥发完全后, 选用成虫期 3~5 d 的(产卵前期)成虫进行试验。所选药剂稀释成 5~7 个梯度, 每个浓度 3 次重复, 每个重复 15 头盲蝽, 设丙酮为对照, 期间不提供任何饲料。3 h 后检查结果, 不能行动或触碰虫体后不能行动即为死亡。数据用 POLO 软件处理, 计算 LD₅₀ 及 LD₉₉ 并计算毒力回归方程的斜率(*b*)。

1.3.2 诊断剂量的确定及测定盲蝽在各药剂诊断剂量下的死亡率 推广任何一种抗性监测方法前, 必须建立可靠的敏感毒力基线, 这样才能确定相对准确的诊断剂量(吴益东等, 2001)。一般都要以敏感基线的 LD₅₀ 或 LD₉₉ 作为诊断剂量, 且要求必须以敏感品系来确定(王荫长和李显春, 1996)。由于盲蝽是近年来才逐步危害加重的, 实验室长期饲养的品系并没有接触过任何药剂, 且关于盲蝽敏感基线建立的文献报道在国内外鲜有, 所以作者将实验室饲养多代的绿盲蝽品系作为敏感品系, 采用 1.3.1 的生测方法计算理论 LD₉₉ 值作为抗药性监测的诊断剂量。使用玻璃管药膜法在诊断剂量下处理供试成虫, 3 h 后统计死亡率。

1.3.3 点滴法 参照 Atkinson 等(1991)和翟启慧(1995)的方法。选用成虫期 3~5 d 的(产卵前期)成虫进行试验, 所选药剂稀释成 5~7 个梯度, 每个浓度 3 次重复, 每个重复至少 10 头盲蝽, 设丙酮为对照。使用半自动点滴仪将配好的农药液点在虫体前胸背板或腹面。点滴前, 将蘸有乙醚的棉球放入饲养盒约 3 min 左右迷倒盲蝽, 在每个

生测杯中放一块新鲜绿豆角,将受药的盲蝽接于生测杯中,用纱布将生测杯罩好,再用皮套套紧杯口,24 h 后检测生测结果,不能行动或触碰虫体后不能行动即为死亡。用 POLO 统计。

1.3.4 数据统计分析 显著性分析方法为单因素方差分析 ($P < 0.05$), 试验数据统计用 EXCEL 2003 软件, 数据分析采用 GraphPad Instant 软件。

2 结果与分析

2.1 诊断剂量的确定

表 1 绿盲蝽敏感基线的建立与诊断剂量的确定

Table 1 Susceptible toxicity baselines and diagnose dose of various types of insecticides for *Apolygus lucorum*

药剂 Insecticide	Slope $\pm$ SE	χ^2 (df)	LC ₅₀ (ng/cm ²) $\pm$ 95% CL	LC ₉₉ (ng/cm ²) $\pm$ 95% CL
马拉硫磷 Malathion	4.435 $\pm$ 0.942	2.32(3)	20.122 [14.997—25.113]	67.334 [47.073—148.646]
毒死蜱 Chlorpyrifos	2.209 $\pm$ 0.424	0.98(3)	49.546 [34.341—67.237]	559.721 [287.893—2 277.483]
灭多威 Methomyl	2.356 $\pm$ 0.593	1.56(3)	57.699 [33.665—79.780]	620.156 [291.468—5 942.235]
三氟氯氰菊酯 Lambda-cyhalothrin	1.320 $\pm$ 0.155	1.77(3)	52.722 [37.596—74.168]	3046.475 [174.069—10 920.276]
吡虫啉 Imidacloprid	1.627 $\pm$ 0.444	1.80(4)	32.896 [13.927—50.666]	885.691 [318.678—22 362.613]
硫丹 Endosulfan	2.366 $\pm$ 0.610	2.16(4)	113.532 [60.162—158.189]	1 092.286 [560.119—7 413.774]

表 2 药剂对中黑盲蝽敏感基线的建立与诊断剂量的确定*

Table 2 Susceptible toxicity baselines and diagnose dose of various types of insecticides for *Adelphocoris suturalis*

药剂 Insecticide	LC ₅₀ (ng/cm ²)	LC ₉₉ (ng/cm ²)
吡虫啉 Imidacloprid	97.420	824.14
硫丹 Endosulfan	2.121	19.770
三氟氯氰菊酯 Lambda-cyhalothrin	55.750	861.18
毒死蜱 Chlorpyrifos	1.6437	7.177

* 依据李国平等 (2008) 数据计算诊断剂量。

Diagnostic doses are calculated from the report of Li *et al.* (2008).

对所选药剂作者进行 3 次生物学测定, 结果未发现显著差异。除三氟氯氰菊酯和吡虫啉外, 该绿盲蝽种群对其他 4 种药剂的毒力回归线 b 值都大于 2, 所以判定以此种群确定的诊断剂量是符合要求的。绿盲蝽敏感基线的建立与诊断剂量的确定见表 1。

通过毒力回归曲线计算 LC₉₉, 作为中黑盲蝽抗药性监测的诊断剂量, 结果见表 2。

2.2 监测各地绿盲蝽在药剂诊断剂量下的抗性个体频率

作者连续 3 年用表 1 中的诊断剂量监测了河北、河南、山东、安徽棉田中绿盲蝽对 6 种杀虫剂抗性频率的发生情况, 发现除 2010 年河北邱县、安徽望江田间种群对马拉硫磷存在一定抗性个体外, 其他年份其他地区的绿盲蝽种群在马拉硫磷诊断剂量下的死亡率接近 100% (图 1)。图 2 显示了 2010、2011 年河北邱县、河南新乡的田间绿盲蝽对毒死蜱没有抗性个体存在, 河南郑州与 2011 年安徽无为田间绿盲蝽在毒死蜱诊断剂量下死亡率在 90% ~ 99% 之间, 说明有少量抗性个体存在, 2009—2011 年山东滨州与 2010 年安徽望江田间绿盲蝽均有抗性个体存在, 甚至抗性个体频率大于 10%。对于灭多威, 仅 2010、2011 年河北邱县与 2011 年山东滨州的田间绿盲蝽有大约低

于 2% 的抗性个体存在,其他地区均处在敏感阶段(图 3)。研究中作者发现,各地绿盲蝽在连续 3 年的监测中对三氟氯氰菊酯均存在抗性个体(图 4),尽管抗性频率较低,但对于该药在田间的抗性发展应予以足够的重视。图 5 显示出各监测地绿盲蝽种群在吡虫啉诊断剂量下的死亡率,作者发

现 2010 年安徽望江、2011 年河北邱县、山东滨州、安徽无为种群已存在较多的抗性个体,抗性频率在 10% ~ 25% 之间。对于硫丹的抗药性,所监测地区均出现抗性个体,河北邱县、河南郑州、安徽望江品系均出现较高抗性频率(图 6),这无疑将给我们一个警示。

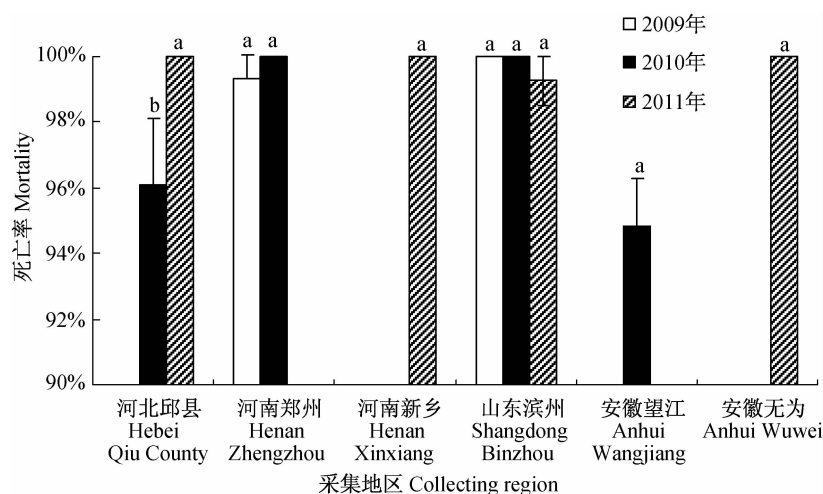


图 1 各地绿盲蝽在马拉硫磷诊断剂量下的死亡率

Fig.1 The mortality of *Apolygus lucorum* after exposed to the diagnose dose of malathion

注:同一地区中不同小写字母代表不同处理差异显著 ($P < 0.05$)。下图同。

Data in the same region marked by different letters indicate significantly different at 0.05 level. The same below.

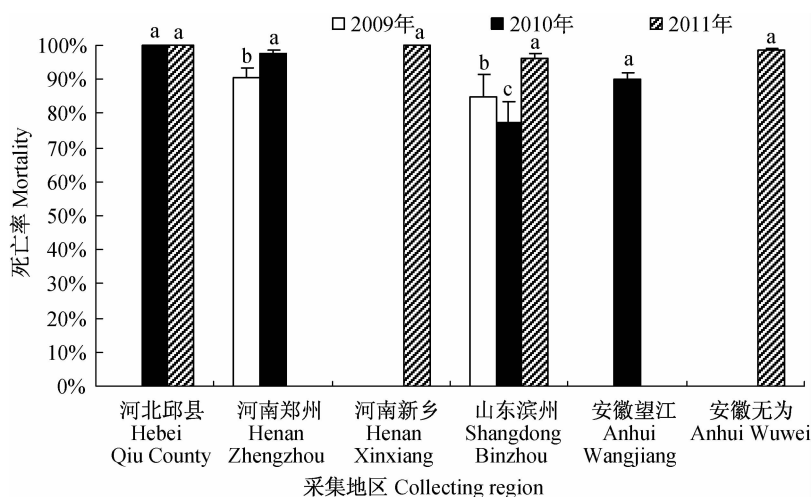


图 2 各地绿盲蝽在毒死蜱诊断剂量下的死亡率

Fig.2 The mortality of *Apolygus lucorum* after exposed to the diagnose dose of chlorpyrifos

2.3 6 种药剂对 2011 年各地绿盲蝽的毒力测定结果

从 6 种药剂对各地绿盲蝽的毒力测定结果来看(表 3),河南新乡、安徽无为、山东滨州采集的

绿盲蝽对毒死蜱的相对毒力指数分别为 0.15、1.66、1.80,对灭多威的相对毒力指数分别为 1.10、1.18、1.52,对吡虫啉的相对毒力指数分别为 1.59、0.75、2.10,这说明各地绿盲蝽对毒死蜱、

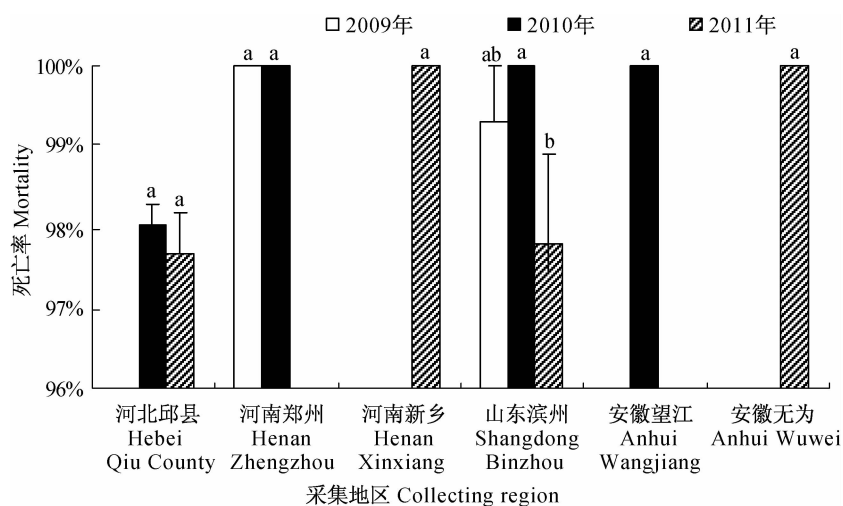


图3 各地绿盲蝽在灭多威诊断剂量下的死亡率

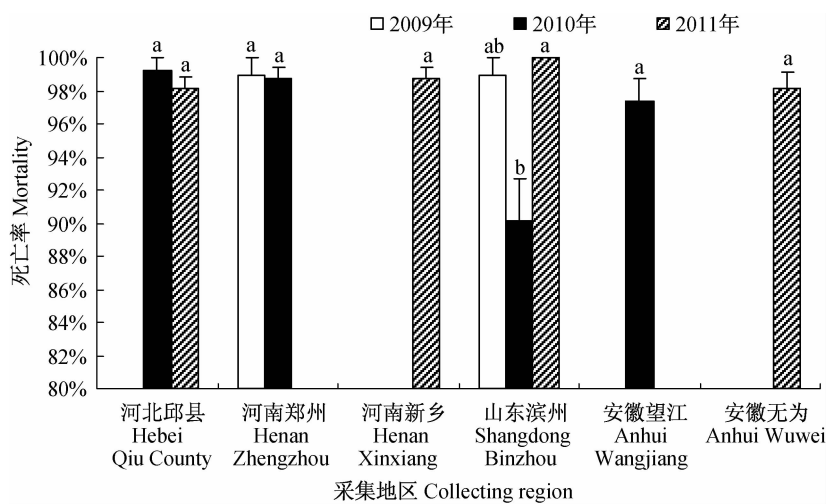
Fig. 3 The mortality of *Apolygus lucorum* after exposed to the diagnose dose of methomyl

图4 各地绿盲蝽在三氟氯氰菊酯诊断剂量下的死亡率

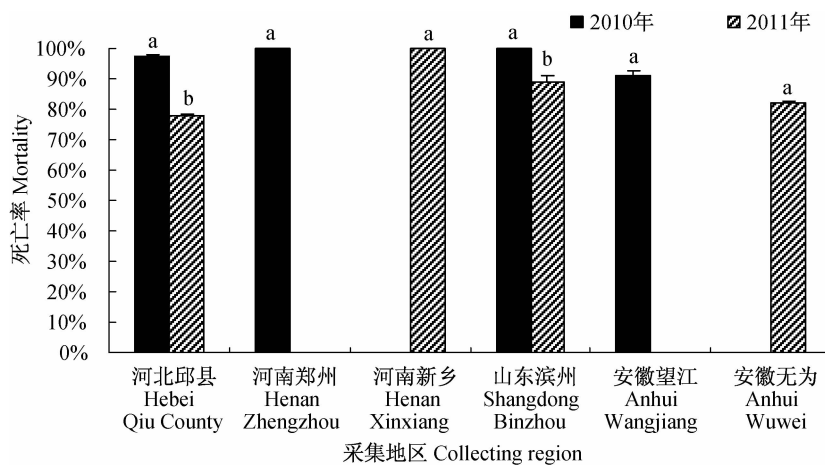
Fig. 4 The mortality of *Apolygus lucorum* after exposed to the diagnose dose of lambda-cyhalothrin

图5 各地绿盲蝽在吡虫啉诊断剂量下的死亡率

Fig. 5 The mortality of *Apolygus lucorum* after exposed to the diagnose dose of imidacloprid

灭多威、吡虫啉均处于敏感阶段。河南新乡、安徽无为、山东滨州采集的绿盲蝽对马拉硫磷的相对毒力指数分别为 4.56、5.01、5.17,河南新乡、山东滨州对三氟氯氰菊酯的的相对毒力指数分别为 10.18、8.83,河南新乡、安徽无为对硫丹的相对毒力指数分别为 3.18、3.18,说明上述地区采集的绿盲蝽对马拉硫磷、三氟氯氰菊酯、硫丹处于低抗水

平,但安徽无为绿盲蝽对三氟氯氰菊酯和山东滨州绿盲蝽对硫丹的抗性均大于 10 倍,初步判断已经处于中等抗性水平。实际上认为的划分一个倍数标准定分为抗性水平高低是一个误区。因为有些药剂的性质就决定了抗性倍数比其他的药剂类型低,有些害虫种的特性也有可能对任何药剂不会产生很高的抗性。

表 3 2011 年各地绿盲蝽点滴法抗性监测结果

Table 3 Toxicity of various insecticides to *Apolygus lucorum* from different regions by topical application in 2011 by drop application

药剂名称 Insecticide	采集地 Region	斜率值 ± 标准误 Slope ± SE	X^2 (df)	LD ₅₀ (ng/adult) [95% CL]	相对毒力指数* Relative toxic indexes
马拉硫磷 Malathion	室内品系	1.160 ± 0.275	1.64(4)	0.665 [0.215—1.279]	1
	河南新乡	1.485 ± 0.394	1.95(3)	3.031 [1.150—5.171]	4.56
	安徽无为	1.342 ± 0.351	1.29(3)	3.331 [1.318—5.872]	5.01
	山东滨州	1.143 ± 0.321	1.92(3)	3.438 [0.722—6.473]	5.17
毒死蜱 Chlorpyrifos	室内品系	2.587 ± 0.815	2.76(3)	49.752 [22.860—71.424]	1
	河南新乡	2.596 ± 0.794	2.22(3)	7.410 [2.615—68.456]	0.15
	安徽无为	5.039 ± 1.208	3.08(4)	82.619 [58.772—100.265]	1.66
	山东滨州	3.959 ± 1.1358	2.36(4)	89.333 [56.333—111.016]	1.80
灭多威 Methomyl	室内品系	2.031 ± 0.633	2.36(4)	8.600 [3.595—12.505]	1
	河南新乡	2.216 ± 0.569	1.41(3)	9.451 [5.306—13.274]	1.10
	安徽无为	2.381 ± 0.571	1.38(4)	10.128 [6.145—14.129]	1.18
	山东滨州	2.086 ± 0.384	2.72(4)	13.058 [8.442—18.076]	1.52
三氟氯氰菊酯 Lambda-cyhalothrin	室内品系	0.396 ± 0.101	2.90(5)	0.735 [0.014—4.561]	1
	河南新乡	1.319 ± 0.279	1.35(3)	7.481 [3.483—12.655]	10.18
	安徽无为	1.035 ± 0.330	1.89(3)	13.241 [14.753—30.411]	18.34
	山东滨州	1.496 ± 0.485	1.47(3)	6.490 [2.413—12.115]	8.83
硫丹 Endosufan	室内品系	0.851 ± 0.234	2.37(3)	0.560 [0.162—1.337]	1
	河南新乡	1.4401 ± 0.65	2.10(5)	1.780 [0.665—3.096]	3.18
	安徽无为	1.071 ± 0.237	3.30(5)	1.780 [12.099—21.371]	3.18
	山东滨州	1.352 ± 0.380	2.32(4)	18.329 [8.290—33.947]	32.74
吡虫啉 Imidacloprid	室内品系	1.224 ± 0.404	2.20(5)	2.246 [0.335—4.369]	1
	河南新乡	1.528 ± 0.494	2.90(5)	3.570 [1.382—5.934]	1.59
	安徽无为	1.810 ± 0.469	2.60(4)	1.685 [0.869—2.561]	0.75
	山东滨州	1.426 ± 0.279	2.00(5)	4.717 [2.327—7.724]	2.10

* 相对毒力指数 = 监测地区绿盲蝽种群的 LD₅₀/室内品系绿盲蝽种群的 LD₅₀。

* Relative toxic index = the LD₅₀ value of populations from different regions/the LD₅₀ value of susceptible population.

2.4 监测各地中黑盲蝽在药剂诊断剂量下的抗性个体频率

作者从 2009—2011 年连续 3 年用表 2 中的诊断剂量监测了河南、山东、安徽省区棉田中黑盲蝽对毒死蜱和吡虫啉抗性频率的发生情况,2010

年到 2011 年连续 2 年监测了上述地区中黑盲蝽对灭多威和硫丹的抗性个体频率,发现对供试的 4 种药剂在不同监测年份间,各地种群均有抗性个体存在。图 7 显示 2009 年河南郑州、2010 年安徽望江、2011 年安徽无为采集的中黑盲蝽种群对毒

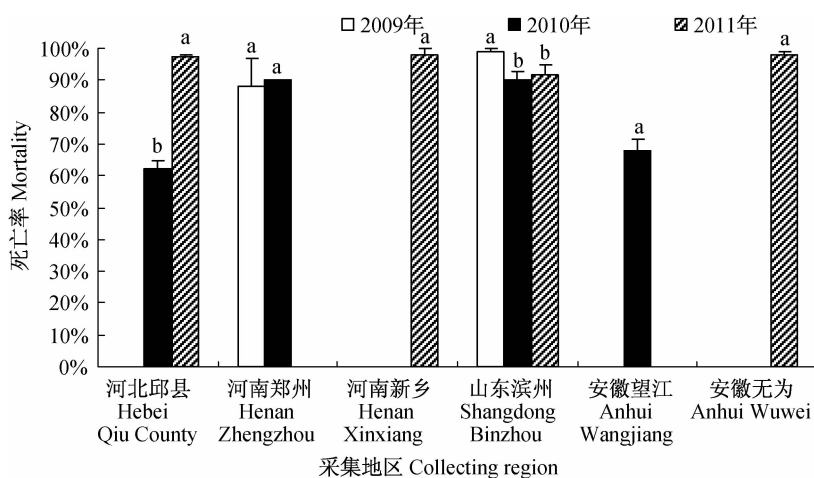


图 6 各地绿盲蝽在硫丹诊断剂量下的死亡率

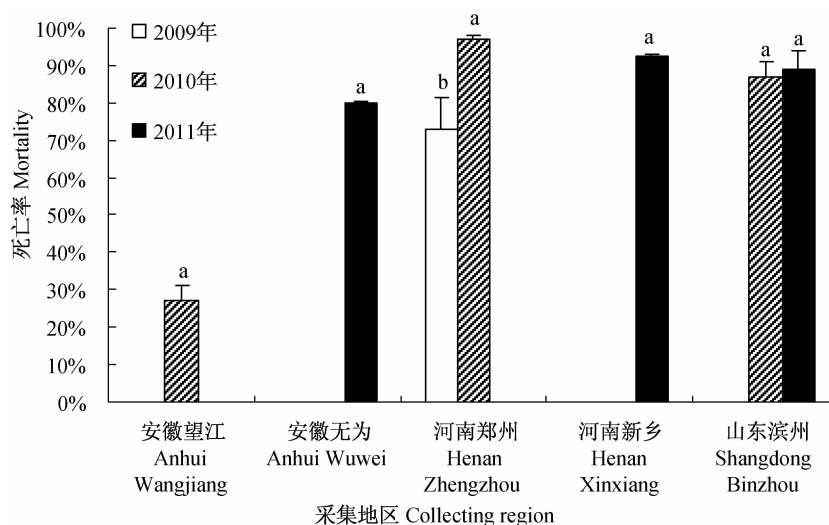
Fig. 6 The mortality of *Apolygus lucorum* after exposed to the diagnose dose of endosulfan

图 7 各地中黑盲蝽在毒死蜱诊断剂量下的死亡率

Fig. 7 The mortality of *Adelphocoris suturalis* after exposed to the diagnose dose of chlorpyrifos

死蜱产生了很高的抗性个体频率,图 8 显示出 2010 年安徽望江、河南郑州、2011 年安徽无为中黑盲蝽对硫丹产生了很高的抗性个体频率,图 9 反映了 2011 年安徽无为中黑盲蝽对吡虫啉产生了较高的抗性个体频率,从图 10 中发现 2010 年山东滨州、2011 年安徽无为中黑盲蝽对三氟氯氰菊酯都产生了比较高的抗性个体。纵观中黑盲蝽的抗性频率发生情况,安徽望江中黑盲蝽对毒死蜱、硫丹产生了较高的抗药性,安徽无为对供试 4 种药剂均产生了抗药性,河南郑州采集的中黑盲蝽对硫丹和毒死蜱产生了一定的抗药性,同时该地区的中黑盲蝽对吡虫啉和三氟氯氰菊酯均存在

低频率的抗性个体,而山东滨州的中黑盲蝽对毒死蜱、三氟氯氰菊酯、硫丹、吡虫啉均产生 10% 左右的抗性个体频率;尽管 2011 年河南新乡采集的中黑盲蝽种群在 4 种药剂的诊断剂量下死亡率高于 90%,但证明仍然有抗性个体的存在。

2.5 4 种药剂对 2011 年各地中黑盲蝽的毒力测定结果

由于在作者实验室内并未长期饲养中黑盲蝽,并且尚未找到较为敏感的中黑盲蝽种群,因此在 4 种药剂对 2011 年各地中黑盲蝽的毒力测定中,作者无法应用点滴法确定 4 种药剂对中黑盲蝽的敏感基线,所以仅选择了 3 个田间种群进行

测定,即使不能完整地判断抗性水平,但可作为一部分参考数据。从表 4 数据中作者发现:河南新乡中黑盲蝽敏感度相对最低,安徽无为地区中黑盲蝽对毒死蜱、三氟氯氰菊酯、硫丹 3 种药剂敏感

度均低于山东滨州,但这些地区之间中黑盲蝽的抗性相对毒力指数均低于 3,说明这 3 个地区之间中黑盲蝽对药剂的敏感度差异不大。

表 4 2011 年各地中黑盲蝽点滴法抗性监测结果

Table 4 Toxicity of various insecticides to *Adelphocoris suturalis* from different regions by topical application in 2011

药剂名称 Insecticide	采集地 Region	斜率值 ± 标准误 Slope ± SE	X ² (df)	LD ₅₀ (ng/Adult) [95% CL]	相对毒力 指数* Relative toxic indexes
毒死蜱 Chlorpyrifos	安徽无为	2.030 ± 0.590	1.64 (4)	11.317 [4.358—17.505]	1.53
	河南新乡	1.397 ± 0.452	3.16 (3)	7.410 [3.096—12.113]	1
	山东滨州	1.326 ± 0.437	2.68 (4)	6.151 [0.919—11.187]	0.83
三氟氯氰菊酯 Lambda-cyhalothrin	安徽无为	1.833 ± 0.487	1.41 (3)	27.787 [11.525—43.400]	2.10
	河南新乡	1.750 ± 0.497	0.93 (3)	13.241 [5.295—21.021]	1
	山东滨州	1.416 ± 0.328	0.76 (4)	19.649 [8.428—2.385]	1.48
硫丹 Endosufan	安徽无为	1.666 ± 0.525	1.35 (3)	5.801 [2.165—9.922]	2.02
	河南新乡	1.983 ± 0.455	1.11 (3)	2.863 [1.480—4.305]	1
	山东滨州	1.820 ± 0.423	3.16 (4)	5.726 [2.602—8.908]	2.00
吡虫啉 Imidacloprid	安徽无为	2.135 ± 0.440	1.11 (3)	3.978 [2.088—5.839]	1.25
	河南新乡	1.698 ± 0.485	2.37 (3)	3.172 [1.292—5.051]	1
	山东滨州	1.833 ± 0.345	1.59 (3)	4.037 [2.326—5.860]	1.27

* 相对毒力指数 = 不同地区中黑盲蝽种群的 LD₅₀/河南新乡中黑盲蝽种群的 LD₅₀。

* Relative toxic index = the LD₅₀ value of populations from different regions/the LD₅₀ value of population from Xinxiang of Henan Province.

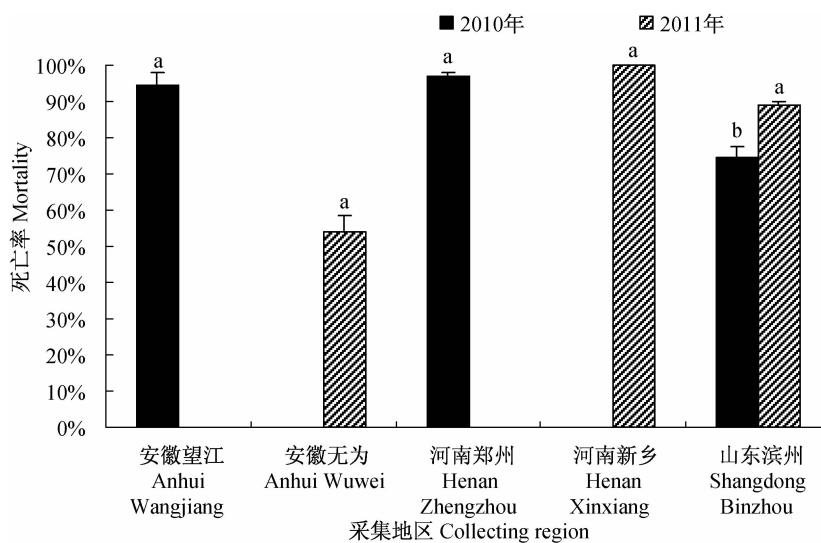


图 8 各地中黑盲蝽在三氟氯氰菊酯诊断剂量下的死亡率

Fig. 8 The mortality of *Adelphocoris suturalis* after exposed to the diagnose dose of lambda-cyhalothrin

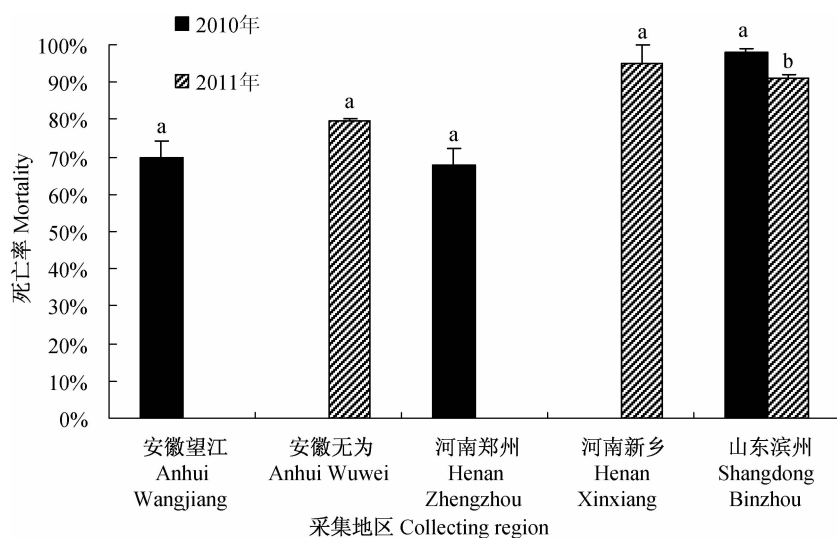


图9 各地中黑盲蝽在硫丹诊断剂量下的死亡率

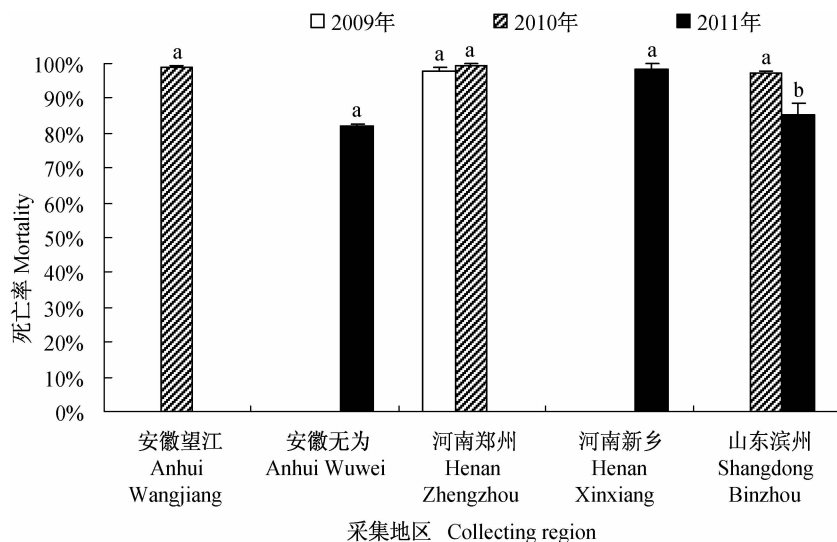
Fig. 9 The mortality of *Adelphocoris suturalis* after exposed to the diagnose dose of endosulfan

图10 各地中黑盲蝽在吡虫啉诊断剂量下的死亡率

Fig. 10 The mortality of *Adelphocoris suturalis* after exposed to the diagnose dose of imidacloprid

3 讨论

在开展昆虫抗药性监测研究前,建立一套准确而易于操作的监测方法十分必要。在经典的抗性监测中,建立药剂对昆虫的敏感基线,敏感种群的确立,应尽可能选择 LD_{50} 值小的、毒力回归线斜率大的种群(鲁艳辉等,2009),然后将待测种群所得的 LD_{50} 或 LC_{50} 值与敏感品系的 LD_{50} 或 LC_{50} 值比较,得到抗性水平的方法结果直观,但供试群体早期出现的低抗性个体频率无法准确地检测到。作

者应用实验室饲养多代、不接触任何药剂的绿盲蝽种群作为敏感种群,采用玻璃管药膜法测定了绿盲蝽对6种典型药剂的敏感基线,同时应用李国平等(2008)研究结果建立了中黑盲蝽对4种药剂的敏感基线,结果发现绿盲蝽对毒死蜱、硫丹的敏感基线比中黑盲蝽高很多倍,但2011年点滴法测定结果显示,绿盲蝽各个种群对毒死蜱的敏感度都高于中黑盲蝽的种群,这可能是由于毒死蜱对绿盲蝽和中黑盲蝽有选择性,但点滴法得到中黑盲蝽对硫丹的敏感度低于绿盲蝽各品系,结合

中黑盲蝽在诊断剂量法监测中抗性频率相对较高的结果,作者分析极有可能是中黑盲蝽在田间已经出现普遍的一定程度的抗药性,还有一种可能是作者选择的绿盲蝽种群对硫丹这种药剂在玻璃管药膜法测定下不够敏感,需要继续寻找对硫丹更为敏感的绿盲蝽种群作为敏感种群。

依据抗性水平的划分标准(林玉英等,2010),小于3倍为敏感;3~10倍为低水平抗性;10~40倍为中等抗性;40~160倍为高水平抗性;大于160倍为极高水平抗性。结合诊断剂量法和生物学测定方法,既能检测到抗性早期出现的个体频率,又能很好的了解现阶段的抗性倍数,通常监测中认为抗性倍数为1~3倍时,属于敏感性下降阶段,而此时的抗性个体频率常常可达5%~10%。作者在诊断剂量法中采用玻璃管药膜法,是因为这种方法快速而易于操作,选择3h检查结果也是因为药效结果相对稳定,而在生物学测定中,选择点滴法是因为点滴更为精准,要求试虫标准统一,适合于室内精确测定抗性水平。但在2种方法的应用下,作者也发现不同药剂在不同方法下存在差别,比如:各地绿盲蝽对三氟氯氰菊酯的抗性频率都在5%以下,但生测结果三地绿盲蝽对室内品系的抗性倍数在8~10倍间,已处于低抗水平;2011年山东滨州、安徽无为绿盲蝽对吡虫啉抗性频率超过10%,但生测结果发现仍处于敏感阶段,抗性水平小于3倍。所以抗性监测结合诊断剂量法和生物学测定方法共同判断抗性的发展阶段是更为科学合理的。

在抗性监测的取样中,作者了解到:山东滨州、安徽等地的田间用药量和打药次数都很高,从监测的结果来看这些地区的盲蝽种群对很多常用药剂都存在抗性个体频率,如:毒死蜱、吡虫啉、硫丹等。在中黑盲蝽的抗性监测中,作者发现种群抗性个体频率的出现更为普遍,所以开展棉花盲蝽的抗药性工作已刻不容缓,各地应在生产中考考虑合理轮换使用未产生抗性的、不同类型的杀虫剂,同时实时监测抗药性的发展情况,以延缓抗性增长。

致谢:在抗性监测中感谢河北省、山东省、河南省和安徽省市、县植保站采集样本的大力协助。

参考文献 (References)

- Atkinson TH, Wadleigh RW, Koehler PG, 1991. Pyrethroid resistance and synergism in a field strain of the German cockroach. *J. Econ. Entomol.*, 84(4):1247—1250.
- Bostanian NJ, Hardman JM, Ventard E, Racette G, 2005. The intrinsic toxicity of several neonicotinoids to *Lygus lineolaris* and *Hyaliodes vitripenni*, a phytophagous and a predacious mirid. *Pest Manag. Sci.*, 61(10):991—996.
- Fleury D, Bostanian NJ, Mauffette Y, Vincent C, 2007. Residual toxicity of two insecticides on three field populations of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) collected along the St Lawrence valley in eastern Canada. *Pest Manag. Sci.*, 63(5):495—499.
- Liu YQ, Lu YH, Wu KM, Wyckhuys KAG, Xue FS, 2008. Lethal and sub-lethal effects of endosulfan on *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae). *J. Ecol. Entomol.*, 101(6):1805—1810.
- Lu YH, Qiu F, Feng HQ, Li HB, Yang ZC, Wyckhuys KAG, Wu KM, 2008a. Species composition and seasonal abundance of pestiferous plant bugs (Hemiptera: Miridae) on BT Cotton in China. *Crop Prot.*, 27(3/5):465—472.
- Lu YH, Wu KM, Cai XM, Liu YQ, 2008b. A rearing method for mirids using the green bean *Phaseolus vulgaris* in the laboratory. *Acta Phytophyl. Sin.*, 35(3):215—219.
- Luttrell RG, Fitt GP, Ramalho FS, Sugonyaev ES, 1994. Cotton pest management; Part 1. A worldwide perspective. *Annu. Rev. Entomol.*, 39:517—526.
- Snodgrass GL, 1996. Insecticide resistance in field populations of the tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) in the Mississippi Delta. *J. Ecol. Entomol.*, 89(4):783—789.
- Snodgrass GL, Scott WP, 2000. Seasonal changes in pyrethroid resistance in tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) populations during a three-year period in the Delta area of Arkansas, Louisiana, and Mississippi. *J. Ecol. Entomol.*, 93(2):441—446.
- Wu KM, Li W, Feng HQ, Guo YY, 2002. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on BT cotton in northern China. *Crop Prot.*, 21(10):997—100.
- Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with BT toxin containing cotton. *Science*, 321(5896):1676—1678.
- Zhang ZQ, Guo TE, Wang W, Feng L, Mu W, 2009. Assessment of relative toxicity of insecticides to the green plant bug, *Lygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae) by two different bioassay methods. *Acta Entomol. Sin.*, 52

- (9):967—973.
- 丁岩钦,1963. 棉盲蝽生态学特性的研究 I, 温度、湿度对棉盲蝽生长发育及地理分布的作用. 植物保护学报, 2(3):285—296.
- 傅建炜,周剑锋,林泽燕,2005. 黄曲条跳甲药剂敏感性监测方法的比较. 植物保护, 31(2):63—67.
- 郭建英,周洪旭,万方浩,刘小京,韩召军,2005. 两种防治措施下转 Bt 基因棉田绿盲蝽的发生与为害. 昆虫知识, 42(4):424—428.
- 姜典志,张秀阁,魏荣生,2004. 转 Bt 基因抗虫棉田中黑盲蝽象的发生与防治. 中国棉花, (11):332.
- 李国平,封洪强,梁双双,邱峰,2008. 四种杀虫剂亚致死剂量对中黑盲蝽发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 51(12):1260—1264.
- 李号宾,吴孔明,2007. 南疆棉田盲蝽类害虫种群数量动态. 昆虫知识, 44(4):219—222.
- 林玉英,曾玲,陆永跃,任爽,金涛,2010. 广州市杨桃园橘小实蝇田间种群抗药性监测. 农药, 49(12):917—923.
- 鲁艳辉,杨婷,高希武,2009. 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. 昆虫学报, 52(1):52—58.
- 马艳,彭军,2005. 防治棉盲蝽药剂筛选及施药技术研究. 中国棉花, 32(7):14.
- 汤建国,阳中乐,曾天喜,吴浩平,2007. 中国主要棉盲蝽的生活习性研究综述. 江西棉花, 29(1):9—12.
- 王荫长,李显春,1996. 杀虫药剂分子毒理学及昆虫抗药性. 北京:中国农业出版社. 1—171.
- 吴益东,陈松,净新娟,林祥文,沈晋良,2001. 棉铃虫抗药性监测方法——浸叶法敏感毒力基线的建立及其应用. 昆虫学报, 44(1):56—61.
- 邢殿菊,薛玉燕,宫玉峰,2006. 枣树绿盲蝽的发生与防治. 中国果树, 4:64—65.
- 翟启慧,1995. 昆虫分子生物学的一些进展:杀虫剂抗性的分子基础. 昆虫学报, 38(4):493—499.
- 周洪旭,万方浩,刘万学,2003. 绿盲蝽在转 Bt 基因抗虫棉的发生动态及其为害研究. 中国生态农业学报, 11(3):13—15.
- 朱弘复,孟祥,1958. 三种棉盲蝽的研究. 昆虫学报, 8(2):97—117.