

天津市家蝇对常用杀虫剂抗药性调查 及趋势分析

李今越^{1,2}, 刘起勇¹, 张静², 郭杰³, 贾艳合⁴, 马玉涛⁵

1 中国疾病预防控制中心传染病预防控制所媒介生物控制室, 北京 102206; 2 天津市疾病预防控制中心病媒生物科, 天津 300011; 3 天津市爱国卫生运动委员会; 4 天津市蓟县疾病预防控制中心; 5 天津市津南区疾病预防控制中心

摘要: **目的** 调查 2013 年天津市家蝇对溴氰菊酯、敌敌畏和残杀威 3 种常用杀虫剂抗药性水平, 与历史数据进行比对, 了解天津市家蝇对杀虫剂抗药性的发展趋势。**方法** 采用生物测定方法研究 2013 年天津市家蝇对溴氰菊酯、敌敌畏和残杀威 3 种常用杀虫剂的抗药性水平, 比对历史数据得到天津市家蝇抗药性趋势。**结果** 天津市家蝇对敌敌畏、溴氰菊酯和残杀威均产生不同程度的抗药性, 其中对敌敌畏的抗药性水平最高, 达 19.33 倍, 对残杀威抗药性水平最低, 为 2.34 倍。其中对残杀威的抗药性与其他 2 种药物相比差异有统计学意义。通过与历史数据进行比对分析发现, 在过去的 10 余年中天津市家蝇的抗药性水平均有不同程度的下降。**结论** 开展家蝇抗药性常规监测, 筛选及合理使用化学杀虫剂, 可以有效抑制和延缓家蝇对杀虫剂高抗性的产生。

关键词: 家蝇; 抗药性; 发展趋势

中图分类号: R384.2; S481+.4 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)04-0326-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.04.011

Analysis of *Musca domestica* resistance to commonly used insecticides and its historical trend in Tianjin, China

LI Jin-yue^{1,2}, LIU Qi-yong¹, ZHANG Jing², GUO Jie³, JIA Yan-he⁴, MA Yu-tao⁵

1 National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 2 Tianjin Center for Disease Control and Prevention, Tianjin 300011, China; 3 Office of Tianjin Patriotic Health Committee; 4 Jixian Center for Disease Control and Prevention; 5 Jinnan Center for Disease Control and Prevention Tianjin

Corresponding author: LIU Qi-yong, Email: liuqiyoung@icdc.cn

Abstract: Objective To investigate *Musca domestica* resistance to commonly used insecticides in Tianjin in 2013, and to study the trend of insecticide resistance by comparison with historical data. **Methods** Biological assay was applied to determine the resistance levels of *M. domestica* to deltamethrin, DDVP, and propoxur. The results were compared with the historical data in Tianjin. **Results** *Musca domestica* in Tianjin showed different levels of resistance to DDVP, deltamethrin, and propoxur. Statistics revealed that the resistance to DDVP (19.33 fold) was the highest, and that the resistance to propoxur was the lowest (2.34 fold). The resistance to propoxur was significantly different from the resistance to the other two insecticides. In comparison with historical data, it was found that the insecticide resistance of *M. domestica* was decreased in Tianjin in the past 10 years. **Conclusion** Routine surveillance of the insecticide resistance of *M. domestica* provides evidence for the screening and rational use of chemical pesticides, and therefore effectively prevents and delays the insecticide resistance of *M. domestica*.

Key words: *Musca domestica*; Insecticide resistance; Trend

家蝇(*Musca domestica*)是重要的媒介生物, 可以传播多种病原体, 对于家蝇的防治一直是媒介生物防治的重要部分。随着化学杀虫剂的广泛使用, 从 20 世纪 80 年代开始天津市即开始了家蝇对杀虫剂抗药性研究。2013 年, 在天津全市范围采集试虫进行家蝇抗药性监测, 并且搜集历史数据进行比对, 以了解天津市家蝇的抗药性发展趋势。

作者简介: 李今越, 女, 助理实验师, 主要从事媒介生物控制工作,

Email: elfsharron@163.com

通讯作者: 刘起勇, Email: liuqiyoung@icdc.cn

1 材料与方法

1.1 试虫 利用经纬度将天津市全境大致分为 8 个部分, 作为采样区域, 选择区域内主要行政区作为采样单位。在采样区内选择 3 个垃圾集中处理点或垃圾转运中心作为采集点。各采集点之间的距离不少于 3 km。以捕蝇笼诱捕及抄网法作为采集方法。每个采集点采集数量 ≥ 50 只。

家蝇饲养: 将每个采集区域所得家蝇于天津市疾病预防控制中心(CDC)饲养室进行混养, 至于 1 代进

行实验。敏感品系试虫由天津市 CDC 昆虫饲养室提供。按照所处区域地理位置,分别命名为 N1、N2、MD、S1、W1、W2、W3 及 E1 进行区分。

1.2 供试药物 92%敌敌畏原药、98.5%溴氰菊酯原药、97%残杀威原药,实验中所使用的杀虫剂原药均由中国 CDC 传染病预防控制所提供。

1.3 实验器材 0.31 μ l 微量点滴器(由中国 CDC 传染病预防控制所标定),平皿,一次性透明杯,纱布,脱脂棉。

1.4 实验方法 采用微量点滴法,以丙酮(分析纯)将原药配制成不同浓度梯度的溶液。选取 3~5 日龄体重 18~22 mg 的家蝇成虫,以乙醚(分析纯)进行轻度麻醉。选取健康雌虫,每组 25 只置于平皿中,利用微量点滴器将 0.31 μ l 的杀虫剂滴于雌性家蝇成虫的中胸背板。按浓度由低至高的顺序完成梯度实验,每个浓度重复 2 次。

完成点滴后,将试虫转移至 200 ml 一次性透明杯中,用纱布封口,以葡萄糖水浸泡的脱脂棉球饲喂,于复苏室内进行复苏。24 h 后检查实验结果,记录各浓度试虫的死亡数量,利用 Polo 软件进行 LD₅₀、LD₉₅ 的计算。对照组以丙酮原液进行处理,如死亡率 > 20% 判定实验无效,重做。

1.5 死亡判定标准 凡试虫腹部上翻,六足抽搐,以探针触动不能主动翻身爬行者即判定为死亡。

1.6 实验条件 实验室温度(25±1)℃,湿度 60%~70%;复苏室温度(25±1)℃,湿度 60%~70%。

1.7 计算方法 利用概率单位回归法通过 Polo 软件计算生物测定结果的 LD₅₀、LD₉₅,根据敏感品系数值进行抗药性倍数计算。通过 Anova 方差方法对所得数据进行多重比较,确定天津市家蝇对 3 种常用杀虫剂的抗药性。利用中位数对比天津市家蝇对 3 种杀虫剂抗药性情况的影响大小。

1.8 抗药性数据搜集 根据文献记载搜集近 10 年来关于天津市家蝇抗药性情况。选择 4 个区域 E1、W2、MD、S1 进行比对,将历史文献中坐落于相关区域的行政区(县)监测数据进行统计,与 2013 年监测数据进行比较,从而发现天津市家蝇抗药性的发展趋势。

1.9 用药记录搜集 通过各区域爱国卫生运动委员会,搜集 2010—2013 年有害生物防制的杀虫剂采购目录,以作为趋势分析的辅助依据。

2 结果

2.1 生物测定 测试结果表明,天津市各个区域所采集家蝇对供试药物均产生了不同程度的抗药性,基于各地区用药历史以及地域环境的区别,北部地区采集的家蝇抗药性要明显低于其他地区。

2.1.1 敌敌畏测定 实验表明,天津市各区域的家蝇对敌敌畏均产生了不同程度的抗药性,其中 W1 地区抗性水平最高,相对抗性倍数达 19.33 倍,N1 区域的抗药性最低,为 1.14 倍(表 1)。在全市范围内敌敌畏的抗药性水平呈现明显的不均衡状态。敌敌畏在天津市曾经长期使用,即使在今天,16.5%的克抗乳油也在多个区域的采购目录中出现。

表 1 2013 年天津市各区域家蝇对不同杀虫剂抗药性生物测定结果

Table 1 The bioassay results of *M. domestica* resistance to different insecticides in Tianjin in 2013

| 杀虫剂 | 试虫品系 | LD ₅₀ 及其 95%CI(μg/♀) | LD ₉₅ (μg/♀) | 抗性倍数 | |
|------|------|---------------------------------|-------------------------|--------|------|
| 敌敌畏 | N1 | 0.0058(0.0045~0.0073) | 0.0277 | 1.14 | |
| | N2 | 0.0265(0.0206~0.0342) | 0.1385 | 5.20 | |
| | MD | 0.0654(0.0495~0.0865) | 0.4023 | 12.82 | |
| | S1 | 0.0703(0.0509~0.0972) | 0.5771 | 13.78 | |
| | W1 | 0.0986(0.0675~0.1439) | 1.1533 | 19.33 | |
| | W2 | 0.0758(0.0556~0.1033) | 0.5662 | 14.86 | |
| | W3 | 0.0141(0.0178~0.0112) | 0.0639 | 2.76 | |
| | E1 | 0.0545(0.0383~0.0777) | 0.5424 | 10.69 | |
| | 敏感品系 | 0.0051(0.0034~0.0075) | 0.0521 | - | |
| | 残杀威 | N1 | 0.0470(0.0358~0.0615) | 0.2720 | 1.11 |
| | | N2 | 0.0484(0.0373~0.0628) | 0.2625 | 1.14 |
| MD | | 0.0759(0.0589~0.0979) | 0.3962 | 1.79 | |
| S1 | | 0.0600(0.0463~0.0779) | 0.3262 | 1.41 | |
| W1 | | 0.0997(0.0734~0.1353) | 0.7276 | 2.34 | |
| W2 | | 0.0708(0.050~0.0911) | 0.3653 | 1.66 | |
| W3 | | 0.0781(0.0590~0.1033) | 0.4806 | 1.84 | |
| E1 | | 0.0603(0.0400~0.0909) | 0.8682 | 1.42 | |
| 敏感品系 | | 0.0425(0.0278~0.0650) | 0.6692 | - | |
| 溴氰菊酯 | | N1 | 0.0007(0.0006~0.0010) | 0.0043 | 1.17 |
| | | N2 | 0.0009(0.0012~0.0007) | 0.0051 | 1.50 |
| | MD | 0.0088(0.0067~0.0117) | 0.0544 | 14.67 | |
| | S1 | 0.0053(0.0040~0.0070) | 0.0313 | 8.83 | |
| | W1 | 0.0180(0.0139~0.0222) | 0.0810 | 30.00 | |
| | W2 | 0.0048(0.0031~0.0076) | 0.0880 | 8.00 | |
| | W3 | 0.0040(0.0050~0.0060) | 0.0205 | 6.67 | |
| | E1 | 0.0045(0.0029~0.0072) | 0.0091 | 7.50 | |
| | 敏感品系 | 0.0006(0.0005~0.0008) | 0.0035 | - | |

2.1.2 残杀威测定 实验表明,目前天津市各区域家蝇对残杀威已产生抗药性,但是普遍程度不高,最高的为 W1 地区,为 2.34 倍;最低的仍为最北部的 N1 地区,为 1.11 倍,抗药性相对倍数大多在 1~3 倍之间(表 1)。历史上,天津市家蝇对残杀威有非常高的抗药性,1999 年范俊兰等^[1]的研究显示,以当时河北省衡水市的监测结果为敏感品系基数的情况下,曾经出现过相对倍数 133.07 倍的高抗性。

2.1.3 溴氰菊酯测定 实验表明,天津市各区域家蝇对溴氰菊酯均产生了一定抗药性,最高的出现在 W1 地区,相对倍数达 30.00 倍,最低的在北部 N1 地区,为 1.17 倍。

2.2 家蝇对 3 种常用杀虫剂抗药性产生的差异 通过 Anova 方差分析,对 3 组数据进行多重比较。结果表明,天津市家蝇对残杀威的抗药性与其他 2 种药物比较有明显差异($P>0.05$),且其中位数远低于针对敌敌畏和溴氰菊酯的抗药性。家蝇对敌敌畏及溴氰菊酯产生的抗性倍数差异无统计学意义($P<0.05$)。

2.3 抗药性历史数据分析 通过文献检索,搜集天津市 1997—1998 年、2003 年、2010 年家蝇抗药性测试结果(表 2)。汇总各阶段供试家蝇的 LD₅₀数据,以本次实验的敏感品系 LD₅₀数据作为敏感品系对比系数,得到历史上各次实验的相对抗药性倍数,使各时期的数据更具比对意义。

表 2 天津市各历史阶段家蝇抗药性研究数据
Table 2 The research data on insecticide resistance of *M. domestica* in different years in Tianjin

| 药物种类 | 区域 | 1997—1998 年 | | 2003 年 | | 2010 年 | | 2013 年 | |
|------|----|------------------|--------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|
| | | LD ₅₀ | R/S* | LD ₅₀ | R/S* | LD ₅₀ | R/S* | LD ₅₀ | R/S* |
| 敌敌畏 | E1 | 0.1279 | 25.08 | 0.0062 | 1.22 | 0.0710 | 13.92 | 0.0545 | 10.69 |
| | MD | 0.6326 | 124.04 | 0.1640 | 32.16 | 0.0151 | 2.96 | 0.0654 | 12.82 |
| | W2 | 0.4589 | 89.98 | 0.1804 | 35.37 | 0.0769 | 15.08 | 0.0758 | 14.86 |
| | S1 | 0.8724 | 171.06 | 0.1806 | 35.41 | 0.0692 | 13.57 | 0.0703 | 13.78 |
| 溴氰菊酯 | E1 | 0.0041 | 6.83 | 0.0152 | 25.33 | 0.0046 | 7.67 | 0.0045 | 7.50 |
| | MD | 0.0246 | 41.00 | 0.0506 | 84.33 | 0.0026 | 4.33 | 0.0088 | 14.67 |
| | W2 | 0.0709 | 118.17 | 0.0126 | 21.00 | 0.0023 | 3.83 | 0.0048 | 8.00 |
| | S1 | 0.0909 | 151.50 | 0.0473 | 78.83 | 0.0104 | 17.33 | 0.0053 | 8.83 |
| 残杀威 | E1 | 23.2703 | 547.54 | 0.2858 | 6.72 | 0.0986 | 2.32 | 0.0603 | 1.42 |
| | MD | 3.2015 | 75.33 | 0.3322 | 7.82 | 0.1032 | 2.43 | 0.0759 | 1.79 |
| | W2 | 1.7302 | 40.71 | 0.5889 | 13.86 | 0.1309 | 3.08 | 0.0708 | 1.84 |
| | S1 | 16.5917 | 390.39 | 0.8439 | 19.86 | 0.2737 | 6.44 | 0.0600 | 1.41 |

注:作为敏感品系基数的 LD₅₀数据,以 2013 年天津市 CDC 饲养室饲养的品系为准。*R/S. 抗性种群/敏感品系。

2.4 用药记录分析 搜集相关区域 2010—2013 年的药物采购名录(表 3)。从采集的数据可以看出,天津市各区域的药物采集并不统一,种类也相对较多。每个区域都采取同时采购多种药物,采用混合或者轮换的实施方法,对于有害生物抗药性的治理起到了一定作用^[2]。传统的高抗性药物正逐渐地退出历史舞台,复配药物更多地出现在采购目录中。

3 讨论

3.1 2013 年天津市家蝇对 3 种常用药物的抗药性状况 通过对全市 8 个区域的家蝇进行抗药性生物测定,结果表明,天津市调查区域的家蝇均产生了不同程度的抗药性。2013 年的调查结果显示,在天津市的各个区域家蝇对敌敌畏和溴氰菊酯均产生较高抗药性。可能是因为敌敌畏和溴氰菊酯杀灭效果好、实施方法简单、性价比高,且被长期、广泛应用的结果。相对敌敌畏和溴氰菊酯,残杀威的抗药性虽然也存在普遍性,但抗药性水平相对较低,提示目前在各个区域残杀威仍可在短期内继续应用。

3.2 家蝇抗药性的趋势分析 对 4 个区域 1997—2013 年家蝇对敌敌畏、溴氰菊酯和残杀威抗药性数据的分析发现,经过多年的抗药性治理,4 个区域家蝇对上述 3 种杀虫剂的抗药性总体呈下降趋势。以天津市 CDC 病媒生物饲养室家蝇敏感品系的 LD₅₀值作为参照基准,与 2003 年的实验数据相比各种药物的抗药性指数都出现不同程度的下降。与 1999 年发表的研究数据进行比对,可以发现其下降趋势非常明显^[1,3-6]。

3.3 药物的选择与家蝇抗药性治理 天津市 CDC 于 2007 年开始为天津市爱国卫生运动委员会提供家蝇的抗药性调查数据,并提出相关用药建议,促进天津市在爱国卫生运动中卫生杀虫剂的合理使用,实施家蝇

表 3 天津市各区域爱国卫生系统集中采购杀虫剂名录

Table 3 The list of insecticides purchased by Patriotic Health Campaign Offices in different districts of Tianjin

| 区域 | 商品名 | 主要成分 |
|----|----------------------------|---------------------------|
| E1 | 列喜镇 1%双硫磷 | 生物烯丙菊酯 双硫磷 |
| S1 | 卫豹 16.5%克抗乳油 | 吡虫啉 敌敌畏 氯氰菊酯 增效剂 复配 |
| W1 | 除敌 列喜镇 氯氰菊酯 | 溴氰菊酯悬浮剂 生物烯丙菊酯 氯氰菊酯 |
| W2 | 环卫乐 大功达 | 12%高氯·毒死蜱乳油 高效氯氰菊酯 |
| W3 | 除敌 氯氰菊酯 列喜镇 | 溴氰菊酯悬浮剂 氯氰菊酯 生物烯丙菊酯 |
| N1 | 奋斗呐 郁康可湿性粉剂 | 顺式氯氰菊酯 10%悬浮剂 高效氯氰菊酯 |
| N2 | 环保敌敌畏 氯氰菊酯 16.5%克抗乳油 | 敌敌畏 氯氰菊酯 生物烯丙菊酯 |
| MD | 优士高效氯氰菊酯悬浮剂 凯素灵 | 高效氯氰菊酯 溴氰菊酯 |

抗药性治理。

对残杀威的抗药性从1998年^[1]的574.54倍降至2013年的2.34倍。从药物采购目录(表3)可以发现,残杀威已经逐渐退出各区域爱国卫生工作的杀虫剂采购计划,充分验证了通过药物的合理选择可以有效改善家蝇抗药性水平^[7]。

轮用和混配使用杀虫剂是防止昆虫产生抗药性的主要策略方法,规避高抗性药物,选择敏感或抗性较低的药物,避免长时间使用同一种药物^[8-9]。从现有的采购目录可以发现,2010—2013年各区域均采取多种药物组合采购,混合或者轮流应用开展杀灭的策略。

家蝇的抗药性治理是一个漫长的过程,需要坚持对家蝇进行常规抗药性监测,及时提出用药指南和更换已经产生高抗性的药物,采用新药物及敏感度相对高的化学杀虫剂^[10]。在实施过程中采取以环境治理为主的可持续综合控制策略,及杀虫剂轮用、复配等手段,以降低抗药性产生的选择压力及蝇类的危害^[11-12]。

参考文献

- [1] 范俊兰,曹晓梅,张咏梅,等.天津市家蝇对9种杀虫剂的抗性测定[J].医学动物防制,1999,15(12):621-625.

- [2] 曹晓梅,孙晨熹.溴氰菊酯抗性家蝇酯酶的生化分析[J].医学动物防制,2003,19(3):133-135.
- [3] 张咏梅,孙晨熹,李今越.天津地区家蝇抗药性水平及与两种解毒酶的关系[J].昆虫学报,2006,49(3):538-542.
- [4] 张咏梅,苏旭,张致一,等.天津市家蝇对常用杀虫剂的抗药性监测[J].中华卫生杀虫药械,2012,18(5):386-388.
- [5] 白淑萍,张咏梅,李今越.家蝇对常用杀虫剂的抗性及其对策[J].中华卫生杀虫药械,2005,11(1):39-41.
- [6] 吴彤宇,张咏梅,张静,等.天津市2010年蚊蝇抗药性监测[J].中国媒介生物学及控制杂志,2012,23(2):122-124.
- [7] 高锦亚,翟桂荣,王静,等.家蝇的抗药性及其对策[J].昆虫知识,1987,24(6):369-375.
- [8] 孙晨熹,张咏梅,李培羽,等.天津市德国小蠊对6种杀虫剂抗性测定结果[J].医学动物防制,1999,15(4):172-174.
- [9] 赵奇,郭祥树,唐振强,等.家蝇抗药性的研究进展[J].中华卫生杀虫药械,2012,18(6):528-530,532.
- [10] 罗直智,姜辉,王晶,等.扬州城区家蝇对常用化学杀虫剂抗药性15年前后变化研究[J].医学动物防制,2013,29(4):412,416.
- [11] 魏绪强,李宗麟,潘京海,等.北京市东城区家蝇对溴氰菊酯抗性风险评估与预报[J].中国媒介生物学及控制杂志,2013,24(5):402-405.
- [12] 白淑萍,孙晨熹,李培羽,等.德国小蠊对常用杀虫剂的抗性监测[J].中华卫生杀虫药械,2007,13(3):197-200.

收稿日期:2014-04-02

(上接第325页)

以往北京市乙脑疫情从6月开始,9月达到高峰,10月结束的特点相一致^[10]。2013年首都机场所在地顺义区3例乙脑病例的发病日期均在9月中旬三带喙库蚊密度达到高峰后,且该蚊月密度与每月暴露乙脑发病数呈正相关,说明三带喙库蚊密度异常增高可增加乙脑发病的风险。

三带喙库蚊成蚊主要栖息在牲畜棚、猪圈、牛棚、田间、草地等多种生境^[11]。本研究发现,7个监测点均捕获三带喙库蚊,机场东居民区密度最低,温榆河水系密度最高,总体上看,密度指数呈现出野外环境高于居民区和商业区的特点,可能与野外环境存在积水等利于三带喙库蚊孳生的生境特点有关。

综上所述,首都机场周边三带喙库蚊构成及密度水平均较高,河边等野外环境是其栖息的主要生境,活动时间在8—10月,9月达高峰。三带喙库蚊活动时间与乙脑疫情的发生期间相一致,且蚊密度与乙脑发病呈正相关,提示应开展三带喙库蚊监测工作,为乙脑疫情预警预测提供科学依据。

参考文献

- [1] 杨绍基,任红,李兰娟,等.传染病学[M].北京:人民卫生出版

社,2008:92-93.

- [2] 闫秀娟,赵伟,曾祥洁,等.海南省西南部地区流行性乙型脑炎媒介三带喙库蚊季节消长与宿主动物感染状况调查[J].中国媒介生物学及控制杂志,2008,19(5):470-471.
- [3] 曹敏,何宇平,李平,等.上海口岸输入的蚊虫[J].中国媒介生物学及控制杂志,2011,22(2):158-159.
- [4] 李俊成,付士红,聂维忠,等.输入性蚊类携带虫媒病毒监测研究[J].中国国境卫生检疫杂志,2007,30(2):75-76.
- [5] 北京市卫生局.预防乙脑[EB/OL].(2013-11-05)[2013-12-10].
http://www.bjhb.gov.cn/gzfwq/zhfw/wsaqts/201311/t20131105_67229.htm.
- [6] 黎新宇,李长青,张松建,等.北京市顺义区2009—2011年蚊媒监测流行病学分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2012,23(5):472-473,476.
- [7] 赵瑶,刘泽军,曾晓芃,等.北京市蚊虫密度与气象因素关系的研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(1):11-14.
- [8] 孙进忠,郎义,白玉银,等.三带喙库蚊密度及季节消长的调查研究[J].中华卫生杀虫药械,2009,15(1):52-53.
- [9] 殷允洪,刘丽娟,王海防.山东省枣庄市监测点三带喙库蚊生态习性调查[J].中国热带医学,2010,10(12):1458-1459.
- [10] 纪文艳,孙美平,曾阳,等.2000—2007年北京市流行性乙型脑炎流行特征分析[J].中国预防医学杂志,2008,9(12):1070-1072.
- [11] 张淑媛.三带喙库蚊生态及防制研究课题进展(全国三带喙库蚊协作组 1979—1984)[J].医学动物防制,1986,2(3):50-58.

收稿日期:2014-03-11