·论 著·

2016年世界园艺博览会园区及周边区域主要病媒生物抗药性调查

运玲，王福才，张秋芬，商秀丽，晁亦舒，刘媛媛，董荣轩
唐山市疾病预防控制中心消杀科，河北 唐山 063000

摘要：目的 调查河北省唐山市世界园艺博览会（世园会）园区及周边区域主要病媒生物对常用杀虫剂的抗药性，为唐山世园会科学使用杀虫剂、有效防制病媒生物提供科学依据。**方法** 2012—2016年采用浸渍法、点滴法和药膜法对唐山市世园会园区及周边区域的淡色库蚊、家蝇和德国小蠊进行抗药性测定。**结果** 唐山市淡色库蚊对双硫磷、毒死蜱、氯氰菊酯、胺菊酯和DDT的抗性倍数分别为0.82、0.50、1.94、2.18和0.88倍，抗性等级均为敏感，2009—2011年淡色库蚊对溴氰菊酯的抗药性与1983、1991年比较明显增强。家蝇对胺菊酯、高效氟氯氰菊酯、顺式氯氰菊酯、溴氰菊酯和甲基吡恶磷的抗性倍数分别为3.13、2.21、7.07、100.67和6.71倍，除对溴氰菊酯为高抗外，对其他杀虫剂均为低抗；1991年家蝇对溴氰菊酯的抗药性与1983年比较明显升高，至2012—2016年其抗性倍数呈下降趋势。德国小蠊对氯氰菊酯、溴氰菊酯、胺菊酯、高效氟氯氰菊酯和毒死蜱的抗性倍数分别为37.28、18.61、35.95、27.05和17.04倍，其抗性等级均为高抗。**结论** 唐山市针对世园会开展的病媒生物抗药性调查研究，选用敏感性较高的杀虫剂对病媒生物进行合理地杀灭，为2016年世园会有效防制病媒生物提供了理论指导。

关键词： 世界园艺博览会；病媒生物；抗药性
中图分类号： R384；S481+.4 **文献标志码：** A **文章编号：** 1003-8280（2018）02-0161-04
DOI：10.11853/j.issn.1003.8280.2018.02.011

The pesticide resistance investigation of vectors in 2016 International Horticultural Exposition park and surrounding area

YUN Ling, WANG Fu-cai, ZHANG Qiu-fen, SHANG Xiu-li, CHAO Yi-shu, LIU Yuan-yuan, DONG Rong-xuan
Tangshan Center for Disease Control and Prevention, *Tangshan* 063000, *Hebei Province*, China

Supported by the Key Issues of Medical Science Research in Hebei Province (No. 20171386)

Abstract: Objective To understand the resistance of main vectors to commonly-used insecticides by the successive investigation in Tangshan International Horticultural Exposition park and surrounding areas from 2012 to 2016, and to provide the scientific basis for vector control. **Methods** Using dipping, topical application and residual film methods to measure the resistance of *Culex pipiens pallens*, *Musca domestica*, and *Blattella germanica*. **Results** The resistance ratio of *Cx. pipiens pallens* to temephos, chlorpyrifos, cypermethrin, tetramethrin and DDT were 0.82, 0.50, 1.94, 2.18, and 0.88, and all considered susceptible. As compared with the previously recorded results (1983, 1991), however, *Cx. pipiens pallens* showed increased tolerance to deltamethrin in 2009-2011. The resistance ratio of *M. domestica* to tetramethrin, beta-cyfluthrin, alpha-cypermethrin, deltamethrin, and azamethiphos were 3.13, 2.21, 7.07, 100.67, and 6.71, respectively. *Musca domestica* had low resistance to tetramethrin, beta-cyfluthrin, alpha-cypermethrin, and azamethiphos, and with high resistance to deltamethrin. As compared with the previously reported results (1983), *M. domestica* showed increased resistance to deltamethrin in 2012-2016, and slightly decreased compared with 1991. The resistance ratio of *B. germanica* to cypermethrin, deltamethrin, tetramethrin, beta-cyfluthrin, and chlorpyrifos were 37.28, 18.61, 35.95, 27.05, and 17.04, and all considered high resistance. **Conclusion** Choosing high sensitive pesticides to reasonably kill vectors will ensure effective prevention and control of the vectors for 2016 International Horticultural Exposition.

Key words: International Horticultural Exposition; Vector; Insecticide resistance

淡色库蚊（*Culex pipiens pallens*）、家蝇（*Musca domestica*）和德国小蠊（*Blattella germanica*）是我国北方地区（33° N以北）重要的家栖性病媒生物，已被证实为该地区主要病媒传染病的传播媒介，为唐山市城区的主要叮刺吸血和骚扰生物。目前对其防制主要以化学杀灭为主，但由于长期喷洒化学杀虫剂，

基金项目： 2017年河北省医学科学研究重点课题（20171386）
作者简介： 运玲，女，主管医师，主要从事病媒生物防制工作，Email: 845689649@qq.com
网络出版时间： 2018-02-09 10:58 **网络出版地址：** http://epub.cnki.net/kns/oldnavi/n_CNKIPub.aspx?naviid=59&BaseID=ZMSK&NaviLink=

抗药性成为防制难题。2016年唐山市世界园艺博览会(世园会)期间正值病媒生物活动高峰,而来自非洲、中东和美洲各种珍稀植物也为病媒生物性传染病的传入提供了环境和传播基础。为降低病媒生物性传染病暴发与流行的危险,2012—2016年唐山市CDC组织相关专业技术人员对世园会园区及周边环境主要病媒生物进行了抗药性调查,为世园会科学地使用杀虫剂,有效地防制病媒生物提供理论指导,为本市病媒生物抗药性研究提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 药剂 95.1%双硫磷、97.2%毒死蜱、94%氯氰菊酯、92%胺菊酯、91.42%DDT、95%高效氟氯氰菊酯、97%顺式氯氰菊酯、98%溴氰菊酯和97.3%甲基吡恶磷,均由中国CDC传染病预防控制所提供;稀释溶剂为丙酮(分析纯)和乙醚(分析纯)。

1.2 试虫来源 淡色库蚊野外种群为世园会园区及周边3个监测区域的荷塘、沟渠、下水道及污水沟等场所现场采集的卵块、幼虫或蛹,带回饲养室繁殖1～2代,选择3龄末4龄初蚊幼虫作为试虫;敏感品系由河北省CDC媒介昆虫饲养室提供。

家蝇野外种群为世园会园区及周边4个监测区域的垃圾箱、农贸市场、肉类加工厂、副食品厂和小吃店等采集,带回实验室繁殖1～2代,取羽化后3～4 d,体质量约20 mg的雌性成蝇;敏感品系为唐山市CDC媒介昆虫饲养室常年饲养,不接触任何杀虫剂、羽化后3～4 d、体质量约20 mg的雌性家蝇。

德国小蠊野外种群为世园会园区及周边4个监测区域的宾馆、饭店及餐饮店等现场采集的德国小蠊,采用以甜面包作为诱饵的蜚蠊诱捕盒,将诱捕的德国小蠊成虫和若虫带回实验室饲养繁殖1代,取羽化后7～15 d的健康雄性成虫供试;敏感品系为河北省CDC媒介昆虫饲养室常年饲养,不接触任何杀虫剂的德国小蠊。

1.3 实验方法

1.3.1 淡色库蚊抗性测定 采用药液浸渍法。实验条件为温度(26±1)℃、湿度(55±5)%。用丙酮将各测试药剂配制成5～7个浓度,要求试虫死亡率在10%～90%之间的数据≥3个。在250 ml烧杯中加入149 ml脱氯自来水,用移液器将1 ml药液由低到高浓度加入各烧杯中,对照组加入1 ml丙酮,充分混匀,将盛有20条试虫的50 ml水分别加入各烧杯中,置人工培养箱培养24 h,检查蚊幼虫死亡数,同一浓度重复3次。死亡判断标准:用针尖触动蚊幼虫无反应、不能逃避刺激视为死亡。

1.3.2 家蝇抗性测定 采用微量点滴法。实验室温度(25±1)℃,复苏室温度(25±1)℃,湿度60%～70%。用丙酮将原药配制成7个不同浓度梯度,选取羽化后3～4 d、体质量约20 mg的家蝇成虫放入试管,用乙醚浸润棉花,塞住试管口,将试管平放轻摇,对试虫进行轻度麻醉,将其倒入清洁培养皿中,放置冰排上,以延长麻醉后家蝇复苏时间,随后挑选健康雌虫,每组选取20只置于一个平皿中,背板朝上备用。以点滴丙酮作对照组。利用微量点滴器将1 μl药液由低浓度至高浓度滴于雌性家蝇中胸背板,每个浓度点滴家蝇20只,置于500 ml洁净烧杯中,用脱脂棉供水,以葡萄糖和奶粉等比例混合物供食,烧杯口用清洁白棉纱布盖上扎紧,观察24 h并记录试虫各处理浓度的死亡数。死亡判断标准:凡试虫腹部上翻,六足抽搐,用探针触之无法翻身爬行者判为死亡。

1.3.3 德国小蠊抗性测定 采用药膜法,在温度(25±1)℃、湿度(60±5)%条件下进行。用丙酮将各杀虫剂稀释至所需浓度,取稀释液2.5 ml置于500 ml透明锥形瓶中,滚动瓶体使瓶底与瓶壁均匀地涂上药膜,待丙酮挥发后24 h备用,测定时在瓶颈处涂石蜡油和凡士林的等量混合物以避免试虫爬出,对照组用2.5 ml丙酮。每次将10只试虫放入药膜瓶内,观察记录试虫接触药膜后不同时间的击倒数,待试虫击倒率达90%时,将试虫移至洁净玻璃瓶中,每种药剂重复3次。击倒判断标准:试虫不能正常爬行或完全不动视为击倒。

1.4 抗性判定标准 淡色库蚊:抗性倍数<3为敏感;3≤抗性倍数<10为低度抗性;10≤抗性倍数<40为中度抗性;抗性倍数≥40为高度抗性。家蝇:抗性倍数≤2为敏感;2<抗性倍数≤10为低度抗性;10<抗性倍数≤20为中度抗性;抗性倍数>20为高度抗性。德国小蠊:抗性倍数≤1为敏感,1<抗性倍数≤5为低度抗性,5<抗性倍数≤10为中度抗性,10<抗性倍数≤50为高度抗性。

1.5 统计与计算 利用DPS软件对实验数据进行处理,计算淡色库蚊半数致死浓度(LC_{50})及其95%*CI*、家蝇的半数致死量(LD_{50})及其95%*CI*、德国小蠊的半数击倒时间(KT_{50})及其95%*CI*、各试虫毒力回归方程及χ^2值等。

2 结 果

2.1 淡色库蚊抗性测定结果

2.1.1 对常用杀虫剂的抗药性测定 唐山市淡色库蚊对双硫磷、毒死蜱、氯氰菊酯、胺菊酯和DDT的LC_{50}为0.000 9～0.263 8 μg/ml,抗性倍数为0.50～2.18倍,淡色库蚊对5种常用杀虫剂的抗性均为敏感,见表1。

表1　2013—2015年唐山市淡色库蚊对5种常用杀虫剂的抗药性测定结果

Table 1　The resistance of *Culex pipiens pallens* to five insecticides in Tangshan city from 2013 to 2015

杀虫剂	试虫品系	LC_{50}及其95%*CI*(μg/ml)	回归方程($y=bx+a$)	χ^2值	抗性倍数	抗性级别
双硫磷	野外种群	0.000 9(0.000 8～0.001 0)	2.707 5x+13.229 9	2.525 8	0.82	敏感
	敏感品系	0.001 1(0.001 0～0.001 2)	5.790 2x+22.210 5		1.00	
毒死蜱	野外种群	0.001 3(0.001 1～0.001 5)	2.929 2x+0.001 1	4.420 4	0.50	敏感
	敏感品系	0.002 6(0.002 5～0.002 7)	7.145 3x+23.491 2		1.00	
氯氰菊酯	野外种群	0.003 3(0002 8～0.003 8)	2.416 6x+11.002 4	2.325 6	1.94	敏感
	敏感品系	0.001 7(0.001 4～0.002 1)	2.111 3x+10.828 8		1.00	
胺菊酯	野外种群	0.263 8(0.234 0～0.298 5)	3.615 2x+7.092 3	0.588 7	2.18	敏感
	敏感品系	0.121 0(0.104 2～0.142 1)	2.678 4x+7.456 3		1.00	
滴滴涕	野外种群	0.186 7(0.151 0～0.224 8)	1.762 2x+6.284 3	3.225 4	0.88	敏感
	敏感品系	0.213 1(0.181 7～0.247 4)	2.298 5x+6.543 4		1.00	

2.1.2　与以往抗药性监测结果比较分析　2009—2011年淡色库蚊对溴氰菊酯的抗药性与1991年和1983年比较呈增强趋势，其LC_{50}(0.000 6 μg/ml)分别为1991年(4.315 6×10^{-4} μg/ml)和1983年(2.814 5×10^{-4} μg/ml)的1.39和2.13倍。该3个阶段供试淡色库蚊的LC_{50}以2009—2011年调查的敏感品系作为对比系数，得到各个阶段的相对抗性倍数，分别为0.47、0.72和1.00倍，使各时期数据更具对比意义，但与敏感品系比较，对溴氰菊酯仍较为敏感。

2.2　家蝇抗性测定结果

2.2.1　对常用杀虫剂的抗药性测定　唐山市家蝇对胺菊酯、高效氟氯氰菊酯、顺式氯氰菊酯和甲基吡恶磷4种常用杀虫剂的LD_{50}分别为0.198 1、0.007 3、0.020 5和0.081 2 μg/♀，抗性倍数分别为3.13、2.21、7.07和6.71倍，为低度抗性；家蝇对溴氰菊酯的抗性倍数为100.67倍，为高度抗性，见表2。

表2　2012—2016年唐山市家蝇对5种常用杀虫剂的抗药性测定结果

Table 2　The resistance of *Musca domestica* to five insecticides in Tangshan city from 2012 to 2016

杀虫剂	试虫品系	LD_{50}及其95%*CI*(μg/♀)	回归方程($y=bx+a$)	χ^2值	抗性倍数	抗性级别
胺菊酯	野外种群	0.198 1(0.137 8～0.356 2)	1.094 8x+5.769 8	0.979 7	3.13	低抗
	敏感品系	0.063 3(0.041 7～0.082 3)	2.042 6x+7.448 7		1.00	
高效氟氯氰菊酯	野外种群	0.007 3(0.005 9～0.008 8)	1.942 3x+9.155 5	4.238 1	2.21	低抗
	敏感品系	0.003 3(0.002 8～0.003 8)	2.954 6x+12.342 1		1.00	
顺式氯氰菊酯	野外种群	0.020 5(0.017 0～0.025 4)	1.920 2x+8.240 3	0.538 1	7.07	低抗
	敏感品系	0.002 9(0.002 5～0.003 3)	3.178 8x+13.072 0		1.00	
溴氰菊酯	野外种群	0.030 2(0.025 1～0.037 0)	1.891 4x+7.875 7	0.895 0	100.67	高抗
	敏感品系	0.000 3(0.000 2～0.000 3)	2.139 1x+12.626 0		1.00	
甲基吡恶磷	野外种群	0.081 2(0.066 9～0.100 9)	1.799 5x+6.962 5	0.593 4	6.71	低抗
	敏感品系	0.012 1(0.010 3～0.082 1)	2.484 2x+9.762 4		1.00	

2.2.2　与以往抗药性监测结果的对比分析　2012—2016年家蝇对溴氰菊酯的抗性结果与1983年和1991年比较，其LD_{50}(0.030 2 μg/♀)分别为1991年(0.062 4 μg/♀)和1983年(0.001 55 μg/♀)的0.48和19.48倍。1983、1991和2012—2016年家蝇对溴氰菊酯的抗性倍数分别为5.17、208.00和100.67倍，除1983年为低度抗性外，均为高度抗性，抗性高峰在1991年，但与1991年抗性结果比较，家蝇对溴氰菊酯的抗性呈下降趋势。

2.3　德国小蠊对常用杀虫剂的抗药性测定　唐山市德国小蠊对氯氰菊酯、溴氰菊酯、胺菊酯、高效氟氯氰菊酯和毒死蜱5种常用杀虫剂的KT_{50}值分别为114.44、60.84、175.10、135.77和56.57 min，抗性倍数分别为37.28、18.61、35.95、27.05和17.04倍，均为高度抗性，其中以氯氰菊酯最高，毒死蜱最低，见表3。

3　讨　论

病媒生物危害程度直接影响唐山市世园会的顺利举行。因此，在世园会召开前夕，唐山市CDC组织专业技术人员对该地近几年常见病媒生物的抗药性进行调查，确保世园会召开期间病媒生物防制工作的顺利开展。

3.1　淡色库蚊对常用杀虫剂的抗药性分析　近几年，唐山市监测蚊种以淡色库蚊为主，对传播媒介而言，唐山市世园会园区及周边区域蚊媒传染病的暴发与流行风险性较小，而骚扰叮咬的风险性极大。因此，唐山市世园会以淡色库蚊作为主要防制对象。本次调查淡色库蚊对双硫磷、毒死蜱、氯氰菊酯、胺菊酯和DDT 5种常用杀虫剂尚未产生抗性，总体处于较敏感水平。而2009—2011年淡色库蚊对

表3 2013—2015年唐山市德国小蠊对5种常用杀虫剂的抗药性测定结果

Table 3 The resistance of *Blattella germanica* to five insecticides in Tangshan city from 2013 to 2015

杀虫剂	试虫品系	KT_{50}及其95%*CI*(min)	回归方程($y=bx+a$)	χ^2值	抗性倍数	抗性级别
氯氰菊酯	野外种群	114.44(105.24～124.35)	5.833 9x－7.009 4	9.315 2	37.28	高抗
	敏感品系	3.07(2.77～3.35)	4.016 1x＋3.042 8		1.00	
溴氰菊酯	野外种群	60.84(55.51～66.73)	4.525 6x－3.074 6	3.123 3	18.61	高抗
	敏感品系	3.27(2.96～3.74)	4.459 3x＋2.703 6		1.00	
胺菊酯	野外种群	175.10(149.36～204.33)	3.147 7x－2.061 3	6.274 9	35.95	高抗
	敏感品系	4.87(4.27～5.65)	2.886 2x＋3.015 5		1.00	
高效氟氯氰菊酯	野外种群	135.77(113.53～177.46)	2.167 8x＋0.376 6	8.208 3	27.05	高抗
	敏感品系	5.02(4.29～5.54)	5.227 1x＋1.339 3		1.00	
毒死蜱	野外种群	56.57(54.59～58.81)	12.226 6x－16.468 2	1.428 4	17.04	高抗
	敏感品系	3.32(2.76～3.79)	3.576 4x＋3.137 6		1.00	

溴氰菊酯的抗药性为1983年的2.13倍，1991年的1.39倍，与国内近些年广泛使用拟除虫菊酯类杀虫剂报道一致[1-4]。拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性普遍增强可能与其产生交互抗性有关。因此，提示本调查在蚊虫化学防治过程中，应对优势蚊种定期进行抗药性监测，以及时掌握抗性动态[5-7]，将抗药性监测信息纳入爱国卫生工作病媒生物防制用药指导，可有效地改善当前杀虫剂的使用状况[8-9]。

3.2 家蝇对常用杀虫剂的抗药性分析 从本次调查结果看，家蝇对胺菊酯、高效氟氯氰菊酯、顺式氯氰菊酯、溴氰菊酯和甲基吡恶磷5种常用杀虫剂均产生了不同程度的抗药性，其中家蝇对溴氰菊酯为高度抗性，与以往抗药性监测结果比较，是1983年抗性倍数(5.17倍)的19.48倍，但家蝇对溴氰菊酯的抗药性最高出现在1991年，其抗性倍数为208.00倍，说明近几年来因控制使用溴氰菊酯杀虫剂，家蝇对其抗药性已经大大降低。因多种抗性机制共同作用，家蝇具有较强的环境适应能力，在蝇类防制工作中长期大量地使用同一种卫生杀虫剂，很可能造成种群抗药性水平的迅速提高[10-11]。因此，建议各级政府和卫生行政部门加强家蝇对常用卫生杀虫剂的抗药性监测，给予经费支持并开展与相关生化和分子生物学等检测，大力推广使用物理灭蝇方法，如粘蝇纸和捕蝇器等，在重点行业安装纱门、纱窗等，从而减少卫生杀虫剂的使用[12-13]。

3.3 德国小蠊对常用杀虫剂的抗药性分析 本次调查显示，德国小蠊对氯氰菊酯、溴氰菊酯、胺菊酯和高效氟氯氰菊酯均产生了高度抗性。自20世纪80年代以来，氯氰菊酯、溴氰菊酯和高效氯氰菊酯得到广泛应用，随着长时间使用，大多数地区病媒生物对其产生了较高的抗药性[14-15]。毒死蜱是一种有机磷类杀虫剂，具有快速击倒和杀灭作用，且价格低廉、使用方便，是处理外环境孳生地的主要杀虫剂。而蜚蠊多在室内活动，故德国小蠊对其抗药性相对较低，但仍为高抗水平。

综上所述，有害生物防制形势十分严峻，应选用敏感性较高的卫生杀虫剂对病媒生物进行科学合理地杀灭，是有效防制病媒生物确保世园会顺利召开的关键。

参考文献

[1] 韩晓莉，黄钢，马丽华，等. 河北省淡色库蚊对常用杀虫剂的抗药性监测结果分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2014，25(6)：530-533.

[2] 赵志刚，王学军，付颖，等. 2015年山东省部分地区蚊类种群密度及淡色库蚊抗药性研究[J]. 现代预防医学，2016，43(20)：3680-3683.

[3] 王学军，康殿民，赵志刚，等. 山东省不同地理种群淡色库蚊对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性及其*kdr*等位基因频率相关性研究[J]. 现代预防医学，2016，43(15)：2716-2720.

[4] 罗林峰，吴能简，吴崧霖，等. 深圳坪山新区白纹伊蚊对常用杀虫剂抗药性研究[J]. 现代预防医学，2016，43(6)：1089-1091.

[5] 陈华，刘平，周云，等. 绵阳市城区白纹伊蚊对常用杀虫剂的敏感性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2016，27(5)：508-509.

[6] 郭颂，侯娟，陆烨，等. 浙江省淡色库蚊种群密度和抗药性研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2014，25(6)：534-537.

[7] 韩坤，詹军，张术斌，等. 宁夏部分地区淡色库蚊幼虫对4种杀虫剂的敏感性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2014，25(4)：357-358.

[8] 王义冠，师灿南，林国松，等. 广东省潮州市白纹伊蚊对常用杀虫剂的抗药性[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2016，27(3)：228-231.

[9] Alphey L. Genetic control of mosquitoes[J]. Annu Rev Entomol，2014，59：205-224.

[10] 刘慧，吴治明，杨维芳，等. 泰兴市淡色库蚊、家蝇和德国小蠊对常用杀虫剂的抗药性研究[J]. 现代预防医学，2015，42(18)：3388-3391.

[11] 慕志华，范利霞，高烨芳. 呼和浩特市2011—2012年家蝇抗药性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2015，26(1)：92-93.

[12] 徐正龙，李凯，张超，等. 2012年张家港市家蝇对杀虫剂的抗药性调查[J]. 中华卫生杀虫药械，2014，20(1)：71-72.

[13] 舒亚，赵西和，先德强，等. 绵阳市城区家蝇对常用杀虫剂的抗药性调查分析[J]. 医学动物防制，2014，30(2)：195-196.

[14] 涂涛田，季恒青，陶晓颖，等. 重庆市德国小蠊对常用卫生杀虫剂的抗药性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2017，28(3)：226-229.

[15] 雷晓岗，庞松涛，王欣，等. 西安市2012—2015年蜚蠊危害状况及抗药性分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2017，28(3)：294-295，303.

收稿日期：2017-08-27