·论 著·

贵阳市致倦库蚊和白纹伊蚊对4种常用杀虫剂抗药性调查

梁秋果[1],文赛[1],杨茜[1],武雅楠[1],程金芝[1],朱儒芳[2],吴家红[1]
1 贵州医科大学寄生虫学教研室,现代病原生物学实验室,临床医学,全科医学,贵阳 550025;
2 贵阳市第二实验中学,贵阳 550001

摘要:目的 了解贵阳市致倦库蚊和白纹伊蚊的抗药性现状,为制定蚊虫防制措施提供依据。**方法** 2015年8—9月采集贵阳市8个区(县)的野外致倦库蚊和白纹伊蚊幼虫,在实验室饲养后,采用幼虫浸渍法测定其对4种常用杀虫剂的抗药性。**结果** 致倦库蚊幼虫对DDVP、双硫磷、高效氯氰菊酯和溴氰菊酯的抗性系数分别为5.07～10.79、8.16～10.20、13.92～27.22和100.00～226.32倍;白纹伊蚊幼虫对4种杀虫剂的抗性系数依次分别为7.61～25.69、4.76～28.57、6.42～76.19和14.75～59.02倍。**结论** 贵阳市致倦库蚊和白纹伊蚊对4种常用杀虫剂均产生了一定程度的抗药性,其中对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性较高。建议今后灭蚊应减少或避免长期、单一、大量使用此类杀虫剂,同时需加强蚊虫抗药性监测,并采用综合措施。

关键词: 致倦库蚊;白纹伊蚊;浸渍法;抗药性;杀虫剂
中图分类号: R384.1;S481^{+}.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-8280(2018)01-0030-04
DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2018.01.008

Resistance of *Culex pipiens quinquefasciatus* and *Aedes albopictus* to four insecticides in Guiyang, China

LIANG Qiu-guo[1], WEN Sai[1], YANG Xi[1], WU Ya-nan[1], CHENG Jin-zhi[1], ZHU Ru-fang[2], WU Jia-hong[1]
1 *Guizhou Medical University*, *Guiyang* 550025, *Guizhou Province*, China;
2 *The Second Experimental High School of Guiyang*
Corresponding author: WU Jia-hong, Email: wujh@gmc.edu.cn

Supported by the Construction of Basic Platform of Science and Technology Department of Guizhou Province〔No. (2012) 4006〕and the Social Science Development and Technology Research Project of Guizhou Province〔No. SY(2009)3056〕

Abstract: Objective To understand the insecticide resistance status of *Culex pipiens quinquefasciatus* and *Aedes albopictus* in Guiyang, China, to provide scientific basis in rational use of chemical insecticides for management of mosquito-borne diseases. **Methods** Larval mosquitoes of *Cx. pipiens quinquefasciatus* and *Ae. albopictus* were collected in 5 districts and 3 counties of Guiyang, and were reared in the insectary. The larvae dipping method was used to detect the insecticide resistance to the four insecticides. **Results** The resistance ratios of *Cx. pipiens quinquefasciatus* larvae to dichlorvos, parathion, beta-cypermethrin, and deltamethrin were 5.07-10.79, 8.16-10.20, 13.92-27.22, and 100.00-226.32 fold. The resistance ratios of *Ae. albopictus* larvae to the four insecticides were 7.61-25.69, 4.76-28.57, 6.42-76.19, and 14.75-59.02 fold. **Conclusion** *Culex pipiens quinquefasciatus* and *Ae. albopictus* larvae in Guiyang have developed certain resistance, in which the mosquito had a higher resistance to pyrethroid insecticides. We suggest reducing or avoiding pyrethroid insecticides for a single, extensive and long-term use, and to strengthen the insecticide resistance surveillance for better mosquito prevention and control.

Key words: *Culex pipiens quinquefasciatus*; *Aedes albopictus*; Dipping method; Insecticide resistance; Insecticides

致倦库蚊(*Culex pipiens quinquefasciatus*)和白纹伊蚊(*Aedes albopictus*)是我国南方城市的优势蚊种,也是重要病媒生物[1],其吸血骚扰并传播班氏丝虫病、西尼罗热和登革热等蚊媒传染病[2],严重危害居民的生活和健康。当前,化学防治仍是城市蚊虫控制的主要手段之一。随着化学杀虫剂的广泛使用,蚊虫对杀虫剂的抗药性也随之产生。近年来,国内多个城市均有蚊虫对杀虫剂的抗药性调查,而关于

基金项目: 贵州省科技厅基础平台建设[黔科平台(2012)4006号];贵州省社发科技攻关项目[黔科合SY字(2009)3056号]
作者简介: 梁秋果,男,在读硕士,主要从事蚊虫抗性及其防控研究,Email: 568970330@qq.com
通信作者: 吴家红,Email: wujh@gmc.edu.cn
网络出版时间: 2017-10-10 13:59 **网络出版地址:** http://epub.cnki.net/kns/oldnavi/n_CNKIPub.aspx?naviid=59&BaseID=ZMSK&NaviLink=

贵阳市致倦库蚊的抗药性报道仅2001年[3]和2005年[1]各有1篇文献，之后无相关报道。因此，我们于2015年8—9月对贵阳市致倦库蚊和白纹伊蚊的抗药性进行监测，了解其对4种常用杀虫剂的抗药性，为实施科学、合理、有效的蚊虫防制策略提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 杀虫剂 高效氯氰菊酯(91.16%原粉)、溴氰菊酯(94.62%原粉)、DDVP(95.14%原油)和双硫磷(87.4%原粉)，均由中国CDC传染病预防控制所媒介生物控制室提供。

1.2 试虫来源 供试蚊虫采用勺捞法捕获，采集地点的生境情况见表1。野外采集的蚊虫带回实验室，在温度(25±1)℃、相对湿度(70±10)%、40 W日光灯作为光源(L∶D=16 h∶8 h)的条件下繁殖1～2代后用于杀虫剂抗药性测定[4]，以3龄末或4龄初蚊幼虫作为抗药性的测试对象。

表1 贵阳市致倦库蚊和白纹伊蚊野外种群采集情况

Table 1 Field population sampling of *Cx. pipiens quinquefasciatus* and *Ae. albopictus* in Guiyang, China

采样地点	采样点生境情况	采集时间(年-月)
白云区下堰村	民居旁的污水池，距农田和民居各约3 m，水深，水质极其混浊，呈黑色	2015-08
花溪区麦乃村	居民废弃菜田的小沟渠中，距民居约50 m，水质略浑浊	2015-08
乌当区小谷龙	菜田旁的1个5 m×3 m水池，距菜田约3 m，水深，水面有浮萍，水质较清	2015-08
开阳县居民区	一居民区积水池，水质较浑浊，2种蚊虫均有	2015-08
南明区红岩桥	废弃花棚旁的浅水沟和水池中，距民居50 m，水浅，水质较清	2015-08
云岩区八鸽岩	贵州省CDC实验楼顶层一小型积水，水质较清，为白纹伊蚊	2015-08
修文县居民区	一居民区蓄水坛，水质略浑浊，为致倦库蚊	2015-09
南明区下坝村	居民菜田旁的污水沟和民居旁污水池，距民居约20 m，水质浑浊	2015-09
息烽县居民区	一居民区污水沟，水质浑浊，2种蚊虫均有	2015-09

1.3 抗性测定方法 采用浸渍法[5]测定抗药性。

1.4 抗性判定标准 本次检测致倦库蚊和白纹伊蚊幼虫敏感株数据引自文献[6-8]。蚊幼虫的抗性水平用抗性倍数(RR)表示，RR=野外种群半数致死浓度(LC_{50})/敏感品系LC_{50}。根据抗性倍数判断蚊虫抗性级别：RR<3为敏感；3≤RR<10为低抗；10≤RR<40为中抗；RR≥40为高抗[9]。

1.5 统计与计算 利用SPSS 17.0软件对数据进行统计分析，采用回归分析中的Probit法计算LC_{50}及其95%*CI*，通过χ^2检验判断所得回归方程是否符合实际。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 致倦库蚊幼虫对4种杀虫剂的抗药性 贵阳市致倦库蚊幼虫对4种常用杀虫剂均产生了一定程度的抗药性，不同杀虫剂的抗性程度不同，其中对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性级别较高，其抗性倍数在13.92～226.32倍之间，多为高抗。而对双硫磷和DDVP的抗性水平较低，抗性倍数在5.07～10.79倍之间，多为低抗。不同采样点蚊虫抗药性也存在一定差异，其中修文县居民区的致倦库蚊对溴氰菊酯的抗性倍数最高，达226.32倍，见表2。

2.2 白纹伊蚊幼虫对4种常用杀虫剂的抗药性 贵阳市白纹伊蚊幼虫对4种杀虫剂均产生了一定程度的抗药性，抗性倍数在4.76～76.19倍之间，其中对溴氰菊酯和高效氯氰菊酯抗性倍数较高，而对DDVP和双硫磷除个别为高抗外，多数为中抗和低抗。不同采样点的蚊虫抗药性存在一定差异，云岩区白纹伊蚊对4种杀虫剂的抗药性相对较低，对溴氰菊酯为中等抗性，抗性倍数为14.75倍，对其他3种杀虫剂的抗性倍数均<10倍，为低抗；开阳县的白纹伊蚊对高效氯氰菊酯及息烽县白纹伊蚊对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性倍数均>50倍，最高达76.19倍，均为高抗，见表3。

3 讨 论

贵阳市位于中国西南部，属亚热带湿润季风气候区，气候温暖湿润，雨水充沛，绿色植被覆盖率高，适宜蚊虫孳生繁殖。徐秀菽等[3]于1998年对贵阳市致倦库蚊抗药性进行检测发现，贵阳市致倦库蚊对4种杀虫剂均已产生抗药性；2002年郑越平等[1]再次测定贵阳市致倦库蚊对4种化学杀虫剂的抗药性，发现其对有机磷和拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性较1998年呈上升态势。本次检测致倦库蚊对有机磷类杀虫剂的抗性倍数较前两次检测结果增长不明显，其中DDVP的LC_{50}仅略有增长，可能因近年来DDVP和双硫磷等有机磷类杀虫剂在贵阳市主要用于室外灭蝇，较少用于杀灭水体中的蚊幼虫所致；而对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性倍数增长则较为明显，其中对溴氰菊酯的抗性倍数增长尤其显著，主要是自20世纪90年代后期以来，溴氰菊酯和氯氰菊酯等杀虫剂因其击倒速度快、持效期长、毒性较低、异味轻和残留少等特点，成为贵阳市室内滞留喷洒杀灭成蚊、室外孳生地杀灭蚊虫的首选药物，使用范围

表2 贵阳市致倦库蚊幼虫对4种常用杀虫剂的抗药性测定结果

Table 2 The resistance results of *Cx. pipiens quinquefasciatus* to the four kinds of insecticides in Guiyang, China

试虫来源	杀虫剂	LC_{50}及其95%*CI*（mg/L）	回归方程（$y=a+bx$）	χ^2值	*P*值	抗性倍数	抗性级别
白云区下堰村	敌敌畏	1.006（0.893～1.132）	−0.008＋2.796*x*	4.919	0.296	10.64	中抗
	溴氰菊酯	0.031（0.027～0.035）	4.137＋2.742*x*	4.076	0.396	163.16	高抗
	高效氯氰菊酯	0.043（0.038～0.049）	3.350＋2.453*x*	3.320	0.506	27.22	中抗
	双硫磷	0.005（0.004～0.005）	6.780＋2.902*x*	8.114	0.087	10.20	中抗
修文县居民区	敌敌畏	0.795（0.708～0.892）	0.293＋2.941*x*	2.174	0.704	8.41	低抗
	溴氰菊酯	0.043（0.031～0.060）	3.614＋2.653*x*	13.315	0.010	226.32	高抗
	高效氯氰菊酯	0.026（0.023～0.039）	4.391＋2.775*x*	3.530	0.473	16.46	中抗
	双硫磷	0.004（0.003～0.004）	6.795＋2.795*x*	0.982	0.913	8.16	低抗
乌当区小谷龙	敌敌畏	1.020（0.910～1.144）	−0.026＋2.999*x*	3.893	0.421	10.79	中抗
	溴氰菊酯	0.037（0.032～0.041）	3.896＋2.711*x*	4.138	0.388	194.74	高抗
	高效氯氰菊酯	0.035（0.024～0.051）	3.835＋2.642*x*	15.849	0.003	22.15	中抗
	双硫磷	0.004（0.004～0.005）	7.615＋3.241*x*	2.859	0.582	8.16	低抗
开阳县居民区	敌敌畏	0.535（0.515～0.550）	2.751＋3.038*x*	4.415	0.353	5.66	低抗
	溴氰菊酯	0.031（0.027～0.035）	4.053＋2.679*x*	4.904	0.297	163.16	高抗
	高效氯氰菊酯	0.031（0.027～0.035）	4.026＋2.662*x*	6.529	0.163	19.62	中抗
	双硫磷	0.004（0.004～0.006）	−1.809＋404.583*x*	9.388	0.052	8.16	低抗
南明区下坝村	敌敌畏	0.984（0.875～1.106）	0.020＋2.844*x*	3.076	0.545	10.41	中抗
	溴氰菊酯	0.029（0.025～0.032）	4.519＋2.929*x*	3.666	0.453	152.63	高抗
	高效氯氰菊酯	0.031（0.024～0.039）	3.783＋2.500*x*	7.049	0.133	19.62	中抗
	双硫磷	0.005（0.004～0.005）	8.270＋3.564*x*	6.270	0.180	10.20	中抗
花溪区麦乃村	敌敌畏	0.848（0.754～0.951）	0.208＋2.899*x*	2.510	0.643	8.97	低抗
	溴氰菊酯	0.029（0.026～0.033）	4.658＋3.035*x*	3.800	0.434	152.63	高抗
	高效氯氰菊酯	0.028（0.022～0.035）	4.272＋2.747*x*	7.166	0.127	17.72	中抗
	双硫磷	0.005（0.004～0.005）	7.751＋3.354*x*	2.693	0.610	10.20	中抗
息烽县居民区	敌敌畏	0.480（0.440～0.530）	5.226＋3.972*x*	1.101	0.894	5.07	低抗
	溴氰菊酯	0.019（0.016～0.022）	5.136＋2.984*x*	1.534	0.821	100.00	高抗
	高效氯氰菊酯	0.024（0.020～0.028）	3.924＋2.411*x*	3.768	0.438	15.19	中抗
	双硫磷	0.004（0.001～0.007）	−0.847＋235.354*x*	19.848	0.001	8.16	低抗
南明区红岩桥	敌敌畏	0.488（0.439～0.543）	1.051＋3.374*x*	1.864	0.761	5.16	低抗
	溴氰菊酯	0.019（0.017～0.021）	5.640＋3.256*x*	2.155	0.707	100.00	高抗
	高效氯氰菊酯	0.022（0.016～0.030）	5.061＋3.052*x*	13.660	0.008	13.92	中抗
	双硫磷	0.005（0.004～0.006）	7.126＋3.089*x*	6.024	0.197	10.20	中抗

注：敏感株数据引自文献，其中致倦库蚊对敌敌畏的LC_{50}为0.094 56 mg/L[6]，溴氰菊酯、高效氯氰菊酯和双硫磷的LC_{50}分别为0.000 19、0.001 58和0.000 49 mg/L[7]

表3 贵阳市白纹伊蚊幼虫对4种杀虫剂的抗药性测定结果

Table 3 The resistance results of *Ae. albopictus* to the four kinds of insecticides in Guiyang, China

试虫来源	杀虫剂	LC_{50}及其95%*CI*（mg/L）	回归方程（$y=a+bx$）	χ^2值	*P*值	抗性倍数	抗性级别
开阳县居民区	敌敌畏	0.039 0（0.027 0～0.034 0）	5.159＋3.396*x*	5.247	0.263	17.89	中抗
	溴氰菊酯	0.013 0（0.008 0～0.019 0）	3.214＋1.702*x*	9.811	0.044	21.31	中抗
	高效氯氰菊酯	0.032 0（0.028 0～0.037 0）	3.073＋2.054*x*	1.555	0.817	76.19	高抗
	双硫磷	0.006 0（0.005 0～0.007 0）	5.985＋2.693*x*	5.493	0.240	28.57	中抗
息烽县居民区	敌敌畏	0.056 0（0.050 0～0.064 0）	4.828＋3.868*x*	2.630	0.622	25.69	中抗
	溴氰菊酯	0.036 0（0.030 0～0.043 0）	2.832＋1.953*x*	1.024	0.906	59.02	高抗
	高效氯氰菊酯	0.029 0（0.024 0～0.035 0）	2.897＋1.884*x*	5.197	0.268	69.04	高抗
	双硫磷	0.004 0（0.003 0～0.004 0）	6.217＋2.552*x*	1.354	0.858	19.05	中抗
云岩区八鸽岩	敌敌畏	0.016 6（0.015 2～0.018 0）	5.489＋5.072*x*	0.362	0.985	7.61	低抗
	溴氰菊酯	0.009 0（0.007 6～0.010 6）	2.230＋1.656*x*	5.771	0.329	14.75	中抗
	高效氯氰菊酯	0.002 7（0.002 0～0.003 4）	1.874＋2.150*x*	9.474	0.092	6.42	低抗
	双硫磷	0.001 0（0.001 0～0.001 0）	−0.616＋564.763*x*	102.497	0.000	4.76	低抗

注：敏感株数据引自文献[8]：白纹伊蚊对敌敌畏、溴氰菊酯、高效氯氰菊酯和双硫磷的LC_{50}分别为0.002 18、0.000 61、0.000 42和0.000 21 mg/L

广、用量大、频繁及单一不合理的使用方式使蚊虫对其抗性增加较快。

本次调查结果表明，贵阳市白纹伊蚊对4种杀虫剂均产生了一定的抗药性，对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性较有机磷类高，可能与白纹伊蚊孳生环境有关。白纹伊蚊主要孳生于住户房前屋后的小型积水及轮胎修理厂废旧轮胎的积水中，其接触化学杀虫剂的概率相对较低，但对拟除虫菊酯类杀虫剂产生抗性，可能因人们经常使用室内低毒灭蚊药物，如蚊香和灭蚊喷雾剂等，白纹伊蚊长时间接触此类杀虫剂而产生抗性。

贵阳市不同生境蚊虫的抗药性存在一定差异，其中采样点的水质好坏及周边是否有田地或居民住宅等因素与抗药性有一定关系；此外，不同采样点所处地区对于蚊虫防制采取的措施，如环境治理效果和化学杀虫剂的施用剂量可能因各地区的社会发展水平不同而存在差异，也可能导致蚊虫抗药性不同，如距贵阳市城区较远的开阳、息烽和修文县及白云区发展较落后，相关部门可能对蚊虫防制的重视程度不够及投入有限，故蚊虫抗药性较高。

国内其他城市的抗药性调查频率较贵阳市相对密集，调查地区分布比较广泛，蚊虫种类也较为丰富。据刘斯璐等[10]统计，近十几年来库蚊对溴氰菊酯抗性调查的18个省101个地区中，22%为高抗，37%为中等或显著抗性，31%为低抗或初级抗性，仅10%的地区为敏感。据统计，广东、江西、湖北、山东、江苏、河北和重庆等地的蚊虫对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性问题较为突出。而库蚊对双硫磷的抗性报道相对较少，但所调查地区对双硫磷也均产生了一定程度的抗性。可见，蚊虫抗药性广泛存在。

此次调查结果较上述地区略低，抗性治理有较大的上升空间，但有关部门应认识到蚊虫抗药性的增高对蚊虫防制的重要影响，建议贵阳市今后在杀灭蚊虫时要避免长期、单一、大量使用同一类杀虫剂，尤其是对于抗药性较高的溴氰菊酯类杀虫剂，应暂时停用，避免此类杀虫剂的抗药性进一步增加；另外，要针对不同地区蚊虫对杀虫剂抗性程度的差异，选择不同种类的杀虫剂镶嵌使用，并分区用药[11]。同时，应加强对蚊虫抗性水平的监测，根据蚊虫抗药性的变化情况及时调整杀虫剂的施用方法[12]。在使用杀虫剂前应掌握各种可能对杀虫效果产生影响的因素，从而最大限度地发挥杀虫剂的作用，避免大量使用，以延缓抗性发展，提高蚊媒生物的防制效率，从而控制媒介蚊虫密度[13]，减少其对人类健康的危害。

参考文献

[1] 郑越平，林孟华，黄茵，等. 贵阳市致倦库蚊对4种化学杀虫剂的抗性测定[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2005，16(1)：64-65.

[2] 胡雅劼，钱薇萍，李观翠，等. 四川省白纹伊蚊对常用杀虫剂的抗性调查[J]. 中华卫生杀虫药械，2016，22(6)：535-538，541.

[3] 徐秀菽，林孟华，黄茵，等. 贵阳市致倦库蚊对4种常用杀虫剂的抗药性测定[J]. 中华综合医学杂志，2001，2(12)：1143.

[4] 刘仰青，李卫民，陈海婴，等. 实验室内白纹伊蚊和致倦库蚊养殖方法[J]. 医学动物防制，2013，29(3)：324-325.

[5] 中华人民共和国卫生部，中国国家标准化管理委员会. GB/T 26347－2010 蚊虫抗药性检测方法 生物测定法[S]. 北京：中国标准出版社，2011.

[6] 李春晓. 淡色库蚊对有机磷和氨基甲酸酯抗性相关基因的研究[D]. 北京：中国人民解放军军事医学科学院，2005.

[7] 崔士磊，李峰，王庭柱，等. 南阳市淡色库蚊对4种杀虫剂的抗药性测定[J]. 中华卫生杀虫药械，2012，18(1)：51-52.

[8] 孙养信，吕文，霍丽霞，等. 陕西省白纹伊蚊抗药性研究和防制策略[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2013，24(1)：47-49.

[9] 徐能智，范利霞，慕志华，等. 呼和浩特市及周边旗县淡色库蚊对常用杀虫剂的抗药性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2017，28(2)：182-184.

[10] 刘斯璐，崔峰，燕帅国，等. 中国媒介蚊虫对有机磷类和拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2011，22(2)：184-189.

[11] 赵明惠，冉鑫，李春晓，等. 淡色库蚊和致倦库蚊对杀虫剂抗药性的调查研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2014，25(2)：116-118.

[12] 胡雅劼，李朋，陈祖华，等. 四川省致倦库蚊对常用杀虫剂的抗性监测[J]. 中华卫生杀虫药械，2015，21(6)：558-560.

[13] 任志华，潘引君，刘天，等. 上海市青浦区白纹伊蚊对5种常用杀虫剂的抗药性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2016，27(4)：418-419.

收稿日期：2017-07-27