

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

刘斯璐¹, 崔峰¹, 燕帅国², 乔传令¹

(1 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 中国科学院动物研究所, 北京 100101;

2 河南师范大学生命科学学院)

摘要: 蚊虫由于其特殊的行为、生理以及与人类生活关系紧密而成为传播人类疾病的重要媒介, 自20世纪化学杀虫剂广泛使用后, 蚊虫就与这种环境变化协同进化, 即通过生理生化多种机制产生抗药性。该文综述了自90年代以来, 我国7种媒介蚊虫尖音库蚊复组、中华按蚊、三带喙库蚊、微小按蚊、雷氏按蚊、白纹伊蚊和埃及伊蚊对有机磷类和拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性调查结果。这些媒介蚊虫对两类杀虫剂均产生了一定程度的抗药性。对有机磷类杀虫剂进行抗性检测比较多的农药是马拉硫磷和敌敌畏, 只有少数地区表现为敏感, 大部分地区的蚊虫对其表现出不同程度的抗性。拟除虫菊酯类杀虫剂是近年使用最广泛的杀虫剂, 大部分检测地区的蚊虫对该类杀虫剂也表现出不同程度的抗性。

关键词: 媒介蚊虫; 有机磷类; 拟除虫菊酯类; 抗性监测

中图分类号: R384.1; S482.3; S481*.4 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2011)02-0184-06

Investigation of organophosphate and pyrethroid resistance in vector mosquitoes in China

LIU Si-lu¹, CUI Feng¹, YAN Shuai-guo², QIAO Chuan-ling¹

1 State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects & Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2 College of Life Sciences, Henan Normal University

Corresponding author: QIAO Chuan-ling, Email: qiaocl@ioz.ac.cn

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30771875, 30700533) and Important National Science & Technology Specific Projects (No. 2008ZX10004-010)

Abstract: Mosquitoes, due to their special behavior, physiology and close relationship with human beings, act as important vectors of some human diseases. The resistance of mosquitoes to insecticides is considered to be a recent evolutionary adaptation to environmental changes in response to the use of chemical insecticides. In this review we summarize the resistance monitor data on organophosphate and pyrethroid resistance in seven mosquito species in China (*Culex pipiens* complex, *Anopheles sinensis*, *Cx. tritaeniorhynchus*, *An. minimus*, *An. lesteri*, *Aedes albopictus* and *Ae. aegypti*) since 1990s. The documents showed that these mosquitoes in most regions of China have evolved to be resistant at various levels to organophosphate and pyrethroid insecticides, even though some of them still keep sensitive to the two kinds of insecticides.

Key words: Vector mosquitoes; Organophosphate; Pyrethroid; Resistance monitoring

我国主要媒介蚊虫包括尖音库蚊复组(*Culex pipiens* complex)、中华按蚊(*Anopheles sinensis*)、三带喙库蚊(*Cx. tritaeniorhynchus*)、微小按蚊(*An. minimus*)、雷氏按蚊(*An. lesteri*)、白纹伊蚊(*Aedes albopictus*)和埃及伊蚊(*Ae. aegypti*), 它们能够传播多种人类疾病, 如丝虫病、流行性乙型脑炎、西尼罗病毒病、登革热、疟疾等。我国自20世纪四五十年代开始大量施用化学杀虫剂防治蚊虫, 蚊虫通过生理生化多种机制产生了抗药性。抗药性问题的出现和加剧不仅缩短了当前正在使用的杀虫剂寿命, 而且也

威胁到新开发杀虫剂的功效和使用寿命。及时对蚊虫进行杀虫剂抗性检测, 对蚊虫的防控和杀虫剂的正确使用具有非常重要的意义。

1 有机磷杀虫剂抗性

我国使用有机磷杀虫剂有40多年的历史, 主要产品有20多个品种^[1], 其中用敌敌畏(DDVP)和敌百虫防治媒介蚊虫最为普遍^[2], 马拉硫磷、倍硫磷、杀螟松、辛硫磷和对硫磷等多用于农业和园林等害虫的防治, 但不可避免的对媒介蚊虫也同样施加了选择压力。

中华按蚊只有对马拉硫磷和杀螟松的抗性监测报道(表1), 湖北省的中华按蚊种群对马拉硫磷有显著抗性, 而云南省大部分地区的中华按蚊对这2种杀虫剂敏感。三带喙库蚊对DDVP

基金项目: 国家自然科学基金(30771875, 30700533); 国家科技重大专项课题(2008ZX10004-010)

作者简介: 刘斯璐(1985-), 女, 硕士研究生, 从事蚊虫抗性分子遗传学研究。Email: liusiluyy@yahoo.com.cn

通讯作者: 乔传令, Email: qiaocl@ioz.ac.cn

表1 6种媒介蚊虫的抗药性
Table 1 The insecticide resistance of six vector mosquitoes

蚊种	省份	市或县	有机磷			拟除虫菊酯			参考文献	调查年份	蚊种	省份	市或县	有机磷			拟除虫菊酯			参考文献	调查年份		
			敌敌畏	马拉硫磷	杀螟松	溴氰菊酯	氯菊酯	氰菊酯						敌敌畏	马拉硫磷	杀螟松	溴氰菊酯	氯菊酯	氰菊酯				
中华按蚊	湖北	沙市				M*	M*		[3]	1991	三带喙库蚊	湖北	沙市	R*			R*	R*		[3]	1991		
		汉川		R*		S*	M*		[4]	1995			四川	成都		R*		M*			[10]	1995	
		大洪山脉				R*			[5]	1998			上海	南汇	H			L		L	[19]	2006	
		荆州		R*,M*		M*	M*,S*		[6]	不详			青浦		H,H			H		L,H	[19]	2006,2007	
		不详				S			[7]	1998			崇明		H			H		H	[19]	2006	
		京山				R*			[8]	2007			金山		H					L	[19]	2007	
		仙桃				R*			[8]	2007			陕西	平利	R*			M*	R*	R*	[20]	2008	
		恩施				R*			[8]	2007			汉滨		R*			S*	R*	R*	[20]	2008	
		京山				R*			[9]	不详			汉阴		R*			M*	M*	R*	[20]	2008	
		安陆				R*			[9]	不详			南郑		R*			S*	M*	R*	[20]	2008	
		孝昌				R*			[9]	不详			微小按蚊	云南	普洱		S*	S*	S*	S*		[17]	1997
		四川	成都		M*		M*			[10]			1995	元阳			S*	S*	M*	M*		[17]	1997
		内江			S*		M*			[11]			1992	大关			S*	S*	S*	S*		[17]	1997
		名山					M*			[11]			1992	路西			S*	S*	R*	R*		[17]	1997
宜宾					S*			[12]	1998,2001	元江			S*		M*	M*		[17]	1997				
沐川					M*			[12]	2001	雷氏按蚊	四川	资阳		S*					[11]	1992			
名山					M*			[12]	2001	成都						S*			[10]	1995			
岳池					M*			[12]	2001	宜宾						S*			[12]	1998,2001			
重庆	重庆				M*	M*		[11]	1992	沐川						S*			[12]	2001			
重庆	重庆				S			[7]	2000-2001	名山						S*			[12]	2001			
浙江	温州				M			[13]	不详	湖北	大洪山脉					M*			[5]	1998			
金华					L			[13]	不详	不详						S			[7]	1998			
宁波					L			[13]	不详	福建	建阳					S*			[14]	1991			
杭州					L			[13]	不详	重庆	重庆					L	L		[21]	2000-2001			
嘉兴					L			[13]	不详	江苏	不详					S*	S*		[16]	2000			
福建	建阳				M*			[14]	1991	白纹伊蚊	海南	海口	S*	S*		R*	R*		[22]	1993			
建瓯					M*			[14]	1991	三亚			S*	S*		R*	M*		[22]	1993			
梅列					M*			[14]	1991	揭阳						L	L		[23]	不详			
宁化					M*			[14]	1991	海口						L			[24]	不详			
江苏	盱眙				M*	M*		[15]	2000	北京	不详					M*	M*		[25]	不详			
洪泽					S*	M*		[15]	2000	四川	成都						S		[26]	1999			
泗洪					S*	S*		[15]	2000	广东	广州	S	S		L	S		[27]	2002-2003				
不详					S*,M*	S*,M*		[16]	2000	深圳		L	S		L	L		[27]	2002-2003				
云南	普洱	S*	S*		R*	M*		[17]	1992-1994	汕头		S	S		L	L		[27]	2002-2003				
耿马		S*			S*	S*		[17]	1992-1944	韶关		S	S		L	S		[27]	2002-2003				
广南		S*			S*	S*		[17]	1992-1994	茂名		S	S		L	S		[27]	2002-2003				
金平		M*	S*		S*	M*		[17]	1992-1994	上海	长宁	H				L			[19]	2004			
澜沧		S*	S*		S*	M*		[17]	1992-1994	卢湾		H				L			[19]	2006			
泸水		S*	S*		S*	M*		[17]	1992-1994	闸北		H							[19]	2006			
景谷		S*	M*		M*	M*		[17]	1992-1994	普陀		H							[19]	2006			
元谋		S*	S*		M*	M*		[17]	1992-1994	青浦		H				L			[19]	2006			
玉溪		S*			M*	M*		[17]	1992-1994	宝山		H				S			[19]	2007			
绥江		S*	S*		S*	M*		[17]	1992-1994	黄浦		M							[19]	2007			
昆明		S*	S*		M*	M*		[17]	1992-1994	杨浦						H			[19]	2006			
沧源		S*	S*		M*	M*		[17]	1992-1994	虹口						M			[19]	2006			
景洪		S*	S*		M*	S*		[17]	1992-1994	黄浦						L			[19]	2007			
文山		M*	S*		M*	M*		[17]	1992-1994	虹口						H			[19]	2007			
思南					S			[18]	1998	埃及伊蚊	海南	海口		R*		R*	R*		[22]	1993			
										三亚			R*		R*	M*		[22]	1993				
										昌江						L			[24]	不详			

注:用LC₅₀法:高抗(H),中抗(M),低抗(L),敏感(S);用诊断剂量法:显著抗性(R*),初级抗性(M*),敏感(S*)。

抗性调查的4个省份,均表现出显著抗性,海南省的埃及伊蚊对马拉硫磷有显著抗性,微小按蚊的抗性监测只在云南省有报道,而且对马拉硫磷和杀螟松都表现为敏感。

尖音库蚊抗性调查最为普遍的是DDVP,其次是马拉硫磷(表2)。在DDVP抗性调查的18个省(直辖市)109个地区,30%

有高抗性,36%有中等或显著抗性,54%是低抗或初级抗性,10%敏感。在马拉硫磷抗性调查的8个省29个地区,仅有13%的地区表现为高抗,7%属中等或显著抗性,38%是低抗性,42%仍保持敏感。近十几年对其他有机磷类杀虫剂的抗性监测开展的很少,如倍硫磷、敌百虫、辛硫磷、对硫磷(表2),但所

表2 尖音库蚊复组对有机磷类杀虫剂的抗性
Table 2 The resistance to OPs in the *Cx. pipiens* complex

省份	市或县	敌敌畏	对硫磷	敌百虫	马拉硫磷	倍硫磷	双硫磷	辛硫磷	参考文献	调查年份	省份	市或县	敌敌畏	对硫磷	敌百虫	马拉硫磷	倍硫磷	双硫磷	辛硫磷	参考文献	调查年份
浙江	杭州	L							[28]	1999	河北	石家庄	L							[57]	1994
	台州			M					[29]	1995		衡水	S		S					[58]	1991
	舟山			L					[29]	1995		唐山	S							[59]	1991
	金华	L							[30]	不详		沧州	R*							[60]	1992
	嘉兴	L							[30]	不详		北戴河	M*							[60]	1992
	宁波	S							[31]	1999		河间	R*							[60]	1992
	温州	L							[30]	不详		保定	M*							[60]	1992
	临海	L							[32]	不详		徐水	M*							[60]	1992
	绍兴	L							[30]	不详		承德	M*							[60]	1992
	衢州	L							[30]	不详		隆化	M*							[60]	1992
	湖州	L							[30]	不详		邯郸	R*							[60]	1992
	诸暨	L							[33]	不详		灵寿	R*							[60]	1992
	绍兴	L							[34]	2004		张家口	S*							[60]	1992
	杭州	S							[35]	不详	北京	北京	H	M						[61]	2001
广东	广州	H	H		H	S			[36]	1997	天津	天津	S,L,M					S,L,H	[62]	2002	
	佛山	H			L	L			[36]	1997	辽宁	朝阳	L							[63]	1996
	深圳				L				[36]	1997		盘锦	S							[63]	1996
	汕头				L				[36]	1997		阜新	L							[63]	1991
	韶关				L				[36]	1997		营口	L							[63]	1992
	茂名				L				[36]	1997		沈阳	L							[64]	2001
	江门				L				[36]	1997		阜新	L							[65]	2006
	中山	H	M						[37]	2001		盘锦	L							[65]	2006
湖北	沙市	R*			R*				[3]	1990, 1991		营口	L							[65]	2006
	汉川				R*				[4]	1995		朝阳	L							[65]	2006
	荆州	R*			R*				[6]	不详	贵州	贵阳	S	S						[66]	1998
山东	高密	H	H						[38]	1998		贵阳	M	S						[67]	2002
	济宁	M,L			L				[39]	2001	湖南	长沙	M		L					[68]	1993
	邹城	M							[39]	2001		株洲	H							[69]	1998
	嘉祥	L							[39]	2001	海南	海口	L		L					[22]	1993
	滕州	H							[39]	2001		三亚	L		L					[22]	1993
	泰安	L							[39]	2001	河南	郑州	H	L		M				[60]	2001, 1992
	平阴	H			S				[40]	1994		安阳	L			L				[70]	1992
	东营	M							[41]	不详		洛阳	S							[70]	1991
	临沂	L							[42]	2000		焦作	S							[70]	1991
	邹城	M							[43]	不详		商丘	H	L						[60]	2001
	泰安	L							[43]	不详		漯河	H			L				[71]	不详
	嘉祥	L							[43]	不详		南阳	L			S				[72]	2001
	济宁	L							[43]	不详		洛阳	M			S				[73]	2007
	平阴	H			S				[44]	2005	安徽	马鞍山			S					[74]	1996
	中区	L							[45]	不详		铜陵					S			[75]	2008
	曲阜	L							[45]	不详	江西	南昌	M		M					[76]	1998
	邹城	M							[45]	不详		赣州	M							[76]	1998
	兖州	H							[45]	不详		九江	M							[76]	1998
	嘉祥	L							[45]	不详		上饶	L							[76]	1998
云南	昆明	L	L						[38]	1998		萍乡	M							[76]	1998
	广南				S*				[46]	1994		新余	M							[76]	1998
	泸水				S*				[46]	1994	上海	上海	H	L						[77]	1997, 1998
	普洱				S*				[46]	1994		闵行	H							[78]	2006
	镇康				S*				[46]	1994		杨浦	H							[78]	2006
	双江				S*				[46]	1994		青浦	H							[78]	2006
	潞西				S*				[46]	1994		长宁	H							[78]	2007
	景谷				S*				[46]	1994		浦东新区	H							[78]	2007
四川	成都	L			S	L			[47]	1997		宝山	H							[78]	2007
重庆	重庆	S							[48]	2001		崇明	L							[19]	2003
江苏	扬州	R*							[49]	1997		黄浦	H							[19]	2003
	苏州	R*							[50]	1995		青浦	H							[19]	2005
	南通	R*							[51]	1998		宝山	H,H							[19]	2005, 2007
	盐城	R*							[52]	2004		普陀	H							[19]	2005
	镇江	M,L							[53]	不详		闵行	H							[19]	2006
	苏州	M,H							[53]	不详		杨浦	L							[19]	2006
	连云港	H,H							[53]	不详		长宁	H							[19]	2007
	昆山	H							[54]	2005		浦东	L							[19]	2007
	镇江	M,L							[55]	2004	陕西	铜川						S		[79]	2008
	镇江	M,L							[56]	不详											

注:用LC₅₀法:高抗(H),中抗(M),低抗(L),敏感(S);用诊断剂量法:显著抗性(R*),初级抗性(M*),敏感(S*)。

调查的地区对对硫磷都有一定程度的抗性。20世纪80年代对敌百虫的抗性监测开展的较多,32个地区中有31%是高抗或中抗,最严重的是上海和广州地区,抗性分别达75倍和43倍^[3]。总之,自1990年起尖音库蚊抗性最普遍、最严重的是对DDVP,其次是对马拉硫磷;广东、湖北、山东、河南、江苏、河北、江西等省,经济发展较快,人口密集,蚊虫的抗性问题也比较严重。

2 拟除虫菊酯类杀虫剂抗性

我国从20世纪70年代初开发拟除虫菊酯类杀虫剂,近十

几年此类杀虫剂倍受青睐,其施用面积占我国杀虫剂总施用面积的三分之一以上^[7]。在防治卫生害虫方面常用于室内喷洒、熏香、浸泡蚊帐、窗帘等。许多高效、安全的拟除虫菊酯被广泛应用,如氯氰菊酯、氰戊菊酯、溴氰菊酯、胺菊酯、二氯苯醚菊酯、甲醚菊酯、丙烯菊酯、氟氯氰菊酯、苄呋菊酯等,但施药不久,抗药性就在多种害虫中出现并蔓延,其中包括蚊虫。

尖音库蚊复组的抗性调查主要是对氯氰菊酯、溴氰菊酯、胺菊酯、氯菊酯、氟氯氰菊酯和丙烯菊酯(表3)。在尖音库蚊复组对氯氰菊酯抗性调查的14个省(直辖市)55个地区中,29%呈

表3 尖音库蚊复组对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性
Table 3 The resistant to pyrethroids in the *Cx. pipiens* complex

省份	市或县	氯氰菊酯	溴氰菊酯	胺菊酯	氯菊酯	氟氯氰菊酯	丙烯菊酯	参考文献	调查年份	省份	市或县	氯氰菊酯	溴氰菊酯	胺菊酯	氯菊酯	氟氯氰菊酯	丙烯菊酯	参考文献	调查年份
浙江	杭州		L		L			[28]	1999	河北	北戴河		R*		R*			[60]	1992
	金华		L		M			[30]	不详		河间		R*		M*			[60]	1992
	嘉兴	L	M		L		L	[30]	不详		保定		M*		M*			[60]	1992
	宁波	L	S	L	L		L	[31]	1999		徐水		M*		R*			[60]	1992
	温州		L		L			[30]	不详		承德		M*		M*			[60]	1992
	临海		L		S			[32]	不详		隆化		M*		S*			[60]	1992
	绍兴		L		L			[30]	不详		邯郸		M*		M*			[60]	1992
	衢州		L		L			[30]	不详		灵寿		M*		S*			[60]	1992
	湖州	L	L		L		L	[30]	不详		张家口		M*		M*			[60]	1992
	诸暨		L		L			[33]	不详	天津	天津		S,L		S,L			[62]	2002
	丽水	L	L					[30]	不详	辽宁	朝阳		S					[63]	1996
	嘉兴	M	L					[80]	不详		盘锦		S					[63]	1996
	湖州	L					L	[81]	不详		阜新		L					[63]	1996
	绍兴		L		S			[34]	2004		营口		L					[63]	1996
	杭州	S	L				S	[35]	不详		沈阳	L	L		S			[64]	2001
上海	上海	M,L	M,L,S					[82]	1997		阜新	S	S					[65]	2006
广东	广州	H	H		H		L	[36]	1997		盘锦	S	S					[65]	2006
	佛山		L		H		S	[36]	1997		营口	S	L					[65]	2006
	深圳	M	H		H		S	[36]	1997		朝阳	L	L					[65]	2006
	汕头	H	M		M		S	[36]	1997	贵州	贵阳				S			[66]	1998
	韶关	M	M		M		S	[36]	1997		贵阳				M			[67]	2002
	茂名	L	M		L		S	[36]	1997	湖南	长沙		M		S			[68]	1993
	江门		M		H		L	[36]	1997		株洲	H	M	H				[69]	1998
湖北	沙市		R*	R*	R*			[7]	1990、1991	海南	海口		H		L			[22]	1993
	汉川		M*		M*			[5]	1995		三亚		H		S			[22]	1993
	荆州		R*		R*,S*			[6]	不详		五指山		L			L		[83]	不详
山东	济宁	H	M		L			[39]	2001		澄迈		L			L		[83]	不详
	邹城	H	M					[39]	2001		海口		L			L		[83]	不详
	嘉祥	H	L					[39]	2001	河南	安阳		M		L			[70]	1992
	滕州	H	M					[39]	2001		洛阳		H		L			[70]	1991
	泰安	H	M					[39]	2001		焦作		L		L			[70]	1991
	平阴		S		S			[40]	1994		漯河		H	H				[71]	不详
	东营			L	L			[41]	不详		南阳	H	L					[72]	2001
	临沂	L	M	M	H			[42]	2000		洛阳		M					[73]	2007
	平阴	S	M					[43]	2005	江西	南昌		M	L			L	[76]	1998
	中区	H	M					[45]	不详		赣州		H					[76]	1998
	曲阜	H	M					[45]	不详		九江		M					[76]	1998
	邹城	H	M					[45]	不详		上饶		H					[76]	1998
	兖州	H	M					[45]	不详		萍乡		M					[76]	1998
	嘉祥	H	L					[45]	不详		新余		H					[76]	1998
四川	成都	S	H	L	M		L	[47]	1997	上海	闵行	M						[78]	2006
重庆	重庆	S	S					[48]	2001		杨浦	L						[78]	2006
江苏	扬州		R*		R*			[49]	1997		青浦	L	L					[78]	2006
	苏州		M*		R*			[50]	1995		长宁	M	H					[78]	2007
	南通		M*		M*			[51]	1998		浦东新区		L					[78]	2007
	盐城	S*,M*	S*,M*,R*		S*,M*			[52]	2004、2005		宝山		S					[19]	2003
	镇江	S,S	L,M		S,S			[53]	不详		崇明		S					[19]	2003
	苏州	S,M	M,H		S,M			[53]	不详		黄浦	H	H					[19]	2005
	连云港	M,M	H,M		H,S			[53]	2005		普陀	L						[19]	2005
	昆山	M	H		M			[54]	2004		青浦	M						[19]	2005
	镇江	S,S	M,S		S,S			[55]	不详		宝山	M						[19]	2006
	镇江	S,S	M,L		S,S			[56]	不详		闵行	L						[19]	2006
河北	石家庄		L		L			[57]	1994	安徽	杨浦	M						[19]	2007
	衡水	S	S	S	S			[58]	1991	陕西	铜陵	S	S					[75]	2008
	唐山		H		S			[59]	1991		铜川	S	L					[79]	2008
	沧州		R*		R*			[60]	1992										

注:用LC₅₀法:高抗(H),中抗(M),低抗(L),敏感(S);用诊断剂量法:显著抗性(R*),初级抗性(M*),敏感(S*)。

现高抗,47%为中抗或低抗,24%敏感;对溴氰菊酯抗性调查的18个省101个地区中,22%呈现高抗,37%有中等或显著抗性,31%有低抗或初级抗性,仅有10%的地区敏感;对氯菊酯抗性调查的13个省(直辖市)59个地区中,20%有高抗性,52%有中、低抗性或显著抗性,28%敏感;对胺菊酯、氟氯氰菊酯和丙烯菊酯的调查范围相对小些,大部分地区对这3种杀虫剂只有低抗或敏感。总体来讲,近年来,广东、湖北、山东、江苏、江西省的尖音库蚊复组对拟除虫菊酯类的抗性比较严重,应引起重视。其它媒介蚊虫抗性监测最多的是对溴氰菊酯和氯菊酯(表1),大部分被调查地区的中华按蚊、微小按蚊、雷氏按蚊对这2种杀虫剂只有初级抗性或敏感,湖北和陕西省的三带喙库蚊对菊酯类杀虫剂表现出显著抗性,海南省的白纹伊蚊和埃及伊蚊具有显著抗性。

3 抗性媒介蚊虫综合防治策略

化学杀虫剂在我国农业生产、维护公共健康中发挥了重要作用,大量各类杀虫剂施用在田间或室内,直接或间接的给媒介蚊虫带来选择压力,导致抗药性在种群中出现并升级,使有效控制媒介蚊虫越来越难。我国7种主要媒介蚊虫已经对有机氯和拟除虫菊酯类杀虫剂产生不同程度的抗性,各地各蚊种的抗性各有不同。为了防止、延缓抗性升级和蔓延,首先,应该采取科学合理的抗性管理措施,因地制宜,交替或混合施用不同类型的杀虫剂;其次,需定期监测蚊虫的抗药性水平,根据当地蚊虫对某类或者某种杀虫剂的抗性水平,及时调整施用的杀虫剂种类;最后,还需要加强对抗性机制的研究,促进新型杀虫剂的开发,克服现存的抗药性,延长现有杀虫剂的使用寿命。

参考文献

- [1] 华小梅,单正军.我国农药的生产、使用状况及其污染环境因子分析[J].环境科学进展,1996,4(2):33-45.
- [2] 刘维德.我国蚊类抗药性发展动向[J].中国媒介生物学及控制杂志,1990,1(1):41-44.
- [3] 余品红,徐博钊,吴克利,等.湖北省沙市地区3种优势蚊媒的抗药性监测[J].湖北预防医学杂志,1993,4(3):13-15.
- [4] 车卫红,蔡明阶.湖北省汉川市蚊虫抗性测定调查报告[J].湖北预防医学杂志,2000,11(4):25.
- [5] 余品红,张华勋,张绍清,等.湖北省疟疾高发区媒介按蚊对杀虫剂敏感性的监测[J].中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2000,18(3):149-151.
- [6] 石江.荆州市蚊类抗药性分布调查[J].职业与健康,2005,21(1):35.
- [7] 余品红,张华勋,黄光全,等.嗜人按蚊分布区媒介按蚊对溴氰菊酯敏感性的监测[J].寄生虫与医学昆虫学报,2003,10(3):152-156.
- [8] 刘立新,陈辉,陆业新,等.中华按蚊对DDT和溴氰菊酯抗药性的现场调查[J].中国热带医学,2008,8(5):809-811.
- [9] 余品红,胡乐群,刘井元,等.湖北省三县(市)媒介按蚊抗药性的现场调查[J].中国媒介生物学及控制杂志,2008,19(6):500-502.
- [10] 张世雯,雷心田,魏红雨,等.成都市主要媒介蚊种对常用杀虫剂抗药性监测结果[J].实用寄生虫病杂志,1997,5(1):18-20.
- [11] 雷心田,魏红雨,童学娅,等.四川省疟疾媒介按蚊对化学杀虫剂抗药性调查报告[J].实用寄生虫病杂志,1993,1(3):5-8.
- [12] 杨文,许国君,康杨,等.四川省嗜人按蚊与中华按蚊对溴氰菊酯和二氯苯醚菊酯的敏感性测试[J].中国媒介生物学及控制杂志,2003,14(3):171-172.
- [13] 王金福.5个中华按蚊种群对溴氰菊酯的抗性及其抗性选择反应[J].浙江大学学报(理学版),1999,26(3):82-86.
- [14] 吴金俊,何秀华,刘庆生.闽西北地区传疟媒介对杀虫剂的敏感性调查[J].中国媒介生物学及控制杂志,1994,5(1):73-74.
- [15] 沈宝祥,李菊林,周华云.中华按蚊对常用菊酯类杀虫剂抗性现场调查[J].中国血吸虫病防治杂志,2002,14(2):148-149.
- [16] 周华云,李菊林,金小林,等.江苏省传疟按蚊对菊酯类杀虫剂抗药性的监测[J].中国血吸虫病防治杂志,2004,16(3):199-201.
- [17] 杜尊伟,顾心安,卢勇荣.云南中华按蚊和微小按蚊对5种杀虫剂的抗性调查[J].医学动物防制,1995,11(4):379-383.
- [18] 杨明奇,邹亚丁.贵州省思南县塘头地区中华按蚊对溴氰菊酯和马拉硫磷的敏感性调查[J].贵州医药,1994,18(2):124-125.
- [19] 刘洪霞,冷培恩,徐仁权,等.上海地区蚊虫对常用杀虫剂的抗性及其防治对策[J].中华卫生杀虫药械,2009,15(2):112-115.
- [20] 孙养信,岳永杰,余建军,等.陕西省流行性乙型脑炎高发区三带喙库蚊的抗药性研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(4):313-316.
- [21] 蒋诗国,晏维,肖鹏,等.重庆市传疟媒介对菊酯类杀虫剂敏感性测定[J].中国寄生虫病防治杂志,2003,16(4):195.
- [22] 李明馨,李善千,杨霞,等.海南省病媒蚊虫抗药性监测报告[J].海南医学,1994,5(4):206-208.
- [23] 林伟波,林宏波,蔡松武,等.揭阳市城区白纹伊蚊抗药性现状与对策[J].中华卫生杀虫药械,2005,11(3):184-185.
- [24] 曾林海,赵伟,王志光,等.海南省白纹伊蚊、埃及伊蚊对菊酯类杀虫剂的敏感性测定[J].中国热带医学,2005,5(6):1396.
- [25] 邵新玺,黄清臻.营区蚊虫对常用杀虫剂的抗性监测[J].医学动物防制,2003,19(4):212-213.
- [26] 马林,杨学荣,曹若愚,等.成都市蚊虫对常用杀虫剂抗性的调查研究[J].医学动物防制,2000,16(9):450-452.
- [27] 蔡松武,林立丰,段金花,等.广东省白纹伊蚊抗药性现状与抗性治理对策[J].中国媒介生物学及控制杂志,2006,17(4):274-276.
- [28] 李瑄,乔传令,倪晓平,等.杭州尖音库蚊复组蚊虫对杀虫剂的抗性和酯酶同工酶的研究[J].寄生虫与医学昆虫学报,2001,8(3):149-154.
- [29] 王金福,陆绍红,沈惠英,等.淡色库蚊抗性酯酶活性聚集度及有机磷抗性发展动态研究[J].寄生虫与医学昆虫学报,1996,3(4):223-229.
- [30] 任樟尧,朱江,姚强.致乏库蚊对8种常用杀虫剂的抗性监测及防治对策[J].中国媒介生物学及控制杂志,2003,14(6):415-417.
- [31] 徐明,朱光峰.宁波市区淡色库蚊抗性测定[J].宁波医学,2000,12(8):384.
- [32] 任樟尧,吕菁,张军,等.临海市淡色库蚊对5种杀虫剂的抗性监测[J].医学动物防制,1999,15(6):293-295.
- [33] 任樟尧,吕菁,朱琦平,等.诸暨市致乏库蚊对5种杀虫剂的抗性测定[J].浙江预防医学,1999(7):14-15.
- [34] 何学军.淡色库蚊对杀虫剂的抗药性及分析[J].中华卫生杀虫药械,2005,11(5):340-341.

- [35] 孔庆鑫,倪晓平,邱丽华,等.杭州地区淡色库蚊抗药性调查[J].中国预防医学杂志,2008,9(9):843-845.
- [36] 刘礼平,林立丰,张紫虹,等.广东省城市致乏库蚊对常用杀虫剂抗性的调查研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,1999,10(6):410-414.
- [37] Zhang K, Ye ZQ, Cui F, et al. Significance of passive migration in evolution of insecticide resistance in the mosquito *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) [J]. Entomol Sin, 2003, 10: 231-236.
- [38] 刘俊娥,乔传令.不同地区尖音库蚊复合组抗药性的分子特征[J].昆虫学报,2001,44(3):290-296.
- [39] 王怀位,甄天民,王新国,等.山东省五地市淡色库蚊对常用杀虫剂的抗药性现状[J].中国热带医学,2002,2(2):232-234.
- [40] 郝延玉,李士成,刘庆忠,等.平阴县城镇蚊蝇抗药性及克服对策的研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,1996,7(2):141-142.
- [41] 曹官时,孙浩敏,王仁修,等.胜利油田地区淡色库蚊对5种化学杀虫剂的抗药性研究[J].医学动物防制,2003,19(1):26-27.
- [42] 周良信,刘庆文,金崇成.临沂市淡色库蚊幼虫对7种杀虫剂的抗性研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,2001,12(6):463.
- [43] 江洪涛,王怀位,甄天民,等.山东省淡色库蚊抗药性调查及防治对策的研究[J].中国热带医学,2005,5(1):17-18.
- [44] 郭启发,张丽,游利民.蚊蝇抗药性调查及其克服抗药性措施的研究[J].医学动物防制,2007,23(6):409-410.
- [45] 李士根.济宁市淡色库蚊抗药性检测分析[J].中华卫生杀虫药械,2009,15(5):394-395.
- [46] 许建卫,刘惠.云南省致乏库蚊对4种杀虫剂的敏感性调查[J].四川动物,1999,18(4):171-172.
- [47] 钱薇萍.成都市致倦库蚊幼虫对12种杀虫剂抗性研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,1998,9(6):427-428.
- [48] 吴俊明,吴蔚文,陈力.北碚区蚊幼虫抗药性的测定[J].植物医生,2003,16(2):35-36.
- [49] 罗直智,樊加才,王保秋,等.扬州市蚊虫、家蝇对常用化学杀虫剂的抗药性研究[J].医学动物防制,1998,14(1):20-22.
- [50] 陈志龙,张爱军.江苏省蚊蝇抗性监测点抗性调查报告[J].医学动物防制,1996,12(2):24-25.
- [51] 吴文录,顾健,陈志龙.南通市蚊蝇抗药性及防治对策研究[J].医学动物防制,1999,15(10):533-534.
- [52] 顾振国,王海燕,王大力,等.4种杀虫剂对淡色库蚊的抗性测定研究[J].中华卫生杀虫药械,2006,12(6):452-453.
- [53] 褚宏亮,周明浩,刘大鹏,等.江苏省淡色库蚊对常用杀虫剂的抗性研究[J].中华卫生杀虫药械,2005,11(3):180-181.
- [54] 缪金华,陈学良,马栢红.昆明市蚊蝇抗性调查[J].中国热带医学,2006,6(4):744.
- [55] 刘玉红,姜洪方,徐薇,等.镇江市淡色库蚊对常用杀虫剂的抗性调查分析[J].医学动物防制,2005,21(11):807.
- [56] 姜洪方,刘玉红,徐薇.镇江市库蚊对常用杀虫剂的抗性监测[J].中华卫生杀虫药械,2007,13(5):378.
- [57] 辛宏业,赵志清,李胜奎.石家庄市蚊虫3年的抗性实验研究[J].医学动物防制,1995,11(1):33-34.
- [58] 刘庆芬,张卫成,潘兴昌,等.衡水市蚊蝇抗药性测定[J].医学动物防制,1992,8(1):59.
- [59] 刘鉴,周友泉,王金柱,等.唐山市淡色库蚊幼虫对3种杀虫剂的抗性研究[J].医学动物防制,1992,8(1):140-142.
- [60] 黄钢,周立强,刘继敏,等.河北省淡色库蚊对3种杀虫剂的抗性调查[J].中国媒介生物学及控制杂志,1995,6(4):313-314.
- [61] 张柯,叶镇清,乔传令.不同地理种群淡色库蚊抗性动态与遗传多样性的研究[J].寄生虫与医学昆虫学报,2003,10(4):218-225.
- [62] 白淑萍,孙美玲,张咏梅.淡色库蚊幼虫对杀虫剂抗性及其防治对策[J].医学动物防制,2003,19(12):723-725.
- [63] 王树诚,刘丹红,邢丽,等.辽宁省淡色库蚊抗药性研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,1998,9(2):101-102.
- [64] 王慧敏,王伟杰,刘文.淡色库蚊幼虫对几种杀虫剂抗药性测定[J].中国媒介生物学及控制杂志,2002,13(6):475.
- [65] 李志,杨德香,丁俊,等.蚊虫抗药性监测研究[J].中华卫生杀虫药械,2007,13(4):256-258.
- [66] 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.
- [67] 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.
- [68] 胡玉凤,廖福元,黎悦,等.长沙市致乏库蚊对几种杀虫剂的抗药性测定[J].实用预防医学,1994,1(1):40.
- [69] 段丽琼,陈立奇,李红梅,等.株洲市致乏库蚊对4种杀虫剂的抗性测定[J].实用预防医学,1999,6(6):461.
- [70] 李书建,刘春龙,王守振,等.河南省淡色库蚊、家蝇对常用杀虫剂的抗药性研究[J].河南预防医学杂志,1995,6(5):290-293.
- [71] 龚向东,贾伟华,姬铁闯,等.家蝇及淡色库蚊对4种杀虫剂抗药性的测定[J].现代预防医学,2001,28(3):339-340.
- [72] 李峰,崔士磊,王庭柱,等.南阳市淡色库蚊抗药性及其防治对策研究[J].医学动物防制,2003,19(9):541-542.
- [73] 李新霞,李克伟,赵乐晖.洛阳市淡色库蚊抗性调查与防治对策[J].医学动物防制,2009,25(6):420-421.
- [74] 谢学军.马鞍山市蚊虫抗药性监测结果分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,1998,9(3):240.
- [75] 赵丽仙,何益新,张家林,等.铜陵地区蚊蝇对常用卫生杀虫剂的抗性调查研究[J].中华卫生杀虫药械,2009,15(5):359-361.
- [76] 李艾,徐菲,欧阳梅凤,等.江西省致乏库蚊抗药性现状分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,1999,10(2):108-110.
- [77] 乔传令, Hemingway J, 李瑄.有机磷抗性致倦库蚊种群中酯酶基因扩增的定量分析[J].昆虫学报,2003,46(1):11-17.
- [78] 刘洪霞,冷培恩,徐仁权,等.上海地区流行性乙型脑炎媒介对常用杀虫剂的抗性研究[J].上海预防医学杂志,2008,20(5):209-210.
- [79] 孙亮,孙养信,安翠红,等.铜川市淡色库蚊对3种杀虫剂的抗药性研究[J].中华卫生杀虫药械,2009,15(6):467-468.
- [80] 吴正平,林云,俞小林,等.嘉兴市蚊、蝇、蜚蠊对常用杀虫剂的抗药性监测[J].中国媒介生物学及控制杂志,2005,16(6):423.
- [81] 任樟尧,杨天赐,傅桂明.淡色库蚊对3种杀虫剂的敏感度测定[J].中华卫生杀虫药械,2006,12(6):476-477.
- [82] 王士珍,罗引珍,王美林.上海地区淡色库蚊幼虫对3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,2000,11(4):268-270.
- [83] 曾林海,孙定炜,赵伟,等.致倦库蚊及大劣按蚊对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性测定[J].中国媒介生物学及控制杂志,2008,19(6):505-506.