

# 蝇类防制工作进展与发展展望

冷培恩<sup>1</sup>, 王明福<sup>2</sup>, 莫建初<sup>3</sup>, 张忠<sup>4</sup>, 邱星辉<sup>5</sup>, 辛正<sup>6</sup>, 刘洪霞<sup>1</sup>, 徐劲秋<sup>1</sup>, 孙晨熹<sup>7</sup>

1 上海市疾病预防控制中心病媒生物防治科, 上海 200336; 2 沈阳师范大学化学与生命科学学院;

3 浙江大学昆虫科学研究所; 4 泰山医学院; 5 中国科学院动物研究所;

6 济南市疾病预防控制中心; 7 天津市疾病预防控制中心

## Progress and perspective of flies control

LENG Pei-en<sup>1</sup>, WANG Ming-fu<sup>2</sup>, MO Jian-chu<sup>3</sup>, ZHANG Zhong<sup>4</sup>, QIU Xing-hui<sup>5</sup>, XIN Zheng<sup>6</sup>,

LIU Hong-xia<sup>1</sup>, XU Jin-qiu<sup>1</sup>, SUN Chen-xi<sup>7</sup>

1 Shanghai Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China; 2 College of Chemistry and Biology

Science, Shenyang Normal University; 3 Institute of Insect Sciences, Zhejiang University; 4 Taishan Medical University;

5 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences; 6 Jinan Center for Disease Control and Prevention;

7 Tianjin Center for Disease Control and Prevention

中图分类号: R384.2 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2015)03-0217-07

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2015.03.001

蝇类是重要的医学昆虫,除骚扰人类外,主要通过成虫机械携带传播或生物性传播病原体而引起传染病的流行,有的蝇类幼虫还可直接寄生于人体皮肤、体内引起蝇蛆症<sup>[1]</sup>。蝇类防制需了解当地蝇种、开展蝇类监测,采用物理与器械防治、生物防治方法控制蝇类,开展蝇类抗药性监测,合理应用化学防治控制蝇类。

### 1 蝇种鉴定研究进展

蝇种鉴定属于昆虫分类学范畴,而与人类关系最为密切的、在传播疾病方面有着重要意义的蝇类主要为有瓣蝇类(Calypttratae)。有瓣蝇类隶属于双翅目(Diptera)中的环裂亚目(Cyclorrhapha)。是该亚目中较为进化的一个类群。迄今已知2万余种<sup>[1-8]</sup>,传统上分为16个科。该类昆虫是与人类接触最为密切的类群。按人类的视角将其分为病媒昆虫、蛆症病原、农林害虫、天敌昆虫、传粉昆虫、法医昆虫、资源昆虫、实验昆虫等。随着世界范围内新的虫媒传染病频现及日趋严重、刑事案件侦破、环境科学发展、设施农业兴起等,与上述领域相关的蝇类研究正备受关注。鉴于此,对该类昆虫进行分类研究有着重要的科学意义和经济意义。

科学上对该类昆虫的研究始于18世纪中叶。在19世纪末,蝇类传播肠道疾病得以明确。此后,20世纪初由于肠道传染病的流行,欧美国家相继将

蝇类(主要为有瓣蝇类)纳入重要的研究范畴。以此推动了世界范围内的研究进程,并成为昆虫领域研究较为深入的类群。中国该类群在20世纪50年代以前仅少数外国学者做过零星调查。如Wiedmann(1830)、Stein(1907, 1915)<sup>[9-11]</sup>、Malloch(1914)<sup>[12]</sup>、Ôuchi(1938)<sup>[13]</sup>等。从20世纪50年代的全民“除四害”运动中,蝇类被列为“四害”之一,蝇类的防制需技术力量的支撑,故蝇类分类研究受到空前的重视。于是举全国之力的研究形势由此形成,并取得丰硕成果。到了20世纪70年代末至80年代初,以中央爱卫会倡导的“各生态地理区蝇类调查”项目的实施和《中国动物志》的编撰为我国蝇类研究的又一个高峰。上述研究态势及阵容在昆虫分类研究史上亦为罕见。中国蝇类分类研究起步虽晚,但成果丰硕,进展惊人。迄今我国已知有瓣蝇类3900余种<sup>[14-22]</sup>,约占世界已知种数的17%以上。一些重要类群如蝇科、厕蝇科分别占到世界总数的26%~40%。

回顾中国蝇类分类研究历程,其研究理念已从此前的突击性研究,逐渐回归于理性研究。近年来,以沈阳师范大学为代表的我国有瓣蝇类分类研究团队,在专业研究中突破传统的以物种鉴定为主的研究模式。采用宏观、常观、微观相结合的立体研究模式,标与本相结合的研究理念,传统手段与现代技术相结合的研究方法。立足中国,辐射世界的研究格

作者简介:冷培恩,男,主任医师,从事病媒生物监测与控制及防制技术研究,现任中华预防医学会媒介生物学及控制分会副主任委员兼蝇类防制学组组长,Email:lengpeien@scdc.sh.cn

网络出版时间:2015-05-21 13:37 网络出版地址:http://epub.cnki.net/kns/oldnavi/n\_CNKIPub.aspx?naviid=59&BaseID=ZMSK&NaviLink=

局,取得了突出成绩。从2002年以来共主持国家自然科学基金项目8项,占该基金所资助的我国有瓣蝇类分类研究项目数的80%,发表SCI收录论文80余篇,散见于15个国家的数十种国际性学术刊物<sup>[23-32]</sup>,占我国该项研究SCI收录的90%以上。其中在厕蝇科分类研究中,所发表的SCI论文收录量世界排名第一,将我国厕蝇科种数推进到世界排名第一。特别是以2012年获批的国家自然科学基金项目“欧亚地区厕蝇科分类修订及生物地理研究”及系列的世界性分类研究成果的发表,使我国该类群分类研究跨入世界先进水平行列。反思蝇类分类研究历程,中国特色的有瓣蝇类分类研究,使我国该类群在短时间内无论从物种数、论文数、新分类阶元数等方面迅速增加。与此同时由于上述研究历程所致的研究人员庞杂、水平掺杂、发表书刊繁多致把关环节失当,以及标本保存流散,致使一些模式标本保存出现人息物灭的现象等<sup>[33]</sup>。

鉴于我国蝇种鉴定研究现状,应继续进行以外形特征为主的蝇类分类研究;在形态分类基础上,进一步开展比较形态学、支序系统学、生物地理学、分子生物学等方面的综合性蝇种鉴定研究;进行蝇类的系统修订;制定模式标本保存制度;稳定专业研究队伍;定期举办全国或地区性的蝇类分类培训班,以培养相关专业人员,提高研究水平与层次。

## 2 蝇类种类与密度监测

蝇类种类与密度监测主要采用笼诱法、粘捕法、目测法和格栅法,在进行蝇种本底调查时,还采用网捕法<sup>[30-31]</sup>。各地疾病控制机构、检验检疫机构定期开展的蝇类密度监测主要采用笼诱法。疾病控制机构目前按照中国疾病预防控制中心(CDC)发布的《病媒生物监测方案》进行监测,采用50g红糖、50ml食醋和50ml水作为诱饵。以该诱饵进行蝇类密度监测,捕获的蝇类数量不多,但是因为该诱饵可得,便于在全国范围内统一监测方法,使得结果具有可比性。若以此监测方法长期开展监测,也可以获得当地蝇密度的季节消长结果,也可作为评价蝇类控制效果的方法来评价当地蝇类的控制状况;而且也可获得当地常见蝇种的密度与季节变化数据。姬淑红等在上海市杨浦区用该监测方法从2010—2013年每年的3—11月开展蝇密度监测,共捕获蝇类5科25属39种1588只,优势种为厩腐蝇(*Muscina stabulans*)、丝光绿蝇(*Lucilia sericata*)、巨尾阿丽蝇(*Aldrichina grahami*)、横带花蝇(*Anothomyia illocata*)、大头金蝇(*Chrysomya megacephala*)、狭额腐蝇(*Anothomyia illocata*);季节

消长曲线呈现6月和9月双高峰<sup>[33]</sup>。但是从中国CDC汇总的年度监测数据来看,还是有一些地方采用腐鱼类诱饵进行监测,使得监测结果不具可比性。各地爱卫部门在创建灭蝇先进城市和创建国家卫生城市时,采用目测法检查蝇类孳生率和室内成蝇侵害率。有害生物防制机构在为客户提供灭蝇服务时,常采用粘蝇纸、粘蝇带、灭蝇灯捕杀蝇类,并以捕杀的蝇数作为监测数据用以评估灭蝇效果。格栅法主要用于蝇类高密度情况下用目测法难以计数时,以方格便于调查者计数成蝇数量来测定蝇密度<sup>[32]</sup>。

监测工作要求方法统一、结果可比。目前采用的糖醋饵解决了可比性问题,但是存在引诱力弱,蝇种构成不尽合理的问题。应当寻找一种引诱力介于糖醋和腐鱼之间,蝇种构成比较合理的引诱剂应用于蝇种与密度监测。病媒生物控制水平国家标准中,有室内成蝇侵害率与密度、蝇类孳生率和防蝇设施合格率指标,无笼诱法、粘捕法监测的控制指标。作为一种监测方法,使用者在应用过程中,应有一个数值确定其所处水平,以利于指导灭蝇工作的开展。

## 3 蝇类引诱技术

蝇类引诱技术是进行蝇密度监测和蝇类控制的重要方法和手段,比如笼诱法蝇密度监测就需要依靠适宜的引诱剂,而灭蝇毒饵引诱剂在其中起重要作用<sup>[34]</sup>。蝇类在觅食、求偶和寻找栖息与产卵场所的过程中,除视觉信息发挥作用外,环境中的化学信息更是起了至关重要的作用。为了明确在蝇类觅食、求偶和寻找栖息与产卵场所过程中发挥作用的化学信息物质,许多蝇类防治研究工作者开展了大量的研究工作。1930年,前苏联的科学家就已利用麦麸和10%~20%碳酸铵溶液来引诱雌蝇产卵。1952年,Dethier等发现10%麦芽浸膏水溶液对家蝇(*Musca domestica*)具有较强的引诱作用,腐败的酪蛋白对麻蝇具有引诱作用。1961年Brown等对包括醇、醛、酮、酸、苯酚、醋、卤化物、醚、硫醇、糖、胺、含氮杂环以及麦芽浸膏和糖蜜等75种化合物材料进行了实验,最后发现引诱作用较好的是由5%麦芽浸膏、0.5%乙醇、0.02%3-甲基吡啶及1%乙缩醛合组成的水溶液<sup>[35-36]</sup>。林立辉和徐启丰<sup>[37]</sup>的研究结果则表明,10%红糖、5%淀粉、0.02%3-甲基吡啶、0.5%乙醇和1%酵母浸出汁组成的混合物对家蝇具有较好的引诱性。为了获得对蝇类具有良好引诱性的诱饵材料,近几十年来,国内众多研究者先后研究了红糖、蜂蜜、甜蜜酱、糖醋混合物、牛奶、奶粉、鱼粉、腐鱼肚肠、腐鱼浆、鱼油、鸡蛋浆、腐败鸡蛋、动物血、瘦肉、肉松、酵母、谷物、米饭、淀粉、麦麸、豆渣、臭豆

腐、水果及其水提取物等材料对蝇类的引诱效果。进一步的研究结果表明,蔗糖、氨、碳酸氢铵、氯化铵、硫酸铵、三甲胺、乙酸乙酯、乙硫醇、吡啶、3-甲基吡啶、顺-9-二十三碳烯、顺-9,10-环氧二十三碳烯、顺-14-二十三碳烯-10-酮、蔗香酮、呋喃酮、乙基呋喃酮、亚油酸、乳酸、正庚酸、丙烯酸甲酯、二甲基二硫和二甲基二硫醚等化合物是上述材料中对蝇类具有引诱作用的化学成分<sup>[38-48]</sup>。不过,这些化学成分对蝇类引诱效果的好坏与其浓度高低密切相关。莫晓畅<sup>[49]</sup>的研究结果表明,对家蝇具有引诱性的化合物浓度乳酸为0.1~1.0 mg/kg,正庚酸为0.1~1.0 mg/kg,丙烯酸甲酯为1000.0 mg/kg,3-甲基吡啶为1.0~10.0 mg/kg,二甲基二硫醚为10.0~100.0 mg/kg。水溶液中异戊醛的浓度为0.000 103%时,对家蝇具有较大的引诱作用;浓度在0.000 172%~0.000 241%之间时,对一些家蝇开始具有驱避作用;当浓度>0.000 517%时,对家蝇则具有很强的驱避作用。另外,家蝇性信息素顺-9-二十三碳烯的浓度则需在0.06%以上才有引诱作用<sup>[35-36]</sup>。

蝇类活动除受到化学信息素的影响外,还受到光和颜色的影响。蝇类是一类昼夜活动节律十分明显的昆虫,它们白天觅食、交配和产卵,晚上停止活动栖息在垂线、天花板和墙壁上部(室内)以及杂草和灌木丛内(室外)等处,其成虫具有很强的趋光性。研究发现,蝇类对波长在365 nm左右的光源具有极强的趋性,但其趋光性的强弱与蝇的种类、性别、日龄以及光源的光谱组成和强度等因素有关。行为学研究表明,300和400 nm的组合光对家蝇雌雄成虫具有很好的引诱力,但日龄不到3 d的家蝇对荧光灯则几乎无趋性。通常条件下,紫外灯对家蝇的引诱力强于蓝色、绿色及白色灯。在黑暗的房间内,紫外光对家蝇的引诱效果比较好,但有照明灯光存在的情况下,紫外光对家蝇的引诱力明显下降<sup>[42]</sup>。

蝇类成虫的复眼由许多小眼组成,这些小眼内的视觉细胞对不同颜色反射的光线具有不同的反应。研究发现,在室内环境中,家蝇喜欢停留在深色(如黑色和红色)且粗糙的物体表面;在室外环境中,家蝇则喜欢停留在浅色(如白色和黄色)的物体表面。增加两种物体的色彩对比度,可明显促进家蝇对其中某种物体表面的着陆。有研究发现,暗红/黑和黄/黑的颜色组合引诱舍蝇(*M. domestica vicina*)着陆的效果比白/黑颜色组合的明显要好。在自然光线照射下,白底加黑点的颜色组合对家蝇的引诱力比纯白底和黑底要强。花蝇科和丽蝇科的蝇类则均喜好蓝色,其次为红色。此外,雄性家蝇喜欢接近移动中的同伴以及和家蝇大小相似的黑色移动对象<sup>[39,42,48]</sup>。

目前,蝇类防治工作中,难度最大的还是家蝇种群的控制,特别是农贸市场、超市、酒店、食品加工场所、五小门店这些家蝇密度不是特别高的场所以及养殖场、垃圾站和垃圾填埋场这些家蝇密度极高的场所。要做好这些场所的蝇类防治工作,需要在以下几方面开展扎实的基础性研究工作:

(1)蝇类的基础生物学研究:蝇类的生存涉及食物、配偶、栖息和产卵场所,在过去的几十年中,人们虽然对蝇类的觅食习性、求偶行为、栖息和产卵场所需求等做过一些研究,但迄今为止人们对蝇类是如何找到食物的、求偶过程中配偶的定位涉及到了哪些信息化合物、蝇类利用哪些环境信息来确定其栖息和产卵场所等科学问题都还难以作出准确的回答。在今后的工作中,有必要投入资金和人力对这些基础的科学问题进行深入研究,以便为蝇类诱杀新技术和新产品的研究与开发提供必需的技术支撑。

(2)多光谱诱蝇灯管的研制:虽然大多数蝇类对波长为365 nm的光有强烈的趋性,但除此光谱的光线外,其他波长的光对蝇类也有明显的引诱性。并且,不同种类的蝇类、同种不同日龄和不同性别的蝇类,其喜好的光线波段并不完全相同,要使同一支灯管发出的光线能引诱不同种的蝇类及同种不同日龄和不同性别的个体,就需使其发出多个波段的对蝇类具引诱力的光线。要实现这一目标,就需要研究和开发生产多光谱诱蝇灯管的技术与方法。

(3)多蝇种复合引诱剂的研发:成蝇在羽化后到死亡前这段时间,它们需要寻找食物补充能量、寻找配偶进行交配、寻找休息场所进行栖息和寻找产卵场所进行产卵,而这些生命活动的开展,都离不开信息化化合物的调控。同时,在自然环境中,某一群体的蝇类在某一特定时刻,其不同个体只会从事觅食、求偶、栖息和产卵等活动中的某一项活动,如果引诱剂含有的信息化合物不能对这些生命活动进行全覆盖的话,那么就只会对蝇类群体中的部分个体产生作用,因而也就不能将环境中的蝇类在最短的时间内诱杀掉。所以,为了使诱蝇笼、诱蝇灯、自动捕蝇器等蝇类诱杀产品发挥良好的灭蝇作用,需要研究和开发对成蝇不同生命阶段的行为均具有调控功能的多组分复合引诱剂,以便使诱蝇笼、诱蝇灯、自动捕蝇器等环保型灭蝇产品在蝇类防治中发挥更大的作用。

(4)蝇类诱杀产品的应用技术研究:在蝇类防治工作中,诱蝇产品的灭蝇效果还与正确的使用技术有关。在过去的一些年中,不少研究者对诱蝇笼、诱蝇灯和自动捕蝇器的使用技术做过现场应用研究,但总体上来讲,到目前为止,并没有形成诱蝇笼、诱蝇灯和自动捕蝇器在不同环境下应用的完整技术标

准和规范。在今后的工作中,有必要组织全国的相关单位,在不同地域、不同环境和不同场所对诱蝇笼、诱蝇灯和自动捕蝇器的应用技术进行研究,以获得制定相关技术规范和技术标准所必需的基础数据,从而为我国规范化应用蝇类诱杀产品创造条件。

#### 4 蝇类生物防治技术

蝇类的生物防治手段主要包括植物源杀蝇剂、病原微生物、寄生性天敌和捕食性天敌等。很多植物提取物有杀蝇活性,对蝇类的幼虫、蛹、成虫均有一定的杀灭作用,有些成分还有驱蝇、拒食、生长调节、产卵抑制等作用。这种植物源的杀蝇剂对环境友好,对哺乳动物和非靶标昆虫无害,还仅限于实验室水平,仍未有开发的产品出现。泰山医学院张忠等在这方面进行了尝试:①开发了含曼陀罗、石蒜、野艾蒿、紫穗槐、细草乌等杀蝇成分的蝇香;②发明了含曼陀罗、野艾蒿、细草乌、夹竹桃、闹羊花等水提物的毒蝇绳和以细草乌、夹竹桃粉末作为增效剂的双效毒蝇绳。

很多微生物是可以作为生物农药的重要生物防治资源,现已开发成生物农药的有白僵菌、绿僵菌、苏云金杆菌等。张忠等通过利用球孢白僵菌和蜡蚧轮枝菌对蝇类进行生物防治,在实验室内的效果显著,但在现场实验中效果不佳。张忠等在杀蝇微生物的利用技术方面进行了研究:①发明了含球孢白僵菌孢子或蜡蚧轮枝菌孢子的毒蝇绳;②发明了通过在鸡饲料中添加苏云金杆菌,控制鸡粪中蝇类孳生的方法;③发明了利用两种毒蝇绳交叉悬挂控制蝇类的方法,均取得较好效果。

可用于蝇类生物防治的寄生蜂有蝇蛹金小蜂(*Pachycrepoideus vindemmiae*)<sup>[50]</sup>、蛹小蜂(*Spalangia cameroni*)和*Spalangia nigroaenea*<sup>[50-51]</sup>、喜马拉雅角头小蜂(*Dirhinus himalayanus*)<sup>[52]</sup>、丽蝇蛹集金小蜂(*Nasonia vitripennis*)<sup>[53]</sup>、金小蜂(*Muscidifurax raptor*)和*M. raptorellus*<sup>[54-55]</sup>,然而这些寄生蜂在自然条件下对蝇类的控制作用并不十分理想。张忠等的研究表明,利用挂网释放的方法释放丽蝇蛹集金小蜂后,对自然孳生蝇蛹的寄生率可达60%以上,对蝇类有良好的控制作用<sup>[56]</sup>。同时,张忠等也发明了丽蝇蛹集金小蜂与蜡蚧轮枝菌或球孢白僵菌融合使用的方法,对蝇类的控制作用更好。即在被寄生后7 d的蝇蛹体表蜡蚧轮枝菌或球孢白僵菌的孢子,然后将蝇蛹置于室外进行蝇类生物防治的区域,丽蝇蛹集金小蜂羽化后,可寄生自然界中孳生的蝇蛹,而未被寄生成功的蝇蛹中成蝇羽化过程中,体表会沾上孢子,从而感染疾病死亡,并且在蝇蛹种群中造成疾病

流行。

蝇类的捕食性天敌有黑矮甲阎虫(*Carcinops pumilio*)<sup>[57]</sup>、开普黑蝇(*Ophyra capensis*)<sup>[58]</sup>和古铜黑蝇(*O. aenescens*)<sup>[59]</sup>,它们对家蝇的幼虫有一定的捕食作用,但由于其效果不好,因此未能得到有效推广。蝇类生物防治虽然有诸多优点,但在实际应用中仍存在一点问题:生物防治技术一般见效较慢,有时效果也不显著,不易被人们接受;生物防治技术多以实验室研究为主,成熟有效的现场生物防治技术体系仍有待开发;从事蝇类生物防治的人员尚少,未能形成一支强有力的研究队伍;蝇类生物防治技术如何与其防治方法的融合也是值得研究的重要课题。

#### 5 蝇类化学防治和抗药性

蝇类防治不但是霍乱、菌痢等消化道疾病控制的主要措施之一,也是改善居民生活环境、提高城市品质形象的重要组成部分。蝇类的防治和其他媒介生物的防治原则一致,即是以预防和综合防治为主的防治方针,包括环境防治、物理防治、化学防治和生物防治等综合防治手段。化学防治作为其中一种重要的防治手段,有着其他方法难以替代、可迅速控制蝇类种群密度的优势。然而,在高效、快速控制蝇类的同时,也给我们带来严重的害虫抗药性问题。

面对杀虫剂的选择压下,家蝇容易产生对杀虫剂的抗性,至今家蝇抗药性成为家蝇控制的一大障碍。根据各地报道的生物测定数据,家蝇普遍表现出对不同类型杀虫剂(特别是有机磷和拟除虫菊酯类)的抗药性,抗药性程度与发展趋势因药剂种类和地区的不同而有所不同,呈现出明显的地域性。尤其值得注意的是,我国大多数地区的家蝇均表现出对有机磷和拟除虫菊酯类杀虫剂的高水平抗性,有些地区的家蝇对敌敌畏或氯菊酯的抗性达1000倍以上<sup>[60]</sup>。自然家蝇种群通常表现出对不同类型杀虫剂的多重抗药性、对同一类型杀虫剂的交互抗性,如江苏省镇江和泰州市采集的家蝇均表现出对敌敌畏、氯菊酯、溴氰菊酯和氯氰菊酯的高水平抗性<sup>[61]</sup>,北京市昌平区采集的家蝇表现出对敌敌畏、残杀威、高效氯氰菊酯的抗性分别为315、223和57倍<sup>[62]</sup>。

通过对抗药性分子遗传机制的研究,在我国家蝇种群中发现了与有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂抗性相关的乙酰胆碱酯酶的多重突变(V260L、G342A/V、F407Y),呈现6种不同的点突变组合,其中以260L-342A-407Y组合和260V/L-342A/V-407Y组合最为普遍。特别值得重视的是我国家蝇乙酰胆碱酯酶抗性基因型频率几乎达到100%,与双甲基取代的有机磷杀虫剂抗性相关的羧酸酯酶突变(W251L

和W251S)也在我国家蝇种群中普遍存在<sup>[63]</sup>。在我国家蝇中检测到与拟除虫菊酯类和DDT杀虫剂抗性相关的钠离子通道基因突变,其中1014H突变而非1014F在中国家蝇普遍存在且优势分布<sup>[63]</sup>。研究还发现导致高水平拟除虫菊酯抗性的CYP6D1v1抗性等位基因在我国家蝇种群中普遍存在<sup>[63]</sup>。在分子水平上的研究结果表明,我国不同地区家蝇的抗性相关的遗传变异(基因型)和抗性等位基因频率也有所不同,表现出抗性相关遗传变异的多样性和多重性<sup>[63]</sup>。

当前,我国蝇类抗药性监测中存在:①监测的杀虫剂种类有限且长期不变问题。目前广泛选择用于抗药性检测的杀虫剂包括有机磷(主要是敌敌畏)、氨基甲酸酯(残杀威)和拟除虫菊酯(以溴氰菊酯、高效氯氰菊酯为代表),由于同一类型但不同结构的杀虫剂的作用方式可能存在较大差异,选用1~2个杀虫剂代表性不足。对一些相对新的用于灭蝇的杀虫剂如多杀菌素(spinosad)、新烟碱类杀虫剂[如吡虫啉(imidacloprid)]和生长调节剂类[如除虫脲(diflubenzuron)]的抗性监测工作还未得以开展;②抗药性监测方法的规范性不够。抗药性监测存在测定方法不统一(如实验室敏感品系不同,给药方式的不一致等),未能坚持做到定点、定期检测,这种局面大大地限制了研究资料的综合分析与结果的有效使用;③抗性监测的手段单一。抗药性监测只是种群水平上的生物测定,采取传统的生物测定方法,而没有深入检测抗性基因的分布与频率,因此难以获得用于预测抗药性发展趋势的有关信息。

杀虫剂敏感性的保持是害虫防治的最佳策略,应作为抗性治理的指导原则。由于对家蝇抗药性的水平与动态及其区域特异性缺乏了解,在家蝇防治过程中,杀虫剂的选用、剂量和用药方式的采用均存在很大程度的盲目性和随意性。尽管不少人提出抗药性治理的各种建议,如轮用或混用杀虫剂常被推荐为一个重要措施,但在实际工作中并没有得到充分的落实。受习惯思维的影响,在我国普遍存在单一农药在某一地区大剂量、长期使用这种不科学的用药方式。考虑到现在使用的灭蝇剂种类的变化以及家蝇不可避免地接触农用杀虫剂,抗药性监测不能只局限于一些传统的杀虫剂品种,应该将新使用或推荐使用的灭蝇剂,特别是其有效成分也用于农业害虫防治的杀虫剂(如多杀菌素、吡虫啉等)列入监测范围。考虑到抗药性的遗传基础存在种群特异性,为做到抗药性的早期预警和预测抗药性的发生发展,一方面要加强我国家蝇抗药性分子遗传机制的研究,发现新的抗性基因并建立抗性基因的快速

分子检测方法,另一方面要与时俱进地推广应用已研发出的检测抗性遗传变异的分子检测技术<sup>[64]</sup>,把抗性基因频率的监测成为抗药性监测的常规内容。考虑到抗药性是动态的,因此要充分利用现有的监测网点,定点、定期地系统开展抗药性监测,规范抗药性测定方法(生物测定和分子检测),建立有效的数据共享机制。根据各地家蝇的抗药性现状,因地制宜地推荐杀虫剂的种类和使用方法,以避免抗药性的加剧,防范抗药性基因的传播与扩散,最终达到家蝇有效防治的目的。

家蝇对杀虫剂的敏感性保护应该作为一个基本原则。要强化蝇类控制的环保和科学意识,改变在创建卫生城市的活动过程中重化学防治的惯用做法,大力提倡环境治理、生物防治、物理防治、化学防治和法规防治相结合的家蝇综合治理策略。加强有害生物防治(PCO)专业队伍的建设,提高PCO从业人员的业务水平,规范PCO从业行为。

#### 参考文献

- [1] Pont AC. The *Mollissima* subgroup of *Fannia* Desvoidy, with the description of a new species from Burma and a revised key to species (Diptera: Muscidae) [J]. *Ann Mag Nat His*, 1964, 7 (84):757-767.
- [2] Pont AC. Family Muscidae[M]//Delfinado MD,Hardy DE(eds.). A catalogue of the Diptera of the Oriental Region. Honolulu: University Press of Hawaii, 1977:447-450.
- [3] Pont AC. A revision of Australian Fanniidae (Diptera: Calyprata) [J]. *Aust J Zool*, 1977, 25(51):1-60.
- [4] Pont AC. Family Fanniidae[M]//Crosskey RW (eds.). Catalogue of the Diptera of the Afrotropical Region. London: British Museum (Natural History), 1980:719-720.
- [5] Pont AC. Family Fanniidae [M] // Soós Á, Papp L (eds.). Catalogue of Palaearctic Diptera. Volume 11. Scathophagidae - Hypodermatidae. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1986:57-215.
- [6] Pont AC. Family Fanniidae[M]// Evenhuis NL. (ed.). Catalog of the Diptera of the Australasian and Oceanian Regions. Bishop Museum Special Publication Vol. 86. Honolulu/Leiden: Bishop Museum Press and E. J. Brill, 1989:700-701.
- [7] Pont AC. Family Fanniidae[M]// Papp L, Darvas B (eds.). Manual of Palaearctic Diptera. Appendix. Budapest: Science Herald, 2000:447-454.
- [8] Pont AC. The Fanniidae (Diptera) described by J. W. Zetterstedt [J]. *Insect Syst Evol*, 2002, 33(1): 103-112.
- [9] Stein PH. Sauter's Formosa-Ausbeute[J]. *Anthomyiidae* (Diptera) *Supplementa Entomologica*, 1915, 4: 13-56.
- [10] Stein P. Zur Kenntnis der Dipteren von Central-Asien II. *Cyclorrhapha Schizophora Schizometopa*. Die von Roboyowsky und Kozlov in der Mongolei und Tibet gesammelten Anthomyiiden. *Annuaire du Musée Zoologique de l' Académie des Sciences de Russie*, St, Pétersbourg, 1907, 12:318-372.

- [11] Stein P. Zur Weitem Kenntnis aussereuropaischer Anthomyiden [J]. *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici*, 1918, 16(1):147-244.
- [12] Malloch JR. A new *Fannia* from Formosa (Dipt.) [J]. *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici*, 1914, 12(1):153-154.
- [13] Ôuchi Y. Notes on some flies of Genus *Fannia* from eastern China [J]. *J Shanghai Sci Institute*, 1938, 4:20.
- [14] 王明福, 王荣荣, 薛万琦. 青藏高原蝇科昆虫生物地理初探 [J]. *动物分类学报*, 2006, 31(3):490-500.
- [15] 王明福, 徐洋, 刘林. 粪蝇科分类研究历史及我国研究概况与展望(双翅目:环裂亚目) [M]// 李典谟. 昆虫学研究动态. 北京:中国农业科学技术出版社, 2007:77-82.
- [16] 王明福, 刘林. 厕蝇科 Fanniidae 系统学研究历史与现状(双翅目:环裂亚目) [J]. *昆虫知识*, 2008, 45(6):876-883.
- [17] 王明福. 厕蝇科昆虫起源、演化及世界分布格局的探究 [J]. *沈阳师范大学学报:自然科学版*, 2010, 28(2):129-136.
- [18] 王明福. 由外国人所采集、记述的中国厕蝇科物种概况 [J]. *沈阳师范大学学报:自然科学版*, 2014, 32(3):325-331.
- [19] 薛万琦, 赵建铭. 中国蝇类(上、下册) [M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1998:1-2425.
- [20] 薛万琦, 王明福. 青藏高原蝇类 [M]. 北京:科学出版社, 2006:1-336.
- [21] 范滋德. 中国常见蝇类检索表 [M]. 北京:科学出版社, 1965:1-330.
- [22] 范滋德. 中国动物志. 昆虫纲. 第49卷. 双翅目:蝇科(一) [M]. 北京:科学出版社, 2008:1-1186.
- [23] Wang MF, Zhang D, Xue WQ. A review of the *F. serena*-subgroup of *Fannia* Robineau-Desvoidy (Diptera: Fanniidae), with the description of two new species from China [J]. *Zootaxa*, 2006, 1162:33-43.
- [24] Wang MF, Wang RR, Xue WQ. A Review of the *F. lucidula*-subgroup of the *Fannia canicularis*-group (Diptera: Fanniidae) [J]. *Zool Studies*, 2007, 46(2):129-134.
- [25] Wang MF, Zhang D, Xue WQ. A review of the *F. canicularis*-group of the genus *Fannia* Robineau - Desvoidy (Diptera: Fanniidae) from China [J]. *Oriental Insects*, 2007, 41(1):339-350.
- [26] Wang MF, Zhang D, Wang RR. Review of the *Fannia jezoensis*-group (Diptera: Fanniidae) [J]. *Ann Soc Entomol Fr (N Série)*, 2007, 43(3):357-361.
- [27] Wang MF, Liu L, Wang RR, et al. Review of the *F. scalaris* species-group of the genus *Fannia* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Fanniidae) from China [J]. *Pan-Pac Entomol*, 2007, 83(4):265-275.
- [28] Wang MF, Zhang D, Wang RR. The *Mollissima*-subgroup of the genus *Fannia* Robineau-Desvoidy (Diptera: Fanniidae), with descriptions of seven new species [J]. *Insect Syst Evol*, 2008, 39(1):87-106.
- [29] Wang MF, Liu L. A review of the *Serena* subgroup of the *Fannia serena* group (Diptera: Fanniidae) [J]. *Oriental Insects*, 2008, 42:269-284.
- [30] 冷培恩, 朱仁义, 徐仁权. 蝇类密度控制标准的现状 [J]. *寄生虫与医学昆虫学报*, 2005, 12(4):245-247.
- [31] 孙红专, 冷培恩, 徐仁权, 等. 新型捕蝇器及诱饵现场捕蝇效果研究 [J]. *中华卫生杀虫药械*, 2010, 16(2):127-130.
- [32] 冷培恩, 刘洪霞, 徐劲秋, 等. 格栅法蝇密度监测技术研究 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2013, 24(2):138-140.
- [33] 姬淑红, 冷培恩, 陆崇华, 等. 上海市杨浦区4种不同生境蝇类种群及季节消长 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2014, 25(6):573-577.
- [34] 冷培恩. 灭蝇毒饵的研究进展 [J]. *上海预防医学杂志*, 2000, 12(11):520-521, 525.
- [35] 程暄生. 家蝇引诱剂的出现及其发展 [J]. *卫生杀虫药械*, 1997, 3(1):1-4.
- [36] 姜志宽, 邵则信. 家蝇引诱剂及毒饵的研究进展 [J]. *医学动物防制*, 2000, 16(9):498-502.
- [37] 林立辉, 徐启丰. 苍蝇诱杀剂的实验室观察 [J]. *医学动物防制*, 1991, 7(4):287-289.
- [38] 尉吉乾, 莫建初, 王小姣, 等. 家蝇成虫对不同食物气味的反应 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2008, 19(1):12-13.
- [39] 尉吉乾. 环保型蝇类控制技术的初步研究 [D]. 杭州:浙江大学, 2008.
- [40] 蔡恩茂, 殷为中, 冷培恩, 等. 模拟现场不同诱饵对家蝇诱捕效果的研究 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2011, 22(1):14-15, 18.
- [41] 刘阳, 贾凤龙, 梁焯南, 等. 不同诱饵对蝇类引诱效果探讨 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2011, 22(4):325-328.
- [42] 莫建初, 庄佩君. 诱杀:21世纪蝇类的主要控制技术 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2008, 19(2):163-165.
- [43] 孙晨熹. 灭蝇毒饵及其辅剂的研究进展 [J]. *医学动物防制*, 2002, 18(7):366-367.
- [44] 杨惠, 邓兵, 李宏, 等. 家蝇产卵行为影响因子的研究 [J]. *中华卫生杀虫药械*, 2013, 19(2):114-116.
- [45] 杨惠, 邓兵, 杨会锁, 等. 家蝇诱卵器的研制 [J]. *中华卫生杀虫药械*, 2014, 20(5):436-438.
- [46] 王争艳. 家蝇与大头金蝇幼虫取食与成虫产卵行为研究 [J]. 杭州:浙江大学, 2008.
- [47] 吴健, 周明浩, 刘大鹏. 自动捕蝇器模拟现场的特效研究 [J]. *中华卫生杀虫药械*, 2006, 12(2):95-96.
- [48] 霍伟, 翟壹彪, 刘晓鹏, 等. 蝇类引诱因子的国内研究进展 [J]. *医学动物防制*, 2014, 30(5):510-512.
- [49] 莫晓畅. 5种化合物对家蝇的引诱效果研究 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2013, 24(4):330-331.
- [50] Geden CJ, Hogsette JA. Suppression of house flies (Diptera: Muscidae) in Florida poultry houses by sustained releases of *Muscidifurax raptorellus* and *Spalangia cameroni* (Hymenoptera: Pteromalidae) [J]. *Environ Entomol*, 2006, 35(1):75-82.
- [51] Birkemoe T, Soleng A, Aak A. Biological control of *Musca domestica* and *Stomoxys calcitrans* by mass releases of the parasitoid *Spalangia cameroni* on two Norwegian pig farms [J]. *Biol Control*, 2009, 54(3):425-436.
- [52] Srinivasan R, Amalraj DD. Efficacy of insect parasitoid *Dirhinus himalayanus* (Hymenoptera: Chalcididae) & insect growth regulator, triflumuron against house fly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) [J]. *Indian J Med Res*, 2003, 118:158-166.
- [53] Rueda LM, Roh PU, Ryu JL. Pupal parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) of filth flies (Diptera: Muscidae, Calliphoridae) breeding in refuse and poultry and livestock manure in South

- Press, 2012: 603–613.
- [22] Esona MD, Mijatovic - Rustempasic S, Conrardy C, et al. Reassortant group a rotavirus from strawcolored fruit bat (*Eidolon helvum*) [J]. Emerg Infect Dis, 2010, 16(12): 1844–1852.
- [23] He B, Yang F, Yang W, et al. Characterization of a novel G3P[3] rotavirus isolated from a lesser horseshoe bat: a distant relative of feline/canine rotaviruses [J]. J Virol, 2013, 87(22): 12357–12366.
- [24] Jonsson CB, Figueiredo LT, Vapalahti O, et al. A global perspective on hantavirus ecology, epidemiology, and disease [J]. Clin Microbiol Rev, 2010, 23(2): 412–441.
- [25] Weiss S, Witkowski PT, Auste B, et al. Hantavirus in bat, Sierra Leone [J]. Emerg Infect Dis, 2012, 18(1): 159–161.
- [26] Arai S, Nguyen ST, Boldgiv B, et al. Novel bat-borne hantavirus, Vietnam [J]. Emerg Infect Dis, 2013, 19(7): 1159–1161.
- [27] Guo WP, Lin XD, Wang W, et al. Phylogeny and origins of hantaviruses harbored by bats, insectivores, rodents [J]. PLoS Pathogens, 2013, 9(2): e1003159.
- [28] Olival KJ, Hayman DTS. Filoviruses in bats: current knowledge and future directions [J]. Viruses, 2014, 6(4): 1759–1788.
- [29] Hayman DTS, Yu M, Grameri G, et al. Ebola virus antibodies in fruit bats, Ghana, West Africa [J]. Emerg Infect Dis, 2012, 18(7): 1207–1209.
- [30] Olival KJ, Islam A, Yu M, et al. Ebola virus antibodies in fruit bats, Bangladesh [J]. Emerg Infect Dis, 2013, 19(2): 270–273.
- [31] Yuan J, Zhang Y, Li J, et al. Serological evidence of ebolavirus infection in bats, China [J]. Virol J, 2012, 9: 236.
- [32] Hasebe F, Thuy NTT, Inoue S, et al. Serological evidence of Nipah virus infection in bats, Vietnam [J]. Emerg Infect Dis, 2012, 18(3): 536–537.
- [33] Olson JG, Rupprecht C, Rollin PE, et al. Antibodies to Nipah-like virus in bats (*Pteropus lylei*), Cambodia [J]. Emerg Infect Dis, 2002, 8(9): 987–988.
- [34] Li Y, Wang J, Hickey AC, et al. Antibodies to Nipah or Nipah-like viruses in bats, China [J]. Emerg Infect Dis, 2008, 14(12): 1974–1976.
- [35] Li Y, Ge X, Zhang H, et al. Host, range prevalence, and genetic diversity of adenoviruses in bats [J]. J Virol, 2010, 84(8): 3889–3897.
- [36] Li Y, Ge X, Hon CC, et al. Prevalence and genetic diversity of adeno-associated viruses in bats from China [J]. J Gen Virol, 2010, 91: 2601–2609. DOI: 10.1099/vir.0.020032–0.
- [37] Wu L, Zhou P, Ge X, et al. Deep RNA sequencing reveals complex transcriptional landscape of a bat adenovirus [J]. J Virol, 2013, 87(1): 503–511.
- [38] Hu T, Qiu W, He B, et al. Characterization of a novel orthoreovirus isolated from fruit bat, China [J]. BMC Microbiology, 2014, 14(1): 293. DOI: 10.1186/s12866-014-0293-4.
- [39] Ge X, Li J, Peng C, et al. Genetic diversity of novel circular ssDNA viruses in bats in China [J]. J Gen Virol, 2011, 92: 2646–2653. DOI: 10.1099/vir.0.034108–0.
- [40] Yang X, Zhang Y, Ge X, et al. A novel totivirus-like virus isolated from bat guano [J]. Arch Virol, 2012, 157(1): 1093–1099.
- [41] Yuan L, Li M, Li L, et al. Evidence for Retrovirus and Paramyxovirus infection of multiple bat species in China [J]. Viruses, 2014, 6(5): 2138–2154. DOI: 10.3390/v6052138.
- [42] Ge X, Li Y, Yang X, et al. Metagenomic analysis of viruses from bat fecal samples reveals many novel viruses in insectivorous bats in China [J]. J Virol, 2012, 86(8): 4620–4630.
- [43] He B, Li Z, Yang F, et al. Virome profiling of bats from Myanmar by metagenomic analysis of tissue samples reveals more novel mammalian viruses [J]. PLoS One, 2013, 8(4): e61950. DOI: 10.1371/journal.pone.0061950.

收稿日期: 2015–05–18

(上接第222页)

- Korea [J]. J Med Entomol, 1997, 34(1): 82–85.
- [54] Kaufman PE, Strong C, Waldron JK, et al. Individual and combined releases of *Muscidifurax raptor* and *M. raptorellus* (Hymenoptera: Pteromalidae) as a biological control tactic targeting house flies in dairy calf facilities [J]. J Med Entomol, 2012, 49(5): 1059–1066.
- [55] Geden CJ, Johnson DM, Kaufman PE, et al. Competition between the filth fly parasitoids *Muscidifurax raptor* and *M. raptorellus* (Hymenoptera: Pteromalidae) [J]. J Vector Ecol, 2014, 39(2): 278–287.
- [56] 张忠, 宋光乐, 邓文, 等. 丽蝇蛹集金小蜂的释放方法研究 [J]. 中华卫生杀虫药械, 2009, 15(6): 454–457.
- [57] Kaufman PE, Long SJ, Rutz DA, et al. Prey- and density-mediated dispersal in *Carcinops pumilio* (Coleoptera: Histeridae), a predator of house fly (Diptera: Muscidae) eggs and larvae [J]. J Med Entomol, 2000, 37(6): 929–932.
- [58] Tsankova RN, Luvchiev VI. Laboratory investigations on the larval zoophagy of *Ophyra capensis* — an antagonist of *Musca domestica* [J]. Appl Parasitol, 1993, 34(3): 221–228.
- [59] Schultka H, Betke P, Schumann H. The importance of the *Musca domestica* predator *Ophyra aenescens* (Diptera: Muscidae). IV. Biology and behavior of *O. aenescens* in facilities for animal production [J]. Angew Parasitol, 1986, 27(2): 87–89.
- [60] 麻毅, 姜志宽, 韩招久. 我国家蝇抗药性的现状及防治对策分析 [J]. 中华卫生杀虫药械, 2004, 10(5): 277–280.
- [61] 褚宏亮, 吴健, 陈志龙, 等. 江苏省家蝇对4种常用杀虫剂抗性调查 [J]. 中华卫生杀虫药械, 2007, 13(2): 126–127.
- [62] 吕京静, 曹志贤, 郑朝阳, 等. 家蝇对3种杀虫剂的抗性测定及防治对策研究 [J]. 中华卫生杀虫药械, 2009, 15(4): 319–320.
- [63] Wang QM, Li M, Pan J, et al. Diversity and frequencies of genetic mutations involved in insecticide resistance in field populations of the house fly (*Musca domestica* L.) from China [J]. Pestic Biochem Physiol, 2012, 102(2): 153–159.
- [64] Qiu XH, Pan J, Li M, et al. PCR-RFLP methods for detection of insecticide resistance-associated mutations in the house fly (*Musca domestica*) [J]. Pestic Biochem Physiol, 2012, 104(3): 201–205.

收稿日期: 2015–05–20