

# 中国媒介生物学及控制杂志

CHINESE JOURNAL OF VECTOR BIOLOGY AND CONTROL

双月刊 1990年创刊 第25卷 第2期 2014年4月20日出版

**主管**  
国家卫生和计划生育委员会  
100044,北京市西城区西直门外南路1号

**主办**  
中国疾病预防控制中心  
102206,北京市昌平区昌百路155号

**编辑**  
中国媒介生物学及控制杂志编辑委员会  
102206,北京市昌平区昌百路155号  
电话(传真):(010)58900731  
http://www.bmsw.net.cn  
Email:bingmei@icdc.cn

**出版**  
中国媒介生物学及控制杂志编辑部  
102206,北京市昌平区昌百路155号  
电话(传真):(010)58900731

**名誉主编**  
汪诚信

**主编**  
刘起勇

**编辑部主任**  
陈秀丽

**印刷**  
北京科信印刷有限公司  
102208,北京市昌平区七北路马连店甲6号

**发行范围**  
国内外公开发行  
国内:河北省廊坊市邮电局  
国外:中国出版对外贸易总公司  
(北京782信箱,100011)  
代号 DK13009

**订购**  
全国各地邮局 邮发代号 18-265

**邮购**  
中国媒介生物学及控制杂志编辑部  
102206,北京市昌平区昌百路155号  
电话(传真):(010)58900731

**定价**  
每期10.00元,全年60.00元  
(含邮费)

中国标准连续出版物号

ISSN 1003-4692

CN 13-1142/R

**广告经营许可证**  
京宣工商广字第0031号(6-6)

2014年版权归中国疾病预防控制中心所有

未经许可,不得转载  
本刊所有文章为作者观点,不代表编委会意见

本刊如有印装质量问题,请向本刊编辑部调换

## 目次

### 专家论坛

基于沃尔巴克氏体的蚊媒和蚊媒病控制的生物安全性  
..... 郑小英,刘起勇,奚志勇(93)

### 论著

西双版纳州登革热暴发现场BGS-trap媒介蚊虫  
监测研究  
..... 刘小波,郭玉红,李金海,等(97)

北京市2010—2012年蚊虫密度监测结果  
及变化趋势分析  
..... 张勇,刘婷,曾晓芃(101)

多杀菌素 Natular G30对海南省不同生境致倦库蚊的  
控制效果比较研究  
..... 张晓越,孟凤霞,刘起勇,等(105)

氨与避蚊胺缩合对白纹伊蚊行为影响的研究  
..... 忻伟隆,廖圣良,姜志宽,等(109)

广东省蚊虫感染沃尔巴克氏体初步调查研究  
..... 林立丰,吴德,张欢,等(113)

淡色库蚊和致倦库蚊对杀虫剂抗药性的调查研究  
..... 赵明惠,冉鑫,李春晓,等(116)

上海市区不同微环境蚊虫种群动态的差异性研究  
..... 高强,曹晖,周毅彬,等(119)

基于 Matlab 的蜱媒疾病模糊评价研究  
..... 张雅明,杨振洲,王玥,等(124)

二连浩特口岸鼠体寄生蜱感染病原体调查  
..... 曹晓梅,张晓龙,房魏,等(127)

广州市2006—2012年重点媒介传染病流行特征分析  
..... 罗雷,李晓宁,景钦隆,等(131)

空调隔尘网尘螨过敏原的检测  
..... 王克霞,刘志明,姜玉新,等(135)

湖南省郴州市2003—2012年疟疾流行特征  
及监测效果研究  
..... 朱韩武,李灯华,朱维明,等(139)

红外感应相机在鼠密度监测中的应用 ..... 任东升,刘起勇(142)  
 围栏捕鼠技术在天津地区应用研究 ..... 梁红春,兰璞,郭永旺(145)  
 盐土防治白蚁效果研究 ..... 胡寅,宋晓钢,陈来华,等(148)  
 地膜覆盖对不同土层的湖北钉螺影响观察 ..... 祝红庆,钟波,张贵荣,等(152)  
 天津市居民虫媒防治知识和行为及影响因素调查 ..... 王伟,吴彤宇,马玉涛,等(156)  
 驻山东省部队营区恙螨宿主及体表恙螨种类调查 ..... 周光智,于波,黄尉初,等(159)

**调查研究**

荒漠区褐家鼠的迁移方式 ..... 廖力夫,乌守巴特,燕顺生(162)  
 甘肃省河西走廊地区蚊媒调查 ..... 贾玉新,王旭霞,梁舒,等(165)  
 百杀净雾化剂集装箱内杀虫灭鼠效果初探 ..... 王童玉,杨庆贵,叶松,等(168)  
 内蒙古长爪沙鼠鼠疫源地蚤类的某些特点 ..... 尉瑞平,范蒙光,李建云,等(170)  
 烟台市发热伴血小板减少综合征流行特征和危险因素分析 ..... 刘靖宇,秦玉君,何晓敏,等(174)  
 福建省2012年肾综合征出血热疫情及宿主动物监测分析 ..... 陈阳,林代华,陈亮,等(177)  
 深圳市2012年病媒生物调查与分析 ..... 林良强,张韶华,梁焯南,等(180)  
 金华地区鼠形动物及其体外寄生蜱调查 ..... 郑寿贵,叶晓东,郑海鹏,等(183)

**综述**

遥感技术在蚊媒传染病研究中的应用进展 ..... 何隆华,周明浩,褚宏亮,等(184)  
 疟疾疫苗研究进展 ..... 王国玲,甘标,陆家海(189)

**讣告**

告别邓址教授 ..... (141)

《中国媒介生物学及控制杂志》稿约见2014年第24卷第1期第92页

责任编辑 汪诚信 英文审校 刘起勇 责任编辑 陈秀丽 责任校对 毕焜  
 期刊基本参数: CN 13-1142/R \* 1990 \* b \* A4 \* 80 \* zh \* P \* ¥10 \* 3200 \* 29 \* 2014-04

**欢迎订阅2014年《中国媒介生物学及控制杂志》**

《中国媒介生物学及控制杂志》是由中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会主管、中国疾病预防控制中心主办的国家级专业期刊。本刊为中国科技核心期刊(国家科技部中国科技论文统计源期刊)、RCCSE中国核心学术期刊。已被美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ, VINITI)、波兰哥白尼索引(IC)数据库、中国科学引文数据库(CSCD)、中国学术期刊综合评价数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、中国全文数据库等国内外10多家著名数据库收录。辟有述评、专家论坛、论著、调查研究、综述、经验交流、PCO专栏等栏目。刊载内容:(1)媒介生物(鼠类、蚊类、蝇类、蜚蠊、蚤类、蜱类等)的分类学、生物学、生态学等;(2)媒介生物的监测与控制技术,媒介生物的控制药剂与器械;(3)媒介生物传染病的媒介效能、病原检测技术及预防控制技术;(4)卫生杀虫的新技术、新方法、新成果、新产品、新信息等。适合于疾病控制、爱国卫生、植保、林保、草原保护、交通部门、灭鼠和卫生杀虫药械生产厂家及科研单位、大专院校、临床医院等各个层次专业人员的需要。热诚欢迎广大专业人员订阅,欢迎投稿。对基金项目资助的稿件给予优先录用。

本刊为国际标准A4开本,80页,双月刊(逢双月20日出版)。刊号:CN 13-1142/R,ISSN 1003-4692。每期定价10元,全年60元(含邮费;如需挂号,每本挂号费3元,全年78元)。需要订阅的读者请到当地邮局订阅(邮发代号:18-265)或与本刊编辑部联系。亦可从网上直接填写订阅回执,电子邮件发至本刊编辑部,杂志款请从银行或邮局汇出。

地址:北京市昌平区昌百路155号传染病所(邮编:102206),《中国媒介生物学及控制杂志》编辑部。

电话/传真:010-58900731 Email: bingmei@icdc.cn http://www.bmsw.net.cn

**CHINESE JOURNAL OF VECTOR BIOLOGY AND CONTROL**

Bimonthly Established, 1990 Volume 25 Number 2 April 20, 2014

**Responsible Institution**  
 National Health and Family Planning  
 Commission of the People's  
 Republic of China

**Sponsor**  
 Chinese Center for Disease  
 Control and Prevention

**Editing**  
 Editorial Board of Chinese  
 Journal of Vector Biology  
 and Control  
 155 Changbai Road, Changping  
 District, Beijing 102206, China  
 Tel(Fax): (010)58900731  
 http://www.bmsw.net.cn  
 Email: bingmei@icdc.cn

**Publishing**  
 Editorial Office of Chinese  
 Journal of Vector Biology  
 and Control  
 155 Changbai Road, Changping  
 District, Beijing 102206, China  
 Tel(Fax): (010)58900731

**Honorable Editor-in-Chief**  
 WANG Cheng-xin

**Editor-in-Chief**  
 LIU Qi-yong

**Managing Director**  
 CHEN Xiu-li

**Printing**  
 Beijing Kexin Printing Co., LTD

**Overseas Distributor**  
 China National Publishing  
 Industry Trading Corporation  
 P.O.Box 782, Beijing 100011, China  
 Code No. DK 13009

**Mail-Order**  
 Editorial Office of Chinese  
 Journal of Vector Biology  
 and Control  
 155 Changbai Road, Changping  
 District, Beijing 102206, China  
 Tel(Fax): +86-10-58900731

**CSSN**  
 ISSN 1003-4692  
 CN 13-1142/R

**Copyright © 2014 by the Chinese  
 Center for Disease Control and  
 Prevention**

Copyright shall not be reproduced  
 without permission.  
 Publication of all articles for the views,  
 opinions do not represent the editorial  
 board.

**CONTENTS IN BRIEF**

**Expert Forum**

**The biosafety concerns of *Wolbachia*-mediated biological control of mosquitoes and mosquito-borne diseases**  
 ..... ZHENG Xiao-ying, LIU Qi-yong, XI Zhi-yong (93)

**Original Reports**

**Surveillance of adult *Aedes* mosquitoes in response to the outbreak of dengue fever in Xishuangbanna using BG-Sentinel mosquito trap**  
 ..... LIU Xiao-bo, GUO Yu-hong, LI Jin-hai, *et al* (97)

**Analysis of surveillance results and trends of mosquito density in Beijing from 2010 to 2012**  
 ..... ZHANG Yong, LIU Ting, ZENG Xiao-peng (101)

**Study on the efficacy of spinosad Natular G30 against *Culex pipiens quinquefasciatus* in two types of breeding habitats in Hainan, China**  
 ..... ZHANG Xiao-yue, MENG Feng-xia, LIU Qi-yong, *et al* (105)

**Effect of combination of ammonia and DEET on behavior of *Aedes albopictus***  
 ..... XIN Wei-long, LIAO Sheng-liang, JIANG Zhi-kuan, *et al* (109)

**Preliminary studies on infection of *Wolbachia* in mosquito populations in Guangdong province, China**  
 ..... LIN Li-feng, WU De, ZHANG Huan, *et al* (113)

**Study on insecticide resistance of *Culex pipiens pallens* and *Cx. pipiens quinquefasciatus***  
 ..... ZHAO Ming-hui, RAN Xin, LI Chun-xiao, *et al* (116)

**Studies on mosquito population dynamics in different microenvironments in downtown Shanghai**  
 ..... GAO Qiang, CAO Hui, ZHOU Yi-bin, *et al* (119)

**Study on fuzzy evaluation of tick-borne diseases based on Matlab**  
 ..... ZHANG Ya-ming, YANG Zhen-zhou, WANG Yue, *et al* (124)

**Detection of pathogen infections in parasitic ticks of wild rodents at Erenhot port**  
 ..... CAO Xiao-mei, ZHANG Xiao-long, FANG Wei, *et al* (127)

**Epidemiological features of major vector-borne diseases from 2006 to 2012 in Guangzhou, China**  
 ..... LUO Lei, LI Xiao-ning, JING Qin-long, *et al* (131)

**Detection of dust mite allergens from filters of air conditioners**  
 ..... WANG Ke-xia, LIU Zhi-ming, JIANG Yu-xin, *et al* (135)

- Epidemiological features and surveillance of malaria from 2003 to 2012 in Chenzhou, Hunan province, China**  
..... ZHU Han-wu, LI Deng-hua, ZHU Wei-ming, *et al* (139)
- Infrared-triggered cameras in the application of rodent density surveillance**  
..... REN Dong-sheng, LIU Qi-yong (142)
- Application of trap-barrier system in controlling rodents in Tianjin, China**  
..... LIANG Hong-chun, LAN Pu, GUO Yong-wang (145)
- Effect of saline soil in controlling termites**  
..... HU Yin, SONG Xiao-gang, CHEN Lai-hua, *et al* (148)
- Effects of film mulching on *Oncomelania hupensis* breeding in different soil layers**  
..... ZHU Hong-qing, ZHONG Bo, ZHANG Gui-rong, *et al* (152)
- Survey of knowledge and behaviors about vector control among residents and their impact factors in Tianjin, China**  
..... WANG Wei, WU Tong-yu, MA Yu-tao, *et al* (156)
- Survey of chigger mites and their hosts within and around military camps in Shandong province, China**  
..... ZHOU Guang-zhi, YU Bo, HUANG Wei-chu, *et al* (159)
- Investigation**
- Migration patterns of *Rattus norvegicus* in desert area**  
..... LIAO Li-fu, BATE Wu-so, YAN Shun-sheng (162)
- Survey of vectors of mosquito-borne diseases in Hexi Corridor of Gansu province, China**  
..... JIA Yu-xin, WANG Xu-xia, LIANG Shu, *et al* (165)
- Preliminary evaluation on insecticidal and rodenticidal effects of Baishajing spray agent in cargo containers**  
..... WANG Tong-yu, YANG Qing-gui, YE Song, *et al* (168)
- Some characteristics of flea populations in plague natural foci of *Meriones unguiculatus* in Inner Mongolia, China**  
..... YU Rui-ping, FAN Meng-guang, LI Jian-yun, *et al* (170)
- Epidemiological features and risk factors for severe fever with thrombocytopenia syndrome in Yantai, China**  
..... LIU Jing-yu, QIN Yu-jun, HE Xiao-min, *et al* (174)
- Epidemiological surveillance of hemorrhagic fever with renal syndrome and associated reservoir hosts during 2012 in Fujian province, China**  
..... CHEN Yang, LIN Dai-hua, CHEN Liang, *et al* (177)
- Survey and analysis of disease vectors in 2012 in Shenzhen, China**  
..... LIN Liang-qiang, ZHANG Shao-hua, LIANG Zhuo-nan, *et al* (180)
- Survey of rodents and their ectoparasitic ticks in Jinhua, China**  
..... ZHENG Shou-gui, YE Xiao-dong, ZHENG Hai-ou, *et al* (183)
- Review**
- Application of remote sensing technology in research on mosquito-borne diseases: a review**  
..... HE Long-hua, ZHOU Ming-hao, CHU Hong-liang, *et al* (184)
- Progress in research on malaria vaccine**  
..... WANG Guo-ling, GAN Biao, LU Jia-hai (189)

## 基于沃尔巴克氏体的蚊媒和蚊媒病控制的生物安全性

郑小英<sup>1</sup>, 刘起勇<sup>2,3</sup>, 奚志勇<sup>1,4</sup>

1 中山大学-密歇根州立大学热带病虫媒控制联合研究中心, 中山大学热带病研究教育部重点实验室, 广东 广州 510080;  
2 中国疾病预防控制中心传染病预防控制所, 传染病预防控制国家重点实验室; 3 世界卫生组织媒介生物监测与管理合作中心; 4 美国密歇根州立大学微生物学和分子遗传学系

**摘要:** 沃尔巴克氏体是无脊椎动物胞内专性寄生、可经卵传递的胞内革兰阴性共生菌。用沃尔巴克氏体控制蚊媒及蚊媒病的原理是基于其所诱导的胞质不相容性和对病原体的抗性。沃尔巴克氏体对蚊媒病原体具有广泛抗性, 其直径大于蚊虫唾液腺管直径, 不能通过蚊虫叮咬感染人体或哺乳动物; 反复受到沃尔巴克氏体感染蚊虫叮咬的人血中未检测到抗沃尔巴克氏体抗体。沃尔巴克氏体仅在宿主细胞内生存, 不能在培养基内和环境中独立生长; 它不产生孢子, 不含质粒, 不随宿主死亡而分解扩散至环境; 它不会横向传播至生活在同一生境中的其他节肢动物。捕食沃尔巴克氏体感染的蚊幼虫和成虫的节肢动物不能通过捕食而获得感染; 基于沃尔巴克氏体的蚊媒和蚊媒病控制所产生的生物安全风险几乎可以忽略。

**关键词:** 沃尔巴克氏体; 种群压制; 种群替换; 生物安全

中图分类号: R386; R384.1 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0093-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.001

## The biosafety concerns of *Wolbachia*-mediated biological control of mosquitoes and mosquito-borne diseases

ZHENG Xiao-ying<sup>1</sup>, LIU Qi-yong<sup>2,3</sup>, XI Zhi-yong<sup>1,4</sup>

1 Sun Yat-sen University-Michigan State University Joint Center of Vector Control for Tropical Diseases, Key Laboratory for Tropical Disease Control, Ministry of Education, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China; 2 State Key Laboratory for Infectious Disease Prevention and Control, National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention; 3 WHO Collaborating Center for Vector Surveillance and Management; 4 Department of Microbiology and Molecular Genetics, Michigan State University

**Abstract:** *Wolbachia*, a maternally transmitted obligate endosymbiotic gram-negative bacteria, is widely distributed in invertebrates. The *Wolbachia*-mediated biological control of mosquito and mosquito-borne diseases is based on the nature that *Wolbachia* induces cytoplasmic incompatibility, and reduces the vector competence of its host species. *Wolbachia* induced pathogen inhibition in mosquito is broad-spectrum, its size is larger than mosquito's salivary gland duct so it is impossible to be transmitted to humans or mammals through mosquito bite. Antibodies against *Wolbachia* have never been detected in blood of humans who are repeatedly bitten by mosquitoes which are infected with *Wolbachia*. *Wolbachia* cannot produce spores and does not contain plasmid, it will not disseminate to the environment when its host dies. *Wolbachia* cannot be horizontally transmitted from one invertebrate host to another that lives in the same environment. Invertebrate predators that feed on *Wolbachia*-infected mosquito larvae or adults do not get infected. The biological risks of *Wolbachia*-mediated biological control of mosquito and mosquito-borne diseases are negligible.

**Key words:** *Wolbachia*; Population suppression; Population replacement; Biosafety

沃尔巴克氏体(*Wolbachia*)是无脊椎动物胞内专性寄生的、可经卵传递的革兰阴性共生菌<sup>[1]</sup>。它在自然界节肢动物体内广泛存在, 据研究估计约65%的昆

虫种类和28%的蚊虫种类天然携带沃尔巴克氏体<sup>[2-3]</sup>。应用沃尔巴克氏体控制蚊媒是近年出现的蚊虫控制新策略。与杀虫剂控制蚊媒的方法相比, 沃尔巴克氏体为基础的蚊媒控制方法环保、成本低。沃尔巴克氏体诱导细胞质不亲和(Cytoplasmic incompatibility, CI), 作为工具用于库蚊的控制最早是在1967年<sup>[4]</sup>。近年来, 随着沃尔巴克氏体蚊种间转移技术的成功, 以沃尔

基金项目: 教育部科学技术研究重点(重大)项目(311030); 广东省引进创新科研团队计划(2011S009)

作者简介: 郑小英, 女, 副教授, 从事沃尔巴克氏体控制蚊媒和蚊媒病研究工作。Email: zhengxy@mail.sysu.edu.cn



巴克氏体为基础的蚊媒及蚊媒病控制策略成为应用研究的热点。

应用昆虫共生菌沃尔巴克氏体进行虫媒及虫媒病控制主要是基于其所诱导的 CI 和对病原体的抗性。CI 是沃尔巴克氏体影响昆虫生殖的一种表型, 即当携带沃尔巴克氏体的雄虫与不携带的或者携带不同沃尔巴克氏体型的雌虫交配, 雌虫产的卵将不会孵化<sup>[5-6]</sup>。该特性使得可以通过连续释放携菌雄蚊以引起 CI 的交配而获得在释放现场的种群压制甚至种群根除的效果<sup>[6-7]</sup>, 或者释放携菌雌蚊再通过 CI 赋予其的生殖优势而将沃尔巴克氏体扩散到整个群体以达到种群替换<sup>[8-9]</sup>。由于沃尔巴克氏体可以引起蚊媒对其通常所传播的人类病原体(如登革热病毒、流行性乙型脑炎病毒和疟原虫)的抗性, 将携带沃尔巴克氏体且对病原体有抗性的蚊虫释放到自然界的蚊虫种群中, 从而替换自然界中可传播病原体的蚊虫, 以达到阻断蚊媒在人群中传播蚊媒病的作用。无论是种群替换或种群压制技术用于蚊媒病的防治, 都是通过释放携带沃尔巴克氏体的雄蚊或雌蚊实现的。本文就释放携带沃尔巴克氏体蚊虫来控制蚊虫和蚊媒病可能所产生的生物安全性问题进行了分析。

### 1 *Wolbachia* 为基础的蚊媒和蚊媒病控制的生物技术安全性

基于沃尔巴克氏体的蚊媒病防治策略主要通过种群压制和种群替换 2 种方式来实现。种群压制是通过释放感染沃尔巴克氏体雄蚊, 诱导宿主产生 CI 的特点实现的。种群压制在缅甸已有成功案例, Laven<sup>[4]</sup>通过持续释放从异地引入感染的与本地种群不同沃尔巴克氏体型的致倦库蚊(*Culex pipiens quinquefasciatus*)雄蚊, 诱导本地致倦库蚊种群中产生 CI, 使得本地致倦库蚊种群在 12 周内于该地彻底根除。

*Wolbachia* 感染雌蚊无论与感染或非感染的雄蚊交配都能产出下一代。释放雌蚊可以发生种群替换。研究证实沃尔巴克氏体可以使蚊媒对多种人类病原体(如登革热病毒、基孔肯雅病毒、黄病毒和疟原虫等)产生抗性<sup>[10-16]</sup>。因此, 释放携带病原体特性的沃尔巴克氏体雌蚊至目标种群, 可以将原有传病的蚊虫种群替换, 以达到阻止蚊媒病传播的效果。如雌蚊携带抗登革热病毒的沃尔巴克氏体, 可以将对登革热病毒的抗性扩散到整个蚊群中, 使得蚊虫失去传播登革热病毒的能力, 从而达到阻断登革热流行的目的。利用蚊虫种群替换防治登革热病毒的研究已在澳大利亚 2 个现场试点取得突破性进展。2011 年在澳大利亚 Yorkeys Knob 和 Gordonvale 释放携带沃尔巴克氏体的

抗登革热病毒埃及伊蚊(*Aedes aegypti*)的田间试验, 在 Yorkeys Knob, 释放 3 个月后沃尔巴克氏体 100% 扩散到所有的埃及伊蚊种群; 在 Gordonvale, 释放 4 个月后沃尔巴克氏体也扩散到 90% 的当地埃及伊蚊种群中。

无论是采用种群压制还是种群替代, 都需要建立感染沃尔巴克氏体或者导入新品系沃尔巴克氏体的蚊株。而目前建立沃尔巴克氏体感染蚊株的方法是采用显微注射<sup>[8]</sup>。供体为原本广泛存在于自然界的沃尔巴克氏体, 并非转基因产物。因而不会使环境中的生物类群发生改变。

研究证实沃尔巴克氏体可以使蚊媒对多种人类病原体(如登革热病毒、黄病毒和疟原虫等)产生抗性。沃尔巴克氏体对蚊虫体内的多种病原体有抑制作用, 不会因为控制了一种疾病而导致增加对另一种病原体的易感性。

### 2 *Wolbachia* 对人和脊椎动物安全性的影响

释放感染了沃尔巴克氏体的蚊虫至目标区域以达到控制蚊媒种群数量和阻断蚊媒病传播的目的, 释放蚊虫是否会对人类、动物或环境及生态系统造成不利的因素, 这是必须要考虑的问题。

释放携带沃尔巴克氏体雌蚊到人或动物居住环境中替代传病蚊虫, 势必会引起新的叮咬。沃尔巴克氏体是否可以通过叮咬而感染人或动物, 从而产生不良影响。沃尔巴克氏体是一种严格的细胞内共生菌, 自然界节肢动物广泛感染, 包括一些蚊虫, 如淡色库蚊(*Cx. pipiens pallens*)、骚扰库蚊(*Cx. pipiens molestus*)和白纹伊蚊(*Ae. albopictus*)等自然携带沃尔巴克氏体, 人类和脊椎动物早已接触携带沃尔巴克氏体蚊虫的叮咬, 但未见沃尔巴克氏体引起损伤的报告。将感染沃尔巴克氏体的黑腹果蝇(*Drosophila melanogaster*)卵巢研磨后注射到鸡胚和幼鼠的胸腔及大脑, 均未发现由沃尔巴克氏体引起的症状和死亡<sup>[17]</sup>。沃尔巴克氏体本身的生物学特征也决定了沃尔巴克氏体不能通过蚊虫叮咬进入人或动物体内。电镜观察结果表面, 沃尔巴克氏体  $\phi$  1~2  $\mu\text{m}$ , 而蚊虫的唾液腺导管  $\phi$  < 1  $\mu\text{m}$ ; 用 PCR 方法检测蚊虫唾液和唾液腺沃尔巴克氏体 DNA, 发现其存在于蚊虫唾液腺中, 但唾液中未检测到沃尔巴克氏体的 DNA<sup>[11]</sup>。这些研究说明沃尔巴克氏体不能进入到蚊虫的唾液, 即使雌蚊的唾液腺中含有沃尔巴克氏体, 也不能通过蚊吸血的方式进入人体。

为了解沃尔巴克氏体是否会进入人体血液, 用实验室饲养的携带沃尔巴克氏体的蚊虫叮咬志愿者, 志愿者在 4 年时间反复接受沃尔巴克氏体感染蚊虫的叮咬。然后用免疫印迹法对志愿者血清进行抗蚊虫唾液

和抗沃尔巴克氏体抗体的检测。结果显示, 志愿者长期被携带沃尔巴克氏体的蚊虫叮咬后, 对蚊虫唾液有效成分产生抗体, 但血清中未检测到抗沃尔巴克氏体的抗体。这些研究说明沃尔巴克氏体不能进入到蚊虫的唾液, 通过蚊虫吸血的方式进入人体<sup>[11]</sup>。目前没有任何证据表明携带沃尔巴克氏体的昆虫对人或脊椎动物有害, 也未发现人类被携带沃尔巴克氏体的昆虫叮咬后出现任何不良反应。研究表明, 释放携带沃尔巴克氏体的雌蚊或雄蚊控制蚊媒和蚊媒病, 对人类和脊椎动物的直接危害是可以忽略的。

### 3 *Wolbachia* 对无脊椎动物安全性的影响

3.1 蚊虫横向传播沃尔巴克氏体至环境非捕食性昆虫的可能性 携带沃尔巴克氏体的蚊虫释放至目标环境后, 是否会通过水平传播影响环境或者生物链。首先, 同一种蚊虫种群传播沃尔巴克氏体, 是必须通过母系垂直传播。沃尔巴克氏体在一个蚊虫种群中扩散, 是通过诱导 CI 的产生和母系垂直传播实现的, 雌蚊和雄蚊不能通过交配传递沃尔巴克氏体, 同一种群之间无横向传播。

为确定沃尔巴克氏体能否从感染蚊虫横向传递至与它们共同环境中的非天敌动物, 在全封闭的户外温室式蚊虫实验室培养感染沃尔巴克氏体的蚊虫数月, 采集环境中蚯蚓、马陆等节肢动物样本, PCR 检测沃尔巴克氏体 DNA。结果表明样本中未检测到沃尔巴克氏体的 DNA。说明沃尔巴克氏体从感染的蚊虫散布到环境中的可能性极低。沃尔巴克氏体可以在实验室通过显微注射进行种间转染<sup>[8]</sup>, 但这并不意味着 *Wolbachia* 菌能够水平传播感染其他物种, 或者说水平传播在自然界中是一种非常低的概率事件。

3.2 蚊虫横向传播 *Wolbachia* 至环境捕食性昆虫的可能性 在自然界中, 蚊幼虫或成虫可以作为很多种节肢动物的食物, 通过捕食携带 *Wolbachia* 的蚊虫是否有横向传播? 为确定沃尔巴克氏体能否从感染蚊虫横向传递至吞吃蚊幼虫的捕食动物, 澳大利亚医学研究院(QIMR)和越南国立卫生疫学研究所(NIHE)分别在 4 d 内给 200 只剑水蚤(*Mesocyclops*)喂食感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊幼虫。每只剑水蚤喂食超过 10 只刚孵出的埃及伊蚊幼虫, 将其转移到干净容器 4 d, 使其肠道内容物全部排出后进行 DNA 提取和 PCR 检测。检测结果均呈阴性<sup>[18]</sup>。同样在 2 d 时间内给 37 条孔雀鱼(*Poecilia reticulata*)喂食感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊幼虫。每条孔雀鱼喂食 50 只幼虫后将其转移到干净容器 36 h, 让其排清肠道内容物后进行 DNA 提取和 PCR 检测。此外在 5 d 内给 40 条蓝眼燕子(灯鱼)

(*Pseudomugil signifer*)喂食感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊幼虫。当每条孔雀鱼喂食 100 只幼虫, 将其转移到干净容器 3 d, 让其排清肠内容物后进行 DNA 提取和 PCR 筛查。结果发现 37 条孔雀鱼(35 条存活)和 40 条蓝燕子(38 条存活)均为阴性<sup>[18-19]</sup>。说明捕食蚊幼虫的昆虫不会通过吞食感染 *Wolbachia* 的蚊幼虫而获得感染。

为确定沃尔巴克氏体能否从感染蚊虫横向传递至吞吃成蚊的捕食动物, 在 4 周内给 80 只双带扁蝇虎蜘蛛(跳蜘蛛)(*Menemerus bivittatus*)喂食感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊成蚊(每周每只蜘蛛喂食 10 只蚊虫)。在随后的 2 周内喂食未感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊全部排出。最后将蜘蛛冷冻死亡进行 DNA 提取及 PCR 检测; 结果在存活的 76 只扁蝇虎蜘蛛中均未检测到沃尔巴克氏体。将 20 只长腿蜘蛛(*Pholcus phalangioides*)放在 5 个笼内(30 cm × 30 cm × 30 cm)。每笼放置雄蜘蛛及至少 1 只雌蜘蛛, 以使它们在观察期间也能进行繁殖。由于笼中的蜘蛛种群数量急剧增长, 在 16 周内每周给每个笼喂食 1600 只感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊成蚊。在随后的 3 周内给予它们喂食未感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊成蚊, 以确保其肠内未消化的感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊全部排出。实验观察获得 412 只蜘蛛以及雌蜘蛛内的 28 个卵囊, 蜘蛛冷冻死亡后进行 DNA 提取及 PCR 检测, 在 2 只蜘蛛中检测到 *Wolbachia* 阳性, 其体内仍还有未被消化的受感染的蚊虫<sup>[20]</sup>。试验结果表明蚊虫天敌因捕食蚊虫而获得沃尔巴克氏体感染的可能性极低。

### 4 *Wolbachia* 在环境中的扩散

以释放携带沃尔巴克氏体蚊虫为实施手段的蚊媒和蚊媒病控制技术, 蚊虫携带的沃尔巴克氏体是否会扩散到周围环境中, 也是该方法实施之前应考虑到的问题。首先, 沃尔巴克氏体是昆虫、蜘蛛、螨、陆地甲壳类动物以及线虫的专性共生菌; 只能在宿主细胞内生存, 不能在培养基内独立生长, 离开昆虫宿主, 不能在环境中存活; 不能产生孢子, 也不含有质粒, 离开宿主后自然死亡、分解, 不会在周围环境中残留。研究发现, 当宿主死亡时, 沃尔巴克氏体和宿主尸体一起降解; 对宿主尸体周围的植物叶子、根茎和土壤进行检测, 均未发现沃尔巴克氏体的体外寄生存在<sup>[17]</sup>。自然界中每天均有大量感染沃尔巴克氏体的昆虫死去, 但周围环境中并无发现沃尔巴克氏体独立存在。说明沃尔巴克氏体从感染的蚊虫散布到环境的可能性极低。



Murphy 等<sup>[21]</sup>在澳洲对释放感染沃尔巴克氏体的埃及伊蚊控制登革热田间试验进行了全面的风险分析。从对人类、环境、经济方面包括30大类评估释放计划可能造成的不良后果。风险分析表明,在环境中释放携带沃尔巴克氏体蚊虫带来的风险危害是微乎其微的。

## 5 结 语

一些沃尔巴克氏体感染宿主可以缩短媒介蚊虫的寿命,通过在宿主体内诱导细胞质不相容性而快速侵入宿主种群,特别是它对蚊虫体内感染的多种病原体有抑制作用,因而目前以沃尔巴克氏体为基础的新型、环保、高效的蚊媒和蚊媒病控制策略已成为全球研究的热点。在一些地区开展释放沃尔巴克氏体感染的蚊虫田间试验,将为进一步在虫媒病疫区应用提供技术和理论基础。开展田间试验的同时,关注释放沃尔巴克氏体感染蚊虫的遗传特性和对环境的风险。沃尔巴克氏体为基础的蚊媒和蚊媒病控制策略,除了控制如登革热、基孔肯雅热等病毒性疾外,更重要的将应用于疟疾的控制,目前已将wAlbB品系的沃尔巴克氏体成功导入疟疾的重要媒介斯氏按蚊(*Anopheles stephensi*)<sup>[16]</sup>,并建立稳定的携带沃尔巴克氏体的斯氏按蚊种群,为建立以沃尔巴克氏体为基础的疟疾控制建立了基础。

## 参考文献

- [1] Pfarr K, Foster J, Slatko B, et al. On the taxonomic status of the intracellular bacterium *Wolbachia pipiensis*; should this species name include the intracellular bacteria of filarial nematodes? [J]. *Internat J Syst Evol Microbiol*, 2007, 57(Pt 8): 1677-1678.
- [2] Kittayapong PK, Baisley J, Baimai V, et al. Distribution and diversity of *Wolbachia* infections in Southeast Asian mosquitoes (Diptera: Culicidae)[J]. *J Med Entomol*, 2000, 37(3): 340-345.
- [3] Hilgenboecker K, Hammerstein P, Schlattmann P, et al. How many species are infected with *Wolbachia*? — A statistical analysis of current data[J]. *FEMS Microbiol Lett*, 2008, 281(2): 215-220.
- [4] Laven H. Eradication of *Culex pipiens fatigans* through cytoplasmic incompatibility[J]. *Nature*, 1967, 216(28): 383-384.
- [5] Dobson SL. Reversing *Wolbachia*-based population replacement[J]. *Trends Parasitol*, 2003, 19(3): 128-133.
- [6] Sinkins SP. *Wolbachia* and cytoplasmic incompatibility in mosquitoes[J]. *Insect Biochem Mol Biol*, 2004, 34(7): 723-729.
- [7] O'Connor L, Plichart C, Sang AC, et al. Open release of male

mosquitoes infected with a *Wolbachia* biopesticide: field performance and infection containment [J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2012, 6(11): e1797.

- [8] Xi Z, Khoo CC, Dobson SL. *Wolbachia* establishment and invasion in an *Aedes aegypti* laboratory population [J]. *Science*, 2005, 310(5746): 326-328.
- [9] Hoffmann A, Montgomery A, Popovici J, et al. Successful establishment of *Wolbachia* in *Aedes* populations to suppress dengue transmission[J]. *Nature*, 2011, 476(7361): 454-457.
- [10] Kambris Z, Cook PE, Phuc HK, et al. Immune activation by life-shortening *Wolbachia* and reduced filarial competence in mosquitoes [J]. *Science*, 2009, 326(5949): 134-136.
- [11] Moreira LA, Iturbe-Ormaetxe I, Jeffery JA, et al. A *Wolbachia* symbiont in *Aedes aegypti* limits infection with dengue, Chikungunya, and *Plasmodium* [J]. *Cell*, 2009, 139(7): 1268-1278.
- [12] Bian GY, Xu P, Lu YX, et al. The endosymbiotic bacterium *Wolbachia* induces resistance to dengue virus in *Aedes aegypti* [J]. *PLoS Pathog*, 2010, 6(4): e1000833.
- [13] Walker TP, Johnson H, Moreira LA, et al. The wMel *Wolbachia* strain blocks dengue and invades caged *Aedes aegypti* populations [J]. *Nature*, 2011, 476(7361): 450-453.
- [14] Lu P, Bian G, Pan X, et al. *Wolbachia* induces density-dependent inhibition to dengue virus in mosquito cells[J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2012, 6(7): e1754.
- [15] Mousson L, Zouache K, Arias-Goeta C, et al. The Native *Wolbachia* symbionts limit transmission of Dengue virus in *Aedes albopictus*[J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2012, 6(12): e1989.
- [16] Bian G, Joshi D, Dong Y, et al. *Wolbachia* invades *Anopheles stephensi* populations and induces refractoriness to *Plasmodium infection*[J]. *Science*, 2013, 340(6133): 748-751.
- [17] Popovici J, Moreira LA, Poinsson AI, et al. Assessing key safety concerns of a *Wolbachia* - based strategy to control dengue transmission by *Aedes* mosquitoes [J]. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 2010, 105(8): 957-964.
- [18] Huigens ME, de Almeida RP, Boons PA, et al. Natural interspecific and intraspecific horizontal transfer of parthenogenesis-inducing *Wolbachia* in *Trichogramma* wasps [J]. *Proc Royal Soc Lond B Biol Sci*, 2004, 271(1538): 509-515.
- [19] Heath BD, Butcher RDJ, Whitfield WGF, et al. Horizontal transfer of *Wolbachia* between phylogenetically distant insect species by a naturally occurring mechanism[J]. *Curr Biol*, 1999, 9(6): 313-316.
- [20] Rowley SM, Raven RJ, McGraw EA. *Wolbachia pipiensis* in *Australian spiders*[J]. *Curr Microbiol*, 2004, 49(3): 208-214.
- [21] Murphy B, Jansen C, Murray J, et al. Risk analysis on the Australian release of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) containing *Wolbachia*[R]. Australian: CSIRO Report, 2010: 1-94.

收稿日期: 2014-03-11

# 西双版纳州登革热暴发现场BGS-trap媒介蚊虫监测研究

刘小波<sup>1</sup>, 郭玉红<sup>1</sup>, 李金海<sup>2</sup>, 王君<sup>1</sup>, 周红宁<sup>3</sup>, 孟凤霞<sup>1</sup>, 陈然<sup>4</sup>, 任东升<sup>1</sup>, 来明月<sup>5</sup>, 刘起勇<sup>1</sup>

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, 传染病预防控制国家重点实验室, 中国疾病预防控制中心传染病监测预警重点实验室, 感染性疾病诊治协同创新中心, 世界卫生组织媒介生物监测与管理合作中心, 北京 102206;

2 景洪市疾病预防控制中心; 3 云南省寄生虫病防治研究所; 4 勐海县疾病预防控制中心;

5 西双版纳州疾病预防控制中心

**摘要:** 目的 评价BG-Sentinel mosquito trap(BGS-trap)对登革热媒介成蚊的监测效果, 为我国登革热暴发现场伊蚊成蚊监测、风险评估及预测预警提供基础数据。方法 在西双版纳州所辖景洪市、勐腊及勐海县, 利用BGS-Trap进行伊蚊成蚊监测, 捕获蚊种经形态学鉴定。利用描述流行病学方法对日捕获所有蚊虫进行分析。结果 景洪市5 d研究期内, 共布放20台BGS-trap, 累计捕蚊240 h, 捕获蚊虫26只, 其中, 埃及伊蚊雌性1只, 白纹伊蚊8只(雌7只, 雄1只), 致倦库蚊17只(雌16只, 雄1只)。勐腊、勐海县各放置BGS-trap 3台, 捕蚊时间各108 h, 均未捕到埃及伊蚊及白纹伊蚊。勐腊县捕获三带喙库蚊2只(雌雄各1只), 勐海县捕获致倦库蚊2只(雌雄各1只)。结论 BGS-trap在此次云南省西双版纳州登革热暴发现场伊蚊成蚊监测中效果不理想, 需在现场和实验室对该装置进行进一步媒介伊蚊成蚊监测效果评价工作。

**关键词:** 登革热; 暴发; 伊蚊; 监测

中图分类号: R384.1; R373.3<sup>3</sup> 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0097-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.002

## Surveillance of adult *Aedes* mosquitoes in response to the outbreak of dengue fever in Xishuangbanna using BG-Sentinel mosquito trap

LIU Xiao-bo<sup>1</sup>, GUO Yu-hong<sup>1</sup>, LI Jin-hai<sup>2</sup>, WANG Jun<sup>1</sup>, ZHOU Hong-ning<sup>3</sup>, MENG Feng-xia<sup>1</sup>, CHEN Ran<sup>4</sup>, REN Dong-sheng<sup>1</sup>, LAI Ming-yue<sup>5</sup>, LIU Qi-yong<sup>1</sup>

1 State Key Laboratory for Infectious Disease Prevention and Control, National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, China CDC Key Laboratory of Surveillance and Early-Warning on Infectious Disease, Collaborative Innovation Center for Diagnosis and Treatment of Infectious Diseases, WHO Collaborating Center for Vector Surveillance and Management, Beijing 102206, China; 2 Jinghong Center for Disease Control and Prevention; 3 Yunnan Institute of Parasitic Diseases; 4 Menghai Center for Disease Control and Prevention; 5 Xishuangbanna Center for Disease Control and Prevention

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

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 81273139) and the National Basic Research Program of China (973 Program) (No. 2012CB955504)

**Abstract: Objective** To conduct the surveillance of adult *Aedes* mosquito by BG-Sentinel mosquito trap (BGS-trap) to provide the basis for the adult mosquito surveillance, risk assessment, early warning when dengue outbreaks in Xishuangbanna, China. **Methods** Trapping using BGS-trap was conducted in Jinghong city, Mengla county, and Menghai county. A descriptive epidemiological analysis was adopted to analyze all of the data available in this study. **Results** During five days in Jinghong city, 20 BGS-trap were deployed. Total 26 mosquitoes were captured during 240 trapping hours, including 1 female *Aedes aegypti*, 8 *Ae. albopictus* (7 ♀, 1 ♂), and 17 *Culex pipiens quinquefasciatus* (16 ♀, 1 ♂). 3 BGS-trap were placed in Mengla county, and Menghai county. No *Ae. aegypti* and *Ae. albopictus* were captured. Two *Cx. tritaeniorhynchus* (1 ♀, 1 ♂) was collected in Mengla county while two *Cx. pipiens quinquefasciatus* (1 ♀, 1 ♂) was collected in Menghai county. **Conclusion** The surveillance effect of BGS-trap was not satisfactory in Xishuangbanna in 2013, and future work is needed urgently to better evaluate the effect of BGS-trap.

**Key words:** Dengue fever; Outbreak; *Aedes* mosquitoes; Surveillance

基金项目: 国家自然科学基金(81273139); 国家重大科学研究计划(2012CB955504)

作者简介: 刘小波, 男, 博士, 助理研究员, 主要从事媒介生物监测、风险评估及预警研究。Email: liuxiaobo@icdc.cn

通讯作者: 刘起勇, Email: liuqiyoung@icdc.cn

世界范围内,以埃及伊蚊(Aedes aegypti)和白纹伊蚊(Ae. albopictus)为主要传播媒介的虫媒传染病一直是热带和亚热带人群健康的主要威胁[1]。2013年8月西双版纳傣族自治州(西双版纳州)景洪市首次报告登革热本地感染,构成了严重的公共卫生问题。然而,如何科学有效地对暴发现场伊蚊成蚊进行监测一直是困扰疾控工作者的技术难题。近年来,利用新的监测工具来收集现场伊蚊成蚊日益受到国内外研究者的关注[2-3]。本研究在西双版纳州登革热暴发期间,利用BG-Sentinel mosquito trap(BGS-trap)进行伊蚊成蚊监测,研究结果可为我国登革热媒介伊蚊监测、风险评估、流行趋势预测、预警和制定防治对策、措施提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况 景洪市位于云南省南端,西双版纳州中部,县级市,国家园林城市,为西双版纳州政府所在地。地跨东经100°25'~101°31',北纬21°27'~22°36'之间。属亚热带季风气候,年平均气温在18.6~21.9℃之间,年平均降雨量1200~1700mm。景洪市北接普洱市,东北接普洱市江城县,东接西双版纳州勐腊县,西接西双版纳州勐海县,南与缅甸接壤。勐海县位于云南省西南部、西双版纳州西部,地处东经99°56'~100°41'、北纬21°28'~22°28'之间。东接景洪市,东北接普洱市,西北与澜沧县毗邻,西和南与缅甸接壤。勐腊县位于西双版纳州东南部,总面积7056km²。东、南被老挝半包围,西南隅与缅甸隔澜沧江相望,西北紧靠自治州首府景洪市,北面则与普洱市的江城县相邻。

1.2 材料 BGS-trap是由BioGents GmbH(雷根斯堡,德国)公司开发,为雷根斯堡大学专利。该装置通过引诱剂(主要成分:乳酸、氨、己酸)散发类似于人体的气味而达到引诱成蚊伊蚊的目的[4]。BGS-trap放置在住区室内外适合埃及伊蚊及白纹伊蚊孳生的各类人工和植物容器及其他积水周围,如屋檐下、花丛、矮树丛、树篱及其他植物附近。BGS-trap摆放间隔>50m,放置位置避风、雨及阳光暴晒。每日调查时间为08:00-18:00,18:00收集并记录捕获的所有蚊虫,送西双版纳州疾病预防控制中心(CDC)进行蚊种鉴定,-20℃冻存管冷冻保存。记录每日气温、风力等气象指标。

1.3 调查时间 景洪市调查于2013年9月11日开始,15日结束,在本地有登革热病例且幼虫布雷图指数(BI)较高区域布放4台BGS-trap,连续调查5d。勐海、勐腊县于9月11日开始,13日结束,各布放3台BGS-trap,连续调查3d。与此同时,记录研究期间景洪市、勐海及勐腊县最高最低温度、天气情况、风力、风向等。

1.4 数据分析 利用SPSS 17.0软件,对不同调查点、不同日期BGS-trap捕蚊情况进行统计分析。

2 结果

2.1 气象因素 研究期间景洪市、勐海及勐腊县最高/最低温度、天气情况、风力、风向等气象因素见表1。

Table 1 Meteorological factors during the study period. Table with columns: 调查时间, 调查地点, 最高/最低气温(℃), 天气情况, 风力, 风向. Rows include data for Jinghong, Menghai, and Mengla from 2013-09-11 to 2013-09-15.

注:气象数据来源:http://www.tianqihoubao.com/lishi/。

2.2 景洪市捕蚊情况 5d研究期内,共布放BGS-trap 20台,捕蚊240h,捕获蚊虫26只,其中埃及伊蚊1只,白纹伊蚊8只,致倦库蚊(Culex pipiens quinquefasciatus) 17只(表2)。

2.3 勐腊县捕蚊情况 3d研究期内,共布放BGS-trap 9台,捕蚊108h,捕获三带喙库蚊(Cx. tritaeniorhynchus) 2只,未捕到埃及伊蚊及白纹伊蚊(表3)。

2.4 勐海县捕蚊情况 3d研究期内,共布放BGS-trap 9台,捕蚊108h,捕获致倦库蚊2只,未捕到埃及伊蚊及白纹伊蚊(表4)。

3 讨论

国外大量研究发现,BGS-trap在现场收集成蚊特别是埃及伊蚊和白纹伊蚊方面非常有效,具备传统成蚊监测装置如背负式吸蚊器、诱蚊诱卵器、CDC诱蚊灯、普通诱蚊灯及人诱法等不能比拟的优点[2,4],如对成蚊蚊体损伤小、技术要求低、蚊种特异性较差等,被广泛用于登革热、黄热病等虫媒传染病的监测中[2,4-8]。本研究以我国云南省西双版纳州登革热暴发现场作为调查点,应用新型蚊虫监测工具BGS-trap进行伊蚊调查并对其监测效果进行初步评估。

本研究发现,西双版纳州景洪市5d 20台BGS-trap

表2 2013年9月西双版纳州景洪市BGS-trap捕蚊情况 Table 2 Captured mosquitoes using BGS-trap in Xishuangbanna in September, 2013

Table with columns: 捕蚊时间, 捕获地点, 布放BGS-trap数(台), 持续时间(h), 捕蚊数(只), 埃及伊蚊(雌,雄), 白纹伊蚊(雌,雄), 致倦库蚊(雌,雄), 三带喙库蚊(雌,雄). Rows include data for Jinghong from 2013-09-11 to 2013-09-15.

表3 2013年9月西双版纳州勐腊县BGS-trap捕蚊情况 Table 3 Captured mosquitoes using BGS-trap in Mengla county in September, 2013

Table with columns: 捕蚊时间, 捕获地点, 布放BGS-trap数(台), 持续时间(h), 捕蚊数(只), 埃及伊蚊(雌,雄), 白纹伊蚊(雌,雄), 致倦库蚊(雌,雄), 三带喙库蚊(雌,雄). Rows include data for Mengla from 2013-09-11 to 2013-09-13.

表4 2013年9月西双版纳州勐海县BGS-trap捕蚊情况 Table 4 Captured mosquitoes using BGS-trap in Menghai county in September, 2013

Table with columns: 捕蚊时间, 捕获地点, 布放BGS-trap数(台), 持续时间(h), 捕蚊数(只), 埃及伊蚊(雌,雄), 白纹伊蚊(雌,雄), 致倦库蚊(雌,雄), 三带喙库蚊(雌,雄). Rows include data for Menghai from 2013-09-11 to 2013-09-13.

240h共捕获埃及伊蚊雌蚊1只,白纹伊蚊8只(雌7只,雄1只),BGS-trap诱捕到白纹伊蚊数量多于埃及伊蚊。究其原因,当地伊蚊数量较少可能与暴发后期大规模杀灭成蚊导致蚊虫密度较低,从而影响该装置

的蚊虫监测效果有关<sup>[9-10]</sup>。此外,自然界中埃及伊蚊及白纹伊蚊密度较其他蚊种本身就低,且较难以估计,对于常规的成蚊监测构成了挑战<sup>[1]</sup>。与此同时,勐腊、勐海县 3 d 9 台 BGS-trap 108 h 均未捕到埃及伊蚊及白纹伊蚊。现场伊蚊幼虫 BI 调查发现,无论固定还是流动监测点,勐海、勐腊县不同监测点 BI 较景洪市同期明显为低,现场调研很难发现或仅发现少量埃及伊蚊及白纹伊蚊成蚊,伊蚊成蚊密度极低。为防止出现本地病例,这 2 个县亦采取了大规模现场杀灭等因素导致蚊虫密度较低。

文献报道,BGS-trap 也可以用来捕获西尼罗病毒病、人丝虫病等疾病传播媒介库蚊<sup>[4,11]</sup>。Williams 等<sup>[6]</sup>研究发现,BGS-trap 和 CDC 背负式吸蚊器可替代人诱法用于现场埃及伊蚊采集。本研究尚捕到致倦库蚊和三带喙库蚊,其中景洪市捕获致倦库蚊 17 只(雌 16 只,雄 1 只),而勐腊县捕获三带喙库蚊 2 只(雌雄各 1 只),勐海县捕获致倦库蚊 2 只(雌雄各 1 只)。此外,本研究 BGS-trap 捕获致倦库蚊数量略多于三带喙库蚊,原因可能与当地蚊虫本底中致倦库蚊较三带喙库蚊密度高有关。此外,尚存在 BGS-trap 对于致倦库蚊的诱捕效率较三带喙库蚊为高,尚需进一步研究证实。本研究也发现,BGS-trap 以捕获雌蚊为主,仅捕到少量雄蚊,可能与该装置通过视觉模拟与气味引诱雌蚊,雄蚊在途中等待交配而被捕获有关<sup>[2]</sup>。

虽然绝大多数研究者认为 BGS-trap 现场捕蚊效果较好,然而,也有研究者认为该装置的推广还存在一定问题,值得关注。Sivagnaname 和 Gunasekaran<sup>[1]</sup>认为,收集足够的伊蚊成蚊对于理解登革热传播潜力及制定适合的控制策略意义重大。虽然国外大量使用 BGS-trap 等方法收集伊蚊成蚊,但是,由于固有的缺点,BGS-trap 的现场推广应用受到一定限制。监测现场易受人为、宠物破坏等因素的影响<sup>[12]</sup>;现场操作时寻找合适的居家场所及遮荫栖息地也相对困难。因此,应该研发更为先进、敏感和可靠的成蚊捕获工具进行登革热媒介监测。

该研究尚存一定局限性。首先,该研究是在登革热疫情暴发中期进行伊蚊成蚊调查,受调查当时疫情暴发现场喷洒杀虫剂的影响,西双版纳州景洪市、勐腊及勐海县总体成蚊密度有所降低,对 BGS-trap 捕蚊效果构成一定影响。其次,现场 BGS-trap 捕蚊时间相对较短,国内类似研究可延长捕蚊时间,进一步评估其捕蚊效果;第三,鉴于 BGS-trap 存在低估现场伊蚊密度的可能<sup>[13]</sup>,可将二氧化碳通入 BGS-trap 中进一步研究其捕蚊效率<sup>[14-15]</sup>;第四,可利用中国 CDC 传染病预防控制所媒介生物控制室人工模拟气候室,模拟疫情暴发时

现场温度、湿度等因素,开展实验室 BGS-trap 媒介伊蚊监测效果评价。建议今后在疫情暴发初期伊蚊密度较高时进一步采用 BGS-trap 进行成蚊收集以评价监测效果。

参考文献

[1] Sivagnaname N, Gunasekaran K. Need for an efficient adult trap for the surveillance of dengue vectors[J]. Indian J Med Res, 2012, 136 (5):739-749.

[2] Maciel-de-Freitas R, Eiras AE, Lourenco-de-Oliveira R. Field evaluation of effectiveness of the BG - Sentinel, a new trap for capturing adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)[J]. Mem Inst Oswaldo Cruz, 2006, 101(3):321-325.

[3] Mercer DR, Bossin H, Sang MC, et al. Monitoring temporal abundance and spatial distribution of *Aedes polynesiensis* using BG-Sentinel traps in neighboring habitats on Raiatea, Society Archipelago, French Polynesia[J]. J Med Entomol, 2012, 49(1): 51-60.

[4] Krockel U, Rose A, Eiras AE, et al. New tools for surveillance of adult yellow fever mosquitoes: comparison of trap catches with human landing rates in an urban environment [J]. J Am Mosq Control Assoc, 2006, 22(2):229-238.

[5] Gama RA, Silva IM, Geier M, et al. Development of the BG-Malaria trap as an alternative to human-landing catches for the capture of *Anopheles darlingi* [J]. Mem Inst Oswaldo Cruz, 2013, 108(6): 763-771.

[6] Williams CR, Long SA, Russell RC, et al. Field efficacy of the BG-Sentinel compared with CDC Backpack Aspirators and CO<sub>2</sub>-baited EVS traps for collection of adult *Aedes aegypti* in Cairns, Queensland, Australia[J]. J Am Mosq Control Assoc, 2006, 22(2): 296-300.

[7] Williams CR, Long SA, Webb CE, et al. *Aedes aegypti* population sampling using BG-Sentinel traps in north Queensland Australia: statistical considerations for trap deployment and sampling strategy [J]. J Med Entomol, 2007, 44(2):345-350.

[8] Bhalala H, Arias JR. The Zumba mosquito trap and BG-Sentinel trap: novel surveillance tools for host-seeking mosquitoes[J]. J Am Mosq Control Assoc, 2009, 25(2): 134-139.

[9] Basker P, Kannan P, Porkaipandian RT, et al. Study on entomological surveillance and its significance during a dengue outbreak in the district of tirunelveli in Tamil Nadu, India [J]. Osong Public Health Res Perspect, 2013, 4(3):152-158.

[10] Seidahmed OM, Siam HA, Soghiaier MA, et al. Dengue vector control and surveillance during a major outbreak in a coastal Red Sea area in Sudan [J]. East Mediterr Health J, 2012, 18(12): 1217-1224.

[11] Brito AC, Williams P, Fontes G, et al. A comparison of two Brazilian populations of *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823) from endemic and non-endemic areas to infection with *Wuchereria bancrofti* (Cobbold, 1877) [J]. Mem Inst Oswaldo Cruz, 1997, 92 (1):33-36.

[12] Unlu I, Farajollahi A. To catch a tiger in a concrete jungle: operational challenges for trapping *Aedes albopictus* in an urban environment[J]. J Am Mosq Control Assoc, 2012, 28(4):334-337.

[13] Johnson PH, Spitzauer V, Ritchie SA. Field sampling rate of BG-sentinel traps for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in suburban Cairns, Australia[J]. J Med Entomol, 2012, 49(1):29-34.

[14] de Azara TM, Degener CM, Roque RA, et al. The impact of CO<sub>2</sub> on collection of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Culex quinquefasciatus* Say by BG-Sentinel (R) traps in Manaus, Brazil [J]. Mem Inst Oswaldo Cruz, 2013, 108(2):229-232.

[15] Bhalala HV, Smith JD, O'Dea BA, et al. The efficacy of the BG-Sentinel CO<sub>2</sub> nozzle in collecting host-seeking mosquitoes in Fairfax county, Virginia [J]. J Am Mosq Control Assoc, 2010, 26 (2):226-228.

收稿日期:2014-01-08

· 论 著 ·

## 北京市 2010—2012 年蚊虫密度监测结果及变化趋势分析

张勇,刘婷,曾晓芹

北京市疾病预防控制中心消毒与有害生物防制所,北京 100013

**摘要:** 目的 了解和掌握北京市蚊虫密度监测情况,分析不同环境蚊虫孳生变化趋势,为城市蚊虫防制提供科学依据。方法 成蚊密度监测采用二氧化碳诱蚊灯法和诱蚊诱卵器法,蚊幼虫密度监测大型水体采用勺捕法,小型积水(容器)采用吸管法。结果 北京市 2010—2012 年共捕获成蚊 37 603 只,其中淡色库蚊为优势种,占捕蚊总数的 95.26%,其次是白纹伊蚊占 4.62%;季节消长曲线显示,成蚊密度高峰期为 7—8 月;不同环境中公园绿地成蚊密度最高,其他依次是居民区、医院和旅游景点。蚊幼虫季节消长曲线显示,大型水体和小型积水(容器)蚊幼虫密度高峰期均为 6—7 月;不同环境中居民区蚊幼虫阳性率最高,其他依次为建筑工地、下水道和大型水体。结论 蚊虫密度监测结果和季节消长变化趋势可有效指导城市蚊虫防制,同时应关注蚊幼虫孳生地和密度变化情况,并将蚊密度结果和蚊媒传染病进行关联分析,为城市蚊虫和蚊媒病的防制提供科学依据。

**关键词:** 蚊虫; 监测; 变化趋势

中图分类号:R384.1 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0101-04

DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.003

### Analysis of surveillance results and trends of mosquito density in Beijing from 2010 to 2012

ZHANG Yong, LIU Ting, ZENG Xiao-peng

Beijing Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100013, China

Corresponding author: ZENG Xiao-peng, Email: xpzeng@126.com

Supported by the Beijing Natural Science Foundation (No. 7132038), Beijing Postdoctoral Research Foundation (No. 2011ZZ-73) and the Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. 2011JS083)

**Abstract:** **Objective** To evaluate the mosquito density in Beijing and analyze the trends of mosquito breeding in different environments and to provide a scientific basis for urban mosquito control. **Methods** The adult mosquito density was monitored using carbon dioxide mosquito lamp and mosquito-oviposition trap, while the larval mosquito density was monitored by spoon method for large bodies of water and pipette method for small volumes of water (in containers). **Results** From 2010 to 2012, a total of 37 603 adult mosquitoes were captured in Beijing, where *Culex pipiens pallens* was the dominant species, accounting for 95.26% of all mosquitoes, followed by *Aedes albopictus*, accounting for 4.62%; the seasonal fluctuation curve showed that the peak of adult mosquito density appeared from July to August; the adult mosquito density was the highest in the park green lands, followed by residential areas, hospitals, and tourist attractions. The seasonal fluctuation curve for mosquito larvae showed that the peak of larval mosquito density appeared from June to July for both large bodies of water and small volumes of water (in containers); the positive rate of mosquito larvae was the highest in residential areas, followed by construction sites, sewers, and large bodies of water. **Conclusion** The surveillance results of mosquito density and the trends of its seasonal fluctuation can provide effective guidance for urban mosquito control; attention should also be paid to the breeding places and density changes of mosquito larvae, and the association of mosquito density with mosquito-borne diseases should be analyzed, so as to provide a scientific basis for the prevention and control of mosquitoes and mosquito-borne diseases in urban areas.

**Key words:** Mosquito; Surveillance; Trend

蚊媒病在整个预防医学中占有极其重要的位置,

基金项目:北京市自然科学基金(7132038);北京市博士后工作经费资助项目(2011ZZ-73);中央高校基本科研业务费专项资金项目(2011JS083)

作者简介:张勇,男,博士,副研究员,主要从事媒介生物学及病媒生物防制应用研究。Email: zhangycdc@126.com

通讯作者:曾晓芹, Email: zengxp@126.com

其中许多是流行面广、传播力强、发病率高、危害性大的疾病。据估计在全球仅疟疾每年就有 3 亿~5 亿人受感染,因其死亡的超过 100 万人,在我国疟疾的发病人数每年也数以万计<sup>[1]</sup>。20 世纪末,疟疾、登革热等媒介生物性传染病在我国及世界范围内呈现死灰复燃、扩大流行的趋势,2001 年东南亚登革热的流行,2010



年我国广东省东莞市暴发基孔肯雅热,这些蚊媒病的暴发与流行不仅会给城市居民生命造成威胁,严重影响城市的经济发展,而且极易成为社会动荡的诱因,是城市健康安全的重大隐患。与此同时,伴随城市化的快速推进,原有媒介蚊虫孳生生境也发生了变化,如典型的稻田型媒介蚊种三带喙库蚊(Culex tritaeniorhynchus)如今也“进城”了,目前已在部分城市的中心区发现其踪迹[2-4]。同时,城市居住人口中感染蚊媒传染病[如登革热、流行性乙型脑炎(乙脑)等]的情况也屡见报告。提示在当前快速城市化过程中,蚊虫种群与传播蚊媒传染病可能存在新的生态学特征的变化,也对蚊虫及蚊媒传染病的监测和防控工作提出了新的挑战。

病媒生物监测于2005年被纳入全国重点传染病监测系统,北京市作为国家级监测点,从2006年开始按照卫生部和中国疾病预防控制中心(CDC)制定的《全国病媒生物监测方案(试行)》[5],以及北京市CDC根据北京市实际情况和历史沿革制定的《北京市病媒生物监测方案》开展18个区(县)监测工作。其中蚊虫监测从2006年开始试点二氧化碳(CO<sub>2</sub>)诱蚊灯法,2008年应用于北京奥运会核心区和重要场馆的蚊虫危害监测[6-7],2008年后在全市推广使用,使北京市蚊虫监测更加科学、规范和准确。现将北京市2010—2012年蚊虫监测结果及变化趋势报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料 CO<sub>2</sub>诱蚊灯,北京隆冠科技有限责任公司生产;诱蚊诱卵器,由广东省CDC研制;500 ml标准水勺、吸管、烧杯等。

1.2 方法

1.2.1 成蚊

1.2.1.1 CO<sub>2</sub>诱蚊灯法 选择远离干扰光源,背风场所作为挂灯点。在光源离地1.5 m处挂灯,日落前1 h接通电源,开启CO<sub>2</sub>气瓶,诱捕蚊虫2 h。关闭CO<sub>2</sub>气瓶,断开电源,记录温度、湿度、风速,并收集蚊虫进行分

类、计数。监测环境包括旅游景点、居民区、公园绿地和医院,每个监测点每次布灯4个。在全市18个区(县)共设置100个监测点,布灯400个。蚊虫密度监测于每年5—10月开展,每旬监测1次。

1.2.1.2 诱蚊诱卵器法 用诱蚊诱卵器,连续放置4 d,第4天检查、收集诱到的成虫及蚊卵。对收集到的蚊虫进行分类、计数,统计蚊卵阳性率,记录温度、湿度和风速。白纹伊蚊(Aedes albopictus)专项监测包括居民区和公园绿地,每个监测点布放50个诱蚊诱卵器,每隔10 m放置1个,在全市10个区(县)共设置20个监测点,布放诱蚊诱卵器1000个。监测时间为每年5—10月,每月监测1次。

1.2.2 幼蚊

1.2.2.1 勺捕法-大型水体 沿着大中型水体岸边,每隔10 m选择1个采样点,用水勺迅速从水体中舀起1勺水,吸出幼虫(蛹)并放入已编号的采样管中,分类、计数。包括河湖等自然或人工水体,每个大型水体采样30勺。北京市共监测26个公园湖泊和城市自然水系,每年5—10月开展,每旬1次。

1.2.2.2 吸管法-小型积水(容器) 对调查环境内的所有人工或自然小型积水(容器)进行检查,有蚊幼虫孳生的积水(容器)作为阳性积水(容器),计算阳性率(容器指数)。包括居民区、建筑工地和下水道,其中每个居民区和建筑工地每次检查10处积水或容器,下水道每次检查10个井口。北京市每旬共监测18个建筑工地,26个居民区和18个下水道,每年5—10月开展,每旬1次。

2 结果

2.1 成蚊

2.1.1 蚊种构成 北京市2010—2012年共捕蚊37 603只,其中淡色库蚊(Culex pipiens pallens)占捕蚊总数的95.26%,为优势种;其次是白纹伊蚊占4.62%;其他蚊种还有三带喙库蚊(占0.08%)、中华按蚊(Anopheles sinensis,占0.03%)和凶小库蚊(Culex modestus,占0.01%)(表1)。

表1 北京市2010—2012年蚊种数量及构成比

Table 1 Numbers and constituent ratios (%) of mosquitoes in Beijing from 2010 to 2012

Table with 12 columns: Year, Capture count, Constituent ratio (%), and mosquito species (淡色库蚊, 白纹伊蚊, 三带喙库蚊, 凶小库蚊, 中华按蚊) with sub-columns for quantity and constituent ratio.

2.1.2 季节消长 由图1可以看出,成蚊从5月上旬开始出现,蚊虫密度高峰期均为7—8月,其中2010年为8月

中旬[2.63只/(灯·h)],2011年[2.68只/(灯·h)]和2012年[2.38只/(灯·h)]均为7月中旬,其后呈逐渐下降趋势。

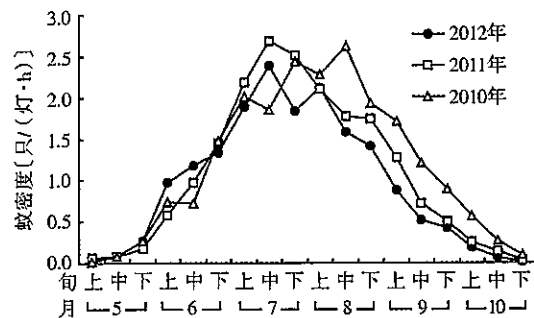


图1 北京市2010—2012年成蚊密度季节消长变化趋势 Figure 1 Trend of seasonal fluctuation of adult mosquito density in Beijing from 2010 to 2012

2.1.3 不同环境蚊密度 2010—2012年对居民区、公园绿地、医院和旅游景点(包括故宫、颐和园等)4种环境和行业的蚊密度进行监测。其中公园绿地蚊密度最高[1.27只/(灯·h)],其次是居民区[1.09只/(灯·h)]和医院[0.83只/(灯·h)],旅游景点成蚊密度最低[0.67只/(灯·h)](图2)。

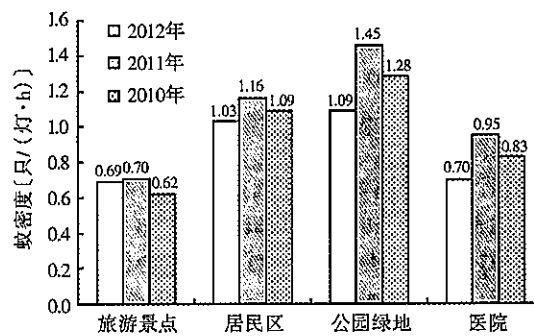


图2 北京市2010—2012年不同环境成蚊密度 Figure 2 Adult mosquito densities in different environments of Beijing from 2010 to 2012

2.2 蚊幼虫

2.2.1 大型水体蚊幼虫季节消长 2010—2012年北京市大型水体蚊幼虫密度监测主要包括自然或人工湖泊、河道,监测结果显示,蚊幼虫从5月上旬开始出现,高峰期在6—7月,其中2010年高峰期于7月上旬(5.31%),2011年为6月下旬(2.69%),2012年为7月下旬(6.15%)。北京市大型水体的蚊幼虫密度高峰期略早于或重合于成蚊密度高峰期,对预测预报成蚊密度高峰期有一定的参考价值(图3)。

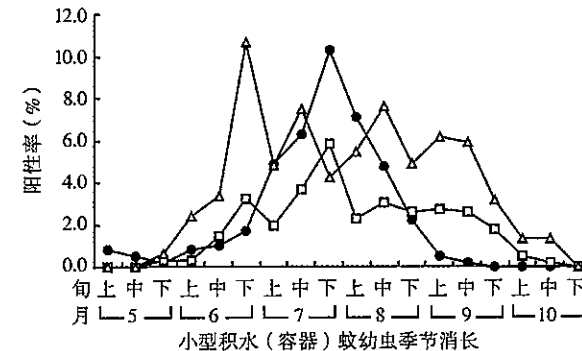
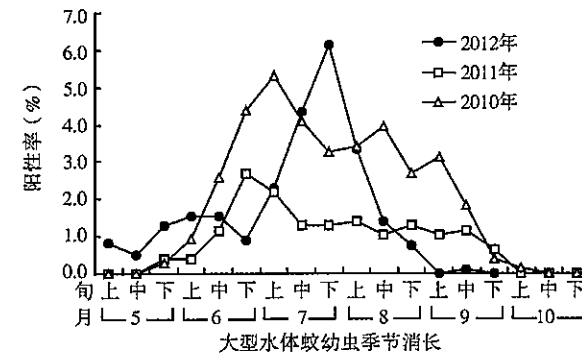


图3 北京市2010—2012年大、小型积水(容器)蚊幼虫季节消长趋势

Figure 3 Trends of seasonal fluctuation of mosquito larvae for large bodies of water and small volumes of water (in containers) in Beijing from 2010 to 2012

2.2.2 小型积水(容器)蚊幼虫季节消长 2010—2012年北京市小型积水(容器)蚊幼虫密度监测环境包括建筑工地、居民区和下水道3种环境类型,监测结果显示,蚊幼虫均在5月上旬开始出现,高峰期在6—7月,其中2010年高峰期出现于6月下旬(10.64%),2011年(5.81%)、2012年(10.30%)均为7月下旬。蚊幼虫的密度高峰略早于成蚊的密度高峰期或与成蚊的密度高峰期相重叠(图3)。

2.2.3 不同环境和行业的蚊幼虫密度调查 2010—2012年北京市对大型水体、建筑工地、居民区和下水道4种环境的蚊幼虫密度进行监测。其中大型水体采用勺捕法监测,共采样40 840勺,平均阳性率为1.41%;小型积水(容器)采用容器指数法监测,其中居民区检查容器13 474处,阳性率最高为3.22%;建筑工地检查积水或容器9331处,阳性率为2.41%;下水道检查积水9334处,阳性率最低为2.00%(表2)。

表2 北京市2010—2012年不同环境蚊幼虫密度统计结果

Table 2 Larval mosquito densities in different environments of Beijing from 2010 to 2012

Table with 11 columns: Environment, 2010 (Sample size, Positive count, Positive rate), 2011 (Sample size, Positive count, Positive rate), 2012 (Sample size, Positive count, Positive rate), and Average positive rate.

注: a. 大型水体采用勺捕法,单位:勺;其他环境类型采用容器指数法,单位:处。

3 讨论

3.1 CO<sub>2</sub>诱蚊灯更适用于城市外环境成蚊监测 北京市是我国首个在城市层面大规模使用CO<sub>2</sub>诱蚊灯开展蚊虫监测的城市。2006年北京市CDC和军事医学科学院合作开发研制了CO<sub>2</sub>诱蚊灯,2007年试用于奥运场馆的蚊虫监测,2008年全部奥运场馆均使用CO<sub>2</sub>诱蚊灯开展蚊虫密度监测,为奥运会蚊虫预警与控制发挥了重要作用,随后在全市投入使用。长期以来,国内成蚊监测方法大多采用人工小时法或灯诱法。传统的监测方法费时、费力、费人工,而且由于监测工具的特点(如电动吸蚊器在室内监测,诱蚊灯需要有电源)往往在野外环境的使用受到限制,而蚊虫的栖息生境多为野外环境,故传统的监测方法不能真正反映野外环境蚊虫孳生情况。北京市在室外采用CO<sub>2</sub>诱蚊灯法,定量释放CO<sub>2</sub>气体(流量为100~500 ml/min)诱集成蚊,其诱集效率远高于不带CO<sub>2</sub>的诱蚊灯,更高于电动吸蚊器。同时,由于其使用蓄电池,不受电源的限制,更适用于城市外环境蚊虫的监测<sup>[8-9]</sup>。

3.2 城市蚊虫监测应关注蚊幼虫孳生地 and 密度变化情况 我国大部分城市蚊虫监测仍停留在城市和农村环境成蚊密度的监测,很少开展蚊幼虫孳生地调查或密度监测。而随着我国城市化进程的加快,城市原有蚊虫孳生生境发生了很大变化,如随着原有孳生生境水稻田、莲藕田等的日渐消失,三带喙库蚊已经有逐渐向城市中心区扩散的趋势<sup>[10-12]</sup>。同时,由于城市汽车数量的日渐增多和轮胎贸易的增加,白纹伊蚊在城市环境所占比例也有所增长。所以城市蚊虫监测应同时关注蚊幼虫的监测,将成蚊密度监测和蚊幼虫密度监测结果进行相关性分析,同时设置监测点时应有针对性,探讨蚊幼虫密度变化对成蚊密度的影响<sup>[13]</sup>。北京市监测结果显示,无论是大型水体还是小型积水(容器)蚊幼虫密度高峰期均略早于或与成蚊密度高峰期重合,在一定程度上对成蚊密度有预警预报的作用,可有效指导城市蚊虫防制。

3.3 城市蚊虫监测结果应与相应的蚊媒传染病关联分析 城市蚊虫控制的目的是减少或防止蚊虫的吸血骚扰和预防控制蚊媒传染病的暴发及流行。目前在城市中疟疾、登革热、乙脑等蚊媒传染病时有报道<sup>[14]</sup>。城

市蚊虫监测应在关注种群密度变化的同时,将重要媒介蚊种和相应的蚊媒传染病联系起来分析,探讨其相关性。如三带喙库蚊种群变化与乙脑的相关性、白纹伊蚊密度变化与登革热发病情况的关联分析。只有这样,城市蚊虫监测才能发挥更大的作用,既能作为城市灭蚊的科学依据,又能及时预警预报城市蚊媒传染病的暴发和流行,为保障城市居民免受蚊虫侵扰和预防控制蚊媒传染病的流行发挥更大的作用。

参考文献

[1] 陆宝麟. 蚊虫综合治理[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 1999: 2-4.
[2] 李春晓, 郭晓霞, 黄恩炯, 等. 城市中三带喙库蚊新孳生地的发现[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2007, 18(1): 31.
[3] 周明浩, 褚宏亮, 张爱军, 等. 城市蚊虫综合治理前后种类组成的研究[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2011, 18(4): 220-224.
[4] 高强, 周毅彬, 曹晖, 等. 上海市城区中心地带三带喙库蚊种群动态及应对措施的研究[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2013, 20(3): 145-152.
[5] 中华人民共和国卫生部. 全国病媒生物监测方案(试行)[S]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2005.
[6] 曾晓芑, 钱坤, 马彦, 等. 2008年北京奥运会期间病媒生物控制效果分析与经验启示[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(6): 526-530.
[7] 张勇, 马彦, 邓瑛, 等. 2008年北京奥运会开闭幕式病媒生物控制措施及其效果分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(1): 34-37.
[8] 邓兵, 赵彤言, 刘文华, 等. 驻京郊某部营区蚊虫种群及其调查方法的研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2007, 18(6): 446-447.
[9] 李剑泉, 沈佐锐, 刘志桥. 二氧化碳对白纹伊蚊的引诱作用[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2003, 14(3): 165-167.
[10] 褚宏亮, 周明浩. 乙型脑炎及其传播媒介的研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2006, 17(2): 160-162.
[11] 靳增军. 邯郸市城区三带喙库蚊监测结果分析[J]. 中华卫生杀虫药械, 2012, 18(2): 131-132.
[12] 田俊华, 吴太平, 朱泽荣, 等. 2006—2009年武汉市成蚊密度监测研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2010, 16(3): 185-187.
[13] 林立丰, 卢文成, 蔡松武, 等. 新型登革热媒介监测诱蚊诱卵器的设计及效果研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2005, 16(1): 26-28.
[14] 罗雷, 杨智聪, 王玉林, 等. 广州市1978—2006年登革热流行病学特征分析[J]. 中华传染病杂志, 2008, 26(8): 490-493.

收稿日期: 2013-11-25

·论著·

多杀菌素 Natular G30对海南省不同生境致倦库蚊的控制效果比较研究

张晓越<sup>1</sup>, 孟凤霞<sup>1</sup>, 刘起勇<sup>1</sup>, 任东升<sup>1</sup>, 刘小波<sup>1</sup>, 李贵昌<sup>1</sup>, 李袁飒<sup>1</sup>, 王君<sup>1</sup>, 赵伟<sup>2</sup>, 王晓花<sup>3</sup>, 何昌华<sup>2</sup>, 王艳波<sup>3</sup>, 钟汶兵<sup>3</sup>, 蔡芳<sup>3</sup>, 欧婷婷<sup>2</sup>, 孙定炜<sup>2</sup>, 曾林海<sup>2</sup>, 李善干<sup>2</sup>, 李长庆<sup>3</sup>

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, 世界卫生组织媒介生物监测与管理合作中心, 传染病预防控制国家重点实验室, 北京 102206; 2 海南省疾病预防控制中心; 3 海口市疾病预防控制中心

摘要: 目的 比较不同剂量多杀菌素 Natular G30在生活污水与小型净水中对致倦库蚊海口种群的控制效果, 为其在蚊虫控制中的应用提供依据。方法 用海南省海口市生活污水与小型净水中的致倦库蚊幼虫和水, 在外环境以减退率为指标, 分别测定 Natular G30 10、20、40和 80 mg/m<sup>2</sup>对蚊虫的控制效果。试验中, 两次测量试验水体的水质 pH值、温度、总固体含量、盐度、溶解氧含量。结果 生活污水的 pH值、溶解氧含量分别为(9.62±0.43)、(12.79±3.01)mg/L, 小型净水分别为(8.91±0.39)、(7.77±3.46)mg/L, 二者差异有统计学意义(P<0.05)。在生活污水中, 多杀菌素有效浓度为 10和 20 mg/m<sup>2</sup>时, 蚊虫控制持续时间为 12 d, 40和 80 mg/m<sup>2</sup>处理的则>30 d; 而在小型净水中, 所有 4个浓度均有超过 30 d的持效期。两种水体所有剂量在第 1天对 1、2龄期幼虫的减退率即接近 100%, 3、4龄期幼虫在第 3~7天出现 100%减退, 而蛹在第 1天的减退率基本为负值。结论 多杀菌素 Natular G30对致倦库蚊幼虫的控制效果具有高效、持久的特点; 且对 1、2龄幼虫的毒性高于对 3、4龄幼虫的毒性, 对蛹无明显的毒杀作用。因其在小型净水中的效果优于生活污水, 使用时应根据水质调整剂量。

关键词: 多杀菌素; 致倦库蚊; 控制效果; 孳生地

中图分类号: R384.1; S481+.9 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0105-05

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.004

Study on the efficacy of spinosad Natular G30 against Culex pipiens quinquefasciatus in two types of breeding habitats in Hainan, China

ZHANG Xiao-yue<sup>1</sup>, MENG Feng-xia<sup>1</sup>, LIU Qi-yong<sup>1</sup>, REN Dong-sheng<sup>1</sup>, LIU Xiao-bo<sup>1</sup>, LI Gui-chang<sup>1</sup>, LI Yuan-sa<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>1</sup>, ZHAO Wei<sup>2</sup>, WANG Xiao-hua<sup>3</sup>, HE Chang-hua<sup>2</sup>, WANG Yan-bo<sup>3</sup>, ZHONG Wen-bing<sup>3</sup>, CAI Fang<sup>3</sup>, OU Ting-ting<sup>2</sup>, SUN Ding-wei<sup>2</sup>, ZENG Lin-hai<sup>2</sup>, LI Shan-gan<sup>2</sup>, LI Chang-qing<sup>3</sup>

1 WHO Collaborating Center for Vector Surveillance and Management, State Key Laboratory for Infectious Disease Prevention and Control, National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 2 Hainan Center for Disease Control and Prevention; 3 Haikou Center for Disease Control and Prevention

Corresponding authors: MENG Feng-xia, Email: mengfengxia@icdc.cn; LIU Qi-yong, Email: liuqiuyong@icdc.cn

Supported by the National Science and Technology Major Projects of China (No. 2008ZX10004-010, 2012ZX10004-219)

Abstract: Objective The efficacy of spinosad Natular G30 against Culex pipiens quinquefasciatus was evaluated at different doses with comparing sewage habitat and small body of water with waste plants habitat, so as to provide evidence for mosquito control. Methods Using wild Cx. pipiens quinquefasciatus larvae and water in sewage and small body of water in Haikou, Hainan province, the efficacy of Natular G30 at 10, 20, 40, 80 mg/L was tested, percentage reduction was taken as efficacy index. The pH, temperature, total solids, salinity, dissolved oxygen of habitat water were determined at any two points of time during the trial period. Results There were significant differences (P<0.05) between pH and dissolved oxygen in the two habitats, while no differences between temperature, total solids, salinity. The pH and dissolved oxygen of sewage water were (9.62±0.43) and (12.79±3.01) mg/L, and those in small body of water with wasted plants were (8.91±0.39) and (7.77±3.46) mg/L. The residual efficacy of Natular G30 at 10 mg/m<sup>2</sup> and 20 mg/m<sup>2</sup> against Cx. pipiens quinquefasciatus in sewage breeding site lasted for 12 days, while 40 mg/m<sup>2</sup> and 80 mg/m<sup>2</sup> in both habitats was more than 30 days. In two tested habitats, after one day of Natular G30 using, the first and second instar mosquito reduction was nearly 100%, but for the third and forth instar larvae, 100% reduction date was at three to seven days. To our surprise, the reduction of pupae was negative after one day insecticide applied. Conclusion Spinosad has high and long-lasting efficiency against Cx. pipiens quinquefasciatus larvae. Its effectiveness is better when applied in the habitats of small body of water with wasted plants than that of sewage. Spinosad has a very higher efficacy to control the first and second instar young larvae than the third and forth instars larvae, but no noticeable effect on pupae. To control Cx. pipiens quinquefasciatus, the spinosad rate should be adjusted based on the characteristics of habitat water.

Key words: Spinosad; Culex pipiens quinquefasciatus; Efficiency; Habitats

基金项目: 国家科技重大专项课题(2008ZX10004-010, 2012ZX10004-219)

作者简介: 张晓越, 女, 在读硕士, 主要从事蚊虫防治及抗性研究。Email: zhangxiaoyue89@126.com

通讯作者: 孟凤霞, Email: mengfengxia@icdc.cn; 刘起勇, Email: liuqiuyong@icdc.cn

蚊虫不仅吸血骚扰,更是重要的传染病传播媒介,在我国可传播疟疾、登革热、流行性乙型脑炎等疾病。长期以来,蚊虫控制是传染病预防控制的重要措施,而综合治理策略是蚊虫控制的基本原则。化学防治因具有快速高效的特点,在综合治理中占有重要地位[1]。目前,我国卫生杀虫剂行业产品零售总额已突破200亿元,产品销售全国31个省(直辖市、自治区),已成为卫生杀虫剂的使用大国[2]。杀虫剂长期大量不合理的使用,导致蚊虫产生抗性[3],进而引发防治效果降低,施药量增大,环境污染等问题。因此研发、筛选高效、环境友好型杀虫剂,制定合理的抗性治理方案迫在眉睫。

多杀菌素(spinosad)由放线菌多刺糖多孢菌发酵产生,是含spinosyn A和spinosyn D的混合物[4],为美国礼来公司发现[5],现已商品化。用于防治鳞翅目、双翅目和缨翅目害虫,也能很好地防治鞘翅目和直翅目中某些大量取食叶片的害虫[6]。研究表明,多杀菌素对昆虫有触杀和胃毒作用,能刺激昆虫的神经系统,导致非功能性的肌收缩、衰竭,并伴随颤抖和麻痹等症状。多杀菌素作用于γ-氨基丁酸受体[7],目前尚无与有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类杀虫剂产生交互抗性的报道,是一种具有广泛应用前景的新型杀虫剂。为了解多杀菌素对致倦库蚊(Culex pipiens quinquefasciatus)的控制效果,本研究用多杀菌素的缓释剂Natular G30,比较研究在生活污水与含死亡植物的小型净水生境中,控制蚊虫的持效性和对不同发育期蚊虫的作用特点,为今后我国使用多杀菌素进行蚊虫控制及抗性管理工作提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验药剂 Natular G30是多杀菌素的缓释型颗粒剂,由美国Clarke Mosquito Control Products, Inc生产,其有效成分(spinosyn A和spinosyn D)含量为2.5%。将该杀虫剂按照剂量10、20、40、80 mg/m<sup>2</sup>进行效果评价。

1.2 试验器材 诱蚊灯由武汉市吉星环保科技有限公司生产,型号LTS-M02;便携式多参数水质分析仪,瑞士梅特勒-托利多公司;塑料盆为市售。

1.3 致倦库蚊野外种群

1.3.1 生活污水致倦库蚊 采自海南省海口市龙华区的居民区生活污水池,距试验场地约4.9 km。该水池面积约为5 m<sup>2</sup>,水质浑浊,来源于日常家庭洗衣污水和厨房污水等。取现场蚊虫和蛹,经实验室鉴定计数后,同水一起加入试验现场的容器中。

1.3.2 含有死亡植物的小型净水致倦库蚊 采自海口市美兰区新琼村,距试验场地4.8 km。其孳生地农村

民生活区的猪圈,水质清澈,内有一些树叶、杂草等死亡植物(简称小型净水)。用捞勺直接捞取幼虫和蛹,同水一起带回试验现场。

1.3.3 试验现场致倦库蚊 在试验过程中,将1盏诱蚊灯悬挂于试验区附近,以引诱周围致倦库蚊产卵,提高试验区蚊虫密度。

1.4 试验场地 试验场地设在海口市琼山区居民区附近草坪上,有树及灌木,夜间有致倦库蚊活动。在周围安装1盏诱蚊灯,晚上开灯。

1.5 孳生水体的理化指标测定 在试验期间2次测定水体的pH值、温度、总固体含量(TDS)、盐度、溶解氧含量。

1.6 不同剂量多杀菌素对致倦库蚊的效果测定 以φ45 cm的塑料盆为容器,分别加入4 L上述生活污水和小型净水,以原采集地孳生的致倦库蚊幼虫和蛹为处理前基数,调整幼虫数量,使施药前密度控制在30~50只/盆。向上述盆内均匀撒入34.2、68.4、136.8、273.6 mg Natular G30颗粒,使其多杀菌素原药终浓度为10、20、40、80 mg/m<sup>2</sup>,以空白为对照组,每个浓度处理重复3次。试验中,及时用同样来源的水补充因挥发失去的水分,如有降雨预报,即用塑料棚遮挡。记录施药前(记为第0天)及施药后第1~3天盆中致倦库蚊幼虫和蛹的数量,1、2龄幼虫记为小龄幼虫,3、4龄记为大龄幼虫。此后,每周记录2次至31 d。

1.7 统计与分析 以蚊虫减退率为指标,计算不同浓度多杀菌素对致倦库蚊的控制效果,计算公式:

减退率(%) = (1 - 对照组施药前均数 / 处理组施药后均数) × 100

减退率>80%时,该杀虫剂对蚊虫具有控制效果。

使用SPSS 20.0软件对2种水体水质理化指标进行差异性分析。首先进行正态性检验,正态资料使用两独立样本t检验,非正态资料使用两独立样本秩和检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 生活污水及小型净水水质理化指标的差异性分析 生活污水的pH值和溶解氧含量高于小型净水,且差异有统计学意义(t=3.419, P=0.004; t=3.097, P=0.008)。生活污水来源于居民日常家庭洗衣污水和厨房污水等,可能其中的洗涤剂使其水质和小型净水相比呈现偏碱性。而小型净水来源于雨水,靠近猪圈,内有死亡植物,其有机物的含量可能相对较高,使其溶解氧含量相对较低。尽管生活污水及小型净水的总固体含量和盐度差异无统计学意义(P>0.05),但其均值

前者均高于后者(表1)。

表1 生活污水及小型净水的水质理化指标 Table 1 Characteristics of sewage water and small body of water with waste plants

Table with 6 columns: 水质指标, 生活污水 (x±s), 含死亡植物的净水 (x±s), t值, df值, P值. Rows include pH值, 温度(°C), 总固体含量(mg/L), 盐度(PPT), 溶解氧含量(mg/L).

注:a.表示在0.05的检验水准下,差异有统计学意义。

2.2 不同剂量多杀菌素在生活污水及小型净水中对致倦库蚊的控制效果 由图1可见,在2种水体中,所测定的4个剂量的多杀菌素Natular G30对致倦库蚊海口种群均有良好的控制效果,但其持效时间不同。在生活污水中,10、20 mg/m<sup>2</sup>处理组的减退率在第2天达到80%以上,并持效到第14天,而40和80 mg/m<sup>2</sup>处理组的减退率在第1天即达到80%以上,直到第31天试验结束。结果表明,在生活污水中,剂量为10和20 mg/m<sup>2</sup>的处理组与40和80 mg/m<sup>2</sup>处理组相比, Natular G30对蚊虫的控制起效慢,且持效性短。同样,在含死亡植物的净水中,10、20 mg/m<sup>2</sup>处理组的减退率从第2天开始>80%,40和80 mg/m<sup>2</sup>处理组在第1天减退率即>80%,与生活污水的控制效果一致(表2)。所不同的是,4个测定剂量对蚊虫控制效果都能达到

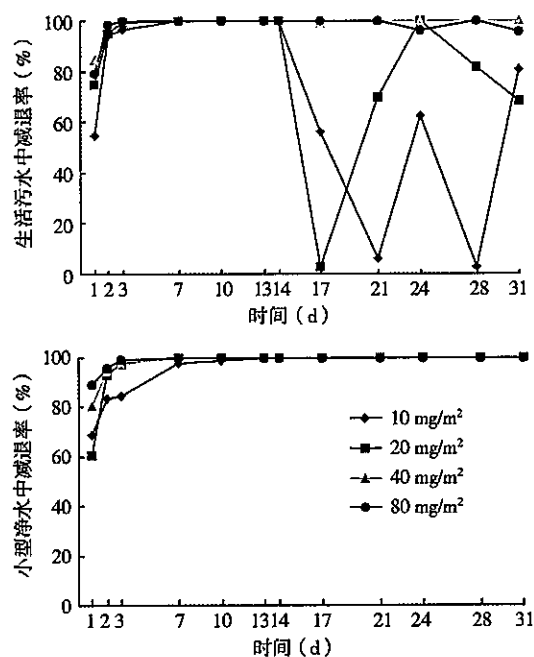


图1 不同剂量多杀菌素在生活污水及小型净水中对致倦库蚊海口种群幼虫和蛹的控制效果 Figure 1 The effect of Natular G30 on Cx. pipiens quinquefasciatus at different doses in sewage and small body of water

31 d以上,即4个浓度处理组对致倦库蚊海口种群仍维持100%的控制效果。可见,多杀菌素Natular G30在净水中对致倦库蚊的控制效果更好,可以使用10 mg/m<sup>2</sup>的低剂量达到同生活污水40、80 mg/m<sup>2</sup>剂量的控制效果。

表2 多杀菌素Natular G30对致倦库蚊海口种群不同发育期幼虫和蛹有效控制持续时间

Table 2 The effective duration of Natular G30 on different larval stages of Haikou Cx. pipiens quinquefasciatus

Table with 7 columns: 处理浓度(mg/m²), 虫态, 生活污水(起效, 失效, 持效), 含死亡植物的净水(起效, 失效, 持效). Rows show data for 10, 20, 40, and 80 mg/m² doses across L1+L2 and L3+L4 stages for both water types.

注:“-”表示到观察期结束时,减退率仍>80%。

2.3 不同剂量多杀菌素在2种水体中对致倦库蚊幼虫和蛹的控制效果比较

2.3.1 对生活污水中致倦库蚊幼虫和蛹的控制效果 在生活污水中,致倦库蚊海口种群不同龄期幼虫和蛹对不同浓度Natular G30敏感性不同。对于小龄(1、2龄)幼虫,所有浓度处理组的减退率在第1天即接近100%,其中10、20 mg/m<sup>2</sup>处理组持效至第14天,40、80 mg/m<sup>2</sup>处理组持效至观察结束。对于大龄(3、4龄)幼虫,除10 mg/m<sup>2</sup>处理组的减退率在第3天开始>80%外,其余处理组均能在第1天达到良好的控制效果,失效时间与小龄幼虫相同。而对于蛹,第1天的减退率均为负值,可能在施用了多杀菌素后有促进老熟幼虫化蛹的作用(图2)。

2.3.2 对小型净水中致倦库蚊幼虫和蛹的控制效果 在含死亡植物的净水中,4个浓度处理组在整个观察期内对于小龄幼虫一直有良好的控制效果。对大龄幼虫,除10 mg/m<sup>2</sup>组的减退率在第7天开始>80%外,其余3个浓度组在第1天开始即>80%,并持续至试验结束。由图3可见,20、40、80 mg/m<sup>2</sup>处理组在第7天、10 mg/m<sup>2</sup>在第13天开始观察不到蛹,其原因可能是幼虫被多杀菌素杀灭,不能羽化成蛹。由此可见,在2种生境中,小龄幼虫对多杀菌素的敏感性高于大龄幼虫,而对蛹没有毒杀作用。



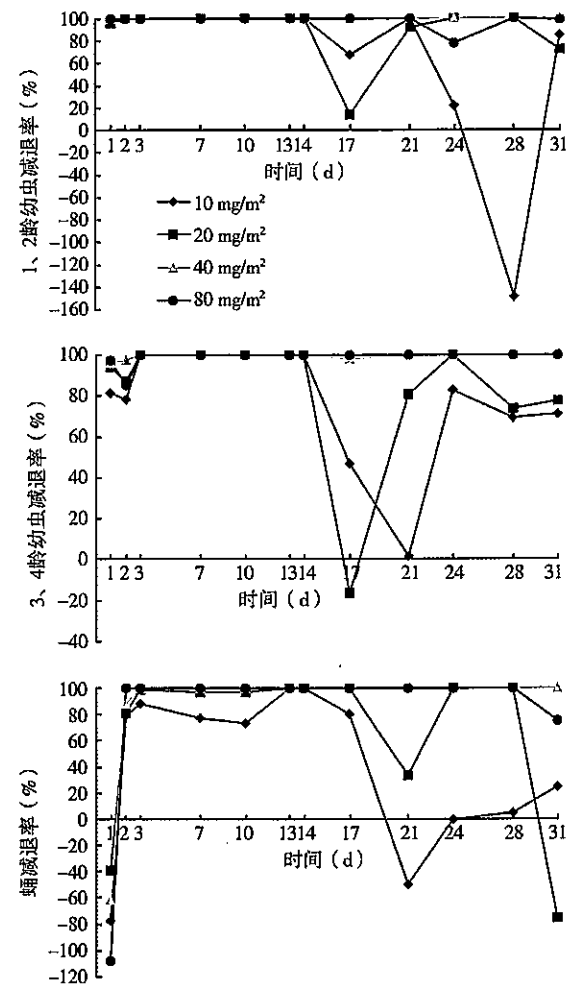
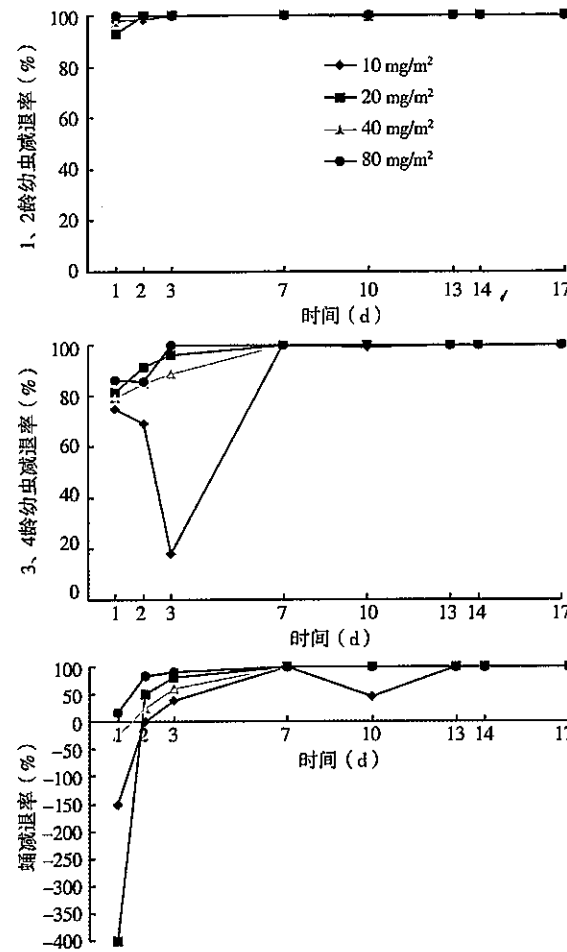


图2 不同剂量多杀菌素在生活污水中对不同虫态致倦库蚊海口种群的控制效果  
Figure 2 The effect of Natular G30 on different larval stages of Haikou *Cx. pipiens quinquefasciatus* in sewage water

### 3 讨论

多杀菌素对致倦库蚊控制效果的水体影响因素：  
(1)水体的pH值：生活污水的pH值高于含有死亡植物的小型净水，这种碱性的提高可能对多杀菌素的稳定性有影响，致使其对蚊虫的控制效果降低。(2)水体的固体物含量：与含有死亡植物的小型净水相比，生活污水的固体物含量略高，且透明度低，水为淡乳白色，水体固体物的吸附作用对多杀菌素的效果影响较大。Saunders和Bret<sup>[8]</sup>指出，多杀菌素的吸附性较强，可被水中的颗粒物或有机物所吸附，而影响其对蚊幼的杀灭效果。Bahgat等<sup>[9]</sup>的研究表明，在相同条件下，多杀菌素粉剂在污水中对库蚊幼虫的LC<sub>50</sub>约为在去离子水中的3倍。水的总固体可分为溶解固体和悬浮固体，前者指水经过滤后，仍溶于水的各种无机盐、有机物等，悬浮固体是指那些不溶于水的泥砂、粘土、有机物、微生物等悬浮物质。(3)水体的溶解氧含量：溶解氧和



注：17~31 d的减退率全部为100%，未列出。  
图3 不同剂量多杀菌素在小型净水中对不同虫态致倦库蚊海口种群的控制效果  
Figure 3 The effect of Natular G30 on different larval stages of Haikou *Cx. pipiens quinquefasciatus* in small body of water

水质有密切关系，水中的有机化合物在需氧菌作用下发生生物降解，消耗水中溶解氧，使溶解氧含量降低。生活污水有缓慢的流动性，而含有死亡植物的小型净水为静止水，前者溶解氧的含量高于后者，溶解氧的变化不能影响测定蚊虫的生长发育。当将剂量为10和20 mg/m<sup>2</sup>多杀菌素施于净水后，其对致倦库蚊的控制效果优于相同外界环境下的生活污水，是多种水质因素综合作用的结果，是否还有其他因素影响，可进一步开展研究。同时提示，在含颗粒物或有机物较多的污水中使用多杀菌素控制蚊幼时，可适量增加剂量，而在净水中使用，可以降低剂量。

多杀菌素对致倦库蚊1龄和2龄幼虫的毒力高于对3龄和4龄幼虫，表明低龄幼虫的抵抗力低于高龄幼虫，本结果与Hertlein等<sup>[10]</sup>对埃及伊蚊及致倦库蚊的研究结果一致。由本研究的观察可见，多杀菌素对卵的毒杀作用不明确，是否有作用，还需进一步研究。令人

(下转第112页)

### ·论著·

## 氨与避蚊胺缔合对白纹伊蚊行为影响的研究

忻伟隆<sup>1</sup>, 廖圣良<sup>1</sup>, 姜志宽<sup>2</sup>, 范国荣<sup>1</sup>, 宋杰<sup>3</sup>, 陈尚钊<sup>1</sup>, 陈金珠<sup>1</sup>, 王宗德<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 江西农业大学林学院, 江西南昌 330045; <sup>2</sup> 南京军区疾病预防控制中心;

<sup>3</sup> Department of Chemistry and Biochemistry, University of Michigan-Flint

摘要：目的 探讨人体引诱物氨与驱避剂避蚊胺(DEET)之间存在的缔合作用，并研究该缔合作用对蚊虫驱避活性的影响。方法 用Y型嗅觉仪分别测定氨、DEET、氨与DEET缔合物对白纹伊蚊的行为反应。结果 氨的浓度为10 mg/L时，对白纹伊蚊有明显的引诱作用，1000和100 mg/L时有微弱引诱作用；DEET的浓度为1000和0.1 mg/L时，对白纹伊蚊有微弱驱避作用，其他浓度作用不明显；浓度为1 mg/L的氨与浓度为1 mg/L的DEET等比例混合物，对白纹伊蚊具有明显的驱避作用；浓度为1000和0.1 mg/L的DEET与同等浓度的氨等比例缔合后，既无驱避效果，也无引诱效果。结论 氨与DEET存在缔合作用，且该缔合作用能增强白纹伊蚊的驱避行为反应。通过研究人体引诱物与驱避剂的缔合作用为驱避机制研究提供新的思路。

关键词：避蚊胺；氨；缔合作用；行为反应

中图分类号：R384.1；S481.9 文献标志码：A 文章编号：1003-4692(2014)02-0109-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.005

### Effect of combination of ammonia and DEET on behavior of *Aedes albopictus*

XIN Wei-long<sup>1</sup>, LIAO Sheng-liang<sup>1</sup>, JIANG Zhi-kuan<sup>2</sup>, FAN Guo-rong<sup>1</sup>, SONG Jie<sup>3</sup>,

CHEN Shang-xing<sup>1</sup>, CHEN Jin-zhu<sup>1</sup>, WANG Zong-de<sup>1</sup>

<sup>1</sup> College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi Province, China; <sup>2</sup> Center for Disease Control and Prevention of Nanjing Command; <sup>3</sup> Department of Chemistry and Biochemistry, University of Michigan-Flint

Corresponding author: WANG Zong-de, Email: zongdewang@163.com

Supported by the Special Fund of National Forestry Public Welfare Scientific Research Project of China (No. 201304602), Major Disciplines Academic and Technical Leader Training Program of Jiangxi Province (No. 20133BCB22004), National Natural Science Foundation of China (No. 31060101) and Science and Technology Support Program of Jiangxi Province (No. 20132BBF60057)

Abstract: Objective To evaluate the interaction between attractant ammonia and repellent N,N-diethyl-3-methyl benzoyl amide (DEET) used on human body and to study its influence on their repellency to mosquitoes. Methods Y-tube olfactometer was adopted to test the influence of ammonia, DEET, and association compound of ammonia and DEET on the behavior of *Aedes albopictus*. Results The attractant ammonia showed significant attraction for *Ae. albopictus* at 10 mg/L, but it had weak attraction at 1000 mg/L and 100 mg/L. The repellent DEET showed weak repellency to *Ae. albopictus* at 1000 mg/L and 0.1 mg/L, but had little repellency at other concentrations. The combination of ammonia (1 mg/L) and DEET (1 mg/L) at a ratio of 1:1 showed significant repellency to *Ae. albopictus*, while the combination of DEET (1000 or 0.1 mg/L) and ammonia (with the same concentration as DEET) at a ratio of 1:1 showed neither attraction nor repellency. Conclusion There is association between ammonia and DEET, which can increase the repellency to *Ae. albopictus*. The study on association between human attractant and repellent provides a new idea for the understanding of repellent mechanism.

Key words: DEET; Ammonia; Association; Behavioral response

驱避剂能有效地防止蚊虫叮咬，但其作用机制仍不清晰<sup>[1]</sup>。目前对机制的解释主要有两种观点<sup>[2]</sup>：①通过干扰蚊虫的嗅觉系统以阻断蚊虫对宿主气味识别<sup>[3-5]</sup>；

基金项目：国家林业公益性行业科研专项(201304602)；江西省主要学科和技术带头人培养计划(20133BCB22004)；国家自然科学基金(31060101)；江西省科技支撑计划项目(20132BBF60057)

作者简介：忻伟隆，男，在读硕士，主要从事植物源卫生杀虫化学品研究。Email: 578024811@qq.com

通讯作者：王宗德，Email: zongdewang@163.com

②通过激活嗅觉神经元引起蚊虫的躲避行为<sup>[6-8]</sup>。除这两种解释，发现涂抹到皮肤上的驱避剂有可能与人体引诱物发生缔合，进而影响驱避活性，就此开展了计算化学和定量构效关系研究，研究结果初步证实这一推测<sup>[9-11]</sup>。因此，非常有必要利用多种手段，从多个学科进行深入研究。本研究从驱避剂和引诱物发生缔合作用的角度入手，开展行为学研究，并分析缔合作用对驱避活性的影响及其规律，这对于驱避机制研究和驱避蚊化合物的研发都具有积极意义。

1 材料与方法

1.1 供试蚊虫 白纹伊蚊(*Aedes albopictus*),江西省竹子种质资源与利用重点实验室昆虫饲养室饲养。饲养条件:温度(26±1)℃,相对湿度(70±5)%,光照14 h/d。饲养水源为放置>24 h的脱氯水。

成虫饲养在长400 mm、宽300 mm、高300 mm的蚊笼内,羽化后供以10%蔗糖水。试虫为羽化后4~7 d未吸血的雌性成虫,测试前停止供应糖餐24 h。

1.2 供试化合物及溶剂 无水乙醇,含量>99.7%,分析纯,天津市大茂化学试剂厂;避蚊胺(DEET),含量>93.4%,上海高联化工原料有限公司;氨水,含量25%~28%,分析纯,天津市大茂化学试剂厂。

1.3 供试化合物的处理 DEET用无水乙醇稀释,氨水用蒸馏水稀释,DEET和氨水的缔合物用无水乙醇稀释,稀释浓度为1000、100、10、1和0.1 mg/L。

1.4 试验仪器及生物测定条件 以Y型嗅觉仪(参照Geier and Boeckh, 1999年的设计)测定白纹伊蚊对化合物的行为反应。Y型嗅觉仪基臂长20 cm,末端接蚊虫释放管,2条Y臂长30 cm,末端接2个样品室。气流由样品室流向蚊虫释放管一端,蚊虫由飞行通道逆风飞入样品室。在气流进入样品室之前,由空气泵推动空气先经过活性炭过滤和蒸馏水加湿,空气泵流速为150 ml/min,测试室内温度(27±1)℃,相对湿度(70±5)%。

1.5 供试化合物对成蚊行为的影响 实验前将待测蚊虫搬入测试室适应环境1 h左右。实验采用自然光照,于14:00开始,18:00结束。测定时每处理分3组,每组10个重复。测定过程中,先将加有10 μl供试化合物溶液的滤纸(2.5 cm×5 cm)和加有等量溶剂的相同滤纸分别放入左、右样品室,紧接着将1只试虫放入Y型直管口,观察其5 min内的第一选择,5 min之内不选择就记为不反应。每进行一次实验即更换一次滤纸,测定5只后,调换Y型管两臂的方向,以消除几何位置对试虫趋向行为的影响。测试完一组(10只)后用蒸馏水清洗Y型管,再用乙醇擦拭,待晾干后进行下一组实验。

1.6 数据分析 实验数据用ANOVA分析,对差异有统计学意义的数据用LSD进行多重比较。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 无水乙醇对白纹伊蚊行为的影响 从表1可以看出,实验所选溶剂无水乙醇对白纹伊蚊行为的影响无统计学意义,故无水乙醇可以作为DEET、DEET与氨的缔合物溶剂使用。

表1 白纹伊蚊对无水乙醇的行为反应结果

Table 1 Behavioral response of *Ae. albopictus* to absolute ethyl alcohol

药剂名称	虫数(只)		
	处理组	对照组	不反应组
无水乙醇	1	3	6
	1	1	8
	0	3	7

2.2 氨对白纹伊蚊行为的影响 从表2可以看出,氨在浓度为1000和100 mg/L时有微弱引诱作用。在浓度为10 mg/L时,处理组蚊虫的数量达到最大值,引诱效果最好,而在其他4个浓度中,氨对白纹伊蚊的引诱效果随着浓度的增大而增大,蚊虫不反应组的数量随浓度的增大而减少。在0.1 mg/L浓度时,对照组和不反应组蚊虫数量皆为最大值,处理组蚊虫数量为最小值。氨在浓度为1和0.1 mg/L时引诱作用与对照组之间差异无统计学意义。

表2 白纹伊蚊对氨的行为反应结果

Table 2 Behavioral response of *Ae. albopictus* to ammonia

试虫(只)	重复数(次)	浓度(mg/L)	虫数(只, $\bar{x} \pm s$ )			F值
			处理组	对照组	不反应组	
10	3	1000	5.67±0.58 <sup>a</sup>	2.67±1.15 <sup>b</sup>	1.67±0.58 <sup>b</sup>	19.500
10	3	100	4.67±1.15 <sup>a</sup>	2.33±1.15 <sup>b</sup>	3.00±0.00 <sup>b</sup>	4.875
10	3	10	6.33±0.58 <sup>a</sup>	2.33±1.15 <sup>b</sup>	1.33±0.58 <sup>b</sup>	31.500
10	3	1	4.00±1.00 <sup>a</sup>	2.33±1.15 <sup>b</sup>	3.67±1.53 <sup>b</sup>	1.909
10	3	0.1	2.67±0.58 <sup>a</sup>	3.33±0.58 <sup>b</sup>	4.00±1.00 <sup>b</sup>	2.400

注:A.与对照组10和1000 mg/L浓度组比较,P<0.01; B.与不反应组10和1000 mg/L浓度组比较,P>0.05; a.与对照组及不反应组100 mg/L浓度组比较,P<0.05; b.与不反应组100 mg/L浓度组比较,P>0.05。

2.3 DEET对白纹伊蚊行为的影响 从表3可以看出,DEET在1000和0.1 mg/L浓度中有一定的驱避效果,浓度为1000 mg/L时处理组蚊虫数量达到最小值,驱避效果最好。在浓度为0.1 mg/L时,对照组蚊虫的数量为最大值,不反应组数量则为最小值。在1000 mg/L到1 mg/L的4个浓度中,DEET处理组的蚊虫数量随着DEET的浓度下降而增加,相应对照组的蚊虫数量随着DEET的浓度下降而减少,不反应组蚊虫数量受浓度的变化影响不大,几乎持平。DEET在100、10和1 mg/L 3个浓度中驱避作用与对照组之间差异无统计学意义。

2.4 氨与DEET缔合对白纹伊蚊行为的影响 从表4可以看出,在实验处理的5个浓度中,不反应组蚊虫数量随浓度的升高而减少,浓度为1000 mg/L时不反应组的数量为最小值。浓度为1000 mg/L时对照组和处理组蚊虫数量皆为最大值。在1 mg/L的浓度时,DEET单独作用处理组与对照组差异无统计学意义,而氨和DEET缔合后,却表现出明显的驱避效果。DEET在1000和0.1 mg/L的浓度中有一定的驱避效果,而氨和

DEET缔合后,这2个浓度的处理组与对照组差异无统计学意义。在除1 mg/L外的4个浓度,处理组与对照组之间差异无统计学意义。

表3 DEET对白纹伊蚊的行为反应结果

Table 3 Behavioral response of *Ae. albopictus* to DEET

试虫(只)	重复数(次)	浓度(mg/L)	虫数(只, $\bar{x} \pm s$ )			F值
			处理组	对照组	不反应组	
10	3	1000	2.67±0.58 <sup>b</sup>	4.67±1.15 <sup>a</sup>	2.67±0.58 <sup>b</sup>	6.000
10	3	100	3.33±1.15 <sup>a</sup>	4.33±1.53 <sup>a</sup>	2.33±0.58 <sup>b</sup>	2.250
10	3	10	4.00±1.00 <sup>a</sup>	4.00±1.00 <sup>a</sup>	2.00±0.00 <sup>b</sup>	6.000
10	3	1	4.33±1.15 <sup>a</sup>	3.33±1.53 <sup>a</sup>	2.33±0.58 <sup>b</sup>	2.250
10	3	0.1	3.33±0.58 <sup>b</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	1.67±0.58 <sup>b</sup>	37.500

注:A.与处理组及不反应组0.1 mg/L浓度组比较,P<0.01; B.与不反应组0.1 mg/L浓度组比较,P<0.01; a.与不反应组10和1000 mg/L浓度组比较,P<0.05; b.处理组1000 mg/L浓度组与不反应组1000 mg/L浓度组比较,P>0.05。

表4 氨和DEET缔合对白纹伊蚊的行为反应结果

Table 4 Behavioral response of *Ae. albopictus* to association compound of ammonia and DEET

试虫(只)	重复数(次)	浓度(mg/L)	虫数(只, $\bar{x} \pm s$ )			F值
			处理组	对照组	不反应组	
10	3	1000	3.67±1.53 <sup>a</sup>	5.00±1.00 <sup>a</sup>	1.33±0.58 <sup>b</sup>	8.455
10	3	100	3.33±1.53 <sup>a</sup>	4.67±2.08 <sup>a</sup>	2.00±1.00 <sup>b</sup>	2.087
10	3	10	3.67±2.31 <sup>a</sup>	3.67±0.58 <sup>b</sup>	2.67±2.08 <sup>b</sup>	0.300
10	3	1	2.00±1.00 <sup>b</sup>	4.67±1.53 <sup>a</sup>	3.33±1.15 <sup>ab</sup>	3.429
10	3	0.1	2.00±1.00 <sup>b</sup>	4.00±1.73 <sup>a</sup>	4.00±1.00 <sup>b</sup>	2.400

注:A.与处理组1 mg/L浓度组、不反应组1000 mg/L浓度组比较,P<0.01; B.处理组1 mg/L浓度组与不反应组1 mg/L浓度组比较,P>0.05; a.处理组0.1、10、100 mg/L浓度组与对照组0.1、10、100 mg/L浓度组及不反应组0.1、10、100 mg/L浓度组比较,P>0.05。

3 讨论

我们前期利用化学计算和定量构效关系手段初步证实了引诱物氨与DEET及萜类驱避化合物之间存在缔合作用,该作用主要是通过类似氢键的方式进行缔合<sup>[9-11]</sup>,还需要利用行为学和触角电生理等多方面的手段做进一步验证和研究。本研究利用Y型嗅觉仪测试了白纹伊蚊对氨、DEET及DEET+氨的行为反应。在10 mg/L的浓度时,氨对白纹伊蚊有着明显的引诱效果,在1000和100 mg/L的浓度有着微弱的引诱作用。有研究表明氨是人体汗液中冈比亚按蚊(*Anopheles gambiae*)用于宿主寻找的种间激素,氨对该蚊最适引诱浓度为227.8~1700 mg/L,而在1和10 mg/L时对淡色库蚊(*Culex pipiens pallens*)有着显著的引诱作用<sup>[12-13]</sup>。氨与其他引诱物一起出现时也能表现出一定的引诱作用,10 mg/L氨水+10 mg/L丙酮对淡色库蚊有明显的引诱作用<sup>[14]</sup>,氨在浓度为0.017~17 mg/L和3 μg/min的乳酸气流同时出现时对埃及伊蚊(*Ae. aegypti*)有着一定的引诱作用<sup>[15]</sup>。结合国内外学者就氨对蚊虫引诱作用的不同实验结果,可以看出相同物质对不同蚊种

的引诱效果不同。

同一物质在不同浓度下对蚊虫的作用效果也有差异。本行为实验得到了DEET单独作用在1000和0.1 mg/L的浓度时对白纹伊蚊有着微弱的驱避效果的结论。有类似研究表明DEET在7.6×10<sup>-9</sup>~1.2×10<sup>-4</sup> mg/cm<sup>2</sup>对埃及伊蚊有着显著的引诱作用<sup>[16]</sup>。可以看出DEET在高浓度时有着驱避效果,而低浓度时却表现出引诱效果。另外在没有活的宿主存在时,DEET是一种引诱剂,在有活宿主存在时,它却是一种引诱抑制剂<sup>[17]</sup>。而浓度相差10 000倍的DEET均表现出一定驱避性,且当浓度为0.1 mg/L时,处理组蚊虫数量与对照组差异有统计学意义,这一结果说明在本研究所选取的浓度梯度中,DEET在0.1 mg/L浓度时的驱避效果最好。在后续实验中,我们将会增加浓度梯度,进行更深入全面的研究。

驱避化合物单独作用时,对蚊虫有微弱的引诱效果,但在与人体气味、L-乳酸、丙酮、二氧化碳等同时存在时,可显著抑制或提高这些引诱物对蚊虫的引诱效果<sup>[18-20]</sup>。本实验也得到类似的结论,DEET在1 mg/L的浓度时,没有表现出驱避效果,而DEET与氨缔合后在1 mg/L的浓度,却表现出显著的驱避效果,可以说明驱避物和引诱物缔合后对驱避活性有着显著的影响。DEET与氨缔合作用时在1000 mg/L浓度下,对照组蚊虫数量与不反应组的蚊虫数量有明显差异,DEET单独作用在1000、10和0.1 mg/L浓度时也有类似结果。而氨单独作用时却无以上结果,导致这一结果产生的原因可能是DEET、DEET与氨缔合物所表现驱避特性较相同浓度梯度氨的引诱特性要强,对蚊虫影响更大,导致对照组蚊虫数量与不反应组蚊虫数量有明显差异。

氨和DEET缔合的研究结果与前期计算化学及构效关系研究结果相互印证<sup>[9-11]</sup>,进一步说明在一定浓度范围,驱避物DEET和引诱物氨存在缔合作用,且两者缔合后对驱避活性有显著影响。在以后的研究中,结合化学计算、行为学、触角电生理学等多种手段,可以更加深入地研究驱避剂与引诱化合物的缔合作用,为驱避机制研究和驱诱蚊化合物的研发提供依据。

参考文献

- [1] 廖圣良,姜志宽,宋杰,等. 蚊虫驱避剂的驱避机制研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2012, 18(4): 280-283.
- [2] Pellegrino M, Steinbach N, Stensmyr MC, et al. A natural polymorphism alters odour and DEET sensitivity in an insect odorant receptor[J]. Nature, 2011, 478(7370): 511-514.
- [3] Davis EE, Sokolove PG. Lactic acid-sensitive receptors on the antennae of the mosquito, *Aedes aegypti* [J]. J Comp Physiol A, 1976, 105(1): 43-54.
- [4] Dline DL, Bernier UR, Posey KH, et al. Olfactometric evaluation of spatial repellents for *Aedes aegypti* [J]. J Med Entomol, 2003, 40(4): 463-467.

[5] Turner SL, Li N, Guda T, et al. Ultra-prolonged activation of CO<sub>2</sub>-sensing neurons disorients mosquitoes [J]. Nature, 2011, 474 (7349):87-91.

[6] Syed Z, Leal WS. Mosquitoes smell and avoid the insect repellent DEET[J]. PNAS, 2008, 105(36):13598-13603.

[7] Xia Y, Wang G, Buscariollo D, et al. The molecular and cellular basis of olfactory-driven behavior in *Anopheles gambiae* larvae [J]. PNAS, 2008, 105(17):6433-6438.

[8] Stanczyk NM, Brookfield JFY, Ignell R, et al. Behavioral insensitivity to DEET in *Aedes aegypti* is a genetically determined trait residing in changes in sensillum function [J]. PNAS, 2010, 107 (19): 8575-8580.

[9] Song J, Wang ZD, Findlater A, et al. Terpenoid mosquito repellents: a combined DFT and QSAR study [J]. Bioorg Med Chem Lett, 2013, 23(5):1245-1248.

[10] 廖圣良, 姜志宽, 宋杰, 等. 氮分子与驱避剂缔合对驱避活性影响的定量计算[J]. 中华卫生杀虫药械, 2012, 18(2):106-110.

[11] 廖圣良, 宋杰, 王宗德, 等. 定量计算萜类驱避化合物与二氧化碳缔合对其蚊虫驱避活性的影响[J]. 昆虫学报, 2012, 55(9): 1054-1061.

[12] Braks M, Meijerink J, Takken W. The response of the malaria mosquito, *Anopheles gambiae*, to two components of human sweat, ammonia and L-lactic acid, in an olfactometer[J]. Physiol Entomol,

2001, 26(2):142-148.

[13] 丁思悦, 黄求应, 雷朝亮. 淡色库蚊对4种化学物质的嗅觉反应 [J]. 昆虫知识, 2007, 44(3):389-392.

[14] 张时秒, 莫建初, 潘程远, 等. 几种人体物质对淡色库蚊雌成虫引诱和驱避作用[J]. 昆虫知识, 2004, 41(6):545-547.

[15] Geier M, Bosch OJ, Boeckh J. Ammonia as an attractive component of host odour for the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti* [J]. Chemical Senses, 1999, 24(6):647-653.

[16] Mehr ZA, Rutledge LC, Buescher MD, et al. Attraction of mosquitoes to diethyl methylbenzamide and ethyl hexanediol [J]. J Am Mosq Control Assoc, 1990, 6(3):469-476.

[17] Dogan EB, Ayres JW, Rossignol PA. Behavioural mode of action of DEET: inhibition of lactic acid attraction [J]. Med Vet Entomol, 1999, 13(1):97-100.

[18] Bernier UR, Furman KD, Kline DL, et al. Comparison of contact and spatial repellency of catnip oil and N, N-diethyl-3-methylbenzamide (DEET) against mosquitoes [J]. J Med Entomol, 2005, 42(3):306-311.

[19] 郝蕙玲, 杜家伟. 几种驱避化合物对白纹伊蚊寄主搜寻能力的影响[J]. 昆虫学报, 2008, 51(11):1220-1224.

[20] 余静, 王杰, 张富强, 等. 驱避-引诱联合使用对蚊虫控制效果的现场测试[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2013, 24(3):193-195.

收稿日期:2013-11-12

(上接第108页)

惊奇的是,在生活污水和小型净水中施用 Natular G30 之后,第1天蛹的数量增加,可能是接触多杀菌素对幼虫有促进化蛹的作用。

相对于化学杀虫剂(如有机磷类和拟除虫菊酯类杀虫剂),多杀菌素的起效较慢。在本研究中,除小型净水的最低浓度外,所有处理组的减退率在第3天时接近100%。一些研究表明<sup>[10-12]</sup>,在相近的处理浓度下,对于所有龄期的蚊幼,其累计死亡率在第72h出现峰值,与本研究结果一致。

多杀菌素对水生生物安全。试验过程中,可观察到一直有蝌蚪、鱼、虾、螺、摇蚊幼虫等存活,对所有的测定浓度,都没有看到明显的中毒症状。Duchet等<sup>[13]</sup>的研究指出0.008、0.017、0.033 mg/L的多杀菌素在现场试验中对蚤状溞(*Daphnia pulex*)产生了一定的不良影响,但迄今为止,在适当的施用浓度下,多杀菌素对非靶标生物的破坏呈最低限度<sup>[10]</sup>。

参考文献

[1] 刘慧, 孟凤霞, 鲁玉杰. 蚊虫对拟除虫菊酯的抗药性检测技术研究进展[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2010, 17(1):55-60.

[2] 吴志凤, 王以燕, 顾宝根. 我国卫生杀虫剂的现状与发展前景 [J]. 农药科学与管理, 2011, 32(5):16-19.

[3] 孟凤霞, 靳建超, 陈云, 等. 我国淡色库蚊/致倦库蚊对常用化学杀虫剂的抗药性[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(6): 517-520, 528.

[4] Vincent L, Salgado, Joel J, et al. Studies on the mode of action of spinosad: the internal effective concentration and the concentration dependence of neural excitation[J]. Pesticide Biochemistry Physiol, 1998, 60(2):103-110.

[5] 吴霞. 多杀菌素:以天然产物开发新农药的范例[J]. 世界农药, 2001, 23(1):24-28.

[6] 王彦华, 王鸣华. 多杀菌素的作用机理及其抗药性的研究进展 [J]. 农药科学与管理, 2006, 27(11):12-15.

[7] Gary DT, Robert D, Thomas CS. Spinosad—a case study: an example from a natural products discovery programme [J]. Pest Management Sci, 2000, 56(8):696-702.

[8] Saunders DG, Bret BL. Fate of spinosad in the environment [J]. Down Earth, 1997, 52(1):14-20.

[9] Bahgat IM, El Kady GA, Temerak SA, et al. The natural bio-insecticide spinosad and its toxicity to combat some mosquito species in Ismailia Governorate [J]. Egypt World J Agric Sci, 2007, 3(4):396-400.

[10] Hertlein MB, Mavrotas C, Jousseume C, et al. A review of spinosad as a natural product for larval mosquito control [J]. J Am Mosq Control Assoc, 2010, 26(1):67-87.

[11] Cisneros J, Goulson D, Derwent LC, et al. Toxic effects of spinosad on predatory insects [J]. Biol Control, 2002, 23(2):156-163.

[12] Vinuela E, Medina MP, Schneider M, et al. Comparison of side-effects of spinosad, tebufenozide and azadirachtin on the predators *Chrysoperla carnea* and *Podisus maculiventris* and the parasitoids *Opius concolor* and *Hyposoter didymator* under laboratory conditions [J]. Bull Iobciwprs, 2001, 24(4):25-34.

[13] Duchet C, Larroque M, Caquet T, et al. Effects of spinosad and *Bacillus thuringiensis israelensis* on a natural population of *Daphnia pulex* in field microcosms [J]. Chemosphere, 2008, 74(1):70-77.

收稿日期:2014-01-11

· 论 著 ·

# 广东省蚊虫感染沃尔巴克氏体初步调查研究

林立丰, 吴德, 张欢, 寇婧, 周惠琼, 段金花, 吴军, 刘文华  
广东省疾病预防控制中心, 广东广州 511430

**摘要:** 目的 了解广东省蚊虫种群中沃尔巴克氏体(*Wolbachia*)的分布及其基因型别。方法 利用 *Wolbachia* 的 *wsp* 基因序列建立 PCR 检测方法,对蚊科中库蚊属、伊蚊属、阿蚊属和按蚊属部分蚊虫种类进行检测,同时利用 Mega 5.2 软件对所获基因序列进行系统分析。结果 分别从致倦库蚊、骚扰阿蚊、白纹伊蚊及未分型蚊种中检测到 12 条目的基因序列,其中 11 条成功进行测序,这些序列分别属于 A 和 B 2 个超级基因组,分布在 5 个不同的基因族中。结论 广东省白纹伊蚊、骚扰阿蚊和致倦库蚊中均存在 A 大组(含 2 个小组)和 B 大组(含 3 个小组)基因型的 *Wolbachia* 感染,埃及伊蚊和中华按蚊未检测出 *Wolbachia*。

**关键词:** 白纹伊蚊; 中华按蚊; 致倦库蚊; 骚扰阿蚊; *Wolbachia*; *wsp* 基因; 种系发生

中图分类号:R384.1; R376 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0113-04  
DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.006

## Preliminary studies on infection of *Wolbachia* in mosquito populations in Guangdong province, China

LIN Li-feng, WU De, ZHANG Huan, KOU Jing, ZHOU Hui-qiong, DUAN Jin-hua, WU Jun, LIU Wen-hua  
Guangdong Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 511430, Guangdong Province, China

**Abstract:** **Objective** To understand *Wolbachia* distribution and genotype among mosquito populations in Guangdong. **Methods** PCRs were performed on mosquitoes from *Culex*, *Aedes*, *Anopheles* and *Armigeres* based on *Wolbachia wsp* gene, PCR products were sequenced and performed phylogenetic analysis using molecular biology software (Mega 5.2). **Results** Twelve samples were positive on *Cx. pipiens quinquefasciatus*, *Ar. subalbatus*, *Ae. albopictus* and unidentified *Culex*, 11 of them were successfully sequenced, phylogenetic analysis revealed they were divided into 5 clades belonged to *Wolbachia* supergroup A and supergroup B. **Conclusion** Both supergroup A and supergroup B were detected among *Cx. pipiens quinquefasciatus*, *Ar. subalbatus*, *Ae. albopictus*, but not in *Ae. aegypti* and *Anopheles sinensis* samples.

**Key words:** *Aedes albopictus*; *Anopheles sinensis*; *Culex pipiens quinquefasciatus*; *Armigeres subalbatus*; *Wolbachia*; *wsp* gene; Phylogenetic analysis

沃尔巴克氏体(*Wolbachia*)属于α变性菌,是可以通过雌性昆虫进行传播的一种革兰阴性菌,也是最为常见的一种专性细胞共生菌。由于 *Wolbachia* 可以通过诱导宿主间杂交的胞质不相融合(CI)<sup>[1]</sup>,诱导单性生殖(PI)<sup>[2]</sup>、雌性化<sup>[3]</sup>和杀雄性<sup>[4]</sup>等机制改变和影响其宿主的繁殖,因而被人们利用来进行生物控制的工具。为了更好地利用 *Wolbachia* 的这些特点,我们需要弄清楚不同 *Wolbachia* 的进化史。目前,有研究已经利用 *Wolbachia* 的核酸序列,如 16S rRNA、*ftsZ* 和 *wsp* 基因等,进行系统发生的研究<sup>[5-8]</sup>。葛春喜等<sup>[9]</sup>利用 *Wolbachia* 的 16S rRNA 序列对白纹伊蚊(*Aedes albopictus*)和致倦库蚊(*Culex pipiens quinquefasciatus*)进行了其种系发生关系及传播方式的研究;同年,宋社吾等<sup>[10]</sup>利用 *wsp* 基因序列对来自我国多个地区的蚊虫标本进行

*Wolbachia* 的感染研究。广东省位于亚热带地区,登革热等蚊媒传染病的防控面临很多难题。如何利用 *Wolbachia* 的胞质不相融性及对登革热病毒的抑制作用<sup>[11]</sup>预防控制蚊虫的繁殖和疾病的传播是我们关注的重点。本研究对采集到的骚扰阿蚊(*Armigeres subalbatus*)、中华按蚊(*Anopheles sinensis*)、致倦库蚊、白纹伊蚊和埃及伊蚊(*Ae. aegypti*)感染 *Wolbachia* 情况进行调查,对 *wsp* 基因进行扩增测序,并对其进行系统进化分析研究,为进一步深入研究奠定基础。

### 1 材料与方法

1.1 蚊种及来源 埃及伊蚊采自湛江市,在本研究室饲养繁殖的成蚊及幼蚊;白纹伊蚊成蚊采自东莞、河源和云浮市;致倦库蚊、骚扰阿蚊和中华按蚊成蚊采自河源市的龙川县、肇庆市的怀集县、云浮市的罗定、阳江和东莞市。上述采集的所有成蚊均为雌性蚊虫,采用诱蚊灯法和诱蚊诱卵法获得。

作者简介:林立丰,男,医学博士,主任医师,中心副主任,从事病媒生物学及控制研究。Email: lifenglin@vip.tom.com



1.2 蚊虫标本的处理 将上述采集到的各种蚊虫标本,按4~50只/管分装至2 ml螺旋口管中,放入φ 10 mm的瓷珠3~4颗,每管加入600 μl的生理盐水,放入研磨粉碎机 preCellys 24(Bertin Technologies,法国)中按5000次/min振荡45 s粉碎处理。处理的标本5000×g离心5 min,吸取上清-20℃保存备用。

1.3 Wolbachia DNA的提取 Wolbachia DNA的提取按照 DNeasy Blood & Tissue Kit(QIAGEN,德国)说明书进行提取。简单叙述如下:向1.5 ml EP管中加入20 μl蛋白酶K,同时加入上述制备的上清液200 μl和200 μl的裂解液,56℃孵育10 min,每管再加入200 μl无水乙醇沉淀核酸,将上述所有液体加入到DNeasy Mini硅胶柱中离心,2次清洗硅胶柱后13 200×g离心脱水,最后加入100 μl DEPC水洗脱DNA。

1.4 wsp基因序列的扩增 使用依据Wolbachia的wsp基因序列设计的1对特异性引物,上游引物为81F:5'-TGG TCC AAT AAG TGA TGA AGA AAC,下游引物为691R:5'-AAA AAT TAA ACG CTA CTC CA,该引物为Wolbachia的通用引物,其PCR产物590~632 bp。PCR试剂选用Platium PCRmix(Lifetech,美国),扩增体积为25 μl,包括:12.5 μl Platium PCRmix反应液,上下游引物(10 pmol/μl)各1 μl,DNA模板5 μl,用DEPC水补齐到25 μl体积。扩增条件:95℃预变性5 min;94℃1 min,55℃1 min,72℃1 min,扩增35个循环;最后72℃延伸7 min。取以上PCR产物10 μl,用1.0%琼脂糖凝胶电泳,紫外灯下观察结果。

1.5 PCR产物的克隆和鉴定 将PCR产物经琼脂糖凝胶回收,回收产物与pUC19载体在37℃条件下连接30 min。取连接产物10 μl转化大肠埃希菌JM109感受态细胞,然后将转化的菌液加入IPTG和X-gal后均匀地涂布于含氨苄青霉素的平板上,37℃培养过夜,经蓝/白斑初步筛选阳性克隆。以碱裂解法少量提取重组质粒,以重组质粒为模板,分别作PCR鉴定。

1.6 wsp基因序列的测定与分析 鉴定的PCR产物送Lifetech广州分公司进行测序。登录互联网站(http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi),将所测序列与GenBank中相关序列进行同源性分析,同时从GenBank中下载相关序列,利用Mega 5.2软件中的Test Neighbor-joining tree进行系统进化分析和进化树的制作。

2 结果

2.1 蚊虫种类及数量 本研究共采集各类蚊虫标本93份,约3786只,采集种类、数量和采集地点见表1。

2.2 wsp基因序列的PCR扩增 利用合成的引物分别从采集的蚊虫标本中扩增出Wolbachia wsp基因序列,

琼脂糖电泳表明目的核酸片段长约599~626 bp,在理论设计大小范围内(图1)。93份标本中,共扩增出12份目的条带,其中来自东莞市的2份白纹伊蚊均为阳性;阳江市未分型库蚊阳性2份(2/189),骚扰阿蚊阳性1份(1/5);河源市致倦库蚊阳性2份(2/15),骚扰阿蚊阳性1份(1/15);云浮市致倦库蚊阳性2份(2/6),骚扰阿蚊阳性2份(2/8);中华按蚊和埃及伊蚊均未检出阳性条带。致倦库蚊检出率为14.8%(4/27),骚扰阿蚊为33.3%(4/12),白纹伊蚊为40.0%(2/5),未鉴定库蚊为9.5%(2/21),中华按蚊(0/8)和埃及伊蚊(0/20)未检出。

表1 采集的蚊虫标本信息

Table 1 Informations of collected mosquito samples. Table with 6 columns: Mosquito species, Dongguan, Yangjiang, Heyuan, Yunfu, and Lab. Rows include Culex fatigans, Aedes albopictus, Anopheles sinensis, and others.

注:括号外数据为蚊虫标本份数;括号内数据为采集数量(只)。

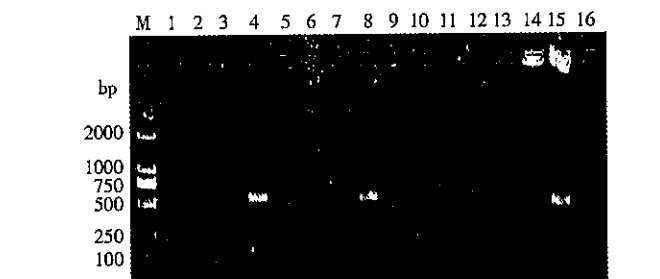


图1 PCR扩增的wsp基因1%琼脂糖凝胶电泳

Figure 1 1% agarose gel electrophoresis of the amplified wsp genes

2.3 wsp基因序列测定与分析 扩增的12条wsp基因有11条成功测序,有1条测序后为双峰。重组质粒测序结果表明,插入序列均为599~626 bp(表2)。经与GenBank中相关序列的同源性分析,证明获得的序列为Wolbachia的wsp基因序列。11个序列之间的同源性在80.1%~100%之间,最低同源性发生在DG13013和GD13002之间,最高同源性发生在GD130098和GD13101之间,以及GDYJ1315、GD13016和DG13003之间。

进化分析结果显示,11个序列被划分在2个超级组别(图2)的5个进化分支中,其中来自白纹伊蚊的2个序列分别位于A大组的I簇和B大组的II簇中;来自骚扰阿蚊的4个序列分别位于A大组的I、II两个

表2 扩增的Wolbachia wsp基因信息 Table 2 Informations of the amplified Wolbachia wsp genes

Table 2 Informations of the amplified Wolbachia wsp genes. Table with 6 columns: Sample ID, Collection Location, Collection Time, Host Name, Sequence Length (bp), GenBank Accession Number.

簇中和B大组的III簇中;来自致倦库蚊的4个序列分别位于A大组的II簇中及B大组的II和III两个簇中;来自未鉴定库蚊的1个序列位于B大组中的I簇中;其中来源于骚扰阿蚊(GD13116)、白纹伊蚊(DG13009)和致倦库蚊(DG13013)的Wolbachia wsp基因序列同源性高达97.84%~99.34%,位于同一个进化分支中(B大组III小簇);来自骚扰阿蚊(GD13099)和致倦库蚊(GD13002)的wsp基因序列同源性为98.09%,位于同一个进化分支中(A大组II小簇);来源于骚扰阿蚊(GDYJ1315、GD13016)和白纹伊蚊(DG13003)的wsp基因序列同源性高达100%,位于同一个进化分支中(A大组I小簇)。

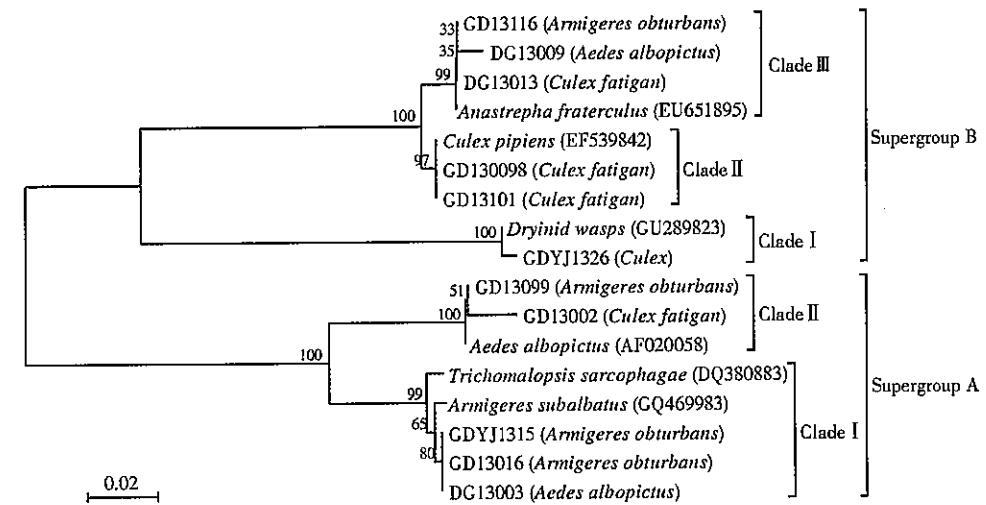


图2 Wolbachia wsp基因系统进化分析 Figure 2 Phylogenetic analysis of Wolbachia wsp genes

3 讨论

Wolbachia是一群细胞内寄生的细菌,不同的生殖表型与细胞质不相容、单性生殖和雌性雌性化等有关。Zhou等[7]利用Wolbachia外壳蛋白基因(wsp)进行了系统进化研究,研究表面Wolbachia pipientis簇最初可以划分成12个小组,其中8个组成A大组,4个组成B大组。随着Wolbachia的wsp基因序列的增加,这种分类还会不断地进行调整。本研究共获得11条wsp基因序列,这些序列共划分成5个小组,其中2个小组来自A大组,3个小组来自B大组,这些序列的变异均未超出目前公布的序列范围。

由于Wolbachia可以影响宿主不同的生殖表型,早在1967年,Laven[12]利用Wolbachia可以诱导胞质不相融现象来控制库蚊的繁殖,达到控制库蚊种群的目的。此外,有研究表明在其唾液腺中感染Wolbachia的白纹伊蚊可以减少登革热病毒的传播[12],在广东省开展蚊虫Wolbachia分布调查以及其对登革热病毒抑制

作用,对广东省登革热流行规律研究与防控具有重要意义。

本研究中,在致倦库蚊、白纹伊蚊和骚扰阿蚊中均检出Wolbachia,其中白纹伊蚊检出率最高。为了提高检出率,我们未对单个蚊虫进行检测,而是将每种蚊虫的多只混合在一起进行检测,因此无法判断每种蚊虫的真实感染率,但本研究结果初步反映出广东省蚊虫感染的基本情况,为开展下一步的研究提供科学依据。

参考文献

[1] Blagrove MS, Arias-Goeta C, Failloux AB. Wolbachia strain wMel induces cytoplasmic incompatibility and blocks dengue transmission in Aedes albopictus [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2012, 109(1): 255-260. [2] Watanabe M, Kageyama D, Miura K. Transfer of a parthenogenesis-inducing Wolbachia endosymbiont derived from Trichogramma dendrolimi into Trichogramma evanescens [J]. J Invertebr Pathol, 2013, 112(1): 83-87.

(下转第118页)

·论 著·

# 淡色库蚊和致倦库蚊对杀虫剂抗药性的调查研究

赵明惠<sup>1,2</sup>, 冉鑫<sup>1,2</sup>, 李春晓<sup>2</sup>, 赵彤言<sup>1,2</sup>

1 安徽医科大学, 安徽 合肥 230032; 2 军事医学科学院微生物流行病研究所, 病原微生物生物安全国家重点实验室, 北京 100071

**摘要:** 目的 了解我国不同地区淡色库蚊和致倦库蚊对常用拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性水平, 为合理有效地使用化学杀虫剂提供依据。方法 采用滤纸接触筒法测定成蚊对 10 000 mg/L 溴氰菊酯和 10 000 mg/L 氯菊酯的 1 h 击倒率和 24 h 死亡率。结果 北京市、河北和海南省淡色库蚊及致倦库蚊在溴氰菊酯和氯菊酯区分剂量下的 24 h 死亡率均 < 80%, 均为抗性种群。7 株淡色库蚊对 10 000 mg/L 氯菊酯的 24 h 死亡率均 < 50%; 13 株蚊虫对 10 000 mg/L 溴氰菊酯的抗性高低不一, 24 h 死亡率 1%~66% 不等。结论 北京市、河北及海南省淡色库蚊和致倦库蚊对拟除虫菊酯类杀虫剂均产生了高抗性, 蚊虫抗药性的产生与杀虫剂的使用密切相关, 在创建文明卫生城市工作中要科学合理用药, 开展抗药性监测, 采取适当措施延缓蚊虫抗药性的产生和发展。

**关键词:** 淡色库蚊; 致倦库蚊; 溴氰菊酯; 氯菊酯; 抗药性

中图分类号: R384.1; S481.4 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0116-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.007

## Study on insecticide resistance of *Culex pipiens pallens* and *Cx. pipiens quinquefasciatus*

ZHAO Ming-hui<sup>1,2</sup>, RAN Xin<sup>1,2</sup>, LI Chun-xiao<sup>2</sup>, ZHAO Tong-yan<sup>1,2</sup>

1 Anhui Medical University, Hefei 230032, Anhui Province, China; 2 State Key Laboratory of Pathogen and Biosecurity, Institute of Microbiology and Epidemiology, Chinese Academy of Military Medical Sciences, Beijing 100071, China

Corresponding author: ZHAO Tong-yan, Email: tongyanzhao@126.com

Supported by the National Science and Technology Major Infectious Diseases Project (No. 2012ZX10004-219)

**Abstract: Objective** To determine the resistance levels of *Culex pipiens pallens* and *Cx. pipiens quinquefasciatus* from different regions in China to commonly used pyrethroid insecticides and to provide a scientific basis for rational use of chemical insecticides. **Methods** The filter paper contact method was used to determine the 1 hour knock-down rate and 24 hour mortality of adult mosquitoes exposed to 10 000 mg/L deltamethrin and 10 000 mg/L permethrin. **Results** The 24 hour mortality of *Cx. pipiens pallens* and *Cx. pipiens quinquefasciatus* from three provincial regions in China were all less than 80% when exposed to discriminating doses of deltamethrin and permethrin, so all the mosquito strains were defined as resistant populations. The 24 hour mortality of 7 strains of *Cx. pipiens pallens* exposed to 10 000 mg/L permethrin were all less than 50%; the 24 hour mortality of 13 strains of mosquitoes exposed to 10 000 mg/L deltamethrin ranged from 1% to 66%, showing different resistance levels. **Conclusion** *Cx. pipiens pallens* and *Cx. pipiens quinquefasciatus* from three provincial regions in China have all developed high resistance to pyrethroid insecticides. The development of insecticide resistance is closely related to the indiscriminate use of pesticides. It is critical to use insecticides appropriately, imperative to monitor the susceptibility, and advisable to develop and apply resistance management tactics.

**Key words:** *Culex pipiens pallens*; *Culex pipiens quinquefasciatus*; Deltamethrin; Permethrin; Insecticide resistance

淡色库蚊 (*Culex pipiens pallens*) 和致倦库蚊 (*Cx. pipiens quinquefasciatus*) 同属于尖音库蚊复合组 (*Culex pipiens complex*), 是流行性乙型脑炎 (乙脑) 和

淋巴丝虫病的重要媒介, 是城市卫生杀虫剂防控的主要靶标生物<sup>[1-2]</sup>。目前化学防治仍为蚊虫治理的重要措施之一。20 世纪 80 年代初, 拟除虫菊酯类杀虫剂因具有低毒、高效和对环境友好等特点, 已经渐渐超过有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂的使用, 在生产生活中被人们广泛的应用。但是由于这些杀虫剂的长期、大量应用, 已经导致蚊虫抗药性的持续发生。为了解我国

基金项目: 国家科技重大专项课题 (2012ZX10004-219)  
作者简介: 赵明惠, 女, 硕士, 主要从事蚊虫抗性方面的研究。  
Email: zhaomhmosquito@126.com  
通讯作者: 赵彤言, Email: tongyanzhao@126.com

不同地区淡色库蚊和致倦库蚊对常用拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性现状, 指导杀虫剂的合理使用, 2012 年 7-9 月, 笔者对北京市、河北及海南省不同城市的淡色库蚊和致倦库蚊对溴氰菊酯及氯菊酯的抗药性进行了调查研究, 现将结果报告如下。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 供试蚊虫

敏感品系: 室内常规饲养 10 年以上的致倦库蚊成蚊, 采自广东省广州市。

现场种群: 采自北京市石景山、朝阳、昌平区; 河北省邯郸、石家庄、保定、廊坊市; 海口市坡巷、海口市高山、琼海市、三亚市的淡色库蚊和致倦库蚊幼虫, 常规饲养至羽化为成蚊。

1.2 测试药物 98.8% 溴氰菊酯和 99% 氯菊酯原药, 由军事医学科学院微生物流行病研究所媒介生物学与防治实验室提供, 乙醚、丙酮均为分析纯。

1.3 测定方法 采用 WHO 成蚊滤纸接触筒法<sup>[3]</sup>, 以 10 000 mg/L 溴氰菊酯和 10 000 mg/L 氯菊酯为区分剂量进行测定, 每个实验重复 3 次, 同时设丙酮对照, 具体操作步骤: ① 药剂用丙酮稀释至诊断剂量浓度, 取 2 ml 药液均匀涂抹于 15.7 cm × 12.5 cm 大小的 1 mm 厚的滤纸, 待溶剂挥发后将滤纸卷成筒状插入接触筒。② 将恢复筒安装在方隔板的一面, 用乙醚迷晕蚊虫, 挑取雌蚊 50 只放入筒内, 关闭隔板。③ 在方隔板的另一端装上已衬贴滤纸的接触筒, 把隔板抽开, 将恢复筒内蚊虫轻轻吹入接触筒, 迅速关闭隔板。④ 接触筒直立, 记录接触 1 h 时的试虫击倒数, 计算试虫 1 h 击倒率。⑤ 接触完毕后再抽开隔板, 将全部蚊虫吹入恢复筒, 关上隔板, 取下接触筒。⑥ 将恢复筒直立, 饲以 8% 葡萄糖水, 保持在室温 (25 ± 2) °C, 相对湿度 60%~80% 的实验室内。⑦ 24 h 后检查试虫的死亡数和存活数, 计算试虫死亡率。

1.4 数据处理 对照死亡率 < 5% 无需校正; 对照死亡率在 5%~20% 之间, 用 Abbott 公式进行校正; 对照死亡率 > 20% 为无效测定。

$$\text{死亡率} = \frac{\text{死亡虫数}}{\text{试虫总数}} \times 100\%$$

$$\text{校正死亡率} = \frac{(\text{实验组死亡率} - \text{对照组死亡率})}{(1 - \text{对照组死亡率})} \times 100\%$$

1.5 判别标准 在诊断剂量下蚊虫的死亡率在 98%~100% 为敏感种群 (S); 死亡率在 80%~97% 为可能抗性种群 (M); 死亡率 < 80% 为抗性种群 (R)。

### 2 结 果

2.1 击倒率和死亡率 不同地区淡色库蚊及致倦库

蚊成蚊对 10 000 mg/L 溴氰菊酯和 10 000 mg/L 氯菊酯 1 h 击倒率及 24 h 死亡率见表 1、2。

表 1 中国 3 个省 (直辖市) 淡色库蚊和致倦库蚊成蚊对 10 000 mg/L 溴氰菊酯抗药性监测结果

Table 1 Resistance of adult *Cx. pipiens pallens* and *Cx. pipiens quinquefasciatus* from three provincial regions of China to 10 000 mg/L deltamethrin

采样地区	蚊种	试虫总数 (只)	1 h 击倒数 (只)	1 h 击倒率 (%)	24 h 死亡数 (只)	24 h 死亡率 (%)	抗性级别
实验室	致倦库蚊	149	149	100.00	148	99.33	S
石景山	淡色库蚊	149	101	67.79	29	19.46	R
朝阳	淡色库蚊	147	129	87.76	70	47.62	R
昌平	淡色库蚊	148	116	78.38	77	52.03	R
邯郸	淡色库蚊	150	106	70.67	68	45.33	R
石家庄	淡色库蚊	146	118	80.82	80	54.79	R
保定	淡色库蚊	150	130	86.67	99	66.00	R
廊坊	淡色库蚊	149	102	68.46	37	24.83	R
海口市坡巷	致倦库蚊	90	14	15.56	1	1.11	R
海口市高山	致倦库蚊	152	132	86.84	73	48.03	R
琼海	致倦库蚊	141	111	78.72	67	47.52	R
三亚	致倦库蚊	147	125	85.03	67	45.58	R
对照组	淡色库蚊	146	0	0.00	6	4.11	
对照组	致倦库蚊	144	1	0.69	0	0.00	

表 2 中国 3 个省 (直辖市) 淡色库蚊成蚊对 10 000 mg/L 氯菊酯抗药性监测结果

Table 2 Resistance of adult *Cx. pipiens pallens* from three provincial regions of China to 10 000 mg/L permethrin

采样地区	蚊种	试虫总数 (只)	1 h 击倒数 (只)	1 h 击倒率 (%)	24 h 死亡数 (只)	24 h 死亡率 (%)	抗性级别
实验室	致倦库蚊	150	150	100.00	147	98.00	S
石景山	淡色库蚊	147	110	74.83	50	34.01	R
朝阳	淡色库蚊	146	121	82.88	65	44.52	R
昌平	淡色库蚊	98	77	78.57	43	43.88	R
邯郸	淡色库蚊	150	82	54.67	35	23.33	R
石家庄	淡色库蚊	145	105	72.41	61	42.07	R
保定	淡色库蚊	148	97	65.54	25	16.89	R
廊坊	淡色库蚊	150	93	62.00	36	24.00	R
对照组	淡色库蚊	147	0	0.00	1	0.68	

2.2 抗性级别 按国标抗药性评价标准分类<sup>[4]</sup>, 野外种群淡色库蚊及致倦库蚊对溴氰菊酯和氯菊酯的抗性级别均已达到抗性水平 (R)。特别是 7 株淡色库蚊对 10 000 mg/L 氯菊酯的 24 h 死亡率 < 50%, 说明其对氯菊酯已产生高抗性。对 10 000 mg/L 溴氰菊酯的抗性高低不一, 24 h 死亡率由 1%~66% 不等。海口市坡巷致倦库蚊的抗药性最高, 24 h 死亡率仅为 1.11%。

### 3 讨 论

本次抗药性调查, 采用实验室长期饲养的致倦库

蚊正常品系作为敏感株,与采集于现场的淡色库蚊及致倦库蚊对常用拟除虫菊酯类杀虫剂进行了比较测定。调查发现,北京、河北、海南等地淡色库蚊及致倦库蚊对常用杀虫剂溴氰菊酯和氯菊酯均已达到抗性水平。7 株淡色库蚊对 10 000 mg/L 氯菊酯 24 h 死亡率均 < 50%, 河北地区淡色库蚊的抗性普遍比北京地区高。北京市朝阳区和昌平区的抗性比石景山区略低;河北省保定市的淡色库蚊抗性比本省其他地区高,24 h 死亡率仅为 16.89%。各地理株蚊对溴氰菊酯的抗性也很高,但不同地区高低不一。海口市坡巷致倦库蚊的抗性最高,24 h 死亡率仅为 1.11%,溴氰菊酯几乎对该蚊不起作用。此外,北京市石景山区和河北省廊坊市的淡色库蚊抗性也很高,24 h 死亡率在 20% 左右;其他地区蚊虫对溴氰菊酯的抗性比这 3 株略低,24 h 死亡率在 45%~66% 之间。蚊虫抗药性的产生是其长期接触杀虫剂的必然结果,抗性的发展程度与杀虫剂的使用频率密切相关<sup>[5]</sup>。实验结果表明溴氰菊酯和氯菊酯在北京、河北和海南各地区蚊虫的防治中已不宜继续使用。今后应采取更加科学合理的抗药性管理措施,定期进行蚊虫抗药性监测,及时了解蚊虫抗药性状况,正确选择不同作用机制的杀虫剂轮换交替使用,以提高药效,避免长期使用同一种或同一类杀虫剂而引起抗性增加<sup>[6]</sup>。使用杀虫剂与增效剂复配,也可使蚊虫抗药性延缓产生。将杀虫剂与不同的增效剂混用,可起到增效、减轻污染、降低成本、克服抗

药性种群、延缓抗药性的产生等作用<sup>[7]</sup>。此外,还需要加强对抗性机制的研究,促进新型杀虫剂的开发,以延缓和克服抗药性的进一步发展。蚊虫防治最终应以综合治理为主,加强环境整治,消除蚊虫赖以孳生的场所,减少蚊虫防治过程中对化学药剂的依赖<sup>[8]</sup>。

参考文献

[1] 陆宝麟,赵彤言. 中国尖音库蚊复合组生物分类学的研究: 雄蚊阳茎 DV/D 值的数值分析[J]. 昆虫学报, 1994, 37(4): 446-449.

[2] 张金光, 霍新北. 淡色库蚊的抗性机制研究进展及控制策略[J]. 预防医学论坛, 2011, 17(4): 355-358.

[3] 刘维德. 蚊类抗药性及其测定[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 53-63.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 鲍庆汉, 姜朝明, 吴黎明. 千岛湖镇城区淡色库蚊抗药性研究[J]. 浙江预防医学, 2013, 25(7): 17-19.

[7] 黄晓丹, 赵久旭, 寇景轩, 等. 山东省东平湖地区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, 2013, 24(5): 406-408.

[8] 宋丽华, 周祎, 齐上, 等. 按蚊对 5 种常用杀虫剂的抗药性现场调查研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2012, 18(6): 518-520.

收稿日期: 2013-11-22

(上接第 115 页)

[3] Reumer BM, van Alphen JJ, Kraaijeveld K. Population genetics of *Wolbachia*-infected, parthenogenetic and uninfected, sexual populations of *Tetrastichus coeruleus* (Hymenoptera: Eulophidae) [J]. Mol Ecol, 2013, 22(17): 4433-4444.

[4] Longdon B, Fabian DK, Hurst GD, et al. Male-killing *Wolbachia* do not protect *Drosophila bifasciata* against viral infection [J]. BMC Microbiol, 2012, 12 Suppl 1: S8.

[5] Comandatore F, Sasser D, Montagna M, et al. Phylogenomics and analysis of shared genes suggest a single transition to mutualism in *Wolbachia* of nematodes [J]. Genome Biol Evol, 2013, 5(9): 1668-1674.

[6] Li Z, Garner AL, Gloeckner C, et al. Targeting the *Wolbachia* cell division protein FtsZ as a new approach for antifilarial therapy [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2011, 5(11): e1411.

[7] Zhou W, Rousset F, O'Neil S. Phylogeny and PCR-based

classification of *Wolbachia* strains using *wsp* gene sequences [J]. Proc Biol Sci, 1998, 265(1395): 509-515.

[8] van Meer MM, Witteveldt J, Stouthamer R. Phylogeny of the arthropod endosymbiont *Wolbachia* based on the *wsp* gene [J]. Insect Mol Biol, 1999, 8(3): 399-408.

[9] 葛春喜, 黄炯烈, 陈观今, 等. 白纹伊蚊和致倦库蚊 *Wolbachia* 16S rRNA 序列测定与分析 [J]. 中山医科大学学报, 2002, 23(2): 81-83.

[10] 宋社吾, 赵彤言, 董言德, 等. 我国蚊体内感染的 *Wolbachia* 的 *wsp* 基因序列测定与分析 [J]. 昆虫学报, 2002, 45(5): 571-577.

[11] Mousson L, Zouache K, Arias-Goeta C, et al. The native *Wolbachia* symbionts limit transmission of Dengue virus in *Aedes albopictus* [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2012, 6(12): e1989.

[12] Laven H. Eradication of *Culex pipiens fatigans* through cytoplasmic incompatibility [J]. Nature, 1967, 216(5113): 383-384.

收稿日期: 2014-01-20

· 论 著 ·

# 上海市区不同微环境蚊虫种群动态的差异性研究

高强<sup>1,2</sup>, 曹晖<sup>1</sup>, 周毅彬<sup>3</sup>, 樊坚<sup>1</sup>, 熊成龙<sup>2</sup>, 姜庆五<sup>2</sup>, 冷培恩<sup>3</sup>

1 上海市黄浦区疾病预防控制中心病媒生物防治科, 上海 200023; 2 复旦大学公共卫生学院流行病学教研室, 上海 200032; 3 上海市疾病预防控制中心病媒生物防治科, 上海 200336

**摘要:** 目的 探索同一区域不同微环境中蚊虫种群动态的差异性, 分析造成该差异的可能因素。方法 选取上海市中心城区蚊虫较容易出现的公园和绿化区域环境类型(上海市人民广场及人民公园区域), 按照地理分布设置 5 个监测点, 采用 CO<sub>2</sub> 诱捕法超过 220 d 连续性成蚊监测方法, 对同一监测区域不同微环境中蚊虫种群动态的差异性进行研究。结果 连续 224 d 的成蚊监测结果显示, 5 号监测点成蚊数量共计 9737 只, 密度为 43.50 只/(d·台), 显著高于其他 4 个监测点 ( $P < 0.01$ ), 同时人民广场区域成蚊密度高于人民公园区域[分别为 29.80 和 11.13 只/(d·台),  $t = -5.552, P = 0.000$ ]; 种群方面, 人民广场白纹伊蚊构成比显著高于人民公园(构成比分别为 25.32% 和 9.54%,  $\chi^2 = 187.923, P < 0.01$ ), 人民公园三带喙库蚊构成比显著高于人民广场(构成比分别为 18.46% 和 2.77%,  $\chi^2 = 187.923, P < 0.01$ ); 且公园 2 号点的三带喙库蚊成为该监测点的最优势蚊种(构成比为 48.55%)。结论 同一区域不同微环境的蚊密度和种群均存在明显差异, 可能是孳生环境以及人为干扰等多种因素造成; 中心城区应进一步加强三带喙库蚊的监测和防控。

**关键词:** 微环境; 蚊虫监测; 种群动态; 上海中心城区

中图分类号: R384.1 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0119-05

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.008

## Studies on mosquito population dynamics in different microenvironments in downtown Shanghai

GAO Qiang<sup>1,2</sup>, CAO Hui<sup>1</sup>, ZHOU Yi-bin<sup>3</sup>, FAN Jian<sup>1</sup>, XIONG Cheng-long<sup>2</sup>, JIANG Qing-wu<sup>2</sup>, LENG Pei-en<sup>3</sup>

1 Huangpu Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200023, China; 2 School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032, China; 3 Shanghai Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China

Corresponding author: LENG pei-en, Email: peleng@scdc.sh.cn

Supported by the Shanghai 3-year Plan for Strengthening the Construction of Public Health System (No. 2011-2013) and Key Scientific Research Projects of Public Health in Huangpu District of Shanghai (No. 2012-ZD02)

**Abstract: Objective** To study the mosquito population dynamics in different microenvironments of the same region and to analyze the relevant factors contributing to the differences in mosquito population dynamics in downtown Shanghai. **Methods** Five mosquito-monitoring sites were set according to the geographical distribution in the park and grassy areas of downtown Shanghai (People's Square and People's Park) where mosquitoes were frequently encountered. Adult mosquitoes were continuously monitored by CO<sub>2</sub> trapping method for more than 220 days to determine the differences in mosquito population dynamics at the five monitoring sites. **Results** The 224 days continuous adult mosquito monitoring showed that the number and density of adult mosquitoes at the 5<sup>th</sup> monitoring site were 9737 mosquitoes and 43.50 mosquitoes/day·machine, significantly higher than those at the other four monitoring sites ( $P < 0.01$ ), and the adult mosquito density in the People's Square was significantly higher than that in the People's Park (29.80 vs. 11.13 mosquitoes/day·machine;  $t = -5.552, P < 0.01$ ); as to the adult mosquito population, the constituent ratio of *Aedes albopictus* in the People's Square was significantly higher than that in the People's Park (25.32% vs. 9.54%;  $\chi^2 = 187.923, P < 0.01$ ), and the constituent ratio of *Culex tritaeniorhynchus* in the People's Park was significantly higher than that in the People's Square (18.46% vs. 2.77%;  $\chi^2 = 187.923, P < 0.01$ ); *Cx. tritaeniorhynchus* was the dominant species in the 2<sup>nd</sup> monitoring site (constituent ratio 48.55%). **Conclusion** The mosquito density and population vary significantly in different microenvironments of the same region, which may be attributable to such factors as breeding environment and human disturbance. The surveillance and control of *Cx. tritaeniorhynchus* should be implemented in downtown Shanghai.

**Key words:** Microenvironment; Mosquito surveillance; Population dynamics; Downtown Shanghai

基金项目: 上海市加强公共卫生体系建设 3 年行动计划项目(2011-2013 年); 上海市黄浦区卫生系统重点公共卫生项目(2012-ZD02)

作者简介: 高强, 男, 博士, 主要从事病媒生物防治与流行病学研究工作。Email: gaoqiang110209@163.com

通讯作者: 冷培恩, Email: peleng@scdc.sh.cn



蚊类不仅骚扰吸血,还是多种疾病的传播媒介<sup>[1]</sup>。蚊媒是登革热、流行性乙型脑炎(乙脑)、疟疾等多种疾病的传播媒介<sup>[2]</sup>。随着气候变化的影响,蚊媒传染病在全球的流行范围正在不断扩大<sup>[3]</sup>,上海地区的蚊媒传染病威胁也在不断上升。为探索同一区域不同的监测微环境中蚊虫种群的差异性,2012年4—11月在上海市中心城区人民广场和人民公园区域设置5个监测点,开展持续时间超过220 d的连续性成蚊监测研究。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况 上海市黄浦区位于东经121°48',北纬31°23',东和南隔黄浦江与浦东新区相望;北以苏州河为界,水系丰富;该区属于亚热带东亚季风盛行地区,气候温和,年平均气温15.7℃,年平均降雨量1087.3 mm,城市气候特征明显,位于上海市“热岛”、“雨岛”中心圈内。与原卢湾区合并后,新黄浦区成为上海市最具代表性的中心城区。

本研究选取较容易出现蚊虫的公园和绿化区域,以上海市黄浦区人民广场及人民公园区域作为监测点。该区域位于上海市中心,人民广场总面积达14万m<sup>2</sup>,广场两侧各设17 m宽的绿化带,绿化总面积达8万m<sup>2</sup>,是一个融行政、文化、交通、商业为一体的园林式广场;人民公园南接人民广场,总面积10万m<sup>2</sup>,园内以植物造景为主,公园内有较大面积的景观水系,包括有近1000 m<sup>2</sup>的人工湖和荷花池,池中有人工养殖的观赏性鱼类,以及西山瀑布等景观。

1.2 实验器材 CO<sub>2</sub>捕蚊机(蝙蝠王捕蚊机,基础型),上海申雷节能设备技术有限公司;MOTIC SMZ-168体式显微镜,麦克奥迪(厦门)医疗诊断系统有限公司;解剖灯等。

1.3 成蚊密度监测

1.3.1 监测点设置 该区域共设置5个监测点,人民公园按照西、中、东区域设置3个监测点(1~3号监测点:1号点为巴巴露莎餐厅;2号点为公园游乐场;3号点为公园管理处);人民广场按照东、西区域设置2个监测点(4、5号监测点:4号点为广场警署北侧;5号点为广场鸽棚)。

1.3.2 监测方法 4月下旬至11月下旬,合计224 d,进行连续性、无间断的成蚊密度监测,采用CO<sub>2</sub>捕蚊机监测法:24 h连续开机监测,为保证效果,机器配置的CO<sub>2</sub>气体钢瓶(8 L)每5天更换,诱饵每10天更换。

1.4 统计学处理 研究结果采用SPSS 13.0软件进行统计学分析,计数资料以率和构成比表示,分布比较采用频数加权的Kruskal-Wallis H检验;成蚊密度比较采

用One-way anova方差分析和t检验。P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同监测点成蚊密度变化趋势 2012年4—11月(224 d)在人民广场和人民公园区域共捕蚊20 826只,其中雌蚊19 563只,雄蚊1263只。人民公园区域1~3号监测点分别捕蚊2427、2099和2951只;人民广场区域4、5号监测点分别捕蚊3612和9737只。

将人民公园的3个监测点和人民广场的2个监测点成蚊监测数据按照月份汇总后进行趋势分析,结果显示,5号点广场鸽棚成蚊数量达到9737只,密度为43.50只/(d·台),远高于其他4个监测点(表1),采用One-way anova方差分析,以5号监测点为对照的Dunnett T检验两两比较,结果显示1~4号监测点成蚊密度均显著低于5号监测点(P值分别为0.000、0.000、0.001和0.002)。各监测点的蚊虫高峰时间主要集中在6、7月,1和4号监测点蚊虫密度高峰分别出现在6月上、中旬[29.70和35.30只/(d·台)],2、3和5号监测点蚊虫高峰均出现在7月中旬[分别为42.60、30.60和91.40只/(d·台)],10月中下旬各监测点蚊虫略有回升(表1)。人民广场与人民公园区域蚊虫密度在满足方差齐性基础上,采用两独立样本t检验进行比较,结果显示人民广场蚊虫密度显著高于人民公园(t=-5.552, P=0.000)。

2.2 不同监测点成蚊种群动态分析 2012年监测到的成蚊种类包括淡色库蚊(*Culex pipiens pallens*)〔或致倦库蚊(*Cx. pipiens quinquefasciatus*)〕、白纹伊蚊(*Aedes albopictus*)、三带喙库蚊(*Cx. tritaeniorhynchus*)、中华按蚊(*Anopheles sinensis*)和常型曼蚊(*Mansoniini uniformis*,仅捕获1只,未在表中列出)(表2)。

将人民公园的3个点 and 人民广场的2个点成蚊监测数据按照蚊种汇总,根据优势度指数(D)计算公式:  $D = N_{max}/N \times 100$  (其中  $N_{max}$  为优势种的个体数,  $N$  为全部物种的个体数),  $D > 10\%$  为优势种,结果显示,人民公园优势蚊种为淡色库蚊和三带喙库蚊,构成比分别为71.83%和18.46%(均  $D > 10\%$ );人民广场优势蚊种为淡色库蚊和白纹伊蚊,构成比分别为71.75%和25.32%(均  $D > 10\%$ )。经 $\chi^2$ 检验,人民广场白纹伊蚊构成比显著高于人民公园( $\chi^2 = 187.923, P < 0.01$ ),人民公园三带喙库蚊构成比显著高于人民广场( $\chi^2 = 187.923, P < 0.01$ )。对5个监测点蚊虫种群的频数表资料进行频数加权的Kruskal-Wallis H检验,不同监测点成蚊种群分布差异有统计学意义( $\chi^2 = 187.923, P < 0.01$ )。

表1 上海市黄浦区人民广场和人民公园不同监测点成蚊密度逐月分布  
Table 1 Monthly densities of adult mosquitoes at different monitoring sites in the People's Square and People's Park in Huangpu district of Shanghai, China

时间	人民公园								人民广场						
	1号点		2号点		3号点		总计		4号点		5号点		总计		
	数量(只)	密度	数量(只)	密度	数量(只)	密度	数量(只)	密度	数量(只)	密度	数量(只)	密度	数量(只)	密度	
4月	下旬	23	2.30	16	1.60	23	2.30	62	2.07	42	4.20	117	11.70	159	7.95
	小计	23	2.30	16	1.60	23	2.30	62	2.07	42	4.20	117	11.70	159	7.95
5月	上旬	62	6.20	19	1.90	50	5.00	131	4.37	136	13.60	366	36.60	502	25.10
	中旬	77	7.70	37	3.70	87	8.70	201	6.70	255	25.50	908	90.80	1 163	58.15
	下旬	171	15.55	61	5.55	112	10.18	344	10.42	184	16.73	641	58.27	825	37.50
	小计	310	10.00	117	3.77	249	8.03	676	7.27	575	18.55	1915	61.77	2490	40.16
6月	上旬	297	29.70	179	17.90	225	22.50	701	23.37	276	27.60	723	72.30	999	49.95
	中旬	150	15.00	127	12.70	258	25.80	535	17.83	353	35.30	771	77.10	1 124	56.20
	下旬	181	18.10	73	7.30	212	21.20	466	15.53	142	14.20	484	48.40	626	31.30
	小计	628	20.93	379	12.63	695	23.17	1702	18.91	771	25.70	1978	65.93	2 749	45.82
7月	上旬	165	16.50	144	14.40	195	19.50	504	16.80	205	20.50	875	87.50	1 080	54.00
	中旬	127	12.70	426	42.60	306	30.60	859	28.63	186	18.60	914	91.40	1 100	55.00
	下旬	139	12.64	421	38.27	303	27.55	863	26.15	136	12.36	801	72.82	937	42.59
	小计	431	13.90	991	31.97	804	25.94	2226	23.94	527	17.00	2590	83.55	3 117	50.27
8月	上旬	113	11.30	55	5.50	99	9.90	267	8.90	40	4.00	252	25.20	292	14.60
	中旬	126	12.60	57	5.70	57	5.70	240	8.00	90	9.00	470	47.00	560	28.00
	下旬	126	11.45	67	6.09	64	5.82	257	7.79	94	8.55	614	55.82	708	32.18
	小计	365	11.77	179	5.77	220	7.10	764	8.22	224	7.23	1336	43.10	1 560	25.16
9月	上旬	116	11.60	32	3.20	64	6.40	212	7.07	157	15.70	231	23.10	388	19.40
	中旬	80	8.00	77	7.70	84	8.40	241	8.03	146	14.60	175	17.50	321	16.05
	下旬	72	7.20	65	6.50	139	13.90	276	9.20	292	29.20	238	23.80	530	26.50
	小计	268	8.90	174	5.80	287	9.57	729	8.10	595	19.83	644	21.47	1 239	20.65
10月	上旬	66	6.60	46	4.60	71	7.10	183	6.10	129	12.90	173	17.30	302	15.10
	中旬	108	10.80	88	8.80	169	16.90	365	12.17	266	26.60	318	31.80	584	29.20
	下旬	155	14.09	71	6.45	298	27.09	524	15.88	341	31.00	322	29.27	663	30.14
	小计	329	10.61	205	6.61	538	17.35	1072	11.53	736	23.74	813	26.23	1 549	24.98
11月	上旬	43	4.30	25	2.50	87	8.70	155	5.17	96	9.60	166	16.60	262	13.10
	中旬	19	1.90	8	0.80	29	2.90	56	1.87	34	3.40	96	9.60	130	6.50
	下旬	11	1.10	5	0.50	19	1.90	35	1.17	12	1.20	82	8.20	94	4.70
	小计	73	2.43	38	1.27	135	4.50	246	2.73	142	4.73	344	11.47	486	8.10
合计		2427	10.83	2099	9.37	2951	13.17	7477	11.13	3612	16.13	9737	43.50*	13 349	29.80*

注: a. 采用One-way anova, 分别与1~4号点两两比较, P<0.05; b. t检验, 与人民公园比较, P<0.05。密度单位: 只/(d·台)。

表2 上海市黄浦区人民广场和人民公园不同监测点成蚊种群构成比  
Table 2 Constituent ratios (%) of adult mosquito populations at different monitoring sites in the People's Square and People's Park in Huangpu district of Shanghai, China

蚊虫种类	人民公园								人民广场					
	1号点		2号点		3号点		总计		4号点		5号点		总计	
	数量(只)	构成比(%)	数量(只)	构成比(%)	数量(只)	构成比(%)	数量(只)	构成比(%)	数量(只)	构成比(%)	数量(只)	构成比(%)	数量(只)	构成比(%)
淡色库蚊	1839	75.77	952	45.35	2580	87.42	5371	71.84	3068	84.94	6510	66.86	9 578	71.75
白纹伊蚊	468	19.28	125	5.96	120	4.07	713	9.54	465	12.87	2915	29.94	3 380	25.32
三带喙库蚊	115	4.74	1019	48.55	246	8.34	1380	18.46	73	2.02	297	3.05	370	2.77
中华按蚊	4	0.16	3	0.14	5	0.17	12	0.16	6	0.17	15	0.15	21	0.16
合计	2427	100.00	2099	100.00	2951	100.00	7477	100.00	3612	100.00	9737	100.00	13 349	100.00

三带喙库蚊在中心城区5个监测点均有捕获,其中人民公园2号点三带喙库蚊为优势蚊种(1019只,构成为48.55%)。将5个监测点的三带喙库蚊监测数量和构成比按旬进行汇总分析,结果显示,人民公园

的3个监测点均有个别旬构成比>30.00%,其中2号点在7月中、下旬和8月上、下旬构成比>50.00%,高峰期出现在7月中、下旬,2号点构成比在7月中旬达到91.55%(表3)。

表3 上海市黄浦区5个监测点三带喙库蚊逐月数量及构成比  
Table 3 Time distribution of adult mosquito density in different monitoring sites

时间	人民公园						人民广场							
	1号点		2号点		3号点		总计		4号点		5号点		总计	
	数量 (只)	构成比 (%)	数量 (只)	构成比 (%)	数量 (只)	构成比 (%)	数量 (只)	构成比 (%)	数量 (只)	构成比 (%)	数量 (只)	构成比 (%)	数量 (只)	构成比 (%)
4月 下旬	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	2.38	0	0.00	1	0.63
5月 上旬	0	0.00	2	10.53	0	0.00	2	1.53	0	0.00	1	0.27	1	0.20
5月 中旬	0	0.00	1	2.70	0	0.00	1	0.50	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5月 下旬	0	0.00	0	0.00	1	0.89	1	0.29	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6月 上旬	0	0.00	1	0.56	0	0.00	1	0.14	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6月 中旬	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6月 下旬	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.41	2	0.32
7月 上旬	5	3.03	63	43.75 <sup>b</sup>	13	6.67	81	16.07	3	1.46	18	2.06	21	1.94
7月 中旬	41	32.28 <sup>b</sup>	390	91.55 <sup>c</sup>	105	34.31 <sup>b</sup>	536	62.40 <sup>c</sup>	22	11.83	123	13.46	145	13.18
7月 下旬	37	26.62	376	89.31 <sup>c</sup>	92	30.36 <sup>b</sup>	505	58.52 <sup>c</sup>	20	14.71	55	6.87	75	8.00
8月 上旬	6	5.31	31	56.36 <sup>c</sup>	6	6.06	43	16.10	5	12.50	16	6.35	21	7.19
8月 中旬	3	2.38	21	36.84 <sup>b</sup>	4	7.02	28	11.67	2	2.22	8	1.70	10	1.79
8月 下旬	4	3.17	41	61.19 <sup>c</sup>	8	12.50	53	20.62	7	7.45	21	3.42	28	3.95
9月 上旬	2	1.72	9	28.13	2	3.13	13	6.13	2	1.27	22	9.52	24	6.19
9月 中旬	11	13.75	38	49.35 <sup>b</sup>	4	4.76	53	21.99	4	2.74	17	9.71	21	6.54
9月 下旬	3	4.17	23	35.38 <sup>b</sup>	5	3.60	31	11.23	2	0.68	4	1.68	6	1.13
10月 上旬	3	4.55	18	39.13 <sup>b</sup>	4	5.63	25	13.66	4	3.10	8	4.62	12	3.97
10月 中旬	0	0.00	5	5.68	2	1.18	7	1.92	1	0.38	2	0.63	3	0.51
10月 下旬	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
11月 上旬	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
11月 中旬	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
11月 下旬	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
合计	115	4.74	1019	48.55 <sup>b</sup>	246	8.34	1380	18.46	73	2.02	297	3.05	370	2.77

注: a. 构成比指三带喙库蚊占总成蚊数量的构成比; b. 构成比>30.00%; c. 构成比>50.00%。

### 3 讨论

上海市人民广场与人民公园区域2012年开展的成蚊监测,采用24h不间断的连续性监测,避免了时间上的空白期对监测结果的影响;此外,研究采用的CO<sub>2</sub>捕蚊机可模拟人工肺呼吸释放出CO<sub>2</sub>,利用蚊虫对CO<sub>2</sub>的趋向习性对雌蚊进行诱捕,科学、安全、高效<sup>[4-5]</sup>,监测结果真实、准确、可信,可反映2012年上海市中心城区特定环境的蚊虫侵害状况。该成蚊监测研究发现,同一区域5个监测点的成蚊密度及其种群均存在明显差异,证明微环境的变化可以对成蚊的生态及活动产生相当程度的影响。

3.1 不同监测点微环境的成蚊种群差异原因分析  
人民公园与人民广场相互毗邻,分别属于公园和大型绿地环境类型,因此尽管地处同一区域,定位及功能的

不同造成了各自微环境的差异。蚊虫种群密度的影响因素除环境因素外,气温、湿度、风向、日照和积温等气象因素也可明显影响蚊虫的活动强度<sup>[6-8]</sup>;此外,人为因素如药物喷洒、环境的治理及孳生地的清除亦会影响到蚊虫的种群密度<sup>[9]</sup>。公园和广场绿地水文、植被的差异以及周边大型建筑物不可避免会影响各个监测点微气候的变化(如气温、湿度、光照、风速等),孳生地特点以及人为因素的差异亦可影响不同监测点的成蚊侵害强度。

人民广场成蚊密度和白纹伊蚊构成比均显著高于人民公园,主要原因是孳生地特点的差异以及蚊虫对产卵地点的高度选择性<sup>[9]</sup>,人民广场有丰富的地下排水管网系统,雨水井密度较高,由于设计上的不足,雨水井底部会存有一定深度的积水无法排干;此类积水根据水质的差异适宜淡色库蚊和白纹伊蚊的孳生繁

殖;人民公园由于植被较丰富,雨水基本被土壤和植被吸收,因此雨水井和积水均较少,大型池塘中金鱼的养殖减少了蚊幼虫的孳生,人民公园定期进行针对虫害的药物喷洒也在一定程度上降低了蚊虫数量,因此人民公园白纹伊蚊数量和成蚊总量均显著低于人民广场。

人民广场5号监测点成蚊密度远高于其他4个监测点,分析原因与5号点所处的环境有关,5号点紧邻广场鸽棚和广场鸽景点,开放性养殖的广场鸽数量>200只,白天会受游客喂食的吸引在周边广场活动,夜间进入鸽棚栖息,周边区域的散养鸽和野鸽也会在该区域频繁活动。鸽子活动所散发出的CO<sub>2</sub>等生物气息对蚊虫有明显的吸引作用,此外广场鸽棚周边植被丰富,相对封闭的环境不会受到人为因素的干扰,因此该监测点的蚊虫密度显著高于其他监测点。

3.2 中心城区三带喙库蚊成蚊种群动态的新变化  
上海中心城区人民公园区域2号监测点的三带喙库蚊为优势蚊种,其构成比全年平均达到48.55%,该现象在上海市属于首次发现。但类似现象在国内并非首次报道,周明浩等<sup>[10]</sup>于2006--2007年在南京市区开展的蚊虫综合治理监测结果显示,三带喙库蚊首次成为中心城区2个试点街道的优势蚊种(占62.00%);靳增军<sup>[11]</sup>于2007--2009年在邯郸市监测发现三带喙库蚊呈逐年上升趋势,且于2009年该蚊成为城市公园中的优势蚊种(占69.34%)。上海市人民公园2号监测点三带喙库蚊成蚊在2012年7月中旬的构成比>90%,这在上海市乃至全国的中心城区都极其少见。该现象可能与环境变化所引起的三带喙库蚊环境适应性提高有关,在环境变化的压力下,三带喙库蚊逐渐在适应新的城市化环境,李春晓等<sup>[12]</sup>于2006年8--9月在北京某小区的下水道口污水中,首次发现三带喙库蚊幼虫的孳生。该蚊主要集中在人民公园2号监测点,而其他4个监测点相对较少,分析原因可能为2号监测点周边存在三带喙库蚊的适宜孳生地,此外也可能与风向和三带喙库蚊的迁徙生物习性有关,有文献报道,三带喙库蚊一夜可以飞行7 km以上<sup>[13]</sup>。

综上所述,同一区域不同微环境中蚊虫侵害度差异明显说明蚊虫对环境具有高度选择性。人民公园2号监测点三带喙库蚊的大量出现又提示蚊虫对环境

具有适应性,“郊区型”的蚊虫在逐步适应城市化的环境。上海市是乙脑的流行区,1965年发生乙脑大流行,随后乙脑发病率逐年下降,近年来其发病率均<0.5/10万<sup>[14]</sup>。乙脑的流行受很多因素的影响,其中一个重要生态因素是媒介昆虫的种类和密度,三带喙库蚊是乙脑的主要传播媒介<sup>[15]</sup>,近年来环境及气候变化使得三带喙库蚊在城区大量增加,加大了乙脑在城区传播的概率,乙脑成为危害城市居民安全的一大隐患,因此,除淡色库蚊和白纹伊蚊外,三带喙库蚊也应成为上海市城区的重点防治蚊种。

### 参考文献

- [1] 陆宝麟,赵彤言. 50年来我国的蚊类研究[J]. 昆虫学报, 2000, 43(增刊): 1-7.
- [2] 张菊仙,龚正达. 中国蚊类研究概况[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(6): 595-599.
- [3] Dewet N, Ye W, Hales S, et al. Use of a computer model to identify potential hotspots for dengue fever in New Zealand[J]. N Z Med J, 2001, 114: 420-422.
- [4] 曹晖,冷培恩,周毅彬,等. 黑箱法和CO<sub>2</sub>诱捕法在成蚊监测中的比较研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2009, 15(6): 445-448.
- [5] 李剑泉,沈佐锐,刘志桥. 二氧化碳对白纹伊蚊的引诱作用[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2003, 14(3): 165-167.
- [6] 奚国良. 气象因素对蚊虫密度的影响研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2000, 11(1): 24-26.
- [7] 赵瑶,刘泽军,曾晓凡,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] 代培芳,赵俊英,刘美德,等. 蚊虫密度的气象影响因素分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(6): 547-549.
- [9] 陆宝麟. 蚊虫综合治理[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 1999: 240.
- [10] 周明浩,褚宏亮,张爱军,等. 城市蚊虫综合治理前后种类组成的研究[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2011, 18(4): 220-224.
- [11] 靳增军. 邯郸市城区三带喙库蚊监测结果分析[J]. 中华卫生杀虫药械, 2012, 18(2): 131-132.
- [12] 李春晓,郭晓霞,黄恩烟,等. 城市中三带喙库蚊新孳生地的发现[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2007, 18(1): 31.
- [13] Ree HI, Hong HK, Lee JS, et al. Dispersal experiment on *Culex tritaeniorhynchus* in Korea[J]. Rep NIH Korea, 1975(12): 235-242.
- [14] 沈冰,丁珂,李燕婷,等. 上海市流行性乙型脑炎发病率长期变异的生态因素研究[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(3): 308-309.
- [15] 陆宝麟. 中国动物志. 昆虫纲. 第8卷. 双翅目: 蚊科(上)[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 52-55.

收稿日期: 2013-12-23

·论 著·

# 基于 Matlab 的蜱媒疾病模糊评价研究

张雅明<sup>1,2</sup>, 杨振洲<sup>3</sup>, 王玥<sup>2</sup>, 石华<sup>3</sup>, 韩华<sup>3</sup>, 张文佳<sup>2</sup>, 隋虹<sup>1</sup>

1 哈尔滨医科大学公共卫生学院, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2 哈尔滨市疾病预防控制中心, 黑龙江 哈尔滨 150056; 3 军事医学科学院疾病预防控制中心

**摘要:** 目的 探索基于 Matlab 的模糊评价方法, 及其在蜱媒疾病定量风险评价中的应用。方法 在黑龙江省东京城镇苇子沟林场选择针叶林、针阔混交林、草地 3 种不同生境调查。用人工小时布旗法采蜱, 用温湿度计记录温度、湿度。收集蜱媒疾病模糊评价指标, 并且构建模糊推理系统对相应指标进行评价。结果 2012 年 5—7 月调查数据经分析后显示: 风险评分总体呈下降趋势, 最高值为 60.0, 属于较高风险等级; 最低值为 10.3, 属于低风险水平。2013 年 5 月调查数据经分析后显示: 3 种生境风险评分均为 85.5, 属于高风险水平。在 13 次调查中, 生境的风险评分有 46.16% 属于低风险水平, 15.38% 属于中风险水平, 7.69% 属于较高风险水平, 30.77% 属于高风险水平。黑龙江省东京城镇苇子沟林场的总体风险等级处于低水平。结论 温度和湿度是影响蜱类活动的重要因素, 选择温度、湿度、蜱密度 3 个指标对蜱媒疾病进行模糊评价, 具有一定意义。基于模糊数学理论建立的模糊评价, 理论依据严密, 在蜱媒疾病风险评价的应用中具有科学性、合理性。

**关键词:** 蜱媒疾病; 模糊评价; Matlab

中图分类号: R384.4; R376 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0124-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.009

## Study on fuzzy evaluation of tick-borne diseases based on Matlab

ZHANG Ya-ming<sup>1,2</sup>, YANG Zhen-zhou<sup>3</sup>, WANG Yue<sup>2</sup>, SHI Hua<sup>3</sup>, HAN Hua<sup>3</sup>, ZHANG Wen-jia<sup>2</sup>, SUI Hong<sup>1</sup>

1 School of Public Health, Harbin Medical University, Harbin 150081, Heilongjiang Province, China;

2 Harbin Center for Disease Control and Prevention, Harbin 150056, Heilongjiang Province, China;

3 Institute of Disease Control and Prevention, Academy of Military Medical Sciences

Corresponding author: SUI Hong, Email: 616802149@qq.com

Supported by the National Nature Science Foundation of China (No. 81172730) and the Youth Foundation of Academy of Military Medical Science (No. 2012CXJJ006)

**Abstract: Objective** To explore the fuzzy evaluation based on Matlab and its application in the quantitative risk evaluation of tick-borne diseases. **Methods** The coniferous forest, mixed coniferous-broadleaf forest, and meadow in the Weizigou forest farm, Dongjingcheng town, Heilongjiang province, China were selected as three habitats for investigation. All ticks were manually collected with white cloth flagging. A thermohygrometer was used to record the temperature and humidity. The fuzzy evaluation indicators of tick-borne diseases were collected, and the fuzzy inference system was created to assess the indicators. **Results** From May to July 2012, the analysis of survey data showed that the risk score exhibited an overall downward trend, with a maximum value of 60.0, which indicated a relatively high level of risk, and a minimum value of 10.3, which indicated a low level of risk. In May 2013, the analysis of survey data showed that the risk score was 85.5 for all the three habitats, which indicated a high level of risk. According to 13 times of investigation, 46.16% of the habitats had a low level of risk, 15.38% had a middle level of risk, 7.69% had a relatively high level of risk, and 30.77% had a high level of risk. The overall risk of Weizigou forest farm is at a low level. **Conclusion** Temperature and humidity are important influential factors for the activity of ticks. It is of certain significance to select temperature, humidity, and tick density as indicators in the fuzzy evaluation of tick-borne diseases. Based on the fuzzy mathematical theory, the fuzzy evaluation has a rigorous theoretical basis and is scientific and rational in the risk evaluation of tick-borne diseases.

**Key words:** Tick-borne disease; Fuzzy evaluation; Matlab

蜱是哺乳类、爬行类、鸟类和两栖脊椎动物的体表专性吸血节肢动物, 通过蜱叮咬可引起森林脑炎、莱姆

基金项目: 国家自然科学基金(81172730); 军事医学科学院青年创新基金(2012CXJJ006)

作者简介: 张雅明, 女, 在读定向研究生, 从事医学领域统计学方法的研究和应用, 媒介生物控制学及应用研究。

Email: zhangymhmu@126.com

通讯作者: 隋虹, Email: 616802149@qq.com

病、蜱媒回归热、斑点热、Q 热等多种疾病<sup>[1]</sup>。目前, 国内外已开展对于蜱媒疾病的宿主、病原体、媒介、易感人群等方面的工作<sup>[2-4]</sup>, 但是仍缺少对蜱媒疾病的定量风险评价研究。本研究旨在通过运用模糊数学理论, 构建蜱媒疾病的风险评价数学模型, 探讨基于 Matlab 的模糊综合评价法在蜱媒疾病风险评价中的科学性和合理性。

## 1 材料与方法

**1.1 材料来源** 选择黑龙江省东京城镇苇子沟林场作为调查点, 选择针叶林、针阔混交林、草地作为调查生境, 用人工小时布旗法采蜱, 即用 100 cm × 60 cm 的白色针织面布旗在不同的调查生境内拖蜱, 步行速度为 1 步/s<sup>[5]</sup>, 大约每前行 50 m 记录检获蜱数, 在每种生境内调查 1500 m, 用时约 1 h。每日调查时间为 10:00—12:00。用 GPS 记录捕获蜱的地理坐标, 在距离地表 60~100 cm 处, 用温湿度计记录此处的温度、湿度。采集时间为 2012 年 5—7 月、2013 年 5 月, 每月调查 1 次。

**1.2 方法** 模糊评价法用模糊数学的隶属度理论, 将不宜确定的信息转化为定量评价, 可以很好地解决模糊、难以量化的问题<sup>[6]</sup>。一般包括输入变量的模糊化、确定模糊规则、应用模糊规则、合成评价结果、反模糊化 5 个步骤<sup>[7]</sup>, 可以通过 Matlab 7.0 软件进行编程或者 Matlab-fis 工具箱实现。

**1.2.1 变量的模糊化** 假定幼蜱、若蜱、成蜱具有同等携带病原体风险, 因此定义蜱密度单位为只/人工小时。同一月份、同一生境内, 温度、湿度取平均值。以温度、湿度、蜱密度为输入变量, 即  $U = \{U_1, U_2, U_3\}$ , 以风险评分为输出变量  $V$ 。

**1.2.2 确定评价等级** 通过查阅文献和参考北方蜱活动特点得知蜱的适宜生长温度为 15~25 °C, 湿度为 50%~80%<sup>[8-9]</sup>, 因此将此标准作为隶属度的分级参考, 见表 1。以  $a_i \pm s_i$  标准定义蜱密度变量的隶属度水平, ( $a_i > a_i + s_i$ ) 为高水平, ( $a_i - s_i, a_i + s_i$ ) 为中水平, ( $a_i < a_i - s_i$ ) 为低水平。以蜱媒疾病患病风险作为输出变量  $V$ , 该指标概念模糊, 因此将该变量的值域设为 0~100, 等分为 4 份, 即  $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$ , 分别表示低风险、中等风险、较高风险、高风险。

表 1 温度、湿度隶属度分级  
Table 1 Levels of temperature and humidity

变量名称	低水平	中水平	高水平
温度(°C)	<15	15~25	>25
湿度(%)	<50	50~80	>80

**1.2.3 隶属度函数的选择** 采用升半梯型函数和线性三角形函数描述变量的隶属度, 指标的隶属度函数为:

$$u_{低水平}(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq D_1 \\ \frac{x-D_2}{D_2-D_1} & D_1 < x < D_2 \\ 0 & x \geq D_2 \end{cases}$$

$$u_{中水平}(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq D_2 \text{ 或 } \geq D_4 \\ \frac{x-D_2}{D_3-D_2} & D_2 < x < D_3 \\ \frac{x-D_4}{D_4-D_3} & D_3 < x < D_4 \end{cases}$$

$$u_{高水平}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq D_3 \\ \frac{x-D_3}{D_4-D_3} & D_3 < x < D_4 \\ 1 & x \geq D_4 \end{cases}$$

**1.2.4 确定模糊规则** 通常以模糊条件语句建立模糊规则库, 进而实现模糊逻辑推理。模糊规则一般形式为:

输入: IF  $X=A$  AND  $Y=B$ , ...;

规则 1: IF  $X=A_1$  AND  $Y=B_1$ , ..., THEN  $V=V_1$ ;

规则 2: IF  $X=A_2$  AND  $Y=B_2$ , ..., THEN  $V=V_2$ ;

结论:  $V=Z$

本研究选用的评价指标有 3 个, 每个评价指标分为 3 个水平, 所建立的规则库应该有 3<sup>3</sup> 条, 为避免规则库过于庞大, 经专家讨论并且结合实际经验, 本研究最后确立的评价规则有 9 条, 如下所示:

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 高 AND 蜱密度 IS 低, THEN 风险 IS 中;

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 中 AND 蜱密度 IS 中, THEN 风险 IS 较高;

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 中 AND 蜱密度 IS 高, THEN 风险 IS 高;

IF 温度 IS 高 AND 湿度 IS 低 AND 蜱密度 IS 中, THEN 风险 IS 中;

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 低 AND 蜱密度 IS 高, THEN 风险 IS 高;

IF 温度 IS 高 AND 湿度 IS 中 AND 蜱密度 IS 低, THEN 风险 IS 低;

IF 温度 IS 高 AND 湿度 IS 高 AND 蜱密度 IS 低, THEN 风险 IS 低;

IF 温度 IS 低 AND 湿度 IS 高, THEN 风险 IS 较高;

IF 温度 IS 中 AND 湿度 IS 高, THEN 风险 IS 中。

**1.2.5 模糊推理** 利用模糊评价和模糊规则可以建立蜱媒疾病的评价模型, 当评价集输入数值时, 各变量会激发相应的隶属度函数, 再根据模糊评价规则, 形成模糊评价推理系统, 进行合成评价结果和反模糊化, 完成模糊评价。以图 1 为例, 当输入变量是 (16, 55.9, 21) 时, 经模糊推理系统运算, 得出风险评分为 60.0。

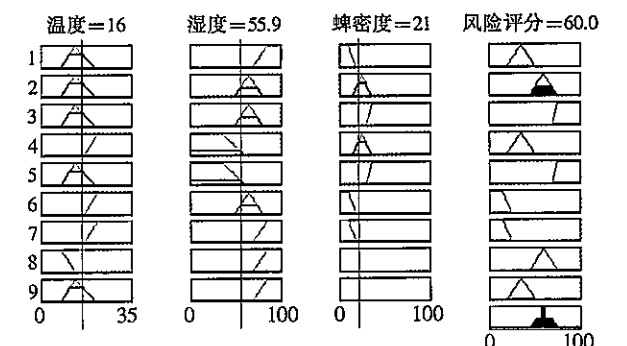


图 1 模糊评价过程  
Figure 1 Fuzzy evaluation process



2 结果

2012年5—7月、2013年5月在黑龙江省苇子沟林场共进行13次调查,调查生境包括草地、针阔混交林、针叶林。选择温度、湿度、蜱密度构建评价指标集,并且根据模糊数学理论完成了蜱媒疾病的定量风险评价,风险评分见表2。在13次调查中,不同生境的风险评分有46.16%属于低风险水平,15.38%属于中风险水平,7.69%属于较高风险水平,30.77%属于高风险水平。黑龙江省东京城苇子沟林场的总体风险等级处于低水平。同一生境、不同年份的风险评分、风险等级不同,2013年相同生境的风险评分、风险等级高于2012年。相同年份、不同生境的风险评分和风险等级呈现明显的季节变化,2012年5—7月,不同生境的风险评分总体呈下降趋势。

表2 不同时间黑龙江省苇子沟林场蜱媒疾病模糊评价结果  
Table 2 Results of fuzzy evaluation of tick-borne diseases

时间	生境类型	温度 (°C)	湿度 (%)	蜱密度 (只/人工小时)	风险评分	风险等级
2012-05	草地	16.0	55.9	21	60.0	较高
2012-05	针阔混交林	15.6	52.5	7	35.0	中
2012-05	针叶林	17.7	58.2	16	33.8	中
2012-06	草地	21.7	72.2	2	23.4	低
2012-06	针阔混交林	20.8	73.7	5	11.2	低
2012-06	针叶林	21.0	73.4	0	11.2	低
2012-07	草地	27.6	55.4	0	11.4	低
2012-07	针阔混交林	25.7	62.6	1	10.3	低
2012-07	针叶林	26.3	59.6	1	10.3	低
2013-05	草地	20.3	46.4	48	85.5	高
2013-05	草地	23.5	32.4	61	85.5	高
2013-05	针阔混交林	20.4	36.9	65	85.5	高
2013-05	针叶林	20.0	27.5	55	85.5	高

3 讨论

本次现场调查所捕蜱种类中以全沟硬蜱(*Ixodes persulcatus*)、森林革蜱(*Dermacentor silvarum*)、日本血蜱(*Haemaphysalis japonica*)为主。全沟硬蜱各期在4—9月有活动,成蜱活动主高峰在5月中下旬;森林革蜱各期在3—8月有活动,成蜱活动高峰在4—5月;日本血蜱各期在4—10月有活动,成蜱、若蜱高峰在4月,幼蜱高峰在5月<sup>[10]</sup>。因此,5月是多种蜱的活动高峰,在2012年5月和2013年5月进行的7次调查中,蜱媒疾病的风险等级评价有4次处于高风险水平,1次处于较高风险水平。适宜的温度、湿度是影响蜱类活动的重要因素。2013年5月与2012年同期相比,温度较高,湿度较低,蜱密度增大,所以2013年5月各类生境的蜱媒疾病风险评分均高于2012年5月。此外,在2012年6—7月现场调查时处于雨季,温度适宜但湿度

较大严重影响蜱的活动,加之该季节是全沟硬蜱、森林革蜱的成蜱、幼蜱交替时间<sup>[10]</sup>,影响评价集的变量,使得各类生境风险评分均较低,风险等级处于低水平。东京城苇子沟林场位于黑龙江省牡丹江地区,主要蜱媒传染病依次是莱姆病、森林脑炎、斑疹热,并且莱姆病发病率呈上升趋势<sup>[11-12]</sup>。结合本研究,黑龙江省东京城苇子沟林场虽然处于蜱媒疾病多发地区,但总体蜱媒疾病风险评价处于低水平。

本研究选择温度、湿度、蜱密度3个指标对蜱媒疾病进行模糊评价,实现了基于Matlab的一阶模糊评价,可在此基础上,结合卢亮平等<sup>[13]</sup>提出的莱姆病暴发流行预警指标体系进行二次开发,实现蜱媒疾病的多阶模糊综合评价。

模糊评价法适用于评价指标具有模糊性、不确定性,能够在一定程度上解决蜱媒疾病风险评价中的概念模糊性问题。基于模糊理论建立的数学评价模型,理论依据严密,评价结果可靠,并且实现了定量风险评价。基于Matlab软件编程或者Matlab-fis工具箱实现的模糊评价计算简便。因此,运用模糊评价理论对蜱媒疾病进行风险评价具有科学性、合理性。

参考文献

- Anderson JF, Magnarelli LA. Biology of ticks[J]. Infect Dis Clin North Am, 2008, 22(2): 195-215.
- 刘琪,王伟利,孟庆峰. 蜱及蜱传疾病的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(3): 1107-1109.
- 刘吉起,赵奇,许汴利. 蜱类研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2013, 24(2): 186-188.
- 苏小建,杨庆贵. 蜱螨分类鉴定方法的研究进展[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2012, 36(3): 212-215.
- 王羽,石华,韩华,等. 镜泊湖自然风景区开阔地布旗采集游离蜱影响因素的探讨[J]. 医学动物防制, 2013, 29(2): 200-201.
- Teng JY, Tzeng GS. Transportation investment project selection using fuzzy multi objective programming[J]. Fuzzy Sets Systems, 1998, 96(3): 259-280.
- 沈大燕,王玉贵,方孝梅,等. 基于熵权的多层模糊综合评判法在医院医疗质量评价中的应用[J]. 中国卫生统计, 2011, 28(6): 693-695.
- 宋孝禄,张永生,张敬田,等. 吉林省三岔子林区全沟硬蜱季节消长情况调查[J]. 医学动物防制, 1992, 8(4): 231-232.
- 姚文炳. 温、湿度对东亚璃眼蜱产卵的影响[J]. 昆虫学报, 1985, 28(2): 173-180.
- 孟阳春,李朝品,梁国光,等. 蜱螨与人类疾病[M]. 合肥: 中国科技大学出版社, 1995: 67.
- 谭毓绘,孙荷,刘涌,等. 莱姆病诊断技术应用探讨[J]. 中国临床神经科学杂志, 2005, 13(3): 269-272.
- 牛庆丽,殷宏,罗建勋. 国内莱姆病研究进展[J]. 动物医学进展, 2009, 30(10): 89-93.
- 卢亮平,马芬,王丽,等. 莱姆病暴发流行预警指标体系研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(1): 41-43.

收稿日期: 2013-11-12

·论著·

二连浩特口岸鼠体寄生蜱感染病原体调查

曹晓梅<sup>1</sup>, 张晓龙<sup>1</sup>, 房巍<sup>1</sup>, 乔舜<sup>2</sup>, 柳文进<sup>1</sup>, 杨鹏飞<sup>1</sup>, 魏怀波<sup>2</sup>, 田丽<sup>2</sup>, 姚李四<sup>1</sup>, 郭天宇<sup>1</sup>, 杨宇<sup>1</sup>

1 中国检验检疫科学研究院, 北京 100123; 2 二连浩特出入境检验检疫局

摘要: 目的 调查二连浩特口岸鼠体寄生蜱种群组成及自然感染病原体情况。方法 从捕获的鼠体上收集寄生蜱, 提取单只蜱DNA基因组及总RNA, 采用PCR或RT-PCR方法检测莱姆病螺旋体、Q热立克次体、巴贝西原虫、斑点热立克次体、无形体、森林脑炎病毒、布尼亚病毒、克里米亚-刚果出血热病毒。结果 共采集鼠体寄生蜱152只, 分别为草原血蜱、银盾革蜱和亚东璃眼蜱, 其中草原血蜱为优势种, 占捕获总数的98.03%。从草原血蜱、银盾革蜱和亚东璃眼蜱中检测到斑点热立克次体19份, 检出率为12.50%, 其他病原体检测均为阴性。结论 二连浩特口岸地区存在斑点热立克次体自然疫源地。

关键词: 蜱类; 蜱媒病原体; 斑点热群立克次体; 二连浩特

中图分类号: S443; R384.4 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0127-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.010

Detection of pathogen infections in parasitic ticks of wild rodents at Erenhot port

CAO Xiao-mei<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-long<sup>1</sup>, FANG Wei<sup>1</sup>, QIAO Shun<sup>2</sup>, LIU Wen-jin<sup>1</sup>, YANG Peng-fei<sup>1</sup>, WEI Huai-bo<sup>2</sup>, TIAN Li<sup>2</sup>, YAO Li-si<sup>1</sup>, GUO Tian-yu<sup>1</sup>, YANG Yu<sup>1</sup>

1 Chinese Academy of Inspection and Quarantine Science Research, Beijing 100123, China;

2 Erenhot Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau

Corresponding author: YANG Yu, Email: redyy99@gmail.com

Supported by the International Science and Technology Cooperation Program of China (No. 2012DFA30540), National Science and Technology Support Project of China (No. 2012BAK11B05-02) and Major National Science and Technology Projects of China (No. 2012ZX10004219-005)

Abstract: Objective To investigate the species of ticks parasitizing wild rodents and tick-borne pathogens at Erenhot port. Methods Ticks were collected from captured field rats, and genomic DNA and total RNA were extracted from each tick. PCR and RT-PCR were used to detect *Borrelia burgdorferi*, Q fever rickettsia, *Babesia microti*, spotted fever group rickettsia (SFGR), *Anaplasma*, Russian spring-summer Encephalitis virus, Bunyavirus, and Crimean-Congo hemorrhagic fever virus. Results A total of 152 parasitic ticks were collected, including *Haemaphysalis verticalis*, *Dermacentor niveus*, and *Hyalomma asiaticum*, and *H. verticalis* was the dominant species, accounting for 98.03% of all captured ticks. Nineteen cases of SFGR were detected among *H. verticalis*, *D. niveus*, and *H. asiaticum*, with a detection rate of 12.50%, but the other seven species of pathogens were not detected. Conclusion There are natural foci of SFGR in the area of Erenhot port.

Key words: Parasitic tick; Tick-borne pathogen; Spotted fever group rickettsia; Erenhot

二连浩特口岸位于中国正北方, 内蒙古自治区锡林郭勒盟西部, 东、西、南三面与苏尼特草原相邻, 北与蒙古国扎门乌德口岸隔界相望, 过货能力350万吨, 是中蒙两国唯一的铁路口岸, 也是欧亚大陆桥中的重要战略枢纽。二连浩特市地势平坦, 由西南向东北缓缓倾斜, 平均海拔为932.2 m。受蒙古高气压影响, 属中

温带大陆性季风气候和干旱荒漠草原气候。蜱是多种人兽共患病的传播媒介和贮存宿主, 是仅次于蚊虫传播人类疾病的第二大医学媒介。目前已知蜱可以携带192种感染性微生物<sup>[1-2]</sup>, 其中83种病毒, 14种细菌, 17种螺旋体, 32种原虫, 病原体能在蜱媒体内保存长达十几年。

2011年4—5月, 在二连浩特中蒙边境国门附近捕捉鼠形动物, 采集体表寄生蜱, 用PCR方法检测伯氏疏螺旋体(*Borrelia burgdorferi*)、Q热立克次体(*Coxiella burnetii*)、巴贝西原虫(*Babesia* spp.)、斑点热立克次体(spotted fever group rickettsiae, SFGR)、无形

基金项目: 国家国际科技合作专项(2012DFA30540); 国家科技支撑计划(2012BAK11B05-02); 国家科技重大专项课题(2012ZX10004219-005)

作者简介: 曹晓梅, 女, 博士, 副研究员, 从事医学媒介生物学研究。

Email: cxm910@126.com

通讯作者: 杨宇, Email: redyy99@gmail.com

体(Anaplasma phagocytophilum, AP)以及用 RT-PCR 法检测森林脑炎病毒(Russian spring-summer encephalitis virus, RSSEV)、布尼亚病毒(Bunia virus, BUNV)、克里米亚-刚果出血热病毒(Crimean-Congo hemorrhagic fever virus, CCHFV)。

1 材料与方法

1.1 标本采集 2011 年 4-5 月,在二连浩特口岸的国门东(43°41' 624" N; 111°95' 073" E)和国门西(43°69' 343" N; 111°95' 273" E)附近捕捉鼠形动物,采集其体表寄生蜱,保存于-80 °C。参照《中国重要医学昆虫分类与鉴别》[3]和《中国经济昆虫志. 蜱螨亚纲. 硬蜱科》[4]。对蜱类进行分类鉴定。

1.2 病原体检测 使用基因组 DNA 提取试剂盒(TIANamp Genomic DNA Kit,北京天根生化科技有限公司)和总 RNA 提取试剂盒(QIAamp Viral RNA Mini Kit, QIAGEN 公司)分别提取蜱标本中的 DNA 和 RNA。

将单只蜱放入 1.5 ml 的离心管中,加入缓冲液,用研磨器充分研磨后,分成两部分,分别提取 DNA 和 RNA。对于提取的 RNA 再使用反转录试剂盒(RevertAid™ First Strand cDNA synthesis Kit, 富酶泰斯生物技术有限公司),用 Random premier 按其说明书反转录成 cDNA。将所得的 DNA 模板保存于-20 °C 备用。

1.2.1 PCR 检测 莱姆病螺旋体、Q 热立克次体、巴贝西原虫、SFGR 和 AP 遗传物质为 DNA,用从蜱标本中直接提取的 DNA 作为 PCR 模板。

1.2.2 RT-PCR 检测 RSSEV、BUNV 和 CCHFV 为 RNA 病毒,使用反转录得到的 cDNA 作为 PCR 模板。本次使用的 8 种病原体引物及目标片段长度见表 1,引物由北京华大基因科技公司合成。PCR 条件见表 2。将电泳检测到的 PCR 阳性产物送北京华大基因科技公司测序,然后用 Blast 将序列与 GenBank 中序列进行同源性比较。根据测序与比对结果,构建系统发育树。

表 1 病原体核酸检测引物序列

Table 1 Sequences of primers for detection of pathogen nucleic acid

Table with 5 columns: 病原体 (Pathogen), 引物名称 (Primer name), 序列(5' ~ 3') (Sequence), 目的基因 (Target gene), 目的条带长度(bp) (Target band length). Rows include B. burgdorferi, C. burnetii, Babesia spp., SFGR, AP, BUNV, RSSEV, and CCHFV with their respective primers and target regions.

2 结果

共采集鼠体寄生蜱 3 属 3 种 152 只,其中草原血蜱(Haemaphysalis concinna) 149 只(雌 30 只,雄 119 只),银盾革蜱(Dermacentor niveus) 2 只(雄),亚东璃眼蜱(Hyalomma asiaticum) 1 只(雄)。经 PCR 检测,从上述蜱中共检测到 SFGR 阳性 19 份,自然感染率

为 12.50%。其中草原血蜱阳性 17 份,银盾革蜱、亚东璃眼蜱阳性各 1 份。其他 7 种病原体均未检测到核酸阳性。

将 SFGR 扩增阳性的 PCR 产物进行测序,获得 19 个 DNA 序列(表 3),与 GenBank 中的 SFGR 进行同源性分析,其中 8 个与 Rickettsia raoultii(吉林型, AY093696.1)同源性高达 97% 以上; 6 个与

表 2 PCR 体系反应条件 Table 2 Conditions for PCR

Table with 7 columns: 引物 (Primer), 预变性(°C, s) (Pre-denaturation), 变性(°C, s) (Denaturation), 退火(°C, s) (Annealing), 延伸(°C, s) (Extension), 循环(次) (Cycles), 最后延伸(°C, s) (Final extension). Lists PCR conditions for various primers like 23S3/23Sa, 23S5/23S6, etc.

表 3 与斑点热立克次体外膜蛋白 A 的 Blast 比对分数最高结果 Table 3 High-value results of Blast comparison of SFGR OmpA

Table with 5 columns: 编号 (ID), 目标 ID 号 (Target ID), 相似度(%) (Similarity), 随机数值 (Random value), 目标基因描述 (Target gene description). Lists Blast comparison results for SFGR OmpA sequences against various Rickettsia species.

R. heilongjiangensis(黑龙江型, CP002912.1)同源性最高,其中 5 个与其同源性在 97% 以上,另 1 个为 87%; 3 个与 R. massiliae(西藏型, JQ480842.1)同源性分别为 100%、86% 和 81%; 1 个与 R. heilongjiangensis(黑龙江型, EU665231.1)同源性最高为 100%; 1 个与西藏检测到的 R. massiliae(JQ792162.1)同源性最高为 94%。19 个序列与来自 GenBank 比对结果分数最高的 5 株 SFGR 序列的系统发育树见图 1。从 SFGR 系统发育树中看出,西藏型与饶河型、黑龙江型亲缘关系较远(饶河型与黑龙江型亲缘关系较近),西藏型与吉林型亲缘关系较近。

3 讨论

SFGR 是一类因被感染蜱叮咬而发病的病原体[5], 临床表现有虫咬溃疡、局部淋巴结肿大、发热和皮疹等症状。它与节肢动物关系密切,蜱既是传播媒介,又是保存宿主。该病主要分布于俄罗斯的西伯利亚、阿尔泰、哈萨克斯坦共和国、蒙古国和我国广大地区。自 20 世纪 70 年代以来该病的发病率不断上升,疫源地在扩大,新型 SFGR 不断出现。

本研究从捕获的 3 种蜱中均检测到 SFGR,从亚东璃眼蜱、银盾革蜱中各检出 1 份,均属 R. heilongjiangensis,

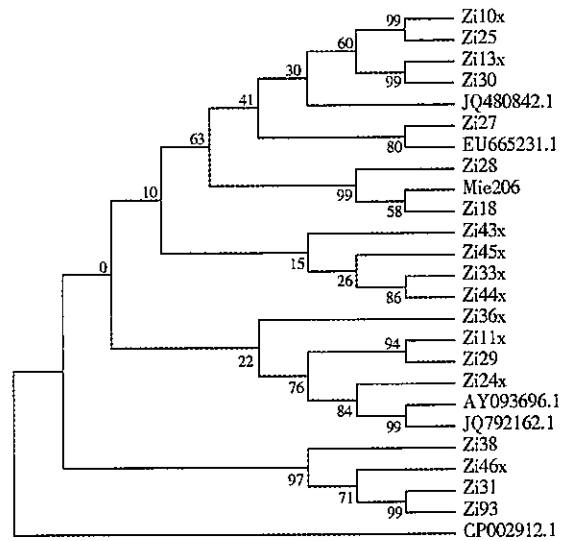


图1 19条ompA序列与Blast比对结果前5个得分较高的构建系统发育树

Figure 1 Phylogenetic tree based on top 5 high-similarity sequences in Blast comparison of 19 ompA sequences

从草原血蜱中检出17份,分别属于*R. heilongjiangensis*、*R. massiliae*(西藏)和*R. raoultii*(饶河型)。以往,很多学者利用PCR方法进行SFGR检测,如Nijhof等<sup>[6]</sup>在革蜱中检测出*R. raoultii*, Parola等<sup>[7]</sup>认为至少8%的蜱传淋巴肿大(Tick-borne lymphadenopathy)似乎是由其引起的。*R. heilongjiangensis*首次从黑龙江省的森林革蜱(*Dermacentor silvarum*)中检测到,并且被分类为SFGR中*R. japonica*亚群中的一种<sup>[8]</sup>,它引起的疾病被称为远东斑疹热(far east spotted fever, FESF),这种病在中国东北地区<sup>[9]</sup>、西伯利亚、俄罗斯<sup>[10-12]</sup>和日本<sup>[13]</sup>都有发现,FESF在这些地区是一种重要的蜱传疾病。*R. massiliae*在全球都有分布<sup>[14]</sup>,它主要由扇头蜱(*Rhipicephalus*)传播,至今为止,由其感染经分子方法证明的病例只有3例,其中意大利的病例可以引起头皮焦痂和颈部淋巴肿大<sup>[15]</sup>。

亚东璃眼蜱生活于荒漠或半荒漠地区,在戈壁滩胡杨林和柽柳沙丘附近出现最多,三宿主型;成蜱寄生在牛、绵羊、山羊、骆驼体上,幼蜱和若蜱宿主为小型兽类;成蜱5月数量最多,3—10月均有活动,幼蜱和若蜱在3—9月均可采到。草原血蜱为洞穴型种类,多生活在半荒漠或干旱草原;成蜱在4—7月活动,5月数量最多,幼蜱在7、8月出现,8月上旬最多,若蜱见于7—9月,以8月为多;各发育期均在鼠洞内;一年发生1代。银盾革蜱多见于半荒漠草原和灌丛,山地及河岸草地也常出现,三宿主型;一年发生1代;成蜱自3月开始活动,4月最多,以后逐渐减少,6月后消失,幼蜱6月出现,若蜱7月开始出现;成蜱寄生于牛、马、绵羊、山羊、

骆驼、驴、鹿、獾等大中型哺乳动物,也侵袭人,幼蜱和若蜱多寄生在啮齿类和兔等小哺乳动物体表<sup>[3]</sup>。本研究采集蜱类时间为4—5月,结合病原体检测结果,可以推断二连浩特市存在SFGR的自然疫源地。虽然本次未检测到其他蜱媒病原体,但不排除漏检的可能性。

参考文献

[1] 孟阳春,李朝品,梁国光. 蜱螨与人类疾病 第2章. 蜱类与疾病[M]. 合肥:中国科技大学出版社,1995:75-109.

[2] 刘吉起,赵奇,许注利. 蜱类研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2013,24(2):186-188.

[3] 陆宝麟,吴厚永. 中国重要医学昆虫分类与鉴别[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2003:652-679.

[4] 邓国藩,姜在阶. 中国经济昆虫志. 第39册. 蜱螨亚纲. 硬蜱科[M]. 北京:科学出版社,1991:1-350.

[5] 范明远. 新发现的蚤传斑疹热立克次体病[J]. 中国人兽共患病学报,2008,24(1):74-77.

[6] Nijhof AM, Bodaan C, Postigo M, et al. Ticks and associated pathogens collected from domestic animals in the Netherlands [J]. Vector-Borne Zoonot Dis, 2007, 7(4):585-595.

[7] Parola P, Roveery C, Rolain JM, et al. *Rickettsia slovaca* and *R. raoultii* in tick-borne rickettsioses [J]. Emerg Infect Dis, 2009, 15(7):1105-1108.

[8] Fournier PE, Dumler JS, Greub G, et al. Gene sequence-based criteria for identification of new rickettsia isolates and description of *Rickettsia heilongjiangensis* sp. nov [J]. J Clin Microbiol, 2004, 41(12):5456-5465.

[9] 吴益民,张志强,王洪军. 中国东北地区远东蜱传斑疹热流行病学调查[J]. 中华流行病学杂志,2008,29(12):1173-1175.

[10] Mediannikov O, Makarova V, Tarasevich I, et al. Isolation of *Rickettsia heilongjiangensis* strains from humans and ticks and its multispacer typing [J]. Clin Microbiol Infect, 2009, 15 Suppl 2: S288-289.

[11] Mediannikov OY, Sidelnikov Y, Ivanov L, et al. Acute tick-borne rickettsiosis caused by *Rickettsia heilongjiangensis* in Russian Far East [J]. Emerg Infect Dis, 2004, 10(5):810-817.

[12] Shpynov S, Fournier PE, Rudakov N, et al. Detection of a rickettsia closely related to *Rickettsia aeschlimannii*, "*Rickettsia heilongjiangensis*", *Rickettsia* sp. strain RpA4, and Ehrlichiamuris in ticks collected in Russia and Kazakhstan [J]. J Clin Microbiol, 2004, 42(5):2221-2223.

[13] Ando S, Kurosawa M, Sakata A, et al. Human *Rickettsia heilongjiangensis* infection, Japan [J]. Emerg Infect Dis, 2010, 16(8):1306-1308.

[14] Garcia-Garcia JC, Portillo A, Nunez MJ, et al. A patient from Argentina infected with *Rickettsia massiliae* [J]. Am J Trop Med Hyg, 2010, 82(4):691-692.

[15] Vitale G, Mansuelo S, Rolain JM, et al. *Rickettsia massiliae* human isolation [J]. Emerg Infect Dis, 2006, 12(1):174-175.

收稿日期:2013-12-09

# 广州市2006—2012年重点媒介传染病流行特征分析

罗雷<sup>1</sup>,李晓宁<sup>2</sup>,景钦隆<sup>1</sup>,肖新才<sup>1</sup>,李意兰<sup>1</sup>,曹庆<sup>1</sup>,魏跃红<sup>1</sup>,杨智聪<sup>1</sup>

1 广州市疾病预防控制中心传染病预防控制科,广东广州 510440; 2 广东药学院

**摘要:** 目的 探讨广州市重点媒介传染病流行病学特征,为媒介传染病防控提供科学依据。方法 从国家疾病监测信息报告管理信息系统中收集广州市2006—2012年重点媒介传染病报告病例基本信息以及个案调查流行病学信息,用描述性流行病学方法分析广州市重点媒介传染病的流行病学特征。结果 2006—2012年,广州市共报告6种媒介传染病5828例,其中肾综合征出血热(HFRS)、登革热、钩端螺旋体(钩体)病、疟疾、流行性乙型脑炎(乙脑)和恙虫病年平均发病率分别为1.01/10万、1.37/10万、0.10/10万、0.18/10万、0.02/10万和4.72/10万。登革热和恙虫病发病季节性特征明显,中心城区HFRS和登革热发病构成比较大,钩体病、疟疾、乙脑和恙虫病发病以城乡结合部和农村区域为主,除乙脑发病以儿童为主外,其余各媒介传染病职业分布广泛,年龄以中老年为主。结论 广州市媒介传染病发病整体相对平稳,但近年来有小幅上升趋势,发病风险仍然存在,应加强监测和预防控制工作。

**关键词:** 媒介传染病;肾综合征出血热;登革热;钩端螺旋体病;疟疾;流行性乙型脑炎;恙虫病;流行特征

中图分类号:R37 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0131-04

DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.011

## Epidemiological features of major vector-borne diseases from 2006 to 2012 in Guangzhou, China

LUO Lei<sup>1</sup>, LI Xiao-ning<sup>2</sup>, JING Qin-long<sup>1</sup>, XIAO Xin-cai<sup>1</sup>, LI Yi-lan<sup>1</sup>, CAO Qing<sup>1</sup>, WEI Yue-hong<sup>1</sup>, YANG Zhi-cong<sup>1</sup>

1 Guangzhou Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 510440, Guangdong Province, China;

2 Guangdong Pharmaceutical University

Corresponding author: YANG Zhi-cong, Email: yangzc@gzcdc.org.cn

Supported by the Guangzhou Medical Science Program (No. 20121A011124, 201102A213053, 20121A011120), United States/NIAID NIH HHS/AI (No. 1R01AI083202-01A1) and the National Natural Science Foundation of China (No. 81273139, 81271880)

**Abstract: Objective** To determine the epidemiological features of major vector-borne diseases from 2006 to 2012 in Guangzhou, China and provide a scientific basis for the prevention and control of vector-borne diseases. **Methods** The basic information of cases of major vector-borne diseases reported in Guangzhou from 2006 to 2012, as well as the epidemiological information of surveyed cases, was collected from the National Disease Surveillance Information Reporting System. The descriptive epidemiological method was used to analyze the epidemiological features of major vector-borne diseases in Guangzhou. **Results** A total of 5828 cases of six vector-borne diseases were reported from 2006 to 2012 in Guangzhou. The average annual incidence rates of hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS), dengue fever, leptospirosis, malaria, Japanese encephalitis (JE), and scrub typhus were 1.01/100 000, 1.37/100 000, 0.10/100 000, 0.18/100 000, 0.02/100 000, and 4.72/100 000, respectively. The incidence of dengue fever and scrub typhus had marked seasonal characteristics. HFRS and dengue fever were mainly incident in the central urban area, while leptospirosis, malaria, JE, and scrub typhus occurred mainly in the suburban and rural areas. JE occurred mainly in children, while other vector-borne diseases had a wide occupational distribution and were mainly seen in the middle-aged and elderly. **Conclusion** The incidence of vector-borne diseases in Guangzhou was relatively stable, but with a slight upward trend in recent years, and the risk still exists. The surveillance and control of vector-borne diseases should be strengthened.

**Key words:** Vector-borne disease; Hemorrhagic fever with renal syndrome; Dengue fever; Leptospirosis; Malaria; Japanese encephalitis; Scrub typhus; Epidemiological features

媒介传染病属自然疫源性疾,常指某些自然生

基金项目:广州市卫生局一般引导项目(20121A011124,201102A213053,20121A011120);美国NIH项目(1R01AI083202-01A1);国家自然科学基金(81273139,81271880)

作者简介:罗雷,男,流行病学与卫生统计学硕士,副主任医师,从事传染性疾病预防与控制工作。Email:llyeyq@163.com

通讯作者:杨智聪, Email: yangzc@gzcdc.org.cn

态环境中病原体在动物间或通过节肢动物传播和保存,人类进入这些地区时经媒介生物而感染病原体所致的传染性疾。我国地域辽阔,地理气候复杂,气候差异大,存在媒介生物的适宜生存环境,媒介传染病疾病谱广泛,近年来虽然媒介传染病得到一定程度的控制,但仍然是重要的公共卫生问题。广州地区纬度



相对较低,气候适宜多种媒介生物生存,每年均有肾综合征出血热(HFRS)、登革热、钩端螺旋体(钩体)病、疟疾、流行性乙型脑炎(乙脑)、恙虫病等媒介传染病发生,为探明广州市媒介传染病的流行特征,本研究对2006—2012年广州市6种媒介传染病报告病例进行了流行病学分析,现将结果报告如下。

### 1 材料与方法

1.1 病例资料 病例资料来自2006—2012年国家传染病信息报告管理系统,流行病学资料来自广州市各区的个案调查、疫情简报、阶段性汇报材料、历年媒介传染病监测与防控工作总结以及相关的调查报告等。人口学资料来自广州市统计局。

1.2 统计学分析 采用Excel软件进行数据管理,运用SAS 9.2软件进行数据分析。对各媒介传染病的流行特征进行分析,计数资料分析采用率或构成比之间的 $\chi^2$ 检验。采用集中度和圆形分布法以及rleighs test对病种的季节性特征进行分析,集中度M值>0.90时,表示某病发生有严格的季节性;M值介于0.70~0.90之间表示有很强的季节性;介于0.50~0.69之间表示

有较强的季节性;介于0.30~0.49之间,有一定的季节性;M值<0.30表示季节性不明显,当M值为0时表示某病均匀分布在12个月内<sup>[2]</sup>。

### 2 结果

2.1 流行概况 2006—2012年广州市共报告6种媒介传染病5828例,其中HFRS 793例,登革热1079例,钩体病80例,恙虫病3719例,乙脑16例,疟疾141例。重点媒介传染病的年平均发病率为7.40/10万,HFRS、登革热、钩体病、疟疾、乙脑和恙虫病的年平均发病率分别为1.01/10万、1.37/10万、0.10/10万、0.18/10万、0.02/10万和4.72/10万,6种重要媒介传染病死亡13例,病死率为0.22%,其中HFRS死亡4例,疟疾和乙脑各2例,恙虫病5例,平均死亡率0.02/10万。2008年HFRS发病率达到高峰;钩体病、疟疾、乙脑发病率相对平稳地持续在同一水平;登革热自2006年暴发后,2007—2009年发病率下降,2010—2012年发病率逐年小幅度上升;恙虫病发病率相对其他几种媒介疾病发病率均高,2009年发病率达最高峰,且近3年呈逐年上升趋势。2006—2012年6种媒介传染病流行趋势见表1。

表1 广州市2006—2012年重点媒介传染病年发病率(/10万)

Table 1 Annual incidence (/100 000) of major vector-borne diseases in Guangzhou from 2006 to 2012

年度	HFRS		登革热		钩体病		疟疾		乙脑		恙虫病		总计	
	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率
2006	106	1.12	776	7.97	10	0.09	12	0.20	5	0.05	324	2.70	536	4.04
2007	93	1.01	30	0.30	16	0.17	18	0.18	3	0.03	285	2.34	857	21.95
2008	78	1.58	5	0.08	14	0.15	23	0.22	0	0.00	322	3.56	1033	9.16
2009	112	0.70	8	0.10	11	0.08	15	0.14	2	0.02	319	8.12	541	5.41
2010	128	0.76	66	0.52	8	0.09	26	0.17	2	0.02	564	3.70	495	9.81
2011	110	0.97	41	0.34	10	0.06	26	0.22	2	0.02	649	4.08	107	4.10
2012	166	1.01	153	1.20	11	0.09	21	0.15	2	0.02	1256	8.01	511	9.09
合计	793	1.01	1079	1.37	80	0.10	141	0.18	16	0.02	3719	4.72	5828	7.40

2.2 空间分布 登革热、恙虫病、乙脑发病空间聚集性较强,发病构成前4位的区域累计构成比均>70%,钩体病、疟疾、乙脑、恙虫病的发病均集中在城乡结合部和农村区域,从化市在钩体病、乙脑、恙虫病的发病区域构成中均占最大比例,构成比分别为38.06%、33.33%和20.50%,中心城区在HFRS和登革热的区域构成中居首要地位,构成比分别为45.10%和55.92%(表2)。

2.3 人群分布 5828例患者中,男性发病3188例,女性2640例,男性总体平均发病率高于女性( $\chi^2=51.53$ ,  $P<0.01$ ),除登革热、恙虫病外,其他病种男性发病率均高于女性(表3)。

26~、36~45岁年龄组报告HFRS病例数较多,分别为223例和222例,占HFRS总病例数的56.12%。登革热人群普遍易感,但发病主要集中在青壮年,儿童和

年龄大者发病构成较小;钩体病发病主要集中在36~65岁年龄组,构成比为68.75%;疟疾病例主要集中在16~55岁年龄组,占总病例数的90.07%;乙脑发病主要为≤15岁儿童;恙虫病发病主要集中于36岁以上人群,构成比为79.08%。各媒介传染病不同年龄组发病率见表4。

各媒介传染病发病人群职业分布广泛,农民及民工所占比例最大,为40.92%。乙脑发病以儿童和学生为主,合计构成比为93.75%。不同职业各种疾病发病状况见表5。

2.4 季节性特征 采用集中度法和圆形分布法对2006—2012年媒介传染病发病的季节性进行分析,结果显示登革热、乙脑有很强的季节性( $M>0.70$ ),恙虫病有较强的季节性( $0.50<M<0.69$ ),HFRS有一定的季节性,疟疾和钩体病季节性表现不明显。2006—2012年不同疾病M值见表6。

表2 广州市不同地区2006—2012年重点媒介传染病发病率(/10万)

Table 2 Incidence (/100 000) of major vector-borne diseases in different districts of Guangzhou from 2006 to 2012

区(县)	HFRS		登革热		钩体病		疟疾		乙脑		恙虫病		总计	
	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率
白云	105	0.80	114	0.86	15	0.11	32	0.24	3	0.02	267	2.01	536	4.04
从化	19	0.49	50	1.28	23	0.59	10	0.26	3	0.08	752	19.25	857	21.95
番禺	61	0.54	204	1.81	6	0.05	16	0.14	1	0.01	745	6.61	1033	9.16
海珠	202	2.02	95	0.95	1	0.01	10	0.10	1	0.01	232	2.32	541	5.41
花都	26	0.46	2	0.04	7	0.12	6	0.11	2	0.04	452	9.04	495	9.81
黄浦	25	0.97	5	0.19	4	0.16	3	0.12	0	0.00	70	2.66	107	4.10
荔湾	58	1.03	368	6.55	7	0.12	11	0.20	0	0.00	67	1.19	511	9.09
萝岗	12	0.60	1	0.05	3	0.15	4	0.20	0	0.00	95	4.75	115	5.75
南沙	4	0.26	6	0.39	1	0.06	5	0.32	0	0.00	217	14.11	233	15.14
天河	156	1.77	70	0.79	5	0.06	18	0.20	2	0.02	112	1.26	363	4.10
越秀	52	0.69	161	2.12	3	0.04	15	0.20	2	0.03	72	0.95	305	4.03
增城	73	1.16	3	0.05	5	0.08	11	0.17	2	0.03	638	10.63	732	12.12
合计	793	1.01	1079	1.37	80	0.10	141	0.18	16	0.02	3719	4.72	5828	7.40

表3 广州市2006—2012年重点媒介传染病性别分布

Table 3 Sex distribution of major vector-borne diseases in Guangzhou from 2006 to 2012

病种	男性		女性		$\chi^2$ 值	P值	总计	
	例数	发病率(/10万)	例数	发病率(/10万)			例数	发病率(/10万)
HFRS	604	1.41	189	0.47	217.18	<0.01	793	1.01
登革热	542	1.26	537	1.35	0.02	>0.05	1079	1.37
钩体病	58	0.14	22	0.06	16.20	<0.01	80	0.10
疟疾	112	0.26	29	0.07	48.86	<0.01	141	0.18
乙脑	14	0.03	2	0.01	9.00	<0.01	16	0.02
恙虫病	1858	4.33	1861	4.66	0.00	>0.05	3719	4.72
合计	3188	7.44	2640	6.62	51.53	<0.01	5828	7.40

表4 广州市2006—2012年重点媒介传染病年龄分布

Table 4 Age distribution of major vector-borne diseases in Guangzhou from 2006 to 2012

年龄组(岁)	HFRS		登革热		钩体病		疟疾		乙脑		恙虫病		总计	
	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率	例数	发病率
≤15	4	0.04	80	0.76	1	0.01	5	0.05	14	0.13	292	2.79	396	3.78
16~	120	0.74	216	1.33	5	0.03	24	0.15	1	0.01	185	1.14	551	3.40
26~	223	1.46	215	1.41	9	0.06	49	0.32	0	0.00	301	1.97	797	5.22
36~	222	1.56	202	1.42	25	0.18	37	0.26	0	0.00	620	4.35	1106	7.77
46~	135	1.33	167	1.64	17	0.17	17	0.17	0	0.00	814	8.02	1150	11.32
56~	56	0.91	109	1.77	13	0.21	6	0.10	0	0.00	792	12.83	976	15.82
66~	33	0.55	90	1.50	10	0.17	3	0.05	1	0.02	715	11.92	852	14.21
合计	793	1.01	1079	1.37	80	0.10	141	0.18	16	0.02	3719	4.72	5828	7.40

表5 广州市2006—2012年重点媒介传染病职业分布

Table 5 Occupational distribution of major vector-borne diseases in Guangzhou from 2006 to 2012

职业	HFRS	登革热	钩体病	疟疾	乙脑	恙虫病	总计
商业服务者	130(16.39)	129(11.96)	4(5.00)	18(12.77)	0(0.00)	40(1.08)	321(5.56)
干部职员	32(4.04)	61(5.65)	0(0.00)	11(7.80)	0(0.00)	45(1.21)	149(2.55)
工人	128(16.14)	134(12.42)	8(10.00)	21(14.89)	0(0.00)	227(6.10)	518(8.87)
家务及待业者	155(19.55)	165(15.29)	17(21.25)	15(10.64)	0(0.00)	439(11.80)	791(13.57)
专业技术人员	12(1.51)	26(2.41)	3(3.75)	0(0.00)	0(0.00)	33(0.89)	74(1.27)
离退休人员	31(3.91)	135(12.51)	5(6.25)	2(1.42)	1(6.25)	210(5.65)	384(6.59)
农民及民工	125(15.76)	119(11.03)	29(36.25)	20(14.18)	0(0.00)	2092(56.25)	2385(40.92)
儿童	0(0.00)	16(1.48)	0(0.00)	0(0.00)	9(56.25)	117(3.15)	142(2.44)
学生	13(1.64)	101(9.36)	1(1.25)	13(9.22)	6(37.50)	202(5.43)	336(5.77)
其他	167(21.06)	193(17.89)	13(16.25)	41(29.08)	0(0.00)	314(8.44)	728(12.49)
合计	793	1079	80	141	16	3719	5828

注:括号外数据为例数,括号内数据为构成比(%)。

表 6 广州市 2006—2012 年重点媒介传染病季节集中度 (M 值)

Table 6 Seasonal concentration (M value) of major vector-borne diseases in Guangzhou from 2006 to 2012

病种	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	合计
HFRS	0.466 22	0.406 49	0.382 42	0.542 54	0.436 44	0.311 44	0.505 49	0.417 56
登革热	0.744 11	0.699 18	0.547 94	0.878 91	0.776 87	0.524 37	0.647 60	0.704 97
钩体病	0.666 00	0.244 95	0.233 00	0.241 48	0.386 46	0.216 51	0.182 65	0.214 39
疟疾	0.426 65	0.426 92	0.381 17	0.239 00	0.379 30	0.214 07	0.191 19	0.274 45
乙脑	0.726 53	1.000 00	0.000 00	1.000 00	0.965 93	1.000 00	0.866 03	0.769 91
恙虫病	0.401 90	0.312 82	0.331 67	0.514 15	0.492 87	0.513 37	0.515 64	0.502 10

对存在很强季节性的登革热、恙虫病采用圆形分布法计算发病高峰。结果显示,登革热圆形分布  $r$  值为 0.86, 平均角  $\bar{\alpha}$  为 258.59° 位于第三象限, raleighs test 检验  $Z$  值为 798.44 ( $P < 0.001$ ), 表示平均角  $\bar{\alpha}$  存在, 并存在明显的发病高峰。平均角标准差为 31.44°,  $\bar{\alpha} \pm s$  为 258.59° (227.1, 290.03), 对应日期为每年的第 262 天 (230 d, 294 d), 即每年的高峰日为 8 月 19 日, 流行期为每年的 7 月下旬至 9 月中旬。恙虫病圆形分布结果  $r$  值为 0.50, 平均角  $\bar{\alpha}$  为 218.99° 位于第三象限, raleighs test 检验  $Z$  值为 938.37 ( $P < 0.001$ ), 表示平均角  $\bar{\alpha}$  存在, 并存在一定的发病高峰, 平均角标准差为 67.18°,  $\bar{\alpha} \pm s$  为 218.99° (151.81, 286.17), 对应日期为每年的第 222 天 (154 d, 290 d), 即每年的高峰日为 8 月 10 日, 流行期为每年的 6 月上旬至 10 月中旬。

### 3 讨论

广州市疟疾、乙脑、钩体病发病率与其他地区相近<sup>[3-6]</sup>, 然而登革热、恙虫病的发病水平高于福建<sup>[3]</sup>、泉州<sup>[5]</sup>等地的报道, 且高于广东省平均水平<sup>[6-7]</sup>。目前恙虫病是广州市媒介传染病中发病率最高的病种, 发病率逐年升高, 需引起重视, 有全球古老传染病复燃的风险, 因此, 广州市仍需加大媒介传染病监测与防控力度。

广州市登革热、恙虫病发病存在季节性, 发病高峰分别集中在 7—9 月和 6—10 月。恙虫病季节性与福建省研究结果一致<sup>[3]</sup>, 广州市自 2006 年暴发登革热疫情后, 最近 6 年疫情相对稳定, 但也存在小幅度逐年上升, 有研究表明登革热的流行周期为 4~6 年, 广州市登革热疫情已稳定 6 年, 未来几年发生登革热再次流行的风险很大, 应做好预防措施。

本研究结果提示, 广州市重点媒介传染病主要发生在中心城区和城乡结合部, 除与广州市处于热带和亚热带区域, 气温和降雨量适合各类媒介生长有关外, 还与广州市人口分布密度和城市建筑环境有关。广州市人口密集, 城市范围内除有卫生状况较好的现代建筑和街区外, 还存在较多的未改造城中村以及较大范围的农村结合部, 该类居住地区生活方便、房屋租金便宜, 吸引了大量外来和流动人口聚集, 但楼与楼之间

距短, 卫生状况较差, 日常监测蚊媒和鼠密度均较高, 登革热、HFRS 等媒介传染病高发<sup>[8]</sup>, 因此, 在今后的疾病防控工作中, 应加大对上述重点区域的媒介防控力度, 加大防病知识宣传, 提高居民的防病意识, 动员居民共同搞好环境卫生, 开展爱国卫生运动, 可有效降低媒介传染病的发病水平。

此外, 分析提示除登革热、恙虫病外, 其他疾病男性发病率均高于女性, 可能是男性外出活动比女性多, 使患病风险增加<sup>[9]</sup>。除乙脑外各个年龄段均有媒介传染病发生。乙脑的主要发病集中在儿童, 可能是由于计划免疫接种和宣传教育不到位造成<sup>[10]</sup>; 登革热人群普遍易感, 但在广州市登革热发病以成人为主, 不符合登革热地方流行区的发病特点<sup>[11]</sup>。媒介传染病发病职业分布广泛, 发病以农民及民工为主, 可能与其居住环境差及自我保护意识相对较低有关。

媒介传染病的控制不仅需要卫生部门的努力, 还需要加大对居民的健康宣传教育。针对各个疾病易感人群和高风险地区, 应采取有效的宣传教育, 提高居民自我预防意识, 是预防媒介传染病的根本措施。

#### 参考文献

- [1] 罗成旺, 刘超勇. 自然疫源性疾病流行因素分析及对策[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2007, 18(4): 293-297.
- [2] 甘仰本, 汤雪琴, 廖征. 集中度和圆形分布法分析南昌市 1985—2009 年流行性乙型脑炎季节性分布[J]. 中华疾病控制杂志, 2012, 16(8): 726-728.
- [3] 陈敏红, 王依妹, 陈艳. 福州市主要媒介传染病的流行现状与防控对策[J]. 中国预防医学杂志, 2009, 10(7): 649-651.
- [4] 李秀必, 梁江明, 黄君, 等. 2007—2011 年广西钩端螺旋体病流行病学分析[J]. 实用预防医学, 2013, 20(2): 168-170.
- [5] 何似, 谢忠杭, 陈阳, 等. 福建省 2006—2009 年恙虫病流行特征分析[J]. 中华疾病控制杂志, 2011, 15(2): 123-125.
- [6] 龚苍涛, 张庆虎. 泉州市 2004—2010 年登革热疫情流行病学特征[J]. 海峡预防医学杂志, 2011, 17(6): 30-32.
- [7] 郭汝宁, 何剑峰, 梁文佳, 等. 广东省 2005—2010 年登革热流行特征分析[J]. 实用医学杂志, 2011, 27(19): 3477-3480.
- [8] 陈耀球, 董绮虹, 朱雪茵, 等. 澳门登革热 989 例[J]. 中华传染病杂志, 2005, 23(1): 43-45.
- [9] 刘怡芳, 吕杰, 董晓春, 等. 2000—2011 年天津市肾综合征出血热流行特征分析[J]. 疾病监测, 2012, 27(4): 277-279.
- [10] 方挺, 郭延波, 潘兴强, 等. 2005—2010 年浙江省宁波市流行性乙型脑炎流行病学分析[J]. 疾病监测, 2012, 27(3): 192-194.
- [11] 杨绍基, 任红, 李兰娟, 等. 传染病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 99.

收稿日期: 2013-10-21

## · 论 著 ·

# 空调隔尘网尘螨过敏原的检测

王克霞<sup>1</sup>, 刘志明<sup>2</sup>, 姜玉新<sup>2</sup>, 刁继东<sup>2</sup>, 徐海丰<sup>1</sup>, 徐鹏飞<sup>1</sup>, 李朝品<sup>1,2</sup>

1 安徽理工大学医学院, 安徽 淮南 232001; 2 皖南医学院医学寄生虫学教研室, 安徽 芜湖 241002

**摘要:** 目的 检测安徽省芜湖地区家庭空调隔尘网灰尘和空调开机前、后室内空气中粉尘螨 I 类过敏原 (Der f 1) 和屋尘螨 I 类过敏原 (Der p 1) 浓度, 以探讨隔尘网中尘螨过敏原与哮喘发病的关系。方法 分别从哮喘患者和健康居民家庭采集空调隔尘网灰尘样本各 30 份, 同时用粉尘采样器采集哮喘患者和健康居民室内空气粉尘样本, 开机前、后各采集 30 份。ELISA 法检测 Der f 1、Der p 1 的浓度, Dot-ELISA 检测灰尘提取液过敏原性。结果 健康人群 (家庭) 组隔尘网灰尘中的过敏原 Der f 1、Der p 1 浓度中位数分别为 1.49 和 1.28  $\mu\text{g/g}$ ; 哮喘患者 (家庭) 组隔尘网灰尘中的过敏原 Der f 1、Der p 1 浓度中位数分别为 0.73 和 0.85  $\mu\text{g/g}$ , 二者差异有统计学意义 (分别为  $P < 0.01$ ,  $P < 0.05$ )。健康人群 (家庭) 组的空调开机前空气中 Der f 1、Der p 1 浓度中位数分别为 4.65 和 5.90  $\text{ng/m}^3$ , 开机后分别为 7.65 和 7.35  $\text{ng/m}^3$ 。哮喘患者 (家庭) 组空调开机前空气中 Der f 1、Der p 1 浓度中位数分别为 5.05 和 5.90  $\text{ng/m}^3$ , 开机后分别为 7.15 和 7.10  $\text{ng/m}^3$ 。检测结果显示, 打开空调送风情况下, 哮喘患者 (家庭) 组与健康人群 (家庭) 组的空气中 Der f 1、Der p 1 浓度均比未开空调时高, 且差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。Dot-ELISA 分析显示, 灰尘提取液中过敏原能与螨过敏性哮喘患者的 IgE 产生结合反应。结论 芜湖地区居民空调隔尘网中含有尘螨 I 类过敏原, 空调开启送风后空气中尘螨的 2 个主要过敏原浓度均显著升高, 应重视家用空调的清洁与净化, 定期清洗、更换隔尘网以防止或减少尘螨孳生。

**关键词:** 尘螨; 痒螨; 无气门股; 尘螨过敏; 过敏原; 空调隔尘网; 家螨

中图分类号: R384.4 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0135-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.012

## Detection of dust mite allergens from filters of air conditioners

WANG Ke-xia<sup>1</sup>, LIU Zhi-ming<sup>2</sup>, JIANG Yu-xin<sup>2</sup>, DIAO Ji-dong<sup>2</sup>, XU Hai-feng<sup>1</sup>, XU Peng-fei<sup>1</sup>, LI Chao-pin<sup>1,2</sup>

1 School of Medicine, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, Anhui Province, China;

2 Department of Medical Parasitology, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui Province, China

Corresponding author: LI Chao-pin, Email: epli001@126.com

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30872367, 81172790) and the Natural Science Foundation of Anhui Province (No. 070413088)

**Abstract: Objective** To determine the concentrations of allergens Der f 1 (from *Dermatophagoides farinae*) and Der p 1 (from *D. pteronyssinus*) in the dust from filters of domestic air conditioners and in the indoor air before and after the operation of air conditioners in Wuhu, Anhui province, China and to investigate the association of dust mite allergens in air conditioner filters with asthma attack. **Methods** Sixty dust samples were equally collected from the air conditioner filters in domestic houses of asthmatic patients and healthy subjects; indoor air dust samples were collected from the rooms of the above two groups using dust samplers, and for each group, 30 samples were collected before the operation of air conditioners and 30 samples after the operation. The concentrations of allergens Der f 1 and Der p 1 were determined by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), and the binding capacity of allergens from dust extract was measured by dot-ELISA. **Results** The median concentrations of Der f 1 and Der p 1 in dust from filters were 1.49 and 1.28  $\mu\text{g/g}$  for healthy subjects, versus 0.73 and 0.85  $\mu\text{g/g}$  for asthmatic patients ( $P < 0.01$  and  $P < 0.05$ ). The median concentrations of Der f 1 and Der p 1 in air before the operation of conditioners were 4.65 and 5.90  $\text{ng/m}^3$  for healthy subjects, versus 5.05 and 5.90  $\text{ng/m}^3$  for asthmatic patients; the median concentrations of Der f 1 and Der p 1 in air after the operation of conditioners were 7.65 and 7.35  $\text{ng/m}^3$  for healthy subjects, versus 7.15 and 7.10  $\text{ng/m}^3$  for asthmatic patients. The results showed that for both asthmatic patients and healthy subjects, the concentrations of Der f 1 and

基金项目: 国家自然科学基金 (30872367, 81172790); 安徽省自然科学基金 (070413088)

作者简介: 王克霞, 女, 教授, 硕士生导师, 主要从事病原生物学和传染病学的基础与科研工作。Email: kxwang2009@126.com

通讯作者: 李朝品, Email: epli001@126.com

升高,应引起长期在室内空调环境下生活、工作者的注意。同时应重视空调的清洁与净化、定期清洗、更换隔尘网,从而减少尘螨孳生,这样可以有效地降低居室环境中过敏原的含量,最终达到缓解过敏患者的症状,降低尘螨导致的过敏性疾病的发病率<sup>[24]</sup>。本研究发  
 现,哮喘患者(家庭)组空调隔尘网灰尘中的尘螨主要过敏原浓度均高于健康人群(家庭)组,通过问卷调查得知,健康家庭曾接受过临床医生指导,且有经常打扫室内卫生、开窗通风、清洗床上用品等良好生活习惯,在一定程度上降低了室内尘螨过敏原浓度。

参考文献

[1] Asher MI, Montefort S, Björkstén B, et al. Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC phases one and three repeat multicountry cross-sectional surveys [J]. *Lancet*, 2006, 368(9537):733-743.

[2] Pawankar R, Baena-Cagnani CE, Bousquet J, et al. State of world allergy report 2008: allergy and chronic respiratory diseases [J]. *World Allergy Organ J*, 2008, 1(6 Suppl):S4-17.

[3] Galli SJ, Tsai M, Piliponsky AM. The development of allergic inflammation [J]. *Nature*, 2008, 454(7203):445-454.

[4] Terreehorst I, Oosting AJ, Tempels-Pavlica Z, et al. Prevalence and severity of allergic rhinitis in house dust mite-allergic patients with bronchial asthma or atopic dermatitis [J]. *Clin Exp Allergy*, 2002, 32(8):1160-1165.

[5] Platts-Mills TA, Thomas WR, Aalberse RC, et al. Dust mite allergens and asthma: report of a second international workshop [J]. *J Allergy Clin Immunol*, 1992, 89(5):1046-1060.

[6] 许礼发,王克震,赵军,等. 空调隔尘网粉螨、真菌、细菌污染状况调查 [J]. *环境与职业医学*, 2008, 25(1):79-81.

[7] Leech JA, Nelson WC, Burnett RT, et al. It's about time: a comparison of Canadian and American time-activity patterns [J]. *J Expo Anal Environ Epidemiol*, 2002, 12(6):427-432.

[8] Krantz GW, Walter DE. A manual of acarology [M]. Lubbock: Texas Tech University Press, 2009:16-22.

[9] 沈莲,孙劲旅,陈军. 家庭致敏螨类概述 [J]. *昆虫知识*, 2010, 47(6):1264-1269.

[10] 石连,姜玉新,王海宁,等. 粉尘螨变应原 Der f 1 基因的原核表达

及多克隆抗体的制备 [J]. *皖南医学院学报*, 2012, 31(1):3-6.

[11] Hallas TE. The biology of mites [J]. *Allergy*, 1991, 46 Suppl 11: S6-9.

[12] Caplin J, Capriles-Hulett A, Iraola V, et al. Allergic sensitization to domestic mites in Corpus Christi, Texas [J]. *Allergy Asthma Proc*, 2009, 30:166-170.

[13] Thomas WR, Smith WA, Hales BJ. The allergenic specificities of the house dust mite [J]. *Chang Gung Med J*, 2004, 27(8):563.

[14] 杨庆贵,李朝品. 粉尘螨 I 类变应原的 cDNA 克隆测序及亚克隆 [J]. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 2004, 22(3):173-175.

[15] Platts-Mills TA, Thomas WR, Aalberse RC, et al. Dust mite allergens and asthma: Report of a second international workshop [J]. *J Allergy Clin Immunol*, 1992, 89(5):1046-1060.

[16] Zheng YW, Li J, Lai XX, et al. Allergen micro-array detection of specific IgE-reactivity in Chinese allergy patients [J]. *Chin Med J*, 2011, 124(24):4350-4354.

[17] Hales BJ, Martin AC, Pearce LJ, et al. IgE and IgG anti-house dust mite specificities in allergic disease [J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2006, 118(2):361-367.

[18] 李朝品. 医学昆虫学 [M]. 北京:人民军医出版社, 2006:229-299.

[19] 湛孝东,陈琪,郭伟,等. 芜湖地区居室空调粉螨污染研究 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2013, 24(4):301-303.

[20] Sublett JL, Seltzer J, Burkhead R, et al. Air filters and air cleaners: Rostrum by the American Academy of allergy, asthma & immunology indoor allergen committee [J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2010, 125(1):32-38.

[21] Vichyanond P, Pensrichon R, Kurasirikul S. Progress in the management of childhood asthma [J]. *Asia Pac Allergy*, 2012, 2(1):15-25.

[22] Sih T, Mion O. Allergic rhinitis in the child and associated comorbidities [J]. *Pediatr Allergy Immunol*, 2010, 21(1 Pt 2):e107-113.

[23] Prescott SL. Maternal allergen exposure as a risk factor for childhood asthma [J]. *Curr Allergy Asthma Rep*, 2006, 6(1):75-80.

[24] Liu ZG, Bai Y, Ji KM, et al. Detection of *Dermatophagodes farinae* in the dust of air-conditioning filters [J]. *Int Arch Allergy Immunol*, 2007, 144(1):85-90.

收稿日期:2013-11-12

· 论 著 ·

# 湖南省郴州市2003—2012年疟疾流行特征及监测效果研究

朱韩武,李灯华,朱维明,陈伟华,段良松  
 郴州市疾病预防控制中心,湖南 郴州 423000

**摘要:** 目的 了解郴州市疟疾流行特征及监测效果,为疟疾防治和消除提供科学依据。方法 运用描述性流行病学方法对郴州市2003—2012年疟疾流行病学及监测资料进行统计分析。结果 郴州市2003—2012年共报告疟疾病例41例,年平均发病率为0.09/10万,死亡1例,无暴发疫情;其中间日疟24例(58.54%),恶性疟15例(36.58%),三日疟2例(4.88%);本地病例4例(9.76%),输入性病例37例(90.24%),93.33%(14/15)的恶性疟病例均由非洲输入;发热患者血检107 975人次,阳性率为3.43/万,疟疾病例实验室检测率和确诊率均为100%;传疟媒介主要以中华按蚊为主(86.04%),蚊密度高峰出现在7—8月。结论 郴州市基本消除疟疾后,疟疾疫情控制在较低水平,病例以输入性为主,在今后的疟疾防治和消除工作中,应加强流动人口监测和发热患者血检。

**关键词:** 疟疾; 流行特征; 监测效果

中图分类号:R531.3 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0139-03  
 DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.013

## Epidemiological features and surveillance of malaria from 2003 to 2012 in Chenzhou, Hunan province, China

ZHU Han-wu, LI Deng-hua, ZHU Wei-ming, CHEN Wei-hua, DUAN Liang-song  
 Chenzhou Center for Disease Control and Prevention, Chenzhou 423000, Hunan Province, China

**Abstract: Objective** To study the epidemiological features and surveillance of malaria in Chenzhou, Hunan province, China and to provide a scientific basis for malaria control and elimination. **Methods** The descriptive epidemiological method was used for statistical analysis of epidemiological and surveillance data of malaria in Chenzhou from 2003 to 2012. **Results** Forty-one malaria cases were reported in Chenzhou from 2003 to 2012, including 24 cases of *Plasmodium vivax* malaria (58.54%), 15 cases of *P. falciparum* malaria (36.58%), and 2 cases of quartan malaria (4.88%), with an average annual incidence of 0.09/100 000, one fatal case, and no epidemic outbreak. There were 4 indigenous cases (9.76%) and 37 imported cases (90.24%), and 93.33% (14/15) of *P. falciparum* malaria cases were imported from Africa. The positive rate of febrile cases (107 975 person-times) who underwent blood tests was 3.43/10 000. The laboratory detection and confirmatory diagnosis were both 100% among malaria cases. *Anopheles sinensis* was the main vector of malaria (86.04%), and the peak period of mosquito density was from July to August. **Conclusion** In Chenzhou, the incidence of malaria is controlled at a low level and the malaria cases are mostly imported after malaria has been basically eliminated. Surveillance of migrants and blood tests in febrile cases should be strengthened in malaria prevention and elimination.

**Key words:** Malaria; Epidemiological features; Surveillance effectiveness

疟疾是严重危害人类健康的虫媒传染病,与艾滋病、结核病一起被列为全球三大公共卫生问题。世界疟疾报告指出,全球有104个国家和地区流行疟疾,约33亿人受到威胁,每年约有2亿人感染疟疾,近66万人死亡<sup>[1]</sup>。疟疾也是严重危害我国居民的重要传染病,湖南省曾是疟疾的高发区,全省各地均有疟疾流行,发病人数居急性传染病首位<sup>[2-3]</sup>。郴州市地处湖南

作者简介:朱韩武,男,硕士研究生,主要从事疾病预防控制工作。  
 Email: czszhu@126.com

省东南部,历史上疟疾在郴州市流行严重,曾有“人到郴州‘打摆子’”之说,经过综合防治,于1987年达到了卫生部基本消除疟疾标准的要求,进入疟疾防治监测阶段。近年来,郴州市的疟疾发病率一直维持在较低水平,均以输入性疟疾为主,随着经济全球化发展、对外交流的增加,输入性疟疾疫情呈现上升趋势。为了解郴州市疟疾流行特征及监测效果,做好疟疾防治工作,确保按期完成消除疟疾目标,现将郴州市2003—2012年疟疾流行特征及监测效果分析如下。



## 1 材料与方法

1.1 资料来源 郴州市2003—2012年疟疾资料来源于中国疾病预防控制中心信息系统、疟疾年度统计表、疟疾病例个案调查表及疫点处置报告。

### 1.2 方法

1.2.1 病例诊断方法 对临床诊断为疟疾、疑似疟疾和不明原因发热患者(“三热病人”)采厚、薄血膜,吉姆萨染色后镜检疟原虫<sup>[4]</sup>。

1.2.2 媒介监测方法 选取2个调查场所(猪圈和牛圈),每个场所布置1盏诱蚊灯,采用诱蚊灯(LTS-MO2,武汉市吉星环保科技有限公司生产)通宵开展媒介按蚊种群调查;采用双帐人饵通宵诱捕法开展媒介按蚊密度调查,6—10月每半个月开展1次。

1.3 统计学分析 采用Excel 2003和SPSS 17.0软件对病例数据进行统计分析。

## 2 结果

2.1 疟疾发病及报告情况 郴州市2003—2012年共报告疟疾病例41例,年发病率均 $<0.18/10$ 万,年平均发病率为 $0.09/10$ 万,死亡1例,无暴发疫情;其中间日疟24例(58.54%),恶性疟15例(36.58%),三日疟2例(4.88%);实验室检测41例(100%);本地病例4例(9.76%),输入性病例37例(90.24%)(表1)。

表1 郴州市2003—2012年疟疾病例分型特征  
Table 1 Identified types of malaria cases in Chenzhou from 2003 to 2012

年度	本地病例数				输入性病例数			
	间日疟	恶性疟	三日疟	合计	间日疟	恶性疟	三日疟	合计
2003	0	0	1	1	1	1	0	2
2004	1	0	0	1	2	0	0	2
2005	0	0	1	1	3	0	0	3
2006	1	0	0	1	0	1	0	1
2007	0	0	0	0	2	2	0	4
2008	0	0	0	0	3	0	0	3
2009	0	0	0	0	4	2	0	6
2010	0	0	0	0	3	0	0	3
2011	0	0	0	0	4	5	0	9
2012	0	0	0	0	0	4	0	4
合计	2	0	2	4	22	15	0	37

### 2.2 病例三间分布

2.2.1 地区分布 全市11个县(市、区)除桂东县外,均有病例报告,发病数居前5位的是北湖区(9例)、苏仙区(7例)、桂阳县(7例)、汝城县(6例)、资兴市(3例),占全部报告病例数的78.05%(32/41)。

2.2.2 时间分布 2003—2012年每年均有疟疾病例

报告,各年间疟疾发病数无明显规律,发病数最多的是2011年(9例);每年发病数均以输入性疟疾病例为主,从2007年起,输入性病例占年度总病例数的100%(图1)。41例患者中,1—12月均有分布,主要集中在7—8月、11—12月和1—2月。7—8月发病数占总病例数的39.02%(16/41),其中间日疟11例,占总间日疟病例数的45.83%(11/24);11—12月发病数占总病例数的14.63%(6/41);1—2月占17.07%(7/41),其中恶性疟4例,占总恶性疟病例数的26.67%(4/15);发病数居前5位的月份是7月(8例)、8月(8例)、11月(4例)、1月(4例)和2月(3例),发病和疟疾种类无特定的季节分布特征。

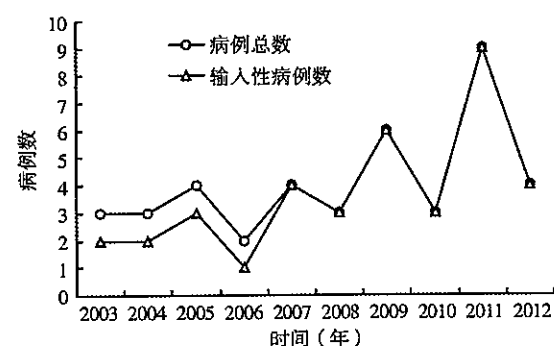


图1 郴州市2003—2012年疟疾发病曲线  
Figure 1 The curve of incidence of malaria in Chenzhou from 2003 to 2012

2.2.3 人群分布 41例患者中,男性37例(90.24%),女性4例(9.76%),男女性别比为9.25:1;年龄分布在18~70岁,以青壮年为主,集中在35~45岁,占发病总数的73.17%(30/41);职业分布主要以境外务工人员为主,占73.17%(30/41)。

2.3 病例感染来源 41例患者中,4例为本地病例;其余37例为输入性病例。输入性病例中,国内外省感染7例,其余30例均为境外感染,境外感染来源主要集中在非洲(15例)和东南亚(15例)。恶性疟主要来源于非洲,占恶性疟总数的93.33%(14/15);间日疟来源则分布于东南亚、非洲以及国内云南、海南、广西等疟疾疫区。

2.4 “三热病人”血检情况 2003—2012年,郴州市开展“三热病人”血检107 975人次,疟原虫阳性37人次,阳性率为3.43/万;血检数前3位的年度是2011年(20 805人次)、2004年(13 782人次)和2003年(12 943人次);疟疾病例实验室检测率均为100%。

2.5 媒介监测 2012年郴州市2个传疟媒介省级监测点在6—10月开展了传疟媒介监测。2个监测点共捕获按蚊1497只,其中双帐人饵通宵诱捕法捕获469只,占捕蚊总数的31.33%,人诱密度为46.90只/(人·夜);

灯诱法捕获1028只,占68.67%,灯诱密度为102.80只/(灯·夜)。捕获的按蚊有中华按蚊(*Anopheles sinensis*)、微小按蚊(*An. minimus*)和其他按蚊,以中华按蚊为主,占捕蚊总数的86.04%;蚊密度高峰出现在7—8月。

## 3 讨论

2003—2012年郴州市疟疾监测结果显示,疟疾发病率维持在较低水平,病例均为散发,以输入性病例为主(90.24%),主要是到非洲、东南亚务工人员;本地病例除2003—2006年每年各报告1例外<sup>[5]</sup>,已连续6年无本地病例报告;病例主要集中在7—8月、11—12月和1—2月,7—8月期间是传疟按蚊活跃的季节,在境外已感染间日疟的患者,若之前未进行过休止期根治,此期间会引起复发,11—12月和1—2月出现疟疾病例高发,主要是由于境外务工人员在境外感染疟疾未得到规范治疗,春节期间回国而在国内发作导致该期间病例数上升;患者大都是由于到境外务工(开矿、架路桥等)而感染,因此主要以青壮年男性为主。

2003—2012年全市“三热病人”血检情况显示,近年来“三热病人”血检力度逐年加强,疟疾实验室检测率和确诊率均达到100%,这与消除疟疾行动计划的要求相一致<sup>[6]</sup>。媒介监测结果显示,郴州市传疟媒介仍以中华按蚊为主,蚊密度高峰期出现在7—8月,与之前的研究基本一致<sup>[7]</sup>。

近年来,随着经济全球化发展、交通条件改善、对外交流增加,使得流动人口迅速增加,大量去过疟疾疫区或来自疟疾疫区的人员进入郴州市,流动人口无册、无序,疏于管理,难于管理,特别是恶性疟患者,2012年恶性疟占当年总病例数的100%,其中死亡1例,该型疟疾起病急,发病重,稍有疏忽就可能危及生命;加之历史上郴州市是高疟区,传疟媒介仍然存在,一旦病例未及时发现,疫点未及时处理,极易造成疟疾暴发,这给疟疾防治工作带来了新的难题<sup>[8-9]</sup>。针对当

前疟疾流行特点,郴州市疟疾防控应以消除疟疾行动计划为契机,加强流动人口管理,特别是加强对去过或来自境外疟疾疫区人员的管理;加强健康教育<sup>[10]</sup>,提高群众自我防疟意识;加强“三热病人”疟原虫血检能力,提升临床医生诊治水平;做到疟疾病例早发现、早诊断、早治疗,防止输入性疟疾威胁居民的生命安全和影响郴州市经济及社会发展,确保按期、保质保量实现消除疟疾目标<sup>[11]</sup>。

## 参考文献

- [1] World Health Organization. World malaria report 2012[M]. Geneva: WHO Press, 2012: 1-2.
- [2] 吴娅娜. 湖湘疟疾史研究[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2012.
- [3] 段绩辉. 湖南省疟疾防治50年成就与展望[J]. 中国热带医学, 2004, 4(6): 954-955.
- [4] 卫生部疾病预防控制局. 疟疾防治手册[M]. 3版. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 179-184.
- [5] 张传祿, 张权义, 段绩辉, 等. 湖南省桂阳县三日疟调查分析[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 2004, 17(2): 105.
- [6] 卫生部, 发展和改革委员会, 教育部, 等. 关于印发《中国消除疟疾行动计划(2010—2020)》的通知. 卫疾控发[2010]47号[R]. 北京: 卫生部, 发展和改革委员会, 教育部等13部委, 2010.
- [7] 李军, 孙振球, 李灯华, 等. 湖南郴州市疟疾流行及基本消灭疟疾后的防治效果分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2004, 15(2): 131-133.
- [8] 刘起勇, 刘小波. 媒介按蚊防控: 中国疟疾消除的关键措施[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2010, 21(5): 409-413.
- [9] 高琪. 我国消除疟疾面临的机遇与挑战[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2011, 23(4): 347-349.
- [10] 连珉珉, 张山鹰. 健康教育在疟疾防治过程中的应用[J]. 海峡预防医学杂志, 2012, 18(1): 22-24.
- [11] 卫生部办公厅. 关于印发《消除疟疾考核评估方案(2013年版)》的通知. 卫办疾控发[2013]5号[R]. 北京: 卫生部, 2013.

收稿日期: 2013-10-26

· 讣告 ·

## 告别邓址教授

2014年3月27日, 军事医学科学院微生物流行病学研究所邓址教授的告别仪式在北京八宝山公墓举行, 有关领导同志与邓址教授的生前友好纷纷前来, 在肃穆的气氛中与遗体告别。邓址教授是我国知名学者, 60年来奋战在有害生物治理的科研、教学第一线, 做出了重要贡献, 尤其在害鼠治理领域造诣很深, 成果累累, 他终身奋斗不息, 深受业内人士爱戴。他虽已离世, 但业绩与精神长存。

# 红外感应相机在鼠密度监测中的应用

任东升,刘起勇

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,传染病预防控制国家重点实验室,北京 102206

**摘要:**目的 研究红外感应相机在室内鼠密度监测中的应用。方法 在可能有鼠类活动的地方布放红外感应相机进行监测,同时使用粘鼠板和鼠夹进行灭鼠。结果 粘鼠板和鼠夹在使用初期可以消灭大部分鼠类,但在几天后残余鼠对捕鼠器械产生回避。通过红外感应相机拍到的鼠活动照片和视频,清晰显示鼠对捕鼠器械的回避反应及鼠的活动规律。结论 鼠对红外感应相机没有回避作用,红外感应相机可以监测到鼠类活动的照片和视频。视频包含信息量大,可更好地了解鼠的活动习性。与其他鼠密度监测方法相比,红外感应相机有其特殊优越性。

**关键词:** 红外感应相机;鼠密度;监测

中图分类号:S443 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0142-03

DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.014

## Infrared-triggered cameras in the application of rodent density surveillance

REN Dong-sheng, LIU Qi-yong

State Key Laboratory for Infectious Disease Prevention and Control, Department of Vector Biology and Control, National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China

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

Supported by the Important National Science and Technology Specific Projects (No. 2012ZX10004219-002)

**Abstract: Objective** Study the application of infrared-triggered cameras in rodent density surveillance. **Methods** We used infrared-triggered cameras to surveillant the rodent density. At the same time, we used glue board and rat trap to catch mice. **Results** Glue board and rat trap could catch most of the mice at first. But the remaining ones mostly avoided them. Infrared-triggered cameras filmed the photo and video of the reaction of the remaining rodents to glue board and rat clip. **Conclusion** Rodents did not avoid the infrared-triggered cameras. Infrared-triggered cameras filmed the activities of rodents. Video provided more information than photo and gave us more help in deratization. Infrared-triggered cameras is a good method in rodent density surveillance.

**Key words:** Infrared-triggered cameras; Rodent density; Surveillance

要完全消灭复杂环境下特定区域内的鼠类是一项复杂的工作。常规的器械灭鼠方法,包括鼠夹法、粘鼠板法、鼠笼法,当大部分鼠被捕杀后,剩余的个体回避捕鼠器械而不能完全将其消灭;在室内使用灭鼠剂灭鼠,也存在鼠类拒食毒饵的问题。对付这些残余个体,要采取智胜的策略<sup>[1]</sup>。这需要我们对鼠类的活动规律有很好的了解。

红外感应相机,又称红外相机、打猎相机、红外触发相机、红外感应自动照相机,是一种自动感应照相系统。该系统国外在野生动物调查中已使用较长时间<sup>[2-3]</sup>。我国1996年首次使用自动感应照相系统用于野生动物调查<sup>[4]</sup>。因为早期技术不成熟、使用胶卷相

基金项目:国家“十二五”科技重大专项课题(2012ZX10004219-002)

作者简介:任东升,男,助理研究员,从事媒介生物学的监测、控制工作。

Email: rendongsheng@icdc.cn

通讯作者:刘起勇, Email: liuqiyoung@icdc.cn

机价格昂贵等原因,使用范围较小。随着数码相机技术的发展,红外感应相机使用成本降低,其在国内野生动物研究中得到越来越多的应用<sup>[5-6]</sup>。红外感应相机用于鼠类监测,国内相关实验研究比较少,目前没有成熟的理论方法。本研究在室内灭鼠过程中使用红外感应相机进行鼠类监测,测试该技术在室内灭鼠中的应用价值及存在问题,提出利用红外感应相机进行鼠类监测的方法,为室内灭鼠提供有益的借鉴。

### 1 材料与方法

**1.1 监测器材** 采用LTL5210红外感应相机监测鼠类活动,同时使用粘鼠板(大连三利消毒有限公司生产)和塑料鼠夹(北京隆华新业卫生杀虫剂有限公司生产)进行鼠密度监测和灭鼠。

**1.2 监测场所** 某单位食堂,面积约2000 m<sup>2</sup>,地下有排水沟,屋顶有夹层,管道多,环境复杂,有鼠类活动。

**1.3 灭鼠方法** 食堂环境特殊,灭鼠以器械为主。采用粘鼠板、鼠夹灭鼠,同时,对鼠类的出入通道口进行封堵或加防鼠设施。

**1.4 鼠密度监测** 使用LTL5210红外感应相机在鼠类活动的场所进行监测,观察鼠类活动规律,同时观察鼠对捕鼠器械的反应。

**1.5 数据导出** LTL5210红外感应相机拍摄的照片和录像,存储到相机的SD卡上,监测现场可以通过相机的液晶屏查看监测结果,也可以将照片和录像拷贝

到计算机上保存、查看。

## 2 结果

**2.1 红外感应相机拍摄鼠类活动情况** 本研究于2011—2012年,在室内可能有鼠类活动的多个地点使用红外感应相机进行鼠类监测(表1)。监测的目的是确认全面灭鼠后,室内是否还有鼠类活动;如果有则确认室内鼠活动范围和藏身场所,再做针对性处理,同时评价处理方式是否达到完全灭鼠的效果。

表1 红外感应相机拍摄的鼠类活动情况  
Table 1 Infrared-triggered cameras film the activities of rodents

地点	拍摄天数	拍摄方式	拍摄数(次)	阳性拍摄数(次)	阳性拍摄率(%)	拍摄说明
地点1	1	录像	1	1	100.00	同一地点连续4 d 监测,拍摄的录像数量差异很大
	1	录像	15	15	100.00	
	1	录像	10	9	90.00	
	1	录像	4	4	100.00	
地点2	1	录像	2	1	50.00	与地点1位置不变,布放鼠夹和粘鼠板,鼠类活动警觉,拍摄的录像数量减少
	1	录像	3	2	66.67	
	1	录像	3	2	66.67	
	1	录像	1	1	100.00	
地点3	2	拍照	15	2	13.33	拍摄距离远,地面有反光,导致误拍率高
		录像	7	1	14.29	
地点4	1	拍照	2	1	50.00	在鼠类活动的通道拍摄,由于鼠类快速通过,相机拍摄启动速度慢,导致误拍率高
	1	拍照	7	1	14.29	
	1	录像	7	2	28.57	
	1	录像	37	2	5.41	
地点5	41	拍照	37	2	5.41	相机连续布放41 d,电量降低,相机不稳定,导致误拍多
		录像	37	2	5.41	
地点6	1	拍照	5	3	60.00	在鼠类活动的通道拍摄,采用先拍照后录像模式,录像延迟,导致录像阳性率低于拍照阳性率
	1	录像	6	2	33.33	
	1	拍照	8	4	50.00	
	1	录像	7	2	28.57	
	1	拍照	4	2	50.00	
	1	录像	4	1	25.00	
1	拍照	3	3	100.00		
		录像	3	3	100.00	

注:拍摄数是指红外感应相机拍摄的照片或录像的总数;阳性拍摄数是指拍摄的照片或录像中,有鼠类图像的照片或录像的数目;阳性拍摄率是指拍摄到鼠类照片或录像的数目占照片或录像总数的比例。

**2.2 红外感应相机的设置特点** LTL5210红外感应相机有3种模式:拍照模式、录像模式、拍照+录像模式。3种模式的阳性拍摄率差异无统计学意义,影响阳性拍摄率的主要因素有外界干扰、摆放位置。人为因素的干扰是导致误拍的主要原因;拍摄距离过远,有反光的情况下误拍率高;拍摄的地点是鼠类经过的通道,有时鼠类快速经过会启动拍摄却拍不到鼠类照片,这是因为红外感应相机的启动拍摄需要0.8 s的时间;实验发现,红外感应相机长期使用,电量降低时会发生相机系统不稳定现象,导致误拍率高(表1)。

LTL5210红外感应相机可以设置镜头感应的灵敏

度,灵敏度分为高、中、低3个级别,分别适合不同的环境。在室外野生动物的监测中,干扰因素多,一般选用灵敏度比较低的级别;在室内采用敏感度最高级别,10 m以外的鼠类活动也可以激发红外感应相机启动拍摄。

LTL5210红外感应相机可以设定拍摄时间,根据室内鼠类活动规律和人员活动规律设置拍摄时间,避免人的活动导致红外感应相机误拍。我们设定拍摄时间在21:00—04:00,这样设定一是因为夜间是鼠类活动的高峰期;二是因为夜间拍摄可以减少人为干扰造成的误拍;三是减少拍摄次数可以节约用电,延长机器

的待机时间。现场使用证明,机器放置最长41 d仍可进行鼠密度监测的拍摄。

同一地点使用红外感应相机连续监测,每天拍到鼠类活动的阳性拍摄数有时会差异很大,例如地点1连续4 d的拍摄结果,阳性拍摄数最高与最低相差15倍。表明利用单个红外感应相机拍摄影像的数量进行鼠密度定量监测是不可靠的,但结合图像可以辨别室内鼠类的多少。实验过程中发现,鼠类对红外感应相机没有趋避性,监测结果可以做出室内是否有鼠类活动的定性判断。

### 3 讨论

鼠密度监测是鼠类控制过程中的重要环节。灭鼠时首先要了解室内是否有鼠,鼠有多少?灭鼠效果如何?这些都需要可靠的鼠密度监测来说明。红外感应相机用于鼠密度监测,国内已有人在做这方面的尝试。南京拜斯特有害生物控制研究所开发了一款“红外线鼠密度监测仪”,与LTL5210红外感应相机原理类似。但在实际使用中存在拍摄模式不稳定、数据处理工作量大、价格昂贵等问题<sup>[7]</sup>。我们也曾试用该产品,与LTL5210红外感应相机相比,该产品只能拍照不能录像;待机时间短,需要每天充电;不能设定拍摄时间,误拍比率高,导致数据处理工作量大等问题,还需要改进。

目前红外感应相机在鼠密度监测中仅在室内应用,未在室外使用,主要是担心被盗。红外感应相机价格较高,防盗设计不强。在野外环境中使用,根据刘芳等<sup>[8]</sup>在北京松山自然保护区监测结果看,也可以拍摄到松鼠、野兔、鸟类等小型动物,可以满足室外鼠密度监测的需要。

理想的用于鼠密度监测的红外感应相机,应具备以下特点:具有夜间拍照和摄像功能,拍摄图像清晰,可以设定拍摄时间段,系统待机时间长,感应拍摄启动快,拍摄范围大,具有防盗功能、定位功能,系统稳定性好,价格便宜。LTL5210红外感应相机与以往产品相比已经有很大进步,但在防盗、定位和系统稳定性上还需要进一步提高。

红外感应相机在室内鼠密度监测中灵敏度高于粉迹法、粘捕法等,可以确定室内是否有鼠类活动。但是要进行定量鼠密度监测,还需要进一步做方法的标准

化和监测数学模型研究。国外有研究者用红外感应相机对野生老虎的监测,根据照相机数量和拍到老虎照片的数量,建立数学模型来估计野外老虎的密度<sup>[9]</sup>。在国外用红外感应相机监测白尾鹿密度<sup>[10]</sup>,将红外感应相机监测白尾鹿密度的结果与直升机计数、路线计数做对比研究<sup>[11-12]</sup>,并且用其对白尾鹿进行种群分析<sup>[13]</sup>,但未见将其用做鼠类监测的报道。红外感应相机在鼠类研究和灭鼠中的应用需要更多的探索和实践。

### 参考文献

- [1] 邓址. 城市灭鼠[M]. 北京:科学出版社,1993:68-70.
- [2] Cutler TL, Swann DE. Using remote photography in wildlife ecology: a review[J]. Wildlife Soc Bull, 1999, 27: 571-581.
- [3] Swann DE, Hass CC, Dalton DC, et al. Infrared-triggered cameras for detecting wildlife: an evaluation and review [J]. Wildlife Soc Bull, 2004, 32(2): 357-365.
- [4] 马世来, 里查德·何里来. 自动感应照像系统在野生动物调查中的应用[J]. 动物学研究, 1996, 17(4): 360.
- [5] 卢学理, 蒋志刚, 唐继荣, 等. 自动感应照像系统在大熊猫以及同域分布的野生动物研究中的应用[J]. 动物学报, 2005, 51(3): 495-500.
- [6] 封托, 王静, 张洪峰, 等. 自动照相系统在野生动物调查中的应用[J]. 野生动物, 2010, 31(3): 161-163.
- [7] 高强, 曹晖, 周毅彬, 等. 红外线鼠密度监测仪在鼠侵害监测中的应用研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2013, 19(5): 395-399.
- [8] 刘芳, 李迪强, 吴记贵. 利用红外相机调查北京松山国家级自然保护区的野生动物物种[J]. 生态学报, 2012, 32(3): 730-739.
- [9] Royle JA, Karanth KU, Gopalaswamy AM, et al. Bayesian inference in camera trapping studies for a class of spatial capture-recapture models[J]. Ecology, 2009, 90(11): 3233-3244.
- [10] Jacobson HA, Kroll JC, Browning RW, et al. Infrared-triggered cameras for censusing white-tailed deer [J]. Wildlife Soc Bull, 1997, 25(2): 547-556.
- [11] Koerth BH, McKown CD, Kroll JC. Infrared-triggered camera versus helicopter counts of white-tailed deer [J]. Wildlife Soc Bull, 1997, 25(2): 557-562.
- [12] Roberts CW, Pierce BL, Braden AW, et al. Comparison of camera and road survey estimates for white-tailed deer [J]. J Wildlife Manag, 2006, 70(1): 263-267.
- [13] McKinley WT, Demarais S, Gee KL, et al. Accuracy of the camera technique for estimating white-tailed deer population characteristics [C]. Norfolk, Virginia, 2006. Maggie Valley, NC: Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies, 2006: 83-88.

收稿日期:2014-01-20

## 围栏捕鼠技术在天津地区应用研究

梁红春<sup>1</sup>, 兰璞<sup>2</sup>, 郭永旺<sup>3</sup>

1 天津农学院, 天津 300384; 2 天津市农业科学院; 3 全国农业技术推广服务中心

**摘要:**目的 验证围栏捕鼠(TBS)技术在天津地区对鼠害的控制效果。方法 在玉米田建立4个TBS区和3个对照区进行害鼠控制研究。结果 天津地区玉米田的主要害鼠种类有大仓鼠、褐家鼠和少量的黑线姬鼠;TBS技术捕鼠效果是普通夹夜法的2.1倍;TBS技术在投入玉米田防鼠后每667 m<sup>2</sup>可增产21.7 kg, 33.3 hm<sup>2</sup>共增产10 839.15 kg, 折合经济收入为14 090.90元, 投入效益比为1:3.88。结论 研究表明TBS技术在天津地区有一定的推广价值。

**关键词:** 围栏捕鼠; 玉米田; 投入效益; 夹夜法

中图分类号:S443 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0145-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.015

### Application of trap-barrier system in controlling rodents in Tianjin, China

LIANG Hong-chun<sup>1</sup>, LAN Pu<sup>2</sup>, GUO Yong-wang<sup>3</sup>

1 Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2 Tianjin Academy of Agricultural Sciences;

3 National Agricultural Technology Extending Service Center

Supported by the Special Fund for Agro-Scientific Research in the Public Interest (No. 200903004-01) and Tianjin Agricultural University Doctoral Fund (No. 2008D007)

**Abstract: Objective** To verify the efficacy of trap-barrier system (TBS) in controlling rodents in Tianjin, China. **Methods** Four TBS plots and three control plots were set in the corn field for study on rodent control. **Results** There were three species of pestiferous rodents in the corn field in Tianjin, i.e., *Tscherskia triton*, *Rattus norvegicus*, and *Apodemus agrarius* (in small numbers). The capturing effect of TBS was 2.1 times better than that of night trapping method. With TBS for rodent control, the production of corn field increased by 21.7 kg/667 m<sup>2</sup>, resulting in an increase of 10 839.15 kg in the 33.3 hm<sup>2</sup> field, which amounts to 14 090.90 yuan; the investment-benefit ratio was 1:3.88. **Conclusion** TBS holds promise for promotional application in Tianjin and elsewhere, China.

**Key words:** Trap-barrier system; Corn field; Investment-benefit; Night trapping

围栏捕鼠(trap-barrier system, TBS)技术是近年来国际上兴起的一项农田鼠害控制技术,是国际公认的无公害控鼠技术,具有易操作、防效好、成本低、无污染等优点,适用于种植作物基本一致、鼠类危害较重的连片农田。其原理是在保持原有生产结构与措施的前提下,不使用杀鼠剂和其他药物,利用鼠类沿障碍物边缘运动的行为特点,在布设捕鼠器的围栏内种植诱饵作物,对鼠类进行诱捕<sup>[1-2]</sup>。

天津地区玉米种植面积占地16.7万hm<sup>2</sup>,是该地区的主要经济作物之一。近年来,天津地区农用耕地面积不断减少,农业生产环境和田间管理措施变化较大,加之目前农田系统未采取任何的防鼠措施,使农田鼠害聚集在一起,特别是褐家鼠(*Rattus norvegicus*)、黑

线姬鼠(*Apodemus agrarius*)数量呈持续上升趋势。为探索TBS技术在天津地区玉米田应用效果,以便采用新的技术控制鼠害,保护玉米生产安全,笔者于2011年5-11月进行了控制玉米田鼠害试验研究。

### 1 材料与方法

**1.1 试验地选择** 试验在天津市西青区杨柳青镇前桑园村进行。该村常年以种植玉米作物为主,其中玉米种植面积占总种植面积的80%以上。农区害鼠主要以大仓鼠(*Tscherskia triton*)、褐家鼠、黑线姬鼠为主。鼠密度>8%,试验地块及附近未进行其他任何灭鼠活动。

**1.2 对照区选择** 在距离试验地500 m的地区选取鼠密度及种植作物相同,连片面积在33.33 hm<sup>2</sup>以上的3块玉米田作为对照地块,其中一个对照区未进行任何灭鼠活动,一个对照区采取毒饵站化学控鼠技术防治,另外一个对照区采取夹夜法控鼠技术防治害鼠<sup>[3-5]</sup>。

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(200903004-01);天津农学院博士基金(2008D007)

作者简介:梁红春,男,博士,主要从事鼠害防治研究。

Email: lianghongchun@tjau.edu.cn



1.3 围栏的建设 2011年5月在选定的田块中建立TBS,其大小距离见图1。TBS的面积与辐射面积为相应完整地块,TBS周边无沟渠,埋于地下的部分深度>20 cm(图2),用铁棍固定,捕鼠器的上端开口与地面齐平,且位置要合理分布在围栏的边缘(图3)<sup>[6-7]</sup>。

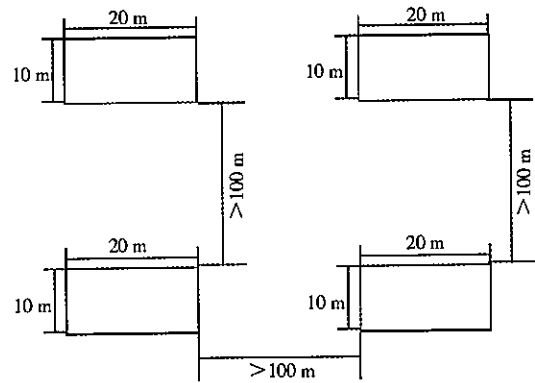


图1 TBS平面示意图  
Figure 1 The ichnography of TBS

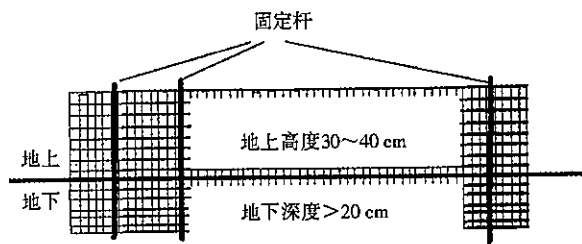
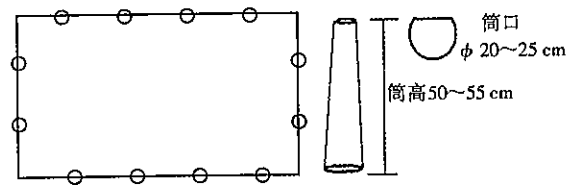


图2 TBS施工图  
Figure 2 The shop drawing of TBS



注: ⊙代表捕鼠器的位置。  
图3 捕鼠器及位置示意图  
Figure 3 The two pictures showing the structure of rodent trap and its location

1.4 调查方法和结果记录

1.4.1 控效研究 TBS试验区从作物播种后至成熟期,每天07:00—08:00派专人检查捕鼠器的捕鼠情况。夹夜法对照区从播种开始连续布夹至玉米成熟收获,诱饵为炒熟的花生米,布放1夹/5 m,每行夹距10 m,当天17:00—18:00布夹,翌日07:00—08:00收夹,收夹时记载有效夹数和捕获害鼠的数量及种类<sup>[8]</sup>。毒饵站对照区以杀它仗为杀鼠剂,从玉米播种开始,以横纵间距20 m布置毒饵站,2周更新一次毒饵站中的杀鼠剂直至玉米成熟收获。

1.4.2 危害评估 玉米完熟期至收获前采取五点取样

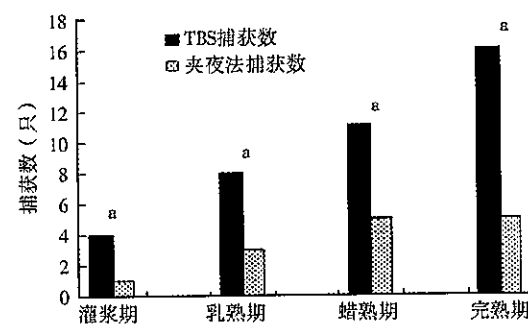
方法,在TBS试验区和无处理对照区调查玉米植株的受损率,每点调查植株200株,每个试验区共调查1000株玉米。

1.5 统计学处理 使用SPSS 12.0软件对数据进行分析,使用独立样本t检验对两组独立样本平均值进行统计学分析;采用单因素方差分析(One-way anova)技术对多组独立样本的平均值进行检验,数据记录为平均数±标准差。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 害鼠种类及数量 2011年5—11月,在玉米种植区采用夹夜法共捕鼠32只,其中褐家鼠占捕获总数的50.00%(16/32);黑线姬鼠占31.25%(10/32),大仓鼠占18.75%(6/32)。TBS技术共捕鼠67只,其中褐家鼠占捕获总数的44.78%(30/67),黑线姬鼠占32.83%(22/67),大仓鼠占22.39%(15/67)。通过TBS技术和夹夜法调查害鼠种类及数量,确定天津地区玉米种植区主要害鼠为褐家鼠和黑线姬鼠,另有少量的大仓鼠。

2.2 害鼠捕获率比较 玉米从种植到收获,害鼠捕获率比较高的时期分别为播种期—出苗期和玉米灌浆期—成熟期。其中播种期—出苗期,夹夜法共捕鼠15只,TBS技术捕鼠21只。玉米灌浆期—成熟期分为灌浆期、乳熟期、蜡熟期和完熟期,这4个时期害鼠捕获率最高,在玉米成熟期的4个时期,TBS技术捕获率均显著高于夹夜法捕获率( $F_1=18.34, F_2=17.28, F_3=17.85, F_4=19.37, P < 0.05$ ;图4)。

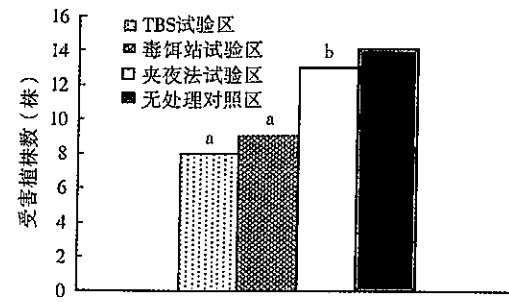


注: a. 与夹夜法捕获数比较,  $P < 0.05$ 。  
图4 玉米成熟的4个时期两种害鼠捕获方法比较  
Figure 4 Comparison of two rodent capture methods in four maturation phases of corn

从图4可以看出,害鼠数量最高的时期是在玉米完熟期,此时期害鼠的捕获数占总捕获数的53.50%。在玉米播种期—出苗期,TBS技术捕获的害鼠数是夹夜法的1.4倍;在玉米成熟的4个时期,TBS技术捕获害鼠数是夹夜法的2.8倍。夹夜法在初期效果好的原因主要是在苗期,花生米作为食物比玉米苗更具有吸引

力,另外长期使用夹夜法会使害鼠产生拒夹性,随着夹夜法使用的时期越长,捕鼠数量就越低。

2.3 受害植株比较 在TBS试验区和3个对照区采取五点取样的调查方法调查玉米植株的受损率,结果见图5。



注: a. 与夹夜法试验区和无处理对照区比较,  $P < 0.05$ ; b. 与无处理对照区比较,  $P > 0.05$ 。  
图5 TBS试验区与3个对照区受害玉米植株数比较  
Figure 5 Comparison of number of damaged corn plants between TBS plots and three control plots

图5结果显示,TBS试验区平均受害率为7.8株/200株,毒饵站试验区受害植株数为8.7株/200株,夹夜法试验区受害植株数为13.2株/200株,无处理对照区受害植株数为14.0株/200株。TBS控鼠技术和毒饵站化学控鼠防治效果均较好,但毒饵站作为化学防治手段对害鼠以外的非靶标动物安全性较低,且对环境有一定的污染。

2.4 TBS经济效益评估 通过TBS试验区和未采取任何灭鼠活动的对照区受害植株受损率比较(图5),TBS试验区平均受害率为7.8株/200株,无处理对照区受害植株数为14.0株/200株,TBS技术能挽回的损失率为3.10%。分析TBS控鼠成本,33.3  $hm^2$ 控鼠试验区需投入4个TBS(1个TBS材料成本(桶+围栏及铁丝)为858元),成本为3432元,加之试验中投入的人工费用200元,共投入成本3632元,每667  $m^2$ 平均成本费用为7.30元。对照区每亩产量为752 kg,防鼠后每667  $m^2$ 可增产21.7 kg,33.3  $hm^2$ 共增产10 839.15 kg,折合经济收入为14 090.90元,投入效益比为1:3.88。

3 讨论

3.1 新型的高效害鼠监测技术 TBS技术采用早于大田作物10~15 d播种或在播种后浇水覆膜,以使作物发芽和长势好于周边作物,从而有利于将害鼠引入围栏诱杀,可大大提高害鼠的捕获率。试验结果表明TBS技术害鼠的捕获率比夹夜法高2.1倍。TBS技术作为监测工具进行使用,所捕鼠种类比较全面,鼠龄结

构的划分比较清晰,可反映出该农田整个农作物生育期鼠害发生的消长规律。因此TBS技术不仅可作为防鼠技术,也可以作为一项监测技术在全国范围内推广使用。

3.2 经济效益 TBS技术防治害鼠投入效益达1:3.88。另外从围建TBS的成本分析可以看出,单位面积成本较低,使用期长,可以在较长时间内使用,防效期较长,从长远考虑比较省时、省力,便于灭鼠。与毒饵站化学控鼠技术相比,TBS控鼠技术是一项新型的绿色防鼠技术,它采用物理器材,利用鼠类自身行为特点进行捕鼠,对周围生物无任何影响,对人、畜无害,能够较好地维护农区的生态平衡<sup>[9-10]</sup>,另外,毒饵站的费用为8元/个,每667  $m^2$ 使用4个,667  $m^2$ 毒饵站化学控鼠费用为32元,远高于TBS技术(7.30元),因此TBS控鼠技术具有更高的经济效益,建议该技术在农区进一步推广使用。

3.3 TBS技术存在的问题 目前TBS采用铁丝网为主要材料,由于在作物的种植期间雨水较多,铁丝网很容易生锈被腐蚀,翌年将不能继续使用必须重新建设,这将浪费很多的财力和物力。因此建议采用耐腐蚀的高纤维塑料材质建设围栏,一次性投入可以多年反复使用。另外捕鼠桶较深,清理鼠和垃圾都比较麻烦,建议在捕鼠桶内设计安装一套上部可以自由提取的装置。

参考文献

[1] 张知彬. 我国草原鼠害的严重性及防治对策[J]. 中国科学院院刊, 2003, 17(5): 343-347.  
[2] 詹文莲, 谢玉英. 泾县统一灭鼠工作及思考[J]. 安徽农业, 2004, 9(12): 59.  
[3] Brown PR, Nguyen PT, Grant RS, et al. Ecologically based management of rodents in the real world: Applied to a mixed agroecosystem in Vietnam[J]. Ecol Appl, 2006, 16(4): 2000-2010.  
[4] 王振坤, 戴爱梅, 郭永旺, 等. TBS技术在小麦田的控鼠试验[J]. 中国植保导刊, 2009, 29(9): 29-30.  
[5] 秦成洲. 来安县农田鼠害综合防治技术[J]. 现代农业科技, 2006, 2(3): 32.  
[6] 任军荣. 农田鼠害的发生及其防治[J]. 河南农业科学, 2001, 27(3): 15.  
[7] 陈越华, 陈伟. 围栏捕鼠技术初探[J]. 湖南农业科学, 2009, 12(10): 97-98.  
[8] Grant RS, Sudarmaji JJ, Krebs CJ. Integrated management to reduce rodent damage to lowland rice crops in Indonesia[J]. Environment, 2005, 107(3): 75-82.  
[9] 何子拉, 刘勇, 张正荣, 等. 应用生态控鼠技术持续控制草原鼠害[J]. 草业与畜牧, 2007, 1(8): 34-35.  
[10] 郭永旺, 施大钊, 王登. 青藏高原的鼠害问题及其控制对策[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(3): 268-270.

## 盐土防治白蚁效果研究

胡寅<sup>1</sup>, 宋晓钢<sup>1</sup>, 陈来华<sup>2</sup>, 阮冠华<sup>1</sup>, 周寅强<sup>1</sup>

1 全国白蚁防治中心, 浙江 杭州 310011; 2 浙江省水利河口研究院

**摘要:** 目的 研究能有效防治白蚁的盐土种类和浓度。方法 采用不同种类、不同浓度的盐土, 对白蚁进行阻杀、致死和抗穿越效果实验。结果 由粗盐、细盐和混合盐制成的盐土对白蚁均具有一定的阻杀效果, 其阻杀效果与实验浓度呈正相关趋势, 混合盐效果最差; 台湾乳白蚁和黑翅土白蚁在0.4%及以上浓度的盐土中100%死亡的平均时间分别在25.33 d和5.67 d以下; 台湾乳白蚁在浓度为0.4%的盐土中平均修筑了28.47 cm长的蚁路, 最终因接触盐土而死亡。结论 盐土对白蚁具有一定的阻杀、致死效果和抗穿越能力, 其中粗盐和细盐对白蚁的阻杀效果优于混合盐, 阻杀效果的好坏与土中盐的浓度有关, 0.4%浓度的盐土对白蚁具有较好的致死效果和抗穿越能力。

**关键词:** 盐土; 防治; 白蚁; 阻杀; 致死; 抗穿越

中图分类号: S481.9; R384.9 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0148-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.016

### Effect of saline soil in controlling termites

HU Yin<sup>1</sup>, SONG Xiao-gang<sup>1</sup>, CHEN Lai-hua<sup>2</sup>, RUAN Guan-hua<sup>1</sup>, ZHOU Yin-qiang<sup>1</sup>

1 National Termite Control Center of China, Hangzhou 310011, Zhejiang Province, China;

2 Zhejiang Institute of Hydraulics and Estuary

Supported by the Major Science and Technology Program of Zhejiang Province (No. 2011C13045)

**Abstract: Objective** To study the type and concentration of saline soil that can effectively control termites. **Methods** Experiments were performed to investigate the retarding, lethal, and anti-penetrating effects of different types and concentrations of saline soil on termites. **Results** The saline soils prepared from coarse salt, fine salt, and mixed salt retarded the invasion of termites, and the retarding effect was positively correlated with the concentration of salt in soil; among the three saline soils, what was prepared from mixed salt had the worst effect. In the saline soil with a concentration of at least 0.4%, all individuals of *Coptotermes formosanus* and *Odontotermes formosanus* died, on average, within 25.33 d and 5.67 d, respectively. In 0.4% saline soil, *C. formosanus* workers built an average 28.47 cm long tunnel and finally died from exposure to saline soil. **Conclusion** Saline soil has retarding, lethal, and anti-penetrating effects on termites. The saline soils prepared from coarse salt and fine salt have a better retarding effect on termites than that prepared from mixed salt, and the retarding effect is positively correlated with the concentration of salt in soil. Moreover, 0.4% saline soil has good lethal and anti-penetrating effects on termites.

**Key words:** Saline soil; Control; Termite; Retarding; Lethal; Anti-penetrating

我国属白蚁危害严重的国家之一, 每年因蚁害造成的经济损失达20多亿元以上<sup>[1]</sup>, 危害领域涉及房屋建筑、水库堤坝、文物古迹、风景名胜、通讯设施、仓储物资、林木资源及农作物等<sup>[2]</sup>。堤坝白蚁危害广泛而严重, 南方省(自治区)一半以上的水利工程存在蚁害, 其中福建、江西、广东、广西、云南等省(自治区)蚁害率更是高达90%以上<sup>[3]</sup>。盐土防治白蚁的研究, 重点着眼于堤坝蚁害控制技术的开发与应用。通过在堤坝工程建设、加固施工过程中合理设置盐土屏障, 防止白蚁

入侵堤坝, 减少化学药物的使用, 实现白蚁防治高效、环保和长效的目标<sup>[4]</sup>。

近年来, 陈来华等<sup>[5-6]</sup>利用食盐预防白蚁入侵堤坝进行了研究, 开发了相应的蚁害防治新技术, 并成功在生产实践中得到应用和示范。为进一步探求盐土防治白蚁的作用机制和应用效果, 本研究深入开展了盐土对白蚁阻杀、致死和抗穿越效果的室内研究, 筛选了一定种类和浓度的盐土来有效防治白蚁, 为堤坝白蚁防治新技术的开发应用提供理论依据。

### 1 材料与方法

1.1 供试白蚁 黑翅土白蚁(*Odontotermes formosanus*)、

黄翅大白蚁(*Macrotermes barneyi*)和台湾乳白蚁(*Coptotermes formosanus*)。其中黑翅土白蚁和黄翅大白蚁采自杭州、诸暨、德清等地, 台湾乳白蚁采自温州市。3种白蚁均在室内饲养1周后用于测试。

1.2 实验材料 黄土, 取自杭州市老和山山麓; 粗盐(粒径<1.0 mm), 为自然日晒获得的海盐, 购自浙江舟山某海盐生产企业; 细盐, 为不加碘的自然晶盐, 购自浙江蓝海星盐制品有限公司; 混合盐, 为氯化钠、氯化钙和氯化镁的混合物, 混合比例为氯化钠:氯化钙:氯化镁=99:0.5:0.5。氯化钠、氯化钙和氯化镁购自中国医药集团上海化学试剂公司。

### 1.3 方法

1.3.1 盐土对白蚁阻杀效果的测定 准确称取各种盐和黄土, 在多功能搅拌器内充分混匀, 将混匀后的盐土放入培养皿后, 加入适量纯净水, 充分搅拌均匀, 制成含量分别为0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%、1.4%、1.6%、1.8%、2.0%、3.0%、4.0%、5.0%的盐土。将盐土分别装入 $\phi$ 3 cm、长25 cm且两端开口的玻璃管中, 边装边压紧, 形成10 cm长的土柱。在靠近玻璃管口的一端土壤表面, 贴放一块同直径的琼脂块, 另一端放入已在纯净水内浸泡5 h的枯枝作为引诱白蚁的食物, 然后用保鲜膜将端口封住。在装有黑翅土白蚁或黄翅大白蚁巢群的塑料箱(箱底面垫有10 cm厚的湿沙和5 cm厚的湿黄土)四周壁上, 按照10 cm的间距, 用打孔器打 $\phi$ 3 cm的孔, 然后将装有不同浓度盐土的玻璃管插入孔内。装有同一种盐不同浓度盐土的玻璃管插入同一个塑料箱。每天观察白蚁穿越盐土情况, 共观察7 d。实验设3个重复, 并设空白对照。以在相同环境条件下饲养的黑翅土白蚁巢或黄翅大白蚁巢作为对照, 来判断实验巢的白蚁是死于盐土还是死于室内不利的饲养条件。实验过程中, 在所有塑料箱内放置500 g以上白蚁喜食的枯枝作为白蚁的食物, 供白蚁取食。

1.3.2 盐土对白蚁致死效果的测定 准确称取粗盐和黄土, 在多功能搅拌器内充分混匀, 将混匀后的盐土放入烧杯内, 加入适量纯净水, 充分搅拌均匀, 配制成浓度分别为0.2%、0.4%、0.6%、0.8%和1.0%的盐土。在容积为500 ml的烧杯内, 铺2 cm厚的湿细沙, 然后在细沙表面填筑5 cm厚的盐土, 对照烧杯内在细沙表面填筑5 cm厚的无盐黄土。盐土层筑好后, 在盐土表面放1块马尾松木块(供台湾乳白蚁取食)或1根从野外采集的枯枝(供黑翅土白蚁取食)。最后, 将台湾乳白蚁或黑翅土白蚁(工蚁200只+兵蚁20只)移入烧杯内, 用黑色塑料薄膜将烧杯盖住, 并将其放在温度(26±1)℃、相对湿度(65±5)%的环境中, 每天检查并

观察白蚁存活情况。检查过程中, 如果发现盐土变干, 则滴加适量纯净水于盐土中。当放有盐土的烧杯内白蚁全部死亡后, 实验中止。若2个月后, 放有盐土的烧杯内白蚁依然存活, 则中止实验, 统计各烧杯内白蚁的存活数量。每处理重复3次。

1.3.3 盐土抗白蚁穿越效果的测定 准确称取黄土和粗盐, 在多功能搅拌器内充分混匀。将混匀后的盐土放在培养皿( $\phi$ 14 cm)内, 按照100 g干土加20 ml水的比例在干盐土中加入纯净水, 充分搅拌均匀, 配制成浓度为0.4%的盐土。取5个容量为500 ml的塑料烧杯, 用打孔器给其中1个烧杯等距打孔4个, 另外4个烧杯每个打孔1个, 孔 $\phi$ 1.5 cm, 孔的下缘距烧杯底部1.5 cm。取1根外径为1.5 cm、长度为1.0 m的干净玻璃管, 将一端用棉花封住, 然后将配制好的盐土或黄土塞入管内, 用工具砸实, 形成约1.0 m长的盐土柱或黄土柱。在打好孔的烧杯底部加入湿细沙, 细沙上表面与烧杯壁上的圆孔底部齐平。在周围4个烧杯内细沙表面中央放入1块边长为3 cm、厚度约为1 cm的马尾松木块。取1根装满盐土的管子和3根装满黄土的管子, 将其一端与具有4个孔的烧杯相连, 另一端与只有1个孔的烧杯相连。在中间烧杯中投入台湾乳白蚁1000只, 用黑色塑料袋盖住, 并置于温度(26±1)℃、相对湿度(65±5)%的环境中。每天记录白蚁在每根玻璃管内修筑蚁路的长度, 并观察白蚁的存活情况。供试白蚁全部死亡后, 结束实验。实验以4根管均为装满黄土的柱为对照, 重复3次。

### 2 结果

2.1 不同种类盐、不同盐量掺入土壤对白蚁的阻杀效果 黑翅土白蚁工蚁和黄翅大白蚁工蚁在7 d内均不能穿透含有2.0%浓度及以上粗盐、1.8%浓度及以上细盐、3.0%浓度及以上混合盐制成的盐土柱(表1、2)。说明由粗盐、细盐和混合盐制成的盐土对白蚁均具有一定的阻杀效果, 而且其阻杀效果与实验浓度呈正相关趋势。同时, 实验也发现, 与不同浓度盐土柱接触后的供试黑翅土白蚁巢和黄翅大白蚁巢均在25~30 d时间内全部死亡。情况分析: ①在本次实验设计的这种强迫环境下, 巢内的黑翅土白蚁和黄翅大白蚁工蚁为了巢群的生存, 会前赴后继地去搬运含有一定浓度盐的泥土, 从而在盐土中修筑一定长度的蚁路。但当盐浓度达到一定程度时, 则表现出对白蚁有较好的阻杀效果。②从相同浓度盐土对黑翅土白蚁和黄翅大白蚁表现出相同阻杀效果的情况分析, 2种白蚁对盐土的敏感性差异不明显。③粗盐、细盐对黑翅土白蚁和黄翅大白蚁产生较好阻杀效果的浓度差异不大, 但混合盐

基金项目: 浙江省重大科技专项计划项目(2011C13045)

作者简介: 胡寅, 男, 硕士, 工程师, 主要从事白蚁防治技术研究。

Email: luck\_hu@sina.com

对白蚁产生较好阻杀效果的浓度较高,因此考虑到实际生产推广应用的可行性,应重点选择粗盐进行进一步的实验。④从供试白蚁整群死亡的现象提示,一定浓度的盐土可能具有杀死整巢黑翅土白蚁和黄翅大白蚁的能力。

表1 黑翅土白蚁在不同种类盐、不同浓度盐土中7 d后穿越距离(cm)

Table 1 Penetrating distances (cm) of *O. formosanus* 7 d after being put in different types and concentrations of saline soil

盐浓度(%)	穿越距离(cm)		
	粗盐	细盐	混合盐
0.0	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
0.2	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
0.4	9.23±0.75	10.00±0.00	10.00±0.00
0.6	9.13±1.50	10.00±0.00	10.00±0.00
0.8	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
1.0	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
1.2	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
1.4	9.67±0.58	9.67±0.58	10.00±0.00
1.6	9.17±1.44	8.17±2.75	10.00±0.00
1.8	10.00±0.00	8.70±0.85	10.00±0.00
2.0	6.03±0.40	4.97±1.86	10.00±0.00
3.0	4.70±0.72	4.67±0.58	7.57±2.35
4.0	4.20±1.83	4.33±2.01	4.03±1.39
5.0	4.23±1.89	5.20±0.95	4.47±2.08

表2 黄翅大白蚁在不同种类盐、不同浓度盐土中7 d后穿越距离(cm)

Table 2 Penetrating distances (cm) of *M. barneyi* 7 d after being put in different types and concentrations of saline soil

盐浓度(%)	穿越距离(cm)		
	粗盐	细盐	混合盐
0.0	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
0.2	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
0.4	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
0.6	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
0.8	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
1.0	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
1.2	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
1.4	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
1.6	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
1.8	9.30±0.62	7.23±1.48	10.00±0.00
2.0	7.87±0.46	6.40±0.40	8.30±2.14
3.0	5.67±0.47	6.17±0.42	8.21±1.86
4.0	3.97±0.57	4.07±1.72	5.37±0.25
5.0	3.27±0.58	4.20±0.36	4.60±0.20

表4 台湾乳白蚁在0.4%盐土和黄土中修筑蚁路的长度(cm)

Table 4 Lengths (cm) of termite tunnels built by *C. formosanus* in 0.4% saline soil and loess

处理	处理时间(d)							
	1	4	7	10	13	16	19	20
0.4%盐土	4.90±1.01	14.23±3.16	21.03±4.46	27.65±1.20	27.77±1.82	28.27±1.68	28.37±1.62	28.47±1.60
黄土(对照)	2.14±1.20	18.88±9.21	41.63±12.03	72.07±14.98	95.94±5.19	99.64±1.07	100.00±0.00	100.00±0.00

2.2 盐土对白蚁的致死效果 实验过程中发现白蚁放入烧杯后,很快会在盐土或黄土中修筑蚁路,但经过一段时间后不论是黑翅土白蚁还是台湾乳白蚁均出现白蚁工蚁死亡的现象。台湾乳白蚁在0.2%浓度的盐土中100%死亡的平均时间为32.00 d,在0.4%及以上浓度的盐土中100%死亡的平均时间均≤25.33 d;黑翅土白蚁在0.2%浓度的盐土中100%死亡的平均时间为9.67 d,在0.4%及以上浓度的盐土中100%死亡的平均时间均≤5.67 d(表3)。情况分析:①在强迫接触的环境条件下,盐土对黑翅土白蚁工蚁和台湾乳白蚁工蚁均具有慢性致死作用。②在相同的浓度条件下,黑翅土白蚁工蚁的死亡时间大大短于台湾乳白蚁,说明黑翅土白蚁工蚁对盐土的敏感性高于台湾乳白蚁工蚁,提示在以后的实验中可将台湾乳白蚁作为供试白蚁。③从白蚁死亡时间分析,0.4%浓度的盐土比较适宜。

表3 台湾乳白蚁和黑翅土白蚁在不同浓度盐土中全部死亡所需时间(d)

Table 3 100% lethal times (d) of *C. formosanus* and *O. formosanus* in different concentrations of saline soil

盐浓度(%)	台湾乳白蚁	黑翅土白蚁
0.0	-	-
0.2	32.00±0.00	9.67±0.58
0.4	25.33±1.15	5.67±0.58
0.6	24.67±1.15	6.00±0.00
0.8	22.67±2.31	5.33±0.58
1.0	21.67±4.04	5.00±1.00

2.3 盐土抗白蚁穿越效果 实验开始后供试白蚁迅速爬向盐土柱或黄土柱,不断将盐土柱和黄土柱内的泥土搬出,修筑通向另一端的蚁路。在供试白蚁全部死亡前,白蚁在浓度为0.4%的盐土中,修筑了平均为28.47 cm长的蚁路,在无盐黄土中修筑了100 cm长的蚁路(表4)。实验中还发现,第1处理组供试白蚁在实验进行到第20天时全部死亡,第2处理组供试白蚁在实验进行到第19天时全部死亡,第3处理组供试白蚁在实验进行到第24天时全部死亡。同时,实验期间,对照组(盐土浓度为0的实验组)的白蚁依然存活。以上情况表明,白蚁虽然能在盐土中修筑一定长度的蚁路,但最终因接触盐土而死亡。说明一定厚度的0.4%盐土能够阻止白蚁的入侵。

### 3 讨论

近几年来,各地水利专家都非常重视白蚁对海塘(堤)的侵害问题,提出了白蚁综合治理思路<sup>[7-11]</sup>,其目的是在全面、长期、有效控制蚁害的基础上,尽可能地做到无公害、少污染。利用盐土主动预防白蚁入侵堤坝的新技术,具有不影响饮用水安全、不污染环境、经济实用、实施简便、不需要后续管理等优点,它的开发、推广与应用具有重要的现实意义和较好的实际应用价值<sup>[5]</sup>。

本研究结果表明,不同浓度的盐土对白蚁均具有一定的阻杀效果,但阻杀效果好坏与土中盐的浓度有关。同时,粗盐和细盐对白蚁的阻杀效果优于混合盐,可能与粗盐、细盐中含有混合盐所不具有的其他微量成分有关,具体是何成分有待进一步研究。

一定浓度的盐土对白蚁具有较好的致死效果,其中以0.4%及以上浓度的盐土较佳。同时,实验结果还表明,黑翅土白蚁对盐土的敏感性大大高于台湾乳白蚁,可能与黑翅土白蚁个体体壁比台湾乳白蚁的更为柔弱有关。从白蚁的生物学特性分析,个体体壁柔弱的白蚁,容易在高浓度的盐环境下失去水分而致死,当然也可能部分因白蚁个体用口器搬运含盐的土粒后,出现类似取食硼酸盐后产生拒食而死亡的现象,但具体的作用机制还有待进一步研究探讨。

0.4%浓度的盐土对台湾乳白蚁具有较好的抗穿越能力。有学者认为,在海塘内外坡表面下约1.0 m的深度铺垫盐碱土,可在20年或以上的时间内预防白蚁危害<sup>[5-7]</sup>。本实验针对实际应用中盐土防护层厚度至少有1.0 m的情况<sup>[5-6]</sup>,采用长度为1.0 m的土柱进行盐土抗台湾乳白蚁穿越实验,结果表明白蚁在0.4%浓度的盐土柱中平均只修筑了28.47 cm的蚁路,而且供试白蚁均在20 d左右全部死亡。结合粗盐不同掺盐量土

壤对白蚁阻杀效果的实验结果分析,白蚁虽能够穿越较短的盐土柱,但不能穿越长度为1.0 m的盐土柱。说明在实际应用中,只要堤坝内部用于建造心墙结构的土壤含盐量达到0.4%的浓度,该堤坝就可在较长时间内有效防止白蚁入侵危害。

### 参考文献

- [1] 林树青,宋晓钢,高道蓉,等. 中国白蚁防治专业培训教程[M]. 北京:中国物价出版社,2004:379-452.
- [2] 黄复生,朱世模,平正明,等. 中国动物志. 昆虫纲. 等翅目[M]. 北京:科学出版社,2000:77-79.
- [3] 宋晓钢. 我国堤坝白蚁治理研究现状及展望[G]//程家安,莫建初,毛伟光. 城市害虫综合治理进展:全国第七届城市昆虫学术研讨会论文集. 杭州:浙江大学出版社,2005:3-11.
- [4] 夏润贤,刘恩杰,陈文江. 钱塘江北岸标准海塘海宁段白蚁危害现状及综合治理方案[J]. 浙江水利水电专科学校学报,2003,15(2):16-17.
- [5] 陈来华,徐有成. 盐碱土壤防治堤坝蚁害初探[J]. 科技通报,2003,19(6):502-504,508.
- [6] 陈来华,潘存鸿,陈森美,等. 利用食盐预防白蚁入侵堤坝的新技术[J]. 岩土工程学报,2011,33(1):140-144.
- [7] 陈来华. 钱塘江北岸海塘蚁害的原因及防治[J]. 浙江水利科技,2002(2):34-35.
- [8] 陈文江,胡寅. 钱塘江海塘白蚁综合治理措施及效果评价[J]. 浙江水利水电专科学校学报,2010,22(1):56-58.
- [9] 宋晓钢,王巨峰,石勇,等. 钱塘江海塘白蚁综合治理效果初探[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2004,15(6):479-481.
- [10] 贺海洪,宋晓钢,莫建初,等. 药物灌浆处理防治海塘白蚁的可行性探讨[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2008,19(3):227-230.
- [11] 宋晓钢,纪生花,阮冠华. 新建海塘白蚁综合治理的应用研究[J]. 中华卫生杀虫药械,2005,11(6):425-427.

收稿日期:2013-12-24

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎联系广告业务

# 地膜覆盖对不同土层的湖北钉螺影响观察

祝红庆<sup>1</sup>, 钟波<sup>2</sup>, 张贵荣<sup>3</sup>, 曹淳力<sup>1</sup>, 贾彬<sup>3</sup>, 李建国<sup>3</sup>, 付涛<sup>3</sup>, 唐书贵<sup>4</sup>,  
陆定<sup>2</sup>, 鲍子平<sup>1</sup>, 李石柱<sup>1</sup>, 张旭东<sup>2</sup>, 许发森<sup>2</sup>, 郭家钢<sup>1</sup>

1 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所, 卫生部寄生虫病原与媒介生物学重点实验室, 世界卫生组织疟疾、  
血吸虫病和丝虫病合作中心, 上海 200025; 2 四川省疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所;  
3 四川省彭州市血吸虫病防治站; 4 成都市疾病预防控制中心

**摘要:** 目的 观察农用地膜覆盖灭螺对土内钉螺和螺卵的影响。方法 选择潮湿的有螺田埂作为试验现场, 分设施药覆膜组(采用50%氯硝柳胺乙醇胺盐可湿性粉剂, 按2 g/m<sup>2</sup>的剂量喷洒后覆盖地膜)、单纯覆膜组(不施药直接覆盖地膜)和对照组(不采取任何灭螺措施)。于施药覆膜后40 d和单纯覆膜后90 d分别对试验环境0、0~2、2~5、5~10和10~15 cm的土层进行钉螺调查。结果 覆膜40 d和90 d后, 钉螺在土内分布的特点发生了改变, 钉螺由土表向土内深层呈逐渐递增趋势( $R^2=0.9877, R^2=0.7619$ ), 土内钉螺死亡率高于对照组( $\chi^2=281.198, P<0.001; \chi^2=47.970, P<0.001$ ), 活螺平均密度较对照组均有下降( $Z=-6.390, P<0.001; Z=-4.681, P<0.001$ ), 幼螺的数量明显低于对照组( $Z=-6.733, P<0.001; Z=-5.131, P<0.001$ )。结论 地膜覆盖对土内钉螺有很好的杀灭作用, 并可抑制钉螺第2代的繁殖和孳生。

**关键词:** 血吸虫病; 钉螺; 农用地膜; 氯硝柳胺; 繁殖; 分布

中图分类号: R383.24 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0152-04  
DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.017

## Effects of film mulching on *Oncomelania hupensis* breeding in different soil layers

ZHU Hong-qing<sup>1</sup>, ZHONG Bo<sup>2</sup>, ZHANG Gui-rong<sup>3</sup>, CAO Chun-li<sup>1</sup>, JIA Bin<sup>3</sup>, LI Jian-guo<sup>3</sup>, FU Tao<sup>3</sup>, TANG Shu-gui<sup>4</sup>,  
LU Ding<sup>2</sup>, BAO Zi-ping<sup>1</sup>, LI Shi-zhu<sup>1</sup>, ZHANG Xu-dong<sup>2</sup>, XU Fa-sen<sup>2</sup>, GUO Jia-gang<sup>1</sup>

1 National Institute of Parasitic Diseases, Chinese Center for Disease Control and Prevention, WHO Collaborating Center for Malaria, Schistosomiasis and Filariasis, Shanghai 200025, China; 2 Institute of Parasitic Diseases, Sichuan Center for Disease Control and Prevention; 3 Pengzhou Station of Schistosomiasis Control; 4 Chengdu Center for Disease Control and Prevention

**Abstract: Objective** To study the effects of film mulching on *Oncomelania hupensis* and its eggs in soil. **Methods** The damp ridges with *O. hupensis* snails were selected and divided into niclosamide/film mulching group (sprayed with 50% wettable powder of niclosamide ethanolamine salt at 2 g/m<sup>2</sup> and covered with mulch), film mulching group (covered with mulch without niclosamide spraying), and control group (not treated by molluscicidal measures). Snail investigation was conducted in different soil layers (0, 0-2, 2-5, 5-10, and 10-15 cm) at 40 d after niclosamide spraying plus film mulching and at 90 d after film mulching alone. **Results** At 40 d and 90 d after film mulching, the snail distribution in soil changed, increasing by degrees from soil surface to the deep layer of soil ( $R^2=0.9877; R^2=0.7619$ ); compared with those of control group, the mortality of snails in soil was significantly higher ( $\chi^2=281.198, P<0.001; \chi^2=47.970, P<0.001$ ), the average density of living snails was significantly decreased ( $Z=-6.390, P<0.001; Z=-4.681, P<0.001$ ), and the number of young snails was lower ( $Z=-6.733, P<0.001; Z=-5.131, P<0.001$ ). **Conclusion** Film mulching is effective in killing snails in soil and can control the reproduction and breeding of the second generation of snails.

**Key words:** Schistosomiasis; *Oncomelania hupensis*; Mulch; Niclosamide; Reproduction; Distribution

钉螺(*Oncomelania hupensis*)是日本血吸虫病传播和流行的唯一中间宿主, 消灭钉螺能有效控制血吸虫病的传播<sup>[1-3]</sup>。在血吸虫病流行区的一些难以实施药

作者简介: 祝红庆, 男, 副主任技师, 从事流行病学与血吸虫病防治研究。Email: zhu.hq@163.com

物灭螺的复杂环境内, 采取农用黑色塑料地膜(地膜)覆盖, 可以有效杀灭土壤表层的钉螺<sup>[4]</sup>。为进一步了解地膜覆盖对土内钉螺的影响, 本研究通过在血吸虫病流行区的自然环境下进行地膜覆盖技术灭螺, 观察不同土层内的钉螺分布变化和孳生情况, 以进一步评

价地膜覆盖技术的灭螺效果, 现将结果报告如下。

### 1 材料与方法

1.1 试验环境 选择四川省彭州市葛仙山镇东虎村2组一块潮湿的有螺环境, 环境类型为田埂, 面积350 m<sup>2</sup>左右, 钉螺密度>10只/0.11 m<sup>2</sup>。

#### 1.2 材料

1.2.1 农用地膜 选用黑色塑料地膜, 规格为长150 m、宽2 m、厚0.06 mm, 由四川省眉山市英华塑料制品有限公司生产, 生产日期2010年4月10日。

1.2.2 氯硝柳胺 50%氯硝柳胺乙醇胺盐可湿性粉剂由四川省化学工业研究设计院提供, 2010年3月24日生产, 批号为2010326。根据试验环境的长度、宽度, 将药物配成50 L浓度为2 g/L的药液备用。

#### 1.3 方法

1.3.1 分组 自然环境为潮湿的有螺田埂, 分割成5个小环境, 每个环境为20 m<sup>2</sup>, 分别为基线调查组、单纯覆膜组、施药覆膜组、对照组1和对照组2。

施药覆膜组和对照组1、单纯覆膜组和对照组2进行配对观察试验效果。

1.3.2 基线调查 对基线调查组进行直线等距抽样(2 m)设框查螺, 设框数为10框, 检获框内土表层所有钉螺, 然后对每框调查的环境分别逐层取0~2、2~5、5~10和10~15 cm的土层, 逐个土层样本淘洗和筛查钉螺, 以敲击法鉴定钉螺成活状况。

#### 1.3.3 灭螺试验

1.3.3.1 环境清理 试验环境割除地表过高的杂草等植被, 使残留的杂草等<3 cm。

1.3.3.2 单纯覆膜组 试验环境沿田埂壁直接覆盖地膜, 膜边埋入埂顶和埂底, 并用无钉螺泥土压边宽20 cm左右, 厚度>10 cm封严, 以保持膜内环境呈相对封闭状态。

1.3.3.3 施药覆膜组 先采用浓度为2 g/L的50%氯硝柳胺乙醇胺盐可湿性粉剂溶液按2 L/m<sup>2</sup>(即施药剂量为2 g/m<sup>2</sup>)均匀喷洒于田埂壁等有螺环境, 然后覆盖地膜(覆膜方法同上)。

1.3.3.4 对照组 不采取任何灭螺措施, 保持田埂的自然环境。

1.3.4 温度测定 试验期间, 每天对试验区域的气温进行测量和气候记录。气温测量于每天的07:00和14:00各1次; 气候记录包括晴天、阴天、雨天。

1.3.5 灭螺效果观察 于覆膜40 d和90 d后分别对施药覆膜和单纯覆膜组揭去地膜<sup>[4]</sup>, 并对相应的对照组同时揭膜进行螺情调查(方法同基线调查)。

1.4 统计学处理 所有调查资料输入计算机建立

Excel数据库, 做图和趋势分析均在Excel软件包中完成, 并在SPSS 20.0软件包中进行数据分析。组别间的钉螺死亡率比较采用 $\chi^2$ 检验; 两组间活螺平均密度比较采用非参数Mann-Whitney U检验; 各土层间钉螺平均密度的比较采用Kruskal-Wallis检验。P<0.05为差异有统计学意义。

### 2 结果

2.1 自然环境下钉螺的生长和土层内分布 5月试验区的气温维持在12~20℃, 钉螺生活在潮湿的试验环境, 多为成螺, 仅有少部分螺卵孵化, 成螺和幼螺的密度比为219:4; 0~40 d, 随气温的升高和降雨量的增加, 气温上升最高至28℃, 螺卵发育和孵化速度加快, 幼螺密度迅速增加, 成螺和幼螺的密度比达34:294; 40~90 d, 试验区的气温升至28~34℃, 环境中成螺和幼螺的密度比为25:104。螺卵在适宜的气温下孵化和发育, 幼螺在6月为生长发育高峰(图1)。

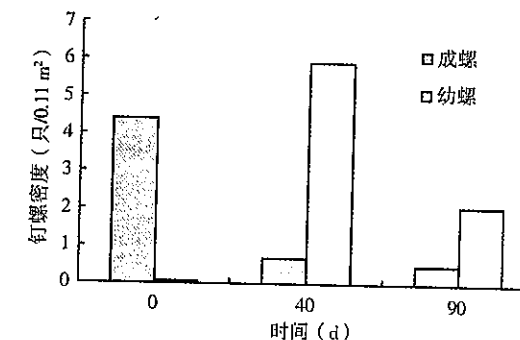


图1 不同时间自然环境中钉螺密度  
Figure 1 Constituent ratios of snails in the field at different times

3个时间段的自然环境下, 钉螺多生活于潮湿的土表和<2 cm的浅土层, 分别占各环境钉螺数的81.17%(181/223)、68.60%(225/328)和71.32%(92/129), <2 cm的深土层钉螺数量均小于土表或浅土层(图2)。

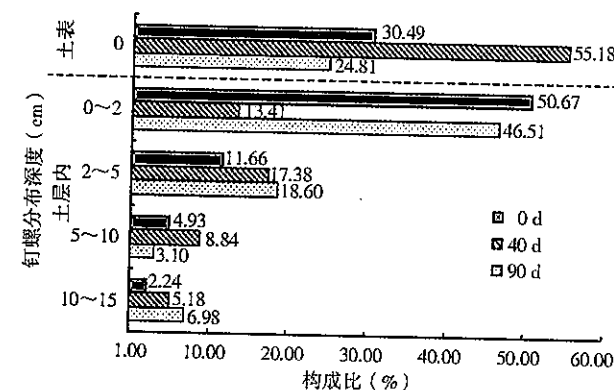


图2 不同时间自然环境的钉螺在土层分布的构成比  
Figure 2 Percentages of snails in different soil layers of field at different times



2.2 覆膜后土层内钉螺分布的变化 施药覆膜40 d后,土表层仅查到1只幼螺,而在各土层内可以检获不同数量的钉螺,各土层间钉螺密度经Kruskal-Wallis检验,分布明显不均( $\chi^2=22.843, P<0.001$ ),其分布特点为由土表向土内深层呈逐渐递增趋势( $R^2=0.9877$ );对照组各土层钉螺的分布也有差异( $\chi^2=17.816, P=0.001$ ),而其分布则由土表向土内深层呈递减趋势( $R^2=0.9500$ )(图3)。

单纯覆膜90 d后,干预组各土层间钉螺密度无统计学意义( $\chi^2=5.470, P=0.242$ ),钉螺在各土层内的分布虽存在由土表向土内深层逐渐递增的现象,但趋势不明显( $R^2=0.7619$ );而对照组各土层间钉螺分布有明显差异( $\chi^2=10.037, P=0.040$ ),其分布特点是由土表向土内深层呈递减趋势( $R^2=0.9634$ )(图3)。

2.3 覆膜的灭螺效果 施药覆膜40 d和单纯覆膜90 d,两组试验的干预组钉螺死亡率均高于对照组( $\chi^2=281.198, P<0.001$ ;  $\chi^2=47.970, P<0.001$ ),活螺密度明显低于对照组(表1),但干预组各土层内仍残存着少量活的钉螺。

2.4 覆膜对钉螺繁殖的影响 施药覆膜40 d和单纯覆膜90 d,两试验组的干预环境孳生的幼螺数分别为

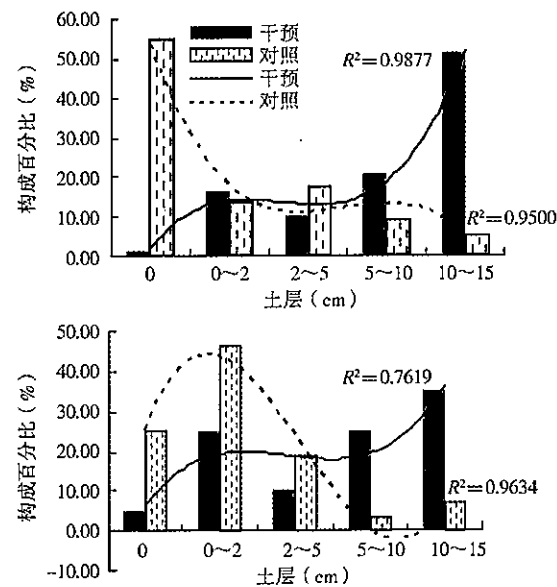


图3 40 d及90 d后土层内钉螺分布和趋势的比较  
Figure 3 Comparison of snail distribution and trend in soil at 40 d and 90 d after intervention

8只和1只,而相应对照环境孳生的幼螺数分别为294只和104只(表1),干预组的幼螺平均密度明显小于相应的对照组( $Z=-6.733, P<0.001$ ;  $Z=-5.131, P<0.001$ )。

表1 不同时间各观察组钉螺在土层内的分布情况

Table 1 Snail distribution in soil at different times among groups

时间(d)	土层(cm)	调查框数	干预组				对照组				组间活螺密度比较
			活螺数(只)		死螺数(只)		活螺数(只)		死螺数(只)		
			成螺	幼螺	成螺	幼螺	成螺	幼螺	成螺	幼螺	
40	0	10	0	1	0	0	25	152	0	4	$Z=-6.390$ $P<0.001$
	0~2	10	2	0	11	0	6	37	0	1	
	2~5	10	2	3	3	0	3	52	0	2	
	5~10	10	1	1	15	0	0	26	0	3	
	10~15	10	2	0	37	3	0	17	0	0	
90	0	10	1	0	0	0	4	28	0	0	$Z=-4.681$ $P<0.001$
	0~2	10	2	1	2	0	10	48	1	1	
	2~5	10	0	0	2	0	1	20	3	0	
	5~10	10	0	0	5	0	1	2	1	0	
	10~15	10	2	0	5	0	2	4	2	1	

### 3 讨论

1960年代,我国已经有科学家开始“利用日光热能灭螺”的研究,提出覆盖塑料薄膜杀灭钉螺有效<sup>[5]</sup>。2009年在山丘型流行区的沟渠环境运用地膜进行杀灭钉螺研究,结果显示,地膜覆盖有很好的灭螺效果,土表的活螺密度大幅度下降<sup>[4]</sup>,但试验后土表钉螺总数(包括死钉螺)明显低于基线调查的钉螺数,提示钉螺在干预时可能向土层内逃逸,钉螺复现的可能性及灭螺效果的长效性亟待论证。

在自然环境中,5-6月的多雨季节,随着气温的升高,在20~25℃的适宜温度下,绝大多数钉螺从土内爬行至土表,孳生于潮湿的泥表和草根附近,少量钉螺在土内缝隙中孳生,土内匿居的深度可达14 cm<sup>[6]</sup>。

本次现场试验结果显示,各对照组环境的钉螺主要分布于潮湿的土表和<2 cm的浅土层,土内各层仅孳生少量的钉螺,其分布特点为土表向土内深层呈逐渐递减趋势,这与钉螺在土壤内穴居的生物学特性一致<sup>[7]</sup>;同时温度的高低对钉螺的繁殖、钉螺胚胎的发育和生长速度等有直接影响<sup>[7]</sup>,在适宜的气温(27℃左

右)条件下,泥土中的螺卵发育和孵化成幼螺,但7、8月由于气温不断升高,温度最高升至34℃,螺卵的发育反而受到抑制,幼螺也会因温度的过高而制约其生长<sup>[7]</sup>,成螺和幼螺超过一定的温度阈值而死亡<sup>[5]</sup>。对照组环境的3次钉螺调查结果显示,螺卵发育和孵化成幼螺数各不相同,试验40 d(6月中旬)最高,90 d(8月中旬)次之,0 d(5月上旬)最低。

本研究采用覆膜技术进行现场灭螺,通过地膜覆盖使地膜和地面之间形成一个封闭的环境,利用自然日照,黑膜吸收日光并积温提高了膜内环境温度,抑制了杂草生长,改变钉螺的生存环境,以及减少钉螺的食物和供氧<sup>[4,8-14]</sup>,直接影响钉螺的生长、繁殖、生存和分布<sup>[7,15-16]</sup>。施药覆膜组和单纯覆膜组均有很好的灭螺效果,2个干预组土表和土内各层的钉螺死亡率明显高于对照组的钉螺自然死亡率,活螺密度也显著低于对照组;同时,干预的环境仅调查到极少量幼螺(包括死亡幼螺),幼螺密度远低于对照组的平均密度。提示,覆膜后的环境升温对钉螺繁殖、螺卵发育和孵化有直接影响;自然环境下,钉螺分布是土表向土内深层密度逐渐降低,而采取干预措施后改变了2个观察组的钉螺分布特点,由土表向土内深层密度呈逐渐升高趋势,说明由于受药物和高温的影响,钉螺被迫沿土壤缝隙不断往土内深处逃逸,最后逐渐死亡于土内,所以土表的钉螺密度较基线调查大幅度地降低,有的调查框连死螺壳都难以发现。

本次试验发现,覆膜灭螺可促使钉螺向土内逃逸,不同深度的土层仍有极少量的残存活螺,干预措施后,残存活螺在适宜的条件下仍有可能繁殖从而增加螺口数,造成钉螺的蔓延和传播血吸虫病的风险。由于残存钉螺存在传播风险的反复性,通过提升地膜内温度和延长覆膜的时间等有效手段,以提高杀灭钉螺的效果<sup>[4]</sup>。

通过试验证明,地膜覆盖不仅对土表层的钉螺有很好的杀灭作用,对土层内的钉螺同样有很好的杀灭作用,并且抑制了钉螺第2代的繁殖和孳生,其操作简

便,效果明显,直观性强,是适宜国内复杂环境进行大面积推广应用的灭螺方法之一。

### 参考文献

- [1] 王飞,戴建荣. 血吸虫与螺类宿主间相互作用研究进展[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2012, 24(6): 707-710, 713.
- [2] WHO/SCHISTO/92. The role of mollusciciding in schistosomiasis control. Division of control of tropical diseases [R]. Geneva: Switzerland, 1992: 107.
- [3] 林丹丹,吴晓华,姜庆五,等. 我国血吸虫病防治研究的战略重点思考[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(1): 1-5.
- [4] 祝红庆,钟波,张贵荣,等. 山丘型血吸虫病流行区沟渠环境地膜覆盖灭螺效果观察[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2011, 23(2): 128-132.
- [5] 苏德隆. 苏德隆教授论文选集[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1995: 168-175, 214-218.
- [6] 赵慰先,高淑芬. 实用血吸虫病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 131-134.
- [7] 周晓农. 实用钉螺学[M]. 北京: 科技出版社, 2005: 80-83, 148-151, 160.
- [8] 郑盛邦,周艺彪,李林瀚,等. 湖沼型地区黑色地膜覆盖灭螺近期效果观察[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2013, 25(4): 357-361.
- [9] 杨秀,吴兴. 塑料薄膜封闭灭螺效果初步观察[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2002, 14(1): 76.
- [10] 唐书贵,宋志勇,贾勇,等. 黑色塑料地膜覆盖灭螺近期效果观察[J]. 寄生虫与感染性疾病, 2007, 5(4): 182-185.
- [11] 李文银,黄勇,马春华,等. 地膜覆盖药物灭螺实验的效果研究[J]. 寄生虫与感染性疾病, 2006, 4(3): 128-129.
- [12] 陈鸿才,夏柱国,曹喆,等. 覆盖黑色塑料膜封闭灭螺效果观察[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2005, 17(3): 229-230, 233.
- [13] 唐书贵,宋志勇,贾勇,等. 黑色塑料地膜覆盖与3次喷药灭螺效果观察[J]. 寄生虫与感染性疾病, 2008, 6(1): 43-45.
- [14] 唐书贵,宋志勇,汪乐媛,等. 碳酸氢铵撒干粉覆盖黑色塑料地膜灭螺效果观察[J]. 寄生虫与感染性疾病, 2012, 10(2): 63-67.
- [15] 杭德荣,周晓农,洪青标,等. 环境温度与钉螺耗氧量关系的研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2004, 16(5): 326-329.
- [16] 洪青标,周晓农,孙乐平,等. 全球气候变暖对中国血吸虫病传播影响的研究 II. 钉螺越冬致死高温与夏蛰的研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2003, 15(1): 24-26.

收稿日期: 2013-11-21

## 天津市居民虫媒防治知识和行为及影响因素调查

王伟<sup>1</sup>, 吴彤宇<sup>1</sup>, 马玉涛<sup>2</sup>, 张静<sup>1</sup>, 秦娜<sup>1</sup>, 李今越<sup>1</sup>, 李培羽<sup>1</sup>, 侯海光<sup>1</sup>

1 天津市疾病预防控制中心病媒生物科, 天津 300171; 2 天津市津南区疾病预防控制中心

**摘要:** 目的 了解天津市居民的虫媒防治知识、行为及其影响因素, 为制定有效的干预策略提供依据。方法 采用单纯随机抽样方法, 在天津市18个区(县)抽样调查630名居民进行问卷调查。结果 62.1%的被调查者表示居住地遭受过虫媒侵害, 居民虫媒防治知识知晓水平仅为44.6%, 主要是蚊、蜚蠊的防治知识掌握率较低。影响居民虫媒防治知识知晓水平的影响因素为年龄、职业、文化程度( $P < 0.05$ ), 随年龄( $OR = 2.417$ )和文化程度( $OR = 1.764$ )增加虫媒防治知识的掌握率提高; 干部比农民虫媒防治知识掌握率高( $OR = 2.374$ )。居民对虫媒防治策略认识不清, 只有31.5%的居民认为解决城市虫媒侵害问题的关键在于开展以控制孳生地为主的综合治理。发现虫媒侵害后仅有5.3%的人愿意请专业的消杀公司处理。获取虫媒防治相关知识的主要途径为电视广播(37.7%), 来自社区的健康教育较少(19.7%)。结论 居民的虫媒防治知识和行为等方面存在不足, 针对居民虫媒传染病知识及虫媒防治培训有待加强, 尤其应加强对农民和退休人员、低年龄组、初中及以下文化程度居民的健康教育与健康促进工作。

**关键词:** 虫媒防治; 知晓; 行为; 影响因素

中图分类号: R384 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0156-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.018

### Survey of knowledge and behaviors about vector control among residents and their impact factors in Tianjin, China

WANG Wei<sup>1</sup>, WU Tong-yu<sup>1</sup>, MA Yu-tao<sup>2</sup>, ZHANG Jing<sup>1</sup>, Qin Na<sup>1</sup>, LI Jin-yue<sup>1</sup>, LI Pei-yu<sup>1</sup>, HOU Hai-guang<sup>1</sup>

1 Tianjin Center for Disease Control and Prevention, Tianjin 300171, China;

2 Jinnan Center for Disease Control and Prevention of Tianjin

**Abstract: Objective** To survey the knowledge and behaviors about vector control among residents and their impact factors in Tianjin, China and to provide a basis for effective intervention strategy. **Methods** A questionnaire survey was conducted in 630 residents who were selected from 18 districts or counties of Tianjin by simple random sampling. **Results** Of all residents surveyed, 62.1% said that their residence had been infested with vectors; only 44.6% had the knowledge about vector control, and there were relatively few residents with the knowledge about control of mosquitoes and cockroaches. Age, career, and education level were significant impact factors for the knowledge about vector control in Tianjin residents ( $P < 0.05$ ); the proportion of participants with knowledge about vector control increased as the age ( $OR = 2.417$ ) and education level ( $OR = 1.764$ ) increased, and it was higher in officials than in farmers ( $OR = 2.374$ ). The residents knew little about vector control strategy; only 31.5% of the participants thought integrated vector management based on breeding source management was the key to preventing vector infestation in urban areas. Only 5.3% of the participants were willing to hire PCO professionals for pest control after finding vector infestation. The main approach to gaining knowledge about vector control was radio or television (37.7%), and few residents gained the knowledge through health education in the community (19.7%). **Conclusion** The knowledge about vector control among the residents in Tianjin is insufficient, and their behaviors conducive to vector breeding source creation need to be adjusted. The health education about vector-borne diseases and training on vector control need to be implemented among residents, especially farmers, retired people, young generations and those with an education level of junior high school or lower.

**Key words:** Vector control; Awareness; Behavior; Influential factor

近年来, 虫媒传染病再度引起全球关注, 超过2/3的人类传染病与虫媒有关, 全球近一半人至少感染过一种虫媒病原体, 每年有400多万新感染虫媒传染病病例, 许多新发、复发和新型虫媒传染病成为人类致

作者简介: 王伟, 男, 博士, 主要从事病媒生物防治工作。

Email: wangdavid8865@163.com

病、致死的重要原因<sup>[1-3]</sup>。虫媒控制是预防虫媒传染病的主要手段, 特别是对目前尚无疫苗控制的虫媒传染病更为重要<sup>[4-5]</sup>。居民的虫媒防治知识和行为对虫媒防控至关重要, 尤其虫媒孳生与环境卫生密切相关, 而环境的改善很大程度是靠大众自我约束和行动来实现。2010年4—10月随机抽取630名居民进行问卷调

查, 现将结果报告如下。

### 1 对象与方法

1.1 调查对象 采取单纯随机抽样方法在天津市18个区(县)抽样调查, 每个区(县)调查居民35人, 共计630人。

1.2 方法 由调查员采用自制调查问卷对居民进行面对面询问式调查。调查内容包括性别、年龄、职业、文化程度、人均月收入等一般人口学特征、居民区虫媒侵害现状和虫媒防治知识及行为等。虫媒防治知识包括蚊、蝇、蜚蠊、鼠危害和防治方法, 共9个题目, 答对1题为1分, 答错为0分, 所有分数相加即为防治知识得分。总分得分及格定义为高防治知识水平, 不及格定义为低防治知识水平。

1.3 统计学处理 采用EpiData 3.1软件进行数据录入, 应用SPSS 16.0软件进行 $\chi^2$ 检验和logistic回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

### 2 结果

2.1 一般情况 共发放调查问卷630份, 回收有效问卷628份, 合格率为99.7%。其中男性244人, 占38.9%; 女性384人, 占61.1%。平均年龄45.2岁。农村户籍312人, 占49.7%; 城镇户籍316人, 占50.3%。职业: 农民80人, 占12.7%; 工人169人, 占26.9%; 干部115人, 占18.3%; 退休人员264人, 占42.1%。大专及以上学历文化程度168人, 占26.8%; 高中文化程度197人, 占31.4%; 小学及以下文化程度263人, 占41.8%。月收入 $\leq 2000$ 元497人, 占79.1%;  $> 2000$ 元131人, 占20.9%。

2.2 居住地虫媒侵害现状 62.1%(390/628)的被调查者表示居住地遭受过虫媒侵害, 其中受过蚊、蝇、蜚蠊、鼠侵害的分别占96.9%(378/390)、86.2%(336/390)、53.6%(209/390)、39.7%(155/390), 受过蚂蚁侵害的占10.3%(40/390), 受过蜚、蠊、蚤、白蚁、臭虫侵害的分别占5.4%(21/390)、5.4%(21/390)、5.1%(20/390)、3.3%(13/390)和3.1%(12/390)。

害虫处理方式: 62.3%(243/390)的被调查者自己买药处理, 35.6%(139/390)找街道居委会消杀站, 26.2%(102/390)找疾病预防控制中心咨询或处理, 11.0%(43/390)找单位物业, 9.5%(37/390)找专业消杀公司, 5.9%(23/390)不处理, 5.9%(23/390)不知道如何处理。

2.3 虫媒防治知识知晓情况 “清除垃圾、粪便, 生活垃圾装袋”是有效的防蝇方法之一, 掌握率最高(86.9%), 蚊虫能传播丝虫病的掌握率最低(10.5%)。

蝇类的危害与防治方法掌握率较高(85.0%、63.7%); 防鼠、灭鼠方法掌握率也较高(66.2%); 蚊、蜚蠊的危害与防治方法掌握率较低( $< 60.0%$ ); 鼠类危害的掌握率也较低(21.7%)。 $\leq 30$ 岁和 $> 30$ 岁居民虫媒防治知识掌握率分别为41.5%(71/171)和52.7%(241/457), 二者差异有统计学意义( $\chi^2 = 8.356, P = 0.020$ )。农民、工人、干部和退休人员虫媒防治知识掌握率分别为37.5%(30/80)、50.3%(85/169)、71.3%(82/115)和43.6%(115/264), 差异有统计学意义( $\chi^2 = 29.809, P < 0.01$ )。文化程度大专及以上学历、高中和初中及以下被调查者虫媒防治知识掌握率分别为65.5%(110/168)、53.8%(106/197)和36.5%(96/263), 差异有统计学意义( $\chi^2 = 37.422, P < 0.01$ )。月收入 $\leq 2000$ 元和 $> 2000$ 元的被调查者虫媒防治知识掌握率分别为46.7%(232/497)和61.1%(80/131), 二者差异亦有统计学意义( $\chi^2 = 8.356, P = 0.020$ )。

### 2.4 虫媒防治知识知晓影响因素

2.4.1 单因素logistic回归分析 以虫媒防治知识知晓为因变量, 将被调查者年龄、职业、文化程度、人均月收入作为自变量, 职业哑变量, 以退休人员为参照, 进行单因素logistic回归分析。结果显示, 年龄、职业、文化程度是虫媒防治知识知晓的影响因素(表1)。

表1 天津市居民虫媒防治知识单因素logistic回归分析  
Table 1 Univariate logistic regression analysis of impact factors for knowledge about vector control among residents in Tianjin

影响因素	$\beta$ 值	$s_e$	Wald $\chi^2$ 值	P值	OR值(95%CI)
年龄	0.881	0.207	18.128	0.000	2.414(1.609~3.621)
职业(退休人员为参照)			8.562	0.036	
农民	-0.097	0.278	0.123	0.726	0.907(0.526~1.564)
干部	0.730	0.356	4.201	0.040	2.076(1.032~4.173)
工人	0.083	0.297	0.079	0.779	1.087(0.607~1.945)
文化程度	0.567	0.125	20.738	0.000	1.764(1.382~2.252)

2.4.2 多因素logistic回归分析 以虫媒防治知识知晓为因变量, 将单变量分析有统计学意义的变量, 如年龄、职业、文化程度作自变量进行多因素logistic回归分析。结果显示, 随年龄升高虫媒防治知识的掌握率提高( $OR = 2.417$ ); 干部虫媒防治知识掌握率高( $OR = 2.374$ ); 文化程度为大专及以上学历( $OR = 3.097$ )和高中( $OR = 1.789$ )比初中及以下人员的虫媒防治知识掌握率高(表2)。

2.5 虫媒防治相关信念和态度 仅有31.5%的居民认为解决城市虫媒侵害问题的关键在于开展以控制孳生地为主的综合治理。发现虫媒侵害后的态度: 33.9%自己买药处理, 26.9%的医务人员找疾病预防控制中心咨询或处理, 20.2%的人找街道居委会消杀站, 5.3%的人请专业消杀公司, 4.0%的人找物业公司, 3.0%的人

表2 天津市居民虫媒防治知识多因素 logistic 回归分析  
Table 2 Multivariate logistic regression analysis of impact factors for knowledge about vector control among residents in Tianjin

影响因素	β值	SE	Wald χ <sup>2</sup> 值	P值	OR值(95%CI)
年龄	0.883	0.208	17.934	0.000	2.417(1.607~3.637)
职业(农民为参照)					
退休人员	0.107	0.279	0.147	0.701	1.113(0.644~1.922)
工人	0.195	0.208	0.887	0.346	1.216(0.810~1.826)
干部	0.865	0.281	9.486	0.002	2.374(1.369~4.117)
文化程度(初中及以下为参照)					
高中	0.582	0.203	8.198	0.004	1.789(1.201~2.664)
大专及以上	1.130	0.254	19.808	0.000	3.097(1.883~5.095)

不予理睬,还有6.7%的人不知该怎么办。75.6%的人认为需要开展虫媒传染病知识及虫媒防治培训。

2.6 虫媒防治相关行为 防蚊方式为使用防蚊花露水(37.6%)、纱窗纱门(34.2%)和蚊帐(26.1%)。灭蚊主要方式包括使用气雾剂(70.4%)、电热蚊香(57.2%)、盘香(45.5%);使用灭蚊拍(36.8%)、液体蚊香(34.4%)、灭蚊灯(16.1%)和电蚊拍(18.3%)较少。使用纱窗、纱门防蝇的占56.2%。灭蝇主要方式为使用蝇拍(63.1%)和气雾剂(63.7%);使用灭蝇绳(26.4%)、灭蝇灯(19.9%)、电蚊拍(19.9%)、捕蝇笼(9.4%)和毒饵(7.5%)较少。灭蜚蠊主要方式为使用气雾剂(52.1%)、粘蟑板(40.6%)和毒饵(36.6%);使用粉剂(21.0%)、药笔(12.9%)、胶饵(11.9%)、电子灭蟑器(11.0%)和烫杀(6.7%)较少。灭鼠主要方式为使用毒饵(65.9%)、鼠夹(48.6%)和粘鼠板(43.2%);使用捕鼠笼(15.4%)和电子捕鼠器(11.9%)较少。获取杀虫(鼠)剂的方式:28.8%的人从疾病预防控制中心购买,43.8%在商场超市购买,9.7%在菜市场或路边小贩处购买,13.1%在街道购买,4.6%不知道何处购买。

2.7 获取虫媒防治相关知识的途径 主要途径为电视广播(37.7%),其他途径包括街道居委会或小区宣传橱窗(19.7%)、宣传品(13.9%)、网络(10.0%)、报纸杂志(8.0%)、疾病预防控制中心(4.9%)、其他(5.8%)。

### 3 讨论

本次调查显示,62.1%的被调查者表示居住地遭受过虫媒侵害,居民虫媒防治知识知晓水平仅为44.6%,主要是蚊、蜚蠊的防治知识掌握率较低。影响居民虫媒防治知识知晓水平的影响因素为年龄、职业、文化程度。随年龄升高虫媒防治知识的掌握率提高(OR=2.417),>30岁的居民虫媒防治知识掌握率明显高于≤30岁的居民;干部比农民虫媒防治知识掌握率高(OR=2.374),干部知识更新快并且主动学习技

能强,因此更容易得到和理解虫媒防治知识。受教育水平高低也是影响知晓率水平的影响因素之一,随文化程度的提高虫媒防治知识掌握率升高(OR=1.764),文化程度为大专及以上(OR=3.097)和高中(OR=1.789)比初中及以下人员的虫媒防治知识掌握率高。

调查还发现,居民对虫媒防治策略认识不清,仅有31.5%的居民认为解决城市虫媒侵害问题的关键在于开展以控制孳生地为主的综合治理。发现虫媒侵害后仅有5.3%的人愿意请专业的消杀公司处理。获取杀虫(鼠)剂的主要方式为从商场超市(43.8%)和疾病预防控制中心(28.8%)购买。获取虫媒防治相关知识的主要途径为电视广播(37.7%),来自社区的健康教育较少(19.7%)。总之,居民的虫媒防治知识和行为等方面存在不足,虫媒传染病知识及虫媒防治的培训有待加强<sup>[6-8]</sup>,而且居民也有接受相关培训的意愿和需求,75.6%的人认为需要开展虫媒传染病知识及虫媒防治培训。因此,要大力开展虫媒防治宣传,应针对不同居住区的人文生态和生活习惯等特点,采取因时、因地制宜的手段与措施<sup>[9-10]</sup>,尤其应加强对农民和退休人员、低年龄组、初中及以下文化程度居民的健康教育与健康促进工作,不断提高居民的虫媒防治知识和正确行为形成。

### 参考文献

- [1] World Health Organization. Deaths from vector-borne disease[EB/OL]. (2012-10-15) [2012-12-19]. <http://www.who.int/heli/risks/vectors/en/vbdmap.pdf>.
- [2] 刘起勇,孟凤霞,樊景春. 中国重要病媒生物应急监测与控制[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2011,22(1):1-4.
- [3] 刘起勇. 气候变化对媒介生物性传染病的影响[J]. 中华卫生杀虫药械,2013,19(1):1-7,12.
- [4] 刘起勇. 媒介生物控制面临的挑战与媒介生物可持续控制策略[J]. 中华流行病学杂志,2012,33(1):1-8.
- [5] 吴太平,蒋洪,陈晓敏,等. 发达国家和地区病媒生物防治及其启示[J]. 中华卫生杀虫药械,2011,17(3):161-166,170.
- [6] 王伟,吴彤宇,王淑惠,等. 天津市居民蝇类防治技能及影响因素分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2013,24(2):163-165.
- [7] 吴太平,饶翔,包继永,等. 武汉居民灭蚊情况的调查[J]. 中华卫生杀虫药械,2003,9(1):35-37.
- [8] 周良才,吴太平,包继永,等. 武汉城区居民灭鼠问卷调查[J]. 中华卫生杀虫药械,2009,15(1):34-37.
- [9] 王伟,贾艳合,吴彤宇,等. 天津市基层医务人员鼠疫防控知晓及影响因素[J]. 中华卫生杀虫药械,2013,19(2):28-30.
- [10] 赵瑶,曾晓芃,刘泽军,等. 2008年北京市及奥运场馆蚊虫密度问卷调查分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(4):290-292.

收稿日期:2013-10-28

## 驻山东省部队营区恙螨宿主及体表恙螨种类调查

周光智<sup>1</sup>,于波<sup>2</sup>,黄尉初<sup>1</sup>,王治<sup>1</sup>,李平<sup>1</sup>,尹广庆<sup>1</sup>,程绪浩<sup>1</sup>,文瑜<sup>1</sup>,薛健<sup>1</sup>

1 济南军区联勤部疾病预防控制中心,山东 济南 250014; 2 中国人民解放军71777部队卫生队

摘要:目的 摸清驻山东省部队营区及其周围恙螨宿主及其体表恙螨的种类、优势种群,为预防恙虫病提供科学依据。方法 选取驻山东省部队营区及周围作为调查点,收集啮齿动物耳壳和耳窝全部恙螨,用Hoyer's液封片后在显微镜下观察并进行分类鉴定。结果 于1990-2010年在驻山东省17个地(市)区的部队营区共捕获啮齿动物937只,经鉴定分为2目,其中啮齿目有3科5属9种,食虫目仅1种;褐家鼠(55.60%)为优势种,黑线姬鼠的带恙螨指数(15.90)最高,带恙螨种类(9种)最多。收集并检出恙螨8917只,经鉴定隶属7属16种,脆弱瓦甲恙螨分布于所调查各营区且为优势螨种(37.24%),纤恙螨属共检测出7种恙螨,占全部恙螨种类的43.75%。结论 驻山东省部队营区及其周围恙螨宿主种类较多,做好灭鼠工作是预防恙虫病的重要措施。

关键词:恙螨宿主;带恙螨指数;部队营区

中图分类号:R384.4 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0159-03

DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.019

## Survey of chigger mites and their hosts within and around military camps in Shandong province, China

ZHOU Guang-zhi<sup>1</sup>, YU Bo<sup>2</sup>, HUANG Wei-chu<sup>1</sup>, WANG Zhi<sup>1</sup>, LI Ping<sup>1</sup>, YIN Guang-qing<sup>1</sup>, CHENG Xu-hao<sup>1</sup>, WEN Yu<sup>1</sup>, XUE Jian<sup>1</sup>

1 The Center for Disease Control and Prevention of Jinan Military Command, Jinan 250014, Shandong Province, China; 2 Medical Unit of 71777 Chinese People's Liberation Army

Abstract: Objective To determine the chigger mite species (including dominant species) and their hosts within and around the military camps in Shandong province, China and to provide a scientific basis for prevention of tsutsugamushi disease. Methods All chigger mites were collected from the earlaps and auricular fossae of rodents within and around the military camps in Shandong province; mite specimens were made with Hoyer's fluid and then identified under a microscope. Results A total of 937 rodents were captured within and around the military camps of the 17 prefecture-level cities in Shandong province during 1990-2010. These rodents belonged to 9 species, 5 genera, and 3 families of Rodentia and 1 species of Insectivora. *Rattus norvegicus* (55.60%) was the dominant species. *Apodemus agrarius* had the highest chigger index (15.90) and carried the most species of chigger mites (9 species). In total, 8917 chigger mites, which belonged to 10 species and 7 genera, were collected and identified. *Walchia fragilis* was the dominant species (37.24%) and found in all military camps. Seven species of chigger mites were identified from *Leptotrombidium*, and they accounted for 43.75% of all chigger mites. Conclusion There are many species of chigger mite hosts within and around the military camps in Shandong province, and deratization is an importance measure for prevention of tsutsugamushi disease.

Key words: Chigger mite host; Chigger index; Military camp

恙螨(chigger mite)世界已知有300余属3000多种,我国已报告50多属450余种,是恙虫病(tsutsugamushi disease)的唯一传播媒介,可引起恙螨皮炎,部分种恙螨可作为肾综合征出血热(HFRS)病毒的储存宿主,也是鼠-人间的传播媒介<sup>[1]</sup>。因此被列为重要医学昆虫而受到部队重视。为摸清部队营区恙螨的危害状况,我们于1990-2010年间断性地开展了驻山东省部队营区及其周围恙螨宿主及其体表恙螨调查,现将结果报告如下。

作者简介:周光智,男,副主任医师,主要从事媒介生物防制工作。

Email:zhouzgw@163.com

### 1 材料与与方法

1.1 调查地点 选择17个驻山东省部队营区[分别坐落于济南、青岛、烟台、荣成、惠民、枣庄、泰安、临沂、蒙阴、潍坊、淄博、昌维、莱芜、微山、济宁、德州、日照等地(市)]及周围作为调查点。

1.2 恙螨宿主捕获 分别采用鼠夹法和鼠笼法,在营区及农村营区四周捕捉啮齿动物,具体方法:①夹夜法:中型铁板鼠夹,以花生为诱饵,室内每15 m<sup>2</sup>沿墙基布放1夹,室外根据具体情况按行距30 m、间距5 m布放,晚放晨收,连续布放2夜;②鼠笼法:将鼠笼置于



直观法判定鼠类较多的外环境场所,特别是鼠洞、鼠道四周等,撑开鼠笼,诱饵放于诱饵钩上,晚放晨收,连续布放5昼夜。捕获的啮齿动物依据《中国重要医学动物鉴定手册》进行种类鉴定<sup>[2]</sup>。

1.3 恙螨的采集和鉴定 捕获啮齿动物置于白色方盘内,选择耳壳和耳窝作为恙螨固定采集部位,在5倍放大镜下,用手术刀片刮取全部恙螨及疑似恙螨的附着物,按“一兽一瓶”将每只啮齿动物的耳壳和耳窝刮取物置于事先盛有70%乙醇的青霉素小瓶内固定、保存备用。解剖镜下分离固定于70%乙醇内的刮取物,用Hoyer's封片,制成恙螨玻片标本后自然干燥,于普通光学显微镜下依据《中国重要医学动物鉴定手册》<sup>[2]</sup>和《中国恙螨——恙虫病媒介和病原体研究》<sup>[3]</sup>进行种类鉴定。

表1 驻山东省部队营区及周围恙螨宿主及其寄生恙螨种类

Table 1 Chigger mite hosts and chigger mite species within and around the military camps in Shandong province, China

鼠种	捕获数量(只)	构成比(%)	带螨指数(只/鼠)	携带恙螨种类
褐家鼠	521	55.60	8.18	脆弱瓦甲恙螨、太平洋瓦甲恙螨、伊香钳齿恙螨、苍白纤恙螨、须纤恙螨、小盾纤恙螨、潍坊真棒恙螨
小家鼠	49	5.23	3.71	脆弱瓦甲恙螨、太平洋瓦甲恙螨、巨螯齿恙螨、条纹真棒恙螨
黑家鼠	16	1.71	11.94	脆弱瓦甲恙螨、太平洋瓦甲恙螨、苍白纤恙螨
黑线姬鼠	152	16.22	15.90	脆弱瓦甲恙螨、太平洋瓦甲恙螨、八毛背展恙螨、临淮岗纤恙螨、苍白纤恙螨、须纤恙螨、小盾纤恙螨、泰山纤恙螨、于氏纤恙螨
大林姬鼠	38	4.06	9.66	太平洋瓦甲恙螨、苍白纤恙螨、于氏纤恙螨
大仓鼠	46	4.91	12.91	脆弱瓦甲恙螨、八毛背展恙螨、伊香钳齿恙螨、须纤恙螨、小盾纤恙螨
背纹仓鼠	72	7.68	9.10	脆弱瓦甲恙螨、太平洋瓦甲恙螨、伊香钳齿恙螨、居中纤恙螨、临淮岗纤恙螨、巨螯齿恙螨
北社鼠	21	2.24	4.05	太平洋瓦甲恙螨、江西甲通恙螨、泰山珠恙螨
棕色田鼠	13	1.39	6.38	太平洋瓦甲恙螨、巨螯齿恙螨
臭鼩鼯	9	0.96	8.78	小盾纤恙螨
合计	937	100.00	9.52	

2.2 不同地区及时间捕获鼠类和带螨状况 在17个驻山东省部队营区及周围共调查20次,布放有效鼠夹18 103夹次,捕获鼠771只,鼠夹法密度为4.26%;布放捕鼠笼4439个,捕鼠157只,笼捕法密度为3.54%。不同营区及周围、不同年代及捕鼠方法鼠密度都有明显差异,褐家鼠在各营区及周围均有分布,仅部分营区周围(枣庄、临沂、昌维、微山)以其他鼠种为优势种,鼠密度以淄博、青岛、日照营区相对较高,营区周围鼠种类相对较多的是青岛和济宁市。各地不同鼠种带螨差异性较大,带螨指数以临沂营区最高(25.94只/鼠),荣城营区(0.85只/鼠)最低(表2)。

2.3 恙螨种类及其地理分布 收集并检出恙螨8917只,经鉴定隶属7属16种,其中脆弱瓦甲恙螨(*Walchia fragilis*)分布于全部营区且为优势螨种(37.24%),太平洋瓦甲恙螨(*W. pacifica*)、八毛背展恙螨(*Gahrliepia octosetosa*)和须纤恙螨(*Leptotrombidium palpale*)的分布相对较为广泛,上述4种恙螨占全部捕获恙螨的75.92%。纤恙螨属(*Leptotrombidium*)共检测出7种恙螨,占全部恙螨种类的43.75%(7/16)(表3)。

## 2 结果

2.1 恙螨宿主及恙螨的采集 共捕获啮齿动物937只,经鉴定分为2目。啮齿目(Rodentia)包括3科5属9种,分别是鼠科(Muridae)鼠属(*Rattus*)的褐家鼠(*R. norvegicus*)、黑家鼠(*R. rattus*)和北社鼠(*R. niviventer*),姬鼠属(*Apodemus*)的黑线姬鼠(*A. agrarius*)和大林姬鼠(*A. speciosus*),小家鼠属(*Mus*)的小家鼠(*M. musculus*);仓鼠科(Cricetinae)仓鼠属(*Cricetulus*)的大仓鼠(*Tcherskia triton*)和背纹仓鼠(*C. barabensis*);田鼠亚科(Microtinae)田鼠属(*Microtus*)的棕色田鼠(*M. mandarinus*)。食虫目(Insectivora)为鼯鼯科(Soricidae)的臭鼩鼯(*Suncus murinus*)。捕获数量以褐家鼠(55.60%)为优势种,黑线姬鼠的带螨指数(15.90只/鼠)最高,带螨虫种类(9种)最多(表1)。

## 3 讨论

山东省地形复杂,是我国北方地区恙虫病的主要流行省份之一,但据已知文献记载,山东省已知恙螨种类仅有9属24种,占我国已知恙螨(453种)的5.30%<sup>[4]</sup>。营区广泛分布全省,且多地处农村,周围环境差,适宜小型兽类孳生的场所较多。受地形影响,营区及其周围啮齿动物种类较为复杂,笔者调查啮齿目有3科5属9种,营区内褐家鼠为绝对优势鼠种,部分营区外环境及其周围以黑线姬鼠和大仓鼠为优势种。所捕获的啮齿动物全部检测出恙螨,但恙螨种类较少,17个营区及其周围的恙螨种群鉴定仅7属16种,占山东省已知恙螨种的2/3,为我国已知恙螨的3.53%,进一步证明山东地区恙螨种类偏少,可能因开展工作不深入,存在于当地的恙螨种群尚未发现。

恙螨作为恙虫病的唯一宿主,目前已知恙虫病的媒介恙螨均为纤恙螨属的一些种类,1998年于山东省恙虫病疫区的恙螨调查,纤恙螨属包括小盾纤恙螨、须纤

表2 驻山东省部队营区鼠形动物及其带螨情况

Table 2 Rodent species and parasitic chigger mites within and around the military camps in Shandong province, China

部队驻地	年代(年)	鼠夹法捕获率(%) <sup>a</sup>	笼捕法捕获率(%) <sup>a</sup>	鉴定鼠种(只)	捕获螨数(只)	带螨指数(只/鼠)
济南	1990	5.26(118/2245)	14.54(33/227)	褐家鼠(109)、小家鼠(29)、黑线姬鼠(13)	1539	10.19
	2003	1.59(23/1451)	8.13(17/209)	褐家鼠(37)、小家鼠(3)	127	3.18
青岛	1992	10.24(86/840)	5.74(19/331)	褐家鼠(66)、大林姬鼠(14)、大仓鼠(12)、黑线姬鼠(8)、背纹仓鼠(5)	926	8.82
	2010	1.50(13/865)	1.72(5/290)	褐家鼠(14)、黑线姬鼠(4)	61	3.39
烟台	1992	4.66(49/1052)	2.74(8/292)	褐家鼠(33)、背纹仓鼠(12)、小家鼠(7)、黑线姬鼠(5)	202	3.54
	2005	1.44(14/974)	-	褐家鼠(11)、黑线姬鼠(3)	117	8.36
荣城	1993	3.55(26/733)	-	褐家鼠(19)、大仓鼠(5)、小家鼠(2)	22	0.85
惠民	1993	4.00(33/826)	-	褐家鼠(15)、黑线姬鼠(11)、大仓鼠(7)	405	12.27
枣庄	1994	2.60(27/1039)	-	黑家鼠(12)、褐家鼠(10)、黑线姬鼠(5)	436	16.15
泰安	1998	3.32(45/1357)	2.58(13/504)	褐家鼠(26)、大仓鼠(14)、北社鼠(13)、黑线姬鼠(5)	66	1.14
临沂	1998	2.79(53/1899)	2.28(14/613)	黑线姬鼠(35)、褐家鼠(32)	1738	25.94
蒙阴	1998	5.85(25/427)	-	褐家鼠(15)、黑线姬鼠(10)	317	12.68
潍坊	2010	3.25(37/1137)	4.20(21/500)	褐家鼠(24)、背纹仓鼠(19)、小家鼠(8)、棕色田鼠(7)	394	6.79
淄博	2007	12.68(69/544)	3.32(16/482)	褐家鼠(48)、黑线姬鼠(27)、背纹仓鼠(10)	1017	11.96
昌维	2004	4.82(12/249)	-	棕色田鼠(6)、褐家鼠(3)、北社鼠(3)	23	1.92
莱芜	1997	4.75(30/632)	0.80(4/498)	黑线姬鼠(15)、褐家鼠(9)、大仓鼠(8)、黑家鼠(2)	553	16.26
微山	1994	2.45(13/531)	-	大林姬鼠(7)、褐家鼠(6)	58	4.46
济宁	2007	8.48(33/389)	-	褐家鼠(8)、大林姬鼠(8)、背纹仓鼠(8)、黑线姬鼠(7)、黑家鼠(2)	314	9.52
德州	1992	4.67(26/557)	-	褐家鼠(13)、大林姬鼠(9)、黑线姬鼠(4)	243	9.35
日照	1992	10.96(39/356)	1.42(7/493)	褐家鼠(23)、背纹仓鼠(18)、北社鼠(5)	350	7.61
合计		4.26(771/18 103)	3.54(157/4439)		8908	9.60

注: a. 鼠夹法和笼捕法括号内数据分别为捕鼠数/有效夹数和捕鼠数/布笼数。

表3 恙螨在驻山东省部队营区及周围的分布

Table 3 Distribution of chigger mites within and around the military camps in Shandong province, China

恙螨种类	捕获数量(只)	构成比(%)	营区驻地
脆弱瓦甲恙螨 <i>Walchia fragilis</i>	3321	37.24	各调查点均有分布
太平洋瓦甲恙螨 <i>W. pacifica</i>	1352	15.16	济南、枣庄、泰安、临沂、蒙阴、潍坊、淄博、昌维、微山、济宁、德州、泰安
江西甲通恙螨 <i>Gahrliepia kiangsiensis</i>	36	0.40	
八毛背展恙螨 <i>G. octosetosa</i>	1139	12.77	青岛、烟台、荣城、惠民、泰安、临沂、蒙阴、潍坊、济宁、日照
伊香钳齿恙螨 <i>Cheladonta ikaensis</i>	438	4.91	青岛、荣城、惠民、临沂、蒙阴、潍坊
居中纤恙螨 <i>Leptotrombidium intermedium</i>	167	1.87	烟台、荣城、泰安、临沂、蒙阴
临淮岗纤恙螨 <i>L. linhuaiakensense</i>	86	0.96	临沂、潍坊、济宁
苍白纤恙螨 <i>L. pallidum</i>	112	1.25	济南、枣庄
须纤恙螨 <i>L. palpale</i>	958	10.74	济南、青岛、烟台、荣城、泰安、临沂、蒙阴、潍坊、微山、济宁
小盾纤恙螨 <i>L. scutellare</i>	532	5.97	济南、蒙阴、潍坊
泰山纤恙螨 <i>L. taishanicum</i>	96	1.08	泰安、临沂、蒙阴、日照
于氏纤恙螨 <i>L. yui</i>	314	3.52	烟台、临沂、济宁
巨螯齿恙螨 <i>Odontacarus yosanoi majesticus</i>	277	3.11	济南、临沂、潍坊、济宁
泰山珠恙螨 <i>Dolisia taishanensis</i>	24	0.27	泰安
潍坊真棒恙螨 <i>Euschoengastia weifangensis</i>	52	0.58	潍坊
条纹真棒恙螨 <i>E. striata</i>	13	0.15	泰安、莱芜
合计	8917	100.00	

恙螨、临淮岗纤恙螨和泰山纤恙螨4种,占全部恙螨种类的63.27%,与本次营区捕获7种为纤恙螨属,占全部调查恙螨种类的43.75%比较,前者纤恙螨属种类虽少(3种),但所占恙螨种群比例更大<sup>[5-6]</sup>。国内学者利用小盾纤恙螨自然感染、叮刺传播、经卵传播汉坦病毒成功,证明恙螨是HFRS的传播媒介<sup>[7]</sup>。文献报道褐家鼠体外恙螨优势种为东方纤恙螨,而笔者调查山东省部队营区及其周围以脆弱瓦甲恙螨、太平洋瓦甲恙螨等为优势种,说明不同地区的恙螨优势种存在明显差异性<sup>[8]</sup>。综上所述,山东省部队营区及其周围存在大量恙螨,官兵在参加野外训练、救灾或施工时具有感染立克次体和HFRS的可能,因此,应切实做好防鼠、灭鼠工作。

## 参考文献

- [1] 姜志宽,郑智民,王忠灿. 卫生害虫管理学[M]. 北京:人民卫生出版社,2011:183-187,486-489.
- [2] 陆宝麟. 中国重要医学动物鉴定手册[M]. 北京:人民卫生出版社,1982:839-937.
- [3] 黎家灿. 中国恙螨:恙虫病媒介和病原体研究[M]. 广州:广州科学技术出版社,1997:1-540.
- [4] 薛健,周光智,刘运喜. 山东省恙螨区系研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2004,15(6):452-454.
- [5] 刘运喜,吴钦永,杨占清,等. 山东费县恙虫病疫区恙螨的季节消长及病原体分离研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,1998,9(4):278-281.
- [6] 钱万红,王忠灿,吴光华. 消毒杀虫灭鼠技术[M]. 北京:人民卫生出版社,2008:482.
- [7] 钱俊英,邓小昭,张云. 对肾综合征出血热传播媒介小盾纤恙螨的研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(6):583-584.
- [8] 刘国平,任清明,邢安辉,等. 东北边境地区褐家鼠及体外寄生虫的调查[J]. 中华卫生杀虫药械,2010,16(3):196-198.

收稿日期:2013-09-13



·调查研究·

# 荒漠区褐家鼠的迁移方式

廖力夫<sup>1</sup>, 乌守巴特<sup>2</sup>, 燕顺生<sup>1</sup>

1 新疆维吾尔自治区实验动物研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2 新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心

**摘要:** 目的 观察褐家鼠在尚未开通铁路的荒漠区的迁移方式。方法 利用既往调查资料和荒漠区人工水渠、农田连片程度、公路和交通工具的变化, 结合不同时间段鼠类群落的变化, 用排除法分析褐家鼠在荒漠区的迁移方式。结果 褐家鼠随大型运输货车在荒漠区长距离迁移, 沿农田或居民区迁移, >8 km 距离的荒漠生境可阻碍褐家鼠迁移。结论 褐家鼠在荒漠区可随大型货车迁移。

**关键词:** 褐家鼠; 迁移; 荒漠

中图分类号: S443 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0162-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.020

## Migration patterns of *Rattus norvegicus* in desert area

LIAO Li-fu<sup>1</sup>, BATE Wu-so<sup>2</sup>, YAN Shun-sheng<sup>1</sup>

1 Xinjiang Center for Laboratory Animal Research, Urumqi 830002, Xinjiang Uyghur Autonomous Region, China;

2 Xinjiang Center for Disease Control and Prevention

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30460120)

**Abstract: Objective** To observe the migration patterns of *Rattus norvegicus* in the desert area without railway. **Methods** Given previous investigation data, as well as changes in artificial water channels, farmland connection, highway, and vehicles, and considering the variation in the rodent community over time, the exclusive method was used to analyze the migration patterns of *R. norvegicus*. **Results** *R. norvegicus* migrated long distances with large trucks or along the farmland or residential area in the desert area. The desert habitat that spanned over 8 km impeded the migration of *R. norvegicus*. **Conclusion** *R. norvegicus* can migrate with large trucks in the desert area.

**Key words:** *Rattus norvegicus*; Migration; Desert

褐家鼠(*Rattus norvegicus*)是世界上分布最广的鼠类, 至今除极地外, 褐家鼠借助轮船扩散到世界各大洲, 借助铁路扩散到内陆深处<sup>[1-8]</sup>。1975 年以前新疆维吾尔自治区(新疆)境内无褐家鼠分布, 1976 年从内地到新疆的旅客列车上捕获褐家鼠, 1979 年 8 月首次在吐鲁番火车站铁路公寓及其周围居民区地面发现褐家鼠<sup>[1]</sup>, 后逐渐形成种群<sup>[2]</sup>, 从吐鲁番火车站向周边地区扩散, 证实该鼠是通过火车传入新疆<sup>[3-6]</sup>。在此后的 30 余年, 随着铁路相继通到阿拉山口、库尔勒、喀什、和田等地, 褐家鼠陆续出现在这些地区, 并形成种群, 青藏铁路通车后亦是如此, 再次表明该鼠借助火车可沿铁路线扩散<sup>[7-8]</sup>。

在尚未通铁路的内陆地区, 褐家鼠可沿农田或居民区迁移 1~3 km<sup>[9]</sup>, 但在环境恶劣的地区, 如塔里木盆地的中部油田<sup>[10]</sup>和西藏灵芝地区捕获的褐家鼠<sup>[11]</sup>, 是以何种方式侵入, 由于时间等因素的影响, 类似的迁

移很难查证<sup>[10-12]</sup>。要想证明该鼠是通过何种方式迁移, 利用天然的隔离条件连续调查孤立区域的鼠类群落变化从理论上讲是可行的一种途径。本研究利用恶劣干旱的天然荒漠环境对褐家鼠的限制作用, 从公路、水渠、农田及交通工具(火车除外)等条件和鼠类群落变化调查, 观察褐家鼠在塔里木盆地沙漠腹地图木舒克市夏河社区的迁移。探讨和分析褐家鼠在未通铁路的区域是如何扩散的, 为褐家鼠扩散和控制提供科学依据。

### 1 材料与方

**1.1 调查地区概况** 夏河社区位于塔里木盆地北缘喀什以东 310 km 的荒漠区腹地, 距图木舒克市区 40 km, 东经 79°32', 北纬 39°53', 海拔 1075~1085 m, 人口 9000 多人, 99.9% 是维吾尔族, 1700 多公顷农田被 6000 多公顷原始胡杨林包围。该区地形平坦, 农业以棉花为主, 有 7 个连队, 一个夏河林场。图木舒克市位于巴楚县以东 70 km, 成立于 2002 年 9 月, 由 6 个团场和 1 个河流管理处组成, 各团场团部之间多由成片的农田

基金项目: 国家自然科学基金(30460120)

作者简介: 廖力夫, 男, 研究员, 从事动物自然疫源性疾病预防、鼠类驯化及动物模型开发。Email: liaolif@21cn.com

相连, 各团团部基本都有棉花加工场和粮油加工厂。1999 年 12 月 6 日新疆南疆铁路途经巴楚县通车到喀什市。2003 年图木舒克市各团团部陆续发现褐家鼠, 2004 年与夏河社区最近的 50 团团部也有褐家鼠分布。从图木舒克市 50 团至夏河 28 km 地段, 除少数地块为连片的农田居民区外, 沿公路两侧的农田多数被大片的胡杨红柳荒漠沙漠区分隔。夏河的南、西和北 3 个方向是沙漠, 由东方向进出夏河社区的唯一通道为 2004 年修建的一条公路和 1969 年修建的一条 45 km 人工水渠。褐家鼠只能通过公路或人工水渠进入夏河社区, 侵入方式有几种可能途径: ①沿公路侵入, 取决于公路沿途水资源、食物状况、被荒漠隔离的长度等。②沿水渠侵入, 取决于水渠两侧的食物状况, 被荒漠隔离的长度等。③沿农田侵入, 取决于农田和居民区是否相连, 或被荒漠隔离的长度, 以及季节变化时严酷环境中的食物和水因素。④随运输工具侵入, 进入夏河社区的运输工具年代变化状况, 以及运输规模等, 是否曾经有大型货物卸过货, 如集装箱、大型棉粮加工设备、大型工厂设备、大型百货运输车等。

**1.2 材料** 图木舒克市和夏河社区资料来源于当地疾病预防控制中心。夏河社区的鼠类资料主要是笔者

等于 2004—2008 年用鼠夹法或粉迹法调查的结果。**1.3 方法** 采用中号鼠夹捕鼠, 饵料为花生米; 夹夜法调查鼠种及数量, 粉迹法调查室内鼠种及鼠密度。

**侵入方式调查:** 按上述 4 种可能的侵入方式调查不同时间段从图木舒克市 50 团至夏河社区的各种条件变化(沿公路和沿水渠的农田开垦以及进入夏河社区的交通工具), 将褐家鼠出现的时间顺序与调查结果相对应制表, 用排除法逐一确定褐家鼠可能的迁移形式, 从中判断褐家鼠的可能扩散形式。

### 2 结果

**2.1 夏河社区的鼠种组成及变化** 2004 年底进行鼠类本底调查时, 当地居民区主要鼠种是小家鼠(*Mus musculus*)和子午沙鼠(*Meriones meridianus*), 分别占捕获总数的 58.33%(21/36)和 33.33%(12/36), 未发现褐家鼠<sup>[13]</sup>; 2005—2006 年调查, 优势鼠种仍为上述 2 种鼠; 2007 年秋季, 第 1 次在居民区见到少量褐家鼠; 2008 年夏季, 褐家鼠分布范围有所扩大, 当年冬季居民区粉迹法调查, 多数是褐家鼠足迹, 捕到褐家鼠成体和亚成体, 表明已形成种群, 成为居民区的主要害鼠, 白天在巴扎附近的垃圾堆随处可见褐家鼠活动, 调查结果见表 1。

表 1 巴楚县夏河社区 2004—2008 年鼠类组成

调查时间(年-月)	布夹数或粉块数	捕鼠数(只)	小家鼠	灰仓鼠	子午沙鼠	褐家鼠
2004-11	245	36	21(58.33)	3(8.33)	12(33.33)	
2005-11	1092	80	34(42.50)	11(13.75)	35(43.75)	
2006-11	2472	255	167(65.49)	24(9.41)	64(25.10)	
2007-11	317	25	15(60.00)		9(36.00)	1(4.00)
2008-06	120	17	10(58.82)		5(29.41)	2(11.77)
2008-11	60(粉块)	46(足迹)	8(足迹)(17.39)			38(足迹)(82.61)

注: 括号内数据为构成比(%)。

**2.2 沿水渠侵入** 从图木舒克市 50 团进入夏河社区的人工水渠沿途除农田外, 多为胡杨红柳荒漠区, 最长的胡杨红柳荒漠区有十几公里。每年 4 月给一次春季播种水, 6—10 月为供水季节, 农作物主要是棉花, 除植物生长季节外, 沿渠可供鼠类取食的食物很有限。2004 年 50 团团部发现褐家鼠, 1969—2006 年 11 月, 夏河社区一直未发现褐家鼠, 说明褐家鼠沿水渠两侧十几公里的荒漠区进入夏河社区可能性很小。

**2.3 沿公路侵入** 从图木舒克市进出夏河社区的公路两侧, 除少数地块为连片的农田居民区外, 农田多数被大片的胡杨红柳荒漠沙漠区分隔, 最长的胡杨红柳荒漠有 8 km。2006 年之前, 50 团方向与夏河社区最远的 14 连一直未发现褐家鼠, 2008 年夏河社区褐家鼠形成种群后, 2009 年 14 连才出现褐家鼠, 由于 14 连至夏

河有断续的农田相连, 最大的胡杨红柳荒漠区间隔距离 ≤2 km, 表明 14 连出现的褐家鼠是由夏河沿农田扩散过去, 而不是从 50 团方向迁移而来, 说明褐家鼠无法穿越 50 团到夏河 8 km 胡杨红柳荒漠区, 其结果与 Taylor 无线电跟踪褐家鼠的最大活动距离是 3.3 km 基本相符<sup>[9]</sup>。

**2.4 公共汽车侵入** 夏河社区有 6~7 家规模不大的小商店, 最大面积不超过 30 m<sup>2</sup>。2008 年以前商店销售的货物主要是通过每天的中型交通客车(22 座)带入, 2008 年图木舒克市开通公共汽车后, 货物主要是通过小公交车运送而来。根据吐鲁番火车站 1987 年褐家鼠形成种群至 1999 年期间, 每天都有从吐鲁番发往新疆塔里木盆地各县(市)的大量交通客车, 期间所发往的区域一直未发现褐家鼠(除大型货车已到或

火车已通的地区外),由此推断褐家鼠随中小公交车进入夏河社区的可能性也不大。

2.5 随机设备侵入 夏河社区几乎没有什么大型机械设备,最大的机械厂房是2002年引进的小型面粉加工机,厂房面积60 m<sup>2</sup>,加工的小麦都是本地自产。褐家鼠随机设备进入夏河社区的可能性不大。

2.6 随货车侵入 巴扎(汉语是赶集市)是新疆南部少数民族的一种重要农副产品贸易交流场所,也是新疆南部居民自产自销农副产品、购物、亲朋好友聚会交流、每周一次的重要聚会场所,夏河的巴扎天一般可聚

集2000~3000人。2004年以前,巴扎天周围停满了驴、驴车和摩托车等交通工具;2005年的巴扎天周围主要停放的是小型运输车和摩托车;2006年以摩托车和中型运输车为主;2007年开始巴扎市场上交易的大多数货物是由大型流动货车从附近团场或县城运来。自2007年大型流动货车频繁进入夏河社区以来,当地开始出现少量褐家鼠,2008年冬褐家鼠已成为居民区的主要害鼠。从表2结果看,在公路和水路沿途荒漠变化不大的情况下,只有大型货运车到达夏河后,才有褐家鼠出现,表明褐家鼠是随大型流动货车侵入夏河社区。

表2 2004—2008年图木舒克市到夏河社区条件和鼠种类变化

条 件	2004年以前	2005年	2006年	2007年	2008年
水渠两侧荒漠长	>10 km	>10 km	>10 km	>10 km	>10 km
公路两侧荒漠长	>8 km	>8 km	>8 km	>8 km	>8 km
主要运输工具	驴、摩托车	摩托车、小车	中小型货车	大型货车	大型货车
褐家鼠	无	无	无	有少量	形成种群
居民区优势鼠种	子午沙鼠、小家鼠	子午沙鼠、小家鼠	子午沙鼠、小家鼠	子午沙鼠、小家鼠	小家鼠、褐家鼠

### 3 讨论

在内陆干旱荒漠区,褐家鼠可借助火车沿铁路线扩散,在尚未开通铁路的地区,褐家鼠可沿农田或居民区迁移1~3 km,或通过汽车携带的大型货物远距离扩散,能否沿水渠或公路扩散主要取决于沿途荒漠生境的距离,>8 km距离的荒漠生境可以阻挡褐家鼠迁移。外来物种褐家鼠的侵入对当地鼠类群落结构有很大的影响,首先替代了当地伴人鼠种灰仓鼠(*Cricetus migratorius*)<sup>[14]</sup>,同时给当地家庭养鸡和养鸽业造成严重危害。

#### 参考文献

[1] 于心,张金桐,叶瑞玉,等. 新疆铁路沿线和列车上鼠类的种属组成及其变迁:褐家鼠(*Rattus norvegicus*)在新疆的发现[J]. 动物学研究,1980,1(1):135-138.

[2] 王思博,于心,叶瑞玉,等. 褐家鼠在内陆干旱区吐鲁番车站居民区形成种群[J]. 中国鼠类防制杂志,1987,3(1):47-48.

[3] 张大铭,张富春,马合木提,等. 新疆的公交发展与褐家鼠的扩散[C]. 内陆干旱区动物学集刊,1993,1(1):90-92.

[4] 黎唯,张大铭,刁伯民,等. 褐家鼠在新疆阿拉山口口岸居民区形成种群[J]. 地方病通报,1994,9(3):55-57.

[5] 黎唯,廖力夫,谢勇光,等. 迁入鼠种:褐家鼠在新疆的现状[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,1994,5(1):31-33.

[6] 王春国,黎唯,韩嘉诚,等. 新疆阿拉山口啮齿动物及其体外寄生虫调查[J]. 地方病通报,2000,15(4):51-53.

[7] 李贵昌,孟凤霞,张贵,等. 西藏自治区青藏铁路沿线及其他地区褐家鼠调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(3):213-215.

[8] 李波,张美文,王勇,等. 青藏铁路青海段农田鼠类调查报告[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2013,24(2):117-120.

[9] Taylor KD. Range of movement and activity of commom (*Rattus norvegicus*) on agricultural land [C]. J Appl Ecol, 1978, 15: 663-677.

[10] 冯玉明,张晓雪,林纪春,等. 新疆塔里木盆地中部发现褐家鼠[J]. 地方病通报,2001,16(4):48.

[11] 董维惠,侯希贤,杨玉平. 西藏自治区境内曾经捕获褐家鼠[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2010,21(4):314-316.

[12] 魏有文,鲁亮,马英,等. 青海省海东地区鼠类种群特征的调查研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2011,22(1):29-31, 34.

[13] 乌守巴特,燕顺生,雷刚,等. 新疆巴楚县夏河林场小型鼠类及其体外寄生虫调查[J]. 地方病通报,2010,25(3):5-7.

[14] 廖力夫,黎唯,谢勇光,等. 石河子市环境特点及其鼠类防制探讨[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,1993,4(3):226-227.

收稿日期:2013-10-21

### · 调查研究 ·

## 甘肃省河西走廊地区蚊媒调查

贾玉新<sup>1</sup>,王旭霞<sup>1</sup>,梁舒<sup>1</sup>,刘旭红<sup>1</sup>,朱宏斌<sup>2</sup>,田媛媛<sup>2</sup>,毛伟生<sup>3</sup>,李慧<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 甘肃省疾病预防控制中心消毒与病媒生物防制科,甘肃兰州730000;

<sup>2</sup> 张掖市疾病预防控制中心; <sup>3</sup> 酒泉市疾病预防控制中心

摘要:目的 了解河西走廊地区蚊媒传染病传播媒介分布情况,进一步确认河西走廊地区为无流行性乙型脑炎(乙脑)及其他蚊媒传染病地区。方法 采用灯诱法和人工小时法。灯诱法:用功夫小帅牌吸入式诱蚊灯悬挂于每个调查点离地面0.8~1.5 m处,每次开灯诱捕12 h;人工小时法:采集者手持电动吸蚊器或口吸吸蚊管在人房、居民区楼道、猪圈、牛棚捕获蚊虫,捕蚊时间一般为30~40 min。结果 共采集蚊虫23 584只,通过初步鉴定,发现该地区蚊虫4属18种。在所捕获蚊虫中,数量最多的生境为畜舍,占捕获总数的76.39%,农户次之,占14.23%,居民区最少,占4.49%。淡色库蚊、刺扰伊蚊为优势蚊种,分别占捕获总数的55.87%和23.04%,几乎分布整个河西5市。未捕获到乙脑主要传播媒介三带喙库蚊,病毒检测未检出乙脑病毒,但在该地区首次发现蚊传黄病毒和辽宁病毒,且病毒阳性检出率较高。结论 河西走廊地区蚊虫种群分布较为广泛,部分水系分布较为丰富的区域种群密度较高;今后应加强该地区蚊虫孳生地清理工作;河西走廊地区蚊虫携带病毒的研究不可懈怠。

关键词:蚊媒传染病;媒介调查;甘肃省河西走廊

中图分类号:R384.1; R373.3 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0165-03

DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.021

## Survey of vectors of mosquito-borne diseases in Hexi Corridor of Gansu province, China

JIA Yu-xin<sup>1</sup>, WANG Xu-xia<sup>1</sup>, LIANG Shu<sup>1</sup>, LIU Xu-hong<sup>1</sup>, ZHU Hong-bin<sup>2</sup>, TIAN Yuan-yuan<sup>2</sup>, MAO Wei-sheng<sup>3</sup>, LI Hui<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gansu Center for Disease Control and Prevention, Lanzhou 730000, Gansu Province, China; <sup>2</sup> Zhangye Center for Disease Control and Prevention; <sup>3</sup> Jiuquan Center for Disease Control and Prevention

Corresponding author: LI Hui, Email: lihui9208@163.com

Supported by the Public Health Research and Vaccine Preventable Diseases Research Project of China Preventive Medicine Association (No. 20102802)

Abstract: Objective To investigate the distribution of vectors of mosquito-borne diseases in the Hexi Corridor of Gansu province, China and to further confirm the Hexi Corridor as the area free of Japanese encephalitis (JE) and other mosquito-borne diseases. Methods The light-trap method and labor hour method were used to capture mosquitoes. In the light-trap method, the suction-type mosquito lamp (Kung Fu Xiaoshuai) was hung 0.8-1.5 m above the ground at each investigation point, and the mosquito lamp worked for 12 hour each time. In the labor hour method, the hand-held electric mosquito trap or mouth suction-type mosquito trap was used to capture mosquitoes in the human house, residential passageway, pigsty, and cowshed for 30-40 min. Results A total of 23 584 mosquitoes were collected, which, as preliminarily identified, belonged to 18 species and 4 genera. Most of the captured mosquitoes were from animal houses, accounting for 76.39%, followed by farmer's households, accounting for 14.23%, and the last one was residential area, from which 4.49% of mosquitoes were captured. *Culex pipiens pallens* and *Aedes vexans* were the dominant species, which accounted for 55.87% and 23.04%, respectively, of all mosquitoes and were distributed almost throughout the 5 cities in Hexi Corridor area. *Culex tritaeniorhynchus*, the main vector of JE, was not captured, and JE virus was not detected. However, mosquito-borne flavivirus and Liaoning virus were first found in this area, with a relatively high detection rate. Conclusion Various species of mosquitoes are widely distributed in the Hexi Corridor, and the mosquito population density is relatively in raprian areas. Cleanup of mosquito breeding sources should be strengthened, and the research on mosquito-borne viruses in the Hexi Corridor cannot be neglected.

Key words: Mosquito-borne disease; Vector research; Hexi Corridor of Gansu province

基金项目:中华预防医学会公共卫生应用研究与疫苗可预防疾病科研项目(20102802)

作者简介:贾玉新,男,副主任医师,主要从事媒介生物控制工作。Email: jyx1212411@126.com

通讯作者:李慧, Email: lihui9208@163.com

全世界已发现的蚊虫约3000种,我国已发现蚊类近400种[1-3]。蚊类可传播的疾病主要有流行性乙型脑炎(乙脑)、登革热、疟疾、黄热病、西尼罗热和丝虫病等。且虫媒病毒在自然界脊椎动物间的循环很大,一部分是靠蚊虫媒介来维持的,全世界约300种蚊虫可以传播虫媒病毒[4]。可见蚊类的研究对蚊媒病的预防和控制尤为重要。

河西走廊位于甘肃省西北部祁连山和北山之间,东起乌鞘岭,西至古玉门关,南北介于南山(祁连山和阿尔金山)和北山(马鬃山、合黎山和龙首山)间,长约900 km,宽数公里至近百公里。由于该地区的自然条件和地理环境较为特殊,自1958年有乙脑疫情记录以来,除2009年武威市报告有输入性疟疾病例外,之后再未报告蚊媒传染病病例,历史上亦未系统地进行蚊媒传染病传播媒介分布的调查。为了解该地区蚊媒传染病传播媒介分布情况,为科学防控蚊媒传染病的发生提供理论依据,分别于2008年8月、2011—2012年7—8月进行了调查。现将结果报告如下。

1 材料与与方法

1.1 材料 诱蚊灯,功夫小帅牌吸入式诱蚊灯(武汉市吉星环保科技有限公司研制)。其他采集工具:电动吸蚊器、口吸吸蚊管、液氮罐、试管、镊子、解剖针、剪刀、手电筒等。

1.2 调查点的选择 根据河西走廊地区不同的生境特点,分别在武威市凉州区,金昌市永昌县,张掖市甘州区、临泽县,酒泉市肃州区、敦煌市,嘉峪关市选择2个自然村,每个自然村选畜棚、农户各2处,并在每个地方选公园及城市居民区各2处作为调查点。

1.3 调查时间及方法 分别于2008年8月、2011—2012年7—8月蚊虫季节消长高峰进行调查,每个点调查2~3 d。

灯诱法:将诱蚊灯悬挂于离地面0.8~1.5 m处,每次开灯诱捕12 h。

人工小时法:采集者手持电动吸蚊器或口吸吸蚊管在人房、居民区楼道、猪圈、牛棚捕获蚊虫,捕蚊时间一般为30~40 min。做到定时、定点、定人。

1.4 捕获蚊虫处理 将捕获蚊虫放入-20℃冰柜冷冻1 h后取出,经分类鉴定、计数、登记后,按捕获点及捕获时间将雌蚊50只/组分装于指管中,记录编号,放入液氮罐中带回实验室进行病毒分离。蚊虫种类鉴定由甘肃省疾病预防控制中心(CDC)完成,病毒分离在中国CDC病毒病预防控制所进行。

1.5 气候环境 标本采集地武威市凉州区、张掖市甘州区和临泽县、金昌市永昌县白天气温在30~33℃,

夜间气温16~17℃,相对湿度55%~65%,风速0.3~0.5 m/s,天气晴到多云;标本采集地酒泉市、敦煌市、肃州区以及嘉峪关市白天气温31~34℃,夜间气温14~19℃,相对湿度50%~55%,风速0.3~1.0 m/s,天气晴到多云。

2 结果

2.1 蚊虫种类及构成 本次调查共采集蚊虫23 584只,经初步鉴定[1-3],并结合相关历史文献资料[4-6],对河西地区的蚊虫种类及分布进行研究整理,发现该地区蚊虫4属18种。其中淡色库蚊(Culex pipiens pallens)、刺扰伊蚊(Aedes vexans)为优势蚊种,分别占捕获总数55.87%和23.04%,黄背伊蚊(Ae. flavidorsalis)占14.08%(表1)。

表1 甘肃省河西走廊地区蚊虫种类及构成

Table with 7 columns: 蚊种, 捕获只数, 构成比(%), 畜舍, 农户, 公园, 居民区. Rows include various mosquito species like Cx. pipiens pallens, Ae. vexans, etc., and a total row.

2.2 不同生境蚊种构成 在4类生境中,蚊虫数量最多的为畜舍,占捕获总数的76.39%,农户次之,占14.23%,居民区最少,占4.49%。淡色库蚊在4种不同生境中均占绝对优势,刺扰伊蚊和黄背伊蚊在畜舍中的构成比也相对较高(表1)。

2.3 不同地区蚊种构成 在肃州区、敦煌市、甘州区、临泽县、永昌县和凉州区的4类不同生境中,淡色库蚊均为优势蚊种,分别占捕获总数的43.89%、77.76%、63.41%、37.90%、54.19%和91.71%。其他蚊种随着地区不同其构成也有所不同。在肃州区和临泽县黄背伊蚊及刺扰伊蚊所占比例较高,分别为25.93%、28.70%和21.27%、26.43%;在甘州区和永昌县刺扰伊蚊所占比例较高,分别为29.25%和42.20%;在敦煌市共捕获成蚊814只,数量较少,除淡色库蚊所占比例较高外,其次为凶小库蚊,占13.76%(表2)。

2.4 病毒分离 所采集标本经实验室检测,未检出乙脑病毒,但首次在该地区发现蚊传黄病毒和辽宁病毒,且病毒阳性检出率较高。其中张掖市阳性率为12.20%(5/41),酒泉市检测9份,阳性4份[7]。

表2 甘肃省河西走廊不同地区蚊种构成

Table with 12 columns: 蚊种, 肃州区 (数量, 构成比), 敦煌市 (数量, 构成比), 甘州区 (数量, 构成比), 临泽县 (数量, 构成比), 永昌县 (数量, 构成比), 凉州区 (数量, 构成比). Rows include various mosquito species and a total row.

3 讨论

通过对甘肃省河西走廊地区的凉州、永昌、甘州、临泽、肃州、敦煌、嘉峪关7个县(市、区)的14个乡镇28个自然村居民区、公园、农户以及畜棚蚊类种群调查,共捕获蚊虫23 584只,隶属4属18种,淡色库蚊仍然是整个河西地区的优势蚊种,但伊蚊所占比例也相对较高。

从不同地区间种群结构分析可以看出,肃州区、甘州区和临泽县蚊类种群结构颇为近似,可能与3个地区的水系分布、地理结构以及气候条件接近有一定关系。这3个地区相邻,同处山间盆地,水系分布相对丰富,人口相对密集,动物养殖户较多,该区域以农作物种植为主兼动物养殖,蚊类密度相对较高,种群分布变化较大;而凉州区和金昌市的大部分地区地处山区或戈壁荒漠区,水系分布较少,人口密度较低,属典型的农耕区,蚊类密度相对较低,种群结构变化不大。

从蚊类的孳生环境来看,水系分布以沼泽泉水为主的地区,伊蚊密度较高;而水系分布以坑洼积水和河水为主的地区,库蚊密度较高。该特征尤以肃州区、临泽县、凉州区和永昌县比较明显,肃州区的东南部区域和临泽县的大部分区域水系分布多以沼泽泉水为主,伊蚊密度较高;而凉州区、永昌县的大部分区域和肃州区的东北部区域水系分布以坑洼积水和河水为主,库蚊密度较高。

历史资料显示[4],在该地区曾经发现有三带喙库蚊(Cx. tritaeniorhynchus)存在,但本次调查未捕到,可能与当地经济快速发展、环境变化以及动植物养殖、种植政策调整,对一些蚊种的生境造成一定的破坏有关。如历史上张掖市甘州区的个别乡镇种植水稻,近年来,为了保护黑河流域上下游的生态环境,水稻种植面积减少或被迫停止,在一定程度上影响了以稻田为主要孳生地的三带喙库蚊的生存空间[8-9]。

本次调查旨在进一步确认河西地区是无乙脑及其他蚊媒传染病地区,调查中虽未捕到乙脑的主要传播媒介三带喙库蚊以及疟疾的主要传播媒介按蚊,实验室检测亦未检测到乙脑病毒,但在该地区首次发现蚊传黄病毒和辽宁病毒,且病毒阳性检出率较高[7],这对河西地区蚊传疾病的预防控制意义深远。有资料显示,近年来在与河西走廊地区相邻或气候条件、自然环境相似的西部地区的库蚊和背点伊蚊标本中分离到一种与加利福尼亚脑炎病毒血清学相关的病毒——塔希纳病毒(Tahyna virus, TAHV),提示TAHV在我国西部地区广泛分布,且传播媒介丰富[10]。种种迹象表明,对甘肃省河西走廊地区蚊虫携带病毒的研究还不可懈怠。

参考文献

List of 10 references including authors like 陆宝麟, 吴厚永, 陈汉彬, etc., and journals like 中国重要医学昆虫分类与鉴别, 中国动物志, etc.



·调查研究·

# 百杀净雾化剂集装箱内杀虫灭鼠效果初探

王童玉<sup>1</sup>, 杨庆贵<sup>2</sup>, 叶松<sup>1</sup>, 朱光耀<sup>2</sup>, 陆军<sup>1</sup>, 吴炳耀<sup>2</sup>, 刘倩颖<sup>1</sup>

1 安徽理工大学医学院, 安徽 淮南 232001; 2 江苏出入境检验检疫局, 江苏 南京 210001

**摘要:** 目的 研究百杀净雾化剂在集装箱内的杀虫灭鼠效果。方法 以淡色库蚊、家蝇、德国小蠊、SD大鼠和ICR小鼠为试验对象,使用超微粒雾化剂分别向空集装箱和重集装箱内喷百杀净雾化剂,进行杀虫灭鼠效果现场试验。结果 在空集装箱和重集装箱现场试验中,百杀净雾化剂对淡色库蚊、家蝇、德国小蠊、SD大鼠、ICR小鼠1h击倒率均为100%(2400/2400、2400/2400、1800/1800、120/120、120/120),24h(德国小蠊为72h)死亡率亦均为100%(2400/2400、2400/2400、1800/1800、120/120、120/120)。结论 百杀净雾化剂具有快速杀灭蚊、蝇、蜚蠊和鼠的效果,值得进一步研究与推广应用。

**关键词:** 百杀净雾化剂; 杀虫; 灭鼠; 药效

中图分类号: R184; S481.9 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0168-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.022

## Preliminary evaluation on insecticidal and rodenticidal effects of Baishajing spray agent in cargo containers

WANG Tong-yu<sup>1</sup>, YANG Qing-gui<sup>2</sup>, YE Song<sup>1</sup>, ZHU Guang-yao<sup>2</sup>, LU Jun<sup>1</sup>, WU Bing-yao<sup>2</sup>, LIU Qian-ying<sup>1</sup>

1 School of Medicine, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, Anhui Province, China;

2 Jiangsu Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Nanjing 210001, Jiangsu Province, China

Corresponding author: YANG Qing-gui, Email: yqg1995@126.com

Supported by the Science and Technology Projects of the State General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of China (No. 2013IK225)

**Abstract: Objective** To study the insecticidal and rodenticidal effects of Baishajing spray agent in cargo containers. **Methods** In the field test for evaluating the insecticidal and rodenticidal effects of Baishajing spray agent, *Culex pipiens pallens*, *Musca domestica*, *Blattella germanica*, SD rats, and ICR mice were selected as subjects, and an ultrafine atomizer was used to spray Baishajing spray agent into empty and heavy containers. **Results** For *Cx. pipiens pallens*, *M. domestica*, *B. germanica*, SD rats, and ICR mice exposed to Baishajing spray agent, the 1 hour knock-down rates were all 100% (2400/2400, 2400/2400, 1800/1800, 120/120, and 120/120), and the 24 hour mortality (72 hour for *B. germanica*) were also 100% (2400/2400, 2400/2400, 1800/1800, 120/120, and 120/120). **Conclusion** Baishajing spray agent is capable of rapidly killing mosquitoes, flies, cockroaches, and rodents quickly, and it is worthy of study and promotion.

**Key words:** Baishajing spray agent; Insecticidal; Rodenticidal; Efficacy

蚊、蝇、蜚蠊、鼠等医学媒介生物不仅骚扰人类生活,还能通过多种方式传播多种疾病,如疟疾、霍乱、黄热病、西尼罗热、基孔肯亚热、鼠疫等。化学药剂如溴甲烷等是目前较为有效和经济的防治媒介生物的手段,可以迅速大规模地杀灭害虫<sup>[1-2]</sup>。但溴甲烷具有很强的毒性,而且对臭氧层具有破坏作用<sup>[3]</sup>,硫酰氟也是一种强效温室气体,1 kg 硫酰氟排放到大气中对全球变暖的效果是1 kg 二氧化碳的4800倍,不宜大量使用<sup>[4-5]</sup>。因此为了寻找高效、环保、快速、经济、安全并具有杀虫灭鼠作用的雾化剂来替代溴甲烷,我们研制出百杀净雾化剂并在港口集装箱内进行杀虫灭鼠效果研究,用以探索在国境口岸使用快速、低毒、高效杀虫

灭鼠药剂的可行性。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

1.1.1 药剂 试验用百杀净雾化剂,为课题组与江苏靖江康爱特化工制造有限公司联合研发的一种复配药剂,主要由拟除虫菊酯类药物与复合季铵盐进行复配,有效成分为复合季铵盐、胍类、四氟甲醚菊酯、增效剂、表面活性剂等,主要应用范围为杀虫、灭鼠和消毒。

1.1.2 实验动物 家蝇(*Musca domestica*)为羽化后第3~4天成虫,雌雄各半;德国小蠊(*Blattella germanica*)为10~15日龄成虫,雌雄各半;淡色库蚊(*Culex pipiens pallens*)为羽化后第3~5天未吸血雌蚊,均为江苏省疾病预防控制中心昆虫饲养室饲养的标准敏感品系。SD大鼠,180~200 g,健康成鼠,雌雄各半;ICR小鼠,18~22 g,健康成鼠,雌雄各半,均为浙江省

基金项目:国家质检总局科研基金(2013IK225)

作者简介:王童玉,男,硕士,主要从事病原生物学和分子免疫学研究。

Email: wty781228@163.com

通讯作者:杨庆贵, Email: yqg1995@126.com

实验动物中心提供。

1.1.3 测试工具 康爱特牌BASDKAT-2010型多功能超微粒雾化机(江苏靖江康爱特环境工程公司生产,功率1200 W交流电源),为了适应在集装箱内部操作,该雾化机专门设计了针插式喷头,利于插入集装箱的投药口进行投药。百杀净雾化剂经该机器雾化后粒径测试结果为D50 1.46 μm、D90 1.73 μm,不易沉降,可在空气中悬浮1 h以上。使用YP3001N电子天平对药剂进行称重。

#### 1.2 方法

1.2.1 测试条件 由南京龙潭港提供60个重集装箱(容积比约为75%),其中试验组48个,对照组12个;60个空集装箱,其中试验组48个,对照组12个。现场测试的集装箱1/2为容积33.20 m<sup>3</sup>(20英尺,长、宽、高分别为5.90 m、2.35 m、2.40 m),1/2为容积为67.60 m<sup>3</sup>(40英尺,长、宽、高分别为12.00 m、2.35 m、2.40 m);箱内温度21.3~38.0℃,相对湿度43.0%~57.5%。

1.2.2 试验方法 按照GB/T 13917.2-2009进行<sup>[6]</sup>,将供试的淡色库蚊、家蝇分别用挂笼(高25 cm,φ15 cm)装载,挂在容积为33.20 m<sup>3</sup>和67.60 m<sup>3</sup>标准集装箱距地面1.50 m、两相邻墙面0.50 m垂直相关的4个点及中央共计挂笼5个,每笼内分别放入蚊、蝇各20只;德国小蠊装于缸口内壁涂有凡士林的无色透明有机玻璃缸内,每缸15只,共5缸,布放于集装箱的四角及中央;SD大鼠和ICR小鼠装于鼠笼中,每笼装大小鼠各1只,共10只,置于地面四角及中央。按1.80 ml/m<sup>3</sup>,喷雾速率5 m<sup>3</sup>/min的喷雾量给予喷雾,施药剂量为3 g/m<sup>3</sup>,喷雾完毕后开始计时,保持集装箱大门紧闭。密闭1 h后检查击倒数,计算击倒率;并将试验动物移至清洁饲养笼,正常饲养,观察24 h(德国小蠊为72 h)致死数量,计算死亡率。重集装箱试验方法同上。

### 2 结果

2.1 百杀净雾化剂对重集装箱杀虫灭鼠效果 百杀净雾化剂在容积为33.20 m<sup>3</sup>和67.60 m<sup>3</sup>重集装箱喷雾1 h后试验动物(淡色库蚊、家蝇、德国小蠊、SD大鼠和ICR小鼠)击倒率均为100%,24 h(德国小蠊为72 h)死亡率均为100%(表1)。对照组死亡率为0。

2.2 百杀净雾化剂对空集装箱杀虫灭鼠效果 百杀净雾化剂在容积为33.20 m<sup>3</sup>和67.60 m<sup>3</sup>空集装箱喷雾1 h后试验动物(淡色库蚊、家蝇、德国小蠊、SD大鼠和ICR小鼠)击倒率均为100%,24 h(德国小蠊为72 h)死亡率均为100%(表2)。对照组死亡率为0。

### 3 讨论

目前我国口岸主要采用溴甲烷、硫酰氟等熏蒸剂

表1 百杀净雾化剂对容积为33.20 m<sup>3</sup>和67.60 m<sup>3</sup>重集装箱杀虫灭鼠效果

组别	种类	投放数(只)	1h击倒数(只)	1h击倒率(%)	死亡数(只)	死亡率(%)
容积33.20 m <sup>3</sup> 箱	淡色库蚊	2400	2400	100	2400	100
	家蝇	2400	2400	100	2400	100
	德国小蠊	1800	1800	100	1800	100
	SD大鼠	120	120	100	120	100
容积67.60 m <sup>3</sup> 箱	ICR小鼠	120	120	100	120	100
	淡色库蚊	2400	2400	100	2400	100
	家蝇	2400	2400	100	2400	100
	德国小蠊	1800	1800	100	1800	100
	SD大鼠	120	120	100	120	100
	ICR小鼠	120	120	100	120	100

表2 百杀净雾化剂对容积为33.20 m<sup>3</sup>和67.60 m<sup>3</sup>空集装箱杀虫灭鼠效果

组别	种类	投放数(只)	1h击倒数(只)	1h击倒率(%)	死亡数(只)	死亡率(%)
容积33.20 m <sup>3</sup> 箱	淡色库蚊	2400	2400	100	2400	100
	家蝇	2400	2400	100	2400	100
	德国小蠊	1800	1800	100	1800	100
	SD大鼠	120	120	100	120	100
容积67.60 m <sup>3</sup> 箱	ICR小鼠	120	120	100	120	100
	淡色库蚊	2400	2400	100	2400	100
	家蝇	2400	2400	100	2400	100
	德国小蠊	2400	2400	100	2400	100
	SD大鼠	120	120	100	120	100
	ICR小鼠	120	120	100	120	100

进行杀虫灭鼠,一般要密闭24 h以上<sup>[7]</sup>。溴甲烷对大气臭氧层造成破坏,属国际上逐渐淘汰甚至禁用的产品<sup>[8]</sup>;硫酰氟的碳排放量大,也是具有毒性的气体,长时间接触者可能出现嗅觉缺失或对中枢神经系统有亚临床性影响。对于心血管系统,在重度中毒的急性接触者中可出现心律失常和血压过低;可出现低氧血症、肝肾损伤、心室纤颤和弥漫性肺部浸润,甚至死亡<sup>[9-10]</sup>。针对现有杀虫剂、杀鼠剂等有害生物防治药剂的使用和安全特性,我们以毒性低、无残留、安全性高的复合季铵盐、胍类、菊酯类等为原料,经复配研制出一种百杀净雾化剂。该剂主要以复合季铵盐、胍类、四氟甲醚菊酯、增效剂、表面活性剂、雾化剂等按一定比例复配形成,由于不属于剧毒危险品,因此管理上更容易,使用更方便,而且拟除虫菊酯类药物成本便宜,与传统滞留喷洒和空间喷雾相比,通过超微粒雾化后药剂使用效率提高,节省药剂,适合国境口岸集装箱的杀虫灭鼠工作<sup>[11]</sup>。

现场测试结果表明,百杀净雾化剂对试虫、试鼠均达到较好的杀灭效果。在现场环境条件下,喷雾1 h内将试虫、试鼠全部击倒,24 h(德国小蠊为72 h)死亡率均达100%,表明该药剂具有较好的杀灭作用。由于部

(下转第173页)



·调查研究·

# 内蒙古长爪沙鼠鼠疫疫源地蚤类的某些特点

尉瑞平, 范蒙光, 李建云, 赵刚, 米景川, 张忠兵  
内蒙古地方病防治研究中心, 内蒙古 呼和浩特 010031

**摘要:**目的 总结分析2003—2012年内蒙古长爪沙鼠鼠疫疫源地内蚤类的监测结果,为分析该疫源地动物鼠疫流行特点及有效地开展鼠疫防治工作提供可靠的基础数据。方法 在内蒙古24个长爪沙鼠鼠疫疫源地内以旗(县)为单位开展监测,按不同生境分层进行抽样,将捕获的各种鼠类体外寄生蚤全部在低倍镜下进行不透明标本分类鉴定,用探蚤棒对长爪沙鼠洞干进行蚤类采集和鉴定,挖掘代表性的鼠巢收集蚤类;对获取的蚤类,按照《鼠疫自然疫源地及动物鼠疫流行判定标准》(GB 16883—1997和GB 16883—1997附录B),采用鼠疫细菌学培养方法进行检验。应用Excel 2003软件分别对蚤种类、数量及其感染鼠疫情况按不同年代进行统计,采用描述性流行病学方法进行分析。结果 2003—2012年在内蒙古长爪沙鼠鼠疫疫源地共获蚤类3总科5科14属37种(亚种)82 410匹,各年度获蚤种类波动在26~32种之间,各年度蚤数量波动在6375~9891匹之间,平均每年捕获8241匹。共从14种(亚种)930匹蚤类中检出鼠疫菌;各年度从蚤类中检出鼠疫菌的种类波动在0~9种之间;各年度检出鼠疫菌的蚤数量波动在0~278匹之间,平均每年为93匹。在该疫源地首次发现短距狭蚤。结论 由于近年来该疫源地生态环境受到自然和社会多方面因素的影响,导致该地区寄生蚤种类、数量及染疫情况也出现一些新的特点,作为传播鼠疫的媒介蚤类,今后应进一步对其加强监测和开展防控工作。

**关键词:**长爪沙鼠; 疫源地; 蚤类

中图分类号:R384.3; R254.8 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0170-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.023

## Some characteristics of flea populations in plague natural foci of *Meriones unguiculatus* in Inner Mongolia, China

YU Rui-ping, FAN Meng-guang, LI Jian-yun, ZHAO Gang, MI Jing-chuan, ZHANG Zhong-bing

Inner Mongolia Center of Endemic Disease Control and Research, Hohhot 010031, Inner Mongolia Municipality, China

**Abstract: Objective** To summarize and analyze the monitoring results of fleas in the plague natural foci of *Meriones unguiculatus* in Inner Mongolia, China from 2003 to 2012 and to provide reliable baseline data for analysis of the epidemic characteristics of enzootic plague in the natural foci and effective prevention and control of plague. **Methods** Surveillance was carried out in the 24 plague natural foci (banners or counties) of *M. unguiculatus* in Inner Mongolia, and stratified sampling was performed in different habitats. The opaque specimens of all ectoparasite fleas on captured rodents were classified under a low-magnification microscope. Fleas were collected from the burrow tracks of *M. unguiculatus* using sticks and then identified, and fleas were also collected from representative rodent holes. According to the criteria for determining plague natural foci and plague epizootics (GB 16883-1997 and GB 16883-1997 Appendix B), the fleas were tested by culture of plague bacteria. The species, number, and infection of fleas in different years were recorded using Excel 2003 and analyzed by descriptive epidemiology. **Results** From 2003 to 2012, a total of 82 410 fleas, which belonged to 37 species (subspecies), 14 genera, 5 families, and 3 superfamilies, were collected in the plague natural foci of *M. unguiculatus* in Inner Mongolia. The annual number of flea species fluctuated between 26 and 32, and the annual number of fleas fluctuated between 6375 and 9891 (mean 8241). Plague bacteria were isolated from 930 fleas, which belonged to 14 species (subspecies). The annual number of species of plague bacteria isolated from fleas fluctuated between 0 and 9 (mean 3.3). The annual number of fleas from which plague bacteria were isolated fluctuated between 0 and 278 (mean 93). *Stenoponia formozovi* was found for the first time in the foci. **Conclusion** Because the ecological environment of plague natural foci has been affected by natural and social factors in recent years, the number, species, and infection of fleas show some new characteristics. We should strengthen the monitoring and control of the fleas as a vector in the transmission of plague.

**Key words:** *Meriones unguiculatus*; Focus; Flea

内蒙古长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)鼠疫疫源地自1954年发现以来,对传播鼠疫的媒介蚤类进行了广泛和深入的研究,也有过专门的论述<sup>[1-3]</sup>。但近年的

作者简介:尉瑞平,男,主管医师,主要从事布鲁氏菌病、鼠疫流行病学及防治研究。Email: yrpm@sina.com

监测结果显示,长爪沙鼠鼠疫疫源地是内蒙古动物疫情最为活跃的地区<sup>[4]</sup>,由于该疫源地地区的生态环境受到自然和社会多方面因素的影响,导致该疫源地内宿主动物种类、分布和数量均发生了不同程度的变化,从而使其寄生蚤类的种类、数量及染疫情况也出现了一

些新的特点。笔者根据多年从事该疫源地鼠疫监测工作经历,收集整理了2003—2012年该疫源地的媒介蚤类监测资料,现总结分析如下。

### 1 材料与方法

1.1 资料来源 源自2003—2012年内蒙古10个年度的鼠疫监测总结和疫情分析报告。

1.2 监测地区 每年在长爪沙鼠鼠疫源地的24个疫源旗(县)开展监测工作,调查按不同生境分层抽样方法进行,具体抽样方法和数量:全国固定监测点苏尼特右旗、四子王旗、鄂托克前旗按照《全国鼠疫监测方案及实施细则》进行<sup>[4]</sup>,其余的21个旗(县)按照《内蒙古鼠疫监测工作方案》进行。

#### 1.3 媒介蚤类调查

1.3.1 鼠体蚤采集 对捕获的各种鼠单只装入鼠袋,将鼠袋投入密封箱内,用乙醚或三氯甲烷麻醉鼠体寄生物,置于白瓷盆内,用无钩眼科镊或软毛刷,将鼠体和鼠袋内跳蚤全部取下,将采集到的蚤类直接于低倍镜下进行不透明标本分类鉴定。

1.3.2 洞干蚤采集 用探蚤棒(胶皮管外包一薄层棉花,用细绳缠绕扎紧或缠以毛巾、绒布)伸入洞干,轻轻抖动探蚤棒以吸引和粘着跳蚤,然后抽出探蚤棒,检查和捡取粘着的跳蚤。每洞探3次,探蚤棒深入洞干>40 cm,在调查区内各种主要生境都要进行探洞收集蚤类,将采集到的蚤类直接于低倍镜下进行不透明标本分类鉴定。

1.3.3 巢穴蚤采集 挖掘鼠洞,获取窝巢,当挖到窝巢时,迅速将全部窝巢草和巢内浮土一起装入袋内,做好标记,用集蚤器、清水漂浮或将窝巢内容物逐次倒入白瓷盆捡蚤,将采集到的蚤类直接于低倍镜下进行不透明标本分类鉴定。

1.4 病原学检测 对采集的蚤全部分类后,均做细菌学检测进行鼠疫菌分离培养,培养方法和鼠疫菌株判定标准,按照《鼠疫自然疫源地及动物鼠疫流行判定标准》(GB 16883—1997和GB 16883—1997附录B)。

1.5 统计学分析 应用Excel 2003软件分别对媒介蚤类的种类、数量及染疫情况按不同年代分别进行统计分析。

### 2 结果

2.1 各年度媒介蚤种类和数量 2003—2012年在内蒙古长爪沙鼠鼠疫疫源地共获蚤类3总科5科14属37种(亚种)82 410匹。各年度获蚤种类波动在26~32种之间,获蚤数量波动在6375~9891匹之间,平均每年获蚤8241匹(表1)。

2.2 各年度媒介蚤类检测 2003—2012年在内蒙古长爪沙鼠鼠疫疫源地从14种(亚种)930匹蚤类中检出鼠疫菌。各年度从蚤类中检出鼠疫菌的种类波动在0~9种之间。各年度检出鼠疫菌的蚤数量波动在0~278匹之间,平均每年为93匹(表2)。

### 3 讨论

3.1 蚤类构成及年度分布特点 通过2003—2012年的调查,从表1可以看出,内蒙古长爪沙鼠鼠疫疫源地共获各种蚤类37种(亚种)82 410匹,所获蚤类按数量的构成比依次排列是:簇鬃客蚤(20.10%)>同型客蚤指名亚种(19.43%)>秃病蚤(田野亚种和蒙冀亚种)(18.08%)>方形黄鼠蚤蒙古亚种(16.17%)>二齿新蚤(6.96%)>近代新蚤东方亚种(4.24%)>光亮额蚤(指名亚种和等似亚种)(3.43%)>角尖眼蚤(指名亚种和长柄亚种)(2.84%)>迟钝中蚤指名亚种(1.70%)>阿巴盖新蚤(1.56%)>短附鬃眼蚤(1.43%),其他蚤种构成比均<1.00%。

从表1还可以看出,在近10年中,有簇鬃客蚤、同型客蚤指名亚种、秃病蚤(田野亚种和蒙冀亚种)、方形黄鼠蚤蒙古亚种、二齿新蚤、近代新蚤东方亚种、光亮额蚤(指名亚种和等似亚种)、角尖眼蚤(指名亚种和长柄亚种)、迟钝中蚤指名亚种、阿巴盖新蚤、短附鬃眼蚤、长突眼蚤、不常纤蚤、盔状新蚤、多齿细蚤、原双蚤田野亚种、弱纤蚤等共20种(亚种)蚤类每年均能获得,而且数量多,是该疫源地地区的广布种、常见种和优势种。

3.2 染疫蚤类检出情况 从表2可以看出,2003—2012年共从12种930匹蚤类中检出鼠疫菌,检出鼠疫菌的数量构成比依次排列是:秃病蚤(田野亚种和蒙冀亚种)(62.26%)>同型客蚤指名亚种(26.99%)>近代新蚤东方亚种(4.62%)>二齿新蚤(2.15%)>长突眼蚤(2.04%)>短附鬃眼蚤(0.43%)、吻短纤蚤指名亚种(0.43%)>方形黄鼠蚤蒙古亚种、盔状新蚤、阿巴盖新蚤、光亮额蚤(指名亚种和等似亚种)、长吻角头蚤(构成比均为0.22%)。从表2还可以看出,2003—2012年长爪沙鼠鼠疫疫源地有9个年度从媒介蚤中检出鼠疫菌,从而证实该疫源地的动物鼠疫流行处于活跃状态。

从表1、2综合看,10年间蚤类鼠疫菌的总检出率为1.13%(930/82 410),其中秃病蚤(田野亚种和蒙冀亚种)检出率为3.89%(579/14 898),同型客蚤指名亚种为1.57%(251/16 011),近代新蚤东方亚种为1.23%(43/3497),二齿新蚤为0.35%(20/5739),长突眼蚤为3.27%(19/581),短附鬃眼蚤为0.34%(4/1175),吻短

表 1 内蒙古 2003—2012 年长爪沙鼠鼠疫源地蚤的种类及数量(只)

蚤种	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	总计
秃病蚤 <sup>a</sup>	1630	1564	1778	1624	1682	966	1438	1862	1224	1130	14 898
方形黄鼠蚤蒙古亚种	884	1005	764	947	1388	1484	1275	1577	2040	1961	13 325
同型客蚤指名亚种	1184	1037	1169	3200	1362	1488	2015	1710	1907	939	16 011
簇鬃客蚤	645	1257	3372	1878	1335	825	2363	2390	1533	968	16 566
二齿新蚤	663	841	891	481	516	490	536	269	329	723	5 739
阿巴盖新蚤	97	64	57	87	167	110	231	161	143	169	1 286
近代新蚤东方亚种	1047	77	86	56	50	94	629	974	344	140	3 497
盔状新蚤	4	49	136	33	42	10	36	20	70	24	424
光亮额蚤 <sup>b</sup>	258	258	310	314	311	263	197	252	307	356	2 826
圆指额蚤	13	0	24	2	35	11	5	4	3	5	102
似升额蚤指名亚种	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
角尖眼蚤 <sup>c</sup>	83	76	367	534	141	312	226	180	130	289	2 338
短附鬃眼蚤	207	145	313	40	90	21	6	11	22	320	1 175
长突眼蚤	225	133	24	22	42	27	50	27	16	15	581
前凹眼蚤	5	22	0	1	21	0	51	0	0	11	111
原双蚤田野亚种	5	71	5	16	22	7	6	28	28	36	224
丛鬃双蚤指名亚种	1	3	16	7	5	42	17	15	7	0	113
五侧纤蚤指名亚种	0	0	1	0	1	0	1	2	2	6	13
宽圆纤蚤	17	7	1	2	0	0	0	0	0	2	29
不常纤蚤	87	113	30	22	92	41	48	86	16	23	558
弱纤蚤	32	40	19	1	20	1	11	14	1	5	144
吻短纤蚤指名亚种	15	26	2	0	0	14	22	15	13	1	108
吻长纤蚤	0	1	22	0	0	0	0	0	0	0	23
迟钝中蚤指名亚种	372	63	191	111	86	117	85	188	66	119	1 398
多齿细蚤	68	23	7	26	36	24	5	15	21	62	287
长吻角头蚤	2	38	16	86	0	5	45	79	9	24	304
修长栉眼蚤指名亚种	1	0	11	0	0	0	0	0	0	0	12
人蚤	25	0	44	0	0	14	0	0	0	0	83
叶状切唇蚤突高亚种	0	17	54	8	3	9	15	9	2	47	164
喉瘿怪蚤	4	0	0	0	0	0	0	0	25	0	29
长指怪蚤	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6
鼠兔倍蚤	0	0	15	0	1	0	0	0	0	0	16
短距狭蚤	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
不等单蚤	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15
合计	7574	6930	9731	9513	7448	6375	9315	9891	8258	7375	82 410

注: a. 秃病蚤包括田野亚种和蒙冀亚种; b. 光亮额蚤包括指名亚种和等似亚种; c. 角尖眼蚤包括指名亚种和长柄亚种。

表 2 内蒙古 2003—2012 年长爪沙鼠鼠疫源地病原学检测呈阳性的蚤种

蚤种	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	总计
秃病蚤 <sup>a</sup>	156	46	41	27	152	38	5	47	67	579
方形黄鼠蚤蒙古亚种	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
同型客蚤指名亚种	50	89	5	10	9	15	37	32	4	251
二齿新蚤	2	3	15	0	0	0	0	0	0	20
盔状新蚤	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
近代新蚤东方亚种	40	0	0	0	0	3	0	0	0	43
阿巴盖新蚤	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
光亮额蚤 <sup>b</sup>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
长突眼蚤	19	0	0	0	0	0	0	0	0	19
短附鬃眼蚤	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
吻短纤蚤指名亚种	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
长吻角头蚤	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
合计	278	140	62	38	161	56	44	79	72	930

注: a. 秃病蚤包括田野亚种和蒙冀亚种; b. 光亮额蚤包括指名亚种和等似亚种。2012 年未检出鼠疫菌, 故未列出。

纤蚤指名亚种为 3.70%(4/108), 方形黄鼠蚤蒙古亚种为 0.02%(2/13 325), 盔状新蚤为 0.47%(2/424), 阿巴盖新蚤为 0.16%(2/1286), 光亮额蚤(指名亚种和等似亚种)为 0.07%(2/2826), 长吻角头蚤为 0.66%(2/304)。

3.3 近 10 年长爪沙鼠鼠疫源地蚤类与以往文献报道的比较 通过对近 10 年媒介蚤类的监测结果分析, 笔者和既往该疫源地的蚤类研究<sup>[1-3]</sup> 比较后还发现 2 个不同点: 一是 2010 年在该疫源地的鄂托克旗采集到的短距狭蚤, 是首次在长爪沙鼠鼠疫源地发现该蚤种的存在; 二是簇鬃客蚤捕获的数量位居该疫源地的首位, 也较以往不同, 以前该疫源地数量居前三位的是: 秃病蚤(田野亚种和蒙冀亚种)、同型客蚤指名亚种、近代新蚤东方亚种。近年来簇鬃客蚤数量多的原因, 主要是由于在乌兰察布地区大沙鼠(*Rhombomys opimus*) 数量上升, 从而导致大沙鼠的主要寄生蚤簇鬃客蚤数量在该地区媒介蚤类中数量上升, 所占比例也升高。但簇鬃客蚤一直以来非长爪沙鼠鼠疫源地的主要寄生蚤, 既往的资料记载, 其染疫的情况也很少见。近 10 年来查明的数量虽有增加, 但从其体内未检出鼠疫菌, 该蚤的主要宿主大沙鼠也只在 2003 年检测到 1 只感染鼠疫<sup>[5]</sup>, 其余年份均未在大沙鼠体内查到鼠疫菌。

(上接第 169 页)

分空集装箱试验是在炎热的夏季进行, 集装箱因受太阳暴晒, 箱内温度高、湿度低, 导致空箱对照组内的淡色库蚊有部分死亡; 而在春秋季节进行试验时, 温度和湿度较为适宜, 未出现对照组试虫死亡现象。关于百杀净雾化剂灭鼠机制, 可能因为该雾化剂雾化粒径 < 2 μm, 可迅速经鼠肺泡进入血液, 作用于神经系统的拟除虫菊酯等有效成分发挥作用, 且雾化粒径极细, 也易引起鼠类窒息, 具体作用机制正在进一步验证中。

由于现场试验是在集装箱内进行, 试验条件相对稳定, 试虫、试鼠为标准敏感品系, 百杀净雾化剂在实际应用中的药效还受试虫、试鼠抗性及其物理、化学、生物和环境等众多因素的影响, 并且我国南北气候差异较大, 在极端条件下(高温、高湿、低温、干燥等)的杀虫效果还有待进一步验证。

经初步研究显示, 百杀净雾化剂对蚊、蝇、蜚蠊、鼠均具杀灭作用。在试验剂量下其杀灭率达 100%, 且该复配产品具有毒性低、使用量小、杀灭效果好等特点。经检索, 该产品配方属国内首创。可以预见, 该制剂及其应用研究将会产生良好的经济效益和社会效益。

参考文献

[1] 宋锋林, 曹鑫, 李建训, 等. 国境口岸医学媒介生物入侵的形势和

内蒙古长爪沙鼠鼠疫源地的监测工作, 涵盖了疫源地内所有 24 个旗(县)<sup>[6]</sup>, 按照国家和内蒙古自治区监测方案的要求, 每个旗(县)鼠疫疫源地内所有代表性生境均按分层抽样原则开展监测工作, 可以说, 近 10 年监测到蚤的种类、分布、数量和染疫情况等, 真实客观地反映了内蒙古长爪沙鼠鼠疫疫源地媒介蚤类的某些特点, 为我们分析该疫源地动物鼠疫流行和有效开展鼠疫防治工作提供了可靠的基础数据。

参考文献

- [1] 刘纪有, 张万荣. 内蒙古鼠疫[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1997: 103-117.
- [2] 刘俊, 石泉. 内蒙古蚤类[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2009: 67-83.
- [3] 刘俊, 王建军, 杨秀峰. 内蒙古蚤类的鼠疫流行病学意义[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(6): 576-578.
- [4] 范蒙光, 塔娜, 张志忠. 内蒙古 2000—2010 年动物鼠疫检验结果分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2012, 23(4): 349-351.
- [5] 卫生部卫生应急办, 中国疾病预防控制中心. 鼠疫防控应急手册[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009: 304-323.
- [6] 范蒙光, 李建云, 尉瑞平. 内蒙古长爪沙鼠鼠疫源地 2000—2012 年啮齿动物调查[J]. 中国地方病防治杂志, 2013, 28(4): 268-270.

收稿日期: 2013-10-23

管理策略[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2006, 29 增刊: 80-84.

- [2] 吕建华, 赵英杰, 鲁玉杰. 3 种植物精油对 4 种主要储粮害虫的生物活性研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(3): 325-328.
- [3] UNEP. 2002 report of the methyl bromide technical options committee[C]. Nairobi: UNEP, 2003: 1-3.
- [4] Papadimitriou VC, Portmann RW, Fahey DW, et al. Experimental and theoretical study of the atmospheric chemistry and global warming potential of SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> [J]. Phys Chem, 2008, 112: 12657-12666.
- [5] Hunt SR. New greenhouse gas discovered; sulfurlyl fluoride, 4800x worse than CO<sub>2</sub>[N]. TG Daily, 2009-03-12.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 13917.2-2009 农药登记用卫生杀虫剂室内药效试验及评价. 第 2 部分: 气雾剂[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [7] 陆永贵, 丁永健. 口岸卫生处理实用手册[M]. 南京: 东南大学出版社, 2010: 7-344.
- [8] 李勃, 张志荣, 谢建军, 等. 一种新型杀虫消毒剂的药效实验研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2011, 17(1): 42-44.
- [9] Cochran R, Dipaolo D. Exposure assessment document for pesticide products containing sulfurlyl fluoride [R]. California: California Environmental Protection Agency, 2006: 18-32.
- [10] IPCS. Pesticide residues in food-2005. Toxicological evaluations [M]. Geneva: WHO, IPCS, 2006: 454-516.
- [11] 邹钦. 消毒杀虫药械使用中存在的两大误区[J]. 中华卫生杀虫药械, 2006, 12(5): 360-361.

收稿日期: 2013-10-21

· 调查研究 ·

# 烟台市发热伴血小板减少综合征流行特征和危险因素分析

刘靖宇<sup>1</sup>, 秦玉君<sup>1</sup>, 何晓敏<sup>2</sup>, 姜梅<sup>1</sup>, 邢玉芳<sup>1</sup>, 丁淑军<sup>3</sup>, 王显军<sup>3</sup>

1 烟台市疾病预防控制中心传染病防制科, 山东烟台 264003; 2 滨州医学院; 3 山东省疾病预防控制中心

**摘要:** 目的 分析烟台市发热伴血小板减少综合征(SFTS)流行病学特征,并探讨该病的危险因素,为该市乃至全国 SFTS 防治工作提供依据。方法 对 2011 年全市 SFTS 病例进行统计分析,并选取 30 例病例以 1:3 比例开展病例对照研究,进行 SFTS 的危险因素调查,应用  $\chi^2$  检验进行分析。结果 2011 年烟台市 SFTS 发病以夏秋季为主,职业分布以农民为主;与病例 1:3 匹配研究的结果表明,病例组与对照组中犬类饲养方式差异有统计学意义,病例组山坡田地中进行作业的比例明显高于对照组,120 名调查对象中仅 7 名采取了一定形式的防护措施,职业、工作和生活所处环境以及与动物的接触等可能是该病的危险因素。结论 在 SFTS 病例诊断中,应将患者工作环境、职业及动物接触等作为参考依据,重点加强居民职业防护意识。

**关键词:** 发热伴血小板减少综合征; 危险因素; 病例对照研究

中图分类号: R384 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0174-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.024

## Epidemiological features and risk factors for severe fever with thrombocytopenia syndrome in Yantai, China

LIU Jing-yu<sup>1</sup>, QIN Yu-jun<sup>1</sup>, HE Xiao-min<sup>2</sup>, JIANG Mei<sup>1</sup>, XING Yu-fang<sup>1</sup>, DING Shu-jun<sup>3</sup>, WANG Xian-jun<sup>3</sup>

1 Yantai Center for Disease Control and Prevention, Yantai 264003, Shandong Province, China;

2 Binzhou Medical University; 3 Shandong Center for Disease Control and Prevention

Corresponding author: JIANG Mei, Email: ljj801@126.com

**Abstract: Objective** To analyze the epidemiological features and risk factors for severe fever with thrombocytopenia syndrome (SFTS) in Yantai, China and to provide a basis for the prevention and control of SFTS in Yantai and even the rest of China. **Methods** Analyzed the epidemiological features of SFTS and thirty SFTS cases and healthy controls ( $n=90$ ) were selected from Yantai for investigation of related factors, and statistical analysis was performed by chi-square test. **Results** A total of 30 SFTS cases were collected from Yantai during 2011, and the farmers were the main group. The dog feeding way showed significant difference between cases and controls; the proportion of individuals who worked in the hillside field was significantly higher in cases than in controls. Among the 120 respondents, only 7 took certain forms of protective measures. Occupation, working and living conditions, and contact with animals were possible risk factors for this disease. **Conclusion** The working environment, occupation, and contact with animals should be considered as a reference in the diagnosis of SFTS cases, and the residents' awareness of occupational protection should be strengthened.

**Key words:** Severe fever with thrombocytopenia syndrome; Risk factor; Case-control study

近年来,我国部分地区相继发现以发热伴血小板减少为主要表现的感染性疾病病例。发热伴血小板减少综合征病毒(SFTSV)引起的疾病多发于春夏季<sup>[1-2]</sup>,呈高度散发,人群普遍易感。目前初步认定此类发热伴血小板减少疾病与一种新型布尼亚病毒有关<sup>[3]</sup>。自 2006 年以来,在胶东丘陵地区也相继报告类似病例,且病例呈逐年增多趋势。为了解胶东丘陵地带发热伴血小板减少综合征(SFTS)的危险因素,2011 年 4—10 月开展了以 SFTS 确诊病例为基础的病例对照研究,

作者简介:刘靖宇,男,主管医师,从事传染病防控研究。

Email: ytfyzlbk@126.com

通讯作者:姜梅, Email: ljj801@126.com

分析其危险因素。现将结果报告如下。

### 1 材料与方法

#### 1.1 资料来源

1.1.1 疫情数据 2011 年烟台市 SFTS 疫情数据来自中国疾病预防控制中心信息系统。

1.1.2 病例组 按照《发热伴血小板减少综合征防治指南(2010 版)》的诊断标准,选择蓬莱市人民医院、莱州市人民医院 2011 年新发的实验室确诊 SFTS 病例。

1.1.3 对照组 选择与病例同性别、年龄相差  $\leq 5$  岁,且与病例在同一病区,血标本新型布尼亚病毒核酸检测阴性和/或 IgG、IgM 检测阴性的对象,按照与病例 1:3

进行匹配。共收集病例 30 例和对照 90 名。

1.2 方法 对烟台市 2011 年 SFTS 的流行特征进行统计描述,从中选取 30 例病例并匹配 90 例符合要求的对照,由经过培训的调查员采用统一的调查表对病例及健康对照者进行面对面询问调查,调查内容包括调查对象的基本情况;家养动物、鼠类等的接触及虫咬情况;工作及居住环境以及既往患病情况等。

1.3 统计学处理 所有数据统一编码后,采用 Epi Data 3.0 软件录入数据库。采用 SPSS 13.0 软件对要素进行单因素  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 2 结果

#### 2.1 2011 年烟台市 SFTS 流行病学特征分析

2.1.1 地区分布 2011 年全市共报告 81 例病例,分布在烟台市的 5 个市 33 个乡镇 70 个村,其中蓬莱、莱州市发病例数较高,分别为 41 例和 32 例,所有病例均呈明显散发状态,无明显聚集,与其他学者调查结果一致<sup>[4]</sup>。

2.1.2 季节分布 烟台市 2011 年 SFTS 的发病以夏秋季为主,81 例患者均发生在 4—10 月,其中发病例数最

多的为 7 月(24 例)(图 1)。

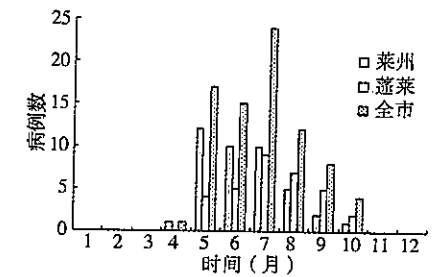


图 1 2011 年烟台市 SFTS 确诊病例逐月分布

2.1.3 人群分布 81 例患者中,男女性别比为 1.8:1。发病年龄最大 87 岁,最小 38 岁,55~69 岁居多,占 44.4%。职业分布以农民为主,占 91.4%(74/81)。

#### 2.2 病例对照分析

2.2.1 调查对象的动物暴露情况 调查结果显示,除犬类外,病例组和对照组对于家禽以及野生动物的饲养和接触上,差异无统计学意义。对动物饲养方式进一步统计分析结果显示,病例组中对犬类采取放养方式的比例明显高于对照组,且差异有统计学意义( $\chi^2=7.182, P=0.014$ )(表 1)。

表 1 调查对象暴露情况

动物	分类	暴露数		暴露百分比(%)		OR 值(95%CI)	$\chi^2$ 值	P 值
		病例组 (n=30)	对照组 (n=90)	病例组	对照组			
犬	饲养	15	42	50.0	46.7	1.143(0.500~2.613)	0.100	0.752
	接触	10	15	33.3	16.7	3.600(1.036~12.507)	4.300	0.038*
猫	饲养	5	5	16.7	5.6	3.400(0.911~12.694)	3.636	0.057
	接触	2	1	6.7	1.1	3.333(0.204~54.532)	0.749	0.545
牛	饲养	3	2	10.0	2.2	4.889(0.776~30.796)	3.409	0.099
	接触	2	1	6.7	1.1	0.667(0.300~1.484)	0.833	1.000
羊	饲养	5	25	16.7	27.8	1.800(0.552~5.867)	0.970	0.325
	接触	3	7	10.0	7.8	0.643(0.068~6.056)	0.150	1.000
猪	饲养	1	2	3.3	2.2	1.517(0.133~17.353)	0.110	1.000
	接触	0	1	0.0	1.1	1.500(0.674~3.333)	0.444	1.000
家禽	饲养	2	12	6.7	13.3	0.464(0.098~2.205)	0.970	0.325
	接触	1	2	3.3	2.2	5.500(0.235~128.868)	1.298	0.371
鼠	是否有鼠	13	30	43.3	33.3	0.147(0.017~1.274)	3.746	0.073
	捕鼠	1	11	3.3	11.1			
野生动物	见过	4	23	13.3	25.6	6.310(0.038~2.557)	1.309	0.448
	未见	26	67	86.7	74.4			

注: a. 与对照组比较,  $P < 0.05$ 。

2.2.2 与蜱及其他昆虫接触情况 由表 2 可见,对于蜱的暴露,其病例组和对照组差异均无统计学意义,且在其他昆虫叮咬方面差异亦无统计学意义。

2.2.3 工作及家庭环境情况 调查结果表明,病例组居住及工作环境杂草灌木较多,其在山坡田地中进行作业的比例明显高于对照组,且差异有统计学意义(表 3)。提示调查对象工作及居住环境情况对该病可能有一定影响。

2.2.4 防护措施 对 30 例患者及 90 名健康对照者调查显示,病例组均未采取任何形式的防护措施,对照组

中也仅有 7 人采取了一定形式的防护措施(扎紧裤管、扎紧袖口各 3 人,戴口罩 1 人)。表明调查对象对田间作业防护的重视程度不够。

### 3 讨论

随着近年来 SFTS 病例的不断增加,该病发生的危险因素越来越多地受到人们的重视,本次调查在 2011 年烟台市 SFTS 疫情分析的基础上,进一步通过病例对照研究探讨该病发生的可能危险因素。研究结果显

表2 调查对象接触情况

变量	分类	暴露数		暴露百分比(%)		OR值(95%CI)	$\chi^2$ 值	P值
		病例组 (n=30)	对照组 (n=90)	病例组	对照组			
是否接触蜱	是	17	38	56.7	42.2	1.789(0.777~4.122)	1.891	0.169
	否	13	52	43.3	57.8			
是否捕捉过蜱	是	2	7	6.7	7.8	0.847(0.166~4.317)	0.040	0.841
	否	28	83	93.3	92.2			
是否被蜱叮咬	是	2	2	6.7	2.2	3.143(0.423~23.353)	1.379	0.260
	否	28	88	93.3	97.8			
是否被其他昆虫叮咬	是	1	4	3.3	4.4	0.741(0.080~6.904)	0.070	1.000
	否	29	86	96.7	95.6			

表3 调查对象工作及家庭环境情况

变量	分类	暴露数*		暴露百分比(%)		OR值(95%CI)	$\chi^2$ 值	P值
		病例组	对照组	病例组	对照组			
是否田间作业	是	22	34	73.3	37.8	4.529(1.815~11.304)	11.429	0.001 <sup>b</sup>
	否	8	56	26.7	62.2			
工作区周围是否有杂草	是	18	27	69.2	45.8	2.667(1.003~7.089)	3.990	0.046
	否	8	32	30.8	50.2			
工作期间是否坐卧草地	是	15	18	57.7	30.5	3.106(1.195~8.073)	5.615	0.018 <sup>b</sup>
	否	11	41	42.3	69.5			
住宅周围是否有杂草	是	18	33	62.1	36.7	2.826(1.191~6.796)	5.779	0.016 <sup>b</sup>
	否	11	57	37.9	63.3			

注: a. 未计回答“不详者”; b. 与对照组比较,  $P < 0.05$ 。

示,该病的发生与职业、动物暴露以及工作环境等均有密切的关联,提示烟台市SFTS在高危人群监测、当地居民对该病自我防范意识等方面的工作亟待加强。

3.1 职业与SFTS 调查结果显示,农民是SFTS的高发人群,30例患者中93.3%为农民,与张文帅等<sup>[5]</sup>的研究结果基本一致,也符合《发热伴血小板减少综合征防治指南》(2010版)中的描述。从选择对象上看,居住地山区,农民生活条件较差,劳动者感染风险较高。

3.2 动物暴露与SFTS 此次调查主要针对犬、猫、牛、羊、猪、家禽、鼠、野生动物等进行了调查,结果显示仅在犬的饲养和接触上,相关系数相对较高,尤其是饲养方式上,相关系数为5.6。分析表明,放养犬接触人的机会相对较多,与是否接触过犬与该疾病的相关系数为3.6的结果基本一致,该结果显示,犬在该疾病的传播过程中起到一定作用,但对其具体的传播方式有待进一步分析。

3.3 蜱暴露与SFTS 目前该病的传播途径尚不确定。虽有蜱传播人和人间血液传播的研究结果<sup>[6-7]</sup>。但本次调查结果显示,在蜱暴露方面,病例组和对照组无明显差异,该结果不排除回忆偏倚。

3.4 工作环境与SFTS 目前该病的地理分布主要集中在河南、湖北、山东、安徽、辽宁、江苏等地的山区和丘陵地带的农村<sup>[8]</sup>。病例发病前其活动范围往往局限于居家(或工地)周围的劳作场所如田地、山坡树林、茶园等地<sup>[9]</sup>。本调查结果支持以上说法。调查结果显示,该病的发生与劳动者作业环境有着较为密切的联系,该作业环境条件相对较差,患者接触动植物机会较

多<sup>[10-11]</sup>。而且对劳动者的防护措施调查显示,在劳动期间采取一定防护措施的人较少,这也增加了农民接触该病毒的风险和概率,因此建议在病例诊断中将患者工作环境作为参考依据。

#### 参考文献

- [1] 康籍,唐晓燕,许汴利,等.河南省2007—2011年发热伴血小板减少综合征流行特征分析[J].中华预防医学杂志,2012,46(2):106-109.
- [2] Zhang YZ, Zhou DJ, Xiong YW, et al. Hemorrhagic fever caused by a novel tick-borne Bunyavirus in Huaiyangshan, China[J].中华流行病学杂志,2011,32(3):209-220.
- [3] 陶文元,陶欣.新型布尼亚病毒感染致发热伴血小板减少综合征8例报告[J].江苏大学学报:医学版,2011,21(1):91-92.
- [4] Yu XJ, Liang MF, Zhang SY, et al. Fever with thrombocytopenia associated with a novel Bunyavirus in China[J]. N Engl J Med, 2011. DOI: 10.1056/NEJMoa1010095.
- [5] 张文帅,曾晓燕,周明浩,等.江苏省发热伴血小板减少综合征布尼亚病毒血清流行病学调查[J].疾病监测,2011,26(9):676-678.
- [6] 李德新.发热伴血小板减少综合征布尼亚病毒概述[J].中华实验和临床病毒学杂志,2011,25(2):81-84.
- [7] 唐晓燕,崔宁,康籍,等.一起聚集性新布尼亚病毒感染病例的诊断与治疗分析[J].中华预防医学杂志,2012,46(2):110-113.
- [8] 中华人民共和国卫生部.发热伴血小板减少综合征防治指南(2010版)[EB/OL]. [2010-10-09]. <http://www.Moh.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/mo-hwsyjbg/s3578/201010/49266.htm>.
- [9] 刘力,官旭华,邢学森,等.2010年湖北省发热伴血小板减少综合征的流行病学分析[J].中华流行病学杂志,2012,33(2):168-172.
- [10] 彭大雷,黄利民,刘成武,等.农业劳动力规模和结构变化及其对粮食生产的影响:基于随州市银山坡村农户调查[J].安徽农业科学,2010,38(33):19192-19196.
- [11] 孙慧阳.农村留守家庭人口结构变化对农业生产的影响[J].湖南社会科学,2008(2):123-126.

收稿日期:2013-10-28

## ·调查研究·

# 福建省2012年肾综合征出血热疫情及宿主动物监测分析

陈阳,林代华,陈亮,林文,王加熊,韩腾伟,牛菁,李述杨,何似,邓艳琴  
福建省疾病预防控制中心自然疫源性疾病预防科,福建 福州 350001

**摘要:**目的 掌握福建省肾综合征出血热(HFRS)疫情动态,为防治工作提供科学依据。方法 对全省疫情报告进行统计分析;采用笼夜法捕鼠,计算鼠密度及鼠种构成,应用间接免疫荧光法对鼠肺进行汉坦病毒抗原检测及分型。结果 2012年福建省报告HFRS患者373例,发病率为1.0027/10万。疫情分布于61个县(市、区),但主要集中在南平、福州、泉州及宁德市。松溪县、周宁县、邵武市和郑和县发病率位居全省县(市、区)前列。啮齿动物监测显示:室内平均鼠密度为5.32%,褐家鼠为主要鼠种,携带汉城型病毒。混合型疫区野外平均鼠密度为3.62%,针毛鼠为主要鼠种。首次从将乐县褐家鼠和黄胸鼠以及武平县褐家鼠中检出汉坦病毒抗原。结论 福建省HFRS的主要宿主动物仍以褐家鼠为主。2012年福建省HFRS疫情有明显上升,松溪和周宁县HFRS发病率接近高发县水平,应切实做好灭鼠工作,对重点人群推广使用HFRS双价疫苗,减少发病,严防疾病暴发流行。

**关键词:** 肾综合征出血热; 宿主动物; 监测

中图分类号:R373.3\*2 文献标志码:A 文章编号:1003-4692(2014)02-0177-03

DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.025

## Epidemiological surveillance of hemorrhagic fever with renal syndrome and associated reservoir hosts during 2012 in Fujian province, China

CHEN Yang, LIN Dai-hua, CHEN Liang, LIN Wen, WANG Jia-xiong, HAN Teng-wei,  
NIU Jing, LI Shu-yang, HE Shi, DENG Yan-qin

Fujian Center for Disease Control and Prevention, Fuzhou 350001, Fujian Province, China

Corresponding author: DENG Yan-qin, Email: fjedcdyq@163.com

**Abstract:** **Objective** To elucidate the epidemiological characteristics of hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) and associated reservoir hosts in Fujian province, China and to provide a scientific basis for the prevention and control of this disease. **Methods** The data on the epidemic situation of HFRS in Fujian province were subjected to statistical analysis. Rodents were captured using cages at night, and the population density and species composition of captured rodents were determined. Hantavirus antigen was detected and identified from rodent lungs by indirect immunofluorescence assay. **Results** A total of 373 cases of HFRS were reported in Fujian in 2012, with an incidence of 1.0027/100 000. The cases distributed in 61 counties, county-level cities, or districts, particularly in cities of Nanping, Fuzhou, Quanzhou, and Ningde. The incidence of HFRS was the highest in counties of Songxi, Zhouning, Shaowu, and Zhenghe. The surveillance of rodent populations showed that the mean trap catch rate was 5.32% indoors. The Norway rat (*Rattus norvegicus*), the reservoir of Seoul virus, was the predominant species. In the mixed epidemic area, the mean trap catch rate of rodents was 3.62% in the field, and *R. fulvescens* was the predominant species. HFRS virus antigen was detected for the first time from *R. norvegicus* and *R. tanezumii* in county of Jiangle and *R. norvegicus* in county of Wuping. **Conclusion** *R. norvegicus* is still the main reservoir host of HFRS in Fujian. In 2012, the incidence of HFRS in Fujian increased significantly, especially in counties of Songxi county and Zhouning. Integrated rodent management should be implemented, and HFRS bivalent vaccine should be widely administered among the high-risk populations, so as to reduce the incidence and prevent the outbreak of HFRS.

**Key words:** Hemorrhagic fever with renal syndrome; Reservoir hosts; Surveillance

福建省肾综合征出血热(HFRS)疫区主要分布在东部及北部的山区,南部和西部病例较少<sup>[1-2]</sup>,但

近年疫情呈现上升趋势,个别老疫区HFRS疫情在得以控制之后又出现反弹,而原发病较少的一些南部地区发病数持续上升。为掌握福建省HFRS疫情动态,为防治工作提供科学依据,我们对福建省HFRS高发地区及新发地区开展了HFRS鼠间疫情监测及疫源地调查,现将监测结果报告如下。

作者简介:陈阳,女,主任技师,主要从事自然疫源性疾病预防工作。

Email: chenyangfjcdc@aliyun.com

通讯作者:邓艳琴, Email: fjedcdyq@163.com



1 材料与方 法

1.1 疫情资料 来源于国家疾病监测信息报告管理系统(按发病日期统计)。

1.2 患者血清 临床送检的疑似HFRS患者与部分不明原因发热患者血清。

1.3 监测点选择 在原有监测点的基础上,考虑近年HFRS疫情分布且兼顾代表性、连续性,确定福建省混合型疫区周宁县作为固定监测点外,还将松溪、将乐、长泰和武平县作为2012年监测点,并增加晋江和南安市为临时调查监测点。

1.4 鼠类标本 来源于各监测点HFRS疫区。应用笼夜法捕鼠,计算鼠密度、鼠种组成,解剖取鼠肺进行汉坦病毒抗原检测。

1.5 检测方法 以间接免疫荧光法(IFA)检测鼠肺汉坦病毒抗原、抗体,并应用HFRS特异性单克隆荧光抗体对阳性鼠肺进行病毒分型(第四军医大学提供)。

1.6 带病毒鼠指数计算

$$\text{带病毒鼠指数} = \sqrt{\text{鼠密度} \times \text{鼠带病毒率}}$$

1.7 统计学分析 采用Excel软件进行统计学分析。

2 结 果

2.1 HFRS 流行概况 2012年福建省报告HFRS病例373例,发病率为1.0027/10万,死亡4例,病死率为1.07%。

2.1.1 地区分布 HFRS发病率最高的是南平市为3.7358/10万,县(市、区)发病率位居前列的是松溪县、

周宁县、邵武市和郑和县,发病率分别为25.3648/10万、20.3434/10万、8.3380/10万和5.1999/10万。患者分布于61个县(市、区),发病数位居全省前列的是南平、福州、泉州及宁德市,共发病285例,占全省总发病数的76.41%;其中以松溪县、周宁县、邵武市、延平区、晋江市、石狮市、福清市、闽侯县发病数较多,在15~32例不等。HFRS病例极少的宁化县2012年发生9例。

2.1.2 时间分布 每月均有病例发生,除8—9月病例相对较少外,其余各月病例在27~44例不等。

2.1.3 人群分布 发病以男性青壮年农民为主。年龄以25~65岁居多,占88.74%(331/373);男女性别比为2.22:1,职业分布仍以农民为主,占46.11%(172/373),其次为家务及待业者占12.33%(46/373),另还有工人、商业服务者、干部职员、餐饮食品从业者、学生、民工及离退人员等,分布较为广泛。

2.2 啮齿动物调查

2.2.1 啮齿动物密度及种群构成 全省室内共布笼12 050个,捕鼠641只,平均鼠密度为5.32%,其中褐家鼠(*Rattus norvegicus*)362只,占总捕鼠数的56.47%,其次为黄胸鼠(*R. tanezumi*)占29.64%(表1)。在混合型疫区周宁县秋季野外共布笼300个,捕鼠5只,鼠密度为1.67%,鼠种为针毛鼠(*Niviventer fulvescens*)和北社鼠(*N. confucianus*);松溪县野外共布笼667个,捕鼠30只,鼠密度为4.50%,主要是针毛鼠,占该县总捕鼠数的73.33%(22/30),另还有黑线姬鼠(*Apodemus agrarius*)和黄毛鼠(*R. losea*)等。其他各监测点的鼠密度及鼠种构成详见表1。

表1 福建省2012年HFRS监测点室内鼠密度及种群构成

地点	季节	布笼数(个)	捕获数(只)	捕获率(%)	数量(只)及构成比(%)			
					褐家鼠	黄胸鼠	臭鼯鼠	小家鼠
周宁	春	600	39	6.50	27(69.23)	12(30.77)	0	0
周宁	秋	900	38	4.22	30(78.95)	8(21.05)	0	0
松溪	秋	1 238	66	5.33	63(95.45)	0	2(3.03)	1(1.52)
将乐	秋	369	39	10.57	30(76.92)	9(23.08)	0	0
武平	春	646	30	4.64	4(13.33)	26(86.67)	0	0
长泰	春	509	35	6.88	23(65.71)	7(20.00)	0	5(14.29)
晋江	春、初夏	2 838	185	6.52	89(48.11)	38(20.54)	58(31.35)	0
晋江	秋	800	53	6.63	25(47.17)	16(30.19)	12(22.64)	0
南安	春	1 298	49	3.78	25(51.02)	18(36.74)	4(8.16)	2(4.08)
南安	秋	1 199	51	4.25	24(47.06)	22(43.14)	3(5.88)	2(3.92)
永春	春	953	35	3.67	12(34.29)	23(65.71)	0	0
永春	秋	700	21	3.00	10(47.62)	11(52.38)	0	0
合计		12 050	641	5.32	362(56.47)	190(29.64)	79(12.33)	10(1.56)

2.2.2 鼠类携带汉坦病毒抗原、抗体检测 全省共检测鼠肺标本542份,其中室内鼠507份,检出汉坦病毒抗原24份,阳性率为4.73%,主要为褐家鼠。野外鼠肺标本35份,未检出汉坦病毒抗原。长泰县虽然未检出汉坦病毒抗原,但在35份鼠血清中检出HFRS抗体

3份,均为褐家鼠。各监测点室内鼠肺阳性率详见表2。

2.2.3 鼠肺病毒抗原型别的调查 应用HFRS特异性单克隆荧光抗体对阳性鼠肺进行分型检查。共检测阳性鼠肺24份,结果均为汉城型(SEO)病毒(II型病毒)。

2.3 临床送检标本 HFRS 抗体检测 2012年检测临

表2 福建省2012年室内鼠携带汉坦病毒情况

地点	褐家鼠	黄胸鼠	其他	鼠总带病毒率(%)
周宁	8.77(5/57)	0.00(0/20)	0.00	6.49(5/77)
松溪	7.94(5/63)	0.00	0.00(0/3)	7.58(5/66)
将乐	3.33(1/30)	33.33(3/9)	0.00	10.26(4/39)
武平	25.00(1/4)	0.00(0/26)	0.00	3.33(1/30)
长泰	0.00(0/23)	0.00(0/7)	0.00(0/5)	0.00(0/35)
晋江	3.16(3/95)	4.65(2/43)	0.00(0/0)	3.62(5/138)
南安	8.57(3/35)	0.00(0/31)	0.00(0/0)	4.55(3/66)
永春	4.55(1/22)	0.00(0/34)	0.00(0/0)	1.79(1/56)
合计	5.78(19/329)	2.94(5/170)	0.00(0/8)	4.73(24/507)

注:括号内数据为阳性份数/检查份数。

床送检疑似HFRS患者及不明原因发热患者血清标本1355份,检出阳性140份,阳性率为10.33%。送检患者血清标本以临床发热待查阳性检出率最高占52.14%,其次是以急性肾衰等肾损害为临床表现的占25.00%,拟诊为HFRS及临床表现为胃肠道症状的各占19.29%,亦有从临床诊断为肝炎、肺部感染等患者血清中检出阳性。以1—6月及10—12月检出阳性较多,为117份,占总阳性数的83.57%。

3 讨 论

2012年福建省HFRS疫情是近年来最为严重的一年,与2011年比较发病数与死亡数均有较大幅度的上升,发病数较2011年上升了44.02%<sup>[3]</sup>。除平潭综合实验区外,其他9个市均有病例发生,疫情较严重的还是老疫区南平、宁德市,尤其是松溪和周宁县,发病率高达25.3648/10万和20.3434/10万,接近高发县水平(30/10万)<sup>[4]</sup>,而邵武市和郑和县发病率也超过中发县水平(5/10万)<sup>[4]</sup>,分别为8.3380/10万和5.1999/10万。泉州市近2年HFRS发病数均处于较高水平,病例主要集中在石狮和晋江市。宁化县是福建省HFRS病例极少的地区,2012年报告9例。因此加强福建省HFRS防治工作刻不容缓。

我国是HFRS流行的主要地区,在我国近年虽有报道某些地区发现普马拉型(PUU)等汉坦病毒,但仍以汉滩型(HTN)病毒(I型病毒)和SEO病毒为主要流行型<sup>[5-6]</sup>。2012年宿主动物监测结果显示,褐家鼠为福建省室内优势种,携带SEO病毒,因此HFRS主要宿主动物及传染源仍以褐家鼠为主。松溪和周宁县均是HFRS混合型老疫区,近年发病数一直位居全省县(市、区)前列。松溪县近6年发病率平均>5.00/10万<sup>[3,7-10]</sup>,2011年监测显示褐家鼠密度及带病毒率均很高,褐家鼠的带病毒指数达0.149,并在黑线姬鼠中检出HFRS I型病毒<sup>[3]</sup>,2012年监测褐家鼠的带病毒指数虽未超过0.1,但发病率仍居全省县(市、区)首位。

2012年首次从将乐县褐家鼠和黄胸鼠以及武平县褐家鼠中检出汉坦病毒抗原。将乐县为福建省HFRS发病较少的地区,近年不断有散发病例出现,该地区未进行过HFRS宿主动物监测,2012年监测结果显示鼠带病毒指数达0.104,应密切关注疫情发展动态,及时采取防治措施,以防疫情进一步扩散。

临床送检的患者以1—6月及10—12月检出汉坦病毒抗体阳性为多,这符合福建省HFRS的双峰型流行特征。检出总阳性率仅为10.33%,其中以临床发热待查阳性检出率最高占52.14%,而拟诊为HFRS的较少,可能与各级医务人员对HFRS的重视以及一些临床表现不典型、疑似诊断不明确有关,另外临床诊断水平有限可能也是原因之一。由于HFRS临床症状错综复杂,表现多样化,早期难以诊断,尤其是在一些病例较少的家鼠型疫区,患者临床症状较轻、不典型,易与其他一些急性发热性疾病相混淆,因此必须加强医疗卫生人员的培训,提高临床诊断水平,积极开展实验室血清学诊断,以防误诊、漏诊。

近年福建省HFRS疫情呈现持续上升趋势,个别老疫区HFRS疫情在得以控制之后又出现反弹,而原发病较少的一些南部地区发病数持续上升,病例极少的闽西龙岩市亦出现散发病例。因此应进一步加强HFRS防控工作,采取以灭鼠防鼠、接种疫苗为主的综合性措施,对于发病率高、病例数较多的老疫区及近年疫情上升较快的县(市、区)要加强HFRS人间疫情和主要宿主动物监测,提高监测水平,指导防控工作,从而达到减少发病数,降低死亡率的目的。

参考文献

- [1] 李世清,陈润,何似,等.福建省肾综合征出血热监测研究[M]//陈化新.肾综合征出血热监测及疫苗应用研究.香港:香港医药出版社,2001:264-271.
- [2] 李宏,洪荣涛,黄文龙,等.2004—2007年福建省流行性出血热流行特征分析[J].中国人兽共患病学报,2009,25(1):59-62.
- [3] 陈阳,何似,林文,等.福建省2011年肾综合征出血热流行病学调查分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2013,24(4):361-363.
- [4] 宋干,汪诚信,姜克俭,等.流行性出血热防治手册[M].北京:人民卫生出版社,1987:104.
- [5] 刘刚,李川,唐光伟,等.在中国发现普马拉型汉坦病毒[J].中华实验和临床病毒学杂志,2002,17(1):55-57.
- [6] 张海林,张智智.中国汉坦病毒基因型及分布[J].中国媒介生物学及控制杂志,2011,25(5):417-420.
- [7] 陈阳,何似,李世清,等.2006年福建省肾综合征出血热疫情及监测结果分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2008,19(1):68-69.
- [8] 陈阳,何似,李世清,等.福建省不同疫区肾综合征出血热宿主动物监测及病毒分离[J].中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(4):352-354.
- [9] 何似,陈阳,王灵岚,等.福建省肾综合征出血热疫情及宿主动物监测分析[J].海峡预防医学杂志,2011,17(2):8-10.
- [10] 何似,陈阳,林文,等.福建省2010年肾综合征出血热监测结果分析[J].海峡预防医学杂志,2012,18(3):26-27.

收稿日期:2013-10-21

· 调查研究 ·

# 深圳市 2012 年病媒生物调查与分析

林良强, 张韶华, 梁焯南, 李剑锋

深圳市疾病预防控制中心消毒与病媒生物防制科, 广东 深圳 518055

**摘要:** 目的 了解深圳市病媒生物的种类及其季节消长规律, 为控制病媒生物的危害提供科学依据。方法 按照《全国病媒生物监测方案(试行)》设置监测点, 分别采用鼠笼法、诱蚊灯法、笼诱法、粘捕法调查鼠、蚊、蝇、蜚蠊的种类和密度。结果 鼠类平均密度为 3.21%, 较 2011 年平均密度上升了 154.76%, 鼠总蚤指数为 0.85, 较 2011 年鼠总蚤指数下降了 24.00%, 优势鼠种为褐家鼠, 占捕获总数的 86.64%; 蚊类平均密度为 11.52 只/灯, 较 2011 年平均密度下降了 30.77%, 优势蚊种为致倦库蚊, 占捕获总数的 97.61%; 蝇类平均密度为 11.06 只/笼, 较 2011 年平均密度上升了 244.55%, 优势蝇种为大头金蝇, 占捕获总数的 46.47%; 蜚蠊平均密度为 1.09 只/盒, 较 2011 年平均密度上升了 4.81%, 侵害率为 14.41%, 优势种为德国小蠊, 占捕获总数的 96.02%。蚊、蝇、蜚蠊、鼠密度高峰值分别为 4、5、9 和 8 月, 鼠类密度全年捕获率均 >1%。结论 摸清了深圳市病媒生物的基本情况, 为该地区制定科学合理的病媒生物防制方案积累了基础数据。

**关键词:** 病媒生物; 种类; 季节消长

中图分类号: R384 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0180-03

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.026

## Survey and analysis of disease vectors in 2012 in Shenzhen, China

LIN Liang-qiang, ZHANG Shao-hua, LIANG Zhuo-nan, LI Jian-feng

Shenzhen Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen 518055, Guangdong Province, China

**Abstract: Objective** To investigate the species of vectors and their seasonal fluctuation in Shenzhen, China and to provide a scientific basis for controlling the vectors in Shenzhen. **Methods** Surveillance sites were set according to the "National Plan for the Surveillance of Biological Vector (Trial)". The squirrel-cage method, mosquito lamp method, cage trap method, and sticky trap method were used to determine the species and population densities of rodents, mosquitoes, flies, and cockroaches. **Results** The average rodent population density was 3.21%, and increase of 154.76% as compared with the value in 2011; the total flea index was 0.85, a decrease of 24.00% as compared with the value in 2011; As the dominant species, *Rattus norvegicus* accounted for 86.64% of all captured rodents. The average mosquito population density was 11.52 mosquitoes/lamp, decreasing by 30.77% as compared with the value in 2011; As the dominant species, *Culex pipiens quinquefasciatus* accounted for 97.61% of all captured mosquitoes. The average fly population density was 11.06 flies/cage, increasing by 244.55% as compared with the value in 2011; As the dominant species, *Chrysomya megacephala* accounted for 46.47% of all captured flies. The average cockroach population density was 1.09 cockroaches/box, increasing by 4.81% as compared with the value in 2011, and the infestation rate was 14.41%; As the dominant species, *Blattella germanica* accounted for 96.02% of all captured cockroaches. The population density peaks of mosquitoes, flies, cockroaches, and rodents appeared in April, May, September, and August, respectively. The rodent capture rate was above 1% in each month throughout the year. **Conclusion** The general information on common disease vectors in Shenzhen has been gathered, which provides baseline data for the development of effective vector control strategies.

**Key words:** Vector; Species; Seasonal fluctuation

深圳市是中国南部海滨城市, 位于北回归线之南, 属亚热带海洋性气候, 气候温和, 雨量充沛, 日照时间长。夏无酷暑, 时间长达 6 个月。春、秋、冬三季气候温暖, 无寒冷之忧。年平均气温为 22.3℃, 年平均日照 2060 h, 无霜期为 355 d。每年 5—9 月为雨季, 年平均降雨量为 1924.7 mm。为了解深圳市鼠、蚊、蝇、蜚蠊

作者简介: 林良强, 男, 助理研究员, 主要从事消毒与病媒生物防制工作。Email: 389202150@qq.com

的种类及其季节消长规律, 有效地预防和控制病媒生物性传染病的发生和流行, 现将 2012 年深圳市病媒生物监测结果报告如下。

### 1 材料与方法

**1.1 调查对象** 调查深圳市区域内的蚊、蝇、鼠、蜚蠊, 根据病媒生物的生活习性、活动特点及其与居民生活密切相关的活动环境, 选择合适的调查场所。

### 1.2 调查方法

**1.2.1 蚊类监测** 采用灯诱法, 工具为诱蚊灯, 每月监测 2 次, 每次室外挂灯 1 个晚上, 调查居民区 3 处及公园、医院、机关单位各 1 处。

**1.2.2 蝇类监测** 采用笼诱法, 每月监测 1 次, 工具为天幕式捕蝇笼, 诱饵为隔夜鱼肠, 每次放置 8 h, 在农贸市场、绿化带、居民区各选 2 个点, 在餐饮外环境选 4 个点, 每个点室外放捕蝇笼 1 个。

**1.2.3 蜚蠊监测** 采用粘纸法, 工具为粘蟑纸, 甜鲜面包为诱饵(2 g/片), 每处布放 20 张粘蟑纸, 每月监测 1 次, 调查农贸市场、宾馆、餐饮店、医院和居民区 5 种室内环境。

**1.2.4 鼠类监测** 采用捕鼠笼监测法, 工具为中号鼠笼, 诱饵为蕃薯, 每月监测 1 次, 晚放晨收, 调查居民区、特殊行业(饭店等食品行业)和旧屋村, 每处布放鼠笼 60 个。

## 2 结果

**2.1 蚊种构成比及其密度** 2012 年度共布放诱蚊灯 422 个, 捕获蚊类 4861 只, 蚊密度为 11.52 只/灯, 较 2011 年蚊类平均密度(16.64 只/灯)下降了 30.77%, 捕获蚊种主要为致倦库蚊(*Culex pipiens quinquefasciatus*)和白纹伊蚊(*Aedes albopictus*), 致倦库蚊为优势蚊种, 占捕获总数的 97.61%。不同环境蚊密度有所不同, 以公园密度最高, 为 14.19 只/灯, 由高到低依次为居民区、医院, 3—6 月蚊虫密度较高, 4 月出现最高峰(30.92 只/灯), 次高峰在 5 月(29.87 只/灯), 1 月最低为 2.02 只/灯(表 1、图 1)。

表 1 深圳市 2012 年不同环境蚊密度

环境类型	布灯数(个)	捕蚊数(只)	蚊密度(只/灯)
居民区	220	2759	12.54
公园	88	1249	14.19
医院	84	817	9.73
其他	30	36	1.20
合计	422	4861	11.52

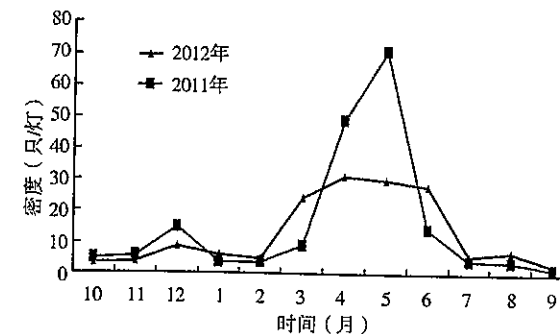


图 1 深圳市 2011—2012 年成蚊密度季节消长

**2.2 蝇种构成比及其密度** 2012 年共布放捕蝇笼 165 笼次, 捕获蝇类 1825 只, 蝇密度为 11.06 只/笼, 较 2011 年蝇类平均密度(3.21 只/笼)上升了 244.55%。大头金蝇(*Chrysomya megacephala*)为优势蝇种, 占捕获总数的 46.47%; 其次为铜绿蝇(*Lucilia cuprina*, 25.59%)及家蝇(*Musca domestica*, 14.58%)。各种场所的蝇密度均控制在标准范围内, 按照生境排序, 捕蝇数量餐饮外环境 > 农贸市场 > 居民区 > 绿化带(表 2)。蝇密度于每年 3 月随气温及湿度的升高开始增长, 至 5 月达到密度最高值, 9 月开始下降。

表 2 深圳市 2012 年不同环境蝇密度

环境类型	布笼数(个)	捕蝇数(只)	蝇密度(只/笼)
农贸市场	41	466	11.37
餐饮外环境	59	654	11.08
绿化带	37	290	7.84
居民区	28	415	14.82
合计	165	1825	11.06

**2.3 蜚蠊种类构成比及其密度和侵害率** 2012 年共捕获蜚蠊 2712 只, 蜚蠊平均密度为 1.09 只/盒, 较 2011 年蜚蠊平均密度(1.04 只/盒)上升了 4.81%, 侵害率为 14.41%(表 3)。其中德国小蠊(*Blattella germanica*)占捕获总数的 96.02%, 美洲大蠊(*Periplaneta americana*)占 3.83%, 德国小蠊为绝对优势种。蜚蠊密度和侵害率均以农贸市场最高, 高峰期在 9 月。

表 3 深圳市 2012 年不同环境蜚蠊密度

环境类型	回收蟑螂屋(盒)	阳性蟑螂屋(盒)	捕获只数	密度(只/盒)	侵害率(%)
农贸市场	522	117	973	1.86	22.41
餐饮外环境	696	93	808	1.16	13.36
宾馆	363	40	190	0.52	11.02
医院	448	32	125	0.28	7.14
居民区	448	75	616	1.38	16.74
合计	2477	357	2712	1.09	14.41

**2.4 鼠种构成比及其季节消长** 2012 年共捕鼠 217 只, 其中褐家鼠(*Rattus norvegicus*) 188 只, 黄胸鼠(*Rattus tanezumi*) 15 只, 小家鼠(*Mus musculus*) 13 只, 其他鼠种 1 只, 褐家鼠为优势鼠种, 占捕获总数的 86.64%。在 3 种不同环境均以褐家鼠所占比例最高; 2012 年鼠密度平均为 3.21%(表 4), 较 2011 年鼠类平均密度(1.26%)上升了 154.76%, 鼠总蚤指数为 0.85, 较 2011 年鼠总蚤指数(1.09)下降了 24.00%。鼠密度季节消长呈三峰曲线, 8 月出现最高峰(5.99%), 次高峰在 6 月(4.78%), 1 月最低为 1.15%。全年鼠类捕获

表 4 深圳市 2012 年不同环境鼠类分布

环境类型	有效笼数	捕鼠只数	鼠密度 (%)	褐家鼠		黄胸鼠		小家鼠	
				捕鼠只数	构成比 (%)	捕鼠只数	构成比 (%)	捕鼠只数	构成比 (%)
居民区	2701	73	2.70	67	91.78	5	6.85	1	1.37
重点行业	1542	61	3.96	55	90.16	4	6.56	2	3.28
自然村	2525	82	3.29	66	79.52	6	7.23	10	12.05
合计	6768	216	3.21	188	86.64	15	6.91	13	5.99

率均 > 1%。

### 3 讨论

从 2012 年蚊类密度监测结果看,深圳市蚊类重点发生季节在 3—10 月,4 月出现高峰值(30.92 只/灯),其原因,可能是该月份深圳市雨水较多,导致蚊虫产卵等活动较为频繁所致。从蚊虫构成比来看,深圳市主要蚊种有致倦库蚊、白纹伊蚊、东乡伊蚊(*Aedes togoi*)和三带喙库蚊(*Culex tritaeniorhynchus*)等,这对于流行性乙型脑炎、登革热等蚊传疾病的传播有着潜在风险<sup>[1-2]</sup>。尤其是龙岗区,该区蚊虫监测密度远高于深圳市平均密度,需进一步加强监测与杀虫。另外在监测中发现,在深圳市西北部及东部,尤其是光明、坪山新区别有一定数量的中华按蚊(*Anopheles sinensis*),在这些区域也存在疟疾传播的风险,需引起重视<sup>[3]</sup>。

从蝇类监测结果看,居民区及农贸市场的蝇类密度较高,高峰值发生在 4—8 月,以大头金蝇、铜绿蝇等居多,占 72.06%。结合深圳市目前情况,首先是要提高居民的防蝇、灭蝇意识,及时清理孳生环境,设置防蝇设施;其次是防止农贸市场常用卫生杀虫剂产生抗药性,应更换或交替使用<sup>[4]</sup>。

目前德国小蠊是深圳市室内蜚蠊的优势种,在全市侵害范围广泛,农贸市场、餐饮外环境、居民区、宾馆等侵害率均 > 10%,其中农贸市场侵害率高达 22.41%。蜚蠊的综合治理应以其生态学为基础,针对种群及分布特点,应各有侧重,防治工作应以控制德国小蠊成虫为主,以进一步降低城市蜚蠊的侵害率。

通过鼠类监测发现,深圳市主要鼠型动物为褐家鼠、黄胸鼠,其中以褐家鼠为优势鼠种。该鼠为肾综合征出血热(HFRS)的带病毒鼠种,深圳市每年都有 HFRS 病例报告<sup>[2]</sup>,另外,鼠密度平均高达 3.21%,未能达到《全国流行性出血热防治方案》预防性灭鼠要求(鼠密度野外应 < 5%,居民区 < 3%),因此,应进一步加强爱国卫生运动宣传,并在鼠类活动频繁季节继续深入开展大面积灭鼠活动<sup>[5]</sup>。

综上所述,深圳市病媒生物控制工作有一定成效,但有些病媒生物的密度还处在较高水平,因此对这几类病媒生物的控制工作仍不能松懈。同时病媒生物的控制要与其季节消长结合起来,高峰期前的控制很重要,尤其是越冬期的高密度要特别引起警惕<sup>[6]</sup>。

### 参考文献

[1] 张韶华,马汉武,贾凤龙.深圳媒介生物及其防制[M].广州:中山大学出版社,2012:1-11.  
 [2] 程锦泉,张丹.社区公共卫生医师工作指南[M].北京:人民卫生出版社,2012:480-500.  
 [3] 张韶华,冯南贵,梁焯南,等.深圳市蚊类种群调查[J].中国媒介生物学及控制杂志,2000,11(4):300,312.  
 [4] 武峥嵘,王韶华,徐友祥.上海市嘉定区病媒生物监测结果分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2012,23(4):334-336.  
 [5] 张韶华,贾凤龙.中国主要媒介昆虫的入侵与扩散问题探讨[J].中国媒介生物学及控制杂志,2012,23(4):374-376.  
 [6] 陈强,施红喜,何晓庆.2005—2007 年金华市城区主要病媒生物密度监测结果分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(3):260-262.

收稿日期:2013-11-26

### ·调查研究·

## 金华地区鼠形动物及其体外寄生蜱调查

郑寿贵,叶晓东,郑海鸥,黄礼兰,汪松波  
 金华市金东区疾病预防控制中心,浙江金华 321000

关键词:鼠类;蜱

中图分类号:S443;R384.4 文献标志码:B 文章编号:1003-4692(2014)02-0183-01  
 DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.027

### Survey of rodents and their ectoparasitic ticks in Jinhua, China

ZHENG Shou-gui, YE Xiao-dong, ZHENG Hai-ou, HUANG Li-lan, WANG Song-bo  
 Jindong Center for Disease Control and Prevention, Jinhua 321000, Zhejiang Province, China

为了解浙江省金华地区野外鼠形动物种类、数量和季节消长,明确其体外寄生蜱情况,探讨其与新发蜱媒传染病的关系,笔者于 2006—2008 年对该地区野外鼠形动物进行了调查,现将结果报告如下。

### 1 材料与方法

- 1.1 材料 中型钢板夹,购自江西省贵溪捕鼠器械厂;鼠袋:自制;乙醚、乙醇为市售。  
 1.2 样点选择 依据当地生境特点,选择距离村庄 10 km 以上的山地、丘陵为采集样点,采集样点 ≥ 1 hm<sup>2</sup>。  
 1.3 采集方法 2006—2008 年每月中旬监测 1 次,以夹夜法进行。在监测样点按“之”字形线路,每隔 10 m 布放 1 夹。晚放晨收,捕获鼠形动物连同鼠夹一并放入鼠袋并扎紧袋口,带回实验室。每个监测点选取 3 个样点同时进行平行监测。  
 1.4 鼠形动物鉴定与体外寄生蜱采集 将捕获鼠形动物连同鼠袋置于密闭容器内放入乙醚麻醉 20 min 后取出,参照《中国啮齿类》<sup>[1]</sup>、《浙江动物志·兽类》<sup>[2]</sup>进行分类鉴定。然后仔细检查获寄生蜱放入乙醇中以备鉴定和病原体检测。

### 2 结果

- 2.1 鼠形动物监测 金华地区连续 3 年监测共发现鼠形动物 8 种 547 只,包括大仓鼠、黑腹绒鼠、黑线姬鼠、黄毛鼠、褐家鼠、针毛鼠、北社鼠以及食虫目臭鼯鼠。北社鼠、黑线姬鼠、黑腹绒鼠为优势种,占捕获总数的 94.52%(517/547)(表 1)。在不同季节分布中,7—9 月黑线姬鼠和黄毛鼠的种群数量变动明显,与其他季节存在明显差异。  
 2.2 鼠形动物体外寄生蜱类 8 种鼠形动物中,针毛鼠、褐家鼠、北社鼠染蜱率较高,分别为 66.67%、33.33%和 23.76%(表 1)。参照《中国经济昆虫志》<sup>[3]</sup>进行分类鉴定,鼠形动物体外寄生蜱主要有中华硬蜱、长角血蜱和镰形扇头蜱。其中以中华硬蜱数量最多,占总采集数的 80.40%,其次为长角血蜱占 17.80%;在中华硬蜱中,若蜱所占比例最高,占中华硬蜱总数的 84.40%,成蜱和幼蜱数量较少。

作者简介:郑寿贵,男,主任医师,主要从事疾病预防控制研究。

Email: 123zsg@sohu.com

表 1 金华地区野外鼠形动物带蜱情况

鼠形动物	数量(只)	带蜱率(%)	染蜱指数
北社鼠	303	23.76	0.55
黑线姬鼠	129	10.85	0.33
黑腹绒鼠	85	2.35	0.04
臭鼯鼠	13	0.00	0.00
褐家鼠	6	33.33	0.83
黄毛鼠	5	20.00	1.00
大仓鼠	3	0.00	0.00
针毛鼠	3	66.67	4.67

### 3 讨论

本次调查发现,金华地区黑线姬鼠和黄毛鼠在 7—9 月鼠种组成上,与其他季节存在明显不同,表明此阶段这些鼠种的新生个体补充入该种群,这些新生个体相对较低的免疫力为自然疫源性疾病的传播提供了基础。因此,该阶段这些鼠种携带病原体 and 寄生媒介蜱的情况,可为预测蜱媒疾病的发生和传播提供指征性作用。对此,还有待进一步通过传播动力学证实。

监测结果表明,金华地区常见蜱类有 6 属 14 种,分别为长角血蜱、铃头血蜱、台岛血蜱、钝刺血蜱、豪猪血蜱、越原血蜱、龟形花蜱、爪哇花蜱、帕氏花蜱、中华硬蜱、粒形硬蜱、斯坦因革蜱、镰形扇头蜱、微小牛蜱,优势蜱种为中华硬蜱,主要为若蜱,与游离蜱的调查结果一致,但未表现出明显的季节特征;而其他蜱的幼蜱和若蜱数量较少,可能与这些蜱类的寄主范围不同有关。从季节消长情况看,中华硬蜱一年内有 2 个高峰期,分别为 2—4 月和 10—12 月。开展本地蜱种的寄主范围调查,对不同蜱种的寄生生态位宽度进行度量,可阐明不同鼠种在自然疫源性疾病传播中所发挥的作用与地位。

### 参考文献

[1] 黄文儿.中国啮齿类[M].上海:复旦大学出版社,1995:308.  
 [2] 诸葛阳.浙江动物志·兽类[M].杭州:浙江科学技术出版社,1989:72.  
 [3] 邓国藩.中国经济昆虫志.第 15 册.蜱螨亚纲.硬蜱科[M].北京:科学出版社,1991:359.

收稿日期:2013-12-23

·综述·

# 遥感技术在蚊媒传染病研究中的应用进展

何隆华<sup>1</sup>, 周明浩<sup>2</sup>, 褚宏亮<sup>2</sup>, 杨维芳<sup>2</sup>, 张细燕<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008; <sup>2</sup> 江苏省疾病预防控制中心

**摘要:** 蚊媒传染病是影响人类健康的主要疾病之一, 长期以来是疾病预防与控制领域的热点与难点问题。遥感技术在蚊媒传染病研究中有过许多成功的应用。利用遥感可以监测蚊虫栖息地的分布, 预测蚊媒病的发生、发展规律。该文回顾了基于光学、微波传感器卫星遥感用于蚊媒病研究的进展, 并结合目前存在问题探讨了遥感研究蚊媒病的前景。

**关键词:** 蚊媒病; 遥感; 应用; 进展

中图分类号: R181.2 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)02-0184-05

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.028

## Application of remote sensing technology in research on mosquito-borne diseases: a review

HE Long-hua<sup>1</sup>, ZHOU Ming-hao<sup>2</sup>, CHU Hong-liang<sup>2</sup>, YANG Wei-fang<sup>2</sup>, ZHANG Xi-yan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, Jiangsu Province, China;

<sup>2</sup> Jiangsu Center for Disease Control and Prevention

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 41271418)

**Abstract:** As one group of the important diseases affecting human health, mosquito-borne diseases have long been the difficult problems in disease control and prevention. With remote sensing (RS) technology, which has been successfully applied many times in the research on mosquito-borne diseases, the distribution of mosquito habitats can be monitored, and the development and progression of these diseases can be predicted. This paper reviews the progress in the application of optical satellite RS and passive and active microwave RS in the research on mosquito-borne diseases, and it also discusses the prospect of mosquito-borne disease research based on RS technology given the existing problems.

**Key words:** Mosquito-borne disease; Remote sensing; Application; Progress

近几年来, 西尼罗热(WNF)流行、裂谷热(RVF)暴发、塔希纳病(TAH)传入我国等与蚊虫相关的公共卫生事件成为世人关注的焦点。随着全球气候变暖、城市化进程加快、旅游和商贸快速发展, 全球蚊媒传染病发病呈现新的变化趋势<sup>[1-2]</sup>。新的病种, 如西尼罗热、裂谷热等不断被发现, 原有疾病的流行区域不断扩展<sup>[3]</sup>。据统计, 全球每年有 2.16 亿人感染疟疾, 每年因疟疾死亡超过 65 万例<sup>[4]</sup>。在我国, 2005 年传染病疫情报告的流行性乙型脑炎、疟疾和登革热的发病数分别为 5104、39 943 和 40 例; 2006 年的发病数为 7647、60 382 和 1044 例<sup>[5]</sup>。蚊媒传染病已经成为分布最广、发病率最高、危害最大的传染性疾病之一, 严重危害着人类健康。

蚊媒病是影响人类健康的主要疾病, 长期以来是疾病预防与控制领域的热点与难点问题。传统的蚊媒病监控都是通过医生及患者的报告, 疾病预防控制中心的统计汇总上报。这样的方式只是在人们已经感染发病以后才能发现与上报, 加之传统的媒介生物监测手段比较落后, 很少将蚊媒传染病的发生、流行、分布与环境空间信息联系在一起。遥感(remote sensing, RS)以其实时、高效、数据量大、观测范围广的优点, 已成为解决此类问题的重要工具。陆地资源卫星(LANDSAT)自 1972 年 7

基金项目: 国家自然科学基金(41271418)

作者简介: 何隆华, 男, 博士, 副研究员, 主要从事遥感作物监测、医学地理及“3S”应用等。Email: lhhe@niglas.ac.cn

月 23 日发射以来, 遥感数据已经广泛应用于地球表面研究, 在传染病监测和风险制图的相关研究与应用中也受到越来越多的关注<sup>[6-17]</sup>。通过获取蚊虫孳生环境的温度、湿度、地物类型等参数, 遥感技术为蚊虫孳生地环境信息及其变化的确认和识别提供方法与技术支撑, 并为传染病发生与传播模型提供蚊媒孳生环境信息, 进而实现预测。现就国内外蚊媒病遥感监测研究进展进行介绍。同时, 结合当前遥感技术的发展, 简要论述未来遥感在蚊媒病监测中存在的问题和应用潜力。

### 1 在蚊媒病研究中的应用进展

蚊虫的生境对蚊虫孳生与繁育有重要影响。遥感技术在蚊媒传染病研究中的应用最早是利用遥感影像来研究蚊虫孳生地, 从蚊虫的生境研究入手, 进而得出蚊虫的空间分布。常用于蚊媒病研究的遥感, 分为光学(含航空遥感及红外)遥感、被动遥感、主动遥感(表 1)。

1.1 光学遥感用于蚊媒病研究 较早的蚊媒病研究侧重于利用航空相片、陆地卫星多光谱扫描器(MSS)、专题制图仪(TM)、美国国家海洋和大气局(NOAA)卫星上的甚高分辨率辐射仪(AVHRR)等遥感数据, 再晚一些的利用了法国地球观测系统(SPOT)卫星遥感数据(表 2)。这些研究主要利用光学遥感图像来提取植被类型、水体分布与面积以及地表景观结构信息。

1.1.1 航空遥感 20 世纪 70 年代, 美国国家航空和宇宙航行

表 1 传染病研究中不同遥感平台技术的优缺点

遥感测量技术	优点	缺点
航空遥感	中高空间分辨率	受雨、云、雾霾等大气状况影响; 主要用于目视解译; 时间分辨率较低
航天光学遥感	低中高空间分辨率; 传感器多; 具备高光谱传感器	受雨、云、雾霾等大气状况的影响; 图像的时间分辨率较低
被动微波	对雨、云、雾霾等大气状况不敏感	受地表粗糙度和植被的影响大; 空间分辨率较低
主动微波	高空间分辨率; 多极化、多传感器; 对雨、云、雾霾等不敏感	受地表粗糙度和植被的影响大; 时间分辨率较低

表 2 几种常见光学传感器基本参数

传感器名称	光谱范围(μm)	空间分辨率(m)	时间分辨率(d)
航空遥感器	黑白或者彩色红外航片	厘米级、米级	不定期飞行
中低分辨率航天遥感器			
NOAA AVHRR	0.55~12.5	1100	1
MODIS	0.62~14.39	250(B1, B2)、500(B3~B7)、1000(B8~B36)	1~2
HJ-1(A, B)	CCD 相机 高光谱 红外多光谱	30 100 150(近红外) 300(远红外)	4
Landsat MSS	可见光 0.50~0.70 近红外 0.70~1.10	79/82	18
Landsat TM	Ch 1~5 and 7(0.45~2.35) Ch 6(10.40~12.50) ETM+全色	30 120 15	16
中高空间分辨率航天遥感器			
中巴资源卫星 CBERS	CCD 相机 B2~B5(0.52~0.73) 红外 B6~B9(0.50~12.50) 广角成像仪 B10~B11(0.63~0.89)	19.50 77.80(156)256	26
SPOT	0.43~1.75	2.5 or 5(全色)多光谱 10, 短波红外 20	26
QuickBird	0.53~0.86	0.61(全色)、2.44(多光谱)	6
ZY3 号	全色 前视、后视相机 多光谱	2.10 3.50 5.80	5
IRS	0.50~1.70	5.80(B1)、23(B2~B4)、70(B5)	24
ASTER	0.52~11.65	15(B1~B5)、30(B6~B11)、90(B12~B14)	15

关系, 三带喙库蚊(*Culex tritaeniorhynchus*)数量和稻田及林地面积百分比之间的正相关性也非常明显, 凶小库蚊(*Cx. modestus*)数量和居民区面积, 淡色库蚊(*Cx. pipiens pallens*)数量与污水沟、林地、旱田的面积之间相关关系非常显著。在海南省三亚市的研究, 得到致倦库蚊(*Cx. pipiens quinquefasciatus*)数量和污水沟面积百分比之间有非常显著的正相关, 与水菜地的面积百分比之间有显著正相关的结果, 得出用航空遥感技术能较好地监测稻田种植区内各种地理景观因素的变化, 可应用于蚊媒传染病的控制研究的结论。

1.1.2 中低空间分辨率光学(含红外)卫星遥感 随后的研究从航空相片转入到陆地资源卫星 Landsat MSS 数据。Hayes 等<sup>[24]</sup>利用 Landsat-1 和 Landsat-2 的 MSS 数据, 在南达科他州和内布

拉斯加州之间的 Niobara 河流河岸栖息地来研究蚊虫种群与水生淡水植被群落的相关关系。他们利用监督分类法进行栖息地分类, 精度达到 95%。1985 年 NASA 启动了一个全球观测与疾病预防项目 GMDPP(global monitoring and disease prediction program), 在加利福尼亚州中北部地区开展水稻田蚊虫遥感研究。航空模拟 MSS 和 TM 遥感图像用来区分高产蚊农田和低产蚊农田, 并能提前 2 个月预测蚊虫的高峰期<sup>[25-28]</sup>。1987 年, Linthicum 等<sup>[29]</sup>利用 NOAA AVHRR 卫星数据开展了非洲肯尼亚的 RVF 疾病研究, 并把研究成果发表在科学(*Science*)杂志上。他们利用从 NOAA AVHRR 数据得到的归一化植被指数(NDVI)来分析当地的植被和蚊虫孳生地的关系<sup>[30-31]</sup>。



在我国,杨国静等<sup>[32]</sup>从遥感气象卫星 NOAA-AVHRR (advanced very high resolution radiometer)影像中提取植被指数,分析其与疟疾发病率的关系。他还用地理信息系统(GIS)软件对江苏省各地的温度数据进行分析,建立了疟原虫年生长发育累积天数数据库,依据对此数据库的分析对该省的疟疾流行情况进行验证,建立了疟疾预测分布图,并作出预测模型<sup>[33]</sup>。易彬橙等<sup>[34-35]</sup>分析了 NOAA-AVHRR 遥感卫星图像中植被指数与广东省伊蚊密度之间的关系,探索了 AVHRR 遥感卫星图像在大范围伊蚊种群监测的应用可能性。温亮等<sup>[36]</sup>通过计算海南省疟疾发病率与相应 NOAA 卫星改进型甚高分辨率辐射仪归一化差值植被指数(NOAA-AVHRR NDVI)值的相关系数,分析了 NDVI 与疟疾流行地区分布的相关性,探讨了将遥感技术应用与海南省疟疾监测的可行性。

1994年,Beck等<sup>[37-38]</sup>利用陆地资源卫星 Landsat 获取的 TM 影像提取了墨西哥 Chiapas 南部地区的地物类型与面积,结果发现利用 TM 影像能够预测疟疾的传播风险,准确率超过 90%。季节性沼泽地与管理不善的牧场与传播疾病的蚊虫密度有很大相关性。Sharma等<sup>[39]</sup>利用印度遥感卫星(IRS)线性成像和自助扫描传感器 linear imaging and self scanning (LISS II) 36.5 m 空间分辨率数据来确定德里附近的蚊虫孳生条件,同时用于指导当地的蚊虫控制活动。

Brown等<sup>[40]</sup>比较了3种星载遥感传感器(Hyperion、ASTER 和 Landsat TM)影像数据在蚊幼虫数量分析预测中的应用,结果显示利用 ASTER 和 Hyperion 数据的模型效果相对较好。此研究说明:利用高光谱遥感的应用效果好于波段数较少的传统多光谱遥感数据。

1.1.3 高空间分辨率遥感 高空间分辨率遥感在本文中指的是空间分辨率高于 20 m 的遥感传感器。使用空间分辨率 < 1 km 的遥感图像来研究和预测蚊虫的孳生地难以显示出孳生地的基本景观特征,该方法只能局限于大面积植被指数的提取,对情况复杂、影响因素众多的蚊虫分布进行预测研究的准确率很低,应用价值不高<sup>[10-11]</sup>。Rejmánková等<sup>[41]</sup>把 SPOT 卫星的 high resolution visible(HRV)数据成功地用于预测洪都拉斯首都伯利兹北部的蚊虫密度。Masuoka等<sup>[42]</sup>用 IKONOS 和 Landsat TM 影像同时对韩国兵营 Greaves 附近的蚊虫孳生地进行识别与分类,结果证明在蚊虫细小孳生地的识别与评价上使用高分辨率 IKONOS 卫星图像更具优势。Jacob等<sup>[43]</sup>则利用 0.61 m 分辨率的 QuickBird 影像研究了肯尼亚 Mwea 地区的地物类型与疟蚊幼虫的空间相关特性,说明高分辨率卫星 QuickBird 遥感数据能够很好地用于疟蚊幼虫分布研究之中。

1.2 被动微波 被动微波辐射遥感,在公共健康方面远未得到充分利用,主要原因是人们对微波遥感的认识存在不足,其处理方法与传统光学遥感不同造成的。但是微波遥感能够反演地表水分、温度和植被特征,可以提供蚊虫的栖息地和生命周期等动态信息。地球观测系统(earth observing system, EOS) AMSR-E(advanced microwave scanning radiometer)先进微波辐射扫描仪于 2002 年 5 月搭载在 EOS AQUA 卫星上,用于观察陆地、海洋及大气水和能量的循环变化。微波扫描辐射计(AMSR-E)是一个 12 通道的锥形扫描被动微波辐射计,可以测量垂直和水平极化辐射。它由日本国家空间发展机构

(NASDA)开发,提供 5~56 km 空间分辨率的被动微波信息。目前,AMSR-E 数据主要用于土壤湿度、表面温度、植被等方面的研究。Chuang等<sup>[44]</sup>在南达科他州的苏福尔,利用 NASA EOS 的先进 AMSR-E 数据和气象站数据的环境测量,预测 2 个重要蚊种丰度(白纹伊蚊和淡色库蚊)的能力。研究表明,从 AMSR-E 提取的环境生态变量建立的预测模型比单纯的气象参数模型更为准确。这都得益于从被动微波 AMSR-E 传感器遥感数据提取到地表环境的水体面积比参数(water fraction)信息、地表植被覆盖信息(vegetation opacity)以及土壤湿度(soil moisture)信息。

1.3 主动微波 在许多热带地区,如非洲和东南亚,正面临日益严重的环境健康问题,主动微波遥感在多云多雨地区的优势可以用来在这些地区进行蚊媒病监测。在多云多雨地区,可见光和红外波段遥感数据难以获取。而装载在航空航天平台上的合成孔径雷达 SAR(synthetic aperture radar)系统作为一种主动式微波传感器,它能够不受天气和光照条件限制,对地球表面进行成像,获取目标物的后向散射强度信息。

Kaya等<sup>[45]</sup>研究了 RADARSAT-1 SAR 数据在肯尼亚沿海地区监测疟疾的可行性。他们利用 4 个时相的空间分辨率为 25 m 的 RADARSAT-1 进行面向对象的遥感分类,得到了该地区与疟疾发生有关的信息。

1.4 RS 与 GIS、全球卫星定位系统(GPS)的联合应用 光学传感器具有较高的空间分辨率和比较直观成熟的译解算法,在监测蚊虫孳生地方面光学遥感具有优势,但受到天气条件的局限,云雨天气经常不能得到地面的观测值。被动微波传感器具有较高的时间分辨率,像 AQUA/AMSR-E 能够提供每天的数据,但空间分辨率较低。主动微波算法的精度要高于光学算法以及被动微波算法,但对植被和地表粗糙度敏感。在蚊媒病应用中结合光学算法、被动微波算法和主动微波算法可以弥补单一传感器存在的不足。1992 年 Pope等<sup>[46-47]</sup>利用美国多时相 landsat TM(thematic mapper)影像和航空雷达影像研究了肯尼亚的 RVF 病。研究表明,综合利用主动遥感(雷达)和被动光学遥感可以更好地监控 RVF 载体蚊虫的栖息地位置和状况,使遥感应用于疾病预防控制,具有更好的可行性和实际利用价值。

同时,遥感技术与 GIS、GPS 结合起来,称“3S”技术,在蚊媒病研究中的应用也日益广泛。传统的蚊虫监测与蚊媒病信息管理无论是“逐级上报”还是“网络直报”模式都只能完成一般属性信息管理工作,往往缺乏有关疾病的地理空间信息管理与空间分析的工具。而利用“3S”技术,通过遥感技术准确敏感的获得不同时间较大区域范围内的地理环境变化资料,利用 GPS 和 GIS 技术对有关资料进行空间定位和空间分析,进而应用数学模型工具模拟蚊虫的迁飞活动路径、活动范围,有利于对蚊虫与蚊媒病预防控制提出合理化建议。目前,基于“3S”技术的蚊媒传染病研究主要有以下内容:

1.4.1 蚊媒病地图制作 大量的蚊媒传染病调查资料中通常含有大量的空间信息,例如发病人员地区、媒介蚊成虫、幼虫的采集样本记录等。结合 GPS 技术提供的定位信息,GIS 可以通过空间位置信息对接,对这些疫情数据进行及时的显示、处理和交互分析。在 GIS 中,这些观测样本数据经过相应的插值分析,就可以得出相应地区疫情的地理分布地图,为蚊媒病的

空间流行趋势提供重要依据。Haque等<sup>[6]</sup>利用 logistic 回归模型和孟加拉国疟疾基线调查数据筛选出危险因素,以此为基础建立估计疟疾发病率的贝叶斯统计模型,并成功制作出疾病地图。易彬橙等<sup>[7]</sup>通过 NOAA-AVHRR 传感器数据提取 NDVI,并在 GIS 中成功制作出广东省登革热发病和媒介的空间分布图。

1.4.2 蚊媒病空间分布分析 蚊成虫、幼虫密度、地区发病率等数据通常有着明显的空间分布特征,这些数据与该地区的自然环境因子、地理景观因子等通常有较强的依赖关系。利用“3S”技术对蚊媒病的空间分布信息进行分析,找出其相应的空间依赖性,就可以为蚊媒病预防措施的制定提供相应依据<sup>[48]</sup>。苏永强等<sup>[10]</sup>利用 GIS 的空间局部内插研究海南省疟疾空间分布特征,得出空间局部内插法能很好估计海南省疟疾的空间分布特征,可指导相应防控措施实施的结论。李森等<sup>[49]</sup>基于遥感与地理信息技术进行广州市 2002 年登革热疫情数据分析与登革热环境风险因子标识,得出了开放水域,以沼泽和湿地为主的湿草场,以水稻为主的农田以及开发用地被标识为与登革热病例存在与否最为相关的地物类型因子的结论。刘美德等<sup>[50]</sup>研究了云南省南部地区中华按蚊和杰普尔按蚊(*An. jeyporiensis*)与地理环境因素的关系,得出在云南省南部地区西部开发的新村镇建设中,相关环境因素的变化有可能会引起中华按蚊和杰普尔按蚊种群变化的结论。

1.4.3 蚊媒病空间监测和预警 在对蚊媒病的分布进行相应的空间分析,得出其相应的依存因子后,可以利用 GIS 技术建立疾病的数据库,并结合相应的数理统计模型,对蚊虫和蚊媒疾病的时空分布趋势进行描述和模拟分析。毕艳等<sup>[51]</sup>、魏庆宽等<sup>[52]</sup>认为 3S 技术在疟疾预防和控制中的应用可以分为疟疾防治监测和疟疾预测预报两个方面。官鹏等<sup>[53]</sup>提出一种对已知传染源→媒介→宿主传播关系前提下的通用疾病传播的时空动态概念模型,并展示了遥感和 GIS 在这类模型中的应用方法。王晓东等<sup>[22-23]</sup>把 3S 技术的应用分为建立蚊媒病的分布图、建立蚊虫数量和地理景观因素之间的预测模型、蚊媒病的预测和监控、城市重要蚊媒的监测和防制,认为我国目前应用 3S 技术研究蚊媒病的控制尚属于起步和探索阶段,这项工作的开展应逐步地进行。王丽萍和金水高<sup>[54]</sup>认为“基于 GIS 的空间分析技术用于疾病研究,为疟防工作提供了新的手段。虽然 GIS/RS 技术逐步成为疟疾宏观研究的有效工具,但并不意味着它可以替代常规监测方法。将空间分析技术和传统现场调查监测相结合,综合分析自然及社会因素对疟疾的影响是疟疾防控研究的方向之一”。

## 2 存在的主要问题及建议

目前遥感应用于蚊虫及蚊媒病研究还存在以下方面的问题或困难:①遥感技术本身的缺陷。遥感技术的发展日新月异,但是遥感技术本身的特点,使得其在蚊媒病研究应用中存在一定限制。比如,高空间分辨率的遥感传感器,其时间分辨率必然较低,对同一地区进行重复监测的周期较长。为了提高地面的分辨率,卫星平台的飞行高度需要降低,同时带来的缺陷就是卫星遥感的时间分辨率降低和覆盖范围的减小。随着各个国家投入的增加,发射的遥感卫星越来越多,遥感数据的丰富可以部分弥补这一缺陷。②资料共享的困难。尽管有免费下载的遥感数据,遥感资料共享的问题可以得到部分解决。

但是许多高空间分辨率的遥感数据和 SAR 雷达卫星数据需要购买。有些遥感数据动辄上万元,特别是 SAR 雷达遥感数据价格昂贵(与目前我国尚未有运营的 SAR 卫星传感器有关)。没有充足科研经费的单位甚至买不起,工作很难开展,成果推广应用更加困难。其他数据资料,比如气象数据、GIS 地图数据、人口资料、蚊媒病数据等分属不同部门管辖,要想获取这些数据,有时花费很多经费和精力也难以得到<sup>[22-23]</sup>。建议对公共卫生方面的研究项目,政府能够出台相关的优惠政策,使有关公共卫生方面的公益性项目研究人员能够免费获取所需的研究数据。③缺乏专门的相关人才。研究人员分属在疾病控制、遥感科学领域。由于属于交叉学科,没有独立的研究机构,也缺乏相关专门的人才培养机构。建议国家在高校或者政府研究机构增设有关专业,培养交叉学科人才。④生态学替代指标难以统一与确定。遥感只是信息获取的手段之一。目前使用较多的是从遥感图像上提取的植被指数、地表温度等生态替代指标。这些指标已经在其他学科有较多应用,但在蚊媒传染病上的医学意义还有待深入研究。需要进一步明确这些指标与媒介蚊类消长、繁殖和传播疾病之间的关系。同时,也需要利用遥感技术挖掘一类新的医学地理替代指标,它们是否能真正反映和较好描述真实情况还需时间检验<sup>[55]</sup>。建议政府加大投入,或设立相关重大项目来解决这一问题。

## 3 结论

陆地资源卫星自 1972 年 7 月 23 日发射以来,遥感数据已经广泛应用于地球表面与人类居住环境研究。越来越多的传染病研究利用遥感数据进行监测、监控以及风险制图,特别是蚊虫传播的疾病。遥感以其实时、高效、数据量大、观测范围广的优点,在蚊媒病监测中发挥了重要作用。同时,遥感技术可以用来监测蚊虫孳生环境的温度、湿度、地物类型等参数,从而可以用来确定和识别蚊虫孳生地。遥感技术在蚊媒传染病研究中越来越重要。

近十几年来,遥感技术取得了突飞猛进的进步,有了更高的时间、空间及光谱分辨率,更低的价格,新的主动及被动微波遥感传感器,研究人员能够提取比以前更多的环境变量用于蚊媒病的监测与防控。特别是高光谱遥感技术、主被动遥感技术以及 3S 技术的联合应用与快速发展,给蚊媒病的研究带来了新的更大的潜力。多种改进的遥感传感器将为人类的健康监测与疾病预防控制带来更加丰富的信息和防控策略。未来遥感技术在蚊媒传染病领域必将会有更广阔的应用前景。

## 参考文献

- [1] 刘起勇. 气候变化对媒介生物性传染病的影响[J]. 中华卫生杀虫药械, 2013, 19(1): 1-12.
- [2] 王五一, 杨林生, 李海蓉. 我国的环境变化与健康风险[J]. 科学对社会的影响, 2007(4): 22-28.
- [3] 杨舒然, 刘起勇. 白纹伊蚊的全球分布及扩散趋势[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2013, 24(1): 1-4.
- [4] World Health Organization. World malaria report 2011[R]. Geneva: WHO, 2011.
- [5] 中国疾病预防控制中心公共卫生监测和信息服务中心. 2006 年 12 月甲乙类传染病报告[J]. 疾病监测, 2007, 22(1): 1-4.
- [6] Haque U, Magalhaes RJ, Reid HL, et al. Spatial prediction of malaria prevalence in an endemic area of Bangladesh[J]. Malar J, 2010, 9(1): 120-125.
- [7] 易彬橙, 徐德忠, 张治英, 等. 联合使用 SRS、GIS 与 PCA 研究登革热及媒介分布[J]. 疾病控制杂志, 2003, 7(6): 509-514.

# 疟疾疫苗研究进展

王国玲<sup>1</sup>, 甘标<sup>1</sup>, 陆家海<sup>2</sup>

1 广州市海珠区疾病预防控制中心, 广东广州 510288; 2 中山大学公共卫生学院, 中山大学热带病防治教育部重点实验室, 广东广州 510080

**摘要:** 疟疾是一种世界范围内的传染病,严重影响人类的身体健康和生命安全。疫苗作为控制乃至消灭传染病的有效手段,在疟疾研究中受到广泛关注。目前针对疟原虫生活史各期的期特异性疫苗、传播阻断型疫苗、多阶段/多抗原疫苗以及减毒活疫苗都处于研究中。尽管尚无成熟疫苗推入市场,但一些候选疫苗已进入临床实验,并产生了非常有希望的结果。该文就疟疾疫苗的研究进展做一综述。

**关键词:** 疟疾; 疫苗

**中图分类号:** R531.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-4692(2014)02-0189-04

**DOI:** 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.02.029

## Progress in research on malaria vaccine

WANG Guo-ling<sup>1</sup>, GAN Biao<sup>1</sup>, LU Jia-hai<sup>2</sup>

1 Haizhu Center for Disease Control and Prevention of Guangzhou, Guangzhou 510288, Guangdong Province, China;

2 School of Public Health, Sun Yat-sen University, State Ministry of Education Key Laboratory of Tropical Diseases

Control Research, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China

Corresponding author: LU Jia-hai, Email: jihailu@aliyun.com

**Abstract:** As an infectious disease worldwide, malaria seriously affects human health. Vaccine is an effective way to control and even eradicate infectious disease and has attracted considerable attention in the malaria research. Currently, specific malaria vaccines against human and mosquito stages of the parasite life cycle, transmission-blocking vaccines, multi-stage/multi-antigen vaccines, and live attenuated vaccines are in development. Although no malaria vaccine is put in the market, some vaccine candidates have been in clinical trials, with promising results. The progress in research on malaria vaccine is presented in this article.

**Key words:** Malaria; Vaccine

联合国开发计划署/世界银行/世界卫生组织(WHO)联合倡议的热带病特别规划防治的6种主要热带病中,除麻风病外,其余5种都是寄生虫病,而疟疾则是危害性最大的一类寄生虫病。疟疾是由按蚊叮咬而感染疟原虫所引起的虫媒传染病。尽管全世界以蚊媒控制和药物治疗为主的大规模防治计划开展了近40年,但目前仍有100多个国家和地区不同程度地受到疟疾的威胁。由于环境改变和流动人口的增加,受威胁人口越来越多。据WHO《2011年世界疟疾报告》,2010年在全球106个疟疾流行国家及地区共发现约2.16亿病例,全球共有超过65万疟疾死亡病例,其中81%的患者和91%的死亡者在非洲。据统计,全球86%的疟疾患者是5岁以下儿童<sup>[1]</sup>。疟疾防治的常用方法包括清除蚊虫孳生地、用杀虫剂(如DDT)灭蚊、防蚊叮咬(如使用药蚊帐)、药物预防和治疗。然而,由于媒介按蚊对杀虫剂、疟原虫对氯喹等抗疟药都产生了抗药性,特别是多重抗药性的恶性疟不断扩散,使这些防疟措施面临严重的威胁<sup>[2]</sup>。因此,研制安全、高效的疟疾疫苗成为控制及消灭全球疟

作者简介:王国玲,女,硕士,主管医师,从事疾病预防控制工作。

Email: wangguoling911@aliyun.com

通讯作者:陆家海, Email: jihailu@aliyun.com

[8] 张小萍,金小林,杨国静,等.江苏省疟疾流行态势的空间分析[J].中国人兽共患病杂志,2002,18(1):120-121.

[9] 周晓农,胡晓抒.信息技术与卫生信息系统的发展[J].中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2003,21(1):6-8.

[10] 苏永强,张志英,徐德忠,等.运用空间局部内插研究海南省疟疾空间分布特征[J].中华流行病学杂志,2003,24(4):269-271.

[11] 于国伟,汤林华.遥感地理信息系统技术在疟疾研究中的应用[J].中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2004,22(2):119-121.

[12] 戚晓鹏,吕繁,何武.地理信息系统在流行病中的应用及开发[J].中华流行病学杂志,2004,25(11):997-999.

[13] 杨德平,郭家钢.应用遥感技术快速确定钉螺孳生地[J].国际医学寄生虫病杂志,2006,33(5):268-272.

[14] 牛红峰,郭家钢.地理信息系统和遥感在人类健康和流行病学中的应用[J].国际医学寄生虫病杂志,2006,33(4):188-190.

[15] 李婵娟,李维民.遥感和地理信息系统在流行病学领域中的应用[J].卫生研究,2007,36(3):398-399.

[16] 李静,牟婵,胡崇伟,等.遥感技术在虫媒传播疾病监测中的应用[J].中国兽医杂志,2009,45(11):44-46.

[17] 杨林生,李海蓉,李永华,等.医学地理和环境健康研究的主要领域与进展[J].地理科学进展,2010,29(1):31-44.

[18] Cline BL. New eyes for epidemiologists: aerial photography and other remote sensing techniques[J]. Am J of Epide, 1970, 92(2): 85-89.

[19] Wagner VE, Hill-Rowley R, Narlock SA, et al. Remote sensing: a rapid and accurate method of data acquisition for a newly formed mosquito control district[J]. Mosq News, 1979, 39(2): 283-287.

[20] Fleetwood SC, Chambers MD, Terracina L. An effective and economical mapping system for the monitoring of *Psorophora columbiana* in rice and fallow fields in southwestern Louisiana[J]. Mosq News, 1981(41): 174-177.

[21] Welch JB, Olson JK, Yates MM, et al. Use of aerial color IR as a survey technique for *Psorophora columbiana* oviposition habitats in Texas (USA) ricelands[J]. J Am Mosq Control Assoc, 1989, 5(2): 147-160.

[22] 王晓东,赵彤言. 3S技术简介及在研究蚊及蚊媒传染病分布和控制中的应用[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2004, 15(3): 241-244.

[23] 王晓东,刘美德,宋锋林,等. 应用遥感和地理信息系统技术研究水稻种植区蚊虫分布和地理景观因素之间的关系[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(5): 396-399.

[24] Hayes RO, Maxwell EL, Mitchell CI, et al. Detection, identification, and classification of mosquito larval habitats using remote sensing scanners in earth-orbiting satellites[J]. Bull WHO, 1985, 63(2): 361-374.

[25] Wood BL, Washino R, Beck L, et al. Distinguishing high and low anopheline-producing rice fields using remote sensing and GIS technologies[J]. Prevent Vet Med, 1991, 11(3): 277-288.

[26] Wood BL, Beck L, Washino R, et al. Spectral and spatial characterization of rice field mosquito habitat[J]. Int J RS, 1991, 12(4): 621-626.

[27] Wood BL, Beck L, Washino R, et al. Estimating high mosquito-producing rice fields using spectral and spatial data[J]. Int J RS, 1992, 13(5): 2813-2826.

[28] Wood BL, Beck L, Dister S, et al. Global monitoring and disease prediction program[J]. Sistema Terra, 1994, 3(1): 38-39.

[29] Linthicum KJ, Bailey CL, Davies FC, et al. Detection of rift valley fever viral activity in Kenya by satellite remote sensing imagery[J]. Science, 1987, 235(4): 1656-1659.

[30] Linthicum KJ, Bailey C, Tucker C, et al. Application of polar-orbiting meteorological satellite data to detect flooding in rift valley fever virus vector mosquito habitats in Kenya[J]. Med Vet Entomol, 1990, 4(4): 433-438.

[31] Linthicum KJ, Bailey C, Tucker C, et al. Towards real-time prediction of Rift Valley fever epidemics in Africa[J]. Prevent Vet Med, 1991, 11(1): 325-334.

[32] 杨国静,周晓农, Malone JB, 等. 多因素空间复合模型预测我国疟疾流行态势[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2002, 20(3): 145-147.

[33] 杨国静,周晓农, Malone JB, 等. 江苏省疟疾流行地理信息系统预测模型的研究[J]. 中华预防医学杂志, 2002, 36(2): 103-105.

[34] 易彬橙,徐德忠,张治英,等. 广东省伊蚊密度与 AVHRR 卫星图像中植被指数的关系[J]. 第四军医大学学报, 2003, 24(18): 1720-1724.

[35] 易彬橙,徐德忠. RS在蚊媒传染病监测中的应用及发展现状[J]. 中国公共卫生, 2004, 19(3): 355-357.

[36] 温亮,徐德忠,王善青,等. 卫星遥感植被指数与海南省疟疾流行地区分布的相关性研究[J]. 中华流行病学杂志, 2005, 26(4): 263-267.

[37] Beck LR, Rodriguez MH, Dister SW, et al. Remote-sensing as a landscape epidemiologic tool to identify villages at high-risk for malaria transmission[J]. Am J Trop Med Hyg, 1994, 51(3): 271-280.

[38] Beck LR, Lobitz BM, Wood BL. Remote sensing and human health: new sensors and new opportunities[J]. Emerg Infect Dis, 2000(6): 217-227.

[39] Sharma VP, Dhiman RC, Ansari MA, et al. Study on the feasibility of delineating mosquito breeding conditions in and around Delhi using Indian remote sensing satellite data[J]. Indian J Malar, 1996, 33(3): 107-125.

[40] Brown HE, Diuk-Wasser MA, Guan YT, et al. Comparison of three satellite sensors at three spatial scales to predict larval mosquito presence in Connecticut wetlands[J]. RS Env, 2008(112): 2301-2308.

[41] Rejmánková E, Roberts DR, Pawley A, et al. Predictions of adult *Anopheles albimanus* densities in villages based on distance to remotely sensed larval habitats[J]. Am J Trop Meg Hyg, 1995, 53(5): 482-488.

[42] Masuoka PM, Claborn DM, Andre RG, et al. Use of IKONOS and Landsat for malaria control in the Republic of Korea[J]. RS Env, 2003, 88(1): 187-194.

[43] Jacob BG, Griffith D, Muturi E, et al. Describing *Anopheles arabiensis* aquatic habitats in two Riceland agro-ecosystems in Mwea, Kenya using a negative binomial regression model with a non-homogenous mean[J]. Acta Tropica, 2009, 109(1): 17-26.

[44] Chuang TW, Henebry GM, Kimball GS, et al. Satellite microwave remote sensing for environmental modeling of mosquito population dynamics[J]. Remote Sens Env, 2012(125): 147-156.

[45] Kaya S, Pultz TJ, Mbogo CM, et al. The Use of radar remote sensing for identifying environmental factors associated with malaria risk in coastal Kenya, Inter Geos and RS Symp (IGARSS'02)[C]. Toronto: IEEE International, 2002.

[46] Pope KO, Sheffner EJ, Linthicum KJ, et al. Identification of central Kenyan rift valley fever virus vector habitats with landsat TM and evaluation of their flooding status with airborne imaging radar[J]. RS Env, 1992, 40(7): 185-196.

[47] Pope KO, Rejmánková E, Savage HM, et al. Remote sensing of tropical wetlands for malaria control in Chiapas, Mexico[J]. Eco App, 1993, 4(1): 81-90.

[48] 刘美德,王学忠,赵彤言,等. 云南南部地区三带喙库蚊与伪杂鳞库蚊种群与环境因素关系的地理信息系统分析[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2007, 14(2): 98-103.

[49] 李森,陶海燕,秦雁,等. 基于遥感和地理信息技术的登革热环境风险因子标识[J]. 中华疾病控制杂志, 2010, 14(9): 869-873.

[50] 刘美德,王学忠,赵彤言,等. 云南省中华按蚊、杰普尔按蚊种群与环境因素关系的地理信息系统分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(4): 275-279.

[51] 毕艳,王金亮,张再兴. 3S技术在疟疾预防与控制中的应用[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 2004, 17(3): 186-188.

[52] 魏庆宽,张清国,黄炳成. 地理信息系统在疟疾控制研究中的应用[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2010, 21(4): 391-394.

[53] 宫鹏,徐冰,梁松. 用遥感和地理信息系统研究传染病时空分布[J]. 中国科学(C辑), 2006, 36(2): 184-192.

[54] 王丽萍,金水高. GIS空间分析技术在疟疾研究中的应用[J]. 中国公共卫生, 2008, 24(6): 745-747.

[55] 吴崧霖,王德全. GIS和RS技术在蚊媒传染病研究中的应用进展[J]. 实用预防医学, 2012, 19(1): 157-160.

收稿日期:2013-10-23

疟疾的可靠途径和迫切需要。

疟原虫生活史有多个时期,每个生活时期有多种抗原,而且每种抗原具有多个表位,有些抗原还有多个等位基因,相同抗原又有多种结构形式,免疫系统有多种作用因子,而不同宿主的免疫反应也不相同,这些因素给疟疾疫苗的研制带来了许多困难<sup>[3]</sup>。目前针对疟原虫生活史各期研究的期特异性疫苗、多阶段/多抗原疫苗以及减毒活疫苗都处于研究中。该文就疟疾疫苗的研究进展进行综述。

### 1 红前期疟疾疫苗

这类疫苗目前仍处于临床研发阶段,如RTS,S/AS01,针对恶性疟原虫的红细胞前期的环子孢子蛋白(circumsporozoite protein, CSP)。CSP包含一个中间重复区,能够诱导产生抗体<sup>[4]</sup>。针对中间重复区的抗体能够导致蛋白衣壳脱落,阻止侵入肝细胞。RTS,S由针对CSP的中间重复区(R)、T细胞表位(T)组成,利用乙型肝炎表面抗原(S)作为载体。RTS在酿酒酵母中和表面抗原(S)共表达,因此命名为RTS,S。RTS,S的临床研发也促进了佐剂系统AS01的深入研究。

RTS,S是第一个研发出的疟疾疫苗,临床实验结果表明该

疫苗有比较好的临床保护效果。在自然暴露于疟疾的儿童和婴儿人群中,可保护30%~56%的人群不发生疟疾,可保护高达66%的人群不受疟疾感染,而且具有很好的安全性和耐受性<sup>[5-6]</sup>。在莫桑比克,1465名儿童经过4年的II期临床试验,结果表明,26%的受试者不发生疟疾,32%仅感染一种型别的疟疾,38%的不发生严重疟疾<sup>[7]</sup>。

目前,已开展RTS,S/AS01疟疾疫苗的大规模III期临床试验,受试人群包括撒哈拉以南非洲地区7个国家的15460名儿童和婴儿。初步结果显示,大年龄组6000名5~17月龄儿童接种3剂疫苗后,在12个月随访期内,罹患临床疟疾和严重疟疾的风险分别降低了56%和47%,疫苗在该年龄段儿童中具有良好的安全性和免疫原性<sup>[8]</sup>。尽管许可使用保护力只有25%~50%的疟疾疫苗的成本-效益广受争议,但是在疟疾负担依然很重的地区,如撒哈拉以南的非洲地区,这一疫苗有可能被考虑使用。目前,研究者也在研究提高RTS,S/AS01的保护效果的策略,包括使用同一佐剂系统增加抗原种类,如基于多阶段、多抗原的RTS,S疫苗<sup>[9]</sup>,在RTS,S/AS01疫苗使用之前通过腺病毒表达CSP<sup>[10]</sup>。

其他几个红细胞前期候选疫苗也已经过临床前期和临床早期的研究开发<sup>[11]</sup>,包括重组亚单位蛋白疫苗、DNA疫苗和以病毒为载体的疫苗<sup>[6]</sup>。尽管部分疫苗联合强效应的佐剂似乎产生了较好的体液免疫或细胞免疫反应<sup>[12]</sup>,但临床试验未观察到疫苗有保护效果。在孢子攻击试验中,使用DNA疫苗或以病毒为载体的疫苗进行初免-加强免疫,观察到可以提高其免疫原性<sup>[13]</sup>。尽管已公开发表的文献表明,初免-加强免疫的疫苗免疫策略在临床试验中未能观察到保护效果,但是未公开发表的研究报告令人鼓舞,使用CSP和血液阶段抗原-裂殖子顶端膜抗原(apical membrane antigen 1, AMA1)的DNA疫苗初免和以病毒为载体的疫苗加强免疫,能完全保护25%人群不受感染(T. Richie 2011, personal communication)。研究者正在努力改善这些策略,以获得更持久的细胞免疫反应和更高水平的保护力,但是人体对疫苗免疫接种反应的多变化性使其难以达到。其他新的疫苗,如自我-组装多肽纳米颗粒CSP疫苗,临床前期研究结果表明该疫苗很有希望<sup>[14]</sup>。基因组学和蛋白质组学数据的挖掘使得能够鉴定新的红细胞前期疫苗候选蛋白,其中一些在动物模型的研究结果表明很有研发前景<sup>[15]</sup>。

## 2 红内期疟疾疫苗

多个红内期疟疾候选疫苗都是基于入侵性裂殖子表面的抗原和/或涉及入侵红细胞过程的抗原。使用这些抗原免疫接种有望刺激产生抗体,在血液阶段阻断入侵和减少疟原虫复制,降低临床发病的风险或严重性。裂殖子表面蛋白1(merozoite surface protein 1, MSP1)是最有特点的裂殖子表面蛋白,第一个被选为疫苗进行开发。临床试验发现<sup>[16]</sup>,自然获得的针对MSP1的抗体抑制裂殖子入侵红细胞,能够保护研究对象不发生疟疾,是一种潜在的候选疫苗。一种基于MSP1的疫苗,其佐剂和RTS,S相同,马里国家的成人接种MSP1疫苗后,产生的特异性抗体能够识别恶性疟原虫株的MSP1<sup>[17]</sup>,但是肯尼亚儿童接种该疫苗后,对临床疟疾没有保护效果<sup>[18]</sup>。

AMA1是位于裂殖子的顶端复合体。AMA1被认为在入侵

红细胞阶段发挥重要作用,而且在入侵肝细胞时可能发挥类似作用。体外试验表明,自然获得的针对AMA1的抗体能够抑制疟原虫入侵红细胞<sup>[19]</sup>,临床试验表明其具有保护效果<sup>[20]</sup>。动物模型研究表明抗AMA1抗体的抑制作用具有株特异性<sup>[19]</sup>,这些结果被后续的对偶基因交换试验所证实<sup>[21-22]</sup>。

目前有2种AMA1疫苗的研发已进入人体临床效果评价阶段。基于2种不同形式的AMA1联合氢氧化铝佐剂的一双价疫苗,经临床试验评价,发现该疫苗不能够保护研究对象免于患寄生虫血症或感染疟疾后发病<sup>[23]</sup>。这一令人失望的研究结果,以及随后的基于MSP1的疫苗和其他红内期疟疾疫苗不能保护研究对象不发生疟疾,促使了研究者逐渐放弃亚单位红内期疟疾疫苗的研发。但是,另一单价AMA1疫苗联合与RTS,S相同的佐剂,同样接种非洲儿童,发现其具有较高的免疫原性<sup>[24]</sup>。尽管这一疫苗不能防止试验性子孢子攻击感染,但是显示有微弱的保护其不发病,该疫苗具有很强的株特异性,能够将与AMA1同源性的疟原虫感染导致的疟疾发病风险降低60%以上<sup>[25]</sup>。这一令人鼓舞的结果,以及此后对MSP3的Ib期临床试验数据的调查分析<sup>[26]</sup>,重燃了红内期疟疾疫苗领域的研究希望,提示有可能开发出更广泛有效的多价或嵌合型新一代AMA1疫苗。

## 3 传播阻断型疫苗(transmission-blocking vaccines, TBVs)

该类疫苗设计以配子体或之后的蚊虫生长阶段的独特分子为靶标,阻断疟原虫的传播。针对这些靶标的抗体能够阻断蚊虫中疟原虫生长,从而阻断传播。设计针对多种疟原虫的疫苗比较少见,研究者设计了基于恶性疟原虫和卵形疟原虫的蚊虫生长阶段的蛋白,结果表明,该疫苗刺激产生了传播阻断活性,其传播阻断效应与免疫血清呈剂量依赖性<sup>[27]</sup>。但是该疫苗佐剂为Montanide ISA51,因其引起的抗体水平不高而不被接受。随着近几年全球消除疟疾计划的启动,传播阻断型疫苗愈来愈被重视。

尽管高效的红细胞前期疟疾疫苗传统意义上被认为不属于传播阻断型疫苗,但这种疫苗可提供无虫免疫,也能够起到干扰传播的作用。

## 4 多阶段、多抗原疫苗

人体病原体中,针对病毒、细菌感染都不断开发出相应的疫苗,但由于疟原虫抗原多且抗原成分复杂,诱导人体产生相对复杂、多方面的免疫反应,单一抗原成分的疫苗免疫效果较差。因此,回顾以前开发出的多种候选疟疾疫苗都最终失败,尤其是面对其他型疟原虫的天然攻击。多阶段、多抗原复合疫苗是研究的重点。近几年来,科学家们已进行多种尝试,通过研发多阶段、多抗原疫苗,来改善单一抗原效果不足的缺陷。比较早开发的是SP66,是一种合成疫苗,源于红内期抗原MSP1的肽组成,MSP1与红细胞前期抗原CSP的中间复制区连接。尽管前期在南非开展的临床试验效果评价取得令人欣喜的结果<sup>[28]</sup>,但之后在非洲和亚洲的进一步研究表明没有明显的保护效果<sup>[29-30]</sup>。另一项研究也以失败而告终,该研究以牛痘病毒为载体表达7种恶性疟原虫的基因,但是免疫原性和保护

效果都有限<sup>[31]</sup>。Kumar等<sup>[32]</sup>试图开发包括恶性疟原虫15个基因的DNA疫苗,同样也不成功。

由于RTS,S疫苗能够一定程度上预防疟疾的发生,红内期疫苗使用与RTS,S类似的佐剂系统能够刺激产生株特异性抗体,因此构建多阶段、多抗原重组蛋白,提高RTS,S的保护效果是值得探索的。

## 5 全虫疫苗(whole-organism vaccines)

尽管减毒活疫苗是最早的,对于其他很多病原体来说,目前依然是最好的疫苗形式。在早期疟疾疫苗的研究中,减毒活疫苗在鸟类和猴子动物模型中观察到保护效果<sup>[33]</sup>。在20世纪70年代,通过辐射减毒的子孢子疫苗也观察到保护效果<sup>[34]</sup>,但该研究不是开发疟疾疫苗的直接途径,仅证明减毒活疫苗有可能,这些研究所获得的有限的成功导致对通过辐射减毒的子孢子疫苗研发工作需重新评估,蚊虫体内不可能生产减毒子孢子疫苗<sup>[35]</sup>。有研究称,已从无菌饲养的蚊虫体内产生并纯化一种通过辐射减毒的、有代谢活性的、非复制的子孢子疫苗,通过人体实验性子孢子攻击试验,对其安全性和效果进行评价<sup>[36]</sup>。该研究的目的是观察通过注射途径接种免疫原,然后通过至少1000只辐射过的蚊虫叮咬,证明有90%的保护效果(消除性免疫)。通过皮内或皮下注射子孢子疫苗未观察到明显的保护效果。但是,在猴子的模型上观察到,静脉注射子孢子疫苗产生了较高的免疫原性,但皮下注射未观察到<sup>[37]</sup>。

通过以上方法获得高效红细胞前期的全虫是很有前景的。目前正在通过各种努力,改善疫苗接种途径,使得减毒子孢子能够有效进入血液循环,动物模型研究初步表明,静脉注射途径比较可行。通过对子孢子进行基因减毒,替代辐射减毒,早期试验发现,尽管减毒不充分,导致之后的突发感染,使得这一方法中途停止<sup>[38]</sup>,但目前仍在对其进行探索研究。

美国马里兰大学疫苗研发中心正在进行一项试验,皮内注射恰当数量的子孢子成功感染人<sup>[39]</sup>,替代蚊虫叮咬。通过这一有效途径,今后对于试验性疫苗以及药物来说,不仅在昆虫研究中心,而且在任何一家疟疾临床实验机构,包括那些疟疾流行的国家,实验性攻击试验可能变成常规,使得疟疾疫苗的效果评价试验更易进行。

## 6 展望

2006年12月4日,WHO在曼谷举行的全球疫苗研究论坛上,呼吁采取联合行动,加快研制和批准使用一种高效的疟疾疫苗。同时将启动一项新的全球战略,即“疟疾疫苗技术路线图”<sup>[40]</sup>。该项计划的最终目标是:在2025年之前研制出一种具有80%以上预防效果,并有4年以上保护作用的疟疾疫苗。暂定目标是:于2015年之前研制成功和批准使用第一代具有1年以上保护作用,且有50%以上预防效果的疟疾疫苗。WHO于2013年11月14日正式发布了旨在预防和消除疟疾的《2013疟疾疫苗技术路线图》,根据这份路线图,一种可将疟疾发病率降低四分之三、并且能够根除这一传染性疾病的疫苗有望在2030年前获得生产和使用许可<sup>[41]</sup>。尽管至今尚无成熟疫苗推入市场,但一些候选疫苗已进入临床试验,并产生了非常有希望的结果。目前临床进展最快的疫苗RTS,S/AS01已进入III期临

床试验,如果获得成功,将有望上市并成为第一种研制成功的疟疾疫苗。随着蛋白技术、基因技术的发展,对疟原虫抗原和免疫机制的认识不断深入,不久的将来,人类将成功设计出有效的疟疾疫苗。

## 参考文献

- [1] World Health Organization. World malaria report 2011[R]. Geneva: WHO, 2011:12.
- [2] 周家莲,杨恒林. 抗疟药研究现状与发展趋势[J]. 中国病原生物学杂志, 2008, 11(3): 865-867.
- [3] 郑春福,陈雅棠. 疟疾核酸免疫的研究进展[J]. 国外医学寄生虫病分册, 2000, 27(1): 7-11.
- [4] Ballou WR, Rothbard J, Wirtz RA, et al. Immunogenicity of synthetic peptides from circumsporozoite protein of *Plasmodium falciparum*[J]. Science, 1985, 228(4702): 996-999.
- [5] Alonso PL, Sacarlal J, Aponte JJ, et al. Efficacy of the RTS, S/AS02A vaccine against *Plasmodium falciparum* infection and disease in young African children: randomised controlled trial[J]. Lancet, 2004, 364(9443): 1411-1420.
- [6] Bejon P, Lusingu J, Olotu A, et al. Efficacy of RTS, S/AS01E vaccine against malaria in children 5 to 17 months of age[J]. N Engl J Med, 2008, 359(24): 2521-2532.
- [7] Sacarlal J, Aide P, Aponte JJ, et al. Long-term safety and efficacy of the RTS, S/AS02A malaria vaccine in Mozambican children[J]. J Infect Dis, 2009, 200(3): 329-336.
- [8] 季敏. RTS,S/AS01疟疾疫苗III期临床研究取得积极结果[J]. 国际生物制品学杂志, 2011, 22(6): 296-296.
- [9] Heppner DG Jr, Kester KE, Ockenhouse CF, et al. Towards an RTS,S-based, multi-stage, multiantigen vaccine against falciparum malaria: progress at the Walter Reed Army Institute of Research[J]. Vaccine, 2005, 23(17/18): 2243-2250.
- [10] Stewart VA, McGrath SM, Dubois PM, et al. Priming with an adenovirus 35-circumsporozoite protein (CS) vaccine followed by RTS, S/AS01B boosting significantly improves immunogenicity to *Plasmodium falciparum* CS compared to that with either malaria vaccine alone[J]. Infect Immun, 2007, 75(5): 2283-2290.
- [11] World Health Organization. Initiative for vaccine research: malaria vaccines. 2010 [EB/OL]. [2011-08-17]. Available at [http://www.who.int/vaccine\\_research/links/Rainbow/en/index.html](http://www.who.int/vaccine_research/links/Rainbow/en/index.html).
- [12] Cummings JF, Spring MD, Schwenk RJ, et al. Recombinant liver stage antigen-1 (LSA-1) formulated with AS01 or AS02 is safe, elicits high titer antibody and induces IFN-gamma/IL-2 CD4+ T cells but does not protect against experimental *Plasmodium falciparum* infection[J]. Vaccine, 2010, 28(31): 5135-5144.
- [13] Hill AV, Reyes-Sandoval A, O'Hara G, et al. Prime-boost vectored malaria vaccines: progress and prospects[J]. Hum Vaccin, 2010, 6(1): 78-83.
- [14] Kaba SA, Brando C, Guo Q, et al. A nonadjuvanted polypeptide nanoparticle vaccine confers longlasting protection against rodent malaria[J]. J Immunol, 2009, 183(11): 7268-7277.
- [15] Bergmann-Leitner ES, Mease RM, de La Vega P, et al. Immunization with pre-erythrocytic antigen CelTOS from *Plasmodium falciparum* elicits cross-species protection against heterologous



- challenge with *Plasmodium berghei* [J]. PLoS One, 2010, 5 (8) : e12294.
- [16] Riley EM, Allen SJ, Wheeler JG, et al. Naturally acquired cellular and humoral immune responses to the major merozoite surface antigen (PfMSP1) of *Plasmodium falciparum* are associated with reduced malaria morbidity [J]. Parasite Immunol, 1992, 14 (3) : 321-337.
- [17] Thera MA, Doumbo OK, Coulibaly D, et al. Safety and allele-specific immunogenicity of a malaria vaccine in Malian adults: results of a phase I randomized trial [J]. PLoS Clin Trials, 2006, 1 (7):e34.
- [18] Ogutu BR, Apollo OJ, McKinney D, et al. Blood stage malaria vaccine eliciting high antigenspecific antibody concentrations confers no protection to young children in Western Kenya [J]. PLoS One, 2009, 4(3):e4708.
- [19] Hodder AN, Crewther PE, Anders RF. Specificity of the protective antibody response to apical membrane antigen 1 [J]. Infect Immun, 2001, 69(5):3286-3294.
- [20] Polley SD, Mwangi T, Kocken CH, et al. Human antibodies to recombinant protein constructs of *Plasmodium falciparum* apical membrane antigen 1 (AMA1) and their associations with protection from malaria [J]. Vaccine, 2004, 23(5):718-728.
- [21] Dutta S, Lee SY, Batchelor AH, et al. Structural basis of antigenic escape of a malaria vaccine candidate [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2007, 104(30):12488-12493.
- [22] Healer J, Murphy V, Hodder AN, et al. Allelic polymorphisms in apical membrane antigen-1 are responsible for evasion of antibody-mediated inhibition in *Plasmodium falciparum* [J]. Mol Microbiol, 2004, 52(1):159-168.
- [23] Sagara I, Dicko A, Ellis RD, et al. A randomized controlled phase 2 trial of the blood stage AMA1-C1/Alhydrogel malaria vaccine in children in Mali [J]. Vaccine, 2009, 27(23):3090-3098.
- [24] Thera MA, Doumbo OK, Coulibaly D, et al. Safety and immunogenicity of an AMA1 malaria vaccine in Malian children: results of a phase 1 randomized controlled trial [J]. PLoS One, 2010, 5(2):e9041.
- [25] Thera MA, Doumbo OK, Coulibaly D, et al. A field trial to assess a blood-stage malaria vaccine [J]. N Engl J Med, 2011, 365 (11) : 1004-1013.
- [26] Sirima SB, Cousens S, Druilhe P. Protection against malaria by MSP3 candidate vaccine [J]. N Engl J Med, 2011, 365 (11) : 1062-1064.
- [27] Wu Y, Ellis RD, Shaffer D, et al. Phase I trial of malaria transmission blocking vaccine candidates Pfs25 and Pvs25 formulated with montanide ISA 51 [J]. PLoS One, 2008, 3 (7) : e2636.
- [28] Valero MV, Amador LR, Galindo C, et al. Vaccination with SPf66, a chemically synthesized vaccine, against *Plasmodium falciparum* malaria in Colombia [J]. Lancet, 1993, 341 (8847) : 705-710.
- [29] D'Alessandro U, Leach A, Drakeley CJ, et al. Efficacy trial of malaria vaccine SPf66 in Gambian infants [J]. Lancet, 1995, 346 (8973):462-467.
- [30] Alonso PL, Smith T, Schellenberg JR, et al. Randomised trial of efficacy of SPf66 vaccine against *Plasmodium falciparum* malaria in children in southern Tanzania [J]. Lancet, 1994, 344 (8931) : 1175-1181.
- [31] Ockenhouse CF, Sun PF, Lanar DE, et al. Phase I/II a safety, immunogenicity, and efficacy trial of NYVAC-PI7, a pox-vectored, multiantigen, multistage vaccine candidate for *Plasmodium falciparum* malaria [J]. J Infect Dis, 1998, 177(6):1664-1673.
- [32] Kumar S, Epstein JE, Richie TL, et al. A multilateral effort to develop DNA vaccines against falciparum malaria [J]. Trends Parasitol, 2002, 18(3):129-135.
- [33] Freund J, Thomson KJ, Sommer HE, et al. Immunization of rhesus monkeys against malarial infection (*P. knowlesi*) with killed parasites and adjuvants [J]. Science, 1945, 102(2643):202-204.
- [34] Clyde DF, Most H, McCarthy VC, et al. Immunization of man against sporozite-induced falciparum malaria [J]. Am J Med Sci, 1973, 266(3):169-177.
- [35] Luke TC, Hoffman SL. Rationale and plans for developing a non-replicating, metabolically active, radiation-attenuated *Plasmodium falciparum* sporozoite vaccine [J]. J Exp Biol, 2003, 206 (Pt 21) : 3803-3808.
- [36] Hoffman SL, Billingsley PF, James E, et al. Development of a metabolically active, nonreplicating sporozoite vaccine to prevent *Plasmodium falciparum* malaria [J]. Hum Vaccin, 2010, 6 (1) : 97-106.
- [37] Epstein JE, Tewari K, Lyke KE, et al. Live attenuated malaria vaccine designed to protect through hepatic CD8<sup>+</sup> T cell immunity [J]. Science, 2011, 334(6055):475-480.
- [38] VanBuskirk KM, O'Neill MT, de La Vega P, et al. Preerythrocytic, live-attenuated *Plasmodium falciparum* vaccine candidates by design [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2009, 106(31) : 13004-13009.
- [39] Lyke KE, Laurens M, Adams M, et al. *Plasmodium falciparum* malaria challenge by the bite of aseptic *Anopheles stephensi* mosquitoes: results of a randomized infectivity trial [J]. PLoS One, 2010, 5(10):e13490.
- [40] Program for Appropriate Technology in Health (PATH), Accelerating Progress Toward Malaria Vaccines [M]. Bethesda, MD: PATH, 2007.
- [41] World Health Organization. New malaria vaccines roadmap targets next generation products by 2030 [EB/OL]. [2013-11-14]. Available at <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/malaria-vaccines-20131114/en/>.