

# 中国鼠疫自然疫源地分型研究

## VI. 鼠疫媒介生物学特征

龚正达 于心 刘起勇 叶瑞玉 鲁亮 许磊 张金桐 李超 白学礼 方喜业

**【摘要】** 目的 研究中国鼠疫自然疫源地鼠疫媒介生物学特征。方法 应用昆虫分类学技术, 鉴定整理中国鼠疫媒介种属和宿主关系及其区系分布; 通过微生物学、昆虫生态学综合实验, 了解鼠疫媒介在中国鼠疫自然疫源地的生态作用和生物学特征。结果 中国鼠疫媒介有 63 种, 其中主要媒介 28 种, 次要媒介 35 种。结论 明确了中国鼠疫主要媒介在鼠疫自然疫源地的生态作用和生物学特征。

**【关键词】** 鼠疫主要媒介; 鼠疫次要媒介

**Ecological-geographic landscapes of natural plague foci in China VI. biological characteristics of natural vectors of *Yersinia pestis*** GONG Zheng-da<sup>1</sup>, YU Xin<sup>2</sup>, LIU Qi-yong<sup>3</sup>, YE Rui-yu<sup>2</sup>, LU Liang<sup>3</sup>, XU Lei<sup>4</sup>, ZHANG Jin-tong<sup>5</sup>, LI Chao<sup>6</sup>, BAI Xue-li<sup>7</sup>, FANG Xi-ye<sup>8</sup>. 1 Yunnan Institute of Endemic Disease Control and Prevention, Dali 671000, China; 2 Xinjiang Uygur Autonomous Regional Center for Disease Control and Prevention; 3 National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention; 4 Institute of Zoology of Chinese Academy of Sciences, State Key Laboratory for Infectious Disease Prevention and Control; 5 Institute of Microbiology and Epidemiology, Academy of Military Medical Sciences; 6 Qinghai Institute of Endemic Disease Control and Prevention; 7 Ningxia Institute of Endemic Disease Control and Prevention; 8 Institute of Laboratory Animal Sciences of Chinese Academy of Medical Sciences, Compared Medical Research Center of Peking Union Medical College

Corresponding authors: FANG Xi-ye, Email: xiye Fang@hotmail.com; LIU Qi-yong, Email: liuqi yong@icdc.cn

This work was supported by a grant from the National Science and Technology Mega-Projects of China (No. 2008ZX10004-010).

**【Abstract】** **Objective** To characterize the biological characteristics of natural vectors of *Yersinia (Y.) pestis* in China. **Methods** Species and genera of natural vectors of *Y. pestis* in China and their faunal distribution were characterized with modern insect taxonomic techniques. The ecological roles of natural vectors of *Y. pestis* in natural plague foci were determined according to insect ecological experiments. **Results** There were 63 species of natural vectors of *Y. pestis* including 28 major reservoirs and 35 secondary ones. **Conclusion** The biology characteristics of major vectors on *Y. pestis* and their roles in natural plague foci were defined.

**【Key words】** *Yersinia pestis*, major vectors; *Yersinia pestis*, secondary vectors

鼠疫生物群落是一个有机整体, 包括鼠疫主要宿主和媒介以及鼠疫菌主要基因组型, 它们在进化中互相依赖、互相制约、相互适应、同步进化, 形成了

鼠疫生物地理群落即鼠疫自然疫源地。鼠疫主要媒介具有传播鼠疫菌的特异性结构与功能, 携带鼠疫菌在其宿主之间, 维持鼠疫自然疫源性和生物群落的延续<sup>[1-5]</sup>。鼠疫媒介是鼠疫生物群落不可或缺的成员, 如失去媒介的联系及其生物群落中的生态作用, 鼠疫生物群落自然环节将中断和解体, 鼠疫自然疫源地将不复存在。研究鼠疫自然疫源地的鼠疫媒介生态作用和生物学特征, 对揭示鼠疫生物学基本规律具有实践和理论意义。

### 资料与方法

#### 1. 研究资料: 来自中国(除台湾省)鼠疫自然疫

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.08.014

基金项目: 国家科技重大专项(2008ZX10004-010)

作者单位: 671000 大理, 云南省地方病防治研究所(龚正达); 新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心(于心、叶瑞玉); 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(刘起勇、鲁亮); 中国科学院动物研究所(许磊); 中国军事医学科学院微生物流行病研究所(张金桐); 青海省地方病防治所(李超); 宁夏回族自治区疾病预防控制中心(白学礼); 中国医学科学院实验动物研究所北京协和医学院比较医学研究中心(方喜业)

龚正达 (Email: gongzd@126.com)、于心、方喜业同为第一作者

通信作者: 方喜业, Email: xiye Fang@hotmail.com; 刘起勇, Email: liuqi yong@icdc.cn

源地信息资料(包括鼠疫主要宿主和媒介、鼠疫菌主要基因组型、鼠疫生物地理群落的分布)、中国综合自然地理环境资料和中国综合自然地理、植被、动物区划及动物地理、哺乳动物分布等资料<sup>[1-10]</sup>。

2. 研究方法:

(1)鼠疫主要媒介分类方法及指征标准:①鼠疫主要媒介是指在鼠疫宿主之间,承担传播鼠疫菌,维护鼠疫生物地理群落自然循环的作用;②具备传播鼠疫菌的特异性形态结构与功能;③鼠疫主要媒介与主要宿主分布基本相同;④适应不同宿主在特定季节、特定温湿度环境条件下形成鼠疫菌栓传播鼠疫的机制;⑤具有主动寻求宿主,并对不同宿主选择性和适应环境的本能;⑥适应异温动物(旱獭、黄鼠)体温变化及其活动期、冬眠期“三高”(高原、高寒、高旱)环境生态变化,适应常温动物(沙鼠)机体昼夜温差和温暖干旱栖息环境及家鼠(田鼠)温暖湿润栖息环境特征的变化;⑦对维持鼠疫自然疫源性和生物地理群落延续发挥重要作用<sup>[1-9]</sup>。

(2)鼠疫次要媒介分类方法及指征标准:①是鼠疫生物地理群落次要成员,虽可在媒介体内分离到鼠疫菌,但基本不具备鼠疫主要媒介的生物学特征;②对维持鼠疫自然疫源性和生物群落延续基本不发挥作用<sup>[1-9]</sup>。

结 果

1. 中国鼠疫媒介种群组成:根据1945—2010年全国鼠疫疫源地普查、各鼠疫自然疫源地鼠疫疫情监测所获得的资料统计,中国鼠疫媒介有63种。其中主要媒介(蚤)28种,次要媒介35种(蚤26、蜱4、螨3、虱2种)。

2. 中国鼠疫媒介与宿主关系:见表1。

3. 中国鼠疫主要媒介和宿主的分布:

(1)谢氏山蚤、斧形盖蚤主要宿主是旱獭。主要分布于A天山森林草原灰旱獭长尾黄鼠疫源地型;B帕米尔高原南天山高寒草原长尾旱獭灰旱獭疫源地型;C青藏高原高寒草甸草原高寒草原喜马拉雅旱獭疫源地型;D蒙古高原典型草原西伯利亚旱獭达乌尔黄鼠疫源地型(图1)。

(2)方形黄鼠蚤松江亚种、方形黄鼠蚤蒙古亚种和方形黄鼠蚤七河亚种主要宿主是达乌尔黄鼠、阿拉善黄鼠、长尾黄鼠。分布于E察哈尔丘陵松辽平原典型草原达乌尔黄鼠疫源地型;F甘宁黄土高原荒漠草原阿拉善黄鼠疫源地型;A天山森林草原灰旱獭长尾黄鼠疫源地型(图2)。

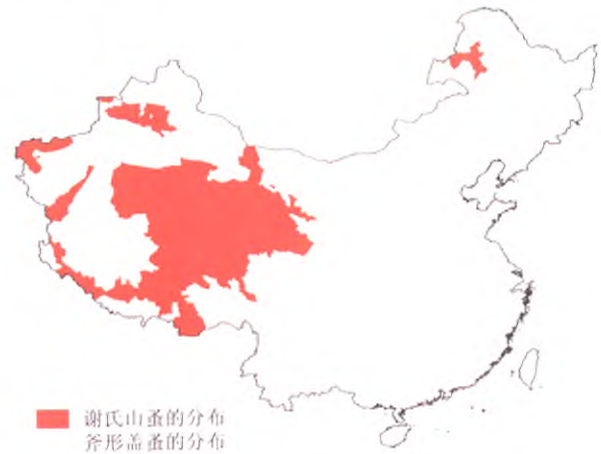


图1 我国鼠疫自然疫源地主要媒介谢氏山蚤和斧形盖蚤的分布

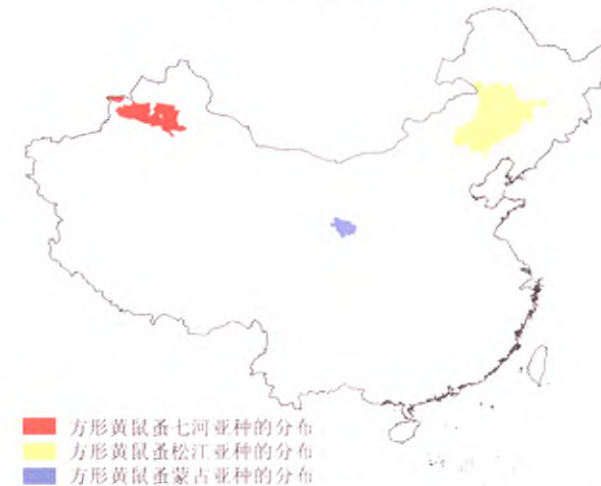


图2 我国鼠疫自然疫源地主要媒介方形黄鼠蚤七河亚种、松江亚种、蒙古亚种的分布

(3)同形客蚤指名亚种、秃病蚤蒙冀亚种和近代新蚤东方亚种主要宿主是长爪沙鼠。分布于G蒙古高原荒漠草原长爪沙鼠疫源地型(图3)。

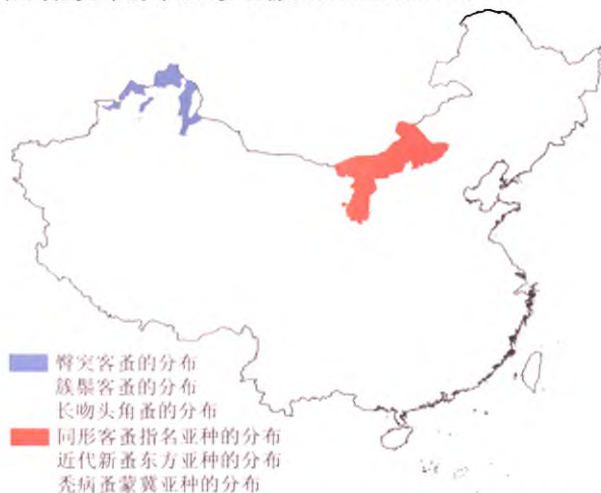


图3 我国鼠疫自然疫源地主要媒介同形客蚤指名亚种、近代新蚤东方亚种、秃病蚤蒙冀亚种、臀突客蚤、簇鬃客蚤、长吻头角蚤的分布

表 1 中国鼠疫媒介(63 种)及鼠疫宿主种群组成

媒介	宿 主
人蚤( <i>Pulex irritans</i> ) <sup>*</sup>	灰旱獭, 喜马拉雅旱獭, 黄胸鼠, 齐氏姬鼠, 家犬, 狐, 豺, 貉, 山羊, 猪, 鸟类和人
长吻角头蚤( <i>Echidnophaga oschanini</i> ) <sup>*†</sup>	大沙鼠, 红尾沙鼠, 短耳沙鼠, 三趾跳鼠, 长爪沙鼠
猫栉首蚤指名亚种( <i>Ctenocephalides felis felis</i> )	家猫, 野猫, 家犬, 黄鼬, 貉, 果子狸, 家兔, 野兔, 树鼩和黄胸鼠
印鼠客蚤( <i>Xenopsylla cheopis</i> ) <sup>*†</sup>	黄胸鼠, 褐家鼠, 小家鼠, 斯氏家鼠, 达乌尔黄鼠, 黑线姬鼠和黑线仓鼠
同形客蚤指名亚种( <i>Xenopsylla conformis conformis</i> ) <sup>*†</sup>	子午沙鼠, 红尾沙鼠, 桤柳沙鼠, 长爪沙鼠, 郑氏沙鼠, 短耳沙鼠, 大沙鼠, 小毛足鼠, 灰仓鼠和小家鼠
簇鬃客蚤( <i>Xenopsylla skrjabini</i> ) <sup>*†</sup>	大沙鼠, 长爪沙鼠, 子午沙鼠, 红尾沙鼠, 灰仓鼠, 小五趾跳鼠和小家鼠
臀突客蚤( <i>Xenopsylla minax</i> ) <sup>*†</sup>	大沙鼠, 子午沙鼠, 红尾沙鼠, 长爪沙鼠, 虎鼬, 蒙古兔, 西北利亚五趾跳鼠、狐狸
野切棒蚤( <i>Lentistivulus ferinus</i> )	大臭鼩, 黄胸鼠, 斯氏家鼠, 小家鼠和短尾鼩
无孔微棒蚤( <i>Stivalius aporus</i> )	黄胸鼠, 锡金小鼠, 卡氏小鼠, 青毛鼠和板齿鼠
叶状切棒蚤突高亚种( <i>Coptosylla lamellifer ardua</i> )	大沙鼠, 长爪沙鼠, 子午沙鼠, 红尾沙鼠
二齿新蚤( <i>Neopsylla bidentatiformis</i> ) <sup>*</sup>	达乌尔黄鼠, 黑线姬鼠, 大仓鼠, 长尾仓鼠, 灰仓鼠
红羊新蚤( <i>Neopsylla hongyangensis</i> )	长尾仓鼠, 高原鼠兔, 间颅鼠兔, 红耳鼠兔, 甘肃麝鼠, 五趾跳鼠, 小家鼠, 褐家鼠, 喜马拉雅旱獭, 大林姬鼠和社鼠
宽新蚤( <i>Neopsylla mana</i> )	长尾黄鼠, 灰旱獭, 赤颊黄鼠, 灰仓鼠, 小林姬鼠, 根田鼠, 普通田鼠, 棕背鼯和白尾松田鼠
近代新蚤东方亚种( <i>Neopsylla pleskei orientalis</i> ) <sup>*†</sup>	灰仓鼠, 红尾沙鼠, 子午沙鼠, 长爪沙鼠和布氏田鼠
盔状新蚤( <i>Neopsylla galea</i> )	黑线仓鼠, 大仓鼠, 达乌尔黄鼠, 长爪沙鼠, 长尾仓鼠, 灰仓鼠, 五指跳鼠, 间颅鼠兔, 甘肃麝鼠和毛足鼠
特新蚤指名亚种( <i>Neopsylla specialis specialis</i> ) <sup>*†</sup>	齐氏姬鼠, 大绒鼠, 大耳姬鼠, 中华姬鼠, 滇绒鼠, 斯氏家鼠, 褐家鼠, 灰麝鼠, 巢鼠, 社鼠和锡金小鼠
阿巴盖新蚤( <i>Neopsylla abagaitui</i> ) <sup>*</sup>	阿拉善黄鼠, 达乌尔黄鼠, 达乌尔鼠兔, 高原鼠兔, 红耳鼠兔, 五趾跳鼠, 长爪沙鼠, 长尾仓鼠, 根田鼠, 喜马拉雅旱獭和艾鼯
低地狭臀蚤( <i>Stenischia humilis</i> )	齐氏姬鼠, 大绒鼠, 大耳姬鼠, 大足鼠, 黄胸鼠, 斯氏家鼠, 社鼠, 黑腹绒鼠和背纹鼩鼯
锐额狭臀蚤( <i>Stenischia angustifrontis</i> ) <sup>*</sup>	滇绒鼠, 西南绒鼠, 大绒鼠, 齐氏姬鼠, 中华姬鼠
腹窦纤蚤深广亚种( <i>Rhadinopsylla liventricosa</i> ) <sup>*</sup>	灰旱獭, 长尾黄鼠, 喜马拉雅旱獭, 根田鼠, 白尾松田鼠
吻短纤蚤( <i>Rhadinopsylla dives</i> )	长爪沙鼠, 小毛足鼠, 长尾仓鼠, 达乌尔鼠兔, 黑线仓鼠, 达乌尔黄鼠, 黑线姬鼠和黑唇鼠兔
不常纤蚤( <i>Rhadinopsylla insolita</i> )	黑线仓鼠, 大仓鼠, 小家鼠, 长爪沙鼠, 小毛足鼠, 达乌尔黄鼠和黑线姬鼠
弱纤蚤( <i>Rhadinopsylla tenella</i> )	长爪沙鼠, 黑线仓鼠, 小家鼠, 大仓鼠, 黑线姬鼠, 大林姬鼠, 褐家鼠, 达乌尔黄鼠和小毛足鼠
五侧纤蚤近邻亚种( <i>Rhadinopsylla dahurica vicina</i> )	达乌尔鼠兔, 根田鼠, 东方田鼠, 普通田鼠, 布氏田鼠, 青海田鼠, 高原鼠兔, 间颅鼠兔, 高原松田鼠和藏鼠兔
宽圆纤蚤( <i>Rhadinopsylla rothschildi</i> )	长爪沙鼠, 黑线仓鼠, 布氏田鼠, 狭额田鼠, 达乌尔黄鼠和红背鼯
方叶栉眼蚤( <i>Ctenophthalmus quadratus</i> )	大绒鼠, 齐氏姬鼠, 滇绒鼠, 昭通绒鼠, 短尾鼩, 白腹鼠, 中华姬鼠, 大耳姬鼠, 斯氏家鼠, 卡氏小鼠和大足鼠
缓慢细蚤( <i>Leptopsylla segnis</i> ) <sup>*</sup>	黄胸鼠, 褐家鼠, 齐氏姬鼠, 红颊长吻松鼠, 黑腹绒鼠, 巢鼠, 大足鼠, 小家鼠和白腹鼠
多刺细蚤( <i>Leptopsylla pavlovskii</i> )	黑线毛足鼠, 小毛足鼠, 短尾仓鼠, 达乌尔黄鼠, 长爪沙鼠, 布氏田鼠和羽尾跳鼠
迟钝中蚤指名亚种( <i>Mesopsylla hebes hebes</i> )	长爪沙鼠, 五趾跳鼠, 三趾跳鼠, 羽尾跳鼠, 毛足鼠, 长耳跳鼠, 大沙鼠, 子午沙鼠, 黑线仓鼠, 灰仓鼠和达乌尔黄鼠
棕形额蚤指名亚种( <i>Frontopsylla spedix spadix</i> ) <sup>*</sup>	齐氏姬鼠, 大绒鼠, 黄胸鼠, 褐家鼠, 中亚鼠, 中华姬鼠
光亮额蚤( <i>Frontopsylla luculenta</i> ) <sup>*†</sup>	达乌尔黄鼠, 达乌尔鼠兔, 黄兔尾鼠, 布氏田鼠, 长爪沙鼠, 狭额田鼠, 喜马拉雅旱獭和鸟类
升额蚤波蒂斯亚种( <i>Frontopsylla elata botis</i> )	阿拉善黄鼠, 大林姬鼠, 黑线姬鼠, 棕背鼯和达乌尔黄鼠
似升额蚤指名亚种( <i>Frontopsylla elatoides elatoides</i> )	长尾黄鼠, 赤颊黄鼠, 灰仓鼠和灰旱獭
圆指额蚤指名亚种( <i>Frontopsylla wagneri wagneri</i> )	五趾跳鼠, 长爪沙鼠, 达乌尔黄鼠
圆指额蚤上位亚种( <i>Frontopsylla wagneri superjecta</i> )	五趾跳鼠, 子午沙鼠, 高原麝鼠, 长尾仓鼠和根田鼠
短跗鬃眼蚤( <i>Ophthalmopsylla kukuschkini</i> )	达乌尔黄鼠, 黑线仓鼠, 短耳仓鼠, 三趾跳鼠, 五趾跳鼠, 小毛足鼠, 灰仓鼠, 短尾仓鼠, 褐家鼠和小家鼠
角尖眼蚤指名亚种( <i>Ophthalmopsylla praefecta praefecta</i> ) <sup>*</sup>	五趾跳鼠, 三趾跳鼠, 羽尾跳鼠, 长爪沙鼠, 布氏田鼠, 达乌尔鼠兔, 短尾仓鼠, 黑线姬鼠和布氏田鼠
长突眼蚤( <i>Ophthalmopsylla kiritschenkoi</i> )	长爪沙鼠, 三趾跳鼠, 五趾跳鼠, 小毛足鼠, 黑线毛足鼠, 子午沙鼠, 长尾仓鼠, 黑线仓鼠, 短耳仓鼠, 灰仓鼠, 达乌尔鼠兔, 大沙鼠和东方田鼠
前凹眼蚤( <i>Ophthalmopsylla jettmari</i> )	长爪沙鼠, 荒漠毛足鼠, 三趾跳鼠, 达乌尔黄鼠, 小毛足鼠, 短耳仓鼠, 黑线仓鼠, 灰仓鼠, 五趾跳鼠, 黑线姬鼠和子午沙鼠
绒鼠怪蚤( <i>Paradoxopsyllus custodis</i> )	褐家鼠, 黄胸鼠, 大绒鼠, 中亚鼠, 大足鼠, 齐氏姬鼠, 高原鼠兔, 橙腹松鼠, 红颊长吻松鼠, 赤腹松鼠, 社鼠, 黑腹绒鼠
喉瘪怪蚤( <i>Paradoxopsyllus kalabukhovi</i> )	长爪沙鼠, 黄兔尾鼠, 白尾松田鼠和子午沙鼠
原双蚤指名亚种( <i>Amphipsylla primaris primaris</i> )	普通田鼠, 五趾跳鼠, 灰仓鼠, 黄兔尾鼠, 子午沙鼠, 银色山鼯, 根田鼠, 白尾松田鼠, 长尾仓鼠, 藏仓鼠, 灰旱獭, 青鼬和社鼠



续表 1 中国鼠疫媒介(63种)及鼠疫宿主种群组成

媒介	主要宿主
原双蚤田野亚种( <i>Amphipsylla primaris mitis</i> ) <sup>a,b</sup>	布氏田鼠, 黄兔尾鼠, 根田鼠, 长尾仓鼠, 子午沙鼠
直缘双蚤指名亚种( <i>Amphipsylla tuta tuta</i> ) <sup>a,b</sup>	青海田鼠, 白尾松田鼠, 根田鼠, 高原鼠兔, 达乌尔黄鼠, 藏仓鼠和喜马拉雅旱獭
谢氏山蚤( <i>Oropsylla silantiewi</i> ) <sup>a,b</sup>	喜马拉雅旱獭, 灰旱獭, 长尾旱獭, 草原旱獭, 狐, 香鼬, 艾鼬, 獾, 长尾黄鼠, 达乌尔黄鼠, 灰仓鼠, 藏仓鼠, 长尾黄鼠和北山羊
方形黄鼠蚤蒙古亚种( <i>Citellophilus tesquorum mongolicus</i> ) <sup>a,b</sup>	达乌尔黄鼠, 阿拉善黄鼠, 长爪沙鼠, 子午沙鼠, 长尾仓鼠, 黑线仓鼠, 赤颊黄鼠, 布氏田鼠和草原鼠兔等
方形黄鼠蚤七河亚种( <i>Citellophilus tesquorum deztysuensis</i> ) <sup>a,b</sup>	长尾黄鼠, 灰旱獭, 赤颊黄鼠和大沙鼠
方形黄鼠蚤松江亚种( <i>Citellophilus tesquorum sungaris</i> ) <sup>a,b</sup>	达乌尔黄鼠, 长爪沙鼠, 布氏田鼠, 大仓鼠和褐家鼠
矩凹黄鼠蚤原始亚种( <i>Citellophillus lebedewi princeps</i> ) <sup>a</sup>	长尾旱獭, 蒙古兔, 大耳鼠兔和灰仓鼠
斧形盖蚤( <i>Callopsylla dolabris</i> ) <sup>a</sup>	喜马拉雅旱獭, 灰旱獭, 长尾黄鼠, 獾, 雪豹, 艾鼬, 齐氏姬鼠, 长尾仓鼠, 灰仓鼠, 藏鼠兔, 根田鼠, 社鼠和白腹巨鼠
细钩盖蚤( <i>Callopsylla sparsilis</i> ) <sup>a</sup>	青海田鼠, 松田鼠, 根田鼠, 白尾松田鼠, 藏仓鼠, 藏鼠兔, 喜马拉雅旱獭, 大林姬鼠, 西南绒鼠, 黄鼬, 大耳姬鼠, 社鼠, 褐家鼠和乌
秃病蚤田鼠亚种( <i>Nosopsyllus laeviceps ellobii</i> ) <sup>a</sup>	长爪沙鼠, 子午沙鼠, 小毛足鼠, 黄兔尾鼠, 长尾仓鼠和五趾跳鼠
秃病蚤蒙冀亚种( <i>Nosopsyllus laeviceps kuzenkovi</i> ) <sup>a,b</sup>	长爪沙鼠, 短耳仓鼠, 黑线仓鼠, 黄兔尾鼠, 赤狐和褐家鼠
不等单蚤( <i>Monopsyllus anisus</i> ) <sup>a</sup>	黄胸鼠, 褐家鼠, 大足鼠, 斯氏家鼠, 小家鼠, 齐氏姬鼠, 黄毛鼠, 青毛鼠, 树鼩, 赤腹松鼠, 麝鼩和黄鼬
草原硬蜱( <i>Ixodes crenulatus</i> )	灰旱獭, 喜马拉雅旱獭
草原血蜱( <i>Haemaphysalis veritacius</i> )	黄鼠, 长爪沙鼠
草原革蜱( <i>Dermacentor nuttalli</i> )	黄鼠
血红扇头蜱( <i>Rhipicephalus sanguineus</i> )	旱獭
毒厉螨( <i>Laelaps echidninus</i> )	子午沙鼠, 红尾沙鼠, 怪柳沙鼠, 长爪沙鼠, 郑氏沙鼠, 短耳沙鼠, 大沙鼠, 小毛足鼠, 灰仓鼠和小家鼠
仓鼠真厉螨( <i>Eulaelaps cricetuli</i> )	大沙鼠, 长爪沙鼠, 子午沙鼠, 红尾沙鼠, 灰仓鼠, 小五趾跳鼠和小家鼠
阿尔及利亚厉螨( <i>Laelaps algericus</i> )	不详
古北拟颚虱( <i>Linognathoides palaeartus</i> )	旱獭
光滑拟颚虱( <i>Linognathoides laeiusculus</i> )	黄鼠

注:<sup>a</sup>主要媒介蚤; <sup>b</sup>特异媒介蚤

(4)臂突客蚤、长吻角头蚤和簇鬃客蚤主要宿主是大沙鼠。分布于H准噶尔盆地荒漠大沙鼠疫源地型(图3)。

(5)细钩盖蚤和直缘双蚤指名亚种主要宿主是青海田鼠。分布于I青藏高原高寒草甸草原青海田鼠疫源地型(图4)。

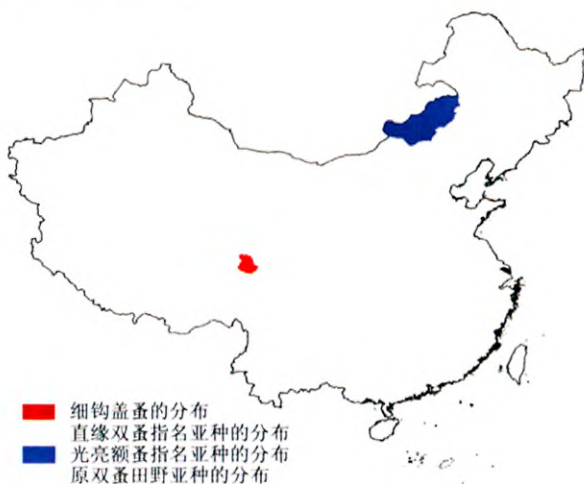


图4 我国鼠疫自然疫源地主要媒介细钩盖蚤、直缘双蚤指名亚种、光亮额蚤指名亚种、原双蚤田野亚种分布

(6)原双蚤田野亚种和光亮额蚤指名亚种主要宿主是布氏田鼠。分布于J蒙古高原荒漠草原布氏田鼠疫源地型(图4)。

(7)特新蚤指名亚种主要宿主是玉龙绒鼠和高山姬鼠,分布于K滇西南横断山三江并流纵谷玉龙绒鼠高山姬鼠疫源地型;印鼠客蚤主要宿主黄胸鼠,分布于L滇闽粤川平原居民区农田黄胸鼠疫源地型(图5)。

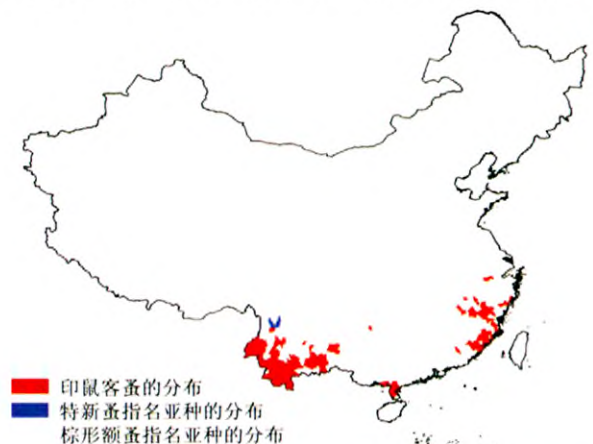


图5 我国鼠疫自然疫源地主要媒介印鼠客蚤、特新蚤指名亚种、棕形额蚤指名亚种的分布

## 讨 论

鼠疫自然疫源地由于受到不同自然地理环境和气候要素的影响<sup>[11]</sup>,鼠疫主要宿主和媒介及其鼠疫菌主要基因组型在进化中形成了各不相同的鼠疫生物地理群落。每个相对独立的鼠疫自然疫源地的生物地理群落均具有相应的主次要宿主、媒介和鼠疫菌基因组型,并在同步进化中形成了相互适应的种群结构。鼠疫主要媒介在特定的鼠疫生态地理环境要素影响下,其生态和生理遗传形态结构及其遗传功能均发生适应性变化<sup>[12-19]</sup>。本研究分析了中国鼠疫媒介的种群组成,主要媒介与主要宿主的关系和在鼠疫自然疫源地的分布,表明通过切断鼠疫媒介在鼠疫生物群落自然循环中的环节作用,鼠疫生物地理群落将不能延续,鼠疫疫源地将自然消失,动物间和人间鼠疫流行将自然中断。该重要理论在预防控制中国鼠疫的实践和理论上均得到验证。应用物理、化学方法杀灭鼠疫媒介切断其传播途径,在预防控制我国鼠疫流行中已取得良好效果,对鼠疫预防控制、应急反恐、生物安全、监测预报、软件技术平台体系建设具有理论指导意义<sup>[20-28]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] Ji SL. Plague. Beijing: People's Medical Publishing House, 1988. (in Chinese)  
纪树立. 鼠疫. 北京:人民卫生出版社,1988.
- [2] Ji SL, He JG, Teng YF, et al. Discovery and research for natural plague foci in China. Chin J Epidemiol, 1990, 11 Suppl 1: S1-42. (in Chinese)  
纪树立,贺建国,滕云峰,等. 中国鼠疫自然疫源地的发现与研究. 中华流行病学杂志, 1990, 11(特1): 1-42.
- [3] Fang XY. Natural focuses of plague in China. Beijing: People's Medical Publishing House, 1990. (in Chinese)  
方喜业. 中国鼠疫自然疫源地. 北京:人民卫生出版社,1990.
- [4] Zhang G, Zhang GJ, Wang SR, et al. Survey of natural focuses of plague and epidemic situations in China. Chin J Ctrl Endem Dis, 2002, 17(2): 101. (in Chinese)  
张贵,张贵军,王身荣,等. 我国鼠疫自然疫源地及疫情概况. 中国地方病防治杂志, 2002, 17(2): 101.
- [5] Zhang XX. Development of relationship between flea and *Yersinia pestis* in China. Endem Translat, 1994, 15(2): 1-4. (in Chinese)  
张晓雪. 有关中国跳蚤与鼠疫菌关系的进展. 地方病译丛, 1994, 15(2): 1-4.
- [6] Бибикина ВА. ИДР. Передача Чумы Блохами. Мед Москва. 1974; 55-153, 165. (in Chinese)  
(跳蚤传播鼠疫)孙儒泳,马德三译. 吉林省地方病第一防治研究所, 1979; 9-28, 53-66, 87-98, 118-126, 135-146.
- [7] Perry RD, Fetherston JD. *Yersinia pestis*-etiologic agent of plague. Clin Microbiol Rev, 1997, 10(1): 35-36.
- [8] Zhou D, Han Y, Yang R. Molecular and physiologic insights into plague transmission, virulence and etiology. Microbes Infect, 2006, 8(1): 273-284.
- [9] Zhou D, Yang R. Molecular Darwinian evolution of virulence in *Yersinia pestis*. Infect Immun, 2009, 77(6): 2242-2250.
- [10] Pollitzer R. Plague. World Health Organization Monograph Series No. 22-28. Geneva: World Health Organ, 1954: 698.
- [11] Xu L, Liu Q, Stige L, et al. Nonlinear effect of climate on plague during the third pandemic in China. Proc Natl Acad Sci USA, 2011, 108(25): 10214-10219.
- [12] Bacot AW, Martin CJ. Observations on the mechanism of the transmission of plague by fleas. J Hyg, 1914, 13 Suppl III: S423-439.
- [13] Bibikova VA. Contemporary views on the interrelationships between fleas and the pathogens of human and animal diseases. Annu Rev Entomol, 1977, 22: 23-32.
- [14] Burroughs AL. Sylvatic plague studies. The vector efficiency of nine species of fleas compared with *Xenopsylla cheopis*. J Hyg, 1947, 43: 371-396.
- [15] Cavanaugh DC. Specific effect of temperature upon transmission of the plague bacillus by the Oriental rat flea, *Xenopsylla cheopis*. Am J Trop Med Hyg, 1971, 20: 264-273.
- [16] Engelthaler DM, Hinnebusch BJ, Rittner CM, et al. Quantitative competitive PCR as a method for exploring flea-*Yersinia pestis* dynamics. Am J Trop Med Hyg, 2000, 62: 552-560.
- [17] Hinnebusch BJ, Fischer ER, Schwan TG. Evaluation of the role of the *Yersinia pestis* plasminogen activator and other plasmid-encoded factors in temperature-dependent blockage of the flea. J Infect Dis, 1998, 178: 1406-1415.
- [18] Holdenried R. Sylvatic plague studies. VII. Plague transmission potentials of the fleas *Diamanus montanus* and *Polygenis gwyni* compared with *Xenopsylla cheopis*. J Infect Dis, 1952, 90(2): 131-140.
- [19] Pollitzer R, Meyer KF. The ecology of plague// May JF. Studies of disease ecology. New York: Hafner, 1961: 433-501.
- [20] Zhan L, Han Y, Yang L, et al. The cyclic AMP receptor protein, CRP, is required for both virulence and expression of the minimal CRP regulon in *Yersinia pestis* biovar microtus. Infect Immun, 2008, 76(11): 5028-5037.
- [21] Li YL, Gao H, Qin L, et al. Identification and characterization of PhoP regulon members in *Yersinia pestis* biovar Microtus. BMC Genomics, 2008, 9(1): 143.
- [22] Gao H, Zhou D, Li Y, et al. The iron-responsive Fur regulon in *Yersinia pestis*. J Bacteriol, 2008, 190(8): 3063-3075.
- [23] Darby C. Uniquely insidious: *Yersinia pestis* biofilms. Trends Microbiol, 2008, 16(4): 158-164.
- [24] Hinnebusch BJ, Erickson DL. *Yersinia pestis* biofilm in the flea vector and its role in the transmission of plague. Curr Top Microbiol Immunol, 2008, 322: 229-248.
- [25] Hinnebusch BJ, Rudolph AE, Cherepanov P, et al. Role of *Yersinia murine* toxin in survival of *Yersinia murine* toxin in survival of *Yersinia pestis* in the midgut of the flea vector. Science, 2002, 296(5568): 733-735.
- [26] Hinnebusch BJ. The evolution of flea-borne transmission in *Yersinia pestis*. Curr Issues Mol Biol, 2005, 7(2): 197-212.
- [27] Sun YC, Koumoutsis A, Draby C. The response regulator PhoP negatively regulates *Yersinia pseudotuberculosis* and *Yersinia pestis* biofilms. FEMS Microbiol Lett, 2009, 290(1): 85-90.
- [28] Sun YC, Hinnebusch BJ, Darby C. Experimental evidence for negative selection in the evolution of a *Yersinia pestis* pseudogene. Proc Natl Acad Sci USA, 2008, 105(23): 8097-8101.

(收稿日期: 2012-05-08)  
(本文编辑: 张林东)