

北京市土地覆盖遥感 and 鼠疫鼠情调查

窦相峰¹, 阿孜古丽·加帕², 李阳桦¹, 关增智¹, 王小梅¹, 吕燕宁¹,
田丽丽¹, 李旭¹, 张秀春¹, 孙玉兰¹, 黎新宇¹, 王全意¹

1 北京市疾病预防控制中心传染病地方病控制所, 北京 100013; 2 新疆维吾尔自治区卫生厅卫生监督所

摘要: **目的** 了解北京市土地覆盖分类及分布, 并分析土地覆盖类型与北京市鼠种和鼠密度的关系。**方法** 使用美国国家航空航天局(NASA)2009年中分辨率成像光谱仪(MODIS)陆地标准产品(MCD12Q1)提取北京市土地覆盖类型和比例, 并在2009—2011年用夹夜法捕捉小型兽类鉴定种属和计算密度。**结果** 按照植物功能型分类方案, 北京市城镇及建设用地占总面积的12.19%, 农作物占39.24%; 自然植被占48.27%, 其中阔叶林比例最大, 占总面积的31.28%, 其次是灌木丛和针叶林, 分别占10.91%和3.68%, 草地面积较小, 仅占总面积的2.40%; 阔叶林、灌木丛和农作物生境中夹夜法捕捉小型兽类10种881只, 其中啮齿目动物9种共871只, 占捕获总数的98.86%; 食虫目1种10只; 3种不同生境鼠种分布差异均有统计学意义, 阔叶林和农作物中北社鼠和大林姬鼠为优势鼠种, 灌木丛中北社鼠和褐家鼠为优势鼠种。**结论** 北京市植被类型不适合我国已证实的鼠疫主要宿主生存, 尽管优势鼠种北社鼠、大林姬鼠、褐家鼠和黑线姬鼠等均是鼠疫可感染动物, 但出现鼠疫自然疫源地的可能性很小。

关键词: 遥感; 全球定位系统; 鼠疫; 宿主动物

中图分类号: R254.8; S443 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2013)01-0043-04

Remote sensing of land coverage and investigation of plague risk among small mammals in Beijing, China

DOU Xiang-feng¹, AZIGULI·JIAPA², LI Yang-hua¹, GUAN Zeng-zhi¹, WANG Xiao-mei¹, LV Yan-ning¹,
TIAN Li-li¹, LI Xu¹, ZHANG Xiu-chun¹, SUN Yu-lan¹, LI Xin-yu¹, WANG Quan-yi¹

1 Beijing Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100013, China; 2 Xinjiang Agency for Health Inspection and Supervision

Corresponding author: WANG Quan-yi, Email: bjcdcxm@126.com

Abstract: Objective To map the land coverage by remote sensing, and to investigate the relationship between land coverage and the species diversity and density of small mammals in Beijing. **Methods** The 2009 land coverage for Beijing was provided by the MODIS Land Cover Type product (MCD12Q1) from NASA. Small beasts were captured using the trap-at-night method during 2009–2011 for species identification and density calculation. **Results** According to plant functional type (PFT) scheme, the proportion of urban and construction land was 12.19%, and the proportion of cropland was 39.24%. Natural vegetation accounted for 48.27%, of which 31.28% was covered by broadleaf forests, 10.91% by shrubs, and 3.68% by coniferous forests. The area of grass was relatively small, making up only 2.40% of the total area. Eight hundred and eighty one small mammals belonging to 10 species were captured with trap-at-night method. Of which 871 (98.86%) belonged to nine species of rodents and 10 belonged to one species of insectivores. The species compositions were statistically different in three different habitats including broadleaf forest, shrub, and cropland. The dominant rodents in broadleaf forest and cropland were *Niviventer confucianus* and *Apodemus peninsulae*, whereas *N. confucianus* and *Rattus norvegicus* were dominant in shrub. **Conclusion** The major hosts of plague confirmed in China could not adapt to the vegetation landscape with high proportion of trees and shrubs and low proportion of grasses in Beijing. Although the dominant rodents could be infected by *Yersinia pestis*, there is a small chance of natural foci of plague emerging in Beijing.

Key words: Remote sensing; Global positioning system; Plague; Host animals

自然疫源学说由苏联学者提出并被欧美学者接受, 也是我国鼠疫动物疫情监测工作的理论框架。鼠

疫自然疫源地生境、特别是植被分布对宿主和传播媒介分布有着决定性作用。遥感技术(RS)发展之前研究依托实地考察, 需要大量拥有植物学知识的专业技术人员, 研究范围更局限于人力所及范围之内。而遥感技术结合地理信息系统(GIS)和全球定位系统

作者简介: 窦相峰(1977–), 男, 硕士, 主管医师, 从事鼠疫监测和疫情防控工作。Email: beijingcdc@163.com

通讯作者: 王全意, Email: bjcdcxm@126.com

(GPS)技术为鼠疫自然疫源研究提供了极大的便利。本研究利用美国国家航空航天局(NASA)提供的三级数据土地覆盖类型产品,结合北京市鼠疫鼠情监测数据,分析了解北京市植被分类和分布情况,并分析植被类型与北京市鼠种和鼠密度的关系。

1 材料与方法

1.1 遥感监测

1.1.1 数据来源 NASA 提供 2009 年中分辨率成像光谱仪(MODIS)陆地标准产品(MCD12Q1)。MCD12Q1 是三级土地覆盖类型年度全球 500 m 产品,信息提取主要技术是监督决策树分类,采用 5 种不同的土地覆盖分类方案,本研究采用植物功能型(肺功能)方案。

1.1.2 遥感数据处理和统计分析 使用美国地质勘探局(USGS)提供的 MODIS 投影工具(MRT)将.hdf 格式文件转化为.tif 格式文件。使用 Envi 4.8 软件拼接、转换投影,用北京市行政区图建立并应用掩膜(mask),使用统计功能进行汇总统计。然后另存为.tif 文件导入 Arcmap 9.3 软件,添加捕鼠坐标,标识不同植被类型后转换投影坐标系为地理坐标系后成图。

1.2 现场调查

1.2.1 调查点选择 根据北京市地理特征和文献检索北京市动植物分布状况,在门头沟区、延庆县、怀柔区、密云县和顺义区 5 个区(县)每年选择自然环境作为监测点。每个监测点均使用 GPS 定位记录经纬度。

1.2.2 调查时间 于 2009—2011 年每年的 5—10 月进行调查。

1.2.3 调查方法 夹夜法测定小型兽类(鼠)种群和密度^[1]。鼠密度=有效捕获数/有效夹次×100%。捕获小型兽类按照鼠疫宿主名称和分类标准化命名^[2]。针对草地中的达乌尔黄鼠(*Spermophilus dauricus*),按照《动物鼠疫监测标准》(GB 16882—1997)用 5 m 间距探查达乌尔黄鼠鼠洞和鼠迹,如发现疑似鼠洞,标记后布放钢闸。

1.3 统计学处理 使用 Excel 2003 软件进行数据录入和整理,使用 SPSS 13.0 软件进行统计分析; χ^2 分析用于不同组别鼠密度的比较,多组之间的两两比较采用 χ^2 合并法;采用非参数 Friedman *M* 检验方法(*M* 值校验采用 χ^2 近似法)比较不同组别鼠种分布。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 植被覆盖

2.1.1 分类和比例 遥感图像(图 1)显示北京市包含了植物功能型(肺功能)分类方案的全部土地利用类

型。北京市城镇建设用地占总面积的 12.19%,农作物占 39.24%,自然植被占 48.27%,水体和裸地占 0.31%。自然植被中阔叶林比例最大,占北京市总面积的 31.28%,其次是灌木丛和针叶林,分别占 10.91%和 3.68%;草地面积较小,仅占总面积的 2.40%(表 1)。
2.1.2 空间分布 北京市自然植被主要分布在西、西北、北和东北部。其中针叶林和阔叶林所占面积最大,分布较连续;而草地间隔分布在其他植被类型之间,无大片连续草地;城镇集中在中南部,远郊城镇周边以农田为主(图 1)。

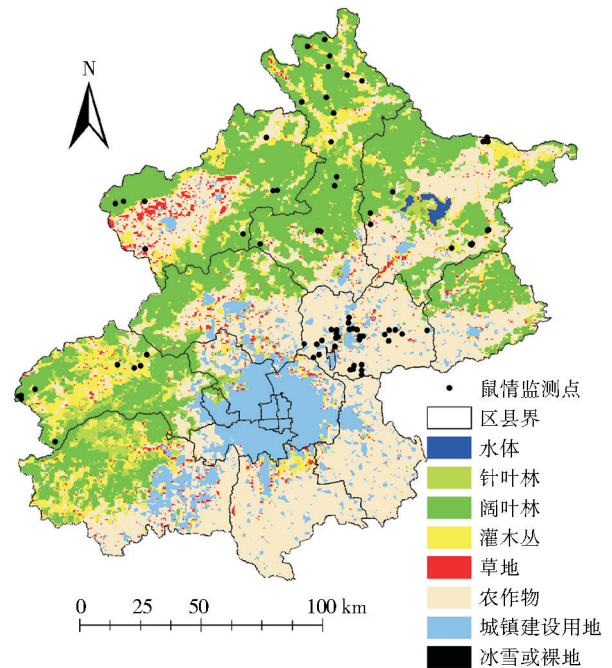


图 1 北京市 MODIS 500 m 分辨率遥感土地覆盖分类
Figure 1 Classification of land coverage derived from MODIS 500 m resolution data in Beijing

表 1 北京市遥感土地覆盖类型分类和构成(植物功能型)
Table 1 Proportion and classification of land cover based on remote sensing in Beijing (PFT)

植被类型	面积(km ²)	构成比(%)
针叶林	608.08	3.68
阔叶林	5 170.26	31.28
灌木丛	1 802.91	10.91
草地	396.29	2.40
农作物	6 484.65	39.24
城镇建设用地	2 014.18	12.19
水体	49.14	0.29
冰雪和裸地	1.59	0.01
合计	16 527.10	100.00

2.2 鼠情调查结果

2.2.1 调查点 2009—2011 年在门头沟区、延庆县、怀柔区、顺义区和密云县 5 个区(县)布点调查鼠种及鼠密度,各监测点位置如图 1 所示,主要位于北京市

西、北部自然植被分布地区。将记录的 GPS 数据叠加后获得监测点所在位置的植被覆盖类型。

2.2.2 鼠种及鼠密度 2009—2011 年总鼠密度分别为 6.80%、2.42% 和 4.80%，年度差异有统计学意义 ($\chi^2=144.108, P=0.000$)。根据捕鼠点 GPS 定位信息，与遥感信息叠加后获取捕鼠点植被分布，共在 5 种植被类型中布点调查，包括阔叶林、灌木丛、农作物、草地和城镇建设用地。不同植被类型间鼠密度差异有统计学意义，阔叶林中鼠密度最高，草地和城镇布夹各 300 夹次，均未捕到鼠(表 2)。阔叶林、灌木丛和农作物生境中夹夜法捕获小型兽类 10 种 881 只，其中啮齿目动物

9 种 871 只，占 98.86%；食虫目 1 种 10 只。种群密度由高到低依次为北社鼠(*Niviventer confucianus*)、大林姬鼠(*Apodemus peninsulae*)、褐家鼠(*Rattus norvegicus*)、黑线姬鼠(*Apodemus agrarius*)、岩松鼠(*Sciurotamias davidianus*)、棕背鼯(*Myodes rufocanus*)、小家鼠(*Mus musculus*)、大仓鼠(*Tscherskia triton*)、川西长尾鼯(*Soriculus hypsibia*, 食虫目)和小林姬鼠(*Apodemus sylvaticus*)。3 种不同生境间鼠种分布差异均有统计学意义，阔叶林中北社鼠和大林姬鼠密度最高，灌木丛中北社鼠和褐家鼠密度最高，农田中鼠密度相对较低，以北社鼠和大林姬鼠密度较高(表 3)。

表 2 北京市不同遥感植被类型中鼠情调查情况
Table 2 Density of rodents in different vegetations based on remote sensing in Beijing

植被类型	2009 年			2010 年			2011 年		
	夹夜数(夹)	捕鼠数(只)	鼠密度 ^a	夹夜数(夹)	捕鼠数(只)	鼠密度 ^a	夹夜数(夹)	捕鼠数(只)	鼠密度 ^a
阔叶林	2250	239	10.62	1904	76	3.99	3256	202	6.20
灌木丛	900	35	3.89	1150	24	2.09	2158	87	4.03
草地	100	0	0.00	200	0	0.00	300	0	0.00
农作物	2164	94	4.34	4210	81	1.92	1200	43	3.58
合计	5414	368	6.80	7464	181	2.42	6914	332	4.80

注:2009 年, $\chi^2=91.832, P=0.000$; 2010 年, $\chi^2=29.741, P=0.000$; 2011 年, $\chi^2=35.833, P=0.000$ 。a. 鼠密度单位:只/100 夹夜。

表 3 北京市不同遥感植被类型中夹夜法鼠种及鼠密度

Table 3 Diversity and density of rodents determined by trap-at-night method in different vegetations based on remote sensing in Beijing

植被类型	夹夜数(夹)	鼠密度(只/100 夹夜)									
		北社鼠	大林姬鼠	岩松鼠	黑线姬鼠	棕背鼯	大仓鼠	长尾鼯	小林姬鼠	褐家鼠	小家鼠
阔叶林	7 410	3.31	2.75	0.27	0.42	0.04	0.04	0.05	0.00	0.04	0.05
灌木丛	4 208	1.12	0.31	0.21	0.17	0.02	0.21	0.00	0.17	1.09	0.17
农作物	7 574	1.07	0.63	0.09	0.26	0.13	0.00	0.08	0.00	0.58	0.03
合计	19 192	1.94	1.38	0.19	0.30	0.07	0.06	0.05	0.00	0.48	0.07

注:F 检验, $\chi^2=122.725, df=2, P=0.000$ 。

2.2.3 达乌尔黄鼠调查 对历史上曾经捕到达乌尔黄鼠的地点或根据遥感信息判断为草地、可能存在达乌尔黄鼠的地点,主要是延庆、昌平和顺义等地区,进行实地勘测,5 m 间距寻找鼠洞和鼠迹,共勘测 32.8 km²,未发现达乌尔黄鼠生存迹象。

3 讨论

RS、GIS、GPS 技术构成的“3S”技术广泛应用于自然疫源性疾病的研究,如我国台湾地区恙虫病调查^[3]、非洲人类猴痘危险因素探索^[4],在鼠疫研究中,已用于鼠疫菌传播模式研究^[5]、探讨环境因素^[6]和鼠疫的关系,并有研究证实遥感技术用于动物鼠疫监测的可行性^[7]。NASA 提供的 MODIS 陆地标准产品 MCD12Q1 是根据一年卫星观测数据经过处理,描述土地覆盖的类型。观测周期长、数据质量高,分辨率为 500 m。目前该产品广泛应用于土地覆盖和土地利用监测。

本次调查旨在通过遥感了解北京市植被类型和分布状况,结合 GPS 获取的鼠情监测地理信息分析植被类型分布和鼠情的相关关系。通过调查发现,北京市农田占较大比例,自然植被以阔叶林和灌木丛为主,草地所占比例极小。从分布看,自然植被多分布在西部和北部,农田和城镇集中在东南部。此点与北京市地理特征有直接关系,北京市西部是太行山脉,北部是燕山山脉,东南部是华北平原。鼠情调查点的选择充分考虑了上述地理特征和植被分布,阔叶林中鼠密度最高,其次是灌木丛和农田,不同植被类型中鼠密度差别很大,鼠种分布也有交叉,总体而言野栖鼠在阔叶林中密度较高,以北社鼠和大林姬鼠为主;而家栖鼠(褐家鼠和小家鼠)在灌木丛中密度相对较高,以褐家鼠为主;农田中鼠密度相对较小,以野栖鼠为主,北社鼠和大林姬鼠密度最高。不同植被环境中鼠种分布交叉与北京市植被分布有直接关系,北京市植被

长期遭受人为活动影响,各种植被类型分布不连贯,条块分割。

鼠疫主要宿主指在鼠疫自然疫源地内对鼠疫菌种群的延续和长期保存有决定作用的物种^[8]。北京市距离最近的 2 个自然疫源地是内蒙古长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)自然疫源地和松辽平原达乌尔黄鼠自然疫源地,长爪沙鼠在北京市绝迹多年^[9],此次未进行专项调查。达乌尔黄鼠是松辽平原鼠疫自然疫源地的主要宿主,根据记载在 20 世纪 80—90 年代北京市达乌尔黄鼠已近绝迹^[9],鼠疫监测中针对达乌尔黄鼠的专项监测只能在延庆部分地区偶尔捕到该鼠,2004 年捕获 2 只达乌尔黄鼠后多年来一直未再捕获。此次调查结合遥感信息对该鼠进行进一步调查,未发现其生存迹象。从遥感图像分析,北京市草地面积很小,且不连贯成片,不再适合达乌尔黄鼠生存。我国鼠疫疫源地主要以自然环境为主,北京市鼠情调查也以自然环境为主,夹夜法监测多在阔叶林和灌木丛,这两种环境不适合目前我国已发现的鼠疫主要宿主生存^[9],夹夜法调查也未捕获鼠疫主要宿主,在捕获的 10 种小型兽类中,密度最高的北社鼠、大林姬鼠、褐家鼠和黑线姬鼠是鼠疫细菌学或血清学判定的染疫动物^[9]。这些啮齿类动物在自然疫源地中能够参与鼠疫流行,但对长期保存鼠疫菌不起主要作用。

综上所述,北京市土地覆盖类型与我国已证实的鼠疫自然疫源地的植被类型和主要宿主分布不同,尽

管优势鼠种北社鼠、大林姬鼠、褐家鼠和黑线姬鼠等均是鼠疫可染疫动物,但由于缺乏主要宿主生存条件,出现鼠疫疫源地的可能性较小。

参考文献

[1] 窦相峰,李阳桦,李旭,等.北京市小型兽类鼠疫监测结果[J].中国地方病防治杂志,2012,27(2):101-103.

[2] 王玉山,刘起勇,丛显斌,等.中国鼠疫自然疫源地宿主动物名称与分类地位[J].中国媒介生物学及控制杂志,2007,18(2):127-133.

[3] Lerdthusnee K, Nigro J, Monkanna T, et al. Surveys of rodent-borne disease in Thailand with a focus on scrub typhus assessment [J]. Integr Zool, 2008, 3(4):267-273.

[4] Fuller T, Thomassen HA, Mulembakani PM, et al. Using remote sensing to map the risk of human monkeypox virus in the Congo Basin [J]. Ecohealth, 2011, 8(1):14-25.

[5] Adjemian JZ, Foley P, Gage KL, et al. Initiation and spread of traveling waves of plague, *Yersinia pestis*, in the western United States [J]. Am J Trop Med Hyg, 2007, 76(2):365-375.

[6] Pham HV, Dang DT, Tran Minh NN, et al. Correlates of environmental factors and human plague: an ecological study in Vietnam [J]. Int J Epidemiol, 2009, 38(6):1634-1641.

[7] Addink EA, de Jong SM, Davis SA, et al. The use of high-resolution remote sensing for plague surveillance in Kazakhstan [J]. Remote Sens Environ, 2010, 114:674-681.

[8] 贺雄,王虎.现代鼠疫概论[M].北京:科学出版社,2010:96-97.

[9] 陈卫,高武,傅必谦.北京兽类志[M].北京:北京出版社,2002:11-16.

收稿日期:2012-08-16

《中国媒介生物学及控制杂志》第四届编辑委员会成员名单

顾问:王美秀 安志儒 赵学忠 郭念恭 梁铁麟

名誉主编:汪诚信

主编:刘起勇

副主编:(按姓氏笔划为序)

王树诚 孙晨熹 孙俊 冷培恩 林立丰 袁光明 彭渤

委员:(按姓氏笔划为序)

丁永健 马雅军 万康林 公茂庆 王灵岚 王明福 王善青 王世文 王学忠 王祖郎 次仁顿珠
 纪卓 刘国平 刘俊 刘满福 孙养信 陈东平 陈海婴 陈化新 陈贵春 何宏轩 李艾
 李朝品 李惠杨 李书建 李玉贵 吴海霞 张海林 张仪 张吉斌 张家林 张金玉 张巧玲
 张韶华 张晓龙 张永振 张云 张知彬 邹钦 季恒青 林立辉 孟凤霞 杨振洲 岳木生
 赵彤言 赵亚 郝琴 姜辉 姜志宽 施大钊 俞东征 高兰英 郭天宇 郭宪国 郭玉红
 莫建初 唐萌 唐青 徐仁权 崔步云 龚正达 海荣 黄钢 黄清臻 黄谊 麻毅
 程璟侠 董兴齐 董言德 傅桂明 蒋秀高 鲁亮 曾晓芄 廖力夫 漆一鸣 谭毅 黎唯
 霍新北