

准噶尔盆地鼠疫自然疫源地动物鼠疫流行的空间和时间分布研究

郭荣 戴翔 曹汉礼 夏连续 阿不力米提 阿布力克木 王信惠 阿扎提 蒋卫
李冰 张晓兵 雷刚 王启果 雒涛 孟卫卫 布仁明德 热娜 陈艳 张渝疆

【摘要】 目的 了解准噶尔盆地鼠疫自然疫源地动物鼠疫流行的空间和时间分布特征。方法 对2005—2012年准噶尔盆地鼠疫自然疫源地大沙鼠血清鼠疫抗体检测数据,采用统计学方法并结合地理地貌特征,分析鼠疫抗体阳性率的空间分布及其时间变化。结果 共获得准噶尔盆地13个行政区域大沙鼠血清鼠疫抗体检测数据4 825份。大沙鼠动物鼠疫主要流行于准噶尔盆地中东部的古尔班通古特沙漠荒漠(阳性率为8.39%)和准噶尔盆地西部低山平原粘土荒漠(阳性率为1.56%)2个地区。准噶尔盆地西部地区鼠疫抗体阳性率由2005年的7.59%下降至2008年的0.61%,其后一直处于静息状态。东部古尔班通古特沙漠荒漠地区的东、中、西3个区段鼠疫抗体阳性率变化有所不同,西段于2006年和2010年间出现2次流行高峰,其间隔期为4年,2010年高峰期鼠疫抗体阳性率则达到45.65%,为3个地理区段最高值;中段于2006、2009和2011年出现3次高峰,间隔期为2.5年,鼠疫抗体平均阳性率为8.92%,流行强度低于东、西段;东段是大沙鼠鼠疫最活跃的地区,各年度均可检出鼠疫抗体阳性血清,其变化呈现2006、2009和2012年3个高峰期,间隔期为3年。大沙鼠鼠疫抗体检测阳性率秋季高于春季,说明大沙鼠鼠疫流行行为春季至秋季的持续流行。结论 准噶尔盆地大沙鼠鼠疫流行存在地理区域和时间上的双重波动,以及地理区域上的异质性,并可分为准噶尔盆地西部低山平原粘土荒漠和中东部古尔班通古特沙漠荒漠2个流行区域。

【关键词】 动物鼠疫;空间分布;时间分布;大沙鼠;准噶尔盆地

Study on the spatial and temporal distribution of animal plague in Junggar Basin plague focus
Guo Rong^{1,2}, Dai Xiang¹, Cao Hanli¹, Xia Lianxu³, Abulimiti¹, Abulikemu¹, Wang Xinhui¹, Azati¹, Jiang Wei¹, Li Bing¹, Zhang Xiaobing¹, Lei Gang¹, Wang Qiguo¹, Luo Tao¹, Meng Weiwei¹, Burenmingde¹, Rena¹, Chen Yan², Zhang Yujiang¹. 1 The Center for Disease Control and Prevention of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830002, China; 2 Xinjiang Medical University; 3 National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention
Corresponding authors: Zhang Yujiang, Email: xjsyzhang@163.com; Chen Yan, Email: ychen88@sina.com

This work was supported by grants from the Industry Research Special Foundation of China Ministry of Health (No. 201202021), the Key Research Program Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region (No. 200933120) and the National Natural Science Foundation of China (No. 30960348).

【Abstract】 Objective To explore the spatial and temporal distributions of animal plague in Junggar Basin natural plague focus. **Methods** Data regarding plague antibody (F1) in serum of Great Gerbil (*Rhombomys opimus*, *R. opimus*) which were collected from 2005 to 2012 in Junggar Basin and analyzed. The changing rates on the positivity of F1 that appeared spatially and temporally were also analyzed. **Results** A total of 4 825 *R. opimus* serum samples were collected in 13 administrative regions in Junggar Basin. Results showed that plague *R. opimus* existed in two areas—Gurbantonggut desert in the eastern-center and the clay desert of western Junggar Basin.

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.02.001

基金项目: 卫生行业科研专项项目(201202021); 新疆维吾尔自治区科技计划项目(200933120); 国家自然科学基金(30960348)

作者单位: 830002 乌鲁木齐, 新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心(郭荣、戴翔、曹汉礼、阿不力米提、阿布力克木、王信惠、阿扎提、蒋卫、李冰、张晓兵、雷刚、王启果、雒涛、孟卫卫、布仁明德、热娜、张渝疆); 新疆医科大学(郭荣、陈艳); 中国疾病预防控制中心传染病预防控制所(夏连续)

通信作者: 张渝疆, Email: xjsyzhang@163.com; 陈艳, Email: ychen88@sina.com

However, in these two areas, the intensity of animal plague prevalence was different. In the former region where *Yersinia pestis* positive serum was detected from *R. opimus*, the detected rate of *R. opimus* was 8.39%. However, in the latter areas, the average positive rate was 1.56%. The changing trends of *R. opimus* plague prevalence were also varied annually. In the western Junggar Basin, the trend showed a slowly downward profile. The serum positive rate of *R. opimus* for *Yersinia pestis* decreased, from 7.59% in 2005 to 0.61% in 2008, and appeared as a resting state that none of the positive sample could be found since then. However, in the eastern-center Junggar Basin area-also named as Gurbantonggut desert which had been divided into 3 segments (western, central and eastern, according to related geographical characteristics), the changing trends of animal plague seemed quite complex. In the western segment, the animal plague had two epidemic peaks-in 2006 and 2010, with the interval of 4 years, with the higher peak of all the three geographic segments as 45.65% in 2010 and the positive serum of *R. opimus* for plague could be detected each year from 2006 to 2012. However, there were 3 epidemic peaks in the same period in the central and eastern segments. In the central segment, the peaks appeared in 2006, 2009 and 2011, with the intervals as 2.5 years and the average positive rate 8.92% was seen the lowest in Gurbantonggut desert. In the eastern segment, the first 2 peaks appeared the same season as in the central segment, but the third peak appeared in 2012, with the peak interval as 3 years. The positive rate of *R. opimus* for plague was also different in seasons, with the positive rate higher in autumn than in spring. These findings showed that the animal plague could be continuously prevalent from spring to autumn in the natural foci of plague in the Junggar Basin. **Conclusion** Both geographical and temporal fluctuations of animal plague existed in the natural foci of Junggar Basin which was also named as geographical heterogeneity. Consequently, animal plague could be divided into two areas-the clay plains desert in the western and the Gurbantonggut desert in the eastern-center Junggar Basin.

【Key words】 Animal plague; Spatial distribution; Time distribution; *Rhombomys opimus*; Junggar Basin

准噶尔盆地大沙鼠(*Rhombomys opimus*)鼠疫自然疫源地是我国2005年发现的新类型鼠疫自然疫源地^[1],其主要鼠疫宿主动物为大沙鼠^[2],由于该鼠体外寄生蚤数量多、种类复杂,在疫源地动物鼠疫流行中具有重要作用^[3]。但目前对该新类型鼠疫自然疫源地动物鼠疫流行规律知之甚少,且疫源地幅员辽阔,已判定有动物鼠疫疫情的行政区多达14个县(市),有多种动物和媒介蚤类参与动物间鼠疫流行,如子午沙鼠(*Meriones meridianus*)、怪柳沙鼠(*Meriones tamariscinus*)、三趾毛脚跳鼠(*Dipus sagitta*)、粗鬃客蚤(*Xenopsylla hirtipes*)、簇鬃客蚤(*Xenopsylla skrjabini*)、臀突客蚤(*Xenopsylla minax*)、同形客蚤指名亚种(*Xenopsylla conformis conformis*)和长吻角头蚤(*Echidnophaga oschanini*)等。鼠疫病原学是判定动物鼠疫流行的关键指标^[4],但其在自然界中的检出率受工作量、实验条件、操作技能等诸多因素影响,用于确定动物鼠疫的空间流行病学相关问题仍需要其他更多证据。如大沙鼠不仅在该疫源地分布广泛、数量众多^[1],且其在生理上已证实对鼠疫菌具有较高的抗性和存活潜能^[2],媒介研究也证实其在自然状态下可从媒介蚤获得高效感染。鼠疫菌易引起大沙鼠产生抗体,且感染后存活率高^[2],此特点对定量比较不同区域和不同时间大沙鼠鼠疫空间流行病学研究十分必要。为此本研究对2005—2012年准噶尔盆地鼠疫疫源地大沙鼠血清按地域

和时间进行分析,了解该疫源地动物鼠疫在空间和时间上的分布规律。

资料与方法

1. 大沙鼠血清:采自2005—2012年准噶尔盆地大沙鼠鼠疫自然疫源地调查及鼠疫监测(缺欠2007年数据)。

2. 研究方法:大沙鼠血清鼠疫菌F1抗体检验按《鼠疫诊断标准》WS 279-2008执行^[5],检测试剂为中国疾病预防控制中心鼠疫布鲁氏菌防治基地统一生产配发的鼠疫间接血凝试剂盒。依据准噶尔盆地地理地貌特征分为两大区域,即准噶尔盆地中东部的古尔班通古特沙漠区域和西部的艾比湖湿地及其周边山地丘陵荒漠,并依此特点绘制分布简图。

3. 统计学分析:统计分析不同地区和不同季节大沙鼠血清鼠疫F1抗体阳性率,采用SPSS 18.0软件绘制大沙鼠鼠疫抗体阳性率在时间和空间分布上的动态规律,结合该鼠疫自然疫源地地理特征分析其动物鼠疫在空间和时间上的分布特点。

结 果

1. 疫源地空间分布:依据大沙鼠鼠疫疫源地地理地貌,在空间上将整个疫源地按表1尺度划分,绘制示意图(图1)。

2. 大沙鼠血清地理分布:2005—2012年在准噶

表1 准噶尔盆地大沙鼠鼠疫自然疫源地空间分布

地理区域	位置	地貌及植被特征
古尔班通古特沙漠东段(沙漠东)(I)	东经 87° ~ 90°20', 东起木垒北沙窝, 西至昌吉, 长约 210 km	主要为古尔班通古特沙漠在西北疾风作用下向东南部的延伸地带, 沙丘起伏小, 地势较为平坦, 地表沙层薄, 多为固定、半固定沙漠, 具草原化特征; 沙丘形态主要呈平行状、树枝状沙垄; 灌木主要以梭梭为建群植物, 分布广泛, 林下主要以草本植物为主, 覆盖度高 ^[6,7]
古尔班通古特沙漠中段(沙漠中)(II)	东经 86°20' ~ 87°, 东起呼图壁, 西至莫索湾, 长约 90 km	为沙漠中心地带, 沙丘宏伟, 起伏巨大, 多为流动或半固定沙丘, 南部边缘区域较为平坦, 多为固定、半固定沙丘和丘间低地; 自然植被以梭梭和一年生猪毛菜为主 ^[8]
古尔班通古特沙漠西段(沙漠西)(III)	东经 84°51' ~ 86°20', 沙湾以西至克拉玛依, 长约 60 km	为沙漠西部边缘, 主要地理景观表现为砂质化粘土荒漠、半荒漠或砾石戈壁; 植被以梭梭、白梭梭、白刺、红砂、柽柳为主, 草本植物覆盖度相对较低 ^[7,9,10]
准噶尔盆地西段(盆地西)(IV)	东经 82°40' ~ 84°51', 乌苏以西至阿拉山口, 长约 160 km	位于准噶尔盆地西部, 由以艾比湖为中心低洼湿地及其周边冲击荒漠和周边山地丘陵荒漠组成, 以平原地区粘土荒漠为主, 伴固定、半固定沙丘、盐碱地等; 丘陵地区以砾石戈壁和粘土荒漠为主; 以白梭梭、梭梭为建群植物 ^[11]

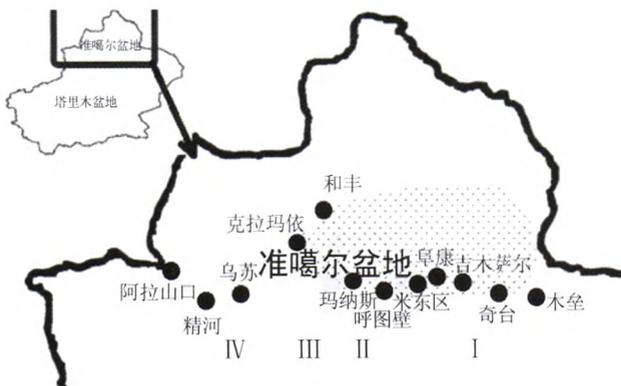
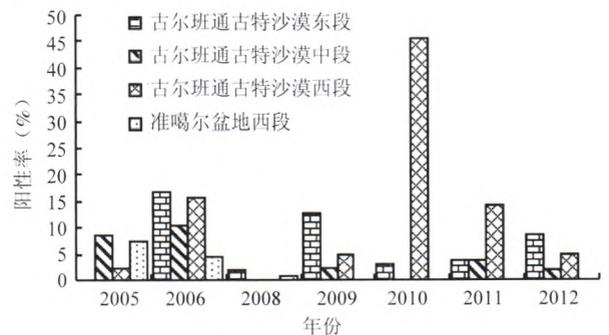


图1 准噶尔盆地大沙鼠血清采集区域空间分布

尔盆地大沙鼠鼠疫自然疫源地 13 个县(市、区)采集大沙鼠血清样本共计 4 825 份, 其中鼠疫 F1 抗体阳性血清 361 份, 总阳性率为 7.48%, 分布于 10 个县(市、区)。疫源地内不同地理区域大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率存在差异(表 2)。在准噶尔盆地中东部的古尔班通古特沙漠, 其东、中和西段均检出大沙鼠鼠疫抗体阳性血清, 其分布地区占采集地区的 83.3% 以上(东部区域为 83.3%, 中部和西部均为 100%)。沙漠东、中、西 3 个区域的大沙鼠血清阳性

率分别为 6.87%、6.89% 和 12.74%; 而在盆地西地区, 仅自博乐阿拉山口检出大沙鼠鼠疫抗体阳性血清, 阳性率为 1.56%。

3. 大沙鼠血清鼠疫抗体的空间和时间分布: 根据准噶尔盆地地理地貌特征, 按表 1 的划分原则统计不同地理区域大沙鼠在每一年的鼠疫 F1 抗体阳性率, 采用 SPSS 软件绘制在空间和时间分布上的大沙鼠鼠疫抗体阳性率三维交互图(图 2)。



注: 缺欠 2007 年数据

图2 准噶尔盆地鼠疫疫源地大沙鼠鼠疫流行的空间和时间分布

表2 2005—2012年准噶尔盆地大沙鼠血清鼠疫F1抗体阳性率分布

地理区域	地点	大沙鼠血清份数							总阳性率 (%)
		2005年	2006年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	
沙漠东	木垒县	0/0	14/42	0/0	2/22	1/4	1/6	0/0	24.3(18/74)
	奇台县	0/0	16/70	0/0	7/37	0/6	0/33	0/38	12.5(23/184)
	吉木萨尔县	0/0	5/102	0/0	13/144	12/396	19/305	35/297	6.8(84/1 244)
	阜康市	0/11	0/7	0/56	0/34	0/7	0/9	0/0	0.0(0/124)
	乌市米东区	0/0	0/0	5/210	15/38	4/113	0/181	8/197	4.3(32/739)
	昌吉市	0/14	6/21	0/0	0/18	0/29	0/8	7/20	11.8(13/110)
沙漠中	呼图壁县	0/21	0/0	0/0	1/25	0/0	1/28	0/0	2.7(2/74)
	玛纳斯县	9/83	31/295	0/56	0/22	0/45	0/0	1/49	7.5(41/550)
沙漠西	克拉玛依市	0/48	67/303	0/0	1/47	21/36	29/205	11/200	15.4(129/839)
	和丰县	2/41	5/152	0/0	2/17	0/10	0/0	0/24	3.7(9/244)
盆地西	阿拉山口	5/53	4/51	1/165	0/72	0/138	0/0	0/26	2.0(10/505)
	精河、乌苏县	0/13	0/37	0/0	0/40	0/23	0/12	0/13	0.0(0/138)
合计		16/284	148/1 080	6/487	41/516	38/807	50/787	62/864	7.5(361/4 825)

注: 缺欠 2007 年数据; 阳性份数/采集总份数

2005—2012 年准噶尔盆地鼠疫自然疫源地不同地理区域的大沙鼠血清阳性率存在时间变化波动(动物间鼠疫的流行强度存在空间和时间波动)。准噶尔盆地西部地区,动物间鼠疫 2005—2012 年呈现下降趋势,大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率由 2005 年的 7.59% 下降至 2008 年的 0.61%,其后一直处于静息状态;而准噶尔盆地中东部的古尔班通古特沙漠地区,东、中、西 3 个区段的大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率的变化则完全不同,流行地区呈现出地理区域和时间上的互补性。从整个区域的流行时间分析,古尔班通古特沙漠的大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率高峰落后于准噶尔盆地西部地区 1 年,于 2006 年出现首次高峰(图 2)。古尔班通古特沙漠西部地区分别于 2006 年和 2010 年间出现 2 次高峰,2006 年高峰期抗体阳性率为 15.82%,与中部和东部地区基本一致(分别为 10.51% 和 16.94%),而 2010 年高峰期的抗体阳性率则达到 45.65%,为 3 个地理区段最高值,高峰间隔期为 4 年;中部地区大沙鼠抗体总阳性率为 3 个地区最低,分别于 2006、2009 和 2011 年出现 3 次高峰,但除 2006 年外,其余 2 次大沙鼠抗体阳性率分别仅为 2.13% 和 3.57%,高峰间隔期为 2.5 年;东部地区则是大沙鼠鼠疫最活跃的地区,基本各年度均可检出鼠疫抗体阳性血清,阳性率变化呈现 2006、2009 和 2012 年 3 个高峰期,高峰间隔期为 3 年。

4. 大沙鼠鼠疫抗体阳性率的地区分布和季节变化:以春季和秋季为变量,准噶尔盆地大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率的季节性差异有统计学意义($\chi^2=15.95, P=0.00 < 0.01$),即秋季大于春季,说明大沙鼠动物鼠疫流行春季至秋季的持续流行;以不同区域为变量,沙漠东和沙漠中大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率无差异($\chi^2=0.00, P=0.98 > 0.01$),其他各区域比较差异均有统计学意义(表 3)。说明在大的地理地貌尺度上,准噶尔盆地西部粘土荒漠和中东部的古尔班通古特沙漠荒漠是不同的流行区域,而古尔班通古特沙漠的西部和中部也存在流行程度上的差异性,结果与图 2 一致。

表 3 准噶尔盆地不同地理区域大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率比较

地理区域	沙漠东	沙漠中	沙漠西
沙漠中	0.98/0.00		
沙漠西	0.00/33.81	0.00/14.68	
盆地西	0.00/26.49	0.00/22.50	0.00/65.08

注:P值/ χ^2 值

讨 论

准噶尔盆地是一个疫情形势复杂的鼠疫自然疫源地^[1],其动物鼠疫流行的主要宿主和相关病原的生物特性已基本清晰,但疫源地内动物鼠疫的流行是持续?还是具有周期性?是整个疫源地同时波动,还是具有差别化的疫情起伏?均为该疫源地鼠疫危害及其防治的关键问题。本研究表明准噶尔盆地大沙鼠鼠疫存在地理区域和时间上的双重波动,动物鼠疫流行存在地理区域上的异质性,此与该疫源地媒介蚤类和鼠疫病原体的研究一致^[12]。

准噶尔盆地动物鼠疫流行依据地理地貌可划分为准噶尔西部粘土荒漠和中东部古尔班通古特荒漠 2 个流行区域。两区域内动物鼠疫流行强度和变化趋势各不相同,西部粘土荒漠区域流行弱于中东部古尔班通古特荒漠区域,且流行周期性似乎更长;而古尔班通古特荒漠动物鼠疫的流行又呈现出古尔班通古特荒漠西段和中东段 2 个亚区域形态,其中西段动物鼠疫流行起伏较大,流行周期约为 4 年,长于中东段区域,与该区域历年鼠疫监测结果一致,如 2006 年该区域发生动物鼠疫流行时,大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率达到 15.82%,当年分离出 2 株鼠疫菌^[13],其后至 2011 年再次出现较为猛烈的动物鼠疫流行,大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率为 14.15%,检出 3 株鼠疫菌^[14],流行强度大于同期其他地区。大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率在古尔班通古特荒漠中段和东段区域的差异无统计学意义,抗体变化周期也基本一致,约为 3 年,可归结为同一流行区,但中段弱于东段区域,后者呈现出古尔班通古特荒漠另一个流行中心区域,动物鼠疫呈现波动状态的活跃流行,但起伏小于西部区域。准噶尔盆地动物鼠疫流行的时间分布变化,与其他鼠疫疫源地显著不同,如长尾黄鼠鼠疫呈现持续的流行特点^[15],而长爪沙鼠鼠疫则呈现出间隔约 10 年的爆发性流行^[16]。按季节分析,准噶尔盆地大沙鼠血清鼠疫抗体阳性率虽然秋季高于春季,但由于大沙鼠对鼠疫菌耐受性强,感染后存活率高^[2,17],春季至秋季随着感染大沙鼠的个体数增加,抗体阳性大沙鼠的比率可能增加。因此大沙鼠阳性率秋季高于春季,并不表明秋季鼠疫流行强度一定高于春季,但可以说明大沙鼠鼠疫呈现春季至秋季的持续流行态势。

准噶尔盆地大沙鼠鼠疫在空间和时间上的波动决定了该地区动物鼠疫的威胁更具有突发性和不可

预见性,由此也确定了在防治策略上应具备监测时间的长期性和监测区域的广泛性,而局部区域的不连续监测不利于准确掌握动物鼠疫疫情,且自大沙鼠体内检出鼠疫菌较困难。因此在局部区域短期监测并不能发现动物间鼠疫流行,建议在准噶尔盆地东、中、西部重点地区建立固定监测点,完成系统监测,而在更大区域内实施流动监测,及时发现和有效预防控制动物鼠疫流行和扩散。

参 考 文 献

- [1] Zhang YJ, Dai X, Abulimiti, et al. Study on the situation of plague in Junggar Basin of China[J]. Chin J Epidemiol, 2008, 29(2): 136-144. (in Chinese)
张渝疆,戴翔,阿不力米提,等.准噶尔盆地鼠疫调查[J].中华流行病学杂志,2008,29(2):136-144.
- [2] Zhang YJ, Dai X, Wang XH, et al. Dynamics of *Yersinia pestis* and its antibody response in *R. opimus* (*Rhombomys opimus*) by subcutaneous infection[J]. PLoS One, 2012, 10: e46820.
- [3] Wang QG, Cao HL, Meng WW, et al. The community structure of parasitic fleas on main rats and its role in the Junggar Basin plague natural foci[J]. Chin J Vector Biol Control, 2013, 24(1): 7-12. (in Chinese)
王启果,曹汉礼,孟卫卫,等.准噶尔盆地鼠疫自然疫源地鼠体蚤类群落及其在动物鼠疫流行病学中的作用[J].中国媒介生物学及控制杂志,2013,24(1):7-12.
- [4] Wang XH, Azati, Wang QG, et al. The plague monitoring report of Wusu Guertu in 2008 [J]. Endem Dis Bull, 2008, 24(6): 46-47. (in Chinese)
王信惠,阿扎提,王启果,等.2008年新疆乌苏古尔图鼠疫监测报告[J].地方病通报,2008,24(6):46-47.
- [5] Ministry of Health Emergency Response Office. The emergency manual of plague prevention and control [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2009: 340-343. (in Chinese)
卫生部卫生应急办公室.鼠疫防控应急手册[M].北京:北京大学医学出版社,2009:340-343.
- [6] Qian YB, Zhang LY, Tang ZH, et al. Gurbantonggut desert 88bE along the sandy physicochemical properties longitudinal differentiation [J]. Arid Land Geography, 2006, 29(6): 784-789. (in Chinese)
钱亦兵,张立运,唐自华,等.古尔班通古特沙漠 88bE 沿线风沙土壤理化性质的纵向分异[J].干旱区地理,2006,29(6):784-789.
- [7] Qian YB, Wu ZN, Zhang LY, et al. Spatial distribute feature of Gurbantonggut desert ephemeral plants [J]. Chin Sci Bull, 2007, 52(19): 2299-2306. (in Chinese)
钱亦兵,吴兆宁,张立运,等.古尔班通古特沙漠短命植物的空间分布特征[J].科学通报,2007,52(19):2299-2306.
- [8] Liu MX, Cong ZF, Wei Y. The interspecific association studies on *Ammodendron* Communities in Mossel Bay Area [J]. J Shihezi University: Nat Sci, 2005, 23(4): 449-453. (in Chinese)
刘茂秀,丛者福,魏岩.莫索湾地区梭梭群落种间关联性的研究[J].石河子大学学报:自然科学版,2005,23(4):449-453.
- [9] Qian YB, Jiang J, Wu ZN, et al. The physical and chemical properties of soil and sustainable development use in Karamay Agricultural Development zone [J]. J Soil Water Conserva, 2003, 17(1): 52-55. (in Chinese)
钱亦兵,蒋进,吴兆宁,等.克拉玛依农业开发区土壤理化性状及其可持续发展利用[J].水土保持学报,2003,17(1):52-55.
- [10] Fu DP, Lyu GH, Yang JJ. The study of Karamay plant community structure and species diversity [J]. J Arid Land Resour Environ, 2008, 22(6): 152-155. (in Chinese)
傅德平,吕光辉,杨建军.克拉玛依植物群落结构和物种多样性研究[J].干旱区资源与环境,2008,22(6):152-155.
- [11] Zhou XD, Huang J, Zhang YJ, et al. The study of rodent community structure and spatial patterns in Xinjiang Ganjiahu Nature Reserve [J]. Sichuan J Zool, 2005, 24(2): 138-142. (in Chinese)
周旭东,黄健,张永军,等.新疆甘家湖自然保护区啮齿动物群落结构与空间格局的研究[J].四川动物,2005,24(2):138-142.
- [12] Zhang YJ, Azati, Luo T, et al. Community structure of Great Gerbils (*Rhombomys opimus*) parasitic fleas in Junggar Basin focus and related epizootiological characteristics on plague [J]. Chin J Epidemiol, 2013, 34(11): 1096-1100. (in Chinese)
张渝疆,阿扎提,雒涛,等.准噶尔盆地鼠疫自然疫源地大沙鼠寄生蚤群落结构及其鼠疫流行病学分析[J].中华流行病学杂志,2013,34(11):1096-1100.
- [13] Zhang YJ, Dai X, Aizezi. Plague surveillance and prevention and cure of Xinjiang Uygur Autonomous Region in 2006 [J]. Chin J Ctrl Endem Dis, 2007, 22 (Supplement of the Surveillance of Plague): 53-56. (in Chinese)
张渝疆,戴翔,艾则孜.新疆维吾尔自治区2006年鼠疫监测与防治[J].中国地方病防治杂志,2007,22(鼠疫监测增刊):53-56.
- [14] Zhang YJ, Liu QM. The plague monitoring results of Xinjiang Uygur Autonomous Region in 2011 [J]. Chin J Ctrl Endem Dis, 2012, 27 (Supplement of the Surveillance of Plague): 62-64. (in Chinese)
张渝疆,刘全民.新疆维吾尔自治区2011年鼠疫监测结果[J].中国地方病防治杂志,2012,27(鼠疫监测增刊):62-64.
- [15] Yan SM, Sheng GJ. Between the long-term trend of *Citellus undulatus* plague epidemic [J]. Chin J Endemiol, 1985, 4(2): 124-126. (in Chinese)
颜世盛,盛广吉.长尾黄鼠间鼠疫流行的长期趋向[J].中国地方病学杂志,1985,4(2):124-126.
- [16] Zhang WG, Liu JY. The preliminary study of Wulanchabu desert steppe region *M. unguiculatus* plague cycle [J]. J Inner Mongolia Endem Dis Prev Res, 1995, 20(2): 49-51. (in Chinese)
张文广,刘纪友.乌兰察布荒漠草原地区爪沙鼠鼠疫流行周期的初步研究[J].内蒙古地方病防治研究,1995,20(2):49-51.
- [17] Park S, Chan KS, Viljugrein H, et al. Statistical analysis of the dynamics of antibody loss a disease-causing agent: plague in nature population of great gerbils as an example [J]. J R Soc Interface, 2007, 4: 57-64.

(收稿日期:2013-09-11)

(本文编辑:张林东)