

# 宁夏回族自治区 2012—2018 年人间布鲁氏菌病发病时空分布及与家畜存栏数的相关性研究

赵媛<sup>1</sup> 郭忠琴<sup>1</sup> 赵建华<sup>2</sup> 梁沛枫<sup>3</sup>

<sup>1</sup>宁夏医科大学公共卫生与管理学院流行病与卫生统计学系,银川 750001; <sup>2</sup>宁夏回族自治区疾病预防控制中心,银川 750001; <sup>3</sup>宁夏回族自治区人民医院病案统计科,银川 750004

通信作者:梁沛枫, Email:doctor\_pf@126.com

**【摘要】** 目的 分析 2012—2018 年宁夏回族自治区(宁夏)人间布鲁氏菌病(布病)发病的时空分布特征及与家畜存栏数的相关性,为采取相应的防控措施提供参考依据。方法 收集 2012—2018 年宁夏回族自治区传染病报告信息管理系统中布病发病数资料,应用地理信息系统(ArcGIS)采用全局空间自相关、局部空间自相关分析方法对宁夏各县(区)2012—2018 年布病发病率数据的分布进行分析,运用 SPSS 23.0 软件对布病发病率与牛、羊、猪存栏数进行 Spearman 相关性分析。结果 2012—2018 年,宁夏布病发病率整体表现为上升。在 2012—2015 年为逐年增长,但从 2015—2018 年,则呈现为较小幅度的下降。全局自相关分析中,2012、2013 以及 2016 年宁夏各县(区)布病呈非随机分布, Moran's  $I$  值均为正值,说明呈空间正相关分布。在局部自相关分析中,高-高聚集(H-H)地区主要集中在宁夏中部,低-低聚集(L-L)地区主要在宁夏北部。在布病与主要牲畜存栏数的相关分析中,发现布病发病率与羊存栏数存在正相关关系( $r=0.692, P=0.000$ )。结论 布病发病存在不同程度的聚集性,发病率高的地区多集中在宁夏中部,且与羊存栏数具有一定的相关关系,因此对于不同的聚集状况应采取相应措施进行控制并且应加大对羊群的检疫与免疫。

**【关键词】** 布鲁氏菌病; 地理信息系统; 空间自相关分析; 空间聚集性

**基金项目:** 宁夏自然科学基金(NZ17187); 西北民族大学中央高校基本科研业务费项目(31920180088)

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20190925-00701

## Spatial-temporal distribution of human brucellosis and its correlation with the number of livestock in Ningxia Hui Autonomous Region, 2012–2018

Zhao Yuan<sup>1</sup>, Guo Zhongqin<sup>1</sup>, Zhao Jianhua<sup>2</sup>, Liang Peifeng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health and Management, Ningxia Medical University, Yinchuan 750001, China; <sup>2</sup>Ningxia Hui Autonomous Region Center for Disease Control and Prevention, Yinchuan 750001, China; <sup>3</sup>Medical Records Statistics Department of Ningxia Hui Autonomous Region People's Hospital, Yinchuan 750004, China

Corresponding author: Liang Peifeng, Email: doctor\_pf@126.com

**【Abstract】** **Objective** To analyze the spatial-temporal distribution characteristics of human brucellosis (HB) in Ningxia Hui Autonomous Region (Ningxia) from 2012 to 2018 and the correlation between HB and the number of livestock stocks, so as to provide reference for the development of preventive measures. **Methods** Data on the incidence of HB was collected from the Infectious Disease Report Information Management System of Ningxia, 2012 to 2018. Data related to HB incidence in Ningxia from 2012 to 2018 was then analyzed by global spatial autocorrelation and local spatial autocorrelation analysis methods through the geographic information system (GIS). SPSS (23.0) Spearman correlation was used to analyze the correlation between the incidence of HB and the number of cattle, sheep and pigs. **Results** From 2012 to 2018, the incidence of HB showed an overall increase in Ningxia, with an annual growth in 2012–2015 but declined between 2015 and 2018.

Results from the global autocorrelation analysis showed that the distribution of HB in the counties and districts of Ningxia appeared non-randomly, with Moran's  $I$  value as positive in 2012, 2013 and 2016 indicating the distribution was positive in space. Through local autocorrelation analysis, results showed that "H-H" concentration area was mainly concentrated in central while the "L-L" concentration area was mainly in the northern part of Ningxia. As for the results from correlation analysis between HB and animal husbandry, it showed that the incidence of HB was positively correlated with the number of sheep in stock ( $r=0.692, P=0.000$ ). **Conclusions** The epidemic situation of HB expressed different degrees of aggregation. Areas with high incidence were mostly concentrated in central Ningxia, and with certain degree of correlation with the number of sheep in stock. Corresponding measures should be taken to control the different aggregation situation. Programs on quarantine and immunization for sheep should also be strengthened.

**【Key words】** Brucellosis; Geographic information system; Spatial autocorrelation analysis; Spatial aggregation

**Fund programs:** Nature Science Foundation of Ningxia (NZ17187); Key Projects of Fundamental Research Business Expenses in Central Universities of Northwest University for Nationalities (31920180088)

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20190925-00701

人间布鲁氏菌病(布病)是世界上最常见的人畜共患病之一<sup>[1-3]</sup>。我国监测数据显示,布病的发病率急剧上升,在法定传染病排名中从2000年的第16位上升至2014年的第6位。宁夏回族自治区(宁夏)在20世纪80年代到90年代初为布病的低发地区,年发病率 $<0.100/10$ 万<sup>[4]</sup>,从1995年开始发病率逐渐上升,在2008年后,布病的发病人数呈百位数增长,发病率位居全国第3位,发病增速位居全国首位。既往研究显示,布病的再次“复燃”在流行病学特征方面出现了新的发展趋势<sup>[5]</sup>,布病的疫区、受侵人群和流行形式均发生了变化,而这种变化存在明显的时空共变现象<sup>[6]</sup>。为探讨宁夏地区布病疫情的时空分布特征及其与主要家畜存栏数的相关性,本研究对2012—2018年宁夏各县(区)布病发病率进行时空分析,从而为采取相应的防控措施提供参考依据。

## 资料与方法

1. 资料来源:2012—2018年宁夏各县(区)布病发病数资料来自宁夏回族自治区传染病报告信息管理系统(数据实时上传中国疾病预防控制中心法定传染病网络直报系统),各县(区)人口数和牛、羊、猪存栏数均来自《宁夏统计年鉴》。

2. 统计学分析:用动态数列描述2012—2018年宁夏布病发病率的发展动态,用ArcGIS 10.6软件<sup>[7]</sup>分析布病空间自相关性,应用SPSS 23.0软件进行Spearman相关分析,分析2015年宁夏22个县(区)布病发病率与牛、羊、猪存栏数的相关性。

(1)动态数列是一系列按时间顺序排列起来的指标,用以观察和比较事物在时间上的变化和发展趋势。绝对增长量是说明事物在一定时期增长的绝对值,可分为累积增长量:即报告期指标与基期指标

之差;逐年增长量:即报告期指标与前一期指标之差。发展速度和增长速度是说明事物在一定时期的速度变化。定基比发展速度:即报告期指标与基期指标之比;环比发展速度:报告期指标与前一期指标之比;定基比增长速度:定基比发展速度-1;环比增长速度:环比发展速度-1。

(2)空间自相关:空间自相关是指疾病在空间上的分布存在一定的相互关系,相邻地区的变量值会相互影响。可分为全局空间自相关(global spatial autocorrelation)和局部空间自相关(local spatial autocorrelation)<sup>[8]</sup>。使用GIS软件生成布病发病率可视化地图,并对发病率进行全局自相关和局部自相关聚集性分析,获得的地图既可以对比同年各县(区)的发病情况,也可以纵向比较不同年份各县(区)的发病情况。

①全局空间自相关分析:采用全局Moran's  $I$ 值来度量,反应空间相邻区域属性值的相似度,其取值范围为 $[-1, 1]$ 。 $I > 0$ 表示空间正相关; $I < 0$ 表示空间负相关; $I$ 值接近0,则不存在空间相关关系。 $I$ 的绝对值越大,空间相关性越强。当 $|Z| > 1.96, P < 0.05$ 为差异有统计学意义,存在空间自相关<sup>[9-10]</sup>。其公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (\chi_i - \bar{\chi})(\chi_j - \bar{\chi})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} \sum_{i=1}^n (\chi_i - \bar{\chi})^2}$$

式中, $I$ 为Moran's  $I$ 值, $n$ 为空间要素的个数, $\chi_i$ 与 $\chi_j$ 是在单元格 $i$ 与 $j$ 处的观察值, $\bar{\chi}$ 为所有空间单元属性值的均值, $\omega_{ij}$ 指要素 $i$ 与 $j$ 之间的空间权重。

②局部空间自相关分析:采用局部Moran's  $I$ 值来度量,用于探测局部区域是否属于高值或者低值聚集,解释为中心(高/低)发病率地区被周围(高/低)发病率地区所包围<sup>[11]</sup>。局部空间自相关分析聚集图共

有4种类型:高-高聚集(H-H)、低-低聚集(L-L)、低-高聚集(L-H)、高-低聚集(H-L)。其公式如下:

$$I = \frac{n^2(\chi_i - \bar{\chi})\sum_{j=1}^n \omega_{ij}(\chi_j - \bar{\chi})}{\sum_{i=1}^n (\chi_i - \bar{\chi})^2}$$

式中字母表示与全局Moran's I系数相同。

### 结 果

1. 时间分布:计算各年发病率,经趋势性检验后,未发现差异有统计学意义( $\chi^2=0.781, P=0.377$ ),但根据累积增长量却发现从2012年以后,各年发病率较2012年都有所上升。2012—2015年,宁夏地区布病的发病率逐年增高,2015年达到最高,发病率为43.656/10万。自2015年以后,发病率显示

出较小幅度的下降。见表1。

2. 全局自相关分析:以县级单位做全局自相关分析(表2),2012、2013、2016年Moran's I值均为正值,说明呈空间正相关分布,存在聚集性。而2014、2015、2017和2018年不存在空间自相关,差异均无统计学意义(均 $Z < 1.96, P > 0.05$ )。

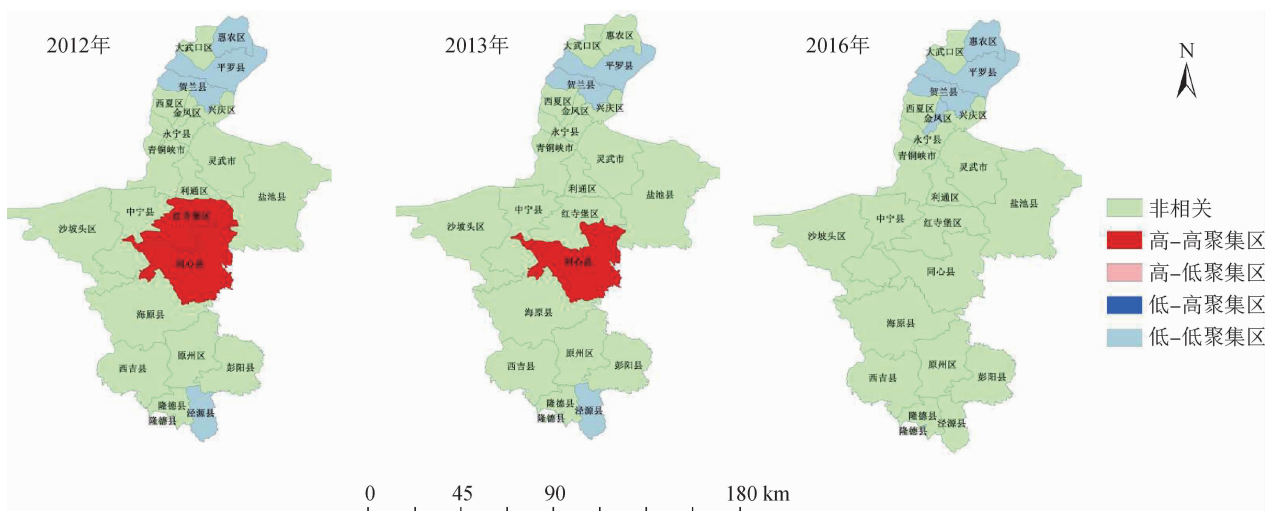
3. 局部自相关分析:全局空间自相关只能说明研究对象存在自相关,但却无法说明具体的聚集区,只有通过局部自相关来得知某一区域与其临近区域的关系,因此对全局Moran's I值具有统计学意义的年份进行局部空间自相关分析并生成局部空间自相关聚集分布图(图1)。从图中可以看出,2012年宁夏“H-H”聚集区包括红寺堡区和同心县,其平均

表1 2012—2018年宁夏回族自治区人间布鲁氏菌病发病率发展动态

年份	发病数	人口数	发病率 (/10万)	绝对增长量		发展速度		增长速度	
				累积	逐年	定基比	环比	定基比	环比
2012	454	6 471 900	7.022	-	-	1.000	-	-	-
2013	892	6 541 900	13.644	6.622	6.622	1.943	1.943	0.943	0.943
2014	2 086	6 615 400	31.535	24.513	17.891	4.491	2.311	3.491	1.311
2015	2 915	6 678 800	43.656	36.634	12.121	6.217	1.384	5.217	0.384
2016	2 182	6 749 000	32.341	25.319	-11.315	4.606	0.741	3.606	-0.259
2017	1 742	6 817 873	25.551	18.529	-6.790	3.639	0.790	2.639	-0.210
2018	1 630	6 881 100	23.688	16.666	-1.863	3.373	0.927	2.373	-0.073

表2 2012—2018年宁夏回族自治区人间布鲁氏菌病全局自相关Moran's I值

年份	Moran's I值	方差	Z得分	P值	聚集
2012	0.308 533	0.019 633	2.541 779	0.011 029	是
2013	0.281 359	0.020 575	2.293 511	0.021 819	是
2014	0.163 075	0.012 717	1.868 326	0.061 717	否
2015	0.131 737	0.013 605	1.537 689	0.124 125	否
2016	0.149 646	0.009 844	1.988 219	0.046 787	是
2017	0.106 494	0.008 235	1.698 226	0.089 465	否
2018	0.063 386	0.008 183	1.227 123	0.219 776	否



注:地图来源于国家地理信息中心,审图号:GS(2019)3266号

图1 宁夏回族自治区2012、2013及2016年人间布鲁氏菌病发病率局部空间自相关分析



发病率为41.964/10万;2013年宁夏“H-H”聚集区在同心县,其发病率为51.867/10万;2016年不存在“H-H”聚集区,这可能与2016年同心县和红寺堡区发病率降低有关。总体来看,宁夏地区2012、2013以及2016年的布病聚集区相对稳定。

4. 布病与牛、羊、猪存栏数的相关关系:因2015年宁夏地区布病的发病率为历年最高,故进一步分析发病率和牛、羊、猪存栏数的相互关系。宁夏各县(区)布病发病率与牛、羊、猪存栏数的分布关系见图2。Spearman相关性分析结果显示,布病的分布与羊存栏数存在正相关关系( $r=0.692, P=0.000$ ),说明随着羊存栏数的增加,布病发病率也相应增加;而牛和猪存栏数与布病发病率之间尚未发现相关关系( $r=0.047, 0.223$ ,均 $P<0.05$ )。图2的颜色越深表明布病发病率越高,圆点越大表明牛、羊、猪的存栏数越多。在图2B中,颜色较深的发病率高的盐池县,其羊存栏数的圆点也同样较大,而颜色较浅的发病率低的惠农区、大武口区以及兴庆区等,其羊存栏数的圆点也相应较小;而在图2A中,尚未看到颜色越深的布病发病率高的地区,其牛存栏数的圆点越大,在图2C中,也未看到颜色越深的布病发病率高的地区,其猪存栏数的圆点越大。

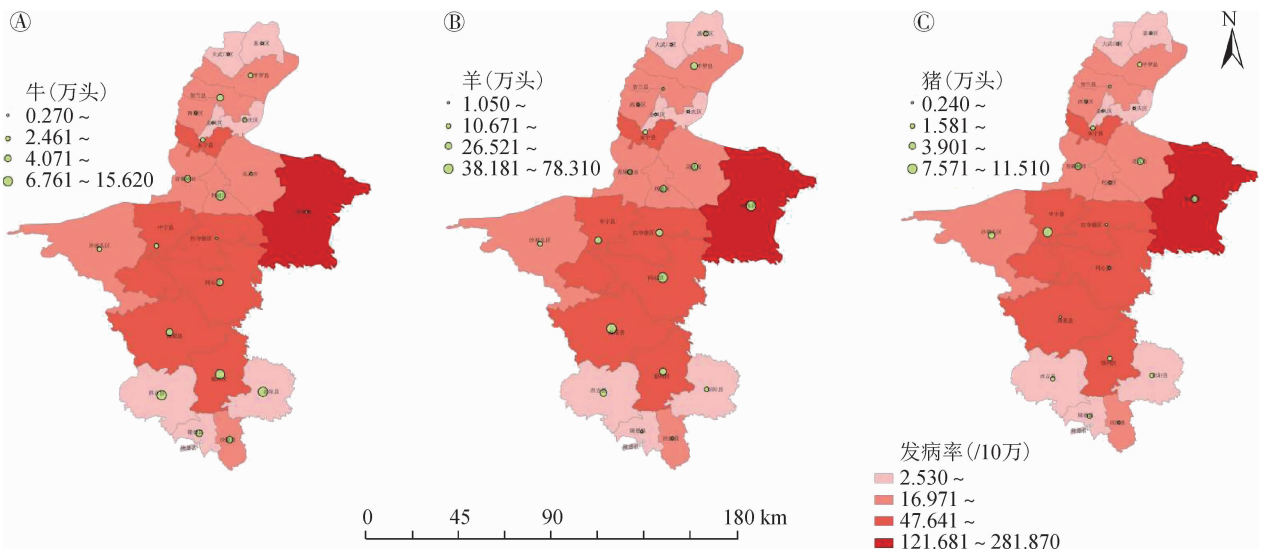
### 讨 论

本研究基于2012—2018年布病的监测数据,研究了宁夏布病发病率的时空分布情况,发现宁夏布病具有独特的时空聚类特征。对2012—2018年宁夏布病发病率的发展动态分析发现,2012—2015年宁

夏布病呈逐年上升,这与国内其他地区基本一致<sup>[12-14]</sup>,在2015年发病率处于历年最高,随后从2015—2018年宁夏布病的发病率呈现一个较缓的下降态势。全局空间自相关研究结果表明宁夏布病在2012、2013和2016年具有空间正相关性,呈现聚集性,而2014、2015、2017和2018年呈随机分布。进一步局部自相关分析表明,宁夏在2012、2013和2016年布病的“H-H”“L-L”聚集区基本稳定。

了解宁夏布病的空间分布对于控制布病发病,减少布病带来的疾病负担具有重要意义,同时也有利于资源的最优化配置<sup>[15]</sup>。有助于识别布病发病高风险区域,从而对“H-H”聚集区域采取重点监测的预防方针,而对“L-L”聚集区域及时发现控制疾病发病的有利因素,为布病监测提供指导性作用,并且在一定程度上为相关部门的决策制定提供依据<sup>[16]</sup>。本研究表明,2012、2013和2016年宁夏布病“L-L”发病均在相对固定的地方聚集,因此这种聚集状况的有利影响因素有待于进一步研究。

在宁夏布病与牛、羊、猪存栏数关系的分析中,发现羊存栏数与布病发病率存在正相关关系,羊存栏数的增加将引起布病发病的增加。畜间布病的存在是引起布病的主要危险因素,原因是病畜会排出大量病原菌,如果处理不当,会严重污染周围环境,从而给其他动物、接触人员的感染创造条件。但畜间布病却是布病感染的必要不充分条件,因为布病是由多种原因引起的,即使畜间存在布病,若处理得当也可避免引起布病,另外,人们的卫生防护意识、接触人员的身体素质和机体免疫力也是引起布病的



注:地图来源于国家地理信息中心,审图号:GS(2019)3266号

图2 2015年宁夏回族自治区各县(区)人间布鲁氏菌病发病率与牛、羊、猪存栏数分布关系

相关因素。

基于引起布病的危险因素,应当加强控制传染源、切断传播途径和保护易感人群的防控措施。对于病畜,要及时进行扑杀,且要将其运至远离居民区的地方进行填埋或者焚烧,并要及时处理病畜的排泄物及分泌物,对污染的圈舍也要进行严格的消毒。对于布病的职业相关人员应加强自身防护工作,在接触牲畜时需佩戴眼罩、口罩、长筒橡胶手套以及专门的防护服,且在接触牲畜后及时洗手和消毒。

综上所述,随着宁夏地区畜牧业的发展,加强宁夏布病的预防检测刻不容缓。针对本次研究的布病疫情分布特征,建议应进一步加强宁夏中部地区疫情的检测,对于高发病地区,适当增加防控资源,以遏制布病疫情的蔓延,而对于低发病地区,要及时寻找有利影响因素来减少布病的发生。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参 考 文 献

- [1] McDermott J, Grace D, Zinsstag J. Economics of brucellosis impact and control in low-income countries [J]. *Rev Sci Tech*, 2013, 32(1): 249–261. DOI: 10.20506/rst.32.1.2197.
- [2] Farina F, Fuser R, Rossi M, et al. Brucellosis outbreak in Treviso province caused by infected cheese from an endemic area [J]. *Infez Med*, 2008, 16(3): 154–157.
- [3] Park SH, Lee YH, Chu H, et al. Application of the microagglutination test for serologic diagnosis of human brucellosis [J]. *Osong Public Health Res Perspect*, 2012, 3(1): 19–23. DOI: 10.1016/j.phrp.2012.01.003.
- [4] Lai SJ, Zhou H, Xiong WY, et al. Changing epidemiology of human brucellosis, China, 1955–2014 [J]. *Emerg Infect Dis*, 2017, 23(2): 184–194. DOI: 10.3201/eid2302.151710.
- [5] Seleem MN, Boyle SM, Sriranganathan N. Brucellosis: a re-emerging zoonosis [J]. *Vet Microbiol*, 2010, 140(3/4): 392–398. DOI: 10.1016/j.vetmic.2009.06.021.
- [6] Pappas G, Papadimitriou P, Akritidis N, et al. The new global map of human Brucellosis [J]. *Lancet Infect Dis*, 2006, 6(2): 91–99. DOI: 10.1016/S1473–3099(06)70382–6.
- [7] Scott LM, Janikas MV. Spatial statistics in ArcGIS [M]//Fischer MM, Getis A. *Handbook of Applied Spatial Analysis*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. DOI: 10.1007/978–3–642–03647–7\_2.
- [8] 唐艳艳. GIS 空间分析技术在疾病空间异质性分布中的应用研究——以广西原发性肝癌为例 [D]. 南宁: 广西医科大学, 2009. DOI: 10.7666/d.y1462642.  
Tang XY. Study on the application of GIS to spatial heterogeneity of disease — case study of primary hepatic carcinoma in Guangxi [D]. Nanning: Guangxi Medical University, 2009. DOI: 10.7666/d.y1462642.
- [9] 王劲峰, 廖一兰, 刘鑫. 空间数据分析教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.  
Wang JF, Liao YL, Liu X. *Course on spatial data analysis* [M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [10] 孙闪华, 高志东, 赵飞, 等. 北京市 2005—2015 年肺结核发病时空特征分析 [J]. *中华流行病学杂志*, 2018, 39(6): 816–820. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254–6450.2018.06.023.  
Sun SH, Gao ZD, Zhao F, et al. Spatial-temporal analysis on pulmonary tuberculosis in Beijing during 2005–2015 [J]. *Chin J Epidemiol*, 2018, 39(6): 816–820. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254–6450.2018.06.023.
- [11] 魏娜娜, 鲍俊哲, 宇传华, 等. 中国卫生总费用空间分布特征与趋势分析 [J]. *中国卫生资源*, 2016, 19(1): 47–51. DOI: 10.13688/j.cnki.chr.2016.15198.  
Wei NN, Bao JZ, Yu CH, et al. Analysis on the spatial distribution characteristics on total expenditure on health and its tendency in China [J]. *Chin Health Resour*, 2016, 19(1): 47–51. DOI: 10.13688/j.cnki.chr.2016.15198.
- [12] 陈宝宝, 范锁平, 安翠红, 等. 陕西省 2005—2015 年布鲁杆菌病疫情分析 [J]. *中华疾病控制杂志*, 2017, 21(1): 99–101, 106. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2017.01.023.  
Chen BB, Fan SP, An CH, et al. Analysis of brucellosis epidemic from 2005 to 2015 in Shaanxi [J]. *Chin J Dis Control Prev*, 2017, 21(1): 99–101, 106. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2017.01.023.
- [13] 白永飞, 崔步云, 帖萍, 等. 2006—2015 年山西省布鲁氏菌病疫情分析 [J]. *疾病监测*, 2016, 31(12): 1018–1022. DOI: 10.3784/j.issn.1003–9961.2016.12.010.  
Bai YF, Cui BY, Tie P, et al. Epidemiology of brucellosis in Shanxi, 2006–2015 [J]. *Dis Surveill*, 2016, 31(12): 1018–1022. DOI: 10.3784/j.issn.1003–9961.2016.12.010.
- [14] 李德强, 李明月, 刘静, 等. 2004—2013 年全国布鲁氏菌病发病重心迁移轨迹研究 [J]. *中国卫生统计*, 2016, 33(6): 967–968.  
Li DQ, Li MY, Liu J, et al. Study on the locus of gravity center migration of Brucellosis in China from 2004 to 2013 [J]. *Chin J Health Stat*, 2016, 33(6): 967–968.
- [15] 王微, 殷菲, 靳圆圆, 等. 新疆布鲁氏菌病空间聚集性分析 [J]. *中国人兽共患病学报*, 2015, 31(10): 982–985. DOI: 10.3969/j.issn.1002–2694.2015.10.018.  
Wang W, Yin F, Jin YY, et al. Spatial clustering analysis of brucellosis in Xinjiang, China [J]. *Chin J Zoonoses*, 2015, 31(10): 982–985. DOI: 10.3969/j.issn.1002–2694.2015.10.018.
- [16] 刘维量, 寇增强, 陈保立, 等. 山东省 2014—2016 年布鲁氏菌病空间分布特征和空间自相关分析 [J]. *中华疾病控制杂志*, 2018, 22(9): 897–901. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2018.09.007.  
Liu WL, Kou ZQ, Chen BL, et al. Spatial distribution characteristics and spatial autocorrelation analysis of human brucellosis in Shandong Province from 2014 to 2016 [J]. *Chin J Dis Control Prev*, 2018, 22(9): 897–901. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2018.09.007.

(收稿日期: 2019–09–25)

(本文编辑: 斗智)