

DOI: 10.19296/j.cnki.1008-2409.2024-01-011

· 论 著 ·

· ORIGINAL ARTICLE ·

## 桂林市禽流感外环境监测数据的时空特征分析

王林燕<sup>1</sup>, 潘晓雯<sup>2</sup>, 曾西<sup>1</sup>, 谭超<sup>1</sup>

(1. 桂林医学院公共卫生学院 桂林 541199; 2. 桂林市疾病预防控制中心 桂林 541000)

**摘要** 目的 了解桂林市禽流感外环境病毒污染情况,为禽流感疫情防控和预警提供参考数据。方法 收集、汇总桂林市 2010—2020 年禽流感外环境监测数据,对不同年份、不同季节的外环境病毒阳性样本数进行趋势卡方检验;结合环境数据,对阳性检出数与人口密度进行线性相关分析和非线性相关分析;应用方向分布、趋势、空间自相关、高/低聚类(General G)和热点分析等方法分析空间分布。结果 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒阳性检出数 552 例,阳性率为 35.5%。阳性检出率秋冬季较高,中部比周边高,且与人口密度呈线性正相关;空间方向分布不明显,大致呈现“东北-西南”的分布模式;阳性标本分布存在高值聚集趋势,以叠彩区、七星区、秀峰区、象山区为“热点区域”。结论 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒阳性检出情况在时间上与季节有关,空间上呈中部聚集趋势,且与人口密度呈线性正相关。

**关键词:** 禽流感; 时空特征分析; 地理信息系统; 外环境监测

中图分类号: R511.7

文献标志码: A

文章编号: 1008-2409(2024)01-0075-08

## Analysis of spatial-temporal characteristics of avian influenza external environment monitoring data in Guilin

WANG Linyan<sup>1</sup>, PAN Xiaowen<sup>2</sup>, ZENG Xi<sup>1</sup>, TAN Chao<sup>1</sup>

(1. College of Public Health, Guilin Medical University, Guilin 541199, China; 2. Guilin Center for Disease Control and Prevention, Guilin 541000, China)

**Abstract Objective** To understand the virus pollution situation in the external environment of avian influenza in Guilin, and to provide data reference for the prevention, control, and early warning of avian influenza epidemic. **Methods** The external environmental monitoring data of avian influenza in Guilin from 2010 to 2020 were collected and analyzed. Chi square test and trend test were performed on the number of positive samples of virus in the external environment at different time and season, linear and nonlinear

基金项目: 广西壮族自治区卫生健康委员会自筹经费科研课题(Z20211511)。

第一作者: 王林燕, 硕士研究生, 研究方向为流行病与卫生统计; 潘晓雯, 硕士研究生学历, 副主任医师, 研究方向为结核病预防控制。

通信作者: 谭超, anchao7890@163.com。

correlation analysis were conducted between positive detection numbers and population density based on environmental data. Methods such as directional distribution, trend, spatial autocorrelation, high/low clustering, and hotspot analysis for spatial distribution analysis. **Results** From 2010 to 2020, there were 552 positive cases of avian influenza virus in the external environment of Guilin, with a positive rate of 35.5%. The positive detection rate is higher in autumn and winter. There are more cases in the central area than in the surrounding areas with a positive linear correlation with population density. The spatial distribution is not obvious, showing a slightly "northeast southwest" distribution pattern. The distribution of positive specimens shows a trend of high value aggregation, with Diecai District, Seven Star District, Xiufeng District, and Xiangshan District being the "hot spots". **Conclusion** The positive detection of avian influenza virus in the external environment of Guilin from 2010 to 2020 is related to season in time, shows a central clustering trend in space, and has a linear positive correlation with population density.

**Keywords:** avian influenza; spatiotemporal analysis; geographic information system; external environmental monitoring

禽流感是由禽流感病毒引起的多种禽类发生急性感染或死亡的重大动物性疫病。在动物研究方面而言,禽流感病毒引起禽类烈性传染病,以呼吸系统疾病、产蛋下降及急性致死等为特征;对人类感染方面而言,禽流感病毒可导致人类的感染和死亡,对人类健康造成威胁<sup>[1]</sup>。禽流感疾病给国家造成沉重负担,是目前禽病防控的重点<sup>[2-3]</sup>。有研究结果<sup>[4]</sup>表明,广西各市外环境禽流感病毒污染较为严重,且有不断加重的趋势。近年来,地理信息系统被广泛应用于各种传染性疾病的研究,在预警、预防以及控制过程中起到很大的作用,有效地避免许多社会问题与公共卫生事件的发生和发展<sup>[5-6]</sup>。本文对桂林市禽流感外环境监测数据进行时空特征分析,为今后桂林市禽流感疫情防控的效率最优化提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 标本采集

从中国疾病预防控制中心禽流感监测信息系统收集 2010—2020 年桂林市各县区内城乡农贸市场、养殖场等监测点的禽流感外环境病毒监测数据。监测标本由桂林市疾病预防控制中心的专业人员进行采样、检验,并录入数据。

### 1.2 数据分析

将收集到的信息数据按照时间段分类整理,绘

制 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒监测阳性检出率变化趋势折线图,观察外环境监测数据的季节分布特征及在不同年份的变化趋势。分析禽流感外环境病毒阳性检出数与各县区人口密度的相关性。利用数据中的地理信息分析外环境监测数据的空间分布特征,矢量化地图数据来源为国家基础地理信息中心网站。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 25.0 统计软件进行统计描述和 $\chi^2$ 检验。使用 Rstudio 22.0.3 软件中的 ggplot 2 包绘制检出率变化趋势折线图。通过 2021 年第七次全国人口普查数据计算各县区人口密度,禽流感外环境病毒阳性检出数和各县区人口密度的相关性,采用直线相关分析及限制性立方样条分析。应用 ArcGIS 10.8.1 地理信息系统软件分析外环境监测数据的空间分布特征。采用标准差椭圆法分析方向特征,趋势面分析阳性监测数据在经纬度方向上的变化情况。空间自相关分析采用莫兰指数(moran's I, MI)反映禽流感外环境病毒阳性标本检出地区分布在本研究区域内是否存在异质性,MI 取值范围为-1~1,分值 0 表示空间分布为随机分布,接近 1 表示数据聚集分布,接近-1 表明数据离散分布。高/低聚类(getis-ord general G)分析检测数据是否呈现出高值或者低值聚集,General G 的取值范围为-1~1,分值 0 表示空间分布为随机分布,接近 1 表示数据高值聚

类 接近-1 表明数据低值聚类  $Z \geq 1.96$  说明该区域存在显著的高值聚类  $Z \leq -1.96$  则说明该区域存在显著低值聚类<sup>[7]</sup>; 利用热点分析识别存在空间异质性的具体区域。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 禽流感外环境病毒阳性的时间分析

2010—2020 年采集并检测各类环境标本 1 555

份, 其中阳性标本 552 份, 阳性率为 35.5%, 不同年份间禽流感外环境阳性检出率差异无统计学意义 ( $\chi^2 = 10.484, P < 0.05$ ), 趋势卡方检验表明, 2010—2020 年变化趋势无统计学意义 ( $Z = 0.542, P < 0.05$ ); 除 2010 年外, 2011—2020 年四季禽流感外环境病毒阳性检出率差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 秋冬季阳性检出率较高, 如表 1、图 1 所示。

表 1 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒阳性检出情况

年份	检测例数	春季(3-5月)		夏季(6-8月)		秋季(9-11月)		冬季(12-翌年2月)		合计		$\chi^2$	P
		阳性例数	检出率 %	阳性例数	检出率 %	阳性例数	检出率 %	阳性例数	检出率 %	阳性例数	检出率 %		
2010	47	5	45.5	4	33.3	4	33.3	2	16.7	15	31.9	2.234	>0.05
2011	101	16	53.3	1	3.3	0	0.0	5	12.2	22	21.8	25.733	<0.05
2012	61	0	0.0	0	0.0	14	70.0	9	90.0	23	37.7	39.289	<0.05
2013	72	3	15.0	7	38.9	10	55.6	3	18.8	23	31.9	8.938	<0.05
2014	115	4	12.5	15	51.7	0	0.0	8	21.1	27	23.5	20.058	<0.05
2015	81	4	8.7	8	80.0	11	44.0	0	0.0	23	28.4	24.872	<0.05
2016	115	8	28.6	3	20.0	9	60.0	33	57.9	53	46.1	11.933	<0.05
2017	687	190	37.6	10	50.0	32	61.5	59	53.6	291	42.4	18.686	<0.05
2018	70	1	5.9	10	43.5	9	47.4	4	36.4	24	34.3	8.414	<0.05
2019	89	13	56.5	3	14.3	5	26.3	5	19.2	26	29.2	11.887	<0.05
2020	117	0	0.0	7	20.0	18	56.3	0	0.0	25	21.4	36.800	<0.05
总计	1 555	244	32.4	68	30.0	112	49.1	128	36.9	552	35.5	24.971	<0.05

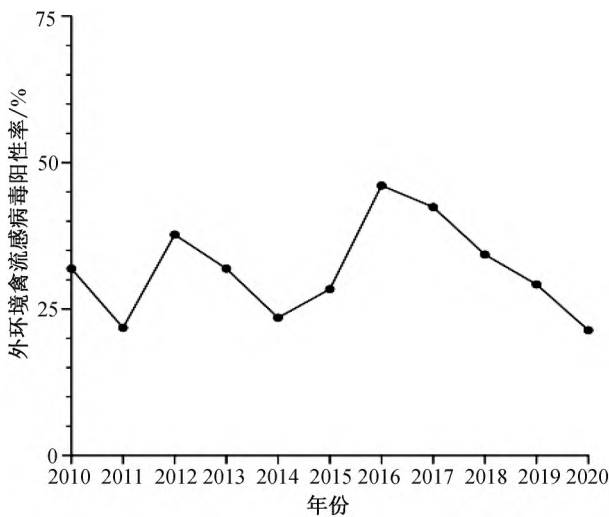
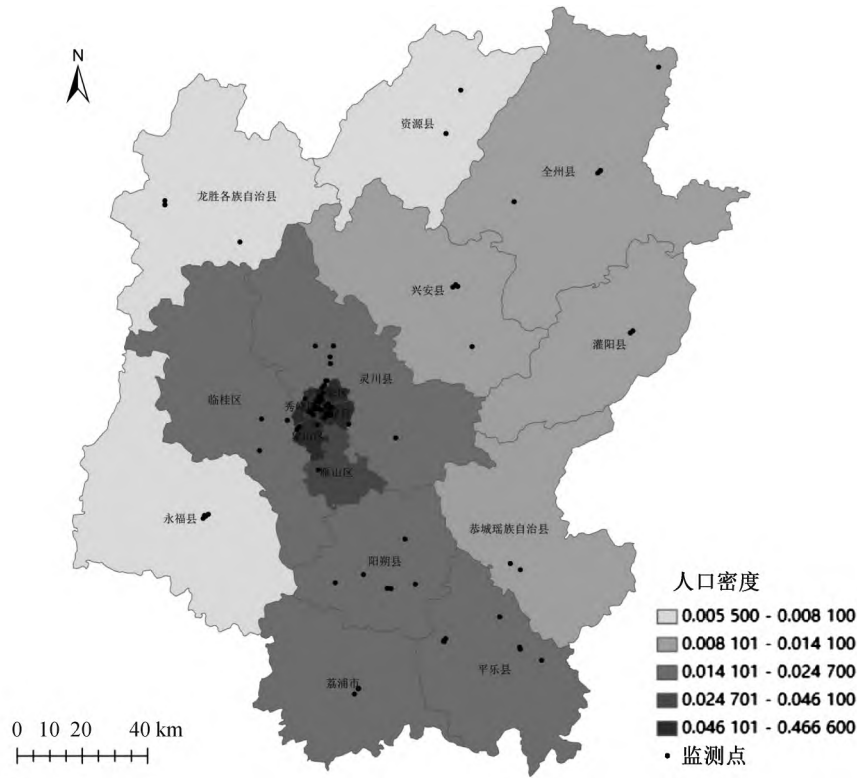


图 1 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒监测阳性检出率变化趋势图

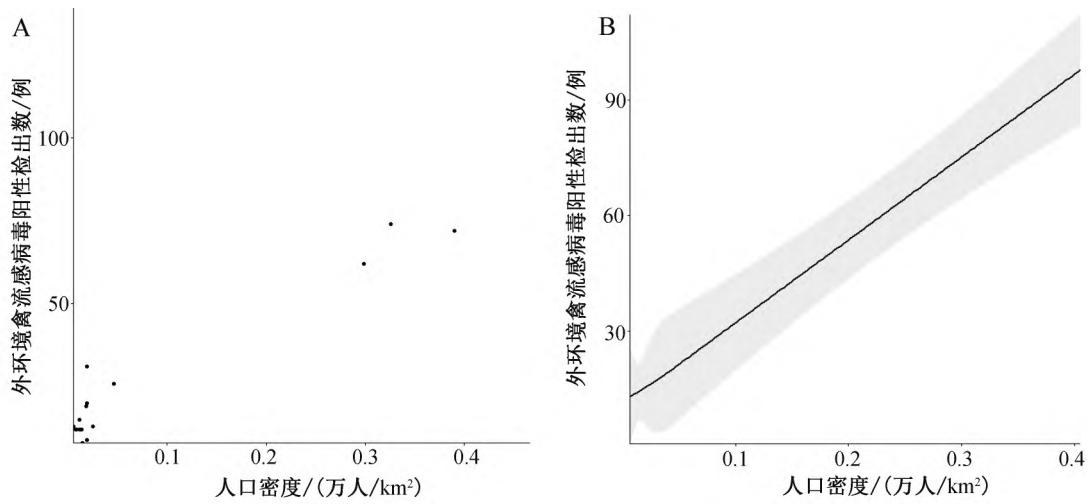
### 2.2 外环境禽流感病毒阳性的空间分析

2.2.1 地理位置与人口分布 采用 ArcGIS 10.8.1 软件绘图对环境病毒阳性数进行空间特征可视化分析, 结果如图 2 所示。图中点代表阳性监测点的位置, 地图颜色深浅代表人口密度大小, 结果表明, 位于桂林市中部区域的七星区、叠彩区、象山区阳性检测点数较多, 且人口密度相对较大。桂林市各县区禽流感外环境病毒阳性检出例数与人口密度的直线相关分析结果显示, 二者呈正相关 ( $r = 0.947, P < 0.05$ ); 限制性立方样条分析结果亦显示, 二者存在线性相关 ( $P < 0.05$ ), 如图 3 所示。



注: 审图号 GS(2019) 3333 号。

图 2 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒阳性监测点与人口密度关系图

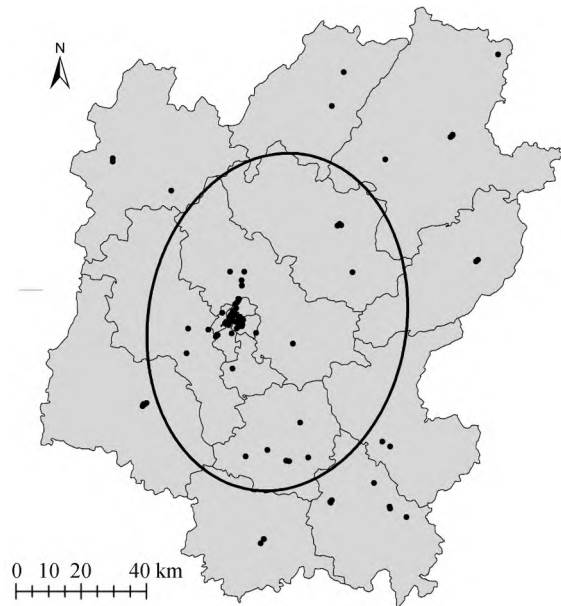


注: A. 病毒阳性核出数与人口密度的散点图; B. 病毒阳性核出数与人口密度的非限制性立方样条图。

图 3 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒阳性检出数与人口密度关系图

2.2.2 方向分布 应用 ArcGIS 10.8.1 对环境病毒阳性监测点进行标准差椭圆法分析, 得到椭圆参数: 中心坐标 X 为 110.365 709, 中心坐标 Y 为 25.273 320, 短

半轴为 0.299 764, 长半轴为 0.414 333, 面积为 0.390 169。病毒阳性监测点方向分布不明显, 略微呈现“东北-西南”的分布模式, 如图 4 所示。



注: 审图号 GS(2019) 3333 号; 图中圆点表示监测点, 圆圈表示监测点的空间分布。

图 4 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒阳性监测点方向分布图

2.2.3 趋势分析 以外环境病毒检测阳性数作为  $Z$  值, 地理区域几何中心处的经度和纬度作为  $X$ 、 $Y$  值, 对 2010—2020 年桂林市外环境病毒检测阳性数据进行趋势面分析,  $XZ$  平面表示东西方向趋势,  $YZ$  平

面表示南北方向的变化情况<sup>[8]</sup>。结果表明, 数据总体在东西、南北方向上均存在中间高两边低的趋势, 即中部地区禽流感外环境病毒例数多, 四周分布少, 与方向分析结果一致, 如图 5 所示。

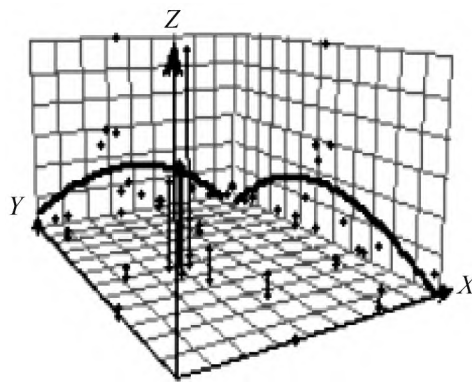


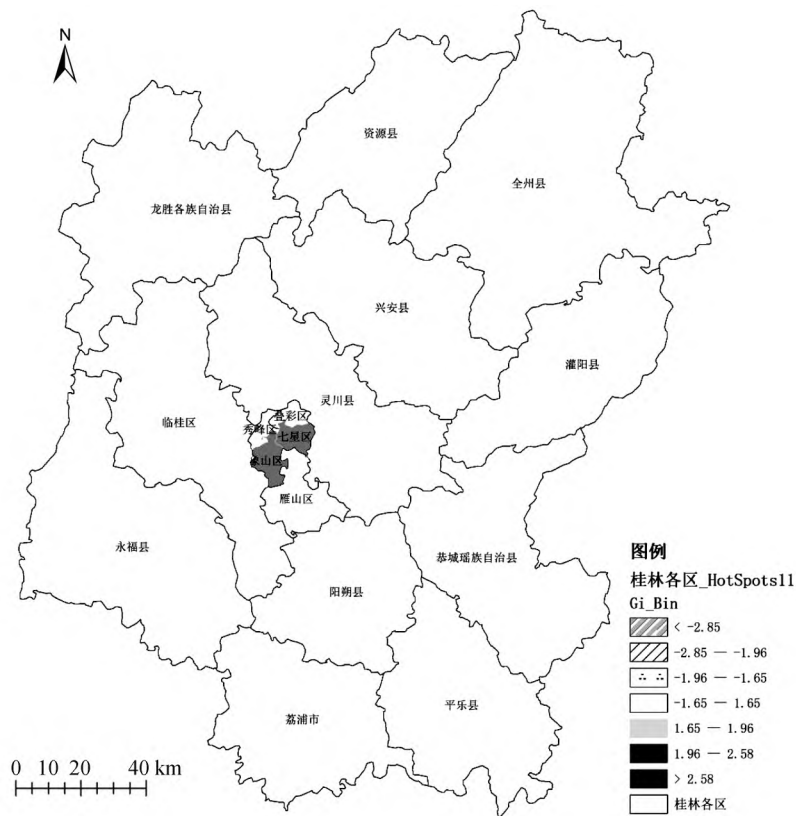
图 5 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒阳性监测点趋势分析图

2.2.4 空间自相关和 General G 分析 以桂林市各县区为分析单位, 对环境阳性检出数作空间自相关和 General G 分析。空间自相关分析结果: MI 指数为 0.455 738,  $Z$  得分为 4.357 263 ( $P < 0.05$ ), 提示禽流感外环境病毒检出阳性标本分布有聚集趋势; General G 分析结果: General G 观测值为 0.466 199,

General G 期望值为 0.286 765,  $Z$  得分为 2.618 138 ( $P < 0.05$ ) 结果显示禽流感外环境病毒检出阳性标本分布存在高值聚集趋势。

2.2.5 热点分析 以桂林市 2010—2020 年禽流感外环境病毒阳性检出数据结合桂林市地图作热点分析, 结果表明叠彩区、七星区、秀峰区、象山区等中部

区域热点聚焦,如图 6 所示。



注:审图号 GS(2019) 3333 号。

图 6 2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒阳性检出数据热点分析图

### 3 讨论

2017 年桂林市暴发禽流感疫情,对市内动物和人类的健康造成了严重影响,也对经济发展造成了一定损失<sup>[9]</sup>。有研究表明,广西壮族自治区内的百色<sup>[10]</sup>、防城港<sup>[11]</sup>、柳州<sup>[12]</sup>等市禽流感外环境病毒污染都较为严重,外环境病毒阳性率逐年攀升,对当地居民健康和经济稳定造成威胁。因此,对桂林市禽流感外环境病毒监测结果的研究,对禽流感疫情预防与控制具有重要意义。本研究结果显示,2010—2020 年桂林市禽流感外环境病毒标本阳性检出率为 35.5%,高于广东<sup>[13]</sup>、陕西<sup>[14]</sup>、云南<sup>[15]</sup>等省以及广西壮族自治区内的百色<sup>[10]</sup>、防城港<sup>[16]</sup>等市,可能原因为南方地区活禽交易更为普遍,且广西气候温暖,水分充足,自然条件优越,为禽类生长提供有利的环境<sup>[17-18]</sup>。

本研究结果显示,桂林市禽流感外环境病毒阳

性标本检出率与季节分布有关,这与其他研究结果相一致<sup>[19-20]</sup>。很多专家学者<sup>[21-22]</sup>指出,禽流感病毒传播,春冬季节普遍高发,大致原因为禽流感病毒在低温状态下更易存活<sup>[19]</sup>。2010—2020 年桂林市病毒阳性检出率秋冬两季为高发,秋季最为明显,这与其他研究结果略有不同,且桂林市总体病毒阳性率四季均高于 30%,高于其他各市<sup>[10-12, 19, 23]</sup>,这可能与桂林市的特殊地理位置有关。桂林气候温暖湿润,全年多雨,对禽类生长有益,另一方面,桂林作为旅游型城市,人员不便于管理,游客量以秋季为最高,与本文研究季节结果一致,且秋冬两季中国传统节日较多,活禽市场需求增大,宰杀数目增加,进而发生禽流感外环境病毒阳性率增高。本研究结果提示,桂林市区秋冬季节应做好防护,因地制宜,控制传染源,避免人禽流感和动物禽流感病毒的感染和传播。

本研究通过关联性分析发现,禽流感外环境病毒阳性事件的发生与地区人口密度相关,这与张人杰等<sup>[24]</sup>研究结果相同,分析原因为:禽流感作为人畜共患传染病,人口密度的增加导致单位面积易感性增加,使之呈现出空间聚集性。应用限制性立方样条模型可以直观地描述自变量与因变量之间的关系,弥补了传统意义上广义线性模型的不足,采用线性与非线性结合的方式更加准确地描述两变量之间的关系<sup>[25-26]</sup>。检测数据的空间聚类分布现象较为明显,在一定区域内禽流感外环境病毒的传播建立了较为有效的传播途径,空间分析可作为禽流感由外环境检测病毒阳性向人类禽流感疫情暴发流行转变的重要预警信号<sup>[24]</sup>。本研究结果显示,桂林市中部地区禽流感病毒阳性检出比例高,其原因除了该地区人口密度大,还可能与桂林中部地区位于市内中心区域,活禽交易市场多,人流量大有关。中心区域的市区内活禽交易市场数量多,采样点设置较多,偏远县区活禽交易市场数量少,所以采样点设置较少,且由于 2017 年突发禽流感疫情,各县区采样数目和范围较其他年份有所增加,可能存在抽样误差,影响数据代表性。据报道,近年来不断有新型禽流感跨越种属屏障感染人类,病例发病前均有与相关联环境接触的暴露史,动物源性人兽共患病给人类社会公共卫生安全造成巨大威胁<sup>[27-28]</sup>。

#### 4 结语

人禽流感感染境况与外环境污染密切相关,建议政府部门在原有的防控措施基础上加强重点季节、重点地区的监测,加大动物产地检疫监督力度,做好人群宣传卫生教育,要求活禽交易从业人员做好个体防护,做好环境的清洗和消杀处理工作,从而达到有效控制传染源、切断传播途径、保护易感人群的目的,对市内禽流感疫情进行更好的预防和控制,保护人群健康,维护经济稳步发展。

#### 参考文献

- [1] FLEMING D. Influenza pandemics and avian flu [J]. *BMJ*, 2005, 331(7524): 1066-1069.
- [2] 尹彦文, 施开创, 孙文超, 等. 2013—2019 年广西边境地区低致病性禽流感病毒监测分析 [J]. *中国畜牧兽医*, 2021, 48(8): 3002-3009.
- [3] LI Y T, LINSTER M, MENDENHALL I H, et al. Avian influenza viruses in humans: lessons from past outbreaks [J]. *Br Med Bull*, 2019, 132(1): 81-95.
- [4] 曹显永, 邓佩文, 童彬, 等. 2013—2020 年广西东兴市禽流感病毒的监测和分析 [J]. *当代畜禽养殖业*, 2021(2): 20-21.
- [5] 王昭君. 地理信息系统在新冠肺炎疫情防控中的应用思考 [J]. *新疆有色金属*, 2023, 46(1): 13-14.
- [6] SAMANY N N, LIU H, AGHATAHER R, et al. Ten GIS-based solutions for managing and controlling COVID-19 pandemic outbreak [J]. *SN Comput Sci*, 2022, 3(4): 269.
- [7] 王青芳. 基于 GIS 的两类人畜共患病空间分布研究 [D]. 太原: 山西大学, 2018.
- [8] 宋渊, 张恩博, 任达. 基于 GIS 空间分析的兴山县滑坡灾害点分布特征研究 [J]. *云南地质*, 2022, 41(3): 382-388.
- [9] 龙虎, 麦浩. 桂林市人感染 H7N9 禽流感流行病学特征分析 [J]. *中华微生物学和免疫学杂志*, 2019, 39(3): 228-231.
- [10] 农胜钧, 农智, 邓积广, 等. 2014—2018 年广西百色市禽流感外环境监测结果分析 [J]. *应用预防医学*, 2020, 26(5): 370-373.
- [11] 龙海艺, 李锋华, 庞秀然, 等. 广西防城港市 2017 年活禽市场环境样本禽流感监测 [J]. *中国热带医学*, 2019, 19(6): 581-583.
- [12] 许宗丽, 谢芝勋, 黄溢泓, 等. 2015—2019 年广西柳州市活禽市场低致病性禽流感病毒监测 [J]. *中国动物检疫*, 2021, 38(8): 13-15.
- [13] 邹丽容, 张云强, 郭前方, 等. 2016—2020 年广东省外环境禽流感病毒监测分析 [J]. *疾病监测*, 2022, 37(11): 1423-1428.
- [14] 史伟, 张蕾, 李慎, 等. 2011—2017 年陕西省外环境中禽流感病毒污染情况分析 [J]. *中国人兽共患病学报*, 2018, 34(10): 952-956.
- [15] 康显虎, 赵晓南, 周洁楠, 等. 2016—2017 年云南省禽类相关外环境禽流感病毒监测结果分析 [J]. *疾病监测*, 2018, 33(10): 825-828.
- [16] 熊文婕, 谢芝勋, 曹国敏, 等. 2016—2017 年防城港市活禽市场低致病性禽流感病毒监测分析 [J]. *中国家禽*, 2018, 40(9): 70-72.
- [17] 刘照生, 罗春蕊, 孙艳红, 等. 2019—2022 年云南省禽类

- 相关外环境禽流感病毒监测[J].中国动物检疫,2023,40(3):5-9.
- [18] 王彦文,黄辉,王春旭,等.2017年桂林市食源性致病菌监测与分析[J].华夏医学,2019,32(1):118-121.
- [19] 陈爽,喻臻,谭章平,等.2019—2021年重庆市外环境禽流感病毒污染状况监测结果分析[J].中国人兽共患病学报,2023,39(1):58-62.
- [20] 杜文静,王德苗,陈飞,等.2017—2021年重庆市沙坪坝区活禽市场外环境禽流感病毒监测分析[J].疾病监测,2023,38(4):421-425.
- [21] 康显虎,赵晓南,周洁楠,等.2016—2017年云南省禽类相关外环境禽流感病毒监测结果分析[J].疾病监测,2018,33(10):825-828.
- [22] 余慧燕,许可,黄昊頔,等.2014—2018年江苏省禽类外环境禽流感病毒监测结果分析[J].中国人兽共患病学报,2021,37(3):225-229.
- [23] 赵志荣,江良梁,江小鱼.2009—2021年安徽省马鞍山市禽流感监测与分析[J].疾病监测,2023,38(2):148-151.
- [24] 张人杰,李娜,王笑笑,等.2013—2016年浙江省人感染H7N9禽流感疫情的空间分析及回归模型构建[J].疾病监测,2019,34(1):15-20.
- [25] 古力曼·木黑亚提,梅玉洁,陶宁.基于限制性立方样条模型分析新疆石油工人血脂水平与高血压的关系[J].中华疾病控制杂志,2023,27(4):392-398.
- [26] 刘振宇,魏云鹏,王江敏,等.2019年北京市海淀区居民身体体质指数与高尿酸血症关联强度的剂量-反应关系分析[J].中国卫生统计,2023,40(2):259-263.
- [27] 蒲娟,刘金华.动物流感病毒对人类健康的威胁[J].病毒学报,2023,39(3):877-889.
- [28] SHI J Z, ZENG X Y, CUI P F, et al. Alarming situation of emerging H5 and H7 avian influenza and effective control strategies [J]. Emerg Microbes Infect, 2023, 12(1): 2155072.

[收稿日期:2023-08-17]

[责任编辑:桂根浩 英文编辑:覃涛]