

## 高致病性禽流感发生风险评估框架的建立

李 静<sup>1,2</sup>, 王靖飞<sup>1</sup>, 吴春艳<sup>1</sup>, 杨彦涛<sup>1</sup>, 吉增涛<sup>1</sup>, 王洪斌<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业科学院哈尔滨兽医研究所动物疫病诊断与流行病学研究中心, 哈尔滨 150001; <sup>2</sup> 东北农业大学动物医学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:** 【目的】为实现对高致病性禽流感发生的风险评估, 以在该病的控制中为制定科学有效的控制策略提供理论依据。【方法】通过对已发生的高致病性禽流感相关数据的统计分析, 结合头脑风暴法, 确定了高致病性禽流感发生的风险因素; 利用层次分析法确定各风险因素的权重; 应用多指标综合评价法计算评估结果。【结果】建立了由评估指标体系、风险因素量化评价标准、指标权重、综合评分方法组成的高致病性禽流感发生风险评估框架。【结论】利用该风险评估框架可进行风险因素的综合分析, 实现对中国高致病性禽流感疫情发生风险的定量评估。

**关键词:** 高致病性禽流感; 风险因素; 风险评估框架; 层次分析法; 权重; 多指标综合评价法

## Establishment of a Risk Assessment Framework for Analysis of the Spread of Highly Pathogenic Avian Influenza

LI Jing<sup>1,2</sup>, WANG Jing-fei<sup>1</sup>, WU Chun-yan<sup>1</sup>, YANG Yan-tao<sup>1</sup>, JI Zeng-tao<sup>1</sup>, WANG Hong-bin<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Center for Diagnosis and Epidemiology of Animal Infectious Diseases, Harbin Veterinary Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Science, Harbin 150001; <sup>2</sup>College of Animal Medicine, Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

**Abstract:** 【Objective】The purpose of this paper is to establish a risk assessment framework that can evaluate the highly pathogenic avian influenza risks in China. 【Method】A risk assessment framework was built. In the process, the risk factors were confirmed by analyzing the epidemic data. An analytic hierarchy process was designed to weigh risk factors, and an integrated assessment method was applied to evaluate the results of the risk. 【Result】The completed framework includes the risk factor system, data standards for risk factors, measures of risk factors and integrated assessment methods. 【Conclusion】Use of this risk assessment framework performs a quantitative analysis of the highly pathogenic avian influenza risks in China

**Key words:** Highly pathogenic avian influenza; Risk factor; Risk assessment framework; Analytic hierarchy process (AHP); Weights; Integrated assessment

### 0 引言

【本研究的重要意义】2003 年底至今, 高致病性禽流感在不同国家和地区频繁暴发, 呈全球性传播趋势, 其防控形势非常严峻。家禽饲养数量和密度、人员和物品流动、候鸟迁徙和气候等环境风险因素可影响高致病性禽流感疫情的发生与扩散。将环境、生态、社会和文化等方面的各种相关因素综合, 进行高致病性禽流感风险评估, 以确定疫情发生的风险程度, 根据评估结果, 可减少防控工作的被动性与盲目性, 有

针对性地采取预防措施, 合理安排人员与资金, 有效利用资源, 节约成本, 提高社会效益。【前人研究进展】在动物医学领域中, 如口蹄疫、蓝舌病<sup>[1]</sup>、牛海绵状脑病<sup>[2]</sup>等流行病的监测中都运用风险分析方法。风险评估是以科学为基础, 对具有不确定性的事件或结果进行逻辑判断的一种过程, 是将专家经验知识和现代数学方法相结合, 建立风险评估指标体系, 确定指标值和权重, 建立综合评价模型, 最后用合适的阈值来确定风险程度或根据风险因素的权重采取相应防控措施。针对当前严峻的高致病性禽流感流行形势,

收稿日期: 2005-06-10; 接受日期: 2006-03-21

基金项目: 黑龙江省科技攻关项目

作者简介: 李 静 (1979-), 女, 齐齐哈尔人, 博士研究生, 研究方向为禽流感预警预报技术。E-mail: lijing3719@163.com。通讯作者王靖飞 (1972-), 男, 甘肃会水人, 副研究员, 研究方向为动物流行病学和生物信息学。Tel: 0451-85935090; E-mail: jingfei\_wang@hotmail.com

联合国粮农组织（FAO）呼吁在区域一级建立能够满足局部地区及国际社会需要的高致病性禽流感风险预警的兽医监测框架<sup>[3]</sup>。然而，目前国内外尚无对特定环境下高致病性禽流感定量风险评估的报道。【本研究切入点】已有的高致病性禽流感的风险评估主要集中在对单一风险因素的评估和定性评估，尚无风险评估的规范化标准，评估过程和方法具有较强的主观性，缺乏环境危险因素与疫情之间关系的比较系统的研究。因此，本文拟针对中国特定的生态系统和养殖环境建立高致病性禽流感发生风险定量评估框架，以弥补定性分析的不足，实现对对中国各种因素共同作用下疫情发生风险程度的评估。【拟解决的关键问题】确定高致病性禽流感发生风险因素；评判各风险因素之间相对重要性；建立风险因素共同作用下的风险评判方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 设计思路

根据确定风险因素的原则，采用专家咨询法确定影响高致病性禽流感发生的各方面影响因素，据指标标准化方法建立各风险因素的等级评估方法，根据层次分析法和综合评分方法，对高致病性禽流感发生风险评估的实际操作进行了探讨。

### 1.2 确定高致病性禽流感发生风险因素的基本原则

全面合理的评估指标体系是保证评估结果科学准确的前提。在确定高致病性禽流感发生风险因素时，应遵循以下基本原则<sup>[4]</sup>：

（1）科学性原则：评估指标体系设计是否科学，直接关系到评估的质量，进行指标设计时应以流行病学和生态学理论为基础。

（2）重要性原则：构成及作用于传染病流行的三个环节（传染源、传播途径和易感动物）的自然和社会因素都会影响高致病性禽流感的发生与传播，如果面面俱到，会造成分析过程的复杂性，还可能冲淡重要因素的作用。因此，研究中选取起决定性作用的因素进行评价。

（3）相对稳定原则：某些影响高致病性禽流感发生与传播的自然因素和人为因素具有很大的变动性和不确定性，因此，研究中选取相对稳定的因素进行评价。

（4）相对独立原则：确定的风险因素应尽量是相对独立的，如选择的因素在内涵上有交叉就会难于评

价和比较，并会加重或削弱该因素的权重，影响评价结果的准确性。

（5）可比性原则：评估指标体系的设计应该能够使不同地区或不同时间具有可比性。

（6）可行性和可操作性原则：设计的指标应具有可采集性和可量化特点，能够有效衡量或统计。每项指标都要有资料来源，可从相关部门的统计资料中获得，也可经实地调查获得。

## 2 结果与分析

### 2.1 高致病性禽流感发生风险评估指标体系

根据确定风险因素的基本原则，搜集、整理相关的流行病学资料，经分析论证初步确定的高致病性禽流感发生的风险因素，包括 8 个方面的风险因素（B1~B8），17 个子风险因素（C1~C17），风险因素详细说明如下：

#### B1 本地及周边地区疫情因素

C1 养禽地区以前疫情：环境中的高致病性禽流感病毒可长时间存活，一旦遇到适宜的外界环境，便可形成一定规模的暴发。

C2 周边地区内目前的疫情：人员与物品流动可使疫情从一个地区迅速传到另一个地区。

#### B2 饲养管理因素

C3 养殖密度：家禽分布密集可增加接触率，容易形成高致病性禽流感的传播。

C4 饲养管理方式：家禽散养、不同品种家禽混养或猪禽混养增加了高致病性禽流感传播的可能性。一些合理的管理方式如养殖场舍隔离、控制人员和物品流动、环境消毒等均可降低高致病性禽流感发生与传播的机率。

C5 家禽粪便的处理：由于病禽能从粪便中排出大量高致病性禽流感病毒，被粪便污染的工具、饲料、笼具、衣服和鞋子等均可成机械性传播媒介。在污染的粪肥中高致病性禽流感病毒至少存活 3 个月，有研究证明 1 g 的污染粪肥含有的病毒足以使 100 万只禽类感染。家禽养殖场普遍存在粪便处理不当的问题，既没有统一的粪便无害化处理程序，也没有指定的排放地点，这就造成高致病性禽流感传播的可能。

#### B3 气象因素

C6 温度：从高致病性禽流感病毒的生物学特性来看，温度越低，病毒存活时间越长，但由于处在低活性状态，细胞内复制能力受限，其感染力与致病力也较低；温度越高，病毒存活时间越短，传播的时间与

机会也相对较少。

C7 日照时间与辐射强度: 高致病性禽流感病毒对紫外线非常敏感, 直射阳光下 40~48 h 可失活。

#### B4 候鸟迁徙与分布等因素

C8 经该地区的迁徙候鸟品种与数量: 野生鸟类是高致病性禽流感病毒的一个巨大病原体蓄积库和传播媒介, 候鸟的分布与活动可影响高致病性禽流感的传播。

C9 候鸟迁徙路线: 迁来时是否经过疫区, 该地区是否位于候鸟的主要迁徙路线, 候鸟在此停留或栖息时间均可影响禽流感的传播。

C10 家禽与候鸟的直接或间接接触情况: 家禽和野生禽类直接或间接接触可导致高致病性禽流感发生与传播, 可从养禽场与候鸟栖息地距离、是否封闭式养殖、有无共用水域等方面进行综合评估。

#### B5 生态环境方面因素

C11 水系的分布情况: 水系决定着候鸟的分布, 带毒候鸟在迁徙沿途通过排泄物污染水源及土壤, 可能造成高致病性禽流感的发生与传播。

C12 湿地与自然保护区的数量与规模: 湿地和自然保护区是野生鸟类的主要繁殖地、越冬地和迁徙路线上的停歇地。

#### B6 交通贸易因素

C13 活禽贸易的规模、数量与频密程度: 活禽交易可使禽类跨地区流动, 而活禽交易市场很有可能是高致病性禽流感病毒扩散的中心场所。在农贸市场贩卖活禽的传统交易方式也促进病毒的传播和增加越种的机会。

C14 活禽贸易市场的检疫力度: 活禽上市之前没有良好的病毒检疫与监测环节, 会导致病禽进入市场流通。

C15 活禽市场的卫生状况与消毒情况: 活禽交易市场普遍卫生条件差, 禽类排泄物未及时清理与消毒, 可使活禽交易市场成为疫源地, 污染的运输工具及笼具等成为机械性媒介。有些地区在活禽市场上同时贩卖不同品种的家禽或野生禽类, 这种情况给高致病性禽流感的发生与传播提供了有利条件。

#### B7 屠宰加工方面

C16 屠宰场所与工艺流程: 家庭作坊式的屠宰间大量存在, 小规模禽类屠宰场数量多且分散, 还有一小部分家禽在零售市场现杀现卖, 不经过任何检疫措施而屠宰, 加工过程污染也较严重, 对屠宰废弃物, 如羽毛、血液、内脏等不经过正确的消毒方法处理并

随意抛弃, 这些情况都有可能造成高致病性禽流感的发生与传播。

#### B8 家禽免疫方面因素

C17 免疫密度: 免疫密度高可形成保护屏障, 降低疫情的发生可能性。

### 2.2 高致病性禽流感发生风险的评估操作方法探讨

2.2.1 高致病性禽流感发生风险因素的量化评价方法 高致病性禽流感发生风险评估的本质是一个定量分析的过程, 即用数字去反映可能发生禽流感的概率, 因此需要对评估指标进行分级量化。

对定量指标如家禽养殖密度、候鸟数量和免疫密度等采用规格化方法进行标准化处理。规格化处理是指从某指标实际值的经验数据中找出其最大可能值和

最小可能值, 按公式  $Z_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$ , 将实际值转化为 0~1 之间的分析值。其中  $Z_i$  是指标值  $X_i$  规格化处理的结果,  $X_i$  是指标  $X$  第  $i$  个取值,  $X_{\max}$  是指标  $X$  的最大值,  $X_{\min}$  是指标  $X$  的最小值。

对定量和定性结合的指标如温度和日照等, 据病毒生物学特性知识和经验知识找出适合高致病性禽流感发生的条件, 通过专家咨询法建立高风险、较高风险、中度风险、较低风险与低风险 5 个风险等级的评估标准, 以评估标准来衡量风险等级, 每级分别赋值为 1, 0.7, 0.4, 0.2 和 0。

对于非定量指标如饲养方式、活禽贸易情况等, 应请专家与相关行业工作者凭借对该地多年的信息与资料积累和经验进行评估, 评价结果也设立同上 5 个等级, 分别赋值为 1, 0.7, 0.4, 0.2 和 0。

2.2.2 权重的确定 该评估体系所涉及的每项评价内容或指标对高致病性禽流感的传播都有不同程度的影响, 所以必须将权重引入评估过程。权重<sup>[5]</sup>也称权重或加权系数, 它体现了各项指标的相对重要程度。可用层次分析法 (AHP) 确定各因素的权重。层次分析法具体步骤如下: (1) 建立层次结构模型, 根据确立的高致病性禽流感发生风险因素和 AHP 的建模要求, 把高致病性禽流感发生风险评估作为目标层 A, 风险因素作为准则层 B, 子风险因素作为指标层 C, 建立相应的层次结构模型; (2) 构造判断矩阵, 衡量相对重要程度的差别使用 1~9 比率标度法; (3) 层次单排序及其一致性检验; (4) 层次单排序及其一致性检验。用方根法最终得到各风险因子的权重  $R_1, R_2 \dots R_{17}$ 。

2.2.3 综合评分方法 多指标综合评分方法<sup>[6]</sup>, 是

将多个内容、量纲、评价方法和评价标准均不统一的指标进行标准化处理,使各指标的评价结果或得分值具有可比性,再通过一定的数学模型或算法将多个评估指标值计算为一个整体性的综合评估值。每个指标的标准分值与其权重进行加权平均,就得到风险评价的总分值,综合评价函数为:

$$Y = \sum_{i=1}^n R_i X_i$$

Y 是高致病性禽流感发生风险的概率

$X_i$  是子风险因素赋值结果(经评估分级后的分值)

$R_i$  是子风险指标的绝对权重

n 是子风险因素的数量

确定风险概率数值的大小不是风险评估的最终目的,重要的是明确不同风险因素的权重值,即要确定不同风险的优先次序或等级,对于风险级别高的因素应优先考虑防控措施。可以采用按照风险概率数值排序的方法,也可以采用区间划分的方法将风险划分为不同的风险等级。

## 4 讨论

高致病性禽流感发生风险评估框架的建立仅是风险评估方法的探讨,应在实践中进一步检验、修正、补充和完善。

本文在用AHP法确定权重方面未进行深入探讨,应在多位经验丰富的预防医学工作者给出的衡量结果中,进行一致性检验,寻找出使随机一致性比率CR无穷趋近于0的各因素的排序权重。AHP算法在完成了递阶层次的构建和确定判断矩阵后,便可以方便地利用“AHP算法软件”(如在Excel中进行编写AHP算法程序或Expert Choice软件)简化计算,因此在运用上并不会太繁琐,具有可行性。

为使评估结果准确,首先需要掌握大量科学可靠的相关信息数据。可从相关部门的统计资料中获得,也可经实地调查获得。有必要建立全国性的高致病性禽流感发生风险数据库系统,为高致病性禽流感发生风险评估作基本数据准备。

## 5 结论

本文建立的高致病性禽流感发生风险评估框架,

是在数据信息量相对少且定量与定性数据并存的情况下,通过层次分析法确定权重和对各项指标作量化等级处理,采用综合评分法得出直观的评估结果。本文对高致病性禽流感发生风险评估方法进行探讨,提供风险评估思路,希望能在实践中进一步加以完善。该评估框架是针对中国国情与现状提出的,以期在风险权重较大的风险因素进行防控,使风险降为最小,为高致病性禽流感的防制提供决策依据。

## References

- [1] Suttmoller P, Wrathall A E. A quantitative assessment of the risk of transmission of foot-and-mouth disease, bluetongue and vesicular stomatitis by embryo transfer in cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 1997, 32: 111-132.
- [2] Schudel A A, Carrillo B J, Weber E L, Viera J B, Gimeno E J, van Gelderen C, Ulloa E, Naderd A, Cane B G, Kimberlin R H. Risk assessment and surveillance for bovine spongiform encephalopathy (BSE) in Argentina. *Preventive Veterinary Medicine*, 1996, 25 (3-4): 271-284.
- [3] [http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/zh/health/diseases-cards/avian\\_qa.html](http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/zh/health/diseases-cards/avian_qa.html)
- [4] 陆永昌, 张家祝, 张明江, 陆永贵, 丁永健. 虫媒传染病风险评估指标体系的建立. *中国国境卫生检疫杂志*, 2003, 12(26): 28-30.  
Lu Y C, Zhang J Z, Zhang M J, Lu Y G, Ding Y J. The study of building the risk possibility estimation of insect infectious disease. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2003, 12(26): 28-30. (in Chinese)
- [5] 范春彦, 韩晓明, 汤伟华. AHP 中专家判断信息的提取及指标权重的综合确定法. *空军工程大学学报(自然科学版)*, 2003, 4(1): 65-67.  
Fan C Y, Han X M, Tang W H. The extract of expert judging information and the integral method of target scaling in AHP. *Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition)*, 2003, 4(1): 65-67. (in Chinese)
- [6] 比晓丽, 洪 伟. 生态环境综合评价方法的研究进展. *农业系统科学与综合研究*, 2001, 17(2): 122-124.  
Bi X L, Hong W. Advances of composite evaluation in ecological environment. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2001, 17(2): 122-124. (in Chinese)

(责任编辑 林鉴非)