

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00521

草鱼出血病发生风险半定量评估模型的构建

杨淞^{1,2,3}, 吴淑勤¹, 李宁求¹, 石存斌¹, 邓国成¹, 林文辉¹, 林强¹

1. 中国水产科学研究院 珠江水产研究所, 广东 广州 510380;

2. 上海海洋大学 水产与生命科学学院, 上海 201306;

3. 四川农业大学 动物科技学院, 四川 雅安 615014

摘要: 本研究通过调查、分析草鱼出血病发生的各种风险因素, 初步构建该病发生的风险评估模型, 旨在为防控疾病提供决策依据。该模型包括由层次分析法构建的指标体系, 以德菲尔法确定的各风险因素权重, 由综合评价法表述的风险评估结果。构建的草鱼出血病风险指标体系包括 9 个目标层, 即鱼种(B₁)、免疫(B₂)、水质(B₃)、放养密度(B₄)、水温(B₅)、饲养管理(B₆)、发病史(B₇)、天气(B₈)、池塘状况(B₉); 26 个风险指标层, 主要包括如鱼种是否带毒(C₁)、是否免疫(C₄)、免疫时健康状况(C₆)、放养密度(C₁₃)、水温(C₁₄)、近年来发病情况(C₁₉)等。目标层风险因素权重值集合为 $W = \{0.167; 0.202; 0.124; 0.109; 0.101; 0.097; 0.092; 0.081; 0.064\}$, 其中免疫和鱼种权重值最高。

采用综合评价法表示风险评估结果, 其函数模型为 $R = \sum_{i,j} w_{ij} p_{ij}$ 。利用该模型对 3 个草鱼主养区进行模型验证,

得出华中地区、西南地区和华南地区发生草鱼出血病的风险值分别是 0.699、0.690、0.568, 与实际调查结果相符, 即采取免疫接种措施后华南地区发生草鱼出血病的风险较华中和西南地区低。

关键词: 草鱼出血病; 层次分析法; 德菲尔法; 多指标综合评价法; 风险评估

中图分类号: S94

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)03-0521-07

草鱼出血病于 2008 年被农业部规定为水生动物二类疫病^[1]。该病由草鱼呼肠孤病毒(grass carp reovirus)引起。草鱼呼肠孤病毒主要感染 1 龄、2 龄草鱼种, 该病发病期长, 传染性强, 死亡率高达 90%, 一旦发生常造成重大损失^[2]。鱼种是否带毒、是否接受免疫、养殖密度、养殖模式、饲养管理、池塘状况等都与草鱼出血病发生和传播相关^[3]。每一因素对草鱼出血病这一风险事件发生的关联有多大, 如何评估, 目前还没有准确可靠的方法。风险分析是指对可能存在的危害进行预测的过程, 并在此基础上提出规避或降低危害应采取的措施^[4-5]。通过风险分析可以帮助风险管理者 and 决策者确定风险因素以及采取措施以减少损失, 该方法已应用于陆生动物疫病防控^[6-8]。将鱼

种、病原、生态环境、管理等因素综合考虑, 对草鱼出血病发生的风险进行分析, 以期找到草鱼出血病发生的风险因素, 对于提高风险管理措施的成功率和时效性以及最终控制草鱼出血病的发生具有积极的意义。

1 材料与方法

1.1 风险因素确定

动物卫生风险分析尤其注重流行病学调查, 通过流行病学调查, 做到细分风险事件, 掌握风险事件发生发展过程, 查找与疾病发生、传播有关的风险因子^[9]。根据这一方法本研究查阅草鱼出血病有关文献资料, 罗列相关风险因子。同时从 2010 年 5 月至 10 月, 在全国草鱼主养区调查

收稿日期: 2011-08-01; 修订日期: 2011-10-21.

基金项目: 农业部公益性行业科研专项(200803013); 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(nycytx-49-14).

作者简介: 杨淞(1979-), 男, 在职博士, 讲师, 主要从事水产健康养殖及鱼病防控. Tel: 020-81617592; E-mail: ysys210@hotmail.com

通信作者: 吴淑勤, 研究员. Tel: 020-81616813; E-mail: wushuqin001@21cn.com

草鱼出血病流行情况。根据该疫病流行特点,咨询多位草鱼研究人员、鱼病兽医师、生产一线工作人员等,根据他们的生产经验推荐草鱼出血病发生的有关风险因子,最后总结、归纳。

1.2 风险评估指标体系构建

风险指标是反映风险事件发展的尺度和衡量标准,在对事件进行评估时,风险指标体系的构建需要充分考虑其代表性、系统性、综合性和易获性等原则,能够反映疫病的现状和客观规律^[10]。层次分析法是一种多目标的风险决策工具,它可以将复杂的系统问题条理化、层次化、清晰化^[11]。草鱼出血病的发生受多种因素的影响,利用层次分析法将上述罗列的因素加以归纳总结,以构建草鱼出血病发生的风险指标体系。

1.3 风险因子权重确定

采用德尔菲法确定权重^[12]。依据构建的草鱼出血病风险指标体系,建立判断矩阵,比较两个因素重要程度时,根据因素间的相对重要程度给 1~9 分,其中 1 表示同等重要,3 稍微重要,5 比较重要,7 重要,9 绝对重要,反之填 1/3、1/5、1/7、1/9;偶数表示重要程度介于前后奇数之间,最后通过矩阵求解权重^[12]。

以调查表方式咨询了国内 50 余位有关专家,进行风险权重确定,专家主要包括从事草鱼出血病研究的科研人员、水产技术推广人员、养殖户或鱼病兽医人员等。

1.4 风险评估模型选择

本研究根据陆生动物常用风险评估方法^[6-8],借鉴生态学环境综合评价方法^[10],结合草鱼出血病特点和发病规律,综合考虑各指标体系,构建草鱼出血病发生风险评估模型。

2 结果与分析

2.1 风险因素

通过归纳、分类、总结,最后确定引起草鱼出血病发生的风险因素主要有鱼种、免疫、水温、水质、池塘状况、放养密度、饲养管理、发病史、天气等 9 个方面。

2.2 风险指标体系

针对 9 大方面的风险因素,利用层次分析法构建草鱼出血病风险指标层次体系,该体系包括 9 个目标层和 26 个风险指标层,如图 1 所示。

2.3 风险权重

通过对 9 个目标层构建判断矩阵,两因素比较、计算,求解出 B_1 ~ B_9 (B_1 鱼种、 B_2 免疫、 B_3 水质、 B_4 放养密度、 B_5 水温、 B_6 饲养管理、 B_7 发病史、 B_8 天气、 B_9 池塘状况等)的权重集合为 $W=\{0.167; 0.202; 0.124; 0.109; 0.101; 0.097; 0.092; 0.081; 0.064\}$,其中 B_2 免疫与 B_1 鱼种的权重值最高。矩阵一致性检验 $CR=0.094$,小于 0.10,因此矩阵具有较满意的一致性。各风险指标层权重见图 1。

2.4 各风险指标量化赋值标准

2.4.1 一等级重要风险指标赋值 根据各风险因子性质,鱼种是否带毒和鱼种是否接受免疫具有重要影响权重,如果其赋值为 1,即能够直接被评估为高风险。

C_1 鱼种是否带毒*: 本研究中发现某一地区草鱼种常来自相对集中的苗种场或养殖户。在江西南昌和佛山南海区的几个重点苗种场进行不定期抽样监测,将样品冰冻带回实验室进行 RT-PCR 检测。检测结果为阳性的草鱼种,即判断为鱼种携带病毒,为高风险,权重系数为 1,直接赋值 1 分;

C_4 鱼种是否接受免疫*: 通过养殖户生产记录可知,鱼种下塘后从未接受免疫措施,即为高风险,权重系数为 1,直接赋值 1 分;

这两个指标只要符合其中之一,即整个养殖系统发生草鱼出血病的风险为高。

以上两点均不符合,则按下述逐条赋分。

2.4.2 三等级评判标准 风险指标分为可测量风险指标和不可测量风险指标两类。不可测量风险指标按照三等级评判标准分为高、中、低 3 个风险等级,对应的风险量化值为: 1、0.66、0.33。这类指标赋值情况见表 1。

2.4.3 四等级评判标准 根据危害识别细化原则,某些风险指标可按照四级评判标准分为高、较高、

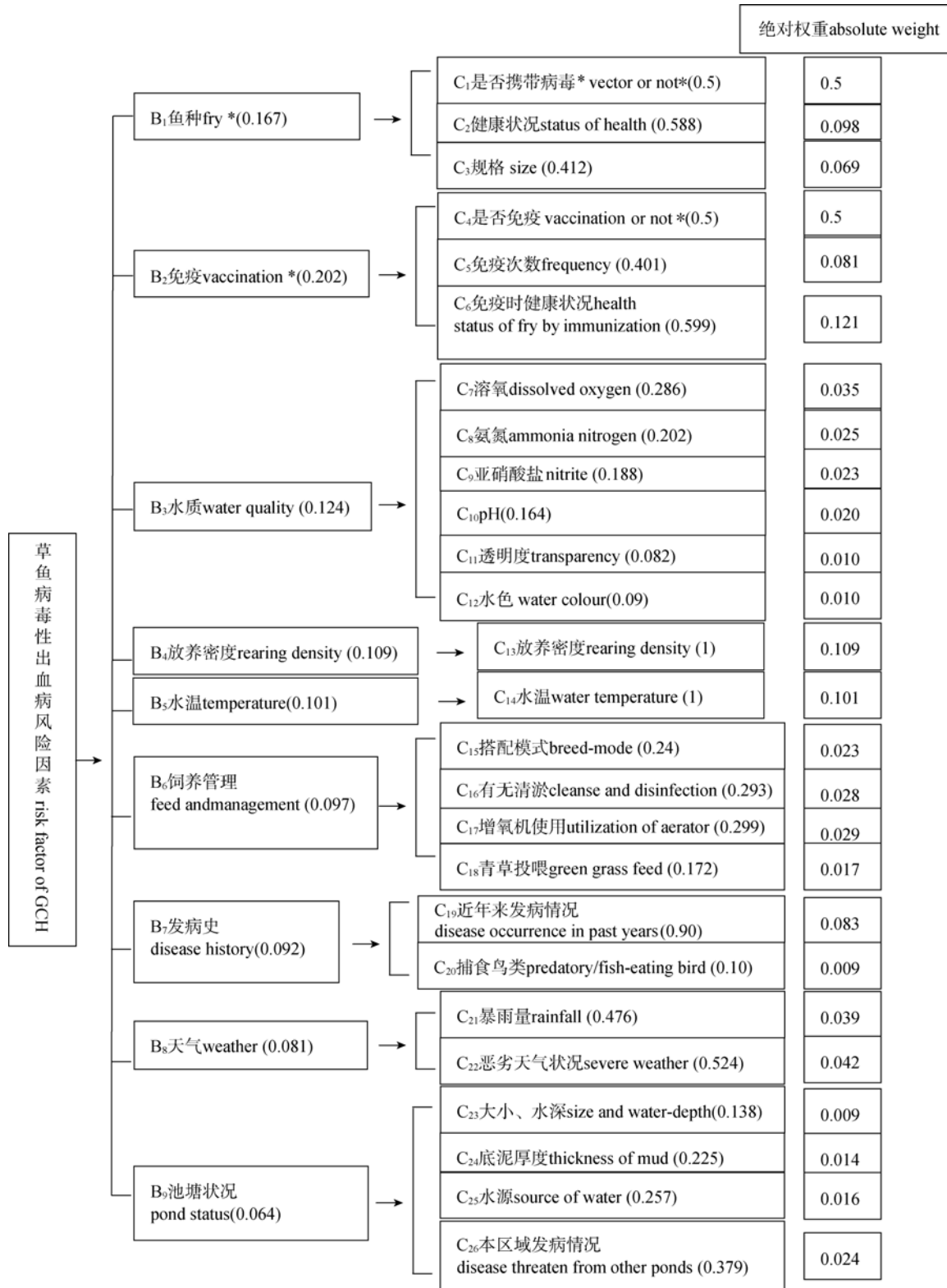


图 1 草鱼出血病发生的风险层次体系及各因素权重
括号内为相对权重。

Fig.1 The risk hierarchy system of outbreak of grass carp hemorrhage(GCH) and weights
Figures in brackets are relative weight.

中、低 4 个等级, 对应的风险量化值为: 1、0.75、0.5、0.25, 具体各指标说明见表 2。

2.5 评估模型

采用综合评分法来表述草鱼出血病发生的风险概率, 其函数模型为:

$$R = \sum_{i,j} w_{ij} p_{ij}$$

其中, R 为草鱼出血病发生概率, w_{ij} 表示第*i*项风险指标层*j*项风险指标的绝对权重, p_{ij} 表示第*i*项风险指标层*j*项风险指标的风险赋值。

表 1 不可测量风险指标赋值说明
Tab. 1 The description of un-metric risk indices

风险指标 risk index	高风险(1)high risk(1)	中风险(0.66)mediun risk(0.66)	低风险(0.33)low risk(0.33)
C ₂ 健康状况 health status of fry	鱼种购买自多个养殖场, 有发生过草鱼出血病的历史	鱼种分批次购自多个养殖场, 规格参差不齐, 并检测到携带寄生虫	鱼种游泳活跃、规格整齐、体色鲜艳、无外伤
C ₃ 鱼种规格size of fry	全部草鱼种 500 g 以下	80%草鱼种 500 g 以下	50%草鱼种 500 g 以下
C ₅ 免疫次数 frequency of immunization	仅 60%注射免疫 1 次	90%免疫 2 次	100%免疫 2 次
C ₆ 免疫时健康状况 health status of fry by immunization	免疫时有草鱼发病, 并有个别死亡发生, 疑为出血病	免疫时有少数鱼种不正常, 虽有鱼病发生, 但无出血病	免疫时鱼种健康、游泳活跃, 无发病或死亡现象
C ₁₀ pH	低于 6.5 或者高于 9.5	分别介于 6.5~7.5, 8.5~9.5	介于 7.5~8.5
C ₁₂ 水色water colour	油绿色、墨绿、暗绿、深褐色, 且发黑发臭, 池底冒气泡, 水色浓	蓝绿色, 但不发黑发臭, 水色不浓	水色浅绿色、不浓、清、爽、嫩、活
C ₁₃ 放养密度rearing density	放养密度超过 210 kg/亩, 或放养密度超过 125 kg/[m(水深)·亩]	放养密度达到 175 kg/亩, 或者放养密度超过 100 kg/[m(水深)·亩]	放养密度小于 150 kg/亩, 或者放养密度超过 75 kg/[m(水深)·亩]
C ₁₄ 水温water temperature	介于 24~30℃	介于 30~35℃和介于 15~23℃	高于 35℃或低于 15℃
C ₁₅ 搭配模式breed-mode	草鱼属于中层鱼类, 未合理搭配鲢鳙鱼类, 高密度单养草鱼	仅搭配上层鱼类(鲢鳙鱼类)	同时搭配上、下层鱼类(上层鲢鳙鱼类、下层鲤、鲫等), 且搭配比例合适
C ₁₆ 有无清淤 cleanse and disinfection	池塘淤泥平均厚度超过 0.21 m, 且无清淤和常规消毒处理	淤泥不足 0.20 m, 也无消毒措施	淤泥 0.20 m 以下, 且放养前采用茶粕、漂白粉或生石灰等消毒
C ₁₇ 增氧机配备与使用 equipment with aerator and usage	未配备增氧机, 缺氧时使用化学增氧剂或民间办法增氧	增氧机配备不足 0.5 kW/亩水面, 且不能掌握增氧机使用技术, 比较笼统的理解为缺氧即开	增氧机配备达 0.5 kW/亩, 学掌握增氧机使用技术, 做到“三开”, “三不开”, 即晴天中午开, 浮游植物丰富的池塘需要凌晨一直开到早上, 阴雨天提前开, 夏季高温季节多开
C ₁₈ 青草投喂green grass feed	养殖周期从不投喂青草	有少量青草投喂, 但投喂青草的时间和量都不定	能坚持每天投喂少量青草, 高温季节还能增加投喂量而缩减饲料用量
C ₁₉ 近年发病情况 disease occurrence in past years	养殖池塘近年连续发生草鱼出血病	未发生过草鱼出血病但发生过细菌性疾病, 或发生过较严重的寄生虫如指环虫、车轮虫疾病	未发生过草鱼出血病, 也未发生其他疾病或虽发生过但很轻微
C ₂₀ 捕食鸟类 predatory / fish-eating bird	夏季捕食鸟类经常出没在池塘四周, 且周围养殖场正是鱼病发生期	捕食鸟类经常出现, 但周围养殖场无鱼病发生	捕食鸟类很少见, 或根本没有
C ₂₁ 暴雨量rainfall	一次暴雨量超过 30 mm	暴雨量 30 mm 以下	暴雨量 10 mm 以下
C ₂₂ 恶劣天气状况 severe weather	连续高温或连续阴雨天气	/	/
C ₂₅ 水源source of water	长期无外来新鲜水源注入, 或长期有外来水源注入, 但有草鱼养殖场位于水源上游	长期有外来水注入, 且上游养殖场较少, 外源水注入水量很少, 每周只能换水 5 cm 以下	长期有外来水注入, 上游无养殖场, 排灌方便, 周换水能达到 15 cm
C ₂₆ 本区域发病情况 disease threaten from other ponds	正处于草鱼出血病高发期	正处于鱼病发病期(非草鱼出血病)	无养殖鱼类疾病发生

注: 括号内数字为指标赋值. 1 亩=1.067 hm².

Note: Figures in brackets are the values of the indices. 1 mu=0.067 ha.

表 2 可测量风险指标赋值说明
Tab. 2 The description of metric risk indices

风险指标 risk index	高风险(1) high risk(1)	较高风险(0.75) upper risk(1)	中风险(0.5) medium risk(1)	低风险(0.25) low risk(1)
C ₇ 溶氧/(mg·L ⁻¹) dissolved oxygen	<3	3~4	4~5	>5
C ₈ 氨氮/(mg·L ⁻¹) ammonia nitrogen	>1.5	0.6~1.5	0.3~0.6	<0.3
C ₉ 亚硝酸盐/(mg·L ⁻¹) nitrite	>0.1	0.05~0.1	0.01~0.05	<0.01
C ₁₁ 透明度/m transparency	<0.20	0.20~0.30	0.30~0.40	>0.40
C ₂₃ 池塘面积/hm ² 、水深/m size of pond and depth of water	<0.667; <1.3~1.7	0.667~1.33; 1.7~1.9	0.667~1.33; 1.9~2.1	<0.667; ≥2.1
C ₂₄ 底泥厚度/m thickness of mud in pond	>0.25	0.20~0.25m	0.15~0.19	<0.15

注: 括号内数字为指标赋值。

Note: Figures in brackets are the values of the indices.

2.6 模型验证

2010年5-10月利用该模型对3个草鱼养殖区华中(湖南、湖北、安徽)、华南(广东、江西)和西南(广西、四川、重庆)121份草鱼出血病病例进行模型验证,通过现场鉴定或实验室分子检测共确诊草鱼出血病37例,占30.58%。华中、华南、西南3个养殖区域病毒性草鱼出血病发生率分别为35.7%、23.08%、34.21%。3个区域中,华南地区草鱼出血病疫苗使用情况较普遍,达63.33%;而华中地区和西南地区疫苗使用率都较低,仅为7.35%和4.54%。应用该模型对调查收集的3个养殖区草鱼养殖情况、疫苗使用情况、养殖技术、管理技术和疫病流行情况等半定量风险评估,得出华中地区草鱼出血病发生风险概率为0.699,西南地区为0.69,华南地区为0.568。可以看出,广东地区发生草鱼出血病风险较华中和西南地区低。这跟笔者调查的实际养殖情况较符合,模型评估结果较准确。

3 讨论

动物卫生风险分析是当前国际通行的实施动物卫生科学管理的重要技术手段,是对动物卫生事件进行预防性风险管理的一种通用工具。在陆生动物卫生风险分析方面近年来已开展不少研究工作,如禽流感^[6-8]、口蹄疫^[13]等的风险分析。本研究以进出口风险评估方法(IRA)^[14]为基本思路,初步构建了草鱼出血病发生的半定量风险评估模

型,为水生动物疫病发生风险评估提供了可以借鉴的方法。

动物疾病的发生与多种因素有关,众多评估动物疫病发生风险的报道常采用生态综合评估模型的方法^[12],这些模型综合考虑各方面因素,为采取风险管理决策提供依据^[15]。李静等^[6]2006年构建的高致病性禽流感发生的风险评估框架包括8个方面因素,17个子风险因素;之后王靖飞等^[8]对风险因素进行提炼,使得评估模型更准确,风险管理措施针对性更强。蓝泳铄等^[7]构建的模型则有22项风险因素。本研究同样采用上述方法,初步构建了草鱼出血病发生风险的评估模型。

目前常用的风险评估方法有定性、半定量和定量3种^[16]。定性风险评估是风险分析的初级阶段,以“高、中、低”来表示风险评估结果,它以较强的灵活性尤其适合初次开展研究的学科。定量风险评估方法以事件发生的概率为基础,建立风险因素与后果之间的向量依存关系,以数字形式表述风险评估结果,准确性高^[17]。定量风险评估是风险分析的高级阶段,需要丰富的数据,工作量大,难度高。草鱼出血病严重影响草鱼健康养殖,但是在水生动物疫病风险评估方面可利用的资源和数据非常有限,模型构建难度较大,这在初次进行风险评估的学科尤为突出^[17-18]。本研究模型在构建过程中充分利用现有资料,紧密结合草鱼出血病发生特点,并以调查表形式采用德尔菲法确定权重。专家组成多样,既有科研人员,

又有一线生产经验丰富的专家,保证了评估结果的真实可靠,矩阵一致性较好(CR=0.094)。另外,构建的半定量风险评估模型,结合了定性风险评估灵活性强和定量风险评估结果相对准确的双重优点。

通过构建的草鱼出血病风险评估模型可以看出,权重值最高的 3 个目标层分别是: B₂免疫(0.202)、B₁鱼种(0.167)和B₃水质(0.124),充分说明草鱼出血病的发生是宿主、病原和环境之间共同作用的结果。其中B₂目标层鱼种免疫权重值最大,为 0.202,表明免疫工作最为重要,这与目前养殖生产中免疫是唯一有效预防措施^[2]相符。模型验证结果也表明,华南地区草鱼出血病疫苗推广使用较广,出血病发生概率较低。其次,鱼种本身是否带毒,也是需要重点预防的工作。通过开展风险评估工作,在综合分析的基础上,明确引起草鱼出血病发生的主要风险因素,使得风险预防措施针对性强、时效性好、作用效果明显,达到了节约资源的目的。

风险评估是对风险事件的发生发展进行系统认识的过程。该风险评估模型选择综合评分法对草鱼出血病发生的各种风险因素进行了综合考虑,对出血病防控有积极作用。但由于在水生动物卫生管理方面,风险评估工作才刚刚起步,缺乏很多基础数据,模型仍需要进行不断修改和完善。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国农业部公告[R]. 中华人民共和国农业部公告的水生动物疫病名录及特征(C). 2008.
- [2] Jiang Y L. Hemorrhagic disease of grass carp: Status of outbreaks, diagnosis, surveillance, and research[J]. *Israeli J Aquaculture-Bamidgeh*, 2009, 61(3): 188-192.
- [3] 姜礼燊. 暴发型出血性鱼病病因及防治措施的探讨[J]. *水产科技情报*, 1991, 18((6): 162-164.
- [4] Bartley D M, Bondad-Reantaso M G, Subasinghe R P. A risk analysis framework for aquatic animal health management in marine stock enhancement programmes[J]. *Fish Res*, 2006, 80: 28-36.
- [5] Peeler E J, Murray A G, Thebault A, et al. The application of risk analysis in aquatic animal health management[J]. *Prevent Vet Med*, 2007, 81: 3-20.
- [6] 李静, 王靖飞, 吴春艳, 等. 高致病性禽流感发生风险评估框架的建立[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(10): 2114-2117.
- [7] 蓝泳铄, 宋世斌. 高致病性禽流感发生风险评估模型的建立[J]. *中山大学学报: 医学科学版*, 2008, 29(5): 615-619.
- [8] 王靖飞, 李静, 吴春艳, 等. 中国大陆高致病性禽流感发生风险定量评估[J]. *中国预防兽医学报*, 2009, 31(2): 89-93.
- [9] Peeler E J. The role of risk analysis and epidemiology in the development of biosecurity for aquaculture[M]// Walker P, Lester R, Bondad-Reantaso M G. *Disease in Asian aquaculture V*, Manila: Fish Health Section, Asian Fisheries Society, 2005: 35-45.
- [10] 毕晓丽, 洪伟. 生态环境综合评价方法的研究进展[J]. *农业系统科学与综合研究*, 2001, 17(2): 122-124, 126.
- [11] Vaidya O S, Kumar S. Analytic hierarchy process: An overview of applications[J]. *Eur J Operat Res*, 2006 (169): 1-29.
- [12] 孙振球, 徐勇勇. *医学统计学*[M]. 第 1 版. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 387.
- [13] 张志东, 李彦敏, 乐元朱. 口蹄疫病毒感染动物组织及其产品传播口蹄疫的风险和控制[J]. *中国兽医科学*, 2009, 39 (11): 1023-1029.
- [14] OIE. *Aquatic animal health code*[M]. Paris: Office International des épizooties, 2009.
- [15] Mourits M C M, Asseldonk M A P M, Huirne R B M. Multi criteria decision making to evaluate control strategies of contagious animal diseases[J]. *Prevent Vet Med*, 2010, 96: 201-210.
- [16] 范维澄, 孙金华, 陆守香. *火灾风险评估方法学*[M]. 科学出版社, 2004: 151.
- [17] Kapuscinski A R, Hayes K R, Li S F, et al. Environmental risk assessment of genetically modified organisms volume3 methodologies for transgenic fish[M]. UK: Biddles Press, 2007.
- [18] Bartley D M, Bondad-Reantaso M G, Subasinghe R P. A risk analysis framework for aquatic animal health management in marine stock enhancement programmes[J]. *Fish Res*, 2006, 80: 28-36.

A semi-quantitative risk assessment model for the outbreak of grass carp hemorrhage

YANG Song^{1,2,3}, WU Shuqin¹, LI Ningqiu¹, SHI Cunbin¹, DENG Guocheng¹, LIN Wenhui¹, LIN Qiang¹

1. Pearl River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510380, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. College of Animal Science and Technology, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

Abstract: Risk analysis can be used to guide decision-making processes to prevent the spread and outbreaks of disease. We documented the risk factors for Grass Carp Hemorrhage (GCH) by analyzing epidemic data and epidemiological investigations. Using this information, we constructed a model to estimate the risk of GCH outbreak. The model included a risk index system, established using an analytical hierarchy process (AHP), risk weightings, determined using the Delphi method, and risk results, expressed using the synthetic evaluation method. The risk index system included 9 guidelines (B1–B9) and 26 risk hazard factors (C1–C26). The guidelines included: B1 fry, B2 immunity, B3 water quality, B4 rearing density, B5 water temperature, B6 feed and management, B7 outbreak history, B8 weather, and B9 pond status relative to guidelines. The primary risk hazard factors included: C1 fry bringing virus or not, C4 fry accepting vaccine or not, C6 health status when immunized, C13 rearing density, C14 water temperature, C19 outbreak history of GCH. The risk weights set for the nine guidelines were $\mathbf{W}=\{0.167, 0.202, 0.124, 0.109, 0.101, 0.097, 0.092, 0.081, 0.064\}$. The highest weightings were applied to B2 and B1. We conducted a synthetic evaluation to calculate the risk value using the following model: $R = \sum_{i,j} w_{ij} p_{ij}$. We used

this model to assess the level of risk in three areas, Central China, Southwest and Southern China. Our results suggest that the risk of outbreak was lowest in Southern China (0.568) and higher in the other two locations (Central China: 0.699, Southwest China: 0.690).

Key words: grass carp hemorrhage; analytical hierarchy process (AHP); Delphi method; synthetic evaluation; risk assessment

Corresponding author: WU Shuqin. E-mail: wushuqin001@21cn.com