

水生动物进口风险评估综述

杨 淞, 赵柳兰*, 刘 巧, 杨世勇, 严太明

四川农业大学动物科技学院水产系, 四川 雅安 625014

摘要: 随着全球水产养殖业的发展, 水产动物活体或水产品贸易日益频繁, 不可避免地给进口国带来病原风险, 造成疾病引入和传播, 甚至生物入侵, 严重危害水产养殖业的发展。水生动物进口风险评估 (IRA), 是指从别国或地区进口水生动物活体包括其受精卵、稚鱼、幼鱼、苗种、成体以及商品等的风险分析。风险分析是指对风险事件进行科学、透明、系统分析的一个过程, 它由危害识别、风险评估、风险交流和风险管理 4 个部分构成。目前, 常用的风险评估方法有定性风险评估、半定量风险评估和定量风险评估 3 种。定性风险评估具有灵活性强、适用范围广、易掌握的特点, 能够综合各种资料、数据和信息, 尤其适合初次风险评估, 但容易受评估人员主观因素的影响。定量风险评估可避免主观因素的影响, 评估结果准确、可靠, 但需要收集大量数据, 工作量巨大, 评估成本也很高。通常, 定性评估结果若能够提供很好的防范措施, 则不必进行定量评估。将外来水生病原阻止在引进之初远比引入后根除更加容易。因此, 开展水生动物进口风险评估对于阻止水生动物疾病传播和水生态环境破坏具有重要意义, 同时也可各国进行水产贸易提供参考。

关键词: 进口风险分析; 生物入侵; 定性风险评估; 定量风险评估

Overview of the import risk assessment for aquatic-animal

Song YANG, Liu-lan ZHAO*, Qiao LIU, Shi-yong YANG, Tai-ming YAN

Department of Aquaculture, College of Animal Science and Technology, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China

Abstract: With the expansion of global aquaculture, the trade of live aquatic animals and their products has significantly increased. This has inevitably led to introduction and spread of live animals and pathogens. Import risk analysis (IRA) is a structured process for analyzing the risks associated with the international or domestic movements of live aquatic animals, including zygote, fry, fingerlings, larvae, adult and their products. Risk analysis provides a clearly defined framework for a scientific, transparent, systematical process of analyzing the risk incident. The complete process is composed of hazard identification, risk assessment, management, and communication. There are three types of assessment currently used, including qualitative risk assessment, semi-quantitative and quantitative risk assessment. Qualitative risk assessments are flexible and can incorporate diverse sources and types of information or data, especially in the new research field, but this method are often influenced by groups' cognitive bias. Quantitative risk assessment may avoid the subjective nature of the qualitative assessment and results often are more accurate and reliable. However quantitative risk assessment requires considerable amounts of data and human and financial resources. If risk management may be obtained through qualitative risk assessment, quantitative risk assessment becomes not essential. IRA is of great benefit to preventing the spread of the aquatic disease and disruption of aquatic environmental since it is easier to prevent the introduction of new pathogens than to eradicate them after introduction. It also provides references for trade of national aquatic products.

Key words: import risk analysis; biological invasion; qualitative risk assessment; quantitative risk assessment

近年来, 为了促进全球水产养殖业的发展, 水生动物活体贸易日益频繁, 造成了不同地区、不同国家间水生病原的广泛传播, 疾病严重暴发, 甚至导致生物入侵。生物入侵 (biological invasion) 是指生物由原生存地经自然或人为的途径侵入到另一个新环境, 对入侵地的生物多样性、农林牧渔业生

产以及人类健康造成经济损失或生态灾难的过程 (万方浩等, 2002)。这种盲目引入水生生物对社会经济和水生态环境造成的严重后果已被各国广泛认同 (Arthur *et al.*, 2002)。因此, 开展水生动物进口风险分析 (import risk analysis, IRA) 对于保护水产动物健康和水生态环境具有重要意义。

收稿日期 (Received): 2012-09-10 接受日期 (Accepted): 2012-10-20

基金项目: NSFC—广东联合基金项目 (U1131006)

作者简介: 杨淞, 男, 副教授, 博士研究生。研究方向: 水生动物健康养殖及生物入侵。E-mail: ysys210@hotmail.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: zhaoliulan2007@yahoo.cn

风险分析(risk analysis),指对可能存在的危害的预测,并在此基础上采取的规避或降低危害影响的措施(中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所,2007)。IRA 是指对水生动物活体及其产品,主要包括鱼类、甲壳类和软体类的受精卵、幼体、成体、产品等,进行科学、透明、系统的病原引入分析的过程(Bondad-Reantaso & Arthur,2008)。

水生动物病原的引入属于生物入侵方式之一,因此,IRA 已成为全球水产养殖国家和地区共同关注的焦点。本文对当前水生动物 IRA 流程、评估方法、评估发展方向等进行综述,为促进国家间、地区间水产贸易和水产养殖的健康发展,减少水产动物贸易引起的水生态环境破坏提供参考。

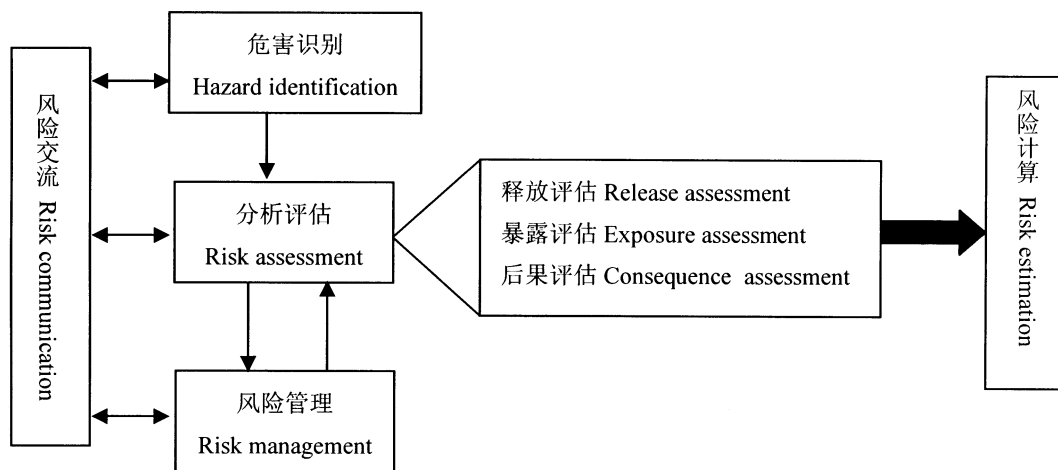


图 1 风险分析流程

Fig.1 Components of risk analysis (Subasinghe *et al.* ,2004)

根据新西兰农林水产部颁布的 IRA 步骤描述,危害识别是指鉴定和确认引入水产品中可能携带的主要外来水生病原,如寄生虫、病毒或细菌等;释放评估是指评估特定病原引入某一特殊环境中的途径,并根据引入数量和频度评估其发生的概率;暴露评估则是针对某一特定病原,评估水产品进口国是否存在该外来病原的易感宿主,以及病原在易感宿主间的暴露、传播和定殖途径;后果评估则指评估外来病原被引入、定殖、传播后对陆生、水生动物以及人类健康造成的不利影响;风险管理是指根据评估结果采取减少水生动物病原引入或者根除的必要措施。

2 水生动物 IRA 方法

常用的风险分析方法有 8 种:调查与专家打分法(checklist)、层次分析法(AHP)、模糊数学法

1 IRA 一般流程

IRA 是世界动物卫生组织(OIE)推荐的最早应用于水生动物活体或水产品贸易间的风险分析方法,为水产动物的健康管理提供了研究方法和处理手段。IRA 一般包括危害识别、风险评估、风险交流和风险管理等流程(Peeler & Thrush,2004)。其中,风险评估包括释放评估、暴露评估、后果评估 3 个方面(图 1)。Murray (2004) 又将暴露评估细分,构建了 4 个模块:(1)病原出现,(2)病原在养殖鱼类中定殖,(3)病原在大范围内定殖,(4)疾病暴发及后果。这种逐步细分的方法又叫层次分析法(analytic hierarchy process)(Omkarprasad & Sushil,2006)。

(fuzzy set)、统计和概率法(statistics)、敏感性分析(sensitive analysis)、蒙特卡罗模拟法(Monte Carlo simulation)、CIM 模型(controlled internal and memory models)、影响图(influence diagram)方法(韩圣章,2002)。其中,前 2 种方法侧重于定性分析,中间 3 种侧重于定量分析,后 3 种侧重于综合分析(半定量分析)。当然,这些方法并不能解决所有的风险评估问题,还需要开发新的方法进行风险分析或对上述方法进行修正补充(王英梅等,2007;赵战生和谢宗晓,2007)。

2.1 定性风险分析

定性风险评估本质上就是一个对评估对象的基础生物学特征和相关风险因素逻辑的、系统的、科学的讨论过程,以非数字的文字语言来表示病原或者风险释放的可能性、暴露的可能性、风险后果的程度等,如常采用“高、中、低、非常低、相当低和

忽略不计”表示风险 (Murray, 2004; Peeler, 2005)。外,可通过建立风险等级矩阵(图 2)对进口水生动物部分水生动物病原的定性风险分析结果见表 1。此物进行定性风险评估。

表 1 *Gyrodactylus salaris* Malmberg 疾病在英格兰和威尔士河流集水处的主要传播途径

Table 1 The risk routes of transmission of <i>Gyrodactylus salaris</i> Malmberg in water catchment in England and Wales (Peeler <i>et al.</i> ,2004)						
主要传播途径 Main route of transmission	释放评估 Release assessment		暴露评估 Exposure assessment		综合评估结果 Overall assessment	
	每个集水处发生的事件(起·年 ⁻¹) Event/catchment at risk/year	病原引入的可能性 Likelihood of pathogens introduction	养殖种类 Aquaculture species	被感染的可能性 Likelihood of infected	重要性 Importance	等级 Grade
活的虹鳟或大西洋鲑 Live salmon or rainbow-trout /salmon	≥1	非常高 Very high	养殖和野生 Farm and wild	非常高 Very high	非常高 Very high	1
其他(非鲑鳟)鲜活鱼类 Other species of live fish; non-salmonid fish	≥1	高 High	养殖和野生 Farm and wild	高 High	高 High	2
河流间大西洋鲑的游动 Movement of salmon between rivers	>1	中等 Moderate	野生 Wild	高 High	低 Low	3
养殖场员工、交通、运输交流 Farm equipment, staff and vehicles	>1	低 Low	养殖 Farm	低 Low	低 Low	4
水产品加工厂的排出物 Effluent from a fish processing plants	≥1	高 High	养殖和野生 Farm and wild	低 Low	低 Low	5
游钓设备,如网兜 Angling equipment (nets)	>1	低 Low	野生 Wild	低 Low	非常低 Very low	6
小船 Boat	>1	低 Low	野生 Wild	低 Low	非常低 Very low	7
鲑鳟鱼类卵 Rainbow-trout/salmon eggs	>1	低 Low	养殖 Farm	低 Low	非常低 Very low	9
鳗鲡洄游 Eel migration	0.01 ~ 0.001	低 Low	野生 Wild	低 ~ 中等 Low ~ moderate	极低 Extreme low	10
食鱼的鸟类 Fish-eating bird	>1	非常低 Very low	野生 Wild	非常低 Very low	忽略 Negligible	11

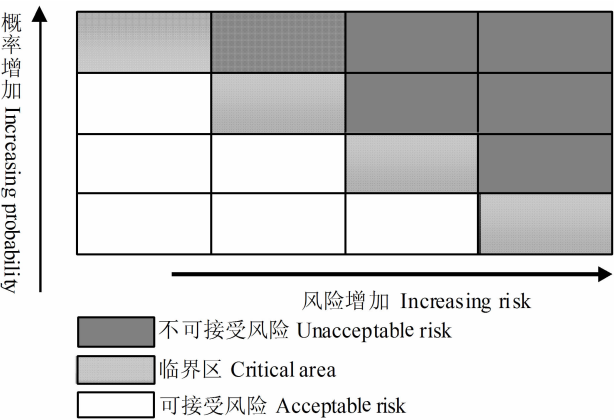


图 2 风险评估矩阵
Fig.2 Risk estimation matrix

根据 OIE 的工作经验和评估成果,定性风险评估方法在初次风险评估中,常会取得很好的效果 (Peeler,2005),因为该方法比较灵活,能够综合各种资料、数据和各种类型的信息 (Bartley *et al.* , 2006),且根据评估对象(入侵水生动物)的基础生

物学特征可以任意添加或者去除可能的传播途径,适用性强 (Peeler *et al.* ,2009)。因此,该方法能为生物入侵、疾病传播等的风险评估提供很好的指导作用。但是,定性风险分析不能很好地定义危害等级,难以在不同的地区和国家间建立统一的评估标准 (Kapuscinski *et al.* ,2007)。它也比较容易受评估人员心理因素的影响,包括个人经验、知识水平、对风险后果的理解和认识等。利用定性评估法分析同一资料,不同的评估人员可能会得出截然相反的结论 (Kapuscinski *et al.* ,2007; Peeler *et al.* ,2007)。

2.2 半定量风险分析

半定量风险评估方法是将定性评估事件的预料概率和后果转化成不连续的变量范围 (Ou *et al.* , 2008)。它通过对一系列的风险因素赋分,采用所有因素最终的综合得分来计算风险。半定量风险评估也比较灵活,能利用各种资料和数据,但由于其受制于特殊的评估方法,灵活性不及定性分析方

法。此外,半定量风险分析方法也很难建立统一的标准,因为主观因素仍然不可避免,但由于部分利用数学函数表述风险,其风险评估的科学性和透明度大大提高。在进口水生动物风险评估方面,利用该法将生物入侵造成的各种可能后果和发生的可能性转变成诸多不连续的区间,构建风险层次体系,用 1~10 分表示入侵生物对生态的潜在影响程度,最后对各因素求和来计算风险因素大小,并建立半定量风险评估指标体系(Ou *et al.*, 2008)。

2.3 定量风险分析

定量风险评估方法以系统发生事故的概率为基础,建立风险因素与后果之间的向量依存关系,以概率形式表述风险,进而衡量系统的安全程度,有时也称概率评价法。该方法需要大量的基础数据资料来构建数学模型,工作量大,难度高(Kapuscinski *et al.*, 2007; Peeler, 2005; Wang *et al.*, 1996)。Paisley *et al.* (1999) 对 *G. salaris* 在挪威 Tana 河流中传播的定量风险分析中,构建的模型分布 22 个概率事件;之后,在定量评估该寄生虫在欧洲多个海岸线间的传播时,也构建了 19 个概率事件(Peeler *et al.*, 2006)。

定量风险分析的结果用数字表示,利用连续的范围表述风险后果与发生风险可能性之间的关系,这需要依靠数学建模和数理统计方法(Kapuscinski *et al.*, 2007)。定量风险分析的可信度主要受制于风险模型的实用型、模型参数的可靠性、模型的准确性,因此,数学模型的选择非常重要。定量风险评估要求用高质量的数据来构建模型,然而,目前很难获得这样的数据或者根本不存在。另外,定量风险评估中评估人员的个人心理因素、个人偏见等也会影响评估结果,尤其是对模型的合理选择,这要求评估人员既要科学选择度量终点又要注意平衡模型的可靠性和实用性(Kapuscinski *et al.*, 2007)。

3 水生动物 IRA 发展方向

3.1 评估范围

国外水生动物进口风险评估已经取得了较大进步,主要集中在美国、澳大利亚和新西兰等国。这些国家重视引进水产动物的健康及携带病原情况,针对不同的水生动物,如大西洋鲑 *Salmo salar* L. (Peeler *et al.*, 2009)、观赏鱼(Ministry of Agriculture and Forestry, 2005)、鳄鱼 *Crocodylus siamensis* Schneider (Department of Agriculture, Fisheries and Forestry-

Australia, 2000) 等,制定了各种风险评估方法。近年来,为了促进水产动物活体和水产品贸易的发展,水产动物风险评估受到更多国家的重视,评估范围越来越广,这将进一步促进水生动物的健康管理。

3.2 流行病学调查

水生动物进口风险评估主要集中在风险识别与鉴定方面。根据引种或者进口水产品的整个流程及携带病原到当地进而定殖、传播的过程,识别并鉴定各个环节可能存在的风险就能够为制定风险防范措施提供依据。IRA 尤其重视特定病原的流行病学调查(Peeler, 2005)。通过流行病学调查可以制定较为详细并行之有效的风险管理措施,减少疾病发生。设计一份好的疾病流行病学调查表对于识别和量化宿主、环境对疾病暴发所起作用的权重意义重大。在调查疾病流行病学时必须考虑宿主和环境,如病原的基础生物学性状、在野外离体条件下的存活时间、水环境中敏感宿主的种类、对宿主的最低感染剂量等,这有利于对病原传播的进一步风险分析并制定更加科学合理的防范措施。

3.3 风险分析方法

为了克服定性风险评估容易受主观因素影响的缺点,开展定量风险评估势在必行。概率统计如贝叶斯定律、蒙特卡洛模拟等仿真数学模型,为风险事件的发生、发展提供了参考。但是,目前在水生动物进口风险评估方面,历史积累数据较少,数据质量不高,模型构建困难,程序多且复杂,不确定因素多,资料和数据不充分,评估难度较大(Bartley *et al.*, 2006; Paisley *et al.*, 1999)。因此,如果依据定性风险评估能够得出降低风险的措施,且效果明显,则不必进行定量风险评估。如针对苏格兰鲑鱼的传染性鲑鱼贫血病毒,通过定性分析采取新的捕捞方式,有效控制了病毒的传播(Munro *et al.*, 2003)。

水生动物风险评估已经取得了明显的效果,一方面阻止了生物入侵,另一方面促进了国家间水生动物活体或水产品的贸易。根据在澳洲和新西兰开展的进口风险评估工作中取得的经验和成绩,在首次进行风险评估的国家和地区有必要先选择定性风险评估,避免人力、物力浪费,从而集中资金开展有针对性的评估工作。对于开展评估工作时间较短的评估对象,由于缺乏很多基础数据和资料,评估工作任重道远。

参考文献

- 韩圣章. 2002. 天然气开发工程定量风险评估方法研究. 天津: 天津大学.
- 万方浩, 郭建英, 王德辉. 2002. 中国外来入侵生物的危害与管理对策. 生物多样性, 10(1): 119–125.
- 王英梅, 王胜开, 陈国顺. 2007. 信息安全风险评估. 北京: 电子工业出版社.
- 赵战生, 谢宗晓. 2007. 信息安全风险评估——概念、方法和实践. 北京: 中国标准出版社.
- 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所. 2007. 农产品质量安全风险评估——原理、方法和应用. 北京: 中国标准出版社.
- Arthur J R, Bondad-Reantaso M G, Baldock F C, Rodgers C J and Edgerton B F. 2002. *Manual on Risk Analysis for the Safe Movement of Aquatic Animals*. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA) Suraswadi Building, Department of Fisheries Kasetsart University Campus Ladyao, Bangkok, Thailand.
- Bartley D M, Bondad-Reantaso M G and Subasinghe R P. 2006. A risk analysis framework for aquatic animal health management in marine stock enhancement programmes. *Fisheries Research*, 80(1): 28–36.
- Bondad-Reantaso M G and Arthur J R. 2008. *Pathogen Risk Analysis for Aquaculture Production Understanding and Applying Risk Analysis in Aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 519. Rome, FAO.
- Department of Agriculture, Fisheries and Forestry-Australia. 2000. Quarantine requirements for the importation of crocodile meat from Zimbabwe. *Australian Quarantine and Inspection Service*, 99/2938: 1–3.
- Kapuscinski A R, Hayes K R, Li S and Dana G. 2007. *Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms Volume 3 Methodologies for Transgenic Fish*. Biddles Press, King's Lynn, UK.
- Ministry of Agriculture and Forestry. 2005. *Import Risk Analysis: Ornamental Fish*. Ministry of Agriculture and Forestry, Te manatu ahuhenua, ngaherehere ASB bank house 101–103, the terrace P O Box 2526, Wellington New Zealand.
- Munro P D, Murray A G, Fraser D I and Peeler E J. 2003. An evaluation of the relative risks of infectious salmon anaemia transmission associated with different salmon harvesting methods in Scotland. *Ocean and Coastal Management*, 46(1/2): 157–174.
- Murray N. 2004. *Handbook on Import Risk Analysis for Animals and Animal Products; Volume 1. Introduction and Qualitative Risk Analysis*. New Zealand: the Biosecurity Authority, Ministry of Agriculture and Forestry.
- Omkarprasad S V and Sushil K. 2006. Analytic hierarchy process: an overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169: 1–29.
- Ou J, Lu C H and Demond K O. 2008. A risk assessment system for alien plant bio-invasion in Xiamen, China. *Journal of Environmental Science*, 20: 989–997.
- Paisley L G, Karlens E, Jarp J and MO T A. 1999. A Monte Carlo simulation model for assessing the risk of introduction of *Gyrodactylus salaris* to the Tana river, Norway. *Diseases of Aquatic Organisms*, 37: 145–152.
- Peeler E J. 2005. *The Role of Risk Analysis and Epidemiology in the Development of Biosecurity for Aquaculture*. Disease in Asian Aquaculture V, Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila.
- Peeler E J, Afonso A, Berthe F C J, Brun E, Rodgers C J, Roque A, Whittington R J and Thrush M A. 2009. Epizootic haematopoietic necrosis virus —An assessment of the likelihood of introduction and establishment in England and Wales. *Preventive Veterinary Medicine*, 91: 241–253.
- Peeler E J, Gardiner R and Thrush M A. 2004. Qualitative risk assessment of routes of transmission of the exotic fish parasite *Gyrodactylus salaris* between river catchments in England and Wales. *Preventive Veterinary Medicine*, 64: 175–189.
- Peeler E J, Murray A G, Thebault A, Brun E, Giovaninni A and Thrush M A. 2007. The application of risk analysis in aquatic animal health management. *Preventive Veterinary Medicine*, 81: 3–20.
- Peeler E J and Thrush M A. 2004. Qualitative analysis of the risk of introducing *Gyrodactylus salaris* into the United Kingdom. *Diseases of Aquatic Organisms*, 62(1/2): 103–113.
- Peeler E J, Thrush M, Paisley L and Rodgers C H. 2006. An assessment of the risk of spreading the fish parasite *Gyrodactylus salaris* to uninfected territories in the European Union with the movement of live Atlantic salmon (*Salmo salar*) from coastal waters. *Aquaculture*, 258: 187–197.
- Subasinghe R P, McGladdery S E and Hill B J. 2004. Surveillance and zoning for aquatic animal diseases. *FAO Fisheries Technical*, 73: 451.
- Wang W S, Lee J S, Shieh M T, Wi Y L, Huang C J and Chien M S. 1996. Detection of infectious hematopoietic necrosis virus in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* from an outbreak in Taiwan by serological and polymerase chain reaction assays. *Diseases of Aquatic Organisms*, 26: 237–239.