

## 虹鳟常见重要病害及“四级八标”系统化诊断方法

徐民俊 徐泽蕙 李长忠

### COMMON ECONOMICAL DISEASES OF RAINBOW TROUT AND THE SYSTEMATIC DIAGNOSIS METHOD NAMED “FOUR LEVELS AND EIGHT INDICATORS”

XU Min-Jun, XU Ze-Hui, LI Chang-Zhong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2024.2023.0180>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 眼斑拟石首鱼虹彩病毒病的诊断

DIAGNOSIS OF IRIDOVIRUS DISEASE IN *SCIAENOP SOCELLATUS*

水生生物学报. 2018, 42(5): 929–934 <https://doi.org/10.7541/2018.114>

#### 长江江豚细菌性疾病的诊治

DIAGNOSIS AND TREATMENT OF THE BACTERIAL DISEASES IN THE YANGTZE FINLESS PORPOISE

水生生物学报. 2018, 42(3): 584–592 <https://doi.org/10.7541/2018.073>

#### 虹鳟Fc受体Fc $\gamma$ R的 $\alpha$ 和 $\gamma$ 亚基基因的克隆及表达分析

MOLECULAR CLONING AND EXPRESSION ANALYSIS OF THE  $\alpha$  AND  $\gamma$  SUBUNIT GENES OF Fc $\gamma$ R IN RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)

水生生物学报. 2019, 43(1): 27–36 <https://doi.org/10.7541/2019.004>

#### 虹鳟spindlin基因克隆及不同倍性的表达分析

CLONING AND EXPRESSION ANALYSIS OF SPINDLIN GENE IN DIFFERENT PLOIDY RAINBOW TROUT

水生生物学报. 2021, 45(1): 14–21 <https://doi.org/10.7541/2021.2019.193>

#### 甘草在水产养殖中的应用

APPLICATION OF LICORICE IN AQUACULTURE

水生生物学报. 2020, 44(1): 231–236 <https://doi.org/10.7541/2020.027>

#### 斑点叉尾病毒实时荧光LAMP检测方法的建立

REAL-TIME FLUORESCENT LOOP MEDIATED ISOTHERMAL AMPLIFICATION FOR DETECTION OF CHANNEL CATFISH VIRUS

水生生物学报. 2021, 45(3): 541–546 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.038>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

综述

doi: 10.7541/2024.2023.0180

# 虹鳟常见重要病害及“四级八标”系统化诊断方法

徐民俊<sup>1,2</sup> 徐泽蕙<sup>3</sup> 李长忠<sup>1</sup>

(1. 青海大学生态环境工程学院, 青海 810016; 2. 华南农业大学海洋学院, 广州 510642; 3. 广州中医药大学, 广州 510006)

**摘要:** 虹鳟养殖产业已逐渐成为国内特色优势产业, 但近年来虹鳟病害有频发的趋势, 病害系统化预判对于保障养殖产业高质量发展具有重要意义。针对上述问题, 结合前期实践经验, 文章首次从养殖环境、群体特征、体表特征、解剖特征等4个层级, 每个层级设置了8项指标, 合计32项指标, 对虹鳟常见病害进行了环境和个体特征归类判断总结。该方法既有利于提高养殖户对病害自行判断能力和提前预判能力, 同时有助于专业人员远程诊断治疗, 可为虹鳟重大病害的智慧化诊断奠定基础, 从而进一步提出预警, 确保国内冷水鱼养殖产业健康可持续发展。

**关键词:** 病害; 诊断; 鱼类群体; 内脏; 身体表现; 虹鳟

中图分类号: S942

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2024)04-0707-06



虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)是鲑科、太平洋鲑属或麻哈鱼属的一种冷水性鱼类, 原产于北美, 与俗称三文鱼(Salmon)的海水鲑鱼同属鲑科鱼类。虹鳟鱼肉质细嫩, 无肌间刺, 蛋白质和脂肪含量高, 富含人体必需的EPA、DHA等必需脂肪酸, 是获得高质量蛋白和必需脂肪酸的理想食材<sup>[1,2]</sup>。

虹鳟(主要是三倍体虹鳟, 以下同)养殖产业已逐渐成为国内的特色优势产业。虹鳟是最广泛的世界性养殖鱼类之一, 同时也是我国第一批国家水产育种联合攻关的七大水产品种之一<sup>[3]</sup>。虹鳟在我国青海、黑龙江、山东、广西等冷水资源丰富的地区均有养殖。例如, 依据青海省渔业渔政局发布的官方数据, 2022年底青海省三倍体虹鳟养殖面积40多万m<sup>2</sup>, 产量已达到1.9万吨, 占全国总产量的39%, 位居全国的前列<sup>[4]</sup>。

随着国内外市场对虹鳟需求量的提高和生态环保养殖的需要, 高密度、集约化人工养殖成为虹鳟产业发展必不可少的养殖模式之一。作为国外普遍发展的虹鳟养殖产业, 其亩单产量最高可达

6×10<sup>4</sup> kg以上。近年来陆基养殖、网箱养殖、集装箱养殖等工厂化养殖模式发展迅速<sup>[5,6]</sup>。然而, 随着人工养殖及养殖密度的增加, 虹鳟病害发病率也较为频繁, 对虹鳟产业发展、虹鳟养殖企业造成巨大冲击和影响<sup>[7]</sup>。虹鳟病害的及时、准确判断, 对于病害早发现、早治疗、早预防具有重要意义<sup>[8]</sup>。

## 1 虹鳟常见病害及其症状描述方式

与其他淡水鱼类病害情况相似, 虹鳟常见病害也包括病毒性疾病、细菌性疾病、真菌性疾病、寄生虫病和非病原性疾病多种, 但又有别于其他物种和鱼类的独特特点。

已经报道引起重大经济损失的常见病毒性疾病主要包括: 传染性造血器官坏死病(Infectious Hematopoietic Necrosis, IHN)<sup>[9,10]</sup>、传染性胰腺坏死病(Infectious Pancreatic Necrosis, IPN)<sup>[11]</sup>、疱疹病毒病(Herpesvirus disease)<sup>[12]</sup>和病毒性出血败血症(Viral Hemorrhagic Septicemia, VHS)<sup>[13]</sup>。其中, 以传染性造血器官坏死病流行为主要病害。病毒

收稿日期: 2023-06-09; 修订日期: 2023-09-11

**基金项目:** 青海省科技厅青海省重大科技专项(2019-NK-A2); 青海省财政厅、农业农村厅渔业补助资金项目(2022年)资助 [Supported by the Major Science and Technology Special Project from Department of Science and Technology of Qinghai Provincial (2019-NK-A2); the Fisheries Subsidy Fund Project from Department of Finance and Department of Agriculture and Rural Affairs of Qinghai Provincial (2022)]

**作者简介:** 徐民俊(1974—), 男, 博士, 副研究员; 主要从事水生生物病害与生态防控研究。E-mail: xuminjun@qhu.edu.cn

**通信作者:** 李长忠(1966—), 男, 博士, 教授; E-mail: lichangzhong@qhu.edu.cn

性疾病是危害虹鳟比较严重的病害,与其他生物性病害相比,具有传染快、发病迅猛、死亡率高、难治疗的特点。传染性造血器官坏死病和传染性胰腺坏死病相关的核酸疫苗也在研发之中;但目前尚没有十分可靠的市场化治疗措施,主要依靠预防。流行病学调查显示,传染性造血器官坏死病发病呈逐年上升趋势;而已暴发过病毒性疾病的养殖场及其周边养殖场再次暴发疾病的概率较高,传播速度快,传染面较广。对此类疾病的临床症状表现描述基本为:患病鱼腹部膨大、体表发黑、肛门拖淡黄色黏液便,解剖可见鳔壁、腹膜出血,胃胀气、膨大和明显肠炎。

已经报道的引起重大经济损失的常见细菌性疾病病原主要包括:嗜鳃黄杆菌(*Flavobacterium branchiophila*)、鲁氏耶尔森菌(*Yersinia-ruckeri*)、嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)、维氏气单胞菌(*Aeromonas veronii*)、温和气单胞菌(*Aeromonas sobria*)、杀鲑气单胞菌(*Aeromonas salmonicida*)和荧光假单胞菌(*Pseudomonas fluorescens*)。其中,气单胞菌属的细菌造成的危害范围最广、最为严重,引起虹鳟烂鳃病、体表出血性溃疡病和疖疮病等。杀鲑气单胞菌报道相对较多。对细菌类疾病的描述比病毒类疾病的描述相对复杂,不同的细菌病描述不同,主要为鱼体表红色脓肿或溃烂、有类似打印病的浅色圆圈,挤压病灶有脓血流出(气单胞菌属);病鱼食欲减退,常在水面附近缓慢游动,反应迟钝;轻症者鳃丝颜色变浅;鳃丝有出血点;重症者鳃丝溃烂不全(细菌性烂鳃);病鱼食欲减退,离群独游,动作缓慢,严重时腹部膨胀,肛门红肿突出;剖检可见肠壁肿胀充血,肠内无食物,严重时有脓液充盈(细菌性肠炎)。

已经报道的引起重大经济损失的常见真菌性疾病主要为水霉病<sup>[14]</sup>。水霉病在世界范围内分布,可导致鱼类大量死亡。该病主要是因为是在运输、拉网等过程中鱼类应激和体表损伤所致;其次是养殖鱼类之间的打斗、撕咬造成的损伤所致。水霉病的主要症状为体表长有棉毛状菌丝。孔雀石绿是水霉病的有效治疗方法;自从孔雀石绿(2000年欧盟)禁用以来,各种水霉属造成的死亡已导致全球的虹鳟养殖场遭受重大损失。目前可用的抗水霉病化合物稀少且疗效低下,使该病的治疗成为问题<sup>[15]</sup>。在虹鳟所有疾病中,除了IHNV,水霉病为虹鳟主要常见疾病,对虹鳟的生长、外观和水产品品质等造成重大影响。

已经报道的引起重大经济损失的虹鳟常见寄生虫性病原主要为多子小瓜虫(*Ichthyophthirius mul-*

*tifiliis* Fouquet), 另外锚头鳋(*Lernaea* spp.)、中华鳃(*Daphnia sinensis*)和三代虫(*Gyrodactylus* spp.)也时见报道。常见的多子小瓜虫病情描述为病鱼食欲减退,游动缓慢,反应迟钝,有时在池壁刮蹭;病鱼体表、鳍条、鳃丝等处有肉眼可见的白点;镜检可见具有马蹄形细胞核缓慢转动的小瓜虫体。

非病原性疾病(内源性疾病)主要包括:肝脏中毒、高温致死、投喂过量、缺氧、繁殖期死亡、脂肪肝病、鱼苗肠炎病等。其中肝脏中毒常见描述为病鱼食欲减退,死亡率上升;体表无明显症状,剖检可见肝脏颜色较浅,呈粉红色、土黄色等;投喂过量致死症状为死亡个体腹部膨胀,但无腹水,胃内充满食物,体内外无病变等。

## 2 虹鳟常见病害及其症状描述方式存在的问题

通过上述分析可见,常见疾病的描述方式主要存在如下几个问题:一是疾病症状描述的非全面性。对疾病的描述多集中于其主要症状,而忽略了其他部位症状,由此可能漏掉疾病分辨的一些重要因素。病害的诊断往往具有时间性,过了最佳评判时间,病鱼的症状会发生变化;如果在观察时不能准确抓住疾病之间的区分要素,则可能无法在关键时期判断疾病的类型。例如气单胞菌属所导致的疾病主要性状比较类似,普遍出现败血症,但不同细菌导致的症状之间会有差别。二是疾病症状描述的无序性。部分报道描述体表颜色、体表症状等,但部分描述则忽略了这些症状,导致症状描述不统一。三是疾病症状描述的局限性。从上述对疾病的描述可以看出,多数疾病症状描述主要集中于鱼体本身,主要为体表特征,部分包括了解剖特征;但多数疾病描述忽略了可能存在的养殖环境、群体特征等问题,导致出现治标不治本、无法根治等现象。

“系统化”诊断是非常必要的。“系统化”诊断是指结合养殖环境、养殖行为、鱼群状态、鱼体症状和解剖特点(如果需要的话)等进行综合判定。鱼类养殖是个复杂的系统和过程,养殖环境是一个综合性、多生态位的复杂体系。在这个体系中,多种有益菌、寄生虫、细菌、病毒等长期并存。很多病害的发生是条件致病性的,即该病原菌长期存在,但因为环境因素和鱼体健康因素,并不导致发病;当环境变化、鱼体免疫力降低,才表现发病症状。一种疾病的发生,有时候在个体出现明显问题之前,群体行为会有明显的变化,而依据群体特征判断,可能更早地发现疾病的苗头;等到鱼类出现

严重症状时,则可能导致诊断不及时、治疗不及时问题的出现,造成不必要的损失。另一方面,疾病的发生,往往不仅限于鱼类自身,还与养殖环境和养殖模式密切相关;只关注鱼类个体病害的治疗,而不考虑环境因素,则可能导致病害重发、细菌耐药性增加等问题的发生。因此单以鱼体症状进行病害判别具有一定的局限性;而结合养殖环境状况、养殖模式、鱼群状态、鱼体症状和解剖特点等进行综合判定,即“系统化”判断,将有助于更全面、准确地把握疾病的发生原因,协助病害判断以及后续治疗方案的确定。因此,系统化诊断是非常有必要的。

此外,标准化、规范式的环境考察和描述也是非常必要的。病害的症状描述是疾病判定的主要依据,症状描述是否清晰、准确,对于病害的判定具有先导性意义,尤其是对于远程诊断更具有重要意义。通过对养殖环境、养殖模式、养殖群体特征、养殖个体病害症状的系统化考察和描述,并在此过程中尽可能使用相对统一的标准化词汇,有助于不同人员之间更好地理解 and 沟通。这将不仅有助于全面了解病情,同时有助于及时、准确的诊断和治疗。因此,标准化、规范式的场景考察和描述是非常必要的。

3 “四级八标”病害系统化诊断方法

基于以上思路,我们依据虹鳟常见病害及其症状,汇总设计了虹鳟“四级八标”病害诊断方法,以提高虹鳟病害诊断的效率。“四级八标”病害诊断方法,包含了“八外、八群、八体、八内”共32项指标,体现了系统诊断思路,从而确保病害诊断过程中不会漏掉重要信息,提高诊断的准确性和诊断效率。

“八外”是指8个影响鱼类生长的外部(养殖环境)主要特点,主要包括:天气突变、水体参数、鱼种来源、外源物种、特殊时期、饵料、投喂方式和潜在污染(表 1)。这8个主要特点概括了天气情况、水体环境(主要是水温和溶氧)、鱼种状态、外源病害、养殖模式等影响鱼类生长的主要因素。例如,当突降暴雨等天气突变时,可能会导致水体上下水层剧烈交换,引起底部淤泥中硫化氢等的短期大量释放,则鱼类可能出现缺氧、中毒等症状;如果水体富营养化,则可能因此导致藻类大量滋生,出现水华现象,进而出现倒藻问题,鱼类则可能表现为中毒症状,甚至引起大量死亡。再如,青海省连续三年在龙羊峡库区的泄洪,因为水体融入大量空气和泥沙导致鱼群出现气泡病,出现重大规格虹鳟大量死亡,造成毁灭性损失;对水体的提前预判

将有助于提早发现问题,提早预防。

“八群”是指鱼类可能出现的8个常见群体性特征。主要包括:拒食、浮头、迟缓、呆滞、散群、乱窜、游边和刚蹭等特点。群体性特征是个体特征的集合,当群体出现异常行为时,则显示环境因素的重大变化;此外,鱼类群体中存在免疫能力强和弱的个体区别,若出现偏离群体正常行为的个体,即对个体进行考察,从而能够做到早发现、早预防和早治疗。群体行为的描述,尽可能使用相对统一的标准化词汇(表 2),将有助于理解沟通和准确诊断。

“八体”是指鱼类可能出现的身体表现8个常见特征判别,主要包括:体色、体表、腹部、各鳍、鳞片、鳃丝、肛门和眼球8个方面。这也是目前大多数症状描述比较关注的重点。在以往对疾病集中于腹部鼓胀与否、各鳍状态、鳃丝状态、肛门状态等的描述基础上,补充体色、体表、鳞片、眼球状态等信息,能使得描述更加统一、系统化(表 2)。例如对细菌类疾病而言,体表黏液、眼球状态也是重要的参考指标。

“八内”是指8个内脏常见主要判别特征,主要包括:体腔、肠道、肝脏、胆囊、鱼鳔、胰脏、肾脏和脾脏等。这也是目前大多数症状描述比较关注的重点,但因为缺乏系统化、标准化描述方法,导致对疾病的描述往往集中于体腔内容物、肠道肿胀与否、肠道中是否有食物、肝脏状态、胆囊状态等,而对鱼鳔、胰脏、肾脏、脾脏等信息描述较少。例如对传染性肝胰脏坏死病而言,鱼鳔、胰脏状态也是重要的参考指标(表 2)。

为了更方便地进行疾病判别,我们针对上述

表 1 八外: 外部(养殖环境)八个特征判别

Tab. 1 Judgement from the eight external indicators (aquaculture environment)

| 编码<br>Code | 判断指标<br>Judgment<br>indicator | 可能的原因<br>Possible reason            | 可能的症状<br>Possible symptom |
|------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1          | 天气突变                          | 暴雨、大风等                              | 倒水、暴藻                     |
| 2          | 水体参数                          | 水温、溶解氧、酸碱度、氨氮、亚硝酸盐是否不足或超标(过高、过低或突变) | 非细菌性病害伴生<br>细菌性病害         |
| 3          | 鱼种来源                          | 鱼种是否未经检疫                            | 带毒、带虫                     |
| 4          | 外源物种                          | 是否有未经检疫的动植物及排泄物进入养殖水体               | 带毒、带虫                     |
| 5          | 特殊时期                          | 养殖鱼类是否处于特殊时期(如繁殖期)                  | 撕咬损伤                      |
| 6          | 饵料                            | 是否营养成分比例不佳或变质                       | 采食及肝脏变化                   |
| 7          | 投喂方式                          | 投喂是否过量或不及                           | 肠道充盈、无食物                  |
| 8          | 潜在污染                          | 串联用水; 水体杂质、异物、异味、携带生物、非生物污染         | 病原体等                      |

表 2 八群、八体、八内特征判别

Tab. 2 Judgement from the eight group, body-appearance, viscus indicators

| 编码<br>Code | 八群The eight group indicators |                            | 八体The eight body appearance indicators |                     | 八内The eight viscus indicators |                         |
|------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|
|            | 表现                           | 可能的因素                      | 表现                                     | 可能的因素               | 表现                            | 可能的因素                   |
| 1          | 拒食                           | 多种因素: 生物、非生物因素<br>(包括采食降低) | 体色                                     | 正常、黑色、出血            | 体腔                            | 是否有积液、黏液、表面出血           |
| 2          | 浮头                           | 呼吸困难: 生物、非生物因素             | 体表                                     | 充血、溃烂、异物附着、脊柱<br>弯曲 | 肠道                            | 充血、肿胀、溃烂、寄生虫            |
| 3          | 迟缓                           | 多种因素: 生物、非生物因素<br>(运动缓慢)   | 腹部                                     | 塌陷、膨胀               | 肝脏                            | 充血、肿胀、颜色、大小、斑<br>点、镜检空泡 |
| 4          | 呆滞                           | 多种因素: 生物、非生物因素<br>(反应迟钝)   | 各鳍                                     | 有无残缺或溃烂             | 胆囊                            | 颜色、大小、充盈程度              |
| 5          | 散群                           | 多种因素: 生物、非生物因素<br>(包括垂直游动) | 鳞片                                     | 炸起、脱落               | 鱼鳔                            | 颜色、大小、充血                |
| 6          | 乱窜                           | 多见于寄生虫                     | 鳃丝                                     | 颜色、黏液、附着物、完整度       | 胰脏                            | 颜色、大小、充血、镜检空泡           |
| 7          | 游边                           | 多见于细菌、寄生虫                  | 肛门                                     | 是否红肿、突出、拖便、挤压<br>喷射 | 肾脏                            | 充血、肿胀、颜色、大小             |
| 8          | 刚蹭                           | 多见于寄生虫                     | 眼球                                     | 是否混浊、凸起、血点          | 脾脏                            | 颜色、大小、充血、镜检空泡           |

“四级八标”法结合养殖实践和目前报道的虹鳟常见病害症状, 设计了病害速查对应表, 有助于养殖户直观、快速、全面确定基本症状, 为专业人员尤其远程病害诊断人员对病害的早期发现和防控奠定基础(表 3)。

4 讨论

鉴于虹鳟鱼类不同个体的差异性、鱼类不同发病时期的差异性、鱼类不同生长时期的差异性和目前文献对症状描述的局限性等因素, 本文仅能对虹鳟常见病害的可能主要特征进行系统化描述, 尚存在一定的局限性。例如, 同样是细菌类疾病, 鱼类幼苗期的症状表现和成鱼期症状表现可能会存在差异; 而患病时期的不同也会影响鱼类的症状表现, 例如患病初期和患病末期症状可能会不同; 而感染度的不同也会导致鱼类不同的症状表现, 例如低剂量细菌感染可能未必导致肠炎发生, 但高剂量细菌感染则导致严重的肠炎及后期的败血症等症状。这些内容有待于后期进一步的补充和完善。

本诊断系统从防大于治、早发现、早治疗、早预防的角度, 从养殖环境、群体特征、体表特征、解剖特征等4个层面, 每个层面设置了8项指标, 合计32项指标, 对虹鳟常见病害进行了环境和个体特征归类判断, 对于虹鳟病害的及时、准确判断具有重要意义; 同时对于虹鳟病害的系统化诊断、标准化描述具有参考价值; 此外, 虹鳟病害的系统化诊断和标准化描述也为虹鳟病害的数字化、智能化和远程化诊断奠定基础。

5 应用推广

一方面, 虹鳟养殖者和(远程)诊断专家可依据《四级八标病害速查对应表》开展速查和远程诊

断, 初步确定已经出现和可能出现的病害; 另一方面, 设计诊断软件, 养殖者和诊断专家利用手机输入症状信息, 由软件自动推送初步诊断结果, 作为病害诊断参考; 在有条件的情况下, 则可依据初步诊断结果, 结合分子、细胞等技术确定最终结果。本诊断方法作为青海省冷水鱼产业技术转化研发与水生生物保护平台鱼平台综合创新技术之一, 在青海省部分三倍体虹鳟养殖企业进行了初步应用, 有效推动了企业一线员工病害的提前预判能力, 为虹鳟养殖产业顺利发展提供了助力。

参考文献:

[1] Atmaca E, Alkan A, Das Y K, *et al.* Evaluating biogenic amines and pH levels in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for freshness assessment during storage [J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2023, **40**(6): 770-780.

[2] Li W W, Huang T Q, Gu W, *et al.* The analysis of muscle nutrient composition of six representative breeding population of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2023, **47**(9): 1425-1434. [李文文, 黄天晴, 谷伟, 等. 六个虹鳟代表性繁育群体肌肉营养成分分析 [J]. *水生生物学报*, 2023, **47**(9): 1425-1434.]

[3] The First Batch of National Aquatic Breeding Joint Research Varieties and Key Tasks [N]. *China Fisheries Daily*, 2023, 05-01(003). [第一批国家水产育种联合攻关品种及重点任务 [N]. *中国渔业报*, 2023, 05-01(003).]

[4] Li C Z, Wang G J, Wang Z J, *et al.* Thoughts and suggestions on building Qinghai cold-water fish farming industry into an industry with an output value of 10 billion yuan [J]. *Qinghai Science and Technology*, 2021, **28**(5): 22-25. [李长忠, 王国杰, 王振吉, 等. 关于把青海冷水鱼养殖产业打造成为百亿元产值产业的思考和建议 [J]. *青海科技*, 2021, **28**(5): 22-25.]

[5] Zhao X D, Liu Y, Miao S Y, *et al.* Study on the commu-



- nity structure, attachment process and distribution characteristics of algae attached to rainbow trout cage in Longyangxia Reservoir [J]. *Journal of Qinghai University*, 2023, **41**(1): 41-48. [赵旭东, 刘扬, 苗世玉, 等. 龙羊峡水库虹鳟养殖网箱附着藻类群落结构、附着过程与分布特征研究 [J]. 青海大学学报, 2023, **41**(1): 41-48.]
- [6] Wang Z J, Wang G J, Ma R, *et al.* Experiment on container culture of triploid rainbow trout commercial fish [J]. *Scientific Fish Farming*, 2023(1): 44-45. [王振吉, 王国杰, 马睿, 等. 三倍体虹鳟商品鱼集装箱式养殖试验 [J]. 科学养鱼, 2023(1): 44-45.]
- [7] Tao L Z, Wei W Y, Liu J X, *et al.* Analysis and control measures of infectious hematopoietic necrosis of rainbow trout [J]. *Scientific Fish Farming*, 2023(5): 55-56. [陶丽竹, 魏文燕, 刘家星, 等. 虹鳟传染性造血器官坏死病分析及防控措施 [J]. 科学养鱼, 2023(5): 55-56.]
- [8] Wang Q L, Zhou J S, Wang W L, *et al.* Disease diagnosis and common diseases control methods of cultured trout in Tibet [J]. *Tibet Journal of Agricultural Sciences*, 2021, **43**(2): 43-45. [王且鲁, 周建设, 王万良, 等. 西藏人工养殖鲢鳙鱼病害诊断及常见病害防治方法 [J]. 西藏农业科技, 2021, **43**(2): 43-45.]
- [9] Kim H J, Olesen N J, Dale O B, *et al.* Pathogenicity of two lineages of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) to farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in South Korea [J]. *Virus Research*, 2023(332): 199133.
- [10] Li S, Li X, Yuan R, *et al.* Development of a recombinant adenovirus-vectored vaccine against both infectious hematopoietic necrosis virus and infectious pancreatic necrosis virus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2023(132): 108457.
- [11] Shao Y, Zhao J, Ren G, *et al.* Early or simultaneous infection with infectious pancreatic necrosis virus inhibits infectious hematopoietic necrosis virus replication and induces a stronger antiviral response during co-infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Viruses*, 2022, **14**(8): 1732.
- [12] Chen C F, Zhang X G, Meng C M. Several viral diseases of Salmonidae and their prevention and control measures (3) [J]. *Fishery Guide to Be Rich*, 2019(19): 69-70. [陈昌福, 张喜贵, 孟长明. 鲑科鱼类的几种病毒性疾病及其防控措施(3) [J]. 渔业致富指南, 2019(19): 69-70.]
- [13] Liu J X, Yang M, Wei W Y, *et al.* Main epidemic diseases of cultured salmon and trout in Sichuan area [J]. *Scientific Fish Farming*, 2020(3): 46-47. [刘家星, 杨马, 魏文燕, 等. 四川地区养殖鲑鳙鱼主要流行病害 [J]. 科学养鱼, 2020(3): 46-47.]
- [14] Özdemir R C, Taştan Y, Güney K. Prevention of *Saprolegniasis* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs using oregano (*Origanum onites*) and laurel (*Laurus nobilis*) essential oils [J]. *Journal of Fish Diseases*, 2022, **45**(1): 51-58.
- [15] Engblom C, Landor L, Sjöqvist C, *et al.* Identification and genetic characterization of *Saprolegnia parasitica*, isolated from farmed and wild fish in Finland [J]. *Journal of Fish Diseases*, 2023, **46**(8): 849-860.

## COMMON ECONOMICAL DISEASES OF RAINBOW TROUT AND THE SYSTEMATIC DIAGNOSIS METHOD NAMED “FOUR LEVELS AND EIGHT INDICATORS”

XU Min-Jun<sup>1,2</sup>, XU Ze-Hui<sup>3</sup> and LI Chang-Zhong<sup>1</sup>

(1. College of Eco-Environmental Engineering, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. College of Marine Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 3. Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** The rainbow trout farming industry has gradually become a characteristic and advantageous industry in China, but in recent years, relative diseases of the fish have shown a frequent-bursting trend. Systematic disease prediction is therefore of great significance for ensuring the high-quality development of the fish farming industry. This article aims to address these challenges by categorizing and diagnosing common rainbow trout diseases for the first time, considering environmental and individual characteristics of the breeding environment, population characteristics, body surface characteristics, and anatomical characteristics. We have established 8 indicators set at each level, totaling 32 indicators in this methodology. This method is beneficial for improving the ability of farmers to self diagnose and predict diseases in advance, as well as for professional remote diagnosis and treatment. It can lay the foundation for intelligent diagnosis of major diseases of rainbow trout and further provide early warning to ensure the healthy and sustainable development of the domestic cold water fish breeding industry.

**Key words:** Disease; Diagnosis; Group; Viscus indiodors; Body-appearance; *Oncorhynchus mykiss*