

鲆鲽类循环水养殖系统中病原菌的分布及杀除工艺

王印庚¹ 陈君^{1,2} 潘传燕^{1,3} 翟介明⁴ 孙礼娟⁴ 刘江春⁴

(¹农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(²上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

(³中国海洋大学, 青岛 266003)

(⁴莱州明波水产有限公司, 烟台 261418)

摘要 以半滑舌鲷皮肤溃疡病的致病菌灿烂弧菌 *Vibrio splendidus* 和哈维氏弧菌 *Vibrio harveyi* 为指示菌, 研究了循环水养殖系统各环节中细菌分布和消除工艺。结果表明, 不健康的苗种携带病原菌进入养殖系统后, 可分布在残饵、池壁污物、养殖工具及循环水各处理环节。而弧形筛过滤、曝气池气升、紫外线消毒是循环水养殖系统消除细菌的三大环节。用 5×10^{-6} mol/L 的 KMnO_4 溶液浸泡工具 2h, 对细菌的杀灭率达到 100%; 用 25×10^{-6} mol/L 的 KMnO_4 溶液擦拭养殖池壁污物 1.5min 后, 细菌杀灭率高于 90%; 用 100×10^{-6} mol/L 浓度的 H_2O_2 溶液对养殖舌鲷病鱼进行药浴消毒处理 10min, 对体表细菌的杀灭率达到了 94.49%。对鲆鲽鱼类循环水养殖系统中细菌的分布和消除效果进行了系统研究, 研究结果可为建立循环水健康养殖工艺提供理论数据和参考。

关键词 循环水养殖 鲆鲽类 细菌 消毒 双氧水 高锰酸钾

中图分类号 S965.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)03-0075-07

Pathogenic bacteria distribution and extermination in the recirculating aquaculture system of flatfish

WANG Yin-geng¹ CHEN Jun^{1,2} PAN Chuan-yan^{1,3}

ZHAI Jie-ming⁴ SUN Li-juan⁴ LIU Jiang-chun⁴

(¹Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(²College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Ocean University, 201306)

(³Ocean University of China, Qingdao 266003)

(⁴Laizhou Mingbo Fishery Co., Ltd., Yantai 261418)

ABSTRACT The water purification process includes filtration of arc screen, strong aeration, biological filtration and UV sterilization in the recirculating aquaculture system (RAS). The pathogens of skin ulceration, *Vibrio splendidus* and *Vibrio harveyi* were selected to be the indicator bacteria for study on bacterial distribution and extermination in RAS of flatfish *Cynoglossus semilaevis*. Pathogens were found in the feed residues, organic sediment on the tank wall and each instrumental compartment of RAS. Unhealthy fish seedlings and tools used in the cul-

tivation could also bring pathogens into the culture system. Extermination trials illustrated that the filtration of arc screen, strong aeration and UV sterilization were important in the elimination of bacteria. The disinfection rate of pathogens in the organic sediment on tank wall was higher than 90% by washing with KMnO_4 at a concentration of 25×10^{-6} mol/L for 1.5 min. While the disinfection rate of pathogens on the body surface of the flatfish reached 94.49% by being soaked in H_2O_2 at a concentration of 100×10^{-6} mol/L for 10 min. This is the first report on the distribution and extermination of pathogenic bacteria in RAS of flatfish, which will provide theoretical data and reference for the management of RAS.

KEY WORDS Recirculating aquaculture system Flatfish Bacteria Sterilization
Hydrogen peroxide Potassium permanganate

随着水产养殖业的快速发展,高密度、集约化的网箱养殖和工厂化养殖模式逐渐成为我国海水养殖的主要模式。但是,不论是传统养殖模式,还是高度集约化的网箱和工厂化养殖都是开放式的养殖,养殖过程中产生的残饵、粪便等直接排放于外界环境,大量的无机盐及有机物破坏了生态平衡,引发水体的富营养化,给周边养殖海域造成污染,同时也引发了水产品质量安全等一系列问题(傅雪军等 2011)。

循环水养殖系统(Recirculating aquaculture system, RAS)是一种节水、高效的养殖模式,它通过物理、化学及生物技术,将养殖用水经过处理,消除了其中的细菌、过量有机物和无机盐离子后重新反复利用(丁建乐等 2011)。一方面,减少了周边环境的负担,保护了生态环境;另一方面,降低了外源性污染及病原入侵的机率,减少了药物使用量,水产品的质量安全得到相应保障(刘鹰 2011)。循环水养殖系统主要由养殖池、弧形筛、曝气池、生物滤池、紫外杀菌池等构成。近年来循环水养殖系统的应用结果发现,循环水养殖系统的这些环节中仍然存在着大量的细菌,养殖大菱鲆 *Scophthalmus maximus*、半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis* 的一些常见细菌性疾病在循环水养殖系统中也时有发生,给养殖业带来严重的经济损失(王印庚等 2004;杨少丽等 2005)。

尽管循环水养殖是一个相对封闭的养殖系统,但苗种(徐海圣等 1997)、饵料等投入品仍然可携带病原菌进入养殖系统。除此之外,循环水养殖系统中的有害细菌是如何存在、分布和转移的也成为养殖者关注的焦点。循环水养殖系统中各养殖池的排放水经集中处理后形成互用互通,疾病也因此极易在池与池之间交叉感染发生,因此疾病的传播速度很快。本研究以半滑舌鳎皮肤溃疡病为主要研究对象,对半滑舌鳎养殖过程中投入品、常用工具及循环水系统各处理环节的水样进行了检测,寻找循环水养殖系统中皮肤溃疡病的主要致病原和传播途径,并对循环水系统各个处理环节的除菌能力进行了全面分析,旨在建立快速有效的消毒工艺,为减少疾病的发生提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验场地与材料

2011年6~7月,某水产养殖场循环水养殖车间所养殖的半滑舌鳎发生皮肤溃疡病,从幼鱼到40 cm左右的成鱼均有发生(图1、图2)。为查明发病原因,对该养成车间循环水系统进行了致病原的深入研究,其中包括新购鱼苗、饵料(以下简称DM饵料)、养殖工具(捞网、吸水棉、饵料桶)、循环水各处理环节水样等。

1.2 循环水养殖系统构成

该养殖厂循环水养殖系统的工艺流程如图1所示,一套系统中有养殖鱼池14个,单个鱼池面积为40 m²,每个鱼池放养40 cm左右的商品鱼25 kg/m²,其中水循环的速率为15~17次/d。在循环过程中,先利用弧形筛去除养殖池水中排出的大颗粒残饵及粪便,然后经过曝气池分离出泡沫,降低水中的细菌及小颗粒有机物含

量。生物滤池采用立体弹性填料及生物包技术,来达到净化水体中可溶性有机物的效果。最终经紫外线消毒和增氧后,水再次回流到养殖鱼池。

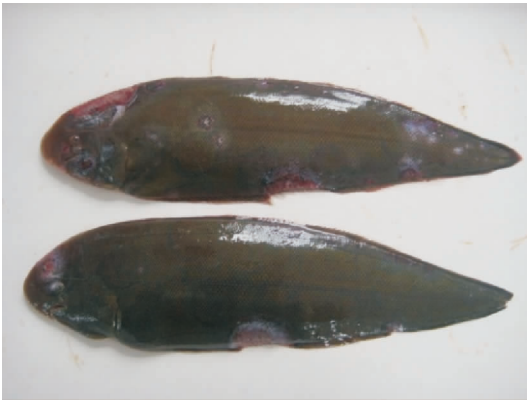


图 1 皮肤溃疡病灶遍布体表

Fig. 1 Skin ulceration over the body surface of tongue fish

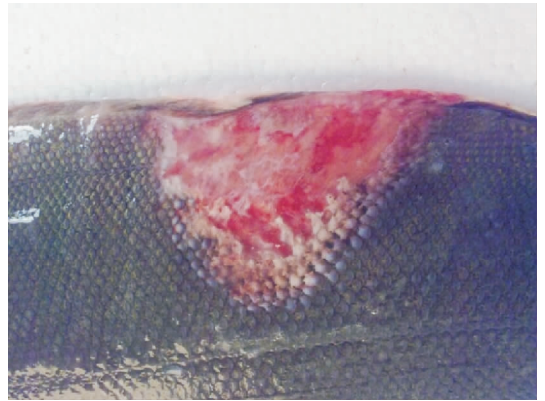


图 2 严重溃疡造成组织深度坏死

Fig. 2 Serious necrosis in tissues caused by ulceration

1.3 指示菌的确定

从发病半滑舌鲷溃烂部位划线分离出两株优势细菌 CS10111602A 和 CS10111602B, 其中 CS10111602A 在 TSB 平板上, 菌落呈米黄色、圆形、不透明、表面光滑湿润、菌落生长较快; CS10111602B 在 TSB 平板上为黄色菌落、较小、圆形、半透明、边缘整齐。

经形态学、生理生化、16S rDNA 基因序列分析显示, CS10111602A 为灿烂弧菌 *Vibrio splendidus*, CS10111602B 为哈维氏弧菌 *Vibrio harveyi*。经人工感染实验确定, 上述两株细菌均可导致半滑舌鲷溃疡症状(另文报道)。将此致病原确定为指示菌, 开展循环水养殖系统中上述细菌的分布和消除情况分析。

1.4 循环水系统中的细菌分布

在循环水养殖系统投放半滑舌鲷苗种之前, 随机选取 10 尾鱼苗, 用灭菌解剖刀分别从鱼体表刮下少许黏液放入无菌离心管中, 定量稀释后取 100 μl 涂布在胰蛋白胨大豆肉汤(TSB)琼脂平板培养基上, 涂布 3 个平行样。剪取鳃丝、肝、肾、肠道等器官, 用灭菌剪刀剪碎后分别加入少量 1.5% 无菌生理盐水振荡后, 在 TSB 平板上划线进行细菌分离。所有平板培养基置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱中培养 48 h 后进行细菌计数和纯化优势菌落。

无菌称取 DM 饵料 1 g 放入灭菌后的玻璃匀浆器中, 加入 9 ml 的 1.5% 灭菌生理盐水, 反复匀浆后制成 1:10 的均匀稀释液。取 100 μl 该稀释液涂布于 TSB 培养基上, 将其置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱中培养 72 h 后进行细菌计数(依据国标 GB 13093-2006)。

用灭菌剪刀剪取 1 cm^2 捞网及吸水棉, 分别在 TSB 培养基上进行涂布, 然后放置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱中培养 48 h, 计算培养基上菌落数目。

用灭菌解剖刀刮取饵料桶周围残余饵料以及养殖池壁污物, 分别取 1 g 用 1.5% 无菌生理盐水进行稀释匀浆, 取 100 μl 涂布于 TSB 培养基上, 置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱中培养 48 h, 观察菌落数目。

分别取养殖池、排水口、弧形筛污物、弧形筛出水口、曝气池泡沫、曝气池出水口、生物滤池出水口以及紫外处理出水口的水样, 各水样及污物采用无菌生理盐水适度稀释后涂布于 TSB 培养基上, 置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱

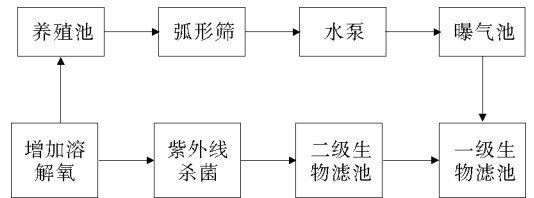


图 3 循环水养殖系统工艺流程

Fig. 3 Diagram of the recirculating aquaculture system

中培养 48h,统计细菌总数,并根据指示菌分析病原菌优势度。对比发病前后的两次采样结果,得出指示菌即致病菌在循环水系统中的分布变化情况。

1.5 循环水养殖系统病原菌的消除方法

1.5.1 吸污及弧形筛过滤

养殖池排放水时,收集其养殖池排放水、弧形筛出水口水样各 1 000 ml 以及弧形筛污物 100 g。随机取上述少许样品进行涂布,培养法测定单位水体或单位重量细菌含量,方法同 1.4,分析吸污及弧形筛过滤环节去除细菌的效果。

1.5.2 曝气池

在养殖过程中,分别取循环水水处理系统曝气池泡沫 1 g 和曝气池出水 1 ml,TSB 平板涂布检测曝气前、后细菌总量的变化,每次取样分 3 次涂布,取平均值。以此验证曝气环节是否通过曝气形成的泡沫带走大量细菌。

1.5.3 循环水的紫外线消毒处理

分别取紫外线消毒进、出口 1 000 ml,从中吸取 100 μ l,TSB 平板涂布培养定量检测消毒前、后细菌总量的变化,每次取样分 3 次涂布,取平均值。以此验证紫外线消毒环节对细菌的杀灭效果。

1.5.4 养殖池池壁污物及工具的消毒处理

正常养殖生产所产生的残饵、粪便、鱼体分泌物所形成的污物,通常黏附在养殖池壁的水位线处,容易滋生大量的细菌和寄生虫等致病原。为寻求快速、有效的消毒方法,同时适用于养殖管理,实验采取带鱼消毒的处理方式进行。

配制 KMnO_4 溶液 12.5×10^{-6} 、 25×10^{-6} 、 50×10^{-6} 、 100×10^{-6} mol/L 4 个梯度,用海绵块蘸取不同浓度 KMnO_4 溶液分别在不同养殖池池壁的污物处擦拭 3~4 遍,分别在 1.5、15、30 min 时间取 1 g 池壁污物,梯度稀释后涂布于 TSB 平板,每个梯度设 3 个平行样,置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养 48 h 后进行计数,分析并确定有效的杀菌浓度。

配制 KMnO_4 溶液 1×10^{-6} 、 2.5×10^{-6} 、 5×10^{-6} 、 7.5×10^{-6} mol/L 4 个梯度对工具进行浸泡消毒处理,分别在 1、2、4h 时,用灭菌剪刀剪取 1cm^2 捞网及吸水棉,分别在 TSB 培养基上进行涂布,每次取样均设 3 个平行样,放置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养 48h 后进行菌落计数,分析消毒灭菌效果。

1.5.5 药浴对鱼体表病原菌的消毒作用

药浴试验在 20 L 的试验桶中进行,每个桶中随机放入 5 尾体长 18~20 cm、体重 20~30 g 皮肤溃疡的半滑舌鳎病鱼,共设 5 个试验组,每个组用灭菌解剖刀分别从鱼体表刮下少许黏液放入无菌离心管中,稀释后涂布在 TSB 平板上,置于 28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养 48 h 后进行计数,每个组涂布 3 个平行样,其体表细菌数量的平均值记为 $\sum o$ 。

随后,取 H_2O_2 并按浓度 10×10^{-6} 、 25×10^{-6} 、 50×10^{-6} 和 100×10^{-6} mol/L 分别加入上述桶中进行药浴消毒,并设一个对照组,不加任何消毒剂。分别在 5 min 和 10 min 时取体表黏液,定量稀释涂布于 TSB 平板上,其消毒后体表细菌数量的平均值记为 $\sum x$ 。

$$\text{杀菌率 } P = \frac{\sum o - \sum x}{\sum o} \times 100\%$$

2 结果

2.1 循环水养殖系统中的细菌分布

2.1.1 布池苗种

鱼苗体表黏液、鳃丝、肝脏、肠道中均有较多的细菌。其中,体表黏液、鳃丝中分离出了与指示菌株菌落形态相同的细菌,其革兰氏染色形态、生理生化指标与指示菌相似。

2.1.2 DM 饵料

DM 饵料中的细菌总量为 50~70 CFU/g,符合饲料卫生标准(GB13078-2001)的规定。

2.1.3 工具

养殖过程中所使用的捞网、吸水棉等工具,在未经任何消毒处理时细菌数量较高,采用灭菌剪刀剪下 1 cm² 直接涂布计数得出 TSB 平板上平均有 437 个菌落,并且在捞网上分离出与致病菌菌落特征相同的细菌,优势度达到 70% 以上。

2.1.4 池壁污物

池壁污物中细菌量较大,达 1.35×10^5 CFU/g,其中有两株优势菌,占细菌总数的 90%,其形态与指示菌 CS10111602A 和 CS10111602B 的形态一致(图 4)。

2.1.5 循环水系统

循环水系统的弧形筛过滤、曝气池气升、生物包过滤、紫外线消毒等水处理环节水样及污物中的细菌数量分析结果见表 1 和表 2。发病后养殖系统内各处理环节的细菌总数较养殖鱼健康状况下的数目均出现了显著的上升,其中养殖池排水口的细菌总数增长了近 30 倍,达到了 2.33×10^4 CFU/ml,并且发病后经紫外线处理的养殖水中仍然有极少量的致病菌存在。

表 1 养殖鱼健康情况下循环水系统各级处理环节的细菌总数分析

Table 1 Total number of bacteria in each process of the recirculating system with healthy fish

循环水各级处理	Process of the RAS	平均 Average(CFU/100 μ l)	样品细菌总数 Total number of bacteria in sample (CFU/ml)	致病菌优势度 Dominance of pathogens(%)
养殖池	Water of tank	14.3 \pm 0.4	143 \pm 4.3	70
养殖池排水口	Outfall of tank	79.3 \pm 2.9	793 \pm 28.8	80
弧形筛污物	Dirt on arc screen	12 800 \pm 608.3	128 000 \pm 6 082.8	90
弧形筛出水口	Outfall of arc screen	58 \pm 4.6	580 \pm 45.8	90
曝气池泡沫	Foam of aeration tank	234.3 \pm 8.1	2 343 \pm 80.5	90
曝气池出水口	Outfall of aeration tank	39.3 \pm 2.5	393 \pm 25.2	90
生物滤池出水口	Outfall of biofilter	31 \pm 2.3	310 \pm 23.4	90
紫外出水口	Outfall of UV tank	00	—	—

注:致病菌优势度是指与指示菌形态、生理生化指标相同的细菌数量所占百分比。数据表示为平均值 \pm 标准差,下同

表 2 养殖鱼发病时刻循环水系统各级处理环节的细菌总数分析

Table 2 Total number of bacteria in each process of the recirculating system with diseased fish

循环水各级处理	Process of the RAS	平均 Average(CFU/100 μ l)	样品细菌总数 Total number of bacteria in sample (CFU/ml)	致病菌优势度 Dominance of pathogens(%)
养殖池	Water of tank	40.3 \pm 1.4	403 \pm 13.9	70
养殖池排水口	Outfall of tank	2 337.3 \pm 70.7	23 373 \pm 707.3	70
弧形筛污物	Dirt on arc screen	12 640 \pm 526.8	126 400 \pm 5 268.2	60
弧形筛出水口	Outfall of arc screen	495.3 \pm 51.4	4 953 \pm 514.3	60
曝气池泡沫	Foam of aeration tank	1 710 \pm 137.8	17 100 \pm 1 377.9	60
曝气池出水口	Outfall of aeration tank	340.3 \pm 32.4	3 403 \pm 324.3	60
生物滤池出水口	Outfall of biofilter	226 \pm 31.2	2 260 \pm 311.8	60
紫外出水口	Outfall of UV tank	0.3 \pm 0	3 \pm 0	—

将表 1 和表 2 对比后发现,发病时整个循环水系统中致病菌的优势度出现了明显下降,但其绝对数量却大为增加。

2.2 循环水养殖系统病原菌消除效果

2.2.1 循环水系统各处理环节除菌效果

循环水系统各工艺环节杀菌结果见表1、表2。弧形筛污物中细菌含量达到了 10^5 CFU/g数量级,大量的微生物可以随着弧形筛的过滤得到消除。曝气池的泡沫起到了富集细菌的效果,养殖鱼健康时泡沫中细菌含量为2 343 CFU/ml,发病时细菌含量出现了增长,达到了 1.71×10^4 CFU/ml,因此这两个环节都具有良好的除菌效果。养殖鱼健康状况下,循环水中的细菌在紫外线处理环节均得到了彻底的杀灭。发病时,紫外线杀菌消毒后的水样中仍含有极少量的细菌,为3 CFU/ml。

2.2.2 养殖池壁及工具的消毒效果

从养殖池池壁污物消毒处理的结果可以看出,KMnO₄溶液具有良好的消毒杀菌作用,浓度 25×10^{-6} mol/L的KMnO₄溶液在养殖池池壁污物处擦拭3~4遍,1.5 min后即可有效杀灭池壁污物中的致病菌,杀灭率达到了90%以上(图4)。

采用 2.5×10^{-6} mol/L的KMnO₄溶液对养殖工具浸泡4 h,对工具上的细菌杀灭率达到了100%,同时 5×10^{-6} mol/L的KMnO₄溶液浸泡2 h对细菌的杀灭效果也极为显著。

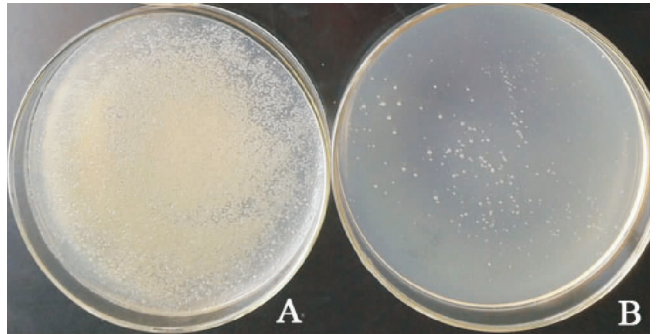
2.2.3 药浴对鱼体表细菌的消毒效果

病鱼体表病灶处的细菌数量在 $1.08 \sim 1.76 \times 10^5$ CFU/ml。加入H₂O₂ 5 min后, 10×10^{-6} 、 25×10^{-6} mol/L浓度的杀菌效果不明显, 50×10^{-6} 、 100×10^{-6} mol/L浓度可大大降低鱼体表细菌总数。加入H₂O₂ 10 min后, 10×10^{-6} 、 25×10^{-6} mol/L浓度下的杀菌效果仍不显著,而 50×10^{-6} 与 100×10^{-6} mol/L浓度下的效果较为明显。其中 100×10^{-6} mol/L浓度的H₂O₂浸泡10 min,消毒效果最为明显,对细菌的杀出率达到了94.49%(表3)。

3 讨论

在养殖生产过程中,带菌的鱼体、受污染的水源以及饲料等投入品都可作为传染源造成致病细菌的传染与疾病的发生(吴建军 2010;王永升 1998;车宗伶 1999;刘来亭等 2006)。与开放式流水养殖相比,循环水养殖系统的养殖用水是循环使用的,水处理工艺繁杂,研究其中有害病原菌的分布与消除对优化循环水养殖工艺和指导病害防控具有重要意义。

从研究结果可以看出,在循环水养殖系统中弧形筛污物及曝气池泡沫中的细菌数目较大,特别是在发病时细菌的绝对数量很高,而其中病原菌的优势度达到了60%。此外,池壁水位线处积累的大量污物中也会滋生大量细菌,每克污物中细菌数量达到 10^5 ind.水平,其中病原菌占75%,是循环水养殖系统中藏匿细菌最多的地方。大量病原菌慢慢扩散到养殖水体中,或通过鱼体摩擦造成直接传染进而引发疾病。而这里的细菌往往在养殖生产中被忽略,因此生产实践中对弧形筛污物、曝气池泡沫、养殖池壁污物进行定期的清除是十分必要的。此外,在养殖工具上也发现有病原菌的滋生,1 cm²捞网的细菌数量达到437个,其中病原菌占80%,这给水产动物的健康养殖带来了隐患。为此,养殖工具专池专用并定期消毒可减少病原菌的交叉传染,有效抑制疾病的蔓延。



A. 消毒前污物中含大量细菌菌落; B. 消毒后污物中菌量显著下降

A: Before disinfection; B: After disinfection

图4 池壁污物采用 25×10^{-6} mol/L的KMnO₄消毒1.5 min效果
Fig. 4 Results of the disinfection of tank wall by washing with KMnO₄ at a concentration of 25×10^{-6} mol/L for 1.5 min

表3 不同浓度H₂O₂对鱼体表细菌的消毒效果

时间 Time	浓度 Concentration(10^{-6} mol/L)			
	100	10	25	50
初始 Initial	1.36×10^5	1.27×10^5	1.08×10^5	1.76×10^5
5min	1.28×10^5	1.05×10^5	3.58×10^4	5.12×10^4
10min	1.13×10^5	9.83×10^4	1.33×10^4	9.70×10^3

注:表中数值表示每 ml 粘液中所含有的细菌量(单位:CFU/ml)

紫外线具有良好的杀菌效果,在水处理中的应用极为广泛(郑荣进等 2011;陈晓聪 2005)。由于循环水养殖是一个串联的系统,养殖的各个环节都存在着大量病原菌,通过循环流水带入养殖池进而导致养殖鱼发病。因此在循环水的水处理工艺中,紫外线杀菌环节就显得特别重要。本研究也证实,在这个环节细菌的杀灭率基本达到100%,只有极少量细菌循环回流到养殖池。

对池壁污物、养殖工具以及鱼体的消毒试验可以看出, KMnO_4 和 H_2O_2 溶液对细菌都有良好的杀灭效果。用 $5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ 的 KMnO_4 溶液浸泡工具 2h,对细菌的杀灭率达到了100%。而用浓度 $25 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ 的 KMnO_4 溶液擦拭养殖池池壁污物处 3~4 遍,1.5 min 后细菌杀灭率也高于90%。目前,在养殖生产上一般采用甲醛溶液、溴氯海因粉、苯扎溴铵溶液以及抗生素类药物对鱼进行药浴消毒,频繁使用这些消毒药物不但对养殖品种具有巨大的副作用,更容易造成药物残留,影响水产品质量安全,而抗生素的滥用会进一步造成细菌耐药性,增加疾病的治疗难度。区别于以上药物, H_2O_2 溶液是一种广谱、安全、无残留和无公害的消毒剂,对病原微生物有良好的杀除作用(王友涛等 2008;刘志伟等 2011;王印庚等 2011)。在本研究中,用 $100 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ 的 H_2O_2 溶液浸泡病鱼 10 min,对鱼体体表细菌的杀除率高达90%以上,而且不会造成药物残留,完全可以替代甲醛及抗生素类药物进行养殖半滑舌鲷的药浴消毒。

综上所述,循环水系统中紫外线环节具有较好的杀菌效果,加上养殖中使用的 DM 饵料符合饲料卫生标准,且未检出病原菌,因此排除了水源和饵料这两个感染源的可能性。而致病菌可由不健康的苗种带入养殖系统中,并在鱼体、残饵、池壁污物中不断增殖,随循环水流扩大分布到整个系统中。因此,循环水养殖系统的疾病防控应从多个环节入手,除购置健康苗种和卫生饵料外,要重点进行弧形筛污物、曝气池泡沫、养殖池壁污物的清除、工具的消毒和紫外线处理,减少细菌滋生的有机物温床,防治疾病的发生。

参 考 文 献

- 丁建乐,鲍旭腾,梁 澄. 2011. 欧洲循环水养殖系统研究进展. 渔业现代化, 38(5):53-57
- 车宗伶. 1999. 水产饲料中的真菌毒素. 中国饲料, (11):17-20
- 王友涛,王印庚,张国兵,陈 霞. 2008. 几种消毒剂对养殖刺参“腐皮综合征”主要致病菌杀灭试验的研究. 海洋水产研究, 29(6):90-94
- 王永升. 1998. 鱼细菌性烂鳃病的诊断及防治. 吉林畜牧兽医, (6):33
- 王印庚,刘志伟,林春媛,陈 霞,王 玲,李 华. 2011. 养殖大菱鲆隐核虫病及其治疗. 水产学报, 35(7):1105-1112
- 王印庚,张 正,秦 蕾,史成银,陈洁君,杨少丽,马爱军. 2004. 养殖大菱鲆主要疾病及防治技术. 海洋水产研究, 25(6):61-68
- 刘志伟,王印庚,陈 霞,林春媛,李 彬,李 华,曲江波. 2011. 双氧水和甲醛在海水中的消解速率及其对水质因子的影响. 渔业现代化, 38(3): 18-22
- 刘来亭,蔡凤英. 2006. 水产饲料中的霉菌及黄曲霉毒素中毒概述. 河南水产, (3):7,12
- 刘 鹰. 2011. 海水工业化循环水养殖技术研究进展. 中国农业科技导报, 13(5):50-53
- 杨少丽,王印庚,董树刚. 2005. 海水养殖鱼类弧菌病的研究进展. 海洋水产研究, 26(4):75-83
- 吴建军. 2010. 斑点叉尾鲷肠道败血症的流行病学与综合防治. 当代水产, (2):53-55
- 陈晓聪. 2005. 紫外线杀菌对水处理系统的微生物的杀菌效果研究. 现代食品科技, 21(3):120-121
- 郑荣进,向 坤,朱松明. 2011. 紫外线对水产养殖循环水的杀菌效果. 农业工程学报, 27(11):257-262
- 徐海圣,王淑霞,吴惠仙,邱启任,李行先,胡晓林. 1997. 异育银鲫寄生粘孢子虫病的研究. 杭州大学学报(自然科学版), 24(3):259-264
- 傅雪军,马绍赛,朱建新,张海耿,曲克明,周 勇. 2011. 封闭式循环水养殖系统水处理效率及半滑舌鲷养殖效果分析. 环境工程学报, 5(4):745-751