

紫外线位置对循环水养殖半滑舌鳎水环境及生长影响

周游¹, 黄滨², 吴凡¹, 宋协法³, 翟介明⁴

(1. 农业部渔业装备与工程技术重点实验室, 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071; 3. 中国海洋大学水产学院, 山东青岛 266003; 4. 山东莱州明波水产公司, 山东烟台 264000)

[摘要] 本文研究了紫外线杀菌消毒装置布设在生物滤池前端和后端, 对半滑舌鳎循环水养殖系统水环境及鱼类生长的影响情况。结果表明: a. 紫外线装置布设位置的改变与细菌、弧菌的灭杀效果无显著影响($P > 0.05$), 但对养殖池中的细菌、弧菌数量有显著的影响($P < 0.05$); b. 后置时生物滤池对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、COD 的去除率分别为 35.81%、6.67%、12.00% 低于前置时的 51.51%、11.54%、42.45%; c. 前置时养殖池内氨氮、亚硝酸盐氮的平均浓度分别比后置组低 9.7%、21.6%; d. 紫外线装置布设位置的改变对半滑舌鳎的生长速度有显著影响($P < 0.05$), 前置和后置的特定生长率(SGR 值)分别为 0.21 和 0.99, 前置时鱼体增重率 4.27%, 远低于后置的 21.71%, 两者差异显著($P < 0.05$); e. 前置时半滑舌鳎的血液中红细胞数、白细胞数和血红蛋白含量均显著低于后置($P < 0.05$)。

[关键词] 半滑舌鳎; 循环水养殖系统; 紫外线消毒装置; 工艺流程

[中图分类号] S959 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)09-0078-08

1 前言

工厂化封闭式循环水养殖是环境友好型和资源节约型先进养殖模式的典范, 实施精准化是推动水产养殖产业向工业化迈进的加速器和重要标志^[1]。水处理技术是工厂化封闭式循环水养殖的核心, 确定合适的水处理工艺是建立循环水养殖最重要的步骤^[2-4]。高密度循环水养殖模式下, 能否有效地对养殖水体进行杀菌消毒, 直接关系到循环水养殖成败。目前国内循环水养殖系统中主要采用紫外线杀菌消毒装置, 并且大部分是将紫外线装置安装在生物滤池后端使用, 关于紫外线杀菌消毒的研究也主要集中在杀菌效果和应用研究等方面^[5-7], 而对于紫外线装置安装位置改变对系统水质及鱼类

生长影响的研究尚未见报道; 国外有些循环水工艺将紫外线安装在生物滤池前端, 如荷兰农业研究院国家渔业研究所(RIVO)制造“蓝标(Blue Label)”水处理系统^[8], 以及挪威 AKVA 集团循环水养殖模式都是将紫外线装置放于生物滤池之前, 紫外线前置和后置的主要差别是: 紫外线后置, 是将水处理系统中从生物滤池出来的水, 无论是有益菌还是有害菌进行无差别的灭杀后再进入养殖池, 这其中包括了对氨氮、亚硝酸盐氮的去除起着主要作用的优势菌^[9]。

氨化细菌、亚硝化细菌和硝化细菌以及一些异养菌等, 一定程度上保障了进入鱼池水的无菌状态; 紫外线前置, 其目的是将生物滤池中的部分硝化细菌随水流带入到鱼池中, 继续在鱼池中进行硝

[收稿日期] 2014-06-30

[基金项目] 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-50); 公益性行业(农业)科研专项资助(201003024)

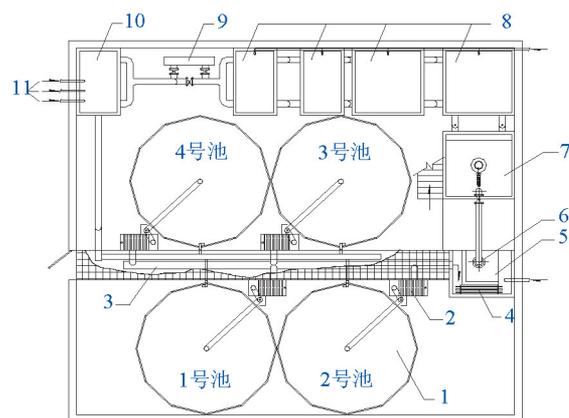
[作者简介] 黄滨, 1962年出生, 男, 山东青岛市人, 副研究员, 主要从事设施渔业研究; E-mail: hangbin@ysfri.ac.cn

化作用,改善养殖水环境。因此,为探究紫外线装置工艺变化对循环水养殖水环境和鱼类生长的影响,本文研究了紫外线杀菌消毒装置设置在生物滤池前端和后端对水环境和鱼类生长的影响,以期对循环水处理工艺的精准化设计提供依据。

2 材料与方法

2.1 实验设施

实验在山东莱州明波水产有限公司循环水养殖车间(见图1)进行。系统由4个底面积为15 m²,有效水深为1 m的圆形玻璃钢鱼池、弧形筛、气浮池、多级生物滤池、紫外线杀菌消毒装置、水质优化池等组成。其工艺流程为:养殖池排水→弧形筛(去除粪便、残饵及其他固体状杂质)→缓冲调节泵池→前置紫外线消毒装置(消毒杀菌)→气浮净化池(去除微小颗粒物、胶状物)→生物滤池(降解氨氮、亚硝氮)→后置紫外线消毒装置(消毒杀菌)→水质优化池(升温、臭氧)→养殖池(见图2)。



1—养殖池; 2—弧形筛; 3—回水主管道; 4—前置紫外线装置; 5—缓冲调节泵池; 6—循环水泵; 7—气浮净化池; 8—多级曝气生物滤池; 9—后置紫外线装置; 10—终端水质优化池; 11—纯氧、臭氧、汽加热添加管路

图1 实验车间平面布置图

Fig. 1 Fish greenhouse plan of sample workshop

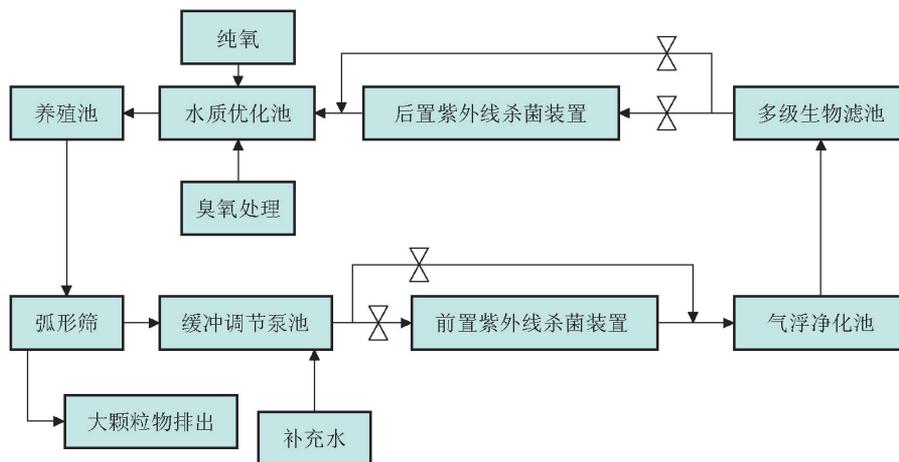


图2 循环水养殖系统工艺流程图

Fig. 2 Water treatment process of closed recirculation aquaculture system

2.2 实验设计

本实验分两个阶段进行,第一阶段关闭前置紫外线装置,打开后置紫外线装置,运行20 d;第二阶段关闭后置紫外线装置,打开前置紫外线装置,运行20 d。实验期间系统水温控制在(19.30 ± 0.6)℃,盐度20~25, pH 7.0~8.0, dissolved oxygen (DO) ≥ 12 mg/L,循环率为18次/d,生物滤池水力停留时间为1.5 h,紫外线水力停留时间为1 min。

实验用鱼来自山东潍坊昌邑,分两批购入,总数量780尾,鱼放入池中稳定摄食后开始实验,两阶段放养的初始密度约为10 kg/m³。

2.3 日常管理

日投饵3次(8:00, 15:00, 22:00),投饵量以饱食为准。每天监测并记录养殖池的pH、DO、水温等水质指标,每天测定一次亚硝酸氮、总氨氮和化学需氧量;水样采样点分别为养殖池、弧形筛进水口、气浮净化池出水口、各级生物滤池出水口、前(后)置紫外线装置进(出)水口、水质净化池出口等,于每天下午13:30采样,当天完成测定;每个取样点取样3个,并取平均值。每4天测定前(后)置紫外线装置进水口、出水口、养殖池以及水质优化池内的细菌、弧菌总数。

2.4 水质检测与分析方法

总氮的测定方法采用次溴酸钠氧化比色法,亚硝氮采用盐酸萘乙二胺分光光度法;化学需氧量采用碱性高锰酸钾法测定。溶解氧、pH、水温、盐度、氧化还原电位等水质数据测定使用 ysi professional plus 多参数水质分析仪;细菌、弧菌数量采用平板计数法测定。

2.5 半滑舌鳎生物学指标测定方法

1) 体长、体重的测量方法:鱼体长用精度为 1 mm 的量鱼板测量,使用精度为 0.1 g 的电子天平,分别对养殖前期和后期的鱼称重。

2) 计算方法:

$$\text{肥满度: } F=100 W/L^3;$$

平均日增重:

$$G=(W_2-W_1)/(T_2-T_1) \quad (1)$$

平均日增重率:

$$Gr=[2G/(W_1+W_2)] \times 100\% \quad (2)$$

平均日增长:

$$G_w=(L_2-L_1)/(T_2-T_1) \quad (3)$$

平均日增长率:

$$G_{wr}=[2G_w/(L_1+L_2)] \times 100\% \quad (4)$$

式(1)~(4)中, W 为体重, g; L 为体长, cm; T 为养殖时间, d。

特定生长率:

$$SGR=100 \times (1nW_e - 1nW_i) / t \quad (5)$$

式(5)中, W_e 和 W_i 分别为实验结束时和实验开始时的鱼体重量, g; t 为实验时间, d。

3) 生理指标及测定方法:实验结束后,饥饿 1 d,在同一时间采其血液样品,用 1 mL 医用注射器

从半滑舌鳎尾动脉取血,用 1% 的肝素钠抗凝,以制备抗凝血用于各项生理指标的测定。

4) 计数方法。红细胞计数(RBC)、白细胞计数(WBC)用显微镜计数法;血红蛋白含量(Hb)用沙利氏比色法;平均红细胞血红蛋白(MCH) = HB/RBC。

2.6 数据处理

采用 SPSS17.0 统计软件对所采集的数据进行差异显著性分析。计算测定数据平均值、标准误差,以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平, $P < 0.01$ 作为差异极其显著水平。

3 结果

3.1 紫外线装置位置对杀菌效果的影响

表 1 中记录了 2011 年 12 月—2012 年 4 月紫外线装置进水和出水细菌、弧菌总数。经测定,后置组细菌最高去除率为 100%,最低去除率为 99.80%,平均去除率为 99.94%;前置组最高去除率为 100%,最低去除率为 99.80%,平均去除率为 99.92%。后置组的弧菌最高去除率为 100%,最低去除率为 99.30%,平均去除率为 99.94%;前置组最高去除率 100%,最低去除率为 99.62%,平均去除率为 99.75%。紫外线装置前后置对细菌、弧菌的去除率无显著的影响 ($P > 0.05$)。但是紫外线前置时,鱼池进水口的细菌平均数量达到 818 个/mL,弧菌平均数量也达到 340 个/mL,远远高于紫外线后置时鱼池进水口的细菌和弧菌数。紫外线装置前后置对养殖池进水口的细菌、弧菌有显著的影响 ($P < 0.05$)。

表 1 紫外线装置对细菌、弧菌去除率及养殖池进水细菌、弧菌的检测结果

Table 1 The bacterial removal rate of UV device and test result of bacteria in inlet of tank

位置		NBI	NBO	RAB	NVI	NVO	RAV	NBIT	NVIT
		/(cfu·mL ⁻¹)	/(cfu·mL ⁻¹)	/%	/(cfu·mL ⁻¹)	/(cfu·mL ⁻¹)	/%	/(cfu·mL ⁻¹)	/(cfu·mL ⁻¹)
后置	1	2 500	5	99.8	2 500	5	99.8	5	5
	2	7 200	0	100	5 000	0	100	0	0
	3	8 000	0	100	4 800	0	100	0	0
	4	4 000	0	100	1 600	0	100	0	0
	5	9 600	10	99.9	5 300	5	99.9	10	5
前置	1	20 000	0	100	14 000	100	99.3	700	0
	2	10 000	20	99.8	16 000	0	100	120	90
	3	21 000	10	99.9	16 000	10	99.9	130	100
	4	18 000	0	100	11 000	10	99.9	140	110
	5	19 000	11	99.9	12 000	120	99	3 000	1 400

注: NBO 为紫外线装置出水细菌总数; NBI 为紫外线装置进水细菌总数; RAB 为紫外线装置细菌去除率; NVO 为紫外线装置出水弧菌总数; NVI 为紫外线装置进水弧菌总数; RAV 为弧菌去除率; NBIT 为养殖池进水口细菌总数; NVIT 为养殖池进水口弧菌总数

3.2 紫外线安装位置对生物滤池水质状况的影响

由表2可以看出,紫外线装置后置时,生物滤池对进水中的 NH_4^+-N 去除率为35.81%, $\text{NO}_2^- -\text{N}$ 去除率为6.67%,COD去除率为12.00%,pH的平均值由 7.85 ± 0.02 下降至 7.81 ± 0.03 ;紫外线装置前置时,生物滤池对进水中的 NH_4^+-N 去除率为51.51%, $\text{NO}_2^- -\text{N}$ 去除率为11.54%,COD去除率为

11.45%,pH的平均值由 7.91 ± 0.05 下降至 7.89 ± 0.08 。相对紫外线后置而言,安装在前端时生物滤池对流经水体中的 NH_4^+-N 、 $\text{NO}_2^- -\text{N}$ 去除作用均有明显的提高。方差分析表明,紫外线前置和紫外线后置对流经生物滤池水体的 NH_4^+-N 、 $\text{NO}_2^- -\text{N}$ 的去除率之间存在明显差异($P<0.05$)。

表2 紫外线安装位置对生物滤池的进出口水质的影响情况

Table 2 Changes of water quality in water coming in and out of filters when UV device installed on before and after the biological filter

水质指标	后置			前置		
	进口	出口	去除率R/%	进口	出口	去除率R/%
pH	7.85 ± 0.02	7.81 ± 0.03		7.91 ± 0.05	7.89 ± 0.08	
$\text{NH}_4^+-\text{N}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.148 ± 0.03	0.095 ± 0.03	35.81 ^A	0.165 ± 0.07	0.080 ± 0.05	51.51 ^B
$\text{NO}_2^- -\text{N}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.045 ± 0.03	0.042 ± 0.025	6.67 ^A	0.026 ± 0.027	0.023 ± 0.001	11.54 ^B
COD/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	1.50 ± 0.40	1.32 ± 0.03	12.00 ^A	1.31 ± 0.42	1.16 ± 0.40	11.45 ^A

注:表中值为平均值±标准偏差(n=20),各行中大写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

3.3 紫外线安装位置对鱼池中氨氮、亚硝酸氮的影响

由图3知,紫外线前置时鱼池氨氮平均浓度为 (0.148 ± 0.043) mg/L与后置时氨氮平均浓度 (0.164 ± 0.050) mg/L相比降低9.70%。在此过程中,前置时的氨氮在初始较高的情况下随着养殖时间的推移而逐渐降低,最终低于后置时的氨氮浓度。

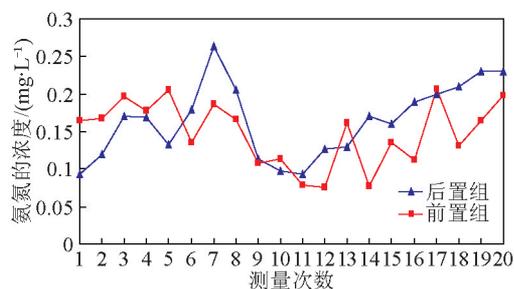


图3 紫外线安装位置对鱼池中氨氮的影响

Fig. 3 The effect of UV position change on NH_4^+-N in tank

由图4知,紫外线前置时鱼池亚硝酸氮平均浓度为 0.025 ± 0.043 mg/L与后置时亚硝酸氮平均浓度 0.032 ± 0.007 mg/L相比降低21.6%。在此过程中,前置工艺下的亚硝酸氮在初始较高的情况下随着养殖时间的推移而逐渐降低,最终低于后置时的亚硝酸氮。

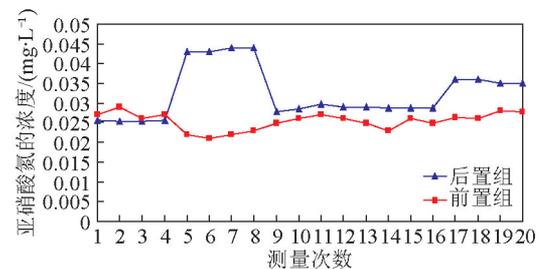


图4 紫外线安装位置对鱼池中亚硝酸氮的影响

Fig. 4 The effect of UV position change on $\text{NO}_2^- -\text{N}$ in tank

3.4 紫外线安装位置对半滑舌鲷生理状况的影响

由表3可见,紫外线后置组与前置组相比半滑舌鲷的血液指标更优,红细胞数、白细胞数、平均红细胞血红蛋白,血红蛋白含量较前置组显著增高($P<0.05$)其中,红细胞数、白细胞数、平均红细胞血红蛋白较对照极显著降低($P<0.01$)。

表3 紫外线安装位置对半滑舌鲷血液生理指标的影响

Table 3 The influence of UV on blood physiological parameters of *Cynoglossus semilaevis* Günther

测定项目	后置(n=12)	前置(n=12)
RBC/(万个· mm^{-3})	910.25 ± 538.74^a	342.00 ± 162.19^b
WBC/(万个· mm^{-3})	23.45 ± 16.91^a	13.67 ± 4.43^b
Hb/($\text{g}\cdot 100\text{mL}^{-1}$)	7.62 ± 3.28^A	7.22 ± 5.11^B
MCH/(10^{-11}g)	11.606 ± 8.209^a	25.057 ± 21.343^b

注:各行中大写字母不同表示差异显著($P<0.05$),小写字母不同表示差异极其显著($P<0.01$)

3.5 紫外线安装位置对半滑舌鲷的生长状况的影响

两阶段实验半滑舌鲷的密度、平均体重和肥满度见表4, 鱼SGR值、体重增长情况和成活率见表5。从表4和表5中可以看出, 紫外线在后置时鱼体的平均体重由(640.10±63.30) g 增重至(779.06±140.32) g, 前置时平均体重由(1099.44±162.18) g 增重至(1 112.60±194.38) g, 两阶段鱼的体重增长出现显著差异($P<0.05$); 后置鱼体肥满度由0.83降低至

0.76, 前置由0.82降低至0.80, 两者没有明显的差异($P>0.05$); 紫外线后置时SGR、增重率(WGR)、日增重率分别为0.99%、21.71%、0.98%均高于前置时的0.21%、4.27%、0.38%; 紫外线安装位置对半滑舌鲷的SGR、WGR、日增重率均具有极显著的影响($P<0.01$); 实验期间, 成活率无明显差异, 后置死亡5尾, 前置死亡10尾, 存活率均为99.99%。这说明该系统的水处理能力、所提供的养殖条件能够满足半滑舌鲷的生长需求。

表4 紫外线安装位置对半滑舌鲷的养殖密度、平均体重和肥满度变化

Table 4 Density, average weight and fat factor during experiment of *Cynoglossus senila* Günther

	试验初始			试验终始		
	养殖密度 (Kg·m ²)	平均体重 /g	肥满度 F/(g·L ⁻¹)	养殖密度 (Kg·m ²)	平均体重 /g	肥满度 F/(g·L ⁻¹)
后置	10.24	640.10±63.30	0.83	12.36	779.06±140.32 ^a	0.76 ^a
前置	10.24	1 099.44±162.18	0.82	10.70	1 146.39±201.56 ^b	0.80 ^b

注: 表中值为平均值±标准偏差($n=20$), 各列中大写字母不同表示差异显著($P<0.05$), 小写字母不同表示差异极其显著($P<0.01$)

表5 紫外线安装位置对半滑舌鲷生长指标

Table 5 Growth factor during experiment of *Cynoglossus senila* Günther

	养殖密度 (kg/m ²)	SGR /%	增重率 G/%	平均日增重率 Gr /%	成活率 /%
后置	10.24	0.99 ^a	21.71 ^a	0.98 ^a	99.99
前置	10.24	0.21 ^b	4.27 ^b	0.38 ^b	99.99

注: 表中值为平均值±标准偏差($n=20$), 各列中小写字母不同表示差异极其显著($P<0.01$)

4 讨论

4.1 紫外线安装位置对细菌的灭杀率及鱼池进水口的细菌总数的影响

紫外线装置安装在生物滤池的后端时, 生物滤池出口水体中的细菌被紫外线装置杀灭, 细菌去除率高达99.9%, 因此进入鱼池的水体中几乎没有细菌。而紫外线装置安装在生物滤池的前端时, 鱼池进水口的细菌总数主要是由生物滤池水流中细菌多少决定, 四级生物滤池出水口的细菌数量大约为20 000 cfu/mL, 弧菌大约为11 000~16 000 cfu/mL, 以及其他异养细菌等。比狼鲈循环水养殖系统生物滤池中载体上的异养细菌数量为10⁶ cfu/mL和10⁵ cfu/mL略少^[10,11]。

有研究表明弧菌属(*Vibrio*)最佳的繁殖温度为24℃^[12], 而在生物滤池生态环境中, 构成生物膜的硝化细菌作为优势菌种, 在一定程度上抑制了一些有害细菌的生长, 并且将有害菌数量控制在一个低的数量级上。在本实验中将紫外杀菌环节由水处

理系统的后端改在前端设置使滤池中少量的弧菌也随水一同流入到养殖池中, 一旦弧菌进入到养殖池中, 随着硝化细菌的数量急剧降低而优势不在, 加之在20℃左右水温适合的水环境下, 有害弧菌数量以几倍于硝化细菌繁殖速度的量级增加, 由此弧菌就会快速上升为主要细菌, 对养殖鱼类形成潜在的威胁, 一旦时机成熟就会对养殖鱼类造成极大的危害, 甚至死亡。实际情况中半滑舌鲷确实出现部分烂尾、烂鳍、红边病等情况。

4.2 紫外线安装位置对生物滤池进出口水质的影响

紫外线安装位置对生物滤池进出口NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、COD及pH的影响显著。生物滤池挂膜完成后会伴随着生物膜的老化与脱落, 这将影响生物膜对污水去除效果的稳定性。生物膜浓度主要由废水中的有机物浓度决定, 这个浓度又由水力负荷、载体类型和微生物性质等控制^[13]。本实验中水力负荷及载体类型一致的情况下, 改变紫外线安装位置即改变生物滤池进水微生物性质。紫外线装

置在后端时,鱼池中一些异养菌进入生物滤池,虽然从进水端到出水端后,菌群最终会从异养菌逐渐过渡到自养菌,但期间异养菌以较高的生长速率及对溶解氧和生存空间的竞争优势,使得污水的硝化效果在一定程度上受容积负荷的影响,氨氮去除受到抑制。同时硝化细菌对pH值的变化非常敏感,在pH变化范围为6~8时,随着pH值的增加,硝化效果逐渐增加。本实验中,紫外线前置pH范围在7.89~7.91高于后置7.81~7.85,因此前置的硝化效果强于后置^[14]。

紫外线装置在前置时,进入生物滤池的水经过紫外线杀菌后,这样一定程度上保障了进入生物滤池水的无菌状态。生物膜上的氨化细菌及硝化细菌群等优势菌减少了竞争,提高氨氮及亚硝酸盐氮去除效果。本实验中 NH_4^+-N 、 NO_2^--N 的去除率分别为51.51%、11.54%高于后置的35.81%、6.67%。有研究表明,在海水体系硝化菌群中,氨化细菌(亚硝化细菌)竞争力强于亚硝化细菌(硝化细菌)^[15],和本研究结果一致,紫外线位置的变化对 NH_4^+-N 的去除率影响强于对 NO_2^--N 的去除率。

4.3 紫外线安装位置对鱼池中氨氮、亚硝酸盐氮的影响

鱼池中氨氮浓度过高是高密度养殖模式下限制产量提高的最大因素之一。鱼体内氨氮浓度过高会导致鱼惊厥、抽搐直至死亡^[16]。高浓度的亚硝酸盐会将鱼体血液中的血红蛋白转化成高铁血红蛋白,导致其失去携带氧的功能,引起排泄功能紊乱等一系列生理变化,最终导致鱼类死亡^[17]。

从生物滤池进水端到出水端,水体中的菌群从异养菌逐渐过渡到自养菌,生物滤池出水端的自养菌数量较多,大约 10^4 cfu/mL,因此进入鱼池后,有一定的硝化效果,仍然有较好的氨氮、亚硝酸盐氮去除效果。紫外线前置时,氨氮、亚硝酸盐氮浓度低于紫外线后置情况,有可能是末级滤池出水端的自养菌未经紫外线灭杀,进入鱼池的自养菌数量对鱼池中的氨氮、亚硝酸盐氮起到去除作用。

4.4 紫外线安装位置对半滑舌鳎的生理状况及生长的影响

血液生理指标在一定程度上反映出养殖对象的营养和机能状态。研究发现,鱼类在饵料不充

足、水质条件恶劣的情况下,红细胞数目和血红蛋白含量将下降^[18]。本研究结果表明,紫外线后置时,鱼类的红细胞数、白细胞数、平均红细胞血红蛋白均明显高于前置。同样是由于紫外线前置时鱼池进水口的弧菌数较多而导致鱼体质变弱,摄食能力降低,红细胞数和血红蛋白指标的下降。有研究发现,鱼体的红细胞数和血红蛋白指标的下降反映血液输氧能力的降低,导致鱼体需氧量减少,进而使代谢水平降低^[19]。

紫外线安装位置对半滑舌鳎的特定生长率、增重率、平均日增重率、肥满度具有显著的影响。其中,后置组的特定生长率、增重率、平均日增重率均较前置组极显著增加($P<0.01$);后置组的特定生长率为0.99%比王华等^[20]研究的特定生长率为0.89%略高,而前置组特定生长率显著降低仅为0.21%;后置组的增重率比前置组提高了17.44%。主要的原因可能是紫外线在前置时,鱼池有害菌大量繁殖,导致鱼体烂尾、烂鳍、红边病等情况发生,摄食能力下降,使鱼体的各项生长指标均低于后置情况,影响到鱼类的正常生长。

5 结语

1) 在一个循环水养殖系统中,紫外线安装工艺是影响鱼池进水口的细菌总数的重要因素。紫外线后置时,鱼池进水口的细菌总数显著低于前置。

2) 采用紫外线前置时,对生物滤池进出口水质优化效果强于后置,且紫外线位置的变化对生物滤池去除 NH_4^+-N 、COD的影响强于去除 NO_2^--N 的影响;鱼池中氨氮、亚硝酸盐氮浓度低于紫外线后置,说明部分自养菌进入鱼池并对鱼池中的氨氮、亚硝酸盐氮起到去除效果作用。

3) 研究表明,在采用紫外线后置时,半滑舌鳎的生理、生长指标均优于前置,且鱼体发生病害的情况大大减少。

总之,在海水循环水养殖系统中紫外线安装位置的变化对整个养殖系统水环境以及养殖物的生长、生理状况均有影响。且考虑到水质与养植福利健康方面,该研究认为在本系统中紫外线安装位置宜安装在生物滤池的后端。

参考文献

- [1] 黄滨, 高淳仁, 关长涛. 论节能型工厂化循环水养殖的精准化[J]. 渔业现代化, 2011, 38(1): 1-18.
- [2] 单宝田, 王修林, 赵中华, 等. 海水工厂化养殖废水处理技术进展[J]. 海洋科学, 2002, 26(10): 36-38.
- [3] 舒廷飞, 温琰茂, 贾后磊. 我国水产养殖业可持续发展的对策[J]. 水产科技情报, 2001, 28(4): 150-152.
- [4] 胡金成, 杨永海, 张树森, 等. 循环水养殖系统水处理设备的应用技术研究[J]. 渔业现代化, 2006 (3): 15-18.
- [5] 吴斌, 张华一, 吴垠, 等. TiO_2 紫外复合消毒机在零污水排放的工厂化养殖系统中杀菌效果研究[J]. 水产科学, 2009, 28(6): 317-312.
- [6] 张继辉, 曲克明, 马绍赛. 紫外辐射技术及其在水产养殖上的应用[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(1): 93-96.
- [7] Hadas M, Angelo C, Ido B, et al. The use of an open channel low pressure UV reactor for water treatment in low head recirculating aquaculture systems (LH-RAS)[J]. Aquacultural Engineering, 2009, 42(3): 103-111.
- [8] 施鲲. 荷兰循环水养鱼工厂的设计[J]. 渔业现代化, 2001(2): 23-45.
- [9] 李秋芬, 傅雪军, 张艳, 等. 循环水养殖系统生物滤池细菌群落的PCR—DGGE分析[J]. 水产学报, 2011, 35(4): 579-586.
- [10] Leonard N, Blancheton J P, Guiraud J P. Populations of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculturesystem [J]. Aquacultural Engineering, 2000, 22 (1-2): 109-120.
- [11] Leonard N, Guiraud J P, Gasset E, et al. Bacteria and nutrients nitrogen and carbon-in a recirculating system for sea bass production[J]. Aquacultural Engineering, 2002, 26 (2): 111-127.
- [12] 肖琳, 杨柳燕, 尹大强. 环境微生物实验技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [13] 许保玖, 龙腾锐. 当代给水与废水处理原理 [M]. 2版.北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 闫立龙, 李娟, 张宝杰. 曝气生物滤池中氨氮去除影响因素实验分析[J]. 城市环境与城市生态, 2006, 19(3): 31-33.
- [15] Westerman P W. Evaluation of various biofilters in an intensive recirculating fish production facility[J]. Trans. Am-Soc. Agric. Eng., 1996, 39(2): 723-727.
- [16] Eddy F B. Ammonia in estuaries and effects on fish[J]. Fish Biology, 2005, 67(6): 1495-1513.
- [17] Jensen F B. Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part A, 2003, 135(1): 9-24.
- [18] 尾崎久雄. 鱼类血液与循环生理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982.
- [19] 齐红莉, 桂远明. 微生态净水剂对鲤血液生理生化指标的影响[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(5): 92-95.
- [20] 王华, 李勇, 陈康, 等. 工厂化养殖半滑舌鲷生长、摄食和水质的变化特征及规律[J]. 水生态学杂志, 2009, 2(4): 52-58.

The influence of UV location on recirculating aquaculture *Cynoglossus semilaevis*'s water environment and its growth

Zhou You¹, Huang Bin², Wu Fan¹, Song Xiefa³,
Zhai Jieming⁴

(1. Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture, Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China; 2. Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, Shandong 266071, China; 3. College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266003, China; 4. Laizhou Mingbo Aquatic Co., Ltd., Yantai, Shandong 264000, China)

[Abstract] This study presents how the UV device affecting the *Cynoglossus semilaevis*'s RAS environment and its growth by arranging the device in the front end and rear end of biofilter. The results showed that : a. the change of positions of UV device has no significant effects on sterilize the bacteria and *Vibrio*, but it has huge impact on the number of bacteria and *Vibrio* in culture pond; b. when the UV device was placed on the rear end, the biofilter's removal rate of NH_4^+-N , $NO_2^- -N$, COD was 35.81 %, 6.67 %, 12.00 %, lower than when it was set on the front end, which is 51.51 %, 11.54 % 42.45 %; c. when the device was in the front end, the

mean concentration of ammonia nitrogen and nitrite nitrogen was down by 9.7 %, 21.6 % than it was on the rear end; d. the change of positions of UV device affects the growth rate of the fish remarkably, The special growth rate (SGR) for the two group respectively were 0.99, 0.21, The lead of fish weight gain rate was 4.27 % significantly below the rear of 21.71 %; e. the difference between the two groups was obvious; the number of erythrocyte, leucocyte and hemoglobin of the fish were much lower than the rear group.

[Key words] *Cynoglossus semilaevis* Günther; recirculation aquaculture system; ultraviolet device; process technique