

文章编号: 1674 - 5566(2012)02 - 0212 - 06

鳗鲡循环水高密度养殖试验研究

齐巨龙, 赖铭勇, 王茂元, 田 田

(福建省淡水水产研究所, 福建 福州 350002)

摘要: 利用室内封闭式循环水养殖系统对欧洲鳗鲡进行高密度养殖试验。结果表明, 10 522 尾平均体重为 55.6 g(18P) 的欧洲鳗鲡养殖 159 d, 成活率达 99.7%, 总重由 584.6 kg 增加到 1 478.0 kg, 均重达 143.2 g(7.0P), 养殖密度从 13.0 kg/m³ 提高到 32.8 kg/m³, 共投饵 1 263.2 kg, 鳗鲡增重 893.4 kg, 饵料效率达 70.7%。采用添加营养液和低负载预培养生物膜, 使鳗鲡进入系统后水质平稳变化, 降低了养殖初期因水质变化剧烈而发生风险。试验阶段养殖池水体氨氮 0.03 ~ 1.28 mg/L、亚硝酸盐氮 0.02 ~ 0.75 mg/L、硝态氮 1.21 ~ 99.60 mg/L, 溶氧控制在 5 ~ 7 mg/L, pH 以碳酸氢钠调节稳定在 7.0 ~ 7.7、水温在 23.8 ~ 32.4 °C 间, 系统的日换水量在 5% 内, 各水质指标均处于鳗鲡适宜范围内。养殖期间发生 2 次指环虫病, 利用中草药和无残留药物进行防治, 效果良好。利用循环水养殖系统养殖鳗鲡, 创造最适的水环境理化条件, 在快速生产绿色安全水产品的同时有效节水和减少污水排放。

研究亮点: 国内首次中试规模(养殖水体 45 m³), 高密度(32.8 kg/m³) 进行了欧洲鳗鲡的循环水养殖试验。养殖试验时间达 159 d, 鳗鲡达到了商品规格。在中试规模条件下, 联合运用预培养生物膜和低负载培养生物膜的方法快速构建了具有稳定硝化功能的生物过滤器。首次比较了不同日换水率条件下, 循环水养殖欧洲鳗鲡水体氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的变化情况。

关键词: 循环水养殖系统; 欧洲鳗鲡; 预培养生物膜; 水质; 节水

中图分类号: S 959

文献标志码: A

鳗鲡(*Anguillidae*) 是我国南方养殖和出口的主导水产品种类, 在水产养殖产业中占有重要地位^[1-3]。

利用工厂化循环水技术养殖鳗鲡这一名贵淡水品种, 创造最适的水环境理化条件, 不受任何外界环境因素、季节变化的影响, 可有效缩短鳗鲡的养殖时间, 单产可达 30 ~ 50 kg/m³ 以上。全封闭的养殖环境, 可杜绝外来病原的侵染, 减少病害发生, 养殖过程基本不用药, 所养出商品鱼可达绿色食品要求。水回收利用率 95% 以上。所以不仅会有明显的经济效益, 而且会有显著的节水、节地、环保的社会效益和生态效益。

1 材料与方法

1.1 养殖对象

养殖对象为福建省闽侯县某鳗鲡厂提供的

二龄欧洲鳗鲡 (*Anguilla anguilla*), 平均体重为 55.6 g(18P)。

1.2 循环水养殖系统主要构成

试验在福建省淡水水产研究所榕桥中试基地循环水养殖车间内进行。如图 1 所示, 养殖池为内径 6.64 m, 高 1.5 m 的平底圆形池, 有效容积 45 m³, 养殖池水经中心排水管进入固液分离器, 经 180 μm 不锈钢筛网过滤后, 残饵粪便等固形污物经反冲洗进入沉淀池, 经沉淀后, 固形污物排入集污池排出系统, 上清水体经臭氧深度氧化后再进入主循环。经固液分离后的水体进入泡沫分离器, 将溶解性有机物及悬浮物(对 60 μm 以下的悬浮物尤其有效^[4]) 以气泡的高效吸附而形成泡沫进行去除泡沫分离, 水流经 3 kW 循环泵抽提进入 6 m³ 悬浮流着净化装置, 再经 14 m³ 浸没式生物过滤器(滤材由沸石、活性炭和

收稿日期: 2011-08-25 修回日期: 2011-10-19

基金项目: 福建省海洋与渔业厅重点项目[闽海渔合同(2007)010 号]; 福建省科技厅项目(2009R10012 - 3)

作者简介: 齐巨龙(1982—), 男, 助理研究员, 硕士, 研究方向为水产养殖水环境调控。E-mail: qijulong@163.com

高分子过滤棉组成)进入气液混合器和纯氧高效混合后进入养殖池,系统总有效水体约为 70 m³。悬浮流着净化装置与浸没式生物过滤器由罗茨鼓风机增氧。

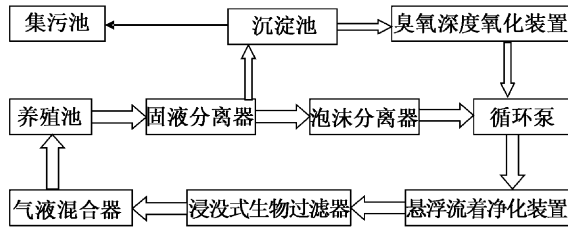


图1 循环水养殖系统水处工艺流程图

Fig.1 Flow chart of the recirculating aquaculture system

1.3 预培养生物膜

在 1 m³ 水体中,置入 0.8 m³ 高分子过滤棉滤料,并添加 NH₄Cl 使水体氨氮达 5 mg/L^[5],进行曝气预培养生物膜。20 d 后待生物膜硝化功能构建完成,将滤料置入浸没式生物过滤器中进行硝化细菌接种,同时养殖池放养 60 kg 欧洲鳊鲃,进行低负载培养生物膜,以提高循环水系统养殖的安全性。

1.4 养殖密度、投饵与病害防治

1.4.1 养殖密度

系统共放养欧洲鳊鲃 10 522 尾,总重 584.6 kg,养殖初期密度为 13.0 kg/m³。

1.4.2 投饵量

日投饵量根据鱼的摄食情况确定,以 5 min 内吃完为宜,约占鱼体重的 0.8%~1.5%,每 10 天计算 1 次鱼的理论重量以调节投喂量。

1.4.3 病害防治

循环水系统补水以 5 × 10⁻⁵ 生石灰进行消毒处理,养殖水体、场地、工具与外界隔绝,以防病害。

1.5 温度、溶氧、pH、流量调控

系统水温 23.8~32.4 ℃;利用液态纯氧增氧使系统水体溶氧控制在 5~7 mg/L;用 NaHCO₃ 调节 pH 在 7.0~7.7;调节系统水流量在 70~80 m³/h,日循环 22~25 次。

1.6 水质指标检测及分析方法

养殖初期隔天取养殖池进、出水口水样各 1 次,系统硝化功能稳定后,3 天取样 1 次。检测项目包括:氨氮(纳氏试剂比色法)^[6-7]、亚硝态氮(重氮—偶氮法)^[6-7]、硝态氮(紫外分光光度

法)^[6]、溶氧 DO、pH、温度等理化指标。悬浮颗粒物(SS) 1 周采样 1 次,采用重量法(GB11901—89)^[6]进行测定。

养殖池进(出)水口氨氮平均值 $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$,

一次性氨氮去除率 $y_i = \frac{x_{i出} - x_{i进}}{x_{i出}} \times 100\%$,一次性氨

氮平均去除率 $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$,其中 x_i 为第 i 次养殖池进

(出)水口采样氨氮值, y_i 为第 i 次采样一次性氨氮去除率, n 为取样样本数。其他指标均值和去除率计算与分析方法同氨氮。

2 结果

2.1 低负载培养生物膜阶段养殖池三态氮变化趋势

2010 年 4 月 22 日系统放养 60 kg 欧洲鳊鲃进行低负载培养生物膜。三态氮变化趋势如图 2 所示,氨氮在 0.03~0.27 mg/L 之间,亚硝态氮在 0.02~0.10 mg/L 之间。氨氮和亚硝态氮均符合渔业水质标准,并处于极低水平,表明 0.8 m³ 滤材置入浸没式生物过滤器后系统硝化功能迅速形成,氨氮和亚硝态氮均未形成积累。硝态氮从开始的 1.21 mg/L 经 13 d 上升至 8.00 mg/L。表明系统具有完整的硝化功能。

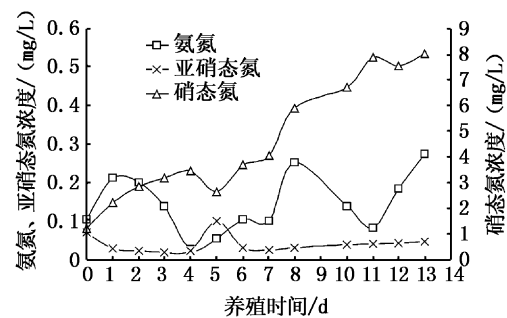


图2 低负载培养生物膜阶段养殖池三态氮变化趋势
Fig.2 The change curves of ammonia-N, nitrite-N and nitrate-N during the period of low density

2.2 养殖池氨氮变化趋势

如图 3 所示,循环水养鳊水质试验从 2010 年 4 月 22 日开始至 8 月 20 日共计 120 d,4 月 22 日至 5 月 5 日为低负载培养生物膜阶段,氨氮在 0.03~0.27 mg/L 之间,此阶段氨氮平均值为 (0.14 ± 0.07) mg/L。5 月 6 日(第 14 天)第二

批放养欧洲鳗鲡 524.56 kg, 至 6 月 11 日(第 50 天)系统的日换水量小于系统总水量的 1% (因施药换水例外), 此阶段养殖池氨氮在 0.21 ~ 1.28 mg/L 间, 平均值为 (0.62 ± 0.27) mg/L, 系统负载在突然加大后, 氨氮出现了明显的上升, 但均处于渔业水质标准要求范围内。6 月 12 日至 8 月 20 日系统日换水量约为总水量的 5%, 此阶段氨氮在 0.38 ~ 1.26 mg/L 间, 平均值为 (0.75 ± 0.26) mg/L。水量加大后, 系统的氨氮浓度并没有随之降低, 而是维持在和前一阶段相当的浓度。

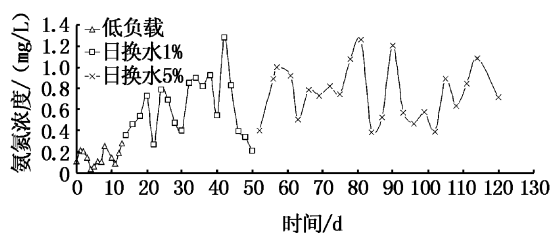


图3 鳗鲡养殖池氨氮变化趋势
Fig. 3 The change curves of ammonia-N in the culture pond

2.3 养殖池亚硝态氮变化趋势

如图 4 所示, 低负载培养生物膜阶段, 亚硝态氮在 0.02 ~ 0.10 mg/L 之间, 此阶段亚硝态氮平均值为 (0.04 ± 0.02) mg/L。系统日换水量小于系统总水量的 1% 阶段, 养殖池亚硝态氮在 0.07 ~ 0.75 mg/L 间, 平均值为 (0.21 ± 0.16) mg/L, 系统负载在突然加大后, 亚硝态氮也出现了明显的上升。系统日换水量约为总水量的 5% 阶段, 亚硝态氮在 0.08 ~ 0.62 mg/L 间, 平均值为 (0.24 ± 0.13) mg/L。在日换水量加大后, 系统的亚硝态氮浓度并没有随之降低, 而是维持在和前一阶段相当的浓度。

2.4 养殖池硝态氮变化趋势

如图 5 所示, 低负载培养生物膜阶段, 硝态氮从开始的 1.21 mg/L 经 13 d 上升至 8.00 mg/L。此阶段硝态氮日均上升 0.52 mg/L。系统日换水量小于系统总水量的 1% 阶段, 6 月 4 日发生指环虫病, 使用药物进行防治, 并在之后的 1 周内进行了换水操作, 使硝态氮浓度由第 42 天的 99.60 mg/L 降至第 50 天的 27.08 mg/L。此阶段第 14 天至第 42 天养殖池硝态氮由 10.85 mg/L 上升至 99.60 mg/L, 日均上升 3.17 mg/L, 日均投饵量为 9.58 kg。系统日换水量 5% 阶段, 养殖池的硝态

氮浓度处于 15.00 ~ 57.90 mg/L 间。选取摄食状况良好而稳定的一个时间段, 第 99 天至 114 天, 日均投饵量为 9.69 kg, 硝态氮日均上升 1.60 mg/L, 硝态氮的积累速度比前一阶段明显趋缓。

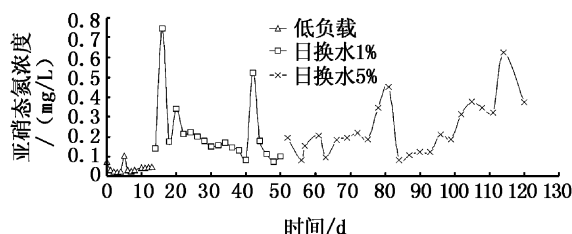


图4 鳗鲡养殖池亚硝态氮变化趋势
Fig. 4 The change curves of nitrite-N in the culture pond

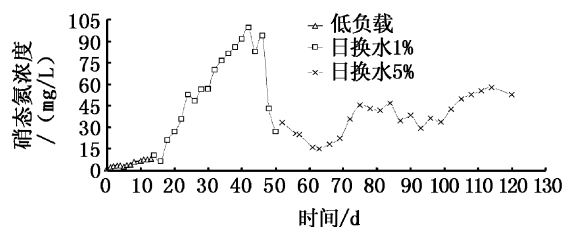


图5 鳗鲡养殖池硝态氮变化趋势
Fig. 5 The change curves of nitrate-N in the culture pond

2.5 养殖池进、出水口氨氮与悬浮颗粒物变化

2.5.1 氨氮

5 月 6 日 - 8 月 20 日水质试验期间(系统运行第 14 ~ 120 天), 跟踪测量养殖池进、出水口氨氮浓度及一次性去除率, 见表 1。出水口氨氮维持在 0.21 ~ 1.28 mg/L, 平均值为 (0.69 ± 0.27) mg/L; 经系统各水处理单元处理后, 进水口氨氮维持在 0.04 ~ 0.93 mg/L, 平均值为 (0.43 ± 0.22) mg/L。106 d 试验期间一次性氨氮去除率在 -7.94% ~ 85.51%, 一次性氨氮平均去除率为 $38.29\% \pm 22.69\%$ 。

2.5.2 悬浮颗粒物

5 月 6 日 - 5 月 27 日试验期间(系统运行第 14 ~ 35 天), 跟踪测量养殖池进、出水口悬浮颗粒物(SS)浓度及一次性去除率, 见表 2。出水口悬浮颗粒物(SS)维持在 1.20 ~ 3.40 mg/L, 平均值为 (2.00 ± 0.94) mg/L; 经系统各水处理单元处理后, 进水口 SS 维持在 0.90 ~ 2.30 mg/L, 平均值为 (1.28 ± 0.63) mg/L。21 d 试验期间一次性 SS 去除率为 -9.52% ~ 73.53%, 一次性 SS 平均去除率为 $27.86\% \pm 32.15\%$ 。

表 1 鳊鲮养殖池进、出水口氨氮及其去除率

Tab.1 Changes of ammonia-N, ammonia-N removal rates of the culturing pond's water outlet and inlet

日期	时间/d	进水口氨氮/(mg/L)	出水口氨氮/(mg/L)	一次性氨氮去除率/%
5.06	14	0.38	0.35	-8.57
5.08	16	0.40	0.46	13.04
5.10	18	0.56	0.54	-3.70
5.12	20	0.32	0.73	56.16
5.14	22	0.04	0.27	85.19
5.16	24	0.68	0.79	13.92
5.18	26	0.64	0.69	7.25
5.20	28	0.21	0.47	55.32
5.22	30	0.16	0.40	60.00
5.24	32	0.30	0.85	64.71
5.26	34	0.53	0.90	41.11
5.28	36	0.29	0.82	64.63
5.30	38	0.54	0.92	41.30
6.01	40	0.40	0.54	25.93
6.03	42	0.93	1.28	27.34
6.05	44	0.48	0.83	42.17
6.07	46	0.31	0.39	20.51
6.09	48	0.36	0.34	-5.88
6.11	50	0.06	0.21	71.43
6.13	52	0.13	0.40	67.50
6.17	56	0.71	0.89	20.22
6.18	57	0.78	1.00	22.00
6.22	61	0.69	0.92	25.00
6.24	63	0.35	0.50	30.00
6.27	66	0.61	0.78	21.79
6.30	69	0.38	0.73	47.95
7.03	72	0.39	0.82	52.44
7.06	75	0.31	0.74	58.11
7.09	78	0.46	1.07	57.01
7.12	81	0.67	1.26	46.83
7.15	84	0.25	0.38	34.21
7.18	87	0.30	0.52	42.31
7.21	90	0.90	1.20	25.00
7.24	93	0.30	0.56	46.43
7.27	96	0.36	0.46	21.74
7.30	99	0.21	0.57	63.16
8.02	102	0.06	0.39	84.62
8.05	105	0.62	0.89	30.34
8.08	108	0.43	0.63	31.75
8.11	111	0.48	0.84	42.86
8.14	114	0.69	1.08	36.11
8.20	120	0.30	0.71	57.75
平均值		0.43 ± 0.22	0.69 ± 0.27	38.98 ± 22.69

2.6 溶解氧、pH、水温及换水量

2.6.1 溶解氧

使用 180 L 液态氧罐进行供氧,溶氧控制在 5~7 mg/L,使高密度养殖的溶氧瓶颈得以解决。每日消耗约 12~18 L 液态氧,约 9.6~14.4 m³ 氧气。

表 2 鳊鲮养殖池进、出水口 SS 及其去除率

Tab.2 Changes of SS, SS removal rates of the culturing pond's water outlet and inlet

日期	时间/d	进水口 SS/(mg/L)	出水口 SS/(mg/L)	一次性 SS 去除率/%
5.06	0	2.30	2.10	-9.52
5.13	7	1.00	1.20	16.67
5.20	14	0.90	3.40	73.53
5.27	21	0.90	1.30	30.77
平均值		1.28 ± 0.63	2.00 ± 0.94	27.86 ± 32.15

2.6.2 pH

稳定运行后,由于硝化作用强烈,碱度降低迅速,系统的 pH 随之下落。用碳酸氢钠调节使 pH 稳定在 7.0~7.7。根据 5 个月试验得出添加碳酸氢钠量(S)与投饵量(R)成正比,比率常数约为 0.4,即经验公式为 $S = 0.4R$ 。例如,日投饵 10 kg,需添加 4 kg 碳酸氢钠以调整降低的碱度。

2.6.3 水温

养殖试验进行于 5-10 月,水温在 23.8~32.4 °C 间,从 7 月 2 日至 9 月 24 日系统内水温均在 30 °C 以上。虽然循环水系统建于温棚内,夏季能够隔绝外界的热浪侵袭,但系统内水温依然最高达 32.4 °C。考虑原因有:(1)由于采用不换水或少换水,各机器设备运行过程中产生的热量传导入系统水体中;(2)保温棚的保温作用在隔绝外部热量进入的同时,也阻止了内部热量散失。

2.6.4 换水量

养殖过程中,系统的日换水量在 5% 内,且外排污水以水培空心菜进行再处理,有效减少了外排污水对环境的污染。

2.7 病害防治

鳊鲮进系统前进行杀虫和消毒处理,循环水系统补水以 5×10^{-5} 生石灰消毒沉淀后进入系统,养殖水体、场地、工具与外界隔绝,以防病害。养殖期间发生两次指环虫病,全池泼洒指环特灭(苦楝、苦参提取物)和聚维酮碘,使水体浓度分别达到 0.4×10^{-6} 和 1×10^{-6} 进行防治。

2.8 养殖效果

鳗鲡养殖效果如表 3 所示,初始放养 10 522 尾平均体重为 55.6 g (18P) 的欧洲鳗鲡 584.6 kg,放养密度为 13.0 kg/m³。养殖期间出现 2 次指环虫病害,考虑到实验过程中尽量少用药或不用药的原则,第一次发病治疗耽误了 20 d,导致

期间摄食不佳。养殖 5 个月,抽检欧洲鳗鲡 234 尾,均重 143.2 g (7.0P),经专家现场验收,鳗鲡存塘量 1 478.0 kg,成活率 99.7% 以上,单位水体负载达 32.8 kg/m³。增重 893.4 kg,共投饵 1 263.2 kg,饵料系数为 1.41。

表 3 鳗鲡养殖效果

Tab. 3 The results of eel culturing

初始规格/g	终末规格/g	初始密度/(kg/m ³)	终末密度/(kg/m ³)	成活率/%	饵料系数
55.6	143.2	13.0	32.8	99.7	1.41

3 讨论

3.1 预培养生物膜及低负载培养生物膜

高效及小型化生物过滤技术是建立循环水产养殖系统的关键技术,国内外学者在生物过滤技术,特别是硝化作用型生物过滤器技术方面进行了大量的研究^[8-9]。生物过滤器完整硝化功能的建立是发挥其处理效能的前提和关键。罗国芝等^[10]在封闭式循环水养殖系统生产过程中通过不同方式构建淡水生物过滤器功能,结果表明 25 ℃ 时添加营养物培养生物膜,生物过滤器硝化功能的形成时间为 8 ~ 9 d,构建过程中未出现氨氮和亚硝态氮高浓度积累现象;而采用直接投放养殖对象,并正常投饵的方式,生物过滤器硝化功能的形成时间为 37 ~ 38 d,构建过程中系统中出现明显的氨氮和亚硝态氮的积累。亚硝态氮最高浓度达 23.2 mg/L,远远超出渔业生产的正常要求范围。氨氮最高浓度值为 8.69 mg/L (分子态 NH₃-N 浓度为 0.16 mg/L),比渔业水质标准(NH₃-N 浓度 < 0.02 mg/L)^[11-13]高出 7 倍,严重威胁到养殖对象的生存。因此,新建循环水养殖系统在正常放养养殖对象前,预先培养生物膜,构建生物过滤器的完整硝化功能就显得尤为重要^[5,10]。此次养殖实验首先添加营养物将 1/10 高分子滤材预培养生物膜,待生物膜培养成熟后,置于生物过滤器中进行硝化细菌接种,同时考虑到鳗鲡的高经济价值,进行了低负载(约目标载鱼量的 1/10)培养生物膜,进一步降低了养殖风险,取得养殖试验的成功。

3.2 调整日换水量控制硝态氮浓度

系统运行第 42 天,硝态氮从最初的 1.21 mg/L

迅速上升到 99.60 mg/L。OTTE 和 ROSENTHAL^[14]报道,循环水养殖系统中最大硝态氮浓度高达 400 ~ 500 mg/L。在循环水养殖系统中,硝态氮的积累对养殖生物,特别是无脊椎动物是有害的^[15],50 mg/L 是公认的较为安全硝态氮浓度^[16-17],但是不同养殖品种以及不同生长阶段的安全硝态氮浓度差别很大。HIRAYAMA^[15]报道,高浓度硝态氮会导致养殖品种生长速度降低、易患病、发育迟缓、繁殖力降低、成活率降低。因此,硝态氮浓度的有效控制是不容忽视的问题,解决这一循环水系统普遍存在的问题的高效硫自养反硝化滤器与异养反硝化滤器正在研究中^[16],换水依然是目前解决这一问题的重要手段。本试验中系统日换水量 5% 阶段,养殖池的硝态氮浓度处于 15.00 ~ 57.90 mg/L 间,积累速度比日换水量 1% 阶段明显趋缓。

3.3 氨氮和 SS 一次性平均去除率偏低

此次养殖试验中系统对氨氮和 SS 一次性平均去除率在 20% ~ 40% 间,远低于齐巨龙等^[5]运用同一套循环水养殖系统养殖海水美国红鱼时一次性氨氮平均去除率 88.64% 的去除效果。平均去除率偏低的原因可能为此次投喂的鳗鲡饲料为粉料,相对海水鱼颗粒料其容易在水体中散失和溶解,增加了系统的去除负荷。因此,适宜循环水养殖鳗鲡的配套饲料有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 邱守勋. 沙地循环水健康养鳗模式设想[J]. 福建水产, 2006(2): 93-94.
- [2] 倪琦, 管崇武, 王剑锋. 利用循环水和人工湿地技术改建鳗鲡精养池试验[J]. 渔业现代化, 2009, 36(5): 4-9.

- [3] 张蕉霖. 鳗业现状调查[J]. 科学养鱼, 2007(5): 3.
- [4] 谭洪新, 周琪, 朱学宝. 泡沫分离—臭氧消毒装置的水处理效果研究[J]. 上海环境科学, 2003, 22(12): 987-990.
- [5] 齐巨龙, 赖铭勇, 谭洪新, 等. 预培养生物膜法在海水循环水养殖系统中的应用效果[J]. 渔业现代化, 2010, 37(2): 14-18.
- [6] 韦进宝, 吴峰, 钱沙华, 等. 环境监测手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 103-105.
- [7] 谭洪新, 罗国芝, 朱学宝, 等. 水栽培蔬菜对养鱼废水的水质净化效果[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(4): 293-297.
- [8] 齐巨龙, 谭洪新, 罗国芝, 等. 盐度梯度驯化法构建海水生物过滤器硝化功能[J]. 环境污染与防治, 2008, 30(s1): 20-23.
- [9] 齐巨龙, 赖铭勇, 王茂元, 等. 11种常用渔药对淡水硝化细菌硝化作用的影响[J]. 福建水产, 2011, 33(1): 63-66.
- [10] 罗国芝, 孙大川, 冯是良, 等. 闭合循环水产养殖系统生产过程中生物过滤器功能的形成[J]. 水产学报, 2005, 29(4): 574-577.
- [11] 国家环境保护局. GB11607—89 渔业水质标准[S]. 北京: 国家环境保护局, 1989.
- [12] 雷衍之. 养殖水环境化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 360-363.
- [13] 刘永士, 藏维玲, 侯文杰, 等. 室内罗氏沼虾幼虾养殖密度对水质与生长的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(2): 184-189.
- [14] OTTE G, ROSENTHAL H. Management of closed brackish-water system for high density fish culture by biological and chemical water treatment[J]. Aquaculture, 1979, 18(2): 169-181.
- [15] HIRAYAMA K. Water control by filtration in closed culture systems [J]. Aquaculture, 1974, 4: 369-385.
- [16] 车轩, 吴嘉敏, 谭洪新, 等. 自养反硝化研究进展及在循环水养殖系统中的应用[J]. 渔业现代化, 2007(1): 13-16.
- [17] JOHN C. Water quality requirements for reuse systems [J]. Aquacultural Engineering, 2006 (34): 143-156.

Research on the cultivating eel in a recirculating aquaculture system

QI Ju-long, LAI Ming-yong, WANG Mao-yuan, TIAN Tian

(Freshwater Fisheries Research Institute of Fujian Province, Fuzhou 350002, Fujian, China)

Abstract: The eel were cultivated in a recirculating aquaculture system (RAS). Result shows that after 159 days cultivating, 10 522 eel survival rate was 99.7%. Total weight was increased to 1 478.0 kg from 584.6 kg. Stocking density was increased to 32.8 kg/m³ from 13.0 kg/m³. Total feed was 1 263.2 kg and the eel weight was increased by 893.4 kg. Feed conversion efficiency was 70.7%. By using adding nutrient solution and low stocking density, the water quality was stabilized after the eel stocking in the system. This method would reduce the risk value of preliminary stocking stage. The water quality parameters in the RAS were as follows: the ammonia nitrogen density 0.03-1.28 mg/L, the nitrite nitrogen density 0.02-0.75 mg/L, the nitrate nitrogen density 1.21-99.60 mg/L, DO 5-7 mg/L, pH 7.0-7.7, water temperature 23.8-32.4 °C. The water exchange of the RAS was less than 5% in 24 hours. The water quality parameters in the RAS were suitable to eel. The eel dactylogyrosis was prevented and cured by using Chinese medicinal herb and nonpersistent pesticide. In conclusion, the RAS can maintain optimum water conditions to culture eel. This is a green, safe and water saving new culture mode.

Key words: recirculating aquaculture system (RAS); *Anguilla anguilla*; cultivating biofilms beforehand; water quality; water saving