

不同养殖模式对尼罗罗非鱼生长、免疫性能及水质的影响

张 曦¹, 李 天¹, 李小兵^{2,3}, 张荣权⁴

(1. 中国水产科学研究院渔业工程研究所, 北京 100141;

2. 中国科学院水生生物研究所, 水生生物多样性与保护重点实验室, 武汉 430072;

3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 海南中渔生物技术有限公司, 琼山 571100)

摘要:为探讨循环水养殖模式(RAS组)和池塘养殖模式(池塘组)对尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)生长、免疫性能及水质影响的变化规律,开展了为期8周的养殖试验。结果表明:(1)RAS组中鱼体增重率(WGR) $[(597.36 \pm 169.79)\%]$ 显著高于池塘组 $[(470.98 \pm 142.99)\%]$ ($P < 0.05$),饲料转化率(FCR) $[(1.17 \pm 0.02)\%]$ 却显著低于池塘养殖系统 $[(1.47 \pm 0.03)\%]$ ($P < 0.05$)。特定生长率(SGR)和肥满度(CF)也高于池塘养殖系统,但差异不显著($P > 0.05$);(2)在第4周和第8周分别测定了鱼体胃和肠中消化酶活性,第4周时,RAS组中肠蛋白酶活性值 $[(1387.56 \pm 278.43) \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})]$ 显著高于池塘组 $[(1129.99 \pm 382.67) \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})]$ ($P < 0.05$);第8周时,肠脂肪酶活性 $[(18.11 \pm 4.28) \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})]$ 显著高于池塘组 $[(12.89 \pm 8.00) \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})]$ ($P < 0.05$);(3)在第4周和第8周分别测定了鱼体肝胰脏、头肾和血清中碱性磷酸酶(ALP)、溶菌酶(LSZ)和总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性,整体表现为RAS组免疫性能低于池塘组;(4)每周测定水体氨态氮和亚硝态氮含量显示,RAS组氨态氮维持在 $0.0067 \sim 0.0212 \text{ mg/L}$,亚硝态氮含量为 $0.0027 \sim 0.0087 \text{ mg/L}$,均低于池塘组。

关键词:尼罗罗非鱼;养殖模式;生长;免疫性能;水质

中图分类号:Q142 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2017)04-0065-06

尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)属于硬骨鱼纲(Osteichthyes)、鲈形目(Perciformes)、鲈形亚目(Percoidei)、鲷鱼科(Cichlidae),原产于约旦的坦噶尼喀湖(Lake Tanganyika)(Cengiz et al, 2016);我国于1978年从泰国引进并推广养殖。尼罗罗非鱼是联合国粮农组织(FAO)在全世界大力推广的水产养殖品种之一,也是我国养殖和出口的主要水产品之一。2014年,我国罗非鱼养殖产量为155万t,占全球罗非鱼产量的40%左右;其中,尼罗罗非鱼的养殖产量占据了国内整个罗非鱼养殖业的最大份额(Gu et al, 2015)。目前我国尼罗罗非鱼养殖方式主要有池塘养殖、网箱养殖、流水养殖和稻田养殖等;其中,池塘养殖既可在淡水水域中进行人工养殖,也可以在海水中养殖,是目前采用最广泛的养殖方式(王海英等, 2014)。然而,由于池塘养殖存在

的易受天气条件限制、水质易变差及病害频发等问题,对罗非鱼养殖业带来了较大损失(Frimpong et al, 2014)。2014年病害给国内罗非鱼养殖业带来的直接经济损失高达8亿元(甘桢等, 2014);2008年春季,温度骤变给广西罗非鱼养殖业造成毁灭性打击,直接损失高达6.5亿元(李莉萍等, 2013)。因此,调整我国罗非鱼养殖业的产业结构,提高设施化程度和科技含量已势在必行(王海英等, 2014)。

循环水养殖(RAS)是一种多领域、跨学科的养殖模式,具有不受条件限制和环境友好型等优点,正越来越受到行业关注。Martins等(2009)报道了在RAS系统中,尼罗罗非鱼经过15d和72d的饲养,水质条件依然维持在合理范围并且较大个体尼罗罗非鱼的生长速度比较小个体要快;王振华和刘晃(2011)研究了在RAS系统对尼罗罗非鱼氮收支及水质影响显示,该系统可通过硝化反应及时将排泄氮中的氨氮转化成硝酸盐,从而使得整个试验期间的水质状况良好。但上述研究仅探讨RAS系统对尼罗罗非鱼生长及水质影响,尚未见池塘养殖系统和RAS系统在尼罗罗非鱼养殖方面的对比研究报道;此外,相对池塘养殖,RAS系统存在投资大、成本高等问题,一定程度上限制了该系统的推广。

收稿日期:2016-05-19

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费项目-淡水池塘工程化改造与环境修复技术研究与示范。

作者简介:张曦,1980年生,男,助理工程师,主要从事渔业工程学研究。E-mail: 592015986@qq.com

通信作者:李天,1964年生,男,研究员,主要从事设施渔业工程技术研究。E-mail: calselt@163.com

本研究忽略了RAS系统的前期成本投入,试验中使RAS系统和池塘养殖系统中尼罗罗非鱼在管理方法和养殖密度等各方面保持一致,探讨传统的池塘养殖和新型的RAS养殖对尼罗罗非鱼生长、免疫性能以及水质影响的变化规律,以期合理选择罗非鱼养殖模式及RAS养殖系统在水产养殖业中的推广应用提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验装置

本试验地点位于海南中渔生物技术有限公司养殖试验基地内。分别采用池塘养殖系统和RAS养殖系统。试验用池塘养殖系统为常规室外水泥池,共采用4口(1口池用于试验鱼暂养,其他3口为池塘组用池),长方形,每口池面积约为16 m²。在鱼池设计时,采用东西走向、底质壤土及并联池系统,在池与池之间,将进水口和排水口分开,每口池均有独立的给排水系统,可分为进水闸门、进水池、贮水池、排水池和排水闸门等部分,有效水深维持在1.5~2.0 m。试验用RAS养殖系统的设计遵循“一级抽提、重力流循环”的思路,力求最大限度的减少多级抽提带来的能耗和水头损失。本研究所采用的RAS养殖系统主要由养殖池、过滤机池、泡沫分离器、生物滤池、消毒装置及水泵(为降低能耗,采用循环水泵)等系统构成(图1);其中,主体养殖池为上柱体下锥体的容器,体积约为4.3 m³,最大蓄水体积可达450 L,本试验共采用3口RAS养殖池。在正式开始试验前,先调试RAS系统3 d,以确保系统正常运行。

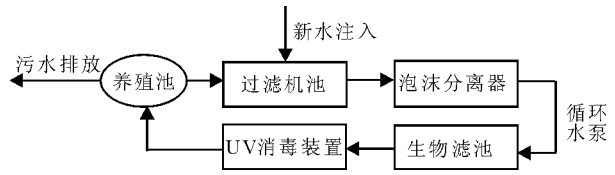


图1 循环水养殖系统框架

Fig.1 Schematic diagram of the recirculating aquaculture system

1.2 试验设计及管理

试验用尼罗罗非鱼购自海南省文昌市罗非鱼良种场,共计800尾。试验分为RAS组和池塘组,每个组分别设置3个重复。在试验开始前,将所有购买回来的鱼先置于水泥池中暂养5 d。后选择体格健壮,个体大小均一的尼罗罗非鱼720尾,分别置于6口养殖池中(RAS池3口,水泥池3口),平均每口池放置120尾。试验鱼初始平均体长为(9.47 ±

4.24)cm,体重(24.57 ± 9.56)g,体宽(2.93 ± 0.89)cm,体高(4.08 ± 2.87)cm。试验周期共计8周,从2015年9月4日至10月28日。试验用水源充足、清洁,水温适宜,符合国家渔业水质标准。在整个试验周期内,RAS组和池塘组中的溶氧均维持在3 mg/L以上,pH值维持在7.0~8.5,水温24.6~30.9℃。投喂饲料为罗非鱼商品浮性膨化颗粒饲料(粒径约为3 mm,粗蛋白含量44%,粗脂肪10%,粗灰分11.5%,碳水化合物25%)。采用定量投喂,每天在6口池中投喂饲料2次(时间分别为09:30和16:30),每次投喂量为鱼体体重的4%,并记录每次的投喂量和天气情况;其中,池塘组每周换水2次,每次换去池水的20%~30%,保持有效水位1.5~2.0 m。此外,根据天气变化情况适当开增氧机增氧,防止浮头。

1.3 试验指标测定

1.3.1 生长指标 试验结束时,分别测量池塘组和RAS组中尼罗罗非鱼的平均体长(终末体长)和体重(终末体重),计算试验期间饲料的总共投喂量。计算RAS组和池塘组中尼罗罗非鱼的特定生长率(specific growth rate, SGR, %/d)、增重率(weight gain rate, WGR)、肥满度(condition factor, CF)和饲料转化率(feed conversion ratio, FCR)。相应生长指标的计算公式如下:

$$SGR = [(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)] \times 100\%$$

$$WGR = (W_2 - W_1) / W_1 \times 100\%$$

$$CF = (W / L^3) \times 100$$

$$FCR = F / (W_2 - W_1) n \times 100\%$$

式中:W₁为养殖试验开始时尼罗罗非鱼的平均体重;W₂为试验结束时鱼体的平均体重;t₁为开始试验的时间;t₂为试验结束的时间;W为鱼体重,L为鱼体长;n为试验鱼的数量;F为从t₁至t₂时间内尼罗罗非鱼的总摄食量。

1.3.2 消化酶活性 在8周的试验周期内,共测定了2次消化酶活性,分别在第4周末和第8周末。每次在每口池中挑选15尾鱼。测量体长、体重等基础生物学数据后,敲击头部处死罗非鱼,解剖后快速取出试验鱼的胃和肠道,用生理盐水(PBS)多次冲洗、拭干后,迅速保存在液氮中。依据福林酚试剂法测定尼罗罗非鱼的蛋白酶活性(王福荣和庞玉珍,1981);采用对硝基苯酚法测定其脂肪酶活性(江慧芳等,2007)。

1.3.3 免疫酶活性 在为期8周的养殖试验中,分别在试验中期(4周末)和末期(8周末)分2次测定

了RAS组和池塘组中尼罗罗非鱼免疫酶活性。每次在每口池中挑选15尾鱼,测量基础生物学数据后,解剖取头肾和肝胰脏,用PBS反复清洗,吸水纸吸干后称重,在低温冷冻离心机中(转速为4 000 r/min)离心10 min后置于液氮中保存。采用断尾采血的方式采集血清,同样方法采集血清后置于液氮保存。采用试剂盒(购自南京建成生物工程研究所)测定碱性磷酸酶(ALP)、溶菌酶(LSZ)和总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性。

1.3.4 水质指标 主要测量6口试验池中氨态氮和亚硝态氮周际变化情况。在测量当天的08:30和15:30各取水样,带回实验室分析相关水质指标,至试验结束时,共测量8次。氨态氮的测量采用常规纳氏试剂分光光度法(郭坤梅和邓友军,1998)。亚硝态氮的测量采用盐酸萘乙二胺光度法(李宝良和李书剑,2006)。

1.4 数据分析

试验数据采用SPSS 23.0软件和Excel 2016进行分析和统计绘图,描述性统计值使用平均值±标准差表示。采用单因素分析法进行方差分析,差异显著水平值选定为0.05,有显著性差异的数据再作LSD多重比较。

2 结果与分析

2.1 生长指标

本试验采用循环水养殖和池塘养殖的2种模式,对尼罗罗非鱼进行了为期8周的养殖试验。在生长性能方面,RAS组中尼罗罗非鱼的终末体重(168.47±41.02)g高于池塘养殖系统(138.68±33.76)g;特定生长率(SGR)和肥满度(CF)也高于池塘养殖系统;此外,RAS组中增重率(597.36±169.79)%显著高于池塘组(470.98±142.99)%($P<0.05$),饲料转化率(FCE)(1.17±0.02)%显著低于池塘组(1.47±0.03)%($P<0.05$)。

2.2 消化酶活性

在试验中期(4周末)和末期(8周末)分别测定了尼罗罗非鱼肠和胃中的消化酶活性(表2)。在试验4周末时,RAS组中肠蛋白酶活性值(1 387.56±278.43) μg/(g·min)显著高于池塘组(1 129.99±382.67) μg/(g·min) ($P<0.05$),而脂肪酶活性与池塘组无差异;至第8周末,RAS组中肠蛋白酶活性值高于池塘组,脂肪酶活性值(18.11±4.28) μg/(g·min)显著高于池塘组(12.89±8.00) μg/(g·min) ($P<0.05$)。

表 1 不同养殖模式对尼罗罗非鱼生长影响

Tab.1 Growth performance of *O. niloticus* for each aquaculture system

养殖模式	初始体重/ g	终末体重/ g	特定生长率/ %·d ⁻¹	增重率/ %	肥满度	饲料转化率/ %
循环水	24.57±9.56	168.47±41.02	2.21±0.31	597.36±169.79 ^a	2.77±0.85	1.17±0.02 ^b
池塘	24.57±9.56	138.68±33.76	1.89±0.29	470.98±142.99 ^b	2.14±0.71	1.47±0.03 ^a

注:同列数据上标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: values in the same column with different superscripts mean significant differences ($P<0.05$).

表 2 不同养殖模式下尼罗罗非鱼消化酶活性变化

Tab.2 Digestive enzyme activity of *O. niloticus* for each aquaculture system

养殖模式	养殖时间/ 周	肠/U·g ⁻¹		胃/U·g ⁻¹	
		蛋白酶	脂肪酶	蛋白酶	脂肪酶
循环水	4	1387.56±278.43 ^a	11.89±4.98	376.45±203.12	48.23±28.04
池塘	4	1129.99±382.67 ^b	11.99±4.01	371.54±139.99	43.56±11.34
循环水	8	1519.78±379.45	18.11±4.28 ^a	369.98±149.39	63.13±18.99
池塘	8	1403.98±692.56	12.89±8.00 ^b	371.32±190.12	53.19±14.12

注:同一养殖时间,同列数据上标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: values in the same column with different superscripts indicate significant differences ($P<0.05$).

2.3 免疫酶活性

在4周末和8周末,分别对RAS组和池塘组中尼罗罗非鱼肝胰脏、头肾和血清的免疫酶活性进行了测定(表3)。结果显示,4周末时,RAS组中肝胰脏、头肾和血清中碱性磷酸酶(ALP)、溶菌酶(LSZ)

的含量均低于池塘组,但二者间的差异不显著($P>0.05$)。RAS组中T-SOD值(45.24±9.13) U/g显著高于池塘组(38.98±13.84) U/g ($P<0.05$)。
8周末时,RAS组肝胰脏、头肾和血清中的免疫

酶活性低于池塘组。RAS 组肝胰脏中的 LSZ 值 (27.09 ± 12.09) U/g 显著低于池塘组 (36.76 ± 8.03) U/g ($P < 0.05$)。

表3 不同养殖模式下尼罗罗非鱼免疫酶活性

Tab.3 Immune enzyme activity of *O. niloticus* for each aquaculture system

器官	养殖模式	养殖时间/周	免疫酶活性/U · g ⁻¹		
			ALP	LSZ	T-SOD
肝胰脏	循环水	4	61.24 ± 10.59	39.14 ± 4.12	84.04 ± 29.78
	池塘	4	64.99 ± 15.99	43.99 ± 17.96	89.12 ± 32.09
	循环水	8	57.02 ± 19.05	27.09 ± 12.09 ^b	57.09 ± 3.76
	池塘	8	59.67 ± 17.89	36.76 ± 8.03 ^a	62.13 ± 5.09
头	循环水	4	30.23 ± 7.12	24.89 ± 7.02	4.21 ± 1.04
	池塘	4	31.23 ± 7.86	24.12 ± 7.09	5.93 ± 0.79
	循环水	8	23.23 ± 3.98	32.77 ± 1.79	7.34 ± 1.76
	池塘	8	25.98 ± 4.87	34.01 ± 4.01	7.78 ± 2.01
肾	循环水	4	20.67 ± 2.34	7.89 ± 1.67	45.24 ± 9.13 ^a
	池塘	4	23.99 ± 4.67	9.89 ± 2.01	38.98 ± 13.84 ^b
	循环水	8	23.56 ± 5.01	8.23 ± 1.26	39.04 ± 5.01
	池塘	8	26.09 ± 6.79	8.71 ± 1.32	40.87 ± 9.89

注：同一养殖时间，同列数据上标不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: values in the same column with different superscripts indicate significant differences ($P < 0.05$).

2.4 水质状况

RAS 组和池塘组中氨态氮和亚硝态氮的周际变化见图 1 和图 2。结果显示,除第 1 周外,其他试验周期内,RAS 组中亚硝态氮含量均低于池塘组。RAS 组中亚硝态氮含量维持在 0.0027 ~ 0.0087 mg/L,而池塘组中亚硝态氮含量呈现持续上升的趋势,从 0.0029 mg/L 上升至 0.0242 mg/L (图 2)。在氨态氮变化方面,在整个试验期间,RAS 组中含量均低于池塘组。RAS 组氨态氮维持在 0.0067 ~ 0.0212 mg/L,而池塘组中氨态氮含量在第 1 ~ 7 周时间里一直处于上升状态,在第 8 周呈下降趋势(图 3)。

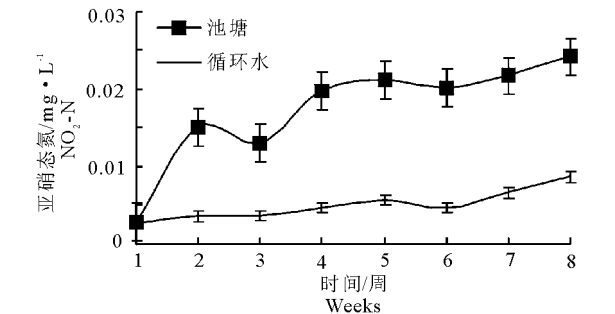


图2 不同养殖模式下水体中亚硝态氮的变化

Fig.2 Nitrite concentration in each aquaculture system

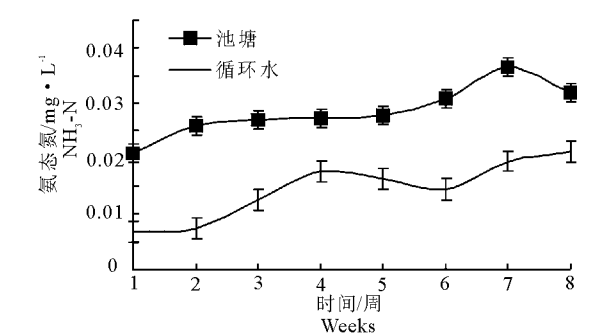


图3 不同养殖模式下水体中氨态氮的变化

Fig.3 Ammonia concentration in each aquaculture system

3 讨论

3.1 不同养殖模式对尼罗罗非鱼生长性能的影响

本试验结果表明,RAS 组中尼罗罗非鱼增重率值 (597.36 ± 169.79)% 显著高于池塘组 (470.98 ± 142.99)% ($P < 0.05$), 饵料系数 (1.17 ± 0.02) 显著低于池塘组 (1.47 ± 0.03) ($P < 0.05$);此外,在试验中期(4 周末)和末期(8 周末)测量鱼体肠道和胃中蛋白酶的活性显示,RAS 组中的消化酶活性均高于或显著高于池塘组 ($P < 0.05$)。以上结果表明,RAS 组中尼罗罗非鱼的整体生长性能优于池塘组。Azim & Little(2008)指出,RAS 养殖系统中由于水质良好,溶氧较高,可促进该系统中鱼类的生长;但 Besson 等(2014)以非洲鲇 (*Clarias gariepinus*) 为研究对象,评估 RAS 系统对养殖鱼类的经济效益显示,相对于池塘中生活的非洲鲇,长期生活在 RAS 养殖系统中的鱼类生长会逐渐变慢,与此同时,饲料转化率(FCR)升高;此外,Martins 等(2009)研究认为长期运转的 RAS 系统可能会导致该系统的崩溃,并建议在系统中添加其他辅助因子。在本试验中,为期 8 周的养殖试验显示,整体上 RAS 组中尼罗罗非鱼的生长性能优于池塘组,推测这可能与生活在 RAS 系统中的尼罗罗非鱼生长条件(如温度,水质等)优于池塘组,故能促进其生长。但目前尚未见池塘养殖系统和 RAS 养殖系统对罗非鱼生长性能方面的对比研究报道,且本试验周期仅持续了约 2 个月,故 RAS 系统在促进尼罗罗非鱼生长性能的机理方面还需深入研究。

3.2 不同养殖模式对尼罗罗非鱼免疫性能的影响

碱性磷酸酶(ALP)、溶菌酶(LSZ)和总超氧化物歧化酶(T-SOD)是衡量鱼类非特异性免疫性能的 3 个重要指标。本试验中,在中期(4 周末)和末期(8 周末)共测量了 2 次尼罗罗非鱼的免疫酶活性,就整体情况而言,RAS 组中的非特异性免疫酶活性

均低于池塘组。Sugita 等(2005)指出,长期的 RAS 养殖系统可能会导致养殖对象免疫力低下,大规模感染致病菌,从而使鱼体出现活力低下和体表溃烂等;Taoka 等(2006)在循环水养殖系统中开展对褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)生长,环境耐受性及非特异性免疫功能方面的研究显示,长期生活在 RAS 养殖系统中的鱼类会导致细菌性疾病的发生,并建议在系统中添加抗生素类物质以增强鱼体抗病能力。推测可能是由于 RAS 系统中某些环境胁迫因子的作用,导致 RAS 组中尼罗罗非鱼非特异性免疫性能低于池塘组。

3.3 不同养殖模式对尼罗罗非鱼养殖水质的影响

在 8 周的养殖试验中,每周均对养殖水体的氨态氮和硝态氮进行了测量和记录,结果显示,在整个试验周期内,RAS 组中亚硝态氮为 0.0027 ~ 0.0087 mg/L,氨态氮为 0.0067 ~ 0.0212 mg/L,均低于池塘组中亚硝态氮和氨态氮含量。Zhang 等(2011)通过记录 RAS 系统中水质动态变化情况后指出,RAS 系统中的水处理装置可有效的减少水体中氨态氮和硝态氮含量。因此,笔者认为由于本试验中采用的过滤机池及生物滤池等装置,有效降低了 RAS 系统中氨氮含量,故在整个试验周期内,氨氮含量低于池塘组。

志谢:海南中渔生物技术有限公司和海南省文昌市华侨农场在试验场地及运输方面提供帮助,在此一并志谢!

参考文献

甘楨,王蓓,鲁义善,等,2014. 罗非鱼免疫学研究进展[J]. 生物技术通报,(11): 32-39.

郭坤梅,邓友军,1998. 紫外分光光度法测定对硝基苯酚的适宜条件的探讨[J]. 环境污染与防治,20(1): 47-48.

江慧芳,王雅琴,刘春国,2007. 三种脂肪酶活力测定方法的比较及改进[J]. 化学与生物工程,24(8): 72-75.

李宝良,李书剑,2006. 水中硝酸盐氮的硫酸肼-N-(1-萘基)乙二胺盐酸盐分光光度测定法[J]. 环境与健康杂志,23(6): 557-558.

李莉萍,王瑞,黄婷,等,2013. 广西罗非鱼链球菌病流行菌株 NIR 鉴定和 NAKQ 基因型分析[J]. 水产学报,37(6): 927-935.

王福荣,庞玉珍,1981. 福林-酚试剂法测定蛋白酶活力的条件试验[J]. 中国调味品,12(1): 23-26.

王海英,王广军,谢骏,等,2014. 我国罗非鱼养殖概况及

其市场分析[J]. 水产研究,(1): 22-28.

王振华,刘晃,2011. 循环水养殖罗非鱼氮收支及对水质影响的初步研究[J]. 渔业现代化,38(5): 12-16.

Azim M E, Little D C, 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Aquaculture, 283(1): 29-35.

Besson M, Komen H, Aubin J, et al, 2014. Economic values of growth and feed efficiency for fish farming in recirculating aquaculture system with density and nitrogen output limitations: a case study with African catfish (*Clarias gariepinus*) [J]. Journal of animal science, 92(12): 5394-5405.

Cengiz E I, Bayar A S, Kizmaz V, 2016. The protective effect of vitamin E against changes in fatty acid composition of phospholipid subclasses in gill tissue of *Oreochromis niloticus* exposed to deltamethrin[J]. Chemosphere, 147: 138-143.

Frimpong E A, Ansah Y B, Amisah S, et al, 2014. Effects of two environmental best management practices on pond water and effluent quality and growth of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* [J]. Sustainability, 6(2): 652-675.

Gu D E, Ma G M, Zhu Y J, et al, 2015. The impacts of invasive Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the fisheries in the main rivers of Guangdong Province, China [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 59: 1-7.

Martins C I M, Ochola D, Ende S S W, et al, 2009. Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture systems? [J]. Aquaculture, 298(1): 43-50.

Pungrasmi W, Phinitthanaphak P, Powtongsook S, 2016. Nitrogen removal from a recirculating aquaculture system using a pumice bottom substrate nitrification-denitrification tank [J]. Ecological Engineering, 95: 357-363.

Sugita H, Nakamura H, Shimada T, 2005. Microbial communities associated with filter materials in recirculating aquaculture systems of freshwater fish [J]. Aquaculture, 243(1): 403-409.

Taoka Y, Maeda H, Jo J Y, et al. 2006. Growth, stress tolerance and non-specific immune response of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* to probiotics in a closed recirculating system [J]. Fisheries Science, 72(2): 310-321.

Zhang S Y, Li G, Wu H B, et al, 2011. An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production [J]. Aquacultural Engineering, 45(3): 93-102.

(责任编辑 万月华)

Comparison of Growth Performance, Immune Activity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Water quality in Two Aquaculture Systems

ZHANG Xi¹, LI Tian¹, LI Xiao-bing^{2,3}, ZHANG Rong-quan⁴

(1. Fishery Engineering Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141, P. R. China;

2. The Key Laboratory of Aquatic Biodiversity and Conservation, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, P. R. China;

3. University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China;

4. Hainan Zhongyu Biotech Co., Ltd, Qiongsan 571100, P. R. China)

Abstract: The growth performance and immune activity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) were measured and water quality was monitored during an 8-week experiment (Sep 4 – Oct 28, 2015) that compared a recirculating aquaculture system to a pond system. Nile tilapia [(body length (9.47 ± 4.24) cm, body weight (24.57 ± 9.56) g)] were randomly selected for the two treatment groups: a recirculating aquaculture system (RAS) group and a pond system (PS) group. Each group contained 120 individuals and the experiment was run in triplicate. In both systems, dissolved oxygen (DO) remained above 3 mg/L, the pH range was 7.0 – 8.5 and the water temperature range was 24.6 – 30.9°C. Fish were fed twice daily at 09 : 30 and 16 : 30 and pond water was exchanged twice weekly at 20% – 30%, a typical exchange rate in ponds. At the end of the test, the body length and weight of Nile tilapia were measured and the specific growth rate (SGR, %/d), weight gain rate (WGR, %), condition factor (CF) and feed conversion ratio (FCR, %) were calculated for each system. Results show: (1) The WGR in the RAS group (597.36 ± 169.79)% was significantly higher than that (470.98 ± 142.99)% of in the PS group ($P < 0.05$), whereas the FCR (1.17 ± 0.02)% in the RAS group was significantly lower than that (1.47 ± 0.03)% of in the PS group ($P < 0.05$). The SGR and CF were higher in RAS group but the differences were not significant. (2) Digestive enzyme activity in the stomach and intestine for the two aquaculture systems were determined at week 4 and 8 and the intestine protease activity of Nile tilapia in the RAS group (1387.56 ± 278.43) $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})$ was significantly higher than that (1129.99 ± 382.67) $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})$ in the PS group at week 4 ($P < 0.05$) and the intestine lipase activity in RAS group (18.11 ± 4.28) $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})$ was significantly higher than that (12.89 ± 8.00) $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{min})$ for the PS group at week 8 ($P < 0.05$). (3) Alkaline phosphatase (ALP), lysozyme (LZM), and the total superoxide dismutase (T-SOD) in the hepatopancreas, kidney head and serum were also determined at week 4 and 8 and the immune activity of Nile tilapia in the RAS group was lower than for the PS group. (4) Ammonia and nitrite were measured weekly and the ammonia concentration range in the RAS group was 0.0067 – 0.0212 mg/L and the nitrite range was 0.0027 – 0.0087 mg/L, both significantly lower than in the PS group. Our results show that growth performance was higher, the functionality of the immune system was lower and water quality was better in the RAS group. This study lays a scientific basis for promoting wide adoption of the recirculating aquaculture system for raising Nile tilapia.

Key words: *Oreochromis niloticus*; recirculating aquaculture system; growth performance; immune activity; water quality