

低盐度对澳洲龙纹斑生长、血液及非特异性免疫酶的影响

赵悦, 孙大川, 刘文畅, 谭洪新, 罗国芝, 叶继良

Effects of low salinity on the growth, blood and non-specific immune enzymes of *Maccullochella peelii peelii*

ZHAO Yue, SUN Dachuan, LIU Wenchang, TAN Hongxin, LUO Guozhi, YE Jiliang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200102917>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

盐度对暗纹东方生长、非特异性免疫和抗氧化酶活力的影响

EFFECTS OF SALINITY ON GROWTH,ACTIVITY OF NON-SPECIFIC IMMUNE AND ANTIOXIDANT ENZYMES IN OBSCURE PUFFER TAKIFUGU OBSCURES

水生生物学报. 2014, 38(1): 108 <https://doi.org/10.7541/2014.14>

复合免疫增强剂对刺参生长和非特异性免疫酶活性的影响

Effects of compound immunostimulant on growth and non-specific immune enzyme activity in sea cucumber *Apostichopus japonicus*
大连海洋大学学报. 2017, 32(2): 178 <https://doi.org/10.16535/j.cnki.dlhyxb.2017.02.010>

副溶血弧菌对斑节对虾非特异性免疫酶活性的影响

The non-specific immune response of *Penaeus monodon* to *Vibrio parahaemolyticus* challenge
水产学报. 2014, (9): 1557 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1231.2014.49254>

饲料中添加叔丁基氢醌对大菱鲆生长、血液生化指标、非特异性免疫及肠道组织结构的影响

Effects of dietary tert-butylhydroquinone on growth performance, blood biochemical parameter, non-specific immunity and intestinal tissue structure of turbot (*Scophthalmus maximus*)
水产学报. 2016, 40(9): 1321 <https://doi.org/10.11964/jfc.20160310303>

绿原酸对草鱼鱼种生长、非特异性免疫和肉质的影响

THE EFFECTS OF CHLOROGENIC ACID ON THE GROWTH, NON-SPECIFIC IMMUNE INDEX AND THE MEAT QUALITY OF JUVENILE GRASS CARP(*Ctenopharyngodon idellus*)
水生生物学报. 2014, 38(4): 619 <https://doi.org/10.7541/2014.88>

饲料中添加谷胱甘肽对吉富罗非鱼生长、组织生化指标和非特异性免疫相关酶的影响

Effects of dietary glutathione on growth performance,tissue biochemical indexes and non-specific immune related enzymes of GIFT *Oreochromis niloticus*
水产学报. 2013, 37(5): 742 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1231.2013.38161>

文章编号: 1674-5566(2021)03-0435-07

DOI:10.12024/j.sou.20200102917

低盐度对澳洲龙纹斑生长、血液及非特异性免疫酶的影响

赵悦¹, 孙大川^{1,2}, 刘文畅^{1,2}, 谭洪新^{1,2,3}, 罗国芝^{1,2,3}, 叶继良¹

(1. 上海海洋大学上海水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306; 2. 上海海洋大学农业农村部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 3. 上海海洋大学水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

摘要: 研究低盐度对澳洲龙纹斑 (*Maccullochella peelii peelii*) 生长、血液生化、非特异性免疫能力的影响。将澳洲龙纹斑盐度驯化后, 分别饲养于盐度为 0、3、6、9 的 4 组水体中 60 d。结果表明, 鱼体末体质量随盐度升高显著降低 ($P < 0.05$), 饲料系数在盐度 0 组达到最优 (1.11 ± 0.11), 成活率在盐度 3 组最高 ($98.33\% \pm 2.89\%$)。血液生化结果显示: 随着盐度上升, 肌酐含量呈逐渐降低趋势; 尿素氮含量随盐度升高而上升, 且在盐度 9 组 [7.00 ± 0.26] mmol/L 显著高于 0 组 ($P < 0.05$); 其他指标均无显著性差异。非特异性免疫酶活力受盐度影响明显, 其中碱性磷酸酶和溶菌酶活性均在盐度 3 组最高, 超氧化物歧化酶活性在盐度 6 组最高, 并显著高于其他组; 盐度 0 组和 6 组的过氧化氢酶活力显著高于其他两组。综上, 澳洲龙纹斑适宜在盐度为 3 的条件下养殖。

关键词: 澳洲龙纹斑; 盐度; 生长指标; 血清生化; 非特异性免疫酶

中图分类号: S 917 **文献标志码:** A

澳洲龙纹斑 (*Maccullochella peelii peelii*) 又名墨瑞鳕、虫纹石斑、虫纹鳕鲈等, 隶属硬骨鱼纲 (Osteichthyes) 鲈形目 (Perciformes) 鲈科 (Percichthyidae) 鳕鲈属 (*Maccullochella*)^[1], 是一种原产于澳大利亚墨累河流域的著名淡水经济鱼类^[2-3], 享有澳大利亚“国宝鱼”美称, 也是世界上最大的淡水鱼之一^[4]。早期于 2001 年由青岛引进^[5], 随后在浙江、江苏、广东、福建等地开展人工驯化并繁殖成功^[6-9], 目前已作为我国重要的优质鱼种之一而广受关注, 但对其养殖研究还较少, 仅有苗种培育^[10-11]、疾病^[12]方面的研究及综述性文章。

像大多数澳大利亚淡水鱼一样, 澳洲龙纹斑的祖先来自海洋, 其生物化石最高可追溯到中新世时代^[2]。盐度作为水产养殖环境的一个重要理化因子, 与养殖动物的各项指标关系密切, 国内外有关盐度对鱼类生长及肉质^[13-15]、繁殖发育^[16-17]、能量代谢^[18]、酶活性^[19-21]、风味物质^[22-23]等方面的研究早有报道。此外, 生产上也

常采用低盐水药浴进行疾病预防或治疗, 且有较好效果。目前, 鲜有关于盐度对澳洲龙纹斑养殖影响的研究报道。因此, 本文以澳洲龙纹斑为对象, 研究不同盐度对其生长、血液及非特异性免疫酶的影响, 为探讨澳洲龙纹斑生理学和高密度工厂化养殖提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

澳洲龙纹斑为同一批次孵化的鱼苗, 初始体长为 (8.63 ± 0.60) cm, 体质量为 (11.99 ± 2.65) g, 体格健壮, 购自浙江乐清市港龙渔业有限公司。

实验饲料选用广东越群海洋生物研究开发有限公司研发的 C 系列石斑鱼配合饲料, 其质量指标: 粗蛋白 $\geq 48.0\%$, 粗脂肪 $\geq 10.0\%$, 粗纤维 $\leq 3.0\%$, 粗灰分 $\leq 17.0\%$, 钙 $\geq 2.0\%$, 总磷 $\geq 1.8\%$, 水分 $\leq 12.0\%$, 赖氨酸 $\geq 2.3\%$ (数据由厂家提供)。

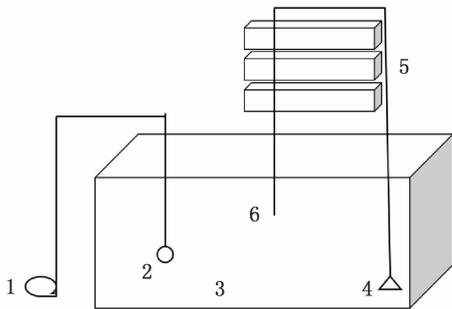
收稿日期: 2020-01-23 修回日期: 2020-06-06

基金项目: 上海水产养殖工程技术研究中心能力提升项目 (19DZ2284300); 上海市科学技术委员会项目 (16DZ2281200)

作者简介: 赵悦 (1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为循环水养殖技术与工程。E-mail: 2545689364@qq.com

通信作者: 谭洪新, E-mail: hxtan@shou.edu.cn

养殖设施为12套自制的小型循环水系统,系统由养殖缸、固液分离装置、生物过滤器为核心单元组成(图1)。养殖缸长71 cm、宽50 cm、高37 cm,有效养殖水体为100 L。固液分离装置采用3层过滤净水棉,每2天手动清理冲洗。生物过滤器由3层长30 cm、宽20 cm、高15 cm的过滤盒组成,内置生物滤料与陶粒。每个系统水体循环动力为15 W的水泵,流量为1 000 L/h。所有养殖缸由一台功率250 W的旋涡鼓风机提供溶氧和水体混合。



1. 鼓风机; 2. 曝气石; 3. 养殖缸; 4. 水泵; 5. 生物滤盒(首层放有过滤棉); 6. 出水口。

1. Blower; 2. Aeration stone; 3. Aquaculture tanks; 4. Pumps; 5. Biological filter box (filter cotton is placed on the first layer); 6. Outlet.

图1 盐度实验养殖系统运行图

Fig. 1 Operation diagram of experimental culture system at different salinity

1.2 实验设计与管理

饲养时间从2019年5月19日到7月19日,共计60 d,采用单因素实验设计,设置盐度梯度为0、3、6、9,每组设3个重复。盐化从淡水开始,每个梯度适应3 d,每一水槽中分别放进已盐化到相应盐度的20尾实验鱼。期间根据实验设定投喂时间(7:00和19:00),饲喂量以饱食为准。每次投喂时,观察澳洲龙纹斑摄食不活跃即停止,30 min后,用捞网收集残留饵料,记录每日实际摄食量。每日观察澳洲龙纹斑的活动状况,记录死鱼数量并称质量。养殖期间控制温度在25~27℃,溶氧在7.01 mg/L以上。特别指出:养殖中盐度0组实际检测到盐度为0.1~0.3,其他组控制盐度浮动不超过0.3。

1.3 样品采集

实验结束时,将澳洲龙纹斑饥饿24 h,每个重复组随机取5尾实验鱼,使用50 mg/L MS-222进行麻醉,测量体长、体质量,计算其生长和摄食

指标。另外,每组随机取5尾实验鱼,麻醉后采集尾静脉血液,血样注入含肝素钠抗凝剂的离心管内,4℃条件,静置2 h,4 000 r/min离心10 min,取上清液置于-80℃冰箱保存,待测。

1.4 测定指标及计算公式

待检测的血液生化指标包括总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、肌酐(creatinine, CRE)、尿素氮(urea nitrogen, BUN)、丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase, ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(aspartate aminotransferase, AST)、白蛋白(albumin, ALB)、球蛋白(globulin, GLB)、总蛋白(total protein, TP),均使用帝肯Infinite F50全自动酶标仪(瑞士)测定。

待检测的非特异性免疫酶包括碱性磷酸酶(alkaline phosphatase, AKP)、溶菌酶(lysozyme, LYS)、过氧化氢酶(catalase, CAT)和超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD),均采用上海宸功生物技术有限公司所生产的试剂盒测定。

测定指标计算公式^[20]:

日摄食率(daily feed intake, F_1)

$$F_1 (\%/d) = 100 \times F / [0.5 \times (B_{W_2} + B_{W_1}) \times (T_2 - T_1)] \quad (1)$$

饲料系数(feed conversion ratio, F_{CR})

$$F_{CR} = F / (B_{W_2} - B_{W_1}) \quad (2)$$

成活率(survival rate, S_R)

$$S_R (\%) = 100 \times N_f / N_i \quad (3)$$

肥满度(condition factor, C_F)

$$C_F (\%) = 100 \times B_W / B_L^3 \quad (4)$$

增重率(weight gain rate, W_{GR})

$$W_{GR} (\%) = 100 \times (B_{W_2} - B_{W_1}) / B_{W_1} \quad (5)$$

特定生长率(specific growth rate, S_{GR})

$$S_{GR} (\%/d) = 100 \times (\ln B_{W_2} - \ln B_{W_1}) / (T_2 - T_1) \quad (6)$$

肝体比(hepatosomatic index, H_{SI})

$$H_{SI} (\%) = 100 \times B_{WH} / B_{W_2} \quad (7)$$

脏体比(viscerosomatic index, V_{SI})

$$V_{SI} (\%) = 100 \times B_{WV} / B_{W_2} \quad (8)$$

式中: N_f 、 N_i 分别为初始实验鱼尾数和结束时的实验鱼尾数,尾; B_W 为每尾实验鱼的体质量,g; B_L 为每尾实验鱼体长,cm; B_{W_1} 、 B_{W_2} 分别为实验开始时的实验鱼体质量和结束时的实验鱼体质量,g; T_1 、 T_2 分别为 B_{W_1} 、 B_{W_2} 时所对应的时间,d;

F 为总摄食量, g ; X 为处理组实验鱼的平均体质量, g ; B_{WH} 为实验结束时实验鱼肝脏质量, g ; B_{WV} 为实验结束时实验鱼内脏团质量, g 。

1.5 统计分析

实验数据前期采用 Excel 2013 进行常规处理, 采用 SPSS 22.0 数据分析软件进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 组间差异采用 LSD 多重比较。实验数值以平均值 \pm 标准差 (Mean \pm SD) 表示, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。图表采用 Origin 2017 制图软件制作。

2 结果

2.1 生长指标

由表 1 可知: 澳洲龙纹斑鱼苗的末体质量和增重率随盐度升高而逐渐下降, 且盐度 9 组显著低于其他 3 组 ($P < 0.05$); 日摄食率和肝体比在

盐度 0 组显著高于其他 3 组 ($P < 0.05$), 但各组脏体比无显著性差异 ($P > 0.05$); 成活率在盐度 3 组最高, 6 组最低, 并且两组之间差异显著 ($P < 0.05$), 其他组之间无显著性差异 ($P > 0.05$); 总摄食量和特定增长率在盐度 0 组均显著高于 9 组 ($P < 0.05$); 饲料系数在盐度 9 组为 2.48 ± 0.41 , 显著高于其他 3 组 ($P < 0.05$)。

2.2 血液生化指标

由表 2 可知: 总胆固醇含量随盐度增加而升高, 甘油三酯含量随盐度升高先降低后升高, 但总胆固醇和甘油三酯在各组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$); 肌酐含量在盐度 9 组显著低于 0 组和 6 组 ($P < 0.05$); 各组的尿素氮含量随盐度增加而显著升高 ($P < 0.05$); 丙氨酸氨基转移酶和天门冬氨酸氨基转移酶含量均随盐度增加呈先升高后降低的趋势, 最高值均出现在盐度 3 组,

表 1 盐度对澳洲龙纹斑生长性能的影响

Tab. 1 Effect of salinity on growth performance of *Maccullochella peelii peelii*

指标 Index	盐度 Salinity			
	0	3	6	9
初始体质量 Initial body mass/g	11.99 \pm 2.65	11.99 \pm 2.65	11.99 \pm 2.65	11.99 \pm 2.65
末体质量 Final body mass/g	28.69 \pm 1.52 ^a	24.66 \pm 0.84 ^b	23.56 \pm 0.66 ^b	16.71 \pm 0.83 ^c
增重率 Weight gain rate/%	139.35 \pm 12.67 ^a	105.77 \pm 7.03 ^b	96.58 \pm 5.47 ^b	39.44 \pm 6.94 ^c
总摄食量 Total feed intake/g	370.05 \pm 18.03 ^a	301.02 \pm 6.35 ^b	300.29 \pm 9.79 ^b	229.98 \pm 10.01 ^c
日摄食率 Daily feed intake/%	1.52 \pm 0.09 ^a	1.36 \pm 0.04 ^b	1.41 \pm 0.03 ^{ab}	1.34 \pm 0.07 ^b
脏体比 Viscerosomatic index/%	5.86 \pm 1.46	5.27 \pm 1.56	5.54 \pm 0.88	5.57 \pm 0.72
肝体比 Hepatosomatic index/%	2.23 \pm 0.71 ^a	1.50 \pm 0.35 ^b	1.69 \pm 0.39 ^b	1.48 \pm 0.20 ^b
肥满度 Fatness/%	2.41 \pm 0.10 ^a	2.26 \pm 0.20 ^b	2.30 \pm 0.05 ^{ab}	2.23 \pm 0.08 ^b
成活率 Survival rate/%	90.00 \pm 13.23 ^{ab}	98.33 \pm 2.89 ^a	71.67 \pm 7.64 ^b	88.33 \pm 10.41 ^{ab}
特定增长率 Specific growth rate/%	1.45 \pm 0.09 ^a	1.20 \pm 0.06 ^b	1.12 \pm 0.05 ^b	0.55 \pm 0.08 ^c
饲料系数 Feed conversion ratio	1.11 \pm 0.11 ^a	1.19 \pm 0.08 ^a	1.30 \pm 0.08 ^a	2.48 \pm 0.41 ^b

注: 同一行中平均数值上标字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: Difference in the average numerical value of the same line indicates that the difference is significant ($P < 0.05$).

表 2 盐度对澳洲龙纹斑血液生化指标的影响

Tab. 2 Effect of salinity on blood biochemical indexes of *Maccullochella peelii peelii*

指标 Index	盐度 Salinity			
	0	3	6	9
总胆固醇 TC/(mmol/L)	3.57 \pm 0.35	3.93 \pm 0.59	3.93 \pm 0.35	4.17 \pm 0.42
甘油三酯 TG/(mmol/L)	1.53 \pm 0.09	0.90 \pm 0.44	0.77 \pm 0.24	1.27 \pm 0.17
肌酐 CRE/(μ mol/L)	151.67 \pm 4.26 ^a	121.67 \pm 30.36 ^{ab}	126.67 \pm 18.28 ^a	66.67 \pm 4.26 ^b
尿素氮 BUN/(mmol/L)	3.97 \pm 0.55 ^a	5.50 \pm 0.98 ^{ab}	6.47 \pm 0.61 ^b	7.00 \pm 0.26 ^b
丙氨酸氨基转移酶 ALT/(U/L)	20.67 \pm 5.55	22.00 \pm 1.15	20.33 \pm 6.94	18.00 \pm 7.37
天门冬氨酸氨基转移酶 AST/(U/L)	23.33 \pm 8.69	28.33 \pm 4.91	23.67 \pm 8.33	25.67 \pm 6.94
白蛋白 ALB/(g/L)	40.67 \pm 2.67	46.33 \pm 0.33	43.33 \pm 1.20	44.67 \pm 2.85
球蛋白 GLB/(g/L)	24.33 \pm 3.38	32.00 \pm 1.73	27.00 \pm 4.36	24.67 \pm 1.67
总蛋白 TP/(g/L)	65.00 \pm 2.65 ^b	78.33 \pm 1.45 ^a	70.33 \pm 3.48 ^{ab}	69.33 \pm 4.06 ^{ab}
白球比 A/G	1.75 \pm 0.54	1.46 \pm 0.16	1.70 \pm 0.52	1.82 \pm 0.19

注: 同一行中平均数值上标字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: Difference in the average numerical value of the same line indicates that the difference is significant ($P < 0.05$).

且各组之间无显著性差异($P > 0.05$)。各组之间的白蛋白、球蛋白含量和白球比无显著性差异($P > 0.05$),但总蛋白含量在盐度0组显著低于盐度3组($P < 0.05$)。

2.3 非特异性免疫酶指标

由表3可知:超氧化物歧化酶活力在盐度0、3、6组之间逐渐升高,差异显著($P < 0.05$);碱性

磷酸酶活力随盐度升高呈先升高后降低趋势,盐度3组显著高于其他组,盐度0组和9组显著低于其他2组($P < 0.05$);过氧化氢酶活力在盐度0组和6组显著高于其他2组($P < 0.05$);溶菌酶活力随盐度增长呈先升高后降低趋势,盐度3组最高,盐度0组最低,且各组有显著性差异($P < 0.05$)。

表3 盐度对澳洲龙纹斑免疫酶的影响

Tab.3 Effect of salinity on immune enzymes of *Maccullochella peelii peelii*

指标 Index	盐度 Salinity			
	0	3	6	9
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	5.37 ± 0.48 ^c	6.60 ± 0.27 ^b	9.45 ± 0.16 ^a	6.95 ± 0.33 ^b
碱性磷酸酶 AKP/(U/L)	126.81 ± 7.29 ^c	174.65 ± 4.73 ^a	158.70 ± 8.15 ^b	137.79 ± 5.88 ^c
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	30.96 ± 2.12 ^a	26.35 ± 0.33 ^b	32.15 ± 1.77 ^a	23.76 ± 2.53 ^b
溶菌酶 LYS/(U/L)	5.87 ± 0.12 ^d	9.11 ± 0.09 ^a	7.52 ± 0.14 ^b	6.60 ± 0.25 ^c

注:同一行中平均数值上标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Difference in the average numerical value of the same line indicates that the difference is significant ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 盐度对澳洲龙纹斑生长性能的影响

盐度显著影响淡水鱼的生长。通常认为,处于等渗点时,鱼类的生长性能达到最佳。刘贤敏等^[15]研究证实当盐度低于10时,乌鳢(*Channa argus*)的增重率和盐度呈显著负相关,饲料系数随盐度升高逐渐升高,在盐度为0时,增重率和饲料系数最佳。OVERTEN等^[24]在不同盐度(0、4、8、10)下养殖欧洲鲈鱼(*Perca fluviatilis* L.)时发现,盐度越高鲈鱼体质量增长越缓慢,鲈鱼体质量在盐度为10时仅为盐度为0时的一半。胡先成等^[25]研究了盐度对河川沙塘鳢(*Odontobutis potamophila*)仔鱼发育过程中能量收支的影响,结果表明盐度为1时,其能量分配模式最佳、存活率最高,在高盐度条件下需消耗更多能量来调节渗透压,导致增重率和存活率均明显下降。同理,本研究中澳洲龙纹斑的特定增长率随盐度升高而显著下降,盐度9组的特定增长率仅为盐度0组的三分之一,可见高盐度环境超出了澳洲龙纹斑机体渗透压调节能力,导致其食欲减弱、生长性能降低。

本研究中,盐度3组的成活率最高,盐度0组的生长最快,生长最快和成活率最高不在同一盐度条件下,可能是盐度抑制了澳洲龙纹斑的活力,影响其正常的生命活动,降低了淡水中互相擦伤、相残致死情况的发生。

3.2 盐度对澳洲龙纹斑血液生化指标的影响

鱼类血液中的某些生化指标可作为环境毒理学和生物监测的评价依据^[26],因此其变化在一定程度上也可反映鱼体的健康状况,并用于监测和评价环境。

与黄晓蓉等^[27]研究盐度驯化施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)的结果相似,澳洲龙纹斑的总胆固醇和甘油三酯含量在各盐度组之间无显著性差异。盐度9组的鱼体血清中肌酐浓度显著低于盐度0组和6组,表明较高盐度环境会抑制鱼体的活动量。尿素氮随盐度升高而显著上升,表明机体代谢增加,消耗了更多机体能量,从而使澳洲龙纹斑生长指标下降。

当水生动物生理状态正常时,丙氨酸氨基转移酶和天门冬氨酸氨基转移酶在血液中含有量较低,当机体受到胁迫时,它们会从肝细胞释放到血液中,因此可用于指示水生动物健康状况及胁迫程度^[28-29]。丙氨酸氨基转移酶和天门冬氨酸氨基转移酶虽有一定程度的变化,但均无显著性差异,表明澳洲龙纹斑在低盐度条件下的健康状况良好。

白球比对维持渗透压有一定的生理作用,且与血浆渗透压成正比^[30-31]。各盐度组之间的白球比无显著性差异,表明澳洲龙纹斑能够正常地维持渗透压平衡。

3.3 盐度对澳洲龙纹斑非特异性免疫酶的影响

盐度发生变化会使鱼进入应激状态,长期处

于应激状态的鱼体免疫力会下降,从而使其生长受阻,此时鱼体内部非特异性免疫酶便发生作用,调节应激,减少机体损伤^[34]。研究发现,澳洲宝石鲈幼鱼(*Scortum barcoo*)^[33]和施氏鲟^[34]在受到盐度胁迫时,体内的超氧化物歧化酶活力会逐渐升高,及时清除体内产生的活性氧自由基(ROS),缓解应激。本研究中,盐度6组的超氧化物歧化酶和过氧化氢酶含量较高,表明此盐度条件能够在最大程度上激发澳洲龙纹斑体内的抗氧化能力,从而更好保护机体,维持健康状态。碱性磷酸酶和溶菌酶活力在盐度3组和6组显著较高,表明澳洲龙纹斑解毒能力及清除、分解有害细菌的能力更高,这与王海亮等^[35]研究盐度影响花鲈(*Lateolabrax maculatus*)的结果类似。

非特异性免疫酶活力最高时,其最终生长情况却不佳,可能是鱼体调节渗透压所消耗的能量已经超过酶活力提高所带来的生长优势,具体的能量分布和影响机制还需进一步细化研究。

参考文献:

- [1] 李娴,朱永安,钟君伟,等. 虫纹鳟鲈的生物学特性及人工养殖技术研究[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(9): 2114-2115, 2148.
LI X, ZHU Y A, ZHONG J W, et al. Biology characteristics and artificial breeding techniques of Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*) [J]. Hubei Agricultural Science, 2013, 52(9): 2114-2115, 2148.
- [2] ROWLAND S J. Overview of the history, fishery and biology of Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*) [M]. Management of Murray Cod in the Murray Darling Basin-Canberra Workshop, 2004: 38-61.
- [3] GOOLEY G, ROWLAND S J. Murray-darling Finfish: Current developments and commercial potential [J]. Austasia Aquaculture, 1993, 7(3): 35-38.
- [4] 翁伯琦, 罗士炎, 刘洋, 等. 澳洲龙纹斑生物学特征及其繁养殖技术研究进展[J]. 福建农业学报, 2016, 31(1): 89-94.
WENG B Q, LUO T Y, LIU Y, et al. Biological characteristics, propagation and aquaculture of Murray cod (*Maccullochella peelii*) [J]. Fujian Journal of Agriculture, 2016, 31(1): 89-94.
- [5] 王波, 张艳华, 韩茂森. 虫纹麦鳟鲈的形态和生物学性状[J]. 水产科技情报, 2003, 30(6): 266-267.
WANG B, ZHANG Y H, HAN M S. The morphological and biological characteristics of *Maccullochella peelii peelii* [J]. Fisheries Science and Technology Information, 2003, 30(6): 266-267.
- [6] 蔡乘成, 陈鹏, 张祖兴. 澳洲鳟鲈引种驯化养殖的报告[J]. 养殖技术顾问, 2012(1): 258-259.
CAI C C, CHEN P, ZHANG Z X. Report on introduction and domestication of Murray cod [J]. Technical Advisor for Animal Husbandry, 2012(1): 258-259.
- [7] 郭松, 王广军, 方彰胜, 等. 澳洲鳟鲈的生物学特征及人工繁育技术[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(12): 242-243.
GUO S, WANG G J, FANG Z S, et al. Biological characteristics and artificial breeding technology of Murray cod [J]. Jiangsu Agricultural Science, 2012, 40(12): 242-243.
- [8] 刘怡. 墨瑞鳟在广东全人工繁育成功[J]. 海洋与渔业, 2014, 241(5): 28-30.
LIU Y, Murray cod successfully bred in Guangdong Province [J]. Ocean and Fishery, 2014, 241(5): 28-30.
- [9] 杨小玉, 郭正龙. 澳洲龙纹斑工厂化养殖技术[J]. 水产养殖, 2013(2): 26-27.
YANG X Y, GUO Z L. Industrial culture technology of *Maccullochella peelii peelii* [J]. Aquaculture, 2013(2): 26-27.
- [10] 李西雷, 陈甜甜, 苏时萍, 等. 澳洲龙纹斑工厂化苗种培育技术[J]. 科学养鱼, 2019(2): 16-17.
LI X L, CHEN T T, SU S P, et al. The cultivation technology of *Maccullochella peelii peelii* factory seedlings [J]. Scientific Fish Farming, 2019(2): 16-17.
- [11] 闫兵兵, 郭正龙, 秦巍仑. 龙纹斑苗种规模化繁育技术[J]. 科学养鱼, 2018(12): 8-9.
YAN B B, GUO Z L, QIN W L. Large scale breeding technology of *Maccullochella peelii peelii* seedlings [J]. Scientific Fish Farming, 2018(12): 8-9.
- [12] 罗士炎, 罗钦, 饶秋华, 等. 联合使用药物对澳洲龙纹斑鱼种感染小瓜虫的影响[J]. 中国预防兽医学报, 2018, 40(5): 451-454.
LUO T Y, LUO Q, RAO Q H, et al. Effects of concomitant drugs on the infection of *Ichthyophthirius multifiliis* in juvenile of Murray cod [J]. Chinese Journal of Preventive Veterinary Medicine, 2018, 40(5): 451-454.
- [13] 李星星, 刘贤敏, 冷向军. 盐度对淡水鱼生长、代谢和肉质的影响[J]. 养殖与饲料, 2008(10): 47-50.
LI X X, LIU X M, LENG X J. Effects of salinity on growth, metabolism and flesh quality of freshwater fish [J]. Animals Breeding and Feed, 2008(10): 47-50.
- [14] 梁拥军, 孙向军, 史东杰, 等. 盐度对高体革鲌生长和肉质的影响[J]. 水生生物学报, 2010, 34(4): 880-884.
LIANG Y J, SUN X J, SHI D J, et al. Effects of salinity on growth and flesh quality of *Scortum Barcoo* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(4): 880-884.
- [15] 刘贤敏, 李星星, 冷向军, 等. 盐度对奥尼罗非鱼和乌鳢生长及肌肉成分影响的比较研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(2): 242-246.
LIU X M, LI X X, LENG X J, et al. Comparative study on effect of salinities on growth and body composition of *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* and *Channa argus* [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008, 17(2): 242-

- 246.
- [16] 黄建盛, 陈刚, 张健东, 等. 盐度对虎斑乌贼 (*Sepia pharaonis*) 受精卵孵化及幼体活力的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2012, 32(1): 38-41.
HUANG J S, CHEN G, ZHANG J D, et al. Effects of salinity on fertilized egg hatch and survival activity index of the larvae of *Sepia pharaonis* [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2012, 32(1): 38-41.
- [17] 赵玉超, 王仁杰, 沈敏, 等. 高盐和温度对凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 受精卵孵化及幼体发育的影响[J]. 海洋与湖沼, 2019, 50(2): 347-354.
ZHAO Y C, WANG R J, SHEN M, et al. Effects of high salt and temperature on the hatching and larval development of fertilized eggs of *Litopenaeus vannamei* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2019, 50(2): 347-354.
- [18] 印德依, 秦克静. 盐度对鲤能量收支的影响[J]. 水产学报, 1995, 19(1): 35-42.
YIN D Y, QIN K J. Influence of salinity on energy budgets of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. Journal of Fisheries of China, 1995, 19(1): 35-42.
- [19] 史宝, 柳学周, 刘永山, 等. 盐度渐变对黄条鲮消化酶和超氧化物歧化酶活力及甲状腺激素的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, 50(1): 48-56.
SHI B, LIU X Z, LIU Y S, et al. Effect of gradual salinity change on digestive enzyme, superoxide dismutase activities and thyroid hormone content of Yellowtail Kingfish (*Seriola aureovittata*) [J]. Periodical of Ocean University of China, 2020, 50(1): 48-56.
- [20] 田璐. 盐度对黄姑鱼生存生长、非特异性免疫及肠道菌群的影响[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2019.
TIAN L. Effect of salinity on growth, nonspecific immunity and micro-organism of the *Nibea albiflora* [D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2019.
- [21] 施兆鸿, 廖雅丽, 王孝杉, 等. 盐度胁迫对文纹石斑鱼鳃离子调节酶及渗透压的影响[J]. 安全与环境学报, 2017, 17(3): 1210-1214.
SHI Z H, LIAO Y L, WANG X S, et al. Impact of the abrupt salinity decrease on ion-regulation enzyme activity in the gill and serum osmolality from *Epinehelus moara* [J]. Journal of Safety and Environment, 2017, 17(3): 1210-1214.
- [22] 王丹青. 低盐度海水暂养对中华绒螯蟹品质的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
WANG D Q. Effect of low salinity seawater temporary cultivation on quality changes of Chinese mitten crab [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2018.
- [23] 戴习林, 张立田, 臧维玲, 等. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、盐度对凡纳滨对虾存活、生长及风味的影响[J]. 水产学报, 2012, 36(6): 914-921.
DAI X L, ZHANG L T, ZANG W L, et al. Effects of Ca^{2+} , Mg^{2+} , salinity on the survival, growth and shrimp taste of *Litopenaeus vannamei* [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(6): 914-921.
- [24] OVERTON J L, BAYLEY M, PAULSEN H, et al. Salinity tolerance of cultured Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L.: Effects on growth and on survival as a function of temperature [J]. Aquaculture, 2008, 277(3): 282-286.
- [25] 胡先成, 周忠良, 赵云龙, 等. 盐度对河川沙塘鳢 (*Odontobutis potamophila*) 胚胎、仔鱼发育过程中能量收支的影响[J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(6): 569-575.
HU X C, ZHOU Z L, ZHAO Y L, et al. The effect of salinity on the energy budget during the development of embryo and larva of *Odontobutis potamophila* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2007, 38(6): 569-575.
- [26] 郑卫东, 李大鹏. 中华鲟幼鱼的血液生化特性[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(1): 95-97.
ZHENG W D, LI D P. Blood biochemical parameters of juvenile Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis* [J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Natural Science Edition), 2007, 26(1): 95-97.
- [27] 黄晓荣, 章龙珍, 庄平, 等. 盐度驯化下施氏鲟的血液生化指标[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(2): 144-150.
HUANG X R, ZHANG L Z, ZHUANG P, et al. Haematological biochemistry of amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*, at different domestication salinities [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2007, 16(2): 144-150.
- [28] 徐力文, 苏友禄, 刘广锋, 等. 急性盐度胁迫下草鱼稚鱼应激反应的血清学指标[J]. 华南农业大学学报, 2007, 28(2): 91-94.
XU L W, SU Y L, LIU G F, et al. Serological parameters of *Rachycentron canadum* juveniles subjected to abrupt salinity shock [J]. Journal of South China Agricultural University, 2007, 28(2): 91-94.
- [29] 冯广朋, 庄平, 章龙珍, 等. 温度对中华鲟幼鱼血液生化指标的影响[J]. 生态学杂志, 2010, 29(10): 1973-1978.
FENG G P, ZHUANG P, ZHANG L Z, et al. Effects of water temperature on biochemical parameters of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) blood [J]. Chinese Journal of Ecology, 2010, 29(10): 1973-1978.
- [30] ANCHO E, FERRANDO M D, ANDREU E. Sublethal effects of an organophosphate insecticide on the European Eel, *Anguilla anguilla* [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1997, 36(1): 57-65.
- [31] 葛玉凤. 饥饿应激对珠颈斑鸠血液及部分组织相关生理生化指标的影响[D]. 兰州: 西北师范大学, 2010.
GE Y F. Effects of starvation on the related physiological and biochemical index in blood and some tissues of the Spotted Dove [D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2010.
- [32] MARTNEZ-ÁLVAREZ R M, MORALES A E, SANZ A. Antioxidant defenses in fish: Biotic and abiotic factors [J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2005, 15(1): 75-88.
- [33] 张龙岗, 安丽, 孙栋, 等. 盐度对澳洲宝石鲷幼鱼 3 个免疫因子活力的影响[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(6): 110-114.
ZHANG L G, AN L, SUN D, et al. Effect of salinity on

- activity of three immune factors of juvenile *Scortum barcoo* [J]. *Journal of Hydroecology*, 2011, 32(6): 110-114.
- [34] 赵峰, 庄平, 章龙珍, 等. 施氏鲟不同组织抗氧化酶对水体盐度升高的响应[J]. *渔业科学进展*, 2008, 29(5): 65-69.
- ZHAO F, ZHUANG P, ZHANG L Z, et al. Responses of antioxidases in different tissues of *Acipenser schrenckii* to increased salinity in water[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2008, 29(5): 65-69.
- [35] 王海亮, 温海深, 张晓燕. 盐度胁迫对花鲈幼鱼肠道抗氧化和非特异性免疫能力的影响[J]. *现代农业科技*, 2016(4): 261-263, 269.
- WANG H L, WEN H S, ZHANG X Y. Effect of salinity stress on antioxidant enzyme and non-specific immunity activities in the intestine of juvenile *Lateolabrax maculatus* [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2016(4): 261-263, 269.

Effects of low salinity on the growth, blood and non-specific immune enzymes of *Maccullochella peelii peelii*

ZHAO Yue¹, SUN Dachuan^{1,2}, LIU Wenchang^{1,2}, TAN Hongxin^{1,2,3}, LUO Guozhi^{1,2,3}, YE Jiliang¹

(1. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The effects of low salinity on the growth performance, serum biochemical indices, and non-specific immunity of *Maccullochella peelii peelii* were evaluated. After acclimating to different salinities, *Maccullochella peelii peelii* was cultured in four experimental groups for 60 days with salinities of 0, 3, 6, and 9, respectively. The results showed that: the final body weight was significantly decreased with the increasing salinity ($P < 0.05$); Additionally, the feed conversion ratio attained an optimum value when the salinity was 0 (1.11 ± 0.11); and the survival rate was the highest when the salinity was 3 ($98.33\% \pm 2.89\%$). The serum indices showed that: Creatinine levels followed a decreasing trend with the increasing salinity; Urea nitrogen content increased with the increasing salinity levels, i. e. in the salinity 9 [7.00 ± 0.26 mmol/L], which was significantly higher than that of group 0 ($P < 0.05$). Notably, there were no significant differences in other indicators evaluated. The activities of non-specific immune enzymes were significantly affected by the salinity. The activities of alkaline phosphatase and lysozyme were the highest when the salinity was 3. Also, the activity of superoxide dismutase was the highest when the salinity was 6, which was significantly higher than that in other groups. The catalase activities of groups 0 and 6 were significantly higher than that in other groups. In summary, the water salinity level of 3 was found to be suitable for the cultivation of *Maccullochella peelii peelii*.

Key words: *Maccullochella peelii peelii*; salinity; growth performance; serum biochemical indice; nonspecific immune enzyme