

盐度对点篮子鱼的存活、生长及抗氧化防御系统的影响

王 好^{1,2}, 庄 平^{1,2*}, 章龙珍^{1,2}, 刘鉴毅², 赵 峰^{2,3}

(1. 大连海洋大学生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116023;

2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业资源与生态重点开放实验室, 上海 200090;

3. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心,

农业部淡水鱼类遗传育种与养殖生物学重点开放实验室, 江苏 无锡 214081)

摘要: 在容积为 500 L 的圆锥形塑料缸中分别用对照(自然海水)、配制的盐度为 20、10、5 的海水和淡水(地下水)养殖点篮子鱼[(67.76 ± 26.12) g], 研究了不同盐度对点篮子鱼存活、生长和抗氧化酶活性的影响。结果显示, 淡水组第 9 天出现死亡, 至第 27 天时死亡率达 100%, 其余各组未出现异常, 死亡率为 0%。各盐度组鱼的特定生长率未表现出显著性差异, 但盐度 10 组鱼体重显著高于盐度 20 和盐度 5 组, 与对照组无显著性差异; 盐度 5 组全长显著低于其余各盐度组。驯化 40 d 后, 对各组鱼鳃、肝脏、肾脏和肌肉中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、抗超氧阴离子自由基、羟自由基活性检测结果显示, 除盐度 5 组外, 盐度 10、20 组点篮子鱼鳃、肝脏、肾脏、肌肉中 SOD、CAT、抗超氧阴离子自由基和羟自由基活性在驯化 40 d 后均恢复到对照组水平, 组间无显著性差异; 盐度 5 组中鱼鳃的 SOD 和抗超氧阴离子自由基活性显著高于盐度 10 和盐度 20 组, 肝脏、肌肉和肾脏中 SOD、CAT、抗超氧阴离子自由基和羟自由基活性均恢复到对照组水平。点篮子鱼不同组织中 SOD 和 CAT 酶活力在不同盐度下均以肝脏中最高, 肾脏和鳃次之, 肌肉中最低; 抗超氧阴离子自由基活力以肝脏中最高, 极显著高于其余各组织中抗超氧阴离子自由基活力($P < 0.01$), 肌肉次之, 肾脏和鳃最低; 羟自由基活力以肾脏中最高, 显著高于其余各组织中羟自由基活力($P < 0.05$); 鳃次之, 肝脏和肌肉中最低, 结果表明盐度能影响抗氧化酶活力大小, 但并未影响鱼体内酶的分布。

关键词: 点篮子鱼; 盐度; 抗氧化酶; 自由基

中图分类号: Q 178; S 917

文献标识码: A

与其他有氧生物一样, 鱼类也具有完善的抗氧化系统以抵御由于新陈代谢而产生的活性氧对机体的氧化胁迫^[1]。目前已有大量研究表明, 环境条件, 如水温^[2]、盐度^[3-4]、溶解氧^[5-6]和饥饿^[7]等的变化能引起鱼体内抗氧化酶活性发生变化, 产生应激反应。抗氧化酶活力的变化在一定程度上能反映鱼类在不同环境条件下的生理状况, 可作为衡量鱼类是否受到外界环境胁迫的一个重要生理指标^[3]。因此, 研究鱼体抗氧化酶活力对了解并提高机体的免疫机能具有重大意义。水体盐度是影响鱼

类生长的重要环境因素之一^[8], 国内外已报道了盐度对很多水产动物生理方面的影响。

点篮子鱼(*Siganus guttatus*), 隶属于鲈形目(Perciformes), 篮子鱼科(Siganidae), 篮子鱼属(*Siganus*), 产于热带、亚热带海域, 是一种杂食、广盐、暖水性鱼类^[9], 具有杂食偏植物食性的特点, 可作为网箱清洁鱼类少量混养, 也可以陆地海水池塘混养及海水网箱养殖, 是环境友好型、资源节约型、修复养殖生态系统和水产品结构调整的优良品种^[10], 符合我国当前健康养殖模式发展的

收稿日期:2010-08-25 修回日期:2010-11-12

资助项目:上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2009)第5-7号];上海市科委科技成果转化项目(093919N1300);农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室课题(BZ2009-23);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2008T02)

通讯作者:庄平, Tel:021-65807868, E-mail:pzhuang@online.sh.cn

需求。近年来,对点篮子鱼繁育与养殖生物学研究,国内外均已有的研究报道^[10-12]。点篮子鱼的海水及半咸水网箱、池塘养殖也在我国南方沿海地区悄然兴起。然而,生理生态等相关的基础研究还较为匮乏。本文研究了盐度对点篮子鱼存活、生长及抗氧化酶活性的影响,旨在探讨点篮子鱼在不同盐度环境下养殖的可能性,为点篮子鱼的驯化提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验用鱼为人工繁殖培育的点篮子鱼,平均体重为(67.76 ± 26.12) g,平均体长为(12.59 ± 1.48) cm。试验开始前暂养 1 周。

1.2 方 法

试验设置 5 个盐度梯度:海水对照(盐度 30)、盐度 20、10、5 和淡水。每个盐度梯度设置 3 个平行,每个平行随机放入 30 尾鱼。各试验组鱼驯化方法:盐度 20、10 组直接放入,不经过驯化,盐度 5 组从盐度 10 组开始驯化,用时 2 d,盐度 0 组从盐度 5 组开始驯化,用时 5 d。养殖试验历时 40 d。

试验用养殖容器为直径 95 cm 高 95 cm 容积 500 L 的圆锥形塑料缸。试验用水由自然海水和地下水按比例配制而成,并用盐度计进行校正。每天投饵 2 次。试验期间不间断充气,2 d 换水一次,每次换水量约为 2/3,保持水中溶氧为(5.00 ± 0.30) mg/L,pH 为(8.40 ± 0.30),氨氮为(0.1 ± 0.01) mg/L,实验期间水温为 20.5 ~ 25 °C。

分别在实验开始前和实验结束时测量每尾鱼的全长、体长和体重。计算特定增长率 SGR (special growth rate, %/d) 和成活率 SR (survival rate, %)。

$$SGR (\% / d) = (\ln W_t - \ln W_0) / t \times 100;$$

$$SR (\%) = 100 \times (N_t - N_0) / N_0;$$

式中, W_t 为实验结束时鱼体重(g); W_0 为实验开始时鱼体重(g); t 为饲养周期(d); N_t 为实验结束鱼尾数; N_0 为实验开始鱼尾数。

1.3 样 品 采 集 和 测 定

试验结束后每个平行取 2 尾鱼,每个盐度组共 6 尾,用丁香油麻醉后取其鳃、肝脏、肾脏和肌肉,置于 -80 °C 超低温冰箱中保存,用于抗氧化酶和自由基活性的测定。

检测前将各组织取出称重,加入 9 倍于其组织重量的生理盐水,将组织剪碎,用 JY92-II 超

波细胞粉碎机进行细胞破碎(超声时间 2 s,间隔时间 8 s,工作次数 20 次),于 4 °C 下 3 500 r/min 离心 20 min,取上清测定抗氧化酶和自由基活性。

总蛋白及抗氧化酶和自由基活性测定按照南京建成试剂盒进行。

SOD 酶活力单位定义:每毫克组织蛋白在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为一个 SOD 活力单位;

CAT 酶活力单位定义:每毫克组织蛋白每分钟分解 1 mmol 的 H_2O_2 的量为一个活力单位;

抗超氧阴离子自由基活力单位定义:在反应体系中,每克组织蛋白在 37 °C 反应 40 min 所抑制的超氧阴离子自由基相当于 1 mg 的维生素 C 所抑制的超氧阴离子自由基的变化值为一个活力单位;

羟自由基活力单位定义:规定每毫克组织蛋白在 37 °C 下反应 1 min,使反应体系中 H_2O_2 的浓度降低 1 mmol/L 为一个抑制羟自由基能力单位。

1.4 数 据 分 析

实验数据采用平均值 ± 标准差 (mean ± SD) 表示。所有数据通过 SPSS 16.0 进行处理分析。利用协方差分析 (covariance) 检测不同盐度下点篮子鱼生长差异的显著性 ($P < 0.05$); 利用单因素方差分析 (One-Way ANOVA) 检测不同盐度下各组织中抗氧化酶和自由基活性差异的显著性 ($P < 0.05$), 利用 Duncan 氏分析进行多重比较。

2 结 果

2.1 盐 度 对 点 篮 子 鱼 存 活 率 的 影 响

养殖过程中除淡水组外其余各盐度组在整个试验过程中均未出现异常现象,存活率 100%。淡水组点篮子鱼第 6 天开始摄食量明显降低,且部分鱼体色变黑,胸鳍基部充血;第 7 天开始停止摄食,第 9 天开始出现死亡,至第 13 天时死亡率为 33%;第 13 天时存活的点篮子鱼恢复摄食,但摄食量明显降低,至第 27 天时死亡率达 100%。

点篮子鱼在不同盐度下的生长情况见表 1。在不同盐度下驯化 40 d 后,各组间体长和特定增长率无显著性差异。盐度 10 组鱼体重显著高于盐度 20 和盐度 5 组,与对照组无显著性差异。盐度 5 组鱼的全长显著低于其余各盐度组。从特定增长率来看,盐度 10 组鱼生长最好,盐度 5 组最差。

表 1 不同盐度下点篮子鱼生长指标
Tab.1 The growth index of *S. guttatus* reared at different salinities

项目 item	盐度 salinity	盐度 salinity			
		对照 control	20	10	5
体重 body weight	初重 (g) initial weight	63.46 ± 12.07	75.61 ± 13.05	66.16 ± 12.25	63.66 ± 12.63
	末重 (g) final weight	75.22 ± 1.49 ^{ab}	74.08 ± 0.87 ^a	77.26 ± 0.85 ^b	73.85 ± 0.80 ^a
体长 body length	初长 (cm) initial length	12.07 ± 1.54	13.05 ± 1.42	12.25 ± 1.53	12.63 ± 1.37
	末长 (cm) final length	13.45 ± 0.17 ^a	13.10 ± 0.10 ^a	13.52 ± 0.10 ^a	12.78 ± 0.09 ^a
全长 total length	初长 (cm) initial length	15.13 ± 1.78	16.11 ± 1.80	15.36 ± 2.11	15.54 ± 1.75
	末长 (cm) final length	16.18 ± 0.17 ^a	16.10 ± 0.10 ^a	16.34 ± 0.10 ^a	15.70 ± 0.09 ^b
特定增长率 (%) SGR		0.24 ± 0.05 ^a	0.20 ± 0.15 ^a	0.29 ± 0.02 ^a	0.19 ± 0.03 ^a

注:同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异($P < 0.05$);相同则无显著性差异。

Notes: The different letters on the parameters in one row stand for significant difference ($P < 0.05$); otherwise, the same stands for no significant difference.

2.2 不同盐度下点篮子鱼不同组织中 SOD 酶活性变化

经过 40 d 盐度驯化后,生活在盐度 5 中的点篮子鱼鳃中 SOD 酶活性显著性高于其余盐度组 ($P < 0.05$),其余各盐度组间无显著性差异;肝脏、肾脏和肌肉中 SOD 酶活性在不同盐度下无显著性

差异 ($P > 0.05$)。不同组织中的 SOD 活力大小顺序依次为肝脏 > 肾脏 > 鳃 > 肌肉,且肌肉中 SOD 酶活性显著低于其余各组织中 SOD 酶活性 ($P < 0.05$;表 2)。经过 40 d 的驯养后盐度 5 组鱼鳃中 SOD 酶活性高于肝脏中 SOD 酶活性,但无显著性差异,肌肉中活性仍显著低于其他各组。

表 2 不同盐度下点篮子鱼不同组织中 SOD 活性变化
Tab.2 Changes of SOD activity in different tissues of *S. guttatus* at different salinities U/mg prot

项目 item	盐度 salinity			
	海水对照 control	20	10	5
肾脏 kidney	51.94 ± 2.55 ^a	50.06 ± 8.38 ^a	49.44 ± 5.42 ^a	54.91 ± 1.7 ^a
肝脏 liver	64.99 ± 6.36 ^a	63.28 ± 7.44 ^a	62.09 ± 6.35 ^a	66.83 ± 4.63 ^a
鳃 gill	45.72 ± 7.09 ^a	45.27 ± 3.81 ^a	44.63 ± 6.90 ^a	67.27 ± 7.26 ^b
肌肉 muscle	24.08 ± 0.55 ^a	22.96 ± 0.39 ^a	21.70 ± 2.23 ^a	23.25 ± 0.32 ^a

注:同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异($P < 0.05$);相同则无显著性差异。

Notes: The different letters on the parameters in one row stand for significant difference ($P < 0.05$); otherwise, the same stands for no significant difference.

2.3 不同盐度下点篮子鱼不同组织中 CAT 酶活性变化

经过 40 d 盐度驯化后各组织中 CAT 活性随盐度降低均表现出相同的变化趋势,即随着盐度的降低,CAT 活性略有升高,但组间无显著性差

异 ($P > 0.05$)。不同组织中 CAT 活力以肝脏中活性最高,极显著高于其他各组织 ($P < 0.01$);鳃和肾脏次之,肌肉中含量最低(表 3)。经过 40 d 盐度驯化后,各盐度组 CAT 活力在不同组织中分布未发生变化。

表 3 不同盐度下点篮子鱼不同组织中 CAT 活性变化
Tab.3 Changes of CAT activity in different tissues of *S. guttatus* at different salinities U/mg prot

项目 item	盐度 salinity			
	海水对照 control	20	10	5
肾脏 kidney	25.30 ± 5.57 ^a	26.12 ± 3.36 ^a	26.53 ± 8.93 ^a	27.20 ± 1.47 ^a
肝脏 liver	112.70 ± 9.14 ^a	116.61 ± 7.79 ^a	117.66 ± 10.66 ^a	118.48 ± 4.90 ^a
鳃 gill	1.33 ± 0.68 ^a	2.02 ± 0.39 ^a	2.05 ± 0.24 ^a	2.12 ± 0.16 ^a
肌肉 muscle	0.77 ± 0.05 ^a	0.81 ± 0.17 ^a	0.93 ± 0.28 ^a	0.93 ± 0.49 ^a

注:同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异($P < 0.05$);相同则无显著性差异。

Notes: The different letters on the parameters in one row stand for significant difference ($P < 0.05$); otherwise, the same stands for no significant difference.

2.4 不同盐度下点篮子鱼不同组织中抗超氧阴离子自由基活性变化

经过 40 d 盐度驯化后,生活在盐度 5 中的点篮子鱼鳃中抗超氧阴离子自由基活性显著性高于其余各盐度组 ($P < 0.05$),其余各盐度组间无显著性差异;肝脏、肾脏和肌肉中抗超氧阴离子自由

基活性在不同盐度下无显著性差异 ($P > 0.05$)。不同组织中抗超氧阴离子自由基活力以肝脏中活性最高,极显著高于其余各组织 ($P < 0.01$);肌肉次之,鳃和肾脏中含量最低(表 4)。经过 40 d 盐度驯化后抗超氧阴离子自由基活力在不同组织中的分布未发生变化。

表 4 不同盐度下点篮子鱼不同组织中抗超氧阴离子自由基活性变化
Tab.4 Changes of superoxide anion radical activity in different tissues of *S. guttatus* at different salinities

项目 item	盐度 salinity				U/g prot
	海水对照 control	20	10	5	
肾脏 kidney	12.88 ± 0.84 ^a	13.15 ± 1.46 ^a	13.21 ± 1.05 ^a	13.56 ± 0.55 ^a	
肝脏 liver	189.94 ± 20.68 ^a	185.99 ± 6.08 ^a	183.95 ± 32.51 ^a	177.02 ± 15.3 ^a	
鳃 gill	12.47 ± 1.60 ^a	12.57 ± 1.14 ^a	12.17 ± 2.23 ^a	21.62 ± 6.69 ^b	
肌肉 muscle	69.18 ± 1.32 ^a	69.28 ± 0.93 ^a	69.45 ± 0.73 ^a	71.19 ± 0.79 ^a	

注:同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异 ($P < 0.05$);相同则无显著差异。

Notes: The different letters on the parameters in one row stand for significant difference ($P < 0.05$); otherwise, the same stands for no significant difference.

2.5 不同盐度下点篮子鱼不同组织中羟自由基活性变化

经过 40 d 盐度驯化后各组织中羟自由基活性随盐度降低呈现不同的变化趋势,但组间无显著性差异 ($P > 0.05$)。不同组织中羟自由基活力

以肾中活性最高,显著高于其他各组织中羟自由基活力 ($P < 0.05$);鳃次之,肝脏和肌肉中含量最低(表 5)。经过 40 d 盐度驯化后羟自由基活力在不同组织中的分布未发生变化。

表 5 不同盐度下点篮子鱼不同组织中羟自由基活性变化
Tab.5 Changes of hydroxyl radical activity in different tissues of *S. guttatus* at different salinities

项目 item	盐度 salinity				U/mg prot
	海水对照 control	20	10	5	
肾脏 kidney	92.37 ± 2.07 ^a	90.78 ± 9.64 ^a	90.15 ± 13.3 ^a	99.51 ± 0.31 ^a	
肝脏 liver	17.07 ± 5.21 ^a	17.74 ± 2.9 ^a	17.97 ± 3.90 ^a	17.60 ± 2.34 ^a	
鳃 gill	43.08 ± 8.31 ^a	45.04 ± 10.78 ^a	45.29 ± 6.49 ^a	51.16 ± 11.97 ^a	
肌肉 muscle	21.42 ± 1.13 ^a	22.37 ± 1.42 ^a	22.47 ± 1.81 ^a	23.00 ± 1.87 ^a	

注:同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异 ($P < 0.05$);相同则无显著差异。

Notes: The different letters on the parameters in one row stand for significant difference ($P < 0.05$); otherwise, the same stands for no significant difference.

3 讨论

3.1 盐度对点篮子鱼存活、生长的影响

本试验结果显示除淡水组外,其余各盐度组的点篮子鱼均可长期存活生长,淡水组点篮子鱼在第 6 天时开始出现异常,游泳能力降低,部分鱼体色发黑,胸鳍充血,第 7 天停止摄食,第 9 天开始出现死亡,但是第 13 天剩余存活的鱼恢复摄食。推测原因可能是:鱼类在养殖过程中,当水环境因子(如温度、盐度等)发生较大变化时,会出现浮头、游动减少和摄食活动降低等适应性行

为^[13]。从行为变化及存活状况来看,淡水组点篮子鱼也表现出一定的适应性行为变化,具体表现为游泳能力降低,鳃动频率加快,摄食量降低甚至停止摄食。刚暴露在淡水中的前几天依靠行为适应可以勉强保证内环境的稳定,但随着暴露时间的延长,行为适应不能保证机体内环境稳定时,体内各组织系统开始出现生理性应激反应,渗透调节能力差的鱼开始出现异常,甚至死亡,调节能力强的鱼依靠自身的调节系统逐渐适应淡水环境而生存下来。BASU 等^[14]在对虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 进行研究时也认为鱼类的应激反应首先

表现为行为适应,行为适应一般发生在生理性应激反应之前,在行为适应不能保证机体内环境稳定时才进一步引发生理性应激反应。

本实验结果显示,盐度 10 组点篮子鱼特定生长率最高,盐度 5 组最低。抗氧化酶活性检测也发现盐度 5 组鱼鳃中 SOD 酶和抗超氧阴离子自由基活性显著高于其余各盐度组。盐度 20 和盐度 10 中鱼不同组织中的各种酶活均恢复到对照水平。说明盐度 20 和盐度 10 组鱼在经过 40 d 驯化后可以正常存活生长,且盐度 10 是点篮子鱼的最适生长盐度。一般鱼类在等渗点附近的环境中可获得较高的生长率^[15],由于点篮子鱼的等渗点还未见报道,而广盐性硬骨鱼类等渗点相当于盐度 10~13^[16](褐牙鲈等渗点为 14.97^[17],军曹鱼为 11.48^[18]),推测点篮子鱼等渗点在盐度 10~15。本试验结果也发现点篮子鱼在盐度 10 水体中生长最好,可能与其等渗点相关,但需要对其等渗点研究后才能证实。盐度 5 组鱼经过 40 d 驯化后虽然可以存活生长,但体内各指标还未恢复正常,点篮子鱼还未完全适应低盐度(盐度 5)水体。

3.2 抗氧化防御系统对盐度变化的响

少量的自由基是生物体所必需的^[19],但当其生成量超过了细胞的抗氧化清除能力时,将会导致氧化胁迫^[20],氧化机体的脂类、蛋白质、酶和 DNA,最终造成机体损伤^[21-24]。若长期处于应激状态,必然导致鱼体免疫防御能力和抗病力下降,影响幼鱼正常生长^[25]。当环境条件发生变化时,体内自由基的生成量会发生变化,抗氧化系统也会发生相应的变化来保护机体免受损伤。在鱼类抗氧化系统中,抗氧化酶具有消除机体自由基的功能,对氧化胁迫的清除、增强吞噬细胞防御能力和机体免疫功能有重要作用^[26]。SOD、CAT 是体内抗氧化酶的重要组分。SOD 是水生生物抗氧化酶系统的重要组成成分之一,普遍存在于需氧生物的组织细胞中^[27]。CAT 能将 H₂O₂ 转化为 H₂O,从而使细胞免于遭受过氧化氢的毒害^[28],保护机体细胞内环境的稳定。

本实验发现经过 40 d 的盐度驯化后,盐度 20、10 组中的点篮子鱼抗氧化酶活性与对照组无显著性差异;但盐度 5 组中点篮子鱼鳃中的 SOD 酶和抗超氧阴离子自由基活性显著高于其余各盐度组($P < 0.05$),肝脏、肾脏和肌肉中抗氧化酶活

性无显著性差异。推测其原因可能是鳃是最先直接接触外界水环境的组织,当水环境因子发生变化时,鳃最先且直接受到影响。且鳃是渗透调节的主要组织之一,外界水环境中盐度的变化对其造成的影响也比较明显。经过 40 d 的盐度驯化后,虽然点篮子鱼可以正常生长、游泳、摄食,但并未完全适应低盐度环境,抗超氧阴离子自由基仍显著高于对照组水平($P < 0.05$)。而 SOD 是最先与活性氧自由基作用的酶^[29],能清除超氧阴离子自由基,保护细胞免受损伤,一直被认为是生物体内最重要的抗氧化酶^[1],且对氧化胁迫反应最为强烈^[30]。当机体内自由基发生变化时,SOD 最先发生变化,活性升高或降低来清除机体内多余的自由基,因此当鳃中抗超氧阴离子自由基升高时,SOD 含量也随之升高来清除多余的自由基,以保证机体内环境的稳定。王晓杰等^[31]对许氏平鲉(*Sebastes schlegelii*)的研究表明,许氏平鲉血液中 SOD、CAT 的活力随海水盐度降低呈逐渐上升趋势。

3.3 不同组织中抗氧化酶和自由基的活性

本实验发现在点篮子鱼的鳃、肝脏、肾脏和肌肉中,SOD 酶活性在肝脏、肾脏和鳃中活性较高,肌肉中活性较低;CAT 酶活性在肝脏和肾脏中很高,鳃和肌肉中较低,尤其是在肌肉中活性很低,在抗氧化防御系统中,SOD 与 CAT 协同构成防止活性氧损伤的有效防护体系^[32]。脊椎动物的肝脏是新陈代谢和氧气消耗的主要组织,肝脏中 SOD 的变化最能代表机体抗氧化防御的变化特征^[33]。本试验研究发现肝脏中 SOD 和 CAT 含量均高于其他三种组织,因此可以认为肝脏是发挥抗氧化防御作用的主要组织。对点篮子鱼不同盐度下的肝脏 SOD 活力检测结果显示,经过 40 d 的盐度驯化后,盐度 5 中 SOD 和 CAT 的活性虽然高于对照组,但却无显著性差异,说明点篮子鱼在盐度 5 的条件下可以存活生长。

鳃和肾脏是鱼类渗透压调节的关键器官,对离子的调节具有非常重要的作用。本试验结果显示,低盐度组(盐度 5)点篮子鱼鳃中 SOD 和抗超氧阴离子自由基活性显著高于其余各盐度组,肾脏 SOD 和抗超氧阴离子自由基活性与其余各盐度组无显著性差异,推测其原因是鱼类的鳃除了是渗透调节器官外还是呼吸器官。在低盐度水体中,鳃主要发挥呼吸功能,在渗透压调节方面发挥

的作用低于肾脏。广盐性海水鱼类适应海水环境主要是由于鳃上的氯细胞不断排除多余的盐分,但当转移到低盐度水体中时,其体液盐度高于水体盐度,适应低盐度水体主要是通过肾脏排除多余的水分,保存盐分,因此鳃的调节功能降低,肾脏的功能增加。AVELLA 等^[34]研究奥利罗非鱼 (*Oreochromis aureus*) 和尼罗罗非鱼 (*O. niloticus*) 中发现,低盐度水中鱼鳃丝上氯细胞含量很少,侯俊利等^[35]对史氏鲟鳃中氯细胞的研究也发现同样的结果。因此推测广盐性海水鱼转移到低盐度水体后在渗透压调节方面鳃发挥很少的作用,主要是肾脏发挥作用。鳃中 SOD 和抗超氧阴离子自由基活性高的原因也可能是因为低盐度条件下机体代谢旺盛,耗氧量高,抗氧化酶和自由基活性高可能是水体中的溶解氧引起的。

肌肉属于渗透压感知的敏感组织器官^[3],经过 40 d 的盐度驯化后肌肉中抗氧化酶和自由基的活性均恢复到对照水平,也说明点篮子鱼已经逐步适应了低盐度环境。

通过本试验的研究结果,可以初步认为点篮子鱼在盐度 5 的条件下经过一段较长时间的适应后可以存活生长,但生长率下降。在淡水中能否存活生长还需进一步研究确定。

参考文献:

- [1] 方允中,郑荣梁. 自由基生物学的理论与应用 [M]. 北京:科学出版社,2002.
- [2] LUSHCHAK V I, BAGNYUKOVA T V. Temperature increase results in oxidative stress in goldfish tissues [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2006, 143(1):30-35.
- [3] 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]. *海洋水产研究*, 2008, 29(5):65-69.
- [4] PATRICK S, SAWSAN K, ANTOINE C, *et al.* Influence of salinity on survival, growth, plasma osmolality and gill $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ -ATPase activity in the rabbitfish *Siganus rivulatus* [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2007, 348:183-190.
- [5] ROSS S W, DALTON D A, KRAMER S, *et al.* Physiological (Antioxidant) responses of estuarine fishes to variability in dissolved oxygen [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2001, 130(3):289-303.
- [6] LUSHCHAK V I, LUSHCHAK L P, MOTA A A, *et al.* Oxidative stress and antioxidant defenses in goldfish *Carassius auratus* during anoxia and reoxygenation [J]. *American Journal of Physiology*, 2001, 280:100-107.
- [7] MORALES A E, PÉREZ-JIMÉNEZ A, HIDALGO M C, *et al.* Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2004, 139(1-3):153-161.
- [8] GILLES B, PATRECK P H. Should salinity influence fish growth [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2001, 130:411-423.
- [9] 马强,刘静. 中国沿海常见篮子鱼形态比较研究 [J]. *海洋科学*, 2006, 30(9):16-22.
- [10] 刘鉴毅,章龙珍,庄平,等. 点篮子鱼人工繁殖技术研究 [J]. *海洋渔业*, 2009, 31(1):73-81.
- [11] RAHMAN M S, TAKEMURA A, TAKANO K. Lunar synchronization of *in vitro* steroidogenesis in ovaries of the golden rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch) [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2002, 125:1-8.
- [12] KOMATSU T, BHANDARI R K, KOBAYASHI Y, *et al.* GnRHa-accelerated spermatogenesis in the tests of underyearling golden rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch) [J]. *Aquaculture*, 2006, 257:558-565.
- [13] 周显青,孙儒泳,牛翠娟. 应激对水生动物生长、行为和生理活动的影响 [J]. *动物学研究*, 2001, 22(2):154-158.
- [14] BASU N, KENNEDY C J, IWAMA G K. The effects of stress on the association between hsp70 and the glucocorticoid receptor in rainbow trout [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2003, 134(3):655-663.
- [15] EVANS D H, PIERMARINI P M, CHOE K. The Multifunctional fish gill: Dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste [J]. *Physiological Reviews*, 2005, 85:97-177.
- [16] SAKAMOTO T, UCHIDA K, YOKOTA S. Regulation of the ion-transporting mitochondrion-rich cell during adaptation of teleosts fishes to different salinities [J]. *Zoological Science*, 2001, 18:1163-1174.
- [17] 潘鲁青,唐贤明,刘洪宇,等. 盐度对褐牙鲈 (*Paralichthys olivaceus*) 幼鱼血浆渗透压和鳃丝 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ -ATPase 活力的影响 [J]. *海洋与湖沼*,

- 2006,37(1):1-6.
- [18] 徐力文,刘广峰,王瑞旋,等.急性盐度胁迫对军曹鱼稚鱼渗透压调节的影响[J].应用生态学报,2007,18(7):1596-1600.
- [19] 张克烽.动物抗氧化系统中主要抗氧化酶基因的研究进展[J].动物学杂志,2007,42(2):153-160.
- [20] SUN Y Y, YIN Y, ZHNAG J F, *et al.* Bioaccumulation and ROS generation in liver of freshwater fish, goldfish *Carassius auratus* under HC Orange No. 1 exposure [J]. *Environmental Toxicology*, 2007, 22: 256-263.
- [21] GONZALEZ P, DOMINIQUE Y, MASSABUAU J C, *et al.* Comparative effects of dietary methylmercury on gene expression in liver, skeletal muscle, and brain of the Zebrafish (*Danio rerio*) [J]. *Environmental Science and Technology*, 2005, 39: 3972-3980.
- [22] STOBRAWA K, LORENE-PLUEIHSKA G. Changes in antioxidant enzyme activity in the fine roots of black poplar (*Populus nigra* L.) and cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) in a heavy-metal-polluted environment [J]. *Plant and Soil*, 2007, 298: 57-68.
- [23] 王凡.农药对水产动物污染的生物标志物的研究进展[J].水产科学,2007,26(11):640-642.
- [24] YU X G, GU J D. Accumulation and distribution of trivalent chromium and effects on hybrid willow (*Salix matsudana* Koidz \times *Salix alba* L.) metabolism [J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2007, 52: 503-511.
- [25] ROSA M, MARTLNEZ-ALVAREZ, AMALIA E. Antioxidant defenses in fish: Biotic and abiotic factors[J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2005, 15: 75-88.
- [26] RUDNEVA I I. Blood antioxidant system of Black Sea elasmobranch and teleost [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1997, 118 (2): 255-260.
- [27] 张凤君.对氯联苯暴露对实验鱼主要器官组织细微结构变化及几种酶活性的影响[D].广州:华南师范大学,2002.
- [28] 吴海一.重金属对匾额细首纽虫抗氧化防御系统及脂质过氧化作用的影响[D].青岛:中国海洋大学,2008.
- [29] 王燕.用多项生物标志物评价三丁基锡对大鼠的早期影响[D].杭州:浙江大学医学院,2005.
- [30] WINSTON G W, DI GIULIO R T. Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms [J]. *Aquatic Toxicology*, 1990, 19: 137-161.
- [31] 王晓杰,张秀梅,李文涛.盐度胁迫对许氏平鲉血液免疫酶活力的影响[J].海洋水产研究,2005,26(6):137-142.
- [32] 连灵君.用多项生物标志物评价铅对小鼠的氧化损伤[D].杭州:浙江大学医学院,2006.
- [33] WILHELM FILHO D, GIULIVI C, BOVERIS A. Antioxidant defenses in marine fish- I. Teleosts [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1993, 106C: 409-413.
- [34] AVELLA M, BERHAUT J, BORMANCIN M. Salinity tolerance of two tropical fishes, *Oreochromis aureus* and *O. niloticus* I. Biochemical and morphological changes in the gill epithelium [J]. *Journal of Fish Biology*, 1993, 42(2): 243-254.
- [35] 侯俊利,陈立侨,庄平,等.不同盐度驯化下史氏鲟幼鱼鳃泌氯细胞结构的变化[J].水产学报,2006, 30(3): 316-322.

Effects of salinity on survival, growth and antioxidant defense system of *Siganus guttatus*

WANG Yu^{1,2}, ZHUANG Ping^{1,2*}, ZHANG Long-zhen^{1,2}, LIU Jian-yi², ZHAO Feng^{2,3}

(1. College of Aqua-life Science and Technology, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;

2. Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries Resource and Ecology, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

3. Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes, Ministry of Agriculture, Freshwater Fishery Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: Rabbit fish (*Siganus guttatus*) (67.76 ± 26.12) g were reared under different salinities (fresh water, salinity 5, 10, 20 and control group (the local seawater)) to study the response of survival, growth and antioxidant defense system to salinity. The rabbit fish which were fed twice everyday were held in 500 L conical plastic tank with 95 cm in height and 95 cm in diameter for 40 days and three parallels each group. After 40 d, six fish each group were taken randomly to collect the samples of the gill, liver, kidney and muscle. The results showed that the abnormal phenomenon was not found. The survival rate of salinity 5, 10, 20 and the control group during the experimental period was 100%. However, the abnormal phenomenon of the rabbit fish in fresh water was found (the food consumption was reduced) on the sixth day. They fasted from the 7th day and began to die from 9thd. Feed was recovered from the 13th day. However, death continued. The fish in fresh water died out after 27 d. Specific growth rate (SGR) in different salinities did not show significant differences. The body weight in salinity 10 was significantly higher than that in salinity 5 and 20. However, no significant difference was observed between salinity 10 and the control group. The total length in salinity 5 was significantly lower than other groups. In order to study the response of antioxidant defense system to salinity, the activity of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), superoxide anion radical, hydroxyl radical of rabbit fish were measured. The activities of SOD, CAT, superoxide anion radical and hydroxyl radical in gill, liver, kidney, muscle of rabbit fish, reared under salinity 10, 20, returned to normal levels (the level of control group) after 48 d. No significant differences were observed among each group of each index. However, the activities of SOD and superoxide anion radical in gill of rabbit fish under salinity 5 were significantly higher than that under salinity 10, 20 and the control group. The activity of SOD in liver of rabbit fish was the highest among all groups, and followed by kidney and gill, muscle was the lowest and significantly lower than that in other tissues ($P < 0.05$); the activity of CAT in liver of rabbit fish among all groups was the highest and significantly higher than that in other tissues ($P < 0.01$), and followed by gill and kidney, muscle was the lowest; the activity of superoxide anion in liver of rabbit fish among all groups was the highest, and significantly higher than that in other tissues ($P < 0.01$), and followed by muscle, kidney and gill were the lowest; the activity of hydroxyl radical in kidney of rabbit fish among all groups was the highest and significantly higher than that in other tissues ($P < 0.05$); and followed by gill, liver and muscle were the lowest. The results showed that salinity can affect the activity of antioxidative enzymes, but did not affect the distribution.

Key words: *Siganus guttatus*; salinity; antioxidant enzymes; free radical

Corresponding author: ZHUANG Ping. E-mail: pzhuang@online.sh.cn