

3 种品系尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*) 盐碱耐受性和生长比较*

赵丽慧¹ 笄金华² 张艳红² 任炳琛² 梁从飞¹ 赵金良¹

(1. 农业部淡水水产种质资源重点实验室 上海海洋大学 上海 201306 ;

2. 河北中捷罗非鱼国家级良种场 沧州 061108)

摘要 为评估尼罗罗非鱼的耐盐碱性能,分别测定了上海、山东、河北 3 种品系尼罗罗非鱼鱼种 96 h 的半致死盐、碱度,并在不同盐碱混合浓度(S0A0、S10A0、S10A2、S10A4、S10A6)中进行为期 60 d 的养殖生长比较。单盐、单碱耐性研究表明,上海、山东、河北 3 种品系尼罗罗非鱼鱼种的 96 h 半致死盐度分别为 18.528 g/L、20.347 g/L、19.342 g/L,96 h 半致死 NaHCO₃ 碱度为 8.827 g/L、8.540 g/L、8.542 g/L。盐碱混合条件下,盐度为 10 时,96 h 半致死碱度分别为河北品系(4.377 g/L)>上海品系(3.561 g/L)>山东品系(3.108 g/L),品系之间差异显著($P<0.05$);盐度为 15 时,96 h 半致死碱度分别为河北品系 2.144 g/L,上海品系 2.183 g/L,山东品系 2.183 g/L,品系之间无显著差异($P>0.05$),高盐度下尼罗罗非鱼鱼种的碱度耐受性明显低于低盐度下的碱度耐受性。结果表明,尼罗罗非鱼日均增重率在 S0A0、S10A0 组间无显著差异($P>0.05$),随着盐碱浓度增加,盐碱 S10A4 和 S10A6 组中日均增重率呈下降趋势,河北品系表现出相对生长优势($P<0.05$)。研究结果为尼罗罗非鱼适宜养殖的盐碱范围的确定、耐盐碱品系的筛选提供了基础资料。

关键词 尼罗罗非鱼;盐碱处理;96 h 半致死浓度;日均增重率

中图分类号 S965 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2014)05-0026-07

随着我国对淡水水域生态环境的重视与保护加强,未来淡水养殖水域资源将面临短缺局面。我国内陆约有 0.46 亿 hm^2 低洼盐碱水资源,但由于水体的高 pH、高碱度和复杂的离子组成因素,不适宜常规养殖鱼类的生长,尚未得到很好的利用(王慧等,1997)。拓展这些盐碱地区的适宜养殖水域,培育耐盐碱性养殖品种,对保证我国水产养殖持续稳定发展具有重要意义。

尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)因其生长快、耐粗食、耐低氧、抗病力强,同时具有高繁殖率、高密度养殖等优点,是罗非鱼类中养殖产量最大的养殖

种类(公宗利等,2003;党广成等,2011)。早期不同研究结果表明,尼罗罗非鱼可作为优良的耐盐碱鱼类选育实验材料(Al-amoundi *et al*, 1987; Lemarié *et al*, 2004;雷衍之等,1985;史为良,2005;公宗利等,2006)。为此,作者分别选择了上海、山东、河北保种的尼罗罗非鱼品系作为耐盐碱选育基础群体。2012 年,在河北中捷国家级罗非鱼场对 3 种品系尼罗罗非鱼幼鱼进行了盐碱驯化、网箱养殖比较(赵丽慧等,2013)。本研究以该批盐碱驯化养殖、越冬的鱼种为材料,继续开展鱼种阶段的盐碱耐受性测试及成鱼阶段盐碱水体养殖性能评估,旨在为尼罗罗非鱼养殖的适合盐

* 国家科技支撑计划项目(2012BAD26B03)、现代农业产业技术体系建设专项基金(CARS-49-4B)和上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心(ZF1206)共同资助。赵丽慧, E-mail: zhaolihui@yeah.net

通讯作者: 赵金良, 教授, E-mail: jlzhao@shou.edu.cn

收稿日期: 2013-12-29, 收修改稿日期: 2014-05-19

碱范围确定、耐盐碱品系筛选积累基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用尼罗罗非鱼于 2012 年 6 月分别取自上海海洋大学鱼类种质资源试验站的新吉富罗非鱼选育后代 F₁₆、山东省淡水水产研究所于 2006 年由马来西亚引进的吉富罗非鱼后代和河北中捷国家级罗非鱼良种场于 2001 年转引国内 1994 年从菲律宾直接引进的吉富品系罗非鱼后代 F₁₃(以下分别简称为上海品系、山东品系、河北品系)。鱼苗运至河北省中捷国家级罗非鱼良种场,在淡水中暂养 14 d 适应环境,于 2012 年 7–10 月间进行了鱼苗耐盐碱驯化与养殖研究(赵丽慧等, 2013),研究结束后,进行越冬培育成鱼种。2013 年 6–9 月进行了尼罗罗非鱼鱼种的耐盐碱性研究。鱼种的 96 h 盐碱耐受性实验中,3 种品系尼罗罗非鱼体重分别为上海品系(78.33±5.64)g、山东品系(82.25±3.87)g、河北品系(80.72±4.54)g。

1.2 实验用水及仪器药品

盐度梯度组用海水晶调配,碱度梯度组用分析纯 NaHCO₃ 调配,盐碱混合梯度组是在兑水池中先用海水晶勾兑成不同盐度,再加入不同质量 NaHCO₃ 配制而成,待水质混匀、完全沉淀后,用自吸泵将其抽入各处理组池中。盐度用 WYY-I 型光学折射盐度计测量,碱度用多参数水质检测仪 HI 83200 测量,pH、溶氧、氨氮、亚硝酸盐等水质指标分别用北京兰康保科技有限公司研制生产的养殖用水质检测试剂盒测试,精确到 0.1 mg/L。

1.3 方法

1.3.1 盐碱耐受性测定 研究在室内水族箱中(65 cm×45 cm×35 cm)进行。根据预实验结果,设置盐度梯度为 10、15、20、25,碱度梯度为 2、4、6、8、10、12 g/L (NaHCO₃ 质量浓度),盐碱混合梯度是盐度为 10、15,碱度为 2、4、6 g/L 的双列组合(6 个梯度),每个梯度组均设置 3 个重复,每个重复中鱼种 10 尾。研究期间,各组均不投喂,持续充氧,保持 pH 在 8.6 以内。研究开始后,前 12 h 连续观察尼罗罗非鱼的活动情况,分别记录各组在 24、48、72、96 h 的死亡尾数。以鳃盖停止活动、外来刺激无反应判为死亡(Watanabe *et al.*, 1985)。

1.3.2 盐碱水养殖 研究在养殖车间水泥池(5.8 m×4.8 m×1.6 m)中进行。设置淡水组、盐度为 10 组、盐碱混合组(盐度为 10,碱度为 2 g/L;盐度为 10,碱度为

4 g/L;盐度为 10,碱度为 6 g/L),分别用 S0A0、S10A0、S10A2、S10A4、S10A6 表示,设置 3 个重复。放养前,选择规格相近的不同品系尼罗罗非鱼鱼种作剪鳍标记。参照李学军等(2010)盐度慢性驯化方法,先将实验鱼从淡水中直接适应盐度为 10 水中,再逐步适应盐碱水。具体做法是先在驯化池中配制最低浓度梯度的盐碱水(盐度为 10,碱度为 1 g/L),池中悬挂网箱,将实验鱼分别放入网箱中适应 2 d;在兑水池中依次配制较高浓度梯度盐碱水,每次提高 1 g/L 碱度,用自吸泵注入驯化池中,将实验鱼逐步从低盐碱水向高盐碱水中转移,每个梯度中停留 2 d,待鱼体完全适应后,将罗非鱼依次放入相应的盐碱试验池中。每池中放入各品系鱼种 50 尾,同池饲养。研究前测量初始体重,养殖 60 d 后测量终末体重,精确到 0.1 g。养殖期间,投喂的是河北中捷罗非鱼良种场自行配制的罗非鱼饲料,每天定时、定量投喂 3 次,观察鱼的摄食与活动状态,保证实验鱼充分摄食,并根据鱼的生长情况适当调整投喂量。7 d 换水 1 次,每池换水量约占试验池总水量的 1/3。研究期间,实验池各项水质指标的范围水温为 22.4–27.6℃,溶解氧质量浓度为 5.3–7.5 mg/L,氨氮质量浓度为 0–0.5 mg/L,亚硝酸盐质量浓度为 0–0.2 mg/L, pH 为 8.2–9.4。

1.4 数据分析与统计

统计每个时间点各个处理组的死亡尾数、平均死亡率,利用 SPSS19.0 软件中的概率单位法计算不同品系尼罗罗非鱼鱼种的 96 h 盐碱半致死浓度(LC₅₀)。统计养殖实验中尼罗罗非鱼的初始体重和终末体重的平均值及标准差,计算各个盐碱梯度下 3 种品系尼罗罗非鱼的日均增重率,并用 Duncans' 多重比较进行差异显著性分析,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性水平。

2 结果

2.1 尼罗罗非鱼鱼种的盐碱耐受性

2.1.1 盐度耐受性 3 种品系的尼罗罗非鱼鱼种盐度耐受性结果见表 1。从表 1 可以看出,盐度为 10、15 时,上海、山东品系 96 h 活动正常,河北品系 72 h 时有 4.2% 死亡;盐度为 20 时,上海品系仅 8.3% 个体存活到 96 h;在盐度为 25 时,3 种品系个体在 48 h 时的平均死亡率达 88.9%,且没有个体可以存活到 72 h。3 种品系尼罗罗非鱼盐度的 96 h 半致死浓度(MLS-96 值)比较情况为:山东品系(20.347)大于河北(19.342)、上海品系(18.528),山东品系与上海品系之间差异显著($P < 0.05$)。

表 1 盐度组 3 种品系尼罗罗非鱼鱼种不同时间下的平均死亡率和 96 h 半致死浓度

Tab. 1 The average mortality rate at different time and 96 h median lethal concentration among three strains of *O. niloticus* under different salinity

品系 Strain	盐度 Salinity	平均死亡率 Average mortality rate(%)				96 h 半致死浓度 96 h median lethal concentration
		24 h	48 h	72 h	96 h	
上海 Shanghai	10	0	0	0	0	18.528
	15	0	0	0	0	
	20	16.7	66.7	83.3	91.7	
	25	91.7	95.8	100	100	
山东 Shandong	10	0	0	0	0	20.347
	15	0	0	0	0	
	20	8.3	29.2	37.5	37.5	
	25	75.0	79.2	100	100	
河北 Hebei	10	0	0	0	0	19.342
	15	0	0	4.2	4.2	
	20	12.5	41.7	45.8	54.2	
	25	83.3	91.7	100	100	

2.1.2 碱度耐受性 3 种品系尼罗罗非鱼鱼种的 NaHCO_3 碱度耐受性结果见表 2。从表 2 可以看出, 2 g/L 碱度中, 各品系 96 h 全部存活; 4 g/L 碱度中, 上海品系 96 h 内完全正常, 山东、河北品系极少数死亡;

随着碱度增加, 各品系不同处理时间下死亡数均有明显增加; 12 g/L 碱度中, 3 种品系 96 h 内全部死亡。不同品系之间 96 h 半致死碱度无显著差异($P>0.05$)。

2.1.3 盐碱混合耐受性 3 种品系尼罗罗非鱼鱼种的盐碱混合耐受情况见表 3。从表 3 可以看出, 在盐度为 10、碱度为 6 g/L 时, 3 种品系 96 h 时只有少数存活; 在盐度为 15、碱度为 6 g/L 时, 3 种品系 24 h 内均全部死亡。盐度为 10 时, 3 种品系鱼种之间的 96 h 半致死碱度差异显著($P<0.05$); 盐度为 15 时, 3 种品系 96 h 半致死碱度均无显著差异($P>0.05$)。

2.2 尼罗罗非鱼成鱼阶段盐碱水养殖

3 种品系尼罗罗非鱼鱼种的养殖实验结果见表 4 和图 1。

S0A0、S10A0、S10A2 组中, 3 种品系 60 d 养殖中成活率均为 100%, S10A4 组中成活率达 96%, S10A6 组中成活率为 80%–88%。

各实验组中, 不同品系尼罗罗非鱼的日增重率见图 1。从图 1 可以看出, 随着盐碱度的增加, 各品系日均增重率的大体趋势表现为有所下降。在 S0A0、S10A0 组中, 3 种品系日均增重率间无显著差异($P>0.05$); 在 S10A2 组中, 河北品系日均增重率显著大于上海品系($P<0.05$), 但与山东品系之间差异不显著($P>0.05$);

表 2 单碱组中 3 种品系尼罗罗非鱼鱼种不同时间下的平均死亡率和 96 h 半致死浓度

Tab. 2 The average mortality rate at different time and 96 h median lethal concentration among three strains of *O. niloticus* under different alkalinity

品系 Strain	NaHCO_3 碱度 NaHCO_3 alkalinity (g/L)	平均死亡率 Average mortality rate(%)				96 h 半致死浓度 96 h median lethal concentration (g/L)
		24 h	48 h	72 h	96 h	
上海 Shanghai	2	0	0	0	0	8.827
	4	0	0	0	0	
	6	12.5	25.0	25.0	25.0	
	8	20.8	33.3	33.3	33.3	
	10	33.3	45.8	45.8	50	
山东 Shandong	12	66.7	87.5	95.8	100	8.540
	2	0	0	0	0	
	4	4.2	4.2	4.2	4.2	
	6	16.7	20.8	20.8	20.8	
	8	16.7	25	29.2	33.3	
	10	37.5	54.2	54.2	54.2	
河北 Hebei	12	70.8	87.5	91.7	100	8.542
	2	0	0	0	0	
	4	4.2	4.2	4.2	4.2	
	6	20.8	25	25	25	
	8	20.8	33.3	37.5	37.5	
	10	29.2	41.7	41.7	45.8	
	12	66.7	91.7	100	100	

表 3 盐碱组中 3 种品系尼罗罗非鱼种不同时间下的平均死亡率和 96 h NaHCO₃ 碱度半致死浓度
Tab. 3 The average mortality rate at different time and 96 h NaHCO₃ median lethal concentration among three strains of *O. niloticus* under different salinity-alkalinity

品系 Strain	盐度 Salinity	NaHCO ₃ 碱度 NaHCO ₃ alkalinity (g/L)	平均死亡率 Average mortality rate(%)				96 h 半致死浓度 96 h median lethal(g/L)
			24 h	48 h	72 h	96 h	
上海 Shanghai	10	2	0	4.2	8.3	8.3	
		4	0	45.8	75	75	3.561
		6	20.8	45.8	50	75	
		2	29.2	33.3	33.3	33.3	
山东 Shandong	15	4	62.5	100	100	100	2.144
		6	100	100	100	100	
		2	4.2	4.2	4.2	4.2	
		4	4.2	41.7	75	83.3	3.108
河北 Hebei	10	6	25	45.8	79.2	100	
		2	16.7	29.2	29.2	29.2	
		4	62.5	100	100	100	2.183
		6	100	100	100	100	
河北 Hebei	15	2	0	4.2	4.2	4.2	
		4	4.2	8.3	25	33.3	4.377
		6	16.7	37.5	45.8	83.3	
		2	16.7	20.8	29.2	29.2	
	15	4	83.3	100	100	100	2.183
		6	100	100	100	100	

表 4 不同盐碱处理组中 3 种品系尼罗罗非鱼鱼种的生长和成活率比较

Tab. 4 Comparison of growth and survival rate among three strains of *O. niloticus* under different salinity-alkalinity treatments

处理组 Treatment	品系 Strain	初始体重 Initial weight (g)	终末体重 Final weight (g)	日均增重率 AGR (g/d)	成活率 Survival rate (%)
S0A0	上海 Shanghai	151.91±32.97	335.36±57.27	3.01±0.93 ^{ab}	100
	山东 Shandong	159.28±24.52	339.50±58.88	2.95±0.96 ^{ab}	100
	河北 Hebei	157.64±32.61	344.38±61.79	3.06±1.01 ^a	100
S10A0	上海 Shanghai	150.46±40.70	324.97±60.71	2.86±0.99 ^{abc}	100
	山东 Shandong	144.12±38.32	320.85±53.63	2.90±0.87 ^{ab}	100
	河北 Hebei	158.03±47.77	331.14±45.83	2.84±0.75 ^{abc}	100
S10A2	上海 Shanghai	141.70±38.08	294.50±49.63	2.25±0.72 ^{de}	100
	山东 Shandong	151.79±43.11	324.42±55.24	2.54±0.81 ^{bcd}	100
	河北 Hebei	154.98±37.40	341.90±46.37	2.75±0.68 ^{abc}	100
S10A4	上海 Shanghai	141.19±41.08	285.45±37.07	2.40±0.61 ^{ede}	100
	山东 Shandong	139.95±42.40	262.21±46.20	2.04±0.77 ^{ef}	96.0
	河北 Hebei	159.48±42.46	312.73±44.38	2.55±0.73 ^{bcd}	96.7
S10A6	上海 Shanghai	157.15±31.56	242.80±32.08	1.48±0.55 ^{gh}	88.0
	山东 Shandong	150.87±34.00	218.00±44.37	1.16±0.76 ^h	80.0
	河北 Hebei	150.92±45.26	250.56±25.58	1.72±0.44 ^{fg}	86.7

在 S10A4、S10A6 组中,河北品系明显高于山东 ($P < 0.05$),与上海品系间无显著差异 ($P > 0.05$)。

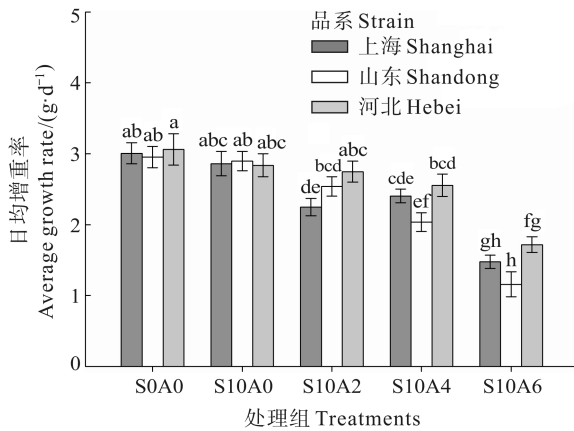


图1 不同盐碱混合组中3种品系尼罗罗非鱼日均增重率比较
Fig. 1 AGR comparison among three strains of *O. niloticus* under different salinity-alkalinity treatments

注: 同一栏内平均值后字母相同者表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)

Notes: Means in the same column with same superscript letters are not significantly different ($P > 0.05$), while those with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 尼罗罗非鱼鱼种的盐碱耐受性

尼罗罗非鱼为广盐性鱼类,但其盐度耐受范围相对较窄。本研究中,鱼种直接放入盐度为15时,会有明显应激反应,但大部分鱼都可以经过自身调整后正常存活;进入盐度为20时,仅少数个体能存活到96 h。盐度为15–20之间死亡率急剧上升,受本研究鱼种数量所限,未能进一步缩小实验浓度梯度,后续研究中将增加盐度15–20之间的盐度耐受性分析。进入盐度为25时,所有个体存活时间都不超过72 h。不同品系尼罗罗非鱼鱼种的96 h半致死盐度为18.5–20.3,而李学军等(2010)在不同种类罗非鱼耐盐性研究结果中得出,尼罗罗非鱼的96 h半致死盐度为14.9,这可能是由于本研究所用鱼种在鱼苗期经过盐碱驯化养殖(赵丽慧等,2013),自身耐受性得到一定增强的结果。

单碱耐受性中,在2 g/L NaHCO_3 碱度组中,鱼种96 h无死亡;在4 g/L NaHCO_3 碱度组中,山东、河北品系开始有少数死亡;随着碱度增加,死亡率明显增加,10 g/L NaHCO_3 碱度组中,死亡率达到50%以上;12 g/L NaHCO_3 碱度组中,96 h全部死亡。不同品系尼罗罗非鱼鱼种96 h半致死碱度浓度为8.540–

8.827 g/L。雷衍之等(1985)曾在碳酸盐碱度对鱼类毒性作用的研究中得出,尼罗罗非鱼耐碱性pH为9.44、总碱度为41.6 mmol/L条件下尼罗罗非鱼鱼苗96 h内不会发生死亡。由于规格大小不一样,鱼苗和鱼种的耐盐碱性也会出现较大差异。本研究中,尼罗罗非鱼盐碱度耐受性值高于雷衍之等(1985)的研究结果,一方面可能是由于实验鱼种规格较大,另一方面可能是由于本研究中,pH控制在尼罗罗非鱼的耐受范围内。为防止尼罗罗非鱼因pH值过高致死,在本研究中的盐度组、碱度组、盐碱混合组中,用盐酸调节水中pH,使pH均保持在9.0以下。

盐碱混合浓度耐受性研究中,盐度为10时,3个品系尼罗罗非鱼鱼种96 h半致死碱度分别为:河北品系(4.377 g/L) > 上海品系(3.561 g/L) > 山东品系(3.108 g/L),品系之间差异显著 ($P < 0.05$);而盐度为15时,3个品系尼罗罗非鱼鱼种96 h半致死碱度值下降,分别为2.144 g/L, 2.183 g/L, 2.183 g/L,品系间无显著差异 ($P > 0.05$)。高盐度下尼罗罗非鱼鱼种的碱度耐受性低于低盐度下的碱度耐受性,这也表明盐碱混合条件下,盐度与碱度间存在联合毒性作用,其毒性比单盐、单碱更大(郑伟刚等,2004)。在盐度为10的盐碱混合处理中,由于遗传背景不同,不同品系间耐受性尚存在一定的差异;而盐度为15的盐碱混合处理中,由于浓度已超出尼罗罗非鱼鱼种的耐受性强度,死亡率急剧上升,导致品系间差异消失。作者认为,这些尼罗罗非鱼品系暂宜在较低的盐碱混合浓度下养殖。

3.2 尼罗罗非鱼成鱼阶段的盐碱养殖生长

从不同盐碱浓度处理组生长结果来看,尼罗罗非鱼日均增重率在S10A0、S10A2组中与S0A0组中无显著差异 ($P > 0.05$)。S10A4组中日均增重率有下降趋势,S10A6组中,各品系鱼种均表现出明显下降趋势 ($P < 0.05$)。日均增重率下降的原因主要是由于盐碱交互抑制作用,抑制作用可能通过中枢神经影响其活动状态(Segnini de Bravo, 2003),以及摄食行为、摄食量(孙雪梅等,2012)和饵料转化效率等实现(胡炜等,2012)。养殖试验期间,3种品系尼罗罗非鱼鱼种在S0A0、S10A0、S10A2组中的成活率均为100%,S10A4组山东品系、河北品系的成活率分别为96%和96.7%,而S10A6组中成活率则明显降低,上海、山东、河北3种品系的存活率分别为88%、80%、86.7%。养殖实验中,S0A0、S10A0、S10A2组中,鱼体活动正常、摄食旺盛;S10A4组鱼体活动状态不如S0A0、

S10A0、S10A2 组,摄食量下降但并不明显;而 S10A6 组中的鱼体活动明显减弱,行动迟缓,多在水中下层游动,摄食量明显减少。由此认为,尼罗罗非鱼的适宜养殖盐碱度应在 S10A6 范围之内。

在 S0A0、S10A0 组,上海、山东、河北 3 种品系尼罗罗非鱼的日均增重率间均无显著差异($P>0.05$)。而在 S10A2 组中,河北品系高于山东、上海品系($P<0.05$),在 S10A4 和 S10A6 组中,河北品系高于上海、山东品系($P<0.05$)。不同品系在不同盐碱混合浓度下表现一定的生长差异,这种差异原因主要与其遗传背景不同相关(赵丽慧等, 2013)。在 3 种品系幼鱼阶段的盐碱生长比较中,河北品系和上海品系在 S20A2、S20A3 中较山东品系表现一定的生长优势(赵丽慧等, 2013);成鱼阶段盐碱养殖中,河北品系在 S10A4、S10A6 中表现较为明显的生长优势。结合耐盐碱性能与幼鱼、成鱼阶段的生长综合表现,认为河北品系可能更适合作为耐盐碱尼罗罗非鱼选育的候选品系。

参 考 文 献

- 么宗利, 李思发, 李学军, 等. 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼耐盐驯化初步报告. 上海水产大学学报, 2003, 12(2): 97-101
- 么宗利, 王慧. 罗非鱼咸水养殖研究进展. 海洋渔业, 2006, 28(3): 251-255
- 王慧, 耿隆坤, 房文红, 等. 中国对虾往西北内陆咸水水域移植的生产性试养研究. 海洋渔业, 1997, 19(1): 9-12
- 史为良. 我国某些鱼类对达里湖碳酸盐型半咸水的适应能力. 水生生物学集刊, 2005, 7(3): 359-369
- 孙雪梅, 陈碧鹃, 高萍, 等. 高盐胁迫对黄河口四角蛤蜊摄食与生长的影响. 渔业科学进展, 2012, 33(5): 85-90
- 李学军, 李爱景, 李思发, 等. 新引进萨罗罗非鱼与其它 8 种罗非鱼耐盐差异. 水产学报, 2010, 34(7): 1072-1079
- 郑伟刚, 张兆琪, 张美昭. 澎泽鲫幼鱼对盐度和碱度耐受性的研究. 集美大学学报(自然科学版), 2004, 9(2): 127-130
- 赵丽慧, 笪金华, 赵金良, 等. 不同盐、碱度下 3 种品系尼罗罗非鱼幼鱼网箱养殖的生长比较. 南方水产科学, 2013, 9(4): 1-7
- 党广成, 刘羽清, 付佩胜, 等. 高温诱导对尼罗罗非鱼性别分化及生长的影响. 渔业科学进展, 2011, 32(5): 32-37
- 胡炜, 李成林, 赵斌, 等. 低盐胁迫对刺参存活、摄食和生长的影响. 渔业科学进展, 2012, 33(2): 92-96
- 雷衍之, 董双林, 沈成钢. 碳酸盐碱度对鱼类毒性作用的研究. 水产学报, 1985, 9(2): 171-183
- Al-amoundi MM. Acclimation of commercially cultured *Oreochromis* species to sea water-an experimental study. Aquaculture, 1987, 65(3): 333-342
- Lemarié G, Baroiller JF, Clota F, et al. A simple test to estimate the salinity resistance of fish with specific application to *O. niloticus* and *S. melanotheron*. Aquaculture, 2004, 240(1-4): 575-587
- Payne AI, Collinson RI. A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* with those of *S. aureus* and other tilapia of the delta and lower Nile. Aquaculture, 1983, 30(1-4): 335-351
- Segnini de Bravo MI. Influence of salinity on the physiological conditions in mussels, *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae). Revista de Biología Tropical, 2003, 51(4): 153-158
- Watanabe WO, Kuo CM, Huang MC. The ontogeny of salinity tolerance in the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, and *O. mossambicus*×*O. niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater. Aquaculture, 1985, 47(4): 353-367

(编辑 陈严)

The Tolerance and Growth of Three Strains of *Oreochromis niloticus* in Salinity-Alkalinity Water

ZHAO Lihui¹, JIA Jinhua², ZHANG Yanhong², REN Bingchen², LIANG Congfei¹, ZHAO Jinliang¹

(1. Key Laboratory of Freshwater Fisheries Germplasm Resource, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 2. Hebei Sino-Czech National Tilapia Seed Farm, Cangzhou 061108)

Abstract The breeding of fish species that tolerate saline-alkaline is of great importance in the usage of salinity-alkalinity water bodies and in the sustainable development of aquaculture industry. Due to their fast growth rate and excellent adaptability to different environments, Nile tilapia *Oreochromis niloticus* could be a good candidate for the saline-alkaline tolerance breeding. In this study we evaluated the tolerance and growth performance of three strains of juvenile Nile tilapia (Shanghai, Shandong and Hebei strains) in salinity-alkalinity water. During a 60-day culture experiment we compared the average growth rates of the three strains in different salinity-alkalinity water (S0A0, S10A0, S10A2, S10A4, and S10A6) and their median lethal saline/alkaline concentrations. The results showed that in the 96 h culture the median lethal salinities for juvenile Shanghai, Shandong, Hebei strain were 18.528 g/L, 20.347 g/L, and 19.342 g/L respectively; the median lethal NaHCO₃ alkalinities were 8.827 g/L, 8.540 g/L, and 8.542 g/L respectively. For mixed salinity-alkalinity test, at salinity 10 the 96-h lethal alkalinity was 4.377 g/L for Hebei strain, 3.561 g/L for Shanghai strain, and 3.108 g/L for Shandong strain; at salinity 15, it was 2.144 g/L for Hebei strain, 2.183 g/L for Shandong strain, and 2.183 g/L for Shanghai strain ($P>0.05$). The alkaline tolerance of Nile tilapia at high salinity was significantly lower than that at low salinity ($P<0.05$). The growth experiment results showed that there was no significant difference in the average growth rate between S0A0, S10A0 and S10A2. However, the average growth rate decreased at S10A4 and was significantly lower at S10A6 ($P<0.05$). Hebei strain showed a higher growth rate than Shanghai and Shandong strains at S10A2, S10A4 and S10A6 ($P<0.05$). Our results should provide important clues about the suitable salinity and alkalinity of the culture water bodies and about the selected breeding of Nile tilapia.

Key words *Oreochromis niloticus*; Salinity-alkalinity treatment; 96 h median lethal concentration; Average growth rate