

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00430

4种遗传型罗非鱼的耐盐慢性驯化表现

范武江^{1,2}, 李思发¹, 孟庆辉¹, 刘于信¹

1. 上海海洋大学 农业部水产种质资源与利用重点开放实验室, 上海 201306;

2. 上海市水产研究所, 上海市水产技术推广站, 上海 200433

摘要: 在实验室小水体中, 对尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*, 新吉富)、萨罗罗非鱼(*Sarotherodon melanotheron*)以及它们的杂交 F1 和 F2(“吉丽”罗非鱼)进行盐度梯度实验, 观察其耐盐能力。采用 4(遗传型)×4(水平或重复)随机区组设计。对照组全程维持淡水养殖; 实验组起始盐度为 0, 盐度每天提高 8 直至实验鱼 100%死亡。在水温保持(27.2±1.3)°C、正常投饵情况下, 萨罗罗非鱼、尼罗罗非鱼、杂交 F1 及 F2 的 50%死亡盐度平均值(MLS)分别为 125.78±1.66、54.22±2.51、77.33±1.89 和 73.73±1.32; 萨罗罗非鱼的累计存活率(CS)和 MLS 值均显著高于尼罗罗非鱼、杂交 F1 和 F2($P<0.05$); 杂交 F1 和 F2 的 CS 值及 MLS 值均显著高于尼罗($P<0.05$); F2 和 F1 之间 CS 值和 MLS 值差异不显著($P>0.05$)。

关键词: 萨罗罗非鱼; 尼罗罗非鱼; 杂交 F1; 杂交 F2; 慢性驯化; 耐盐

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)03-0430-06

尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*, 以下简称“尼罗”)自 1978 年以来多次引进中国, 成为中国主要养殖鱼类之一, 其生长快, 但耐盐能力一般, 仅适合淡水养殖。萨罗罗非鱼(*Sarotherodon melanotheron*, 以下简称“萨罗”)于 2002 年引进中国, 耐盐能力强, 但生长慢^[1]。这两种罗非鱼在分类上归不同属, 在繁殖习性上尼罗为雌鱼口孵, 萨罗则主行雄鱼口孵, 两种鱼不能自然交配。2004 年本实验室通过人工杂交首次得到了少量杂交子一代(F1); 2005 年以来, 由 F1 自繁批量获得了 F2, 2009 年, 农业部审定批准为水产新品种, 命名为吉丽罗非鱼(新品种登记号为 GS-02-002-2009)。

历年来, 本实验室对尼罗、萨罗及吉丽罗非鱼曾先后进行了一系列的耐盐及生长实验^[2-4]。由于杂交 F1 材料宝贵, 因此直至 2008 年在获得较多 F1 的前提下, 才使 F1 耐盐性能研究得以进行。本研究以尼罗、萨罗、杂交 F1 及 F2 为实验材料,

初步探讨了罗非鱼远缘杂交对其后代耐盐遗传性能的影响, 以及两个连续后代耐盐遗传性能的差异, 以为耐盐新品种吉丽罗非鱼的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼

(1)尼罗罗非鱼为以 1994 年从国际水生生物资源管理中心(ICLARM)引进的 GIFT 品系为基础群体选育的良种——新吉富罗非鱼, 生长快, 耐盐能力一般; (2)萨罗罗非鱼原产非洲加纳, 是由 2002 年从美国引进的原始亲本繁殖的后代; (3)尼罗×萨罗 F1 于 2008 年生产; (4)尼罗×萨罗 F2 是 2004 年生产的杂交 F1 的自繁后代。4 种遗传型罗非鱼均于 2008 年 8 月中旬分别从各自的群体中挑选, 各群体挑选 60 尾体格健壮、规格基本一致的幼鱼(平均体质量 10~14 g, 体长 4~6 cm)备用。

收稿日期: 2011-08-14; 修订日期: 2011-11-07.

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金项目(CARS-49-4B).

作者简介: 范武江(1974-), 男, 博士, 工程师, 研究方向为水产动物遗传与育种. E-mail: fanwujiang@126.com

通信作者: 李思发, 教授, 博士生导师. E-mail: sfli@shou.edu.cn

1.2 实验设计

实验在河北省中捷国家级罗非鱼良种场完成。准备 1 个 500 L 的水箱用于制备各种盐度的咸水, 实验在容积为 50 L 的泡沫箱中进行, 采用 4(遗传型)×4(1 淡水组+3 咸水组)随机区组设计, 萨罗、尼罗、杂交 F1 和杂交 F2 各设 3 个重复(咸水)和 1 个对照(淡水), 共 16 个实验组。对照组使用曝气 3 天以上的深井水(盐度为 0)养殖, 实验组起始盐度为 0, 盐度每天提高 8 直至实验鱼 100% 死亡; 低于 65 盐度的各级咸水直接用当地海水晒盐场的卤水(65 盐度)与深井水勾兑, 高于该盐度的咸水则用卤水中添加海盐制备。在泡沫箱上覆盖渔网防鱼跳逸; 箱内交错放置 3 根直径 8 cm、长 30 cm 的 PVC 管给实验鱼提供躲避场所。实验期间采用自然光照并用充气泵全程充气增氧。

1.3 水质参数检测

使用读数精确度为 0.1℃ 的水银温度计测量水温; 用美国海洋研究所生产的盐度计(PINPOINT® Salinity Monitor, American Marine Inc.)测量盐度, 精确到±0.1; 用雷磁 E-201-C 型 pH 计测量 pH 值; 用 RJY®-1A 型溶氧仪测量溶氧量, 精确到±0.1 mg/L; 用 Aquamerck 试剂盒检测总氮(TA-N)。每天上午 9 点测量水温, 其余指标每周测量 1 次。

1.4 实验管理

所有实验鱼从孵化基地转运到实验室后, 先暂养在淡水中 10 d 以适应环境。每天投喂罗非鱼专用浮性颗粒饲料 3 次(8:30, 13:00, 16:00), 投喂量合计约为总鱼体质量的 7%。上午 9 点换水 50%, 清除残饵和粪便。

第 10 天上午, 停止喂食, 10:00 点(标记为 t_0)将鱼捕出, 每种实验鱼各随机选取 40 尾, 分放到 4 个已装好 50 L 淡水的泡沫箱中, 每箱 10 尾。稍后准备盐度为 16 的咸水 320 L 为第 2 天备用。

第 11 天上午 9:00(t_0+24), 虹吸法排一半水(25 L), 小心地清除粪便和残饵; 同时将塑料管从水箱中取出, 清洗后放回原处。到上午 10:00, 3 个重复组补足 25 L 盐度为 16 的咸水使实验组盐度提高到 8; 对照组则添加 25 L 淡水。考虑到换

水过程中可能会产生人为误差, 换水 15 min 后再次测量实验组每个水箱的盐度, 根据需要适量补充淡水或咸水使所有实验箱盐度为 8。然后配制 24 盐度的咸水 320 L。每天检查实验鱼的活动状态并统计在此之前 24 h 内的死亡数, 判断实验鱼是否死亡以用玻璃棒刺鱼体表而鱼没有应激反应为准^[5]。重复上述 4 个步骤(投饵-换水-记录死亡鱼数-准备高于当天实验组盐度 16 的咸水), 当实验组最后 1 尾鱼死亡, 耐盐实验即结束; 同时淡水对照组也捕出进行处理。

1.5 数据统计分析

根据实验结果, 统计对应于各盐度变化下的累计存活率 $CS=100\%$ -累计死亡率。作出相对于盐度的从 100% 到 0% 的 CS 曲线图, 推算出每组实验鱼的半致死盐度(MLS), 即死亡率为 50% 时的盐度值。

$$NLS = LSI + \frac{8(CS1 - CS50)}{CS1 - CS2}$$

LS1: CS1 对应的盐度值;

CS1, CS2: MLS 前后对应盐度的累计存活率;

CS50: MLS 对应盐度时的累计存活率。

实验结果应用 EXCEL® 软件进行 γ^2 相关关系分析; 在每一个分组实验条件下, 综合 3 个重复组合的 MLS 值, 计算其平均值和标准差; 对每两种实验条件下的平均 CS 和 MLS 值进行差异显著性检验(t -Test)。差异显著度为 0.05。

2 结果与分析

实验水体最大载鱼量为 2.8 g/L; 各项水质指标分别为: 溶解氧(5.5±0.5) mg/L, pH 7.7±0.2, 总氮氮(2.5±1.5) mg/L, 水温保持在(27.2±1.3)℃, 这些指标全部处于罗非鱼的安全范围之内^[6]。

整个实验过程中, 4 种遗传型罗非鱼的对照组中没有出现死亡; 在实验组, 尼罗在盐度 24 左右时, 摄食量下降; 32 盐度时完全停止摄食, 游泳行为开始表现异常, 体表黑色素沉积加重; 在 40 盐度出现第 1 尾鱼死亡, 再经过 6 d 后盐度提高到 80, 尼罗组合所有实验鱼全部死亡。萨罗在 80 盐度以下一切体征正常, 高于 80 盐度后停止摄食,

游泳行为异常,表现为活力下降,第 1 尾鱼死亡和体表黑色素斑块出现在盐度 96 左右,最后 1 尾鱼死亡发生在盐度 144,维持时间为 5 d。杂交 F1 和 F2 的耐盐表现基本一致,这两个组合停食时盐度、第 1 尾鱼死亡和最后 1 尾鱼死亡时的盐度分别为 40、56、96,持续时间为 5 d。

4 种遗传型罗非鱼的早期死亡个体均表现为偶鳍基部和鳃盖边缘充血,个别鱼胸鳍严重充血;后期死亡个体鳃丝边缘和尾鳍末端腐烂,体形干瘪,体表黏液减少。图 1 显示以盐度为水平函数的累计存活率(CS)的变化情况,每种鱼 CS 值随盐度升高而下降,在各自的 CS=50%左右,死亡速度剧增。

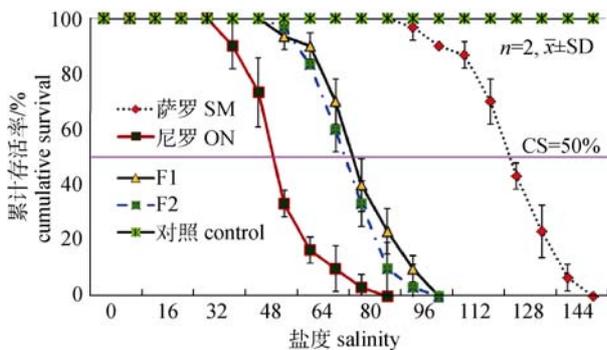


图 1 萨罗罗非鱼、尼罗罗非鱼、杂交 F1、杂交 F2 的累计存活率(CS)与盐度的关系

Fig. 1 Cumulative survival(%) versus salinity in *Sarotherodon melanotheron*(SM), *Oreochromis niloticus* (ON), hybrids F1, and F2

图 2 表示 4 种遗传型罗非鱼在每天提高 8 盐度情况下的半致死盐度(MLS)。萨罗的平均 MLS 为 125.78 ± 1.66 , 尼罗平均 MLS 为 54.22 ± 2.51 , 这两种罗非鱼之间的 MLS 值相差 71.56, 差异极显著($P < 0.01$); 杂交 F1、杂交 F2 的 MLS 值分别为 77.33 ± 1.89 和 73.73 ± 1.32 , 萨罗与杂交 F1、杂交 F2 之间的平均 MLS 值也呈现极显著差异($P < 0.01$)。在同样实验条件下, F1、F2 的平均 CS 平均值和 MLS 平均值差异不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 实验方法和耐盐指标

罗非鱼是一种广盐性鱼类,为了检测其耐盐

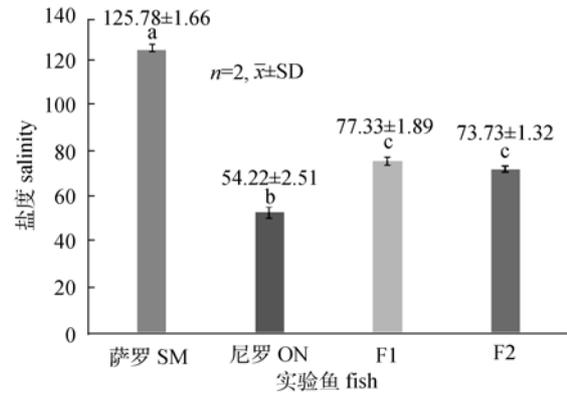


图 2 盐度每天提高 8 的情况下萨罗罗非鱼、尼罗罗非鱼、杂交 F1、杂交 F2 的平均半致死盐度
标有不同字母的组之间具有显著差异($P < 0.05$), 标有相同字母的组之间差异不显著($P > 0.05$)。

Fig. 2 Mean median lethal salinity (MLS) for *Sarotherodon melanotheron* (SM), *Oreochromis niloticus* (ON), hybrids F1 and F2 under the daily increase of salinity being 8.

Different letters above the bars mean significant differences ($P < 0.05$), while the same letters mean no significant differences ($P > 0.05$).

性能,一般是直接把鱼从淡水转入到一定盐度的咸水或海水中,统计分析其 96 h 半致死盐度值 (MLS-96 h)、平均存活时间(MST)、50%存活时间(ST_{50})等指标^[1, 7-10]。由于不同种/属罗非鱼对盐度变化的应激适应能力不一致,特别是对急性应激的适应能力不仅与其种类、个体大小、生理状态^[7]有关,而且驯化方式^[11]也直接影响耐盐实验结果。Al-Amoudi^[12]曾报道,当把尼罗直接转入海水,短时间内就 100%死亡,这样就无法估算 MLS-96 h, Villegas 等^[10]采用上述实验方法,得出尼罗与莫桑比克罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)及其杂交子代之间的 MLS-96 h 无显著差异的结论,而莫桑比克罗非鱼与萨罗一样,是公认的耐盐性强的种类,如果将其直接转入到盐度超过 35 的海水中,其 MST 值和 ST_{50} 值都将达到无穷大,因为它们在这样的水体中完全能够正常生存。因此研究者为了准确区分不同种类罗非鱼的耐盐性能,不得不进行大量的预实验,这样就必须消耗大量的实验鱼、实验材料、人力以及时间。Perschbacher^[13]的研究表明,如果采用慢性耐盐驯化的方法,大多数种类的罗非鱼都能够适应从淡水到海水的生境转变,有些种类甚至能耐受盐度 70 以上的咸水,可见耐

盐实验的关键是采用合适的盐度梯度。Sardella等^[14]对加利福尼亚的莫桑比克罗非鱼幼鱼进行慢性耐盐实验,发现每天提高水体盐度 10 比较适宜。Lemarié等^[11]采用不同的盐度梯度研究了尼罗和萨罗的耐盐水平差异,结果表明,对于尼罗,每天提高水体盐度分别为 2、4、6、8 时,除了历时不同以外,尼罗MLS值无显著差异,但是当盐度梯度高于 8 以后,MLS值显著下降,实验结果与Al-Amoudi^[12]等的结果一致。对于萨罗,盐度梯度在 2~12 范围内其MLS值都没有显著差异;而且在盐度梯度为 8 的条件下,萨罗的MLS值比尼罗的MLS值高出 77.8 盐度,两者之间差异极其显著(图 3)。因此,对于尼罗和萨罗,每天提高实验水体 8 盐度,采用MLS这 1 个耐盐指标就可以得到比较好的实验结果。本研究也表明采用这种方法具有如下优点:(1)耗时短:10~18 d;(2)工作量小:16 个组合每天的投饵、换水及清理工作,只需 1 个人 1.5 h就可完成;(3)数据分析少:只需要统计 1 个指标即MLS值;(4)实验结果合理可靠:可以体现实验鱼的正常耐盐水平并区分不同种属。

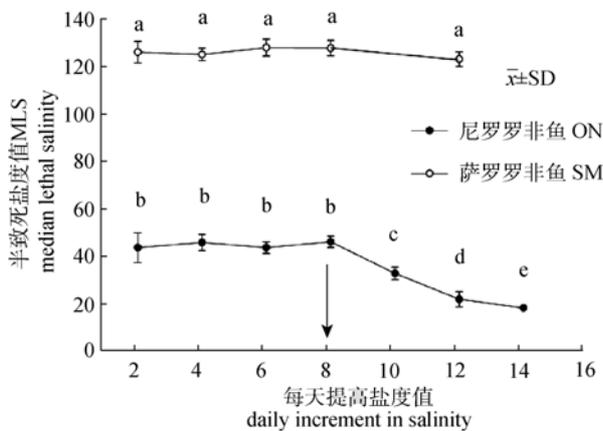


图 3 每天提高不同盐度条件下萨罗罗非鱼和尼罗罗非鱼的MLS值^[11]

Fig. 3 MLS versus daily increment in salinity for *Oreochromis niloticus* (ON) and *Sarotherodon melanotheron* (SM)^[11]

3.2 尼罗和萨罗的耐盐性能

鱼类鳃上皮分布的氯细胞可以调节渗透压平衡,以适应水体环境盐度的变化,在淡水中氯细胞吸收盐分,在海水中则排除盐分。当鱼从低盐

度水体转入到较高盐度水体中时,氯细胞的数量和形态发生改变^[11, 15-16],其中海水罗非鱼仅有深孔型一种形态的氯细胞;与这种变化相一致的还有泌乳素分泌的减少^[17],Na-K-ATP酶活性的增强^[18],使多余盐分顺利排出。笔者也检测到在高盐度的咸水中,尼罗和萨罗NKCC基因在鳃中的表达量分别是在淡水中的 13.9 倍和 4.9 倍^[19],但是泌乳素基因的表达规律却完全相反。尼罗和萨罗为不同属,可能具有不同的渗透调节机能,尼罗为淡水型罗非鱼,氯细胞体积更小,数目更少,活性水平低,难以适应盐度梯度高于 8 的剧烈变化和过高的盐度环境;而萨罗是典型的海水型罗非鱼,因此在实验中直到将近 100 盐度才出现第一尾死亡,行为姿态表现异常,渗透调节压力可能已经达到其耐受的极限。Sardella等^[14]认为 50%个体死亡时的盐度是鱼不能忍受的极端盐度,即半致死盐度(MLS)。在极端盐度之上,氯细胞渗透调节能力下降,各种酶和其他细胞结构也无法转移更多盐分^[20],本研究中萨罗的MLS值为 125.78 ± 1.66 ,比尼罗的 54.22 ± 2.51 高出 71.56,差异极显著 ($P < 0.01$),但是从第一尾鱼死亡到最后尾死亡间隔时间却基本一致,分别为 6 d和 5 d,这可能是已经达到了极限盐度的结果。

3.3 杂交子代的耐盐性能

李思发等^[2-3]比较研究了杂交F2 与其原始亲本尼罗和萨罗在盐度为 0、15、20 及 25 时的耐盐性和生长性能,发现盐度 20~25 是杂交F2 的适宜生长盐度,在这一范围内的日均增重率为尼罗在盐度 0 下的 75%左右、萨罗在盐度 25 下的 4 倍左右,表明杂交F2 的生长性能远优于萨罗,而耐盐性能也优于尼罗。由于本研究的F2 是杂交F1(尼罗♀×萨罗♂)的自繁子代,它表现出来的既耐盐又生长快的优点只可能是来源于杂交F1。在本研究中,虽然杂交F1、F2 的耐盐性能与萨罗存在显著差异,但是其耐盐性能仍然显著优于尼罗,二者都已能够适应较高盐度的水体;其次,4 种遗传型罗非鱼的耐盐实验条件完全一致,从而可以排除环境因素的影响,杂交F1 和F2 相对于尼罗的耐盐优势可能遗传自萨罗;杂交F1 耐盐极限值

(MLS值为 77.33±1.89)只略高于F2 的(MLS值为 73.73±1.32), 差异并不显著($P>0.05$), 表明杂交F1 从其父本萨罗继承得到的耐盐优势是大部分地遗传给F2, 而不是发生显著衰退。在鱼类育种历史上, 杂交育种是进行遗传改良和培育新品种最有效的方法, 而且一般来说, 亲缘关系越远, 其杂交后代的杂种优势就越明显^[21]。本研究的实验材料尼罗和萨罗为不同属, 自然条件下不能交配, 二者之间不会发生遗传物质的交流, 其杂交子代理论上有具双亲优势的可能, 本研究结果及课题组历年来的结果表明, 通过属间杂交培育耐盐罗非鱼是切实可行的。

罗非鱼类的耐盐性能还与其他许多因素有关, Morgan等^[22]认为罗非鱼在适应咸水环境过程的短期能量消耗约占机体新陈代谢总能的 20%, 因此在耐盐实验过程中只要还有鱼摄食就必须正常投饵。其他如水温、水质以及工作人员的操作熟练程度等也会产生一定影响, 但是在目前还没有相关的操作规程和统一标准, 因此在今后研究耐盐罗非鱼的过程中, 这也是值得关注的一些方面。本研究的结果为区分不同种类罗非鱼及其杂交后代的耐盐性能提供一些方法上的参考, 同时也为耐盐罗非鱼的选育提供必要的辅助依据。

参考文献:

- [1] 李学军, 李思发, 么宗利, 等. 不同盐度下尼罗罗非鱼、萨罗罗非鱼和以色列红罗非鱼幼鱼生长、成活率及肥满系数的差异[J]. 中国水产科学, 2005, 12(3): 245-251.
- [2] 李思发, 颜标, 蔡完其. 尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼正反杂交后代耐盐性能的杂种优势及其与遗传的相关性的 SSR 分析[J]. 中国水产科学, 2008, 15(2): 189-198.
- [3] 李思发, 颜标, 蔡完其, 等. 尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼正反交鱼自繁后代 F2 耐盐性、生长性能及亲本对杂种优势贡献力的评估[J]. 水产学报, 2008, 32(3): 335-342.
- [4] 刘于信, 李思发, 蔡完其, 等. 耐盐罗非鱼育种回交效应评估[J]. 中国水产科学, 2009 (3): 332-340.
- [5] Watanabe W O, Kuo C M, Huang M C. The ontogeny of salinity tolerance in the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, and an *O. mossambicus* × *O. niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater.[J]. Aquaculture, 1985, 47(4): 353-367.
- [6] Alabaster J S, Lloyd R. Water quality criteria for freshwater fish[S]. Butterworth, London: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1982: 361.
- [7] Watanabe W O, Kuo C M, Huang M C. Salinity resistance of the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* and an *O. mossambicus* × *O. niloticus* hybrid. [J]. ICLARM Tech Rep, 1985, 16: 22.
- [8] 李家乐, 李思发, 韩风进. 罗非鱼五个品系耐盐性的比较研究[J]. 水产科技情报, 1999, 26(1): 3-7.
- [9] 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[J]. 上海海洋大学学报, 2003, 12(2): 97-101.
- [10] Villegas C T. Evaluation of the salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* and their F1 hybrids [J]. Aquaculture, 1990, 85(1-4): 281-292.
- [11] Lemarié G, Baroiller J F, Clota F, et al. A simple test to estimate the salinity resistance of fish with specific application to *O. niloticus* and *S. melanotheron*[J]. Aquaculture, 2004, 240(1-4): 575-587.
- [12] Al-Amoudi M M. Acclimation of commercially cultured oreochromis species to sea water—an experimental study [J]. Aquaculture, 1987, 65: 333-342.
- [13] Perschbacher P W. A review of seawater acclimation procedures for commercially important euryhaline tilapias [J]. Asian Fish Sci, 1992, 5: 241-148.
- [14] Sardella B A, Cooper J, Gonzalez R J, et al. The effect of temperature on juvenile Mozambique tilapia hybrids (*Oreochromis mossambicus* × *O. urolepis hornorum*) exposed to full-strength and hypersaline seawater[J]. Comp Biochem Physiol A: Mol Integr Physiol, 2004, 137(4): 621-629.
- [15] Avella M, Berhaut J, Bornancin M. Salinity tolerance of two tropical fishes, *Oreochromis aureus* and *O. niloticus*. I. Biochemical and morphological changes in the gill epithelium[J]. J Fish Biol, 1993, 42(2): 243-254.
- [16] Patrick P, Michel B. Physiology of salinity tolerance in tilapia: an update of basic and applied aspects[J]. Aquat Living Res, 1989, 2(2): 91-97.
- [17] Ayson F G, Kaneko T, Hasegawa S, et al. Differential expression of two prolactin and growth hormone genes during early development of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) in fresh water and seawater: Implications for possible involvement in osmoregulation during early life stages[J]. Gen Comp Endocrinol, 1994, 95(1): 143-152.
- [18] Hwang P P, Sun C M, Wu S M. Changes of plasma osmolality, chloride concentration and gill Na-K-ATPase activity in tilapia *Oreochromis mossambicus* during seawater

- acclimation[J]. Mar Biol, 1989, 100(3): 295–299.
- [19] 范武江, 李思发. 萨罗罗非鱼鳃 NKCC1a 基因 cDNA 克隆及 mRNA 组织差异表达[J]. 动物学研究, 2010, 31(6): 1–9.
- [20] Jonassen T M, Pittman K, Imsland A K. Seawater acclimation of tilapia, *Oreochromis spilurus spilurus* Günther, fry and fingerlings[J]. Aquacult Res, 1997, 28(3): 205–214.
- [21] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [22] Morgan J D, Sakamoto T, Grau E G, et al. Physiological and respiratory responses of the mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to salinity acclimation[J]. Comp Biochem Physiol, 1997, 117A(3): 391–398.

Saltwater tolerance of *Oreochromis niloticus* (NEW GIFTS), *Sarotherodon melanotheron*, and their F1 and F2 hybrids

FAN Wujiang^{1,2}, LI Sifa¹, MENG Qinghui¹, LIU Yuxin¹

1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Utilization, Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai Fisheries Technical Extension Station, Shanghai 200433, China

Abstract: We evaluated the saltwater tolerance of *Oreochromis niloticus*(NEW GIFTS), *Sarotherodon melanotheron*, and their hybrid F1 and F2 generations. Groups of 10 juveniles (10 to 14 g) of each species/hybrid generation were reared in freshwater then subjected to a gradual increase in salinity (8/d) until all fish died. Control fish were held in fresh water. The temperature was maintained at (27.2±1.3)°C and the fish were fed daily. The median lethal salinity (MLS) was 125.78±1.66, 54.22±2.51, 77.33±1.89, and 73.73±1.32 for *S. melanotheron*, *O. niloticus*, F1, and F2, respectively. The mean cumulative survival (CS) and MLS were significantly higher in *S. melanotheron* than in *O. niloticus* and the F1 and F2 hybrids. Similarly, the CS and MLS were significantly higher in the F1 and F2 groups than in *O. niloticus* ($P<0.05$), but there was no significant difference between the F1 and F2 groups ($P>0.05$).

Key words: *Sarotherodon melanotheron*; *Oreochromis niloticus*; hybrid F1 and F2; chronic acclimation; salt tolerance

Corresponding author: LI Sifa. E-mail: sfli@shou.edu.cn