

文章编号: 1004-7271(2003)02-0097-05

# 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼 耐盐驯化初步报告

么宗利<sup>1</sup>, 李思发<sup>1</sup>, 李学军<sup>1</sup>, 冯金海<sup>2</sup>, 笄金华<sup>3</sup>, 张艳红<sup>3</sup>

- (1. 上海水产大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 200090;  
2. 全国水产技术推广总站北京基地, 北京 100026;  
3. 河北中捷农场水产良种场, 河北 沧州 061108)

**摘 要** 在实验条件下, 对尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼进行了耐盐驯化实验。经过 6d 的驯化(盐度 10 时 2d, 18 时 2d, 28 时 2d), 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的耐盐致死指标均显著高于未驯化对照组。在海水(盐度 28)和淡水(盐度 0)中的生长对比实验表明: 尼罗罗非鱼在淡水中的瞬时增重率和绝对增重率都显著地高于海水组, 而以色列红罗非鱼在海水中的瞬时增重率和绝对增重率均显著地高于淡水组。实验表明, 经过从低盐度到高盐度的梯度驯化, 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼均可适应一定盐度的咸水, 以色列红罗非鱼在海水中的养殖性能较佳。

**关键词** 罗非鱼, 耐盐, 驯化, 养殖

中图分类号: S965.125 文献标识码: A

## A primary study on the acclimation to salt-water of Nile tilapia and Israel strain red tilapia

YAO Zong-li<sup>1</sup>, LI Si-fa<sup>1</sup>, LI Xue-jun<sup>1</sup>, FENG Jin-hai<sup>2</sup>, JIA Jin-hua<sup>3</sup>, ZHANG Yan-hong<sup>3</sup>

- (1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquaculture Ecosystem Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;  
2. National Fisheries Technology Extension Station, Beijing 100026, China;  
3. Hebei Zhongjie Fisheries Seed Farm, Cangzhou 061108, China)

**Abstract** In experimental conditions, a study on the acclimation to the salt water was conducted for Nile tilapia and Israel strain red tilapia. After 6 days acclimation (salinity 10 for 2 days, 18 for 2 days, 28 for 2 days), the indices of salt tolerance of Nile tilapia and Israel strain red tilapia were all significantly higher than those in control groups respectively. As the growth performance, Nile tilapia's instantaneous growth rate and absolute growth rate in freshwater with 0 salinity were significantly higher than those in sea water with 28 salinity respectively. Israel strain red tilapia's instantaneous growth rate and absolute growth rate in sea water with 28 salinity were significantly higher than those in freshwater with 0 salinity respectively. It indicates that, after acclimation from low salinity to high salinity step by step, Nile tilapia and Israel strain red tilapia can tolerate a higher salinity, and in sea water the

收稿日期 2003-03-13

基金项目 948 资助项目“耐盐性罗非鱼”(993125)

作者简介 么宗利(1978-)男,河北唐山人,上海水产大学 2001 级硕士研究生,专业方向为水产动物种质资源及遗传育种。

通讯作者 李思发(1938-)男,上海水产大学首席教授,博士生导师, E-mail: lisifak@online.sh.cn

Israel strain red tilapia shows a better growth performance than Nile tilapia.

**Key words** Tilapia ;salt tolerance ;acclimation ;culture

罗非鱼为广盐性鱼类,据报道大部分罗非鱼经驯化均能在一定盐度的咸水中养殖<sup>[1,2]</sup>。关于罗非鱼的耐盐驯化研究,国外报道较多<sup>[1-5]</sup>,国内报道较少<sup>[6-8]</sup>。尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)作为我国罗非鱼的主要养殖对象,因其生长快、耐粗食、耐低氧、抗病力强等优点受到广大养殖者的欢迎,但耐盐性较差,红罗非鱼的产生背景主要是尼罗罗非鱼同莫桑比克罗非鱼(*O. mossambicus*)杂交,耐盐性一般较强。以色列红罗非鱼为2001年全国水产技术推广总站从以色列桑德养殖场引进,有关其耐盐性等养殖性能的研究尚未进行。本研究以尼罗罗非鱼与以色列红罗非鱼为实验材料,进行耐盐驯化实验,希望对罗非鱼的海水养殖推广提供一定的参考。

## 1 材料方法

### 1.1 试验地点及实验鱼

实验在河北中捷罗非鱼良种场育种车间进行。实验用鱼尼罗罗非鱼为中捷罗非鱼良种场亲鱼繁殖,以色列红罗非鱼为2001年9月从以色列桑德养殖场引进,在该场经隔离检疫后繁殖的子一代。试验用咸水均由养殖场周围盐场晒盐池中的盐卤水(盐度为65)和地下水(盐度为0)配制而成。水体盐度用WYY-1型折光式盐度计测定。

### 1.2 耐盐驯化

试验设一个驯化组和两个对照组(对照1盐度为0,对照2盐度为28)。选相邻水泥池面积均为35m<sup>2</sup>,水深1.5m,开始均注入井水,每池各放网箱(1m×1m×1m)两个作为重复。每箱放鱼250尾。尼罗罗非鱼平均体重0.42g±0.03g,以色列红罗非鱼平均体重0.21g±0.02g。驯化组每2日注入盐卤水一次,提高盐度进行耐盐驯化(盐度10时2d,18时2d,28时2d)。驯化期间停喂,以免因摄食活动消耗能量而影响成活率。

实验于2002年8月30日上午8:00开始,9月5日上午8:00结束。实验期间发现死鱼即刻捞出,每天统计死亡尾数。实验池用充气泵充气,各盐度水化指标为:水温23.4℃~25℃,pH 7.55~7.98,溶氧6.12~9.0mg/L。

### 1.3 耐盐致死实验

以耐盐驯化后的驯化组和对照组鱼为实验材料进行致死实验。实验在50cm×30cm×30cm的泡沫箱中进行。驯化组设0、32、44、54四个盐度梯度,对照组设0、16、25、32四种盐度梯度,各设2个重复。各盐度梯度实验鱼均放30尾。

实验于2002年9月5日上午9:00开始,9月10日上午9:00结束。发现死鱼即刻捞出,记录死亡时间和尾数。以鳃盖停止活动、用玻璃棒刺激没有反应为死亡标准<sup>[9]</sup>。实验期间各实验箱充气增氧,不投饵、不换水。

### 1.4 海淡水中生长对比实验

分驯化组和对照组,选用相邻水泥池。鱼池大小同耐盐驯化实验池,每池放网箱(1m×1m×1m)3只作为重复,每箱各放尼罗罗非鱼(7.35g±0.21g)和以色列红罗非鱼(9.14g±0.22g)35尾。其中驯化组采用前述耐盐驯化方法进行驯化,直到盐度为28,驯化结束后开始投喂。

生长实验于2002年7月2日开始,9月23日结束,共83d。实验中,投喂大江牌罗非鱼稚鱼膨化饲料,每日四次,每次投喂量掌握在20min内吃完。每日记录鱼死亡条数,测各项水化指标,实验池用充气泵充气增氧。各项水化指标为:水温23.4℃~26℃,pH 7.55~7.98,溶氧5.4~9.0mg/L。

## 1.5 实验指标和分析方法

### 1.5.1 耐盐指标

(1)平均成活时间<sup>[10]</sup> (Mean survival time, 简称 MST):将健康试验鱼从淡水直接移入盐度为 32 的海水后,记录每尾试验鱼的成活时间,然后计算其平均值,即为平均成活时间(min)。

(2)50%成活时间<sup>[10]</sup> (Median survival time, 简称 ST50)将健康试验鱼从淡水直接移入盐度为 32 的海水后,记录正好有一半鱼存活的时间(min)。

(3)96h 半致死盐度<sup>[10]</sup> (Median lethal salinity - 96 hours, 简称 MSL - 96)将健康试验鱼直接移入各种盐度梯度中,记录饲养 96h 后各盐度中试验鱼的死亡数目,在坐标纸上作出盐度与死亡数目的相关曲线,一半试验鱼死亡所对应的盐度即为 96h 半致死盐度。

### 1.5.2 生长指标

成活率<sup>[11]</sup> (%) = 收获数/放养数 × 100

瞬时增重率<sup>[11]</sup> IGR (%/d) =  $[(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)] \times 100$

绝对增重率<sup>[11]</sup> AGR (mg/d) =  $(W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$

式中  $W_1$ 、 $W_2$  分别为  $t_1$  日和  $t_2$  日的体重。

### 1.5.3 统计分析

用 SPSS10.0 进行显著性检验及多重比较<sup>[12]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 耐盐驯化过程中死亡率差异

如表 1 所示,尼罗罗非鱼在驯化过程中的死亡率有随着盐度的升高而呈上升的趋势,在盐度为 18 时死亡率急剧上升至 32.1%,驯化结束时的死亡率为 38.96%,而对照组 1(盐度为 0)的死亡率为 0。驯化组与对照组有显著差异( $p < 0.05$ )。以色列红罗非鱼在驯化过程中的死亡率则无明显上升,且未出现急剧死亡现象,驯化结束时的死亡率仅为 3.12%,而对照组 1(盐度为 0)的死亡率为 8.44%,驯化组与对照组没有显著差异( $p > 0.05$ )。

表 1 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼耐盐驯化过程中死亡统计

Tab.1 Statistics of mortality rates of Nile tilapia and Israel strain red tilapia during the acclimation to salt water

鱼别	驯化天数(d)	驯化组		对照组 1		对照组 2	
		盐度	死亡率(%)	盐度	死亡率(%)	盐度	死亡率(%)
尼罗罗非鱼	1	10	0	0	0	28	100
	2	10	0.4	0	0	28	100
	3	18	32.1	0	0	28	100
	4	18	35.6	0	0	28	100
	5	28	37.5	0	0	28	100
	6	28	39.0 <sup>a</sup>	0	0 <sup>b</sup>	28	100 <sup>c</sup>
以色列红罗非鱼	1	10	0	0	0	28	100
	2	10	0.4	0	2.4	28	100
	3	18	2.8	0	5.7	28	100
	4	18	3.1	0	8.1	28	100
	5	28	3.1	0	8.4	28	100
	6	28	3.1 <sup>a</sup>	0	8.4 <sup>a</sup>	28	100 <sup>b</sup>

注:同一行中数值,上标相同者为差异不显著( $p > 0.05$ ),否则为差异显著( $p < 0.05$ )。

### 2.2 耐盐驯化过程中致死差异

如表 2 所示,驯化组的尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的 ST50(min)和 MST(min)指标都达到无穷大,

也就是说,驯化后两者都能耐受盐度为 32 的海水。在指标 MSL-96 方面,驯化组的尼罗罗非鱼的 MSL-96 达 38.48,未驯化组仅为 19.75;以色列红罗非鱼驯化组的 MSL-96 达 52.98,未驯化组为 27.08。两种鱼的驯化组与未驯化组相比也均有显著差异( $p < 0.05$ )。

表 2 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼耐盐驯化致死指标测定结果

Tab.2 Salinity tolerance of Nile tilapia and Israel strain red tilapia

鱼别	组别	体 重 (均值 ± 标准差, g)	体 长 (均值 ± 标准差, cm)	ST50 (min)	MST (min)	MSL-96
尼罗罗非鱼	驯化	0.42 ± 0.03	2.33 ± 0.05	∞ <sup>a</sup>	∞ <sup>a</sup>	38.48 <sup>a</sup>
	未驯化	0.42 ± 0.03	2.33 ± 0.05	131 <sup>b</sup>	68.44 <sup>b</sup>	19.75 <sup>b</sup>
以色列红罗非鱼	驯化	0.21 ± 0.02	1.83 ± 0.05	∞ <sup>a</sup>	∞ <sup>a</sup>	52.98 <sup>c</sup>
	未驯化	0.21 ± 0.02	1.83 ± 0.05	185 <sup>b</sup>	148.19 <sup>b</sup>	27.08 <sup>d</sup>

注:同一列中数值,上标相同者为差异不显著( $p > 0.05$ ),否则为差异显著( $p < 0.05$ )。

### 2.3 在淡、海水中的生长差异

如表 3 所示,经 83d 饲养后,尼罗罗非鱼在淡水中的瞬时增重率(IGR)和绝对增重率(AGR)分别为 1.90(%/d)和 454.91(mg/d),而在海水中分别为 1.59(%/d)和 333.55(mg/d)(图 1),在淡、海水中的差异显著( $p < 0.05$ )。以色列红罗非鱼在海水中的 IGR 和 AGR 分别为 2.05(%/d)和 418.72(mg/d),在淡水中分别为 1.75(%/d)和 312.59(mg/d),在淡、海水中的差异也显著( $p < 0.05$ )。

表 3 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼生长比较

Tab.3 Comparison growth rate of Nile tilapia and Israel strain red tilapia

鱼别	组别	放养规格 (均值 ± 标准差, g)	实验末重 (均值 ± 标准差, g)	IGR (%)	AGR (mg/d)
尼罗罗非鱼	淡水	7.35 ± 0.21 <sup>a</sup>	46.90 ± 2.00 <sup>a</sup>	1.90 <sup>a</sup>	454.91 <sup>a</sup>
	海水	7.35 ± 0.21 <sup>a</sup>	36.81 ± 1.64 <sup>b</sup>	1.59 <sup>b</sup>	333.55 <sup>b</sup>
以色列红罗非鱼	淡水	9.14 ± 0.22 <sup>b</sup>	33.40 ± 1.39 <sup>c</sup>	1.75 <sup>b</sup>	312.59 <sup>b</sup>
	海水	9.14 ± 0.22 <sup>b</sup>	42.47 ± 1.83 <sup>d</sup>	2.045 <sup>c</sup>	418.72 <sup>a</sup>

注:同一列中数值,上标相同者为差异不显著( $p > 0.05$ ),否则为差异显著( $p < 0.05$ )。

## 3 分析讨论

### 3.1 驯化后罗非鱼耐盐指标的变化

实验结果表明,经适当盐度梯度驯化后,尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的各项耐盐指标均有显著提高。但从驯化过程中的两种罗非鱼的死亡率可以看出,尼罗罗非鱼在驯化到第 3 天、盐度从 10 提高到 18 的过程中,死亡率高达 32.1%,而以色列红罗非鱼的死亡率一直保持在较低的水平。据 Suresh 等<sup>[1]</sup>的报道,盐度 11 为罗非鱼的等渗盐度,此时其生存、生长都达到较佳水平;一旦超过此盐度,就会表现出呼吸加快等不适状况,因此在进行耐盐驯化时,从盐度 10 开始应放慢驯化速度,使鱼有足够的时间调节渗透压,适应较高的盐度环境。关于耐盐驯化梯度及驯化时间的确定,一般为每驯化到一个较高盐度

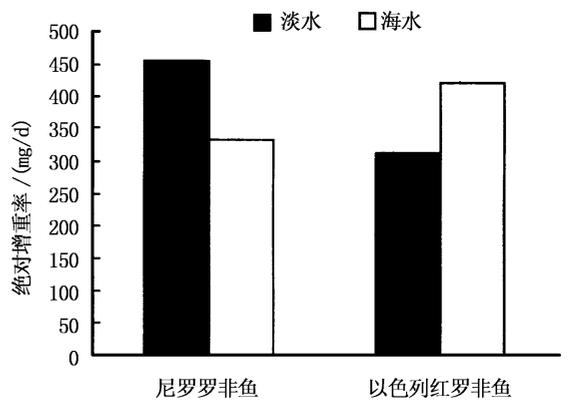


图 1 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼在海、淡水中的生长对比

Fig.1 Comparison growth rate of Nile tilapia and Israel strain red tilapia in sea water and fresh water

需要 48h 的时间<sup>[13]</sup>。本实验所用驯化梯度是经过预实验后确定的,结果耐盐性较高的以色列红罗非鱼较能适应,而尼罗罗非鱼则还需要较长的时间驯化。也有资料报道<sup>[1]</sup>,奥利亚罗非鱼(*O. aureus*)、尼罗罗非鱼等耐盐性较差的罗非鱼种类需要较长的驯化时间。早期对鲑鳟鱼类的研究表明<sup>[14]</sup>在渗透压的调节过程中,鱼达到新的渗透压的平衡至少需要 40h。由此可见,在耐盐驯化过程中,应根据鱼的渗透压调节能力,针对不同种类的罗非鱼做适当的调整。

### 3.2 驯化后罗非鱼的生长变化

从图 1 可以看出,以色列红罗非鱼经驯化后,在海水中的生长速度明显快于淡水,比较适合在海水中养殖,而尼罗罗非鱼则相反,在海水中的生长速度明显低于淡水,不太适合在海水中养殖。实验中还发现,尼罗罗非鱼在海水中极易受伤,且受伤后不易康复,一定程度上影响了其生长。受伤可能与渗透压的调节有关,而渗透压的调节过程非常复杂,具体情况仍有待进一步研究。关于不同种类罗非鱼在不同盐度的生长试验,不同作者所得结果差异较大,Chervinski<sup>[15]</sup>报道尼罗罗非鱼养在淡水和 50% 的海水中并没有明显的生长差异,而莫桑比克罗非鱼(*O. mossambicus*)、红罗非鱼等耐盐性较强的罗非鱼在咸水中的养殖性能优于在淡水,Canagaratnam<sup>[16]</sup>发现莫桑比克罗非鱼在咸水中生长较纯淡水中好;Liao 等<sup>[5]</sup>报道台湾红罗非鱼(*O. mossambicus* × *O. niloticus*) 在盐度为 17 海水中要比在淡水中生长快,本研究中的以色列红罗非鱼有相似的表现。

### 3.3 与其它罗非鱼类耐盐性的比较

本试验中以色列红罗非鱼一直都表现了较高的耐盐性,没有出现不适症状,而尼罗罗非鱼则相反,这和前人的研究结果是一致的,不同种罗非鱼表现出的耐盐差异与遗传因素有关。Stickney<sup>[17]</sup>报道莫桑比克罗非鱼和齐氏罗非鱼(*Tilapia zillii*)的耐盐性较高,Al-Amoud<sup>[13]</sup>比较了奥利亚罗非鱼、史比罗奴罗非鱼(*O. spilurus*)、尼罗罗非鱼、莫桑比克罗非鱼及奥利亚罗非鱼 × 尼罗罗非鱼杂交鱼的耐盐性,发现奥利亚罗非鱼、史比罗奴罗非鱼和莫桑比克罗非鱼的耐盐性高于其它种类。本实验中的红罗非鱼系杂交种,其亲本的一方可能是莫桑比克罗非鱼,故表现出较强的耐盐能力。

### 参考文献：

- [1] Suresh A V, Lin C K. Tilapia culture in saline waters: a review[J]. Aquac, 1992, 106: 201 - 226.
- [2] Watanabe W O. Salt water culture of the Florida red tilapia and other saline-tolerant tilapias: a review[J]. World Aquaculture Society, 1994: 54 - 141.
- [3] Chervinski J. Environmental physiology of tilapias[A]. The Biology and Culture of Tilapias[C]. Manila, Philippines: International center for living aquatic resources management, 1982: 119 - 128.
- [4] Fishelson L, Popper D. Experiments of rearing fish in saltwater near the Dead sea, Israel[J]. FAO Fish Rep, 1968, 44: 244 - 245.
- [5] Liao I C, Chang S L. Studies on the feasibility of red tilapia culture in saline water[A]. Proceedings, International symposium on Tilapia in aquaculture[C]. Nazareth, Israel: Tel Aviv University, 1983: 524 - 533.
- [6] 李家乐, 李思发. 吉富品系尼罗罗非鱼耐盐性研究[J]. 浙江海洋学院学报, 1999, 18(2): 107 - 111.
- [7] 李家乐, 李思发. 罗非鱼五个品系耐盐性的比较研究[J]. 水产科技情报, 1999, 2(1): 3 - 6.
- [8] 李家乐, 李思发. 罗非鱼类耐盐性研究进展[J]. 中国水产科学, 1999, 16(3): 81 - 84.
- [9] Watanabe W O, Kuo C M, Huang M C. The ontogeny of salinity tolerance in the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* and *O. mossambicus* × *O. niloticus* hybrid, spawned and hatched in freshwater[J]. Aquac, 1985, 47: 353 - 367.
- [10] Villegas C T. Evaluation of the salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* and their F1 hybrids[J]. Aquac, 1990, 85: 281 - 292.
- [11] 李思发, 吴力钊, 王强, 等. 长江、珠江、黑龙江鲢鳙、草鱼种质资源研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990. 84 - 153.
- [12] 陈平雁, 黄浙明. SPSS10.0 统计软件应用教程[M]. 北京: 人民军医出版社, 2001. 89 - 200.
- [13] Al-Amoudi M M. Acclimation of commercially cultured *Oreochromis* species to sea water-an experimental study[J]. Aquac, 1987, 65: 333 - 342.
- [14] Jackson A J. Osmotic regulation in rainbow trout *Salmo gairdneri* following transfer to sea water[J]. Aquac, 1981, 24: 143 - 151.
- [15] Chervinski J. Laboratory experiments on the growth of *Tilapia nilotica* in various saline concentrations[J]. Bamigdeh, 1961, 13: 71 - 74.
- [16] Canagaratnam P. Growth of *Tilapia mossambica* Peters in different salinities[J]. Bull Fish Res Stn Ceylon, 1966, 19: 1 - 2.
- [17] Stickney R R. Tilapia tolerance of saline waters: a review[J]. Prog Fish-Cult, 1986, 48(3): 161 - 166.