

# 尼萨 $F_2$ 家系后代与混合后代幼鱼耐盐及生长比较

王 飞<sup>1</sup> 笄金华<sup>2</sup> 张艳红<sup>2</sup> 任炳琛<sup>2</sup> 赵丽慧<sup>1</sup> 庄青青<sup>1</sup> ,  
梁从飞<sup>1</sup> 颜 标<sup>1</sup> 赵金良<sup>1</sup>

(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. 中捷国家级罗非鱼良种场, 河北 沧州 061108)

**摘要:** 以自行配组获得的尼萨  $F_2$  家系与混合后代为材料, 比较了不同交配方式后代幼鱼的耐盐性能、不同盐度下生长差异。结果显示, 尼萨  $F_2$  家系与混合后代的平均存活时间(MST)、50%存活时间( $ST_{50}$ )、96 h 半致死盐度(MLS-96)均显著高于对照组尼罗罗非鱼。除家系2显著高于混合后代外, 各家系的耐盐指标 MST、 $ST_{50}$  和 MLS-96 与混合后代间无显著差异( $P > 0.05$ )。除 0 g/L 下家系5的日均增重率显著高于混合后代外, 同一盐度(15、20、25 g/L)下, 各家系的日均增重率与混合后代间均无显著差异( $P > 0.05$ )。尼萨  $F_2$  体重变异系数在 25 g/L 盐度下表现最低。研究结果为尼萨杂交育种与生产利用提供了基础资料。

**关键词:** 尼萨  $F_2$ ; 家系; 混合后代; 耐盐; 生长

中图分类号: S917.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2013)增刊-0278-05

## Comparison on Salt Tolerance and Growth between Family Offsprings and Mixed Group of *Oreochromis niloticus* ♀ × *Sarotherodon melanotheron* ♂ $F_2$

WANG Fei<sup>1</sup> JIA Jin-hua<sup>2</sup> ZHANG Yan-hong<sup>2</sup> REN Bing-chen<sup>2</sup> ZHAO Li-hui<sup>1</sup> ,  
ZHUANG Qing-qing<sup>1</sup> LIANG Cong-fei<sup>1</sup> YAN Biao<sup>1</sup> ZHAO Jin-liang<sup>1</sup>

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

**Abstract:**  $F_2$  family offsprings and mixed group were obtained by paired and mixed mating the hybrid  $F_1$  individuals of *Oreochromis niloticus* ♀ × *Sarotherodon melanotheron* ♂, respectively. The salt tolerance and growth under different salinities (0, 15, 20, 25 g/L) of juvenile fishes from two mating modes were compared. The results showed that MST,  $ST_{50}$ , MLS-96 of *O. niloticus* ♀ × *S. melanotheron* ♂  $F_2$  were higher than that of the control group *O. niloticus* ( $P < 0.05$ ). No significant differences in MST,  $ST_{50}$  and MLS-96 indexes were observed between the family offsprings and mixed group ( $P > 0.05$ ) except for the family 2. Under the same salinity conditions, there wasn't significant differences in the average growth rate between the family offsprings and mixed group ( $P > 0.05$ ) with a exception of family 5 in 0 g/L salinity. *O. niloticus* ♀ × *S. melanotheron* ♂  $F_2$  exhibited the lowest weight coefficient of variation at 25 g/L salinity. The results provided some basic data for hybridization and utilization of *O. niloticus* × *S. melanotheron*.

**Key words:** *Oreochromis niloticus* ♀ × *Sarotherodon melanotheron* ♂  $F_2$ ; Family offsprings; Mixed group; Salt tolerance; Growth

为开发利用我国面积广阔的咸淡水资源, 培育耐盐水产养殖新品种。2004年起, 上海海洋大学利用生长快的尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)、耐盐强的萨罗罗非鱼(*Sarotherodon melanotheron*)为亲

本, 采用人工远缘杂交技术成功地获得了尼罗罗非鱼♀ × 萨罗罗非鱼♂杂交一代  $F_1$ , 该  $F_1$  结合了双亲的优良特性, 兼有生长快、耐盐强特点<sup>[1]</sup>。由于制种难度大、产苗量低,  $F_1$  无法直接应用于生产实

收稿日期: 2013-09-16

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金项目(CARS-49-4B); 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项目(ZF1206)

作者简介: 王 飞(1988-), 男, 江苏泰州人, 在读硕士, 主要从事水产动物遗传育种与繁殖研究。

通讯作者: 赵金良(1969-), 男, 安徽全椒人, 教授, 主要从事水产动物遗传与育种研究。

践。然而 F<sub>1</sub> 雌、雄成鱼性腺均能正常发育,并能通过自然繁殖产生杂交二代 F<sub>2</sub>。由于 F<sub>2</sub> 继承了 F<sub>1</sub> 的养殖性能,适于 15~25 盐度下养殖<sup>[2]</sup>,且易于扩繁生产,现已成为耐盐罗非鱼新品种—吉丽罗非鱼(品种登记号:GS-02-002-2009)。

杂交育种多是利用杂种一代优势,杂种二代中由于等位基因分离与重新组合,后代表型可能会出现较大的变异。如果杂交后代中性状分离明显,则不利于生产应用。微卫星标记研究表明,尼萨 F<sub>2</sub> 扩增条带数与 F<sub>1</sub> 接近,且继承了 96.3% 的特征带,维持较高的遗传杂合性;同时,养殖试验表明,20~25 盐度下的尼萨 F<sub>2</sub> 日均增长率为淡水条件下尼罗罗非鱼的 75%,25 盐度下萨罗罗非鱼的 4 倍<sup>[3]</sup>,这些为尼萨杂种二代的生产利用提供了一定理论依据。为进一步了解不同交配方式条件下尼萨 F<sub>2</sub> 群体的养殖性能,采用混合配组 and 家系配组方法分别获得了一批尼萨 F<sub>2</sub> 混合后代及家系后代,比较了混合后代与家系后代间的耐盐和生长性能特征,进一步探讨尼萨杂交二代科学应用。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

2012 年 5 月,在河北中捷国家级罗非鱼良种场选择性腺发育成熟、个体相近的尼萨 F<sub>1</sub> 进行配组。家系配组在直径 1.2 m、高度 1.5 m 的圆桶内进行,每桶中放入雄鱼 1 尾、雌鱼 2 尾,共配组 20 个。混合 F<sub>1</sub> 配组在 9 m×7 m 的水泥池中进行,雄鱼 20 尾、雌鱼 40 尾。配组后 20 d 左右,鱼苗相继孵出,捞出亲鱼,鱼苗留在原池内继续培育。挑选出苗数量较多、个体规格相近的 7 个家系后代与混合后代作为试验材料,受出苗数量限制,7 个家系中,随机取 4 个家系做耐盐试验,3 个家系做生长试验。同时,利用该场繁育的吉富品系尼罗罗非鱼鱼苗后代作为对照组。

试验所用的盐度梯度是由盐卤水(65 g/L)和地下井水配制而成。盐度测定使用美国海洋研究所生产的盐度计(Aquatic Eco-Systems-salinity Meter)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 耐盐性能 急性耐盐致死试验 在水族箱(50 cm×40 cm×30 cm)中进行,重复 3 次。每次取尼萨 F<sub>2</sub> 家系、混合后代、尼罗罗非鱼各 20 尾,由淡水中直接放入 32 g/L 的海水水族箱中,试验过程中发现有死鱼立即捞出,记录下死亡时间和尾数。试验鱼的死亡标准为鳃盖停止活动,用玻璃棒触及没有反应<sup>[4]</sup>。

半致死盐度试验 分别设置 15、20、25、30 g/L 4 个盐度梯度,在水族箱(50 cm×40 cm×30 cm)中进行,重复 3 次。每次分别取上述试验鱼苗 20 尾,从淡水中直接放入各盐度梯度水族箱中,记录死亡时间和死鱼尾数。

1.2.2 生长性能 在养殖车间内选择 4 个水泥池(9 m×7 m×2 m),分别配制成 0、15、20、25 g/L 水体,水泥池两侧挂置网箱(2 m×1 m×1 m)。放养前,先对尼萨 F<sub>2</sub> 家系、混合后代以及尼罗罗非鱼鱼苗进行慢性驯化<sup>[5-6]</sup>,待鱼苗完全适应后,按随机区组设计,每箱放入 30 尾鱼苗。由于尼罗罗非鱼鱼苗不能耐受高盐度,25 g/L 中对照组空缺。鱼苗入网箱时称量体重。

正式试验自 7 月 1 日至 9 月 25 日,总计 80 d。投喂大江牌罗非鱼专用膨化饲料,每日 4 次,保证充分摄食。每日 18:00 至翌日 6:00 开启增氧机。每隔 7 d 换水 1 次,每次更新水深 30 cm。养殖过程中,盐度偏差不得超过 ±2 g/L,水温变化 23~30.6℃,pH=7.8~9,溶氧量 6.5~9.0 mg/L,氨氮浓度 0.2~6.5 mg/L。定期检查清洗网箱,发现有死鱼即时捞出,并记录死鱼情况。每隔 20 d 测量一次,体长精确到 0.1 cm,体重精确到 0.01 g。

### 1.3 结果分析

1.3.1 耐盐指标 平均存活时间(Mean survival time, MST):将健康鱼苗直接放入 32 g/L 海水中,记录每条鱼的存活时间,计算平均存活时间;50% 存活时间(Median survival time, ST<sub>50</sub>):将健康鱼苗直接从淡水中移到 32 g/L 海水中,记录只有一半鱼存活的时间;96 h 半致死盐度(Median lethal salinity-96 h, MLS-96):将健康鱼苗直接放入 15、20、25、30 g/L 中,记录 96 h 后一半试验鱼死亡所对应的盐度即为 96 h 半致死盐度的观察值。将盐度转化为自然对数,96 h 半致死盐度的观察值转化为概率单位,建立两者的回归方程,计算当 X=0.5 时 MLS-96 的理论值。

1.3.2 生长指标 采用 SPSS 11.5 软件进行数据处理和统计分析。计算不同盐度梯度下,试验鱼的初始平均体重、终末平均体重和体重变异系数。计算公式如下<sup>[7]</sup>:

$$\text{日均增重率 (AWG, g/d)} = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)$$

$$\text{成活率} = \text{收获尾数} / \text{放养尾数} \times 100\%$$

$$\text{体重变异系数 (CV, \%)} = \text{SD} / \bar{W} \times 100\%$$

其中 W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub> 分别是 T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 时的体重,SD 为标准差,  $\bar{W}$  为平均体重。

## 2 结果与分析

### 2.1 耐盐

由表 1 可见,对照组尼罗罗非鱼耐盐性能较差,平均存活时间(MST)、50%存活时间( $ST_{50}$ )、96 h 半

致死盐度(MLS-96)都显著低于尼萨  $F_2$  家系后代和混合后代。除尼萨家系之外,其他家系后代的 MST、 $ST_{50}$  与混合后代间无显著差异( $P>0.05$ )。家系 2 的 MST、 $ST_{50}$  显著大于家系 1( $P<0.05$ ),家系 1、家系 3、家系 4 间无显著差异( $P>0.05$ )。

表 1 尼萨  $F_2$  家系与混合后代鱼苗的耐盐结果比较

Tab.1 Comparison on salt tolerance among different families and mixed group of *Oreochromis niloticus* ♀ × *Sarotherodon melanotheron* ♂  $F_2$

群体 Stock	平均体重/g Mean body weigh	平均存活时间/h MST	50% 存活时间/min $ST_{50}$	96 h 半致死盐度 MLS-96	死亡率( $y$ ) - 盐度( $x$ ) 回归方程
家系 1	0.47 ± 0.03	3.03 ± 1.43b	3.24 ± 0.32b	22.91	$y = 4.84061gx - 6.1735 R^2 = 0.8532$
家系 2	0.45 ± 0.09	4.41 ± 1.69a	4.03 ± 0.47a	26.20	$y = 4.89491gx - 6.3596 R^2 = 0.9992$
家系 3	0.49 ± 0.17	3.68 ± 1.51ab	3.54 ± 0.21ab	20.50	$y = 2.81931gx - 3.2009 R^2 = 0.9321$
家系 4	0.41 ± 0.09	3.64 ± 1.69ab	3.63 ± 0.21ab	22.60	$y = 4.33131gx - 5.3698 R^2 = 0.7244$
混合 $F_2$	0.43 ± 0.09	3.37 ± 1.50b	3.16 ± 0.18b	23.80	$y = 3.91591gx - 4.8877 R^2 = 0.9992$
尼罗罗非鱼	0.44 ± 0.08	1.06 ± 0.44c	1.24 ± 0.39c	15.80	$y = 2.6631gx - 2.6906 R^2 = 0.9701$

注:同一列内平均值后字母相同表示差异不显著( $P>0.05$ )。表 2 同。

Note: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different( $P>0.05$ ). The same as Tab. 2.

### 2.2 生长

试验中,对照组尼罗罗非鱼存活率随着盐度升高显著下降,而尼萨  $F_2$  家系、混合  $F_2$  在 0、15、20 g/L 下都表现较高的存活率,在 25 g/L 下存活率在 95% 以上。

2.2.1 日均增重率 对照组尼罗罗非鱼在盐度为 0 g/L 下生长最快(日均增重率为  $0.61 \pm 0.26$  g/d),随着盐度的升高,日均增重率显著降低(15 g/L  $0.43 \pm 0.16$  g/d, 20 g/L  $0.31 \pm 0.11$  g/d),表明其

主要适应在淡水环境下饲养。除了家系 5 在 0、15 g/L 下日均增重率基本持平以及家系 7 的日均增重率在 15 g/L 稍低于 0 g/L 下之外,其余尼萨  $F_2$  各家系与混合  $F_2$  的日均增重率均随着盐度升高而增大(表 2、图 1)。

比较各家系与混合  $F_2$  间的日均增重率发现,除了 0 g/L 下的家系 5 有的显著高于混合  $F_2$  外( $P<0.05$ ),其他盐度梯度下,各家系日均增重率与混合  $F_2$  间无显著差异( $P>0.05$ )。

表 2 不同盐度梯度下尼萨  $F_2$  家系与混合  $F_2$  生长比较

Tab.2 Growth comparison between different families and mixed group of *O. niloticus* ♀ × *S. melanotheron* ♂  $F_2$

盐度 /(g/L) Salinity	群体 Stock	初始体重/g Initial weight	出池体重/g Final weight	最终体长/cm Final body length	日均增重 率/(g/d) AGR	成活率/% Survival rate	体重变异系数/% Coefficient of variation of body weight
0	家系 5	0.16 ± 0.02	35.81 ± 5.02efg	9.01 ± 0.90de	0.45 ± 0.12efg	95ab	14.0
	家系 6	0.17 ± 0.07	31.89 ± 6.33gh	8.83 ± 0.85efg	0.40 ± 0.13gh	100a	19.8
	家系 7	0.19 ± 0.02	30.14 ± 6.32h	8.48 ± 1.00fgh	0.38 ± 0.19h	100a	21.0
	混合 $F_2$	0.16 ± 0.03	30.08 ± 5.67h	8.41 ± 0.80gh	0.38 ± 0.15h	100a	18.9
	尼罗	0.17 ± 0.01	48.98 ± 8.90b	10.59 ± 1.06a	0.61 ± 0.26b	100a	18.2
15	家系 5	0.16 ± 0.05	35.65 ± 6.36efg	8.17 ± 0.91h	0.45 ± 0.15efg	84cd	17.8
	家系 6	0.18 ± 0.02	33.27 ± 7.46fgh	8.04 ± 0.90hi	0.42 ± 0.16fgh	100a	22.4
	家系 7	0.16 ± 0.04	29.87 ± 6.55h	8.09 ± 0.77hi	0.37 ± 0.17h	95ab	21.9
	混合 $F_2$	0.17 ± 0.02	31.78 ± 6.59gh	8.02 ± 0.83hi	0.40 ± 0.16gh	95ab	20.7
	尼罗	0.16 ± 0.04	34.62 ± 6.92def	9.43 ± 1.13cd	0.43 ± 0.16def	91bc	20.0
20	家系 5	0.19 ± 0.06	44.19 ± 8.83c	9.29 ± 1.05de	0.52 ± 0.19c	100a	19.9
	家系 6	0.18 ± 0.05	40.44 ± 8.47cd	9.19 ± 1.19de	0.51 ± 0.24cd	100a	20.9
	家系 7	0.20 ± 0.06	35.86 ± 8.26efg	8.89 ± 1.12def	0.45 ± 0.22efg	93ab	23.0
	混合 $F_2$	0.17 ± 0.04	39.15 ± 9.49cde	9.26 ± 1.03de	0.49 ± 0.22cde	84cd	24.2
	尼罗	0.20 ± 0.03	24.75 ± 7.43i	8.85 ± 1.22efg	0.31 ± 0.11i	78d	30.0
25	家系 5	0.18 ± 0.13	53.31 ± 7.27a	9.91 ± 1.42bc	0.67 ± 0.09a	95ab	13.6
	家系 6	0.17 ± 0.09	51.79 ± 8.64ab	10.17 ± 1.03ab	0.65 ± 0.27a	100a	16.7
	家系 7	0.21 ± 0.03	49.98 ± 9.73ab	9.93 ± 1.04bc	0.62 ± 0.26ab	100a	19.5
	混合 $F_2$	0.20 ± 0.05	49.86 ± 9.64ab	9.91 ± 1.04bc	0.62 ± 0.26ab	100a	19.3

家系间的日均增重率比较表明,在 0、15 g/L 下,家系 5 的日均增重率显著大于家系 7 ( $P < 0.05$ ),其余家系间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。20 g/L 下,家系 5、6 的日均增重率显著大于家系 7 ( $P < 0.05$ )。25 g/L 下,其余各家系间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

2.2.2 体重变异系数(CV) 尼罗罗非鱼在 0 g/L 下体重变异系数最小( $CV = 18.2$ )。随盐度升高,变异系数显著增大。0~20 g/L 下,尼萨 F<sub>2</sub> 家系与混合 F<sub>2</sub> 的 CV 值平均值分别为  $18.4 \pm 3.07$ 、 $20.7 \pm 2.06$ 。25 g/L 下 CV 值最低,为  $17.28 \pm 2.76$ 。

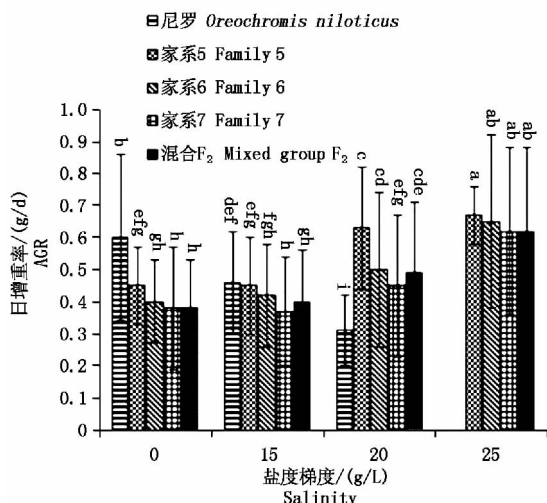


图1 尼萨 F<sub>2</sub> 家系和混合 F<sub>2</sub> 鱼苗的日均增重率  
Fig.1 Growth comparison among different families and mixed group of *Oreochromis niloticus*  
♀ × *Sarotherodon melanotheron* ♂ F<sub>2</sub>

以各个盐度梯度下混合 F<sub>2</sub> 群体 CV 为标准,用离差分析法<sup>[8]</sup>比较各家系的变异程度(图2)。家系 CV 平均值在 -29%~11%,其中,家系 5 在各个盐度梯度下的 CV 值都低于混合 F<sub>2</sub>;家系 6 在 0、15 g/L 下高于混合 F<sub>2</sub>;在 20、25 g/L 低于混合 F<sub>2</sub>;家系 7 仅在 20 g/L 下低于混合 F<sub>2</sub>。

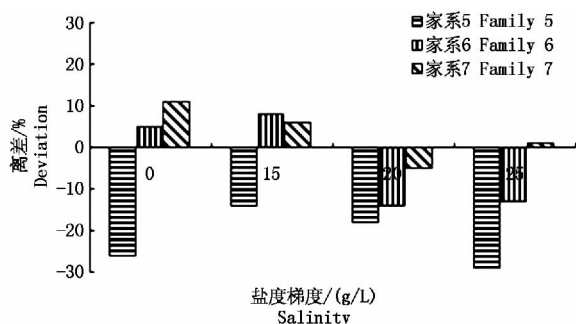


图2 尼萨 F<sub>2</sub> 家系体质量变异系数的离差分析  
Fig.2 Weight deviation analyse of mixed group and different families of *O. niloticus* ♀ × *S. melanotheron* ♂ F<sub>2</sub>

### 3 讨论

尼罗罗非鱼和萨罗罗非鱼属于 2 个不同的属,

它们的染色体数量都为  $2n = 44$ ,但各具不同的染色体类型<sup>[9-11]</sup>。由于亲缘关系较远,自然条件下不能交配繁殖,尼萨 F<sub>1</sub> 仅能通过人工受精获得,但人工杂交相当困难。而 F<sub>1</sub> 后代能自然繁殖,这为尼萨杂交生产应用提供了可行性。为规避杂交二代性状分离、有效防止杂种优势丧失,本试验进一步评价了混合交配和家系配组繁殖后代的养殖性能。

本试验结果显示,对照组尼罗罗非鱼存活率随着盐度升高显著下降;而尼萨 F<sub>2</sub> 家系与混合 F<sub>2</sub> 在各盐度下均表现有较高的成活率,进一步证明了通过杂交获得的尼萨 F<sub>2</sub> 完全适应咸水养殖。

耐盐性能是耐盐选育的主要经济性性状。对尼萨 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub> 的慢性盐度驯化试验表明,杂交后代耐盐指标与亲本(尼罗罗非鱼、萨罗罗非鱼)间差异显著,而尼萨 F<sub>1</sub> 耐盐极限值仅略高于 F<sub>2</sub>,与 F<sub>2</sub> 耐盐性能差异不显著。杂交 F<sub>1</sub> 从萨罗罗非鱼获得的耐盐特性可稳定遗传到 F<sub>2</sub>,且 F<sub>2</sub> 耐盐性能未见有显著衰退<sup>[12]</sup>。本试验中,尼萨 F<sub>2</sub> 家系与混合 F<sub>2</sub> 间的平均存活时间、50% 存活时间、96 h 半致死盐度指标均明显高于对照组尼罗罗非鱼,尼萨 F<sub>2</sub> 家系与混合 F<sub>2</sub> 间无显著差异,表明无论是自由交配或是定向交配,其后代耐盐性能未见有明显分化。除家系 2 的耐盐性能显著高于家系 1,其他家系间耐盐性能差异也不显著。

生长试验表明,除 0 g/L 下家系 5 的日均增重率显著大于混合 F<sub>2</sub> 外( $P < 0.05$ ),在 15、20、25 g/L 条件下,各家系后代的日均增重率与混合 F<sub>2</sub> 间差异不显著( $P > 0.05$ )。家系间比较表明,0~20 g/L 下,家系 5 的日均增重率均显著大于家系 7;25 g/L 下,各家系日均增重率间差异不显著( $P > 0.05$ )。

CV 值是性状选育重要评价指标之一,其大小与养殖种类、性别、密度、环境都有着密切关系,CV 值越大则越不平均。研究发现,选育后的虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*) 体重 CV 值约为 21%<sup>[13]</sup>,大西洋鲑(*Salmo salar*) CV 值为 29%<sup>[14]</sup>,银大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*) CV 则较高,为 40%<sup>[15]</sup>。本研究中,对照组尼罗罗非鱼为 1994 年我国引进的吉富品系尼罗罗非鱼选育 F<sub>14</sub>,淡水中尼罗罗非鱼体重 CV 值最低(18%),伴随盐度升高,CV 明显增大,这是由于盐度对尼罗罗非鱼生长有抑制作用,导致不同个体间增重变异增大。而杂交获得的尼萨 F<sub>2</sub> 在 0、15、20 g/L 中的 CV 值在 18~24 左右,在 25 g/L 中 CV 值表现最低(CV = 17.28),表明该盐度为尼萨 F<sub>2</sub> 后代的最适生长盐度。CV 值离差分析表明,与混合 F<sub>2</sub> 相比,家系的变异范围为 -29%~11%。其

中家系 5 在各个盐度梯度下的 CV 值都低于混合  $F_2$ 。

综上所述,无论是混合交配,或是家系配组,其繁殖后代均保持了优良养殖性能,混合后代与家系后代在耐盐、生长性能间未见明显差异,在适宜盐度下体重性状分离上也不明显。考虑家系配组工作复杂性和可操作性,实际生产中可采用混合交配繁殖生产尼萨  $F_2$ 。但同时也观察到不同家系间在耐盐性能、生长性能存在一定差异,因此,从育种长远角度,通过建立更多家系、评估不同家系的养殖性能,有望能筛选获得耐盐生长性状更优、性状更稳定的家系。

#### 参考文献:

- [1] 颜 标,李思发,蔡完其. 尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼及其正反杂交后代的微卫星分析[J]. 水产学报, 2007, 31(3): 411-415.
- [2] 李思发,颜 标,蔡完其,等. 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): 189-197.
- [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  $F_2$  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): 335-341.
- [4] 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*  $\times$  *O. niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater[J]. Aquaculture, 1985, 47: 353-367.
- [5] 李学军,李思发,冯金海,等. 以色列红罗非鱼耐盐性的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(3): 205-208.
- [6] 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]. 上海水产大学学报, 2003, 12(2): 97-101.
- [7] 李思发. 淡水鱼类种群生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1990: 25-30.
- [8] 李思发,李家乐,李晨虹,等. 尼罗罗非鱼吉富品系养殖推广中试研究[J]. 水产科技情报, 1997, 24(6): 257-262.
- [9] 陈敏容,陈宏溪. 三种罗非鱼染色体组型的比较研究[J]. 遗传学报, 1983, 10(1): 56-62.
- [10] Kornfield I L. Descriptive genetics of cichlid fishes [M]. New York: Evolutionary Genetics of Fishes, 1984, 12: 591-616.
- [11] Li S F, Zhao Yan, Fan W J. Possible genetic reproductive isolation between two tilapiine genera and species: *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron* [J]. Zoological Research, 2011, 32(5): 521-527.
- [12] 范武江,李思发,孟庆辉,等. 4 种遗传型罗非鱼的耐盐慢性驯化表现[J]. 中国水产科学, 2012, 19(3): 430-435.
- [13] Gjerde B, Schaeffer L R. Body traits in rainbow trout: II. Estimates of heritabilities and of phenotypic and genetic correlations[J]. Aquaculture, 1989, 80(1-2): 25-44.
- [14] Rye M, Refsate T. Phenotypic and genetic parameters of body size traits in Atlantic salmon *Salmo Salar* L. [J]. Aquaculture Research, 1995, 26(12): 875-885.
- [15] Hershberger W K. Genetic changes in the growth of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in marine net-pens, produced by ten years of selection [J]. Aquaculture, 1990, 85(1-4): 187-197.