

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

李学军^{1,2}, 李思发¹, 么宗利¹, 笑金华³, 张艳红³

(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. 河南师范大学 生命科学学院, 河南新乡 453002; 3. 河北中捷农场水产良种场, 河北 沧州 061108)

摘要: 用 1 m × 1 m × 1 m 的实验网箱, 在盐度分别为 0、10、20 及 30 的水体中进行尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*)、萨罗罗非鱼 (*Sarotherodon melanotheron*) 和以色列红罗非鱼 (Israeli red tilapia) 幼鱼的养殖实验。结果表明: (1) 盐度、鱼的种类及盐度 - 鱼类的交互作用都对 3 种罗非鱼的生长及体重变异系数有显著影响 ($P < 0.05$); 3 种罗非鱼的成活率和肥满系数只受鱼的种类影响 ($P < 0.05$); 盐度、盐度 - 鱼类的交互作用对其都无显著影响。 (2) 生长和盐度之间的回归关系在尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼较显著, 在萨罗罗非鱼显著性较差。 (3) 尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的生长随着盐度的降低而加快, 萨罗罗非鱼的生长随着盐度的降低而减慢。在 3 种鱼中, 盐度在 6.9 以下时, 尼罗罗非鱼生长最快; 盐度 7.4 ~ 28.7 时, 以色列红罗非鱼生长最快; 盐度高于 29.0 时, 萨罗罗非鱼生长最快。 (4) 在实验的 4 种盐度下, 萨罗罗非鱼的成活率都高于以色列红罗非鱼和尼罗罗非鱼, 而除了在淡水中外, 以色列红罗非鱼的成活率又都高于尼罗罗非鱼; 萨罗罗非鱼的肥满系数都显著高于尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼, 而以色列红罗非鱼的肥满系数和尼罗罗非鱼的没有显著差异。

关键词: 尼罗罗非鱼; 萨罗罗非鱼; 以色列红罗非鱼; 盐度; 幼鱼; 成活率; 肥满系数

中图分类号: Q959.468 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2005)03-0245-07

罗非鱼类 (Tilapias) 具有许多优良的养殖性状, 目前是世界上养殖最普遍的鱼类之一。传统的罗非鱼类是在淡水中养殖, 但罗非鱼类中有一些种类还是典型的广盐性鱼类。中国咸、海水资源非常丰富, 开展罗非鱼咸、海水养殖前景非常广阔。

目前中国养殖最普遍的罗非鱼是尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*), 其特点是生长快, 但耐盐性较差^[1-2]。2001 年和 2002 年, 中国分别从以色列和美国引进了 2 种耐盐性较强的罗非鱼——以色列红罗非鱼和萨罗罗非鱼 (*Sarotherodon melanotheron*)。以色列红罗非鱼是杂交育种的后代, 但遗传背景不详, 耐盐性较强, 生长速度逊于尼罗罗非鱼。萨罗罗非鱼原产于西非海岸潟湖中, 具有极强的耐盐性, 可在盐度 35 左右的水体中正常生活, 据报道, 驯化后甚至可耐受 100 的盐度^[3]。但生长较慢, 成鱼规格较小^{[4] 1)}。

国外对尼罗罗非鱼和红罗非鱼耐盐和生长的研究已有较多报道^{[1-2, 5] 2)}, 而对萨罗罗非鱼的有关研究报道较少^{[3-4] 1)}。国内仅对尼罗罗非鱼和台湾红罗非鱼耐盐差异和生长差异做过研究^[6-8]。而有关这 3 种罗非鱼在不同盐度下生长的差异, 国内外均未见相关比较性的研究报道。本实验对这 3 种罗非鱼在不同盐度下的生长进行了研究, 以期能探究适宜它们生长的盐度水平, 为其在咸、海水水域的养殖推广及耐盐罗非鱼的选育提供一些理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验鱼准备

实验用的尼罗罗非鱼为在 1994 年从 ICLARM 引进的吉富品系尼罗罗非鱼基础上选育的 F₇ 代; 萨罗罗非鱼为 2002 年经由美国引进后繁育的 F₁ 代; 以色列红罗非鱼为 2001 年由以色列引进后繁育的 F₂ 代。

收稿日期: 2004-06-04; 修订日期: 2004-09-27.

基金项目: 上海水产大学与中捷农场水产良种场合作项目 (J-0156); 农业部“948”引进项目。

作者简介: 李学军 (1967-), 男, 教授, 博士, 专业方向水产动物种质资源与苗种工程. E-mail: xjli67@126.com

通讯作者: 李思发. Tel: 021-65710333. E-mail: lsf038@mail.online.sh.cn

1) Campbell D. A review of the culture of *Sarotherodon melanotheron* in West Africa [R]. Prot Harcourt Nigeria Undp FAO Niomr, 1987, 20.

2) Watanabe W O, Olla B L, Wicklund R I, et al. Saltwater culture of the Florida red tilapia and other saline-tolerant tilapias: A review [M]. Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol. 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 1997. 54-141.

实验在河北省中捷水产良种场进行。2003 年 5 月 15 日,3 种罗非鱼各选择成熟良好的亲鱼 20 尾(雌雄比 3:1),放入水泥产卵池中,进行自然繁殖。12 d 后开始有鱼苗出现。1 个月后清池,用同一规格的鱼筛筛选出规格相近的实验鱼,放入 40 目网箱中,网箱分别放入 4 个 7 m × 5 m × 2 m 的室内水泥实验池中进行耐盐驯化。盐度为 0 的实验用水来源于地下井水,其他盐度实验用水是由附近盐度为 65 的盐沼水和地下井水勾兑而成。除盐度为 0 的实验池水外,其他实验池的起始驯化盐度为 10。每天向驯化池中加入盐度为 65 的盐沼水,使盐度升高 2,直至所需要的实验盐度。驯化完毕后暂养,4 种盐度梯度同时开始养殖实验,驯化期间均不投喂。

1.2 实验设计

设计 0、10、20 和 30 共 4 种盐度梯度,分别为 S_0 、 S_{10} 、 S_{20} 和 S_{30} 组。在每一驯化池中放 1 m × 1 m × 1 m 的实验网箱 3 个作为重复,每箱各放 3 种经驯化的实验鱼 30 尾,进行饲养观察比较。分别以 N、M 和 R 代表尼罗罗非鱼、萨罗罗非鱼和以色列红罗非鱼。鱼入箱时称量体重,精确到 0.01 g;尼罗罗非鱼、萨罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的初始平均体重分别为 (2.89 ± 0.118) g、 (2.63 ± 0.093) g 和 (2.77 ± 0.114) g,经方差检验,在处理组间,初始平均体重没有显著差异 ($P > 0.05$)。

1.3 养殖实验

共进行了 60 d 的驯化养殖实验。养殖用饲料为大江牌罗非鱼专用膨化饲料。每日投喂 4 次,每次投喂量以 30 min 内仍有剩料为准,以保证实验鱼饱食。每日 19 时至翌日 7 时,开鼓风机进行充氧;光照条件由 8 盏 40 W 灯泡进行调节,以保证昼夜有 12 L 12 D 的光周期。每日检查网箱,统计实验鱼的死亡数。

每周 1 次,吸底污,换 1/4 池水,测量盐度、溶解氧、pH 值和氨态氮。养殖实验池水盐度用盐度计 (Aquatic Eco-Systems Salinity Meter, American Marine Inc.) 进行测定调节,精确到 0.1。养殖实验期间,每种盐度保持在 ± 1 的范围内;溶解氧变动为 3.78 ~ 6.86 mg/L; pH 值变动为 7.82 ~ 8.21;氨态氮变动为 0.39 ~ 5.67 mg/L。

1.4 数据处理和分析

每 15 天检查 1 次生长结果,称量存活实验鱼体

重和体长。体重精确到 0.01 g,体长精确到 1 mm。按下式^[9]计算生长率、肥满系数和体重变异系数:

$$\text{日均增重量 (AWG)} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{瞬时增重率 (IGR, \% d}^{-1}\text{)} =$$

$$100 \times \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{肥满系数 (K)} = \frac{W}{L^3} \times 100$$

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

式中, W_1 为初始体重 (g), W_2 为终末体重 (g), $t_2 - t_1$ 为实验天数, $\bar{W}$ 为平均体重, L 为体长 (cm), SD 为标准差。

盐度和实验鱼种类对生长的影响用双因素方差分析进行比较,如果方差分析检验为差异显著 ($P < 0.05$),则用 Duncan's 多重比较进行分析。运用一元线性回归的方法,分析盐度和生长之间的线性相关,建立日均增重量或瞬时增重率 (Y) 和盐度 (X) 之间的简单线性回归关系式。分别计算 3 种罗非鱼两两之间日均增重量和瞬时增重率的比值,建立不同罗非鱼日均增重量或瞬时增重率比值 (Y) 和盐度 (X) 之间的简单线性回归关系式。

所有数据均用 SAS 软件进行统计分析。

2 结果

2.1 生长速度

2.1.1 盐度对 3 种罗非鱼生长速度的影响 各处理组不同生长速度的差异性及均值多重比较见表 1。对日均增重量来说, S_{0N} 生长速度显著快于其他处理组 ($P < 0.05$),而 S_{0M} 和 S_{10M} 生长速度显著慢于其他处理组 ($P < 0.05$),最快和最慢之间生长速度相差 4.29 倍。对于瞬时增重率来说,也是 S_{0N} 生长速度最快,但生长速度最慢的是 S_{10M} ,而且显著慢于其他处理组 ($P < 0.05$),最快和最慢之间生长速度相差 2.14 倍。

经双因子方差分析检验,盐度对生长(日均增重量和瞬时增重率)差异显著概率 P 分别为 4.72×10^{-12} 和 9.91×10^{-12} 、罗非鱼种类对生长(日均增重量和瞬时增重率)差异显著概率 P 分别为 4.21×10^{-6} 和 1.61×10^{-4} 及盐度 - 鱼类的交互作用对生长(日均增重量和瞬时增重率)差异显著概率 P 分别为 1.11×10^{-10} 和 8.51×10^{-11} 都有极显著影响。

表 1 不同盐度下 3 种罗非鱼出池时平均体重、生长率、成活率、肥满系数和体重变异系数

Tab. 1 Final average body weight, growth rate, survival rate, condition factor and coefficient of variation of body weight of three tilapias at different salinities

处 理 Treatment	出池体重/ g Harvest weight $\bar{X} \pm \text{SD}$	日均增重/ (g · d ⁻¹) Body weight gain daily $\bar{X} \pm \text{SD}$	瞬时增重率/ (% · d ⁻¹) Instantaneous growth rates $\bar{X} \pm \text{SD}$	成活率/ % Survival rate	肥满系数 Fat factor	体重变异 系数/ % Coefficient of variation
S ₀ N	16.83 ±4.636a	0.296 ±0.005a	3.651 ±0.034a	36.97bc	4.17b	27.54bc
S ₀ M	5.65 ±1.195g	0.069 ±0.004f	1.816 ±0.147h	79.00a	4.79a	21.13c
S ₀ R	12.69 ±5.694b	0.219 ±0.025b	3.452 ±0.175ab	20.83bc	4.18b	45.13a
S ₁₀ N	10.83 ±3.046cd	0.177 ±0.027cd	3.064 ±0.251c	35.56bc	3.96b	27.78bc
S ₁₀ M	6.02 ±1.694g	0.071 ±0.009f	1.709 ±0.123h	63.82a	4.82a	28.18bc
S ₁₀ R	11.94 ±3.649bc	0.200 ±0.009bc	3.191 ±0.217bc	40.57b	4.10b	30.52bc
S ₂₀ N	10.99 ±3.857cd	0.169 ±0.019cd	2.687 ±0.15de	31.58bc	4.13b	35.65ab
S ₂₀ M	8.74 ±3.787ef	0.124 ±0.018e	2.344 ±0.186fg	62.17a	4.91a	43.35a
S ₂₀ R	11.96 ±3.592bc	0.193 ±0.027cb	2.939 ±0.204cd	40.24b	4.31b	30.17bc
S ₃₀ N	8.39 ±1.747f	0.116 ±0.005e	2.225 ±0.051g	16.26c	4.09b	20.93c
S ₃₀ M	10.07 ±3.645de	0.159 ±0.006d	2.868 ±0.123cde	64.98a	4.97a	36.19ab
S ₃₀ R	9.85 ±4.428df	0.148 ±0.024ed	2.570 ±0.234ef	31.91bc	4.01b	45.38a

注: S₀、S₁₀、S₂₀和 S₃₀分别表示盐度为 0、10、20 和 30;N、M 和 R 分别代表尼罗罗非鱼、萨罗罗非鱼和以色列红罗非鱼。
 同一栏内平均值后字母相同者表示差异不显著 ($P > 0.05$)。
 Note: S₀, S₁₀, S₂₀ and S₃₀ indicate 0, 10, 20 and 30 of water salinity, respectively. N, M and R indicate *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon melanotheron* and Israeli red tilapia, respectively.
 Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$).

2.1.2 盐度和生长的回归关系 3 种罗非鱼日均增重量及瞬时增重率 (Y) 和盐度 (X) 的回归关系及相关指数 (R^2) 见图 1。对于日均增重量和盐度的回归关系,除萨罗罗非鱼略显著外 ($P = 0.046$),在尼罗罗非鱼 ($P = 0.070$) 及以色列红罗非鱼 ($P = 0.052$),生长和盐度的回归关系都不甚显著;对于瞬时增重率和盐度的回归关系,萨罗罗非鱼不显著 ($P = 0.083$),尼罗罗非鱼 ($P = 0.016$) 及以色列红罗非鱼 ($P = 0.016$) 生长和盐度的回归关系都极显著 ($P < 0.01$)。在实验盐度范围内,尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的生长都随盐度的升高而下降;萨罗罗非鱼的生长在盐度为 10 以下时变化不大,而在 10 以上时则随盐度的升高而增快。

2.1.3 3 种罗非鱼生长的差异 3 种罗非鱼两两之间日均增重量比值 (Y) 及瞬时增重率比值 (Y) 和盐度 (X) 之间的回归关系及相关指数 (R^2) 见图 2。除尼罗罗非鱼与以色列红罗非鱼的日均增重量比值和盐度的回归关系不显著外 ($P > 0.05$),其他各生长率间的比值和盐度的回归关系都显著 ($P < 0.05$)。

尼罗罗非鱼与以色列红罗非鱼的生长率比值随着盐度的升高略有下降,而尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼和以色列红罗非鱼与萨罗罗非鱼的生长率比值则随着盐度的升高而急剧下降。

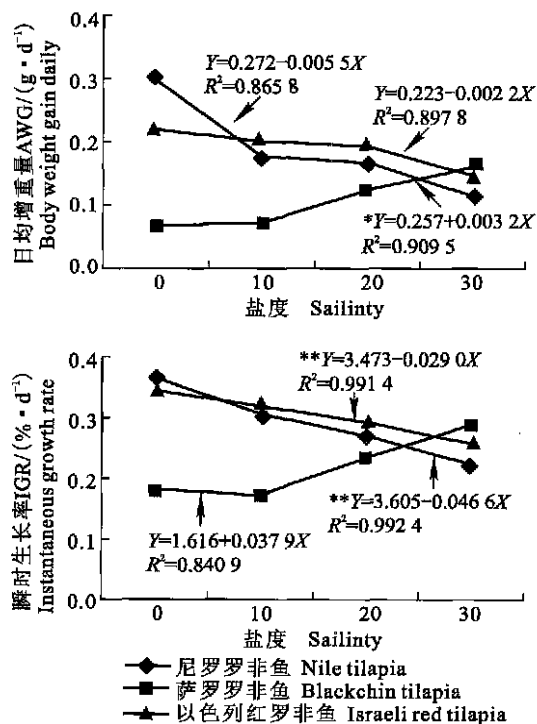


图 1 3 种罗非鱼生长和盐度的回归关系曲线

注: “*”表示回归关系显著 ($P < 0.05$);
 “***”表示回归关系极显著 ($P < 0.01$).

Fig. 1 Regression curve of three tilapias between growth and salinity

Note: “*” indicates a significant regression relation ($P < 0.05$);
 “***” indicates an extremely significant regression relation ($P < 0.01$).

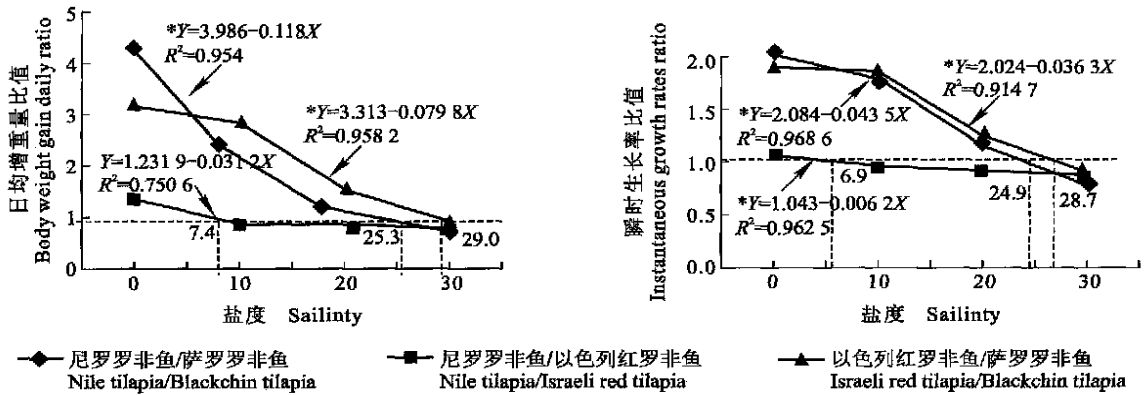


图 2 3 种罗非鱼生长率比值和盐度的回归关系曲线

注：“*”表示回归关系显著 ($P < 0.05$)；“**”表示回归关系极显著 ($P < 0.01$)。

Fig. 2 Regression curve of three tilapias between growth ratio and salinity

Note：“*” indicates a significant regression relation ($P < 0.05$)；“**” indicates an extremely significant regression relation ($P < 0.01$)。

根据 3 种罗非鱼两两之间日均增重量比值 (Y) 及瞬时增重率比值 (Y) 和盐度 (X) 之间的回归关系可以计算出:当尼罗罗非鱼与以色列红罗非鱼的日均增重量相等,即两者比值 (Y) = 1 时,盐度 (X) 为 7.4,同理,当尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼的日均增重量比值、以色列红罗非鱼与萨罗罗非鱼的日均增重量比值、尼罗罗非鱼与以色列红罗非鱼的瞬时增重率比值、尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼的瞬时增重率比值及以色列红罗非鱼与萨罗罗非鱼的瞬时增重率比值 (Y) = 1 时,他们的盐度 (X) 分别为 25.3、29.0、6.9、24.9 和 28.7。因此,由图 2 可知,当盐度高于 7.4 时,以色列红罗非鱼的日均增重量开始高于尼罗罗非鱼;当盐度大于 25.3 时,萨罗罗非鱼的日均增重量开始高于尼罗罗非鱼;盐度大于 29.0 时,萨罗罗非鱼的日均增重量开始高于以色列红罗非鱼。当盐度高于 6.9 时,以色列红罗非鱼的瞬时增重率开始高于尼罗罗非鱼;盐度大于 24.9 时,萨罗罗非鱼的瞬时增重率开始高于尼罗罗非鱼;盐度大于 28.7 时,萨罗罗非鱼的瞬时增重率开始高于以色列红罗非鱼。

2.2 成活率

经两因素方差分析检验,除鱼的种类对成活率有显著影响外 ($P = 3.06 \times 10^{-7}$),盐度 ($P = 0.478$) 及盐度 - 鱼类交互作用 ($P = 0.181$) 对成活率都无显著影响。各处理组不同成活率的差异性及均值多重比较见表 1。在 4 种盐度中,萨罗罗非鱼的成活率都显著高于其他实验处理组,成活率最高 (S_{0M}) 和最低 (S_{30N}) 之间相差 4.85 倍。除了盐度为 0 时,尼罗罗非鱼的成活率高于以色列红罗非鱼外,其他

几种盐度都是以色列红罗非鱼高于尼罗罗非鱼。

尼罗罗非鱼的成活率是随着盐度的增加而降低。以色列红罗非鱼在盐度为 10 和 20 时的成活率较盐度为 0 和 30 时高。但 3 种鱼的成活率在不同的盐度下差异都不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 丰满系数

经两因素方差分析检验,除鱼的种类对丰满系数有显著影响外 ($P = 5.20 \times 10^{-7}$),盐度 ($P = 0.717$) 及盐度 - 鱼类交互作用 ($P = 0.890$) 对丰满系数都无显著影响。各处理组不同丰满系数的差异性及均值多重比较见表 1。在 4 种盐度中,萨罗罗非鱼的丰满系数是随着盐度的增高而增高,而且都显著高于尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼,而后两者间却都无显著差异。各处理组间最高丰满系数 (S_{30M}) 是最低丰满系数 (S_{10N}) 的 1.26 倍。

2.4 体重变异系数

经两因素方差分析检验,鱼的种类 ($P = 9.06 \times 10^{-4}$)、盐度 ($P = 0.041$) 及盐度 - 鱼类交互作用 ($P = 5.91 \times 10^{-5}$) 对体重变异系数都有显著影响。各处理组不同体重变异系数的差异性及均值多重比较见表 1。体重变异系数较大的处理组是 S_{0R} 、 S_{20M} 和 S_{30M} ;体重变异系数较小的处理组是 S_{0M} 和 S_{30N} 。最大 (S_{30R}) 和最小 (S_{30N}) 之间相差 2.18 倍。

3 讨论

(1) 国外对罗非鱼的耐盐特性做过较多的研究与探讨^[10]。从理论上说,生活在盐度为 12 的水体中,对罗非鱼来说是一种等渗环境,用来进行渗透调

节的能量是最小的^[11],因此生长应该最快。但是影响生长的因素很多、很复杂,许多非渗透调节因子,如食物消耗和食物转化^[12]、领域行为和攻击行为¹⁾等因素对罗非鱼的生长都有影响,所以罗非鱼生长最快的水体盐度并不一定是12。

本研究发现,盐度对3种罗非鱼的生长都有显著影响。盐度在0~30,尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的生长随着盐度的降低而加快,这与国内外许多学者的实验结果是一致的^[5]。但Chervinski^[13]报道,尼罗罗非鱼在淡水和盐度为15的水体中,生长没有显著差异;在盐度为7.5的水体中,其瞬时增重率略高于淡水。Liao和Chang报道²⁾,红罗非鱼在盐度为17的水体中,生长速度快于淡水;尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼在盐度为0时,生长最快,盐度为30时,生长最慢,这可能是与它们长期养殖在淡水有关。而萨罗罗非鱼与之相反,由于其原产地在西非的一些潟湖、海湾^[3],属于咸水罗非鱼,而且中国引种时间不长,实验鱼即为引进群体的F₁代,对高盐度应该有较强的适应性。本研究也证实了这个推断,它在盐度为30时生长最快,盐度为0~10时生长最慢,盐度低于10时,生长变化不大,盐度超过10后,生长急剧加快。但萨罗罗非鱼引进中国后,是否会因长期养殖在淡水环境中而使其出色的耐盐特性退化,还有待于今后进一步实验观察。

(2)不同种罗非鱼之间生长速度也有显著差异。在淡水中,一般报道认为尼罗罗非鱼的生长要快于红罗非鱼^[1-2,6-8]。但也有报道红罗非鱼的父母亲本杂交后代生长速度快于尼罗罗非鱼³⁾。而萨罗罗非鱼的生长速度较慢,规格也小^[4]。本研究发现,尼罗罗非鱼在低盐度水中生长快,萨罗罗非鱼在高盐度水中生长快,以色列红罗非鱼也是在低盐度水中生长快,但较尼罗罗非鱼更能适应高盐度的水体。盐度为6.9以下时,3种罗非鱼中,尼罗罗非鱼的生长最快;盐度7.4~28.7时,以色列红罗非鱼的生长最快,而在盐度高于29.0时,萨罗罗非鱼的生长最快。因此认为,尼罗罗非鱼适合养殖在盐度为6.9

以下的低盐度水体中,萨罗罗非鱼适合在盐度为29.0以上的高盐度水体中养殖,而以色列红罗非鱼适应的盐度范围较广,在盐度为7.4~28.7的范围内养殖,都能取得相对较好的养殖效果。

(3)萨罗罗非鱼生长和盐度间的回归关系不甚显著,而尼罗罗非鱼及以色列红罗非鱼的生长和盐度间的回归关系较显著,这说明尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的生长受盐度的影响相对较大,而萨罗罗非鱼的生长受盐度的影响相对较小。在2种生长和盐度的回归关系中,瞬时增重率和盐度的回归关系较日均增重量和盐度的回归关系显著,因此认为,在研究生长和盐度的关系时,用瞬时增重率较合适。

(4)本研究中,3种罗非鱼在实验期间的成活率都较低,这是否同其原来饲养于阳光充足的室外大池,不适应光线黑暗、空间狭小的室内车间有关。但仍可以看出,耐盐能力强的罗非鱼对盐度的变化适应能力较强,表现在不同盐度下,萨罗罗非鱼的成活率都高于红罗非鱼,而除了在淡水中外,以色列红罗非鱼的成活率又都高于尼罗罗非鱼,这个结果与Nwadu^[14]的报道是一致的。但在不同的盐度下,3种罗非鱼种内个体的成活率却没有显著差异,这说明罗非鱼对盐度变化的适应力非常强,经过驯化后,耐盐能力显著增强。

在4种实验盐度条件下,萨罗罗非鱼的丰满系数都显著高于尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼,而以色列红罗非鱼的丰满系数和尼罗罗非鱼的没有显著差异。但3种罗非鱼种内个体间的丰满系数在不同盐度条件下都无显著差异。李家乐等^[7]曾报道,尼罗罗非鱼的丰满系数显著高于台湾红罗非鱼;而且据观察(实验结果待发),以色列红罗非鱼的耐盐性要比中国引进多年的台湾红罗非鱼强许多。这表明以色列红罗非鱼和台湾红罗非鱼有可能是2个来源不同的杂交种。

致谢:实验过程中,河北中捷农场水产良种场任炳琛,全国水产技术推广总站冯金海、李海宾及河北省水产局推广站孙绍勇等研究人员参加了部分工作,在此谨表谢忱!

- 1) Watanabe W O, French K E, Ellingson L J, et al. Further investigations on the effects of salinity on growth in Florida red tilapia: evidence for the influence of behavior[A]. The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15[C]. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Philippines, 1988, 524 - 531.
- 2) 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, Israel, 1983, 524 - 533.
- 3) 梁幼嫦, 戴佛生. 福寿鱼、尼罗罗非鱼、莫桑比克罗非鱼生长对比实验[J]. 珠江水产科学论文报道选辑[C]. 1979 - 1983, 16 - 23.

参考文献:

- [1] Watanabe W O, Kuo C M, Huang M C. The ontogeny of salinity tolerance in the tilapia *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, and an *O. mossambicus* × *O. niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater[J]. *Aquaculture*, 1985, 47:353 - 367.
- [2] Avella M, Berhaut J, Bornancin M. Salinity tolerance of two tropical fishes, *Oreochromis aureus*, and *O. niloticus*, 1. Biochemical and morphological changes in the gill epithelium[J]. *J Fish Biol*, 1993, 42:243 - 254.
- [3] Jennings D P, Williams J D. Factors influencing the distribution of blackchin tilapia *Sarotherodon melanotheron* (Osteichthyes: Cichlidae) in the Indian River system, Florida[J]. *Northeast Gulf Science*, 1992, 12(2):111 - 117.
- [4] Legendre M, Ecoutin J M. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. 1. Reproduction[J]. *Aquat Living Ressour Vivantes Aquat*, 1989, 2(2):71 - 79.
- [5] Likongwe J S, Stecko T M, Stauffer J R, et al. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) [J]. *Aquaculture*, 1996, 146:37 - 46.
- [6] 李家乐, 李思发, 韩风进. 五种罗非鱼苗种在室内水族箱中的养殖效果比较[J]. *淡水渔业*, 1998, 28(3):8 - 10.
- [7] 李家乐, 李思发, 韩风进. 台湾红罗非鱼和尼罗罗非鱼的生长特性与养殖效果的比较[J]. *上海水产大学学报*, 2002, 11(1):1 - 5.
- [8] 何学军, 李思发, 韩风进, 等. 红罗非鱼和尼罗罗非鱼正反交后代体色和生长性能的评价[J]. *水产科技情报*, 2002, 29(4):147 - 152.
- [9] 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.
- [10] Suresh A V, Lin C K. Tilapia culture in saline waters: a review[J]. *Aquaculture*, 1992, 106:201 - 226.
- [11] Lotan R. Oxygen consumption in the gills of *Tilapia aurea* (Steindachner) (Pisces, Cichlidae) in various saline conditions [J]. *Israel J Zool*, 1966, 15:33 - 37.
- [12] Febry R, Lutz P. Energy partitioning in fish: the activity-related cost of osmoregulation in euryhaline cichlid[J]. *J Exp Biol*, 1987, 128:63 - 85.
- [13] Chervinski J. Laboratory experiments on the growth of *Tilapia nilotica* in various saline concentrations[J]. *Bamidgeh*, 1961, 13:8 - 14.
- [14] Nwadu F O. Species abundance and seasonal variations in catch from two mangrove habitats in the Lagos Lagoon[J]. *Environ Ecol*, 1995, 13(1):121 - 128.

Variation of growth, survival rate and condition factor of juvenile *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon melanotheron* and Israeli red tilapia at different salinities

LI Xue-jun^{1,2}, LI Si-fa¹, YAO Zong-li¹, JIE Jir-hua³, ZHANG Yan-hong³

(1. The Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China; 2. College of Life Science, Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453002, China; 3. Hebei Zhongjie Fisheries Seed Farm, Cangzhou, Hebei 061108, China)

Abstract: The growth experiment about GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) F₇ introduced from ICLARM, blackchin tilapia (*Sarotherodon melanotheron*) F₁ introduced from America and Israeli red tilapia F₂ introduced from Israeli was conducted in 1 m × 1 m × 1 m cages at several salinities of 0, 10, 20 and 30. The major results were as follows. (1) No matter what body weight gain daily or instantaneous growth rate was, the fastest growth rates were Nile tilapia at salinity 0 in all experiment treatments; the slowest growth rates were blackchin tilapia at salinity 0 for body weight gain daily and salinity 10 for instantaneous growth rate. The growth and variation of body weight of the three tilapias were significantly ($P < 0.05$) influenced by salinity, fish species and their interaction. Survival rates and condition factors of the three tilapias were significantly ($P < 0.05$) influenced only by fish species. (2) The regression relation of Nile tilapia and Israeli red tilapia were significant between growth and salinity, but it was not significant to blackchin tilapia. (3) Growth rate of Nile tilapia and Israeli red tilapia decreased with the increase of salinity, which was contrary to blackchin tilapia. To body weight gain daily, Nile tilapia had a most fast growth at salinity 7.4 among the three tilapias. The blackchin tilapia's growth rate was higher than that of Nile tilapia when salinity was above 25.3. When salinity was above 29.0, blackchin tilapia had a most growth rate at

among the three tilapias. For instantaneous growth rate, Nile tilapia had a most fast growth rate when salinity was below 6.9 among the three tilapias. The growth rate of blackchin tilapia was higher than that of Nile tilapia when salinity was above 24.9. When salinity was above 28.7, blackchin tilapia had a most growth rate among the three tilapias. (4) The survival rates of the three tilapias were all relatively low because of unconformable conditions. Blackchin tilapia had higher survival rate than Israeli red tilapia at all salinities, except freshwater, in which the survival rate of Israeli red tilapia was higher than that of Nile tilapia. The condition factors of blackchin tilapia were higher significantly than that of Nile tilapia and Israeli red tilapia, but there were not significantly different between Nile tilapia and Israeli red tilapia.

Key words: *Oreochromis niloticus*; *Sarotherodon melanotheron*; Israeli red tilapia; salinities; juvenile; survival rate; condition factor

Corresponding author: L I Si-fa. E-mail: lsf038@mail.online.sh.cn

为什么不能使用 ppm、pphm 和 ppb 这类缩写?

问:一些作者(包括一些两院院士)在论文中使用 ppm 等作为质量分数等量的单位,当我们说明国家标准不允许使用这些缩写时,他们便拿出“西方国家的权威期刊都在使用”作辩解。请问,国家标准为什么要做出这样的规定?

答:在科技文献特别是在化学、农村、医学等学科的出版物中,经常可见按传统习惯使用 ppm 等缩写作为量纲一的量的单位,因此,强制性国家标准 GB 3101 - 93《有关量、单位和符号的一般原则》依据国际标准 ISO 31 - 0:1992 做出明确规定:“不能使用 ppm、pphm 和 ppb 这类缩写。”

我们认为,国际标准、国家标准所以做出这一规定的主要理由是:

- 1) 这类缩写不是量纲一的量的计量单位的专门名称,更不是单位符号;
- 2) 这类缩写也不是专门数学符号;
- 3) 这类缩写用来表示数量份额时,其中有的在不同国家代表不同的数值,如 ppb,在美、法等国表示 10^{-9} ,而在英、德等国表示 10^{-12} ,如果不加注释,

会引起歧义;

4) 这类缩写除表示数量份额外,还有其他含义,如 ppm 还是“脉冲每分”“件每分”“投纬根数每分”等单位的缩写;

5) 即使使用这类缩写来表示量值,其量的含义仍然不明确,于是需要在其后附加修饰性信息,如“ $m/m \times V/V$ ”等,这在国际单位制中是不允许的。

那么,如何将作为数量份额使用的这类缩写改成规范表示呢?首先应辨明它们表示的是什么量;对 ppb 等还应搞清它是哪个国家的,然后用它们所代表的数值代入即可。例如:“CO 为 20 ppm (V/V)”,应改写为“CO 的体积分数为 20×10^{-6} ”,或“ $\varphi(\text{CO}) = 2 \times 10^{-5}$ ”。

需要指出的是,当 ppm 用来表示化学位移 δ 时,根据 δ 的新定义,只需将 ppm 删去,不必改写为“ $\times 10^{-6}$ ”。例如:“化学位移 $\delta = 2.8 \text{ ppm}$ ”,应改写为“ $\delta = 2.8$ ”。(诸 韧)

转载自《编辑学报》,2002,14(14):384