

宋凌元,赵亮亮,张成硕,等. 尼罗罗非鱼盐碱选育 4 代耐受性和生长性能评估[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):171-174.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.05.036

尼罗罗非鱼盐碱选育 4 代耐受性和生长性能评估

宋凌元¹, 赵亮亮¹, 张成硕¹, 赵 岩¹, 赵金良¹, 箕金华², 张艳红², 任炳琛²

(1. 农业农村部淡水水产种质资源重点实验室/水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心/水产科学国家级实验教学示范中心/上海海洋大学, 上海 201306; 2. 河北中捷罗非鱼国家级良种场, 河北沧州 061108)

摘要:分别在淡水(S_0A_0)、咸水($S_{10}A_0$)和盐、碱($NaHCO_3$)混合($S_{10}A_2$ 、 $S_{10}A_4$ 、 $S_{10}A_6$)水体中,进行尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)盐碱选育 4 代和对照组(非选育群体)鱼种 60 d 养殖对比试验,同时通过慢性盐、碱胁迫试验比较其盐、碱耐受差异。结果显示,淡水组日均增质量显著高于盐、碱试验组($P < 0.05$),各试验组随着碱度的增加,日均增质量呈下降趋势;在 $S_{10}A_0$ 、 $S_{10}A_2$ 、 $S_{10}A_4$ 和 $S_{10}A_6$ 试验组中,选育 4 代日均增质量显著高于对照组($P < 0.05$)。慢性盐、碱胁迫试验中,选育 4 代半致死浓度分别为(55.730 ± 1.34)、(16.31 ± 1.37) g/L,显著高于对照组[(46.47 ± 1.64)、(12.27 ± 1.08) g/L]($P < 0.05$)。研究结果为尼罗罗非鱼盐碱选育工作提供基础数据和参考。

关键词:尼罗罗非鱼;选育;盐度;碱度;半致死浓度;日均增质量

中图分类号: S965.125 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)05-0171-04

我国北方和沿黄地区有大片盐碱水域,因其含有一定的盐、碱成分,不利于常规淡水养殖品种生长^[1]。因此,驯化选育盐、碱耐受性较强的养殖品种,对盐、碱水养殖产业的发展具有重要的现实意义。尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)为广盐性鱼类,对环境有较强的适应能力,是开展鱼类盐、碱选育的优良材料^[2-6]。本实验室于 2012 年开始进行尼罗罗非鱼耐盐碱选育工作,首先对不同基础群体盐、碱耐受性和生长性能进行了比较分析^[7-8],随后通过筛耐盐、碱性状优良,生长快的个体进行罗非鱼耐盐碱选育。2013—2016 年分别获得盐碱选育 1 代、2 代和 3 代,评估表明,选育 1 代、2 代和 3 代鱼苗盐、碱耐受性高于基础群体,且随选育世代增加呈上升趋势;各选育世代生长性能较基础群体也有提高,各世代生长性能呈上升趋势^[9-11]。本研究继续评估尼罗罗非鱼盐碱选育 4 代(F_4)盐、碱养殖生长性能和盐、碱的耐受性能,为尼罗罗非鱼盐碱选育提供基础资料。

1 材料与方法

收稿日期:2019-01-27

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-46)。
作者简介:宋凌元(1993—),男,辽宁丹东人,硕士研究生,从事鱼类遗传育种和繁殖研究。E-mail:786785555@qq.com。

通信作者:赵金良,博士,教授,从事水产动物遗传与育种研究。
E-mail:jlzhao@shou.edu.cn。

1.1 试验鱼

试验鱼为 2017 年 7 月繁殖的尼罗罗非盐碱选育 4 代(F_4)鱼苗,经驯化筛选、越冬培育后的 1 龄鱼种。同时,从河北中捷罗非鱼养殖有限公司挑选相同规格的未选育的尼罗罗非鱼,作为对照组。

1.2 试验用水

慢性盐度试验用水使用养殖场盐卤水(盐度为 32 g/L)与地下井水按比例混合调制,超过盐卤水盐度上限时,添加海水晶调制。慢性碱度试验用水使用在地下井水中按比例溶入碳酸氢钠($NaHCO_3$)调制。

生长试验用水调制, S_0A_0 试验组为直接使用地下井水, $S_{10}A_0$ 试验组利用盐卤水和地下水混合配制,盐、碱混合试验组用水的配制是先用地下井水将 $NaHCO_3$ 溶解按比例配制成各碱度,然后将盐度调整至 10 g/L,配制完成后,曝气 2~3 d,取上清备用。

每天上午 10:00 测量 1 次,试验用水温度在 25℃ 左右,pH 值稳定在 8.5 左右,溶氧在 5.5~7.8 g/L,各指标均处于尼罗罗非鱼正常生长的耐受范围内。

1.3 试验方法

慢性致死试验在 400 L 的塑料桶中进行,每桶随机放入 15 尾受试鱼种,设置 3 个重复组。慢性盐度试验:从 0 盐度开始,每天提高 8 g/L 盐度直至受试鱼种全部死亡为止;慢性碱度试验:从 0 碱度开始,每天提高 2 g/L 碱度直至受试鱼种全部死亡为

止。试验期间,每天定时(08:30、10:30、14:30)投喂罗非鱼专用浮性颗粒饲料 3 次,定时利用虹吸法清理残饵、粪便。每 2 天换水 1/2,以减少对受试鱼种的刺激,连续充氧,保证水中溶氧充足。每天检查受试鱼种的活动状况,并记录死亡数量。以鱼体对外界刺激有无反应判断其是否死亡^[13]。

盐、碱生长试验在 5 m×6 m×1 m 水泥池中进行,首先对试验鱼和对照鱼分别做剪左、右鳍条标记,然后进行盐碱驯化,驯化过程参考赵丽慧等的方法^[8]。每个养殖池中分别随机放入 80 尾盐碱选育 4 代鱼种和 80 尾对照鱼种。入池前,测量初始体质量,试验结束后测量终末体质量,试验时间为 2018 年 6 月 20 日至 2018 年 8 月 18 日。试验期间,每天定时(08:30、10:30、14:30)、定量(约为体质量 5%)投喂罗非鱼专用浮性颗粒饲料 3 次。根据水质状况,15、45 d 时换水 1/2,30 d 时整体换水 1 次,换水后将盐、碱提高至初始水平。增氧机仅在鱼种进食期间关闭,其余时间均为开机状态。

1.4 数据统计分析

慢性驯化试验结果分析,通过统计不同浓度下累计死亡率,并计算累计存活率,累计存活率 = 100% - 累计死亡率。制作盐度(碱度) - 累计存活率曲线,推算盐度(碱度)的半致死浓度。

$$\text{日均增质量} = \frac{m_2 - m_1}{t};$$

$$\text{体质量变异系数} = \frac{s}{\bar{m}} \times 100\%。$$

式中: m_1 为初始体质量(g), m_2 为终末体质量(g), t 为试验天数, \bar{m} 为平均体质量, s 为标准差。采用 SPSS 22.0 软件进行数据分析,以 $\alpha = 0.05$ 作为差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 慢性盐、碱致死试验

随着盐、碱浓度的上升,试验组和对照组的受试鱼种出现活动异常表现。慢性盐度试验中,受试鱼种表现为摄食量明显下降(试验组在盐度为 32 g/L 时停止摄食,对照组在盐度为 24 g/L 时停止摄食)、对外界刺激反应减缓,体表发黑,游动缓慢并逐渐沉入水底死亡;试验组鱼种在盐度 32 g/L 时开始死亡,盐度提高到 88 g/L 时全部死亡;对照组在盐度 16 g/L 时开始死亡,当盐度提高到 80 g/L 时全部死亡。选育 4 代(F_4) 盐度半致死浓度为 (55.930 ± 1.34) g/L,对照组盐度半致死浓度为 (46.47 ± 1.64) g/L(图 1)。慢性碱度试验中,受试鱼种表现为摄食量下降(试验组在碱度为 10 g/L 时停止摄食,对照组在碱度为 6 g/L 时停止摄食),游动迟缓,最后沉入水底死亡;试验组鱼种在 10 g/L 碱度时开始死亡,24 g/L 时全部死亡;对照组鱼种在 6 g/L 时开始死亡,18 g/L 时全部死亡。选育 4 代碱度半致死浓度为 (16.31 ± 1.37) g/L,对照组碱度半致死浓度为 (12.27 ± 1.08) g/L(图 2)。

2.2 生长试验

淡水组、 $S_{10}A_0$ 、 $S_{10}A_2$ 、 $S_{10}A_4$ 和 $S_{10}A_6$ 试验组中,选育 4 代和对照组鱼种日均增质量、成活率、体质量变异系数见表 1。除 $S_{10}A_6$ 组外,各试验组中选育 4 代均无死亡情况出现,对照组在 $S_{10}A_4$ 和 $S_{10}A_6$ 试验组中均出现死亡情况。淡水组中,选育 4 代和对照组的日均增质量显著差异($P > 0.05$),其余各试验组中,选育 4 代的日均增质量显著高于对照组($P < 0.05$)。随着盐度、碱度的增加,选育 4 代的日均增质量显著下降($P < 0.05$)(图 3)。

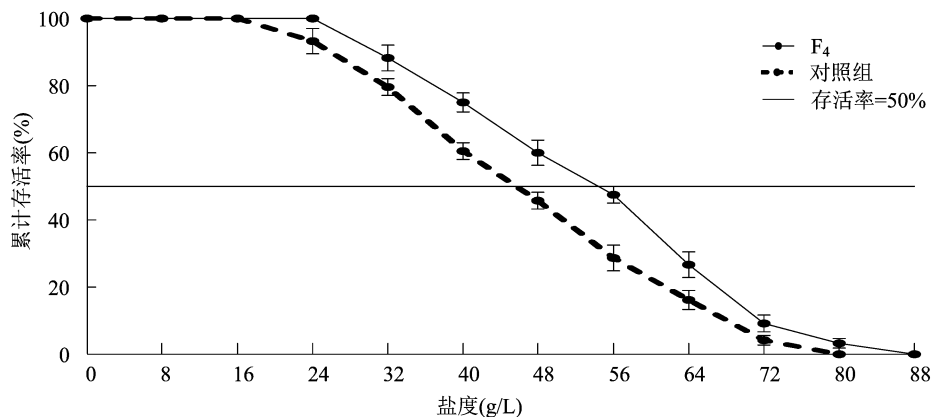


图1 尼罗罗非鱼选育 4 代累计存活率与盐度变化的关系

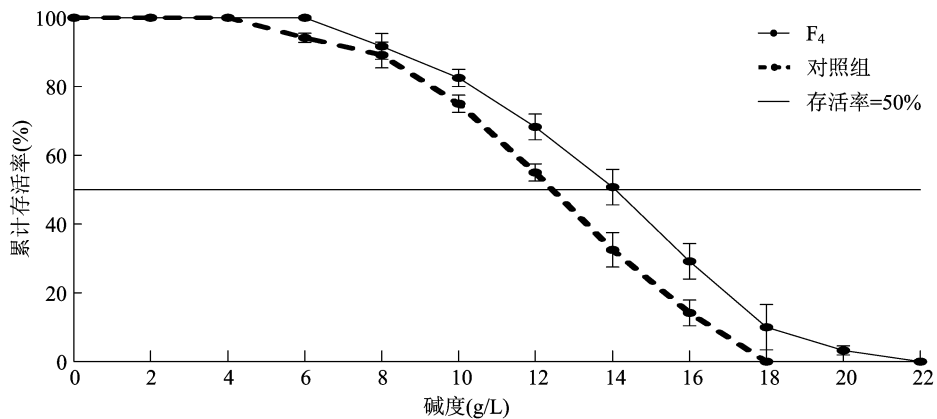


图2 尼罗罗非鱼选育 4 代累计存活率与碱度变化的关系

表 1 盐碱选育四代尼罗罗非鱼及对照组养殖生长对比

试验组	世代	初始体质量 (g)	终末体质量 (g)	日均增质量 (g)	体质量变异系数 (%)	成活率 (%)
S ₀ A ₀	选育 4 代	101.50 ± 14.24	297.42 ± 35.44	3.27 ± 0.52b	11.92	100
	对照组	102.43 ± 12.17	299.89 ± 31.07	3.29 ± 0.43b	10.36	100
S ₁₀ A ₀	选育 4 代	104.69 ± 17.16	312.90 ± 56.82	3.47 ± 0.84a	18.16	100
	对照组	105.39 ± 12.15	294.20 ± 23.20	3.14 ± 0.14c	7.89	100
S ₁₀ A ₂	选育 4 代	105.38 ± 14.93	273.36 ± 34.61	2.8 ± 0.37d	12.66	100
	对照组	108.07 ± 11.19	266.26 ± 28.42	2.64 ± 0.2e	10.67	100
S ₁₀ A ₄	选育 4 代	106.45 ± 14.20	260.49 ± 43.51	2.57 ± 0.51ef	16.70	100
	对照组	108.50 ± 12.42	249.41 ± 25.71	2.35 ± 0.14g	10.31	89
S ₁₀ A ₆	选育 4 代	105.44 ± 13.45	257.45 ± 39.83	2.53 ± 0.38f	15.47	95
	对照组	104.14 ± 11.94	234.97 ± 25.15	2.18 ± 0.23h	10.70	85

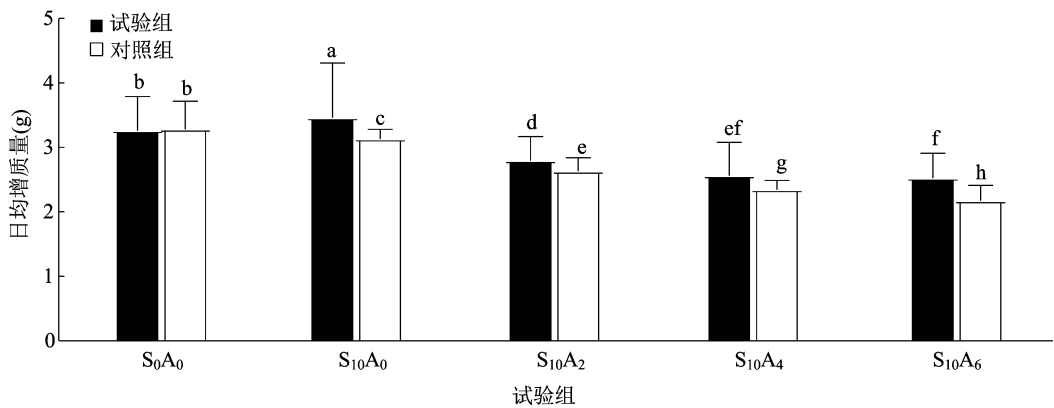


图3 不同盐、碱度对尼罗罗非鱼日均增质量的影响

3 讨论

本研究中采用慢性胁迫方法评估了选育 4 代鱼种的盐碱耐受性能,结果表明选育 4 代慢性盐、碱耐受性能显著高于对照组 ($P < 0.05$),说明盐、碱选育尼罗罗非鱼的盐碱耐受性高于未选育群体。研究表明,不同规格的尼罗罗非鱼对盐、碱的耐受力不同^[14-15]。前期对各选育世代鱼苗进行的急性盐、碱胁迫试验结果表明,选育各世代盐、碱耐受性能呈

上升趋势,同时选育前期盐、碱耐受性提升较为明显,选育后期盐、碱耐受性提升较为缓慢^[9,16-17]。笔者推测,选育尼罗罗非鱼对盐、碱的耐受性可能接近机体调节的极限。由于各选育世代慢性盐、碱胁迫试验用鱼存在规格差异,各世代间慢性盐、碱耐受性存在一定差异,但大致呈上升的趋势^[9-11]。综合来看,盐、碱选育 4 代尼罗罗非鱼对盐、碱的耐受性能得到了提升。

在盐碱水环境下,水生动物机体为适应环境变

化,不仅需要消耗大量的能量,还会对其摄食水平、饲料转化率等指标产生影响,进而使其生长受到抑制^[18-20]。本研究中, $S_{10}A_2$ 、 $S_{10}A_4$ 和 $S_{10}A_6$ 试验组中,尼罗罗非鱼日均增质量均显著低于淡水组($P < 0.05$),同时,各试验组随着碱度的升高日均增质量呈下降的趋势。由于各世代生长试验所用鱼种的规格差异较大,不能对各世代日均增重直接进行比较。为此,笔者将选育 1 代、2 代、3 代和 4 代各世代中 $S_{10}A_0$ 、 $S_{10}A_2$ 、 $S_{10}A_4$ 和 $S_{10}A_6$ 4 个试验组日均增质量加和,之后归“1”,比较各选育世代在不同盐、碱处理下相对增质量比例。在 $S_{10}A_4$ 试验组中,选育 1 代、2 代、3 代和 4 代相对增质量分别为 19.9% ~ 22.4%、21.7%、21.7% 和 22.6%; $S_{10}A_6$ 试验组中,分别为 13.3% ~ 14.9%、13.9%、19.6% 和 22.3%^[9-11]。由此可知,盐碱选育 4 代尼罗罗非鱼较选育 1 代、2 代和 3 代有所提升。

研究表明,盐、碱对鱼类的致毒效应有协同影响^[21]。本研究发现,随着碱度的提高,尼罗罗非鱼的生长抑制效应越大,可能是由于盐、碱协同作用,增大了胁迫效应,而且随着碱度升高协同作用越明显,胁迫效力越高,对尼罗罗非鱼生长抑制的影响越大。

参考文献:

- [1] 梁利群,任波,常玉梅,等. 中国内陆咸(盐碱)水资源及渔业综合开发利用[J]. 中国渔业经济,2013,31(4):138-145.
- [2] 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[J]. 水生生物学集刊,2005,7(3):359-369.
- [3] 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(1/2/3/4):575-587.
- [4] Al-Amoundi M M. Acclimation of commercially cultured *Oreochromis* species to sea water: an experimental study [J]. Aquaculture, 1987, 65(3):333-342.
- [5] 赵岩,吴俊伟,孟森,等. 碳酸盐碱度胁迫对尼罗罗非鱼血清 pH、游离氨浓度及相关基因表达的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(6):1032-1038.
- [6] 么宗利,王慧. 罗非鱼咸水养殖研究进展[J]. 海洋渔业, 2006, 28(3):251-256.
- [7] 赵丽慧,樊金华,张艳红,等. 不同盐、碱度下 3 品系尼罗罗非鱼幼鱼网箱养殖的生长比较[J]. 南方水产科学,2013,9(4):1-7.
- [8] 赵丽慧,樊金华,张艳红,等. 3 种品系尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)盐碱耐受性和生长比较[J]. 渔业科学进展,2014,35(5):26-32.
- [9] 梁从飞,樊金华,张艳红,等. 尼罗罗非鱼选育一代耐盐碱和生长性能评估[J]. 广东农业科学,2015,42(9):115-119.
- [10] 吴俊伟,涂翰卿,樊金华,等. 尼罗罗非鱼选育二代盐碱耐受性和生长研究[J]. 水产学杂志,2016,29(3):30-34.
- [11] 涂翰卿,樊金华,张艳红,等. 尼罗罗非鱼盐碱选育三代盐碱耐受及生长性能研究[J]. 广东农业科学,2017,44(2):154-159.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Watanabe W O, Kuo C M, Huang M C. Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*), spawned and hatched at various salinities [J]. Aquaculture, 1985, 48(2):159-176.
- [15] Breves J P, Hasegawa S, Yoshioka M, et al. Acute salinity challenges in Mozambique and Nile tilapia: differential responses of plasma prolactin, growth hormone and branchial expression of ion transporters [J]. General and Comparative Endocrinology, 2010, 167(1):135-142.
- [16] 梁从飞,赵丽慧,樊金华,等. 尼罗罗非鱼基础群体与选育一代幼鱼盐碱度耐受性比较[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):227-231.
- [17] 吴俊伟,梁从飞,樊金华,等. 尼罗罗非鱼盐碱选育二代幼鱼耐受性研究[J]. 河北渔业,2015,7(7):11-13.
- [18] 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[J]. 渔业科学进展,2012,33(5):85-90.
- [19] 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[J]. 渔业科学进展,2012,33(2):92-96.
- [20] de Bravo M I S. Influence of salinity on the physiological conditions in mussels, *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) [J]. Revista de Biología Tropical, 2003, 51(Suppl 4):153-158.
- [21] 郑伟刚,张兆琪,张美昭. 彭泽鲫幼鱼对盐度和碱度耐受性的研究[J]. 集美大学学报(自然科学版),2004,9(2):127-130.