

盐度影响鱼类生长性能、肌肉品质和组织结构的研究进展

赵孟杰¹, 王颖颖¹, 张志豪¹, 常恩慧¹, 王剑桥¹, 秦文皓¹, 董小敬¹, 邵泽宇²

¹扬州大学动物科学与技术学院, 江苏 扬州

²扬州市水产生产技术指导站, 江苏 扬州

Email: xjdong@yzu.edu.cn

收稿日期: 2020年11月29日; 录用日期: 2020年12月22日; 发布日期: 2020年12月30日

摘要

盐度是影响鱼类生理活动的一个重要生态因子, 盐度对鱼类生长性能、肌肉中营养成分、组织结构形态和胚胎发育都有显著的影响。本文就盐度对鱼类各项生理指标的影响而展开综述。

关键词

盐度, 生长性能, 肌肉品质, 组织结构, 鱼类生理

Research Progress on Effects of Salinity on Growth Performance, Muscle Quality and Tissue Structure of Fish

Mengjie Zhao¹, Yingying Wang¹, Zhihao Zhang¹, Enhui Chang¹, Jianqiao Wang¹,
Wenhao Qin¹, Xiaojing Dong¹, Zenyu Shao²

¹College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

²Yangzhou Aquatic Production Technology Guidance Station, Yangzhou Jiangsu

Email: xjdong@yzu.edu.cn

Received: Nov. 29th, 2020; accepted: Dec. 22nd, 2020; published: Dec. 30th, 2020

Abstract

Salinity is an important ecological factor affecting the physiological activities of fish. Salinity has

文章引用: 赵孟杰, 王颖颖, 张志豪, 常恩慧, 王剑桥, 秦文皓, 董小敬, 邵泽宇. 盐度影响鱼类生长性能、肌肉品质和组织结构的研究进展[J]. 水产研究, 2020, 7(4): 210-215. DOI: 10.12677/ojfr.2020.74029

significant effects on the growth performance of fish, nutrient composition in muscle, tissue structure and morphology, and embryonic development. This paper summarizes the effects of salinity on various physiological indices of fish.

Keywords

Salinity, Growth Performance, Muscle Quality, Tissue Structure, Fish Physiology

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

鱼类的生理健康与否直接关系到鱼类的生产繁殖和产业的发展。除了鱼类遗传基因对生理代谢起到决定性作用外, 外界生态因子也是影响鱼类生理代谢的重要因素[1]。例如生活水体的溶氧、温度、PH和盐度等。本文就盐度对鱼类生长性能、肌肉品质和组织结构等生理指标进行总结分析, 并对未来养殖水体盐度利用进行展望, 希望能够为水产养殖产业发展提供理论基础。

2. 盐度对鱼类生长性能的影响

养殖水体盐度的改变会影响鱼类生长性能。与鱼类最适盐度相比, 盐度的升高会大幅度影响鱼类酶活力、激素的分泌水平和内环境的稳定, 从而影响到鱼类的正常的代谢能力和抗氧化免疫能力, 最终导致鱼类存活率的显著降低[2] [3] [4]。鱼从海水转移到淡水时, 盐度的降低也会引起鱼类饮水率和尿液浓度的降低, 造成鱼体内环境的极度不稳定[5]。

鱼类存活率的高低与盐度变化有着紧密联系。从以往的试验中发现, 盐度超过 20‰的水体环境会大幅度抑制近岸海水鱼的生长性能。大黄鱼(*Larimichthys crocea*)在 13.6‰~14.1‰盐度驯养的环境下, 增重率和特定生长率显著高于高盐度(30‰)环境中的种群[6]。在盐度 10‰、15‰和 20‰驯养的褐菖鲉(*Sebastian marmoratus*)幼鱼生长状态普遍良好, 存活率都在 90%以上。而在盐度 25‰和 30‰的水体中, 褐菖鲉幼鱼出现较多死亡, 存活率都低于 80% [7]。盐度 26.0‰~31.8‰海水中牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)仔稚鱼呈现低于 30%的存活率和高达 83.6%的白化率; 盐度 21‰和 16‰组中牙鲆存活率可达 60%, 白化率均低于 40% [8]。这种现象在淡水鱼中更为明显, 黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*) [9]幼体甚至在(1~12 NaCl·l⁻¹ 处理)微盐环境中体细胞生长也会被抑制, 渗透性消耗也随之增加, 从而影响鱼体的生长性能。

不仅盐度的变化会对鱼类生长性能造成显著的影响, 盐度变化的速度也是影响鱼类存活率的一大因素。盐度的急性变化会引起鱼类的应激反应, 造成内环境的不稳定, 导致能量的消耗增大, 耗氧增多。免疫力也会大幅度降低, 容易引起病原体的入侵, 导致鱼类感染疾病甚至死亡[10] [11]。在急性盐度胁迫下, 马来西亚红罗非鱼(*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) [12]幼鱼半致死盐度为 18‰, 在盐度 25‰时死亡率就可达到 100%。然而在慢性盐度胁迫下, 死亡率虽然也会随着水体盐度升高而升高, 但是耐盐性有了很强的提升, 在盐度 25‰时死亡率也只有 40%。对于海水鱼而言, 水体淡化速度也影响着鱼类的存活率。黄鳍棘鲷作为典型的近海岸暖水性底层鱼类, 能够在盐度 4‰到 33‰环境中生存[13]。快速的水体淡化使得黄鳍棘鲷(*Acanthopagrus latus*) [14]应激反应加强, 完全淡水组的黄鳍棘鲷应激反应最强烈, 全体死亡。

盐度能够改变鱼卵的漂浮形态,同样影响着鱼卵的孵化率和仔鱼存活率。当盐度为18.3‰~25.6‰时,鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*) [15]受精卵沉在水底。盐度27.1‰~31.7‰时,其受精卵漂浮在上层水体。盐度低于19.7‰时,鞍带石斑鱼受精卵无法孵化。在盐度处于21.2‰~29.5‰范围中,其受精卵孵化率随着盐度升高有着上升的趋势。仔鱼的存活率在不同盐度胁迫下的规律与其孵化率大致相同。

3. 盐度对鱼类肌肉品质的影响

盐度会影响鱼类肌肉中各种成分的含量,从而改变鱼类的肌肉品质。有试验表明,盐度的升高往往伴随着鱼类肌肉渗透压的改变,引起水分的持续流失[16]。肌肉中可溶性蛋白质和某些风味物质会随着水分的流失而减少,肌肉中水分不仅能降低蛋白质降解速度,也能延长保存时间[17]。当盐度从0‰增加到18‰和36‰时,吉富罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)肌肉中水分出现下降趋势,而脂肪、蛋白质和灰分含量都有所增加。在盐度0‰到30‰的试验中,内陆虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)和溯河硬头鳟(*Salmon gairdneri*)两种生态型的鱼类肌肉中粗蛋白、粗脂肪和能量的含量均随盐度增加而降低[18]。对于耐盐性淡水鱼短盖巨脂鲤(*Colossoma brachypomum*)而言,在盐度0‰到12‰范围中,盐度的升高会引起鱼体内粗蛋白和粗脂肪的下降[19]。

盐度的升高还会对罗非鱼肌肉中游离氨基酸、各种无机离子(Na^+ 、 K^+ 、 Cl^-)和次黄嘌呤核苷酸含量造成影响,使其呈现上升的趋势。这些物质含量与罗非鱼肌肉中呈味和甜味鲜度有着重要的联系。罗非鱼肌肉中必须氨基酸和鲜味氨基酸的含量在一定盐度范围内与盐度呈正相关[20]。并且盐度的上升也会使虹鳟肌肉和肝脏中饱和脂肪酸(SFA)显著下降,但是C18多不饱和脂肪酸(C18PUFA)、n-3多不饱和脂肪酸(n-3PUFA)和n-6多不饱和脂肪酸(n-6PUFA)含量却有上升趋势。罗非鱼肌肉的机械强度(硬度和咀嚼度)会随着盐度升高而增强,同时盐度的升高还会降低罗非鱼的嫩度,提高肌肉亮度[21]。

盐度变化会给鱼类肉质造成显著影响,但是也有例外。在0‰、4‰、8‰不同盐度环境中,埃及革胡子鲶(*Clarias fuscus*)全鱼水分、粗蛋白、粗灰分均无显著差异[19]。相似的结果也出现在盐度5‰到35‰环境中的卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*) [22]和盐度0‰到30‰水体中的点带石斑鱼(*Epinephelus coioides*) [23]中。

4. 盐度对鱼类组织结构的影响

鱼类鳃组织上分布有线粒体丰富细胞。然而随着盐度的改变,线粒体丰富细胞数量与分布都会发生显著变化。有试验证明,盐度从0‰上升到24‰会引起大马哈鱼(*Oncorhynchus keta*) [24]幼鱼鳃丝处的线粒体丰富细胞向鳃小片上转移,其数量开始增多,体积膨大。随着盐度的上升,大马哈鱼鳃小片底部扁平上皮细胞表层结构也开始变得混乱、气孔数量逐渐减少且孔径变小。鱼类在适应海水环境中,鳃上线粒体富集细胞明显增多增大,目的是快速排出体内多余的盐分,以便适应环境中盐度的变化[25]。在淡水环境下,花鲈(*Lateolabrax japonicus*) [5]幼鱼有着排列精密饱满的鳃丝,并且有少量泌氯细胞。随着盐度的升高,鳃丝宽度开始变窄,鳃小片间距变大。当盐度增加到30‰时,鳃丝出现断裂脱落,泌氯细胞有明显膨大甚至出现溶解现象。盐度的增加给鱼类鳃上组织带来巨大的影响,严重的甚至开始病变,影响鱼类的正常呼吸代谢。

盐度的变化对鱼类组织器官的影响绝不仅仅局限于鳃组织上,更会影响鱼类脾脏和胃肠等消化系统。鱼类消化道各段的粘膜层和肌肉层的厚度、前肠与后肠杯状细胞的多少都与鱼类消化水平和摄食能力有关[26] [27],所以盐度的改变在一定程度上影响着鱼类的摄食能力和消化道活力。花鲈作为广盐性鱼类,其消化系统组织面对不同的盐度有一定的适应能力,但是盐度的变化依然会对器官组织造成一定的影响。有研究表明,在淡水环境中(盐度0‰)花鲈脾脏中有着淋巴细胞较少和血细胞较多的特点。随着盐度的增

加,淋巴细胞开始增大增多,出现更多的黑色素巨噬细胞。当到达高盐度(30‰)时,脾脏细胞和淋巴细胞已经显著膨大,并且开始出现了大量空泡[28]。此外,随着盐度的升高,胃肠黏膜褶皱从界限清晰变得模糊而不规则,杯状细胞也逐渐减少体积变小[29]。

5. 盐度对鱼类其他生理代谢的影响

盐度的变化会引起水中病原的滋生和鱼类自身免疫能力的降低。海水与淡水病原所能适应的盐度范围很有限,只能在特定的盐度中繁殖,因季节性降雨和洋流引起的盐度大规模变化会诱发水体中病原的大量滋生,从而使得鱼类受到侵染患病。有试验表明,日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)腐皮病病原异原绵霉(*Js80122*)在盐度 0‰~8.5‰范围内能够生长,当生活盐度为最适生长盐度:0‰~3.4‰时,霉菌的过量繁殖会导致日本鳗鲡发病率的上升[30]。盐度的波动还会使得鱼类对病原免疫功能下降,使其更易患病。经过嗜水气单胞菌侵染的金钱鱼(*Scatophagus argus*)处于高盐度(25‰)环境,其血清和肾脏中细胞因子 Interleukin-6 (IL-6)和抗体 Immunoglobulin M (IgM)浓度都显著高于低盐度组(10‰)和淡水组(0‰) ($P < 0.01$)。IL-6 和 IgM 浓度的降低会影响鱼体免疫能力[31],使鱼体对病原微生物侵害的防御功能下降。

盐度还是影响鱼类胚胎受精率的一个重要因素。锦鲤(*Cyprinus carpio haematopterus*)在盐度 4‰到 6‰中受精率较高,拥有较强的精子活力。当盐度上升到 9‰时,精子活力遭到抑制。当盐度升高到 10‰以上,锦鲤精子彻底失去活力[31]。在胚胎生殖过程中,盐度也会影响胚胎发育的速度。有试验表明,七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)的胚胎随着盐度的上升,其孵化时间呈现逐渐缩短的趋势[32]。孵化时间的缩短象征着胚胎发育时间的减少,孵出的鱼苗畸形多、体质差[33]。这种现象同样出现在尖鳍鲤(*Cyprinus acutidorsalis wang*) [34]的胚胎发育中。

6. 未来展望

近些年随着水利工程的发展和矿产资源的开采,我国水体盐度处于极度不稳定的状态,这种现象极大地危害了水体中水生生物的生长发育,也对传统的水产养殖产业造成严重的冲击。国内外研究学者对于盐度影响鱼类生理代谢也有许多的研究成果,但是分子机制研究较少。为了有效地提高水产品的数量和质量,使得水产的供给满足消费者的需求,促使水产养殖产业朝着绿色可持续发展的方向发展。建议在养殖生产实践中注意以下几点:

- 1) 重视盐度对鱼类的影响,深入研究盐度对鱼类生理代谢影响分子机制,合理地控制适应鱼类正常生长繁殖的盐度。
- 2) 多培育耐盐性品系的鱼类,提高在盐度不稳定环境中的存活率和产量。
- 3) 合理普及集约化和先进化的育种模式,从方法上移除盐度可能给鱼类带来的影响。

参考文献

- [1] 张龙岗. 盐度对淡水鱼类繁殖、生长及代谢相关指标的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 1053-1055.
- [2] 刘永士, 徐嘉波, 施永海, 邓平平, 袁新程. 盐度对金钱鱼幼鱼消化酶和抗氧化酶活性的影响[J]. 水产科技情报, 2020, 47(4): 181-185.
- [3] 史宝, 柳学周, 刘永山, 张言祥, 高全义, 徐永江, 王滨, 姜燕, 宋雪松. 盐度渐变对黄条鲮消化酶和超氧化物歧化酶活力及甲状腺激素的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, 50(1): 48-56.
- [4] 罗鸣钟, 关瑞章, 靳恒. 盐度对花鳗鲡和太平洋双色鳗鲡幼鳗生长性能及消化酶活力的影响[J]. 水生生物学报, 2015, 39(4): 653-660.
- [5] Bashyam, I., Narayan, S. and Jayaraman, J. (1980) Adaptation to Salinity by Fish: Alterations in Energy Transducing Status of Muscle Mitochondria. *Journal of Biosciences*, 2, 87-98. <https://doi.org/10.1007/BF02703487>
- [6] 吴益星, 叶坤, 王志勇, 何松蓉, 王秋荣. 低盐养殖对大黄鱼生长、肌肉营养成分及抗氧化能力的影响[J]. 集美

- 大学学报(自然科学版), 2020, 25(3): 171-179.
- [7] 袁新程, 严银龙, 施永海. 盐度对褐菖鲉幼鱼生长、体成分、消化和抗氧化酶活力的影响[J]. 上海农业学报, 2020, 36(2): 114-119.
- [8] 王涵生. 海水盐度对牙鲆仔稚鱼的生长、存活率及白化率的影响[J]. 海洋与湖沼, 1997(4): 399-405
- [9] Martins, Y.S., Melo, R.M.C., Campos Jr., P.H.A., et al. (2014) Salinity and Temperature Variations Reflecting on Cellular PCNA, IGF-I and II Expressions, Body Growth and Muscle Cellularity of a Freshwater Fish Larvae. *General and Comparative Endocrinology*, **202**, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2014.03.047>
- [10] 边平江, 邱成功, 徐善良, 林少珍. 盐度对暗纹东方鲀生长、非特异性免疫和抗氧化酶活力的影响[J]. 水生生物学报, 2014, 38(1): 108-114.
- [11] 张世勇, 邵俊杰, 陈校辉, 王明华, 王江, 钟立强, 秦钦, 边文冀. 盐度对斑点叉尾鮰幼鱼生长性能、肌肉持水力和营养组成的影响[J]. 生物学杂志, 2018, 35(3): 57-61.
- [12] 何燕富, 王兰梅, 刘念, 朱文彬, 董在杰, 杨慧, 宋飞彪, 陈兴婷. 急性盐度胁迫和慢性盐度驯化对马来西亚红罗非鱼存活及肌肉组分的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2016, 31(3): 280-284.
- [13] Atwood, H.L., Young, S.P., Tomasso, J.R. and Smith, T.I.J. (2004) Resistance of Cobia, *Rachycentron canadum*, Juveniles to Low Salinity, Low Temperature, and High Environmental Nitrite Concentrations. *Journal of Applied Aquaculture*, **15**, 191-195. https://doi.org/10.1300/J028v15n03_16
- [14] 朱友芳, 肖懿哲, 李文辉, 洪万树, 毛勇. 低盐胁迫对黄鳍棘鲷幼鱼存活率、鳃 ATP 酶和肝脏抗氧化酶的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2013, 52(3): 414-420.
- [15] 曲焕韬, 李鑫渲, 何庆, 黎祖福. 温度和盐度对鞍带石斑鱼受精卵发育及仔鱼成活率的影响[J]. 河北渔业, 2009(8): 6-9.
- [16] Savage, A.W.J., Warriss, P.D. and Jolley, P.D. (1990) The Amount and Composition of the Proteins in Drip from Stored Pig Meat. *Meat Science*, **27**, 289-303. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(90\)90067-G](https://doi.org/10.1016/0309-1740(90)90067-G)
- [17] 张毓人, 楼允东, 徐庆登, 陈焯. 高邮杂交鲫及其亲本消化道形态与组织学观察[J]. 水产学报, 1992(1): 80-85.
- [18] Xiong, Y.H., Wang, X., Dong, S.L., Wang, F., Yang, J.W. and Zhou, Y.G. (2019) Comparisons of Salinity Adaptation in Terms of Growth, Body Composition, and Energy Budget in Juveniles of Rainbow and Steelhead Trouts (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Ocean University of China*, **18**, 509-518. <https://doi.org/10.1007/s11802-019-3770-4>
- [19] 方怀义. 盐度对短盖巨脂鲤和埃及革胡子鲶生长和肉质影响的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2016.
- [20] 郭振, 梁拥军, 杨广. 改变水体盐度对吉富罗非鱼肌肉营养和呈味的影响[J]. 淡水渔业, 2014, 44(4): 77-82, 95.
- [21] 郭振. 改变水体盐度对吉富罗非鱼肉质的影响[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津农学院, 2014.
- [22] 刘波. 盐度和投喂频率对卵形鲳鲹生长和生理的影响[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
- [23] 林建斌, 李金秋, 朱庆国, 陈启春, 梁萍, 姜琳琳. 盐度对点带石斑鱼生长、肌肉成分和消化率的影响[J]. 海洋科学, 2009, 33(3): 31-35.
- [24] 李培伦, 刘伟, 王继隆, 鲁万桥, 崔康成, 高文燕. 盐度对大麻哈鱼幼鱼存活率、鳃 ATP 酶活力及其组织结构的影响[J]. 水生生物学报, 2020, 44(3): 562-569.
- [25] 冉凤霞, 金文杰, 黄岫, 刘超希, 李梓瑄, 李长忠. 盐度变化对鱼类影响的研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2020(8): 1-9.
- [26] 陈晓武, 施志仪, 顾一峰. 牙鲆消化道发育的组织学观察[J]. 水产学报, 2007(3): 400-404.
- [27] 谢碧文, 王志坚. 瓦氏黄颡鱼消化系统组织学的初步研究[J]. 内江师范学院学报, 2002, 17(2): 22-27.
- [28] 温久福, 蓝军南, 曹明, 周慧, 区又君, 李加儿. 盐度对花鲈幼鱼鳃、脾及肌肉组织结构的影响[J]. 渔业科学进展, 2020, 41(1): 112-118.
- [29] 温久福, 蓝军南, 周慧, 王鹏飞, 区又君, 李加儿. 不同盐度对花鲈幼鱼消化器官组织结构的影响[J]. 南方农业学报, 2019, 50(12): 2826-2832.
- [30] 陈灵, 樊海平, 曾占壮, 卓玉琛. 日本鳗鲡腐皮病致病菌异原绵霉(*Js80122*)适宜生长温度、盐度和 pH 值的研究[J]. 福建水产, 2010(1): 19-22
- [31] 陆梦莹, 苏冒莹, 张俊彬. 盐度变化对金钱鱼感染嗜水气单胞菌后血清及肾脏免疫状态的影响[J]. 热带海洋学报, 2020: 1-21.
- [32] 赵明, 陈超, 柳学周, 庄志猛, 徐永江, 薛宝贵, 杨志, 王妍妍, 曲江波. 盐度对七带石斑鱼胚胎发育和卵黄囊仔

-
- 鱼生长的影响[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(2): 16-21.
- [33] 郭永军, 陈成勋, 李占军, 邢克智. 水温和盐度对鲤鱼(*Cyprinus carpio* L.)胚胎和前期仔鱼发育的影响[J]. 天津农学院学报, 2004(3): 5-9.
- [34] 王杰, 李冰, 张成锋, 朱健. 盐度对鱼类胚胎及仔鱼发育影响的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(5): 187-192.