

# Effects of Nitrite on Fish Growth

Shuqing Wang<sup>1,2\*</sup>, Weijiang Fan<sup>1</sup>, Hongping Zhang<sup>2</sup>, Xin Zhao<sup>2</sup>, Yongting Bo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shandong Institute of Commerce and Technology, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Shandong Tianfu Jinda Biotechnology Co. Ltd., Jinan Shandong

Email: \*shuqing64@163.com

Received: May 23<sup>rd</sup>, 2017; accepted: Jun. 9<sup>th</sup>, 2017; published: Jun. 12<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Nitrite is an intermediate product of ammonium oxidation to nitrate, and the presence of nitrite in water can seriously threaten the growth of freshwater fish. In this paper, the source of nitrite, absorption mechanism, physiological effect, toxicity and detoxification mechanism were discussed. So that people have a deep understanding of the effects of nitrite on fish growth.

## Keywords

Nitrite, Fishes, Toxicity Mechanism, Detoxification, Physiological Disturbances, Aquatic Environment

---

# 亚硝酸盐对鱼类生长的影响

王树庆<sup>1,2\*</sup>, 范维江<sup>1</sup>, 张红平<sup>2</sup>, 赵鑫<sup>2</sup>, 柏永亭<sup>2</sup>

<sup>1</sup>山东商业职业技术学院, 山东 济南

<sup>2</sup>山东天福晋大生物科技有限公司, 山东 济南

Email: \*shuqing64@163.com

收稿日期: 2017年5月23日; 录用日期: 2017年6月9日; 发布日期: 2017年6月12日

---

## 摘要

亚硝酸盐是铵氧化成硝酸盐过程的一个中间产物, 水体中亚硝酸盐的存在将会对淡水鱼类的生长产生严重的威胁。本文对水体中亚硝酸盐的来源、吸收机制、生理影响、毒性及解毒机制等方面进行了阐述, 以便人们对亚硝酸盐对鱼类生长的影响有一个深刻的了解。

## 关键词

亚硝酸盐, 鱼, 毒性机制, 解毒, 生理干扰, 水体环境

---

\*通讯作者。

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

亚硝酸盐是生态系统中氮素循环过程中的一个产物，它的存在对动物具有一定的毒性。特别是对水生动物来说，亚硝酸盐的毒性要比对陆生动物的危害更为严重。由于水中的亚硝酸盐可以主动通过鱼鳃的上皮细胞吸收，从而在体内的血液中积累较高浓度的亚硝酸盐。通过对鱼类和甲壳动物的大量研究表明，亚硝酸盐可引起这些动物的一系列生理变化，并对水产动物产生一定的毒害作用[1]。

## 2. 水体中亚硝酸盐的来源

亚硝酸盐是生态系统中氮素循环过程中的一个产物，也是细菌硝化和反硝化过程中的一个重要产物。在天然水体中，亚硝酸盐的浓度是非常低的，但是在养殖水体、工业废水、农业废水等水体中，其含量非常高[2]。

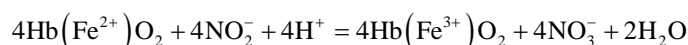
在水产养殖业中，由于采用高密度的养殖方式而大量投放饲料，使得水体中饲料残饵、鱼类代谢物等大量积累，造成硝化过程受阻，水体中的亚硝酸盐含量显著提高，其含量达到 50 mg/L，甚至更高，对鱼类的生长产生较大的影响[3]。

亚硝酸盐在鱼类养殖过程中的产生是不可避免的，水产养殖过程中亚硝酸盐的产生过程如图 1 所示。鱼类的排泄物和未吃过的食物将会转变为氨；然后，生存于水中的硝化细菌，把氨转变为亚硝酸盐，并进一步转化为硝酸盐，这一现象称为细菌的硝化过程。细菌的硝化过程对水体中亚硝酸盐的积累影响巨大，影响细菌硝化过程的主要因素有：pH、温度、溶解氧浓度、硝化细菌的数量以及是否存在抗生素、氨、苯胺等抑制剂[4]。

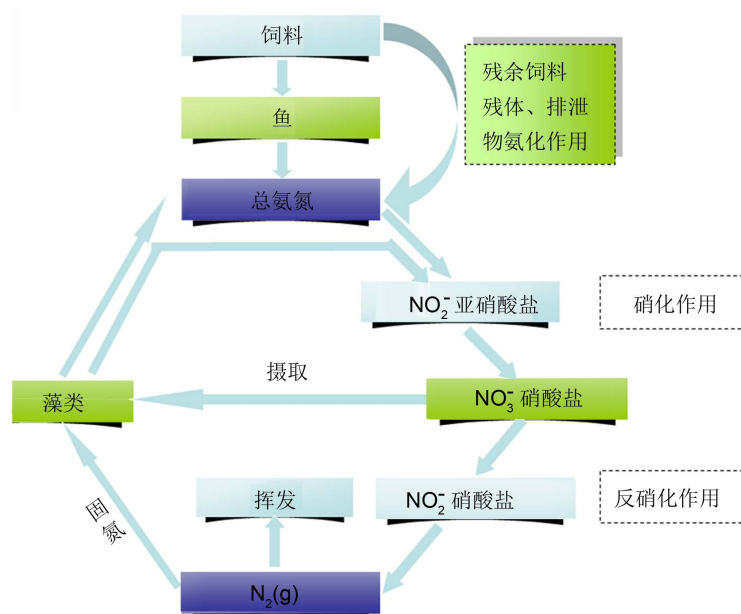
## 3. 亚硝酸盐的吸收、毒性及解毒机制

淡水鱼类对周围环境特别敏感，为了弥补因代谢而引起的离子损失，它们可以通过鱼鳃来进行离子的吸收[5]。鱼通常依靠进食来获得离子，但是许多鱼类也能通过鱼鳃的氯细胞主动地吸收离子，如在淡水中，鱼可以通过鳃的氯细胞排出铵离子、氢氧根离子而吸收钠离子，也可排出碳酸根离子来交换氯离子[6]。由于亚硝酸盐在鱼鳃的氯细胞的离子交换机制具有较强的亲和力[1]，因此，当水体中有亚硝酸盐存在时，氯离子的吸收将被亚硝酸盐的吸收所取代，这也解释了为什么一些对氯离子有高吸收的鱼类如：虹鳟、鲈鱼、梭鱼等，要比一些对氯离子有低吸收的鱼类类如：鳊鱼、鲤鱼、草鱼等对亚硝酸盐更敏感[7]。

亚硝酸盐在鱼类中主要存在于血液、鱼鳃、肝脏以及肌肉中，其中血液中亚硝酸盐的浓度要比周围环境中的浓度高 60 倍以上[8]，而在一些亚硝酸盐中毒的鱼的肝脏和大脑中，其亚硝酸盐的浓度也可达到比周围环境中的浓度高 30 倍以上的水平[9]，但是对于鱼类来说，血液是亚硝酸盐作用的主要地方。当亚硝酸盐进入血液后，它可使血红蛋白中的二价铁离子氧化成三价铁离子，使血红蛋白变成高铁血红蛋白，从而使血红蛋白丧失运输氧的能力，反应式如下[10]：



高铁血红蛋白可使鱼的血液和鱼鳃呈棕色或者褐色，即所谓的青紫症。高铁血红蛋白对鱼类的影响，



**Figure 1.** Production process of nitrite in aquaculture  
**图 1.** 水产养殖过程中亚硝酸盐的产生过程

则因鱼的种类不同而存在着较大的差别，一般来说，当高铁血红蛋白含量高于 50%时，则会对鱼类造成严重的威胁；而低于 50%时，则不会致鱼死亡。但是，有些鱼类，如河鲀鱼，即使其高铁血红蛋白含量达到 100%，仍能在 25°C 的温水中生存 2 天[11]。

鱼的血液中含有高铁血红蛋白还原酶，这种酶可以将高铁血红蛋白转变为血红蛋白，同时将亚硝酸盐转变成无毒的硝酸盐，从而解除其对鱼类的危害。影响这一过程的主要因素是周围环境中的亚硝酸盐含量与温度，当周围水体中没有亚硝酸盐时，这一过程需要 24~72 h 完成，而当周围水体中有亚硝酸盐时，血液中的高铁血红蛋白不能完全转变为血红蛋白[12]。由于这一解毒过程是在酶的作用下完成的，因此，环境温度对这一过程的进行有着重大的影响。

#### 4. 亚硝酸盐对鱼类生理状态的影响

亚硝酸盐对鱼类生理状态的影响是多方面[1]，其中高铁血红蛋白是亚硝酸盐在鱼类体内积累最直接的结果。由高铁血红蛋白引起的缺氧可对鱼类的许多器官造成损害，如肝脏、视网膜、鱼鳃等。鱼鳃是鱼类呼吸、渗透压调节、酸碱平衡以及氨类废物排泄的重要器官，亚硝酸盐中毒的鲤鱼的鱼鳃会发生增生、空泡、氯细胞数量提高等组织病变现象[13]。

亚硝酸盐中毒后的鱼对氧的需求降低，在行为上表现为浮头、换气频繁，虽然暂时不会立即死亡，但是这些鱼类如果受到惊吓，它们则会因剧烈活动而造成窒息死亡。亚硝酸盐能影响鱼类的  $K^+$  离子代谢，造成鱼类血液和骨骼肌中  $K^+$  的缺失，从而对鱼的心脏、神经系统造成一定的损害，也会对肌肉的代谢和功能产生一定影响[1]。亚硝酸盐对鱼类的心血管系统也会有一定的影响，造成心脏跳动速度的增加或者降低，如当虹鳟鱼暴露到 1mM 亚硝酸盐的水体中时，其心脏跳动速度会明显加快，而鳟鱼暴露到含亚硝酸盐的水体中时，其心脏跳动速度会减慢[1]。亚硝酸盐能够同含有  $NH_2$  和  $SH$  的化合物反应，因此，能够抑制一些含有  $NH_2$  和  $SH$  的酶活性，并能够同胺类物质发生反应而产生亚硝胺等致癌物质。水体中亚硝酸盐的存在也能诱发鱼类一些感染性疾病的产生，如将虹鳟鱼暴露在 0.24mg/ml  $NO_2^-$ 、24 h，则其患水霉病的比率要比对照组高 100% [14]。

## 5. 影响亚硝酸盐毒性的因素

影响亚硝酸盐毒性的因素有：接触时间、离子强度、离子种类、pH、氧含量等[15]。亚硝酸盐对鱼的毒性与其接触时间密切相关，其半致死剂量(LD50)一般在24 h内达到最高值，之后，随着接触时间的延长，其致死浓度逐渐下降。亚硝酸盐在低离子强度的软水中，比硬水中毒性更高，即同样浓度的亚硝酸盐其在淡水中比海水毒性更强。水中的离子种类也会影响亚硝酸盐的毒性，较高的氯离子含量（盐浓度）能减低亚硝酸对鱼的毒性。氯离子会以通道的竞争方式而抑制亚硝酸根离子通过鳃的上表皮细胞。因此，有效地降低亚硝酸的毒性。较高的氯离子/亚硝酸根离子比率可抑制亚硝酸进入血液中，因此降低了“表面上”的毒性，一般来说，亚硝酸盐浓度为39~436 mg/L时，氯离子浓度应为10~190 mg/L，可降低亚硝酸盐的毒性[16]。此外，碳酸根离子也有一个类似氯离子的效应，但是因为碳酸根离子的分子量较大，而无法有效的与亚硝酸根离子竞争。水体的pH也会影响亚硝酸盐的毒性，主要是因为pH能够影响亚硝酸盐在水中的解离状况，其离子及非离子形式间的平衡视pH而定，当pH低于7时，结合亚硝酸离子的氢离子会增加，因此形成亚硝酸分子的比例也会增加。亚硝酸分子很容易扩散通透鳃的上皮细胞，顺利的进入到血液中，而不会被任何其他离子所抑制。水体中氧的含量也会影响亚硝酸盐的毒性，这是因为亚硝酸盐能减少血液运输氧的能力。水体中氧的减少，将加剧鱼的氧气供应问题。研究表明，在水体中存在亚硝酸盐的情况下，鱼对氧的需求量要远高于水体中没有亚硝酸盐的情况[17]。

## 6. 结论

养殖水体中亚硝酸盐的存在是诱发水产动物暴发性疾病重要因素，已经严重影响到水产养殖行业的正常发展。水体中过度积累的亚硝酸盐将会对鱼类的生长产生严重的影响，但是由于亚硝酸盐对鱼类的毒性往往受到环境中内、外各种因素交互作用的影响，不同的研究者可能会因此得出不同的研究结论，因此，将来应加强亚硝酸盐对鱼类的毒性作用机制进一步的研究，从而为解决水产养殖行业的亚硝酸盐危害问题提供理论上的支持。

## 项目基金

济南市科研项目，项目编号(201602106)。

## 参考文献 (References)

- [1] Jensen, F.B. (2003) Nitrite Disrupts Multiple Physiological Functions in Aquatic Animals. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, **135**, 9-24.
- [2] Pitter, P. (1999) Hydrochemistry (in Czech). Editor VSCHT, Prague, 568.
- [3] Kamstra, A., Span, J.A. and Van Weerd, J.H. (1996) The Acute Toxicity and Sublethal Effect of Nitrite on Growth and Utilization of European Eel, *Anguilla anguilla*. *Aquaculture Research*, **27**, 903-911.
- [4] Russo, R.C. and Thurston, R.V. (1991) Toxicity of Ammonia, Nitrite and Nitrate to Fishes. *Aquaculture and Water Quality*, 58-89.
- [5] Maetz, J. (1971) Fish Gills: Mechanism of Salt Transfer in Fresh Water and Sea Water. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, **262**, 209-249. <https://doi.org/10.1098/rstb.1971.0090>
- [6] Love, M.R. (1980) The Chemical Biology of Fishes. Academic Press, New York.
- [7] Williams, E.M. and Eddy, F.B. (1986) Chloride Uptake in Fresh Water Teleosts and Its Relationship to Nitrite Uptake and Toxicity. *Journal of Comparative Physiology B*, **156**, 867-872. <https://doi.org/10.1007/BF00694263>
- [8] Fontenot, Q.C. and Isely, J.J. (1999) Characterization and Inhibition of Nitrite Uptake in Shortnose Sturgeon Fingerlings. *Journal of Aquatic Animal Health*, **11**, 76-80. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1999\)011<0076:CAIONU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1999)011<0076:CAIONU>2.0.CO;2)
- [9] Margiocco, C., Arillo, A., Mensi, P. and Shenone, G. (1983) Nitrite Bioaccumulation in *Salmo gairdneri* Rich. And Haematological Consequences. *Aquatic Toxicology*, **3**, 261-270.

- [10] Kosaka, H. and Tyuma, I. (1987) Mechanism of Autocatalytic Oxidation of Oxyhaemoglobin by Nitrite. *Environmental Health Perspectives*, **73**, 147-151. <https://doi.org/10.1289/ehp.8773147>
- [11] Tomasso, J.R., Simco, B.A. and Davis, K.B. (1979) Chloride Inhibition of Nitrite-Induced Methemoglobinemia in Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **36**, 1141-1144. <https://doi.org/10.1139/f79-160>
- [12] Knudsen, P.K. and Jensen, F.B. (1997) Recovery from Nitrite-Induced Methaemoglobinaemia and Potassium Balance Disturbances in Carp. *Fish Physiology and Biochemistry*, **16**, 1-10. <https://doi.org/10.1007/BF00004535>
- [13] Svobodova, Z., Machova, J., Drastichova, J., Groch, L., Luskova, V., et al. (2005) Haematological and Biochemical Profile of Carp Blood Following Nitrite Exposure at Different Concentration of Chloride. *Aquaculture Research*, **36**, 1177-1184. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01334.x>
- [14] Carballo, M., Munoz, M.J., et al. (1995) Effect of Waterborne Copper, Cyanide, Ammonia and Nitrite on Stress Parameters and Changes in Susceptibility to Saprolegniosis in Rainbow Trout. *Applied and Environment Microbiology*, **61**, 2108-2112.
- [15] Kroupova, H., Machova, J. and Svobodova, Z. (2005) Nitrite Influence on Fish: A Review. *Vet. Med.-Czech*, **11**, 461-471.
- [16] Machova, J., Kroupova, H., Piackova, V., Hamackova, J. and Valentova, O. (2004) Acute Toxicity of Nitrite for Fish in Relation to Chloride Concentration in Water. In: *Ochrona zdrowia ryb-aktualne problem*, 275.
- [17] Bowser, P.R., Falls, W.W., Van Zandt, J., Collier, N. and Phillips, J.D. (1983) Methemoglobinemia in Channel Catfish: Methods of Prevention. *Progressive Fish-Culturist*, **45**, 154-158. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1983\)45\[154:MICC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1983)45[154:MICC]2.0.CO;2)

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ojfr@hanspub.org](mailto:ojfr@hanspub.org)