

# 悬浮物对斑马鱼胚胎发育的影响\*

段雨池, 彭健渝, 严冰荣, 李英文, 刘智皓, 沈彦君, 陈启亮  
(重庆师范大学 生命科学学院 重庆市高校动物生物学重点实验室, 重庆 401331)

**摘要:**为探究水中悬浮物含量对斑马鱼(*Danio rerio*)胚胎发育的影响,挑选发育正常的斑马鱼胚胎分为CK组、T1组、T2组和T3组,分别在悬浮物质量浓度为0、10、100和1 000 mg·L<sup>-1</sup>的水体中培养168 h,每12 h记录胚胎孵化率和胚胎或仔鱼的死亡率,在实验进行72 h后统计仔鱼心率,在实验进行168 h后统计仔鱼畸形率,并于实验进行4、12、24和48 h后拍照观察胚胎的发育情况。结果显示:1)与CK组相比,T1组、T2组和T3组斑马鱼胚胎的累计孵化率在实验进行60 h后有统计学意义上的下降( $p<0.05$ ),且T3组的该项指标在实验进行72 h后直至实验结束均有统计学意义上的下降( $p<0.05$ );2)在实验进行120 h后直至实验结束,T3组与CK组相比仔鱼的累计死亡率均有统计学意义上的上升( $p<0.05$ );3)在实验进行72 h后,T1组、T2组和T3组与CK组相比仔鱼心率有统计学意义上的下降( $p<0.05$ );4)T3组与CK组相比仔鱼畸形率有统计学意义上的上升( $p<0.05$ );5)与CK组相比,T1组、T2组和T3组的胚胎发育较为迟缓。研究结果提示水体中悬浮物质量浓度过高可导致斑马鱼胚胎发育迟缓、胚胎孵化率和仔鱼心率下降、仔鱼的死亡率和畸形率上升。

**关键词:**悬浮物;斑马鱼;胚胎发育

**中图分类号:**Q175

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2023)04-0032-06

近些年来,码头扩建、桥梁建设、航道疏浚等涉水工程伴随着沿江经济的发展而有所增加;而在涉水施工过程中,水体底部的部分沉积物悬浮引起附近水域中悬浮物含量上升。悬浮物通常指悬浮在水中的固体物质<sup>[1]</sup>。作为水质恶化的一项重要原因,水体中过高的悬浮物含量不仅影响水体景观美感和水处理成本,也可能导致渔业资源下降及水生态系统退化<sup>[2]</sup>。同时,悬浮物也使水体透明度降低,由此导致穿透水体的光线减弱,从而不利于水生高等植物及浮游植物的光合作用<sup>[3]</sup>。对于水生动物而言,已有研究表明,较高含量的悬浮物会影响鱼类等水生动物的生长发育及呼吸、觅食、繁殖等活动<sup>[4-9]</sup>。

胚胎发育是水产育种中最为关键的一个环节,对鱼类种群延续及渔业资源可持续发展至关重要,而鱼类胚胎在发育过程中极易受到外界环境的影响。有研究发现,当半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)的胚胎暴露于悬浮物质量浓度高于800 mg·L<sup>-1</sup>的水体中时,孵化率明显降低,且初孵仔鱼的畸形率较高<sup>[10]</sup>;乳色真小鲤(*Cyprinella galactura*)暴露于悬浮物质量浓度为500 mg·L<sup>-1</sup>的水体中,它的产卵时间推迟,产卵量减少<sup>[9]</sup>。斑马鱼(*Danio rerio*)是一种常见的热带淡水硬骨鱼,它具有繁殖能力强、产卵量大、体外受精等优点。斑马鱼产非粘性沉性卵,胚胎在发育过程中呈透明状态,易于观察,是胚胎发育研究的优良材料。因此,本研究将斑马鱼胚胎分别暴露于具有不同含量悬浮物的水体中,考察了不同含量的悬浮物对斑马鱼胚胎发育的影响,期望为涉水工程施工管理和鱼类的繁育保护提供新的参考资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 实验鱼

AB品系野生型斑马鱼购自国家斑马鱼资源中心,并在重庆师范大学重庆市高校动物生物学重点实验室进行繁殖孵化且饲养至性成熟。

\* 收稿日期:2022-09-28 修回日期:2023-06-25 网络出版时间:2023-06-26T11:21

资助项目:国家自然科学基金项目(No. 31901183);重庆市教育委员会科学技术研究项目(No. KJQN201900512)

第一作者简介:段雨池,女,研究方向为鱼类生理生态学,E-mail:1306919798@qq.com;通信作者:陈启亮,男,博士,教授,E-mail:qlchen@cqnu.edu.cn

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/50.1165.N.20230625.1602.016

### 1.1.2 悬浮物溶液的制备

使用采泥器采集长江江津区白沙镇段(东经 106.001 944°、北纬 29.054 444°)表层底泥,带回实验室晾晒风干并在烘箱中以 80 °C 烘干至质量恒定,经充分研磨后以 400 目分样筛过筛得到直径不超过 38  $\mu\text{m}$  的悬浮物颗粒,然后将制得的悬浮物颗粒放置于干燥器中保存备用。在后续研究中,称取相应质量的悬浮物颗粒,用曝气脱氯后的自来水配制成一系类悬浮物含量不同的悬浊液。

### 1.2 实验方法

将健康的成年斑马鱼放入玻璃缸中,在收集胚胎前 1 日夜将雌鱼和雄鱼隔开,放入产卵装置。次日开灯后收集斑马鱼胚胎,将收集到的胚胎分为 4 组即 CK 组、T1 组、T2 组和 T3 组,分别放入 12 个规格均为 20 cm  $\times$  14 cm  $\times$  8 cm 的且装有 1 L 培养水体的鱼缸中,每组有 3 缸即 3 个重复,每缸内放有 100 枚胚胎;CK 组、T1 组、T2 组和 T3 组鱼缸水体中的悬浮物质量浓度分别为 0、10、100 和 1 000  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。本研究中悬浮物的质量浓度的设置主要参考汛期长江水体及涉水施工水域的悬浮物质量浓度。将上述鱼缸移入恒温光照培养箱中,并配置气石持续充气,使悬浮物保持良好的悬浮状态。实验连续进行 168 h,在此期间每 24 h 更换 1 次悬浮物液,每日光照时间段为 8:00—22:00,温度控制在 28 °C。

在实验期间,于每日 9:00(实验开始第 1 日的 9:00 记为实验开始 0 h)和 21:00 记录斑马鱼胚胎的孵化率、胚胎或仔鱼的死亡率,并清除死亡的胚胎或仔鱼。分别在实验进行 4、12、24、48 h 后从各缸中随机取 3 枚斑马鱼胚胎,在显微镜下观察它们的发育情况并拍照<sup>[11]</sup>;在实验进行 72 h 后,从各缸中随机取 10 尾斑马鱼仔鱼,在显微镜下观察并记录它们的心率(单位:次  $\cdot \text{min}^{-1}$ );在实验进行 168 h 后,对缸中仔鱼畸形个体数占存活个体总数的百分比即畸形率进行统计。

### 1.3 数据统计

实验数据均用“平均值  $\pm$  标准误”表示。用 SPSS 26.0 软件通过单因素方差分析和 Tukey 多重比较来检验各组实验数据间的差异:当  $p < 0.05$  时,有关数据差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 对斑马鱼胚胎累计孵化率的影响

表 1 显示:与 CK 组相比,T1 组、T2 组和 T3 组胚胎的累计孵化率在实验进行 60 h 后均有统计学意义上的下降( $p < 0.05$ );在实验进行 72 h 后直至实验结束,T3 组的该项指标与 CK 组相比一直有统计学意义上的下降( $p < 0.05$ )。

表 1 悬浮物对斑马鱼胚胎累计孵化率的影响

Tab. 1 Effect of suspended solids on cumulative hatching rate of zebrafish embryos

| 时间/h | CK 组 | T1 组 | T2 组 | T3 组 | 时间/h   | CK 组                          | T1 组                           | T2 组                           | T3 组                          |
|------|------|------|------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 0    | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 60     | 4.67 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>  | 2.00 $\pm$ 0.58 <sup>b</sup>   | 1.33 $\pm$ 0.33 <sup>b</sup>   | 1.00 $\pm$ 0.58 <sup>b</sup>  |
| 12   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 72     | 79.00 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup> | 74.33 $\pm$ 4.33 <sup>a</sup>  | 74.33 $\pm$ 2.60 <sup>a</sup>  | 58.67 $\pm$ 2.60 <sup>b</sup> |
| 24   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 84     | 94.33 $\pm$ 2.19 <sup>a</sup> | 90.33 $\pm$ 1.76 <sup>ab</sup> | 91.67 $\pm$ 1.20 <sup>ab</sup> | 85.67 $\pm$ 1.76 <sup>b</sup> |
| 36   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 96~168 | 94.33 $\pm$ 2.19 <sup>a</sup> | 90.33 $\pm$ 1.76 <sup>ab</sup> | 92.00 $\pm$ 1.00 <sup>ab</sup> | 86.00 $\pm$ 1.73 <sup>b</sup> |
| 48   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |        |                               |                                |                                |                               |

注:不同小写字母表示不同处理组(在某一时间)的数据差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ),CK 组、T1 组、T2 组和 T3 组水体中悬浮物质量浓度分别为 0、10、100 和 1 000  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,下同。

### 2.2 对斑马鱼胚胎或仔鱼累计死亡率的影响

图 1 显示:随着悬浮物质量浓度的上升,供试斑马鱼胚胎或仔鱼的累计死亡率逐渐上升。从实验进行 120 h 后直至实验结束,T3 组仔鱼的累计死亡率与 CK 组相比一直有统计学意义上的上升( $p < 0.05$ ),而 T1、T2 组的该项指标与 CK 组相比在此期间均无统计学意义上的差异。

### 2.3 对斑马鱼仔鱼心率的影响

由图 2 可知,T1 组、T2 组和 T3 组仔鱼的心率均较 CK 组有统计学意义上的下降( $p < 0.05$ ),且 T3 组仔鱼的该项指标与 T1 组和 T2 组相比也有统计学意义上的下降( $p < 0.05$ )。

## 2.4 对斑马鱼仔鱼畸形率的影响

图 3 显示:在实验结束时,斑马鱼仔鱼畸形率随水体中悬浮物质量浓度的上升而逐渐上升,且 T3 组的该项指标较 CK 组而言有统计学意义上的上升( $p < 0.05$ )。在研究中观察到的斑马鱼正常仔鱼与典型的畸形仔鱼如图 4 所示。

## 2.5 斑马鱼胚胎在不同质量浓度悬浮物处理下的发育情况

图 5 显示:在实验进行 4 h 后,各处理组斑马鱼胚胎的发育情况基本

一致;在实验进行至 12、24 h 后,T2 和 T3 组胚胎发育较 CK 组而言有所减缓;在实验进行 48 h 后,与 CK 组相比,T2 和 T3 组胚胎黑色素沉积减少。

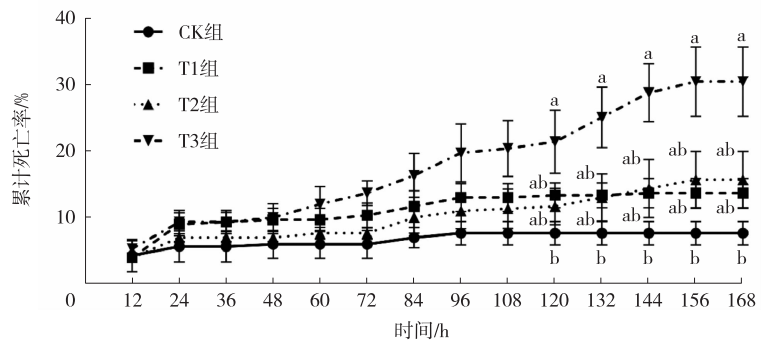


图 1 悬浮物对斑马鱼胚胎或仔鱼累计死亡率的影响

Fig. 1 Effect of suspended solids on cumulative mortality of zebrafish embryos or larvae

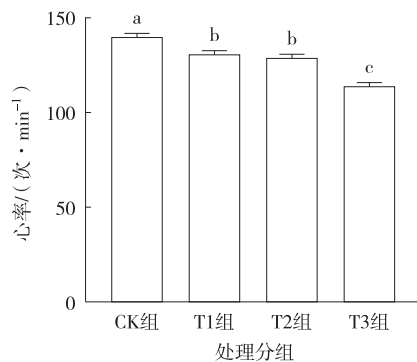


图 2 悬浮物对斑马鱼仔鱼心率的影响

Fig. 2 Effect of suspended solids on heart rate of zebrafish larvae

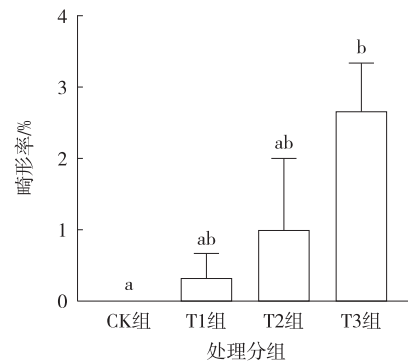
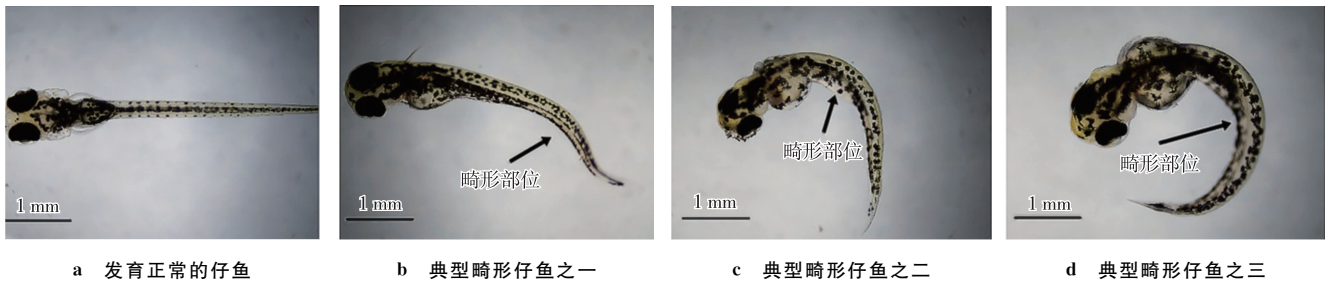


图 3 悬浮物对斑马鱼仔鱼畸形率的影响

Fig. 3 Effect of suspended solids on deformity rate of zebrafish larvae

## 3 讨论

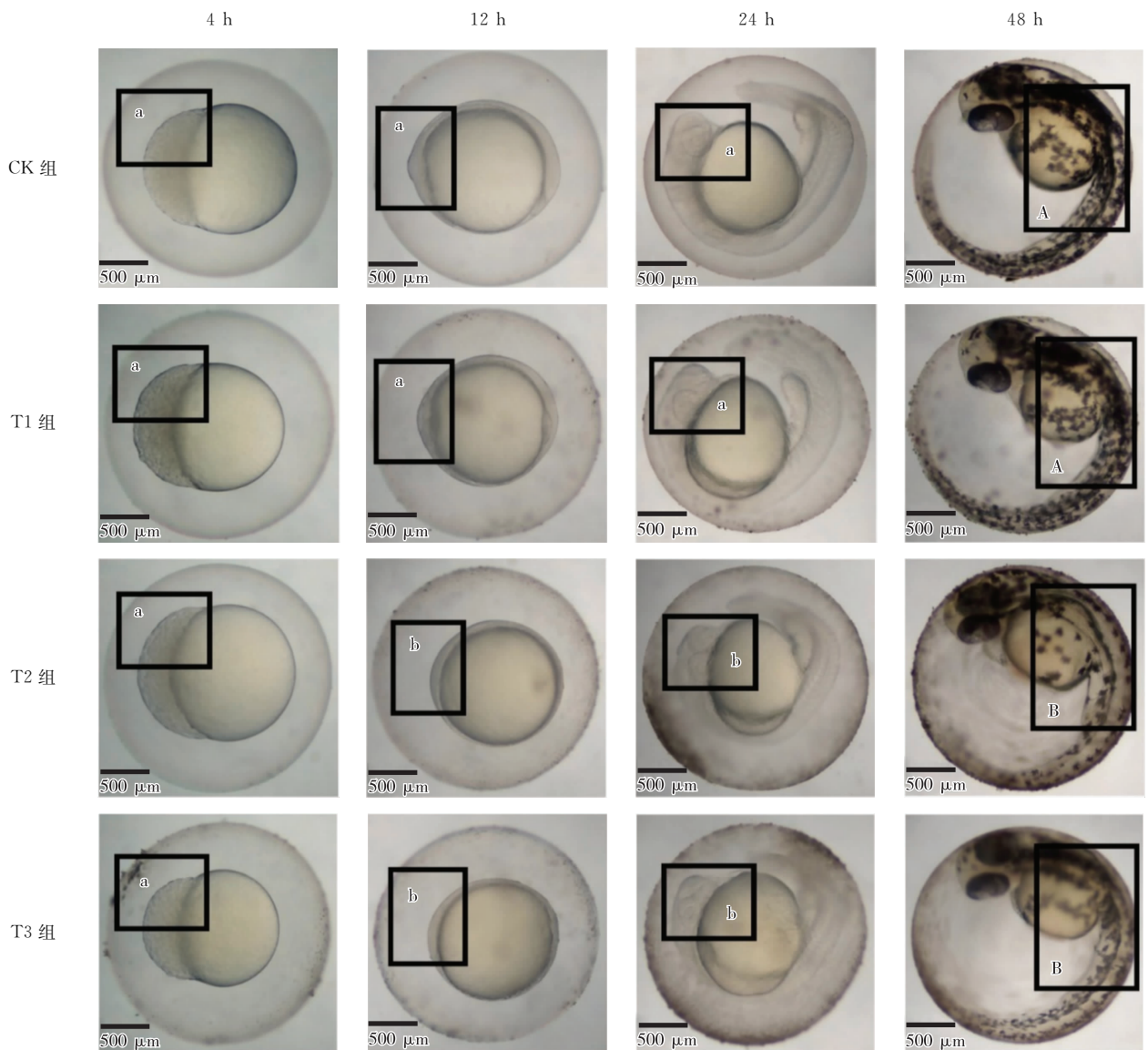
在鱼类早期胚胎发育过程中,由于体内的组织器官正在逐步形成和完善,因而对水环境的变化通常比成鱼阶段更加敏感<sup>[12-13]</sup>。研究发现,美洲狼鲈(*Morone americana*)和条纹鲈(*Morone saxatilis*)的受精卵暴露于悬浮物质量浓度为  $1\ 000\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水体中,与对照组相比,两种鱼的孵化率均明显下降<sup>[14]</sup>。本研究结果也显示,斑马鱼胚胎的孵化率随着水体中悬浮物质量浓度的上升而逐渐下降,这一情况在 T3 组中尤为明显,与上述研究结果相符。可以推测,这应与悬浮物质量浓度过高导致附着于斑马鱼胚胎外的颗粒物增多而加大了仔鱼出膜难度有关。在本研究中,斑马鱼胚胎在实验进行至 60 h 左右开始孵化,在此之前胚胎的累计死亡率在各处理组间均无统计学意义上的差异,这可能与卵膜的保护作用有关。研究表明,卵膜可以在一定程度上阻止悬浮物颗粒通过绒毛膜进入胚胎,从而增加胚胎的环境适应性<sup>[10]</sup>。然而随着时间的推移,T1 组、T2 组和 T3 组斑马鱼胚胎或仔鱼的累计死亡率逐渐上升,尤其是 T3 组的累计死亡率在实验进行至 120 h 后与 CK 组相比一直有明显的上升。有研究发现,小口黑鲈(*Micropterus dolomieu*)受精卵暴露于悬浮物质量浓度超过  $100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水体中,孵化后仔鱼的成活率降低且生长缓慢<sup>[15]</sup>。初孵仔鱼的游泳能力较弱,更容易受到悬浮物颗粒的影响:一方面,悬浮物颗粒导致水体浑浊,引起水质恶化,而初孵仔鱼的生理机能尚处于发育和完善阶段,新陈代谢极易受到水质变化的影响;另一方面,悬浮物颗粒可能阻塞仔鱼的呼吸器官,导致仔鱼呼吸障碍的发生<sup>[10]</sup>。有研究结果显示,悬浮物对鳃丝  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$  活力有抑制作用<sup>[16]</sup>,这应是悬浮物影响仔鱼呼吸代谢的一个原因。然而,关于悬浮物影响斑马鱼胚胎发育的具体机制还有待进一步从生化和分子水平加以研究。



a 发育正常的仔鱼      b 典型畸形仔鱼之一      c 典型畸形仔鱼之二      d 典型畸形仔鱼之三

图 4 研究中观察到的斑马鱼正常仔鱼与典型畸形仔鱼

Fig. 4 Normal and typical deformed zebrafish larvae observed in the study



注:a,b 分别表示胚胎发育正常、迟缓的部位,A,B 分别表示胚胎色素沉积正常、较少的部位。

图 5 不同悬浮物浓度处理下斑马鱼胚胎的发育情况

Fig. 5 Development of zebrafish embryos under different suspended solids concentrations

在斑马鱼胚胎发育过程中,心脏是第 1 个发育并发挥功能的器官<sup>[17]</sup>。斑马鱼的心脏形态在受精后 72 h 基本发育完成,此时心脏的搏动变得强而有力且趋于平稳<sup>[18]</sup>。心脏形成后,血管开始发育,进而形成心血管循环系统<sup>[17]</sup>。心率是衡量心脏功能的重要指标之一,也可以在一定程度上反映鱼类心脏在外源物质胁迫下的发育情况<sup>[19]</sup>。在本研究中,与 CK 组相比,T1 组、T2 组和 T3 组在实验进行 72 h 后斑马鱼仔鱼的心率均明显下降,表

明悬浮物可能导致斑马鱼仔鱼的心脏发育延缓或受损。Bunt 等人<sup>[6]</sup>的研究发现,悬浮物可以通过影响岩钝鲈(*Ambloplites rupestris*)心脏的心输出量和每博输出量,进而影响该鱼种正常的生理活动。鱼类胚胎在早期发育过程中,与外界进行物质交流的活动很弱,主要依靠卵黄来提供发育所需的营养物质<sup>[20-21]</sup>。因此,本研究中悬浮物引起的仔鱼心率下降可能与悬浮物颗粒影响了胚胎对卵黄的正常吸收从而导致心脏结构或功能发育不完善有关。此外,本研究发现,随着暴露时间的延长,T2 组和 T3 组斑马鱼胚胎发育与 CK 组相比更为迟缓。黑色素沉积对鱼体的体色形成至关重要,斑马鱼胚胎的黑色素细胞在胚胎发育 48 h 左右基本已经形成<sup>[22-25]</sup>。在本研究中,T2 组和 T3 组斑马鱼胚胎的黑色素沉积与 CK 组相比有明显的减少,且 T3 组仔鱼的畸形率明显比 CK 组仔鱼的畸形率更高,这进一步表明了过高质量浓度的悬浮物暴露会导致斑马鱼的胚胎发育受损。

总之,本研究结果充分显示,水体中悬浮物质量浓度过高可导致斑马鱼胚胎发育迟缓、胚胎孵化率和仔鱼心率下降、仔鱼的死亡率和畸形率上升。

### 参考文献:

- [1] 姜欣. 水库悬浮物的环境特性及其水质影响研究[D]. 大连:大连理工大学,2019.  
JIANG X. Environmental characteristics of suspended solids in reservoirs and their effects on water quality[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2019.
- [2] BILOTTA G S, BRAZIER R E. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota[J]. Water Research, 2008, 42(12): 2849-2861.
- [3] WILBER D H, CLARKE D G. Biological effects of suspended sediments: a review of suspended sediment impacts on fish and shellfish with relation to dredging activities in estuaries[J]. North American Journal of Fisheries Management, 2001, 21(4): 855-875.
- [4] NYANTI L, SOO C L, AHMAD-TARMIZI N N, et al. Effects of water temperature, dissolved oxygen and total suspended solids on juvenile *Barbonymus schwanenfeldii* (Bleeker, 1854) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)[J]. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation, 2018, 11(2): 394-406.
- [5] KIELLAND M E, WOODLEY C M, SWANNACK T M, et al. A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications[J]. Environment Systems and Decisions, 2015, 35(3): 334-350.
- [6] BUNT C M, COOKE S J, SCHREER J F, et al. Effects of incremental increases in silt load on the cardiovascular performance of riverine and lacustrine rock bass, *Ambloplites rupestris*[J]. Environmental Pollution, 2004, 128(3): 437-444.
- [7] WENGER A S, JOHANSEN J L, JONES G P. Increasing suspended sediment reduces foraging, growth and condition of a planktivorous damselfish[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2012, 428: 43-48.
- [8] BURKHEAD N M, JELKS H L. Effects of suspended sediment on the reproductive success of the tricolor shiner, a crevice-spawning minnow[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2001, 130(5): 959-968.
- [9] SUTHERLAND A B. Effects of increased suspended sediment on the reproductive success of an upland crevice-spawning minnow[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2007, 136(2): 416-422.
- [10] 周勇, 马绍赛, 曲克明, 等. 悬浮物对半滑舌鲷胚胎和初孵仔鱼的毒性效应[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(03): 32-37.  
ZHOU Y, MA S S, QU K M, et al. Toxic effects of suspended substances (SS) on the embryos and newly-hatched larvae of *Cynoglossus semilaevis* Günther[J]. Progress in Fishery Sciences, 2009, 30(3): 32-37.
- [11] 陈启亮, 程如丽, 蹇杰, 等. 不同 LED 光谱对斑马鱼胚胎发育的影响[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2022, 39(3): 8-13.  
CHEN Q L, CHEN R L, JIAN J, et al. The effect of different LED spectrum on zebrafish embryo development[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2022, 39(3): 8-13.
- [12] 段必成. 丁香酚对斑马鱼胚胎发育的影响及其作用机制研究[D]. 重庆:西南大学, 2020.  
DUAN B C. Effects of eugenol on zebrafish embryonic development and its mechanism[D]. Chongqing: Southwest University, 2020.
- [13] HOLLERT H, KEITER S, KÖNIG N, et al. A new sediment contact assay to assess particle-bound pollutants using zebrafish (*Danio rerio*) embryos[J]. Journal of Soils and Sediments, 2003, 3(3): 197-207.
- [14] AULD A H, SCHUBEL J R. Effects of suspended sediment on fish eggs and larvae: a laboratory assessment[J]. Estuarine and Coastal Marine Science, 1978, 6(2): 153-164.
- [15] SUEDEL B C, WILKENS J L, KENNEDY A J. Effects of suspended sediment on early life stages of smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) [J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2017, 72(1): 119-131.
- [16] 周勇, 马绍赛, 曲克明, 等. 悬浮物对半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*) 幼鱼肝脏溶菌酶、超氧化物歧化酶和鳃丝  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATPase 活力的影响[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(3): 367-372.

- ZHOU Y, MA S S, QU K M, et al. Effects of suspended substance concentration on activities of lysozyme, superoxide dismutase, and  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$  in juvenile *Cynoglossus semilaevis*[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2009, 40(3): 367-372.
- [17] CEN J, JIA Z L, ZHU C Y, et al. Particulate matter (PM10) induces cardiovascular developmental toxicity in zebrafish embryos and larvae via the ERS, Nrf2 and Wnt pathways[J]. *Chemosphere*, 2020, 250: 126288.
- [18] 何俊霖, 于思, 曹治兴, 等. 异甘草素对斑马鱼胚胎发育、血管生成和心脏的影响[J]. *四川动物*, 2018, 37(6): 672-677.
- HE J L, YU S, CAO Z X, et al. Effects of isoliquiritigenin on embryonic development, angiogenesis and heart in zebrafish embryos[J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2018, 37(6): 672-677.
- [19] 胡银, 刘恒, 严湘芸, 等. 多肽<sup>301</sup>LARSLKT<sup>307</sup>对斑马鱼胚胎早期心脏发育的影响[J]. *安徽医科大学学报*, 2019, 54(5): 678-684.
- HU Y, LIU H, YAN X Y, et al. Effect of peptide<sup>301</sup>LARSLKT<sup>307</sup> on early cardiac development of zebrafish embryos[J]. *Acta Universitatis Medicinalis Anhui*, 2019, 54(5): 678-684.
- [20] 沈新强, 沈鑫绿. 洋山港航道疏浚泥溶出液对鱼类胚胎、仔鱼的毒性效应[J]. *农业环境科学学报*, 2014, 33(1): 43-48.
- SHEN X Q, SHEN A L. Toxicity of eluates from dredged sediment to fish embryo and larva from the channel of Yangshan Harbor[J]. *Journal of Agro-Environmental Science*, 2014, 33(1): 43-48.
- [21] 蒋玫, 林钦, 沈新强. 航道疏浚泥悬浮液对黑鲟胚胎的发育及仔鱼摄食生长的影响[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(5): 1674-1678.
- JIANG M, LIN Q, SHEN X Q. The effects of the sludge suspended solution effluent on the development of eggs and larvae of *Sparus macrocephalus*[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(5): 1674-1678.
- [22] 余芬芳. 城市污水再生消毒对斑马鱼胚胎的毒性研究[D]. 海口: 海南大学, 2015.
- YU F F. Study on the toxicity of urban sewage disinfection to zebrafish embryos[D]. Haikou: Hainan University, 2015.
- [23] 孟凡骁. 敌百虫对斑马鱼胚胎发育的影响[D]. 新乡: 河南师范大学, 2020.
- MENG F X. Effect of trichlorfon on the embryonic development of zebrafish[D]. Xinxiang: Henan Normal University, 2020.
- [24] DAVID A, PANCHARATNA K. Effects of acetaminophen (paracetamol) in the embryonic development of zebrafish, *Danio rerio*[J]. *Journal of Applied Toxicology*, 2009, 29(7): 597-602.
- [25] 许炼. 纳米银引起斑马鱼胚胎色素减退的分子机制[D]. 武汉: 华中农业大学, 2017.
- XU L. Mechanisms of silver nanoparticles induced hypopigmentation in embryonic zebrafish[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2017.

## Animal Sciences

### Effects of Suspended Solids on the Development of Zebrafish Embryos

DUAN Yuchi, PENG Jianyu, YAN Bingrong, LI Yingwen, LIU Zhihao, SHEN Yanjun, CHEN Qiliang  
(Chongqing Key Laboratory of Animal Biology, College of Life Sciences,  
Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** For investigating the effects of suspended solids content in water on the development of zebrafish (*Danio rerio*) embryos, the normally developing embryos were selected and placed in water with suspended solids mass concentrations of 0, 10, 100, and 1 000  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  for 168 hours (h), and were named CK group, T1 group, T2 group and T3 group, respectively. During this period, hatching rate of embryos and mortality of embryos or larvae were calculated every 12 h, the heart rate and deformity rate of larvae were recorded after 72 and 168 h of the treatment, and the development of embryos were photographed after 4, 12, 24, and 48 h of the treatment. The results showed that: 1) Compared with the CK group, the cumulative hatching rate of embryos in T1 group, T2 group and T3 group decreased statistically after 60 h of the treatment, and this indicator was reduced obviously in the T3 group after 72 h of the treatment until the end of the experiment ( $p < 0.05$ ); 2) After 120 h of the treatment until the end of the experiment, the cumulative mortality rate of larvae in the T3 group had statistically increased compared with CK group ( $p < 0.05$ ); 3) There was a statistically significant decrease in heart rate of larva after 72 h of the experiment in groups T1, T2 and T3 compared with group CK ( $p < 0.05$ ); 4) Compared with the CK group, the deformity rate of larvae in the T3 group increased statistically ( $p < 0.05$ ); 5) Compared with the CK group, embryos in T1, T2 and T3 groups were delayed in development. The results indicate that the high mass concentration of suspended solids can lead to delayed development of zebrafish embryos, decreased hatching rate of embryos and heart rate of larvae, and increased mortality and deformity rates of larvae.

**Keywords:** suspended solids; zebrafish; embryonic development