

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00493

悬沙胁迫下日本囊对虾仔虾的生长和 DNA 损伤

李云, 沈鑫绿, 徐兆礼

中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090

摘要: 以日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)仔虾为受试生物, 研究不同悬沙浓度(0、10、50、100、500和1 000 mg/L)下仔虾的存活率、增重率、RNA/DNA 比率变化和 DNA 损伤情况, 探讨悬沙对仔虾的影响。结果表明, 低浓度悬沙(<500 mg/L)对仔虾的存活率、增重率、RNA/DNA 比率和 DNA 损伤指标无显著影响。高浓度悬沙(500 mg/L)为仔虾生长蜕皮提供隐蔽场所, 减少自残, 但在提高存活率的同时, 影响仔虾摄食, 表现为仔虾的增重率和 RNA/DNA 比率与对照组相比显著下降($P < 0.05$), 且增重率和 RNA/DNA 比率之间具有显著的正相关性($P < 0.05$)。在高浓度悬沙组(500 mg/L)中, 作为 DNA 损伤指标, 彗星细胞拖尾率、尾长和尾矩与对照组相比均显著增加($P < 0.05$), 但不同的指标灵敏度不同, 尾长和尾矩灵敏度较拖尾率更高。结论认为, RNA/DNA 比率和 DNA 损伤指标能够有效评估悬沙对仔虾生长的影响。

关键词: 悬沙; 日本囊对虾仔虾; RNA/DNA 比率; DNA 损伤

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)03-0493-07

近年来, 随着海洋工程日益增多, 海上吹填、疏浚等涉海活动日趋频繁, 致使局部海域悬沙浓度急剧增加。悬沙主要通过增加水体浑浊度所产生的一系列负效应及沉降后的掩埋作用, 对水体中各生物类群如浮游植物、浮游动物、鱼类等的行为、繁殖、生长、生理等方面产生不同程度的影响^[1-3]。当长江口疏浚弃土悬沙含量达到 3 g/L 并持续 96 h 时, 微绿球藻(*Nannochloropsis oculata*)和牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)生长速率降低 20%~30%^[4]。褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)培养液中加入 7~9 mg/mL 弃土悬沙时, 其种群内禀增长率显著降低^[5]。悬沙对鱼类的影响研究最为广泛和深入, 根据其影响程度可分为致死效应、亚致死效应和行为影响 3 类或 14 个等级^[3,6-7]。然而, 悬沙对蟹类^[8]、贝类^[9]和虾类^[10]的影响研究则相对较少。因此, 本研究拟通过悬沙胁迫下日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)仔

虾的生长试验, 检测其存活率、增重率、RNA/DNA 比率变化和 DNA 损伤情况, 探讨悬沙对仔虾的影响, 为科学评估海洋工程引起的悬沙对渔业资源带来的经济损失提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

日本囊对虾仔虾 2009 年 4 月购于宁波市象山县东陈育苗场, 体长为 (9.1 ± 1.2) mm, 体质量为 (4.2 ± 1.1) mg。实验前, 采用砂滤自然海水暂养 2 d。实验时, 选用体色正常、健康活泼的个体。

制备悬沙的底泥由长江口深水航道工程建设单位提供。实验前, 采用 LS 粒度仪分析悬沙粒径组成, 冷原子荧光法测定汞(Hg)和砷(As)含量, 原子吸收法测定铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)和镉(Cd)含量。

1.2 实验装置

实验装置由特制水箱、内胆、潜水泵和加热

收稿日期: 2010-07-27; 修订日期: 2010-09-21.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2010CB429005); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院东海水产研究所)资助项目(2008M13).

作者简介: 李云(1979-), 男, 博士, 主要从事海洋生物学研究. E-mail: salixly@yahoo.com.cn

通信作者: 徐兆礼, 研究员. E-mail: xiaomin@sh163.net

棒等组成(图 1)。特制水箱有效容积为 10 L, 纵截面呈梯形, 有 1 个斜面可以削弱泥沙沉降, 整个材料由透明有机玻璃制成。内胆有效容积为 2 L, 呈长方体, 顶部往外延伸 0.5 cm, 便于内胆挂在水箱里, 材料主要由不锈钢网片构成, 网目根据受试生物个体大小而定。在水箱侧面放置一个微型潜水泵, 冲力最大的一个出口朝下, 这样可以充分搅拌泥沙。在水箱底部放置一个加热棒, 便于控制水温。

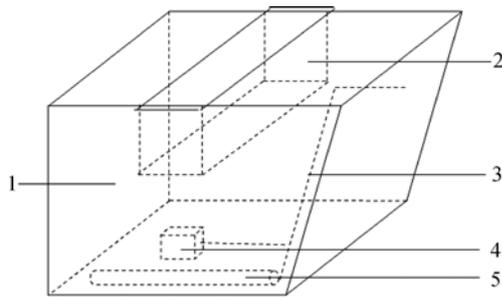


图 1 实验装置示意图

1. 特制水箱; 2. 内胆; 3. 电线; 4. 微型潜水泵; 5. 加热棒。

Fig. 1 Sketch map of experiment equipment

1. Water tank; 2. Inside shell; 3. Electrical wire; 4. Mini Submersible pump; 5. Heating rod.

1.3 实验设计

实验所用砂滤自然海水盐度为 22, 实验期间水温变化为 20~21, pH 为 7.95~8.01, 溶解氧(DO)为 8.01~8.23 mg/L。悬沙浓度梯度分别为 0 mg/L(空白对照)、10 mg/L、50 mg/L、100 mg/L、500 mg/L 和 1 000 mg/L, 每个浓度设 3 个平行组, 每组受试仔虾尾数为 50 尾。日换水 2 次, 每次只需将内胆轻轻提起, 放入另一个预先准备好的水箱中, 换水后投喂对虾配合饲料。实验时间为 8 d, 每天观察记录死亡情况, 及时清除死亡个体和残饵。在实验的第 4 天和第 8 天, 每组随机采取 20 尾仔虾, 用纯净水冲洗 3 次后, 其中 10 尾立即放入冻存管中液氮保存备用。余下的 10 尾称湿重, 计算仔虾的增重率:

增重率 = $(W_t - W_0) / W_0 \times 100\%$ (W_t : 第 t 天湿重; W_0 : 本底湿重)

1.4 RNA/DNA 比率测定

从液氮中每组取 5 尾仔虾, 参照 Buckley 等^[11]

的方法提取虾体肌肉中核酸和核糖核酸, 用 751 型分光光度计测定 A_{260} 值, 并计算 RNA 和 DNA 含量, 求出 RNA/DNA 比率。

1.5 DNA 损伤测定

从液氮中每组取 5 尾仔虾, 参照 Tse 等^[12]的方法制备单细胞悬液进行单细胞凝胶电泳 (single cell gel electrophoresis), 彗星细胞采用 Kinetic Imaging Coment 4.0 软件分析, 分析指标除拖尾率外, 还依据 Lee 等^[13]的定义选取尾长(tail length)和尾矩(tail moment)。

1.6 数据分析

所有数据以 3 个平行组数据的平均值 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示, 通过 SPSS 13.0 软件进行处理, 采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和 Duncan 比较法检验各悬沙处理组间差异, 差异显著度为 0.05。

2 结果与分析

2.1 悬沙的粒径和重金属含量

实验所用悬沙的粒径特征见表 1。其中砂占 37.3%, 泥沙占 49.9%, 黏土占 12.8%。

悬沙中重金属含量 Cu 为 17.02 mg/kg, Zn 为 43.70 mg/kg, Pb 为 5.26 mg/kg, Cd 为 0.18 mg/kg, Hg 为 0.10 mg/kg, As 为 6.92 mg/kg。

表 1 实验用悬沙的粒径特征

Tab. 1 Particle characters of suspended solid used in the experiment

项目 item	组分 category		
	砂 sand	泥沙 silt	黏土 clay
粒径/ μm particle size	250-63	63-4	< 4
百分比/% percentage	25.3	49.9	12.8
累计百分比/% cumulative percentage	37.3	87.2	100

2.2 仔虾的存活率、增重率和 RNA/DNA 比率

悬沙暴露下第 4 天, 不同悬沙浓度下仔虾存活率均为 84% 以上, 各浓度组间无明显差异 ($P > 0.05$)。第 8 天, 对照组和低浓度悬沙组 (<500 mg/L) 中仔虾存活率均小于 77%, 而高浓度悬沙组

(500 mg/L)中仔虾存活率均高于 83%; 对照组与低浓度悬沙组间差异不明显($P>0.05$), 与高浓度悬沙组间差异显著($P<0.05$, 图 2)。

悬沙暴露下第 4 天, 对照组与 1 000 mg/L 浓度组间仔虾增重率差异显著($P<0.05$), 分别为 32%和 24%, 但与其他各浓度组间差异不明显($P>0.05$)。第 8 天, 对照组与 500 mg/L 和 1 000 mg/L 浓度组间增重率均差异显著($P<0.05$); 对照组增重率为 59%, 500 mg/L 和 1 000 mg/L 浓度组则分别为 49%和 46%(图 2)。

悬沙暴露下第 4 天, 对照组和低浓度悬沙组 (<500 mg/L) RNA/DNA 比率均大于 6.11, 各组间

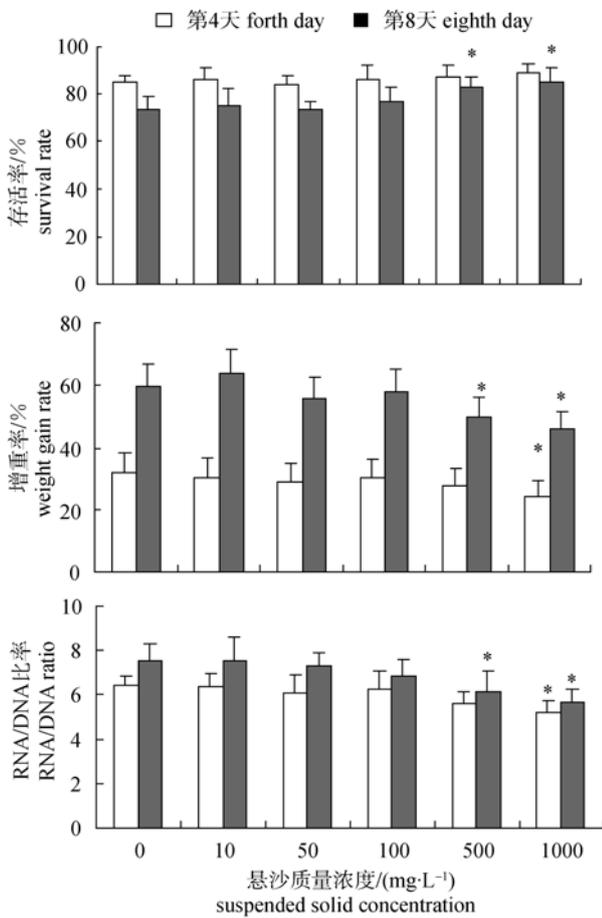


图 2 不同质量浓度悬沙下仔虾存活率、增重率和 RNA/DNA 比率的变化

*表示与对照组间差异显著($P<0.05$)

Fig. 2 Survival rate, weight gain rate and RNA/DNA ratio changes of *Marsupenaeus japonicus* postlarvae in different suspended solid concentration groups

* donates significant difference between this group and the control group ($P<0.05$).

差异不明显($P>0.05$); 1 000 mg/L 浓度组 RNA/DNA 比率为 5.22, 与对照组差异显著($P<0.05$)。第 8 天, 对照组 RNA/DNA 比率为 7.54, 500 mg/L 和 1 000 mg/L 浓度组分别为 6.18 和 5.66; 对照组与高浓度悬沙组间差异显著($P<0.05$), 与低浓度悬沙组间差异不明显($P>0.05$, 图 2)。不同悬沙浓度下仔虾 RNA/ DNA 比率的变化与增重率变化基本相似, 且二者间具有显著的正相关性($P<0.05$, 图 3)。

2.3 彗星实验结果

由图 4 可知, 正常细胞中绝大部分的 DNA 都集中在细胞核内, 经电泳和染色后, 在荧光显微镜下细胞核的 DNA 呈一致密的圆形。而 DNA 受到损伤后 DNA 链会发生断裂, 产生大小不一的 DNA 断链碎片, 在电场的作用下 DNA 的断链碎片会向阳极迁移。由于不同大小的断链碎片迁移的速度不同, 因此就产生像彗星一样的图像, 即彗星细胞。彗星细胞的拖尾率、尾长和尾矩随 DNA 损伤程度不同而不同。

悬沙暴露下第 4 天, 对照组与各浓度悬沙组拖尾率在 12%~14%之间, 变化不大。第 8 天, 对照组拖尾率为 13%, 与低浓度悬沙组 (< 500 mg/L) 间差异不明显($P>0.05$), 与 500 mg/L 和 1 000 mg/L 浓度组间差异显著($P<0.05$) 500 mg/L 和 1 000 mg/L 浓度组拖尾率分别是 17%和 18%(图 5)。

悬沙暴露下第 4 天, 对照组和低浓度悬沙组 (< 500 mg/L)中尾长均小于 39 μm , 而高浓度悬沙组 (500 mg/L)中尾长均高于 44 μm , 对照组与低浓度悬沙组间差异不明显($P>0.05$), 与高浓度悬沙组间差异显著($P<0.05$)。第 8 天, 对照组尾长为 44 μm , 与 50 mg/L 和 100 mg/L 浓度组尾长差异不明显($P<0.05$), 但与较高浓度悬沙组 (100 mg/L)间差异明显($P<0.05$), 1 000 mg/L 浓度组尾长达 55 μm (图 5)。

悬沙暴露下第 4 天, 对照组与 1 000 mg/L 浓度组间尾矩差异显著($P<0.05$), 分别为 5.90 和 6.56, 但与其他各浓度组间差异不明显($P>0.05$)。第 8 天, 对照组尾矩为 6.20, 与 50 和 100 mg/L 浓度组尾矩差异不明显($P<0.05$), 但与较高浓度悬沙组 (100 mg/L)间差异明显($P>0.05$), 1 000 mg/L

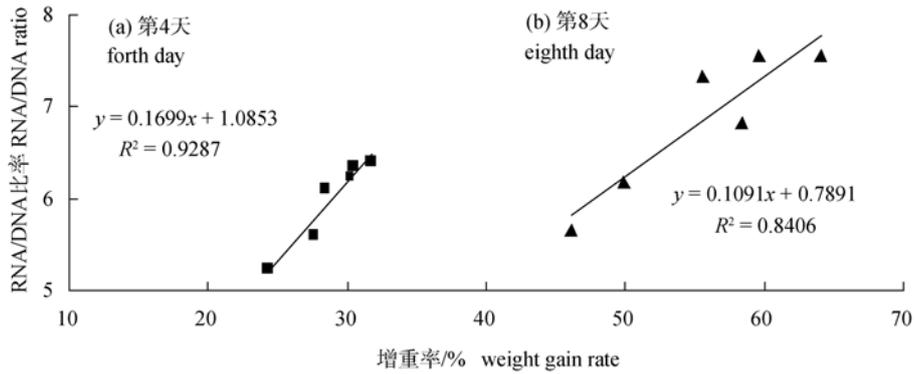


图 3 仔虾增重率与 RNA/DNA 比率的关系

Fig. 3 Relationship between weight gain rate and RNA/DNA ratio

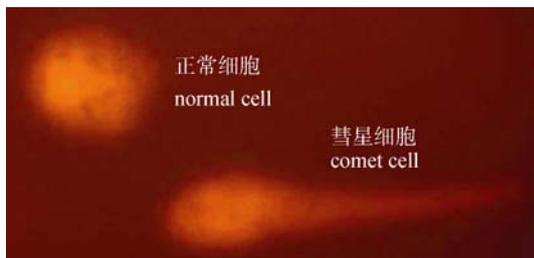


图 4 仔虾彗星实验的典型细胞图

Fig. 4 Typical cells of the comet assay

浓度组尾矩达 7.90(图 5)。

3 讨论

3.1 影响仔虾生长的环境因子

影响仔虾生长的环境因子很多。李润寅等^[14]经水槽培养实验证实, 日本对虾(*Penaeus japonicus*)仔虾的成活率和长度增长率与水温密切相关, 提出仔虾放流海区水温应大于 16。南美白对虾(*Penaeus vannamei*)仔虾对低盐环境具有良好的适应性, 但盐度过低必定对虾体造成一定程度的损伤, 出现虾壳变薄、抗离水能力差等体质下降的特征^[15]。张林娟等^[16]发现, pH 变化对日本囊对虾仔虾离子转运酶活力、存活率和增重率影响显著, 建议仔虾 pH 变化范围不应大于 0.5。重金属如汞、镉、锌、锰等对日本对虾仔虾具有毒性效应, 高淑英等^[17]根据 96 h LC₅₀ 值计算的汞、镉、锌、锰的安全浓度分别是 0.001 2、0.034 2、0.044 9、0.095 0 mg/dm³。此外, 不同的饵料类型(如微生物、植物、动物以及碎屑等)和底质类型(如粗砂

质、细砂质、沙质和泥质等)对仔虾的生长也具有显著影响^[18-19]。然而, 在本实验过程中, 按时投喂对虾配合饵料; 海水温度、盐度、溶解氧和 pH 值均符合《渔业水质标准》^[20]; 制备悬沙的底泥质量良好, 悬沙中重金属铜、锌、铅、镉、汞

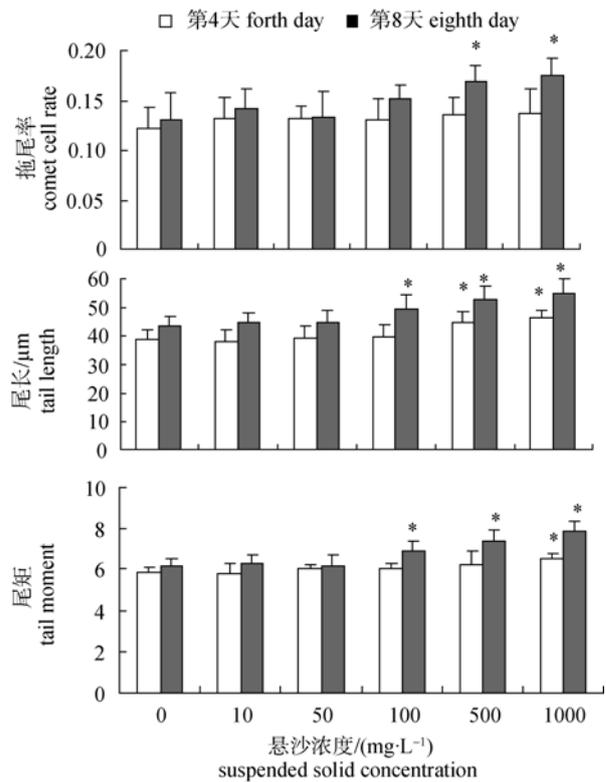


图 5 不同悬沙浓度下彗星细胞拖尾率、尾长和尾矩的变化 *表示对照组与该浓度组间差异显著(P < 0.05)。

Fig. 5 Comet cell rate, tail length and tail moment changes of the comet cell in different suspended solid concentration groups * shows significant difference between this group and the control group (P < 0.05).

和砷含量均达到了沉积物质量的一级标准, 该标准适用于海洋渔业海域、海水养殖区, 因此, 悬沙浓度及其暴露持续时间是影响仔虾生长的主要因子。

3.2 悬沙对仔虾生长的影响

从悬沙暴露第 4 天和第 8 天日本囊对虾仔虾的存活率(图 2)比较发现, 不同浓度的悬沙, 在持续时间较短情况下, 对仔虾存活率影响不大; 但随着持续时间延长, 高浓度悬沙组与对照组之间存活率出现显著差异($P < 0.05$), 1 000 mg/L 浓度组存活率较对照组高出近 10%。杨明等^[21]研究罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)发现, 浑浊的水体为幼虾生长蜕皮提供了良好的隐蔽场所, 可减少自残, 有效提高存活率。臧维玲等^[22]也报道, 在日本对虾幼虾养殖生产中, 无底质组摄食积极, 蜕皮次数多; 但由于在无底质环境中, 幼虾脱壳后几无隐蔽之处, 故存活率较低。但从本研究中仔虾增重率(图 2)可以看出, 高浓度的悬沙在减少自残的同时, 也抑制了仔虾的摄食, 导致增重率降低, 第 4 天和第 8 天 1 000 mg/L 浓度组增重率均显著低于对照组($P < 0.05$)。

养殖期间观察发现, 对照组中仔虾蜕皮次数明显高于高浓度悬沙组, 其蜕皮时间一般在 24:00 至 5:00, 整个蜕皮过程约需 6 min; 对照组中仔虾游动活泼, 摄食强度高, 生长较快, 但自残程度重; 高浓度悬沙组中仔虾营潜底生活, 少动或不动, 生长缓慢, 但自残程度轻。对照组和高浓度悬沙组中仔虾行为上的差异, 可能是由于细颗粒泥沙易随水流进入鳃中, 影响鳃的功能。Lin 等^[23]对日本对虾仔虾的研究表明, 高浓度悬沙中仔虾鳃的 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 酶活性下降, 渗透调节能力降低。可见, 高浓度的悬沙在影响仔虾摄食效率、限制其生长的同时, 也是其蜕皮后减少被残食的天然遮蔽物。

3.3 仔虾增重率与 RNA/DNA 比率的关系

在蛋白质合成过程中, 信使 RNA 及转运 RNA 是重要的参与者, RNA 含量与蛋白质合成速率之间呈正相关, 而蛋白质合成越多, 表明细胞

生长越旺盛, 因此 RNA 的浓度是测定生物生长率的敏感指标^[24]。DNA 的浓度则是体现细胞数目的指标, 细胞中 DNA 的含量对环境的改变并不敏感, 因此 RNA/DNA 比率是一个更能精确地反映生物新陈代谢活动的指标, 因为该比率不受样品中细胞数目和细胞大小的影响^[25]。大量研究表明, 鱼类生长增重率与 RNA/DNA 比率之间具有密切的正相关性^[26-27]。虾类相关研究则较少, 王宏伟等^[24]利用 RNA/DNA 比率评定了 Zn^{2+} 对培养的日本对虾肝胰腺细胞生长情况的影响。本研究结果证实, RNA/DNA 比率能够有效反映悬沙对仔虾生长的影响。不同悬沙浓度下仔虾 RNA/DNA 比率的变化与增重率变化(图 2)相似, 且二者间具有显著的正相关性(图 3)。

3.4 悬沙胁迫下仔虾的 DNA 损伤

近年来, DNA 损伤作为生物标记物开始引入悬沙对鱼类影响的评估体系中。受污染的悬沙中, 污染物重金属和多环芳烃(PAHs)等能够诱导鱼类 DNA 损伤^[28-29]。但 Tse 等^[12]研究发现, 未受污染的悬沙即使浓度低至 8 mg/L, 斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)幼鱼肝脏组织中也能检测到明显的 DNA 损伤。DNA 损伤的生物学效应目前尚未完全明确, 但已有研究证实, 轻度的 DNA 损伤不会导致生物体直接死亡, 却会降低其对疾病的抵抗力^[30]。本实验结果证实, 彗星细胞的拖尾率、尾长、尾矩指标能够反映悬沙胁迫下仔虾细胞 DNA 的损伤情况, 但不同的指标灵敏度不同。悬沙暴露下第 4 天时, 对照组与各浓度悬沙组之间拖尾率差异不明显(图 5), 但高浓度悬沙组的尾长和尾矩与对照组之间差异显著(图 5)。第 8 天时, 100 mg/L 浓度组的尾长和尾矩显示出与对照组之间差异明显, 拖尾率与对照组之间却相差不大(图 5)。可见, 彗星实验在环境毒理学中具有很好的应用前景, 为研究环境污染物对水生生物的遗传毒性作用提供了较好的检验方法和灵敏的分析指标。

参考文献:

- [1] Bilotta G S, Brazier R E. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota[J]. Water Res, 2008, 42: 2849-2861.

- [2] Newcombe C P. Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems[J]. N Am J Fish Manag, 1991, 11: 72–82.
- [3] 白雪梅, 徐兆礼. 底泥悬浮物对水生生物的影响[J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(1): 65–68.
- [4] 徐兆礼, 易翠萍, 沈新强, 等. 长江口疏浚弃土悬沙对 2 种浮游植物生长的影响[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 33–36.
- [5] 王金秋, 徐兆礼, 石椿, 等. 长江口疏浚弃土悬沙对褶皱臂尾轮虫的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(7): 871–874.
- [6] Lake R G, Hinch S G. Acute effects of suspended sediment angularity on juvenile Coho salmon[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1999, 56 (5): 862–867.
- [7] DFO. Effects of sediment on fish and their habitat[R]. DFO Pacific Region Habitat Status Report, 2000/01.
- [8] 王云龙, 成永旭, 徐兆礼, 等. 长江口疏浚土悬浮物及其溶出 Zn^{2+} 对中华绒螯蟹产卵率和早期发育的影响[J]. 中国水产科学, 1999, 6 (5): 24–28.
- [9] Cheung S G, Shin P K S. Size effects of suspended particles on gill damage in green-lipped mussel *Perna viridis*[J]. Mar Pollut Bull, 2005, 51: 801–810.
- [10] Allan G L, Maguire G B. Effect of sediment on growth and acute ammonia toxicity for the school prawn, *Metapenaeus macleayi* (Haswell)[J]. Aquaculture, 1995, 131: 59–71.
- [11] Buckley L J, Bulow F J. Techniques for the estimation of RNA, DNA, and protein in fish[C]. The age and growth of fish. Ames, IA: Iowa State University Press, 1987: 345–354.
- [12] Tse C Y, Chan K M, Wong C K. DNA damage as a biomarker for assessing the effects of suspended solids on the orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*[J]. Fish Physiol Biochem, 2010, 36(2): 141–146.
- [13] Lee R F, Steinert S. Use of the single cell gel electrophoresis/comet assay for detecting DNA damage in aquatic (marine and freshwater) animals[J]. Mut Res, 2003, 544: 43–64.
- [14] 李润寅, 陈介康, 姜洪亮, 等. 日本对虾仔虾的温度适宜性实验研究[J]. 水产科学, 2001, 20(3): 17–18.
- [15] 杨章武, 李世威. 南美白对虾仔虾对低盐度环境的耐受力试验[J]. 海洋科学, 2001, 25(8): 12–13.
- [16] 张林娟, 潘鲁青, 栾治华. pH 变化对日本囊对虾仔虾离子转运酶活力和存活、生长的影响[J]. 水产学报, 2008, 32(5): 758–764.
- [17] 高淑英, 邹栋梁, 厉红梅. 汞、镉、锌和锰对日本对虾仔虾的急性毒性[J]. 海洋通报, 1999, 18(2): 93–96.
- [18] 张辉, 孙雪峰, 尤宏争. 不同单细胞藻类对日本对虾仔虾生长及存活率的影响[J]. 饲料工业, 2008, 29(12): 24–27.
- [19] 李惠玉, 洪性润. 底质对小褐虾生长和存活率影响的实验研究[J]. 中国水产科学, 2007, 14(1): 90–98.
- [20] 国家环境保护局. 渔业水质标准 (GB11607–89)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989.
- [21] 杨明, 臧维玲, 戴习林, 等. 不同底质对罗氏沼虾幼虾生长的影响[J]. 水产科技情报, 2008, 35(3): 105–108.
- [22] 臧维玲, 戴习林, 姚庆祯, 等. 底质对日本对虾幼虾生长的影响[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(1): 72–75.
- [23] Lin H P, Charmantier G, Thuet P, et al. Effects of turbidity on survival, osmoregulation and gill $Na^+-K^+-ATPase$ in juvenile shrimp *Penaeus japonicus*[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1992, 90: 31–37.
- [24] 王宏伟, 刘瑞兰, 商利新, 等. Zn^{2+} 对日本对虾肝胰腺细胞培养及其 RNA/DNA 比率的影响[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(3): 282–284.
- [25] 赵振山, 林可椒. 用 RNA/DNA 比率评定鲤的生长及其配合饲料的营养价值[J]. 水产学报, 1994, 18(4): 257–264.
- [26] Bulow F J. RNA/DNA ratios as indicator of recent growth rates of a fish[J]. J Fish Res Bd Can, 1970, 27: 2343–2349.
- [27] 司亚东, 金有坤, 周洪琪, 等. 鲤鱼白肌中 RNA/DNA 值与其生长的关系[J]. 上海水产大学学报, 1992, 1(3): 159–167.
- [28] Gabbianelli R, Lupidi G, Villarini M, et al. DNA damage induced by copper on erythrocytes of gilthead sea bream *Sparus aurata* and mollusk *Scapharca inaequivalvis*[J]. Arch Environ Contam Toxicol, 2003, 45: 350–360.
- [29] Pandrangi R, Petras M, Ralph S, et al. Alkaline single cell gel (comet) assay and genotoxicity monitoring using bullheads and carp[J]. Environ Mol Mutagen, 1995, 26: 345–356.
- [30] Steinert S A. DNA damage as a bivalve biomarker[J]. Biomarkers, 1999, 4: 492–496.

Growth and DNA damage of *Marsupenaeus japonicus* postlarvae stressed by suspended solids

LI Yun, SHENG Anglu, XU Zhaoli

Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China

Abstract: Despite the recognition that increased suspended solids is harmful to aquatic organisms, studies on the responses of them to suspended solids are limited. The present study determined ecotoxicology risk of suspended solids by evaluating the effects of suspended solids on survival rate, weight gain rate, RNA/DNA ratio and DNA damage of *Marsupenaeus japonicus* postlarvae. The results suggest that suspended solids have little influence on postlarvae in low concentration groups (<500 mg/L), while in high concentration groups (≥ 500 mg/L), the suspended solids could increase the survival rate of the postlarvae due to lower cannibal rate, but decrease the weight gain rate and RNA/DNA ratio of the postlarvae. And weight gain rate has significant positive relationship with RNA/DNA ratio. Although DNA damage parameters such as comet cell rate, tail length and tail moment clearly increased in high concentration groups (≥ 500 mg/L), tail length and tail moment were more sensitive as comet indicators of DNA damage than comet cell rate. These results suggest that RNA/DNA ratio and DNA damage parameters are effective biomarkers for assessing the effects of suspended solids on *Marsupenaeus japonicus* postlarvae.

Key words: suspended solids; *Marsupenaeus japonicus* postlarvae; RNA/DNA ratio; DNA damage

Corresponding author: XU Zhaoli. E-mail: xiaomin@sh163.com