

三种典型 POPs 对紫贻贝不同组织 DNA 损伤的比较研究

周海龙^{1,2,3}, 张林宝^{1,3}, 曲莹^{1,3}, 邵立娜¹, 刁晓平², 郑继平², 薛钦昭¹

(1. 中国科学院 烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2. 海南大学 农学院, 海南 海口 570228; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 采用彗星电泳技术, 比较研究了 Aroclor 1254、BaP、DDT 三种典型 POPs 对紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 鳃、性腺、消化腺细胞的 DNA 损伤效应的差异, 以期为进一步评价这三种典型 POPs 遗传毒理机制及其预警监测提供科学依据。结果表明, Tail DNA% 是评价 DNA 损伤的理想指标, 另外, 在急性毒性试验中, 这三种 POPs 对紫贻贝鳃、性腺、消化腺细胞的 DNA 损伤作用均存在显著时间-剂量-效应关系, 其中, BaP 的 DNA 损伤作用最大, 鳃和消化腺细胞对毒性作用较敏感。同时, 对不同组织细胞的敏感性差异原因及其在环境监测中的应用进行了探讨。

关键词: POPs; 紫贻贝 (*Mytilus edulis*); 彗星电泳; DNA 损伤

中图分类号: X171.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2011)02-0032-06

持久性有机污染物(Persistent Organic Pollutants, POPs)是指具有高毒性、持久性、生物蓄积性、半挥发性及长距离迁移性等特性的天然或人工合成的有机污染物^[1]。可通过空气、水、土壤、食物链传播, 甚至还能经母乳传递给婴儿^[2]。近年来我国海域环境污染日益严重, 据王泰等^[3]报道: Aroclor 1254、苯并[a]芘(Benzo[a]pyrene, BaP)、滴滴涕(Dichlorodiphenyl-trichloroethane, DDT)在我国属于三种典型 POPs。这三种典型 POPs 同时还属于环境雌激素^[4], 具有较强的“三致效应”, 对中枢神经、血液、淋巴细胞等也具有损害作用^[5]。而紫贻贝对 POPs 有极高的富集作用, 是一种重要的指示生物^[6]。因此, 研究这三种典型 POPs 对紫贻贝不同组织的遗传毒性作用, 对于理解 POPs 毒理机制具有重要意义。

彗星电泳(Comet assay)又称单细胞凝胶电泳(Single-Cell Gel Electrophoresis, SCGE), 最早由 Singh 等^[7]于 1988 年建立的一种检测 DNA 遗传损伤的技术; 该技术灵敏、简便、快速及样品用量少、无放射性等优点, 已广泛应用于 DNA 损伤、细胞凋亡、生态毒理等领域。本文探索改进彗星电泳条件, 研究三种典型 POPs 对紫贻贝不同组织的 DNA 遗传损伤作用, 为海洋动物保护、种群繁衍及预警检测打下一定基础。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

DYY-6C 型电泳仪(北京六一仪器厂); Olympus

IX81 荧光倒置显微镜(Olympus 公司)。

低熔点琼脂糖凝胶、吖啶橙(Acridine orange, AO)为 Promega 公司生产; Tris、二甲基亚砜(Dimethyl Sulfoxide, DMSO)、曲拉通 X-100 (Triton X-100)、均为上海生工生物有限公司分装, 美国 Amresco 公司生产; Aroclor 1254、BaP、DDT、台盼兰均为 Sigma 公司生产, 上海生工生物有限公司分装; 其他试剂均为国产分析纯。

1.2 紫贻贝及其驯养

紫贻贝采自烟台四十里湾海域, 挑选健康、活力强的个体, 体长(7 cm ± 1.5 cm)。实验前驯养 7 d, 驯养期间饲喂小球藻(2 次/d)。

1.3 实验设计

实验容器为 20 L 聚乙烯桶, 在桶中加入 10 L 过滤海水, 然后用保鲜膜封口减少水分挥发, 维持 POPs 浓度。POPs 用 DMSO 配制成一定浓度的储备液。根据预实验和参考资料^[8, 9], 三种 POPs 高、中、低浓度分别设置为: 10、50、200 μg/L。每个试验组随机挑取 15 只紫贻贝进行实验, 另随机选取 15 只做为溶剂对照组(DMSO 浓度为 0.01%), 在整个试验过

收稿日期: 2010-03-29; 修回日期: 2010-09-10

基金项目: 中国科学院重大项目(KZCX2-YW-Q07-05, KZCX2-YW-Q07-04)

作者简介: 周海龙(1977-), 重庆人, 博士, 讲师, 研究方向为海洋环境毒理学, 电话: 0898-66180255, E-mail: hlongzhou@gmail.com; 薛钦昭, 通信作者, 0535-2109020; E-mail: qzxue@yic.ac.cn

程中, 每天在固定时间投饵、换水各 1 次。这三种 POPs 只有在高浓度第 7 天发现 1~2 只紫贻贝死亡。在第 3、5、7 天, 每个试验组分别取 3 只紫贻贝解剖, 分离细胞, 为彗星电泳作准备。

1.4 彗星电泳

彗星电泳方法参照 Singh 等^[7]的方法并略加改进, 采用自制微型电泳槽, 单层凝胶的方法。制胶前用 0.5% 台酚蓝染色法检测细胞活力(85%)。30 μL 细胞悬液与 0.7% 的 200 μL 低熔点琼脂糖(LMA)混合, 取其中 80 μL 低熔点琼脂糖凝胶-细胞悬浮液铺于自制微型电泳槽中, 每个样品重复 3 次。

1.5 数据处理

利用 CASP1.2.2 软件^[10]分析彗星图像, Olive 尾距(Olive tail moment, OTM)、尾部 DNA 含量(tail DNA%)是目前国际上普遍使用的评价指标, tail DNA%, 即尾部 DNA 荧光强度/(头部 DNA 荧光强度 + 尾部 DNA 荧光强度) \times 100%。尾长反映了 DNA 移动的距离, 尾距(TM) = 尾部重心至头部重心距离 \times 尾部 DNA 百分比。

用 SPSS16.0 对数据进行分析, 然后进行相关分析。最后采用单因素方差和 SNK-q 法分析染毒组与溶剂对照组数据之间的差异。

2 结果

2.1 紫贻贝各组织细胞对 POPs DNA 损伤敏感性的分析

通过彗星电泳各指标间的相关分析发现, tail DNA%、尾长、尾矩、Olive 尾距 4 个指标间存在较高的相关性, 说明 CASP1.2.2 软件分析结果可靠。另外, tail DNA% 是国际上普遍采用的评价指标, 不受单位影响, 因此本实验利用它作为 DNA 损伤的评价标准。比较各剂量染毒组与溶剂对照组发现(见表 1、2、3): 除了第 3 天 DDT 低、中浓度组对性腺细胞和 Aroclor 1254 在低浓度组对消化腺细胞 DNA 损伤效果不显著外, 其他试验组对各组织细胞的 DNA 损伤均显著($P < 0.01$)。

2.2 不同 POPs 对紫贻贝各组织细胞 DNA 损伤的比较

不同 POPs 由于理化特性的差异, 毒性作用各不相同, 比较各剂量染毒组与溶剂对照组发现(表 1、2、3): 在 Aroclor 1254、BaP、DDT 这三种 POPs 中, BaP 各剂量组与对照组的 DNA 损伤均显著; 而在第 3 天

时, DDT 低、中浓度对性腺细胞的 DNA 损伤较小, Aroclor 1254 对消化腺细胞 DNA 损伤较小, 未达显著水平($P < 0.01$)。因此, 可以看出这 3 种 POPs 中, BaP 对紫贻贝各组织细胞 DNA 损伤作用最强, 而 Aroclor 1254、DDT 对紫贻贝各组织的 DNA 损伤作用相对较小(图 1)。

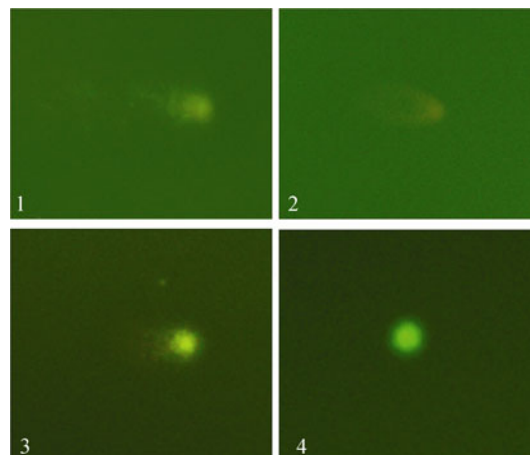


图 1 三种 POPs 暴露后第 5 天分别对紫贻贝鳃细胞的 DNA 损伤作用(各 POPs 浓度均为 10 $\mu\text{g/L}$ (200 \times))

Fig. 1 The DNA damage of blue mussel gill exposed to three POPs at the fifth day

(The concentration of each POPs is 10 $\mu\text{g/L}$ (200 \times))

1. Aroclor 1254 对鳃的作用; 2. BaP 对鳃的作用; 3. DDT 对鳃的作用; 4. 溶剂对照组(0.001%DMSO)

1. The DNA damage of gill cell exposed to Aroclor1254; 2. the DNA damage of gill cell exposed to BaP; 3. the DNA damage of gill cell exposed to DDT; 4. the DNA damage of gill cell exposed to solvent control group(0.001%DMSO)

3 讨论

3.1 彗星电泳技术的改进

虽然彗星电泳具有很多优点, 并在生态毒理学等领域得到了广泛应用, 但在高通量和标准化两个方面仍需进一步改进: 前者可通过利用多孔彗星电泳载玻片来实现^[11], 从而提高工作效率; 后者需要从彗星电泳的各个环节加以改进, 其中, 如何挑选具有代表性的彗星细胞, McAr 等^[12]指出应采用系统随机抽样法(Systematic Random Sampling, SRS), 所谓系统随机法就是从某个点开始进行取样, 沿着“Z”字形进行取样。另外, 在分析具体某个彗星图像时, Ritter 等^[11]指出应对彗星各参数标准化, 包括彗星的宽度、形状、头部的位置等。目前, 国际上普遍采用 tail DNA%、OTM 作为评价指标。本实验通过对尾部 DNA 含量、尾长、尾矩、Olive 尾距这四个指标进行相关分析发现它们之间存在较高的相关性,

表 1 第 3 天三种 POPs 对紫贻贝各组织细胞 DNA 的损伤($n=100, \bar{X} \pm SD$)Tab. 1 The DNA damage of three blue mussel tissues exposed to three POPs at the 3rd day ($n=100, \bar{X} \pm SD$)

组别	POPs	尾部 DNA%(Tail DNA %)		
		鳃细胞	性腺细胞	消化腺细胞
溶剂对照		1.54 ± 0.40	1.44 ± 0.55	1.81 ± 0.77
低浓度	A	3.75 ± 1.30*	1.87 ± 0.59*	2.16 ± 0.73
	B	8.04 ± 1.91*	4.51 ± 0.71*	6.54 ± 1.10*
	D	2.81 ± 0.62*	1.35 ± 0.46	2.50 ± 0.34*
中浓度	A	5.64 ± 0.80*	2.86 ± 0.57*	4.91 ± 0.78*
	B	11.77 ± 1.94*	5.72 ± 2.03*	10.97 ± 1.74*
	D	4.43 ± 0.69*	1.73 ± 0.87	3.95 ± 1.00*
高浓度	A	12.54 ± 1.40*	5.65 ± 0.99*	9.44 ± 1.62*
	B	22.88 ± 2.33*	9.06 ± 1.88*	19.15 ± 1.43*
	D	10.40 ± 1.63*	4.89 ± 0.67*	8.30 ± 1.14*

注: A、B、D 分别表示 Aroclor 1254、BaP、DDT, SD 表示标准差; *: 表示在 0.01 水平显著, 下同

表 2 第 5 天三种 POPs 对紫贻贝各组织细胞 DNA 的损伤($n=100, \bar{X} \pm SD$)Tab. 2 The DNA damage of three blue mussel tissues exposed to three POPs at the 5th day ($n=100, \bar{X} \pm SD$)

组别	POPs	尾部 DNA%(Tail DNA %)		
		鳃细胞	性腺细胞	消化腺细胞
溶剂对照		3.86 ± 0.57	2.80 ± 0.47	3.89 ± 0.72
低浓度	A	15.37 ± 1.23*	7.15 ± 1.10*	10.37 ± 1.83*
	B	17.93 ± 2.65*	10.51 ± 2.37*	14.33 ± 2.50*
	D	14.19 ± 1.53*	7.04 ± 1.05*	13.43 ± 2.07*
中浓度	A	18.09 ± 1.61*	9.45 ± 1.29*	13.85 ± 1.26*
	B	24.92 ± 3.17*	20.14 ± 3.42*	22.70 ± 3.31*
	D	19.70 ± 1.46*	10.75 ± 1.24*	18.98 ± 1.35*
高浓度	A	19.43 ± 2.31*	11.44 ± 1.11*	16.61 ± 1.28*
	B	39.05 ± 1.96*	30.86 ± 2.33*	36.35 ± 2.56*
	D	25.19 ± 1.10*	17.3 ± 1.75*	23.39 ± 1.99*

表 3 第 7 天三种 POPs 对紫贻贝各组织细胞 DNA 的损伤($n=100, \bar{X} \pm SD$)Tab. 3 The DNA damage of three blue mussel tissues exposed to three POPs at the 7th day ($n=100, \bar{X} \pm SD$)

组别	POPs	尾部 DNA%(Tail DNA %)		
		鳃细胞	性腺细胞	消化腺细胞
溶剂对照		7.23 ± 1.80	6.24 ± 1.01	7.42 ± 1.30
低浓度	A	21.32 ± 1.95*	11.42 ± 1.21*	16.94 ± 1.66*
	B	27.29 ± 1.75*	18.04 ± 1.74*	24.65 ± 1.24*
	D	19.21 ± 1.37*	13.38 ± 2.54*	16.26 ± 2.82*
中浓度	A	28.45 ± 2.23*	24.84 ± 3.01*	25.12 ± 2.98*
	B	30.03 ± 3.47*	31.38 ± 3.06*	31.74 ± 2.47*
	D	29.22 ± 1.64*	26.12 ± 3.08*	28.17 ± 2.59*
高浓度	A	39.56 ± 2.11*	32.32 ± 2.51*	37.47 ± 2.83*
	B	44.43 ± 2.43*	34.89 ± 1.58*	40.12 ± 2.61*
	D	38.83 ± 1.81*	30.83 ± 2.80*	36.83 ± 3.23*

并且 Olive 尾距与其他指标的相关系数最大, 与 Kumaravel 等^[13]研究结果一致; 另外, 由于 Olive 尾距有单位, 且不同图像分析系统给出的值不同, 而 tail DNA% 可以很好克服这一问题; 因此, 本实验采用 tail DNA% 来指示 DNA 遗传损伤, 取得了理想的效果。

3.2 紫贻贝各组织细胞 DNA 损伤敏感性的分析

POPs 可通过接触、呼吸、消化等多种途径进入海洋动物体内, 从而对各组织产生毒性效应。大量研究表明, 海洋动物不同组织对同种或不同 POPs 的 DNA 损伤的敏感性不同, Rigonato 等^[9]利用彗星电泳研究甲磺酸甲酯(Methylmethane Sulfonate, MMS)对河蚬(*Corbicula fluminea*)血淋巴细胞、鳃细胞、消化腺细胞 DNA 损伤作用, 结果发现血淋巴细胞、消化腺细胞较敏感, 而鳃细胞 DNA 损伤具有较高的背景值。但在本实验中, 鳃细胞 DNA 损伤也很敏感, 这可能是因为鳃直接暴露于环境中, 不同环境影响了敏感性。各组织的敏感性差异原因主要有:

POPs 进入海洋动物体内可通过接触、呼吸、食物等途径, 而鳃直接与海水接触, 最早受到海水中 POP 的毒性作用, 因此鳃对 POPs 的毒性作用较敏感^[14]; 不同组织细胞, 其细胞膜结构以及 POPs 代谢机制不同。其中消化腺是 POPs 代谢和生物转化酶的主要场所^[15]; 分子水平上, POPs 毒理机制主要通过 AhR 通道来进行调控^[16], 研究表明 AhR 通道基因在海洋动物不同组织的表达调控同样具有差异性^[17-18]。

另外, 从表 1、2、3 可以看出, POPs 各试验组与对照组差异显著, 且随着染毒浓度增大和染毒时间延长, DNA 损伤作用显著加剧。因此, 不同 POPs 对三种组织的 DNA 损伤作用存在显著的时间-剂量-效应关系, 与 Ching 等^[19]报道结果一致。

目前, 关于海洋双壳类动物性腺细胞 DNA 损伤研究较少, Ganguly 等^[20]研究了烟草提取物对翡翠贻贝(*Perna viridis*)雄性性腺细胞 DNA 损伤作用, Jing-jing 等^[21]研究了 BaP (0.5, 3, 10 μ g/L)对栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)性腺的遗传毒性作用, 结果发现其暴露 12 h 后 DNA 断链明显增加。由于受精是在海水中完成的, 因此, 这将对海洋低等动物繁殖造成严重影响^[22], 如 Bacchetta 等^[23]研究表明 DDT 影响斑马贻贝(*Dreissena polymorpha*)的繁殖性能, 导致

雌性个体大量增加。因此, 开展相关研究对海洋动物种群保护及其繁衍具有重要价值。

3.3 紫贻贝组织敏感性在 POPs 污染预警监测方面的应用

海洋双壳类动物(紫贻贝、翡翠贻贝、牡蛎等)具有固着、底栖, 分布广泛的特性; 另外, 彗星电泳条件简单, 样品量少, 周期短, 敏感性高。因此, 海洋双壳类动物鳃、消化腺、血淋巴细胞已被广泛应用于评价 DNA 损伤及海洋环境监测。Large, Shaw^[24]和 Hamoutene 等^[25]利用紫贻贝鳃和消化腺细胞评价了 BaP 和石油烃的遗传毒性作用。Rank 等^[26]利用紫贻贝鳃和血淋巴细胞进行了遗传损伤研究; Siu Cao 等^[27]利用翡翠贻贝血淋巴细胞研究了 BaP 的遗传毒性作用。这些研究表明, 海洋双壳类动物鳃、消化腺和血淋巴细胞是理想的靶细胞, 本实验结果进一步证实了这一点。

此外, 血淋巴细胞操作方便, 因此, 评价 POPs 的遗传毒性作用具有独特优势^[28-29]。但同时具有温度依赖性^[30], 检测结果易受温度影响, 因此, 在温度变化较大的情况下, 鳃和消化腺比血淋巴细胞检测效果更好。虽然彗星电泳在检测 DNA 损伤和预警监测环境污染方面具有灵敏、快速及样品量少等特点, 但该方法缺乏特异性, 即无法知晓 DNA 损伤效应由何种 POPs 导致的, 因此, 为了更好地指示特种 POPs 污染, 需要借助于基因差异表达谱、微阵列等技术深入研究^[31-32], 筛选特异分子标志物, 从而为海洋环境 POPs 预警监测提供科学依据。

参考文献:

- [1] David O. 什么是持久性有机污染物? [C]//持久性有机污染物控制研讨会论文集. 北京: 国家环保局, 2001: 9-10.
- [2] Swain W. Human health consequences of consumption of fish contaminated with organochlorine compounds [J]. Aquatic Toxicology, 1988, 11(3-4): 357-377.
- [3] 王泰, 张祖麟, 黄俊, 等. 海河与渤海湾水体中溶解态多氯联苯和有机氯农药污染状况调查 [J]. 环境科学, 2007, 28(4): 730-735.
- [4] 杜克久, 徐晓白. 环境雌激素研究进展 [J]. 科学通报, 2000, 45(21): 2 241-2 251.
- [5] 杨若明. 环境中有毒有害化学物质的污染与监测 [M]. 北京: 中央民族大学出版社, 2001.
- [6] 王亚萍, 蔡亚岐, 江桂斌. 斯德哥尔摩公约新增持久性有机污染物的一些研究进展 [J]. 中国科学: 化学,

- 2010, 40(2): 99-123.
- [7] Singh N, McCoy M, Tice R, et al. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells [J]. *Experimental cell research*, 1988, 175(1): 184-191.
- [8] Petridis P, Jha A, Langston W. Measurements of the genotoxic potential of (xeno-) oestrogens in the bivalve mollusc *Scrobicularia plana*, using the Comet assay [J]. *Aquatic Toxicology*, 2009, 94(1): 8-15.
- [9] Rigonato J, Mantovani M, Jord O B. Comet assay comparison of different *Corbicula fluminea* (Mollusca) tissues for the detection of genotoxicity [J]. *Genetics and Molecular Biology*, 2005, 28(3): 464-468.
- [10] Końca K, Lankoff A, Banasik A, et al. A cross-platform public domain PC image-analysis program for the comet assay [J]. *Mut Res-Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 2003, 534(1-2): 15-20.
- [11] Ritter D, Knebel J. Genotoxicity testing in vitro - Development of a higher throughput analysis method based on the comet assay [J]. *Toxicology in Vitro*, 2009, 23(8): 1 570-1 575.
- [12] McArt D, Wasson G, McKerr G, et al. Systematic random sampling of the comet assay [J]. *Mutagenesis*, 2009, 24(4): 373-378.
- [13] Kumaravel T S, Jha A N. Reliable Comet assay measurements for detecting DNA damage induced by ionising radiation and chemicals [J]. *Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 2006, 605(1-2): 7-16.
- [14] Pan L, Miao J, Wang J, et al. AHH activity, tissue dose and DNA damage in different tissues of the scallop *Chlamys farreri* exposed to benzo [a] pyrene [J]. *Environmental Pollution*, 2008, 153(1): 192-198.
- [15] Livingstone D. Organic xenobiotic metabolism in marine invertebrates [J]. *Advances in comparative and environmental physiology*, 1991, 7, 145-185.
- [16] Zhou H, Qu Y, Wu H, et al. Molecular phylogenies and evolutionary behavior of AhR (aryl hydrocarbon receptor) pathway genes in aquatic animals: Implications for the toxicology mechanism of some persistent organic pollutants (POPs) [J]. *Chemosphere*, 2010, 78(2): 193-205.
- [17] Hirose K, Morita M, Ema M, et al. cDNA cloning and tissue-specific expression of a novel basic helix-loop-helix/PAS factor (Arnt2) with close sequence similarity to the aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator (Arnt) [J]. *Molecular and Cellular Biology*, 1996, 16(4): 1 706-1 712.
- [18] Jain S, Maltepe E, Lu M, et al. Expression of ARNT, ARNT2, HIF1 α , HIF2 α and Ah receptor mRNAs in the developing mouse [J]. *Mechanisms of development*, 1998, 73(1): 117-123.
- [19] Ching E, Siu W, Lam P, et al. DNA adduct formation and DNA strand breaks in green-lipped mussels (*Perna viridis*) exposed to benzo [a] pyrene: dose-and time-dependent relationships [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2001, 42(7): 603-610.
- [20] Ganguly A, Goswami U. DNA damage in male gonad cells of Green mussel (*Perna viridis*) upon exposure to tobacco products [J]. *Ecotoxicology*, 2006, 15(4): 365-369.
- [21] Jing-jing M, Lu-qing P, Jing L, et al. Effects of benzo[a]pyrene on DNA damage and histological alterations in gonad of scallop *Chlamys farreri* [J]. *Marine Environmental Research*, 2009, 67(1): 47-52.
- [22] Jha A. Ecotoxicological applications and significance of the comet assay [J]. *Mutagenesis*, 2008, 23(3): 1-15.
- [23] Bacchetta R, Mantecca P. DDT polluted meltwater affects reproduction in the mussel *Dreissena polymorpha* [J]. *Chemosphere*, 2009, 76(10): 1 380-1 385.
- [24] Large A, Shaw J, Peters L, et al. Different levels of mussel (*Mytilus edulis*) DNA strand breaks following chronic field and acute laboratory exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons [J]. *Marine Environmental Research*, 2002, 54(3-5): 493-497.
- [25] Hamoutene D, Payne J, Rahimtula A, et al. Use of the Comet assay to assess DNA damage in hemocytes and digestive gland cells of mussels and clams exposed to water contaminated with petroleum hydrocarbons [J]. *Marine Environmental Research*, 2002, 54(3-5): 471-474.
- [26] Rank J, Jensen K. Comet assay on gill cells and hemocytes from the blue mussel *Mytilus edulis* [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2003, 54(3): 323-329.
- [27] Siu W, Cao J, Jack R, et al. Application of the comet and micronucleus assays to the detection of B [a] P genotoxicity in haemocytes of the green-lipped mussel (*Perna viridis*) [J]. *Aquatic Toxicology*, 2004, 66(4): 381-392.
- [28] Klobu ar G, Pavlica M, Erben R, et al. Application of the micronucleus and comet assays to mussel *Dreissena polymorpha* haemocytes for genotoxicity monitoring of freshwater environments [J]. *Aquatic Toxicology*, 2003, 64(1): 15-23.
- [29] Venier P, Maron S, Canova S. Detection of micronuclei

- in gill cells and haemocytes of mussels exposed to benzo [a] pyrene [J]. *Mut Res-Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 1997, 390(1-2): 33-44.
- [30] Buschini A, Carboni P, Martino A, *et al.* Effects of temperature on baseline and genotoxicant-induced DNA damage in haemocytes of *Dreissena polymorpha* [J]. *Mut Res-Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 2003, 537(1): 81-92.
- [31] Venier P, De Pittà C, Pallavicini A, *et al.* Development of mussel mRNA profiling: Can gene expression trends reveal coastal water pollution? [J]. *Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2006, 602(1-2): 121-134.
- [32] Veldhoen N, Lowe C, Davis C, *et al.* Gene expression profiling in the deep water horse mussel *Modiolus modiolus* (L.) located near a marine municipal wastewater outfall [J]. *Aquatic Toxicology*, 2009, 93(2-3): 116-124.

Comparative study of the DNA damage in three tissues of blue mussel (*Mytilus edulis*) after exposure to three typical POPs

ZHOU Hai-long^{1,2,3}, ZHANG Lin-bao^{1,3}, QU Ying^{1,3}, SHAO Li-na¹, DIAO Xiao-ping², ZHEN Ji-ping², XUE Qin-zhao¹

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 2. Department of Biotechnology, College of Agriculture, Hainan University, Haikou 570228, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: Mar., 29, 2010

Key words: POPs; Blue mussel(*Mytilus edulis*); Comet assay; DNA damage

Abstract: In this article, we compared the DNA damage in blue mussel gill, gonad and digestive gland cells that were exposed to Aroclor1254、BaP and DDT by comet assay. The results show that tail DNA% was a perfect parameter for DNA damage. In addition, there were significant time- and dose-dependent damage to the gill, gonad and digestive gland cells of blue mussel. Furthermore, the toxic effect of BaP was much more than the other two POPs; and gill and digestive gland cells were much more sensitive than gonad cells for the POPs toxicity. We also discussed the reason underlining the toxic sensitivity of different tissues and the significance of monitoring POPs in marine ecosystem. The results are helpful for assessing the toxic effects and exploring the toxicological mechanism of POPs.

(本文编辑: 康亦兼)