

DOI: 10.7524/AJE.1673-5897-20130924001

王摆, 贺凌, 高杉, 等. 6种苯系物对虾夷扇贝的生殖毒性作用[J]. 生态毒理学报, 2014, 9(6): 1083-1090

Wang B, He L, Gao S, et al. The reproductive toxicities of six BTEXs to Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2014, 9(6): 1083-1090 (in Chinese)

6种苯系物对虾夷扇贝的生殖毒性作用

王摆¹, 贺凌², 高杉¹, 董颖¹, 刘卫东¹, 于坤³, 周遵春^{1,*}

1. 辽宁省海洋水产科学研究院, 大连 116023

2. 辽宁省海洋与渔业厅, 沈阳 110001

3. 国家海洋局海洋减灾中心, 北京 100194

收稿日期: 2013-09-24 录用日期: 2013-05-16

摘要: 采用半静水式毒性试验, 研究了6种苯系物(苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯)对虾夷扇贝的生殖毒性作用。在水温(16±0.5)℃、盐度30.0、pH 8.0条件下, 用0.5、2.5、12.5 mg·L⁻¹的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯处理虾夷扇贝的精子、胚胎和幼体, 观察6种苯系物对虾夷扇贝的精子活力、卵子受精率、胚胎延滞率、胚胎畸形率、孵化率、幼体畸形率的影响。同时通过透射电镜观察6种苯系物(2.5 mg·L⁻¹)对虾夷扇贝精子超微结构的损伤作用。结果发现: 不同浓度苯系物处理组与对照组(0.0 mg·L⁻¹)相比, 虾夷扇贝精子的运动时间、卵子受精率及胚胎孵化率显著降低; 胚胎发育延滞率、胚胎畸形率和幼体畸形率显著增加, 并与处理浓度之间存在显著的剂量-效应关系。以上结果表明实验浓度下, 6种苯系物对虾夷扇贝具有较强的胚胎毒性和生殖毒性作用。通过电镜切片发现, 2.5 mg·L⁻¹的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯导致虾夷扇贝精子超微结构损伤, 表现为: 精子质膜断裂、部分溶解, 线粒体质膜和内嵴断裂、部分溶解。苯系物对虾夷扇贝精子超微结构的损伤可能是影响其精子活力和降低卵子受精率的主要原因之一。上述结果为苯系物对海洋贝类的生殖毒性评价提供基础数据。

关键词: 虾夷扇贝; 苯系物; 胚胎毒性; 致畸作用; 生殖毒性

文章编号: 1673-5897(2014)6-1083-08 中图分类号: X171.5 文献标识码: A

The Reproductive Toxicities of Six BTEXs to Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*)

Wang Bai¹, He Ling², Gao Shan¹, Dong Ying, Liu Weidong¹, Yu Kun³, Zhou Zunchun^{1,*}

1. Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Dalian 116023, China

2. Department of Ocean and Fisheries of Liaoning Province, Shenyang 110001, China

3. National Marine Hazard Mitigation Service, Beijing 100194, China

Received 24 September 2013 accepted 16 May 2014

Abstract: The reproductive toxic effects of six kinds of benzene series compounds, benzene, toluene, ethyl benzene, o xylene, m xylene, p xylene (BTEXs) on the Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) were conducted. The spermatozoa, embryos and early larvae were treated with BTEXs of three different concentrations (0.5, 2.5, 12.5 mg·L⁻¹) at the condition of water temperature (16 ± 0.5) °C, salinity of 30.0 and pH 8.0. The repro-

基金项目: 海洋公益性行业科研经费专项项目(201205012-7); 大连市科学技术基金(2012J21DW029)

作者简介: 王摆(1981-), 男, 博士, 助理研究员, 研究方向: 海洋生态毒理学, E-mail: Wangbai1980@hotmail.com;

* 通讯作者(Corresponding author), E-mail: zunchunz@hotmail.com

ductive toxicities of these tested chemicals were evaluated using the sperm motility (SM), fertilization rate (FR), arresting and delaying embryos rate (ADER), malformed embryos rate (MER), hatching rate (HR) and malformed larvae rate (MLR). In the meantime , the ultrastructure damage of sperms treated with $2.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ BTEXs were observed using transmission electron microscopy. The results showed that the SM , FR , HR in different concentrations of these treated groups were significantly decreased compared with the control ($0.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) group , and the ADER , MER , MLR increased significantly along with the increase of BTEXs concentrations. The toxic effects and the concentrations of BTEXs showing obvious dose response relation suggested that the BTEXs had embryonic and reproductive toxicities. The ultrastructure damage of sperm included the cytoplasmic membrane , mitochondrial membrane and cristae broken , partially dissolved after exposed to $2.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ BTEXs. The reduction of FR and SM might be related to the ultrastructure damage of spermatozoa could result from BTEXs. The results presented in this study will provide basic data for assessing the reproductive toxic effects of BTEXs on the marine scallop.

Keywords: BTEXs; Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*); embryonic toxicity; malformation effect; reproductive toxicity

由于我国沿海石油化工企业的迅猛发展 ,海洋溢油事故频发 ,导致大量苯系物进入海洋环境中 ,对近岸海域生态安全构成潜在威胁 ,引起社会和学者的广泛关注。苯系物作为美国环保署(USEPA) 优先控制污染物 ,同时进入我国环境优先污染物“黑名单”^[1]。目前 ,对海洋环境中苯系物大部分研究 ,集中于苯系物的检测技术^[2-4]、微生物修复^[5]等 ,有关苯系物对海洋贝类的生态毒理学研究尚不多见。海洋贝类主要虑食浮游植物和有机颗粒 ,代谢率低 ,对环境污染物具有很强的富集性 ,通常被用作海洋污染物的指示生物^[6]。

在海洋动物整个生命周期中 ,胚胎和幼体对环境污染物较为敏感 ,是环境污染物生态毒理学研究较为理想的实验材料^[7-8]。贝类对污染物最为敏感的时期是胚胎和幼贝阶段 ,美国材料与试验协会制订了贝类毒性试验标准(ASTM E2455-06) ^[9]。虾夷扇贝自 1980 年由日本引种 ,已成为我国北方海域重要的增养殖品种。近年来 ,虾夷扇贝死亡率一直居高不下 ,环境污染成为虾夷扇贝死亡的重要因素之一^[10]。有关贝类毒性研究报道主要涉及重金属、持久性有机污染物、农药等^[11-12] ,而苯系物对虾夷扇贝的胚胎及幼体的毒性作用研究尚未见报道。

为研究苯系物对虾夷扇贝的生殖毒性作用 ,采用半静水式毒性试验 ,选择精子活力、卵子受精率、胚胎延滞率、胚胎畸形率、孵化率、幼体畸形率为毒性测试指标 ,评价苯系物对虾夷扇贝的生殖毒性作用 ,通过电镜切片观察苯系物对精子超微结构的损伤为以期为海洋水产生物育种及资源保护提供基础

数据和科学依据。

1 材料和方法(Materials and methods)

1.1 实验材料

虾夷扇贝(*Mizuhopecten yessoensis*) 的种贝取自辽宁省海洋水产科学院海水养殖引育种中心 ,挑选健康的雌贝和雄贝阴干 1~2 h 后 ,分别放入 15°C 海水刺激配子释放 ,收集精液、卵子用于后续实验。

实验用苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯及二甲基亚砜(DMSO) 均为分析纯 ,购自中国国药有限公司。

1.2 实验方法

根据预实验的结果 ,苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯浓度设置: 0.5 、 2.5 、 $12.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,用二甲基亚砜配制 6 种苯系物各处理浓度 1 000 倍的实验母液 ,并设置空白对照组($0.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 和助溶剂对照组 ,二甲基亚砜浓度为 1.0% (体积比) ,每个处理组设置 3 个平行样。实验的水温(16 ± 0.5) $^\circ\text{C}$,盐度 30.0 ,pH 8.0 。

1.2.1 苯系物对精子的毒性实验

在 100 mL 烧杯加 $50 \mu\text{L}$ 的实验母液配制 50 mL 的处理溶液 ,加入 $50 \mu\text{L}$ 精液约 10^5 个精子 ,处理 1 min 后 ,镜检并记录各处理组精子运动持续时间(min) ,每组观测精子数不少于 30 个。实验重复 1 次。

1.2.2 苯系物对胚胎幼体的毒性实验

在 10 L 玻璃缸加 5 mL 的实验母液配制 5 L 的处理溶液 ,同时加入虾夷扇贝的 $10\ 000$ 枚卵子 , $500 \mu\text{L}$ 精液约 10^6 个精子 ,并持续搅拌 ,镜检空白对照组的卵子受精率大于 90% 时 ,取样观察并计算各处

理的卵子的受精率;持续处理 6 h,空白对照组胚胎发育至囊胚期,取样,镜检并计算各处理组胚胎发育延滞率,胚胎畸形率;持续处理 36 h,镜检并计算各处理组的胚胎孵化率;处理 48 h,镜检记录各处理组的畸形幼体,计算幼体畸形率。各时间点每个处理组取 3 个平行样,每个平行样本的样本数不少于 100 个,实验重复 1 次。

1.2.3 精子的电镜切片与观察

精子的电镜切片参照王摆等的方法^[7-8]。精子处理 1 min 后,收集 2.5 mg·L⁻¹ 苯系物处理组、空白对照组、助溶剂对照组的精子,立即用 2.5% 的戊二醛(pH 7.4 的 0.1 mol·L⁻¹ 磷酸盐缓冲液配制)在 4℃ 固定 2~4 h。再用 1% 的低熔点琼脂进行包埋,切成 1.0 mm³ 的小块,用戊二醛固定 10 h,经 pH 7.4 的 0.1 mol·L⁻¹ PBS 浸洗,再用 1% 的锇酸固定 2 h,经乙醇梯度脱水,再用丙酮脱水, Epon812 包埋, LKB-NOVA 超薄切片机切片。日立 H-7000 透射电镜观察精子超微结构并拍照。

1.3 数据分析

采用 SPSS17.0 软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA)苯系物处理组与空白对照组间差异, P < 0.05, 差异显著,以“*”表示; P < 0.01, 差异极显著,以“**”表示。

2 结果(Results)

2.1 6 种苯系物对虾夷扇贝精子活力的影响

6 种苯系物对虾夷扇贝精子运动时间影响结果见图 1。0.5~12.5 mg·L⁻¹ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯极显著的缩短了虾夷扇贝精子的运动时间,表明 6 种苯系物导致虾夷

扇贝精子活力降低,随着苯系物处理浓度的增加,精子活力下降,呈剂量-效应负相关性。苯对虾夷扇贝精子的毒性作用低于甲苯,3 种二甲苯和乙苯毒性无显著差异,均高于甲苯。

2.2 6 种苯系物对虾夷扇贝卵子受精率的影响

6 种苯系物对虾夷扇贝卵子受精率的影响结果见图 2。0.5~12.5 mg·L⁻¹ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯处理后虾夷扇贝卵子受精率显著降低,表明 6 种苯系物影响虾夷扇贝的精卵结合,并随着处理浓度的升高,卵子受精率下降,呈剂量-效应负相关性。苯对卵子受精率的抑制程度低于甲苯,3 种二甲苯和乙苯对卵子受精率的抑制程度无显著差异,均高于甲苯。

2.3 6 种苯系物对虾夷扇贝胚胎的毒性作用

6 种苯系物对虾夷扇贝胚胎的毒性主要表现为,导致胚胎发育的延迟或停滞,使胚胎的畸形率升高。0.5~12.5 mg·L⁻¹ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯处理后虾夷扇贝的胚胎延滞率显著升高,并随着处理浓度的升高,胚胎的延滞率增加(见图 3),呈剂量-效应正相关性。苯对胚胎延滞率的抑制作用低于甲苯,3 种二甲苯和乙苯对胚胎延滞率的抑制作用无显著差异,均高于甲苯。

0.5~12.5 mg·L⁻¹ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯处理后虾夷扇贝的胚胎畸形率显著升高(见图 4),并随着处理浓度的升高,胚胎畸形率显著增加,呈剂量-效应正相关性。苯对胚胎的致畸作用低于乙苯,乙苯低于甲苯,3 种二甲苯对胚胎的作用最高。

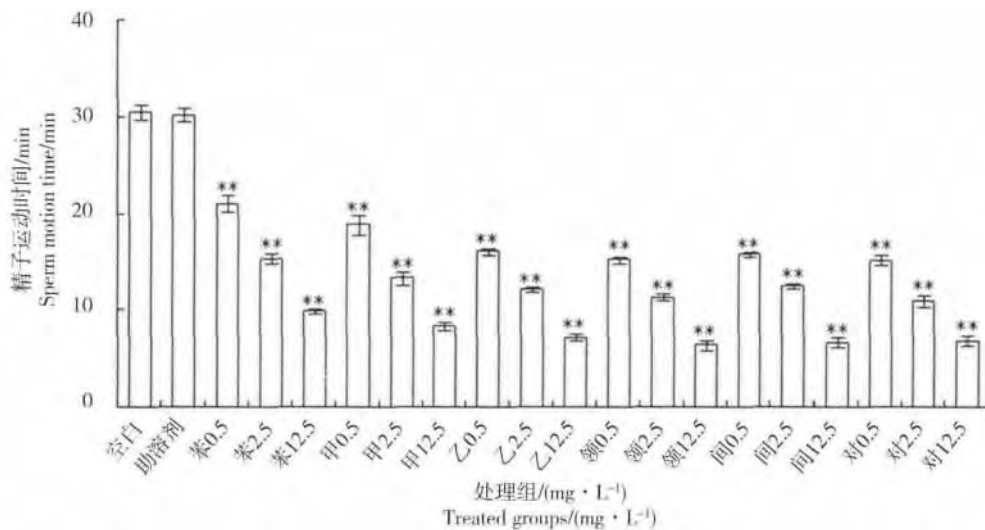


图 1 6 种苯系物对虾夷扇贝精子运动时间的影响

Fig. 1 The effects of six BTEXs on the spermatozoa motility of the *M. yessoensis*

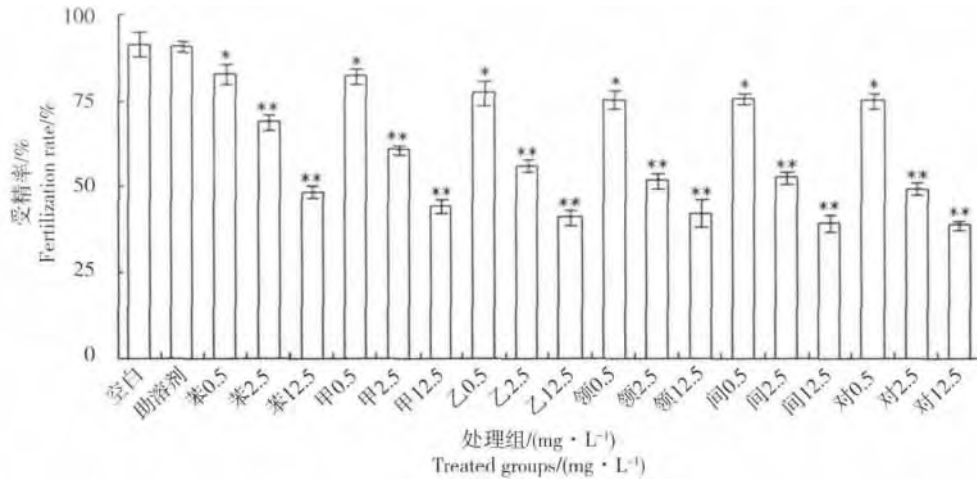


图2 6种苯系物对虾夷扇贝卵子受精率的影响

Fig. 2 The effects of six BTEXs on the fertilization rate of the *M. yessoensis* eggs

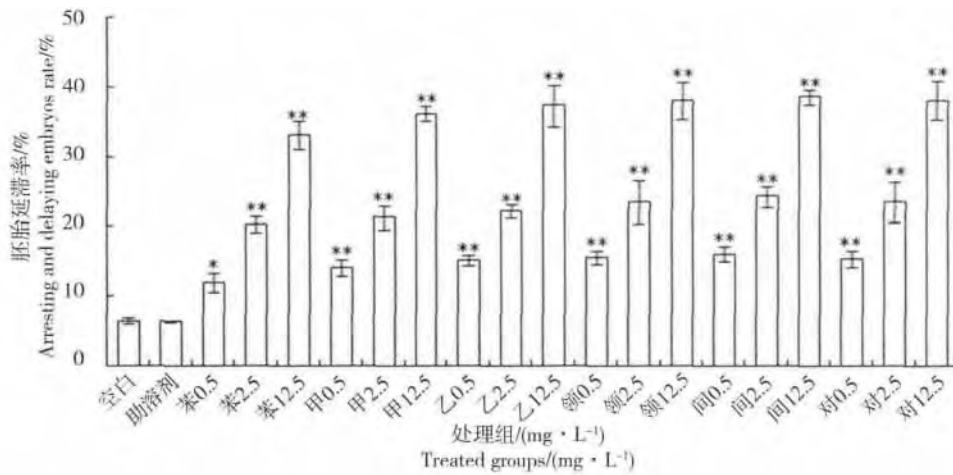


图3 6种苯系物对虾夷扇贝胚胎延滞率的影响

Fig. 3 The effects of six BTEXs on the rate of arresting and delaying embryos of the *M. yessoensis*

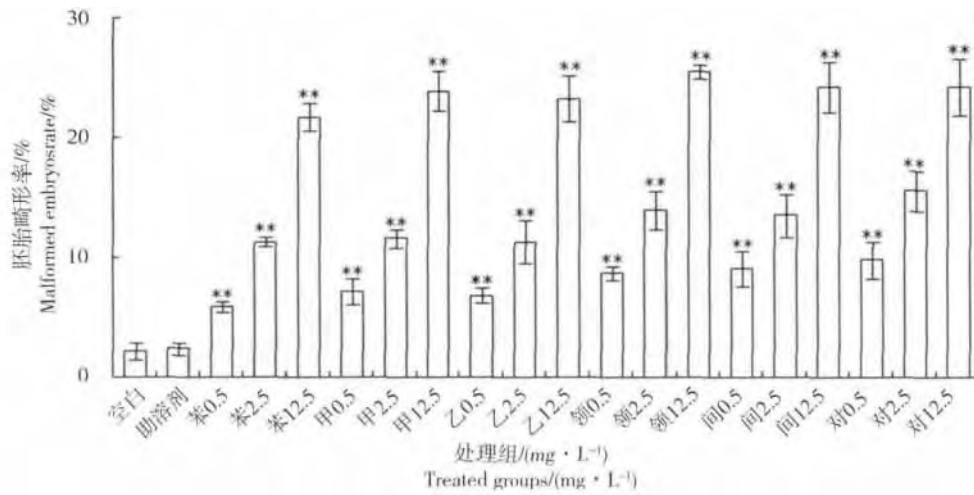


图4 6种苯系物对虾夷扇贝胚胎畸形率的影响

Fig. 4 The effects of six BTEXs on the malformation rate of *M. yessoensis* embryos

0.5 ~ 12.5 mg·L⁻¹ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯处理后虾夷扇贝的胚胎孵化率显著降低,并随着处理浓度的升高,胚胎孵化率逐渐降低(见图 5),呈剂量-效应负相关性。苯对胚胎孵化率的抑制作用低于乙苯和甲苯,3 种二甲苯对胚胎孵化率的抑制作用最强。

2.4 6 种苯系物对虾夷扇贝幼体的影响

0.5 ~ 12.5 mg·L⁻¹ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯处理后虾夷扇贝幼体畸形率显著上升,并随着处理浓度的升高,胚胎孵化率逐渐升高(见图 6),呈剂量-效应正相关性。6 种苯系物对虾夷扇贝幼体的致畸作用存在差异,苯致畸作用低于乙苯,乙苯致畸作用低于甲苯,3 种二甲苯致畸毒性最高。

2.5 6 种苯系物对虾夷扇贝精子超微结构的损伤

2.5 mg·L⁻¹ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯处理后,导致虾夷扇贝精子超微结构不同程度损伤(图 7)。对照组(图 7a) 虾夷扇贝精子成规则的子弹头形,细胞质膜完整清晰,线粒体对称分布,外膜完整,内嵴均匀分布结构完整,精子鞭毛横切面为“9+2”结构,由外周致密纤维和内部轴丝微管组成。2.5 mg·L⁻¹ 的苯(图 7b)、甲苯(图 7c)、乙基苯(图 7d)、邻-二甲苯(图 7e)、间-二甲苯(图 7f)、对-二甲苯(图 7g) 处理后,虾夷扇贝精子细胞质膜断裂、部分溶解(黑色箭头所示);线粒体内嵴断裂、部分溶解,外膜断裂部分溶解(白色箭头所示);鞭毛部分致密纤维溶解,轴丝微管溶解(黑色箭头所示)。

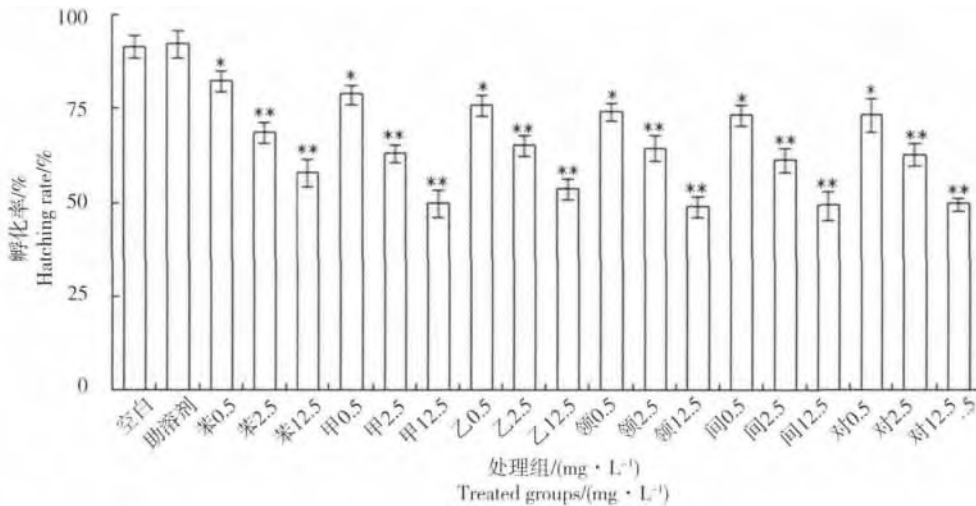


图 5 6 种苯系物对虾夷扇贝胚胎孵化率的影响

Fig. 5 The effects of six BTEXs on the hatching rate of the *M. yessoensis* embryos

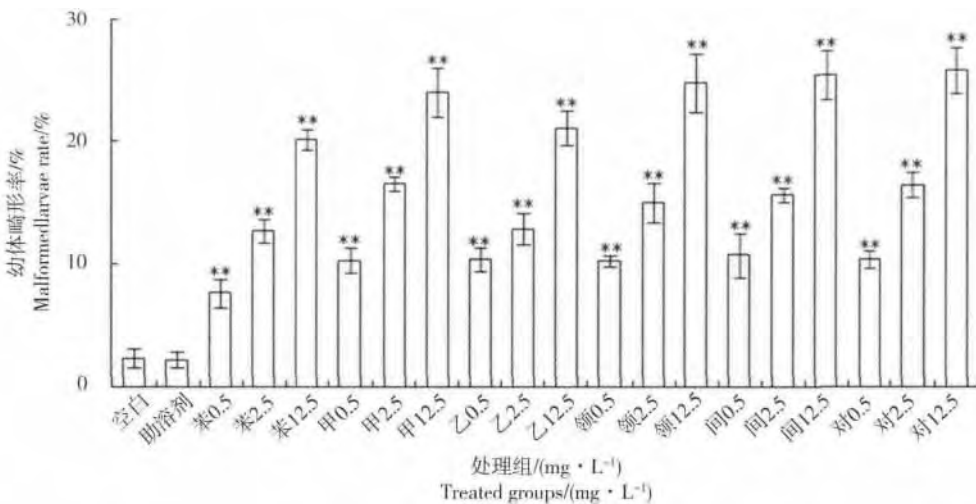


图 6 6 种苯系物对虾夷扇贝幼体畸形率的影响

Fig. 6 The effects of six BTEXs on malformation rate of the *M. yessoensis* larvae

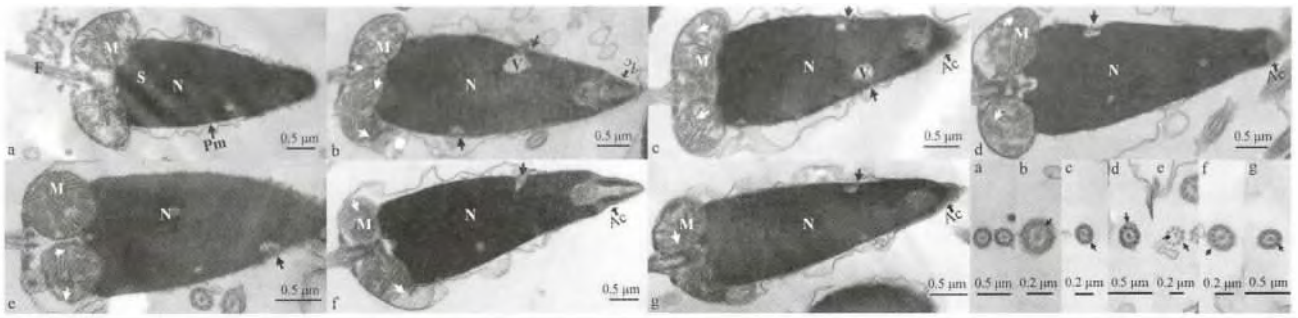


图8 苯系物对虾夷扇贝精子超微结构的损伤

注: a. 空白对照组; b. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 苯处理组; c. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 甲苯处理组; d. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙基苯处理组; e. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 邻-二甲苯处理组; f. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 间-二甲苯处理组; g. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 对-二甲苯处理组。Ac: 顶体; F: 鞭毛; M: 线粒体; N: 细胞核; Pm: 细胞质膜; S: 刻缺; V: 核泡。

Fig. 8 The damage of BTEX to ultrastructure of *M. yessoensis* sperm

Note: a. Control; b. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ benzene treatment; c. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ toluene treatment; d. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ethyl benzene treatment;

e. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ o-xylene treatment; f. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ m-xylene treatment; g. $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ p-xylene treatment.

Ac: Acrosome; F: Flagellum; M: Mitochondria; N: Nucleus; Pm: Plasma membrane; S: Sinking; V: Vesicle.

3 讨论 (Discussion)

苯、甲苯、乙基苯、二甲苯均具有很强的生物毒性。苯已确定为致癌物,可以导致白血病和淋巴瘤^[13],还具有致畸作用,引起染色体断裂和阻碍染色体分离^[14];甲苯具有神经毒性和致畸作用^[15];乙苯可以诱导细胞色素 P450 和细胞色素-c-还原酶系统,也是线粒体解偶联剂,长期的乙基苯处理,则会造成呼吸系统和肾脏损伤^[16-17];二甲苯对人的神经系统、肝脏和肾脏具有损伤作用^[17-18]。有关苯系物对海洋贝类的胚胎毒性和生殖毒性作用研究尚未见报道。胚胎和幼贝是贝类对环境污染最为敏感的时期^[6]。何盛毅等^[19]研究发现海洋酸化可影响马氏珠母贝 (*Pinctada martensii*) 胚胎和幼体的正常发育。栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 幼贝对汞、镉的毒性敏感^[12]。实验结果发现 $0.5 \sim 12.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯对虾夷扇贝的胚胎毒性作用表现为胚胎发育的延滞,胚胎的畸形率增加和胚胎孵化率降低,其中,高浓度组对虾夷扇贝的胚胎毒性作用极为显著。表明6种苯系物对虾夷扇贝具有较强的胚胎毒性作用。黄树辉等^[20]研究发现: $2.5 \sim 40.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的二甲苯导致斑马鱼 (*Brachydanio rerio*) 胚胎孵化率降低,胚胎死亡率升高,对斑马鱼胚胎具有致畸作用。本研究表明: $0.5 \sim 12.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯对虾夷扇贝的胚胎和幼体均具有致畸作用。

精子活力是衡量污染物生殖毒性的一个非常重

要指标^[21-22] $0.5 \sim 12.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯对虾夷扇贝的精子活力具有较强的抑制作用,并呈显著的剂量-效应关系。通过电镜观察 $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的苯、甲苯、乙基苯、邻-二甲苯、间-二甲苯、对-二甲苯对虾夷扇贝精子超微结构具有损伤作用,表现为精子质膜、线粒体内嵴和鞭毛超微结构的损伤。虾夷扇贝精子为原生型,由头部、中段和尾部组成,尾部鞭毛是精子重要的运动器官,中段的线粒体围绕中心粒,为精子运动提供能量^[23]。苯系物对线粒体和鞭毛的超微结构的破坏将直接影响精子的活力,可能影响精卵的结合过程^[7-8],实验结果证实:6种苯系物对虾夷扇贝的精卵结合具有较强的抑制作用。精子的质膜是保护精核的重要屏障,6种苯系物对精子质膜的破坏,可能影响精核遗传物质的稳定。Chen等^[14]研究发现苯、甲苯、乙基苯和二甲苯导致人淋巴细胞 DNA 损伤。6种苯系物对精子超微结构的损伤可能是影响胚胎和幼体发育的重要诱因之一。

苯系物对虾夷扇贝的生殖毒性、胚胎和幼体致畸作用的分子生物学机制尚有待于进一步研究。综上所述,可以获得以下结论:

(1) 6种苯系物对虾夷扇贝精子活力具有较强的抑制作用,随着处理浓度的增加抑制作用增强,呈显著的剂量-效应关系。可能与苯系物对精子超微结构损伤有关,苯系物造成精子质量的降低,可能影响虾夷扇贝的精卵结合,导致卵子受精率的降低。由此可见,系物对虾夷扇贝具有一定的生殖毒性作用;

(2) 6种苯系物对虾夷扇贝的胚胎具有较强的毒性作用,表现为胚胎发育的延滞,胚胎的畸形率增加和胚胎孵化率降低;

(3) 6种苯系物对虾夷扇贝的胚胎和幼体具有较强的致畸作用,随着处理浓度的增加,致畸作用增强,呈显著的剂量—效应关系。

致谢:感谢辽宁省海洋水产研究院的李石磊和鲍项渤在实验过程中的帮助和支持。

通讯作者简介:周遵春(1967—),男,海洋生物学博士,研究员,主要研究方向海洋生物学,发表学术论文80余篇。

参考文献:

- [1] 李学峰,周启星. BTEX的环境质量标准研究进展[J]. 生态学杂志,2011,30(2):369-375
Li X F, Zhou Q X. Environmental quality standard of BTEX: A review [J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(2): 369-375
- [2] 白红妍,韩彬,陈军辉,等. 静态顶空气相色谱—质谱联用法快速测定海水中13种苯系物[J]. 色谱,2012,30(5):474-479
Bai H Y, Han B, Chen J H, et al. Rapid determination of benzene series in seawater by gas chromatography—mass spectrometry with static headspace extraction [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2012, 30(5): 474-479
- [3] 吴金浩,王摆,王召会,等. 海水中痕量苯系物的吹扫捕集/气相色谱质谱联用测定[J]. 分析测试学报,2012,31(12):1531-1535
Wu J H, Wang B, Wang Z H, et al. Determination of BTEX in seawater by purge and trap gas chromatography—mass spectrometry [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2012, 31(12): 1531-1535
- [4] 吴金浩,王召会,王摆,等. 顶空固相微萃取—气相色谱—质谱联用法测定海洋沉积物中的苯系物[J]. 色谱,2013,31(12):1218-1223
Wu J H, Wang Z H, Wang B, et al. Determination of benzene series in marine sediment by headspace solid phase microextraction—gas chromatography—mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2013, 31(12): 1218-1223
- [5] 王萍,周启星. BTEX污染环境的修复机理与技术研究进展[J]. 生态学杂志,2009,28(2):329-334
Wang P, Zhou Q X. Research advances on remediation mechanisms and technologies of BTEX contaminated environment [J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(2): 329-334
- [6] Livingstone D R. Persistent pollutants in marine invertebrates [J]. Persistent Pollutants in Marine Ecosystems. Oxford: Pergamon, 1992, 1: 3-34
- [7] 王摆,汝少国,王蔚. 久效磷对细小色矛线虫胚胎发育和繁殖的影响[J]. 中国环境科学,2009,29(5):543-547
Wang B, Ru S G, Wang W. Effect of monocrotophos on embryonic development and reproduction of a marine nematode *Chromadorina germanica* [J]. China Environmental Science, 2009, 29(5): 543-547
- [8] 王摆,于喆,吕涵,等. 5种重金属对光棘球海胆胚胎的毒性作用[J]. 水产科学,2012,31(5):255-258
Wang B, Yu Z, Lv H, et al. Toxic effect of five heavy metals on embryo development of sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) [J]. Fishery Science, 2012, 31(5): 255-258
- [9] E 2455-06, ASTM. Internationals standard guide for conducting laboratory toxicity tests with freshwater mussels [S]. 2005
- [10] 张明明,赵文. 我国虾夷扇贝死亡原因的探讨及控制对策[J]. 中国水产,2008,2:65-66,74
- [11] 刘文新,邱炜珣,陈江麟. 近年渤海与黄海北部沿岸底栖贝类体内微污染物的分布特征[J]. 环境科学,2011,32(2):445-451
Liu W X, Qiu W X, Chen J L. Distribution characteristics of trace pollutants in benthic mussels from the coastal areas of Bohai Sea and North Yellow Sea [J]. Environmental Science, 2011, 32(2): 445-451
- [12] 王琳,潘鲁青,苗晶晶. 汞,镉和苯并[α]芘,多氯联苯对栉孔扇贝幼贝单一与联合毒性的研究[J]. 海洋环境科学,2010,29(4):535-540
Wang L, Pan L Q, Miao J J. Single and joint toxicity of mercury, cadmium and benzo[α] pyrene, polychlorinated biphenyls1254 for juvenile *Chlamys farreri* [J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(4): 535-540
- [13] Bird M G, Greim H, Snyder R, et al. International symposium: Recent advances in benzene toxicity [J]. Chemico—Biological Interactions, 2005, 153: 1-5
- [14] Chen C S, Hseu Y C, Liang S H, et al. Assessment of genotoxicity of methyl tert butyl ether, benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene to human lymphocytes using comet assay [J]. Journal of hazardous materials, 2008, 153(1): 351-356
- [15] Hammer K D. Metabolite ratio of toluene—exposed rotogravure printing plant workers reflects individual mutagenic risk by sister chromatid exchanges [J]. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 2002, 519(1): 171-177

- [16] NTP, National Toxicology Program. Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Ethylbenzene (Cas No. 100 41 4) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation studies), NIH Publication No. 99-3956 [R]. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health, Research Triangle Park, NC. NTP TR. 1999
- [17] ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Interaction Profile for: Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylenes (BTEX) [M]. Atlanta: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004
- [18] USEPA, US Environmental Protection Agency. Toxicological Review of Toluene (CAS No. 108 - 88 - 3) [M]. USEPA, Washington, EPA/635/R - 05/004, 2005
- [19] 何盛毅, 林传旭, 何毛贤, 等. 海洋酸化对马氏珠母贝胚胎和早期幼虫发育的影响 [J]. 生态学杂志, 2011, 30(4): 747 - 751
He S Y, Lin C X, He M X. Impacts of ocean acidification on the development of *Pinctada martensii* embryo and early larva [J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(4): 747 - 751
- [20] 黄树辉, 马建腾, 章尼娜, 等. 微囊藻毒素 - LR 和二甲苯对斑马鱼胚胎的毒性作用 [J]. 环境与健康杂志, 2013, 30(4): 308 - 311
Huang S H, Ma J T, Zhang N N, et al. Toxic effects of xylene and microcystin - LR on zebrafish embryos [J]. Journal of Environment and Health, 2013, 30(4): 308 - 311
- [21] 钱晓薇, 陈吉万, 黄南平. 化工厂废水对雄性小鼠生殖毒性的影响 [J]. 浙江大学学报(理学版), 2004, 31(3): 326 - 329
Qian X W, Chen J W, Huang N P. Studies on the reproductive toxicity of male mice induced by the waste water from chemical plants [J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2004, 31(3): 326 - 329
- [22] Hougaard K S, Jackson P, Kyjovska Z O, et al. Effects of lung exposure to carbon nanotubes on female fertility and pregnancy. A study in mice [J]. Reproductive Toxicology, 2013, 41: 86 - 97
- [23] 韩厚伟, 高悦勉, 刘春风, 等. 虾夷扇贝精子的超微结构 [J]. 动物学杂志, 2008, 43(1): 75 - 81
Han H W, Gao Y M, Liu C F, et al. Ultrastructure of the spermatozoon in *Patinopecten yessoensis* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2008, 43(1): 75 - 81 ◆

美国工业化学品风险研讨会概要发布

2014 年 10 月 13 日 来源: Chemical Watch 网站

在美国举行的一次关于确定和减少工业化学品构成的风险的研讨会的一份概要已由美国国家学术出版社出版。

这次题为"确定和减少我们社会中的化学品的环境卫生风险"的研讨会在 2013 年 11 月举行的一次为期两天的活动期间举行,研讨会包括发言和讨论。由这次研讨会的组织者美国医学会环境卫生科学、研究和医学圆桌会议发布的这份概要包括了关于下列方面的章节:

- 1) 当今社会中的化学品构成的挑战,以及应对风险的一般方法;
- 2) 应对工业化学品的现行规制方法;
- 3) 用于环境风险评价和暴露科学的模型;
- 4) 对化学物质确定进行风险评价和风险管理的优先次序的方法;
- 5) 减少我们社会中的化学物质的风险的当前努力。

讨论的化学物质是指那些在工业工艺或商用产品中使用的化学物质,不包括那些在食品、农药或药品中发现的化学物质。

引自《化学品安全信息周报》2014 年第 43 期总第 307 期(中国检验检疫科学研究院化学品安全研究所编译)

http://www.chinachemicals.org.cn/reported_detail.aspx?contentid=319&ClassID=230