

# 海水中总有机碳(TOC)对牙鲆铜、铅、镉吸收的影响

赵元凤<sup>1,2</sup>, 吕景才<sup>1,2</sup>, 吴益春<sup>2</sup>, 宋晓阳<sup>2</sup>, 王 凡<sup>2</sup>, 刘长发<sup>1,2</sup>, 邢殿楼<sup>2</sup>, 刘 靖<sup>2</sup>

(1. 农业部海洋水产增养殖学与生物技术重点开放实验室, 大连 116023; 2 大连水产学院生命科学与技术学院, 大连 116023)

**摘 要:** 该文研究了海水中 Cu、Pb、Cd 浓度分别为 0.5 mg/L 时, 总有机碳(TOC)浓度、种类对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) 内脏、肌肉、鳃组织 Cu、Pb、Cd 蓄积的影响。结果表明: 当海水 TOC 种类相同时, 随 TOC 浓度升高, 牙鲆内脏、肌肉、鳃组织 Cu、Pb、Cd 蓄积量均明显下降; 当海水 TOC 浓度相同时, 孔石莼分泌物比牙鲆分泌物更能降低牙鲆各组织 Cu、Pb、Cd 蓄积量。研究表明: 孔石莼、牙鲆分泌物均能降低 Cu、Pb、Cd 的生物有效性; TOC 浓度、种类变化对牙鲆各组织 Cu、Pb、Cd 蓄积分配均无影响, 重金属含量大小顺序均为: 内脏> 鳃> 肌肉。内脏、肌肉中 3 种重金属蓄积量大小顺序为 Cu> Pb> Cd; 鳃中 3 种重金属蓄积量顺序为 Pb> Cu> Cd。

**关键词:** 总有机碳(TOC); 牙鲆; 重金属; 蓄积量

中图分类号: X55; X52

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)03-0234-05

## 0 引言

随着沿海经济迅速发展和工业污水排放, 海洋受到不同程度的污染。重金属 Cu、Zn、Pb、Cd 污染是引起海洋生物死亡的一大原因<sup>[6,8]</sup>, 给沿海养殖业带来威胁。海水养殖产生的废物(粪便、残饵、分泌物)中存在可与重金属相互作用的活性介质, 影响对重金属的生物有效性(生物体吸收、蓄积重金属的能力)。重金属的毒性在更大程度上取决于其形态(如金属游离态、有机结合态、颗粒物的结合态等)分布。不同形态的迁移活性和生物有效性大不相同<sup>[1,2]</sup>。因此, 关于不同形态金属生物有效性及其影响因素的研究不仅具有重要理论意义, 而且是水环境质量基准研究以及建立合理水质标准的必要前提。

很多学者开展了这方面的研究工作, 梁涛等<sup>[3]</sup>研究了彩虹方头鱼对不同形态铜的积累特征; 龙爱民等<sup>[4]</sup>研究了几种络合态铜对彩虹方头鱼的生物有效性。Christine de Conto Cinier<sup>[8]</sup>研究了镉在鲤鱼组织内吸收排放动力学。关于海水中总有机碳(TOC)浓度对牙鲆体内 Cu、Pb、Cd 吸收、积累和分配规律及 TOC 浓度对 Cu、Pb、Cd 生物有效性影响研究国内外未见报道。本文对重金属 Cu、Pb、Cd 在牙鲆内脏、肌肉、鳃组织内吸收、积累规律及海水中 TOC 对牙鲆 Cu、Pb、Cd 吸收的生物有效性影响进行了研究。旨在为海洋污染的综合治理及生态风险评价提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂与仪器

浓硝酸、30% 过氧化氢、氢氧化钠、CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 均为优级纯; Metrohm 746 型极谱仪、SHMADZU 的 TOC-V cpH 总有机碳测定仪、MILLI-Q 高纯水设备、pHS-3CB 型酸度计、温度计、可调式恒温电热板、101C-1B 型电热鼓风干燥箱、微量进样器等。

### 1.2 试验用鱼

试验用牙鲆取自大连太平洋海珍品养殖场, 平均体长(4.77±0.98)cm, 平均体重(4.13±1.02)g, 试验前在天然海水中暂养 5 d, 使其尽量排尽体内粪便。为避免残饵和粪便对金属形态影响, 暂养及试验期间不投喂。试验期间水温(16.9±0.2)℃, 总碱度(2.54±0.17)mg/L, pH 值 8.29±0.17。

### 1.3 暴露试验

Cu、Pb、Cd 暴露试验: 均在 48L 玻璃缸中进行。铜暴露试验中设置 TOC 浓度不同的海水, 每缸 Cu<sup>2+</sup> 浓度均为 0.5 mg/L (见表 1); 铅暴露试验中设置 TOC 浓度不同的海水, 每缸 Pb<sup>2+</sup> 浓度均为 0.5 mg/L (见表 2); 镉暴露试验中设置 TOC 浓度不同的海水, 每缸 Cd<sup>2+</sup> 浓度均为 0.5 mg/L (见表 2)。每缸均放牙鲆 3 尾, 每组设一重复, 本文数据是两重复的平均值。试验期间连续 24 h 充气, 不换水, 每天监测水温、pH 值、碱度和 TOC。第 9 d 终止试验将鱼全部取出, 解剖取鱼鳃、内脏、肌肉组织, 经烘干、称重、消化、中和、定容后采用阳极溶出伏安法在 Metrohm 746 型极谱仪上测 Cu、Pb、Cd 含量。

### 1.4 样品的处理与测定

暴露试验结束将鱼全部取出, 用高纯水将鱼体冲洗干净后解剖取鳃、内脏、肌肉组织, 分别置于 50 mL 烧杯中, 称取湿重, 在 105℃ 下烘干 4~5 h 至样品恒重, 在分析天平上精确称取干重。按照《海洋监测规范》中样品消解的方法, 先用几滴水湿润, 加 2 mL 硝酸, 盖上表面皿于电热板上低温加热, 待泡沫基本消失后, 徐徐加入 1 mL 过氧化氢(30%), 于 160~200℃ 温度下蒸至近干, 分别补加 0.5 mL 硝酸和过氧化氢, 蒸至近干再重复一次, 用水洗净表面皿, 洗涤液并入消化液中, 移去表面皿, 继续蒸发, 移到电炉上(约 450℃)加热至不溶物呈白色(除尽有机物质)加入 2 mL 盐酸, 于高温电热板上蒸干, 取下冷却, 加入 1 mL 盐酸(HCl 和 H<sub>2</sub>O 体积比为 1:1)于电热板上微热浸取不溶物, 用 20% 氢氧化钠溶液中和后全量转移至 50 mL 容量瓶中, 再用高纯水定容。

收稿日期: 2003-09-09 修订日期: 2004-02-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30271029)

作者简介: 赵元凤(1954-), 女, 吉林人, 副教授, 从事渔业水环境研究。大连 农业部海洋水产增养殖学与生物技术重点开放实验室, 116023, Email: zhaoyuanfeng@dlfu.edu.cn

Cu、Pb、Cd 含量测定采用阳极溶出伏安法在 Metrohm 746 型极谱仪上进行, 在极谱仪电解池中加入 1 mL 3 mol · L<sup>-1</sup> KCl 溶液和 20 mL 消化液, 分别测定不同消化样品的金属浓度。试验所用玻璃器皿在使用前

均用 10% 硝酸浸泡 24 h 以上。曝气时间 300 s, 富集时间 120 s, 扫描电压范围为 1150~ 50 mV, 扫描速度 60 mV /s。

表 1 牙鲆铜暴露试验海水 pH 值、碱度和 TOC 浓度

Table 1 Concentration of TOC, pH value and alkaline degree for the copper exposure experiment

编号	海水 0	混合 1	混合 2	混合 3	混合 4	混合 5	鱼水 1#	鱼水 2#	藻水 1#	藻水 2#
温度/	16.9	16.9	17.0	16.9	16.8	16.9	16.7	16.9	17.1	16.9
pH 值	8.12	8.34	8.37	8.42	8.56	9.13	8.32	8.23	8.21	8.45
碱度/mg · L <sup>-1</sup>	2.365	2.436	2.565	2.564	2.637	2.791	2.512	2.489	2.654	2.448
平均 TOC 浓度/mg · L <sup>-1</sup>	1.830	4.070	5.400	7.570	9.050	14.29	3.890	4.380	4.470	5.130

表 2 牙鲆铅、镉暴露试验海水 pH 值、碱度和 TOC 浓度

Table 2 Concentration of TOC, pH value and alkaline degree for the lead and cadmium exposure experiment

编号	铅				镉			
	温度/	pH 值	碱度 /mg · L <sup>-1</sup>	平均 TOC 浓度 /mg · L <sup>-1</sup>	温度/	pH 值	碱度 /mg · L <sup>-1</sup>	平均 TOC 浓度 /mg · L <sup>-1</sup>
海水 0	16.9	8.07	2.542	1.550	16.9	7.98	2.463	1.957
混合 1	16.9	8.01	2.587	3.257	16.9	8.01	2.493	6.464
混合 2	16.7	7.77	2.588	5.403	16.7	8.02	2.563	7.568
混合 3	17.1	7.81	2.583	6.655	17.1	8.12	2.596	9.265
混合 4	17.5	8.19	2.678	10.57	17.2	8.10	2.637	13.48

注: 表 1、2 中海水 0 组为天然海水; 鱼水 1# 组、鱼水 2# 组所用水是通过将若干尾牙鲆放入盛天然海水的水槽中充气不换水养殖几天后获得的具有一定 TOC 浓度(富含牙鲆分泌物)的海水。藻水 1# 组、藻水 2# 组是养孔石莼所得 TOC 浓度较高的藻水(富含孔石莼分泌物), 其 TOC 浓度与养鱼水相近; 混合 1~ 5 组 TOC 浓度逐渐升高, 所用水是将养鱼水和养藻水按 1:1 比例混合后再用天然海水稀释成 TOC 浓度不同的海水。

### 1.5 数据处理与分析

重金属离子在鱼体组织中的浓度按下列公式计算

$$\text{鱼组织内金属离子浓度} = \frac{C \cdot 50}{W} \text{ (单位 mg/kg 干重)}$$

式中 C——极谱仪测得得浓度, mg/L; W——样品的干重(原单位为 g, 计算时换算为 kg · 10<sup>-3</sup>), 数据处理采用 Excel 7.0 版中的数据分析师软件进行统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 TOC 浓度对牙鲆组织 Cu、Pb、Cd 蓄积的影响

在 9 d 的 TOC 浓度对铜蓄积影响试验中, 各组铜浓度均为 0.5 mg/L。0~ 5 组配体种类相同, 随着 TOC 浓度增加, 牙鲆各组织中铜蓄积速率及蓄积量均明显下降(见表 3、图 1)。海水 0 组 TOC 浓度为 1.830 mg/L 最低, 其内脏团、鳃、肌肉组织 Cu 蓄积量分别为 689.6、80.65、65.52 (mg · kg<sup>-1</sup> 干重), 在 5 个试验组中是最高的; 混合 5 组 TOC 浓度为 14.29 mg/L 最高, 其内脏团、鳃、肌肉组织 Cu 蓄积量分别为 89.41、16.69、9.752 (mg · kg<sup>-1</sup> 干重), 在 5 个试验组中是最底的; Cu 在牙鲆 3 种组织蓄积大小顺序均为: 内脏团 > 鳃 > 肌肉, 说明 TOC 浓度变化对 Cu 在牙鲆 3 种组织中蓄积量分配无影响。

牙鲆各组织 Pb 蓄积量随 TOC 浓度增加均明显下降(见表 4、图 2)。TOC 浓度变化对 Pb 在 3 种组织蓄积分配无影响, 仍为: 内脏团 > 鳃 > 肌肉。

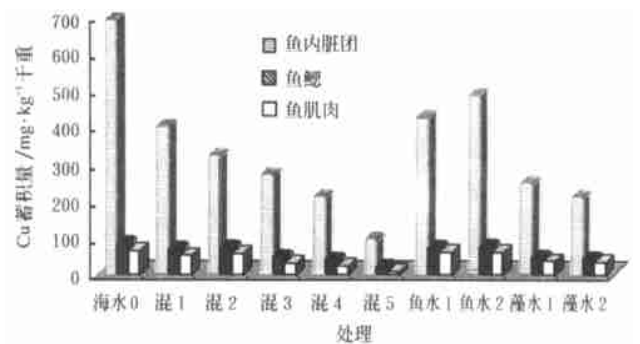


图 1 牙鲆各组织内 Cu 蓄积量

Fig. 1 Accumulation of copper in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

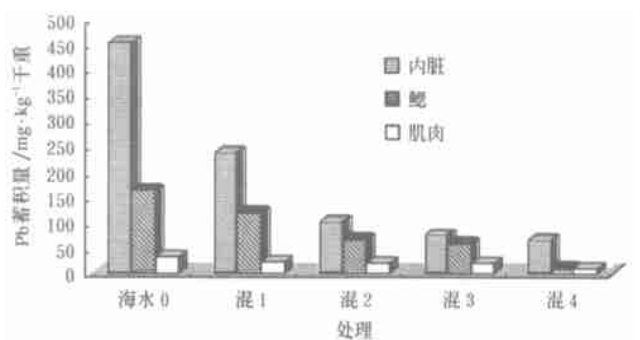


图 2 牙鲆各组织内 Pb 蓄积量

Fig. 2 Accumulation of lead in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

牙鲆各组织中 Cd 蓄积量随着 TOC 浓度增加均明显减少(见表 4, 图 3)。Cd 在 3 种组织中的蓄积量顺序不变, 仍为: 内脏团> 鳃> 肌肉。

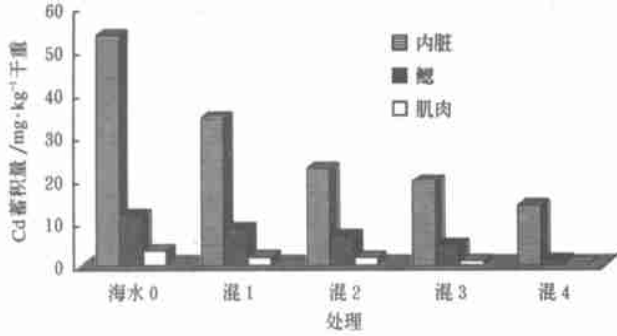


图 3 牙鲆各组织内 Cd 蓄积量

Fig 3 Accumulation of lead in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

龙爱民(2001)<sup>[4]</sup>研究了几种络合态 Cu 对彩虹方

头鱼的生物有效性, 认为: 络合态 Cu 能够被彩虹方头鱼吸收, 但吸收率低于同样条件下的游离态 Cu。梁涛<sup>[3]</sup>研究表明, 在 Cu 浓度均为 0.64 mg/L 的条件下, 随富里酸投放量的增加彩虹方头鱼鱼鳃和鱼体 Cu 蓄积量明显降低。

本试验结果与龙爱民<sup>[4]</sup>、梁涛<sup>[3]</sup>报道规律相一致。本文海水 0 组 TOC 浓度最低, 其游离态 Cu、Pb、Cd 含量最高, 鱼体内各组织 Cu、Pb、Cd 蓄积量也最高。表明海水中游离态 Cu、Pb、Cd 易被生物吸收蓄积, 其对鱼的毒性最强。随着 TOC 浓度增加, 海水中络合态 Cu、Pb、Cd 含量增加, 牙鲆内脏团、鳃、肌肉组织 Cu、Pb、Cd 蓄积量均明显减少, 表明 Cu、Pb、Cd 生物有效性下降。

此结果表明: 1) TOC (牙鲆、孔石莼混合分泌物) 能使进入水体的游离态 Cu、Pb、Cd 转化为较稳定的络合态, 而显著降低 Cu、Pb、Cd 的生物有效性; 2) TOC (牙鲆、孔石莼混合分泌物) 浓度变化不影响 Cu、Pb、Cd 分别在牙鲆各组织中的分配比。

表 3 TOC 浓度与牙鲆组织 Cu 蓄积量

Table 3 Concentration of TOC and accumulation of copper in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

编号	海水 0	混合 1	混合 2	混合 3	混合 4	混合 5	鱼水 1#	鱼水 2#	藻水 1#	藻水 2#
TOC 浓度	1.830	4.070	5.400	7.570	9.050	14.29	3.890	4.380	4.470	5.130
内脏	689.6	398.7	317.4	265.3	205.9	89.41	423.6	485.4	246.0	207.5
鳃	80.65	66.32	69.65	43.65	38.69	16.69	68.98	72.45	45.64	39.56
肌肉	65.52	52.50	56.84	30.86	21.89	9.752	62.48	63.10	36.98	32.89

注: TOC 浓度(mg/L); 牙鲆各组织 Cu 含量(mg/kg 干重)。

表 4 TOC 浓度与牙鲆 Pb、Cd 蓄积量

Table 4 Concentration of TOC and accumulation of lead and cadmium in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

编号	平均 TOC 浓度	Pb 蓄积量			平均 TOC 浓度	Cd 蓄积量		
		内脏	鳃	肌肉		内脏	鳃	肌肉
海水 0	1.550	453.0	163.2	32.43	1.957	53.31	11.60	3.266
混合 1	3.257	235.6	117.6	22.95	6.464	34.13	8.428	1.985
混合 2	5.403	100.1	63.88	20.21	7.568	22.32	6.796	1.655
混合 3	6.655	73.46	56.35	19.26	9.265	19.19	4.745	0.8749
混合 4	10.57	64.32	9.72	9.32	13.483	13.86	1.087	0.5236

注: TOC 浓度(mg/L); 牙鲆组织 Pb、Cd 含量(mg/kg 干重)。

2.2 TOC 种类对牙鲆组织 Cu 蓄积的影响

图 1 中鱼水 1#、2# 组和藻水 1#、藻水 2# 组及混合 1 组的 TOC 浓度相近, 但 5 组海水配体种类(有机碳的形态)不同。鱼水 1# 组、2# 组中配体主要是牙鲆分泌物; 藻水 1# 组、藻水 2# 组配体主要是孔石莼分泌物; 而混合 1 组中配体是牙鲆分泌物与孔石莼分泌物的混合物, 比较各试验组牙鲆内脏团、鳃、肌肉中 Cu 蓄积量, 其顺序均为: 鱼水组> 混合 1 组> 藻水组。这说明 3 种海水对 Cu 的络合能力不同, 孔石莼分泌物对 Cu 的络合能力>> 牙鲆分泌物对 Cu 的络合能力, 即孔石莼分泌物比牙鲆分泌物更能降低 Cu 的生物有效性。其络合能力顺序应为: 鱼水< 混合 1< 藻水。

图 1 中的海水 0 组牙鲆组织内铜蓄积量最高, 这说明牙鲆、孔石莼分泌物均能降低铜的生物有效性。但牙

鲆分泌物的生物有效性>> 孔石莼分泌物。

2.3 Cu、Pb、Cd 在牙鲆体内的蓄积分布规律

由表 3、4 可见, 内脏团中 Cu、Pb、Cd 蓄积量均最高, 各浓度组中重金属在鱼体各组织中蓄积量顺序均为: 内脏团> 鳃> 肌肉。内脏团成为鱼体蓄积重金属的主要部位与肝的解毒作用和肾的排泄作用有关, 重金属进入体内后在肝、肾等组织内可诱导产生大量束缚重金属的金属硫蛋白(MT), 使肝、肾成为鱼体蓄积重金属的主要部位<sup>[5,6]</sup>。MT 的主要生物学功能是调节鱼体内自由金属离子的浓度, 进入鱼体内的多余重金属离子将与 MT 结合在体内被储存起来。因此, 使内脏团重金属蓄积量最大。鳃中蓄积量大于肌肉, 可能与鳃的特殊结构利于水中离子穿过, 鳃成为鱼体直接从水中吸收重金属的主要部位<sup>[7]</sup>有关。相比之下, 肌肉对重金属的亲和

性远比上述器官、组织弱,所以在肌肉内的蓄积量最低。刘长发等<sup>[9]</sup>研究了Cu和Pd在污水鱼塘中鱼体内的蓄积,发现Cu和Pd在鲤鱼、鲫鱼组织的蓄积量顺序均为肝、肾>鳃>肌肉,这与本文持续9d的不同TOC浓度暴露试验后Cu、Pb、Cd3种重金属在鱼体各组织中蓄积量顺序(内脏团>鳃>肌肉)相一致。

比较3种重金属在牙鲆体内蓄积量表明,在海水Cu、Pb、Cd浓度均为0.5mg/L的条件下,牙鲆内脏团和肌肉中3种重金属的蓄积量顺序为Cu>Pb>Cd;鳃中3种重金属蓄积量顺序为Pb>Cu>Cd(见表3、4),表明鳃对铅的亲和力更强。

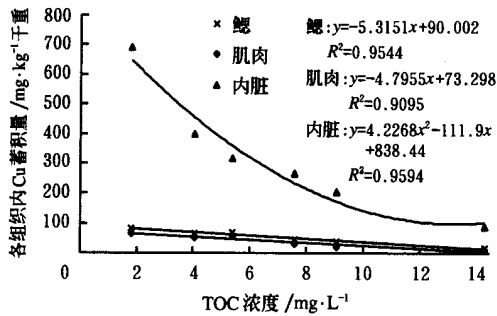


图 4 TOC 浓度与牙鲆各组织内 Cu 蓄积量关系  
Fig 4 Relationship between concentration of TOC and accumulation of copper in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

国家食品卫生标准<sup>[7]</sup>中有关水产品的Cu、Pb、Cd标准分别为(50、0.5、0.2mg/kg湿重)。在本试验Cu、Pb、Cd浓度均为0.5mg/L的条件下,海水0组TOC浓度为1.830mg/L时,牙鲆肌肉中Cu蓄积量19.63mg/kg湿重;混合5组TOC浓度为14.29mg/L时,牙鲆肌肉中Cu蓄积量为3.18mg/kg湿重,虽均未超标,但前者肌肉铜蓄积量是后者的6.2倍。

海水0组TOC浓度为1.55mg/L时,牙鲆肌肉中Pb蓄积量(4.58mg/kg湿重)超标8.2倍;混合4组TOC浓度为10.57mg/L时,牙鲆肌肉中Pb蓄积量(0.90mg/kg湿重)仅超标0.8倍。

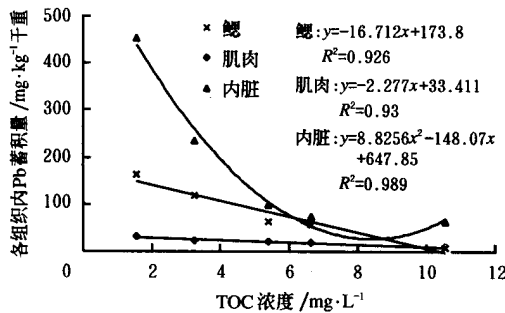


图 5 TOC 浓度与 Pb 在牙鲆各组织内蓄积量的关系  
Fig 5 Relationship between concentration of TOC and accumulation of lead in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

海水0组TOC浓度为1.957mg/L时,牙鲆肌肉中Cd蓄积量(0.4837mg/kg湿重)超标2.4倍;混合4

组TOC浓度为13.483mg/L时,牙鲆肌肉中Cd蓄积量(0.03826mg/kg湿重)远低于人体消费标准;这表明,对海洋重金属污染进行生态风险评价时,不能只看海水中重金属的浓度,TOC浓度也是评价海洋重金属污染不可缺少的一个重要指标。

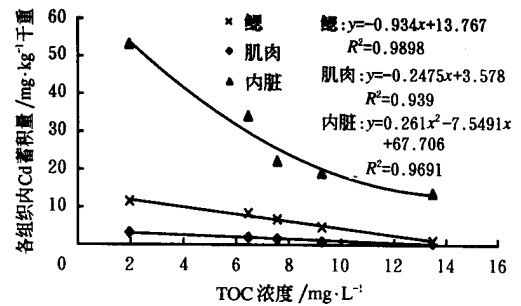


图 6 TOC 浓度与牙鲆各组织内 Cd 蓄积量的关系  
Fig 6 Relationship between concentration of TOC and accumulation of cadmium in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

由图4、5、6可见,重金属Cu、Pb、Cd在牙鲆鳃、肌肉、内脏组织的蓄积量均与海水TOC浓度呈显著的负相关关系。为此,建议对海洋重金属污染进行生态风险评价时,要在测定出海水中重金属的浓度的同时,测定出海水TOC浓度,然后依据重金属在鱼体蓄积量与海水TOC浓度相关方程计算评价海洋重金属污染状况,并据此对生态风险做出评价。

### 3 结 论

1) 在Cu、Pb、Cd浓度均为0.5mg/L的试验条件下,当海水中配体种类相同时,随着TOC浓度升高,Cu、Pb、Cd对牙鲆的生物有效性降低。

2) 当TOC浓度相同时,牙鲆、孔石莼分泌物均能降低Cu的生物有效性。但孔石莼分泌物比牙鲆分泌物更能降低Cu的生物有效性。

3) TOC浓度变化不影响Cu、Pb、Cd分别在牙鲆各组织的分配比,Cu、Pb、Cd在牙鲆各组织内分布蓄积大小顺序为:内脏>鳃>肌肉。

4) 在海水Cu、Pb、Cd浓度均为0.5mg/L的条件下,牙鲆内脏团和肌肉中3种重金属的蓄积量大小顺序为Cu>Pb>Cd;鳃中3种重金属蓄积量大小顺序为Pb>Cu>Cd。

### [参 考 文 献]

[1] Newman M C, Jagoe C H. Ligands and the bioavailability of metals in aquatic environments[M]. In Hamelink J L, Landrum P F, Bergman H L, et al. Bioavailability: Physical, Chemical, and Biological Interactions. Lewis Publ., 1994, Boca Raton, Florida pp. 39- 62.

[2] Tao S, Liang T. Long-term monitoring of bioavailable copper in the aquatic environment using a resin-filled dialysis membrane[J]. Bull Environ Contam. Toxicol 58, 712- 719(1997).

[3] 梁涛,陶澍,林健枝. 鱼体和鱼鳃对不同形态铜、铅、镉

- 的积累特征[J] 生态学报, 1999, 19(5): 673- 676
- [4] 龙爱民, 陶 澍, 潘 波, 等. 几种络合态铜对彩虹方头鱼的生物有效性[J] 环境化学, 2001, 20(4) 320- 325
- [5] 王海黎, 陶 澍. 生物标志物在水环境研究中的应用[J] 中国环境科学, 1999, 19(5): 421- 426
- [6] Allen P. Soft-tissue accumulation of lead in the blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner), and the modifying effects of cadmium and mercury[J] Biological Trace Element Research, 1995, 50(3): 193- 208
- [7] 中国预防医学科学院标准处. GB 15199-94 食品卫生国家标准汇编(4) [R] 北京: 中国标准出版社, 1997. 111
- [8] Christine de Conto Cinier. Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues[J] Comparative Biochemistry and Physiology Part C 122 (1999) 345- 352
- [9] 刘长发, 陶 澍, 曹 军, 等. 铜和铅在污水鱼塘中鱼体内的蓄积[J] 环境科学研究, 1999, 12(4): 57- 60

## Effects of total organic carbon in the seawater on the accumulation of copper, lead and cadmium in the tissues of *Paralichthys olivaceus*

Zhao Yuanfeng<sup>1,2</sup>, Lü Jingcai<sup>1,2</sup>, Wu Yichun<sup>2</sup>, Song Xiaoyang<sup>2</sup>,  
Wang Fan<sup>2</sup>, Liu Changfa<sup>1,2</sup>, Xing Dianlou<sup>2</sup>, Liu Jing<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Mariculture and Biotechnology, Ministry of Agriculture, Dalian 116023, China;

2 College of Life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

**Abstract:** Effects of species and concentration of total organic carbon (TOC) in the seawater on the accumulation of copper, lead and cadmium in visceral mass, muscle and gills of *Paralichthys olivaceus* when the copper, lead and cadmium concentrations were maintained at 0.5 mg/L, respectively were studied. It was demonstrated that when the species was same, the copper accumulation reduced significantly with the increase of TOC's concentration; when the concentration of TOC was same, *Ulva pertusa* excretion could reduce the copper accumulation more than *Paralichthys olivaceus*. It was demonstrated that all the excretions of *Ulva pertusa* and *Paralichthys olivaceus* complexed with copper, lead and cadmium, respectively were not well available for fish uptake; the species and concentration of TOC in the seawater could not affect the accumulation order in the tissues of *Paralichthys olivaceus*, the accumulation order of heavy metals in the fish tissues was visceral mass > gills > muscle. The accumulation order of three heavy metals in the tissues of visceral mass and muscle was Cu > Pb > Cd; The accumulation order of three heavy metals in the tissues of gills was Pb > Cu > Cd.

**Key words:** total organic carbon (TOC); *Paralichthys olivaceus*; heavy metal; accumulation