

# 不同生长期翡翠贻贝 (*Perna viridis*) 体内多环芳烃富集的组织特异性研究\*

王淑红<sup>1,2</sup>, 王新红<sup>1</sup>, 洪华生<sup>1</sup>

(1. 厦门大学 教育部海洋环境科学重点实验室, 环境科学研究中心, 福建 厦门 361005; 2. 集美大学 水产学院, 水产生物技术研究所, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 采用 GC/MS 测定了福建集美养殖区非繁殖期翡翠贻贝 (*Perna viridis*) 体内的 16 种多环芳烃 (PAHs), 分析了不同生长期 (个体大小不同) 翡翠贻贝不同组织中 PAHs 的蓄积特征。结果表明, 翡翠贻贝对 PAHs 的蓄积量 (PAHs) 为短生长期 > 中生长期 > 长生长期; 外套膜 > 内脏团, 鳃组织中 PAHs 波动较大。贻贝易蓄积低环低分子量的 PAHs, 且随个体增大, 各组织中低分子量的 PAHs 含量逐渐降低, 高分子量的略有增加。

**关键词:** 翡翠贻贝; 多环芳烃; 组成

**中图分类号:** O625.14; S944.3; S954.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6336(2005)03-0029-04

## Specific characteristic of tissue bioaccumulation of PAHs in green lipped mussels (*Perna Viridis*) at different growth stages

WANG Shu hong<sup>1,2</sup>, WANG Xin hong<sup>1</sup>, HONG Hua sheng<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory for Marine Environmental Science of Ministry of Education, Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. Fishery College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** The composition and content of PAHs in different tissues and growth stages (different size) of mussels were studied. Sixteen polycyclic aromatic hydrocarbons in green mussels (*Perna Viridis*) were detected. The results showed that the some of PAHs (PAHs) in green mussels significantly affected on the growth rate (mussels size) and type of tissues: small mussels > middle mussels > big mussels; mantle > visceral mass, while the content of PAHs in gill varied widely. Mussels easier concentrate the low molecular weight of PAHs. With mussels growing, the contents of the low molecular weight of PAHs were decreased, while the contents of the high molecular weight of PAHs were increased slightly.

**Key words:** *Perna viridis*; polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs); bioaccumulation

多环芳烃 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) 易在生物体内富集且某些组分对人体和生物具有较强的致癌和致突变作用, 严重影响了人类健康和生态环境<sup>[1]</sup>。由于化学性质稳定, 不易降解, 因此为环境监测提供了有利的条件。贻贝营附着生活, 通过过滤大量的海水摄取食物, 也因此使海水中的可溶态和颗粒态有毒有机物易于在体内累积<sup>[2]</sup>。Farrington 等指出贻贝参与多环芳烃代谢的酶系统不能完全代谢多环芳烃, 导致其

在体内蓄积, 这使得贻贝很适合作为 PAHs 污染的指示生物<sup>[3]</sup>。据研究, 贻贝体内污染物含量与其生活环境中污染物的浓度具有相关性, 因此其组织内的污染物浓度可反映出环境污染状况<sup>[4,5]</sup>。国内外有关双壳类体内 PAHs 的研究时有报道, 但大多采用荧光或紫外分光光度法测定总量, 采用气相色谱/质谱联用技术 (GC/MS) 分析测定海洋贝类 PAHs 的报道较少。本论文采用 GC/MS 分析测定了 PAHs 在厦门邻近海域养殖

\* 收稿日期: 2004-06-01, 修订日期: 2004-08-17

基金项目: 国家自然科学基金 (40106012; 20077023); 福建省教育委员会基金 (K20100)。

作者简介: 王淑红 (1969-), 女, 天津蓟县人, 讲师, 博士, 研究方向为海洋生态毒理学。

区不同大小翡翠贻贝不同组织中的组成与含量,以了解生长时间及不同组织对 PAHs 蓄积的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

不同生长期的翡翠贻贝 (*Perna viridis*) 采自厦门市集美养殖区,按个体大小分为 3 组,每组 20 个样品。大、中、小个体组贻贝平均壳长分别为 (10.5 ± 0.50) cm、(9.0 ± 0.28) cm 和 (7.9 ± 0.20) cm,方差分析表明 3 组贻贝壳长差异均显著 ( $P < 0.05$ )。各组分别取出 10 个 (大、中、小各半) 贻贝,将其解剖取出整个软体组织,另外 10 个 (大、中、小各半) 分别取出鳃、内脏团和外套膜。将样品放在液氮中保存送至实验室。

### 1.2 样品分析方法

试剂处理:石油醚、无水乙醇、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{CHCl}_3$  等溶剂均经重蒸;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  (中性) 450 烘 4 h;硅胶 170 过夜。

样品处理:将冷冻贻贝解冻,分别取所需分析部分匀浆,称取 5 ~ 10 g 的样品,加入无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  干燥、研磨,然后将样品放入锥形瓶中,加入 100 mL  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  和 10  $\mu\text{L}$  PAHs 内标 (40  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ),超声萃取 15 min,取出萃取液,再分别加入  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  50 mL 萃取 2 次,最后将 3 次萃取液合并,用高纯  $\text{N}_2$  吹干后立即用 1 mL 石油醚溶解,用  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -硅胶柱分离。柱长 30 cm,内径 0.9 cm。柱下端装去活化硅胶 3 g,上端装  $\text{Al}_2\text{O}_3$  2 g,无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1 g。首先用石油醚清洗柱子,然后移入样品,用石油醚淋洗得到正烷烃;用石油醚- $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (1:2) 淋洗得到 PAHs。

空白实验:为了校正样品在处理和分析过程中的误差,通过运行空白样来建立基线。加标后的空白样以与样品相同流程处理。

仪器分析:将 PAHs 组分浓缩至 100  $\mu\text{L}$ 。自动进样 1  $\mu\text{L}$ 。样品分析用 HP6890 pLus GC-5973 MS。色谱柱为 HP-5MS 30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ 。载气为高纯 He,流速为 1 mL/min。进样口温度:250 ;检测器温度:280 ;离子源温度:230 ;电子轰击能量:70 eV;升温程序:初温为 70 ,保持 1 min 后以 10 /min 速率升至 120 ,再以 4 /min 速率升至 300 ,保持 10 min。16 种 PAHs 的标准化合物 (SUPECOTOL PAHs

Mix, Cat No. 4s 8905) 用以定量样品的 PAHs。选择的内标为 苊-d10,菲-d10 和 蒽-d10。16 种 PAHs 的含量以内标法计算。16 种 PAHs 中,萘、苊烯、苊和芴用第一种内标 (苊-d10) 定量分析;菲、蒽、芘和荧蒽用第二种内标 (菲-d10) 定量分析;其他 PAHs 用第三种内标 (蒽-d10) 定量分析<sup>[6]</sup>。本方法检测限为  $0.01 \times 10^{-9}$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同大小翡翠贻贝整体软组织中 PAHs 的含量

用上述方法测定了不同个体软组织中的 PAHs 含量,结果列入表 1。

表 1 三组贻贝整体软组织中多环芳烃的含量

Tab. 1 The concentration of PAHs in soft tissues of *P. viridis*

组分	w/ $\times 10^{-9}$ w. w.		
	大个体	中个体	小个体
萘	0.7	7.2	5.2
苊烯	0.3	2.7	2.6
苊	1.1	9.1	9.0
芴	2.5	32.3	23.5
菲	5.1	7.3	47.6
蒽	0.6	3.0	15.2
荧蒽	0.9	6.2	6.7
芘	0.9	5.7	4.7
苯并(a)蒽	b. d	23.6	6.4
	1.8	0.3	6.7
苯并(b)荧蒽	b. d	b. d	2.8
苯并(k)荧蒽	0.5	0.9	1.4
苯并(a)芘	0.5	b. d	b. d
吖啶(1,2,3-cd)芘	b. d	b. d	b. d
二苯并(a,h)蒽	b. d	b. d	17.1
苯并(ghi)	b. d	b. d	b. d
PAHs	15.1	98.4	149.1

注:b. d 低于检测限

由表 1 可见,贻贝整体软组织中 PAHs 的含量为 ( $< 0.01 \sim 32.26$ )  $\times 10^{-9}$  湿重。3 组贻贝体内 PAHs 的总量 (PAHs) 呈小个体  $>$  中个体  $>$  大个体的趋势,小个体中 PAHs 的总量约为中个体的 1.5 倍,为大个体的 10 倍。说明个体大小影响 PAHs 在贻贝体内的蓄积。对于个体大小不同的贻贝体内 PAHs 的量不同,主要原因可能与其生活时间长短有关。一般来说,个体大,生活时间较长,因适应周围环境而逐渐增强了抗污染能力,同时可能与周围水体中 PAHs 达到一种动态平衡,此外,贻贝在生长繁殖时,因细胞分裂身体增大,也会对污染物产生一种相对稀释作用<sup>[7]</sup>,这导致大个体贻贝比小个体的蓄积 PAHs 的量低。

PAHs 按其物化性质可分为两类:一类为带有 2~3 个苯环的低分子量的芳烃,这些化合物易挥发,水中溶解度大,对水生生物有一定毒性;第二类为带有 4~7 个苯环的高分子量芳烃,这些化合物沸点高,水溶性较低,致癌和致突变作用较强<sup>[1]</sup>。PAHs 性质不同是导致其在贻贝体内含量的不同的一个重要原因。由图 1 可以看出,贻贝体内蓄积的 PAHs 以 3 环低分子量的为主,4 环以上高分子量的含量较低,且随个体增大,3 环优势逐渐减弱,而高分子量的 PAHs 含量所占的比例略有增加。这种趋势可能还与贻贝的摄食方式有关。贻贝通过滤水来摄取饵料,分子量低的 PAHs 水溶性较大,水体中浓度较高,而分子量高的则易吸附于颗粒物上<sup>[8,9]</sup>,因此无论 PAHs 分子大小均有机会进入体内。但分子量低易穿过细胞膜进入组织内,而分子量高的则很难进入,但一

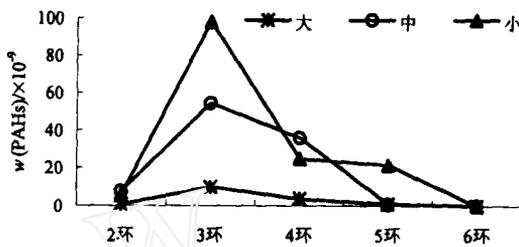


图 1 翡翠贻贝整体软组织中多环芳烃的组成

Fig. 1 Composition of PAHs in soft tissues of *P. viridis*

注: 2 环-萘; 3 环-芴烯、芴、芴、菲、蒽; 4 环-荧蒽、芘、苯并(a)蒽、; 5 环-苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽; 6 环-吡啶(1,2,3-cd)芘、苯并(ghi)

旦进入后很难被释放或代谢<sup>[1,9]</sup>,导致其在体内积累,所以大个体由于生活时间长,体内高分子量的 PAHs 所占比例略有增加。

2.2 翡翠贻贝各组织中 PAHs 的含量

由表 2 中数据可知,3 组贻贝蓄积 PAHs 的量外套膜基本高于内脏团,鳃中含量波动较大。外套膜、内脏团和鳃的 PAHs 均以 3 环为主,4 环以上含量较低;鳃中高分子量 PAHs 含量相对较高,基本与低分子量的处于同一水平(图 2a, b, c)。贻贝通过过滤海水摄食,其过程为:水流首先通过鳃的过滤,最大的颗粒沉淀在外套膜上,较小的颗粒继续前进,再经唇瓣的选择,较大的颗粒落下被转运到外套膜,大小适宜的颗粒进入消化器官<sup>[10,11]</sup>。随水流进入可能是污染物质进入组织中的主要途径,溶解于水中或已吸附在悬浮颗粒物上的 PAHs 均有可能进入组织中。由于不同组织的生化组成和生理特性各不相同,导致各组织中 PAHs 含量不同。鳃组织被一层分裂的上皮细胞所覆盖,极易与散布在水体里的毒性物质接触,同时又能较大面积的迅速使毒物通过紧贴在上皮下方的内部组织吸收和扩散<sup>[12]</sup>,因此鳃中 PAHs 含量波动较大;内脏团与其他组织相比,存在着大量的酶,可将 PAHs 代谢为含有取代基的化合物,所以其 PAHs 母体含量较低;进入外套膜中 PAHs 的排出则主要是通过血细胞渗出和分泌贝壳进行的<sup>[9]</sup>,这种作用相对于酶的作用来说较弱,导致 PAHs 在外套膜蓄积较多。

表 2 翡翠贻贝各组织 PAHs 含量

Tab. 2 The concentration of PAHs in different tissues of *P. viridis*

组分	w/ ×10 <sup>-9</sup> w. w.							
	大个体			中个体			小个体	
	鳃	外套膜	内脏团	鳃	外套膜	内脏团	外套膜	内脏团
萘	5.3	5.0	13.1	1.4	17.8	23.5	7.6	2.1
芴烯	1.9	b. d	0.8	0.4	1.5	3.0	2.3	2.6
芴	6.7	b. d	3.7	0.4	32.0	11.9	14.1	14.4
芴	6.3	b. d	2.0	0.9	15.8	18.9	16.1	7.4
菲	b. d	b. d	b. d	0.9	3.6	3.6	49.4	b. d
蒽	b. d	b. d	b. d	b. d	0.7	0.4	14.1	7.6
荧蒽	6.2	b. d	5.0	1.2	1.0	2.4	7.4	3.0
芘	5.9	78.7	4.5	1.1	1.8	2.6	7.4	2.9
苯并(a)蒽	b. d	158.2	b. d	b. d				
	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d
苯并(b)荧蒽	12.7	b. d	4.0	0.9	b. d	b. d	b. d	1.0
苯并(k)荧蒽	b. d	15.0	b. d	b. d	b. d	b. d	4.2	b. d
苯并(a)芘	0.5	b. d	b. d	0.6	b. d	b. d	3.2	b. d
二苯并(a,h)蒽	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d
苯并(ghi)	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	1.9
吡啶(1,2,3-cd)芘	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d	b. d
PAHs	45.6	256.9	33.1	7.9	74.3	66.3	125.8	43.1

注: b. d 低于检测限

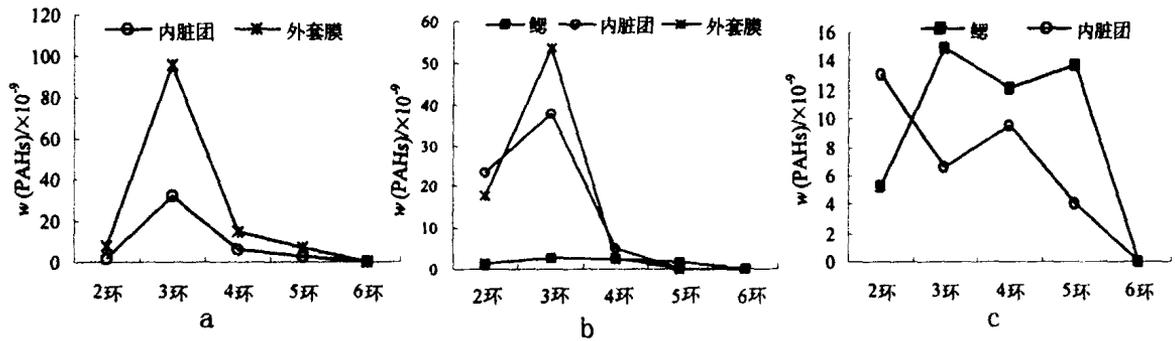


图2 翡翠贻贝不同组织中 PAHs 的组成

Fig. 2 Composition of PAHs in different tissues of *P. viridis*

a:小个体 b:中个体 c:大个体

### 3 结 论

(1) 翡翠贻贝对不同生长期(个体大小不同)对 PAHs 蓄积量有一定的差异:短生长期 > 中生长期 > 长生长期。

(2) 翡翠贻贝不同组织中 PAHs 蓄积量有所不同:外套膜 > 内脏团,鳃组织中 PAHs 波动较大。

(3) 翡翠贻贝易蓄积低环低分子量的 PAHs, 且随个体增大,各组织中低分子量的 PAHs 含量逐渐降低,高分子量的略有增加。

#### 参考文献:

- [1] 赵云英,马永安.天然环境中多环芳烃的迁移转化及其对生态环境的影响[J]. 海洋环境科学,1998,17(2): 68-72.
- [2] KIT G, HENRIK S N. Hydrocarbons and organochlorines in common mussels from the Kattegat and the Belts and their relation to condition indices [J]. Marine Pollution Bulletin, 1995, 30(1): 74-82.
- [3] FARRINGTON J W, DAVIS A C, FREW N M, *et al.*, No. 2 fuel oil compounds in *Mytilus edulis* retention and release after an oil spill [J]. Marine Biology, 1982, 66: 15-26.
- [4] 阎启仓,马德毅,王树芬.贻贝监测的作用及其监测技术和方法[J]. 海洋通报,1996, 15(4): 86-92.
- [5] 贾晓平,林 钦,吕晓瑜,等.广东沿海牡蛎石油烃污染研究——广东沿海牡蛎的石油烃 I[J]. 海洋环境科学, 1990, 9(1): 13-17.
- [6] WANG Xir-hong, XU Li, CHEN Wei-qi, *et al.*, The vertical distributions and sources of PAHs in sediment of Xiamen Bay [J]. Chin J Oceanol Limnol, 1999, 17(3): 247-251.
- [7] 王明俊.海洋生物与海洋环境质量 [J]. 海洋环境科学, 1988, 7(3): 48-53.
- [8] 冯克亮.概述多环芳烃在自然环境中的分布与监测[J]. 海洋环境科学,1991,10(4): 74-76.
- [9] 李永祺,丁美丽.海洋污染生物学[M]. 北京:海洋出版社, 1991.
- [10] 陈品健,宋振荣.贝类增殖学[Z]. 厦门:集美大学水产学院,1997.
- [11] 蔡亚英,张英,魏若飞.贝类学概论[M]. 上海:上海科技出版社, 1995.
- [12] 蔡亚娜,钱黎明,何海晏,等.中国南海双壳类微核的再研究 [J]. 海洋环境科学,1993, 12(2): 1-5.