

# 黄海胶州湾海水中蛤毒素特征及变化规律

李兆新<sup>1</sup> 郭萌萌<sup>1</sup> 杨守国<sup>2</sup> 吴海燕<sup>1</sup> 辛 梅<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 中国水产科学研究院黄海水产研究所 国家水产品质量监督检测中心, 青岛 266071)

(<sup>2</sup> 海南省水产研究所, 海口 570206)

(<sup>3</sup> 青岛市渔业环境和水产品质量检测站, 266071)

**摘 要** 采用固相萃取的方法提取海水中的蛤毒素(Pectenotoxins, PTXs)。从 2006 年 7 月 28 日~8 月 29 日, 将含有吸附剂的吸附盘片置于黄海胶州湾取样点(36°12.428'N, 120°17.826'E)水面以下 3 m 处, 每次放置 4 d 后取出。吸附盘片中的蛤毒素用甲醇洗脱, 洗脱液蒸发浓缩近干, 用 1 ml 80% 甲醇溶解, 然后以液相色谱-串联质谱分析。串联质谱采用电喷雾离子原(ElectroSpray Ionization, ESI)阳离子模式。样品分析所用分离柱为 Waters XTerra C18 柱(50 × 2.1 mm, 3.5 μm), 预柱为 C18(10 × 2.1 mm, 3.5 μm)。流动相 A 为 2 mmol/L 甲酸铵、50 mmol/L 甲酸溶于 95% 的乙腈; 流动相 B 为 2 mmol/L 甲酸铵、50 mmol/L 甲酸溶于纯水。流速为 0.4 ml/min, 淋洗梯度为 0~11 min, 35% A~100% A; 在 11~16.5 min, 100% A; 在 16.5~17.0 min, 100% A~35% A。分别给出海水中蛤毒素 PTX-2、PTX-2 SA、7-*epi*-PTX-2 SA、PTX-11、PTX-12a 和 PTX-12b 的质谱图。结果发现, 这一海域海水中存在蛤毒素 PTX-2、PTX-2 SA 和 7-*epi*-PTX-2 SA, 不存在蛤毒素 PTX-11、PTX-12a 和 PTX-12b。海水中蛤毒素 PTX-2、PTX-2 SA 与 7-*epi*-PTX-2 SA 之和的最大峰值出现在 8 月 1 日。然后, 蛤毒素浓度逐渐降低。

**关键词** 蛤毒素 海水 液相色谱-串联质谱 胶州湾

**中图分类号** X55 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)06-0069-07

## Pectenotoxin profile and its variation in seawater of Jiaozhou Bay, Yellow Sea, China

LI Zhao-xin<sup>1</sup> GUO Meng-meng<sup>1</sup> YANG Shou-guo<sup>2</sup> WU Hai-yan<sup>1</sup> XIN Mei<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> National Center for Quality Supervision and Testing of Aquatic Products,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>2</sup> Fishery Research Institute of Hainan Province, Haikou 570206)

(<sup>3</sup> Qingdao Center for Monitoring of Fishery Environment and Quality Inspection of Seafood, 266071)

**ABSTRACT** The aim of the present study was to investigate the pectenotoxin (PTX) profiles in seawater. Solid phase adsorption toxin tracking (SPATT) methods were adopted to adsorb toxins in seawater. The toxins absorption disks (TADs) containing the absorbent were hung at 3m depth in seawater at the sampling locations (36°12.428'N, 120°17.826'E) in Jiaozhou Bay of Yellow Sea from Jul. 28 to Aug. 29, 2006. After 4 days, the disks were taken out and a new

disk was hung. The toxins in the resin were washed out with methanol. The methanol fraction was evaporated to dryness, then re-dissolved in 1.0 ml 80% methanol. The 80% methanol solution was analyzed on the LC-MS/MS system. The MS/MS system was equipped with an electrospray ion source (ESI) operating in positive ionization mode. Injection aliquots were separated on a Waters XTerra C18 column (50 × 2.1 mm, 3.5 μm) connected to a C18 pre-column (10 × 2.1 mm, 3.5 μm). The mobile phases consisted of 2mmol/L ammonium formate and 50mmol/L formic acid in 95% acetonitrile (mobile phase A) and 2mmol/L ammonium formate and 50mmol/L formic acid in water (mobile phase B). A gradient was run at 0.4ml/min from 35% A to 100% A for 11 min, followed by an isocratic period for 5.5 min at 100% A. The gradient was returned to 35% A over 0.5 min and left to equilibrate at 35% A for 3 min before the next injection. Chromatograms of PTX-2, PTX-2 SA, 7-*epi*-PTX-2 SA, PTX-11, PTX-12a and PTX-12b of extracts of seawater were given respectively. PTX-2, PTX-2 SA and 7-*epi*-PTX-2 SA were found in seawater of this area. The highest levels of PTXs (PTX-2, PTX-2 SA, and 7-*epi*-PTX-2 SA) in seawater were found on Aug. 1st, 2006. From Aug. 1st to Aug. 29th, the levels of PTX-2 and PTX-2 SA decreased. PTX-11, PTX-12a, and PTX-12b were not found in seawater of Jiaozhou Bay, Yellow Sea.

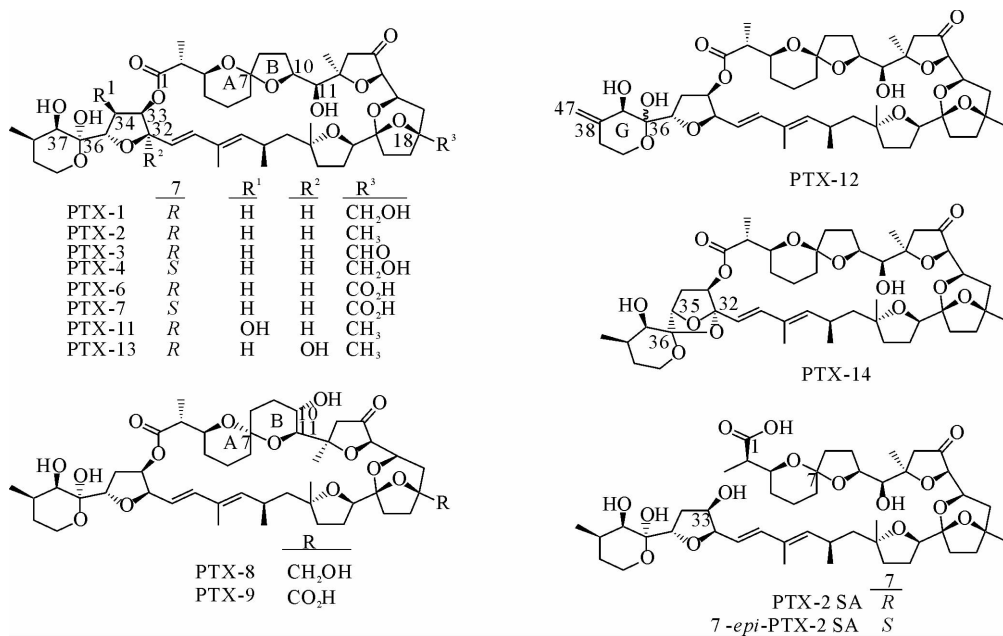
**KEY WORDS** Pectenotoxin Seawater LC-MS/MS Jiaozhou Bay

近年来,随着工业化进程的加快、人类活动的加剧,近岸海水污染日益严重,赤潮出现的频率和强度都不断加大。进入 21 世纪,由于我国对海洋环境保护的重视,虽然赤潮发生的次数没有太多增加,但是赤潮发生的次数仍较多,影响强度仍然较大(Blanco *et al.* 2005)。2006 年黄海发生两次赤潮,赤潮累计面积 420 km<sup>2</sup>。黄海胶州湾海域曾发现产毒藻渐尖鳍藻 *Dinophysis acuminata* (李伟才等 2000;杨维东等 2005)。有毒藻会释放毒素到海水中,海水中毒素的种类和浓度与海水中产毒藻的种类和浓度有关。有时,虽然毒藻浓度较低,不能形成赤潮,但是在海水中也会存在一定浓度的毒素。海水中的毒素和藻细胞中的毒素经贝类和鱼类积累后,可以通过食物链传递到食用者,严重危害食用者的健康。蛤毒素(Pectenotoxins, PTXs)是一类亲脂性环状聚醚化合物,由鳍藻属 *Dinophysis* spp. 产生(Yasumoto *et al.* 1985; Daiguji *et al.* 1998; Wilkins *et al.* 2006; Draisci *et al.* 1996; James *et al.* 1999; MacKenzie *et al.* 2000, 2005; Miles *et al.* 2006; Fernandez, *et al.* 2006)。已鉴定出蛤毒素的同系物有 14 种,其中 PTX-1、2、3、4、6、7、8、9、11、12、13 和 14 的分子结构已经确定,PTX-5 和 PTX-10 尚未报道,同时蛤毒素还存在开链酸(PTXs-SA) (Miles 2007)(图 1)。蛤毒素分别在日本、新西兰、爱尔兰、挪威和葡萄牙等国的藻类和贝类中发现。在不同海域的海水中 PTXs 的组成特征不同。在新西兰,MacKenzie 等(2004)利用主动吸附的原理提取有毒藻类高发时期的海水中的贝毒素,研究了海水中贝毒素的变化。挪威也已据相似的方法研究海水中的毒素。我国尚未建立相关的技术,也没有相关研究报道。我国在 PTXs 的组成特征方面的基础资料甚少。本研究目的在于研究中国黄海胶州湾海水中 PTXs 的组成特征及变化规律。2006 年,利用主动吸附方法在黄海胶州湾贝类养殖区(36°12.428'N, 120°17.826'E)提取了海水中的蛤毒素,在挪威国家兽医研究所贝毒实验室进行了相应的成分分析和浓度测试。初步确定了黄海胶州湾海水中蛤毒素的组成特征以及蛤毒素含量的短期变化规律。

## 1 材料与方法

### 1.1 海水中毒素的提取及处理方法

取样地点选在黄海胶州湾红岛贝类养殖区(36°12.428'N, 120°17.826'E)。

图 1 PTX-1,2,3,4,6,7,8,9,11,12,13,14 以及 PTX-2 SA 和 7-*epi*-PTX-2 SA 的分子结构Fig. 1 Molecular structures of PTX-1,2,3,4,6,7,8,9,11,12,13,14 and PTX-2 SA, 7-*epi*-PTX-2 SA

以 3 g HP-20 吸附剂封装于孔径为 95  $\mu\text{m}$  的聚酯网布中制成吸附盘片。把吸附盘片 (Tracking Adsorption Disk, TAD) 放入盛有甲醇的烧杯中浸泡 15 min, 然后移入盛有蒸馏水的烧杯中浸泡 5 min, 取出。把盘片用绳系于漂浮物上, 盘片下面系一个重物, 把盘片置于选定的位置沉入水面以下 3 m。从 2006 年 7 月 28 日 ~ 8 月 29 日, 每隔 4 d, 将盘片取出, 再放入新的盘片。把每只盘片中的吸附剂分别转入砂芯滤柱中, 用 30 ~ 50 ml 超纯水冲洗, 把柱中水分用正压吹干, 以 10 ml 甲醇冲洗, 用蒸发瓶收集。甲醇提取液于 40 $^{\circ}\text{C}$  水浴蒸干, 用 1 ml 80% 的甲醇定容。以 0.22  $\mu\text{m}$  的滤膜过滤, 取 10  $\mu\text{l}$  进样, 以高效液相色谱-串联质谱 (HPLC-MS/MS) 分析。

## 1.2 仪器与试剂

蛤毒素分析所用液相色谱系统 (LC) 采用 Waters Alliance 2695, 质谱仪 (MS/MS) 采用 Micromass Quattro Ultima triple quadrupole mass, 数据采集系统为 MassLynx V4.0 software, 色谱分离柱为 Waters XTerra C18 column (50 $\times$ 2.1 mm, 3.5  $\mu\text{m}$ ), 预柱为 C18 (10 $\times$ 2.1 mm, 3.5  $\mu\text{m}$ )。

试验中所用吸附剂为日本三菱公司的 HP-20。标准品 PTX-2、PTX-2 SA 购自加拿大 Institute for Marine Biosciences (NRC-IMB)。标准品 PTX-12a、PTX-12b 和 PTX-11 为挪威国家兽医研究所制备的纯品。其他所用试剂均为色谱纯, 试验用水为 Millipore 纯水系统制备的高纯水。

## 1.3 蛤毒素的液相色谱-串联质谱分析

液相色谱测试所用流动相 A 为 2 mmol/L 甲酸铵和 50 mmol/L 甲酸溶于 95% 的乙腈; 流动相 B 为 2 mmol/L 甲酸铵和 50 mmol/L 甲酸溶于纯水。流速为 0.4 ml/min, 淋洗梯度为在 0 ~ 11 min, 35% A ~ 100% A; 在 11 ~ 16.5 min, 100% A; 在 16.5 ~ 17.0 min, 100% A ~ 35% A; 最后以 35% A 平衡 3 min。

串联质谱离子源温度为 100  $^{\circ}\text{C}$ ; 毛细管电压为 3.5 kV; 锥形电压为 80 V; 锥形气流速为 98 L/h; 干燥气温度为 250  $^{\circ}\text{C}$ , 干燥气流速为 510 L/h。串联质谱采用正离子多反应检测 (Multiple Reaction Monitoring, MRM) 模式, 离子对参数为  $m/z=876.5 \rightarrow 823.5$  (PTX-2),  $m/z=894.5 \rightarrow 823.5$  (PTX-2 SA 和 7-*epi*-PTX-2 SA),  $m/z=874.5 \rightarrow 821.5$  (PTX-12a/b),  $m/z=892.5 \rightarrow 839.5$  (PTX-11)。

质谱记录时间从第 2 分到第 15 分。

#### 1.4 海水中蛤毒素组分的定性分析

将海水提取样品的质谱图分别与标准品 PTX-2、PTX-2 SA、PTX-12a、PTX-12b 和 PTX-11 的质谱图进行比较,以特征离子和保留时间定性。

#### 1.5 海水中蛤毒素含量的定量计算

分别取 10  $\mu$ l 浓度为 2、10、20、40 ng/ml 的 PTX-2、PTX-2 SA 混和标准液,以液相色谱-串联质谱分析。以 PTX-2 标准液色谱峰面积为纵坐标,标准液浓度为横坐标做定量标准工作曲线。以工作曲线和海水提取液中 PTX-2 的色谱峰面积计算海水提取液中 PTX-2 的浓度。海水提取液中 PTX-2 的浓度乘以稀释倍数,即为每一个吸附盘片(TAD, 3g HP-20 吸附剂)所提取的海水中 PTX-2 的量,结果表示为 ng/TAD。同样方法做 PTX-2 SA 的工作曲线,并以工作曲线和海水提取液中 PTX-2 SA 和 7-*epi*-PTX-2 SA 的色谱峰面积分别计算海水中 PTX-2 SA 和 7-*epi*-PTX-2 SA 的量。

## 2 结果

### 2.1 蛤毒素标准溶液质谱分析

PTX-2 和 PTX-2 SA 标准溶液的工作曲线如图 2 所示。浓度为 40 ng/ml 的 PTX-2、PTX-2 SA、PTX-11、PTX-12a 和 PTX-12b 的质谱如图 3 所示。图 3A 对应离子通道  $m/z$  874.5 $\rightarrow$ 821.4,相应的检测成分为 PTX-12a (保留时间  $r. t.$  = 5.81 min)和 PTX-12b ( $r. t.$  = 7.32 min);图 3B 对应离子通道  $m/z$  876.5 $\rightarrow$ 823.4,检测成分为 PTX-2 ( $r. t.$  = 6.52 min);图 3C 对应离子通道  $m/z$  892.5 $\rightarrow$ 839.4,检测成分为 PTX-11 ( $r. t.$  = 5.94 min);图 3D 对应离子通道  $m/z$  894.5 $\rightarrow$ 823.4,检测成分为 PTX-2 SA ( $r. t.$  = 5.79 min)。

7-*epi*-PTX-2 SA 是 PTX-2 SA 的异构体,与 PTX-2 SA 具有相同的质核比。在质谱分析中 7-*epi*-PTX-2 SA 和 PTX-2 SA 占有相同的离子通道  $m/z$  894.5 $\rightarrow$ 823.5,对于 7-*epi*-PTX-2 SA 的定量计算可以采用 PTX-2 SA 的标准峰面积进行比较计算。7-*epi*-PTX-2 SA 色谱峰的流出时间比 PTX-2 SA 稍迟,利用特征离子并参考同一离子通道中 PTX-2 SA 的保留时间对样品中的 7-*epi*-PTX-2 SA 进行定性。

### 2.2 海水中蛤毒素质谱分析

2006 年 8 月 1 日提取的海水中的蛤毒素的质谱分析结果如图 4 所示。在 2006 年 8 月 1 日海水中蛤毒素浓度达到最大峰值。海水中提取的蛤毒素 PTX-2 ( $r. t.$  = 6.45 min)、PTX-2 SA ( $r. t.$  = 5.71 min)和 7-*epi*-PTX-2 SA ( $r. t.$  = 6.21 min)浓度分别为  $321.77 \pm 30.00$ 、 $55.23 \pm 12.35$ 、 $95.23 \pm 6.36$  ng/TAD。PTX-11、PTX-12a 和 PTX-12b 没有被检出。

### 2.3 海水中蛤毒素含量变化

样品采集从 2006 年 7 月 28 日~8 月 29 日,每次间隔 4 d。由于蛤毒素的开链酸 PTX-2 SA 和 7-*epi*-PTX-2SA 互为同分异构体,它们之间可以相互转化,生物学毒性相似,所以以其总量计。不同时间海水中蛤毒

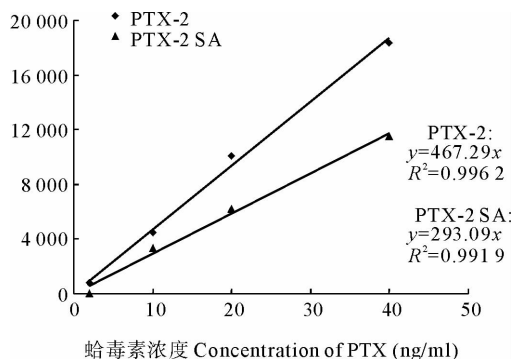
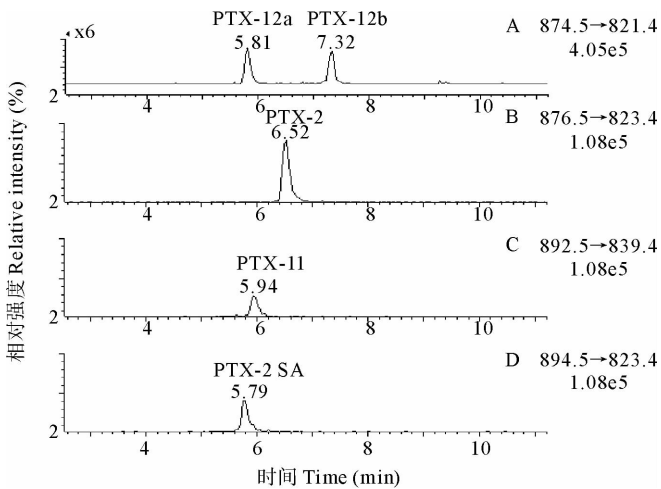


图 2 蛤毒素 PTX-2 和 PTX-2 SA 工作曲线

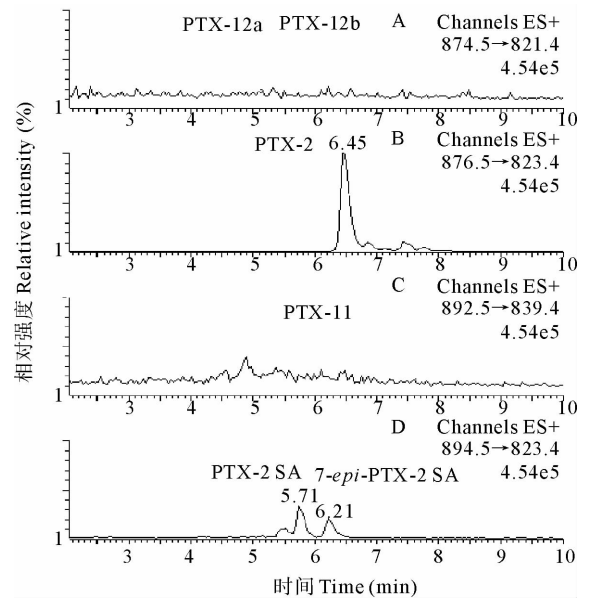
Fig. 2 The quantitative calibration curve of PTX-2 and PTX-2 SA



PTX-12a 和 PTX-12b;  $m/z$  874.5 → 821.4 (A); PTX-2; 876.5 → 823.4 (B); PTX-11; 892.5 → 839.4 (C); PTX-2 SA ; 894.5 → 823.4 (D)

图 3 毒素标准品溶液(40ng/ml)选择离子质谱

Fig. 3 Chromatograms of standards of PTX-12a and PTX-12b, PTX-2, PTX-11 and PTX-2 SA



PTX-12a 和 PTX-12b;  $m/z$  874.5 → 821.4 (A); PTX-2; 876.5 → 823.4 (B); PTX-11; 892.5 → 839.4 (C); PTX-2 SA ; 894.5 → 823.4 (D)

图 4 海水中蛤毒素选择离子质谱

Fig. 4 Chromatograms of extraction of seawater samples of PTX-12a, PTX-12b, PTX-2, PTX-11, and PTX-2 SA

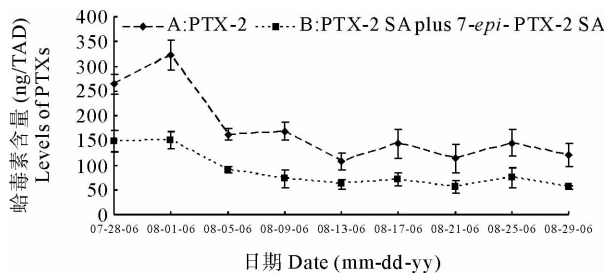
素 PTX-2 以及 PTX-2 的总开链酸含量 (PTX-2 SA 和 7-*epi*-PTX-2 SA 之和) 如图 5 所示。

### 3 讨论

#### 3.1 海水中蛤毒素组分特征

本研究的取样点 (36° 12. 428' N, 120° 17. 826' E) 选在黄海胶州湾红岛贝类养殖区, 海区内的海水流动性较强, 海区内的海水和外海的海水也存在一定的交换量。因此, 虽然没有在整个海区选取很多采样点, 海水样品中毒素的特征仍具有代表性。目前, PTX-12a 和 PTX-12b 仅在挪威发现, 产毒藻为 *D.*

*acuta*, *D. norvegica* 和 *D. rotundata* (Miles *et al.* 2004)。PTX-11 在新西兰和挪威的鳍藻中均有发现, 主要由 *D. acuta* 产生。研究的结果表明, 我国黄海胶州湾海区 (36° 12. 428' N, 120° 17. 826' E) 并不存在 PTX-11、PTX-12a 和 PTX-12b (图 4)。PTX-2 的分布非常广泛, 已在日本 (Yasumoto *et al.* 1985)、意大利 (Draisci *et al.* 1996)、西班牙 (Fernandez *et al.* 2006)、爱尔兰 (James *et al.* 1999)、葡萄牙 (Vale 2004, 2006)、新西兰 (MacKenzie *et al.* 2005)、挪威 (Miles *et al.* 2004)、南澳大利亚 (Madigan *et al.* 2006; Blanco *et al.* 2007) 的鳍藻中发现。产毒藻包括 *D. acuta*、*D. fortii*、*D. acuminata* 和 *D. caudata*。从 2006 年 7 月 28 日 ~ 8 月 29 日, 在我国黄海胶州湾海区所采集的海水样品中均检出 PTX-2、PTX-2 SA 和 7-*epi*-PTX-2 SA (图 4)。



注: 以平均值 ± 标准偏差表示

Note: The levels were given as means ± standard deviation ( $n=3$ )

图 5 2006 年 7 月 28 日 ~ 8 月 29 日, 在胶州湾 (36° 12. 428' N, 120° 17. 826' E) 海水中蛤毒素变化曲线

Fig. 5 The variation trend and levels of PTX-2 and PTX-2 SA plus 7-*epi*-PTX-2 SA in sea water collected from 6 m depth at a location (36° 12. 428' N, 120° 17. 826' E) in Jiaozhou Bay from July 28 to Aug 29, 2006

### 3.2 海水中蛤毒素的产毒藻源

1995年6月,李伟才等(2000)曾在胶州湾观测到海水中存在产毒的渐尖鳍藻,数量达200~800个/m<sup>3</sup>,并用小白鼠检测到这一区域的贝类中含有腹泻性贝毒素。2006年8~9月,在黄海区江苏海州湾发生赤潮,主要优势产毒藻为链状裸甲藻 *Gymnodinium catenatum*。但是链状裸甲藻主要产生麻痹性贝类毒素(蛤科毒素、膝沟藻毒素、N-磺硫氨甲硫基类毒素),并不产生蛤毒素。2006年虽然黄海区胶州湾没有出现赤潮,但由于赤潮的发生与藻的种类及其在海水中的浓度有关,所以并不表明这一海区不存在可产毒的藻类。海水中蛤毒素的出现可能与胶州湾海水中存在渐尖鳍藻有关,但由于对产毒藻类观测资料的不足,仍需进一步确证。

### 3.3 海水中蛤毒素含量及其变化趋势

2006年7月28日,海水中蛤毒素已处于较高的浓度,PTX-2和PTX-2开链酸总量(PTX-2 SA与7-*epi*-PTX-2 SA之和)分别为264.0、148.6 ng/TAD。在8月1日,PTX达到最大值,PTX-2和PTX-2开链酸总量分别为321.8、150.4 ng/TAD。从8月1日起,浓度逐渐降低。8月29日,海水中蛤毒素已处于较低的水平。PTX-2和PTX-2开链酸总量分别为119.9、55.4 ng/TAD,分别降至约最大浓度的1/3。结果表明,海水中蛤毒素的浓度与季节有较强相关性。

## 4 总结

通过对海水中的蛤毒素组分的系统研究,发现在我国黄海区胶州湾(36°12.428'N, 120°17.826'E)的海水中存在PTX-2、PTX-2 SA和7-*epi*-PTX-2 SA,而不存在PTX-11、PTX-12a和PTX-12b。2006年7月28日~8月29日之间,海水蛤毒素已处于较高的浓度水平。从8月1日起蛤毒素开始下降,至8月底蛤毒素浓度已降到较低的水平。

**致谢:**感谢挪威国家兽医研究所(National Veterinary Institute)的Morten Sandvik博士和Trine Torgersen博士在样品分析过程中所给予的帮助;感谢青岛市渔业环境及水产品质量检测中心在样品采集工作中所给予的大力帮助。

## 参 考 文 献

- 李伟才, 栾刚, 李立, 李桂生, 董树刚. 2000. 中国沿海部分海区贝毒素的调查. 海洋科学, 24(9): 19~22, 18
- 杨维东, 彭喜春, 刘洁生, 彭志英. 2005. 腹泻性贝毒研究现状. 海洋科学, 29(5): 66~72
- Blanco, J., and Morono, A. 2005. Toxic episodes in shellfish, produced by lipophilic phycotoxins: An overview. *Revisa Galega de Recursos Marinos (Monogo.) Xunta de Galicia Issn.* 1~70
- Blanco, J., Alvarez, G., and Uribe, E. 2007. Identification of pectenotoxins in plankton, filter feeders, and isolated cells of a *Dinophysis acuminata* with an atypical toxin profile, from Chile. *Toxicon*, 49(5): 710~716
- Daiguji, M., Satake, M., James, K. J. *et al.* 1998. Structures of new pectenotoxin analogs, pectenotoxin-2 seco acid and 7-*epi*-pectenotoxin-2 seco acid, isolated from a dinoflagellate and greenshell mussels. *Chemistry Letters*, (7): 653~654
- Draisci, R., Lucentini, L., Giannetti, L. *et al.* 1996. First report of pectenotoxin-2 (PTX-2) in algae (*Dinophysis fortii*) related to seafood poisoning in Europe. *Toxicon*, 34(8): 923~935
- Fernandez, M. L., Reguera, B., Gonzalez-Gil, S. *et al.* 2006. Pectenotoxin-2 in single-cell isolates of *Dinophysis caudata* and *Dinophysis acuta* from the Galician Rias (NW Spain). *Toxicon*, 48(5): 477~490
- James, K. J., Bishop, A. G. *et al.* 1999. Liquid chromatographic methods for the isolation and identification of new pectenotoxin-2 analogues from marine phytoplankton and shellfish. *Journal of Chromatography A*, 844(1-2): 53~65
- MacKenzie, L., Holland, P., McNabb, P. *et al.* 2002. Complex toxin profiles in phytoplankton and Greenshell mussels (*Perna canaliculus*), revealed by LC-MS/MS analysis. *Toxicon*, 40(9): 1321~1330
- MacKenzie, L., Beuzenberg, V., Holland, P. *et al.* 2005. Pectenotoxin and okadaic acid-based toxin profiles in *Dinophysis acuta* and *Dinophysis acuminata* from New Zealand. *Harmful Algae*, 4(1): 75~85
- MacKenzie, L., Beuzenberg, V., Holland, P. *et al.* 2004. Solid phase adsorption toxin tracking (SPATT): a new monitoring tool that simulates the biotoxin contamination of filter feeding bivalves. *Toxicon*, 44(8): 901~918
- Madigan, T. L., Lee, K. G., Padula, D. J. *et al.* 2006. Diarrhetic shellfish poisoning (DSP) toxins in South Australian shellfish. *Harmful Algae*,

5(2): 119~123

Miles, C. O. 2007. Pectenotoxins. In *Phycotoxins: Chemistry and Biochemistry*. Botana, L. M. (Ed.), Blackwell Publishing Ltd, Oxford. 159~186

Miles, C. O., Wilkins, A. L., Hawkes, A. D. *et al.* 2006. Isolation and identification of a *cis*-C8-diol-ester of okadaic acid from *Dinophysis acuta* in New Zealand. *Toxicon*, 48(2): 195~203

Miles, C. O., Wilkins, A. L., Munday, R., Dines, M. H. *et al.* 2004. Isolation of pectenotoxin-2 from *Dinophysis acuta* and its conversion to pectenotoxin-2 seco acid, and preliminary assessment of their acute toxicities. *Toxicon*, 43(1): 1~9

Vale, P. 2004. Differential dynamics of dinophysistoxins and pectenotoxins between blue mussel and common cockle: a phenomenon originating from the complex toxin profile of *Dinophysis acuta*. *Toxicon*, 44(2): 123~134

Vale, P. 2006. Differential dynamics of dinophysistoxins and pectenotoxins, part II: Offshore bivalve species. *Toxicon*, 47(2): 163~173

Wilkins, A. L., Rehmann, N., Torgersen, T. *et al.* 2006. Identification of fatty acid esters of pectenotoxin-2 seco acid in blue mussels (*Mytilus edulis*) from Ireland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(15): 5 672~5 678

Yasumoto, T., Murata, M., Oshima, Y. *et al.* 1985. Diarrhetic shellfish toxins. *Tetrahedron*, 41(6): 1 019~1 025

## 《渔业科学进展》编辑部网上投稿启事

为充分利用网络资源,提高编辑办公和期刊出版效率,《渔业科学进展》编辑部已从 2010 年 1 月开始采用期刊网络化办公系统。该系统使投稿、审稿和编辑工作都在同一个网络平台上完成,可大大节省通讯时间,并规范编辑工作流程。同时,网络投稿将以更加友好的界面服务于广大作者,方便作者与编审之间的沟通,为您提供易查、易用、更加方便快捷的服务。

敬请作者访问黄海水产研究所网站(<http://www.ysfri.ac.cn>)右下角的“《渔业科学进展》期刊网上投稿系统”。投稿程序请参看《渔业科学进展》网络化稿件处理系统作者使用指南。

如有疑问,请致电 0532-85833580 陈严老师或 0532-85800117 王建坤老师咨询。也可发邮件到《渔业科学进展》编辑部咨询,E-mail: [chenyan@ysfri.ac.cn](mailto:chenyan@ysfri.ac.cn)。

《渔业科学进展》编辑部

2011 年 12 月 20 日