

## 微小亚历山大藻对近江牡蛎清滤率 以及麻痹性贝类毒素(PSP)蓄积的影响

解万翠, 卞中园, 杨锡洪\*, 毛丹卉, 章超桦

(广东海洋大学食品科技学院, 广东省水产品加工与安全重点实验室,  
广东普通高等学校水产品深加工重点实验室, 国家贝类加工技术研发分中心(湛江), 广东 湛江 524088)

**摘要:** 为获知近江牡蛎对有毒微小亚历山大藻的滤食以及蓄积 PSP 毒素的规律性, 本实验采用细胞毒性为  $(93.42 \pm 2.55) \times 10^{-6}$  MU/个的微小亚历山大藻投喂近江牡蛎, 以无毒扁藻投喂作对照, 首先研究了  $0.5 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10^3$  个/mL 6 个不同浓度的毒藻对近江牡蛎滤食的影响, 然后投喂浓度为  $1.5 \times 10^3$  个/mL 的毒藻, 分别研究 15 h 短期蓄积和 5 d 长期蓄积对近江牡蛎体内毒素的影响及规律。结果表明, 在  $0.5 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^3$  个/mL 毒藻浓度范围内牡蛎清滤率较高, 超过  $1.5 \times 10^3$  个/mL 时牡蛎清滤率显著下降 ( $P < 0.01$ ), 由此确定后期投喂毒藻的浓度“阈值”为  $1.5 \times 10^3$  个/mL; 短期蓄积实验牡蛎在 0~6 h 内将有毒藻滤食尽, 其体内 PSP 毒素在 6~12 h 间达到最大值 [ $(149.6 \pm 10.5)$  MU/100 g], 随后开始下降。长期蓄积实验过程中, 牡蛎的清滤率没有发生显著变化 ( $P > 0.01$ ), 在蓄积实验的第 2 天牡蛎体内 PSP 毒素水平超过国家限量标准 (400 MU/100 g), 在 5 d 实验结束时, 牡蛎体内 PSP 毒素水平高达  $(3\ 069.2 \pm 178.2)$  MU/100 g, 高于国家限量标准的 7.7 倍。实验结果作为 PSP 在近江牡蛎中蓄积及代谢的重要基础数据, 为研究 PSP 的脱除及净化提供思路。

**关键词:** 微小亚历山大藻; 麻痹性贝类毒素; 近江牡蛎; 清滤率; 蓄积

**中图分类号:** Q 948; S 966.2

**文献标志码:** A

麻痹性贝类毒素 (paralytic shellfish poisoning toxins, PSP) 是海洋赤潮藻毒素中引发毒害事件最频繁、对人类影响最严重的一种毒素<sup>[1]</sup>。欧洲、非洲、北美洲、南美洲、亚洲、大洋洲的沿海地带都有 PSP 毒素中毒事件的报道<sup>[2]</sup>。江天久等<sup>[3]</sup>在 2003—2004 年间对我国大连、深圳、北海和厦门海域的贝类进行麻痹性贝毒检测发现, 大连海域染毒样品的检出率最高 (50%)。PSP 毒素主要产自海洋中的单细胞甲藻<sup>[4]</sup>, 如: 微小亚历山大藻 (*Alexandrium minutum*), 塔玛亚历山大藻 (*A. tamarense*)、链状裸甲藻 (*Gymnodinium catenatum*) 等, 滤食性贝类通过过滤大量海水将藻中毒素富集, 并通过食物链将毒素传递给人类。牡蛎因其营养价值高被誉为“海洋牛奶”, 深受广大消费者的

喜爱, 在我国广东、江苏、浙江等沿海都有养殖, 然而牡蛎因于环境毒素具有强烈蓄积性, 常作为毒素蓄积的标志物, 在我国曾检测到牡蛎体内 PSP 毒素最高可达 1 610 MU/100 g (国家限量标准为 400 MU/100 g)<sup>[5]</sup>。

清滤率是指单位时间内水生生物摄食水中颗粒饵料时滤过海水的体积, 它不仅直接地反映了生物的摄食情况, 而且也是一个重要的反映生物自身生理状态的指标<sup>[6]</sup>。当贝类接触有毒赤潮藻后会产生闭壳、清滤率下降、滤食选择性等生理反应<sup>[7]</sup>。因此, 贝类暴露于毒藻细胞时的清滤率的变化可以直接反映出其对毒素的敏感性, 并能够指示随后的毒素累积情况<sup>[8]</sup>。PSP 毒素在贝体内的蓄积因贝种的不同存在差异, 如贻贝、扇贝能够在较短时间

收稿日期: 2013-03-13 修回日期: 2013-09-03

资助项目: 国家自然科学基金项目 (31271938); 现代农业产业技术体系建设专项 (GARS-48)

通信作者: 杨锡洪, E-mail: yangxihong63@163.com

内蓄积大量毒素,而牡蛎、蛤体内毒素蓄积相对较慢<sup>[9]</sup>。本研究以微小亚历山大藻为产毒藻,研究其对近江牡蛎(*Ostrea rivularis*)清滤率和 PSP 毒素蓄积的影响,探讨活体牡蛎中 PSP 的污染规律,为贝类的脱毒及净化提供理论数据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料来源

**藻种来源** 本实验所培养的微小亚历山大藻(AMTW 株系)来自于暨南大学生命科学院,细胞毒性为 $(93.42 \pm 2.55) \times 10^{-6}$  MU/个,于广东海洋大学海洋药物实验室按下中园等<sup>[10]</sup>所用方法分批培养于 10 个 20 L 广口瓶中。扁藻(*Platymonas subcordiformis*)来源于广东海洋大学水产学院,采用湛水 107-13 培养基在室外培养于 20 L 广口瓶。

**牡蛎来源** 近江牡蛎,购自广东省湛江市霞山区东风市场(经小白鼠生物检测无中毒现象),将大小一致的牡蛎置于泡沫箱中驯养 7 d,驯养期间每日投喂浓度为 $2 \times 10^3$  个/mL 的扁藻 2 次,驯养后取样测定 PSP 含量作为本底值。海水每日更换 1 次,所用海水来自湛江港。

### 1.2 实验方法

PSP 毒素的提取参照 GB/T5009.213-2008 贝类中麻痹性贝类毒素的测定中 PSP 毒素提取方法。

**小白鼠生物检测(MBA)** 吸取 PSP 毒素提取液 1 mL,对体质量在 17~22 g 之间的昆明系雄性小鼠进行腹腔注射,观察其死亡时间,根据麻痹性贝类毒素死亡时间-鼠单位对照表(GB/T5009.213-2008)进行 PSP 毒素毒性水平计算,每个实验组做 3 个平行。

**不同浓度微小亚历山大藻对近江牡蛎滤食的影响** 将以上驯养后牡蛎放入 6 只 5 L 塑料桶,每桶放有 3 只牡蛎,3 L 海水。微小亚历山大藻细胞密度设置 6 个梯度,分别为 $0.5 \times 10^3$ 、 $1.0 \times 10^3$ 、 $1.5 \times 10^3$ 、 $2.0 \times 10^3$ 、 $2.5 \times 10^3$ 、 $3.0 \times 10^3$  个/mL,1 h 后分别从各桶中取样 1 mL,用鲁戈氏碘液固定后,在 0.1 mL 浮游生物框中计数。对照组采用扁藻投喂牡蛎,其浓度设置为 $0.5 \times 10^4$ 、 $1.0 \times 10^4$ 、 $1.5 \times 10^4$ 、 $2.0 \times 10^4$ 、 $2.5 \times 10^4$ 、 $3.0 \times 10^4$  个/mL。

按照以下公式<sup>[11]</sup>计算清滤率:

$$CR = \frac{V \times (\ln C_0 - \ln C_t)}{n \times t}$$

式中  $V$  为实验水体的体积; $C_0$ 、 $C_t$  为实验开始和实验  $t$  时间的细胞浓度; $n$  为实验牡蛎个数; $t$  为实验时间。

**PSP 毒素在近江牡蛎体内短期蓄积实验** 将驯养后的牡蛎平均分配到 8 只  $40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$  的泡沫箱,每箱放 9 只牡蛎,9 L 海水,投喂藻浓度为 $1.5 \times 10^3$  个/mL 的微小亚历山大藻,投喂后 0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、9.0、12.0、15.0 h 各取海水样 1 mL 进行细胞计数,取 9 只牡蛎分 3 个平行用于 PSP 毒素检测,直到实验结束取出所有的牡蛎。

**PSP 毒素在近江牡蛎体内长期蓄积实验** 按小白鼠生物检测方法将 45 只牡蛎分配到 5 只泡沫箱,每箱放 9 只牡蛎,9 L 海水,平均每天投喂 $1.5 \times 10^3$  个/mL 的微小亚历山大藻 2 次,并在投喂有毒藻后 1 h 取海水样/mL 进行细胞计数,用于清滤率计算,每天取 9 只牡蛎样品用于 PSP 毒素检测,实验共进行 5 天。对照组的牡蛎用浓度为 $1.5 \times 10^4$  个/mL 的扁藻进行喂养。

## 2 结果

### 2.1 不同浓度微小亚历山大藻对近江牡蛎清滤率的影响

微小亚历山大藻浓度在 $0.5 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10^3$  个/mL 范围内 1h 所测定的对牡蛎清滤率的影响如图 1 所示。

从图中可以看出,微小亚历山大藻浓度为 $1.0 \times 10^3$  个/mL 时牡蛎清滤率最大,为 $(1.85 \pm 0.90)$  L/h。在 $0.5 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^3$  个/mL 浓度范围内,牡蛎清滤率维持在 1.42~1.85 L/h 之间变动,经方差分析没有显著性差异( $P > 0.01$ )。当藻浓度超过 $1.5 \times 10^3$  个/mL 时牡蛎的清滤率发生显著下降( $P < 0.01$ ),从 $(1.42 \pm 0.07)$  L/h 降到 $(0.47 \pm 0.07)$  L/h,藻浓度在 $1.5 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10^3$  个/mL 范围内,牡蛎的清滤率没有显著差异( $P > 0.01$ )。对照组中牡蛎清滤率在扁藻浓度 $0.5 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^4$  个/mL 范围内随扁藻浓度增加逐渐增加,扁藻浓度为 $2.0 \times 10^4$  个/mL 时,牡蛎清滤率最大 $(1.54 \pm 0.27)$  L/h,随着扁藻浓度的继续增加,牡蛎清滤率开始下降。

### 2.2 PSP 毒素在近江牡蛎体内短期蓄积

图 2 表示 0~15 h 内牡蛎对海水中有毒微小亚历山大藻滤食和体内 PSP 毒素变化情况。

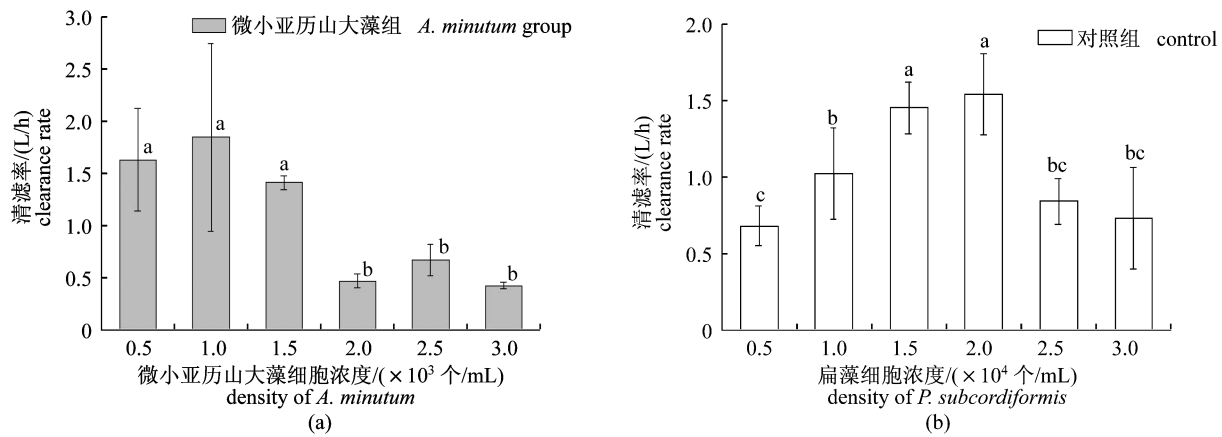


图1 藻浓度对近江牡蛎清滤率的影响

柱状图上方标注不同小写字母表示各组间差异显著 ( $P < 0.01$ ), 下同

Fig. 1 The effect of diet density on the clearance rate of *O. rivularis*

Values with different superscripts above the histogram denoting significant difference ( $P < 0.01$ ), the same as below

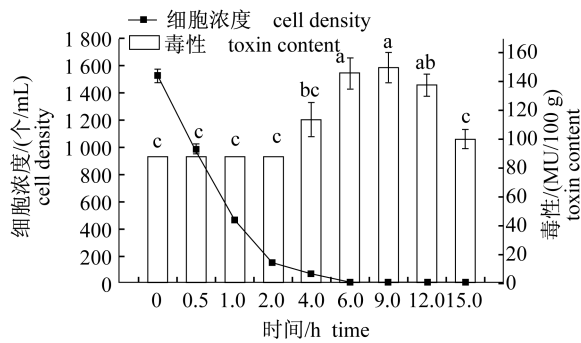


图2 微小亚历山大藻浓度和近江牡蛎体内 PSP 毒素变化

Fig. 2 Changes in the density of *A. minutum* and the PSP accumulation by *O. rivularis*

投喂浓度为  $1.5 \times 10^3$  个/mL 微小亚历山大藻后, 牡蛎开始滤食有毒藻, 海水中藻细胞浓度

随着时间的延长逐渐降低, 在投喂 6 h 后海水中几乎没有微小亚历山大藻细胞存在。牡蛎滤食有毒藻 0 ~ 2 h, 体内 PSP 毒素毒性水平小于 87.5 MU/100 g, 随后, 牡蛎体内 PSP 毒素毒性水平逐渐升高, 在 9 h 时达到最大值, 为  $(149.6 \pm 10.5)$  MU/100 g, 牡蛎体内 PSP 毒素在 6 ~ 12 h 之间没有显著性差异 ( $P > 0.01$ ), 12 h 后牡蛎体内 PSP 毒素开始下降, 经方差分析, 12 h 和 15 h 之间毒素含量存在显著差异 ( $P < 0.01$ )。

### 2.3 PSP 毒素在近江牡蛎体内的长期蓄积

在长期投喂浓度为  $1.5 \times 10^3$  个/mL 的微小亚历山大藻过程中, 牡蛎清滤率和 PSP 毒性变化见图 3。

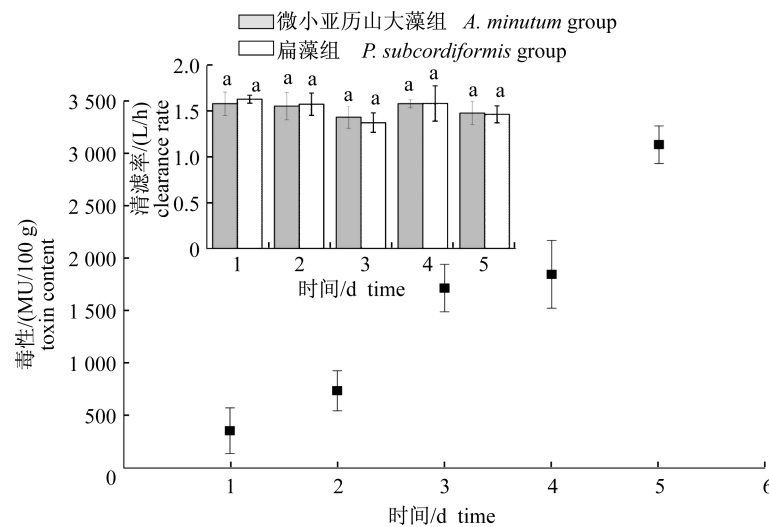


图3 近江牡蛎清滤率变化和体内 PSP 毒素蓄积情况

Fig. 3 The change in the clearance rate and PSP accumulation of *O. rivularis*

从图中可见,在投喂的 5 d 实验过程中,投喂有毒微小亚历山大藻和扁藻的牡蛎清滤率分别维持在 1.43 ~ 1.57 L/h 和 1.37 ~ 1.62 L/h 之间,经方差分析,2 者之间没有显著差异( $P > 0.01$ )。毒素蓄积的第 1 天,牡蛎体内 PSP 毒素毒性为  $(357.6 \pm 215.7)$  MU/100 g,低于国家限量标准(400 MU/100 g),蓄积的第 2 天 PSP 毒性超过国家限量标准,随着投喂有毒藻时间延长,牡蛎体内 PSP 毒素毒性逐渐增加,在实验的最后一天(第 5 天)达到最大值 $[(3\ 069.2 \pm 178.2)$  MU/100 g],此时 PSP 毒性水平超过国家限量标准的近 7.7 倍。

### 3 讨论

滤食性贝类的摄食状况是反映滤食性贝类生理状态的一项动态指标,直接受到贝类所处环境的生物和非生物因子的影响,如海水的温度、盐度、pH 以及饵料密度等<sup>[12]</sup>。本实验主要研究有毒藻浓度对近江牡蛎清滤率的影响,结果表明,在较低藻浓度条件下,近江牡蛎的清滤率之间没有显著差异,当超过一定范围后,清滤率开始急剧下降,在较高藻浓度之间,清滤率没有显著差异。正如 Murray 等<sup>[13]</sup>研究 PSP 毒素在珍珠贝体内蓄积情况表明,在藻浓度为  $1.0 \times 10^3$  个/mL 时,珍珠贝清滤率开始下降,研究认为这时继续增加有毒藻浓度会降低珍珠贝对毒素的摄取和积累。Patrick 等<sup>[14]</sup>研究混合喂养条件下 PSP 毒素在长牡蛎(*Crassostrea gigas*)体内蓄积模型同样表明,当有毒藻浓度超过一定范围后牡蛎的清滤率会下降,在较高有毒藻浓度条件下,牡蛎的清滤率没有显著差异,同时牡蛎体内毒素含量也没有显著差异,研究证实了“阈值”效应,即有毒藻浓度超过一定范围后,会降低贝类对有毒藻的滤食能力,而且会抑制对 PSP 毒素的蓄积。由此可见本次对牡蛎投喂有毒微小亚历山大藻的浓度不宜超过“阈值”,即  $1.5 \times 10^3$  个/mL。但是,在自然水体中发生赤潮时有毒藻细胞会和大量其它藻细胞同时存在,有毒藻浓度相对较低,因此不会影响牡蛎摄食和对毒素的累积<sup>[15]</sup>。

以往研究<sup>[16-17]</sup>多采用长期投喂有毒藻研究贝类对 PSP 毒素的蓄积,本实验采用一次投喂细胞毒性为  $(93.42 \pm 2.55) \times 10^{-6}$  MU/个的有毒微小亚历山大藻,研究近江牡蛎体内 PSP 毒素在短时间内的变化情况。牡蛎体内 PSP 毒素含量在

喂食后 9 h 达到最大值 $[(149.6 \pm 10.5)$  MU/100 g],Bricelj 等<sup>[18]</sup>采用毒性为 66 pg STX eq/cell (相当于  $330 \times 10^{-6}$  MU/个)的 *A. fundyense* (strain GT429) 投喂紫贻贝,发现紫贻贝滤食 12 ~ 13 d 时毒素含量最高达到  $4.5 \times 10^4$   $\mu$ g STXeq/100 g (相当于  $2.25 \times 10^5$  MU/100 g),可见本实验的牡蛎体内 PSP 毒素在短时间内蓄积量较低,这是因为贝类蓄积 PSP 毒素后的毒性水平由摄食的有毒藻的毒性大小、密度和摄食时间决定,而且贝的种类也决定了蓄积毒素状况<sup>[19]</sup>。本研究发现当有毒微小亚历山大藻被滤食完全后,牡蛎体内 PSP 毒素不再增加,12 h 后体内毒素含量开始减少,可以推断若继续投喂有毒藻,牡蛎体内毒性将会继续增加。在 Samsur 等<sup>[20]</sup>的研究中也可以发现,当采用有毒 *Gymnodinium catenatum* 投喂花蛤 (*Tapes japonica*),发现喂食后 12 h 花蛤体内 PSP 毒素含量达到最高,随后毒素含量开始迅速下降。由此可知,若要继续增加贝类体内 PSP 毒素含量,在其体内毒素迅速下降时(本实验为 12 h)应该继续投喂有毒藻。

与投喂扁藻相比,投喂有毒微小亚历山大藻的近江牡蛎没有降低其清滤率,随着投喂时间的延长,牡蛎体内 PSP 毒性增加,此时牡蛎的清滤率仍然没有显著性的变化,Guéguen 等<sup>[21]</sup>研究牡蛎对微小亚历山大藻中 PSP 毒素蓄积时同样表明,在长期投喂过程中牡蛎的清滤率没有显著性变化,维持在 0.16 ~ 0.17 L/h 之间变动,由此可知牡蛎对有毒微小亚历山大藻敏感性较低,这势必导致在连续投喂过程中牡蛎体内 PSP 毒素毒性水平迅速上升。长期的毒素蓄积实验结果证实了这一点:在投喂的第 2 天毒性水平就超过国家限量标准,在蓄积的第 5 天高出限量标准的 7.7 倍,而 Bricelj 等<sup>[22]</sup>研究对 PSP 毒素具有高敏感性的蛤时发现,蛤对 PSP 毒素具有较低的蓄积量。以往研究<sup>[18,23]</sup>认为对有毒藻敏感性较低的贝类蓄积 PSP 毒素含量较高,对毒素敏感性较高的贝类蓄积毒素较低。

### 4 结论

通过研究微小亚历山大藻浓度对近江牡蛎清滤率影响以及 PSP 毒素在近江牡蛎体内情况,可以得出:(1)当有毒藻浓度超过一定范围后,牡蛎的清滤率会发生急剧下降,本实验中近江牡蛎的清滤率在投喂微小亚历山大藻浓度为  $0.5 \times 10^3$  ~  $1.5 \times 10^3$  个/mL 范围内相对较高,并且没有显著

差异;(2)一次性投喂微小亚历山大藻过程中,牡蛎在 0~6 h 之间滤食所有有毒藻,体内毒素在 6~12 h 之间达到最大,并在 12 h 后开始下降;(3)在长期的投喂有毒藻实验中,与对照组相比牡蛎的清滤率没有显著变化,这使得牡蛎能都在短时间内蓄积大量 PSP 毒素。在后期研究 PSP 毒素在牡蛎体内蓄积、分布、排出规律时,采用投喂有毒藻浓度为  $1.5 \times 10^3$  个/mL,每隔 12 h 投喂 1 次,蓄积 5 d。

#### 参考文献:

- [1] Camacho F G, Rodríguez J G, Mirón A S, *et al.* Biotechnological significance of toxic marine dinoflagellates [J]. *Biotechnology Advances*, 2007, 25(2):176-194.
- [2] Etheridge S M. Paralytic shellfish poisoning: Seafood safety and human health perspectives [J]. *Toxicon*, 2010, 56(2):108-122.
- [3] 江天久,江涛. 中国沿海部分海域麻痹性贝毒研究 [J]. *海洋与湖沼*, 2007, 38(1):36-41.
- [4] Landsberg J H. The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms [J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2002, 10(2):113-390.
- [5] 杨美兰,林燕棠,全桂英. 广东沿海牡蛎体的麻痹性毒素与评价 [J]. *湛江海洋大学学报*, 1999, 19(3):38-42.
- [6] 颜天,傅萌,刘红,等. 双壳类清滤率在海洋污染物毒性研究中的应用 [J]. *海洋科学*, 2003, 27(1):50-53.
- [7] 于仁诚,周名江. 麻痹性贝毒研究进展 [J]. *海洋与湖沼*, 1998, 29(3):330-338.
- [8] Shumway S E, Cucci T L. The effects of the toxic dinoflagellate *Protogonyaulax tamarensis* on the feeding and behaviour of bivalve molluscs [J]. *Aquatic Toxicology*, 1987, 10(1):9-27.
- [9] Bricelj V M, Shumway S E. Paralytic shellfish toxins in bivalve molluscs: occurrence, transfer kinetics, and biotransformation [J]. *Reviews in Fisheries Science*, 1998, 6(4):315-383.
- [10] 卞中园,杨锡洪,解万翠,等. 初始密度对微小亚历山大藻生长及产麻痹性贝类毒素的影响 [J]. *水产学报*, 2013, 37(1):78-85.
- [11] Coughland J. The estimation of filtering rate from the clearance of suspension [J]. *Marine Biology*, 1969, 2(4):356-358.
- [12] 栗志民,刘志刚,徐法军,等. 温度、盐度、pH 和饵料密度对皱肋文蛤清滤率的影响 [J]. *渔业科学进展*, 2011, 32(4):55-61.
- [13] Murray S A, O' Connor W A, Alvin A, *et al.* Differential accumulation of paralytic shellfish toxins from *Alexandrium minutum* in the pearl oyster, *Pinctada imbricate* [J]. *Toxicon*, 2009, 54(3):217-223.
- [14] Patrick L, Zouher A, Regis B, *et al.* Modelling the accumulation of PSP toxins in Thau Lagoon oysters (*Crassostrea gigas*) from trials using mixed cultures of *Alexandrium catenella* and *Thalassiosira weissflogii* [J]. *Aquatic Living Resources*, 2007, 20(1):59-67.
- [15] 朱明远,邹迎麟,吴荣军,等. 栉孔扇贝体内麻痹性贝毒的累积与排出过程研究 [J]. *海洋学报*, 2003, 25(2):75-83.
- [16] Chen C Y, Chou H N. Accumulation and depuration of paralytic shellfish poisoning toxins by purple clam *Hiattula rostrata* Lightfoot [J]. *Toxicon*, 2001, 39(7):1029-1034.
- [17] Xie W C, Liu X L, Yang X H, *et al.* Accumulation and depuration of paralytic shellfish poisoning toxins in the oyster *Ostrea rivularis* Gould - Chitosan facilitates the toxin depuration [J]. *Food Control*, 2013, 30(2):446-452.
- [18] Bricelj V M, Lee J H, Cembella A D, *et al.* Uptake kinetics of paralytic shellfish toxins from the dinoflagellate *Alexandrium fundyense* in the mussel *Mytilus edulis* [J]. *Marine ecology progress series*, 1990, 63:177-188.
- [19] 田华,张晓红,高春蕾,等. 麻痹性贝毒在栉孔扇贝体内短期的累积与排出过程 [J]. *海洋环境科学*, 2010, 29(4):521-524.
- [20] Samsur M, Yamaguchi Y, Sagara T, *et al.* Accumulation and depuration profiles of PSP toxins in the short-necked clam *Tapes japonica* fed with the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* [J]. *Toxicon*, 2006, 48(3):323-330.
- [21] Guéguen M, Bardouil M, Baron R, *et al.* Detoxification of Pacific oyster *Crassostrea gigas* fed on diets of *Skeletonema costatum* with and without silt, following PSP contamination by *Alexandrium minutum* [J]. *Aquatic Living Resources*, 2008, 21(1):13-20.
- [22] Bricelj V M, Connell L, Konoki K, *et al.* Sodium channel mutation leading to saxitoxin resistance in clams increases risk of PSP [J]. *Nature*, 2005, 434(7034):763-767.
- [23] Contreras A M, Marsden I D, Munro M H G. Effects of short-term exposure to paralytic shellfish toxins on clearance rates and toxin uptake in five species of New Zealand bivalve [J]. *Marine and Freshwater Research*, 2012, 63(2):166-174.

## Effects of the toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum* on uptake and the accumulation of PSP toxins in oyster *Ostrea rivularis*

XIE Wancui, BIAN Zhongyuan, YANG Xihong<sup>\*</sup>, MAO Danhui, ZHANG Chaohua

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Aquatic Products Processing and Safety, Key Laboratory of Advanced Processing of Aquatic Products of Guangdong Higher Education Institution, National Research and Development Branch Center for Shellfish Processing(Zhanjiang), College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** To study the filter-feeding and accumulation rate of paralytic shellfish poisoning toxins (PSP) in *Ostrea rivularis*, the strain of *A. minutum* with a specific toxicity of  $(93.42 \pm 2.55) \times 10^{-6}$  MU/cell was fed in this work. Firstly, the effect in clearance rate of *A. minutum* at 6 different concentrations of  $0.5 \times 10^3 - 3.0 \times 10^3$  cells/mL was discussed. Then the concentration of  $1.5 \times 10^3$  cells/mL of toxic algae was fed, and the accumulation of the 15 h short-term and 5 days long-term accumulation experiments were conducted to study the toxicity and accumulation laws, respectively. Results showed the oyster clearance rate is higher between concentrations  $0.5 \times 10^3 - 1.5 \times 10^3$  cells/mL, but while more than  $1.5 \times 10^3$  cells/mL, it fell significantly ( $P < 0.01$ ), indicating that the “threshold” toxic algae concentration was  $1.5 \times 10^3$  cells/mL. The oyster finished food that was offered once during the 0–6 h experiment, the maximum toxicity of oyster was  $(149.6 \pm 10.5)$  MU/100 g during 6–12 h and then began to decline. When fed oysters twice daily with concentration of *A. minutum* ( $1.5 \times 10^3$  cells/mL) up to 5 days, the clearance rate of oyster did not change significantly, it led the toxicity of PSP to exceed the regulatory limit (400 MU/100 g) on the following day. At the end of the accumulation experiment, PSP toxin level was as high as  $(3\ 069.2 \pm 178.2)$  MU/100 g, which was higher than the regulatory limit by 7.7 times. Result of the study serve as important basic data of the PSP accumulation and metabolism of *Ostrea rivularis*, and provide the advanced thinking for the removal and purification of the PSP in fisheries.

**Key words:** *Alexandrium minutum*; paralytic shellfish poisoning toxins (PSP); *Ostrea rivularis*; clearance rate; accumulation

**Corresponding author:** YANG Xihong. E-mail: yangxihong63@163.com