

# 中国南部沿海近岸西加鱼毒素研究

徐轶肖<sup>1,2</sup>,王爱辉<sup>2</sup>,胡蓉<sup>2</sup>,江天久<sup>2\*</sup>,江涛<sup>2</sup>(1.南京大学地理与海洋学院,江苏 南京 210093; 2.暨南大学赤潮与水环境研究中心,广东 广州 510632)

**摘要:** 为了查清我国南部沿海珊瑚礁鱼类体内的西加鱼毒素状况,首次在海南三亚、琼海、广西涠洲岛、珠海担杆列岛、广东徐闻县灯楼角和福建东山岛收集渔民从附近珊瑚礁海域捕捞的野生鱼类,采用酶联免疫法、小白鼠生物法和高效液相色谱质谱联用法进行毒素测定。结果表明,6个调查海区均检测出染毒鱼类,总阳性检出率达50%,其中福建东山岛(77.8%)>广东徐闻县灯楼角(66.7%)>广东珠海担杆列岛(55.6%)>广西涠洲岛(37.5%)>海南三亚(37.5%)>海南琼海(16.7%),与海域环境质量可能存在一定的关联。鱼组织毒素含量为0~169 ng P-CTX-1/kg 肉,8个样品(占总样17.4%)超过100 ng P-CTX-1/kg 肉,达到可致人中毒水平。染毒鱼种类繁多,主要包括蝴蝶鱼科(Chaetodontidae)、鹦嘴鱼科(Scaridae)、鰕科(Holocentridae)、笛鲷科(Lutjanidae)和鲷科(Serranidae)。酶联免疫法与小鼠生物法对鱼毒定性检测结果基本一致,但仅在福建东山岛2个鱼样中检测到P-CTX-1成分。染毒鱼类的毒素含量和鱼体重/体长没有相关性,也与其食性无关。

**关键词:** 西加鱼毒素; 珊瑚礁鱼类; 酶联免疫法; 小白鼠生物法; 高效液相色谱质谱联用法

中图分类号: X503.225 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2012)02-0330-07

**Ciguatera toxins in coral fishes along the southern coast of China.** XU Yi-xiao<sup>1,2</sup>, WANG Ai-hui<sup>2</sup>, HU Rong<sup>2</sup>, JIANG Tian-jiu<sup>2\*</sup>, JIANG Tao<sup>2</sup> (1.School of Geographical and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2.Research Center of Harmful Algae Blooms and Aquatic Environment Science, Jinan University, Guangzhou 510632, China). *China Environmental Science*, 2012,32(2): 330~336

**Abstract:** The Ciguatera toxins(CTXs) in coral fish along the southern coast of China were investigated for the first time through collecting wild coral fish samples in Sanya and Qionghai of Hainan, Weizhou Island of Guangxi, Zhuhai and Xuwen Denglujiao of Guangdong and Dongshan Island of Fujian. By using three different analysis methods including Cigua-Check® Kit, Mouse Bioassay and HPLC-MS/MS, toxic fishes existed in all six sampling areas, and the total detection rate was 50%. Respectively, the detection rate for Dongshan Island of Fujian (77.8%)> Xuwen Denglujiao of Guangdong (66.7%)> Zhuhai Danganliedao of Guangdong (55.6%)> Weizhou Island of Guangxi (37.5%)> Sanya of Hainan (37.5%)> Qionghai of Hainan(16.7%). Toxin content of fish varied in 0~169 ng P-CTX-1/kg flesh and generally showed relation to the water quality. There were eight samples, the ratio of 17.4% for total samples, exceeded 100 ng P-CTX-1/kg flesh that could poison human beings, and toxic species principally involved were *Chaetodontidae*, *Scaridae*, *Holocentridae*, *Lutjanidae* and *Serranidae*. Except on one sample from Zhuhai Danganliedao, Cigua-Check® kit has the same result with Mouse Bioassay on toxin qualitative analysis, while the component of CTXs, P-CTX-1 was only found in two samples of Dongshan Island, Fujian by HPLC-MS/MS. Finally, there was no significant correlation between fish toxicity and the parameters of its weight, length and feeding habits.

**Key words:** ciguatera toxins; coral fish; ELISA; mouse bioassay; HPLC-MS/MS

西加鱼毒素(CFP)是指存在热带、亚热带珊瑚礁地区一些鱼类体内的毒素,由甲藻中的冈比藻(*Gambierdiscus* spp)<sup>产生</sup>,通过食物链的传递,经草食鱼类、肉食鱼类而最终影响人类的生命健康。现已证实该毒素主要流行于加勒比海地区及位于35°N~35°S之间的印度洋和太平洋地区<sup>[1]</sup>。我国南部沿海地区属热带和亚热带海域,位于全

球西加鱼毒主要流行区域的边缘地带,中毒事件时有发生<sup>[2-3]</sup>。究其原因,一方面是因为该地区如

收稿日期: 2011-05-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(U0733006);国家“973”项目(2010CB428702);国家“908”赤潮灾害调查专项(SZ801);广东908赤潮灾害评价专项(GD908-02-14)

\* 责任作者,教授, tjiaingtj@jnu.edu.cn

香港、广东等地每年与南太平洋岛国之间频繁的活珊瑚鱼贸易<sup>[4-5]</sup>,另一方面则因该地区邻近珊瑚礁海域存在毒鱼所致<sup>[6-7]</sup>.

尽管早在20世纪70年代有学者在西沙群岛首次记录到产西加鱼毒素的原因种 *Gambierdiscus toxicus* Rukuro & Yasuwo<sup>[8]</sup>,并在1998年香港赤潮爆发事件中首次检测到香港水域亦含 *Gambierdiscus toxicus*<sup>[9]</sup>,但国内对该毒素报道仍以综述介绍为主<sup>[10-12]</sup>,至今未见详尽的海域调查.本研究采用酶联免疫法、小白鼠生物法和高效液相色谱质谱联用方法,调查我国南部沿海珊瑚礁鱼类体内的西加鱼毒素状况,旨在弄清该毒素在我国的实际分布情况,为珊瑚礁鱼类管理提供依据.

## 1 调查区域与方法

### 1.1 调查站位

2007年9月至11月,在海南三亚、琼海、广西涠洲岛、珠海担杆列岛、广东徐闻县灯楼角和福建东山岛(图1)收集渔民从附近珊瑚礁海域捕捞的野生鱼类.每个站位采集6~9种鱼类,尽量挑选个体较大的样品,每种1~2条.共采集刺豚科(Diodontidae)、鰕科(Holocentridae)、刺尾鱼科(Acanthuridae)、鹦嘴鱼科(Scaridae)和鲷科(Serranidae)等15个科46份样品.样品采集后,置于食品保鲜袋内并做好标记,冷冻保存运输至实验室,-20℃储存.

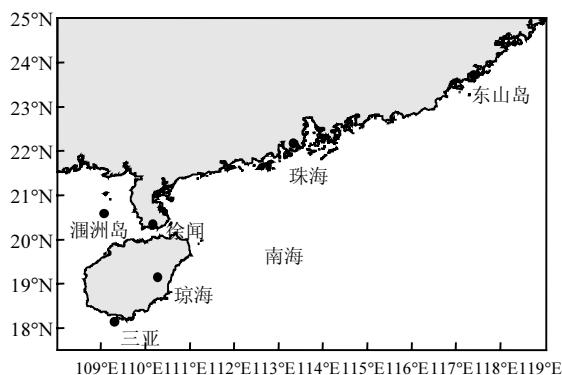


图1 西加鱼毒素调查站位

Fig.1 Sampling sites on Ciguatera toxins

### 1.2 毒素测定方法

用于试剂盒酶联免疫检测 Cigua-Check®试剂盒购自美国 Oceanit Test Systems 公司,操作参考产品说明书,先分别进行阳性对照和阴性对照的判断以保证该试剂盒的敏感性和有效性,然后对样品进行检测.

对试剂盒检测结果呈阳性的样品进一步用小白鼠生物法进行检测.步骤如下:

毒素的提取:称取100g已匀浆的鱼肉样品,平均置于4个洁净的250mL离心管中.加注25mL氯仿、50mL甲醇,混匀1min;再加25mL氯仿,混匀15s;加25mL去离子水,混匀15s,2000r/min离心10min,弃去上层的甲醇/水和中层的白色固体,吸取并吹干下层的氯仿提取液.吹干物用10mL甲醇:乙腈( $V:V=7:3$ )溶解后,加20mL正己烷,混匀,然后同上条件离心,去掉上层正己烷,液氮吹干剩下的甲醇/乙腈,残余物用1%吐温60/0.9%生理盐水稀释( $V:V=1:1$ )定容备用.

小鼠毒性实验:每个鱼样提取3份,每份100g.对少数几个鱼样肉组织<300g的样品,每份提取50g.实验用小白鼠昆明品系,证号 scxk(粤)2006-0015,购自广州市第一军医大学实验动物中心,体重控制在19~21g.实验时,将提取原液0.5mL或1mL加热至37℃后注射入小鼠的腹腔内,每个样品重复注射3只小白鼠.记录每只小鼠的重量、注射时间、注射量、中毒症状和死亡时间,同时测定体温变化.实验观察24h,并用注射相应体积1%吐温60/0.9%生理盐水( $V:V=1:1$ )溶液的小鼠为对照组.如果小鼠在40min内死亡,需对提取原液进行稀释并重新注射观察.实验时,根据小鼠腹腔注射后是否出现典型的西加鱼毒素中毒症状<sup>[13]</sup>判断样品是否染毒.

毒力的计算和表示:样品的毒性大小用鼠单位(MU)表示.1MU表示使一只重20g的小白鼠在24h死亡所需的腹腔注射剂量.毒力的定量采用剂量-死亡时间关系方程式  $\log MU = 3.7 \log(1 + T^{-1})$ <sup>[14]</sup>计算,其中MU为小鼠单位, $T$ 为存活时间(用h表示).若小鼠4d内未死亡但有体温降低、体重减轻、腹泻、活动减少等症状,则样品所含毒素剂量为0.5MU.最后根据加标回收率估算鱼

肉中毒素的含量<sup>[15]</sup>.

对小白鼠生物法检测的有毒鱼样以高效液相色谱质谱联用法对毒素进行定量分析.

毒素的提取:提取方法同上,只是经液氮吹干后的残余物用 5mL 乙腈:乙酸铵(*V:V*=1:1)溶解,9500r/min 离心 20min,吸取上清液用于上机检测.

系统分析条件:HPLC-MS/MS 系统分析条件为:ACQUITY UPLC BEH C18 色谱柱(2.1mm i.d × 50mm,1.7μm),柱温 40℃.流动相分 2 路,分别是 5mmol/L 乙酸铵(含 0.1%甲酸)和乙腈.梯度洗脱流速 0.2mL/min.采取电喷雾正离子模式,毛细电压 3.5kV,锥电压 30V,源温度 105℃,提取电压 4.0V,喷雾温度 350℃,锥气流速 49mL/min,喷雾

气流速 750L/h.进样量 10μL.选择西加鱼毒素 P-CTX-1 分子离子[M+NH<sub>4</sub>]<sup>+</sup>为前体离子进行多级反应监测(MRM),质荷比(*m/z*)1076 和 1058 的碎片离子为 P-CTX-1 的定性和定量离子.

2 结果

样品检测结果如表 1 所示.试剂盒初步检测发现 6 个采样区均含有鱼毒,总阳性检出率达 50%.具体到各采样区,阳性检出率从高到低依次为福建东山岛(77.8%)、广东徐闻县灯楼角(66.7%)、广东珠海担杆列岛(55.6%)、广西涠洲岛(37.5%)、海南三亚(37.5%)、海南琼海(16.7%).本调查中阳性鱼种类繁多,主要包括蝴蝶鱼科、鹦嘴鱼科、鲷科、笛鲷科和鲈科.

表 1 中国南部沿海近岸鱼类的西加鱼毒素检测结果  
Table 1 Ciguatera toxins in coral fish along the southern coast of China

| 编号    | 样品信息  |        | 酶联免疫<br>法检测结果                   | 毒素含量 (ng P-CTX-1/kg 肉) |       |
|-------|-------|--------|---------------------------------|------------------------|-------|
|       | 体重(g) | 体长(mm) |                                 | 小白鼠生物法                 | 液质联用法 |
| HNSY1 | 600   | 295    | 密斑刺豚                            | 刺豚科                    | —     |
|       |       |        | <i>Diodon hystrix</i>           | Diodontidae            |       |
| HNSY2 | 1240  | 335    | 红双棘鲷                            | 鲷科                     | —     |
|       |       |        | <i>Dispinus ruber</i>           | Holocentridae          |       |
| HNSY3 | 1000  | 290    | 长吻鼻鱼                            | 刺尾鱼科                   | —     |
|       |       |        | <i>Naso unicornis</i>           | Acanthuridae           |       |
| HNSY4 | 730   | 1125   | 黑点裸胸鳐                           | 海鳐科                    | —     |
|       |       |        | <i>Gymnothorax melanoSpilus</i> | Muraenidae             |       |
| HNSY5 | 336   | 240    | 长丝金线鱼                           | 金线鱼科                   | +++   |
|       |       |        | <i>Nemipterus nemathophorus</i> | Nemipteridae           |       |
| HNSY6 | 900   | 386    | 巨石斑鱼                            | 鲈科                     | —     |
|       |       |        | <i>Epinephelus tauvina</i>      | Serranidae             |       |
| HNSY7 | 90    | 150    | 丝蝴蝶鱼                            | 蝴蝶鱼科                   | +     |
|       |       |        | <i>Chaetodon auriga</i>         | Chaetodontidae         |       |
| HNSY8 | 85    | 145    | 叉纹蝴蝶鱼                           | 蝴蝶鱼科                   | +     |
|       |       |        | <i>Chaetodon auripes</i>        | Chaetodontidae         |       |
| HNQH1 | 1180  | 380    | 金焰笛鲷                            | 笛鲷科                    | ++    |
|       |       |        | <i>Lutjanus fulviflamma</i>     | Lutjanidae             |       |
| HNQH2 | 1030  | 375    | 金焰笛鲷                            | 笛鲷科                    | —     |
|       |       |        | <i>Lutjanus fulviflamma</i>     | Lutjanidae             |       |
| HNQH3 | 168   | 190    | 红双棘鲷                            | 鲷科                     | —     |
|       |       |        | <i>Dispinus ruber</i>           | Holocentridae          |       |
| HNQH4 | 135   | 200    | 蜂巢石斑鱼                           | 鲈科                     | —     |
|       |       |        | <i>Epinephelus merra</i>        | Serranidae             |       |
| HNQH5 | 168   | 215    | 巨石斑鱼                            | 鲈科                     | —     |
|       |       |        | <i>Epinephelus tauvina</i>      | Serranidae             |       |
| HNQH6 | 294   | 420    | 黑斑裸胸鳐                           | 海鳐科                    | —     |
|       |       |        | <i>Gymnothorax favagineus</i>   | Muraenidae             |       |
| GXWZ1 | 68    | 140    | 羽纹蝴蝶鱼                           | 蝴蝶鱼科                   | +     |
|       |       |        | <i>Chaetodon strigangulus</i>   | Chaetodontidae         |       |

| 续表    |       |        |                                 |               |                        |       |
|-------|-------|--------|---------------------------------|---------------|------------------------|-------|
| 编号    | 样品信息  |        | 科名                              | 酶联免疫<br>法检测结果 | 毒素含量 (ng P-CTX-1/kg 肉) |       |
|       | 体重(g) | 体长(mm) |                                 |               | 小白鼠生物法                 | 液质联用法 |
| GXWZ2 | 168   | 150    | 叉纹蝴蝶鱼                           | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Chaetodon auripes</i>        |               |                        |       |
| GXWZ3 | 1200  | 405    | 巨石斑鱼                            | +             | 153                    | n.d.  |
|       |       |        | <i>Epinephelus tauvina</i>      |               |                        |       |
| GXWZ4 | 750   | 365    | 二色鹦嘴鱼                           | ++            | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Cetoscarus bicolor</i>       |               |                        |       |
| GXWZ5 | 280   | 200    | 金焰笛鲷                            | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Lutjanus fulviflamma</i>     |               |                        |       |
| GXWZ6 | 1080  | 720    | 波纹裸胸鳐                           | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Gymnothorax undulates</i>    |               |                        |       |
| GXWZ7 | 755   | 650    | 黑斑裸胸鳐                           | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Gymnothorax favagineus</i>   |               |                        |       |
| GXWZ8 | 110   | 180    | 红双棘鲷                            | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Dispinus ruber</i>           |               |                        |       |
| GDZH1 | 340   | 265    | 金焰笛鲷                            | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Lutjanus fulviflamma</i>     |               |                        |       |
| GDZH2 | 1500  | 450    | 巨石斑鱼                            | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Epinephelus tauvina</i>      |               |                        |       |
| GDZH3 | 102   | 160    | 棕点石斑鱼                           | +             | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Epinepheluscoralliaola</i>   |               |                        |       |
| GDZH4 | 2100  | 1000   | 黑点裸胸鳐                           | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Gymnothorax melanospilus</i> |               |                        |       |
| GDZH5 | 100   | 135    | 青点鹦嘴鱼                           | +++           | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Scarus ghobba</i>            |               |                        |       |
| GDZH6 | 100   | 132    | 叉纹蝴蝶鱼                           | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Chaetodon auripes</i>        |               |                        |       |
| GDZH7 | 200   | 235    | 棘鲷                              | +             | n.d.                   |       |
|       |       |        | <i>Adioryx spinifer</i>         |               |                        |       |
| GDZH8 | 300   | 245    | 红九棘鲈                            | +             | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Cephalophlis sonnerati</i>   |               |                        |       |
| GDZH9 | 175   | 165    | 六带豆娘鱼                           | +++           | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Abudefduf sexfasciatus</i>   |               |                        |       |
| GDXW1 | 1050  | 310    | 棘鲷                              | ++            | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Adioryx spinifer</i>         |               |                        |       |
| GDXW2 | 420   | 280    | 巨石斑鱼                            | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Epinephelus tauvina</i>      |               |                        |       |
| GDXW3 | 230   | 209    | 金钱鱼                             | +++           | 153                    | n.d.  |
|       |       |        | <i>Scatophagus argus</i>        |               |                        |       |
| GDXW4 | 280   | 263    | 金焰笛鲷                            | —             |                        |       |
|       |       |        | <i>Lutjanus fulviflamma</i>     |               |                        |       |
| GDXW5 | 900   | 320    | 条尾鲱鲤                            | ++            | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Upeneus bensasi</i>          |               |                        |       |
| GDXW6 | 1040  | 282    | 长头马鹦嘴鱼                          | +             | 162                    | n.d.  |
|       |       |        | <i>Hipposcarus longiaps</i>     |               |                        |       |
| FJDS1 | 520   | 300    | 红双棘鲷                            | ++            | 164                    | 70    |
|       |       |        | <i>Dispinus ruber</i>           |               |                        |       |
| FJDS2 | 500   | 315    | 金焰笛鲷                            | +             | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Lutjanus fulviflamma</i>     |               |                        |       |
| FJDS3 | 760   | 320    | 暗纹东方鲀                           | +++           | 169                    | 130   |
|       |       |        | <i>Fugu obscurus</i>            |               |                        |       |
| FJDS4 | 150   | 440    | 竹斑花蛇鳗                           | +             | 70                     | n.d.  |
|       |       |        | <i>Myrichthys maculosus</i>     |               |                        |       |

续表

| 编号    | 样品信息  |        | 科名                                              | 酶联免疫<br>法检测结果 | 毒素含量 (ng P-CTX-1/kg 肉) |       |
|-------|-------|--------|-------------------------------------------------|---------------|------------------------|-------|
|       | 体重(g) | 体长(mm) |                                                 |               | 小白鼠生物法                 | 液质联用法 |
| FJDS5 | 100   | 160    | 蓝带荷包鱼<br><i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> | +             | 148                    | n.d.  |
| FJDS6 | 400   | 250    | 花尾胡椒鱼<br><i>Plectorhynchus</i>                  | —             |                        |       |
| FJDS7 | 110   | 175    | 羽纹蝴蝶鱼<br><i>Chaetodon strigangulus</i>          | —             |                        |       |
| FJDS8 | 80    | 145    | 丝蝴蝶鱼<br><i>Chaetodon auriga</i>                 | ++            | 148                    | n.d.  |
| FJDS9 | 140   | 160    | 叉纹蝴蝶鱼<br><i>Adioryx spinifer</i>                | +++           | 70                     | n.d.  |

注:HNSY, HNQH, GXWZ, GDZH, GDXW, FJDS分别表示海南三亚、海南琼海、广西涠洲岛、广东珠海担杆列岛、广东徐闻县灯楼角和福建东山岛;“+++”表阳性, 附纸端有较深的半月状蓝色带;“++”表浅阳性, 附纸端有较浅蓝色带;“+”表微弱阳性, 附纸端很难辨别颜色变化;“\_”表阴性, 试剂条没有任何颜色变化;n.d.指未检出;空白项表示未进行小白鼠生物法/HPLC MS-MS法毒素测定

小白鼠法中,除样品 GDZH7 之外,其他使试剂盒呈阳性的鱼样提取液均使小鼠出现典型中毒症状,如体温降低、竖毛、身体蜷缩颤抖、不时用前爪抓嘴、用嘴钳腹部、呼吸急促,有些还出现步态僵直、尾巴变黑变硬拱起,其中 GDXW1 还使小鼠出现后腿麻痹瘫痪.但所有实验小鼠未发现腹泻症状.由小鼠法结果可推知 Cigua-Check 试剂盒正确检出率高达 95.7%.

腹腔注射小鼠时,HNQH1、GDXW3、GDXW6、FJDS1 和 FJDS3 这 5 个鱼样提取液使 2 只或 3 只小鼠致死,鱼肉中含毒水平分别为 155, 153,162,164,169ng P-CTX-1/kg 肉.FJDS5 与 FJDS8 含毒量均为 148ng P-CTX-1/kg 肉.其余 15 个样品尽管未使小鼠 24h 内死亡,但因出现西加鱼毒素的典型中毒症状而估算成 0.5MU, 即 70ng P-CTX-1/kg 肉.P-CTX-1 在肉食性鱼类组织中含量达 100ng/kg 肉时就会对人体构成危害<sup>[16]</sup>,因此 8 个样品(占总样 17.4%)达到可致人中毒水平.总的来说福建东山岛样品的染毒程度比其他海区高.

挑选小鼠法检测为阳性的 22 份样品进一步用液质联用仪进行毒素成分分析,仅在 FJDS1 和 FJDS3 中检测到微量 P-CTX-1,分别为 70, 130ng/kg 肉.其他鱼样均未能检测出 P-CTX-1.因此 FJDS3 一旦被入食用,可能发生中毒事件.

3 讨论

3.1 3 种检测方法的比较

除 GDZH7 鱼样试剂盒法与小鼠法定性检测结果相异外,其余样品均相符.分析 GDZH 未使小鼠出现中毒症状的原因可能为鱼肉组织内毒素含量过低,不足以使小鼠产生反应,今后有必要对此类样品进行浓缩后再进行小鼠法检测,此外,可能鱼肉组织内含有的非西加鱼毒素聚醚环化合物与试剂盒免疫抗体发生交叉反应,使检测结果呈现假阳性,假阴性和假阳性是试剂盒法无可避免的问题.至于 LC-MS/MS 法仅检测出 2 个样品含有毒素,这可能是鱼体内 P-CTX-1 含量较低,而依据本方法提取的鱼组织不足,导致检测样品毒素富集量低于液质联用的检测限,另外,鱼肉毒素组成除 P-CTX-1 外,尚含其他西加鱼毒素组分,据研究,仅太平洋法属波利尼西亚的有毒藻 *G. toxicus* 和珊瑚礁鱼体内就存在多达 23 种西加鱼毒素<sup>[17]</sup>.目前尚无中国海域西加鱼毒素组成的具体信息,可能存在多种非 P-CTX-1 的西加鱼毒素成分,由于缺乏毒素标准品,我国沿海西加鱼毒素的成分特征尚需进一步研究.

3.2 我国南部沿海西加鱼毒素的地理分布

本调查结果表明,我国南部福建、广东沿海的西加鱼毒素检出率高于广西、海南,这可能与我国南部沿海近岸水质环境差异有关.珊瑚礁的生长状况与水体环境质量密切相关.在水质环境差的区域,珊瑚礁“白化”现象严重,而死珊瑚上纤维状或含钙基质通常是产西加鱼毒藻 *Gambierdiscus* spp.生长的依附物.2007 年海洋环

境质量公报<sup>[18-21]</sup>数据表明,琼海、三亚近岸监测海域均为清洁海域,涠洲岛水质属清洁、较清洁类,而珠海市近岸海水水质中度及以上污染,东山岛附近亦有约 40%水体中度及以上污染,由此可推知,较劣水质诸如东山、珠海近岸的珊瑚礁更易遭受破坏,而利于产毒藻密度的增加,从而使该海域直接或间接摄食该藻的珊瑚鱼染毒程度较高。徐闻近岸海域水体属清洁、较清洁类,但其样品阳性检出率仍达 66.7%,推测染毒鱼类由附近高污染海域洄游至此。然而,自 1974 年在西沙群岛首次记录到 *Gambierdiscus toxicus*<sup>[8]</sup>以来,我国沿海尚未进行详细的 *Gambierdiscus* spp.地域调查,亦缺乏该藻的纯培养株,因此,我国南部沿海西加鱼毒素地理分布差异的原因有待进一步考证。另外,也不排除本研究采集的这些鱼类样品为非本海域种,而由其他海域洄游至此。吕颂辉等<sup>[11]</sup>指出,我国近海染有西加鱼毒的鱼类与产毒藻存在密切联系,但不排除部分有毒鱼由境外海域洄游到我国的可能性。

本调查总染毒鱼检出率(50%)远高于邻近的日本冲绳岛(17.6%)<sup>[22]</sup>,可能是因为水域环境差异,我国南部沿海水质较差,更适合 *Gambierdiscus* spp.生长,易使珊瑚鱼染毒,此外,本研究区域更靠近赤道,终年水温较高,更适合产毒藻及珊瑚鱼生存。

### 3.3 染毒鱼类的特点

Oshiro 等<sup>[22]</sup>的研究表明,冲绳岛海域染毒鱼体内的毒素含量和鱼体重、体长成正相关,即体重/体长越大,毒素含量越高,本调查结果未呈现上述特征,而与 Pottier 等<sup>[23]</sup>、Chinain 等<sup>[24]</sup>的结果一致,即鱼组织内毒素的含量和鱼体重/体长没有相关性。值得注意的是,以小鼠法检测出的 22 个有毒样品中肉食性鱼类和其他食性鱼类各占 50%,通过 HPLC-MS/MS 检出含 P-CTX-1 的 2 个鱼样 FJDS1 和 FJDS3,前者为肉食性,后者属杂食性鱼类,这些均意味着我国海域染毒鱼在食性上并无明显差异,个体小的鱼类因生境及摄食习惯仍可含有较高的毒素,因此,避食大个体珊瑚鱼或肉食性珊瑚鱼并不能使消费者避免西加鱼毒中毒,使我国对该类毒素的管理面临严峻问题。

## 4 结论

4.1 6 个调查站位均含有毒鱼,总阳性检出率达 50%,其中福建东山岛(77.8%) > 广东徐闻县灯楼角(66.7%) > 广东珠海担杆列岛(55.6%) > 广西涠洲岛(37.5%) > 海南三亚(37.5%) > 海南琼海(16.7%),其与海域环境质量可能存在一定的关联。

4.2 染毒鱼种类繁多,主要包括蝴蝶鱼科、鹦嘴鱼科、鲷科、鳊科、笛鲷科和鲈科。

4.3 免疫试剂盒法与小白鼠生物法对毒素定性检测结果基本一致,仅在福建东山岛 2 份鱼样中检测到 P-CTX-1。

### 参考文献:

- [1] Roeder Karin, Erler Katrin, Kibler Steven, et al. Characteristic profiles of Ciguatera toxins in different strains of *Gambierdiscus* spp. [J]. *Toxicon*, 2010,56:731-738.
- [2] 廖清高,隋敏生,陈纪平.雪卡毒素中毒的临床特征 [J]. 罕见疾病杂志, 2001,8(2):14-15.
- [3] 胡亚民,陈伟强,关权煊,等.雪卡毒素中毒 132 例临床分析 [J]. 中华内科杂志, 2005,44(10):778-779.
- [4] Wong Chun-Kwan, Hung Patricia, Lee Kellie L H, et al. Study of an outbreak of ciguatera fish poisoning in Hong Kong [J]. *Toxicon*, 2005,46:563-571.
- [5] Wong Chun-Kwan, Hung Patricia, Lee Kellie L H, et al. Features of Ciguatera Fish Poisoning Cases in Hong Kong 2004-2007 [J]. *Biomedical and Environmental Sciences*, 2008,21(6):521-527.
- [6] 伍汉霖,庄棣华,陈永豪,等.中国珊瑚礁毒鱼类研究 [J]. 上海水产大学学报, 2002,9(4):298-307.
- [7] Tsai Wei-Lung, Chen Hong-Ming, Hsieh Cheng-hong, et al. A potential methodology for differentiation of ciguatera toxin-carrying species of moray eel [J]. *Food Control*, 2009,20(6):575-579.
- [8] 陈国蔚.西沙群岛甲藻的研究III. 几种罕见的热带大洋性甲藻 [J]. 海洋与湖沼, 1989,20(3):230-237.
- [9] Lu Songhui, Hodgkiss I J. Harmful algal bloom causative collected from Hong Kong waters [J]. *Hydrobiologia*, 2004,512: 231-238.
- [10] 华泽爱.西加鱼毒的毒素研究概况 [J]. 海洋环境科学, 1994, 13(1):57-63.
- [11] 吕颂辉,李 英.我国西加鱼毒流行现状研究进展 [J]. 中国公共卫生, 2006,22(2):226-227.
- [12] 李春媛,周 玉,张 磊,等.西加毒素的研究概况 [J]. 上海海洋大学学报, 2009,18(3):365-371.
- [13] Lehane Leigh, Lewis Richard J. Ciguatera: recent advances but

- the risk remains [J]. International Journal of Food Microbiology, 2000,61(2-3):91-125.
- [14] 王爱辉.西加鱼毒素检测及其在我国南海近岸的分布 [D]. 广州:华南师范大学, 2008,17-30.
- [15] Lewis Richard J. Detection of ciguatoxins and related benthic dinoflagellate toxins: in vivo and in vitro methods [J]. IOC Manuals Guides (UNESCO), 1995, 3:135-161.
- [16] Lewis Richard J, Jones Alun, Vernoux Jean-Paul, et al. HPLC/tandem electrospray mass spectroscopy for the determination of subppb levels of Pacific and Caribbean ciguatoxins in crude extracts of fish [J]. Anal. Chem, 1999, 71: 247-250.
- [17] Yasumoto Takeshi. The chemistry and biological function of natural marine toxins [J]. The Chemical Record, 2001,1(3):228-242.
- [18] 海南省海洋与渔业厅.2007 年海南省海洋环境公报 [EB/OL]. <http://www.hainan.gov.cn/data/news/2008/06/52990/>. 2008.
- [19] 广西壮族自治区海洋局.广西壮族自治区 2007 年海洋环境质量 [EB/OL]. <http://www.gxoa.gov.cn/NewsView.aspx?id=525>. 2008.
- [20] 广东省海洋与渔业局.2007 年广东省海洋环境质量公报 [EB/OL].<http://www.gdofa.gov.cn/News/2009/10/21/2009102185821B3R4M.htm>. 2008.
- [21] 福建省海洋与渔业局. 2007 年福建省海洋环境状况公报 [EB/OL].[http://www.fjof.gov.cn/\\_xxgk/sjgg/hjzltb/index.html?id=1021](http://www.fjof.gov.cn/_xxgk/sjgg/hjzltb/index.html?id=1021).2008.
- [22] Oshiro Naomasa, Yogi Kentaro, Asato Shuko, et al. Ciguatera incidence and fish toxicity in Okinawa, Japan [J]. Toxicon, 2010, 56:656-661.
- [23] Pottier Ivannah, Vernoux Jean-Paul, Jones Alun, et al. Characterisation of multiple Caribbean ciguatoxins and congeners in individual specimens of horse-eye jack (*Caranx latus*) by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry [J]. Toxicon, 2002,40:929-939.
- [24] Chinain Mireille, Darius H Taiana, Ung André, et al. Ciguatera risk management in French Polynesia: The case study of Raivavae Island (Australes Archipelago) [J]. Toxicon, 2010,56: 674-690.

作者简介: 徐轶肖(1977-),女,浙江兰溪人,南京大学博士研究生,主要从事海洋生态与生物毒素研究.发表论文 10 篇.

## 从梦想到现实有多远?

认识到能源对可持续发展的重要性,联合国大会在第 65/151 号决议中宣布 2012 年为人人享有可持续能源国际年(Sustainable Energy for All).

目标:2030 年可再生能源所占比例翻一番

全球有 14 亿人无法获得现代能源,30 亿人依赖传统的生物物质能源和煤炭作为主要燃料来源,15 亿人用不上电,而且即使有能源服务,数以百万的穷人也负担不起.与此同时,世界亟须迈向清洁能源经济,防止地球气温进一步升高.

在此背景下,联合国大会将 2012 年确定为“人人享有可持续能源国际年”,联合国秘书长潘基文发起了“人人享有可持续能源倡议”.潘基文近日宣布,2030 年力争实现三大目标:确保全世界的人口普遍享有现代能源服务,将能效提高率翻一番,使全球能源组合中可再生能源所占比例翻一番.

潘基文在向“里约+20”会议进程提供的材料中描述到:“在会议上,我们将请所有利益方就在 2030 年之前实现人人享有可持续能源这一目标做出全球承诺.这需要所有国家和所有部门采取行动,为更光明的能源前景做出政策决定和投资决定.工业化国家必须加速向低排放技术转型.发展中国家(其中许多国家正在迅速增长)有机会跳过传统的能源类型,直接采用促进经济和社会发展的较为清洁的替代能源.”

行动:整合私营和公共部门资源

联合国开发计划署已同意建立国家委员会/国家联络点,通过一系列方案协调和政策推新,在国家一级的层面推动实现目标的具体行动.