

# 涠洲岛南湾港海域发生铜绿微囊藻赤潮实例分析\*

## A Case Analysis of the *Microcystis aeruginosa* Red Tide Occurring in the Sea Field of Nanwan Harbor, Weizhou Island

邱绍芳<sup>1,2</sup>, 赖廷和<sup>1,2</sup>, 庄军莲<sup>3</sup>

Qiu Shaofang<sup>1,2</sup>, Lai Tinghe<sup>1,2</sup>, Zhuang Junlian<sup>3</sup>

(1. 广西红树林研究中心, 广西北海 536000; 2. 广西海洋研究所, 广西北海 536000; 3. 广西科学院, 广西南宁 530022)

(1. Guangxi Mangrove Research Center, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. Guangxi Institute of Oceanography, Beihai, Guangxi, 536000, China; 3. Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530022, China)

**摘要:** 根据涠洲岛南湾港海域铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) 赤潮期和非赤潮期的水质监测资料, 对比分析赤潮期和非赤潮期该海域的海水水质状况。在赤潮期, 铜绿微囊藻数量达  $2.08 \times 10^{10}$  个/升, 占浮游植物总量的 99.95% 以上, COD 浓度为 4.47 mg/L, DO 含量为 11.2 mg/L, Chl-a 浓度为 22.5 $\mu$ g/L, 海域营养状况指数为 0.01~0.08, 属贫营养型水域, 除赤潮中心外, 水质没有受到有机污染。在非赤潮期, COD 浓度为 0.82 mg/L, DO 含量为 7.2 mg/L, Chl-a 浓度为 3.8 $\mu$ g/L, 全部测值均符合一类海水标准, 水质状况良好。

**关键词:** 赤潮 水质 生物量 铜绿微囊藻

中图分类号: P734.4 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2005)04-0330-04

**Abstract** According to comparison of the water quality data monitored at the *Microcystis aeruginosa* red tide time and monitored at non-red tide time in the Nanwan Harbor, Weizhou Island, the sea water quality of this area was studied. During the red tide term, the biomass of the *M. aeruginosa* was up to  $2.08 \times 10^{10}$  ind./L, accounted for more than 99.95% of the total amount of the phytoplankton, and the water items were 4.47 mg/L of COD, 11.2 mg/L of DO and 22.5 $\mu$ g/L of Chl-a. The nutrition state index in the sea area was 0.01~0.08, showing that it was the poor nutrition type water areas where no organic pollution was aroused except red tide centre. At the non-red tide time, the water items such as 0.82 mg/L of COD, 7.2 mg/L of DO and 3.8 $\mu$ g/L of Chl-a, which all comply with the first grade sea water standard, showing the water with perfect quality.

**Key words** red tide, water quality, biomass, *Microcystis aeruginosa*

近年来,随着河口、内湾和沿岸水域污染不断加剧,近岸水体富营养化程度日趋严重,赤潮发生的频率和危害程度明显上升。赤潮对海洋环境和人类健康都会产生直接的危害,造成海水养殖业、海洋渔业、滨海旅游业等行业的经济损失并严重影响到海洋生态环境,赤潮已成为沿海地区重要的环境问题。

1999年12月15~17日,广西涠洲岛南湾港海域发

生一次赤潮现象。广西北海海洋环境监测中心随后对赤潮发生区域的水质环境状况作了现场跟踪调查,2000年7月13日非赤潮期该中心对同一海域又作了一次监测。我们利用该中心的两次调查资料,来分析赤潮发生期水质状况的变化,为广西沿海赤潮灾害预测、预防提供参考依据。

### 1 调查区域与方法

赤潮期的调查区域为赤潮发生中心区域——广西北海市涠洲岛南湾港海域,调查时间为1999年12月17、18、24、25日共4d,布设调查测站5个(见图1),采样

收稿日期: 2005-06-22

修回日期: 2005-08-01

作者简介: 邱绍芳(1955-),女,广西防城港人,工程师,主要从事海洋生物和海洋环境化学研究。

\* 广西自然科学基金(桂科自0229011)资助项目。

4次调查项目有:水温(T)、pH值、盐度(S)、浊度(D)、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NH<sub>3</sub>-N、无机磷(PO<sub>4</sub>-P)、溶解氧(DO)、化学耗氧量(COD)、叶绿素a(Chl-a)、铁、锌、锰、赤潮生物及数量分布等。调查方法按《海洋监测规范》<sup>[1]</sup>进行,所采集的水样按《海洋监测规范》方法进行固定保存,然后带回实验室分析测定,其中pH值用82型pH计测定,DO含量用碘量法测定,COD含量用碱性高锰酸钾法测定,其他5项营养盐含量分别用镉柱还原法、萘乙二胺法、次溴酸氧化法、磷钼蓝法、硅钼蓝法进行分析。

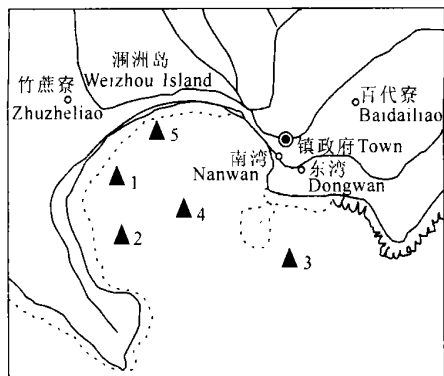


图1 涠洲岛赤潮监测站位

Fig. 1 Sampling stations for the algae bloom monitoring in the sea field of Weizhou island

非赤潮期的调查区域、站位、项目及分析方法与

表1 涠洲岛赤潮水质监测结果及A、E值

Table 1 The monitoring results of water quality during the red tide occurring in the sea field of Weizhou Island, and the A and E values

日期 Date	站位 Spot	pH值 pH value	COD (mg/L)	S (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	DO (mg/L)	Chl-a (μg/L)	铜绿微囊藻 <i>Microcystis aeruginosa</i> (ind./L)	E	A
17日 17th	1#	8.37	4.47	30.8	0.004	△	0.127	0.007	11.2	22.5	2.08 × 10 <sup>10</sup>	0.95	1.52
	2#	8.13	1.20	30.8	△	0.02	0.026	0.004	8.4	1.8	<10 <sup>6</sup>	0.05	-0.29
	3# -1	8.06	0.92	30.9	0.003	0.02	0.029	0.006	7.6	2.4	3.78 × 10 <sup>6</sup>	0.06	-0.15
	3# -2	8.09	0.92	30.9	0.004	0.02	0.030	0.007	-	2.6	1.34 × 10 <sup>10</sup>	0.08	-
18日 18th	1#	8.20	1.30	30.8	0.008	△	0.081	0.002	7.4	14.2	4.9 × 10 <sup>9</sup>	0.05	0.92
	2#	8.12	0.84	31.0	△	0.01	0.004	0.002	7.2	9.5	<10 <sup>6</sup>	0.01	-0.57
	3#	8.15	0.51	31.1	△	△	0.011	0.002	7.2	5.2	<10 <sup>6</sup>	0.00	-0.72
	4# -1	8.18	0.58	31.1	△	0.01	0.005	0.008	7.5	0.4	3.9 × 10 <sup>9</sup>	0.02	-0.35
	4# -2	8.17	0.62	31.1	0.007	△	0.094	0.001	-	0.5	2.26 × 10 <sup>9</sup>	0.01	-
23日 23th	5#	8.17	0.48	31.1	0.004	0.01	0.016	△	7.6	2.1	<10 <sup>6</sup>	0.00	-0.84
	1#	8.09	0.94	31.0	0.004	0.07	0.008	0.001	8.1	2.6	<10 <sup>6</sup>	0.01	-0.40
	2#	8.18	0.66	31.1	0.004	0.04	0.007	0.001	8.2	1.7	<10 <sup>6</sup>	0.01	-0.72
	3#	8.24	0.62	31.2	△	0.02	0.008	△	8.3	2.8	<10 <sup>6</sup>	0.00	-0.39
	4# -1	8.24	0.59	31.1	△	△	0.011	0.004	8.5	3.3	<10 <sup>6</sup>	0.01	-0.76
24日 24th	4# -2	8.24	0.59	31.2	△	0.04	0.006	0.001	-	0.7	<10 <sup>6</sup>	0.01	-
	5#	8.19	0.59	31.2	0.003	0.02	0.004	0.001	8.9	1.2	<10 <sup>6</sup>	0.00	-0.79
	1#	8.18	0.56	31.1	0.004	0.06	0.007	0.003	7.7	1.4	<10 <sup>6</sup>	0.03	-0.85
	2#	8.15	0.59	31.3	0.004	0.07	0.003	0.003	7.8	1.4	<10 <sup>6</sup>	0.03	-0.42
	3#	8.17	0.44	31.3	0.004	0.07	△	0.003	7.6	1.1	<10 <sup>6</sup>	0.02	-0.47
	4# -1	8.18	0.44	31.3	0.004	0.05	△	0.004	7.9	1.0	<10 <sup>6</sup>	0.02	-0.55
	4# -2	8.16	0.47	31.3	0.004	0.05	0.003	0.004	-	1.7	<10 <sup>6</sup>	0.02	-
	5#	8.16	0.36	31.3	0.004	0.08	0.003	0.003	-	1.4	<10 <sup>6</sup>	0.02	-

△: 未检出, the "△" shows that it can't be checked.

赤潮期的相同,调查时间为2006年7月13日。

水体状况评价是通过营养状态指数式<sup>[2,3]</sup>:

$$E = \frac{COD \times DIN \times DIP}{4500} \times 10^6$$

评价水体营养程度的高低,当E ≥ 1时水体即为富营养化。

通过水质指数A<sup>[4]</sup>:

$$A = \frac{COD_i}{COD_o} + \frac{N_i}{N_o} + \frac{P_i}{P_o} + \frac{DO_i}{DO_o}$$

评价污染程度 水质指数A的计算式中,COD<sub>i</sub>、N<sub>i</sub>、P<sub>i</sub>、DO<sub>i</sub>为实测值,COD<sub>o</sub>、N<sub>o</sub>、P<sub>o</sub>、DO<sub>o</sub>分别为相应的海水一类水质标准值(3mg/L,0.1mg/L,0.015mg/L和5mg/L),然后根据文献[1]的有机污染评价分级表来对污染程度作出评价,A值<0为良好,0~1为较好,1~2为开始受到污染

## 2 结果与分析

### 2.1 赤潮发生期间水质监测结果

1999年12月15日,涠洲岛南湾港海域发生赤潮灾害现象,赤潮生物为铜绿微囊藻,在湾内海面上均看到浅褐色透明圆形的浮游藻类,影响面积大约长2000m,宽25~40m,成一带状展布于涠洲岛南湾港西部沿岸海域。1日对赤潮发生区域进行布点跟踪监测,由监测结果表可知,1号测站,铜绿微囊藻赤潮生

物数量达  $2.08 \times 10^{10}$  个/升,占浮游植物总量的 99.95% 以上, COD 浓度达  $4.47 \text{ mg/L}$ , 超过三类海水标准, DO 含量达  $11.2 \text{ mg/L}$ , 叶绿素 a 浓度达  $22.5 \mu\text{g/L}$ , 超出富营养化阈值。浊度、无机氮浓度也明显高于其它测站。3号测站,铜绿微囊藻赤潮生物数量也达  $3.78 \times 10^6$  个/升。到了18日,1号测站和4号测站铜绿微囊藻赤潮生物也有偏高现象。12月23日以后,调查区域内所有测站的铜绿微囊藻赤潮生物数量降至  $10^6$  个/升,赤潮已到消亡期,各测站各项测值已达到正常值,符合一类海水水质标准,没有超出富营养化阈值。由营养状态指数 E 值可以看出,涠洲岛南湾港海域营养状况指数均在 0.01~0.08 之间(除 1999 年 12 月 17 日 1 号测站外),属贫营养型水域。从水质指数 A 值可以看出除 1999 年 12 月 17 日 1 号测站赤潮发生期间水质受到有机污染外,其余测站水质良好。

从赤潮分布范围看,1号、3号、4号测站为赤潮中心区,其 DO、COD、无机氮含量明显偏高,其余测站为赤潮边缘区,其各项测值相对偏低(表 1)。赤潮成一带状,由海岸 1 号测站向湾外 3 号测站展布。

### 2.2 非赤潮发生期水质监测结果

由表 2 可以看出,非赤潮发生期该区域的水质状况良好, COD 浓度为  $0.82 \text{ mg/L}$ , DO 含量为  $7.2 \text{ mg/L}$ , 叶绿素 a 浓度为  $3.8 \mu\text{g/L}$ , 浊度含量为 1.5, 无机磷、无机氮浓度分别为  $0.005 \text{ mg/L}$  和  $0.058 \text{ mg/L}$ , 全部测值均符合一类海水标准。

表 2 涠洲岛海区水质监测结果

Table 2 The monitoring result of the sea water quality of Weizhou island

名称 Name	T (°C)	透明度 SD (m)	D (°)	S (mg/L)	pH 值 pH value	DO (mg/L)	COD (mg/L)	DIN (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Mn (μg/L)	Fe (μg/L)	Zn (μg/L)	Chl-a (μg/L)
样品数量 Amount of sample	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
测值范围 Range	30.0~ 30.0	2.5~ 4.2	0.8~ 2.1	30.8~ 30.9	8.13~ 8.19	6.7~ 7.5	0.44~ 1.10	0.03~ 0.10	0.005	0.005	0.0035~ 0.008	0.005~ 0.010	3.3~ 4.2
平均值 Average	30.0	3.2	1.5	30.8	8.16	7.1	0.81	0.058	0.005	0.005	0.004	0.008	3.8
超一类标准 Ultra first-class standard(%)	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	-

表 3 涠洲岛赤潮发生期与非发生期水质状况对比

Table 3 The comparison of water quality between the red tide term and the not red tide term

时间 Date	pH 值 pH value	D(°)	COD (mg/L)	S (mg/L)	DO (mg/L)	DIN (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Chl-a (μg/L)	Fe (μg/L)	Zn (μg/L)	Mn (μg/L)
1999-12-17	8.16	2.1	1.88	30.8	9.1	0.076	0.010	7.3	0.0035	0.005	0.01
1999-12-18	8.16	0.8	0.72	31.0	7.4	0.049	0.005	5.3	0.0035	0.0025	0.01
1999-12-23	8.20	1.1	0.66	31.1	8.4	0.040	0.005	2.0	0.0035	0.0025	0.01
1999-12-24	8.17	0.5	0.48	31.3	7.8	0.067	0.005	1.3	0.0035	0.0025	0.01
2000-07-13	8.16	1.5	0.82	30.8	7.2	0.058	0.005	3.8	0.0035	0.008	0.005

### 2.3 赤潮期与非赤潮期水质监测结果对比分析

由表 3 可知, 1999 年 12 月 17 日, 赤潮期该区域的 DO、COD、浊度、无机氮、叶绿素 a 浓度等明显高于非赤潮期所对应的各项观测结果, 而 pH 值、盐度、无机磷、铁的浓度没有明显差异。在赤潮期, 锌浓度低于非赤潮期, 而锰在赤潮期则正好达到检出限, 而在非赤潮期锰未检出。除锌、锰外, 赤潮消亡期各测站指标值与非赤潮期没有明显差异。

## 3 讨论

从跟踪监测结果看, 涠洲岛南湾港此次赤潮影响范围并不大, 面积约  $6.5 \times 10^4 \text{ m}^2$ , 赤潮带由岸向湾口伸展, 赤潮发生至消亡持续时间长达 3d 之久。此次发生赤潮严重区是位于岸边的 1 号测站, 其海水化学 COD 值耗氧量超过三类海水水质标准, 其余各测站相关指标值均符合一类或二类海水水质标准, 说明该海域水质还未受到更大的污染。

涠洲岛南湾港此次发生赤潮时间为入冬季节, 此时海面气温和水温较低, 不适宜赤潮生物大量繁殖。涠洲岛南湾港海域冬季发生赤潮的原因很可能与地理环境有关, 因为涠洲岛正处在北海市的正南面, 冬季盛吹北风, 正好把北海陆岸大量的污染物质往岛内输送, 而南湾港内的水交换条件较差, 被污染的海水逐渐呈现富营养化, 这就为赤潮生物提供了适宜的生长环境。

此次发生在涠洲岛南湾港海域的赤潮生物主要为铜绿微囊藻。铜绿微囊藻是淡水种类生物<sup>[5]</sup>,常会引起淡水水华,但自1999年首次报道在廉州湾<sup>[6]</sup>及北海银滩(广西海洋研究所.广西沿海赤潮的调查研究.1995.29)附近海域形成赤潮以来,近年来北部湾海域常发生此种藻类引发的赤潮,而涠洲岛四周并无入海河流,该种藻类的来源及由什么环境因子刺激使其大量繁殖而形成赤潮等,这些还有待于进一步深入研究。

铜绿微囊藻适宜生长在温度较高和碱性较重的环境中,当水温为28~33℃,pH值为8~9.5时繁殖最快<sup>[7]</sup>。但是,此次涠洲岛南湾港铜绿微囊藻赤潮发生在冬季,水温较低;1995年廉州湾铜绿微囊藻赤潮也发生在3月,水温18~18.5℃(广西海洋研究所.广西沿海赤潮的调查研究.1995.29);2004年廉州湾再次发生铜绿微囊藻赤潮时的水温为18.8℃<sup>[8]</sup>。这三次铜绿微囊藻赤潮都是发生在如此低温的环境下,如果在铜绿微囊藻适宜生长的温度下发生赤潮,其造成的危害势必更大。现在廉州湾一带海域每年均会发生由铜绿微囊藻引发的赤潮,并有越来越频繁及危害越来越严重的趋势,铜绿微囊藻还能引发肝癌<sup>[9]</sup>等危害,应该引起重视。建议今后对铜绿微囊藻在海水中的生长及繁殖状况作更深入的研究,以预防及减少此种藻

类带来的危害。

参考文献:

- [1] GB17378,4-1998,海洋监测规范[S].
- [2] 张树洪.临洪河口区域富营养化的初步探讨[J].海洋环境科学,1993,12(2):48-51.
- [3] 邹景忠,董丽萍,秦保平,等.渤海富营养化和赤潮问题的初步探讨[J].海洋环境科学,1983,2(2),41-54.
- [4] 蒋国昌,王玉衡,董恒霖,等.浙江沿海富营养化程度的初步探讨[J].海洋通报,1997,6(4):38-45.
- [5] 胡鸿钧,李晓英.中国淡水藻类[M].上海:上海科学技术出版社,1980.10.
- [6] 韦蔓新,何本茂,赖廷和.廉州湾赤潮形成期间pH值和溶解氧的时空分布及其与环境因素的关系[J].广西科学,2004,11(3):221-224.
- [7] 牡丹江农业信息网.鱼类的病敌害及防治方法[EB/OL].http://www.mdjagn.gov.cn/mdjyy/list.asp?id=2217,2003-12-18.
- [8] 邱绍芳,赖廷和.廉州湾近岸的海水理化要素含量的变化特征[J].广西科学院学报,2005,21(3):151-154.
- [9] 林娅,赵章元.还有多少干净的水[EB/OL].http://www.people.com.cn/GB/huanbao/8220/30473/33073/33082/2460873.html,2004-05.

(责任编辑:韦廷宗 邓大玉)

(上接第329页 Continue from page 329)

受潮汐作用影响,海水交换强,至8月21日,异养菌数又降为低值。弧菌数的变化趋势与异养菌相似。

目前通过多种技术平台的构建,扩展了人们对自然环境中细菌的认识和利用<sup>[7,8]</sup>,对于水域中存在的细菌,采取不同的研究方法,得到的细菌数亦存在差异<sup>[9]</sup>。采用本文的研究方法,我们得出大墩海站点的异养菌数多在 $10^2 \sim 10^3$  cfu/ml之间,最高值 $1.23 \times 10^4$  cfu/ml;北背岭站点的异养菌数主要为 $10^3 \sim 10^4$  cfu/ml。大墩海处于轻度污染至微中度污染状态,北背岭处于中度污染状态。由此可见,北海市南部局部近岸海域已受到来自对虾养殖等带来的污染,但污染不严重,应该引起有关部门的重视。

参考文献:

- [1] David J W, Moriarty. The role of microorganisms in aquaculture ponds[J]. Aquaculture, 1997, 151: 333-349.
- [2] 王文兴,叶孝经,牟敦采,等.青岛太平角和即墨丰城沿海异养菌和条件致病菌的研究[J].黄渤海海洋,1983,1(2):68-79.
- [3] 于占国,林凤翔,贺杰.异养细菌与虾病关系的研究

[J].海洋学报,1995,17(3):85-91.

- [4] 韦蔓新,童万平.北海湾无机氮的分布及其与环境因子的关系[J].海洋环境科学,2000,19(2):25-29.
- [5] 韦蔓新,童万平,赖廷和.广西北海湾COD与水文生物要素及不同形态氮磷的关系[J].台湾海峡,2002,21(2):162-166.
- [6] 国家海洋局.海水增养殖区监测技术规程[M].北京:国家海洋局,2002.
- [7] Handelsman J, Rondon M R, Brady S F, et al. Molecular biology access to the chemistry of unknown soil microbes: A new frontier for natural products[J]. Chemistry & Biology, 1998, 5(10): 245-249.
- [8] Lee S W, Won K, Lin H K, et al. Screening for novel lipolytic enzymes from uncultured soil microorganisms[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2004, 65(6): 720-726.
- [9] 许兵,徐怀恕.水生细菌几种计数方法的比较[J].青岛海洋大学学报,1992,22(3):43-46.

(责任编辑:邓大玉)