

青岛湾潮间带沉积物中叶绿素的分析

吴以平, 刘晓收

(中国海洋大学 海洋生命学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 为了解潮间带沉积物中底栖微藻的现存状况, 于 2003 年 10 月至 2004 年 4 月, 分 4 次测定分析了青岛湾潮间带沉积物中的叶绿素 a 和脱镁叶绿酸含量。结果表明, 0~2 cm 层沉积物中叶绿素 a 的含量在 1.73~5.71 $\mu\text{g/g}$, 脱镁叶绿酸含量在 0.02~1.89 $\mu\text{g/g}$, 2~5 cm 层沉积物中叶绿素 a 的含量在 0.51~4.32 $\mu\text{g/g}$, 脱镁叶绿酸含量在 0.12~1.58 $\mu\text{g/g}$ 。随深度增加, 叶绿素含量减少; 叶绿素 a 是主要存在形式, 脱镁叶绿酸含量占叶绿素 a 含量的 10%~75%; 同时分析了水质和沉积物粒度对叶绿素含量的影响, 结果表明叶绿素的含量和组成比例与水质有关; 粒度越细的沉积物, 叶绿素含量较高而且稳定。

关键词: 潮间带; 沉积物; 叶绿素; 脱镁叶绿酸

中图分类号: X171.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)11-0008-05

在海洋里的各种光合作用色素中, 叶绿素 a 是底栖藻、浮游藻类都含有的色素, 底栖藻中除了各种大型藻外, 还有许多微藻, 主要是硅藻, 有时还含有一些海水中沉降到沉积物中的其他浮游藻。这些底栖微藻是小型底栖动物的主要摄食对象, 由此启动了整个底栖食物链。以往对叶绿素的研究工作, 主要侧重于水体水柱中, 以此表征浮游植物的现存量。20 世纪 60 年代以来, 国外一些学者开始致力于沉积物叶绿素这方面的研究, 国内则很少见有报道。而实际上据已有的研究资料表明, 沉积物中的底栖微藻对水体初级生产力的贡献是不可忽视的。

海洋沉积物的类型有所不同, 有的终年淹没在水中, 水深从十几米到几十米不等, 有的则分布于潮间带, 每天经历潮汐涨落, 有节奏的经历处于空气中和淹没于水中交替的过程, 环境因子变化急剧而有规律, 国内对潮间带沉积物中叶绿素的研究迄今偶见报道。作者通过对秋、冬、春三季青岛湾潮间带沉积物中叶绿素 a 及其降解产物脱镁叶绿酸的测定, 初步了解了这一区域沉积物中叶绿素的水平、垂直和季节分布情况, 并分析了水质和沉积物粒度对其的影响。

1 材料与方法

1.1 站位的设置

站位设置如图 1 所示, 在青岛湾潮间带共设置了 4 个站位, B 点位于岸边排污口正南方约 150 m 处, 以此为基点, A 点向岸边北移约 100 m, C 点西移约 200 m, D 点西移约 400 m。A、B 两点常年有污水流经, 而 C、D 两点则离排污口较远。

1.2 样品采集时间

分别于 2003 年 10 月 25 日、12 月 21 日、2004 年 3 月 6 日、4 月 4 日, 均为农历初一或十五左右, 一天中的最低潮时进行采集。

1.3 采集方法与层次

用直径 3 cm 的塑料取样器, 分别取表层 0~2 cm 和 2~5 cm 两层沉积物, 每种样品均取 3 个平行样, 装入干净的塑料袋中, 置于冰柜中 -18 $^{\circ}\text{C}$ 冷冻保存。

收稿日期: 2004-07-21; 修回日期: 2005-03-01

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G1999043709)

作者简介: 吴以平 (1953-), 女, 浙江海宁人, 高级工程师, 主要从事海洋生物和生态方面的研究, 电话: 0532-82032342, E-mail: yiping1228@21cn.com

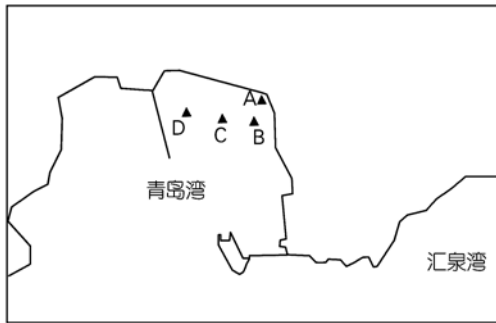


图1 采样站位
Fig.1 The survey stations

1.4 样品分析与计算

将冷冻的沉积物样品解冻后,按刘晖等的方法^[1],用湿法进行叶绿素的提取,用荧光法测定^[2],所用荧光计是日本岛津公司生产的 RF-5301PC 荧光计,对脱镁叶绿酸的计算是采用王荣对原公式校正后的公式进行的^[3]。用两种方法表示沉积物中叶绿素的量:质量法和面积法,前者通过称量并测定沉积物的质量含水量,计算在单位质量(干质量)中叶绿素的含量,以 $\mu\text{g/g}$ 表示;后者通过测量取样器的截面积和每层次沉积物取样的总质量,计算在1 cm 高度单位面积中叶绿素的含量。

2 结果与讨论

2.1 不同季节不同站位沉积物中叶绿素和脱镁叶绿酸的含量与分布特征

由图 2、3、4、5 可知,2003 年 10 月、12 月、2004 年 3 月、4 月 0~2 cm 层沉积物叶绿素 a 的含量, A、B、C、D 各站位分别在 1.94~2.94、1.73~4.74、2.50~5.71、3.17~5.26 $\mu\text{g/g}$, A、B 站较低, C、D 站较高; 2~5cm 层沉积物叶绿素 a 的含量, A、B、C、D 各站位分别在 0.84~1.66、0.51~2.04、2.31~4.32、2.54~2.97 $\mu\text{g/g}$, 同样表现为 A、B 站较低, C、D 站较高的规律。

叶绿素的垂直分布, 4 个站位在不同季节均表现为随深度增加, 含量降低的规律。

2003 年 10 月、12 月、2004 年 3 月、4 月 0~2 cm 层沉积物脱镁叶绿素 a 的含量, A、B、C、D 各站位分别在 0.79~1.78、0.40~0.90、0.48~1.89、0.02~0.60 $\mu\text{g/g}$, A 站最高, D 站最低; 2~5 cm 层沉积物脱镁叶绿素 a 的含量, A、B、C、D 各站位分别在 0.53~1.58、0.38~0.94、0.35~1.46、0.12~0.75 $\mu\text{g/g}$, 同样表现为 A 站最高, D 站最低的规律。

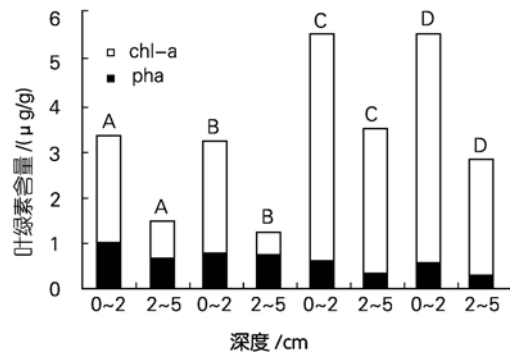


图2 2003 年 10 月沉积物叶绿素含量
Fig.2 The content of chlorophyll in the sediments in October 2003

A、B、C、D 为站位, 下图相同

A,B,C and D are the survey stations, the same below

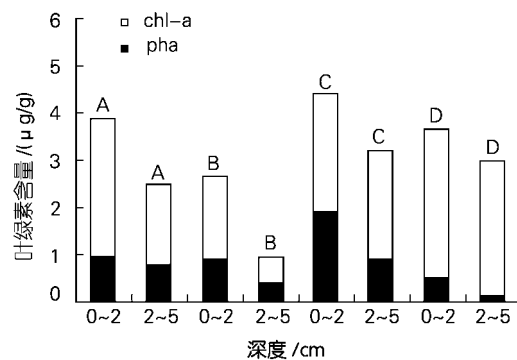


图3 2003 年 12 月沉积物叶绿素含量
Fig.3 The content of chlorophyll in the sediments in December 2003

脱镁叶绿酸的垂直分布, 4 个站位在不同季节的表现规律有所不同, 62.5% 表现为随深度增加, 含量降低, 37.5% 表现为随深度增加, 含量增加, 但是由于叶绿素总含量随深度增加降低了, 因此, 4 个站位在不同季节均表现为随深度增加脱镁叶绿酸在总叶绿素所占的比例增加的规律, 这可能是因为沉积物深度的增加影响了藻类生长所需的光照, 使之处于相对不良的生境, 易于衰老死亡, 色素也易于降解而造成的。

2003 年 10 月、12 月、2004 年 3 月、4 月 0~2cm 层沉积物总叶绿素的含量, A、B、C、D 各站位分别在 3.48~3.88、2.63~5.54、4.39~6.54、3.67~5.85 $\mu\text{g/g}$;



2~5cm 层沉积物总叶绿素的含量, A、B、C、D 各站点分别在 1.50~2.56、0.95~2.77、3.20~5.79、2.82~3.73 $\mu\text{g/g}$, A、B 点明显低于 C、D 点, 叶绿素 a 在总叶绿素中所占的比例, A、B 点多数低于 C、D 点。因此, 可以断定 A、B 点不利于藻类生长和生存, 其原因应与环境有关。

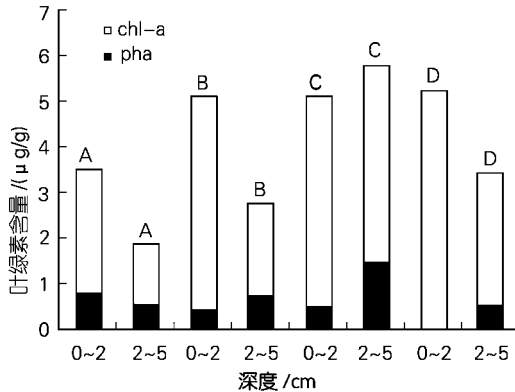


图4 2004年3月沉积物叶绿素含量

Fig.4 The content of chlorophyll in the sediments in March 2004

2.2 水质和污水排放对沉积物叶绿素含量的影响

为了解水质和污水排放对沉积物叶绿素的影响, 2003年10月, 在采集沉积物样品的同时, 采集了 A、B 点和 C、D 点的 2 种海水样品, 测定了溶解氧 (DO) 硝态氮 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 亚硝态氮 ($\text{NO}_2\text{-N}$) 铵态氮 ($\text{NH}_4\text{-N}$) 活性磷酸盐 ($\text{PO}_4\text{-P}$) 化学需氧量 (COD) 等多项指标, 测定方法均依照“海洋监测规范”进行^[2], 结果见表 1。

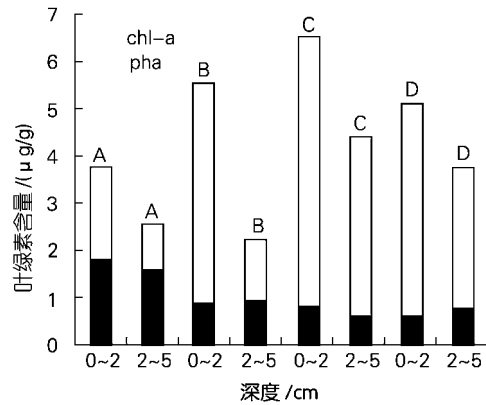


图5 2004年4月沉积物叶绿素含量

Fig.5 The content of chlorophyll in the sediments in April 2004

表1 不同站点的水质状况及国家标准

Tab.1 The status of water quality of different survey stations and national standard

采样点	DO (mg/L)	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L)	总无机氮 (mg/L)	$\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/L)	COD (mg/L)
A、B	1.7225	0.0185	2.1755	0.0795	2.2735	0.0246	4.6523
C、D	7.5735	0.016	0.405	0.0642	0.4852	0.0172	1.5090
GB3097-1997	>4				< 0.40	< 0.030	< 4

从表 1 可以看出, 在所测各项指标中, 有污水流经的 A、B 点水中溶解氧, 化学需氧量, 总无机氮均严重超标, 而 C、D 点的水质除无机氮略有超标外, 其余均达到国家标准。潮间带底栖微藻一天中有一半以上的时间生活在水中, 排污口区域的海水是由海水和污水混合而成的, 退潮时, 虽然海水退去, 但污水仍源源不断流出, 从沉积物叶绿素的测定结果看, 污水对沉积物叶绿素的影响是较大的。A、B 两点位于污水流经的直线位置上, A 点离排污口近些, B 点离排污口稍远些, 因此, 此两站点的叶绿素含量较低而脱镁叶绿素含量较高, 很可能与污水排放有关, COD 超标即表示有机物含量超标, 造成水中溶解氧含量

低, 不利于微藻的正常呼吸和正常生长, 并会引起光合色素的降解; 无机氮的严重超标, 可能对藻类生长造成渗透胁迫而影响其正常生长。C、D 两点离排污口较远, 垂直于污水排放的方向而与海岸线平行, 因此两站点的水质状况良好, 沉积物中叶绿素含量较高而脱镁叶绿素含量较低, 可以代表低潮带沉积物中叶绿素和脱镁叶绿素的正常含量。

2.3 温度及沉积物粒度对叶绿素含量的影响

从 2003 年 10 月到 2004 年 4 月, 4 次采样时的气温依次为: 10 月 12~16、12 月 1~6、3 月 0~7、4 月 5~13, 从测定的结果可知温度对 A 点的叶绿素含量影响不大, 对其他各点的叶绿素含量有

一定影响, 12月最低, 10月和4月较高, 表现为随温度升降而增减的规律, 但3月气温较低而叶绿素含量却并不低, 可能是采集前几天气温较高的缘故, 也可能与人类的活动或生物扰动有关。

4个站位沉积物的粒度分布情况如图6所示。

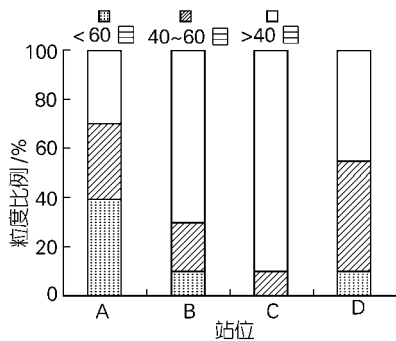


图6 各站位沉积物粒度比例

Fig.6 The proportions of sediment particle sizes in different stations

从图6可以看出, 4站位相比较, A点沉积物粒度较粗, C点粒度最细。粒度较粗的沉积物中生存的微藻, 在每天潮起潮落的冲击和吸引下, 其蓄积量会减少, 这可能也是A点叶绿素含量相对较低的原因之一。C点的总叶绿素量, 在4次测定中都是最高的, 这说明粒度细的沉积物, 微藻的蓄存就会多且稳定些, 但微藻的蓄存也是受多种因素影响的, 如B点的粒度比D点“细”些, 而叶绿素a含量却相对较低, 此点是污水流经区域, 说明污染物是影响B点叶绿素a含量的主要因素。

2.4 潮间带与深水中沉积物叶绿素含量的比较

与在深水水域沉积物中的微藻相比较, 潮间带沉积物中微藻的生长和生存环境有所不同, 每天经历潮起潮落的吸力和冲击力, 光照和温度条件的改变较大以及人类活动所带来的影响等等, 因此, 潮间带与深水中沉积物叶绿素含量和特征有异同点。笔者曾做过渤海、胶州湾、东黄海等一些深水水域沉积物中叶绿素含量的分析, 其叶绿素a的含量0~2cm层一般在0~1 μg/g, 而脱镁叶绿酸的含量则一般在0.3~3 μg/g, 为叶绿素a含量的3倍左右; 远克芬^[4]对黄河口及邻近海域沉积物中叶绿素的分析结果, 叶绿素a平均含量为0.78 μg/g, 脱镁叶绿酸含量平均为2.80 μg/g, 李肖娜等^[5]对东海赤潮高发区沉积物中叶绿素的分析结果, 其叶绿素a和脱镁叶绿酸的含量也在0~1 μg/g和0.3~3 μg/g; 而潮间带沉积物中叶绿素a的

含量, 非污染区域0~2cm层在2.5~6 μg/g, 脱镁叶绿酸的含量在0.5~2 μg/g, 为叶绿素a含量的10%~75%左右。这种深水水域沉积物脱镁叶绿酸含量高于叶绿素a含量, 潮间带沉积物脱镁叶绿酸含量低于叶绿素a含量的现象, 主要是光照、温度、营养水平不同造成的。脱镁叶绿酸在总叶绿素中的比例, 随沉积物深度增加而增加的特点, 深水水域与潮间带污染区域是相同的, 这充分说明不良环境会导致藻类休眠、死亡和解体, 叶绿素a降解为脱镁叶绿酸。

2.5 质量法和面积法表示潮间带沉积物中叶绿素含量的比较

用面积为单位来表示时, 0~2cm层总叶绿素含量在32.7~73.98 mg/m², 2~5cm层总叶绿素含量在13.92~76.65 mg/m²。对用干质量和面积两种单位来表示沉积物中叶绿素的含量, 进行了比较(图7、8、9、10), 从图形上看, 两种表示法的结果基本相

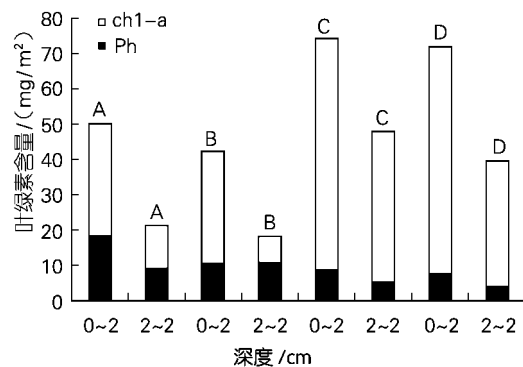


图7 2003年10月沉积物叶绿素含量

Fig.7 The content of chlorophyll in the sediments in October 2003

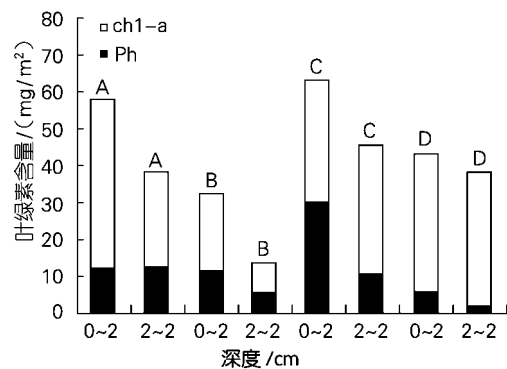


图8 2003年12月沉积物叶绿素含量

Fig.8 The content of chlorophyll in the sediments in December 2003

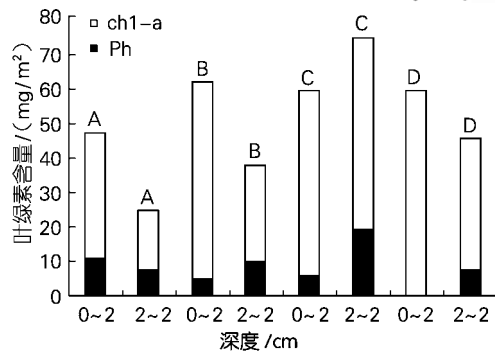


图9 2004年3月沉积物叶绿素含量

Fig.9 The content of chlorophyll in the sediments in March 2004

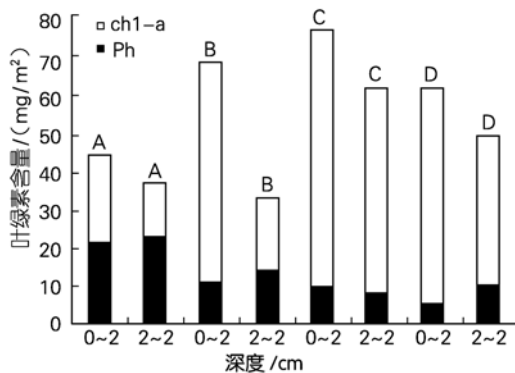


图10 2004年4月沉积物叶绿素含量

Fig.10 The content of chlorophyll in the sediments in April 2004

同,但也有些差异。沉积物中的物质含量通常是以干质量为单位表示的,由于沉积物中所含有的水分是藻类生存所必需的,以干质量为单位表示沉积物中叶

绿素的含量,其合理性和确切性可能存在一定的不足。宁修仁等^[6]认为,以单位面积表达叶绿素a浓度,不受干湿质量比率的影响,并可与初级生产力的表达方式一致。因此,将泥沙水融为一体的面积表示法,似乎更确切、更合理些。但是如果采样区域地形复杂,所采沉积物不能充满采样器时,面积法就不适合采用。

3 结论

秋、冬、春三季青岛湾潮间带沉积物中叶绿素的含量,0~2 cm 层叶绿素a在1.73~5.71 μg/g,脱镁叶绿酸在0.02~1.89 μg/g,2~5cm 层叶绿素a在0.51~4.32 μg/g,脱镁叶绿酸在0.12~1.58 μg/g,随深度增加含量减少;叶绿素a是主要存在形式,脱镁叶绿酸含量为叶绿素a含量的10%~75%。

潮间带区域如有污水排放,则会影响叶绿素的含量和组成比例;沉积物的粒度对叶绿素的含量也有影响。

参考文献:

- [1] 刘晖,吴以平,高尚德,等.即墨养虾场虾病爆发前期底质中叶绿素的变化[J].海洋湖沼通报,1998,1:65-69.
- [2] 国家海洋局.海洋监测规范[M].北京:海洋出版社,1991.265-281,688-690.
- [3] 王荣.荧光法测定浮游植物色素计算公式的修正[J].海洋科学,1986,10(5):1-5.
- [4] 远克芬.黄河口及邻近海域沉积物中的叶绿素和有机物[J].青岛海洋大学学报,1990,20(1):46-50.
- [5] 李肖娜,周伟华,刘素美,等.东海赤潮高发区沉积物中叶绿素的分析[J].应用生态学报,2003,14(7):1102-1106.
- [6] 宁修仁,刘子琳,蔡昱明.象山港潮滩底栖微型藻类现存量 and 初级生产力[J].海洋学报,1999,21(3):98-105.

An analysis of chlorophyll in the sediments of the intertidal zone, Qingdao Bay

WU Yi-ping, LIU Xiao-shou

(College of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Jul., 21, 2004

Key words: the intertidal zone; sediment; Chlorophyll-a; phaeopigments

Abstract: In order to get the benthic microalgae status in intertidal sediments, the contents of chlorophyll-a and
(下转第 21 页)

(上接第 12 页)

phaeopigments in the sediments of the intertidal zone of Qingdao Bay were investigated from October 2003 to April 2004. The content of chlorophyll-a in 0~2cm sediment was 1.73 to 5.71 $\mu\text{g/g}$, and that of phaeopigments was 0.021 to 1.89 $\mu\text{g/g}$. In 2~5cm sediment the contents of chlorophyll-a and phaeopigments were 0.51 to 4.32 $\mu\text{g/g}$ and 0.12 to 1.58 $\mu\text{g/g}$, respectively. The results showed that the pigment content decreased with the depth and content of chlorophyll-a was greater than that of phaeopigment. The content of phaeopigments was 10~75% that of chlorophyll-a. The water quality and sediment grain size in this area were also investigated. The results showed that the content of pigment and its composition proportion were affected by the water quality. And benthic microalgae increased and changed little in the finer sediments.

(本文编辑:张培新)