

# 长江口海水盐度和悬浮体对中肋骨条藻生长的影响

李金涛<sup>1,2</sup>, 赵卫红<sup>2</sup>, 杨登峰<sup>1,2</sup>, 王江涛<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学 化学化工学院, 山东 青岛 266003; 2. 中国科学院 海洋研究所海洋生态与环境重点实验室, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 2001年5月通过实验室培养的方法研究了长江口优势赤潮浮游植物种类——中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) 在长江口海水中的生长情况。实验结果显示, 在实验光强范围内该藻相对生长速率常数随光强的减小而减小, 表明光照的可得性是影响其生长的重要因素; 悬浮体的遮光效应会限制其生长, 海水盐度超出其适宜生长的范围也会对其的生长产生不利影响。两个相互对比的实验说明在泥沙含量很高的长江口咸淡水混合水中光照的可得性和盐度均影响中肋骨条藻的生长, 综合这两个因素, 在实验盐度范围内最适宜中肋骨条藻生长的盐度是约为 19.2 的咸淡水, 适于中肋骨条藻适宜生长的盐度为 14~23。

**关键词:** 长江口; 中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*); 光照; 悬浮体

中图分类号: X948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3099(2005)01-0034-04

长江带来的大量泥沙使长江口海域变的十分浑浊, 对长江三角洲沿海地区的地质地貌特征与生态环境有极为重要的影响<sup>[1-3]</sup>。东经 122°以西的长江口海域海水的透光率很低, 透明度低于 0.3 m, 盐度低于 6<sup>[4]</sup>, 尽管这一区域的海水中含有长江带来的大量营养盐<sup>[5]</sup>, 但是在这种低盐高悬浮体的水中浮游植物很难生存, 初级生产力相对 122°以东的长江口海域较低<sup>[6-7]</sup>。沈志良<sup>[8]</sup>在对长江口海域理化因子的研究中指出透明度是近河口水域初级生产力的主要限制因素。随着长江冲淡水向外海推进, 与海水的混合更充分, 海水的盐度和透明度逐渐增加, 到东经 122.5°盐度和透明度分别增加到大约 18 和大约 2 m, 理化环境逐渐适合一些低盐和广盐性的藻类生长。再向外海, 盐度和透明度进一步增加, 逐步接近大洋水的盐度, 因此不利于低盐藻类的生长。为了探讨从长江口口门到外海透明度和盐度的变化对该海域浮游植物生长的影响, 作者选择长江口优势种——中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)<sup>[9]</sup> 作为实验藻种, 进行了盐度和悬浮体对该藻生长影响的模拟实验。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试剂: 丙酮 1/2 配方藻类培养液。

仪器: 抽滤器, 0.45 μm 醋酸纤维滤膜, 光照培养架, M-50 型砂芯滤器, 透光膜, 721 分光光度计, 离心管。

浮游植物: 中肋骨条藻藻种由中国科学院海洋研究所藻种室提供。

### 1.2 方法

实验 1: 2001 年 5 月取自长江口口门内 (121.17°

收稿日期: 2003-08-25, 修回日期: 2003-01-14

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX2-207, KZCX2-206); 国家 973 项目 (2001CB409703)

作者简介: 李金涛 (1979-), 男, 山东夏津人, 研究生, 研究方向: 海洋化学, E-mail: lijintao@qingdaonews.com; 赵卫红, 通讯联系人, 电话: 0532-2898917, E-mail: whzhao@ms.qdio.ac.cn

E, 31.69°N) 的表层水, 盐度用 SYC2-2 型实验室海水盐度计测定未检出 (盐度 < 2), 水样于 4℃ 于塑料桶中保存。将青岛近海表层水, 盐度为 32.0, 经 0.45 μm 孔径醋酸纤维滤膜过滤, 煮沸消毒后备用。将过滤消毒的青岛近海表层海水与长江口口门内水样分别按长江口口门内水样质量分数为 0, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% 配成混合溶液, 其盐度分别为 32.0, 25.6, 19.2, 12.8, 6.4, 0.0, 按 1/2 配方加入营养液。分装于 6 个 1 000 mL 的玻璃三角瓶中, 取相同体积的中肋骨条藻分别加入到 6 个 1 000 mL 的三角培养瓶中, 摇匀, 用滤纸封口, 接种后初始细胞密度为  $5 \times 10^4$  个/L。每天摇瓶 3~4 次, 保持溶解气体量和防止生物聚集。

实验 2: 另将已消毒的青岛近海海水分装在 5 个 500 mL 的玻璃三角瓶中, 按 1/2 配方加入营养液。5 个三角瓶分别套上透光率不同的透光膜, 使其瓶内光强分别为 6 000, 4 800, 4 000, 3 600, 1 200 lx。取相同体积的中肋骨条藻分别加入到 5 个 500 mL 的三角培养瓶中, 摇匀, 用滤纸封口, 接种后初始细胞密度为  $5 \times 10^4$  个/L。每天摇瓶 3~4 次, 保持溶解气体量和防止生物聚集。

对于实验 1 从接入藻种时开始, 每天进行取样。用盐酸浸泡好的醋酸纤维滤膜和聚四氟乙烯滤器进行过滤, 每次过滤的藻液总体积为 50 mL。滤膜用来测定叶绿素 a, 叶绿素 a 用丙酮萃取分光光度法测定<sup>[11]</sup>。实验 2 每天用 721 型分光光度计测定藻液吸光值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 培养过程中生物量的变化

培养过程中的生物量变化如图 1 所示, 实验 1 的中肋骨条藻从实验开始就出现了快速生长的势头, 指数生长期明显, 在营养盐条件相同的情况下藻的生物量最高的不是光照可得性最好的, 而是 40% 的混合水, 其盐度为 19.2。生物量最低的则是培养介质中混合比例分别是 80%, 100% 的 2 个培养瓶。随着混合质量分数从 0% 到 100%, 浮游植物的生物量出现了先升高后降低的现象, 如图 1 所示, 由图 1 可见在高悬浮体含量的水中光照可得性和盐度都影响中肋骨条藻的生长。实验 2 中肋骨条藻的最高生物量随光强的增加出现了明显增加的趋势, 如图 2 所示, 到培养后期实验中肋骨条藻的生长都进入平台期生物量变化较缓。

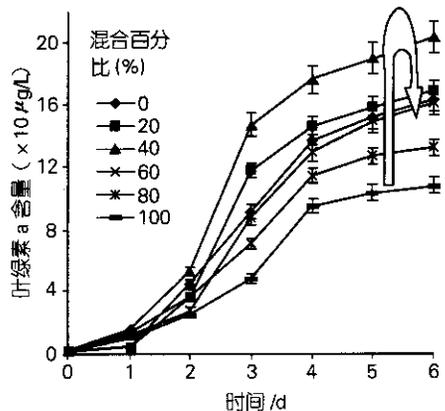


图 1 中肋骨条藻在实验 1 中的生长曲线

Fig. 1 The curve of the growth of *Skeletonema costatum* in the experiment 1

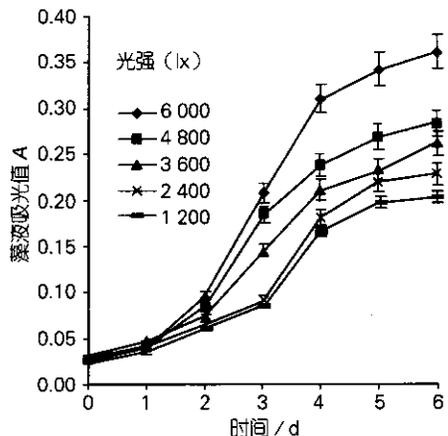


图 2 中肋骨条藻在实验 2 中的生长曲线

Fig. 2 The curve of the growth of *Skeletonema costatum* in the experiment 2

在相同营养盐条件下, 悬浮体的浓度不同, 环境的透光性也不同, 藻的生长情况也不同, 在长江口海域并非悬浮体的浓度越低藻的生长越好, 因在长江口海域由口门到外海悬浮体浓度降低的同时盐度也在升高, 当盐度超过中肋骨条藻适宜生长的范围, 会对其生长产生负面影响。中肋骨条藻属于低盐性藻类, 适于盐度 14~23 之间的海水中生长<sup>[10]</sup>。当长江口水混合比例增加时, 盐度降低, 同时浊度增加, 但盐度降低更适宜中肋骨条藻的生长, 其超过了悬浮体的遮光效应, 故藻的生物量随混合比例的增加而增加, 如

图 1 所示,混合比例从 0% 增加到 40%,中肋骨条藻最高生物量有明显升高,叶绿素 a 浓度从 163.3  $\mu\text{g/L}$  增加到 203.5  $\mu\text{g/L}$ 。当混合比例继续增加时,盐度降低且浑浊度更高,两种因素都不利于中肋骨条藻的生长,从而使藻的生长又随混合比例的继续增加而降低,图 1 中看出,混合比例从 40% 增加到 100%,中肋骨条藻最高生物量明显降低,叶绿素 a 的浓度从 203.5  $\mu\text{g/L}$  降到 108.5  $\mu\text{g/L}$ 。

### 2.2 培养过程中藻的相对生长速率与光强的关系

在实验 2 中,在实验光强范围内,在强光条件下藻的光照可得性好,快速进入指数生长期,且生物量高,随着光强的降低藻的生物量降低。在指数生长期内,细胞迅速分裂,藻细胞数呈几何级数增长,可用指数公式表示:

$$B_t = B_0 e^{kt}$$

$B_0$  和  $B_t$  分别是浮游植物的初始量和  $t$  时间的生物量, $k$  为相对生长速率常数。通过此公式的拟和,可以得到藻在控制光强下的相对生长速率常数,如图 3 所示。从中肋骨条藻指数生长期的相对生长速率常数随光强的变化曲线看,藻的相对生长速率在实验的光强范围内随光强的升高而升高,光强从 1 200 ~ 3 600 lx 之间藻的相对生长速率是缓慢升高,从 3 600 ~ 6 000 lx 藻的相对生长速率快速升高,如表 2 所示。此实验表明在其它环境都相同的情况下光照的可得性是影响藻生长速率的重要因子。

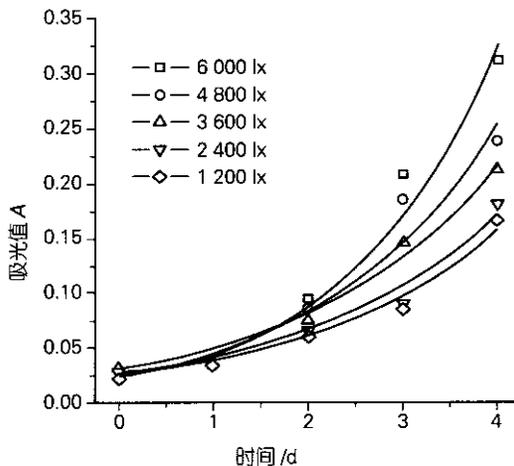


图 3 实验 2 中肋骨条藻的指数生长拟和曲线

Fig.3 The simulation curve of the growth of *Skeletonema costatum* in the experiment 2

表 2 培养环境光强与藻的相对生长速率常数  $K$  和拟和关系系数  $R$

Tab.2 The intensity of light and relative growth constant  $K$  and relative coefficient  $R$

光强(lx)	6 000	4 800	3 600	2 400	1 200
$K(1/d)$	0.652 6	0.551 7	0.485 1	0.473 0	0.471 2
$R$	0.984 9	0.972 5	0.994 5	0.986 8	0.989 8

### 2.3 长江口水悬浮颗粒物的生物效应

结合实验 1 和实验 2,不难看出长江入海口海水中大量泥沙的遮光效应使浮游植物的生长受到明显限制,至今人们认为近长江口海域的泥沙引起的光限制是限制浮游植物生长的主要限制作用<sup>[4,12]</sup>。在长江口海区,中肋骨条藻是主要的优势种<sup>[9]</sup>,除了悬浮体的遮光效应之外,盐度也是影响中肋骨条藻生长的一个因素<sup>[10]</sup>。在长江口近岸悬浮体浓度很高,而且这一海区的盐度很低,低于中肋骨条藻适宜生长的最低盐度<sup>[10]</sup>,两种因素都不利于中肋骨条藻的生长,随着离岸距离增加悬浮体浓度降低,同时盐度升高达到中肋骨条藻适于生长的盐度,从而有利于中肋骨条藻的生长,从实验盐度范围看,盐度为 19.2 的咸淡水最适合中肋骨条藻生长,正好介于中肋骨条藻适宜生长的盐度范围 14 ~ 23 之间<sup>[10]</sup>。随混合水比例减小虽然光照可得性增加,但盐度进一步增加达到 26 以上,反而不利于中肋骨条藻的生长。

## 3 结论

培养实验中中肋骨条藻的相对生长速率常数随光强的增大而增大,从而说明了光线强弱是影响浮游植物生长的重要因素。悬浮体的遮光效应会限制中肋骨条藻的生长,除此之外,盐度也是影响中肋骨条藻生长的因素之一,超出中肋骨条藻适宜生长的盐度范围会对中肋骨条藻的生长产生不利影响,因此,从实验的盐度范围看中肋骨条藻最适宜的盐度约为 19.2 的咸淡水,其盐度值介于中肋骨条藻适宜生长的盐度范围之间。

参考文献:

[1] 曹沛奎, 严肃庄. 长江口悬沙锋及其对物质输移的影响 [J]. 华东师范大学学报 (自然科学版), 1996, 1: 85 - 94.  
 [2] 高 抒. 浅海细颗粒沉积物通量与循环过程 [J].

- 21世纪青年学者论坛,1996,22(5):73-77.
- [3] 高抒程, 鹏, 汪亚平等. 长江口外海域1998年夏季悬沙浓度特征[J]. 海洋通报, 1999, 18(6):44-50.
- [4] 蒲新明, 吴玉霖, 张永山. 长江口区浮游植物营养限制因子的研究 II. 春季的营养限制情况[J]. 海洋学报, 2001, 23(3):57-65.
- [5] 王保栋. 长江冲淡水的扩展及其营养盐的输运[J]. 黄渤海海洋, 1998, 16(2):41-47.
- [6] 何文珊, 陆健健. 高浓度悬沙对长江河口水域初级生产力的影响[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(4):24-27.
- [7] 孙军, 刘东艳, 柴心玉等. 1998~1999年春季渤海中部及其邻近海域叶绿素 a 浓度及初级生产力估算[J]. 生态学报, 2003, 23(3):517-526.
- [8] 沈志良. 长江口海区理化环境对初级生产力的影响[J]. 海洋湖沼通报, 1993, 1:47-51.
- [9] 王桂兰, 黄秀清, 蒋晓山, 等. 长江口中肋骨条藻赤潮的分布与特点[J]. 海洋科学, 1993, 3:51-55.
- [10] 郭玉洁, 杨则禹. 长江口浮游植物的数量变动及生态分析[A]. 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊[C]. 北京: 科学出版社, 1992, 33:167-189.
- [11] Parson T R, Maita Y, Lalli C M. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis[M]. New York: Pergamon Press, 1984. 173.
- [12] 蒲新明, 吴玉霖, 张永山. 长江口区浮游植物营养限制因子的研究 I. 秋季的营养限制情况[J]. 海洋学报, 2000, 22(4):60-66.

## Effect of turbid water in Changjiang(Yangtze) estuary on the growth of *Skeletonema costatum*

LI Jin - tao<sup>1,2</sup>, ZHAO Wei - hong<sup>2</sup>, YANG Deng - feng<sup>1,2</sup>, WANG Jiang - tao<sup>1</sup>

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266071, China; 2. Key Laboratory of Marine Ecological and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266003, China)

**Received:** Aug. , 25, 2003

**Key words:** Changjiang(Yangtze) estuary ;*Skeletonema costatum* ;light ;freshwater

**Abstract :** Concentration of suspended particles is very high in Changjiang estuary, and obviously effected on the growth of phytoplankton. We carried out an experiment to study the influence of turbid water in the estuary on the growth of *Skeletonema costatum* in May 2001. The results showed that, in our experimental light intensity range increasing illumination increased the growth rate. So the sunlight is the main factors control the growth of phytoplankton. The particles in the seawater could shade the sunlight obviously, and limit the growth of *Skeletonema costatum*. When salinity of seawater exceeds the adaptable range negative effect would occur on the growth. Considering the two factors of salinity and light, The most favorable seawater for *Skeletonema costatum* is less salty freshwater area with salinity of about 19.2, and the adaptable salinity was between 14~23 for the growth of *Skelltonema costatum*.

(本文编辑 张培新)