

长江口疏浚弃土悬沙对2种浮游植物生长的影响*

徐兆礼 易翠萍¹ 沈新强 曹直 王云龙 陈亚瞿

(中国水产科学研究院长江口渔业生态重点实验室, 东海水产研究所, 上海 200090)

(1 上海水产大学, 上海 200090)

摘要 长江口疏浚弃土悬沙对微绿球藻(*Nannochloropsis oculata*)和牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)的生长有一定的抑制作用。试验结果表明, 当水体中含沙量持续 96 h 达到 3 g/L 时, 藻类生长速率降低 20%~30%。但当疏浚作业停止, 悬沙将迅速沉淀, 水体变清, 藻类生长可恢复正常。

关键词 长江, 河口, 悬沙, 浮游植物, 生长, 抑制

浮游植物的数量直接关系到整个海洋食物链的形成、发展和消长。在上升流区, 由于海底的营养盐被带到表层, 使浮游植物迅速生长, 浮游动物也迅速生长, 形成良好的渔场。而在长江河口区拦门沙附近, 虽然营养盐比较丰富, 但由于其盐度变化产生泥沙絮状凝集^[1], 导致悬沙产生, 对浮游植物的生长具有不利影响^[2-5]。因此, 河口混浊带水域浮游植物的数量显著低于营养盐含量相同的其它海区。长江口航道疏浚恰好位于混浊带水域, 疏浚工程中的抛泥作业, 使水中悬沙含量显著增加, 从而有可能影响浮游植物的生长。本文以微绿球藻(*Nannochloropsis oculata*)和牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)为受试生物, 测定悬沙对浮游植物生长的影响, 以为评价长江口深水航道疏浚工程的生态环境效应提供依据。

1 材料与方法

1.1 藻种

牟氏角毛藻和微绿球藻均取自上海水产大学生物饵料保种室, 取指数生长期的健康藻种。

1.2 悬沙培养液

取长江口疏浚工地的底泥(共设 4 个取泥点, 由九州疏浚有限公司提供)。泥样混合后于烘箱中经

105℃烘至恒重, 用研钵经粗研后过 340 目筛绢, 取粒径小于 41 μm 的粉砂存于干燥皿内备用; 试验海水取自长江口, 经 48 h 沉淀过滤, 盐度为 20。其它理化指标为: pH 7.7, DO 8.2 mg/L, 亚硝酸盐未检出, 硝酸盐 0.186 mg/L, 氨氮 0.06 mg/L, 磷酸盐未检出, Cu 0.02 mg/L, Zn、Pb、Cd 均为未检出。用电子天平称取定量泥样, 加海水配制成不同浓度组。经消毒后加入 F/2 配方的培养液配制成试验液。

1.3 牟氏角毛藻试验

将 0、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0 g/L 7 个浓度组的悬沙培养液消毒后取指数生长期的藻种接种培养。150 ml 三角烧瓶中培养液与接种藻液总量为 50 ml, 接种密度为 $68.25 \times 10^4 \text{ ml}^{-1}$ 。接种后将三角烧瓶放入 $(25.0 \pm 1.5)^\circ\text{C}$ 的光照培养箱中培养, 光照强度为 3 400~4 000 lx, 光照周期(HL:DL)为 12:12。培养过程中静态组每 12 h 振荡 2 次, 动态组光照周期每 15 min 振荡 1 次, 每次 3 min, 振荡器转速为 100 r/min。所有试验液每隔 24 h 取样 1 次, 计数并观察其生长情况。每个浓度组设 3 个平行样品, 重复 2 次试验。

1.4 微绿球藻试验

1.4.1 静态 设 0、3.0、4.0l、5.0l、6.0l、7.0l、8.0 g/L 7 个浓度组的悬沙培养液, 接种密度为 $88.25 \times 10^4 \text{ ml}^{-1}$ 。培养温度为 $(25.0 \pm 1.0)^\circ\text{C}$, 其余方法同牟氏角毛藻。

收稿日期: 1999-08-30

* 农业部重点科研项目(渔 95-B-96-10-01-0)

1.4.2 动态 设0、2.0l、3.0l、4.0、5.0、6.0 g/L 6个浓度组的悬沙培养液, 接种密度为 $425 \times 10^4 \text{ ml}^{-1}$, 光照强度为 $4\ 500 \text{ lx}$ 。光照周期为 12:12, 光亮周期将试验藻液于搅拌器上搅拌, 每隔 15 min 搅拌 15 min, 转速为 150 r/min。其余方法同静态组。

1.5 数据处理

“悬沙对浮游植物生长的影响”数据用多重比较法(Q 检验)。“悬沙对浮游植物生长的抑制率”数据用生长曲线的面积比较法。

2 结果

2.1 悬沙对牟氏角毛藻的生长影响及抑制情况

2.1.1 静态 牟氏角毛藻在不同悬沙浓度中的生长情况及生长抑制率详见表 1。均数间多重比较结果表明, 牟氏角毛藻在悬沙浓度为 0 g/L 的试验组中生长最好, 细胞密度显著高于其它各组, 而其余各组间无明显差异。由作图法得出牟氏角毛藻 96 h- EC_{50} 为 4.75 g/L。

表 1 牟氏角毛藻在静态悬沙中的生长趋势及生长抑制率

Table 1 Growth trend and growth inhibiting rate of *Chaetoceros muelleri* in different concentrations of static suspended sediment

悬沙浓度/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) concentration of suspended sediment	生长趋势/($10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$) growth trend					生长抑制率/% growth inhibition	
	第 1 天 day 1	第 2 天 day 2	第 3 天 day 3	第 4 天 day 4		48 h- EC_{50}	96 h- EC_{50}
0.0	102.0	221.5	330.5	491.5		—	—
1.0	96.5	286.0	261.0	302.5		-24.5	15.8
2.0	89.0	179.5	274.0	312.0		30.6	30.4
3.0	88.5	166.2	181.0	333.0		37.0	29.8
4.0	82.5	130.0	211.0	329.5		59.0	47.1
5.0	67.0	103.0	190.5	323.5		85.4	57.1
6.0	59.0	83.5	159.5	326.5		101.5	65.7

2.1.2 动态 不同浓度悬沙对牟氏角毛藻生长的影响及生长抑制率详见表 3。从均数间多重比较可知, 除 1.0 和 2.0 g/L 两组牟氏角毛藻的细胞密度无显著差异外, 其余各组均低于其后的浓度组。由作图法得出动态悬沙牟氏角毛藻的 96 h- EC_{50} 为 2.6 g/L。

2.2 悬沙对微绿球藻的生长影响及抑制情况

2.2.1 静态 不同浓度悬沙对微绿球藻生长影响及生长抑制率详见表 3。由均数间多重比较可知, 第 4 天微绿球藻的细胞密度除 7.0 g/L 和 8.0 g/L 两组无明显差异外, 其余各浓度组均显著低于其后

的浓度组。不同浓度悬沙对微绿球藻 48、96 h 的生长抑制率详见表 6。由作图法得出静态悬沙牟氏角毛藻的 96 h- EC_{50} 为 5.3 g/L。

表 2 牟氏角毛藻在动态悬沙中的生长趋势及生长抑制率

Table 2 Growth trend and growth inhibiting rate of *Chaetoceros muelleri* in different concentrations of dynamic suspended sediment

悬沙浓度/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) concentration of suspended sediment	生长趋势/($10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$) growth trend					生长抑制率/% growth inhibition	
	第 1 天 day 1	第 2 天 day 2	第 3 天 day 3	第 4 天 day 4		48 h- EC_{50}	96 h- EC_{50}
0.0	120.0	207.5	332.0	492.0		—	—
1.0	95.5	171.0	278.5	337.5		35.0	28.7
2.0	94.0	140.0	261.5	324.5		49.2	37.2
3.0	76.0	100.5	209.5	275.0		80.3	57.3
4.0	69.5	102.0	156.5	212.0		85.1	70.1
5.0	71.5	94.0	129.5	162.5		86.7	79.4
6.0	63.0	85.5	107.5	115.5		97.2	88.8

表 3 微绿球藻在静态悬沙中的生长趋势及生长抑制率

Table 3 Growth trend and growth inhibiting rate of *Nannochloropsis oculata* in different concentrations of static suspended sediment

悬沙浓度/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) concentration of suspended sediment	生长趋势/($10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$) growth trend					生长抑制率/% growth inhibition	
	第 1 天 day 1	第 2 天 day 2	第 3 天 day 3	第 4 天 day 4		4 h- EC_{50}	96 h- EC_{50}
0.0	85.5	121.0	222.0	343.0		—	—
3.0	78.5	196.5	383.5	499.0		-225.7	-105.8
4.0	67.0	132.0	244.5	370.5		95.4	-9.9
5.0	67.0	123.0	186.0	263.0		128.4	31.8
6.0	68.5	90.0	116.0	111.5		238.5	92.5
7.0	54.5	89.0	93.5	90.5		345.0	109.2
8.0	53.5	64.5	56.0	84.5		442.2	128.0

表 4 微绿球藻在动态悬沙中的生长趋势及生长抑制率

Table 4 Growth trend of and growth inhibiting rate *Nannochloropsis oculata* in different concentrations of dynamic suspended sediment

悬沙浓度/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) concentration of suspended sediment	生长趋势/($10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$) growth trend					生长抑制率/% growth inhibition	
	第 1 天 day 1	第 2 天 day 2	第 3 天 day 3	第 4 天 day 4		4 h- EC_{50}	96 h- EC_{50}
0.0	558.0	1 590.0	1 782.5	2 895.0		-	-
2.0	449.5	817.5	1 400.0	2 820.0		66.8	33.0
3.0	300.0	752.0	1 462.5	2 525.0		94.6	41.4
4.0	271.5	770.0	1 345.0	2 500.0		97.3	44.8
5.0	279.0	752.5	1 167.5	2 212.5		97.5	53.3
6.0	267.5	562.5	825.5	1 570.0		112.4	75.5

2.2.2 动态 不同浓度悬沙对微绿球藻生长影响及生长抑制率详见表 4。由均数间多重比较可知,

第4天微绿球藻的细胞密度:0.0、2.0 g/L 两悬沙组明显比其它各组高;3.0、4.0 g/L 两组显著高于5.0、6.0 g/L 两组;5.0 g/L 组明显高于6.0 g/L 组;而0与2.0 g/L, 3.0与4.0 g/L 组之间无明显差异。由作图法得出动态悬沙微绿球藻的96 h-EC₅₀为4.7 g/L。

3 讨论

(1)光是浮游植物生长非常重要的限制因子之一^[2~7]。在悬沙含量较高的水体,由于悬沙颗粒对光的折射及散射等效应,水体的透明度降低、浮游植物光合作用受到抑制;同时由于悬浮于水中的粘土作为一个物理屏障,阻碍了水中的气体交换,也影响了浮游植物的光合作用。因此,悬沙对浮游植物生长有一定的影响,无论是动态还是静态试验,其结果均显示这一点。从表1~4的结果可以看出,除表3外,对照组均明显高于其余含悬沙组,这和国内外许多文献相吻合^①。

(2)在牟氏角毛藻静态试验中,尽管有沙与无沙条件下的藻类生长有显著差异,但悬沙量对浮游植物生长影响的差异并不明显。据作者观察,在静态几小时后悬沙大多已沉淀,水体较为透明,所以最初的沙量与水体几小时后的悬沙量几乎没关系,故在静态试验中,沙的多少并不影响浮游植物的生长。这与作者在长江口疏浚弃土浸出液、悬浮液对牟氏角毛藻生长试验中得到的结果相一致^②。

(3)静态微绿球藻试验结果与牟氏角毛藻有所不同(表1,3),这可能与2种藻类的生物学特性不同有关。从表3可见,在静态下,低浓度组悬沙可促

进微绿球藻的生长,这与作者在疏浚弃土浸出液、悬浮液对海洋小球藻、微绿球藻生长试验结果相一致^③。微绿球藻和海洋小球藻在浮游植物中均属绿藻门,这与“适量的海泥抽出液在绿藻生产性培养中使用效果良好^[6]”的结论相吻合。这种现象可能是由于泥中溶出的某些微量元素可促进绿藻的生长^[7]。

(4)在动态试验中(表2,4),随水体中含沙量的增多,水体透明度下降,两种藻类生长明显受到抑制。二者有强烈的相关性,可以认为疏浚作业中的抛泥对浮游植物生长的抑制是明显的。

4 结论

当疏浚作业使水体中含沙量增多时,浮游植物生长速率会降低。当水体中含沙量持续96 h达到3 g/L时,藻类生长速率降低20%~30%。但考虑到含沙量的变化仅仅是由疏浚作业造成的,一旦疏浚作业停止,悬沙沉淀,水体变清,加之藻类生长速率较快,其资源会得到恢复。

参 考 文 献

- 1 胡方西,等.长江河口盐度锋.华东师范大学学报(增刊),1995,9:84~91
 - 2 顾新根,等.长江口最大浑浊带浮游植物的生态研究.中国水产科学,1995,2(1):16~27
 - 3 湛江水产专科学校主编.海洋饵料生物培养.北京:农业出版社,1980
 - 4 陈慈美,等.纳污海域营养物质、含量与浮游植物增殖竞争关系Ⅱ.微量营养元素 Cu²⁺、Mn²⁺、Fe³⁺ 的效应.海洋环境科学,1990,9(2):1~7
 - 5 焦念志,王荣.海洋初级生产光动力学及产品结构.海洋学报,1994,16(5):85~90
 - 6 李文权,等.光照强度及环境要素对海洋初级生产力的影响.厦门大学学报(自然科学版),1989,4:423~426
 - 7 Grobbelaar J U. Phytoplankton productivity in turbid water. Journal of plankton Research. 1985,7:653~663
- ① 白雪梅,徐兆礼.底泥悬浮物对水生生物影响的国内外研究进展.上海水产大学学报待刊
- ② 徐兆礼,等.长江口疏浚弃土浸出液、悬浮液对两种浮游植物生长及叶绿素a含量的影响.1999
- ③ 徐兆礼,等.长江口疏浚弃土浸出液、悬浮液对水生生物的影响.1999,中国水产科学(增刊)待刊

Effects of suspended dredging sediment on growth of 2 species of phytoplankton in the Changjiang estuary

Xu Zhaoli Yi Cuiping Shen Xinqing¹ Cao Zhi Wang Yunlong Chen Yaqu

(East China Sea Fisheries Research Institute, Key Lab of Fisheries Ecology of
Changjiang River Estuary, Chinese Academy of Fishery sciences, Shanghai 200090)
(¹ Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090)

Abstract Experimental results show that suspended dredging sediment inhibits the growth of *Nannochloropsis oculata* and *Chaetoceros muelleri*. When sediment amount is lower than 3 g/L and lasting 96 h, the growing rate of the algae reduces by 20% ~ 30%. Once the dredging operation was stopped, the suspended sediment would sink and the water become clear quickly, then the algae growth would recover and turn to normal status gradually.

Key words Changjiang River, estuary, suspended sediment, phytoplankton, growth, inhibiting