

洗涤剂中的十二烷基苯磺酸钠 对海洋藻类生长的影响*

王 宪 李文权 郑爱榕 韩涛生 连卫中

(厦门大学海洋学系)

关键词 LAS 布氏双尾藻 悬浮物

前 言

随着工农业生产的发展,洗涤剂的使用范围越来越广,用量日趋增大.藻类是水生生态系统的初级生产者,通过各种途径进入水体的洗涤剂首先对藻类产生危害.十二烷基苯磺酸钠(以下简称LAS)系合成洗涤剂的主要原料.一些研究者指出,阴离子洗涤剂对海洋单细胞藻类的杀藻浓度范围为 $1\sim 25\text{mg}/\text{dm}^3$ ^[1].

海洋中的藻类基本不具有对污染环境及浊度的回避能力,因此,海水中悬浮颗粒对污染物在水环境中的动力学行为也是一个不可忽视的影响因素,因为它可以吸附、携带污染物.污染物在水中的迁移和转化过程,悬浮颗粒起着一种媒介和载体的作用^[2~4].本文在研究LAS对布氏双尾藻的致毒效应基础上,探讨了布氏双尾藻对LAS的吸收动力学过程,以及在悬浮颗粒存在下,LAS对水生生态系统中藻类的影响,这对开展研究LAS在海洋生态系中的迁移和转移具有一定的意义.

1 实验材料与方法

1.1 材料

(1)藻种:本实验的藻种为布氏双尾藻 [*Ditylum brightwelli* (West) Grunow] 由厦门大学生物系提供,系由厦门海区分离经培养而得.该种适应温度范围较广,属世界性种类,也是我国沿海常见种类之一,厦门海域终年都有记录^[5,6].

(2)直链烷基苯磺酸钠:系上海化学试剂厂生产,含量大于83%,平均分子量为304.48.

(3)悬浮物:取自厦门港低潮时的沉积物,经 $50\sim 60^\circ\text{C}$ 烘干,研磨后用100目筛子过筛后

本文于1994-12-12收到,修改稿于1995-10-04收到.

* 福建省自然科学基金资助项目.

备用.

1.2 方法

(1) 藻类的培养与测定: 藻类的培养用 f/2 改良培养液, 培养液取自厦门大学海滨经过滤, 消毒的海水 ($\text{pH}=8.16$, $S=28.65$) 体积为 2d m^3 , 光照强度为 1440 lx , 亮暗周期为 $12:12\text{ h}$, 培养温度为 $24\pm 1^\circ\text{C}$, 取藻类密度大于 10^6 个/ cm^3 的藻类细胞进行实验. 细胞密度 (N) 采用显微镜计数; 叶绿素 a (Chl a) 采用分光光度法测定; 藻类的同化速率采用 ^{14}C 示踪法测定 (美国 Packard 公司, 4640 型液闪计数仪)^[7].

(2) LAS 的测定: 按国家海洋局海洋调查规范进行^[8].

2 实验结果与讨论

2.1 LAS 对布氏双尾藻生长的影响

在无悬浮颗粒存在的体系中, 配制系列 LAS 的浓度分别为 0、1、2、5、10、20、40 和 $80\text{mg}/\text{dm}^3$, 布氏双尾藻的密度为 1.4×10^4 个/ cm^3 , 定时取样进行生物量的测定, 结果示于图 1. 当 LAS 不大于 $2\text{mg}/\text{dm}^3$ 时, 在第 1~3d 布氏双尾藻有微弱生长, 第 4~5d 生长下降; 当 LAS 大于 $10\text{mg}/\text{dm}^3$ 时, 生长随 LAS 浓度升高而迅速下降, 第 1~3d 生长下降最为厉害, 以后下降趋于平缓. 这与 Hicks 等发现的现象相似. Hicks 等用 ^{14}C 示踪法研究烷基苯磺酸盐对无隔藻和刚毛藻的影响, 通过实验发现, 当十二烷基苯磺酸盐浓度升高或暴露于十二烷基苯磺酸盐时间延长时, ^{14}C 同化作用随之降低^[2,9].

图 2 给出了在悬浮颗粒为 $50\text{mg}/\text{dm}^3$ 的布氏双尾藻培养体系中 (100cm^3), 加入不同浓度的 LAS 浓度和 $^{14}\text{C}-\text{Na}_2\text{CO}_3$ ($37000\text{Bq}/\text{cm}^3$) 下所测得同化速率. 可见, 随着 LAS 浓度的增大, 布氏双尾藻同化速率减少十分显著. 它反映了在污染物 LAS 存在下, 藻类细胞的生理和代谢状态. 当藻类受到一定浓度 LAS 的作用时, 细胞光合作用能力则下降, 细胞分裂即受到抑制. 因此, 由布氏双尾藻的同化能力即可判断不同时间和不同浓度下, LAS 对该藻有机合成和能量转换系统的毒性作用, 此结果与图 1 一致.

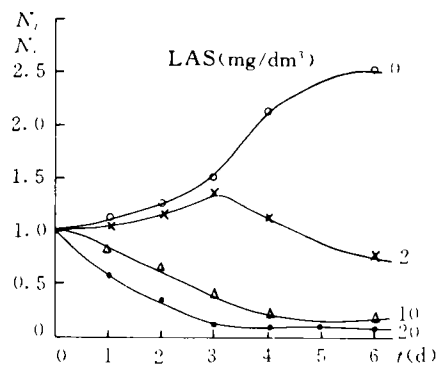


图1 不同浓度 LAS 对布氏双尾藻生长的影响

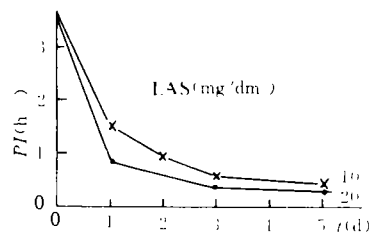


图2 LAS 对布氏双尾藻同化系数的影响

表1给出了LAS对布氏双尾藻的半致死浓度和一些其他藻类研究结果的比较. 可见, LAS对不同藻类生长影响有所不同. 尽管目前尚无法确定表面活性剂这个基团的生物学效应, 但它实际降低了水的表面张力, 破坏了细胞膜的透过性是完全可能的^[1,2].

在多数情况下, 水生生物对污染物的吸收满足于指数形式. 将所得数据经处理回归结果如下 [$2 \text{ mg} < \text{LAS} < 80 \text{ mg/dm}^3$, t 为时间 (d), N 为藻类细胞数],

$$\lg C_{\text{LAS}}/N = -5.5965 + 0.2255t \quad n = 42, \quad r = 0.9742 \quad (1)$$

可见, 单位细胞藻类吸收LAS与时间呈较好的指数相关关系.

2.2 悬浮物对LAS的吸附

在悬浮颗粒含量为 50 mg/dm^3 的无藻类体系中, 加入LAS使其浓度为 50 mg/dm^3 , 混合振荡并定期取样分析, 测定水体中LAS的浓度, 结果列于表2.

表2 悬浮颗粒对LAS的吸附

时间 (d)	C_w (mg/dm ³)	$C_0 - C_w$ (mg/dm ³)	$\frac{C_0 - C_w}{W_0}$	富集系数 (EC)
1	31.05	18.95	0.38	0.61
2	21.84	28.16	0.56	1.29
4	15.35	34.65	0.69	2.26
6	14.00	36.00	0.72	2.57
8	12.76	37.24	0.75	2.91
10	11.56	38.44	0.77	3.32

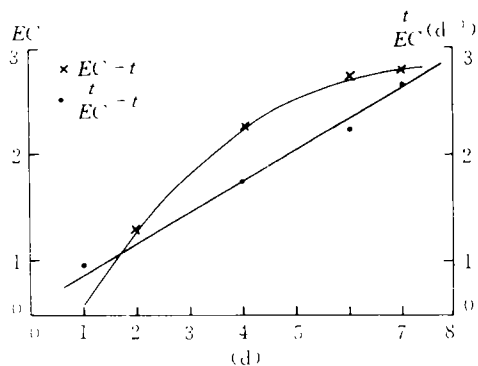


图3 悬浮物对LAS富集系数和时间的关系

表2中 C_w 为 t 时刻水中LAS的浓度, C_0 为起始LAS的浓度, W_0 为悬浮物重量. 可见, 随着时间变化, 水相中LAS浓度有所下降, 说明洗涤剂中的表面活性物质和悬浮物之间产生吸附现象. 因此, 在海洋环境中, LAS可以通过被吸附在悬浮物上并随之转移和解吸, 从而使污染的范围扩大^[2].

实验结果还表明悬浮物对洗涤剂的吸附作用可用交换动力学模式来描述. 图3是悬浮物对LAS的富集系数与时间的关系. 很明显, t/EC 对 t 作图呈直线关系, 即可描述为:

$$\frac{t}{EC} = \frac{1}{KW_0 EC_m} + \frac{t}{EC_{eq}} \quad (2)$$

式中, EC 为富集系数; EC_m 和 EC_{eq} 分别为最大富集系数和平衡吸附系数; K 为常数; t 为时间.

与布氏双尾藻对 LAS 吸收 (见图1) 相比, 悬浮物对 LAS 的吸附来得小, 因为悬浮物对 LAS 的吸附转移的水平并不如与布氏双尾藻对 LAS 的吸收或积累来得高. 这一结论与有关研究结果相吻合^[1,3]. 诚然, 体系中藻类的密度和悬浮物的含量多寡也是个重要的决定因素.

2.3 布氏双尾藻和悬浮物共存时对 LAS 的效应

图4是悬浮物含量为 $50\text{mg}/\text{dm}^3$ 、布氏双尾藻密度为 1.2×10^4 个/ cm^3 、LAS 浓度为 $50\text{mg}/\text{dm}^3$ 三者共存体系中, 水相中 LAS 的变化曲线. 由此可见, 在悬浮物和藻类共存下, 体系中 LAS 的转移较布氏双尾藻或悬浮物单独存在下对 LAS 的吸收来得大, 这是由于藻类对 LAS 的吸收和悬浮物吸附共同作用的结果. 根据 $\mu = \frac{\ln N_t/N_0}{t}$ [N_0 、 N_t 分别为初始和 t 时刻生物量, μ 为生长速率 (d^{-1})] 可以得到表3. 可见, 在布氏双尾藻和悬浮物共存时的生长速率较小. 实验结果同时还发现, 悬浮物和 LAS 共存时, 布氏双尾藻的生长受到抑制更加明显 (图5). 这表明, 海洋中表面活性物质和悬浮物的协同作用, 致使海水的表面张力降低, 进而破坏了藻类细胞膜的透过性, 最终损坏体内组织. 同时, 两者的共同作用改变了藻类的生长环境, 形成胶体絮凝物, 在胶体絮凝沉积过程还可能会吸附藻类一起沉淀. 此外, 悬浮物的存在势必

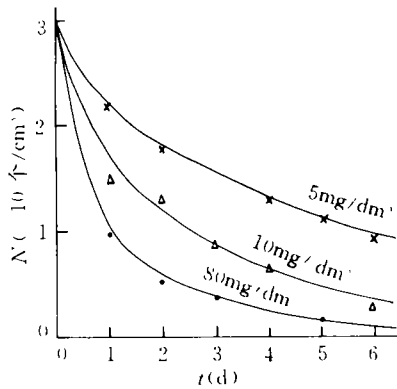


图4 不同体系 LAS 变化曲线

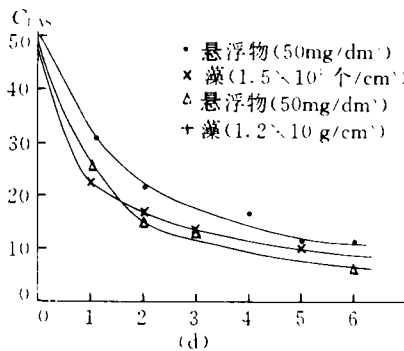


图5 布氏双尾藻在不同 LAS 浓度下的生长曲线

表3 不同体系布氏双尾藻的生长速率 μ (d^{-1})

体系	LAS		
	5	10	80
藻类	-0.193	-0.234	-0.839
藻类+悬浮物	-0.268	-0.313	-0.891

表4 悬浮物和 LAS 共存下, 布氏双尾藻与时间的关系

LAS(mg/dm^3)	方程	相关系数
5	$\ln N = 10.256 - 0.175t$	$n=6, r=0.9482$
10	$\ln N = 9.973 - 0.352t$	$n=6, r=0.9864$
80	$\ln N = 9.672 - 0.462t$	$n=6, r=0.9653$

降低水体的透明度,影响了藻类的光合作用,这与有关研究分析相吻合^[1,2,10].表4给出了在悬浮颗粒和LAS体系中,对布氏双尾藻生长的效应回归结果.由此可知,藻类的密度与时间亦成指数相关关系.三者共存时的效应结果列于表5.由表

5也可看出,在50mg/dm³悬浮物存在下,要比单独LAS对布氏双尾藻的抑制作用更加显著.

3 结语

1. LAS在藻体内吸收和积累随时间的延长而增大,单位细胞藻类吸收的LAS与时间成指数相关.
2. 在悬浮物的存在下,布氏双尾藻生长受LAS的抑制更加显著.
3. 同化系数是描述在污染物存在下,藻类生理和代谢状态的一个可行的重要测试参数.

参考文献

- 1 [苏] S. A. 巴登著,吴瑜端等译. 海洋污染和海洋生物资源. 北京: 海洋出版社, 1991
- 2 Chattopadhyay D N *et al.* Chronic effects of a nonionic detergent on aquatic ecosystem. *Environ. Ecol.*, 1986, 4(1): 105~108
- 3 潭瑜云等. 直链烷基苯磺酸钠在模拟水生生态系统中转化和归宿的研究. *环境科学学报*, 1990, 10(3): 325~331
- 4 Yamana A N *et al.* The growth inhibition of planktonic algae due to surfactants used in washing agents. *Water Research*, 1984, 18(9): 1101~1105
- 5 金德祥等. 海洋浮游硅藻. 上海: 科学技术出版社, 1965
- 6 国家海洋局第三海洋研究所. 福建省海岛资源综合调查研究报告. 福州: 福建出版社, 1994
- 7 王 宪, 李文权. 光对海洋藻类生长的影响. *海洋学报*, 1993, 15(2): 33~39
- 8 国家海洋局. 海洋调查规范. 北京: 海洋出版社, 1986
- 9 Kutt E C and D F Martin. Effect of selected surfactants on the growth characteristics of *Cygnodinium breve*. *Mar. Biol.*, 1974, (28): 253~259
- 10 何林华. 藻类生物监测中测试参数对效应浓度的影响. *环境科学*, 1989, 10(3): 32~57

表5 布氏双尾藻的TLm48和TLm96

体系	TLm48(mg/dm ³)	TLm96(mg/dm ³)
LAS	14.8	5.5
LAS+悬浮物 (50mg/dm ³)	7.0	3.5