

# 有机锡对海洋微藻的生理效应\*

## II. 三苯基锡和三丁基锡对扁藻和金藻光合作用的影响

高尚德 吴以平 赵心玉  
(青岛海洋大学生物系, 青岛 266003)

**提要** 于 1991 年 4 月—1992 年 1 月, 分别用不同浓度的三苯基氯化锡 (TPTC) 和三丁基氯化锡 (TBTC) 培养扁藻和金藻, 测定 24, 48 和 72h 两种藻的净光合速率和生长速率。结果表明, TBTC 对两种藻的毒性大于 TPTC; TPTC 和 TBTC 在浓度为 0.2 $\mu\text{g/L}$  时, 对两种藻的光合作用有轻微影响; 浓度大于 0.4 $\mu\text{g/L}$ , 两种藻的光合作用不同程度地受到抑制。扁藻对有机锡的耐受力大于金藻: 扁藻用两种锡处理后, 第一天受害最严重, 第二天和第三天光合速率开始恢复; 金藻经 TPTC 处理后随时间加长光合速率稍有恢复, 而经 TBTC 处理后则未出现恢复现象。

**关键词** 三丁基锡 三苯基锡 扁藻 金藻 光合作用

光合作用是植物代谢的中心。这一过程同生长、光合色素含量以及能荷水平密切相关。研究有机锡对这一过程的影响, 对于进一步了解有机锡化合物的毒害机理, 无疑是十分重要的。然而长期以来, 这方面的研究较少。在前文(高尚德, 1994)的基础上, 本文报道三苯基锡和三丁基锡对扁藻和金藻光合作用的影响。

### 1 实验材料和方法

扁藻 (*Platymonas* sp.) 和湛江叉鞭金藻 (*Dicrateria zhanjiangensis*) 来源, 培养条件, 三丁基锡氯化物 (TBTC) 和三苯基锡氯化物 (TPTC) 及培养液中有机锡的浓度、培养器皿的处理均同本研究 "I" (高尚德, 1994)。

光合作用的测定是用黑白瓶定氧法(华东师范大学生物系, 1989), 即 Gader 等改进的 Wenkler 法测定的。所用的黑白瓶是 15ml 碘量瓶。<sup>1</sup>黑白瓶中分别用虹吸方法装满含有不同浓度的有机锡的藻液。藻液加入之前充分曝气, 以使  $\text{CO}_2$  和空气中  $\text{CO}_2$  处于平衡状态, 然后塞紧瓶塞, 使之进行光合作用。所用光源系 40W 白色日光灯, 光强为 5 000lx。温度为 20 $^{\circ}\text{C}$ 。每天上午 8:30 开始测定光合作用, 反应时间为 0.5h。反应结束后测氧, 计算单位水体中氧的增加, 以此表示单位水体中藻的净光合速率。为了解有机锡对光合速率(所有图稿的光合速率均为相对净光合速率)和生长速率影响之间的关系, 同时还分别测定每个瓶中藻细胞的密度, 并以细胞数量增长表示生长速率。

\* 国家自然科学基金资助, 48970274 号。

收稿日期: 1992 年 10 月 4 日, 接受日期: 1993 年 12 月 30 日。

## 2 实验结果

**2.1 TBTC 和 TPTC 对扁藻光合作用的影响** 将扁藻培养在含有 5 个不同浓度的 TBTC 培养液中, 每天定时测定一次光合作用, 结果(图 1a)表明, 扁藻的光合速率随 TBTC 浓度的增加而降低, 尤以接种后 24h 时最明显, 此时 0.8 和 1.0 $\mu\text{g/L}$  浓度组的光合速率已降至对照组的 40% 以下。之后, 随培养时间的增加, 各浓度组藻的光合速率逐渐回升, 特别是 0.2 $\mu\text{g/L}$  浓度组的藻, 至第三天时, 光合速率已与对照基本持平, 恢复到了正常水平。

TPTC 对扁藻光合作用的影响(图 1b)表明, 经 TPTC 处理后第一天, 扁藻的光合速率随 TPTC 浓度的增加而明显降低, 这与 TBTC 影响趋势是一致的, 但光合速率减小的程度较小。另外, 随培养时间的延长, 各浓度组的光合速率与 TBTC 各浓度组具相似的变化, 出现逐渐回升的趋势。但与 TBTC 的影响相比, 3d 之中各浓度组 (0.2—0.8 $\mu\text{g/L}$ ) 光合速率的差别较小。

**2.2 TBTC 和 TPTC 对金藻光合作用的影响** TBTC 对金藻光合作用的影响(图 2a)表明, TBTC 对金藻光合作用的影响明显大于对扁藻的。低浓度组的 TBTC(0.2 $\mu\text{g/L}$ ) 对金藻的光合出现促进作用, 以 48h 最为明显。但浓度大于 0.6 $\mu\text{g/L}$  的各组, 光合速率急剧下降。第一天光合速率减少了 70% 左右, 第二天和第三天光合速率接近于零。0.8 和 1.0 $\mu\text{g/L}$  浓度组的金藻在接种后第三天已全部死亡, 未测其光合速率。

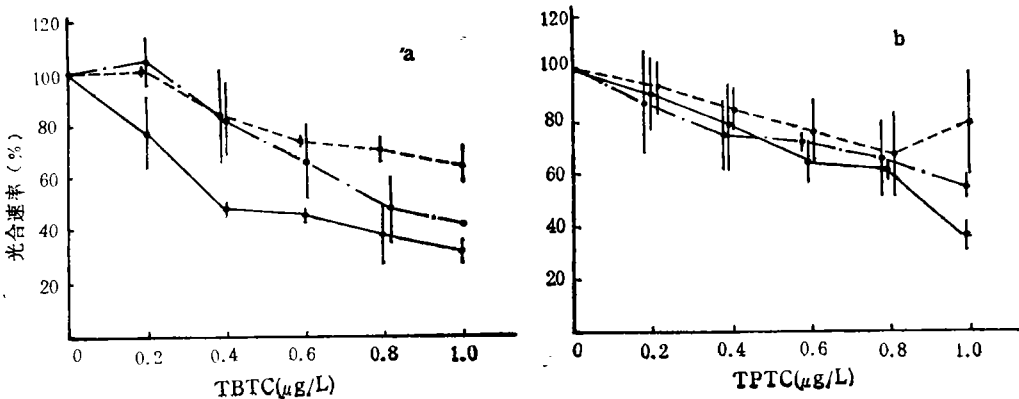


图 1 TBTC(a) 和 TPTC(b) 对扁藻光合作用的影响

Fig. 1 Effects of TBTC(a) and TPTC(b) on Photosynthesis of *Platymonas* sp.  
— 24h; - - 48h; ···· 72h. 图 2 同。

TPTC 对金藻光合作用的影响(图 2b)表明, TPTC 对金藻的光合速率有明显的抑制作用; TPTC 浓度越大, 抑制作用越大。接种后第一天, 0.2 $\mu\text{g/L}$  组的光合速率就降低了约 40%; 0.4 $\mu\text{g/L}$  组降低了约 50%; 0.8 和 1.0 $\mu\text{g/L}$  组出现了负值。另外, 在接种后 48h 时, 0.2—0.8 $\mu\text{g/L}$  浓度组的藻的光合速率逐渐恢复, 至 72h 时,  $\leq 0.4\mu\text{g/L}$  浓度组的光合速率继续恢复, 而此时 0.8 $\mu\text{g/L}$  浓度组出现了负值, 1.0 $\mu\text{g/L}$  浓度组的藻细胞全部死亡, 未测其光合速率。

## 3 讨论与结语

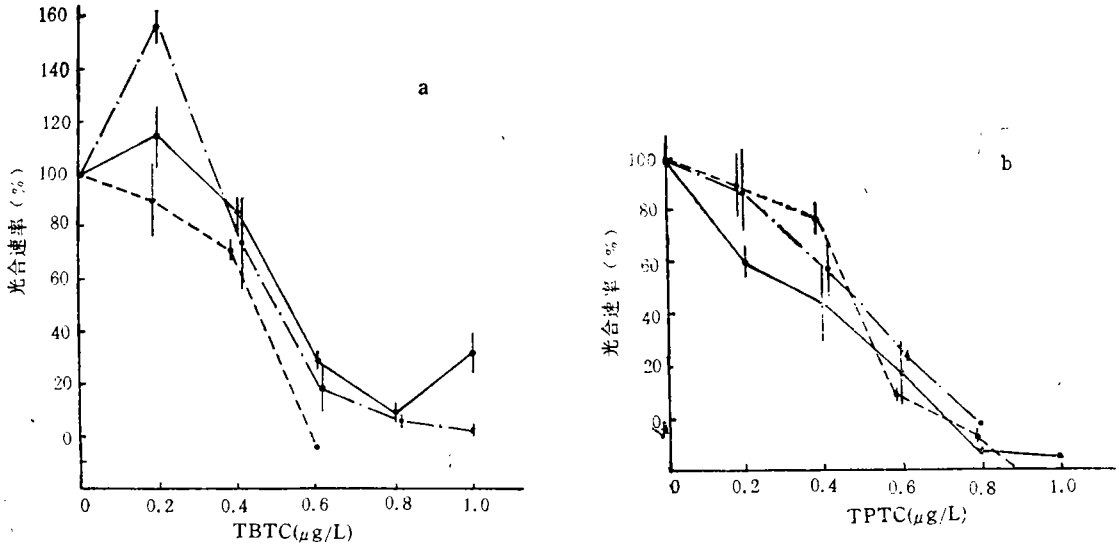


图 2 TBTC(a) TPTC(b) 对金藻光合作用的影响

Fig. 2 Effects of TBTC(a) and TPTC(b) on Photosynthesis of *Dicteria zhanjiangensis*

**3.1 TBTC 和 TPTC 对扁藻和金藻的光合作用有明显影响** 当浓度为  $0.2 \mu\text{g/L}$  时, TBTC 对以上两种藻在不同时间产生不同程度的刺激作用; 浓度  $\geq 0.4 \mu\text{g/L}$  时产生抑制作用。TPTC 在实验所设各种浓度下均表现抑制作用。两种锡对两种藻的抑制作用随浓度的增加而增加。这一趋势同本研究“1”(高尚德, 1994)所述的有机锡对光合色素的影响是一致的。

**3.2 两种有机锡对光合作用的半抑制浓度 ( $IC_{50}$ ) 不同** TBTC 对光合作用的  $IC_{50}$ , 24h 时扁藻是  $0.49 \mu\text{g/L}$ , 金藻是  $0.53 \mu\text{g/L}$ ; 48h 时, 扁藻是  $0.81 \mu\text{g/L}$ , 金藻是  $0.49 \mu\text{g/L}$ 。TPTC 对光合作用的  $IC_{50}$ , 24h, 扁藻是  $0.89 \mu\text{g/L}$ , 金藻是  $0.38 \mu\text{g/L}$ 。48h 时, 扁藻在各种锡浓度下的光合作用都恢复到了对照组的 60% 以上, 测不出  $IC_{50}$  值。金藻 48h 时的  $IC_{50}$  为  $0.51 \mu\text{g/L}$ 。从以上结果可知, TBTC 毒性大于 TPTC。这一结果和我们前文的结果(高尚德, 1994)以及 Wong 等 (1982)、Maguire 等 (1984) 和 Davies 等 (1980) 的结果是一致的。Wong (1982) 指出, 有机锡毒性大于无机锡; 在有机锡中, 三烷基锡毒性大于二烷基锡; 碳链越长, 毒性越大。

**3.3 有机锡毒性随时间延长而减弱** 扁藻经较高浓度的有机锡处理后, 第一天光合速率减少最多, 第二天次之, 第三天最少。表现出随着时间的加长, 光合作用逐渐恢复的趋势。这种恢复现象在 TPTC 对金藻影响的实验中也不同程度地出现过。这可能是由于有机锡毒性逐渐减小或藻细胞对环境的适应造成的。Maguire 等 (1984) 曾发现, 镰形纤维藻在  $20^\circ\text{C}$  下培养 4 周后, 培养液中 TBTC 减少了 50%。Beaumont 等 (1986) 通过对 3 种微藻的研究也发现, 培养液中的有机锡随时间延长而减少。他认为, 这可能是由化学衰减而引起的。

**3.4 两种藻对有机锡毒性的耐受力不同** 在同样的有机锡浓度下, 金藻光合速率减少的幅度远远大于扁藻。例如, TBTC 浓度为  $0.6 \mu\text{g/L}$  时, 扁藻光合速率第一天减少

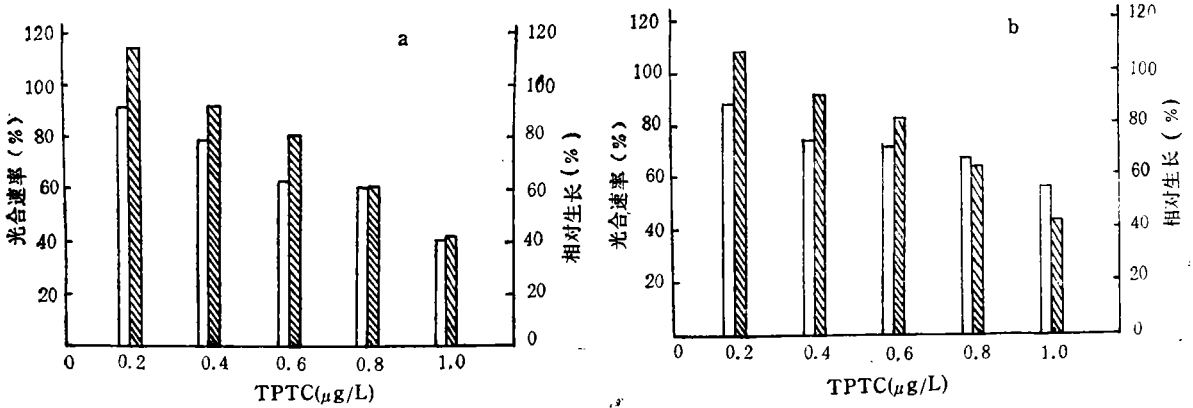


图3 TPTC 对扁藻 24h(a) 和 48h(b) 光合与生长的影响比较

Fig. 3 Comparison of effects of TPTC on Photosynthesis and growth of *Platymonas* sp. for 24h(a) and 48h(b)

□光合; ▨生长。图4同。

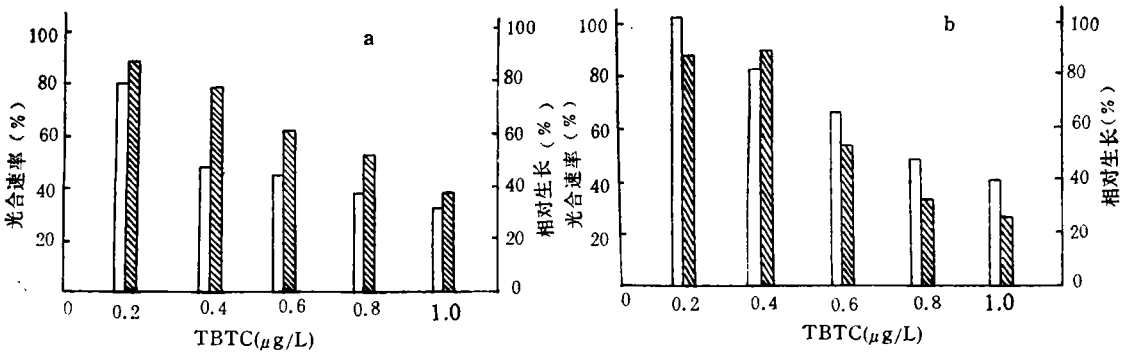


图4 TBTC 对扁藻 24h(a) 和 48h(b) 光合与生长的影响比较

Fig. 4 Comparison of effects of TBTC on Photosynthesis and growth of *Platymonas* sp. for 24h(a) and 48h(b)

53.5%, 第二天减少 34%, 而金藻的第一天减少 70.7%, 第二天减少 81.1%。两种藻对 TPTC 的耐受力差别更大。TPTC 浓度为 0.6 μg/L 时, 扁藻的光合速率第一天减少 35.7%, 第二天减少 27.6%, 而金藻的第一天减少了 81.8%, 第二天减少了 74%。从以上结果可以看出, 扁藻的耐受力大于金藻。

**3.5 TBTC 在 0.2 μg/L 浓度下, 对光合作用有促进作用** 在 0.2 μg/L TBTC 浓度下, 实验第二和第三天扁藻的光合速率均超过对照, 而金藻则在第一和第二天均超过对照。这一现象可能是由“毒物兴奋作用”引起的 (Stebbing, 1985)。这一作用在其他污染物的实验中也发现过, 如石油、汞、铅和镉等在低浓度下对单胞藻光合速率均显示促进作用 (巴登, 1991)。这种作用说明了污染物在此浓度下对培养的生物无毒或毒性很小。

**3.6 两种藻经有机锡处理后, 光合速率和生长速率不成平行关系** 扁藻在低浓度 TPTC 作用下 (0.2—0.6 μg/L) 相对生长速率大于相对光合速率。在高浓度 (0.8—1.0 μg/L)

L) TPTC 作用下,第一天,扁藻相对光合和生长速率几乎相同(图 3a);第二天,相对光合速率超过相对生长速率(图 3b)。还可看出,经 TPTC 处理后第一和第二天,扁藻的生长得到促进,而光合则受到抑制。扁藻经 TBTC 处理后的光合与生长的比较见图 4。从图 4a 中可看出,经 TBTC 处理 24h 后,各 TBTC 浓度组的相对生长量均大于相对光合量,但二者相差的幅度各不相同。从图 4b 可看出,经 TBTC 处理 48h 后,在  $0.4\mu\text{g/L}$  浓度组,扁藻的生长速率超过光合速率,而在其他浓度组,情况则相反。可见,光合与生长不呈平行关系。

以上的比较说明,在有机锡作用下,藻体光合作用的减少不是完全由细胞数量引起的。Wong 等(1982)用 3 种淡水藻(四尾栅藻、镰形纤维藻和水华鱼腥藻)做的实验也得到了类似的结果。他们认为,这是由于三烷基锡对 3 种藻的繁殖的危害较对光合作用的大一些而引起的。

### 参 考 文 献

- 华东师范大学生物系植物教研室主编,1989,藻类植物光合强度测定,植物生理学实验指导,高等教育出版社(北京),102—105。
- 高尚德、吴以平、赵心玉,1994,有机锡对海洋微藻的生理效应 I. 三苯基锡和三丁基锡对光合色素的影响,海洋与湖沼, 25(3): 259—265。
- 巴登, S. A. 著,吴喻端等译,1991,海洋污染和海洋生物资源,海洋出版社(北京),57—76。
- Beaumont, A. R. and Newman, P. B., 1986, Low levels of tributyltin reduce growth of marine microalgae, *Mar. Pollut. Bull.*, 17: 457—461.
- Davies, A. G. and Smith, P. J., 1980, Recent advances in organotin chemistry, *Adv. Inorg. Chem. Radiochem.* 23: 1—77.
- Maguire, R. J., Wong, P. T. S. and Rhamey, J. D., 1984, Accumulation and metabolism of tri-n-butyltin cation by a green alga, *Akkistrodesmus falcatus*, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 537—540.
- Stebbing, A. R. D., 1985, Organotin and water quality—some lessons to be learned, *Mar. Pollut. Bull.*, 16: 283—390.
- Wong, P. T. S. et al., 1982, Structure-toxicity relationship of tin compounds on algae, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39:483—488.

## THE PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ORGANOTIN ON MARINE MICROALGAE

### II. EFFECTS OF TRIPHENYLTIN AND TRIBUTYLTIN ON PHOTOSYNTHESIS OF *DICRATERIA ZHANJIAN-* *GENSIS* AND *PLATYMONAS* SP.

Gao Shangde, Wu Yiping, Zhao Xinyu

(Department of Biology, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003)

#### ABSTRACT

The effect of tributyltin chloride (TBTC) and triphenyltin chloride (TPTC) on photosynthesis of pure cultures of *Platymonas* sp. and *Dicrateria zhanjiangensis* were tested from April 1991 to January 1992. The two species of marine microalgae were cultured in a range of concentration of TBTC and TPTC (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 $\mu\text{g/L}$ ) for 24h, 48h and 72h respectively. Different effects were observed within 24h at 0.2 $\mu\text{g/L}$  of TBTC and TPTC, and photosynthesis and growth were markedly reduced after culture of the species in  $\geq 0.4\mu\text{g/L}$  of the two chlorids. TBTC was more toxic than TPTC and its inhibition effect obviously occurred within 48h at 0.4 $\mu\text{g/L}$  and 0.6 $\mu\text{g/L}$ , the net photosynthesis rate was reduced to 70% of that of the control for *P. sp.*, while TPTC slight inhibition occurred at 0.4 $\mu\text{g/L}$  and at 0.6 $\mu\text{g/L}$ ; the net photosynthesis rate was reduced only about 25% for *P. sp.* and about 75% for *D. zhanjiangensis*.

The photosynthesis rate of *P. sp.* was most seriously influenced during the first day of exposure to both TBTC and TPTC. Thereafter, it recovered gradually. The photosynthesis rate of *D. zhanjiangensis* increased slightly with time after one day exposure to TPTC, but went on decreasing under TBTC contamination.

**Key words** Tributyltin chloride    Triphenyltin chloride    *Platymonas* sp.  
*Dicrateria zhanjiangensis*    Photosynthesis