

三苯基氯化锡(TPTC)对孔石莼光合作用及生长的影响*

李 钧 于仁诚 李正炎[†] 颜 天 周名江

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

([†] 青岛海洋大学环保中心 青岛 266003)

提要 于 1995 年 5 月在青岛太平角采集孔石莼, 研究了三苯基氯化锡(TPTC) 对其光合、呼吸、色素含量及生长的影响。结果表明, 低浓度的 TPTC ($\leq 2\mu\text{g/L}$) 对光合过程无明显作用, 高浓度的 TPTC ($> 2\mu\text{g/L}$) 能抑制光合作用, 当 TPTC 浓度达到 $16\mu\text{g/L}$ 时, 光合过程基本停止, TPTC 对光合作用的半数效应浓度为 $96\text{hEC}_{50} = 7.39\mu\text{g/L}$ 。低浓度的 TPTC 就能够使呼吸速率加快, 但 TPTC 浓度达到 $8\mu\text{g/L}$ 后, 呼吸速率开始下降。 $1\mu\text{g/L}$ 的 TPTC 能促进叶绿素 *a* 的合成, 当 TPTC 浓度在 $2\mu\text{g/L}$ 以上时, 叶绿素 *a* 含量下降, TPTC 对叶绿素 *a* 含量的半数效应浓度为 $96\text{hEC}_{50} = 12.99\mu\text{g/L}$ 。TPTC 能抑制藻片的生长, 其对藻片半径增长和藻体生物量增加的半数效应浓度为 $96\text{hEC}_{50} = 4.01\mu\text{g/L}$ 和 $10.1\mu\text{g/L}$ 。

关键词 三苯基氯化锡(TPTC) 孔石莼 光合 呼吸 叶绿素 *a* 生长

学科分类号 X503.23

70 年代以来, 有机锡化合物被广泛用作海洋防污涂料的活性成分, 由于其毒性大, 大量使用有机锡必然给海洋生物和海洋环境带来影响。关于有机锡污染的研究, 国内外已有许多报道, 主要集中于有机锡对海洋软体动物(Gibbs *et al.*, 1986; Langston *et al.*, 1991)、甲壳类(Davidson *et al.*, 1986)、鱼类(Fent *et al.*, 1992; Triebkorn, 1994)等敏感生物的生长、存活、繁殖等生理功能的影响。有机锡对海藻的毒性研究也有一些报道, 主要是对微藻的毒性(赵丽英等, 1990; 李正炎等, 1996)。到目前为止, 关于有机锡对大型海藻生理功能的影响研究还很少。大型海藻是潮间带及沿岸海域初级生产力的重要组成部分, 为了综合评价有机锡的毒性效应, 本文以我国沿海常见的大型海藻孔石莼为材料, 研究了三苯基氯化锡(TPTC)对其生长、光合、呼吸等生理功能的影响。

1 材料与方法

1.1 实验生物

1995 年 5 月从青岛太平角采集嫩绿、长势旺盛的孔石莼(*Ulva pertusa*), 于藻类培养室内实验条件下培养 2 天后用于实验。培养用海水取自青岛太平角海域, 经四层筛绢过滤、煮沸消毒、冷却、加入适量营养盐后用作培养液, 培养液中各种营养成分的浓度分别为

* 国家自然科学基金资助项目, 99290600 号。李 钧, 男, 出生于 1963 年 4 月, 副研究员, E-mail: jli@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 1998-08-16, 收修改稿日期: 1999-04-02

N: 0.761mmol/L, P: 0.029mmol/L, K: 0.623mmol/L, Fe: 1.56μmol/L, 维生素 B₁: 0.1mg/L, 维生素 B₁₂: 0.5μg/L。

1.2 实验药品

三苯基氯化锡(Triphenyltin chloride, TPTC), 分子式为(C₆H₅)₃SnCl, 分子量为385.5, 日本进口, 纯度在99.99%以上, 用分析纯丙酮配成500mg/L的母液, 实验时用蒸馏水稀释500倍后作为使用液(1mg/L)。

1.3 实验方法

取每片藻体的相同部位, 用打孔器打成半径为1.1cm的圆片, 随机放入预先盛有800ml消毒海水的烧杯中, 每杯10片, 加入1mg/L三苯基氯化锡使用液到海藻培养液中, 使得各杯中TPTC浓度分别为0、1.0μg/L、2.0μg/L、4.0μg/L、8.0μg/L、16.0μg/L。将烧杯放在培养架上培养, 培养光源为40W日光灯, 光暗周期比L:D=12h:12h, 照度为3500lx左右, 培养温度23℃。在实验开始和进行48h和96h后, 分别取出藻片, 以黑白瓶法测定光合速率和呼吸速率, 将装有藻片的黑白瓶在25℃, 在3000lx下培养4h, 分析溶解氧浓度的变化, 计算光合速率和呼吸速率。溶解氧测定采用Winkler滴定法。实验进行96h后, 测量藻片半径, 并将各浓度组的藻片分作两份, 一份用于测定叶绿素a含量, 叶绿素a的提取和测定采用Amon三色法。另一份在60℃恒温6—8h, 干燥器内冷却后称干重, 分析藻片重量的变化。

2 结果

2.1 TPTC对孔石莼光合作用的影响

实验刚开始时, 各组中藻片光合速率基本一致, 这说明各组的实验条件相似, 具有可比性。TPTC处理96h后, 低浓度有机锡(<2μg/L)处理组中的藻体, 光合速率与对照组基本持平; 当TPTC浓度达到2μg/L以上时, 藻体光合速率表现出下降趋势; 当TPTC浓度为8μg/L时, 藻体光合速率为对照组的58%; 当TPTC浓度为16μg/L时, 藻体基本不能进行光合作用, 光合速率只有对照组的0.6%(图1)。TPTC对孔石莼光合速率的96h半数效应浓度(96hEC₅₀)为7.39μg/L。

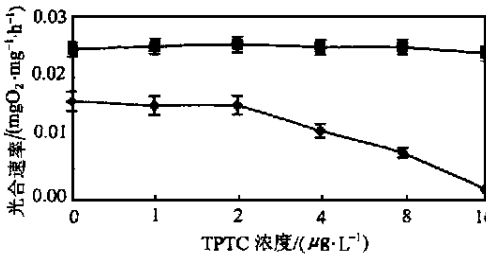


图1 TPTC对孔石莼光合速率的影响

Fig. 1 Photosynthesis rate of *Uva pertusa* as influenced by TPTC
◆ 96h; ■ 0h

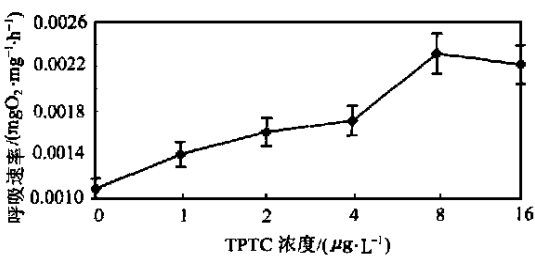


图2 TPTC对孔石莼呼吸速率的影响

Fig. 2 Respiration rate of *Uva pertusa* as influenced by TPTC (t=96h)

2.2 TPTC对孔石莼呼吸作用的影响

TPTC处理之前, 各实验组中藻体的呼吸速率没有明显差异, TPTC处理96h后, 总的

趋势是 TPTC 浓度越高,藻体的呼吸速率越大,当 TPTC 浓度为 $8\mu\text{g/L}$ 时,呼吸速率为对照组的 209%;但 TPTC 浓度超过 $8\mu\text{g/L}$ 时,藻体的呼吸速率不再上升,开始出现下降趋势,表明这时的藻细胞线粒体已受到 TPTC 的毒害(图 2)。

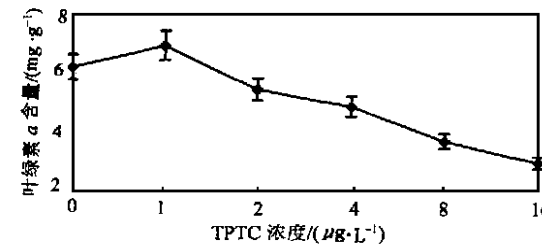


图3 TPTC 处理孔石莼 96h 的叶绿素 a 含量
Fig. 3 The content of Chl- a in *Uva pertusa* as influenced by TPTC ($t=96\text{h}$)

2.4 TPTC 对孔石莼生长的影响

由表 1 可知,TPTC 处理 96h 后,各组中的藻片半径均小于对照组,且 TPTC 浓度越高,藻片半径越小,当 TPTC 浓度为 $16\mu\text{g/L}$ 时,藻片半径只有对照组的 65%,TPTC 对孔石莼藻片半径增加值的 96h EC_{50} 为 $4.01\mu\text{g/L}$ 。

实验表明,TPTC 处理 96h 的各组中,TPTC 浓度越高,藻干重增加值越小,当 TPTC 为 $16\mu\text{g/L}$ 时,其藻体干重增加值只有对照组的 51% (表 1)。TPTC 对孔石莼藻体干重增加值的 96h EC_{50} 为 $10.11\mu\text{g/L}$ 。这说明 TPTC 能抑制石莼的细胞分裂和藻体生长

2.3 TPTC 对孔石莼叶绿素 a 的影响

实验发现,低浓度的 TPTC 能促进藻体叶绿素 a 的合成, $1\mu\text{g/L}$ 的 TPTC 处理组中,藻体叶绿素 a 含量比对照组增加了 12%;高浓度的 TPTC ($> 2\mu\text{g/L}$) 能抑制藻体叶绿素 a 的形成,当 TPTC 浓度为 $8\mu\text{g/L}$ 时,叶绿素 a 含量只有对照组的 59%;当 TPTC 浓度为 $16\mu\text{g/L}$ 时,叶绿素 a 只有对照组的 47% (图 3)。TPTC 对孔石莼叶绿素 a 的 96h EC_{50} 为 $12.99\mu\text{g/L}$ 。

表 1 TPTC 处理对孔石莼藻片生长的影响

Tab. 1 Effects of TPTC on growth of *Uva pertusa*

浓度($\mu\text{g/L}$)	0	1	2	4	8	16
藻片半径增加值 (cm)	0.783	0.62	0.61	0.377	0.227	0.127
藻片干重增加值 (mg)	14.9	12.4	12.9	9.8	5.9	7.5

3 讨论

3.1 当 TPTC 溶液浓度低于 $1\mu\text{g/L}$ 时,与对照组相比,藻体呼吸速率和叶绿素 a 含量均有所增加。高尚德等(1994)、李正炎等(1996)在研究有机锡对微藻生理功能的影响时也发现这一现象。这可能是由于生物处于轻微染毒状态时,为加速毒物在体内的降解,而表现出的“生理亢奋状态”,这也是生物自我保护的一种机制。

3.2 当 TPTC 浓度为 $4\mu\text{g/L}$ 时,藻体的光合作用已经开始下降,而这时呼吸强度并未减弱,只有当 TPTC 浓度达到 $16\mu\text{g/L}$ 时,藻体呼吸作用才出现下降趋势。这意味着在藻细胞内,叶绿体可能比线粒体更易受到有机锡的毒害。值得从藻细胞超微结构损伤上进一步加以证实。

3.3 与赵丽英等(1990)、李正炎等(1996)的实验结果相比较,本文发现,大型藻对有机锡污染的敏感性比微藻低 2—5 倍,这也符合生物毒理学的一般规律,个体越大的生物对污染物的耐受力一般也越强。

参 考 文 献

- 李正炎, 周名江, 李 钧等, 1996. 三苯基氯化锡(TPTC) 对等鞭金藻生理功能的影响. 海洋科学集刊, 37: 115—120
- 赵丽英, 陆贤昆, 1990. 有机锡对海洋微藻的毒性效应, 青岛海洋大学学报, 20(4): 6—11
- 高尚德, 吴以平, 1994. 有机锡对海洋微藻的生理效应. 海洋与湖沼, 25(4): 362—367
- Davidson B M, Valkirs A O, 1986. Selgman, Acute and chronic effects of tributyltin on the mysid *Acarthomysis salpa*. *Oceans* 86, 4: 1 219—1 225
- Fent K, Meier W, 1992. Tributyltin- induced effects on early life stages of minnows *Phoxinus phoxinus*. *Arch Environ Contam Toxicol*, 22: 428—438
- Gibbs P E, Bryan G W, 1986. Reproductive failure in populations of the dogwhelk, *Nucella lapillus*, caused by imposex induced by tributyltin from antifouling paints. *J Mar Biol Ass UK*, 66: 767—777
- Langston W J, Burt G R, 1991. Bioavailability and effects of sediment- bound TBT in deposit feeding clams, *Scrobicularia plana*. *Mar Environ Res*, 32: 61—78
- Triebekom R, 1994. Evaluation of bis (tri- n- butyltin) oxide (TBO) neurotoxicity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). I. Behaviour, weight increase and tin content. *Aquatic Toxicol*, 30: 189—197

EFFECTS OF TPTC ON PHOTOSYNTHESIS AND GROWTH OF MACROALGAE, *ULVA PERTUSA*

LI Jun, YU Ren- cheng, LI Zheng- yan^{*}, YAN Tian, ZHOU Ming- jiang

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

^{*}(*Center of Environmental Protection, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003*)

Abstract Macroalgae are important components of primary productivity in coastal areas. However, there is little knowledge about the toxic effects of organotin on macroalgae. In 1995, *Ulva pertusa* were collected from Taipingjiao, Qingdao study the toxic effects of Triphenyltin chloride (TPTC) on its photosynthesis, respiration, content of Chlorophyll- *a* and growth.

TPTC showed no effects on photosynthesis process of *Ulva pertusa* until TPTC concentration reached $2\mu\text{g/L}$, and the photosynthesis was almost totally inhibited at $16\mu\text{g/L}$. The calculated value of 96hEC_{50} for photosynthesis inhibition was $7.39\mu\text{g/L}$. Respiration rate initially increased with low TPTC exposure level, and started to decrease from $8\mu\text{g/L}$. But the respiration rate at $16\mu\text{g/L}$ was still higher than that of the control. Chlorophyll- *a* content was slightly higher than that of the control when TPTC concentration was $1\mu\text{g/L}$, it decreased with TPTC level of $96\text{hEC}_{50} = 12.99\mu\text{g/L}$. TPTC could inhibit the growth of *Uva pertusa* both in size ($96\text{hEC}_{50} = 4.01\mu\text{g/L}$) and biomass ($96\text{hEC}_{50} = 10.11\mu\text{g/L}$).

During the experiment, both respiration rate and content of Chlorophyll- *a* increased at low concentration of TPTC, which reflected a state of “physiological excitement”. This was probably due to the mechanism of self- protection of removing the pollutant. Compared to respiration process, which didn't show decreasing trend until $16\mu\text{g/L}$, the photosynthesis process was more sensitive to TPTC. This might reflect the difference of sensitivity in chloroplast and mitochondria. Results show that the resistance of macroalgae to TPTC is 3—5 times higher than that of microalgae according to the toxicity data published before.

Key words Triphenyltin chloride (TPTC) *Uva pertusa* Photosynthesis Respiration Chlorophyll- *a* Growth

Subject classification number X503. 23