

文章编号:1000-0615(2001)03-0279-04

·研究简报·

三苯基氯化锡对海湾扇贝摄食、附着和存活的影响

Effects of triphenyltin on feeding, attachment and survival of bay scallop *Argopecten irradians*

颜 天, 李正炎, 李 钧, 周名江

(中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

YAN Tian, LI Zheng-yan, LI Jun, ZHOU Ming-jiang

(Institute of Oceanology, CAS, Qingdao 266071, China)

关键词:三苯基氯化锡;海湾扇贝;摄食;附着;致死

Key words: triphenyltin; *Argopecten irradians*; feeding; attachment; mortality

中图分类号: S944.3 文献标识码: A

有机锡化合物自本世纪 60 年代开始应用于海洋防污涂料,它是迄今为止人为引入海洋环境中的毒性最大的物质之一,它的广泛使用曾给世界各国沿海地区带来了牡蛎养殖业损失、螺类性畸变(imposex)等一系列的生态灾难^[1-3]。近十余年来,国外关于有机锡对这些非靶海洋生物的毒性已作了不少的研究,主要集中在国外常用的三丁基氯化锡(TBT)^[4,5]。在我国,天津新港、大连湾、胶州湾以及海河河口地区也发现存在着有机锡污染,因此,我国科学家们将它作为一种典型污染物,进行了环境变化和生态效应的大量研究^[6],在有机锡对海洋生态系统的影响中,我们完成了有机锡对浮游微藻、大型藻的生理和生态结构,对浮游动物小型甲壳类黑褐新糠虾(*Neomysis awatschensis*)的生活史和种群繁衍,以及滩涂生物群落的影响研究^[7-11]。在海洋生态系统中,海湾扇贝(*Argopecten irradians*)代表软体双壳类生物,一般营固着生活,易受有机锡污染的影响。自 80 年代开始海湾扇贝从国外引进并在我国沿海地区大量人工养殖,具有重要的经济意义,90 年代以来我国沿海的养殖扇贝出现大量死亡,水域中的有机锡污染是否有一定作用也值得关注。因此,本文选用海湾扇贝为研究对象,研究了我国防污涂料的主要活性成分三苯基氯化锡(TPT)对海湾扇贝重要生理和生命活动摄食、附着行为和存活的影响,以期分析有机锡污染对扇贝养殖业影响和制订我国的有机锡水质标准提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

海湾扇贝(*Argopecten irradians*)幼体,壳高 1cm 左右,采自青岛市薛家岛振林水产养殖公司。三苯基氯化锡(triphenyltin chloride, TPT),分子式(C₆H₅)₃SnCl,分子量 385.5,含锡量 30.4%,纯度 99.99%以上,白色粉末,日本进口,用分析纯丙酮配成 TPT 浓度为 500 × 10⁻⁶g·L⁻¹母液,稀释后用于实验。

1.2 实验方法

实验用海水取自青岛近岸(pH 8.1, 盐度 32),无污染史,经四层筛绢过滤,煮沸消毒冷却后用于实验。实验容器为

收稿日期:2000-07-10

资助项目:国家自然科学基金资助项目(992960);国家自然科学基金重点项目(39630060);国家九五攻关课题(96-922-02-03-015)

第一作者:颜 天(1969-),女,广东化州人,副研究员,主要从事海洋生态毒理与有害赤潮研究。Tel:0532-2879062-6121, E-mail: tianyan@ms.qdio.ac.cn

800mL 烧杯,经 1:3 盐酸浸泡 12h,冲洗干净后用于实验。每杯随机移入 10 枚扇贝,通气培养,培养温度为 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, 暂养 24h 后,在各烧杯中加入一定量的三苯基氯化锡,使终浓度分别为: 1.3×10^{-9} 、 2.5×10^{-9} 、 5×10^{-9} 、 10×10^{-9} 、 $20 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,每个浓度设置两个重复,对照组为溶剂丙酮的海水稀释液,浓度与三苯基氯化锡最高浓度组的丙酮浓度相同。

各实验组每天投喂一定量处于对数生长期的巴孚金藻 (*Pavlova viridis*)。在实验刚开始时进行清滤率实验,在投喂金藻后及实验进行 2h 后分别取样,用红血球计数板计数培养液中的金藻密度,计算扇贝的清滤率,以后每 12h 观察各组扇贝的附着和死亡。扇贝张壳或半张壳以玻璃棒轻触其壳部不引起任何反应作为其死亡判据,96h 后结束实验。

1.3 数据处理

清滤率计算公式: $F = V \cdot (\ln C_1 - \ln C_2) / \Delta t \cdot N$

式中 V 为水体体积, C_1 , C_2 为实验开始和终止时藻液密度 ($\times 10^4 \cdot \text{mL}^{-1}$), Δt 为滤食时间 (h), N 为受试生物个体数。

各浓度下相对清滤/附着率 $Y = F_i / F_0$

式中 F_i 为各浓度清滤/附着率, F_0 为对照组清滤/附着率。

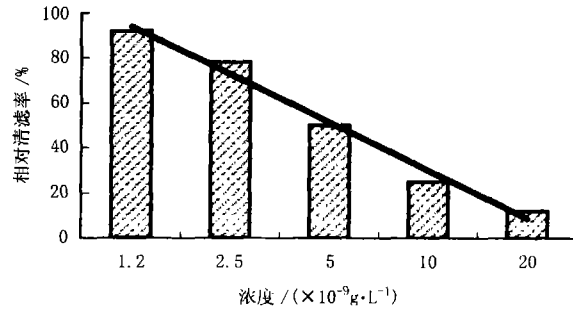


图 1 2h 时扇贝的相对清滤率与三苯基氯化锡浓度关系

Fig.1 The effect of TPT on clearance of *A. irradians* after 2 hour exposure

2 结果

2.1 三苯基氯化锡对海湾扇贝摄食的影响

扇贝在 2h 时相对清滤率与三苯基氯化锡浓度关系的对数呈线性负相关(图 1),拟合曲线方程为: $Y = -73.43 \lg X + 100.44$ ($r = 0.9898$), 计算得 2h EC_{50} 为 $4.86 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。实验结果表明三苯基氯化锡能降低扇贝的清滤率,从而影响了扇贝的摄食能力。

2.2 三苯基氯化锡对海湾扇贝附着的影响

在三苯基氯化锡污染条件下,扇贝会切断其足丝,出现去附着现象。扇贝的相对附着率与三苯基氯化锡浓度的对数呈线性负相关(图 2),且随实验时间增加而显著降低,2、24、48 和 96h 时扇贝的相对附着率与三苯基氯化锡浓度对数的回归方程及半影响浓度见表 1。结果表明,三苯基氯化锡能显著影响扇贝的附着率,影响程度随污染时间增加而显著增强。

2.3 三苯基氯化锡对海湾扇贝存活的影响

扇贝的死亡率与三苯基氯化锡浓度的对数呈线性正相关(图 3),而且随实验时间增加而显著上升,2、24、48 和 96h 时扇贝的死亡率与三苯基氯化锡浓度对数的回归方程及半致死浓度见表 2。

表 1 扇贝的相对附着率与三苯基氯化锡浓度间的回归关系

Tab.1 The relationship between the attachment rates of *A. irradians* and TPT concentrations

处理时间 (h)	回归方程	相关系数 r	半影响浓度 EC_{50} ($\times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
24	$Y = -34.8 \lg X + 104.4$	-0.9585	>20
48	$Y = -61.4 \lg X + 102.0$	-0.9861	7.0
72	$Y = -73.0 \lg X + 95.08$	-0.9868	4.1
96	$Y = -84.6 \lg X + 80.21$	-0.9899	2.3

表 2 扇贝的死亡率与三苯基氯化锡浓度间的回归关系

Tab.2 The relationship between mortality rates of *A. irradians* and TPT concentrations

处理时间 (h)	回归方程	相关系数 r	半影响浓度 LC_{50} ($\times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
24	$Y = 8.3 \lg X - 1.8$	0.9559	>20
48	$Y = 29.9 \lg X + 0.1$	0.9939	>20
72	$Y = 68.1 \lg X - 4.6$	0.9795	6.3
96	$Y = 94.6 \lg X + 1.8$	0.9991	3.2

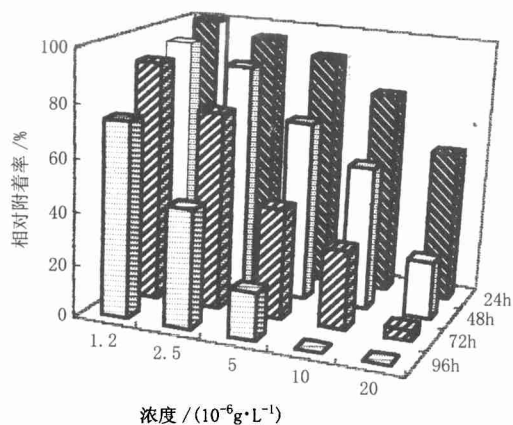


图2 不同时间扇贝的相对附着率
与三苯基氯化锡浓度的关系

Fig.2 The effect of TPT on attachment of
A. irradians during 96h exposure

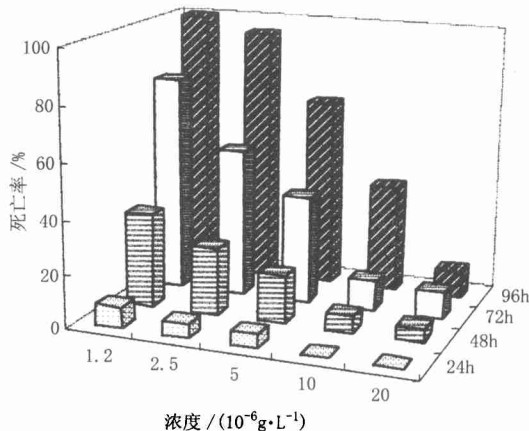


图3 不同时间扇贝的死亡率
与三苯基氯化锡浓度的关系

Fig.3 The effect of TPT on mortality of
A. irradians during 96h exposure

3 讨论

扇贝摄食是扇贝的重要生理活动,清滤率的降低意味着扇贝的生命活动受到了显著的不利影响,这种影响如果持续就必然威胁到扇贝存活。实验结果表明,扇贝清滤率对 TPT 污染的反应相对较快也较敏感,2h $EC_{50} = 4.8 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,是一个良好的毒理学指标。扇贝在正常情况下分泌足丝,营附着生活,当外界环境条件不利时,扇贝会切断其足丝,作出逃避反应,出现去附着现象。刘红^[12]在研究金矿废水对海湾扇贝的影响时应用扇贝的附着率作为毒理学指标,操作方便,对污染物反应敏感,本文研究再次证实了附着率是一个良好的毒理学指标。结果表明,浓度在 $(2 \sim 5) \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,TPT 对海湾扇贝就能造成急性毒性效应。Alzieu 在研究有机锡对巨蜆 (*Crassostrea gigas*) 的毒性效应时发现,浓度为 $0.05 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 TBT 就能降低巨蜆幼体的生长速度,浓度为 $0.1 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 TBT 作用下,12 天后巨蜆幼体几乎全部死亡^[5]。我们在研究有机锡对黑褐新糠虾 (*N. awatschensis*) 的世代繁衍影响时发现当 TPT 浓度达 $0.25 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时就会抑制糠虾的繁殖,进而可能导致其种群的衰亡^[10],海洋中还可能存在着一些对有机锡反应更敏感的生物类群,这有待于进一步的研究。

由于有机锡防附涂料的危害,许多国家制订法规限制它的使用,禁止应用于 25m 以下船只。我国沿海和河口已存在一定程度的有机锡的污染,调查发现,海河河口地区在表层水和底泥中有机锡浓度最高分别达 $0.41 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.177 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[6],胶州湾局部海域中有机锡含量为 $0.066 \times 10^{-9} \sim 0.21 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[14],大大超出一些的环境质量标准(日本 $0.1 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,英国 $0.002 \times 10^{-9} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$),由于扇贝等软体动物对有机锡化合物的降解慢,富集系数高^[13],如长期暴露于有机锡污染,可能在此有机锡浓度下就会对扇贝造成慢性毒性效应,进而很可能造成扇贝的死亡或种群衰退。由于我国对有机锡在沿海海域分布的研究才刚刚开始,有机锡是否危害着扇贝等海产养殖业的影响还需进一步调查和研究。由于我国到目前为止还没有相应的有机锡使用控制措施,因此我们呼吁尽快制订我国的有机锡海水水质标准或渔业水质标准,定期监测有机锡的污染状况,颁布相应的法律法规控制有机锡的污染,以保护我国的海洋生态环境和渔业生产免受有机锡污染的危害。

参考文献:

- [1] Smith B S. Tributyltin compounds induce male characteristics in female mud snails *Nassarius obsoletus* = *Lyanassa obsoleta* [J]. J Appl Toxicol, 1981, 1: 141 - 144.
- [2] Stebbing A R D. Organotins and water quality-some lessons to be learned [J]. Mar Poll Bull, 1985, 16(10): 38 - 390.
- [3] Cleary J J, Stebbing A R D. Organotin in the surface microlayer and subsurface waters of southwest England [J]. Mar Poll Bull, 1987, 18: 238 - 246.
- [4] Bryan G W, Gibbs P E. The decline of the gastropod *Nucella* around Southwest England: Evidence for the effects of tributyltin from antifouling paints [J]. J Mar Biol Ass UK, 1986, 66: 611 - 640.

- [5] Alzieu C. Environmental problems caused by TBT in France: Assessment, Regulations, Prospects[J]. *Mar Environ Res*, 1991, 32: 7-17.
- [6] 徐晓白, 戴树桂, 黄玉瑶. 有机锡[A]. 典型化学污染物在环境中的变化及生态效应[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 99-174.
- [7] 李正炎, 李 钧, 颜 天, 等. 三苯基氯化锡(TPT)对等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)细胞超微结构的影响[J]. *海洋科学集刊*, 1996, 37: 121-127.
- [8] 李正炎, 李 钧, 颜 天, 等. 三苯基氯化锡(TPT)对海洋微藻群落结构的影响[J]. *海洋科学集刊*, 1996, 37: 136-141.
- [9] 李 钧, 于仁诚, 李正炎, 等. 三苯基氯化锡(TPTC)对孔石莼(*Ulva pertusa*)光合作用及生长影响的初步研究[J]. *海洋与湖沼*, 2000, 31(4): 404-407.
- [10] 颜 天, 李 钧, 李正炎, 等. 三苯基氯化锡对黑褐新糠虾的毒性效应[J]. *海洋与湖沼*, 2000, 31(5), 26-30.
- [11] Yan T, Zhou M, Li L. Impact of organotin pollution in a maricultured field of clam, *Ruditapes philippinarum*[A]. Proceedings of the first international symposium on coastal resources and environmental protection[C]. Kusan, South Korea, 1994. 89-102.
- [12] 刘 红. 金矿废水对海湾扇贝的影响[D]. 硕士论文, 青岛: 中国科学院海洋研究所, 1993.
- [13] Waite M E, Evans K. Reductions in TPT concentrations in UK estuaries following legislation in 1986 and 1987[J]. *Mar Environ Res*, 1991, 32: 89-111.
- [14] 赵丽英. 胶州湾水体浮游生物和沉积物中的锡[J]. *青岛海洋大学学报*, 1990, 20(4): 132-142.