

不同浓度的Hg对三角褐指藻的生长 以及累积、排出²⁰³Hg的影响*

肖余生 王永元 滕文法

(中国科学院海洋研究所)

为研究渤海湾海水中不同Hg浓度对生物的某些毒性效应,本文采用室内示踪养殖法,探讨了海水中不同浓度的Hg对浮游硅藻类的三角褐指藻 *Phaeodactylum tricornutum* Bohl 的生长和累积、排出²⁰³Hg的影响。

一、材料与方 法

1. 材料

实验材料为浮游硅藻类的三角褐指藻 *Phaeodactylum tricornutum* Bohl。所用²⁰³Hg,为中国科学院原子能研究所产品,化学状态为²⁰³HgCl₂,比放射性为200—400mCi/g Hg。实验用海水采自青岛汇泉湾沿海,经过滤煮沸消毒后使用。

2. 方法

(1) 样品分组及污染物浓度:样品分对照组和四个实验组,每组二个平行样品,硅藻细胞密度为510万个细胞/ml左右,藻样体积为350ml,是盛在500ml三角烧瓶中进行实验的。有关样品分组及污染物浓度见表。

(2) 累积和毒性试验:按规定时间测定了不同浓度的Hg对硅藻细胞增长率的影响,并镜检了硅藻受损伤后的特征。同时还测定了硅藻累积²⁰³Hg的浓缩系数。实验共进行72小时。

(3) 排出及恢复试验:待(2)结束后,取上述示踪96小时的藻样各175ml,离心浓缩,弃去原²⁰³Hg海水,将沉淀藻重新悬浮于350ml清洁海水中,以比较和观察硅藻受损伤后的恢复能力及其对²⁰³Hg的排出率。实验共进行120小时。

上述(2),(3)实验均采用光源为6支40W日光灯连续光照,光照强度约为2800 lux。

放射性样品体积为5ml,以N530G定标器测Y放射性。上述(2),(3)实验均进行过一次重复实验。

(4) 有关指标用下式计算:

$$\text{浓缩系数} = \frac{\text{放射性记数/g生物鲜重} \cdot \text{分钟}}{\text{放射性记数/ml海水} \cdot \text{分钟}}$$

$$\text{保留率}(\%) =$$

$$\frac{\text{实测放射性计数/g生物鲜重} \cdot \text{分钟}}{\text{初始放射性计数/g生物鲜重} \cdot \text{分钟}} \times 100\%$$

$$\text{排出率}(\%) = 100\% - \text{保留率}(\%)$$

藻细胞增长率(%),用增长的细胞数与最初细胞数之比表示。

有关生物样与水样制备方法,藻个体计数、重量与光密度值间的关系及有关实验方法等,均参见文献〔1〕。

二、结果与讨论

1. 不同Hg浓度对硅藻细胞生长的影响 (图1)

由图1可知,随着示踪藻样中Hg浓度的逐渐增大,硅藻细胞增长率在不断减小。这与藻在生长过程中的细胞色素变化趋势,即由浓棕褐色→较浓棕褐色→淡棕黄色→淡黄白色,是一致的。上述五组藻样,以对照组细胞增长率为最高。其次是生活在较低Hg浓度下的1,2两组藻样。实验开始,1,2两组藻样的生长虽然受到Hg轻微程度的影响,但在整个生

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第774号。

本实验承郭玉洁先生具体指导和周汉秋同志热情帮助。部分图由童保福同志描绘。季祥荣同志参加部分工作。均此一并致谢。

样品分组及污染物浓度表

组别 样品号	实 验 组				
	对照组	1	2	3	4
^{203}Hg 浓度 ($\mu\text{Ci/l}$)	0	0.40	0.80	1.20	1.60
Hg载体浓度(ppm)	0	0.0091 ± 0.0031	0.0182 ± 0.0061	0.0272 ± 0.0092	0.0363 ± 0.0121

长过程中,其细胞增长率仍是在不断增高的。尤其是第1组藻样,在72小时已接近了对照组藻的生长。而在较高Hg浓度影响下的3,4两组藻样,生长极差,其细胞增长率不仅没有增高,相反,是逐日减小的。

为进一步探讨Hg对细胞质量的影响,取72小时的对照组和实验组藻样,在显微镜下比较观察。结果发现:(1)对照组细胞生长健壮,细胞内含物饱满,油滴较多,一般为3—4个(图1-A)。(2)1,2组藻样的细胞质量接近对照组;(3)第3组藻样生长很差,已出现质壁分离现象,多数细胞内的油滴消失或仅剩下1个,细胞内含物萎缩,有的已收缩成团(图1-B)。(4)第4组藻细胞的质壁分离较3组更严重,多数细胞内含物已收缩成较小体

而可以看出,生活在较低Hg浓度下的1,2两组藻样的生长是接近正常的;生活在较高Hg浓度下的3,4两组藻样,已受到较严重的损伤。

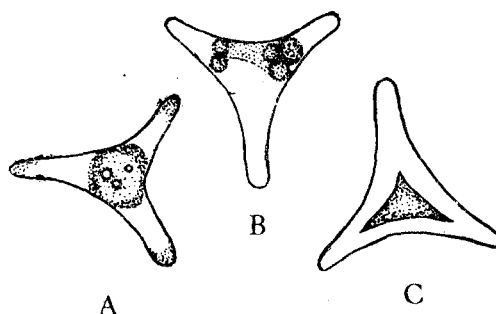


图1-A 对照组正常褐指藻 (1000×)
-B 第3组受损伤褐指藻 (1000×)
-C 第4组受损伤褐指藻 (1000×)

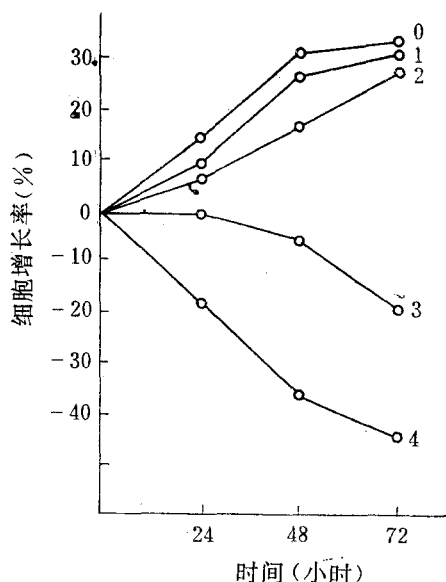


图1 不同Hg浓度对褐指藻生长的影响

积,藻体已几乎成为一个空壳(图1-C)。从

为探讨藻样在受损伤后的恢复能力,我们将上述对照组和实验组藻样分别移至消毒清洁海水中,在相同光、温条件下继续培养5天。结果表明,对照组和1,2两组的藻样均可正常生长;3,4两组藻样在110小时时,终因细胞失色而几乎全部死亡。

由上述结果可以看出,当示踪海水中的Hg浓度在 $0.0182 \pm 0.0061 \text{ ppm}$ 或低于此浓度范围时,硅藻仍可正常生长繁殖。但当海水中的Hg浓度在 $0.0272 \pm 0.0092 \text{ ppm}$ 或高于此浓度范围时,将使硅藻细胞受到损伤,且这种损伤是不可逆的,最后几乎全部死亡。但是,此种硅藻,在实验条件基本相同的情况下,对不同金属的反应是不同的。陈时华等^[2]指出:当实验海水中 Co^{2+} 浓度比自然海水者(0.5 ppb)高千倍(0.5 ppm)和万倍(5 ppm)时,它都没有死亡,仍可正常生长繁殖。由此可

见, 此硅藻对Hg的反应是很灵敏的, 而对 Co^{2+} 的反应是很迟钝的。从有关文献报道^[3-5]中也可看出这一点, 各类Hg的化合物对浮游植物的致死量为 $0.9-60\mu\text{g/l}$, 此数值远比 5ppm (Co^{2+}) 低得多。因此, 探讨海洋藻类等生物资源在不同金属毒物作用下的种群数量变化规律及其受害(损伤)的特征, 对海洋资源的保护、利用和限制有毒金属的排放量及利用藻类上述特性进行海洋监测等, 都是有重要意义的。

同时, 本实验又是在 ^{203}Hg 的比放射性较低(即Hg载体浓度较高)的条件下作的, 当 ^{203}Hg 浓度增大时, Hg载体浓度也按比例增大, (见表1) 因而所得实验结果是 ^{203}Hg 和Hg载体共同作用的结果。但由于 ^{203}Hg 的浓度很低($0.4-1.6\mu\text{Ci/l}$), 其对生物电离辐射的影响可忽略不计, 所以, 对生物的化学毒性作用, 主要是Hg载体本身。由此提醒我们, 在探讨放射性元素对生物的影响时, 必须同时考虑到其载体浓度大小对生物的影响。特别是对那些化学毒性大的, 比放射性低的元素更应如此。

2. 不同Hg浓度对硅藻累积 ^{203}Hg 的影响(图2)

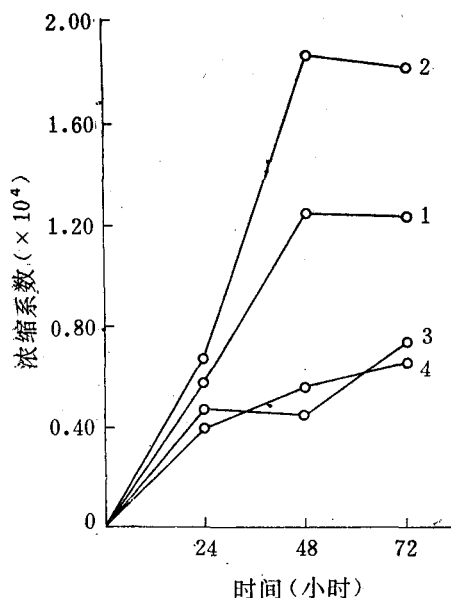


图2 不同Hg浓度对褐指藻累积 ^{203}Hg 的影响

由图2可知, (1)生活在不同Hg浓度下的硅藻对 ^{203}Hg 的累积能力是不同的。其特点是, 生活在较低Hg浓度下的1, 2两组藻样, 对Hg有着较高的累积能力, 其浓缩系数最高值分别为12527, 18790。而生活在较高Hg浓度下的3, 4两组藻样, 对 ^{203}Hg 的累积明显低于1, 2组藻样, 其浓缩系数最高值分别为7209, 6860。由此可见, 1, 2组藻样对 ^{203}Hg 的累积量比3, 4组藻样高2倍左右。(2)生活在不同Hg浓度下的硅藻对 ^{203}Hg 的累积过程也是不同的。在实验最初的24小时, 四组藻样对 ^{203}Hg 的累积能力均较低, 其中1, 2组藻样比3, 4组略高些。但到了48小时, 1, 2组藻样对 ^{203}Hg 的累积明显高于3, 4组藻样。48小时以后至72小时, 1, 2组藻样对 ^{203}Hg 的累积曲线缓慢下降, 表明藻对 ^{203}Hg 的累积已达动态平衡; 3, 4组藻样对 ^{203}Hg 的累积曲线仍略有上升趋势, 表明这两组藻仍可从介质中累积 ^{203}Hg 。从而可以看出, 1, 2组藻样对 ^{203}Hg 的累积过程快于3, 4组藻样。

上述1, 2组和3, 4组藻样在累积能力及累积过程中的差异, 原因是多方面的。它不仅与污染物的浓度有关, 而且还与生物的发育阶段、生理状态有关, 同时也与受损伤藻对环境条件的改变以及由此引起的污染物理化性质的变化、藻表面积大小等因子有关, 所以, 这是一个非常复杂的问题。在通常情况下, 如果生物的生命活动是正常的, 且累积速率也是相同的, 那么, 可用污染物浓度不同对生物的影响规律去解释。但在本实验中出现的差异, 有别于正常情况。因而作者认为, 浓度的影响虽也是原因之一, 但主要的可能还是生物的生理状态不同所引起的。这是因为, 生活在较低Hg浓度下的1, 2组藻样, 处于较正常的生理状态之中, 生命力较旺盛, 光合作用亦较强, 因而与周围进行物质交换的能力也较强。加之, 正常藻是在不断分裂、繁殖增多, 因而新个体、小个体较多, 这不但有利于新生藻在生长过程中对 ^{203}Hg 的累积, 而且还大大增加了藻与介质中的 ^{203}Hg 接触的表面积, 所以, 正常藻对

^{203}Hg 的累积较有利,其浓缩系数值也较高,相应的其累积过程也较快。而生活在较高Hg浓度下的受损伤藻,则似乎是与上述情况相反的。

3. 不同Hg浓度对硅藻排出 ^{203}Hg 的影响

累积和毒性试验结束后,我们将示踪藻样离心浓缩,然后分别移至消毒清洁海水中,以比较其对 ^{203}Hg 的排出情况,实验共进行五天。

结果表明, ^{203}Hg 被生物累积后,由藻体向外界排出的速率是相当缓慢的。排出实验进入110小时时,四组藻样对 ^{203}Hg 的排出率均为20%左右,看不出不同Hg浓度对其排出率有明显影响。而绝大部分(80%左右) ^{203}Hg 仍保留于藻体。王永元等¹⁾用生活正常的硅藻作的实验也得出了相似的结果。另外,刘发义等²⁾实验证实: ^{203}Hg 从紫贻贝 *Mytilus edulis* 体内排出的速度也是非常缓慢的,排出实验进入第68天时,仍看不出贻贝有明显排出 ^{203}Hg 的趋势。他们发现,Hg在贻贝体内几乎全部是与不可溶的物质及可溶性生物大分子(分子量 >70000)相结合的。因而Hg与生物大分子的结合力是很强的。而结合力强的金属,要透过细胞膜向外界迁移,将是缓慢的,所以,排出速度就低。至于硅藻对 ^{203}Hg 的排出机制,是否也与贻贝相同,有待于进一步探讨。

三、结 语

由上述结果和讨论可以看出,Hg是一种毒性很强的金属,不同浓度的Hg对硅藻生长

的危害程度和对累积的影响程度不一样。当海水中的Hg浓度 $\leq 0.0182 \pm 0.0061\text{ppm}$ 时,硅藻仍可正常生长繁殖,此时,硅藻累积 ^{203}Hg 的浓缩系数最高值为18790。但如Hg浓度 $\geq 0.0272 \pm 0.0092\text{ppm}$ 时,将引起硅藻细胞不可逆损伤,以至死亡。此时,硅藻累积 ^{203}Hg 的浓缩系数最高值为7209。同时还可以看出,正常藻和受损伤藻对 ^{203}Hg 的累积虽存在某种差异,但总的说来,它们对Hg都有着较高的累积能力,且自藻体排出很慢。这在研究Hg沿海洋食物链传递时,是应引起重视的。这是因为,硅藻是海洋鱼、虾、贝类,特别是幼体的直接或间接饵料,是食物链中一个不可缺少的基本环节,它可将累积的Hg沿食物链传递最后带给海产品,从而威胁人体健康。鉴于硅藻等浮游藻类对研究Hg等金属毒物在海水中的转移和沿食物链传递有重要作用,所以,浮游植物近几年来已成为环境科学的重要研究对象之一。

参 考 文 献

- [1] 肖余生等, 1982. 海洋科学3:22—24.
- [2] 陈时华等, 1982. 海洋与湖沼 13(2):165—167.
- [3] 国家海洋局《海洋污染概况》编写组, 1975. 海洋污染概况. 石油化学工业出版社, 第78页.

- 1) 王永元等, 1982. 在混合示踪下三角褐指藻对 ^{203}Hg 和 ^{65}Zn 的累积和排出。(待刊)
- 2) 刘发义等, 1982. 重金属在海洋生物体内累积和排出机制的实验研究。(待刊)

THE EFFECTS OF MERCURY ON THE GROWTH OF *Phaeodactylum tricornutum* AND THE ACCUMULATION AND ELIMINATION OF MERCURY BY THE DIATOM

Xiao Yusheng, Wang Yongyuan and Teng Wenfa

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

The effects of mercury in different concentrations on the growth of a diatom, *Phaeodactylum tricornutum*, and the accumulation and elimination of mercury by the diatom have been studied using $^{203}\text{HgCl}_2$ as a radioactive tracer. When there was $0.0182 \pm 0.0061\text{ppm}$ mercury in the sea water, the diatoms grew normally, and their ability to accumulate mercury was great with a concentration factor of 18790. When, however, the concentration of mercury was $\geq 0.0272 \pm 0.0092\text{ppm}$, the diatoms were damaged, and some of them died with a concentration factor of 7209. The variations of growth and accumulation between normal and damaged diatoms are also discussed.