

两种单胞藻类在不同浓度载体条件下 对⁶⁰Co的吸收和吸附*

陈时华 王永元 杨伟祥 肖余生 滕文法

(中国科学院海洋研究所)

在环境科学的研究中,生物群和环境系统之间存在着复杂的关系。人们已注意到某些元素本身的物理化学性质以及形态结构之间的相互关系会影响某些生物学效应。本文即以放射性同位素⁶⁰Co和不同浓度的非放射性Co之间的相互关系对两种藻类吸收、吸附规律的影响,进行了初步探讨。

目前对于同位素载体方面的研究资料很少,以Co为载体的更少。随着核动力的发展,⁶⁰Co作为重要的诱发核素之一,越来越为人们所重视。单胞藻是食物链的基础,它在转移核素中起着相当重要作用。因此,开展这方面的研究,可为环境科学及新能源开发利用提供基础资料。

材料与方 法

本实验所用的两种藻类是硅藻类的三角褐指藻 *phaeodactylum tricornutum* Bohl 和绿藻类的小球藻 *Chlorella vulgaris* Beij.

实验所用的放射性核素⁶⁰Co,为中国科学院原子能研究所产品,化学状态为CoCl₂。

我们把自然海水中Co含量看作为0.5微克/升^[2],分别在海水介质中加入稳定Co(CoCl₂·6H₂O)为正常海水中含量的百倍(0.05毫克Co⁺⁺/升)、千倍(0.5毫克Co⁺⁺/升)、万倍(5毫克Co⁺⁺/升),并以不加载体Co的天然海水作对照。

在四种不同载体浓度的介质中加入等量的单胞藻类(褐指藻500万个/毫升、小球藻800万个/毫升左右)和等浓度放射性核素⁶⁰Co(5微居里/升),即配成示踪藻液,并根据一定的时间间隔取样。

浓缩系数的计算:

$$\text{浓缩系数} = \frac{\text{放射性计数/每克生物样品鲜重} \cdot \text{每分钟}}{\text{放射性计数/每毫升海水样品} \cdot \text{每分钟}}$$

吸附系数的计算方法实际上和浓缩系数相同。但在含义上有所区别:浓缩系数表示生物活体累积环境介质中某种放射性核素的能力;而吸附系数则是表示无生命物质或生物尸体的一种吸附能力,这里仅指某种物理或化学过程而言。详细方法请见文献[3]。

* 本文承吴宝玲、李冠国、李永祺先生指导,周名江同志提出修改意见,实验期间受到郭玉洁先生和陈淑芬同志关心和指导,相振俊、季祥荣同志参加部分工作,特此感谢。

中国科学院海洋研究所调查研究报告第684号。

本刊编辑部收到稿件日期:1980年10月8日。

结果与讨论

1. 不同载体浓度对藻类吸收 ^{60}Co 的影响 从图 1 中可以看出：在 6 小时前后，载体浓度越低，褐指藻对 ^{60}Co 的累积速度就越快；载体浓度越高，对 ^{60}Co 的累积速度就越慢。12 小时左右发生变化，18 小时后已成为明显的相反趋势，即载体浓度越低，浓缩系数也较低。载体浓度越高，浓缩系数就较高。浓缩系数的最大值分别为 5×10^3 , 6×10^3 , 14×10^3 , 39×10^3 。最大值出现的时间分别为 24, 30, 30, 36 小时。

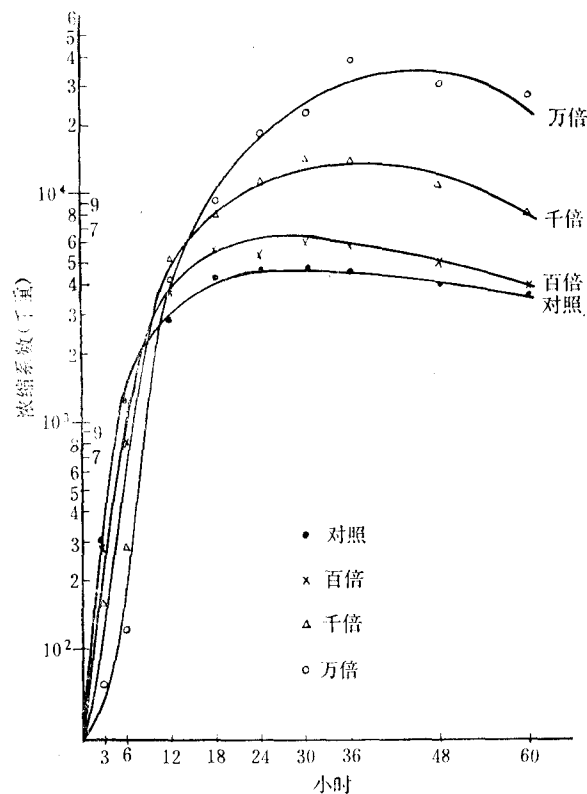


图 1 载体对褐指藻吸收 ^{60}Co 的影响

已有人证明：某种生物对于某种放射性核素的累积，有时与环境中的那些物质的浓度成正比，这种法则适应于水生生物及陆栖生物。美国牡蛎 *Crassostrea virginica* 对 ^{137}Cs 的吸收是取决于稳定 Cs 的浓度^[4]，这种现象在陆生植物中也有报道^[11]，增加培养基中的载体浓度，陆生植物对于某种裂变产物浓缩系数也倾向于增加。

但是，我们注意到 Hiyma 等^[8,9]所作的一系列工作中，只有 ^{106}Ru 的实验属于例外，增加稳定 Ru 对绿眼鱼 *Gillera punctata* 浓缩系数才增高。其它无甚显著影响，对某些定生藻类则有下降的趋势。

上述情况表明，随着载体的加入，生物对于某种放射性核素的吸收，可能呈现正比、反比、或无任何关系三种情况，这些情况与元素的物理化学性质、生物种类以及环境条件之间的相互关系存在着复杂的关系。目前海洋生物对于放射性元素的吸收、累积和排除的

真正机制还是不清楚的^[12]。

2. 不同载体浓度对细胞生长的影响 每次取样时,均测定细胞的光密度值,据此找出细胞个体计数或重量的数据。在整个实验期间,在各种载体条件下细胞增长速率如图 2 所示。

无论是褐指藻还是小球藻的增长速率均与图 2 所示的趋势一样,由高到低依次为百倍、千倍、对照和万倍,在几次重复实验中,万倍的单胞藻生长均显示某种抑制状态。

据朱树屏等^[1]报道:青岛近海自然海水中,Co 的含量对生物生长是不足的,加入 0.5—5 微克 Co^{++} /升能促进新月硅藻 *Nitzschia closterium* 的繁殖。但在 2500 微克 Co^{++} /升以上的浓度时,发生严重的抑制作用。这与我们的实验结果大致相似。

加入万倍的 Co^{++} ,细胞增长率明显地受到抑制(图 2),但 ^{60}Co 的浓缩系数却显著地增高(图 1),这种现象虽有些报道^[1,10],但似乎存在着某种矛盾。作者认为 Co 是构成 B_{12} 的重要元素,它能促进细胞的生长^[5,6]。假定细胞对元素的主动吸收是由细胞膜所控制的,在自然海水的条件下,这种微量元素的分布被认为是均匀的,因此浓缩系数也是相对稳定的。当介质中适当地增加这种微量元素

时,就会促进细胞的生长。可是,如果超出一定的极限,细胞膜就会失控,处于“溺水”或“过饱”状态。此时就有两种可能(或两者之一):载体 Co 进入细胞膜的量很大, ^{60}Co 相应也高;或者载体 Co 对于 ^{60}Co 具有运转能力,使细胞中 ^{60}Co 含量很高。这两种情况均使细胞生长受到抑制。当然这种解释尚有待于进一步论证。

3. 载体对吸附 ^{60}Co 的影响 如前所述的各种载体浓度中,加入等量煮死(100℃)的藻和等量浓度 ^{60}Co (5 微居里/升)。

煮死的两种藻类在不同载体浓度条件下对 ^{60}Co 的吸附结果见表 1:

从表 1 可以看到随着载体浓度的增加,两种煮死的浮游藻对 ^{60}Co 的吸附,随之而降低。吸附系数的最大值随着载体浓度的增加,所出现的时间也有所延长。

对照同一种藻类(褐指藻)在不同浓度的载体条件下吸收(图 1)和吸附(表 1)实验。吸附实验的总趋势是与吸收实验开始时(6 小时前后)趋势是完全一致的,而与 18 小时后的情况截然相反。

作者认为 6 小时前,细胞首先是在细胞壁上的被动吸附,由于每组实验对于 Co 离子的吸附机率应是完全相同的,所以随着载体浓度增加,测到的放射性核素 ^{60}Co 的量则反而较低。此时,主动吸收虽然存在,但尚未起主导作用。

12—18 小时后,主动吸收逐渐占优势。当然,在这个阶段,吸附作用同时存在。

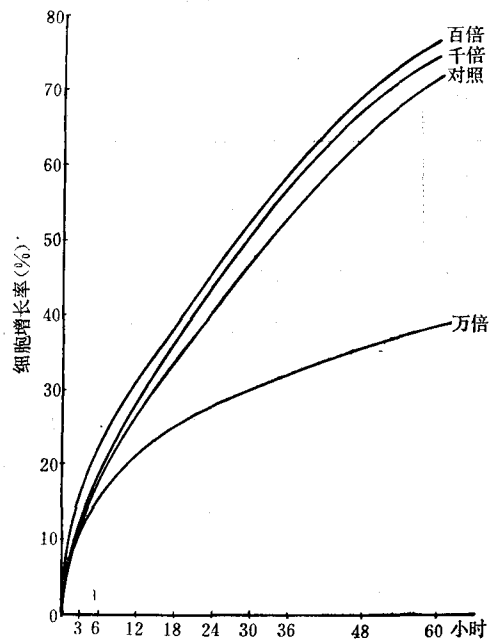


图 2 载体对褐指藻增长率的影响

表 1 不同载体浓度对煮死的两种单胞藻吸附 ^{60}Co 的影响

种类	取样时间 (小时)	钴离子(以 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 形式)浓度			
		对 照 (自然海水)	百 倍 (加 0.05 毫克/升)	千 倍 (加 0.5 毫克/升)	万 倍 (加 5 毫克/升)
褐指藻	18	2289*	1980	678	225
	24	2037	2082*	713	171
	42	1286	1040	1059*	1096*
	48	1007	770	404	181
小球藻	24	4288*	2360*	904*	450
	36	3985	2113	843	452
	48	3498	1895	643	541*

* 最大值出现的时间

由此我们可以看出,死细胞和活细胞在生理上的重要区别。活的浮游植物对核素的吸收,首先是通过细胞表面的被动吸附,随着时间的继续,主动吸收就逐渐成为优势。

这里需要说明,据有的文献报道:死细胞吸附的量甚于活细胞累积的量。作者认为,如果杀死后的细胞,在外形或质壁严重分离的情况下,表面积等因素与活细胞相差很大,强作统一的比较是很难说明问题的。

关于被动吸附与主动的生物学吸收之间的定量区别,到目前为止,可利用的资料还是很少的。Fujita 等^[7]所作淡水硅藻 *Synedra ulna* 对汞的吸收实验中发现:细胞所吸收的汞,经用蒸馏水或培养液洗涤后能去除约 20%,其值约等于硅质壳所吸附汞的量。这表明细胞所吸收的汞可能约有 20% 是松弛地或物理性地吸附¹⁾。经过与汞有强烈结合趋势的半胱氨酸溶液洗涤后,所吸收的汞约有 50% 被洗脱掉。这部分似乎是相当牢固地或化学性地吸附在细胞膜上。残留的汞约占 50%,即使用半胱氨酸溶液也不能洗脱出来,可能是积聚在细胞内而不能消除。虽然这些实验结果可以暗示出物理吸附、化学吸附和细胞内积聚各部分,但是他们认为从这些结果并不能确切地区分出主动吸收和表面吸附。

参 考 文 献

- [1] 朱树屏、刘卓、向葆卿、王绍然, 1964。土壤浸出液, 维生素 B_{12} 及钴对新月氏藻 *Nitzschia closterium* 生长繁殖的影响。水产学报 1(1—2): 19—36。
- [2] 顾宏堪, 1965。元素地球化学。海洋与湖沼 7(1): 73—83。
- [3] 陈时华等, 1981。两种单胞藻类对不同浓度的 ^{60}Co 吸收和排出的影响。生态学报(待刊稿)。
- [4] Chipman, W. A., T. R. Rice & T. J. Price, 1958. Uptake and accumulation of radioactive zinc by marine plankton, fish, and shellfish. *U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull.* 135: 279—292. (In: *Fishery Bull. U. S. Fish and Wildlife Service*, Vol. 58)
- [5] Droop, M. R., 1957. Vitamin B_{12} in marine ecology. *Nature* 180: 1041—1042.
- [6] Droop, M. R., 1970. Vitamin B_{12} and marine ecology 5. *Helgol. Wiss. Meeresunters* 20: 629—636.
- [7] Fujita, M. & K. Hashisume, 1957. Status of Uptake of Mercury by the Fresh Water Diatom, *Synedra ulna*. *Water Research* 9(10): 889—894.
- [8] Hiyama, Y. & M. Shimizu, 1964 (a). On the Concentration factors of radioactive Cs, Sr, Cd, Zn and Ce in marine organisms. *Rec. Oceanogr. Works Japan* 7(2): 43—77.
- [9] Hiyama, Y. & J. M. Khan, 1964 (b). On the concentration factors of radioactive I, Co, Fe and

1) 一般吸收实验,均需经过洗涤,而不把此值测量或计算在内。这里的 20% 仅为了作比较而列入。[作者注]

- Ru in marine organisms. *Rec. Oceanogr. Works Japan* 7 (2): 79—106.
- [10] Ketchum, B. H. 1939. The absorption of phosphate and nitrate by illuminated culture of *Nitzschia closterium*. *Am. J. Botany* 26(6): 399—407.
- [11] Rediske, J. H., J. F. Cline, & A. A. Selders, 1955. The absorption of fission products by plants. In *Biology Research-Annual Report. 1954. USAEC Document HW-35917* pp. 40—46.
- [12] Styron, C. E. et al., 1976. Effects of temperature and salinity on growth and uptake of ^{65}Zn and ^{137}Cs for Six marine algae. *J. Mar. Biol. ASS. U. K.* 56 (1): 13—20.

THE ABSORPTION AND ADSORPTION OF ^{60}Co BY TWO PHYTOPLANKTON SPECIES WITH DIFFERENT AMOUNTS OF CARRIER*

Chen Shihua Wang Yongyuan Yang Weixiang
Xiao Yusheng and Teng Wenfa
(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The phytoplankton used in this experiment are the diatom *Phaeodactylum tricor- nutum* Bohl and the green alga *Chlorella vulgaris* Beij.

Both of the two species take up the ^{60}Co when concentrations of isotopic carrier in experimental media are more than that in natural sea water. Their concentration factors are however, different. Under suitable temperature conditions, $20 \pm 2^\circ\text{C}$ for *Phaeodactylum*, and $28 \pm 2^\circ\text{C}$ for *Chlorella*, it was found that the lower the concentration of isotopic carrier, the lower the concentration factor.

With the phytoplankton being boiled to death, this situation was reversed, that is, the higher the concentration of isotopic carrier, the lower their ability to adsorb ^{60}Co . A comparison between absorption (Fig. 1) and adsorption (Tab. 1) of the marine unicellular alga *Phaeodactylum* showed that in living cell the passive adsorption of ^{60}Co occurred first on the surface of cell wall, but as time went on, the active absorption became progressively predominating. But it is difficult to determine the exact difference quantitatively between adsorption and absorption.

* Contribution No. 684 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.