

# 光照、温度对小球藻吸收 $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$ 影响的实验研究\*

肖余生 陈时华 周名江 滕文法  
杨伟祥 王永元 相振峻 季祥荣  
(中国科学院海洋研究所, 青岛)

## 提 要

本文研究了光照、温度对小球藻 (*Chlorella* sp.) 吸收 $^{60}\text{Co}$ 和 $^{137}\text{Cs}$ 以及对生长的影响。实验是在 $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ 混合示踪条件下进行的, 结果表明: (1) 小球藻对 $^{60}\text{Co}$ 有着很高的累积能力, 而对 $^{137}\text{Cs}$ 的累积能力较低; (2) 光照无论对藻吸收 $^{60}\text{Co}$ 还是吸收 $^{137}\text{Cs}$ 的浓缩系数的影响都是全光照>半光照>黑暗; (3) 温度升高藻吸收 $^{60}\text{Co}$ 的浓缩系数增大; (4) 小球藻在全光照、28℃时的生长最好, 而在黑暗、35℃时的生长最差。

海洋藻类对放射性核素较高的累积和转移能力<sup>[6,7]</sup>已越来越引起人们的关注。 $^{137}\text{Cs}$ 和 $^{60}\text{Co}$ 是原子能电站和核动力舰船排放废水中的两种重要放射性核素, 前者是裂变产物, 后者是诱变产物, 它们都是海洋核污染的监测重点。Cs在生物学上的需要, 虽然还不为人所知, 但生物能够浓缩Cs, 这大概与K有关<sup>[8]</sup>。而Co则是生命必需元素, 生物能大量吸收它<sup>[4]</sup>。

光照、温度对海藻来说是重要的环境条件, 它们直接影响着海藻对放射性核素的累积和藻类生长<sup>[5,9]</sup>。

小球藻是海洋中的初级生产力, 在与环境相互作用及核素沿食物链传递中起着重要作用, 在研究海洋放射性核素沿食物链传递和海洋环境质量评价中, 藻类工作是重要一环。

## 一、材料与方 法

小球藻藻种由本所饵料生物实验室提供。藻接种时向海水中加营养盐的浓度为 $\text{NO}_3\text{-N}$  20ppm;  $\text{PO}_4\text{-P}$  2.5ppm; Fe 0.2ppm。将藻置于窗前阳光下通气培养。正式实验中不加营养盐。放射性核素 $^{60}\text{Co}$ 和 $^{137}\text{Cs}$ 由中国科学院原子能研究所供给, 化学状态为 $^{60}\text{CoCl}_2$ 和 $^{137}\text{CsCl}$ 。

实验光照分为24小时光照(下简称全光照), 12小时光照(下简称半光照)和黑暗。光照强度为2800lx左右, 光源为日光灯。温度分为21℃, 28℃, 35℃。实验共九组(三种

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1179号。

本文承吴宝铃研究员审阅, 特此致谢。

收稿日期: 1982年9月10日。

光照 × 三种温度), 每组两个平行样品。

实验时, 将藻种离心浓缩到 1100 万个细胞/ml 左右, 然后接种到新鲜消毒海水中, 同时加入  $^{60}\text{Co}$  ( $3\mu\text{Ci/l}$ ) 和  $^{137}\text{Cs}$  ( $15\mu\text{Ci/l}$ )。实验在 500ml 的锥形烧瓶中进行, 每瓶装有藻液 350ml。实验开始后的一、三、五天取样, 每次取藻液 50ml 离心浓缩, 将离心后的上清液取 20ml 作水样, 测其放射性。将浓缩藻用 50ml 海水水洗两次后制成生物样, 测其放射性。有关藻样重量及藻类的生长均通过测光密度值法由实验前制得的“光密度值与个体计数、重量之间的关系表”查得。样品都盛放在底厚为 0.04mm 的聚乙烯薄膜杯内, 用国产  $\phi 75\text{mm}$  NaI(Tl) 晶体配法国产 SA-41 400 道分析仪测量  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$ , 能谱的解析用联立方程法,  $^{137}\text{Cs}$  取 0.662MeV 能峰的半高宽度所占的道区,  $^{60}\text{Co}$  取 1.17MeV 全能峰所占道区。

浓缩系数 C. F. 按下式计算:

$$C. F. = \frac{\text{藻体放射性 } (\mu\text{Ci}) / \text{藻干重 } (g)}{\text{海水放射性 } (\mu\text{Ci}) / \text{海水单位体积 } (ml)}$$

藻生长用藻细胞个体增加的百分率(%)表示。

对实验结果进行了双因子实验统计分析, 计算了光照、温度对藻吸收  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  的影响, 检验了这些影响的显著性<sup>[1]</sup>, 并把这些影响以藻对  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$  的浓缩系数为纵坐标, 实验取样时间为横坐标绘制成图。

实验进行了 5 天, 共做了三次重复实验。

## 二、实验结果

### 1. 光照和温度对小球藻吸收 $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$ 及生长的影响

从表 1 可以看出: (1) 在  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$  混合示踪条件下, 小球藻对  $^{60}\text{Co}$  的吸收显著高

表 1 光照、温度对小球藻吸收  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  和生长的影响

指 标	取样时间 光照 温度	第 一 天			第 三 天			第 五 天		
		全光照	半光照	黑 暗	全光照	半光照	黑 暗	全光照	半光照	黑 暗
		吸收 $^{60}\text{Co}$ 的 浓缩系数	21℃	433	173	67	7433	1242	209	9064
	28℃	942	308	73	10313	3478	119	10821	11560	221
	35℃	1300	411	105	13708	3205	286	14240*	12230	404
吸收 $^{137}\text{Cs}$ 的 浓缩系数	21℃	29.8	20.8	2.4	43.4	36.8	3.1	40.6	36.5	3.3
	28℃	33.4	22.6	2.0	44.4	31.1	3.0	53.4	41.6	3.0
	35℃	34.9	21.3	2.5	41.0	31.1	2.8	66.0*	35.9	3.0
藻个体增加的%	21℃	13.0	7.0	-3.6	49.7	38.2	-4.8	71.2	50.9	-9.1
	28℃	33.4	19.1	-3.6	59.4	44.6	-7.9	76.7*	69.4	-10.6
	35℃	22.7	10.9	-7.3	54.6	32.8	-10.3	74.9	51.5	-13.0

\* 表中最大值。

于  $^{137}\text{Cs}$ 。吸收  $^{60}\text{Co}$  的浓缩系数最高值为 14240 (在全光照、35℃ 时第 5 天测得)。而对  $^{137}\text{Cs}$  的浓缩系数最高值仅为 66 (在全光照 35℃ 时第五天测得); (2) 小球藻在整个实验期间都是在全光照、35℃ 时吸收  $^{60}\text{Co}$  的浓缩系数值最高。黑暗、21℃ 时的吸收(第三天

除外)最低; (3) 小球藻在全光照、35℃ 时吸收  $^{137}\text{Cs}$  (第三天除外) 最高, 而在黑暗条件下的累积最低; (4) 小球藻都是在全光照、28℃ 时的繁殖最好, 黑暗、35℃ 时的繁殖最差。在黑暗条件下, 温度越高, 繁殖越差。

## 2. 统计分析结果

(1) 光照对小球藻吸收  $^{60}\text{Co}$  的浓缩系数的影响是全光照 > 半光照 > 黑暗 (见图 1)。

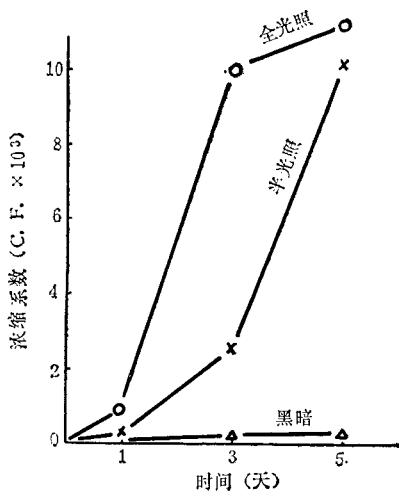


图 1 光照对小球藻吸收  $^{60}\text{Co}$  的影响

藻在全光照条件下第五天时对  $^{60}\text{Co}$  的吸收已相当缓慢, 而半光照条件下的吸收仍在继续增加。

(2) 温度对小球藻吸收  $^{60}\text{Co}$  的浓缩系数的影响是温度升高吸收增多 (见图 2)。这种温度升高, 藻对  $^{60}\text{Co}$  吸收增多的规律, 在周名江<sup>[7]</sup>等人的实验中再次得到证实。这可能与温度升高时藻的代谢旺盛有关, 因为  $\text{Co}$  是海洋藻类生长的必需微量元素, 藻类代谢旺盛时对  $^{60}\text{Co}$  的吸收量也相应增大<sup>[4]</sup>。

(3) 光照对小球藻吸收  $^{137}\text{Cs}$  的影响是全光照 > 半光照 > 黑暗。藻在黑暗条件下, 一天后几乎不再吸收  $^{137}\text{Cs}$  (见图 3)。光照对  $^{137}\text{Cs}$  的这种影响规律, 与我们的另一组实验结果<sup>[3]</sup>是一致的, 同时与 Поликопов (1964)<sup>[10]</sup> 等人的实验结果是相近的。

(4) 光照对小球藻生长的影响是全光照好于半光照, 而半光照又好于黑暗 (见图 4)。

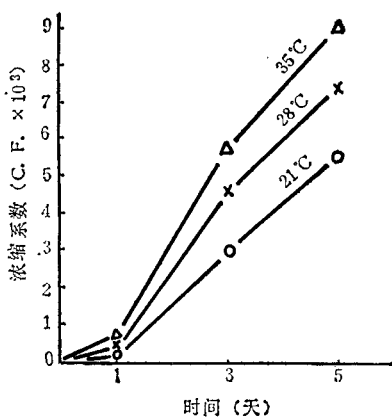


图 2 温度对小球藻吸收  $^{60}\text{Co}$  的影响

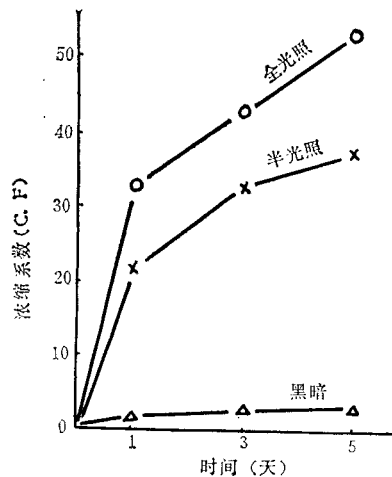


图 3 光照对小球藻吸收  $^{137}\text{Cs}$  的影响

温度对小球藻生长的影响是 28℃ 条件下的生长最好, 而 35℃ 和 21℃ 对生长的影响无显著差异 (见图 5)。

(5) 光照、温度对小球藻吸收  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  及对生长影响的方差分析见表 2。

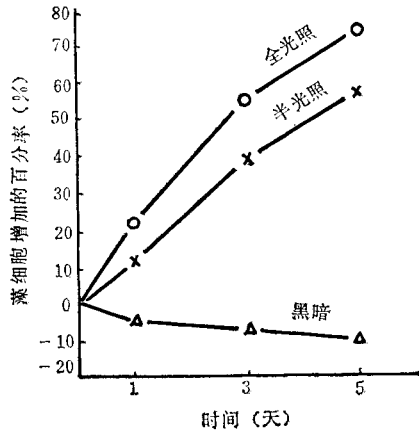


图 4 光照对小球藻生长的影响

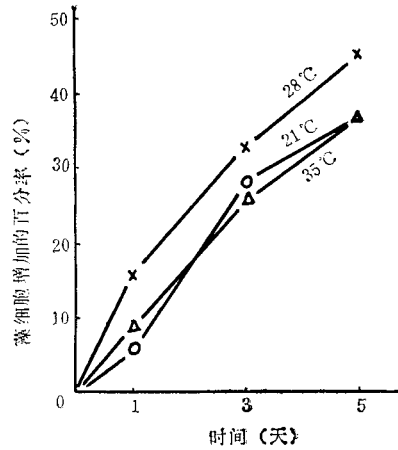


图 5 温度对小球藻生长的影响

表 2 光照、温度双因子影响的方差分析

实验指标		对 $^{60}\text{Co}$ 的 C. F.			对 $^{137}\text{Cs}$ 的 C. F.			藻细胞增加的百分率(%)		
		一	三	五	一	三	五	一	三	五
F* 值	$F_L$	136	279	26.5	334	472	39.9	340	1226	8439
	$F_T$	27.4	18.9	2.14	1.50	2.17	1.06	52.9	10.3	76.6

\*  $F_L$ ,  $F_T$  分别表示光照、温度与实验误差的方差比,其值大于 4.26 者,即方差检验显著。

从表 2 可以看出:光照对小球藻吸收  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$  及生长的影响最显著。温度对吸收  $^{60}\text{Co}$  在第一天和第三天的影响也是显著的,但温度在本实验中对吸收  $^{137}\text{Cs}$  的影响不显著。

### 三、讨 论

1. 在本实验  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$  混合示踪条件下,光照无论对小球藻吸收  $^{60}\text{Co}$  还是吸收  $^{137}\text{Cs}$  都是全光照 > 半光照 > 黑暗。光照的这种影响规律,与朱树屏<sup>[5]</sup>等人所做的光照对浮游硅藻吸收  $^{32}\text{P}$  的影响以及我们的另一组实验结果<sup>[3]</sup>是一致的。在我们的实验中之所以会出现光照时间延长,藻吸收  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$  的量增多的规律,这可能与藻类的生长及光合作用等因子有关。因为在全光照下藻的生长最好,个体增加的百分率(%)亦最高,而新形成的藻在成长的最初阶段有着最大的光合作用强度<sup>[2]</sup>。由于藻在光合作用中需要不断地从外界摄取和同化无机营养盐等物质以建造自己的机体,Co 是浮游植物生长的必需微量元素<sup>[4]</sup>,而植物在生长中对放射性 Cs 的吸收能被光照所促进<sup>[10]</sup>,因而藻对海水中的  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  的吸收量增大。上述光照对藻吸收的影响,在我们实验中曾多次重复出现过,凡是在全光照条件下生长的藻,其体内累积  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$  的量均为最高,相应的它所生活的海水中的核素浓度因被藻大量吸收而下降的程度也最大(见图 6)。所以,在全光照条件下的藻吸收  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  的 C. F. 值最高,而半光照条件下的藻次之。

至于藻在黑暗条件下仍能累积少量的 $^{60}\text{Co}$ 和 $^{137}\text{Cs}$ ,这可能是因为我们的实验所用的藻在事前未经暗处理,而是由光照条件直接进入黑暗环境进行实验的,所以,实验期间藻尽管已进入黑暗环境,光合作用已停止,但由于前期贮存的物质仍能使藻累积少量的 $^{60}\text{Co}$ 和 $^{137}\text{Cs}$ ,但其C. F.值远低于全、半光照。

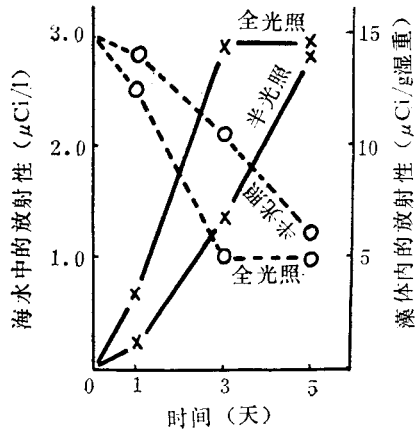


图6 全、半光照对小球藻吸收 $^{60}\text{Co}$ 及海水中 $^{60}\text{Co}$ 浓度变化的影响(在 $35^{\circ}\text{C}$ 时)

×——× 藻体内的放射性;  
○——○ 海水中的放射性

2. 由于小球藻对 $^{60}\text{Co}$ 的浓缩能力很高,而对 $^{137}\text{Cs}$ 的浓缩能力较低(它们的C. F.值分别为14240, 66),所以,放射性核素 $^{60}\text{Co}$ 与 $^{137}\text{Cs}$ 在藻体内的比例为42:1,而藻所生活的环境中的 $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$ 之比仅为1:5。从而可以看出,放射性核素 $^{60}\text{Co}$ 与 $^{137}\text{Cs}$ 经海藻浓缩后在藻体内的比例,比其生活的水环境中的 $^{60}\text{Co}$ 与 $^{137}\text{Cs}$ 之比提高了200多倍,这无论在海洋核污染监测中,还是在进行放射性核素对生物的影响及核素沿食物链传递作用的研究时,都应给予重视。

### 参 考 文 献

- [1] 上海市科学技术交流站, 1975. 正交试验设计法. 上海人民出版社, 24—117页。
- [2] 中国农业科学院资料室, 1961. 国外小球藻的试验和研究. 上海科学技术出版社, 52—61页。
- [3] 王永元、肖余生、周名江等, 1984. 光照和盐度对小球藻吸收 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 及种群生长的影响. 海洋学报(增刊) 1(5): 880—887。
- [4] 朱树屏、刘卓、向葆卿等, 1964. 土壤浸出液维生素 $\text{B}_{12}$ 及钴对新月尼氏藻 *Nitzschia closterium* W. Smith 生长繁殖的影响. 水产学报 1(1—2): 19—36。
- [5] 朱树屏、刘恬敬、陈立人等, 1965. 温度及光照对浮游硅藻吸收 $^{32}\text{P}$ 的影响. 水产学报 2(1): 53—58。
- [6] 肖余生、滕文法、相振峻, 1982. 三角褐指藻细胞密度对累积和排出 $^{65}\text{Zn}$ 的影响. 海洋科学 3: 22—24。
- [7] 周名江、杨伟祥、相振峻等, 1983. 温度、盐度对小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 吸收 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 及种群生长的影响. 环境科学学报 3(2): 171—175。
- [8] Relman, A. S., 1956. The physiological behaviour of rubium and cesium in relation to that of Potassium. *Yale J. Biol. Med.* 29:248—62.
- [9] Styron, C. E., 1976. Effects of temperature and Salinity on growth and uptake of  $^{65}\text{Zn}$  and  $^{137}\text{Cs}$  for Six marine algae. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 56:13—20.
- [10] Поликапов, Г. Г., 1964. Радиоэкология Морских Организмов. Атомиздат. стр. 52—56.

**EFFECTS OF PHOTOPERIOD AND TEMPERATURE  
ON UPTAKE OF  $^{60}\text{Co}$  AND  $^{137}\text{Cs}$  BY  
*CHLORELLA SP.*\***

Xiao Yusheng Chen Shihua Zhou Mingjiang Teng Wenfa Yang Weixiang  
Wang Yongyuan Xiang Zhenjun and Ji Xiangrong  
(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

**ABSTRACT**

Experiments on the effects of light duration (24 h illumination, 12 h illumination +12 h darkness, and 24 h darkness) and temperatures (21°C, 28°C, 35°C) on the uptake of  $^{60}\text{Co}$  and  $^{137}\text{Cs}$  by *Chlorella* sp. and the growth of the algae showed: (1) The concentration factor (C. F.) of  $^{60}\text{Co}$  was 14240 under 24 h illumination and 35°C, whereas the highest C. F. of  $^{137}\text{Cs}$  was only 66; (2) The effect of light duration was most significant on both the uptake of the radionuclides and the growth of the algae; (3) The uptakes of both  $^{60}\text{Co}$  and  $^{137}\text{Cs}$  increased with extended light duration, yet uptake of  $^{60}\text{Co}$  decreased with declined temperature. The growth of the algae appeared to be best under 24 h illumination and 28°C.

---

\*Contribution No. 1179 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

---