

轻、中和重稀土元素对球等鞭金藻的促生长作用

曲克明 袁有宪 辛福言

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘 要 轻、中和重稀土元素对球等鞭金藻的生长有相同程度的促进作用,但其有益浓度范围不同,镧为 7.28~87.40 $\mu\text{mol/L}$, 钇为 6.36~57.23 $\mu\text{mol/L}$, 铈为 5.78~17.34 $\mu\text{mol/L}$ 。这3种稀土元素对球等鞭金藻的最佳浓度分别为:36.42~65.55, 19.08~57.23 和 5.78~17.34 $\mu\text{mol/L}$ 。可分别提高单胞藻数量 21.8%~24.3%, 10.4%~17.2% 和 17.9%~23.0%;叶绿素含量较对照组分别提高了 29.3%~41.2%, 25.6%~38.1% 和 36.5%~40.3%。

关键词 稀土元素, 球等鞭金藻, 叶绿素, 促生长

稀土元素对生物具有特殊的生命科学行为,在农、林、畜牧、淡水养殖业、牧草以及医药方面已得到广泛应用^[1]。稀土对高等植物的光合作用有明显的促进作用,可改善农作物品质。研究表明,微量稀土元素对淡水生物也有促进生长、改善品质的作用,如藻类培养^[2]、鱼类养殖^[3]。天然海水中稀土元素属超痕量水平,仅为 0.01 $\mu\text{g/L}$ ^[9]。

作者曾研究了混合稀土对中国对虾卵子孵化和无节幼体变态的影响^[1],镧对中国对虾卵子孵化和无节幼体变态的影响^[4],混合稀土对中国对虾成体的促生长^[3],混合稀土对牟氏角毛藻^[5]和球等鞭金藻生长的影响^[2],发现了稀土对牟氏角毛藻和球等鞭金藻有明显的促进作用。为进一步研究稀土对海洋生物促生长的作用机制,本文比较研究了轻、中、重稀土元素分别对球等鞭金藻生长的影响。

1 材料与方法

1.1 实验材料与试剂

球等鞭金藻种为本实验室保存。实验用海水取自青岛麦岛近海,盐度 30~31, pH 8.1。

收稿日期:1997-04-07

* 国家自然科学基金资助项目

1) 袁有宪,曲克明,辛福言.稀土对中国对虾卵子孵化和无节幼体变态的影响(待发表).

2) 曲克明,袁有宪,辛福言.稀土对球等鞭金藻生长的影响(待发表).

3) Youxian Yuan, et al. Enhancement of rare earth for growth of *Penaeus chinensis*(in print).

海水经沉淀、沙滤,装入聚乙烯桶中备用。实验所用试剂均为分析纯,镧(La_2O_3)、钆(Gd_2O_3)和铈(Yb_2O_3)(上海跃龙有色金属有限公司)均用稀盐酸溶解后,用蒸馏水配制成 1 000 mg/L(以元素计)储备液,用时稀释。

1.2 实验方法

在 250 ml 三角烧杯中,加适量海水,加入量根据藻密度而定,使最终体积为 150 mL,起始细胞浓度为 $(70 \sim 80) \times 10^4 \text{ mL}^{-1}$,加营养盐浓度 $C_N:C_P:C_{Fe}$ 为 30:2:0.5(mg/L),加一定量稀土溶液。每 1 浓度组 5 个平行样,同时做对照实验。温度保持在 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。用 4 只并列 40 W 日光灯为光源,光照强度为 4 000 lx(用江苏沛县测光仪器厂产 ZD-III 型照度计测定)。光照时间为昼:夜 = 11:13。每日随机调换三角瓶位置并摇动 3~4 次,取样计数,用 UV-365 自记分光光度计(日本岛津)在 550 nm 处,用 1 cm 比色皿,以海水为参比测定吸光度,通过校正曲线换算出细胞浓度。用 5 个平行样的平均细胞浓度评价稀土对球等鞭金藻的影响,用 t 检验法检验其显著性。叶绿素的测定按照《海洋调查规范》^[6]中的方法测定。

2 结果与讨论

2.1 稀土元素对球等鞭金藻繁殖的影响

2.1.1 镧对球等鞭金藻繁殖的影响 结果(图 1)表明,加入浓度为 21.85~65.55 $\mu\text{mol/L}$ 的镧后,与对照组比较,从第 4 d 开始,实验组的细胞数明显($P < 0.05$)高于对照组。加入浓度为 7.28~87.40 $\mu\text{mol/L}$ 的镧后第 6 d,各组的细胞数均明显($P < 0.05$)高于对照组。加入浓度为 36.42~65.55 $\mu\text{mol/L}$ 的各组与其它实验组比较,从第 5 d 开始,细胞数明显($P < 0.05$)增加。第 6 d,加入浓度为 36.42~50.98 $\mu\text{mol/L}$ 的组与对照组相比,细胞数增加 21.8%~24.3%。

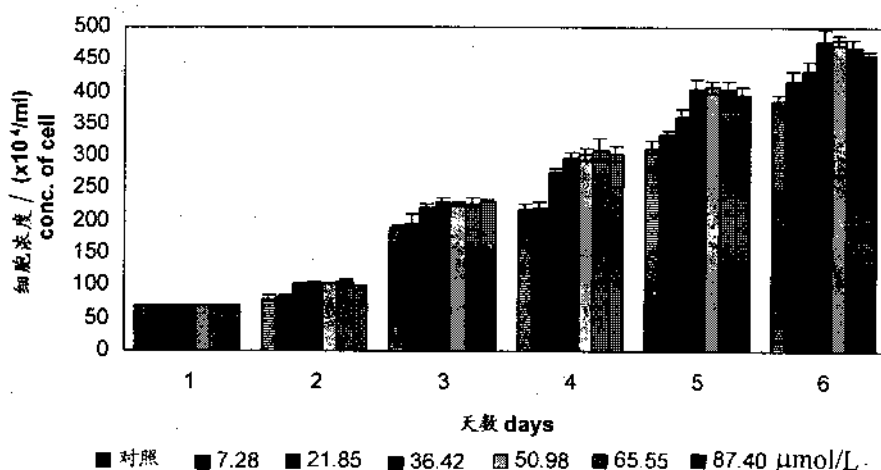


图 1 镧对球等鞭金藻繁殖的影响

Fig.1 Effects of La on growth of *Isochrysis galbana*

2.1.2 钆对球等鞭金藻繁殖的影响 从图 2 看出,钆加入量为 6.36~57.23 $\mu\text{mol/L}$ 的各组,从第 4 d 开始,细胞数明显($P < 0.05$)高于对照组。加入量为 19.08~57.23 $\mu\text{mol/L}$ 的各实验组,在第 6 d 的细胞数明显($P < 0.05$)高于其它组,此时,该组的细胞浓度较对照组提高 10.4%~17.2%。

2.1.3 铈对球等鞭金藻繁殖的影响 结果(图 3)表明,从第 5 d 开始,浓度为 5.78~17.34

$\mu\text{mol/L}$ 各组的细胞数明显($P < 0.05$)高于对照组和其它组。第 6 d, 镱加入量为 5.78~17.34 $\mu\text{mol/L}$ 时, 细胞数为最高, 与对照组比较, 细胞浓度提高 17.9%~23.0%。

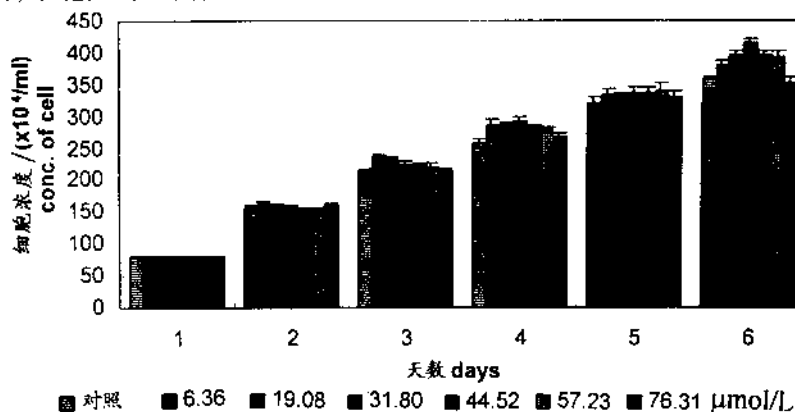


图 2 钆对球等鞭金藻繁殖的影响

Fig.2 Effects of Gd on growth of *Isochrysis galbana*

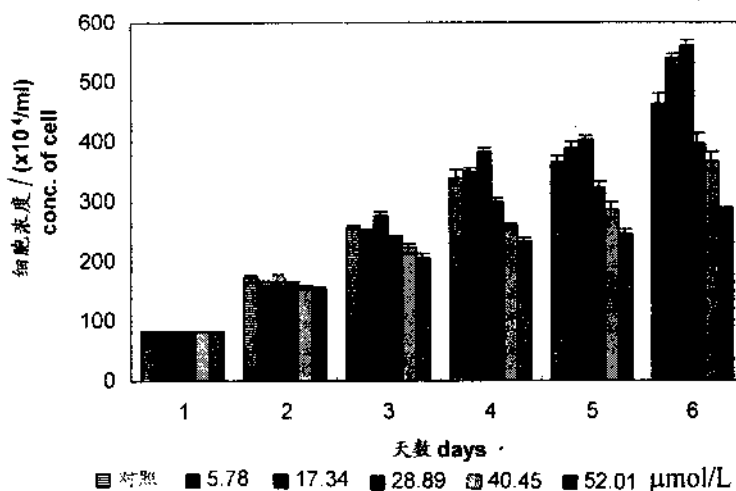


图 3 镱对球等鞭金藻繁殖的影响

Fig.3 Effects of Yb on growth of *Isochrysis galbana*

2.1.4 不同稀土对球等鞭金藻繁殖的影响 为比较轻、中、重稀土对球等鞭金藻生长繁殖速度的影响, 选择能够促进球等鞭金藻生长的最佳浓度(镧 36.42 $\mu\text{mol/L}$, 钆 31.80 $\mu\text{mol/L}$, 镱 17.34 $\mu\text{mol/L}$)进行对比实验, 同时作空白对照实验。不同稀土对球等鞭金藻生长繁殖速度的影响结果(图 4)表明, 从第 4 d 开始, 实验组细胞数明显($P < 0.05$)高于对照组, 而这 3 个实验组之间无显著($P > 0.05$)差异, 说明不同稀土对球等鞭金藻有相同的促进作用, 只是它们的有益浓度和最佳浓度不同。它们的有益浓度为镧 7.28~87.40 $\mu\text{mol/L}$, 钆 6.36~57.23 $\mu\text{mol/L}$, 镱 5.78~17.34 $\mu\text{mol/L}$; 最佳浓度为镧 36.42~65.55 $\mu\text{mol/L}$, 钆 19.08~57.23 $\mu\text{mol/L}$, 镱 5.78~17.34 $\mu\text{mol/L}$ 。前文^[5]结果表明, 混合稀土对球等鞭金藻有促进作用, 海水中稀土(以镧计)的最佳浓度为 12.04~48.17 $\mu\text{mol/L}$, 两者结果吻合。

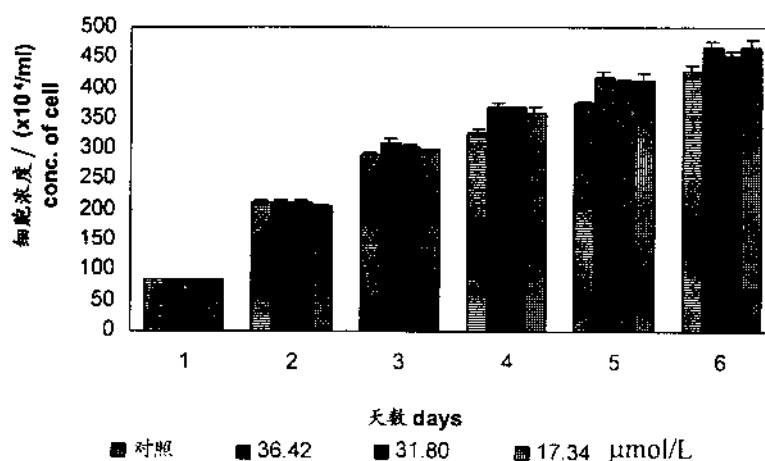


图4 不同稀土对球等鞭金藻繁殖的影响

Fig.4 Effects of different rare earth elements on growth of *Isochrysis galbana*

2.2 稀土元素对球等鞭金藻叶绿素合成的影响

2.2.1 镧对球等鞭金藻叶绿素合成的影响 从表1可看出, 镧加入浓度为7.28~87.40 $\mu\text{mol/L}$ 的各实验组, 从第3 d开始, 其叶绿素含量高于对照组, 第6 d时, 其叶绿素含量较对照组提高29.3%~41.2%。这与镧对球等鞭金藻生长繁殖的影响实验结果相一致。

表1 镧对球等鞭金藻叶绿素合成的影响实验结果

Table 1 Effects of La on synthesis of chlorophyll of *Isochrysis galbana*

$C_{\text{La}}/(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	叶绿素的含量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$ conc. of chlorophyll					
	第1 d	第2 d	第3 d	第4 d	第5 d	第6 d
0.00	82.95	170.4	220.8	269.0	302.4	325.2
7.28	82.95	181.9	241.0	310.2	390.8	420.3
21.85	82.95	180.4	249.8	340.8	399.7	433.1
36.42	82.95	202.0	252.3	347.6	420.2	458.9
50.98	82.95	187.5	248.7	353.7	418.6	449.1
65.55	82.95	193.5	272.0	345.3	409.7	450.3
87.40	82.95	168.7	230.5	322.4	390.2	423.7

2.2.2 钐对球等鞭金藻叶绿素合成的影响 从表2可看出, 钐加入浓度为6.36~57.23 $\mu\text{mol/L}$ 的各实验组较对照组和加入浓度为76.31 $\mu\text{mol/L}$ 的实验组, 从第3 d开始, 其叶绿素含量明显提高; 第6 d时, 加入浓度为6.36~57.23 $\mu\text{mol/L}$ 的各实验组的叶绿素含量较对照组提高25.6%~38.1%。这与钐对球等鞭金藻生长繁殖的影响实验结果相一致。

2.2.3 铈对球等鞭金藻叶绿素合成的影响 从表3可看出, 铈加入浓度为5.78~17.34 $\mu\text{mol/L}$ 的各实验组较对照组, 从第3 d开始其叶绿素含量明显提高; 第6 d时, 各实验组的叶绿素含量较对照组提高36.5%~40.3%。这与铈对球等鞭金藻生长繁殖的影响实验结果相一致。

表2 钆对球等鞭金藻叶绿素合成影响的实验结果

Table 2 Effects of Gd on synthesis of chlorophyll of *Isochrysis galbana*

$C_{Gd}/(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	叶绿素的含量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$ conc. of chlorophyll					
	第1 d	第2 d	第3 d	第4 d	第5 d	第6 d
0.00	82.95	170.4	220.8	269.0	302.4	325.1
6.36	82.95	182.3	217.6	299.3	382.7	408.4
19.08	82.95	185.6	242.8	301.2	419.8	437.5
31.80	82.95	190.1	239.6	331.8	423.4	449.0
44.52	82.95	192.4	240.9	347.1	435.6	429.8
57.23	82.95	180.3	233.3	345.7	402.3	420.6
76.31	82.95	175.2	210.9	279.6	320.2	342.3

表3 镱对球等鞭金藻叶绿素合成影响的实验结果

Table 3 Effects of Yb on synthesis of chlorophyll of *Isochrysis galbana*

$C_{Yb}/(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	叶绿素的含量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$ conc. of chlorophyll					
	第1 d	第2 d	第3 d	第4 d	第5 d	第6 d
0.00	82.95	170.4	220.8	269.0	302.4	325.1
5.78	82.95	182.6	238.6	331.7	417.2	443.6
17.34	82.95	188.3	247.3	332.8	423.7	456.2
28.89	82.95	180.1	219.7	255.8	287.3	319.8
40.45	82.95	166.4	202.8	231.3	255.3	301.3
52.01	82.95	157.8	200.4	222.6	231.4	287.7

由于稀土元素有镧系收缩的特点, 镧系元素的离子半径随原子序数的增加逐渐减小。镧、钆和镱在配位数为8时的离子半径分别为0.116 0、0.105 0和0.098 5 nm^[7]。而稀土与酶的作用既与稀土的浓度有关, 又与稀土元素的离子半径密切相关^[8]。稀土元素在一定浓度下可激活某些酶, 也可抑制某些酶的活性。这一酶催化反应在适当浓度的稀土离子存在下明显加快, 并且反应速度随稀土离子半径增加而加快。同时, 达到理想的激活作用所需的稀土离子浓度随稀土离子半径的增大而增加。这与本文结果一致。因此认为, 稀土对藻类生长的影响机理可能是稀土元素离子通过与某些酶结合, 激活了酶的活性, 从而使单胞藻的光合作用加快。但稀土元素与哪些酶结合尚待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 熊柄昆. 稀土生物功能化合物的应用研究. 中国稀土学报, 1994, 12(4): 358~365
- 2 储钟琳, 等. 氯化铈对螺旋藻光合放氧、色素和蛋白质形成的影响. 中国稀土学报, 1994, 12(4): 344~347
- 3 宋振东, 等. 稀土元素对鲤鱼种生长及代谢的影响. 稀土, 1992, 13: 60~62, 70
- 4 辛福言, 等. 镧对中国对虾卵子孵化和无节幼体变态的影响. 中国稀土学报, 1997, 15(1): 289~292
- 5 曲克明, 袁有宽, 辛福言. 稀土对牟氏角毛藻生长的影响. 海洋学报, 1997, 19(2): 124~127
- 6 海洋调查编辑委员会. 海洋调查规范. 北京: 海洋出版社, 1991. 688~691
- 7 徐光宪, 等. 稀土(上册). 北京: 冶金工业出版社, 1995. 29~33
- 8 徐光宪, 等. 稀土(中册). 北京: 冶金工业出版社, 1995. 471~480
- 9 Elderfield H, Greaves M J. The rare earth elements in seawater. Nature, 1982(296): 214~219

Enhancement of 3 rare earth elements to *Isochrysis galbana*

Qu Keming Yuan Youxian Xin Fuyan

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

Abstract The degrees of enhancement effect of light, middle and heavy rare earth elements to *Isochrysis galbana* are similar, the beneficial concentrations of La, Gd and Yb range from 7.28 ~ 87.40 $\mu\text{mol/L}$, 6.36 ~ 57.23 $\mu\text{mol/L}$ and 5.78 ~ 17.34 $\mu\text{mol/L}$, respectively. Their optimum concentrations range from 36.42 ~ 65.55 $\mu\text{mol/L}$, 19.08 ~ 59.23 $\mu\text{mol/L}$ and 5.78 ~ 17.34 $\mu\text{mol/L}$ respectively, which make the cell numbers increase by 21.8% ~ 24.3%, 10.4% ~ 17.2% and 17.9% ~ 23.0%. The concentrations of chlorophyll increased by 29.3 ~ 41.2%, 25.6 ~ 38.1% and 36.5 ~ 40.3% compared with the control group.

Key words rare earth elements, *Isochrysis galbana*, chlorophyll, enhancement