

亚心形四片藻对重金属离子污染物的净化作用

马骏驰 (广西大学环境学院, 广西南宁 530004)

摘要 [目的]探讨利用亚心形四片藻对海水中重金属离子进行生态净化的可行性。[方法]以亚心形四片藻为原料,在其培养液中加入 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、 HgCl_2 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 CdO 4种重金属离子,通过观察亚心形四片藻的生长状况和重金属离子的浓度变化情况,研究最适宜的亚心形四片藻净化浓度。[结果]当亚心形四片藻浓度达到 10^4 个/mL时,藻体基本能够正常生长。在4种离子中, HgCl_2 对亚心形四片藻毒性最小,且其对 HgCl_2 的净化效果较为理想。[结论]该研究可为净化污染海水提供科学依据。

关键词 亚心形四片藻;重金属离子;净化;微藻

中图分类号 X55 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)15-0073-03

Purification Effect of *Etraselmis subcordiformis* on Heavy Metal Ions

MA Jun-chi (School of the Environment, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004)

Abstract [Objective] To investigate the feasibility of ecological purification of heavy metal ions in seawater by *Etraselmis subcordiformis*. [Method] Using *Etraselmis subcordiformis* as raw material, adding $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, HgCl_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CdO in culture solution. By observing the growth of *Etraselmis subcordiformis* and the concentration of heavy metal ions, the optimum concentration of *Etraselmis subcordiformis* was studied. [Result] *Etraselmis subcordiformis* can grow normally when the concentration of algae reach to 10^4 cell/mL. HgCl_2 has the minimal toxicity to algae in the four kinds of ions and the purification effect of HgCl_2 is more ideal. [Conclusion] The study can provide scientific basis for purifying water pollution.

Key words *Etraselmis subcordiformis*; Heavy metal ion; Purify; Microalgae

伴随着人类对海洋开发利用的深入,污染问题也日益加剧,越来越多的学者开始关注海水净化问题。海洋污染突出的特点是污染源广、持续性强、扩散范围广、防治难、危害大,因此,治理海水污染刻不容缓。目前,较为严重且更难治理的是重金属所造成的污染^[1-2]。以模式生物处理水质污染得到广泛认可^[3-4]。微藻资源丰富,在净化海水重金属污染物方面中有着极其广阔的开发前景,关于其通过吸附作用处理重金属离子的研究已逐步开展。Olguin等^[5]研究表明,褐藻门的生物吸附性能很好。莫健伟等^[6]研究表明,在pH为6~7时绿藻能很好地去除重金属离子,且86%以上的吸附属于快吸附。Chauhahan等^[7]研究发现,在户外培养螺旋藻时,造纸黑液能促进其生长和提高产量,同时也提高了细胞氮同化酶的活性和利用效率。李攀荣等^[8]也进行了海洋微藻吸附重金属的机理研究。藻类植物作为污染水体的净化者,能够通过吸收、富集作用降低水中的污染物含量,在净化污水的同时,可使某些污染物变废为宝。我国海域面积宽广,微藻资源丰富,且藻类生长快,繁殖能力强,对环境的要求较低,适应性强^[9-10],因此,利用微藻处理海水污染有广阔的应用前景。笔者研究了亚心形四片藻对重金属离子污染物的净化作用,以期对重金属污染治理提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料 亚心形四片藻(绿藻门团藻目,细胞倒卵形;小部半球形;细胞裸露,前端中央凹入,呈4个分叶,凹入处具4条等长的鞭毛,基部具2个伸缩泡。色素体杯状,前端凹入,呈4个分叶,基部有1个圆形蛋白核。细胞核位于细胞偏前端藻),取自中国海洋大学藻种库。

培养液:1/2f培养液^[6]。取自自然海水,沉淀5d后加热

煮沸,冷却后加入大量元素、微量元素和维生素等,调pH至8.0。培养藻体所用的容器是2000 cm³三角瓶,均预先高温消毒。每瓶培养液500 cm³,然后加入不同重金属离子 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、 HgCl_2 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 CdO 。

1.2 试验设计 在正式试验之前,探测了亚心形四片藻在含有不同浓度的重金属离子培养液中的适应性,以保证亚心形四片藻在200.00 mg/L $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、0.05 mg/L HgCl_2 、0.50 mg/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、0.50 mg/L CdO 的培养条件下的生长繁殖未被完全抑制。

培养步骤:①取培养好的亚心形四片藻培养液,将其配置成浓度分别为 10^2 、 10^3 、 10^4 、 10^5 个/mL的溶液若干份。②将上述重金属离子分别加入各编号藻液中。③每数量级设置3个平行对照组,为未添加重金属离子的藻液,平行组置于光照、温度、氧浓度等条件相同的环境下培养。④每数量级藻液设3个平行试验以利于对照观察。⑤3d后每天取等量各锥形瓶中的溶液用血球计数板对亚心形四片藻的浓度进行测定,连续统计6d。⑥9d后,测定各溶液中的污染物浓度变化量,并对所得数据进行统计分析。

1.3 培养条件 每天光照14h,光照强度为6000~8000 lx,温度为22~24℃,为使藻细胞能均匀生长,每天定时摇动2次(8:00和16:00)。

1.4 项目测定 保证自然光照、室温、氧浓度适宜等条件,自接种第3天起,每天对各处理培养液中的亚心形四片藻藻体密度进行统计,连续统计6d,分析不同重金属离子对亚心形四片藻生长的抑制作用。

研究在自然光照、室温、氧浓度适宜等条件下,不同浓度梯度亚心形四片藻对 Pb 、 Hg 、 Cr 、 Cd 的吸收情况,并确定亚心形四片藻的最适浓度。

2 结果与分析

2.1 亚心形四片藻在重金属离子培养液中的生长情况 由

表1~4可知,藻体细胞被重金属离子处理后,培养液中的细胞浓度比对照组有明显的降低。这表明重金属离子对亚心形四片藻的生长有抑制作用,HgCl₂培养液中的亚心形四片藻生长明显优于其在其他重金属离子培养液中,这表明

HgCl₂对亚心形四片藻生长的抑制作用相对较弱。同时,亚心形四片藻的生长情况也与自身浓度有关,若自身浓度过小,难以抵抗污染物的毒害作用而导致其不能正常生长甚至死亡,当藻类浓度达到10⁴个/mL时,藻体能够正常生长。

表1 不同浓度亚心形四片藻在含Pb(NO₃)₂培养液中的生长情况

Table 1 The growth of different concentrations of *Etraselmis subcordiformis* on Pb(NO₃)₂ culture liquid

天数 Days d	10 ² 个/mL		10 ³ 个/mL		10 ⁴ 个/mL		10 ⁵ 个/mL	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group						
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.5	0.3	1.1	0.3	1.5	1.6	1.5	1.3
5	2.2	0.3	1.6	0.3	3.1	2.3	1.9	1.3
6	3.6	0	2.9	0	3.2	2.0	2.7	1.7
7	4.5	0	3.2	0	4.0	2.0	3.4	1.7
8	4.4	0	4.1	0	4.4	1.0	3.6	2.3
9	5.0	0	4.1	0	4.6	2.0	4.5	2.3

表2 不同浓度亚心形四片藻在含HgCl₂培养液中的生长情况

Table 2 The growth of different concentrations of *Etraselmis subcordiformis* on HgCl₂ culture liquid

天数 Days d	10 ² 个/mL		10 ³ 个/mL		10 ⁴ 个/mL		10 ⁵ 个/mL	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group						
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.4	0.7	1.2	1.7	2.5	3.3	1.8	2.7
5	2.1	0.3	1.3	1.3	3.2	1.6	2.0	2.3
6	3.2	0	1.8	0.3	3.2	2.7	2.4	2.3
7	3.8	0	2.9	1.7	4.7	3.0	2.9	2.0
8	4.0	0	3.2	1.0	4.6	3.0	3.0	2.0
9	4.1	0	3.6	1.0	4.6	3.3	3.8	3.7

表3 不同浓度亚心形四片藻在含K₂Cr₂O₇培养液中的生长情况

Table 3 The growth of different concentrations of *Etraselmis subcordiformis* on K₂Cr₂O₇ culture liquid

天数 Days d	10 ² 个/mL		10 ³ 个/mL		10 ⁴ 个/mL		10 ⁵ 个/mL	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group						
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.7	1.3	1.8	1.3	2.0	1.6	2.0	1.0
5	1.9	0	1.9	1.0	2.5	2.0	1.9	1.3
6	2.0	0	2.2	0.7	2.8	1.7	2.4	1.3
7	3.5	0	2.5	0.7	3.1	3.0	2.6	2.0
8	3.9	0	3.1	1.0	3.4	1.0	3.4	1.7
9	4.6	0	3.5	0.7	4.1	1.7	4.0	2.0

表4 不同浓度亚心形四片藻在含CdO培养液中的生长情况

Table 4 The growth of different concentrations of *Etraselmis subcordiformis* on CdO culture liquid

天数 Days d	10 ² 个/mL		10 ³ 个/mL		10 ⁴ 个/mL		10 ⁵ 个/mL	
	对照组 Control group	试验组 Experimental group						
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.7	1.0	1.9	1.0	2.0	1.6	1.7	1.0
5	1.8	0	1.9	0.3	2.2	1.3	1.9	0.7
6	1.8	0	2.3	0.3	2.8	4.3	2.2	0.7
7	2.2	0	2.4	0	3.0	2.7	2.3	1.0
8	2.4	0	2.6	0	3.0	2.0	2.8	1.0
9	2.6	0	2.8	0	3.8	1.0	3.1	1.3

2.2 亚心形四角藻对重金属离子的吸附作用 亚心形四角藻在重金属离子培养液中培养 9 d 后,藻类数目趋于稳定,对污染物的吸收量也逐渐达到稳定。从 10^4 个/mL 亚心形四角藻培养液中重金属离子浓度的变化(表 5、图 1)可知,亚心形四角藻对海水中重金属离子的净化作用明显,净化效率均高于 30.0%,特别是对 HgCl_2 的净化效率达到了 77.2%。

表 5 10^4 个/mL 亚心形四角藻对重金属污染物的吸附量

Table 5 Adsorption capacity of 10^4 cell/mL *Etraselmis subcordiformis* on heavy metal contaminants mg/L

重金属离子 Heavy metal ion	初始浓度 Initial concentration	最终浓度 Final concentration
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	200.000 0	133.000 0
HgCl_2	0.050 0	0.013 9
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	0.500 0	0.325 0
CdO	0.500 0	0.238 2

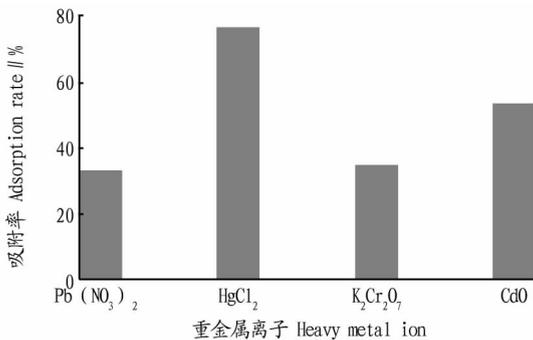


图 1 10^4 个/mL 亚心形四角藻对重金属污染物的吸附效率比较

Fig. 1 Adsorption rate of 10^4 cell/mL *Etraselmis subcordiformis* on heavy metal contaminants

3 讨论与结论

3.1 亚心形四角藻对重金属离子的适应性 通过试验发现,亚心形四角藻在含有重金属离子的培养液中生长除了要求藻体要达到一定的浓度外,重金属离子的浓度也不宜过高。谢荣等^[10]研究表明,离子浓度过高会抑制藻体的生长和繁殖,因此选择 200.00 mg/L $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、0.05 mg/L HgCl_2 、0.50 mg/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、0.50 mg/L CdO 作为试验用量。尽管重金属离子浓度控制在这个范围内会对亚心形四角藻的生长产生显著的影响,通过处理组和对照组的比较可以看出,重金属离子对亚心形四角藻的伤害较严重。藻类在 HgCl_2 培养液中的生长情况明显优于其他离子,可以看出 HgCl_2 在这 4 种离子中对亚心形四角藻生长的抑制作用较弱。

当亚心形四角藻浓度为 10^2 个/mL 时,藻体在生长至第 5 天时已基本完全死亡;在 10^3 个/mL 浓度下,藻体亦只有少量存活;当浓度达到 10^4 个/mL,藻体基本能够正常生长。因此,亚心形四角藻净化各类污染物的适宜浓度为 10^4 个/mL,且该浓度不足以造成赤潮,也不会构成环境污染,可以用于工业实践。

3.2 亚心形四角藻对海水的净化作用 从重金属离子浓度的变化情况和亚心形四角藻的净化效率可以看出,亚心形四角藻对海水中重金属离子的净化作用比较显著。净化效率都达到了 30.0% 以上,特别是对 HgCl_2 的净化效率更是达到了 77.2%。

3.3 亚心形四角藻净化海水污染物的前景 藻类植物作为污染水体的净化者,能够通过吸收、富集作用降低水中的污染物含量,在净化污水的同时,使某些污染物变废为宝。由于污水中有机化合物是藻类生长所需的重要碳源,因此,培植藻类,合理控制和利用藻类,不仅能避免产生藻类污染,还可以达到净化污水、改善环境、扩大藻类销售市场的目的,从而取得较好的经济效益和社会效益。

微藻资源丰富,对环境的要求较低,适应性强^[9-11],开发潜力巨大。利用微藻处理海水污染,具有明显环境优势,在入海口及部分重污染区具有很好的应用前景。

参考文献

- [1] 潘进芬,林荣根. 海洋微藻吸附重金属的机理研究[J]. 海洋科学,2000,24(2):31-34.
- [2] 韩仕群,张振华,严少华. 国内外利用藻类技术处理废水、净化水体研究现状[J]. 农业环境与发展,2000,17(1):13-16.
- [3] 张冬青. 亟待开发的藻类植物资源[J]. 食品研究与开发,1991(4):22-24.
- [4] 曹吉祥. 微藻应用的潜力及途径[J]. 海洋湖沼通报,1994(4):81-88.
- [5] OLGUIN E T, HERNÁNDEZ B, ARAUS A, et al. Simultaneous high-biomass protein production and nutrient removal using *Spirulina maxima* in sea water supplemented with anaerobic effluents[J]. World J Microbiol Biotech, 1994,10(5):576-578.
- [6] 莫健伟,姚兴东,张谷兰,等. 海藻去除水中双偶氮染料机理及重金属离子研究[J]. 中国环境科学,1997,17(3):241-243.
- [7] CHAUHAN V S, SINGH G, RAMAMURTHY V. Eucalyptus kraft black liquor enhances growth and productivity of *Spirulina* in outdoor cultures[J]. Biotech Prog, 1995,11(4):457-460.
- [8] 李攀荣,邹长伟,万金宝,等. 微藻在废水处理中的应用研究[J]. 工业水处理,2016,36(5):5-8.
- [9] 高尚德,吴以平,赵心玉. 有机锡对海洋微藻的生理效应:I. 三苯基锡和三丁基锡对光合色素含量的影响[J]. 海洋与湖沼,1994,25(3):259-265.
- [10] 谢荣,唐学玺,李永祺. 有机磷农药和重金属对海洋微藻的联合毒性研究[J]. 海洋环境科学,1999,18(2):16-20.
- [11] 张建民,韩晓弟,王刚,等. 铅离子对塔胞藻的生物学效应分析[J]. 齐鲁渔业,2004,21(6):47-49.