

盐碱水体斜生栅藻培养及其生物净化作用^{*}

黄 诚¹ 谷孝鸿² 胡文英²

(1: 南京大学生物科学与技术学系, 南京 210093; 2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*)引种至山东禹城辛店洼碳酸盐型水中后, 在补加必需营养盐、充气的条件下培养, 可以高速增长; 试验结果表明, 经过3轮栅藻培养、收获, 可使盐碱水得到一定程度的淡化, 经过36h的培养, 水中主要八大离子的清除率分别达48.5%, 5.9%, 77.5%, 74.5%, 28.2%, 46.7%, 100%和53.1%。

关键词 斜生栅藻 碳酸盐型水体 生物淡化技术

分类号 Q949.2

单胞藻不仅是鱼虾饵料, 也是鱼虾动物性饵料生物(枝角类, 桡足类及各种底栖动物)的基础饵料, 关于单胞藻的培养研究已有广泛而深入的工作基础^[1]。通常内陆水域单胞藻的培养都需用大量的无机盐及淡水资源, 本文采用山东禹城地区碳酸盐型水型水体作为培养介质, 研究单胞藻低耗高效集约型培养及水质淡化技术。碳酸盐水型是低洼盐碱地的一种主要水质类型, 在我国近1000万公顷的低洼盐碱地中, 该类型水质土地面积占80%, 本研究的总体思路是在用中求治的原则下将现有水源作培养液, 接种单胞藻, 利用生物代谢吸收盐类以节约能量消耗的方式使得盐碱水盐分资源化, 以培养藻类作为蛋白源使用, 最终为盐碱水的淡化提供可行性模式, 达到以盐碱供养殖, 以养殖脱盐碱, 实现渍涝地的综合治理和生产持续性的统一。

1 材料与方 法

1.1 材 料

实验用斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*)藻种取自南京大学生物系藻菌工程室, 培养用水源为山东禹城辛店洼碳酸盐水型的地下水。

1.2 水样分析

取培养前后的水样, 测定水体中各种阴阳离子组成及矿化度、总硬度和总碱度, 其中矿化度以水体中八大离子含量(mg L^{-1})总和表示^[2]。总硬度乘以系数换算成德国度(1德国度 = $10\text{mg L}^{-1}(\text{CaO})$)。总碱度用重碳酸盐碱度和碳酸盐碱度(mmol L^{-1})之和表示。

1.3 收获处理方法

斜生栅藻培养到高浓度时, 停止充气, 栅列藻即沉淀下来, 虹吸法收获栅藻, 红外真空干燥箱干燥, 送南大分析中心分析元素组成。

1.4 实验设计

初接种斜生栅藻浓度为 $32.2 \text{万个} \cdot \text{mL}^{-1}$, 培养液分4组: I, II组为加必需营养盐组, 按

^{*} 国家“九五”攻关项目(95-008-04-02)和南京大学分析中心测试基金联合资助项目。
收稿日期: 1998-05-29; 收到修改稿日期: 1998-12-24。黄诚, 男, 1963年生, 副教授。

表1 配制培养液,组I为充气试验组;II为不充气试验组;III,IV组为原始水溶液不添加任何物质,仅接种斜生栅藻作对照组;III为充气对照组;IV为不充气对照组。

培养容器为2000 mL的圆柱形玻璃缸,放置在自然光照条件下,上方架一隔板,以防止中午11:00-14:00强阳光直射,平均水温为26℃。

将待测水样混匀,吸取样品用显微计数板统计栅藻数量,每组重量取样6次,计平均值。

2 结果

由表1可知初始水样中除氮、磷、钾元素缺乏以外,其它元素含量均高于栅列藻培养液所需元素浓度,为了使斜生栅藻能在此型水中生长,试验组添加所缺的元素,氮元素的载体为尿素,钾、磷元素载体为 KH_2PO_4 ,依Liebig最低定律,初次补加量为 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 117 mg L^{-1} , KH_2PO_4 44.4 mg L^{-1} 作为试验组,并按每升水体滴加1 mol L^{-1} 的HCl 0.67 mL以中和碳酸根,使转化成碳酸氢根。

表1 初水样与斜生栅藻培养液离子成分

单位: mg L^{-1}

Tab.1 Ion concentration of water samples and *Scenedesmus obliquus* culture medium

成分	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	TP	TN
初水样	130	9	80	73	426	75.1	696	40.3	0.0	0.0
栅藻培养液	24.9	168	10.5	9.4	67.2	38.0	66.1	-	10.1	54.6

2.1 斜生栅藻种群增长规律

在第一轮(0-12h)培养中,在充气并配补必需营养盐条件下斜生栅藻种群高速增长,而其他各组生长不良.经检测分析,组I培养液中的必需营养盐在培养12h后已基本被消耗.第二轮(14-26h)依据监测组I、II的水质,补加 KH_2PO_4 及 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 继续培养.经两轮培养后,选组I作为继续培养实验组进入第三轮培养(表3).第三轮培养后经沉淀4h,虹吸掉底部浓藻液(占总体积20%),这样可收获94%斜生栅藻。

表2 第一、二轮培养过程中四组斜生栅藻种群的密度¹⁾

单位:万个 $\cdot\text{mL}^{-1}$

Tab.2 Densities of the algae during the first-and second-round cultivating

时间/h	组I	组II	组III	组IV
0	32.2	32.2	32.2	32.2
2	32.5	30.8	33.5	29.0
4	38.8	36.0	39.0	22.0
6	64.0	28.5	46.0	18.0
8	108.0	101.0	67.0	33.0
10	188.0	98.0	80.0	53.0
12	198.0	68.0	82.0	30.0
14	188.0	60.0	75.0	20.0
16	224.0	70.0	82.0	沉淀死亡
18	308.0	84.0	83.0	
20	340.0	68.0	82.0	
22	348.0	沉淀发白	80.0	
24	354.0	沉淀死亡	86.0	
26	358.0		85.0	

1) I:加盐、充气;II:加盐、不充气;III:充气、不加盐;IV:不充气、不加盐。

表 3 第三轮培养过程中组 I 的细胞变化

单位:万个·mL⁻¹

Tab. 3 Density changes of group I during the third-round cultivating

时间/h	28	30	32	34	36	38
密度	365	370	374	376	378	380

2.2 水化学离子动态

通过测水样补盐及酸化中和措施进行水质调控,经过三次培养斜生栅藻后的上清液,其水体元素及总硬度、总碱度、矿化度测试结果列于表 4,

表 4 经过三次处理后上清水样各离子状态¹⁾

Tab. 4 Residual ion concentrations and eliminating rates from the water after three-round cultivating

处理前 配补措施						
项 目	第一轮培养		第二轮培养		第三轮培养	
尿素 CO(NH ₂) ₂ /g	117		-		-	
KH ₂ PO ₄ /g	44.47		44.4		-	
1mol L ⁻¹ HCl/mL	0.67		1.45		3.08	
处理后 实测项目						
项目	残留量	清除率/%	残留量	清除率/%	残留量	清除率/%
Na ⁺	120	7.7	75.0	42.3	67	48.5
K ⁺	10.3	0	8.5	5.6	8.0	5.9
Ca ²⁺	42.7	46.6	25.0	68.8	18.0	77.5
Mg ²⁺	70.5	34	29.3	59.9	18.6	74.5
Cl ⁻	38	10.8	32.0	24.9	30.6	28.2
SO ₄ ²⁻	70.4	6.3	59.2	25.2	40.0	46.7
HCO ₃ ⁻	206.0	70.4	0.0	100	0.0	100
CO ₃ ²⁻	40.0	46.7	185.0	-359	18.9	53.1
OH ⁻	0.0	0.0	17.0	/	0.0	0.0
矿化度/mg L ⁻¹	597.9	60.9	414.0	72.9	201.1	86.8
总碱度/mmol L ⁻¹	4.7	63.1	6.2	51.6	0.63	95.1
总硬度/德国度	22.4	20.7	10.3	63.3	6.9	74.6

1)钾的去除率不高是由于环境中本身的含量低,斜生栅藻本身只吸收了补加的钾。

3 讨论

3.1 斜生栅藻的降盐作用

利用斜生栅藻的富集作用吸收污水中 N、P、K 是目前环境科学领域的热点^[2],本文依此机理在碳酸盐水体中加入斜生栅藻生长所需的营养盐促其生长,进而吸收水中的其他离子.本研究经过三轮斜生栅藻培养后,水体中盐碱含量降低.通过测试水样中八大离子的残余量,只能说明其可溶性盐类的降低.其中一部分盐类形成不溶性沉淀物,一部分被斜生栅藻吸收转化为有机组织,故培养系统中真正排出的盐量得由斜生栅藻收获量推算.经测试,斜生栅藻干粉主要元素含量如下:氮 1.75%,磷 0.8745%,碳 10.94%,钙 0.048%,镁 1.48%,钠 2.68%,钾 1.34%,其中 N 折算成 CO(NH₂)₂ 为 3.75%;C 折算成 HCO₃⁻ 为 55.61%;P 折算成 PO₄³⁻ 为

2.68%。斜生栅藻重量为 $6.0 \times 10^{-7} \text{mg} \cdot \text{个}^{-1}$, 经第三轮培养后 1L 水样可收获斜生栅藻及折算出的四种阳离子及 HCO_3^- , $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, PO_4^{3-} 含量统计如表 5。

表 5 三轮培养过程中斜生栅藻收获量及其离子清除率

Tab. 5 Yields of the algae, ion contents in the algae and their eliminating rates from the water

培养过程	第一轮		第二轮		第三轮	
	收获量/mg	清除率/%	收获量/mg	清除率/%	收获量/mg	清除率/%
栅列藻	1117	94	2040	95	2171	94
Na^+	29.94	23.03	54.67	42.05	58.18	44.76
K^+	15.19	56.57	27.31	70.26	29.09	74.76
Ca^{2+}	0.5362	0.6703	0.9792	1.224	1.042	1.775
Mg^{2+}	16.53	22.64	30.19	41.36	32.13	44.01
HCO_3^-	621.16	89.25	1134.44	162.99	1207.29	173.46
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	41.89	35.80	76.50	65.38	81.41	69.58
PO_4^{3-}	29.94	97.27	54.67	88.81	58.18	94.51

清除率大于 100%, 即表明不仅水样中内源的 HCO_3^- 全部被吸收了, 还通过溶解空气中的 CO_2 转化为外源性的 HCO_3^- 予以吸收。其中经过三轮培养后, 外源 HCO_3^- 占据 42.35%。

3.2 斜生栅藻培养的 N:P 比

PO_4^{3-} 先被消耗, 尿素清除率小, 据以往经验, 用 NO_3^- 作氮源比尿素更好, 但代价较大, 依水体滤液氮含量极少来看, 可能多为细菌吸收, 在培养过程中应补充磷肥, 参照 Gloyna 的^[3]研究经验, 这里把 N:P 调节在 5:1 左右。

3.3 斜生栅藻的环境效益

充气培养使得空气中大量的 CO_2 溶于水, 从理论上讲, 不仅增加了水体中 HCO_3^- 的含量, 而且加剧了水体富营养化。但通过培养斜生栅藻, 再收获斜生栅藻, 不仅可以消除水体碳源, 而且也去除了氮、磷, 另外, 不仅淡化了该养殖盐碱水体中的 Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 等元素, 培养了大量的饵料生物斜生栅藻, 而且对空气中的 CO_2 也有去除作用, 从环保的观点来看, 这一措施具有对大气 CO_2 污染净化之意义。

3.4 对盐碱洼地水盐调控的思考

对咸水重盐化洼地水盐调控模式, 有引淋淤盐、浅群井强排、覆盖抑盐等措施, 在“七五”、“八五”期间这些措施的实施具有良好的效果^[4], 但随着淡水资源的日益枯竭, 井水也是盐碱度较高的水体, 强行灌洗, 只能暂时淡化浅层土壤, 不能永久去盐。通过盐碱水资源化措施研究既达到养殖目的, 又得以淡化水体, 这是今后有待深入研究的课题, 本研究仅是在玻璃瓶中充气培养试验结果, 要解决大面积盐碱水体淡化或资源化的实际问题, 必须考虑今后走工程机械化道路。

3.5 有待改进的问题

斜生栅藻收获后直接干燥测元素含量, 误差较大, 因为部分水中的离子干燥后也附在藻粉上, 而纯净斜生栅藻应用重蒸水充分洗涤后再测试, 故本次实验由收获的斜生栅藻产量推算无

机盐的排出量要比纯斜生栅藻的元素含量大一些.另外实验中为调节 pH, 中和 CO_3^{2-} , 每轮培养前依据 CO_3^{2-} 的含量计算所滴加的盐酸, 但这样又增加了水体中 Cl^- 负荷, 在今后的研究中, 应考虑用 H_3PO_4 为好.

参 考 文 献

- 1 代田昭彦. 水产饵料生物学. 北京: 农业出版社, 1989
- 2 Darnall D W, *et al.* Selective recovery of gold and other metal ions from an algal biomass. *Environmental Science Technology*, 1986, 20(2):206-208
- 3 Barkley N P, *J Air. Waste manage Association*, 1991, 41(10):1381-1393
- 4 Gloyna E F. Facultative waste stabilization pool design. in pool as waste water treatment alternative center for research in water resource. Austin: Univ Texas Press, 1976, 143-157
- 5 程维新, 胡文英, 张兴权. 洼地整治与环境生态. 北京: 科学出版社, 1993

Culturing of *Scenedesmus obliquus* in Saline-alkali Waters and Its Biological Purification

HUANG Cheng¹ GU Xiaohong² HU Wenyong²

(1: Department of Biology, Nanjing University, Nanjing 210093, P. R. China;

2: Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

Abstract

Scenedesmus obliquus, inoculated in the carbonate hard water in the Yucheng County, Shangong Province, was observed to grow rapidly under the condition of supplementing certain salts and aeration. The experimental results revealed that saline-alkali waters water could be purified in some extent by the algae. After 36 hours culturing, the eliminating rates of 8 main ions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}) in the water respectively reached 48.5%, 5.9%, 77.5%, 74.5%, 28.2%, 46.7%, 100%, 53.1%.

Key Words *Scenedesmus obliquus*, carbonate hard water, biological desalination