

一株楚雄市区地表水体小球藻的 产氧性能研究

吴纪云*, 王天强*#, 王 玲, 苏明梅, 奎达锐, 何凤婷, 叶 腊, 李传文

楚雄师范学院资源环境与化学学院, 云南 楚雄

收稿日期: 2023年6月23日; 录用日期: 2023年7月24日; 发布日期: 2023年8月1日

摘 要

为研究楚雄市区水体中小球藻的光合产氧性能, 本文以一株研究区内分离培养的小球藻为研究对象, 通过对培养基内N、P、K、微量元素进行浓度梯度设计, 结合单因子实验和正交试验优化该小球藻产氧条件。研究结果显示该小球藻生长的最适N、P、K、微量元素浓度分别为53.62 mg/L、487.43 mg/L、110.59 mg/L、1.0 ml, 小球藻的最佳产氧量为13.51 mg/L。该株小球藻在最适培养条件下产溶解氧达到过饱和, 在实际应用及功能开发中具有巨大开发潜力。

关键词

小球藻, 楚雄市区, 单因子实验, 正交试验, 产氧

Study on Oxygen Production Performance of Chlorella in Surface Water Body of Chuxiong Urban Area

Ji Yun Wu*, Tianqiang Wang*#, Ling Wang, Mingmei Su, Darui Kui, Fengting He, La Ye,
Chuanwen Li

College of Resources, Environment and Chemistry, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan

Received: Jun. 23rd, 2023; accepted: Jul. 24th, 2023; published: Aug. 1st, 2023

Abstract

In order to study the photosynthetic oxygen production performance of chlorella in the water

*共一作者。

*#通讯作者。

文章引用: 吴纪云, 王天强, 王玲, 苏明梅, 奎达锐, 何凤婷, 叶腊, 李传文. 一株楚雄市区地表水体小球藻的产氧性能研究[J]. 环境保护前沿, 2023, 13(4): 789-795. DOI: 10.12677/aep.2023.134096

body of Chuxiong urban area, this paper took chlorella isolated and cultured in the study area as the research object, and optimized the oxygen production conditions of chlorella by designing the concentration gradient of N, P, K and trace elements in the culture medium, combined with single factor experiments and orthogonal experiments. The results showed that the optimal concentrations of N, P, K and trace elements for chlorella growth were 53.62 mg/L, 487.43 mg/L, 110.59 mg/L and 1.0ml, respectively, and the optimal oxygen production of chlorella was 13.51mg/L. This strain of chlorella produces dissolved oxygen and reaches supersaturation under optimal culture conditions, which has great development potential in practical application and functional development.

Keywords

Chlorella, Chuxiong Urban Area, Single Factor Experiment, Orthogonal Test, Oxygen Production

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

溶解氧是制约水产养殖发展的主要因素[1], 溶解氧不足将会导致鱼类出现浮头及死亡现象[2]。常见的增氧方式为机械增氧[3]、化学增氧[4]和生物增氧[5]。微藻是水体溶解氧重要提供者, 是较好的生物增氧材料。小球藻作为一种小型绿藻, 真核生物, 具有较多的叶绿素, 可以进行光合作用产生氧气, 且产氧能力高于一般的植物。因此小球藻可以增加水中的溶解氧, 为一些好氧微生物提供适宜其生存的有氧环境, 增加可分解水中污染物的微生物数量, 从而起到改善水体质量, 降低水体污染的程度的作用。

随着社会的发展和生物技术的进步, 现如今影响人们生活的不再局限于经济问题, 还有环境问题。国内外研究者对小球藻做了许多的研究, 例如项苙仪[6]等人利用小球藻处理市政污水的实验结果表明小球藻在各个季节污水脱氮除磷效果显著。韩仕群[7]等人研究提出利用藻类处理废水, 净化富营养水体, 既能保护环境又能节约资源, 具有良好的生态效益和社会经济效益。小球藻作为藻类的一种它的作用不仅体现在对环境污染物的处理, 在其他许多领域的利用价值都是不可估量的。

环境中常见的重金属污染物汞(Hg)、镉(Cd)、锰(Mn)、铅(Pb)等对藻类具有毒性作用, 主要表现为阻止细胞分裂, 抑制藻类的生长速率, 降低酶的活性以及影响光合作用效率等[3], 反之适宜条件下小球藻能够超负荷吸收重金属, 利用无机盐, 降解农药、烷烃、酚类、邻苯二甲酸酯等多种有机物[8] [9]。小球藻还具备代替传统污水处理技术中活性污泥能力, 且小球藻代替活性污泥时有着低成本, 更环保的特点。基于小球藻的天然优势, 新型的针对小球藻污水处理的生态型光生物反应器技术得到了发展, 该技术利用自然光能来提高藻类培养效率和降低成本, 是一项有前景的新技术。

微藻是一种独特的光合生物, 能有效地利用太阳能, 且它的光合作用效率高[10], 小球藻作为微藻的一种它的产氧能力也是十分可观的。国内外研究者对水体氧气的产生做了许多研究, 例如 Karl 指出在具有高密度绿色植物和藻类的水体中, 在强光条件下, 其氧的浓度可以达到过饱和值的 4 倍多[11]。表明藻类对水体溶解氧含量的增加有显著作用。

本文通过目标藻株培养条件优化, 创造适宜其生存的培养环境来提高水体中小球藻生长速度, 增加水中的溶解氧, 为目标藻株功能开发打下基础, 同时也为楚雄地区水污染原位治理提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 材料

2.1.1. 仪器

本项目采用的仪器主要有光学显微镜(规格型号: 宁波舜宇 EX20 三目数码生物显微镜)、微藻光照培养箱、富集培养基、溶解氧测定仪。

2.1.2. 试剂

本次实验所用培养基为 SE 液体培养基[12]。

2.2. 方法

2.2.1. 水样的采集与小球藻的富集分离

取楚雄市区灵秀湖水体水样, 使用 SE 培养基对小球藻进行富集分离。

1) 富集: 取含有小球藻的灵秀湖水 100 ml, 自然沉淀后, 取适量上清液, 接种于 SE 液体培养基中进行光照培养, 定期摇动培养瓶防止微藻挂壁生长, 并进行定期观察。培养 5 d 以上, 直至目标小球藻适量大量增加。

2) 分离: 配制 SE 固体培养基, 并进行倒平板, 将富集后的藻液梯度稀释涂抹于固体培养基上, 光照培养。7 d 后挑取深绿色单菌落接种于 SE 固体培养基, 并进行“之字型”画线纯化, 光照培养, 直至获得纯种小球藻藻株。对纯种藻株进行斜面保种, 观察其形态特征, 藻株初步鉴定。

2.2.2. 单因子实验

设计的单因子实验浓度如下表 1、表 2、表 3、表 4 所示:

Table 1. N element concentration gradient

表 1. N 元素浓度梯度

	N1	N2	N3	N4	N5
浓度(mg/L)	16.4704	28.8232	41.176	53.5288	65.8816

Table 2. P element concentration gradient

表 2. P 元素浓度梯度

	P1	P2	P3	P4	P5
浓度(mg/L)	42.649	74.636	106.623	138.609	170.596

Table 3. K element concentration gradient

表 3. K 元素浓度梯度

	K1	K2	K3	K4	K5
浓度(mg/L)	33.1055	57.9346	82.7638	107.5929	132.4220

Table 4. W element concentration gradient

表 4. W 元素浓度梯度

	W1	W2	W3	W4	W5
浓度(mg/L)	0.2	0.35	0.5	0.65	0.8

2.2.3. 正交试验

根据单因子实验结果设计正交试验。

3. 结果与分析

1) 小球藻分离培养

经过富集及分离纯化获得 8 株纯种小球藻藻株, 对 8 株球藻进行液体纯培养, 保持温度在 20℃左右, 培养 20 天后, 最后得到溶解氧最高的一组编号为 WZ-7 (见表 5), 溶解氧为 10.00 mg/L。

Table 5. Dissolved oxygen monitoring of isolated algae strains

表 5. 分离藻株溶解氧监测

编号	温度(°C)	溶解氧(mg/l)
WZ-1	20.7	5.84
WZ-2	23.0	5.93
WZ-3	20.5	5.80
WZ-4	20.0	5.80
WZ-5	19.2	7.20
WZ-6	19.6	6.50
WZ-7	22.0	10.00
WZ-8	19.9	5.25

2) 小球藻单因子实验

通过单因子 N、P、K、微量元素浓度梯度实验, 对小球藻溶解氧进行监测, 分析不同元素梯度对小球藻产氧的影响。

由图 1、图 2、图 3 和图 4 可知, N 元素最佳产氧浓度是 N4 为 5.8 mg/L; P 元素最佳产氧浓度是 P3 为 6.76 mg/L; K 元素最佳产氧浓度是 K2 为 6.25 mg/L; 微量元素最佳产氧浓度是 W3 为 5.85 mg/L。

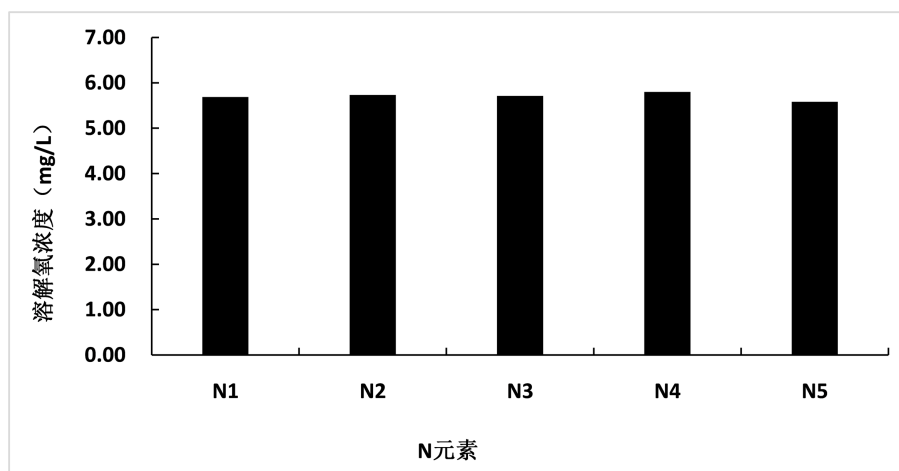


Figure 1. Plot of N-element one-way experimental results

图 1. N 元素单因子实验结果图

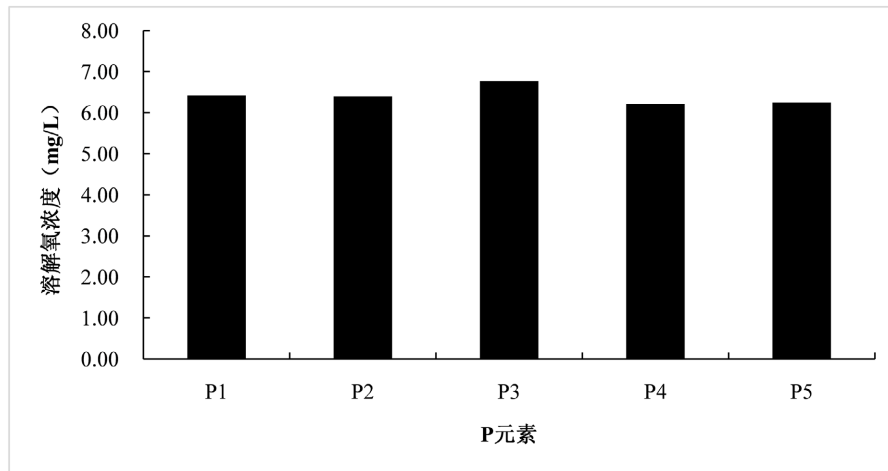


Figure 2. Plot of P-element one-way experimental results

图 2. P 元素单因子实验结果图

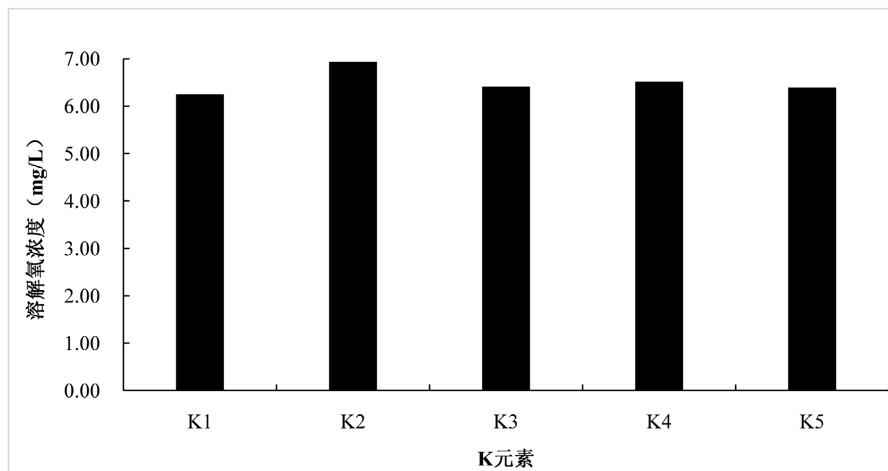


Figure 3. Plot of K-element one-way experimental results

图 3. K 元素单因子实验结果图

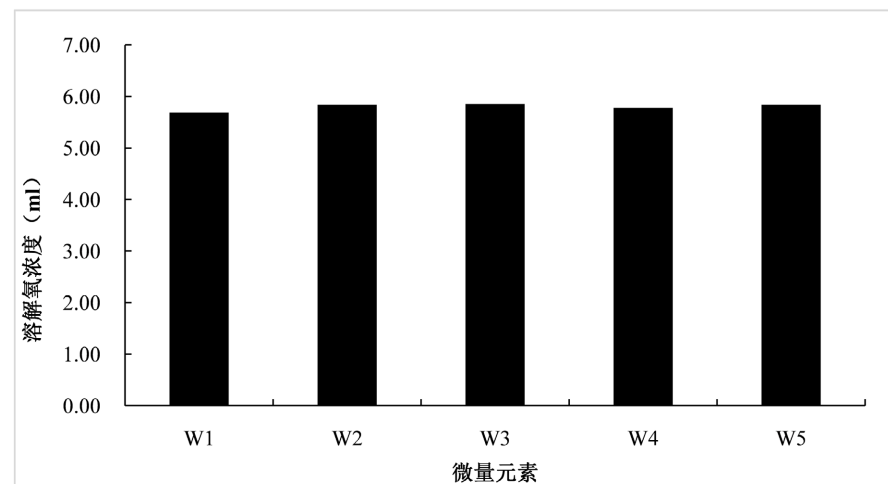


Figure 4. Plot of W-element one-way experimental results

图 4. W 元素单因子实验结果图

3) 正交试验

基于单因子实验得出的 N、P、K、微量元素的最适浓度, 分别对个因素设定 3 个浓度梯度进行正交试验优化小球藻产氧性能(见表 6)。

Table 6. Orthogonal concentration gradients

表 6. 正交浓度梯度

编号	1	2	3
N	49.4112 mg/L	53.5288 mg/L	57.6464 mg/L
P	85.2980 mg/L	106.6225 mg/L	127.9470 mg/L
K	49.6583 mg/L	57.9346 mg/L	66.2110 mg/L
微量元素	0.45 mL	0.5 mL	0.55 mL

Table 7. Orthogonal test table

表 7. 正交浓度梯度

因素	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)	微量元素(mL)	溶氧浓度(mg/L)
1	49.4112	85.2980	49.6583	0.45	12.36
2	49.4112	106.6225	57.9346	0.5	13.21
3	49.4112	127.9470	66.2110	0.55	13.1
4	53.5288	85.2980	57.9346	0.55	13.51
5	53.5288	106.6225	66.2110	0.45	12.72
6	53.5288	106.6225	49.6583	0.5	13.19
7	57.6464	85.2980	66.2110	0.5	12.9
8	57.6464	106.6225	49.6583	0.55	13.15
9	57.6464	127.9470	57.9346	0.45	12.45
均值 1	12.89	12.923	12.9	12.51	
均值 2	13.14	13.027	13.057	13.1	
均值 3	12.833	12.913	12.907	13.253	
极差	0.307	0.114	0.157	0.743	

由表 7 可知, 小球藻的最大产氧量为 13.51 mg/L, 且大于水能达到的最大溶解氧量, 即溶解氧过饱和。经 SPSS 正交试验分析得出最佳的实验组合为 2、2、2、3, 即 N、P、K、微量元素浓度分别为 53.5288 mg/L、106.6225 mg/L、57.9346 mg/L、0.55 mL。正交试验得出的结果显示, 极差排序为微量元素 > N 元素 > K 元素 > P 元素, 表明微量元素对小球藻的生长及产氧影响大较大。

4. 结论

本实验通过研究一株楚雄市区地表水中的小球藻, 采用单因子实验和正交试验确定最佳产氧条件。通过单因子实验结果显示最适合小球藻生长的条件为氮元素为 53.5288 mg/L, 磷元素为 106.6225 mg/L, 钾元素为 57.9346 mg/L, 微量元素为 0.5 mL; 通过正交试验优化得出最适小球藻生长即达到最佳产氧量

时 N、P、K、微量元素浓度分别为氮元素为 53.5288 mg/L, 磷元素为 106.6225 mg/L, 钾元素为 57.9346 mg/L, 微量元素为 0.55 mL; 并且最终获得小球藻的最佳产氧量为 13.51 mg/L, 达到溶解氧过饱和状态。相比于张奇等人[13]研究结果 pH 在 9.0 时小球藻藻液溶氧量达到最高值 8.04 mg/L, 本研究优化的小球藻产氧性能具有更大优势。温度和培养条件适宜的情况下, 本株小球藻产水体溶解氧达到过饱和, 具有巨大开发潜力, 可将本株小球藻应用于水体增氧工艺。后续研究中, 应将目前优化条件运用到实际生产中, 在室外对已有藻株进行功能开发, 力争将目标小球藻的产氧性能应用于楚雄地区水体污染治理。

参考文献

- [1] 刘翀, 岳冬冬, 刘兴国. 中国水产养殖业“走出去”的现状、存在问题与对策[J]. 渔业信息与战略, 2018, 33(4): 235-239.
- [2] 续钊. 浅析水产养殖水体污染及微生物修复[J]. 生物化工, 2018, 4(6): 134-136, 141.
- [3] 李明. 浙江省水产养殖机械化现状及机械装备需求[J]. 农业工程, 2016, 6(1): 1-4.
- [4] 王春德, 齐翠红, 李朝霞. 过氧化钙的净水增氧效果评估[J]. 生命科学研究, 2012, 16(4): 345-349.
- [5] 李永函, 雷衍之, 张桂兰. 鱼类越冬中生物增氧技术的研究[J]. 淡水渔业, 1984(4): 25-29, 34.
- [6] 项蕊仪, 刘一萱, 梅洪, 万端极. 小球藻处理市政污水的室外研究[J]. 湖北工业大学学报, 2017, 32(4): 70-74, 83.
- [7] 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.
- [8] 欧阳克氩, 刘建平, 蔡力创. 小球藻在废水处理上的应用进展[J]. 江西科学, 2014, 32(4): 515-519.
- [9] Pascucci, P.R. and Kowalak, A.D. (1999) Metal Distributions in Complexes with *Chlorella vulgaris* in Seawater and Wastewater. *Water Environment Research*, **71**, 1165-1170.
- [10] 史进华. 利用海洋微藻制备生物柴油的研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- [11] Imhoff, K. and Imhoff, K.R. (2004) *Taschenrechner der Stadtentwässerung*. Vulkan-Verlag GmbH, Germany.
- [12] 王天强, 汪婷, 李陈婧, 等. 热带雨林气候条件下澜沧江景洪至勐罕段微藻多样性研究[J]. 世界生态学, 2022, 11(3): 288-296.
- [13] 张奇, 曹英昆, 邢泽宇, 等. pH、盐度对小球藻生长量和溶氧量的影响[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(11): 83-86.