

文章编号: 1674-7054(2016)01-0043-05

针叶蕨藻对养殖废水中氮盐的净化

郑兴¹, 崔云亮¹, 刘傲东¹, 唐贤明², 顾志峰¹, 王爱民¹

(1. 海南大学 海洋学院/热带生物资源教育部重点实验室/海南省热带水生生物技术重点实验室, 海口 570228;

2. 海南省海洋与渔业科学研究院, 海口 570203)

摘要: 为了阐明大型海藻针叶蕨藻对海水养殖废水的净化效果, 设置针叶蕨藻密度为 20, 60, 120 mg · L⁻¹ 实验组和无针叶蕨藻的对照组, 每组 3 个重复, 分析海水养殖废水中 NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N 的浓度变化。研究表明, 各实验组水质处理效果均较好; 实验进行 8 d 后, 20 mg · L⁻¹ 处理组 NH₄⁺-N 去除率为 99.91%, NO₃⁻-N 去除率为 25.80%; 60 mg · L⁻¹ 处理组 NH₄⁺-N 去除率 99.96%, NO₃⁻-N 去除率为 25.39%; 120 mg · L⁻¹ 处理组 NH₄⁺-N 去除率为 99.94%, NO₃⁻-N 去除率为 64.15%。不同处理组 NO₂⁻-N 浓度基本无变化。在 NH₄⁺-N 去除速率方面不同处理组间存在极显著差异 ($P < 0.01$)。

关键词: 针叶蕨藻; 密度; 废水处理

中图分类号: S 955. 7

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2016.01.007

我国海水养殖业中的传统养殖模式和工厂化循环水养殖模式的养殖过程均会产生养殖废水水体中营养盐的大量累积。传统养殖模式直接排放养殖废水的方式会迫害近海生态环境, 工厂化循环水养殖模式可安全有效降低养殖废水的营养盐, 但这是工厂化循环水养殖模式健康持续的关键, 否则很可能导致循环系统的崩溃^[1-3]。因此, 有效降低养殖废水中过量的营养盐是养殖业可持续健康发展和海洋近岸生态环境保护亟待解决的问题。养殖废水中过量的营养盐主要是氨态氮、硝态氮、磷酸盐^[4], 其易污染环境和危害养殖动物, 但对于藻类等水生植物, 这些营养盐是其生长发育过程中有益的营养物质且易被利用, 故大型海藻是很好的“生物净化器”, 且已经在养殖废水净化处理中得到了初步应用。徐姗姗等发现龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*) 和细基江蓠(*Gracilaria tenuistipitata*) 可大量吸收外界环境中的无机氮盐^[5]; 刘佳等人发现金鱼藻(*Ceratophyllum demersum* L.)、苦草(*Vallisneria spiralis* (L.) Hara)、浮萍(*Lemna minor*) 等不同水生植物对水体中氮、磷有较好的去除效果^[6]; 孙琼花等发现孔石莼(*Ulva pertusa*) 及坛紫菜(*Porphyra haitanensis*) 对养殖废水中无机氮盐和磷酸盐有较理想的净化效果^[7]。针叶蕨藻(*Caulerpa sertularioides*) 属绿藻门(*Chlorophyta*)、羽藻纲(*Bryopsidophyceae*)、蕨藻科(*Caulerpaceae*)、蕨藻属(*Caulerpa*), 在我国主要分布于广东和海南沿海近岸^[8], 生长速度快, 环境适应能力较强, 常常被用作水族箱的观赏性海藻^[9]。目前尚无关于针叶蕨藻处理养殖废水的相关研究报道, 笔者以针叶蕨藻为材料分析不同密度针叶蕨藻对养殖废水中的铵盐、硝酸盐和磷酸盐等去除效果, 旨在阐明针叶蕨藻净化养殖废水的能力, 并确定其适宜的种植密度。

1 材料与方法

1.1 实验材料 针叶蕨藻于 2014 年 5 月采集自海南文昌市近岸海域。实验前于室温 25 °C 条件下预培养 5 d; 预培养所用海水为过滤处理后的新鲜海水: pH8.02, 盐度 30, NH₄⁺-N 浓度 0.02 mg · L⁻¹。

收稿日期: 2015-05-11

基金项目: 国际科技合作专项(2012DFG32200、2013DFA31780); 863 计划(2012AA10A414)

作者简介: 郑兴(1990-), 男, 海南大学海洋学院 2014 级硕士研究生。

通信作者: 顾志峰(1990-) 男, 教授。研究方向: 贝类养殖与海洋生态研究。E-mail: hnugu@163.com;

王爱民(1961-) 男, 教授。研究方向: 贝类养殖与海洋生态研究。E-mail: aimwang@163.com

1.2 养殖废水 本实验养殖废水来自海南大学海洋学院养殖实训室中已养殖 2 个月南美白对虾所产生的养殖废水。养殖废水的氮、磷营养盐浓度分别为: $0.449\ 1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}\ \text{NH}_4^+-\text{N}$, $0.012\ 8\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}\ \text{NO}_2^--\text{N}$, $0.908\ 0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}\ \text{NO}_3^--\text{N}$ 。一般养殖废水的总溶解无机氮可达 $0.5 \sim 0.8\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ [10-11], 故本实验通过添加 NH_4Cl 使养殖废水 NH_4^+-N 初始浓度达到 $1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

1.3 实验设置 实验在 $58\ \text{cm} \times 43\ \text{cm} \times 33\ \text{cm}$ 白色圆形塑料桶中进行, 加入养殖废水 30 L, LED 光源光照强度 $2\ 800 \sim 3\ 100\ \text{lx}$, 有效光照面积为 $37\ \text{cm} \times 32\ \text{cm}$, 光: 暗周期比为 14: 10。设置 1 个对照组和 3 个实验组, 每组 3 个重复。实验组分别加入 60, 180, 360 g 经过预培养的针叶蕨藻, 即 3 个实验组的针叶蕨藻密度 (针叶蕨藻质量与养殖废水体积之比) 分别为 20, 60, 120 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 对照组无针叶蕨藻, 其余条件相同。

1.4 营养盐检测 实验期间每天 8:00 在水深 10 cm 处取样 150 mL。依照《海洋监测规范》(GB 17378.4—2007), 采用次溴酸钠氧化法测定 NH_4^+-N 浓度, 重氮-偶氮比色法测定 NO_2^--N 浓度, 铈还原法测定 NO_3^--N 浓度, 抗坏血酸还原磷钼蓝法测定 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 浓度。

1.5 数据分析 采用 DPS 14.5 统计软件处理实验数据。

2 结果与分析

2.1 针叶蕨藻处理后养殖废水中 NH_4^+-N 浓度的变化 无针叶蕨藻对照组中 NH_4^+-N 浓度没有显著变化, 而加入了针叶蕨藻的实验组中 NH_4^+-N 浓度都呈现下降趋势 (图 1)。针叶蕨藻为 20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的实验组 NH_4^+-N 浓度在 1~3 d 迅速下降, 6 d 以后基本上检测不到铵盐, 8 d 时养殖废水中 NH_4^+-N 去除率可达 99.91%。针叶蕨藻为 60, 120 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的实验组比针叶蕨藻为 20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 实验组的 NH_4^+-N 浓度下降速度更快, 在第 2 天时已经降低了 60% 以上, 在 3 d 时 NH_4^+-N 浓度已经接近 0; 1~4 d, 针叶蕨藻密度为 120 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的实验组 NH_4^+-N 浓度下降速率较 60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 实验组稍大。方差分析结果显示, 针叶蕨藻 3 个实验组彼此间的 NH_4^+-N 浓度下降速率存在极显著性差异 ($P < 0.01$), 其中 120 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组效果最优。

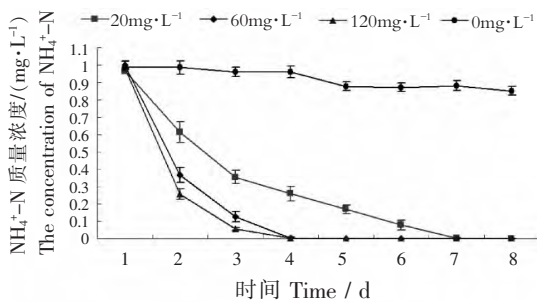


图 1 不同密度针叶蕨藻处理的养殖废水中 NH_4^+-N 浓度的变化
Fig.1 The change of NH_4^+-N concentration in mariculture effluent treated with different densities of *Caulerpa sertularioides*

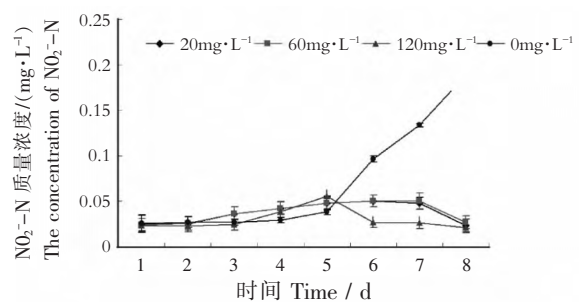


图 2 不同密度针叶蕨藻处理的养殖废水中 NO_2^--N 浓度的变化
Fig.2 The change of NO_2^--N concentration in mariculture effluent treated with different densities of *Caulerpa sertularioides*

2.2 针叶蕨藻处理后养殖废水中 NO_2^--N 浓度的变化 对照组养殖废水的 NO_2^--N 浓度自第 5 d 起呈快速上升的趋势, 而 3 组针叶蕨藻处理的养殖废水 NO_2^--N 浓度的变化均很小, 且均呈先略微升高、后略微降低趋势, 直至其初始浓度 (图 2)。针叶蕨藻密度为 20, 60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 实验组的 NO_2^--N 浓度变化十分相似, 均在第 2 天开始缓慢升高, 在第 7 天达最大值, 在第 8 天降至最低值。120 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 实验组的 NO_2^--N 浓度在实验第 3 天开始升高较快, 第 5 天达最大值, 第 6 天快速降低至, 随后缓慢降低至最低值。

2.3 针叶蕨藻处理后养殖废水中 NO_3^--N 浓度的变化 实验期间对照组的 NO_3^--N 浓度变化不明显, 而 3 个实验组养殖废水中 NO_3^--N 浓度的变化呈现 2 种不同的特征 (图 3)。针叶蕨藻为 20, 60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的实验组其 NO_3^--N 浓度变化特征基本相似, 1~4 d 基本无变化, 5 d 时下降较快, 然后缓慢降低, 8 d 时分别降至最低值, NO_3^--N 去除率分别为 25.80% 和 25.39%。针叶蕨藻为 12 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的实验组 NO_3^--N 浓度在 1~3 d 下降十分迅速, 3 d 时降至 $0.405\ 5 \pm 0.035\ 6\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 4~7 d NO_3^--N 浓度有一定波动, 总体呈下降趋势, 并随

后缓慢降低,8 d 降至最低值,去除率达 64.15%。

2.4 针叶蕨藻增质量 实验结束后 20 mg · L⁻¹ 处理组的针叶蕨藻平均增质量 8.95 g, 60 mg · L⁻¹ 处理组的针叶蕨藻平均增质量 9.97 g, 120 mg · L⁻¹ 处理组的针叶蕨藻平均增质量 11.23 g。

3 讨论

20 世纪 50 年代已有学者利用大型海藻进行养殖废水净化研究^[12],并在随后形成了多种多样的养殖废水处理办法,如物理化学法及生物膜法^[13-15]、耐盐植物处理法^[16-18]、人工湿地处理法^[19-20]和沉淀-贝类过滤-藻类吸附的综合处理方法^[21]等。目前,国内外学者一致认为水产养殖时混养藻类是延缓水质富营养化、净化养殖水体的有效措施之一^[22-24],目前,

有关大型海藻去除氮、磷营养盐效果的研究多集中于几种常见经济海藻,如石莼、江蓠(*Gracilaria*)和龙须菜等^[25-28],尚未开展针叶蕨藻处理养殖废水中含氮和含磷无机盐的相关报道。本研究结果表明,不同密度针叶蕨藻处理废水养殖废水时 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度基本经历了快速下降期、缓慢下降期、平稳期 3 个阶段,与何洁等研究的孔石莼、浒苔(*Enteromorpha*)营养盐吸收的动力学结果以及顾宏等研究的孔石莼对养殖废水中营养盐吸收的结果一致^[27-28],海藻体内细胞氮库的盈亏程度可能是 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度呈现出这种阶段性变化的重要原因之一^[29]。大型海藻对氨氮的吸收符合 Michaelis-Menten 方程,若底物浓度过低则会发生偏离^[30],本研究结果表明,不同密度针叶蕨藻处理养殖污水时其 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的吸收都遵循一级动力学方程,这与何洁等关于孔石莼、浒苔、角叉菜(*Chondrus ocellatus* Holmes.)的研究结果一致^[27],但与岳维忠等关于蛎菜(*Ulvaconglobata* Kjellm)和草叶马尾藻的研究不同^[31],造成不同现象的原因可能在于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 底物浓度的差异。20 mg · L⁻¹ 针叶蕨藻处理组在 8 d 时 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率可达 99.91%; 60, 120 mg · L⁻¹ 处理组在 5 d 时 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率分别达 99.96%, 99.94%, 均高于王翔宇等研究的日本马泽藻、孔石莼、蠕枝藻(*Helminthocladia australis* Harv.)的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率(分别为 98.0%, 97.1%, 78.0%)^[32],也高于曲克明等研究的海带(*Laminaria japonica*)和鼠尾藻(*Sargassum thunbergii*)的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率(分别为 94.1%, 20.3%)^[11],这暗示针叶蕨藻可能比日本马泽藻、孔石莼、蠕枝藻和海带具有更强的能力处理养殖废水中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 。

针叶蕨藻处理的养殖废水中 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 基本上没有明显的变化,这与孙琼花等关于孔石莼的研究^[33]以及曲克明等关于海带、鼠尾藻等的研究结果^[11]不一致。孙琼花发现孔石莼对 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的去除率可达 99.6%, 曲克明发现海带 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 去除率可达 50%, 鼠尾藻 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 去除率可达 33.3%。造成该现象差异的原因可能在于水体中 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 底物的浓度不同,而本研究 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 底物起始浓度较低;也可能是由于不同藻类对于 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 营养盐吸收能力不同所致。

针叶蕨藻实验组 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率明显小于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率。针叶蕨藻处理 1~4 d 的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度基本无变化,5 d 时才缓慢降低,而此时 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度达较低值,与顾宏等在孔石莼的研究中发现其优先利用 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的结果相似^[28]。海藻优先利用 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的原因可能是其体内不产生活性硝酸态氮还原酶^[34-35],海藻在水体中将优先吸收 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,待水体中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量浓度很低或耗尽时,藻体才开始吸收利用水体中的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ^[36-37]。20, 60, 120 mg · L⁻¹ 处理组针叶蕨藻的日均增质量逐步增加,该现象可能与处理组对营养盐(特别是氨盐及磷酸盐)吸收能力不同有关,120 mg · L⁻¹ 处理组对营养盐的吸收量最高,其次为 60 mg · L⁻¹ 处理组,最后为 20 mg · L⁻¹ 处理组。然而,其具体生长量与营养盐吸收量的相关关系还有待进一步实验确定。

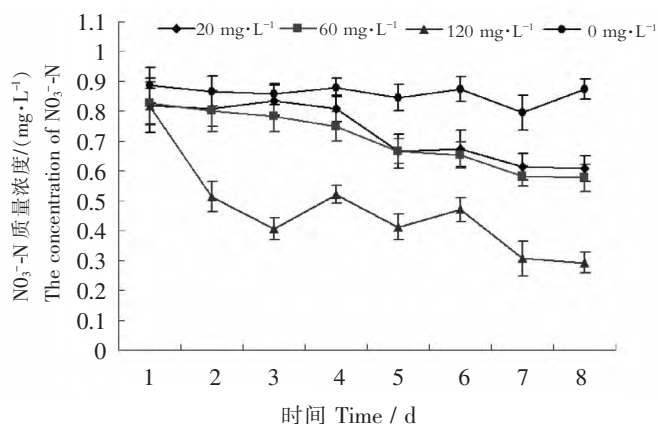


图3 不同密度针叶蕨藻处理的养殖废水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度的变化

Fig.3 The change of $\text{NO}_3^- - \text{N}$ concentration in mariculture effluent treated with different densities of *Caulerpa sertularioides*

参考文献:

- [1] 薛正锐. 海水工厂化养鱼向何处去 [J]. 渔业现代化, 2002(1): 5-6.
- [2] 李纯厚, 王学锋, 王晓伟, 等. 中国水养殖环境质量及其生态修复技术研究进展 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 310-315.
- [3] Kim S, Kong I, Lee B, et al. Removal of ammonium-N from a recirculation aquacultural system using an immobilized nitrifier [J]. Aquacultural engineering, 2000, 21(3): 139-150.
- [4] Mittler R, Shulaev V, Lam E. Coordinated activation of programmed cell death and defense mechanisms in transgenic tobacco plants expressing a bacterial proton pump [J]. The Plant Cell Online, 1995, 7(1): 29-42.
- [5] 徐姗姗, 李祯, 何培民. 大型海藻在近海水域中的生态修复作用及其发展策略 [J]. 渔业现代化, 2007(6): 12-14.
- [6] 刘佳, 刘永立, 叶庆富, 等. 水生植物对水体中氮, 磷的吸收与抑藻效应的研究 [J]. 核农学报, 2007, 21(4): 393-396.
- [7] 孙琼花. 大型海藻对养殖废水营养盐吸收及海区的生物修复 [D]. 福州: 福建师范大学, 2013.
- [8] 赵素芬, 罗世菊, 孙会强, 等. 海藻与海藻栽培学 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [9] 丁兰平, 王展, 黄冰心. 杉叶蕨藻——一种较好的海水观赏藻 [J]. 科学养鱼, 2014(6): 80.
- [10] 李锦秀, 廖文根. 富营养化综合防治调控指标探讨 [J]. 水资源保护, 2002(2): 4-5.
- [11] 曲克明, 卜雪峰, 马绍赛. 贝藻处理工厂化养殖废水的研究 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27(4): 36-43.
- [12] OSWALD W J, GOTAAS H B, OTHERS. Photosynthesis in sewage treatment [J]. Trans. Am. Soc. Civ. Eng., 1957, 122: 73-105.
- [13] Kioussis D R, Wheaton F W, Kofinas P. Reactive nitrogen and phosphorus removal from aquaculture wastewater effluents using polymer hydrogels [J]. Aquacultural Engineering, 2000, 23(4): 315-332.
- [14] Lekang O, Bomo A M, Svendsen I. Biological lamella sedimentation used for wastewater treatment [J]. Aquacultural engineering, 2001, 24(2): 115-127.
- [15] 崔秀霞. 关于生物膜法技术在污水处理中的有效应用 [J]. 中国新技术新产品, 2014(1): 173.
- [16] Brown J J, Glenn E P, Fitzsimmons K M, et al. Halophytes for the treatment of saline aquaculture effluent [J]. Aquaculture, 1999, 175(3): 255-268.
- [17] Forni C, Chen J, Tancioni L, et al. Evaluation of the fern *Azolla* for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater [J]. Water Research, 2001, 35(6): 1592-1598.
- [18] 朱林. 湿地水生植物对净化水环境作用的研究 [J]. 北京农业, 2014(24): 209.
- [19] 张彩莹, 王岩, 王妍艳. 潜流人工湿地对畜禽养殖废水的净化效果 [J]. 农业工程学报, 2013(17): 160-168.
- [20] 刘永士, 施永海, 张根玉, 等. 人工湿地净化高盐度养殖废水的效果 [J]. 广东海洋大学学报, 2014, 34(3): 70-75.
- [21] Tones A B, Dennison W C, Preston N P. P integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: A laboratory scale study [J]. Aquaculture, 2001, 193: 155-178.
- [22] Schramm W. Factors influencing seaweed responses to eutrophication: some results from EU-project EUMAC [J]. Springer, 1999: 583-592.
- [23] 何培民, 徐姗姗, 张寒野. 海藻在海洋生态修复和海水综合养殖中的应用研究简况 [J]. 渔业现代化, 2006(4): 15-16.
- [24] 杨宇峰, 王庆. 海南三沙海水健康养殖发展对策 [J]. 海洋开发与管理, 2013(增刊): 71-73.
- [25] 马善乐, 徐国成, 陆波, 等. 皱纹盘鲍浅海筏式套养海带、江蓠技术 [J]. 水产养殖, 2013, 34(11): 43-46.
- [26] Neori A, Chopin T, Troell M, et al. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture [J]. Aquaculture, 2004, 231: 361-391.
- [27] 何洁, 刘瑀, 张立勇, 等. 三种大型海藻对营养盐吸收的动力学研究 [J]. 渔业现代化, 2010, 37(1): 1-5.
- [28] 顾宏, 徐君, 张贤明, 等. 孔石莼对养殖废水中营养盐的吸收研究 [J]. 环境科学与技术, 2007, 30(7): 85-87.
- [29] Pedersen M F, Paling E I, Walker D I. Nitrogen uptake and allocation in the seagrass *Amphibolis antarctica* [J]. Aquatic Botany, 1997, 56(2): 105-117.
- [30] Pedersen M F. Transient Ammonium uptake in the macroalga *ULVA LACTUCA* (Chlorophyta): nature, regulation, and the consequences for choice of measuring technique [J]. Journal of Phycology, 1994, 30(6): 980-986.
- [31] 岳维忠, 黄小平, 黄良民, 等. 大型藻类净化养殖水体的初步研究 [J]. 海洋环境科学, 2004, 23(1): 13-15.
- [32] 王翔宇, 詹冬梅, 李美真, 等. 大型海藻吸收氮磷营养盐能力的初步研究 [J]. 渔业科学进展, 2011, 32(4): 67-71.
- [33] 孙琼花, 闫慧, 沈淑芬, 等. 孔石莼对养虾废水营养盐吸收的研究 [J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2013(4): 20.
- [34] Jussiak M P, Duszota K, Mycielski R. Intensive culture of *Chlorella vulgaris* as the second stage on biological purification of

- nitrogen industry wastewater [J]. Water Research, 1984, 18: 1–7.
- [5] Maestrini S Y, Robert J, Leftley J W, et al. Ammonium thresholds for simultaneous uptake of ammonium and nitrate by oyster-pond algae [J]. Journal of experimental marine Biology and Ecology, 1986, 102(1): 75–98.
- [6] 李铁, 史致丽, 李俊, 等. 营养盐对中肋骨条藻和新月菱形藻部分生化组成和性质的影响 [J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(3): 239–245.
- [7] Matusiak K, Przytocka-jusiak M, Leszczyńska-gerula K, et al. Studies on the purification of wastewater from the nitrogen fertilizer industry by intensive algal cultures. II. Removal of nitrogen from the wastewater. [J]. Acta Microbiologica Polonica, 1976, 25(4): 361.
- [8] Brinkhuis B H, Renzhi L, Chaoyuan W, et al. Nitrite uptake transients and consequences for in vivo algal nitrate reductase assays [J]. Journal of Phycology, 1989, 25(3): 539–545.

Purification of Nitrogen and Phosphorus from Mariculture Effluent by *Caulerpa Sertularioides*

ZHENG Xing, CUI Yunliang, LIU Aodong, TANG Xianming, GU Zhifeng, WANG Aimin

1. Ocean College, Hainan University/Ministry of Education Key Laboratory for Tropical Bioresource/Hainan Key Laboratory for Tropical Hydrobiology and Biotechnology, Haikou, Hainan 570228; 2. Hainan Academy of Ocean and Fishery Science, Haikou, Hainan 570203, China

Abstract: Mariculture waste water effluent was treated with *Caulerpa sertularioides* at the densities of $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, three replications each treatment, with a blank as the control to observe the change of the concentrations of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ and $\text{NO}_3^- - \text{N}$ in the mariculture effluent. The results showed that all the treatments had better purification effect than the control. After 8 days of treatment *C. sertularioides* removed $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and $\text{NO}_3^- - \text{N}$ from the effluent by 99.91% and 25.80%, respectively, at the density of $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, by 99.96% and 25.39%, separately, at the density of $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, and by 99.94% and 64.15%, separately, at the density of $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. For all the three treatments the concentration of $\text{NO}_2^- - \text{N}$ was hardly changed in the effluent. Moreover, the $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ removal speed by *C. sertularioides* from the effluent was observed significantly different among the treatments.

Keywords: *Caulerpa sertularioides*; density; effluent treatment