

文章编号: 1004-7271(2001)03-0276-03  
·研究简报·

# 闭合循环养殖系统中构建藻皮净化装置的初步研究

## Preliminary study on constitution of algal turf scrubber equipment in closed recirculating culture system

谭洪新, 朱学宝, 罗国芝

(上海水产大学设施渔业研究所, 上海 200090)

TAN Hong-xin, ZHU Xue-bao, LU Guo-zhi

(Research Institute of Engineering Aquaculture, SFU, Shanghai 200090, China)

关键词: 藻皮净化装置; 废水处理; 闭合循环养殖系统

Key words: algal turf scrubber equipment; waste water treatment; closed recirculating culture system

中图分类号: S917 文献标识码: A

在湖泊和海湾等水域水体富营养化控制的研究中, 采用种植高等水生植物和藻类的方法控制 N、P 等营养物取得了较好的效果<sup>[1-3]</sup>。在闭合循环水产养殖系统和水族馆生态系统中, 采用生物脱氮和脱磷技术来控制水体营养盐浓度是最经济、安全和有效的方法之一。藻皮净化装置是一种创造利于藻上皮固着生长的装置, 可作为养殖废水处理(Wastewater)系统的组成单元, 通过调整藻皮生物种类, 该装置可适用于高盐、低盐和淡水养殖系统。本文通过构建底栖硅藻舟形藻(*Navicula* sp.)藻皮, 研究其对闭合循环水产养殖系统和水族馆生态系统中氮、磷营养元素的控制能力, 为闭合循环水产养殖系统和水族馆生态系统的生物脱氮和脱磷提供新的技术手段。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 藻皮净化装置

藻皮净化装置如图 1 所示。由固着硅藻床(100cm×50cm×40cm)、卤素灯和造浪器等组成藻皮净化装置。该装置总容水量为 100L, 共 3 套。

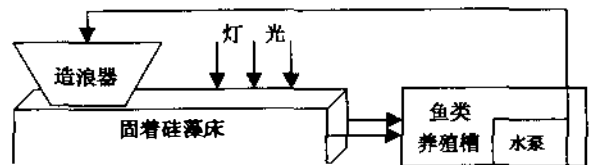


图 1 藻皮净化装置

Fig.1 Algal turf scrubber equipment

#### 1.2 藻皮的接种和营养源供应

本试验所用的舟形藻由青岛海洋大学水产学院提供, 该藻壳长约 15~25 $\mu$ m, 在盐度为 30 的海水中经扩大化培养后, 植入由多块黑色多孔塑料板(孔径为 2mm×4mm)构成的藻类固着板上(有效净化面积 0.5m<sup>2</sup>), 静置 5h 以上, 大部分硅藻均可固着于塑料板上。光照强度为 1670Lx, 光暗比为 12:12, 水温为 23 $^{\circ}$ C。

实验前期以人工污水(N:P:Fe:Si = 10~25:1~2.5:0.1:1)为营养源。在实验第 30 天添加氯化铵进

收稿日期: 2000-11-16

资助项目: 上海水产大学校长专项科研基金(SFU200001)

第一作者: 谭洪新(1968-), 男, 四川资阳人, 讲师, 硕士, 主要从事集约化养殖水处理技术和环境生态学的研究和教学。

行氨氮负载冲击,使水体氨氮浓度达到 $2.409\text{mg/L}$ ;第34天添加硝酸钾进行硝氮负载冲击,使水体硝氮浓度达到 $12.87\text{mg/L}$ 。第55天后不再追加外在营养源,在鱼类养殖槽中饲养20尾平均体重为 $110\text{g}$ 的罗非鱼作为藻皮净化装置的营养源供应者。通过水泵进行闭合循环。实验周期为85天。

### 1.3 指标测定

pH: PHS——3D多功能pH计; $\text{NH}_4\text{-N}$ :次氯酸钠盐法, $\text{NO}_2\text{-N}$ :磺胺—萘乙二胺比色法, $\text{NO}_3\text{-N}$ :铜—铜还原法,磷酸盐:磷钼蓝法;叶绿素a测定<sup>[4,5]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 硅藻藻皮的生长情况

以叶绿素a代表硅藻生物量。由图2可以看出,底栖硅藻的增长呈典型的藻类繁殖增长曲线。从系统接种藻种到第10天,硅藻生物量较低,主要是接种的硅藻生物量太少引起的;第10天到第33天,硅藻生物量有明显变化,叶绿素a达到 $81.9\text{mg/m}^2$ 的水平;第33天后,硅藻生物量虽有增加但增长缓慢,表明硅藻增长处于相对稳定时期。这时藻皮净化单元已具备稳定的水质净化能力。

### 2.2 硅藻皮对三态氮的去除率

由图3可以看出,经过28天的藻皮培养,氨氮浓度从最初的 $4.532\text{mg/L}$ 下降到 $0.032\text{mg/L}$ ,平均日氨氮去除率为 $32.14\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。第30天,向系统中添加氯化铵进行氨氮负载冲击,氨氮浓度急剧增加到 $2.409\text{mg/L}$ ,到第33天氨氮浓度恢复到 $0.027\text{mg/L}$ 的水平,平均日氨氮去除率达到 $158.80\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。表明该藻皮净化装置从接种到达稳定净化功能需要约40天的时间。海水硝化细菌生物膜从接种到具有稳定水质净化功能,一般需要59~65天<sup>[6]</sup>;而以底栖硅藻为主的藻皮净化单元,从接种到稳定成熟需要40天左右的时间,表明采用藻皮净化装置在时间上比生物滤器更有优势。

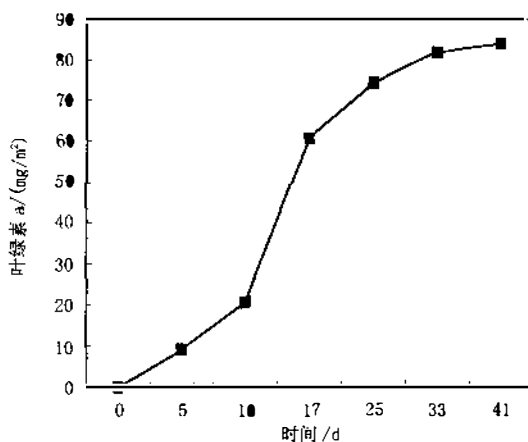


图2 叶绿素a的变化曲线

Fig.2 The change curve of chlorophyll-a

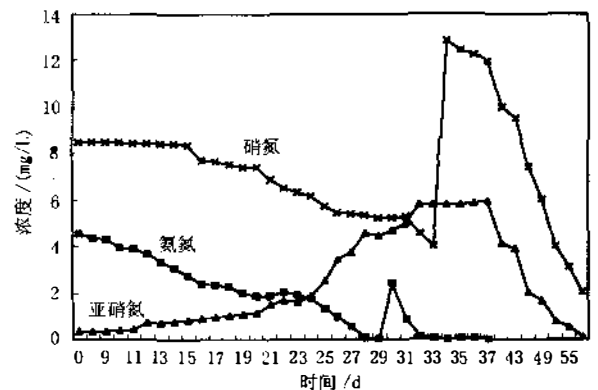


图3 三态氮浓度的变化曲线

Fig.3 The change curves of ammonia, nitrite and nitrate

图3表明,经33天的藻皮培养,硝氮浓度从 $8.503\text{mg/L}$ 下降到 $4.012\text{mg/L}$ ,平均日硝氮去除率为 $27.22\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。硅藻对硝氮的去除率低于氨氮去除率,主要是因为氨氮更接近藻类的物质代谢,在同时含氨氮和硝氮的水体中优先吸收氨氮。在第34天用硝酸钾进行硝氮负载冲击,结果表明,经24天硝氮浓度从 $12.87\text{mg/L}$ 下降到 $2.06\text{mg/L}$ ,去除率为 $90.08\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。该时期内氨氮浓度已低于 $0.027\text{mg/L}$ ,故硝氮的吸收率升高。

图3表明,在实验开始的37天中,亚硝氮一直处于上升过程,从 $0.343\text{mg/L}$ 上升到 $5.935\text{mg/L}$ ,亚硝氮的生成率为 $30.23\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ,主要是藻类可将硝氮还原为亚硝氮或在吸收硝氮的同时部分排出亚硝氮。

氮。在以后的 21 天中,亚硝氮浓度开始下降,从 5.935mg/L 到 0.123mg/L,平均日亚硝氮去除率为 55.35  $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,这段时间内,氨氮浓度低于 0.027  $\text{mg}/\text{L}$ ,并且硝氮浓度也开始明显下降,系统内氮元素的存在形式以亚硝氮和硝氮为主,并且硅藻生物量增加,硅藻藻皮开始吸收利用以亚硝氮形式存在的氮元素。

### 2.3 硅藻藻皮对磷酸盐的去除率

实验开始到第 37 天内磷酸盐浓度的变化见图 4,磷酸盐浓度从 4.012mg/L 下降到 2.731mg/L,平均日磷酸盐去除率为 6.92 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,表明藻皮净化装置在生物脱磷方面也有一定作用。

### 2.4 硅藻藻皮对 pH 的影响

图 5 表明,在实验期内,水体 pH 值变化在 7.95~8.15 之间。以硝化细菌为主要菌群的海水生物过滤器在发挥其功能时,由于硝化作用大量消耗水体中碱度,使 pH 下降,但藻皮净化装置在发挥其功能时,能维持系统内 pH 值的稳定。

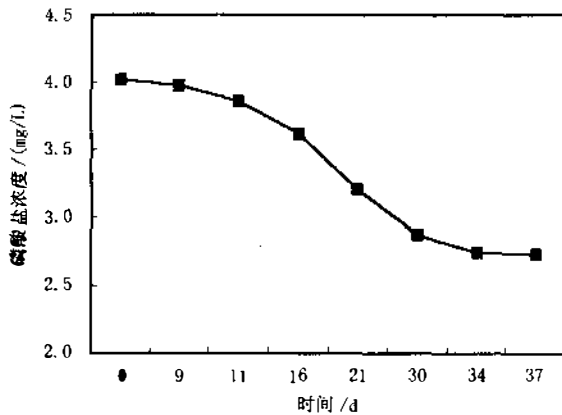


图 4 磷酸盐浓度变化曲线

Fig.4 The change curve of phosphate-P

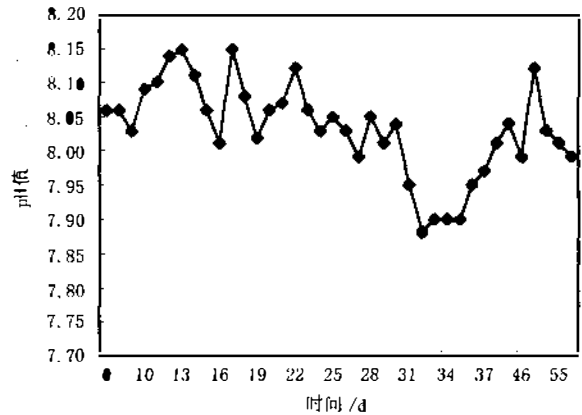


图 5 pH 值的变化曲线

Fig.5 The change curve of pH

### 2.5 以鱼类为营养源提供者对净化装置的验证

实验的第 55 天开始,在鱼类养殖槽中饲养 20 尾平均体重为 110g 的罗非鱼作为藻皮净化装置的营养源供应者,其后 30 天的水质检测表明,系统中的平均氨氮浓度维持在 0.24mg/L 以下,亚硝氮维持在 0.25mg/L 以下,硝氮维持在 3.02mg/L 以下。藻床内的硅藻生长状况良好,并在第 65 天收获部分硅藻,以控制其生物量。

### 参考文献:

- [1] 戴 莽,倪乐意,谢 平,等.利用大型围隔研究沉水植被对水体富营养化的影响[J].水生生物学报,1999,23(2):97-101.
- [2] 王朝晖,江天九,纪 桑,等.水网藻(*Hydrodictyon reticulatum*)对富营养化水样中氮磷去除能力的研究[J].环境科学学报,1999,19(4):448-452.
- [3] Tam N F Y, Wong Y S, Liang E. Algal growth and nutrient removal in Hong Kong domestic wastewater [J]. Environ Pollut, 1989, 58(1): 19-34.
- [4] Grasshoff K. Methods of seawater analysis [M]. New York: Verlag Chemie, Weinheim, 1999. 159-206.
- [5] Parsons T R. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis [M]. Oxford pergamon press, 1984. 60-65.
- [6] 施正峰,谭洪新.我国水族馆的建设及其核心技术[A].北京水产—中国水产学会观赏鱼研究会,暨观赏鱼发展研讨会技术资料汇编[Z].1998.专利:115-120.