

# 温度、盐度和 pH 对生物过滤器去除氨氮效率的影响\*

鲍 鹰 相建海

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

**提要** 采用正交设计法对温度、盐度和 pH 值对生物膜转氨氮能力的影响进行考察。考虑到生物过滤器的一般工作环境, 3 个因子各取三水平, 为了充分考虑交互作用, 选用正交表  $L_{27}(3^3)$ 。结果表明, 取值范围内盐度和 pH 值对硝化细菌代谢的影响不明显, 温度对硝化细菌的代谢有明显的影响, 而且 25 °C 组的氨氮去除率最高。

**关键词** 硝化细菌, 温度, 盐度, pH, 氨氮, 生物过滤

在封闭的水生动物培养系统中, 生物过滤是最重要的步骤, 因为它主要依赖于硝化细菌和反硝化细菌的活动, 对生物过滤器的调控和维护也远比机械过滤和化学过滤的难度高。在影响细菌的代谢活动的外界因子中, 温度、盐度和 pH 值是最通常但是却非常重要的。人们在建立生物过滤器时首先会考虑这些因素的作用。温度对细菌代谢活动的影响是显而易见的。关于盐度, 早在 1938 年 Zobell 和 Mchenr 就研究了细菌本身是否就分海水种和淡水种的问题, 他们发现大多数海水细菌也能在淡水中生长, 甚至在直接更换海水时也能活着。但硝化菌属于那些不能适应急剧变化的菌, 当盐度迅速变化时, 许多硝化菌死去, 残存细菌的代谢作用也一时受到抑制, 需要一段时间才能适应新的变化。目前生物过滤技术在工业废水和民用废水的处理中应用较多, 而在养殖系统中应用较少。本实验针对养殖系统的水质特征, 研究了温度、盐度、pH 值及其交互作用对硝化细菌代谢的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

**表 1 实验的因子与水平**

**Tab.1 The factors and levels of the experiment**

| 因子        | 水平 1 | 水平 2 | 水平 3 |
|-----------|------|------|------|
| A 温度 (°C) | 15   | 20   | 25   |
| B 盐度      | 10   | 20   | 30   |
| C pH 值    | 7.5  | 8.0  | 8.5  |

**表 2 表头设计**

**Tab.2 The arrangement of factors in the groups**

| 列号 | 1 | 2 | 3  | 5 | 6  | 8  |
|----|---|---|----|---|----|----|
| 因子 | A | B | AB | C | AC | BC |

**表 3 实验设计及测得的  $\text{NH}_4\text{-N}$  浓度**

**Tab.3 The arrangement of temperature, salinity and pH in every test, and the concentration of  $\text{NH}_4\text{-N}$  in every test**

| 实验号 | 1 列 温度<br>(°C) | 2 列 盐度 | 5 列 pH 值 | $\text{NH}_4\text{-N}$ |
|-----|----------------|--------|----------|------------------------|
| 1   | 15             | 10     | 7.5      | 1.23                   |
| 2   | 15             | 10     | 8.0      | 1.41                   |
| 3   | 15             | 10     | 8.5      | 1.43                   |
| 4   | 15             | 20     | 7.5      | 1.40                   |
| 5   | 15             | 20     | 8.0      | 1.40                   |
| 6   | 15             | 20     | 8.5      | 1.41                   |
| 7   | 15             | 30     | 7.5      | 1.39                   |
| 8   | 15             | 30     | 8.0      | 1.38                   |
| 9   | 15             | 30     | 8.5      | 1.25                   |
| 10  | 20             | 10     | 7.5      | 1.46                   |
| 11  | 20             | 10     | 8.0      | 0.69                   |
| 12  | 20             | 10     | 8.5      | 1.44                   |
| 13  | 20             | 20     | 7.5      | 1.28                   |
| 14  | 20             | 20     | 8.0      | 1.43                   |
| 15  | 20             | 20     | 8.5      | 1.32                   |
| 16  | 20             | 30     | 7.5      | 0.59                   |
| 17  | 20             | 30     | 8.0      | 0.92                   |
| 18  | 20             | 30     | 8.5      | 1.39                   |
| 19  | 25             | 10     | 7.5      | 0.76                   |
| 20  | 25             | 10     | 8.0      | 0.90                   |
| 21  | 25             | 10     | 8.5      | 0.19                   |
| 22  | 25             | 20     | 7.5      | 0.29                   |
| 23  | 25             | 20     | 8.0      | 0.04                   |
| 24  | 25             | 20     | 8.5      | 0.12                   |
| 25  | 25             | 30     | 7.5      | 0.32                   |
| 26  | 25             | 30     | 8.0      | 0.05                   |
| 27  | 25             | 30     | 8.5      | 0.04                   |

\* 中国科学院重大项目典型湖泊、海湾渔业资源调控及优质高效模式研究项目资助。

收稿日期: 2000-06-28; 修回日期: 2000-08-29

本实验于 2000 年 3 月进行。生物膜经事先两个月的培养挂在 PVC 塑料生物球上。生物膜上是野生菌群而非某种纯硝化细菌。

### 1.2 方法

采用正交设计法对温度, 盐度和 pH 值对生物膜转氨氮能力之影响进行考察。考虑到生物过滤器的一般工作环境, 3 个因子各取三水平(见表 1)。为了充分考虑交互作用, 选用正交表  $L_9(3^3)$ 。表头设计见表 2。本实验共设 27 个样本。每 3 个生物球放在 1 个一次性塑料杯中构成 1 个样本。27 个塑料杯分 3 组放在 3 个水浴槽中, 用电子控温仪控制水温。各样本的盐度和 pH 值按实验设计人工调配, 其中盐度以洁净的天然海水和自来水调配, pH 值以 HCl 和 NaOH 调配。实验设计见表 3。实验开始时所有样本的  $\text{NH}_4\text{-N}$  含量为 5 mg/L,  $\text{NO}_2\text{-N}$  含量为 0 mg/L。3 d 后用次溴酸盐氧化法<sup>[1]</sup>测定各样本中的氨氮含量, 进行方差分析。

## 2 结果与讨论

由表 4 和表 5 可以看出, 温度的  $F$  值达到极显著水平; 而其他变异来源的  $F$  值均不显著。可见温度对硝化细菌的代谢有明显的影响。值得注意的是 25 °C 组的氨氮去除率最高, 这一点在实际应用中尤其有意义。在生产性水质净化系统中, 必须将生物过滤器中的水温保持在较高的水平, 才能充分发挥生物过滤器的作用。但并不能因此而认为温度越高越好。实际应用中每一个循环系统的水温都应该在确定了饲养品种后综合各方面的因素来确定最佳温度。本实验结果显示在取值范围内盐度和 pH 值对硝化细菌代谢的影

表 4 各实验组的  $T$  值

Tab.4 The value of  $T$  in every test

| 组别    | A     | B    | A × B | C    | A × C | B × C |             |
|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------------|
| $T_1$ | 12.30 | 9.51 | 7.42  | 8.72 | 9.16  | 8.65  |             |
| $T_2$ | 10.52 | 8.69 | 8.21  | 8.22 | 7.87  | 8.65  |             |
| $T_3$ | 2.71  | 7.33 | 9.90  | 8.59 | 8.50  | 8.23  | $T = 25.53$ |

表 5 实验结果的方差分析

Tab.5 ANOVA results of the remove of  $\text{NH}_4\text{-N}$

| 因子 | Df | SS   | MS   | F     | $F_{0.05}$ | $F_{0.01}$ |
|----|----|------|------|-------|------------|------------|
| A  | 2  | 5.78 | 2.89 | 41.29 | 3.74       | 6.51       |
| B  | 2  | 0.27 | 0.14 | 2.00  |            |            |
| C  | 2  | 0.02 | 0.01 | <1    |            |            |
| AB | 2  | 0.36 | 0.18 | 2.57  |            |            |
| AC | 2  | 0.09 | 0.05 | <1    |            |            |
| BC | 2  | 0.01 | 0.01 | <1    |            |            |
| 误差 | 14 | 1.02 | 0.07 |       |            |            |
| 总计 | 26 | 7.55 |      |       |            |            |

响不明显, 这是因为实验中的取值本来就在野生菌群所处自然生态环境的盐度和 pH 值的变化范围内。可见, 硝化细菌在适宜的盐度和 pH 值范围内, 其硝化能力没有很大的变化。但当 pH 值的变化较大时, 其影响就会变得明显。在温度和氨氮浓度固定下, pH 值是抑制硝化细菌活力的决定性参数。Groene weg 在研究了较大范围的 pH 值与硝化细菌的活力的关系后, 认为 pH 明显地影响  $\text{NO}_2$  的生成, 氨的生物氧化在 pH 6.7 ~ 7.0 时最高。在养殖系统中 pH 一般来说在 7.8 ~ 8.2 之间, 这时 pH 值的影响就不明显。

### 参考文献

- 1 国家海洋局发布。中华人民共和国行业标准海洋监测规范。北京: 海洋出版社, 1991。267 ~ 273

# EFFECT OF TEMPERATURE, SALINITY AND pH ON AMMONIA OXIDATION IN NITROSOMONAS

BAO Ying XIANG Jian-hai

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

Received: June 28, 2000

Key Words: Temperature, Salinity, pH, Nitrosomonas, Biofilter

## Abstract

Nitrosomonas were attached onto spherical shaped biofilters and incubated with 5 mg/L  $\text{NH}_4\text{-N}$  at various temperatures, levels of salinity and pH. As expected, measured rates of nitrite formation were significantly influenced by temperature. Unexpectedly however, the optimal temperature for growth was found to be 15 °C. Saltiness and pH (salinity ranging between 10‰ and 30‰, and pH between 7.5 and 8.5) failed to display any major influence on ammonia oxidation.

(本文编辑:张培新)