

# 对虾养殖实验围隔中的固氮作用及其氮输入

齐振雄 张曼平<sup>1</sup> 李德尚 董双林

(青岛海洋大学水产养殖开放研究实验室, 266003)

(青岛海洋大学化学化工学院, 266003)<sup>1</sup>

**摘要** 1997年6~10月,以乙炔还原法进行了不同放养模式下对虾养殖实验中生物固氮作用的测定。结果表明,各围隔中,对虾单养(Y-4)和对虾+海湾扇贝(Y-5)的固氮作用较高,均值分别为 $2.62\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$ 和 $2.63\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$ ;对虾+罗非鱼+缢蛭(T-5)的最低,为 $1.53\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$ ,对虾+缢蛭(Y-6)和对虾+罗非鱼(Y-7)的分别为 $2.30\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$ 和 $1.89\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$ 。各围隔中固氮速率较高与水体有效氮含量较低及有效氮磷比值不高有关。水层固氮蓝藻主要为蓝球藻(*Chroococcus*)和念珠藻(*Nostoc*)。估算各围隔实验期间固氮作用输入分别为Y-4:17.72g; Y-5:19.63g; Y-6:9.05g; Y-7:10.59g; T-5:7.99g。

**关键词** 对虾养殖,固氮作用,氮输入,乙炔还原法,围隔实验

生物圈中重要营养元素“N”主要以“N<sub>2</sub>”这种大部分生物不能直接利用形式存在,多年来,人们在生物性固氮作用方面研究不断深入。天然水域中氮来源少,生物固氮作用可以补充通过硝化作用中介的反硝化作用的氮散失[ Capone 1988]。

养殖水体中,尽管人工投入大量氮源(如饵料、肥料等),固氮作用在系统输入中仍占一定比例。EL Samra 和 Jolah[ 1979] 研究施肥养殖池塘固氮作用氮输入为 $0.8\sim5.7\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$ ; Kweilin 等[ 1988] 研究施肥罗非鱼养殖池塘生长季节固氮作用氮输入为 $8.8\sim85.7\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$ ; Marco 等[ 1994] 估算罗非鱼养殖池塘固氮作用输入占总输入的11%左右,因而对养殖水体固氮作用研究很重要。

对虾养殖生产中,为获得高产量,常投入大量饵料,系统对氮,磷利用率不高易导致水体超富营养化[Wang 1990],这更可能增加其中与浮游物有关的固氮作用的氮输入[ Howarth 等 1988]。

对虾综合养殖生态系统氮收支内容之一的固氮作用氮输入国内外尚未见报道。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验设计

于1997年5~10月在山东省海阳市黄海水产集团公司进行对虾养殖围隔实验。实验设对虾+罗非鱼(Y-4)、对虾+海湾扇贝(Y-5)、对虾+缢蛭(Y-6)、对虾单养(Y-7)和对虾+缢蛭+罗非鱼(T-5)五个放养模式。6月份放入体长为 $1.86\pm0.14\text{cm}$ ,体重为 $0.06\pm0.01\text{g}$ 的虾苗,放养密度为 $64,000\text{尾}/\text{hm}^2$ 。7月份放入罗非鱼,放养密度为 $2,400\text{尾}/\text{hm}^2$ ,放入

本文为国家自然科学基金重点资助项目(基金号:39430150)和国家“九五”攻关专题(96-922-02-02)的部分研究成果。

收稿日期:1998-01-18

扇贝壳长为  $1.41 \pm 0.10\text{cm}$ , 放入缢蛏体长为  $3.13 \pm 0.29\text{cm}$ , 其放养密度分别为  $3.36 \times 10^6$  粒/ha 和  $3.5 \times 10^5$  粒/hm<sup>2</sup>。

放苗前, 围隔中施鸡粪培肥水质, 养殖期间追施磷酸二氢铵和尿素以保持透明度为 40~50cm。

## 1.2 测定方法

选择五种养殖模式全部建立后进行生物固氮作用测定。乙炔还原法测定生物固氮作用具体操作见另文。实验同时监测生物、水化学指标。浮游生物定性定量参考国家海洋生物调查规范[国家技术监督局 1992]。NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 采用镉—铜还原法, 总氨氮(TAN)采用靛酚蓝法[Grasshoff 等 1985]。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同放养模式下对虾养殖围隔中固氮作用速率

不同对虾养殖围隔固氮作用速率测定结果见表 1。表中可见, 各养殖围隔中生物固氮作用速率均较高, 为  $0.9 \sim 3.9 \mu\text{gN}/(\text{L} \cdot \text{hr})$ , 但各围隔间相差不大。固氮速率平均值中, 对虾单养与对虾+海湾扇贝组较高, 分别为  $2.65 \mu\text{gN}/(\text{L} \cdot \text{hr})$  和  $2.60 \mu\text{gN}/(\text{L} \cdot \text{hr})$ , 对虾+罗非鱼+缢蛏组的最低, 约  $1.53 \mu\text{gN}/(\text{L} \cdot \text{hr})$ 。

固氮作用测定值在 8 月 15 日的 Y-4 最高, 为  $3.90 \mu\text{gN}/(\text{L} \cdot \text{hr})$ 。以每天 13 小时计, 则围隔中生物固氮速率为  $5.2 \sim 51.3 \mu\text{gN}/(\text{L} \cdot \text{d})$ , 这与 Kweilin[1988] 测定的施肥罗非鱼养殖池塘固氮速率为  $0 \sim 105 \mu\text{gN}/(\text{L} \cdot \text{d})$  相近。

### 2.2 围隔中的固氮作用与水化指标

表 2 列出了实验期间不同放养模式对虾养殖围隔有效氮含量。可见, 各围隔中有效氮含量一直不高, 小于  $0.20\text{mg}/\text{L}$ , 尤其是 Y-4、Y-5、Y-6 围隔, 其有效氮含量一直低于  $0.15\text{mg}/\text{L}$ , 这远低于一般鱼类养殖池塘。表 2 同时列出了实验期间有效氮磷比值。可见尽管围隔中有效磷含量不高(小于  $0.03\text{mg}/\text{L}$ ), 而有效氮磷比值较低, 一般低于 Redfield 常数。

Capone[1998] 认为, 生物固氮作用是耗能过程, 只有在水体中需要时才会发生。Horwath[1998] 总结认为, 生物固氮作用除与水体 Mo、Fe 等元素的可得性及营养水平有关外, 还与氮磷比有关, 并推测富营养性湖泊较寡、中营养水体固氮作用速率高, 可能与富营养水体中氮磷比值低有关。这些说明, 实验围隔中高固氮速率与有效氮含量低有关。表 3 列出实验期间围隔内与固氮作用有关藻的种类与数量。可以看出, 固氮蓝藻以蓝球藻 *Chroococcus* 为主, 其数量十分可观, 达  $0.48 \sim 20.1 \times 10^6$  个/mL, Y-4 和 Y-7 围隔中还有念珠藻 *Nostoc* 出现, 数量为  $0.046 \sim 1.73 \times 10^6$  个/mL, 这进一步说明实验期间围隔内氮源的缺乏。

表 1 不同实验围隔的固氮作用速率

| 围隔  | 固氮作用速率( $\mu\text{gN}/\text{L}/\text{hr}$ ) |      |      |      |      |      |
|-----|---|------|------|------|------|------|
|     | 7月20  | 7月30 | 8月5  | 8月15 | 8月25 | 均值   |
| Y-4 | 3.18  | 1.80 | 2.10 | 3.90 | 2.10 | 2.62 |
| Y-5 | 1.95  | 2.40 | 3.80 | 3.20 | 1.90 | 2.65 |
| Y-6 | 3.24  | 1.90 | 2.30 | 2.45 | 1.60 | 2.30 |
| Y-7 | 0.89  | 1.40 | 2.60 | 2.90 | 1.50 | 1.89 |
| T-5 | —   | 0.90 | 1.60 | —    | 2.10 | 1.53 |

表 2 实验期间围隔有效 N 和有效 N/P 比值

Tab. 2 The available N concentration and N/P ratio in enclosures during experiment

| 日期   | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N+ TAN(mg/L) |       |       |       |       | N/P |     |     |      |     |
|------|--|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|------|-----|
|      | Y-4  | Y-5   | Y-6   | Y-7   | T-5   | Y-4 | Y-5 | Y-6 | Y-7  | T-5 |
| 7月20 | 0.044                                      | 0.040 | 0.028 | 0.047 | 0.060 | 2.1 | 2.4 | 1.7 | 2.6  | 5.5 |
| 7月30 | 0.113                                      | 0.061 | 0.059 | 0.055 | 0.046 | 6.3 | 3.6 | 3.3 | 6.1  | 6.6 |
| 8月05 | 0.074                                      | 0.034 | 0.054 | 0.188 | 0.177 | 4.6 | 3.8 | 4.2 | 12.5 | 5.7 |
| 8月15 | 0.036                                      | 0.112 | 0.143 | 0.087 | 0.069 | 1.6 | 3.0 | 1.8 | 3.8  | 5.3 |
| 8月25 | 0.105                                      | 0.093 | 0.122 | 0.132 | 0.128 | 4.6 | 6.6 | 8.7 | 4.7  | 2.8 |

表 3 实验期间各围隔水层蓝藻的种类与数量

Tab. 3 Genera and numbers of blue-green algae in enclosures during experiment

| 围隔  | 蓝球藻 <i>Chroococcus</i> (× 10 <sup>6</sup> 个/ml) |      |      |      |      | 念珠藻 <i>Nostoc</i> (× 10 <sup>5</sup> 个/ml) |      |
|-----|---|------|------|------|------|--|------|
|     | 7月14  | 7月24 | 8月5  | 8月15 | 8月25 | 7月14                                       | 7月24 |
| Y-4 | 4.62  | 11.0 | 3.85 | 2.85 | 3.28 | —  | 0.46 |
| Y-5 | 5.39  | 7.79 | 5.35 | 1.20 | 2.25 | —  | —    |
| Y-6 | 5.33  | 20.1 | 10.8 | 2.84 | 0.48 | —  | —    |
| Y-7 | 11.1  | 6.91 | 2.47 | 5.26 | 4.17 | 1.2  | 17.3 |
| T-5 | 4.70  | 19.4 | 2.30 | 1.78 | 8.32 | —  | —    |

### 2.3 实验期间不同放养模式下围隔中固氮作用氮输入的估算

与 El Samra 等[1979] 类似, 假设藻类在黑暗条件下不进行固氮作用, 并假定 7~8 月每天的固氮作用时间 5:00—18:00 共 13hr。可以估算出实验期间各围隔固氮作用氮输入, 见表 4。

表 4 不同围隔固氮作用的氮输入估算

Tab. 4 The estimated nitrogen input for different enclosures by nitrogen fixation

| 期间       | 固氮作用速率(mgN/ m <sup>2</sup> / d) |      |      |      |     | 固氮作用氮输入(gN) |       |      |       |      |
|----------|---------------------------------|------|------|------|-----|-------------|-------|------|-------|------|
|          | Y-4                             | Y-5  | Y-6  | Y-7  | T-5 | Y-4         | Y-5   | Y-6  | Y-7   | T-5  |
| 7月1~20日  | 12.7                            | 7.8  | 13.0 | 3.6  | —   | 6.35        | 3.90  | 6.48 | 1.80  | —    |
| 7月21~31日 | 7.2                             | 9.6  | 7.6  | 5.6  | 3.6 | 1.98        | 2.64  | 2.09 | 1.54  | 0.99 |
| 8月1~5日   | 8.4                             | 15.2 | 9.2  | 9.6  | 6.4 | 1.05        | 1.90  | 1.15 | 1.20  | 0.80 |
| 8月6~15日  | 15.7                            | 12.8 | 9.8  | 11.6 | —   | 3.93        | 3.20  | 2.45 | 2.90  | —    |
| 8月16~26日 | 8.4                             | 7.6  | 6.4  | 6.0  | 8.4 | 4.41        | 3.99  | 3.36 | 3.15  | 4.41 |
| 总计       |                                 |      |      |      |     | 17.72       | 19.36 | 9.05 | 10.59 | 7.99 |

表中可见, 围隔实验期间固氮作用速率为 3.6~15.7mgN/(m<sup>2</sup>·d), 其中对虾单养围隔最高的为 15.7mgN/(m<sup>2</sup>·d), 对虾+罗非鱼+缢蛭围隔最低值 0.89mgN/(m<sup>2</sup>·d)。实验围隔面积为 25m<sup>2</sup>。以养殖期间平均水深为 80cm 计, 则各围隔固氮输入分别为 Y-4: 17.72g、Y-5: 19.36g、Y-6: 9.05g、Y-7: 10.59 和 T-5: 7.99g。

### 3 结论

实测对虾不同养殖模式实验围隔中固氮作用速率 0.90~3.93μg/(L·hr), 其中对虾单养组最高, 对虾与缢蛭和罗非鱼混养组最低。对虾养殖围隔中的较高固氮作用速率与实验期间

水层有效 N/P 比值较低有关, 围隔中主要固氮蓝藻为蓝球藻和念珠藻。估算围隔中固氮作用氮输入分别为: Y-4: 17.72g; Y-5: 119.34g; Y-6: 9.05g; Y-7: 110.59g; T-5: 7.99g。

### 参 考 文 献

- 国家技术监督局. 1992. 中华人民共和国国家标准, GB12763.6-91—海洋调查规范(海洋生物调查), 1~24
- Capone D G. 1988. Benthic nitrogen fixation. In: Blackburn T H and Sørensen J, eds. Nitrogen Cycling in Coastal Marine Environments. 86~115. SCOPE, John Wiley & Sons Ltd, New York
- El Samra M I, Jolah S. 1979. Significance of nitrogen fixation in fish ponds. *Aquaculture* 18: 367~373
- Grasshoff K, Erhardt M, Kreling K. 1985. Methods of seawater analysis. 2nd edition, Verlag Chemie, Weinheim, Gmbh, 171~198
- Howarth R W, Marino R, Lane J. 1988. Nitrogen fixation in freshwater, estuarine and marine ecosystem II. *Biogeochemical Controls Limnol Oceanogr*, 33(4). Part 2: 688~701
- Kweilin C, Tansakul V, Apinhapath C. 1988. Nitrogen fixation as a source of nitrogen input in fish ponds. 53~58. in R S V, Pliin K Tonguthai and J L Maclean, eds. The Second international symposium on Tilapia in aquaculture. ICLARM Conference Proceedings. 15. Dep. of Fisheries Bangkok, Thailand and international center for living and aquatic resources management. Manila, Phillipines
- Marco V, Acostr-Nassar, Julio M Morell et al. 1994. The nitrogen budgets of a tropical semi-input semi-intensive freshwater fish culture ponds. *J world Aquacul Soc* 25(2): 261~269
- Wang J K. 1990. Managing shrimp pond water to reduce discharge problems. *Aquacultural Engineering* 9: 61~73

## THE NITROGEN FIXATION AND AS A NITROGEN INPUT IN SHRIMP CULTURE ENCLOSURES

QI Zhen-Xiong, ZHANG Man-Ping<sup>1</sup>, LI De-Shang, DONG Shuang-Lin

(Open Research Lab on Aquaculture, Ocean University of Qingdao, 266003)

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of Qingdao, 266003)<sup>1</sup>

**ABSTRACT** The nitrogen fixation in shrimp culture enclosures at different culture styles was measured using acetylene reduction method. The results were as follows: In all enclosures, the nitrogen fixation rates were the highest 2.62  $\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$  for Y-4, the enclosure monocultured with shrimp *Penaeus chinensis* and 2.65  $\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$  for Y-5, the enclosure polycultured with shrimp and bay scallop, the lowest 1.53  $\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$  for T-5, the enclosure polycultured with shrimp, tilapia *Oreochromis niloticus* and constructed tanglus *Sinonovacula costricata*, 2.30  $\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$  for Y-6, the enclosure polycultured with shrimp and constructed tanglus and 1.89  $\mu\text{gN}/(\text{L}\cdot\text{hr})$  for Y-7, the enclosure polycultured with shrimp and tilapia. In the enclosures the high nitrogen fixation rates may concern with the low available nitrogen concentration and the low N/P ratio, compared with the Redfield ratio. The nitrogen fixation blue-green algae were mainly *Chroococcus*, and then *Nostoc*. Estimated nitrogen fixation as nitrogen inputs for different enclosures was: 17.71g for Y-4, 19.63g for Y-5, 90.5g for Y-

6, 10.59g for Y-7 and 7.99g for T-5, respectively.

**KEYWORDS** Shrimp culture, Nitrogen fixation, Nitrogen input, Acethlene reduction method, Enclosure experiment