

# 几种藻类对氮、磷的同化率与其营养成分的关系\*

郑爱榕 李淑英 李文权

(厦门大学海洋学系 361005)

**提要** 测定了 6 种单细胞藻对氮( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_3^--\text{N}$ )、磷( $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ )的同化率、光合作用速率和各藻的蛋白、氨基酸等营养成分。结果表明:(1)各藻的氨基酸含量与藻类对氮、磷的同化率呈线性相关;(2)藻的光合作用速率和光合作用指数分别与被藻同化的氨氮和 N/P 比值呈显著的相关关系。

**关键词** 单细胞藻,氮,磷,同化,营养成分

在海洋水产增养殖业中,如何筛选出营养价值高、又最适合生物幼体对活体藻类饵料吸收和

---

国家自然科学基金资助项目 No. 3880644。

收稿日期 1993 年 7 月 1 日

生长发育的藻种,历来是水产实验生态学的重要研究课题之一<sup>[1~3]</sup>。本文采用相同的培养基和目前在水产动物人工育苗中较常用的6种单细胞藻,通过测定各藻对氮( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_3^--\text{N}$ )和磷( $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ )的同化率、光合作用速率和分析各藻的营养成分,试图找出各藻的营养成分、光合作用速率及藻对氮、磷的同化三者间的相互关系,为利用活饵微藻喂养经济软体动物的水产增养殖业提供藻种选择的科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 藻种和培养

实验选用钙质角毛藻<sup>①</sup> (*Chaetoceros calcitrans*)、牟氏角毛藻 (*Ch. muelleri*)、三角褐指藻 (*Phaeodactylum tricornutum*)、亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis*)、小球藻 (*Chlorella* sp.) 和湛江叉鞭藻 (*Dicrateria zhanjiangensis*)。培养液采用  $\text{M}-\frac{\text{f}}{2}$  配方,各藻按其最佳生长条件<sup>[7]</sup>培养。实验室所用器皿均预先消毒灭菌。

### 1.2 藻类生长检测和营养成分测定

光合作用速率和叶绿素的测定分别采用<sup>14</sup>C 同位素示踪法<sup>[8]</sup>和分光光度法<sup>[9]</sup>。藻类营养吸收的实验是将处于指数生长期的藻细胞置于缺氮或磷的  $\frac{\text{f}}{2}$  培养液中,适应一夜后再加入适量浓度的氮或磷,在原生长的光温条件下培养 2~6h 后测定滤液中  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ <sup>[6]</sup>,  $\text{NO}_3^--\text{N}$  和  $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ <sup>[5]</sup> 的浓度。

藻类粗蛋白用 Folin-酚试剂法<sup>[4]</sup>,粗脂肪用索氏乙醚抽提法<sup>[4]</sup>,氨基酸组成经酸化水解后用高效液相色谱法分别测定。

## 2 结果和讨论

### 2.1 藻的氨基酸含量与其对氮磷同化率的关系

按藻类营养吸收实验步骤和营养成分分析法测各藻对  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_3^--\text{N}$  和  $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$  的同化率(表1)及其蛋白、氨基酸(AA)含量(表2)。将藻类的 AA 含量( $C_{\text{AA}}$ )与藻对氮磷的同化率( $AR$ )作线性回归分析(图1),发现各藻对氮氮的同化率与其体内所含的 AA 含量呈负相关,即:

$C_{\text{AA}} = 37.15 - 13.78AR_{\text{NH}_4^+-\text{N}}$  ( $\gamma = -0.828, n=6, P<0.05$ ) 而藻的  $C_{\text{AA}}$  与其对  $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$  的同化率都呈正相关,即:

$C_{\text{AA}} = 8.96 + 136.60AR_{\text{PO}_4^{3-}-\text{P}}$  ( $\gamma = 0.890, n=6, P<0.05$ ) 说明藻的生长受磷控制,而介质氮氮浓度的增大,导致藻类吸收后转化为 AA 时  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  的累积。这对 AA 合成有抑制效应。因此藻类对受控的氮磷的同化率之大小可作为藻类 AA 含量的一个指标。

### 2.2 藻的光合作用速率与其对氮磷同化率的关系

取处于生长旺盛期的藻液同时测定其叶绿素 a 和光合作用速率( $PR$ )(以 C 计),并求得  $PR$  与叶绿素 a 之比值——光合作用指数( $PI$ )(以 C/a 计),结果示于表3。将  $PR$  和  $PI$  分别与各藻对 N, P 的同化率进行线性回归分析(图2,3),显然  $PR$  与  $AR_{\text{NH}_4^+-\text{N}}$  呈正相关关系即:

① 除牟氏角毛藻由厦门大学生物系陈贞奋副教授提供外,其余均取自国家海洋局第三海洋研究所藻种培养室。

$$PR = -0.67 + 2.93AR_{NH^+-N}, (r = 0.984, n = 5, p < 0.01)$$

表明藻对氮的同化有利于它的生长。而  $PI$  与被藻同化的氮磷之比值亦呈正相关, 即:

$$PI = 0.21 + 0.46AR_{N/P}, (r = 0.992, n = 5, p < 0.01)$$

这意味着光合作用指数可作为藻对营养物质同化的一个指数。Caperon 等<sup>[10]</sup>曾指出: 在其他条件等的情况下, 浮游植物同化的营养盐越多, 则其  $PI$  值越高。本文的结果与其观点颇为一致。

表 1 各藻对无机氮和磷的同化率

Tab. 1 The assimilated rate of nitrogen and phosphorus by the algae

| 藻类    | 同化率 ( $\mu\text{mol}/(\text{mg} \cdot \text{h})$ ) |                          |                             |       |
|-------|----------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------|
|       | $\text{NH}_4^+-\text{N}$                           | $\text{NO}_3^--\text{N}$ | $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ | N/P   |
| 钙质角毛藻 | 0.322                                              | 0.372                    | 0.203                       | 3.42  |
| 牟氏角毛藻 | 0.522                                              | 0.266                    | 0.141                       | 5.59  |
| 三角褐指藻 | 0.467                                              | 0.255                    | 0.178                       | 4.06  |
| 湛江叉鞭藻 | 0.523                                              | 0.047                    | 0.045                       | 12.67 |
| 小球藻   | 1.145                                              | 0.198                    | 0.061                       | 27.17 |
| 亚心形扁藻 | 1.676                                              | 0.232                    | 0.109                       | 17.50 |

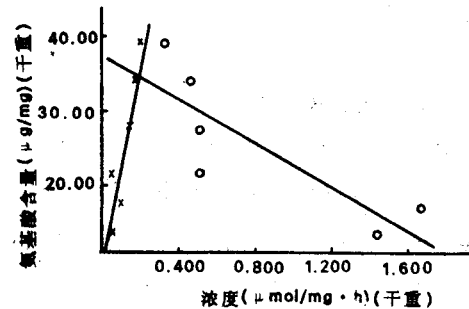


图 1 各藻的氨基酸含量与藻对氮、磷同化率的关系

Fig. 1 The relationship between the content of amino acids and the rate of  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$  assimilated by the algae

表 2 藻类的化学组成(g/100g 干重)和氨基酸含量( $\mu\text{g}/\text{mg}$  干重)

Tab. 2 The chemical composition and the content of amino acid in the algae

| 藻类    | 钙质角毛藻 | 牟氏角毛藻 | 三角褐指藻 | 湛江叉鞭藻 | 小球藻   | 亚心形扁藻 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 粗蛋白   | 20.6  | 15.5  | 11.4  | 15.0  | 5.1   | 5.6   |
| 粗脂肪   | 1.6   | 2.1   | 4.2   | 1.3   | 3.1   | 2.2   |
| 粗灰分   | 17.1  | 25.0  | 15.2  | 12.2  | 18.6  | 28.5  |
| 天冬氨酸  | 4.23  | 4.25  | 4.34  | 3.11  | 1.52  | 2.07  |
| 苏氨酸   | 1.79  | 1.07  | 1.57  | 0.70  | 0.66  | 0.81  |
| 丝氨酸   | 3.42  | 2.11  | 2.42  | 1.37  | 0.90  | 1.11  |
| 谷氨酸   | 3.36  | 3.38  | 3.70  | 2.59  | 1.82  | 2.18  |
| 甘氨酸   | 3.43  | 2.57  | 3.14  | 1.44  | 1.62  | 1.99  |
| 丙氨酸   | 3.78  | 2.36  | 3.22  | 2.27  | 1.37  | 1.61  |
| 异亮氨酸  | 1.65  | 1.15  | 1.35  | 0.98  | 0.48  | 0.56  |
| 亮氨酸   | 3.49  | 2.55  | 3.06  | 2.19  | 1.36  | 1.65  |
| 酪氨酸   | 1.47  | 1.02  | 1.24  | 0.84  | 0.57  | 0.50  |
| 苯氨酸   | 2.02  | 1.32  | 1.75  | 1.04  | 0.62  | 0.86  |
| 色氨酸   | 3.72  | 2.23  | 3.40  | 2.49  | 1.19  | 1.43  |
| 赖氨酸   | 3.25  | 1.43  | 2.12  | 1.51  | 0.36  | 0.57  |
| 组氨酸   | 0.88  | 0.23  | 0.40  | 0.06  | 0.28  | 0.32  |
| 精氨酸   | 2.4   | 2.10  | 2.52  | 1.11  | 1.25  | 2.09  |
| 必需氨基酸 | 19.6  | 12.08 | 16.17 | 10.08 | 6.20  | 8.29  |
| 氨基酸总量 | 38.95 | 27.78 | 34.23 | 21.70 | 14.00 | 17.80 |

表 3 各藻的叶绿素 a 含量、光合作用速率和光合作用指数

Tab. 3 The content of chlorophyll-a, the photosynthetic rate and the photosynthetic index for the algae

| 藻类    | 叶绿素 a(干重)<br>( $\times 10^3 \mu\text{g}/\text{mg}$ ) | 光合作用速率(干重)<br>( $\times 10^2 \text{mg}/(\text{mg} \cdot \text{h})$ ) | 光合作用指数<br>$\text{mg}/(\mu\text{g} \cdot \text{h})$ |
|-------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 钙质角毛藻 | 3.83                                                 | 1.73                                                                 | 4.50                                               |
| 牟氏角毛藻 | 2.34                                                 | 0.53                                                                 | 2.28                                               |
| 三角褐指藻 | 4.90                                                 | 1.09                                                                 | 2.23                                               |
| 湛江叉鞭藻 | 1.21                                                 | 0.83                                                                 | 6.85                                               |
| 小球藻   | 2.63                                                 | 3.35                                                                 | 12.70                                              |
| 亚心形扁藻 | 5.78                                                 | 4.47                                                                 | 7.76                                               |

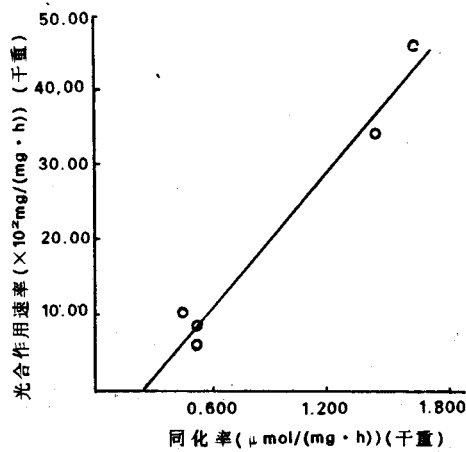


图 2 各藻的光合作用速率与藻对  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  同化率的关系

Fig. 2 The relationship between the photosynthetic rate and the rate of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  assimilate by the algae

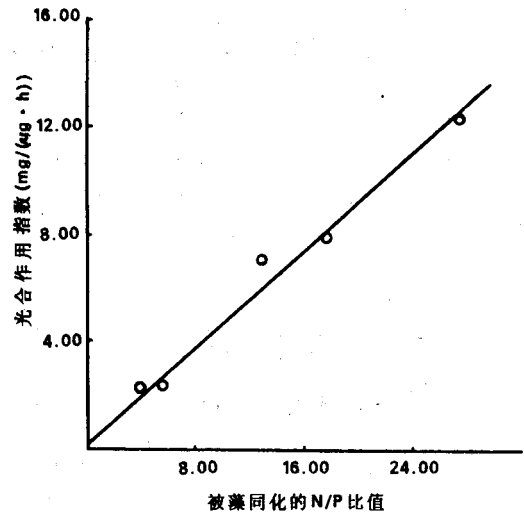


图 3 各藻的光合作用指数与被藻同化的 N/P 比值的关系

Fig. 3 The relationship between the photosynthetic index and the rate of N/P assimilated of by the algae

### 2.3 藻类营养成分及应用评价

由表 2 不难发现即使在相同培养基的培养下,不同的藻类及其营养成分也各不相同。各藻细胞的粗蛋白含量高低顺序是钙质藻>牟氏藻>叉鞭藻>三角褐指藻>扁藻>小球藻;它们的 AA 总量及所含的动物必需的 AA 含量是钙质藻>三角褐指藻>牟氏藻>叉鞭藻>扁藻>小球藻;藻细胞所含的促进生物幼体发育与生长的赖氨酸含量是钙质藻>三角褐指藻>叉鞭藻>牟氏藻>扁藻>小球藻。即各藻的粗蛋白、必需的 AA、赖氨酸含量及 AA 总量大小的次序大致相似。可见在相同培养基的培养下,藻的营养成分更能显示种间差异,更有利于藻种的优劣筛选。作为优质的饵料生物,首先其营养成分应能满足喂养动物的能量消耗和组织细胞更新修复及增长的营养需要。其次是结构形态及其在水中的运动速度和分布情况应适合喂养动物的摄食和消化吸收。比较各藻的细胞大小及在水中的运动速度,除小球藻因细胞壁厚不易被消化且只能悬浮于水中不游动而不易引起喂养动物的注意外,其余均为个体大小适中、游动缓慢、易于摄食的藻种。比较各藻的养殖条件<sup>[7]</sup>,它们在不同的季节、气候条件下均可大量培养。本文各藻皆在同一种培养液中培养,且都在培养高

峰期收集测样,消除了因使用不同培养液和不同发育期所造成的差异。因而能从藻对营养物质的同化利用率来确定其营养价值。

综上所述,在提高藻的生长速率的前提下,应首先选用蛋白、氨基酸含量高的钙质角毛藻、三角褐指藻和牟氏角毛藻,其中以钙质藻为优。其次再选用湛江叉鞭藻、亚心形扁藻和小球藻。这与王渊源<sup>[2]</sup>的结果也是吻合的。

## 参考文献

- [1] 曹淑莉等,1990. 海洋通报 9(3):55~61.
- [2] 王渊源,1984. 海洋学报 6(4):505~511.
- [3] 纪明候等,1985. 海洋学报 7(5):598~604.
- [4] 蔡武城等,1982. 生物物质常用化学分析法. 科学出版社.
- [5] 韩舞鹰等,1986. 海水化学要素调查手册. 海洋出版社.
- [6] 郭水伙等,1983. 台湾海峡 2(2):37~40.
- [7] 湛江水产专科学校编,1980. 海洋饵料生物培养. 农业出版社.
- [8] Parsons, T. R., et al., 1984. A Manual of Chemical and Biological Method for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford.
- [9] Humphrey, G. F., 1978. J. Mar. Freshwater Res. 29: 409-416.
- [10] Caperton, J. S., et al., 1971. Eutrophication Limnol Oceanogr. 16: 599-607.

# THE RELATIONSHIP BETWEEN THE RATE OF NITROGEN OR PHOSPHORUS ASSIMILATED BY SEVERAL KINDS OF ALGAE AND THEIR NUTRIENT CONSTITUENTS

Zheng Airong, Li Shuying and Li Wenquan

(Department of Oceanography, Xiamen University, 361005)

Received: Jun. 1, 1993

Key Words: Algae, Nitrogen, Phosphorus, Assimilation, Nutrient constituents

## Abstract

The rate of nitrogen ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_3^--\text{N}$ ) or phosphorus ( $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ ) assimilated by six kinds of algae, the photosynthetic rate and their nutrient constituents (protein, amino acids) were determined. The result showed: (1) The content of amino acids is linearly related to the rate of nitrogen or phosphorus assimilated by algae; (2) The photosynthetic rate and the photosynthetic index is evidently correlative with  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  and N/P assimilated by algae, respectively.