

文章编号:1001-5132(2007)01-0019-04

# 不同氮源及浓度对条斑紫菜叶状体生长的影响

冯婧<sup>1</sup>, 骆其君<sup>1</sup>, 徐志标<sup>1</sup>, 严小军<sup>1</sup>, 裴鲁青<sup>1</sup>, 宁修仁<sup>2</sup>

(1.宁波大学海洋生物工程重点实验室,浙江宁波315211;2.国家海洋局第二海洋研究所,浙江杭州315000)

**摘要:**研究硝酸钠、亚硝酸钠、硫酸铵3种氮源在N:P=16的条件下,不同氮水平对条斑紫菜叶状体的生长影响,结果表明:在 $0.35\text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$ ,以LN(硫酸铵组)生长率最高;在 $0.70\text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$ ,LN组的生长率反而变为最低,而硝酸钠与亚硝酸钠接近;在 $2.80\text{ mg N}\cdot\text{L}^{-1}$ 水平下,以硝基氮处理最好,为 $(24.5\pm 0.1)\%$ ,其他2种氮源之间差异不显著( $p>0.05$ ).同时,对于条斑紫菜的生长模式拟合结果显示:紫菜增重(y)与氮变化量( $x_1$ )、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 变化量( $x_2$ )及氮起始量( $x_3$ )和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 起始量( $x_4$ )有显著相关性.

**关键词:**条斑紫菜;氮源;生长

中图分类号:S968.43<sup>+1</sup>

文献标识码:A

紫菜在我国水产养殖业中占有十分重要的地位,是主要的海洋经济藻类之一<sup>[1,2]</sup>.紫菜作为一种海洋经济植物,在生长过程中,能够进行光合作用,产生大量的氧气<sup>[3]</sup>.而且作为生态系统中的生产者要素,与经济动物的N、P的代谢方式具有逆向性,通过代谢作用来同化可溶性的N、P元素,吸收环境中的营养盐成分,降低养殖环境中的富营养化水平<sup>[4]</sup>.不同的氮源及浓度对于紫菜叶状体生长的影响试验,不但为紫菜栽培的施肥提供理论依据,确定未来的叶状体栽培生产过程中是否需要施肥及施肥种类和施肥量,而且通过藻类与其他动物的生态养殖来降低养殖环境中的富营养化程度,同样是十分重要的理论依据<sup>[5]</sup>.

虽然我国的栽培技术举世闻名,生产产量居世界绝对领先地位<sup>[6,7]</sup>,但是在基础研究工作方面,还有许多需要进一步研究.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及试验设计

条斑紫菜由江苏省海洋研究所提供,在实验室的200L海水水箱暂养.平均长度为 $(3\pm 0.5)\text{ cm}$ ,试验前1d阴干,待用.采用分析纯的硝酸钠、亚硝酸钠、硫酸铵等3种氮源,分别代表 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 等3种氮的存在形式,分别简记为XN、YN、LN(以下同).各种N源水平设置分别为 $0.35$ 、 $0.70$ 、 $1.40$ 、 $2.80\text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$ 4个水平,各水平添加磷酸二氢钾以确保N:P=16:1.试验开始设置6个平行样,第三天随机抽取3个平行样测定藻体生长及培养水体的氮磷营养盐,其余3个平行样于第七天分析.

### 1.2 试验方法

容器为方底塑料盒,每盒加消毒海水1L,准

确称量叶状体(经分析, 试验各组初始重量均无显著差异, 平均  $0.159 \text{ g}$ ,  $F=1.73$ ,  $p=0.06$ ). 培养的光辐照度为  $(18.5 \pm 5.1) \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , 光暗比(L:D)为 12 h:12 h, 温度  $(14.0 \pm 0.5) \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 1.3 数据处理

试验数据经正态性检验(Shapiro-Wilk), 所有数据经单因素方差分析(One-Way ANOVA) 均值比较采用 Duncan 测试, 生长率 SGR 公式为:

$$\text{SGR} = [(\ln W_t - \ln W_0) / T] \times 100\%, \quad (1)$$

其中,  $W_0$  为试验藻体初始重量;  $W_t$  为试验藻体结束重量;  $T$  为试验时间.

### 1.4 培养过程中海水氮磷营养盐变化的测定

水样 4 个氮磷营养盐参数(XN、YN、LN、 $\text{PO}_4\text{-P}$ ) 的测定使用  $\mu\text{Mac-1000}$  营养盐自动分析仪, 其 LN、YN、XN、 $\text{PO}_4\text{-P}$  的测定原理分别为苯酚-次氯酸盐法、重氮-偶氮比色法、铜镉柱还原-重氮偶氮法、抗坏血酸还原的磷钼蓝法, 仪器校正所用标准试剂为国家一级标准物质(国家海洋局第二海洋研究所生产), 仪器的检测限为  $0.001 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

## 2 结果

### 2.1 不同浓度及氮源对条斑紫菜生长的影响

不同浓度及氮源对条斑紫菜生长 3 d 和 7 d 的生

长率结果见图 1. 方差分析显示, 在  $0.70 \text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$  水平下, 不同氮源间的 3 d、7 d 的 SGR 差异最小. Duncan 多重比较显示, 培养 3 d 以及在  $0.35 \text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$  浓度下, LN 组生长率最高, 达到 19.5%, 但是由于氮氮半饱和和常数小, 因此随着氮浓度水平的上升, 在  $0.70 \text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$  时, LN 组的生长率反而最低. 在所有处理组中, SGR 最高组为  $1.40 \text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$  水平下的 XN-7d 组, 高达  $(40.9 \pm 4.3)\%$ , 各处理组的 7d-SGR 较相应 3d-SGR 高.

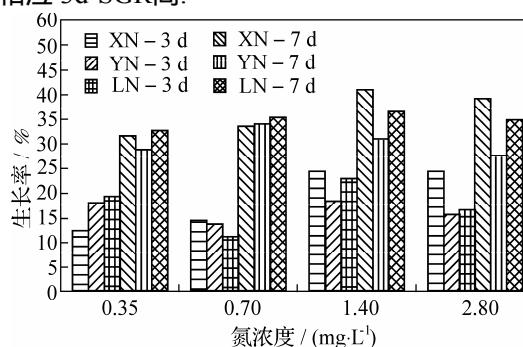


图 1 不同氮源及浓度下紫菜的生长率

### 2.2 同一氮源不同浓度对条斑紫菜生长的影响

方差分析及 Duncan 多重比较显示, XN 的 4 个浓度水平对 3 d 和 7 d 的 SGR 有显著差异 ( $p < 0.05$ ), 并且都在 7 d 组的  $1.40 \text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $2.80 \text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$  水平时最大, 生长最好; LN 的 4 个浓度水平对 3 d SGR 和 7 d SGR 均有显著差异 ( $p < 0.05$ ), 且都在  $1.40 \text{ mgN}\cdot\text{L}^{-1}$  水平最好, 分别为  $0.229 \pm 0.001$ 、 $0.364 \pm$

表 1 不同氮源及不同浓度下培养水体 XN、LN 的变化

	XN / ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )					LN / ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )				
	起始	3 d	7 d	3 d 变化量	7 d 变化量	起始	3 d	7 d	3 d 变化量	7 d 变化量
XN1	0.339	0.012	0.005	0.327	0.334	0.006	0.003	0.002	0.003	0.004
XN2	0.689	0.028	0.013	0.661	0.676	0.006	0.006	0.004	0	0.002
XN3	1.739	0.905	0.175	0.834	1.564	0.006	0.022	0.013	-0.016	-0.007
XN4	3.139	2.974	2.227	0.165	0.912	0.006	0.017	0.013	-0.011	-0.007
YN1	0.339	0.024	0.025	0.315	0.314	0.357	0.013	0.006	0.344	0.351
YN2	0.339	0.176	0.035	0.163	0.304	0.707	0.545	0.007	0.162	0.700
YN3	0.339	0.473	0.097	-0.134	0.242	1.607	1.615	0.331	-0.008	1.276
YN4	0.339	0.463	0.294	-0.124	0.045	2.807	6.911	4.790	-4.104	-1.983
LN1	0.339	0.017	0.02	0.322	0.319	0.006	0.004	0.018	0.002	-0.012
LN2	0.339	0.006	0.023	0.333	0.316	0.006	0.006	0.001	0	0.005
LN3	0.339	0.246	0.015	0.093	0.324	0.006	0.019	0.002	-0.013	0.004
LN4	0.339	0.576	0.028	-0.237	0.311	0.006	0.036	0.006	-0.030	0

0.001; YN的 4 个浓度水平对 3 d和 7 d的SGR均无显著差异( $p > 0.05$ ).

### 2.3 不同氮源及浓度对水体中氮源与磷源的变化

不同氮源及浓度下培养水体N、P浓度在 3 d和 7 d的变化量见表 1、图 2 和图 3. 在培养过程中, XN、YN、LN和 $PO_4$ -P浓度在 3 d的培养后均出现不同程度的降低, 其中以LN和XN的变化量较大,  $PO_4$ -P次之, LN相对较小, 并且在一些处理中有所增加, 如在YN4 处理组. 经过 7 d培养后, 各项营养盐浓度与 3 d的变化量相比较, 其变化幅度更大, 这与 7 d和 3 d在SGR上的差异一致.

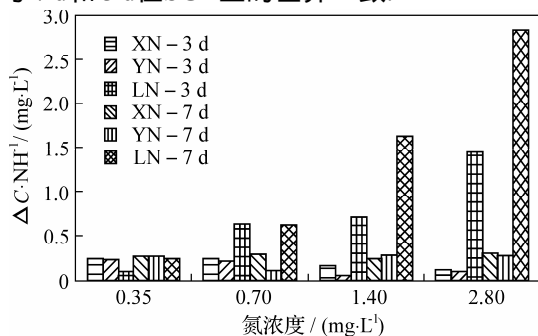


图 2 不同氮源及浓度培养液中 LN 浓度 3d 和 7d 的变化量

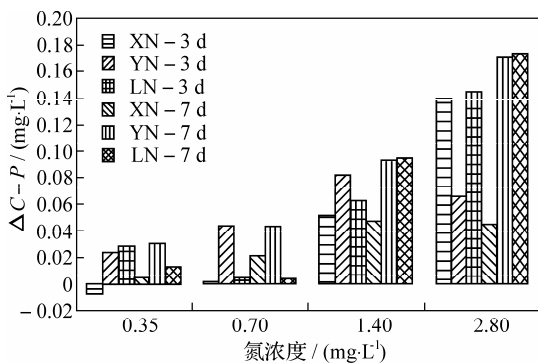


图 3 不同氮源及浓度下培养液 $PO_4$ -P的变化量

YN处理组在  $1.40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 水平下, 3d和 7d的氮变化量为负值,  $2.80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 水平下, 3 d和 3 d的氮变化量也为负值, 其他均为正值, 这与YN在相同条件下SGR相对较低一致. 其原因可能是在高浓度氮的情况下, 紫菜生长不适而释放出体内的氮, 在实验中发现经YN3、YN4 处理过的紫菜表面发生轻微腐烂.

### 2.4 不同氮源及浓度培养水体总氮含量变化关系

对于 3d的紫菜增重( $y$ )、氮变化量( $x_1$ )、 $PO_4$ -P

变化量( $x_2$ )及氮起始量( $x_3$ )和 $PO_4$ -P起始量( $x_4$ )进行数值耦合, 数值可由下式表达:

$$y = 3.127x_4 - 0.029x_3 - 0.056x_1 - 3.111x_2 + 0.139 \quad (r^2 = 0.85, p < 0.05). \quad (2)$$

由于本实验设计时固定了氮磷比, 因此可认为(2)式中的第一、第二项可认定只能有 1 个变量. 因此, 藻类的生长与起始的氮营养水平输入呈正相关, 而与氮磷的变化呈负相关. 由此说明, 紫菜在氮磷较丰富且营养盐含量相对稳定的海水中能够更加快速的生长.

总之, 在相同N:P=16 的条件下, 氮的不同化学形态与不同浓度水平对紫菜生长的影响具有显著差别. 对于条斑紫菜的生长模式拟合结果显示: 紫菜增重( $y$ )与氮变化量( $x_1$ )、 $PO_4$ -P变化量( $x_2$ )及氮起始量( $x_3$ )和 $PO_4$ -P起始量( $x_4$ )有显著相关性.

由图 3 可见随着氮浓度水平的成倍增加, 磷的消耗量也相应增加, 其中变化趋势吻合最佳为LN-7d组和YN-7d组, 这可能是因为藻类在氮源不适时更会加强对磷的吸收. 随着YN-N氮浓度水平的提高, 在  $2.80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, YN-3d组和YN-7d组培养水体的氮总浓度升高.

## 3 讨论

比较不同浓度水平的不同氮源对条斑紫菜生长的影响, 结果说明在本实验设计的氮浓度区间内, 硝基氮的浓度变化能够更加显著地改变藻类的生长速度, 而亚硝基氮的浓度变化对藻类生长速度的影响不明显. 各处理组的 7d-SGR 较相应 3d-SGR 高 表明紫菜的生长对外界营养盐等条件的改变需要一个适应时期, 适应后的 SGR 较适应前高. 比较各氮源的 7d-SGR 和 3d-SGR, 7d-SGR 的变化分布, 均呈现同样规律.

大型海藻只能利用水体中的溶解状态的营养盐, 生长主要受溶解N、P等元素的限制. 在氮的 3 种化合态中, 藻类主要利用 $NO_3$ -N和LN,  $NO_3$ -N含

氮化合物的最终氧化产物, LN是还原态的无机氮, NO<sub>2</sub>-N是中间氧化还原过程的中间产物, 高浓度NO<sub>2</sub>-N对藻类毒性很大, 因此, 其最大SGR的相应氮浓度水平较另2种氮源低. LN浓度过高不但抑制藻体吸收氮源, 还会对藻体产生毒害作用, 影响其生理功能, 而将体内储藏的氮源分解到体外, 导致水体总氮总含量增多.

比较培养水体不同氮源, 与其他2种氮源相比, LN最容易被吸收, NH<sub>3</sub>-N > NO<sub>3</sub>-N > NO<sub>2</sub>-N. 因为在吸收无机氮化物时, NO<sub>3</sub>在硝酸还原酶和NADH(NADPH)的作用下转变为NO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>在亚硝酸还原酶的作用下转变为NH<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>是最终被利用的氮形式<sup>[5]</sup>, 因为紫菜在实验室条件下其生理状态不如野外, 可能是因为体内还原酶活性低. 可见随着氮浓度水平的成倍增加, 磷的消耗量也相应地在增加, 这可能是因为藻类在氮源不适时更会加强对磷的吸收.

#### 参考文献:

- [1] 黄海水产研究所紫菜组. 紫菜与条斑紫菜的养殖[M]. 北京: 农业出版社, 1979.
- [2] Fei X G, Lu S, Bao Y, et al. Seaweed cultivation in China[J]. World Aquaculture, 1998, 29(4): 22-24.
- [3] Ramus J. The capture and transduction of light energy [M]//Lobban C S, Wynne M J. The biology of seaweeds. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1981.
- [4] Nunes J P, Ferreira J G, Gazeau F, et al. A model for sustainable management of shellfish polyculture in coastal bays[J]. Aquaculture, 2003, 219:257-277.
- [5] Hanisak M D. The nitrogen relationships of marine macroalgae[M]//Nitrogen in the marine environment. New York: New York Academic Press, 1983.
- [6] Tseng C K. Commercial cultivation: the biology of seaweeds[M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1995.
- [7] Tseng C K, Fei X G. Macroalgal commercialization in the orient[J]. Hydrobiologia, 1987, 151/152:167-172.

## The Influence of Different Nitrogen Sources and Density on the Growth of *Porphyra yezoensis*

FENG Jing<sup>1</sup>, LUO Qi-jun<sup>1</sup>, XU Zhi-biao<sup>1</sup>, YAN Xiao-jun<sup>1</sup>, PEI Lu-qing<sup>1</sup>, NING Xiu-ren<sup>2</sup>

( 1. Marine Biotechnology Key Laboratory, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2. Second Institute of Oceanography, National Ocean Bureau, Hangzhou 310000, China )

**Abstract:** In the paper, study is conducted on the three nitrogen sources including sodium nitrate, sodium nitrite and ammonium sulfate under the condition N:P=16 to show the influence of different nitrogenous level on the growth of the *Porphyra yezoensis*. The result shows that at the content level of 0.35 mgN·L<sup>-1</sup>, SRG is best while at 0.70 mgN·L<sup>-1</sup>, SRG is worst for ammonium-N group. For nitrate-N group (0.245 ± 0.001), at the content level of 2.80 mgN·L<sup>-1</sup>, SGR is best and there is no difference between the other two groups. The results were obtained using One-Way ANOVA statistics. In addition, the result of the growth simulation analysis shows close relations between the weight gaining of seaweed (y) and nitrogen change (x<sub>1</sub>), phosphate change (x<sub>2</sub>), nitrogen initial content (x<sub>3</sub>) and phosphate initial content (x<sub>4</sub>).

**Key words:** *Porphyra yezoensis*; nitrogen; growth

**CLC number:** S968.43<sup>+</sup>1

**Document code:** A

(责任编辑 章践立)