

研究简报

盐生杜氏藻生长及 β -胡萝卜素累积的动力学过程

姜建国 姚汝华

(华南理工大学生物工程系, 广州 510641)

STUDIES ON THE GROWTH *DUNALIELLA SALINA* OF AND β -CATOTENE ACCUMULATION KINETICS

Jiang Jianguo and Yao Ruhua

(Department of Biotechnology, South China University of Technology, Guangzhou 510641)

关键词 盐生杜氏藻, β -胡萝卜素, 生长动力学

Key words *Dunaliella salina*, β -carotene, Growth kinetics

国内外学者多注重研究环境因子对盐生杜氏藻生长和 β -胡萝卜素累积的影响, 为此, 作者从温度和盐浓度对盐生杜氏藻生长的动力学及盐度与 β -胡萝卜素累积的关系作了初步探讨。

1 材料与方法

1.1 藻种 *Dunaliella salina* 购于中国科学院水生生物研究所, 置基本培养基培养。取对数生长期的藻种溶液进行以下实验。

1.2 不同温度和盐度下生长率的测定 取培养的盐生杜氏藻溶液, 置不同温度和盐度中培养, 光照强度10000lx (16:8D)。采用血球计数板进行细胞数目的测定, 取两次样品的平均数。

1.3 不同盐浓度下 β -胡萝卜素的累积 藻溶液培养到第15d, 进行 β -胡萝卜素含量的测定。

2 结果与讨论

2.1 盐生杜氏藻的生长

从盐生杜氏藻的生长曲线(图1)可以看出, 在3—12d处于对数生长期, 根据公式:

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t} \quad (1)$$

式中 N_0 为对数期开始时的细胞数, N_t 为对数期结束时的细胞数, t 为时间。得到盐生杜氏藻在对数期的生长率为0.22d。

2.2 温度对盐生杜氏藻生长的影响

不同温度下盐生杜氏藻的生长率变化(图2)。当光照一定的情况下, 藻类的最大比生长率与温度之间的关系可用下式表示^[4]:

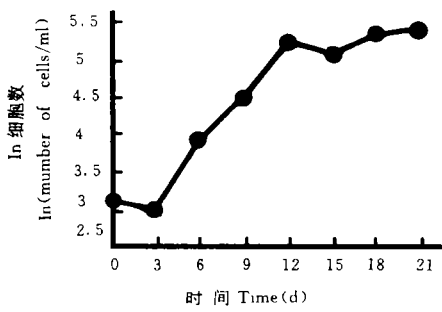


图1 盐生杜氏藻的生长曲线
Fig.1 The growth curve of *D.salina*

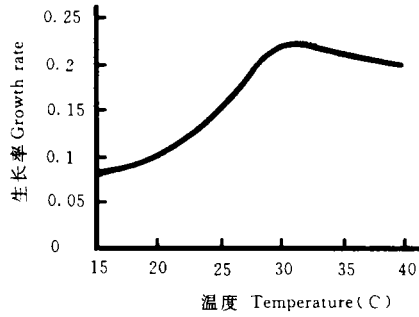


图2 温度对盐生杜氏藻生长的影响
Fig.2 Affection of temperature on the growth of *D. salina*

$$\mu_m = Ae^{-E/RT} \tag{2}$$

式中, μ_m 为最大比生长率; A 为常数 (d^{-1}); E 为活化能 ($cal \cdot mol^{-1}$); R 为气体常数 ($cal \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$); T 为绝对温度。上述公式只考虑温度对藻类生长的影响, 当考虑藻类对诸多环境因子的反应时, 温度对藻类生长的影响遵循温氏法则, 即温度每上升 $10^{\circ}C$, 生物的反应大约加倍。温度对藻类生长的影响可用温度系数 Q_{10} 表示:

$$Q_{10} = (r_2/r_1)^{10/T_2-T_1} \tag{3}$$

此式描述温度每升高 $10^{\circ}C$, 生长率的变化。式中, r_2 和 r_1 分别表示温度为 T_2 和 T_1 时的生长率。由图 2 的结果, 通过公式 3 计算出盐生杜氏藻的温度系数 $Q_{10} = 1.96$ 。

藻类光合过程的平均活化能可由下式表示:

$$E = \frac{2.3RT_2T_1 \lg Q_{10}}{10} \tag{4}$$

由公式 4 得平均活化能 $E = 47.88 cal/mol$ 。将 Q_{10} 和 E 代入公式 2, 盐生杜氏藻的最大比生长率可表示为:

$$\mu_m = Ae^{-5769/T} \tag{5}$$

前面已经得到在 $30^{\circ}C$ 时盐生杜氏藻的最大生长率是 $0.22 d^{-1}$, 这样由上式可得到 $A = 4.08 \times 10^7$, 因此公式 5 改写为:

$$\mu_m = 4.08 \times 10^7 e^{-5769/T} \tag{6}$$

公式 6 描述了盐生杜氏藻的生长与温度的关系。

2.3 盐浓度对盐生杜氏藻生长的动力学模式

藻类的生长与盐度密切相关, 一般来讲较低的盐度有利于盐生杜氏藻的生长, 而较高的盐度有利于细胞内 β -胡萝卜素的积累。图 3 是不同盐浓度下盐生杜氏藻生长率的变化, 可见盐浓度为 $2 mol/L$ 时, 盐生杜氏藻的生长情况最好。

当考虑单一营养盐为藻类生长的限制因子时, 该营养盐对藻类生长的影响可表示为:

$$\mu = \mu_m \cdot \frac{S}{K_s + S} \tag{7}$$

式中, μ 为比生长速率 (d^{-1}), μ_m 为最大比生长速率 (d^{-1}), S 为营养盐浓度 (mol/L), K_s 为半饱和常数, 单位由 S 决定。

根据式 7, 由图 3 的结果, 以 $1/r$ 对 $1/S$ 作图 (图 4), 可得双倒数直线方程, 直线在横轴上的截距为 $-1/K_s$, 纵轴上的截距为 $1/r$, 斜率为 K_s/r , 由此得到盐浓度的半饱和常数 $K_s = 0.33$, 这样, 公式 7 表示为:

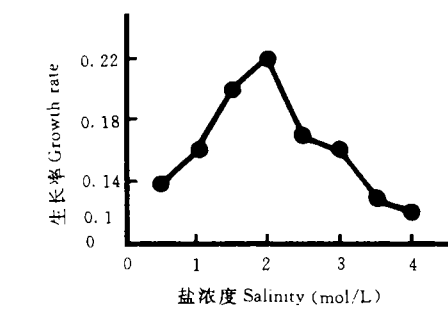


图3 盐浓度对盐生杜氏藻生长的影响
Fig.3 Affection of salinity on the growth of *D.salina*

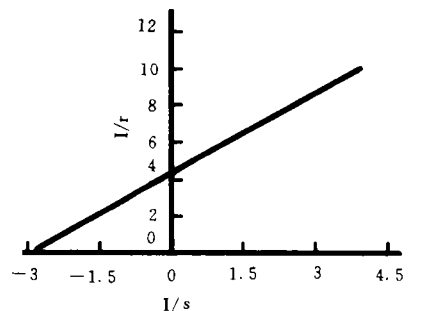


图4 双倒数(1/r 对 1/s)作图
Fig.4 Analysis figure of double reciprocals (1/ r to 1/ s)

$$\mu = \mu_m \cdot \frac{S}{0.33 + S}$$

(8)

将公式 6 和公式 8 联立,得到盐生杜氏藻生长的动力学模式:

$$\mu = 4.08 \times 10^7 e^{-5769/T} \frac{S}{0.33 + S}$$

(9)

为了验证所建立的模型及回归参数的可靠性,进行了盐生杜氏藻生长速率的实测值和预测值比较,选择不同盐浓度和温度组合对盐生杜氏藻进行培养,结果(表 1)表明,模型预测值和实测值吻合得较好,两者之间的平均相对偏差为 4.15%。

表1 盐生杜氏藻生长率的预测值和实测值

Tab.1 The theorical value and the exprimental value				
盐度 Salinity (mol/L)	T(K)	预测值 Calculation μ	实测值 Measurement μ	相对误差% Relative error(%)
0.25	298	0.069	0.072	5.80
0.5	303	0.096	0.092	4.17
0.5	298	0.132	0.138	4.55
1.0	303	0.131	0.136	3.82
1.0	298	0.180	0.186	3.33
1.5	298	0.120	0.117	2.50
1.5	303	0.165	0.173	4.85

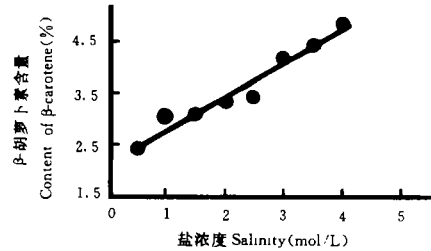


图5 β-胡萝卜素含量与盐浓度的关系
Fig.5 The relationship between the content of β-carotene and the salinity

2.4 盐度对β-胡萝卜素累积率的关系

研究表明,高盐浓度有利于盐生杜氏藻β-胡萝卜素的累积,在小于 30% 的盐度范围内,盐度与β-胡萝卜素含量呈正相关。图 5 是 30℃ 条件下β-胡萝卜素含量随盐度的变化及线性回归分析,两者之间的关系表示为:

$$C_{\beta} = 0.5845S + 2.3018 \quad (r = 0.9759, n = 8, p < 0.0001)$$

(10)

此式表明了盐浓度与盐生杜氏藻β-胡萝卜素累积的关系。β-胡萝卜素的累积还受其它因素,诸如光强、温度、氮源浓度等的影响,一般来讲,高盐浓度,高光强和低浓度氮盐是β-胡萝卜素高度累积的充分条件,因此盐生杜氏藻β-胡萝卜素的累积动力学还应作更深入的研究。另外,由于较高的盐度不利于盐生杜氏藻的生长,因此,求出β-胡萝卜素累积与盐生杜氏藻生长两个动力学过程的相互关系,推导出获得β-胡萝卜素最大产量的环境条件,是一个有待进一步探索的课题。