

## 细胞动力学研究\*

### VII. 植物细胞非生长代谢特征

刘 义 谭智群<sup>1</sup> 熊 亚 宋昭华 屈松生 王元香<sup>1</sup>

(武汉大学化学系, <sup>1</sup> 环境科学系, 武汉 430072)

**关键词:** 植物细胞, 小球藻, 代谢, 热化学, 热动力学

小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 为绿藻门, 卵孢藻科<sup>[1]</sup>. 它是单细胞低等植物, 与高等植物细胞的结构及生命活动有许多相似之处, 又是一个有机体, 可独立生活. 因为它繁殖快, 又易于控制, 为良好的研究材料及宇宙航行的供氧体<sup>[2]</sup>. 有的可制藻胶, 在水体自净中起净化和指示生物的作用. 目前, 关于微生物、癌细胞等的代谢特征已有不少的报导, 而关于植物细胞代谢特征却很少见报导. 本文通过对小球藻代谢研究, 将对植物细胞的代谢特征有新的认识, 对细胞生物学和植物生理学等均有一定的意义.

#### 1 材料和方法

##### 1.1 藻种

普通小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 由中国科学院水生生物研究所藻种室提供.

##### 1.2 培养基

Sorokin-Krauss(简记为 SK) 培养基, 1000mL 中含有:  $\text{KNO}_3$  1.25g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1.25g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.0882g,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.0144g,  $\text{MoO}_3$  0.0071g,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.0157g,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.0049g, EDTA 0.5g, Sucrose 5g, pH=6.8.

##### 1.3 仪器

LKB-2277 生物活性检测系统; LRH-250-G 光照培养箱.

##### 1.4 小球藻细胞的培养及处理

将藻种接种至培养基中, 在光照强度 2800-3200Lux、温度为  $25 \pm 0.5$  °C 的恒温培养箱中, 连续光照培养. 当藻生长到对数增长期 (3-4 天) 后, 离心收集 (4500rpm, 10min), 用 SK 培养基悬浮后, 用涡旋混合器混合均匀, 在光照和恒温下供实验用.

##### 1.5 测定方法

代谢曲线测定采用停流法, 检测系统控温在 25 °C. 在光照下配制不同细胞浓度的藻液, 一部分用于测定代谢曲线, 另一部分用光学显微镜进行计数得到相应的细胞浓度.

1996-06-24 收到初稿, 1996-08-27 收到修改稿. 联系人: 刘 义. \* 国家自然科学基金和高等学校博士点专项基金资助项目

## 2 结果与讨论

### 2.1 代谢曲线测定

采用停流法对不同浓度的细胞进行了测定, 所得的代谢产热曲线如图 1, 相应的热功率  $P$  和单个细胞的发热功率  $P_0$  如表 1 所示.

### 2.2 热动力学方程

由图 1 和表 1 可得到:  $P = \text{constant}$

于是我们可以得到小球藻的代谢热动力学方程:  $dP/dt = k_0, k_0 = 0$ .

### 2.3 热化学方程

以细胞浓度  $c$  对发热功率  $P$  作图可得到一条直线 (如图 2 所示), 线性拟合得:  $P = 1.39 + 3.7753 \times 10^{-6} C, R=0.9966$ . 即  $P \sim C$  的关系为:  $P = k \cdot C + a$

以细胞浓度  $C$  对单个细胞的平均发热功率的对数  $\ln P_0$  作图也得到一条直线 (如图 2 所示). 线性拟合得:  $\ln P_0 = 2.5510 - 0.36 \times 10^{-6} C, R=0.9924$ . 即得  $P_0 \sim C$  的关系为:  $dP_0/dC = K \cdot P_0^n$ ; 代谢级数  $n$  为 1.

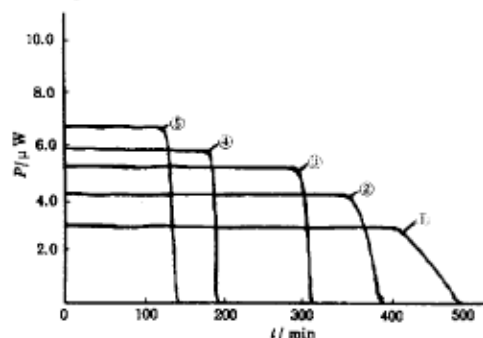


图 1 不同浓度的细胞代谢产热曲线

Fig.1 The metabolic thermogenesis curves at different cell concentrations

- ①  $0.43 \times 10^6$  cells·mL<sup>-1</sup> ②  $0.68 \times 10^6$  cells·mL<sup>-1</sup>  
 ③  $0.95 \times 10^6$  cells·mL<sup>-1</sup> ④  $1.20 \times 10^6$  cells·mL<sup>-1</sup>  
 ⑤  $1.43 \times 10^6$  cells·mL<sup>-1</sup>

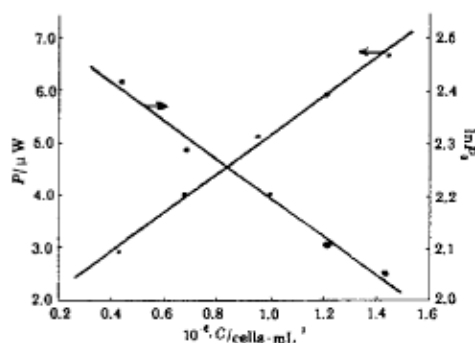


图 2  $P \sim C$  及  $\ln P_0 \sim C$  关系图

Fig.2 Figure of  $P$  vs.  $C$  and  $\ln P_0$  vs.  $C$

表 1 不同细胞浓度的  $P$  和  $P_0$  值

Table 1 The values of  $P$  and  $P_0$  at different cell concentrations

$10^{-6} \cdot C$ cells·mL <sup>-1</sup>	$10^{-5} \cdot N$ /cells	Exp.1		Exp.2		mean values	
		$\frac{P}{\mu W}$	$\frac{P_0}{pW/cell}$	$\frac{P}{\mu W}$	$\frac{P_0}{pW/cell}$	$\frac{P}{\mu W}$	$\frac{P_0}{pW/cell}$
0.43	2.58	$2.95 \pm 0.42$	11.43	$2.83 \pm 0.06$	10.97	2.89	11.20
0.68	4.08	$3.76 \pm 0.20$	9.26	$4.26 \pm 0.26$	10.44	4.01	9.85
0.95	5.70	$5.20 \pm 0.21$	9.12	$5.13 \pm 0.16$	9.00	5.16	9.06
1.20	7.20	$5.85 \pm 0.09$	8.13	$5.97 \pm 0.08$	8.29	5.91	8.21
1.43	8.58	$6.87 \pm 0.16$	8.01	$6.51 \pm 0.42$	7.59	6.69	7.80

\*  $P$ : the statistical data of  $P_i$  of metabolic process

### 2.4 代谢时间 $t_m$

由图 1 可以看出, 随着细胞浓度的增大, 细胞的代谢时间  $t_m$  减小 (如图 3 所示),  $t_m$  对细胞浓度有依赖性.  $t_m$  与  $C$  的关系式为:  $t_m = 654.6 - 3.6952 \times 10^{-4} C, R=0.9959$

## 2.5 讨论

通过测定小球藻细胞的代谢, 得到了以下关系式:

$$\begin{aligned}dP/dt &= 0, \quad k_0 = 0; \\ P &= k \cdot C + a \\ \ln P_0 &= K \cdot C + A \\ \text{或者} \quad dP_0/dC &= K \cdot P_0^n; n = 1\end{aligned}$$

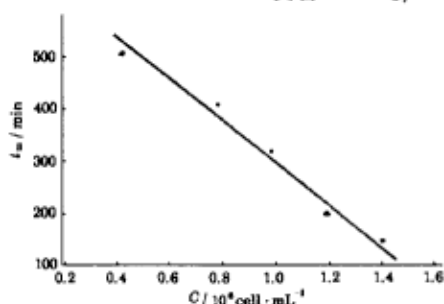


图 3 代谢时间  $t_m$  与细胞浓度  $C$  的关系

Fig.3 The relationship between metabolic time and cell concentration

由这些方程式可见, 细胞的代谢热功率  $P$  与细胞浓度  $C$  呈线性相关, 而单个细胞的发热功率  $P_0$  与细胞浓度  $C$  有关. 当细胞种群密度增大时 (浓度变大), 其代谢活性降低, 单个细胞的发热功率减小. 在一定的浓度范围内它们有相互抑制作用, 细胞代谢的时间  $t_m$  也受细胞浓度  $C$  的抑制, 这些表示细胞的代谢明显存在着所谓的空间效应. 这一有趣的现象目前尚未见报道.

将表 1 中的所有的  $P_0$  进行统计运算得:  $P_0 = 9.22 \pm 1.25 \text{ pW/cell}$  与文献<sup>[3]</sup>值相接近.

通过微量热实验得到了以上的热动力学和热化学方程式 (相关系数均大于 0.99). 这些方程描述了单细胞植物的代谢特征. 这些结果对于研究植物细胞代谢特征以及植物生理等都将有一定的意义.

## 参 考 文 献

- 1 冯德培, 谈家桢, 王鸣岐主编. 简明生物学词典, 上海: 上海辞书出版社, 1983. 103
- 2 胡家骏, 周群英. 环境工程微生物学, 北京: 高等教育出版社, 1988. 44
- 3 LKB-2277 Bioactivity Monitor Literature Reference List. p.3

## Studies on Cell Kinetics

### VII. The non-growth metabolic characteristics of plant cells

Liu Yi Tahn Tzitschung T. Xiong Ya Song Zhaohua Qu Songsheng Wang Yuanxiang  
(Department of Chemistry, Wuhan University, Wuhan 430072)

**Abstract** The heat output of the plant cells —*Chlorella vulgaris* has been determined using the LKB-2277 bioactivity monitor. The metabolic thermokinetic equation is

$$dP/t = k_0, \quad k_0 = 0$$

The experimental results indicate that there is a linear relationship between the metabolic power and the cell concentration and that the heat output produced by a single cell's metabolism depends on the cell concentration and is inhibited by the increase of the cell density. It presents a special kind of space effect.

**Keywords:** Plant cell, *Chlorella vulgaris*, Metabolism, Thermochemistry, Thermokinetics