

• 研究简报 •

# 螺旋藻藻蓝色素对 叶绿体仿生膜光电效应的影响

The Enhancement of Photoelectric-effect  
in Imitative Biomembrane Containing Chlorophyll(Ch1)  
by Phycocyanin Pigment of Spirulina Platensis

魏泽英\*

Wei Zeying

杨明莉

Yang Mingli

谭辉玲

Tan Huiling

(重庆大学化学化工学院, 重庆, 400044, 第一作者 33岁, 女, 硕士)

**摘要** 螺旋藻的藻蓝色素可使叶绿体仿生膜的光电压响应值 $\Delta V$ 增强一倍以上, 藻蓝色素在膜中的含量与 $\Delta V$ 有正相关关系, 但含量达饱和后,  $\Delta V$ 趋于不变。

**关键词** 光电效应 / 螺旋藻藻蓝色素; 人工双分子膜; 叶绿体仿生膜

中国图书资料分类法分类号 Q73

**ABSTRACT** The photovoltage in Bilayer Membrane (BLM)-Ch1, imitative biomembrane, can be enhanced more than one multiplication by phycocyanin pigment of spirulina platensis.

**KEYWORDS** photoelectric effect / phycocyanin pigment of spirulina platensis; bilayer membrane(BLM); imitative biomembrane-Ch1

## 0 引言

双分子膜(BLM)<sup>[1,2]</sup>是生物膜的一种基本结构。人工仿生 BLM 可模拟某些生物膜, 用于研究生物活体的一些生物学行为, 同时又是一种很好的生物传感器敏感膜。笔者用自制的生物传感器装置研究了螺旋藻的藻蓝色素对叶绿体 BLM 仿生膜的光电效应的增强作用。

## 1 实验部分

### 1.1 设备及药品

自制生物膜传感器测定装置, 其中传感部分由内外池组成, 内池是成膜池, 为一聚四氟乙烯圆型池, 侧壁上有一直径 1 mm 的成膜孔, 内池放于有机玻璃制的外池内。光源为 200

\* 收文日期 1997-04-21

\*\* 目前工作单位: 云南中医学院药理学系

W 或 500 W 的白炽灯点光源。光源光束水平照射,经外池溶液到达内池侧孔的膜上。3086 型 AX-Y 记录仪(四川仪表总厂出品);222 型饱和甘汞电极(上海电光器件厂出品)或 Ag/AgCl 电极。

所用试剂均为国产 A. R. 级。钝顶螺旋藻干粉购于云南程海螺旋藻生产基地。市售新鲜菠菜叶现买现用。

### 1.2 溶液制备

用重蒸水配制溶液。

成膜溶液:用正辛烷和正丁醇(5:1)混合溶剂 6 ml 抽提 20 g 新鲜菠菜叶匀浆,过滤,滤液作为 Chl-BLM 的成膜液,备用。

藻蓝色素液:在 2 ml pH5.0 的 HAc-KAc 缓冲溶液中研磨螺旋藻干粉 2 g 成匀浆,备用。

### 1.3 制备双分子膜(Chl-BLM)

取少量成膜液于成膜小孔上,在测定装置的内外池中分别加入不同浓度的  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{FeCl}_2$  混合水溶液。

在需要藻蓝色素进入 Chl-BLM 孔膜时,在内池滴加藻蓝色素液。这样,以避免光照时光在溶液中和藻蓝色素相互作用,影响到达孔膜的光强度和光谱。

### 1.4 光电压响应值 $\Delta V$ 的测定

内池溶液:浓度分别为 5.0 mmol/L、0.5 mmol/L 的  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{FeCl}_2$  的混合溶液;

外池溶液: $\text{FeCl}_3$  和  $\text{FeCl}_2$  溶液的浓度均为 0.5 mmol/L。

两支电极分别插入内、外池中,连接于 X-Y 记录仪上测定膜电压。光照时的光电压减去无光照时的暗电压之差  $\Delta V$  即为光响应值。

首先测定不加藻蓝色素的  $\Delta V_1$ ,然后测定滴加藻蓝色素液(以滴数计量)后的  $\Delta V_2$ 。实验结果证明,以滴数计量是可以的。

## 2 结果和讨论

### 2.1 藻蓝色素对 $\Delta V$ 的影响

每个样品滴加藻蓝色素液 5 滴,平行测定 5 个样品。得到算术平均值  $\Delta V_1=2.0$  mV,  $\Delta V_2=4.2$  mV。前者的标准偏差  $\sigma=0.16$  mV,后者  $\sigma=0.20$  mV。藻蓝色素使  $\Delta V$  增大 1.1 倍左右。

### 2.2 叶绿素含量与 $\Delta V$ 的关系

取成膜液 4 ml,按表 1 加入正辛烷-正丁醇混合溶剂,滴加 5 滴藻蓝色素液。分别测定  $\Delta V$ ,结果列于表 1。随膜中叶绿素含量减少,光响应值逐渐衰减,这说明叶绿素是仿生 BLM 具有光电效应的必要色素,在本实验条件下,其它色素仅起辅助作用。

表 1 BLM-Chl 中叶绿素含量和  $\Delta V$  的关系

混合溶剂加入量/ml	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
$\Delta V/\text{mV}$	6.0	3.8	2.5	1.7	0.8	0.7	0.6

### 2.3 藻蓝色素含量与 $\Delta V$ 的关系

在叶绿素含量相同的情况下,按表2在内池加入不同量的藻蓝色素液,分别测定 $\Delta V$ 。结果列于表2。从表2可以看出,当膜中藻蓝色素含量饱和后, $\Delta V$ 不再升高。

表2 藻蓝色素含量与 $\Delta V$ 的关系

加入藻蓝色素量(滴)	0	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta V/mV$	1.9	3.2	4.4	5.0	5.5	6.0	6.0	6.0

螺旋藻是微型蓝藻,含蛋白质60%~70%,其中主要是藻蓝蛋白,它所结合的色素就是藻蓝色素。最大光吸收峰在618 nm。它的分子结构是直链四吡咯环,是一种高效的捕光色素,它可溶于水。螺旋藻还含有少量叶绿素a和 $\beta$ -胡萝卜素,也都具有捕光功能。叶绿素Chl是一种镁-卟啉络合物。叶绿素a的最大光吸收峰在420 nm和660 nm。叶绿素b的最大光吸收峰在435 nm和643 nm。 $\beta$ -胡萝卜素的最高光吸收在450 nm和480 nm。叶绿素和 $\beta$ -胡萝卜素不溶于水,是脂溶性色素。

由菠菜叶绿体提取液制成的Chl-BLM中,含有叶绿素、脂肪和胡萝卜素。在Chl-BLM孔膜两边是浓度不对称的 $Fe^{2+}$ - $Fe^{3+}$ (电子供体和电子受体)。它们产生跨膜氧化还原电势。若对该膜光照,膜中色素捕光,参与电子转移,因此在膜两边产生光电压 $\Delta V$ 。当在内池加入藻蓝色素后,该色素进入Chl-BLM,辅助捕光,大大降低电子转移通过隧道的能垒\*,从而明显地增强膜的 $\Delta V$ 响应值。由光合作用研究的时间分辨荧光光谱发现,在光合作用系统光能吸收传输路线是:

藻红蛋白 $\rightarrow$ 藻蓝蛋白 $\rightarrow$ 别藻蓝蛋白 $\rightarrow$ 叶绿素a(光合作用反应中心)。

所以,在这里Chl-BLM的光响应,可认为光首先被藻蓝色素吸收,传到叶绿素,激活叶绿素,进而通过隧道效应传递电子。

## 3 结 语

螺旋藻藻蓝色素可增强Chl-BLM的光电压 $\Delta V$ 一倍以上。叶绿素在膜中含量越高 $\Delta V$ 越高。被光激活的色素作为光驱动的“泵”,使电子转移更容易。这种仿生膜,一方面提供了一种理论研究方法,另一方面为光电生物传感器提供了一种人工敏感膜结构和天然色素的一种定量测定方法。

### 参 考 文 献

- 1 Tien H Ti, Salamon Z. 以双层脂膜为基础的生物传感器和器件及其应用及展望. 生物化学与生物物理进展, 1992, 19(2), 100~104
- 2 Tien H Ti. 人造双分子层膜. 北京, 高等教育出版社, 1987, 1~9, 72~131

\* Chen C H, Berns D S. biochemistry. 1975, 72(9), 3407~3411