

# 磁场对紫色非硫光合细菌脱氢酶活性的影响\*

麻海珍

吴国庆 牛志卿

(太原工业大学数理力学系, 太原 030024)

(太原工业大学环境工程系, 太原 030024)

**摘要** 研究并比较磁场作用下紫色非硫光合细菌(PSB)自然细胞和固定化细胞的某些性质。结果表明在最佳磁场作用下2种细胞的热稳定性、pH稳定性良好。与不加磁场一样,最适温度为30℃—40℃,最适pH值为8,但自然细胞脱氢酶活力比对照组提高10%—20%,固定化细胞提高20%—30%。磁场使细胞对金属离子( $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ )敏感性增加。2种细胞最佳磁场值不同,固定化细胞在最佳磁场作用下在4℃冰箱中保存45—210 d脱氢酶活性稳定,仍可提高20%,在无磁场的同等条件下固定化细胞比自然细胞脱氢酶活力高1.5—2倍,显示出PSB细胞固定化处理的优越性。

**关键词** 磁场,磁生物效应,紫色非硫光合细菌,固定化细胞,脱氢酶。

紫色非硫光合细菌(简称PSB)可以净化高浓度有机废水、粪便污垢、印染及造纸等废水,在废水生物处理中起着重要作用<sup>[1,2]</sup>。废水生物处理是利用微生物的多种酶系催化进行的一系列生物氧化还原反应。其中脱氢酶使被氧化有机物的氢原子活化并传递给特定的受氢体,脱氢酶的活性可用以反映处理体系内活性微生物量及对有机物的降解活性,因此提高PSB脱氢酶活性对废水生物处理有着重要的意义。

随着磁技术及磁生物效应在环境保护和生物工程等领域的应用,磁场对微生物及其酶影响的研究也越来越受到重视<sup>[3-6]</sup>。笔者曾研究磁场对PSB细胞脱色酶活性的影响<sup>[7]</sup>,结果指出,当最适磁场作用于PSB固定化细胞时,脱色酶活力提高10%—20%,脱色速度增快33%,表现出正的磁生物效应。本文报道磁场对自然细胞和固定化细胞脱氢酶活性的影响及性质比较,为将有益磁生物效应用于废水生物处理提供实验基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

(1)菌种 紫色非硫光合细菌混合菌株由本课题组分离筛选。

(2)培养剂 YP培养剂或修改后的Van Niel's液体培养剂。

(3)固定化细胞制备 利用凝聚剂将菌体聚集在一起,再加入微量戊二醛处理,经解糖活化培养备用。

(4)试剂 氯化三苯基四氯唑(TTC)-葡萄糖标准溶液。0.1 g TTC与1.0 g葡萄糖共溶于100 ml水中。

三羟甲基氨基甲烷(Tris)-HCl缓冲溶液,pH8.4。

三氯甲烷(分析纯)。

(5)磁性材料 由钡铁氧体磁粉提供磁场,表面磁场强度为4000 A/m。

### 1.2 脱氢酶活力测定方法

取湿重3 g的PSB自然细胞和固定化细胞分别置于250 ml锥形瓶中加培养基至100 ml,制成菌体湿重为30 g/L的菌液,置于冰箱中保存待用。依照文献<sup>[8]</sup>方法测定。将1 h产生1  $\mu\text{g}$  TF的量定义为一定酶活力单位。

## 2 结果与讨论

### 2.1 磁场对PSB自然细胞和固定化细胞脱氢酶活力的影响

分别吸取细胞浓度等量的PSB自然细胞和固定化细胞置于若干锥形瓶中,并按照0.3 g%—2.0 g%不同比例分别投加磁粉,因而在菌

\* 山西省八五科技攻关项目  
收稿日期:1994-12-02

液中形成不同程度的磁场,同时做未加磁粉对照组。在 37℃、pH8.4 的条件下测定脱氢酶活力,以对照组脱氢酶活力为 100%,计算加磁场时的相对酶活力,见图 1。图 1 表明,磁场作用对 PSB 自然细胞和固定化细胞脱氢酶活力在适当磁场值时表现为正磁生物效应,而且 2 种细胞存在不同最佳磁场值。自然细胞投加 0.6 g%,固定化细胞投加 1.2 g%为最佳。自然细胞较对照组提高 10%—20%,固定化细胞提高 20%—30%。

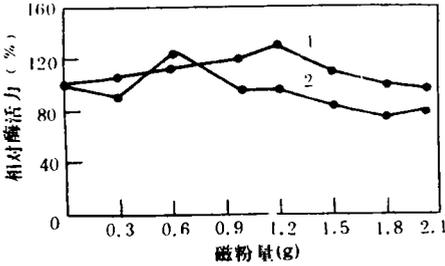


图 1 磁场对 PSB 脱氢酶活力的影响  
1. 自然细胞 2. 固定化细胞

### 2.2 磁场作用的累积效应

将最佳磁场作用下的 2 种细胞在 pH8.4 条件下置于 37℃ 恒温箱中静止培养,每隔  $\frac{1}{2}$  h 取定量菌液测定脱氢酶活力,表 1 表明随着磁场作用时间的增长,脱氢酶活力提高,磁场作用具有一定累积效应。对自然细胞作用时间较长时磁效应才明显,固定化细胞在短时间内对磁场产生敏感性。

表 1 磁场作用的累积效应

磁场作用时间 (h)	相对酶活力(%)			
	自然细胞		固定化细胞	
	无磁场	有磁场	无磁场	有磁场
0	100	109	100	118
0.5	100	112	107	122
1.0	101	122	107	128
1.5	104	122	108	132
2.0	106	128	110	150
2.5	118	140	119	159
3.0	120	149	127	168
3.5	128	154	137	165
4.0	142	173	160	169
24.0	203	239	205	220

### 2.3 磁场作用下 PSB 自然细胞和固定化细胞

#### 脱氢酶的某些性质

##### 2.3.1 脱氢酶的最适温度和最适 pH 值

将最佳磁场作用下的 2 种细胞及对照组分别置于不同温度和不同 pH 条件下进行反应,测脱氢酶活力,以标准条件下无磁场的自然细胞脱氢酶活力为 100%,计算相对酶活力,见图 2、图 3。结果表明在最佳磁场条件下 2 种细胞最适

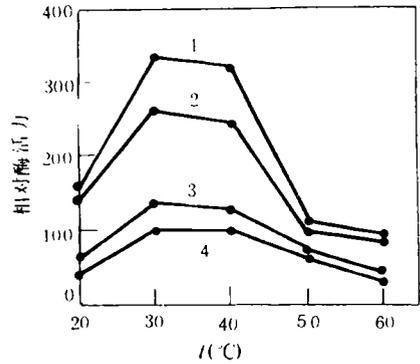


图 2 温度对脱氢酶的影响

- 1. 固定化细胞,有磁场 2. 固定化细胞,无磁场
- 3. 自然细胞,有磁场 4. 自然细胞,无磁场

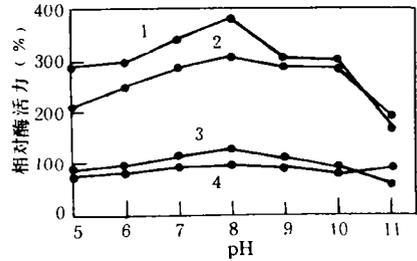


图 3 pH 值对脱氢酶的影响

图中曲线标号意义与图 2 同

温度与无磁场时一样,为 30℃—40℃,最适 pH 值为 8。自然细胞脱氢酶活力比对照组提高 10%—20%,固定化细胞提高 20%—30%。

##### 2.3.2 脱氢酶的热稳定性和 pH 稳定性

在 pH8.4 的条件下将磁场作用的 2 种细胞与对照组分别在 30、40、50、60℃ 下恒温处理 30 min,测脱氢酶活力,求相对值,见图 4。经不同温度处理后自然细胞和固定化细胞的脱氢酶活力均在 30℃—40℃ 范围内稳定,与不加磁场时一样。在 50℃—60℃ 即使在磁场作用下,脱氢酶活力仍丧失 60% 左右。

在 pH 值分别为 5、6、7、8、9、10 的条件

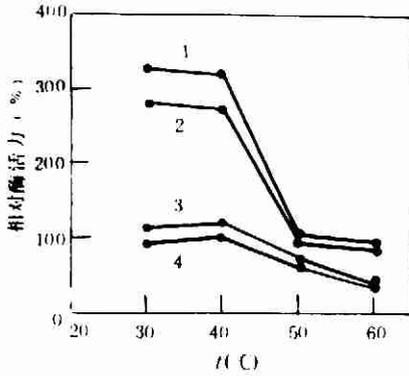


图 4 自然细胞和固定化细胞的热稳定性  
图中曲线标号意义与图 2 同

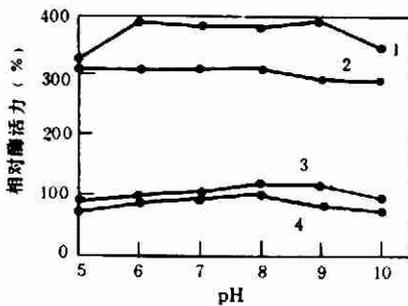


图 5 自然细胞和固定化细胞的 pH 稳定性  
图中曲线标号意义与图 2 同

下,将最佳磁场作用下的 2 种细胞与对照组置于 37℃ 恒温箱内处理 24 h,测酶活力。图 5 表明在磁场作用下经不同 pH 处理后酶活力得到提高,尤其以 pH 值 8—9 为最好。固定化细胞提高较多。磁场作用下 2 种细胞都具有较宽广的 pH 值稳定范围。

### 2.3.3 金属离子对 PSB 自然细胞和固定化细胞脱氢酶活力的影响

将加磁场及金属离子的 2 种细胞及对照组在 37℃ 恒温箱中静止培养 24 h,测定脱氢酶活力,见表 2。 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 对脱氢酶活性有一定钝化作用, $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 可提高脱氢酶活力。细胞固定化后对某些金属离子敏感性增加,加磁场后作用更明显,酶活力提高较大。如固定化细胞对  $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  敏感性增加,酶活力提高 40% 左右,而对  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  则自然细胞敏感。

### 2.4 磁场作用下 PSB 细胞的保存

表 2 磁场作用下金属离子对脱氢酶的影响

金属离子 (mol/L)	相对酶活力(%)			
	自然细胞		固定化细胞	
	无磁场	有磁场	无磁场	有磁场
对照组	100	116	100	107
$\text{Cu}^{2+}$	29	31	29	37
$\text{Zn}^{2+}$	93	120	100	133
$\text{Fe}^{2+}$	100	121	105	143
$\text{Mn}^{2+}$	128	150	113	129
$\text{Mg}^{2+}$	107	153	118	122
$\text{Co}^{2+}$	57	94	85	127
$\text{Ni}^{2+}$	16	16	21	33

表 3 表明,将最佳磁场作用下的 2 种细胞置于 4℃ 冰箱中保存 45—210 d,磁场对固定化细胞脱氢酶活性的影响基本稳定,酶活力仍提高 20% 左右。自然细胞则以投加 0.3 g% 磁粉的磁场效果更好。

表 3 磁场作用下 PSB 细胞的保存稳定性

保存时间 (d)	相对酶活力(%)					
	自然细胞			固定化细胞		
	0	0.3	0.6	0	1.0	1.2
0.05	100	90	118	100	108	120
45	105	109	92	97	109	131
210	97	121	71	95	108	119



图 6 磁粉表面吸附的 PSB 细胞



图 7 磁粉外观及 PSB 菌膜

## 2.5 磁场作用下 PSB 细胞的电镜扫描观察

对加磁粉的 PSB 菌体做电镜扫描,发现由于磁粉具有较强的吸附性能,菌体可以磁粉做为载体被吸附固定形成菌膜,见电镜扫描照片(图 6、图 7)。

## 3 结 语

(1) 稳恒弱磁场作用下 PSB 自然细胞和固定化细胞脱氢酶活力比对照组均有提高,磁场强弱与脱氢酶活力提高不存在线性关系,而存在最佳值,磁场作用具有一定累积效应。

(2) 无磁场作用时,固定化 PSB 细胞在同等条件下比自然细胞脱氢酶活力高 1.5—2 倍。在最佳磁场作用下,固定化 PSB 细胞脱氢酶活力比不加磁场对照组提高 20%—30%,而自然细胞只提高 10%—20%,固定化细胞保存稳定

性良好。

(3) 用投加钡铁氧体磁粉法建立磁场方法简单、经济,管理方便。此外还可使菌体以磁粉为载体被吸附固定形成菌膜,以减少菌体流失。

本实验表明,合理应用固定化细胞技术及磁技术于废水生物处理,将会发挥巨大作用,值得进一步试验研究。

## 参 考 文 献

- 1 顾祖宜等. 中国环境科学. 1985, 5(2): 29
- 2 吴国庆等. 环境科学. 1989, 10(5): 46
- 3 李国栋. 生物磁学及其应用. 北京: 科学出版社, 1983: 131
- 4 刘 信. 近代微生物学研究. 1988(1): 54
- 5 Harberditzl W. Nature. 1967, 213: 72
- 6 Wajda T Rod. Environ. Biophys. 1980, 18: 275
- 7 麻海珍, 吴国庆. 太原工业大学学报. 1993, 24(4): 51
- 8 Hirayama K K. Water Res. . 1986, 20(4): 491

## · 环境信息 ·

### OCO 污水净化装置简介

丹麦环境与能源代表团技术座谈会于 1994-06 在北京召开。其中, Puritek 公司开发的污水处理工艺——OCO 工艺, 较有新意。

OCO 污水净化工艺流程由 OCO 曝气池及二沉池组成。曝气池由 3 个相互联接的圆形结构及带有半圆形隔板的结构组成, 它分为厌氧区(第 1 区)、缺氧区(第 2 区)和好氧区(第 3 区), 每个区中有一个放在水下的搅拌器, 使水产生水平流动。在无隔板区, 可以做到控制水流混合的程度。

OCO 较传统装置不同的是, 这种循环不用泵, 而是用两区间搅拌器控制水的混合程度。在确保好氧及缺氧区水的有效相互循环的条件下, 按照一个设置好的循环顺序来控制曝气池中的曝气及水流条件: 在曝气条件下, 第 3 区的搅拌器转动, 而第 2 区的不运行, 此时, 可忽略 2 区的混合, 这样, 第 2 区保持缺氧, 而第 3 区是好氧; 当曝气在特定的时间停止, 搅拌器 2 开始运

行, 可导致水流进入 3 区, 因而进行 2 区水的混合。然后再进行下一次循环, 如此往复。在第 2 区和第 3 区真正分开的那部分, 装有一定数量的曝气头。只有在这部分, 废水才进行曝气。

在 OCO 池子中有好氧、缺氧、厌氧 3 种不同的运行条件, 在同一池子中去除有机物和氮成为可能。而且装置在确保废水在好氧和缺氧条件的交替运行的次数越多, 氮的去除率就越高。

在 OCO 池中, 废水中磷的去除是通过生物除磷和硫酸亚铁絮凝沉淀完成的。其操作费用较单纯采用絮凝沉淀剂要便宜。

OCO 污水净化装置中氮和磷的去除率及有机物去除率都较高, 且此方法较之传统的污水处理装置可以节约占地, 构筑物费用及操作运行费用。

北京市环境保护科学研究院

申立贤和王晓惠供稿

## Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

**Response Characteristics of Phenol on a Tyrosinase Biosensor.** Hu Xiaoya et al. (Dept. of Chem. Teacher's School, Yangzhou Univ., Yangzhou 225002); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 1-3

The response time decreases in the presence of catechol. The principal factors influencing the sensitivity were described. The amperometric biosensor of tyrosinase was prepared firstly by immobilizing tyrosinase onto preactivated polyamide support which contacted tightly with wax-impregnated graphite electrode. Amperometric measurements of phenol in water were carried out by applying a potential of  $-0.200 V_{vsSCE}$  in a  $0.1 \text{ mol/L}$  phosphate buffer of pH 6.50 and  $5 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  catechol at  $25^\circ\text{C}$ . The preparation, storage and replacement of immobilized enzyme are convenient. No activity of immobilized enzyme was lost during five months of storage, with linear range of  $2 \times 10^{-7} - 1.25 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  of phenol.

**Key words:** electrode, biosensor, enzyme, tyrosinase, phenol.

**Effect of Magnetic Field on Dehydrogenase Activity of Purple Nonsulfur Photosynthetic Bacteria.** Ma Haizhen et al. (Taiyuan Univ. of Technology, Taiyuan 030024); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 4-7

Some properties of native and immobilized cells of purple nonsulfur photosynthetic bacteria (PSB) were studied and compared under the condition of magnetic field. The results show that under the condition of optimum magnetic field both types of cells were thermally and pH stable, with an optimum dehydrogenase temperature of  $30 - 40^\circ\text{C}$ , and an optimum pH of 8. As compared to the control, the dehydrogenase activity was 10% - 20% higher for native cells and was 20% - 30% higher for immobilized cells. The magnetic field augmented the sensitivity of PSB to metal ions ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). But these two types of cells were different in the value of optimum magnetic field and the accumulative effect of magnetic field. The effect of magnetic field on the dehydrogenase activity of immobilized cells remained constant after 45 - 210 days of storage at  $4^\circ\text{C}$ , with a dehydrogenase activity improved by 20%.

Immobilized cells had a dehydrogenase activity of 150% - 200% higher than native cells under the same conditions but without an applied magnetic field.

**Key words:** magnetic field, magnetic biological effect, purple nonsulfur photosynthetic bacteria, immobilized cells, dehydrogenase.

**Study on Two-phase Anaerobic Digestion Process for Treating High Strength Organic Wastewater Containing a High Level of Sulphate.** Yang Jingliang et al. (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 8-11

A two-phase anaerobic digestion process has been developed for treating high strength organic wastewater containing a high level of sulphate. The system comprises: ① anaerobic filter packed with Rasching rings which was used as an acidogenic reactor with a volumetric loading of  $5 \text{ kg SO}_4^{2-}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  and a  $\text{SO}_4^{2-}$  removal efficiency of 80%; ② a desulphiding reactor with a sulphide removal rate of more than 90% of which more than 95% was converted to  $\text{S}^0$ ; ③ a methanogenic reactor with a COD volumetric loading rate of  $15.8 \text{ kg COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  and a COD removal efficiency of 83.3%. The whole system has an overall COD removal efficiency of 87.6% and a  $\text{SO}_4^{2-}$  removal efficiency of 99.4% - 100%.

**Key words:** organic wastewater containing sulphate, sulphate reducing bacteria, two-phase anaerobic digestion process.

**Information Theoretic Indices and Application to Predicting the Toxicities of Organophosphorus Pesticides.** Peng Ji et al. (Institute of Environmental Medicine, Tongji Medical Univ., Wuhan 430030); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 12-14

The information theoretic indices and the valence molecular connectivity indices as the characteristics of molecular structure were applied to predicting the toxicities of organophosphorus pesticides. Radical information parameter was suggested. According to the data on acute toxicities of 114 organophosphorus pesticides and different channels that the pesticides were given, the qualitative and quantitative prediction models were estab-