

# 一株高效苯酚降解菌的选育及降酚性能研究

袁利娟<sup>1,2</sup> 姜立春<sup>2</sup> 彭正松<sup>1</sup> 阮期平<sup>2\*</sup>

(1. 西华师范大学生命科学学院 四川 南充 637100)

(2. 绵阳师范学院分子生物学与生物制药重点实验室 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 从一绝缘材料厂的污水中分离得到一株可高效降解苯酚的菌株 JY01, 该菌株的形态和理化特征与 *Bacillus* 基本相同, 其 16S rDNA 序列与 *Bacillus simplex* (AM9216370) 的相似性为 99.01%。在接种量为 2% 的条件下, 该菌在 pH 为 6.0~9.0 和温度为 18°C~36°C 的范围内保持对苯酚良好的降解能力; 30 h 内, 当苯酚浓度为 1100 mg/L 和 1300 mg/L 时, 其降解率分别为 99.16% 和 74.76%。这将为进一步采用生物法处理含酚废水提供了可靠的控制条件。

**关键词:** 芽孢杆菌, 16S rDNA, 苯酚, 生物降解

## Breeding of the High Phenol-degraded Bacterium JY01 and Study on Phenolic Biodegradation

YUAN Li-Juan<sup>1,2</sup> JIANG Li-Chun<sup>2</sup> PENG Zheng-Song<sup>1</sup> RUAN Qi-Ping<sup>2\*</sup>

(1. College of Life Science, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637100, China)

(2. Key Laboratories for Molecular Biology and Biopharmaceuticals,  
Mianyang Normal College, Mianyang, Sichuan 621000, China)

**Abstract:** A strain JY01 (*Bacillus* sp. JY01) isolated from wastewater of insulating materials plant had strong ability of phenol degradation. The morphological and physiological characteristics of JY01 were almost the same as *Bacillus*. The sequence alignment algorithm of the 16S rDNA gene of JY01 shared 99.01% similarity with the typical strain *Bacillus simplex* (AM921637). Under the conditions of incubation amount of 2%, it could preserve high degradation activities of phenol in the range of the pH 6.0~9.0 and the temperature 18°C~36°C. With the phenol concentration of 1100 mg/L and 1300 mg/L, the degradation rates were 99.16% and 74.76%, respectively. The experiment offered a comparatively reliable parameter for the phenolic wastewater treatment.

**Keywords:** *Bacillus*, 16S rDNA, Phenol, Biodegradation

苯酚广泛存在于石油、炸药、肥料、橡胶、制革、造纸等多种工业废水中, 毒性大且难降解, 被许多国家的环保组织列为优先控制的污染物<sup>[1,2]</sup>。近年来, 随着生物新技术的发展, 用微生物降解法处理高浓度含酚废水的研究越来越受到人们的关注。目

前, 已发现多种酚降解菌, 包括热带假丝酵母菌 (*Yeasttrichosporon*)<sup>[3]</sup>、根瘤菌 (*Rhizobia*)<sup>[4]</sup>、醋酸钙不动杆菌 (*Acinetobacter calcoaceticus*)<sup>[5]</sup>、假单胞菌 (*Pseudomonas* sp.)<sup>[6,7]</sup>、真养产碱菌 (*Alcaligenes eutrophus*)<sup>[8]</sup>、藻类 (*Ochromonas danica*)<sup>[9]</sup>、热葡萄糖

\* 通讯作者: ✉: rqp2200070@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-10-22; 接受日期: 2009-02-10

甘酶芽孢杆菌(*Geobacillus thermoglucosidasius*)<sup>[10]</sup>、芽孢杆菌(*Bacillus*)<sup>[11]</sup>、产酸克雷伯菌(*Klebsiella oxytoca*)<sup>[12]</sup>、红球菌(*Rhodococcus*)<sup>[13]</sup>、*Ralstonia metallidurans*<sup>[14]</sup>等。本实验室从某绝缘材料厂污水中分离出一株苯酚高效降解菌,经鉴定为芽孢杆菌(*Bacillus* sp.),将其命名为JY01菌,并研究了JY01菌株的苯酚降解特性,为建立含酚废水处理新工艺提供重要的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

**1.1.1 废水样品:** 采自四川东方绝缘材料股份有限公司的污水池,采集时:水温 29℃,样品颜色淡黄色,有臭味。

**1.1.2 主要药品:** 苯酚:购自成都市联合化工试剂研究所,为分析纯AR。

**1.1.3 培养基:** 驯化筛选培养基:牛肉膏 3 g,蛋白胨 10 g, NaCl 5 g, 琼脂 20 g, 苯酚(根据需要加入),加蒸馏水定容至 1 L; 菌种培养基:牛肉膏 3 g,蛋白胨 10 g, NaCl 5 g, 加蒸馏水定容至 1 L; 无机盐培养基: K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.5 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.5 g, NaCl 0.2 g, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 1.0 g, MgSO<sub>4</sub> 0.2 g, CaCl<sub>2</sub> 0.2 g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.01 g, 微量 MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, 苯酚(根据需要加入),加蒸馏水定容至 1 L。

### 1.2 分离筛选

**1.2.1 初筛:** 将废水样品梯度稀释成 10<sup>-1</sup>、10<sup>-2</sup>、10<sup>-3</sup>、10<sup>-4</sup>、10<sup>-5</sup>、10<sup>-6</sup> 六个梯度,分别涂布于苯酚浓度为 200 mg/L 的筛选培养基平板上,30℃ 培养 20 h。

**1.2.2 驯化筛选:** 挑取单菌落接种于苯酚浓度为 200 mg/L 的驯化筛选培养基平板上,30℃ 培养 20 h,依次增高培养基中苯酚浓度直到 1200 mg/L。

### 1.3 菌株鉴定

**1.3.1 形态及理化鉴定:** 形态和生理生化鉴定参照文献[15]。

**1.3.2 分子鉴定:** 细菌总 DNA 提取见参考文献[16],利用 PCR 技术从菌总 DNA 中扩增其 16S rDNA 片段。PCR 反应体系(50 μL)如下: 无菌去离子水 32.25 μL, 10× Buffer 5.0 μL, MgCl<sub>2</sub> (2.0 mmol/L) 4.0 μL, dNTPs (2.5 mmol/L) 4.0 μL, 引物 1(p27f:

5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3', 20 pmol/L) 1.75 μL, 引物 2(p1429r: 5'-GGCTACCTTGTTACGACTT-3', 20 pmol/L) 1.75 μL, Taq plus 聚合酶 (5 U/μL) 0.25 μL, 模板 DNA 1.0 μL。反应条件为: 94℃ 5 min; 94℃ 30 s, 55℃ 50 s, 72℃ 80 s, 35 个循环; 72℃ 10 min。PCR 反应产物经 0.8% 琼脂糖凝胶电泳 EB 染色后,用紫外分析仪检测。回收琼脂糖凝胶上的 PCR 产物,在 30 μL 的反应体系: 目的片段 6.0 μL, 10× Buffer 3.0 μL, pMD-18T 1.0 μL, T<sub>4</sub> DNA Ligase 2.0 μL, ddH<sub>2</sub>O 18 μL 中进行连接。转化 *E. coli* DH5α 的感受态细胞,然后在含氨苄青霉素 Amp/IPTG/Xgal 的平板上筛选白斑,再经碱裂解法提取重组 T 质粒,进行电泳检测。将连接成功的大肠杆菌菌液寄至上海英骏生物技术公司测序。用 Clustal X 软件,将测定得到的 16S rDNA 序列与 GenBank 中的已知序列进行序列比对和同源性分析。然后将此生成的文件输入到 Phylyp 3.67 软件进行系统发育树的构建。

### 1.4 菌株生长及降解苯酚特性研究

JY01 在牛肉膏蛋白胨液体培养基中培养 6 h (30℃、180 r/min),当 OD<sub>600</sub> 0.8 时,离心分离菌体,生理盐水洗涤 2 次,悬于 10 mL 无菌水中。以 2% 的接种量接种于无机盐培养基中,按设定的时间、温度、pH、苯酚浓度振荡培养,采用 4-氨基安替比林法<sup>[17]</sup>测发酵液中苯酚浓度。在最佳条件下测菌体生长量与苯酚降解的关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 耐酚菌株的筛选与鉴定

废水样品经初筛和驯化筛选,获得 4 株耐酚菌株,分别命名为 JY01、JY02、JY03、JY04。其降解性能依次为 JY01 > JY02 > JY03 > JY04。

菌落特征及部分理化特征: JY01 菌落颜色乳白不透明,呈圆形,直径 1.0 mm~3.0 mm,边缘整齐,菌落略隆起,表面光滑有光泽,质地湿润;光学油镜观察,菌体呈杆状,有椭圆形芽孢;革兰氏染色阴性, V.P 反应结果为阴性,甲基红实验结果阴性, 吡啶实验结果为阴性,葡萄糖发酵为阳性。由此初步判定, JY01 菌株属于芽孢杆菌属。

所测 JY01 菌株的 16S rDNA 序列(1520 bp)如下:

CTAGATTGGCTACCTTGTTACGACTTCACCCCAATCATCTGTCCACCTTAGGGGGCTGGCTCCATGAAGGTTACCTCACCGACTT  
CGGGTGTTACAACTCTCGTGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGGCCCGGAACGTATTCACCGCGGCATGCTGATCCGCGATTAC  
TAGCGATTCCGGCTTCATGCAGGCGAGTTGCAGCCTGCAATCCGAAGTGAAGATGGCTTTATGGGATTGCTTACCTTCGCGAGTT  
TGCAGCCCTTTGTACCATCCATTGTAGCAGTGTGTAGCCAGGTGATAAGGGGCATGATGATTTGACGTATCCCCACCTTCCTC  
CGGTTTGTACCGGCAGTCACCTTAGAGTGCCCACTGAATGCTGGCACTAAGATCAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACC  
CAACATCTCACGACACGAGCTGACGACAACCATGCACCACCTGTCACTCTGTCCCCGAAGGGGAAGCCCTATCTCTAGGGTTGT  
CAGAGGATGTCAAGACCTGGTAAGGTTCTTCGCGTTGCTTCGAATTAACCACATGCTCCACCGCTTGTGCGGGCCCCGTCATT  
CCTTTGAGTTTCAGCCTTGGCGCGTACTCCCCAGGCGGAGTGCTTAATGCGTTAGCTGCAGCACTAAGGGCGGAAACCCTCTAA  
CACTTAGCACTCATCGTTTACGGCGTGGACTACCAGGGTATCTAATCCTGTTTGTCTCCACGCTTTCGCGCCTCAGTGTCAGTTA  
CAGACCAGAAAGTCGCTTCGCCACTGGTGTCTCCTCAATCTCTACGCATTTACCGCTACACTTGAATTCCACTTTCCTCTTC  
TGCACTCAAGTTCCCCAGTTTCCAATGACCCCTCCACGGTTAGCGGTGGGCTTTCACATCAGACTTAAGGAACCACCTGCGCGCGC  
TTTACGCCCAATAATCCGGACAACGCTTGCCACCTACGTATTACCGCGGCTGCTGGCACGTAGTTAGCGGTGGCTTCTGGTTAG  
GTACCGTCAAGGTACCAGCAGTTACTCTGGTACTTGTCTTCCCTAACAACAGAAGTTTACGACCCGAAGGCCTTCTCGTTACG  
CGGCGTTGCTCCGTGAGCTTTCGTCCATTGCGGAAGATTCCCTACTGCTGCCTCCCGTAGGAGTCTGGGCGGTGTCTCAGTCCCA  
GTGTGGCCGATCACCTCTCAGGTGCGGTACGCATCGTGCCTTGGTGAGCCATTACCTACCAACTAGCTAATGCGCCGCGGGCC  
CATCTATAAGTGACAGCGTAAACCGTCTTTCATCTTCTCTCATGCGAGAAAAGACGTATCCGGTATTAGCTCCGGTTTCCGAA  
GTTATCCAGTCTTATAGGCAGGTTGCCACGTGTTACTACCCGTCGCGCGCTAATCTCAGGGAGCAAGCTCCCGTCGATTGCGT  
CGACTTGATGTATTAGGCACGCCGCCAGCGTTCGTCTGAGCCAGGATCAAACCTCTA

上述序列经 NCBI 数据库 Blast 搜索显示：GenBank 中与该序列一致性大于 95% 的序列全部来自于 *Bacillus* sp. 属细菌。通过 Clustal X 软件的多序列比较和 Phylip 3.67 软件分析得到以 16S rDNA 序

列为基础的系统发育树，见图 1。由系统发育树表明，在 11 种菌种中，JY01 与 AM921637 菌株同源性达 99.01%，因此，JY01 菌株为 *Bacillus* sp. 属细菌，命名为 *Bacillus* sp. JY01，基因注册号为 EU798946。

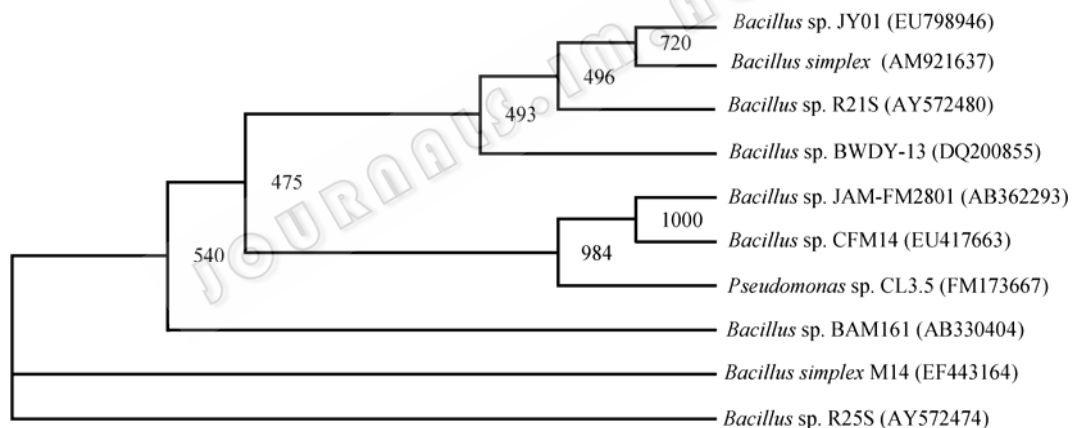


图 1 株系统发育树

Fig. 1 The construction of the phylogenetic tree by 16S rDNA of JY01

Note: Numerals on branches are the supporting percentage by 1000 replicates.

## 2.2 JY01 苯酚降解特性

**2.2.1 时间：**将 JY01 以 2% 接种于 50 mL 无机盐培养基中(苯酚浓度为 500 mg/L, pH 7.0), 于 180 r/min、30°C 下振荡培养，每隔 6 h 取样测苯酚浓度。结果表明：苯酚浓度随培养时间的延长而降低，在 30 h 时，培养液中苯酚浓度仅为 12.70 mg/L，其降解率已达到 97.42%，见图 2。

**2.2.2 温度：**将 JY01 以 2% 的量接种于 50 mL 无机盐培养基中(苯酚浓度为 500 mg/L, pH 7.0)，于 180 r/min、不同温度下振荡培养 30 h，取样测苯酚浓度。结果表明：在 23°C~36°C 之间，培养液中苯酚浓度均低于 56.86 mg/L，即其降解率均在 88.27% 以上；在 32°C 时降解率达到最高，为 99.42%，说明该菌降酚最适温度为 32°C，这与相关报道基本一

<http://journals.im.ac.cn/wswxtbcn>

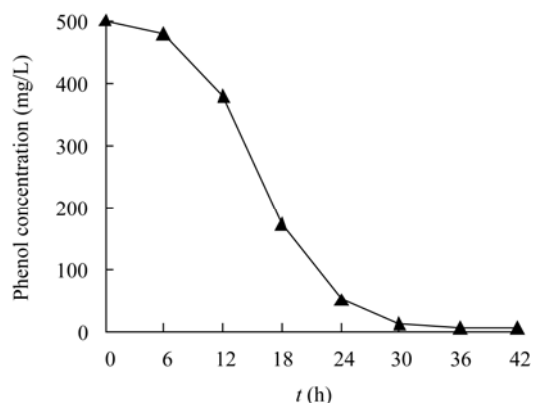


图2 JY01 培养液中苯酚浓度和时间的关系  
Fig. 2 The relations of phenol concentration with time in the medium

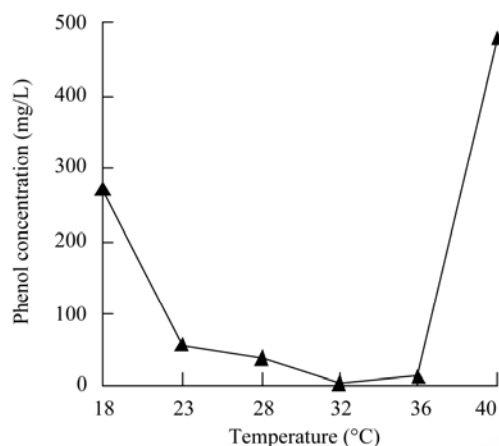


图3 JY01 培养液中苯酚浓度与温度的关系  
Fig. 3 The relation of phenol concentration with temperature in the medium

致<sup>[18]</sup>, 见图3。

**2.2.3 pH:** 将 JY01 接种于不同 pH 的 50 mL 无机盐培养基中(苯酚浓度 500 mg/L, 接种量 2%), 于 180 r/min、32°C 下振荡培养 30 h, 取样测苯酚浓度。结果表明: 在 pH 为 6.0~9.0 之间, 培养液中苯酚浓度较低, 其中当 pH 7.5 时, 苯酚浓度仅为 3.5 mg/L, 降解率达到 99.38%。而在较酸和较碱条件下, 降酚能力受到抑制, 这可能是由于 pH 改变, 引起微生物表面电荷改变, 进而影响微生物对污染物的吸收, 见图4。

**2.2.4 JY01 对苯酚的降解能力:** 将 JY01 按 2%接

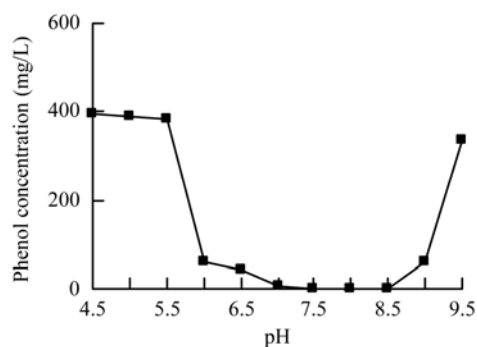


图4 JY01 培养液中苯酚浓度和 pH 的关系  
Fig. 4 The Relations of phenol concentration with time in the medium

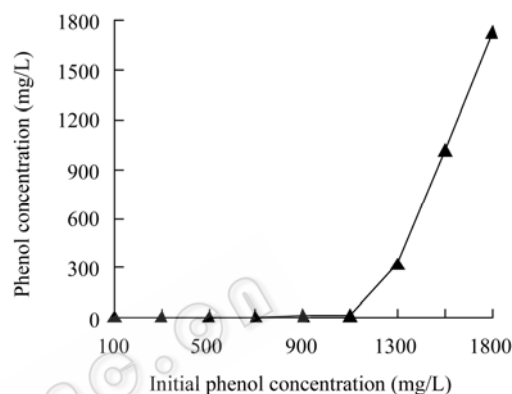


图5 JY01 的苯酚降解能力  
Fig. 5 Phenol degradation ability of JY01

种量接种于 50 mL 不同苯酚含量, pH 7.5 的无机盐培养基中 180 r/min、32°C 下振荡培养 30 h, 取样测苯酚浓度。结果表明: 当苯酚浓度 1100 mg/L 时, 培养基中苯酚均几乎被完全降解; 当培养基中苯酚浓度达到 1300 mg/L 以上时该菌株的生长及降酚能力才开始受到抑制。见图5。

**2.2.5 接种量:** 将 JY01 按不同接种量接种于 50 mL 无机盐培养基中(苯酚浓度 1100 mg/L, pH 7.5), 于 180 r/min、32°C 下振荡培养 30 h, 取样测苯酚浓度。结果表明: 除接种量 1%时苯酚降解率略偏低外, 在接种量 2%~8%的范围内, JY01 的苯酚降解率均达到 99%以上, 见表1。

表1 接种量对 JY01 降解苯酚能力的影响  
Table 1 Effect of inoculation amount on phenol-degrading activity of JY01

| 接种量(%, 体积比)<br>Inoculation amount (%, V/V) | 1.0   | 2.0   | 5.0   | 8.0   |
|--|-------|-------|-------|-------|
| 降解率(%)<br>Degradation rate (%)             | 81.23 | 99.22 | 99.31 | 99.40 |

**2.2.6 JY01 生长与苯酚降解之间的关系：**JY01 在最佳条件培养：苯酚浓度 1100 mg/L、pH 7.5、接种量 2%，于 32℃、180 r/min 振荡培养，每隔 6 h 取样测定细菌的生长量( $\lambda=600$  nm, 以未接种的培养基为对照)和苯酚浓度。结果表明：JY01 培养液中苯酚的浓度随细菌数量的增加而降低，在生长延迟期，苯酚浓度降低相对较慢；在对数生长期，苯酚浓度急剧降低；当菌体生长进入平台期时，苯酚几乎被完全降解，即苯酚的降解主要发生在对数生长期。见图 6。

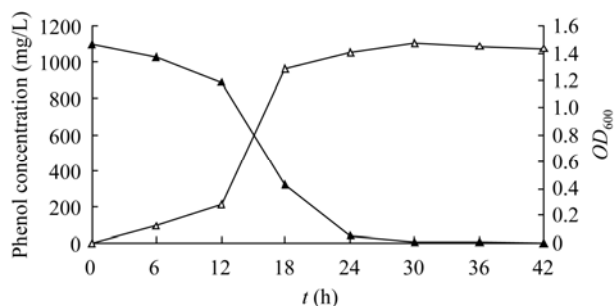


图 6 JY01 的生长曲线和苯酚降解曲线的关系

Fig. 6 The relations of growth curve and phenol-degradation curve

### 3 讨论

微生物处理含酚工业废水是当前研究的热点，并已得到了多种降酚菌，但这些菌株还存在耐酚浓度较低，降酚需时较长，菌体生长及降酚条件适应范围窄等不足，醋酸钙不动杆菌 PHEA-2 最佳降解苯酚的质量浓度为 300 mg/L<sup>[5]</sup>，假单胞菌 phen8 在苯酚浓度低于 7 mmol/L(约 659 mg/L)降解率较高<sup>[8]</sup>，红球菌 PNAN5 菌株在苯酚浓度 2 mmol/L~10 mmol/L(约 188 mg/L~945 mg/L)范围内降解效率保持在 80%~100%之间；假单胞菌 PD39 降解质量浓度为 800 mg/L 的苯酚需 72 h，热葡萄糖苷酶芽孢杆菌 BF80 在 6 mmol/L(约 565 mg/L)苯酚溶液中其生长延迟期大于 50 h。而钱奕忠<sup>[19]</sup>等发现的一株假单胞菌，在 pH 6.79、温度 30℃~37℃ 之间，降解质量分数为 472 mg/L 的苯酚需要 78 h。本实验分离得到的 *Bacillus* sp. JY01 菌株，在 30 h 内、苯酚质量分数 1100 mg/L、pH 6.0~9.0、温度 18℃~36℃ 条件下，苯酚降解率达到 99%以上，而且当苯酚质量分数为 1300 mg/L 时，其降解率仍很高(74.76%)。表明 JY01

菌株能在较宽的范围内迅速、高效降解苯酚。含酚工业废水是一个复杂的体系，尤其是一些高浓度的含酚工业废水更因其毒性而使很多降酚微生物的生长及降酚活性受到抑制，导致用微生物直接处理高酚浓度的工业废水时降解率偏低，需要引入高降解活性菌种来提高含酚废水的降解率<sup>[2]</sup>，因此菌株 *Bacillus* sp. JY01 在高浓度含酚废水处理研究方面具有较高的价值。菌株 *Bacillus* sp. JY01 是从绝缘材料厂废水中分离得到，极有可能具有降解其它芳香族污染物的能力，有关该菌株降解其他芳香族化合物、抗重金属的能力及菌体固定化本实验室正在作进一步研究。

目前，国内外学者对苯酚的降解机制、代谢途径，已有较为统一的认识。在有氧的条件下，苯酚首先被苯酚羟化酶转化为邻苯二酚，再由邻苯二酚 2,3-双加氧酶或 1,2-双加氧酶开环裂解，裂解产物进入三羧酸循环<sup>[20]</sup>。因此，降酚酶的分离提纯和固定化酶处理含酚废水的研究将是生物降解发展的趋势。

### 参考文献

- [1] Vincent G, Angeletti G, Bjvrseth A. Organic micropollutants in the aquatic environment. Kluwer, 1991, p.285.
- [2] 刘琼玉, 李太友. 含酚废水的无害化处理技术进展. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(2): 62-66.
- [3] 周定, 侯文华. 固定化微生物生物处理含酚废水研究. 环境科学, 1990, 11(1): 1-6.
- [4] Lee SG, Hung SP. Removal and bioconversion of phenol in wastewater by  $\alpha$ -thermostable  $\beta$ -tyrosinase. *Enzyme and microbial technology*, 1996, 19: 374-377.
- [5] 陈明, 张维. 醋酸钙不动杆菌 PHEA22 对苯酚降解特性研究. 中国环境科学, 2001, 21(3): 226-229.
- [6] 孙福来. 微生物降解土壤有机污染物研究进展. 农业环境与发展, 2002, 5: 29-31.
- [7] 任河山, 王颖, 赵化冰, 等. 酚降解菌株的分离、鉴定和在含酚废水生物处理中的应用. 环境科学, 2008, 29(2): 482-487.
- [8] 张维, 徐玉泉. 一株苯酚类化合物降解菌超微结构的研究. 核农学报, 2002, 6(6): 366-369.
- [9] 向述荣, 陈秀荣. 降解菌 phen8 的分离筛选及其 16S DNA 序列分析. 微生物学杂志, 2002, 22(6): 199-211.
- [10] 唐赞, 刘沐之, 梁凤来, 等. 一株嗜热菌的分离鉴定

<http://journals.im.ac.cn/wwxtbcn>

- 及其苯酚降解特性. 微生物学通报, 2006, 33(5): 39-44.
- [11] 凌 琪, 汤利华, 陶 勇, 等. 苯酚降解细菌的分离与选育研究. 中国给水排水, 2007, 23(11): 78-82.
- [12] WANG Qiang, MA Pei-sheng, WANG Jia-ning, *et al.* Isolation and identification of a novel strain of klebsiella oxytoca with phenol-degrading activity. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2007, 46: 56-57.
- [13] 沈锡辉, 刘志培, 王保军, 等. 苯酚降解菌红球菌 PNAN5 菌株(*Rhodococcus* sp. strain PNAN5)的分离鉴定、降解特性及其开环双加氧酶性质研究. 环境科学学报, 2004, 24(3): 482-486.
- [14] 吴志国, 王艳敏, 邢志华, 等. 固定化 *Ralstonia metal-lidurans* CH34 降解苯酚研究. 微生物学通报. 2005, 32(4): 31-36.
- [15] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册. 北京: 科学出版社, 2001, pp.353-379.
- [16] Bastin DA, Reeves PR. Sequene and analysis of the O antigen gene (*rfb*) cluster of *Escherichia coli* 0111. *Gene*, 1995, 164(1): 17-23.
- [17] 水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1997, pp.408-410.
- [18] Park Geun-T. Biodegradation of phenol by a trichloroet hyleneo metabolizing acterium. *J Microbiol Biotechnol*, 1998, 8(1): 612-661.
- [19] 钱奕忠, 张 鹏, 谭天伟. 假单胞菌降解含苯酚废水. 实验过程工程学报. 2001, 1(4): 439-441.
- [20] 向述荣, 林 敏. 苯酚的生物降解基因组成及其调控机制. 微生物学杂志, 2001, 21(3): 48-53.

(上接 p.521)

## 征 稿 简 则

### 3.4 摘要写作注意事项

#### 3.4.1 英文摘要:

1) 建议使用第一人称, 以此可区分研究结果是引用文献还是作者得出的; 2) 建议用主动语态, 被动语态表达拖拉模糊, 尽量不用, 这样可以避免好多长句, 以求简单清晰; 3) 建议使用过去时态, 要求语法正确, 句子通顺; 4) 英文摘要的内容应与中文摘要一致, 但可比中文摘要更详尽, 写完后务必请英文较好且专业知识强的专家审阅定稿后再返回编辑部。5) 摘要中不要使用缩写语, 除非是人人皆知的, 如: DNA, ATP 等; 6) 在英文摘要中, 不要使用中文字体标点符号。

3.4.2 关键词: 应明确、具体, 一些模糊、笼统的词语最好不用, 如基因、表达……

## 4 特别说明

### 4.1 关于测序类论文

凡涉及测定 DNA、RNA 或蛋白质序列的论文, 请先通过国际基因库 EMBL (欧洲)或 GenBank (美国)或 DDBJ(日本), 申请得到国际基因库登录号 (Accession No.)后再投来。

### 4.2 关于版权

4.2.1 本刊只接受未公开发表的文章, 请勿一稿两投。

4.2.2 凡在本刊通过审稿、同意刊出的文章, 所有形式的 (即各种文字、各种介质的)版权均属本刊编辑部所有。作者如有异议, 敬请事先声明。

4.2.3 对录用的稿件编辑部有权进行文字加工, 但如涉及内容的大量改动, 将请作者过目同意。

4.2.4 文责自负。作者必须保证论文的真实性, 因抄袭剽窃、弄虚作假等行为引发的一切后果, 由作者自负。

### 4.3 审稿程序及提前发表

4.3.1 来稿刊登与否由编委会最后审定。凡被录用的稿件将及时发出录用通知, 对不录用的稿件, 一般在收稿 1 个月之内通过 E-mail 说明原因, 打印稿不退。稿件经过初审、终审通过后, 作者根据编辑部返回的退修意见进行修改补充, 然后以投稿时的用户名和密码登陆我刊网址上传电子版修改稿, 待编辑部复审后将给作者发送稿件录用通知单, 请作者将修改稿纸稿和签字盖章后的承诺书一并寄回编辑部, 按照稿号顺序进入排队发表阶段。

4.3.2 对投稿的个人和单位一视同仁。坚持文稿质量为唯一标准, 对稿件采取择优先登的原则。如作者要求提前发表, 请在投稿的同时提出书面报告, 说明该研究成果的重要性、创新性、竞争性和提前发表的必要性, 经过我刊的严格审查并通过后, 可予提前刊出。

## 5 发表费及稿费

论文一经录用, 将在发表前根据版面收取一定的发表费并酌付稿酬、赠送样刊及单行本。

## 6 联系我们

地址: 北京市朝阳区北辰西路 1 号院 3 号中国科学院微生物研究所《微生物学通报》编辑部 (100101)

Tel: 010-64807511

E-mail: tongbao@im.ac.cn

网址: <http://journals.im.ac.cn/WSWXTBCN>

<http://journals.im.ac.cn/WSWXTBCN>