

· 专论与综述 ·

# 微生物降解苯胺的研究进展

张逸飞, 何 卿, 焦 涛, 程 城, 王贯中  
(江苏省环境科学研究院, 江苏 南京 210036)

**摘 要:**微生物降解苯胺,是一种有效的环境友好型去除苯胺污染的手段,因此简要综述了国内外在苯胺微生物降解方面的研究进展,主要包括降解苯胺的微生物以及微生物降解苯胺的途径。

**关键词:**苯胺; 降解菌; 进展

**中图分类号:**X172      **文献标识码:**A

## Research Progress of Microbiological Degradation of Aniline

ZHANG Yi-fei, HE Qing, JIAO Tao, CHENG Cheng, WANG Guan-zhong  
(Jiangsu Provincial Academy of Environmental Science, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

**Abstract:** Aniline is a very important material in industry, and its environmental toxicity is paid more attention all over the world. Microbiological degradation is an effective and environment - friendly method to eliminate aniline pollution. Progresses in the research on microbiological degradation of aniline are reviewed, including microorganisms capable of degrading aniline, pathway of aniline degradation.

**Key words:** aniline; microbiological degradation; advance

### 1 概 述

苯胺俗称阿林尼油,是一种无色、油状、可燃、且高毒性液体,有类似腐蛋的臭味,其作为一种重要的化工原料,广泛应用于国防、印染、塑料、油漆、农药和医药工业等。

苯胺是一种严重污染环境和危害人体健康的有害物质,也是一种“三致”物质。由于苯胺对生态生物的毒性,已经被列入“中国环境优先污染物黑名单”中。同时苯胺具有很强的化学稳定性和生物稳定性,他能与腐殖酸转化为更持久的有机污染物,如偶氮苯、氧化偶氮苯、硝基苯、三氮烯等<sup>[1-4]</sup>。

随着化学工业的发展,苯胺的需求量呈明显上升趋势,目前,国内每年生产苯胺在 80 000 t 以上,其下游产品有 150 余种。全世界每年排入环境中的苯胺约为 30 000 t。环境中所含的苯胺类化合物,主要来自于制药、农药和染料废水中,含有硝基苯的矿山酸性废水,在有锌粉和铜盐存在的情况下,也可还原为苯胺;有色金属选矿废水中,也含有少量苯胺类化合物。除此之外,一些污染物质包括偶氮类染料以及杀虫剂的不完全生物降解,也会释放出苯胺到环境中(如苯脲和氨基甲酸苯脂等)<sup>[5]</sup>。

### 2 苯胺的微生物降解、处理研究进展

#### 2.1 降解苯胺的微生物种类

处理含苯胺废水的方法很多,其中利用微生物降解的方法处理含苯胺废水,是一种经济有效且无二次污染的方法<sup>[6]</sup>。目前,国内外的学者对苯胺降解菌开展了大量的研究工作,已筛选到多株高效降解菌<sup>[7-11]</sup>。

可以降解苯胺的微生物以好氧菌为主,其中有诺卡氏菌(*Nocardia*)、*Comamonas acidovorans* AN3 食酸丛毛单胞菌 AN3 株、*Pseudomonas* 食酸孢菌 AK20 菌株、*Ochrobactrum Nitropi* 人苍白杆菌、*Acinetobacter calcoaceticus* 乙酸钙不动杆菌、*Rhodococcus erythropolis* 红串红球菌、*Alcaligenes* 产碱杆菌、*Scenedesmus Obliquus* 斜生栅藻、假单胞杆菌(*Pseudomonas sp.* ZD-13)和芽孢杆菌(*Bacillus sp.* SA-9)、黄杆菌属(*Flavobacterium sp.*)。厌氧菌有苯胺脱硫杆菌(*Desulfo bacteriu maniline*)<sup>[12]</sup>,以及兼性厌氧的 HY99,该菌从生理生化试验结果来

收稿日期:2008-11-18

作者简介:张逸飞(1975—),男,安徽滁州市人,工程师,硕士,研究方向为生物修复及环境微生物。

看,与 *Delftia acidovorans* 最相似,而从 16SrDNA 序列分析,其同源性为 96%。

### 2.2 苯胺的生物降解机理和途径

在好氧条件下,苯胺可以氧化为邻苯二酚,同时释放 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>,接下来邻苯二酚可以通过两种途径进行代谢,即间位(*meta*)和邻位(*ortho*)代谢途径,分别由邻苯二酚 1,2 加双氧酶或邻苯二酚 2,3 加双氧酶催化。当苯胺通过邻位代谢途径时,在两个羟基之间切割邻苯二酚,再经多步反应产生三羧酸循环的中间代谢物琥珀酸和乙酰辅酶 A(见图 1)。当苯胺通过间位代谢途径时,在其中一个羟基的旁边切割儿茶酚,最后产生丙酮酸和乙醛<sup>[13,14]</sup>(参见图 2)。*Alcaligenes faecalis*<sup>[15]</sup>、*Nocardia* sp.<sup>[16]</sup>、*Moraxella* sp.<sup>[11]</sup>、*Rhodococcus erythropolis*<sup>[17]</sup>、*Hodococcus* sp.<sup>[18]</sup>、*Frateruia* sp.<sup>[19]</sup>、*Pseudomonas diminuta*<sup>[20]</sup>、*Pseudomonas putida*<sup>[21]</sup>、*Pseudomonas* sp.<sup>[8]</sup>、*Pseudomonas acidovorans*<sup>[22]</sup>、*Achromobacter* sp.<sup>[23]</sup>、*Flavimonas* sp.<sup>[22]</sup> and *Acinetobacter* sp.<sup>[23]</sup> 等,均被证实了经邻苯二酚途径进行降解,其中大部分是通过邻位降解,其中只有 *A. faecalis*<sup>[15]</sup>、*Pseudomonas putida*<sup>[21]</sup>、*Pseudomonas* sp.<sup>[8]</sup>、*Pseudomonas acidovorans*<sup>[22]</sup> 是通过间位降解,在苯胺降解过程中的两种不同开环方式的生理学解释,目前还不是很清楚。

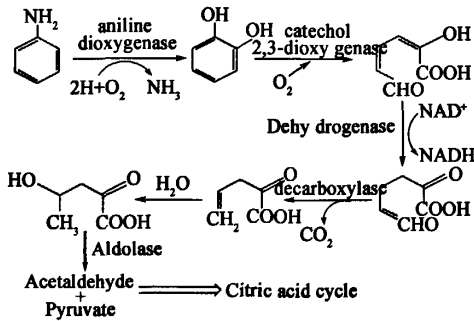


图 1 苯胺的间位代谢途径

Fig. 1 The metabolism of aniline by a meta-cleavage pathway

在厌氧条件,苯胺可以在硫酸盐的还原条件下<sup>[12]</sup>或是硝酸根<sup>[24]</sup>还原条件下,生成 4-氨基苯甲酸盐,然后通过 4-aminoben-zoyl-CoA 氨基苯甲酰辅酶去氨基,生成苯酰,然后再进一步代谢分解(见图 3)。

### 2.3 苯胺降解基因

其中,最早研究苯胺降解基因的遗传特性是质

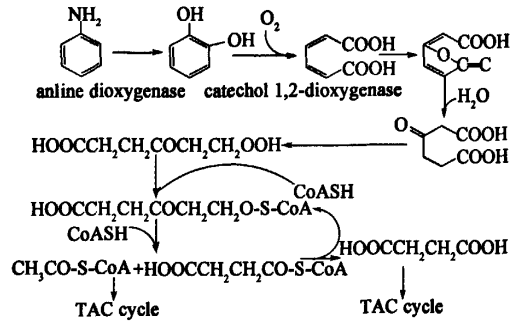


图 2 苯胺好氧降解的邻位代谢途径

Fig. 2 The metabolism of aniline by a ortho-cleavage pathway

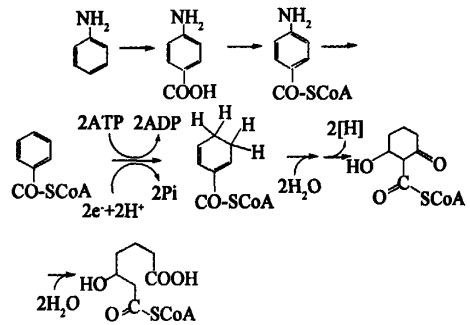


图 3 苯胺厌氧代谢途径

Fig. 3 The metabolism of aniline under anaerobic conditions

粒 pTDN1<sup>[21,25,26]</sup> 和菌株 *AciNetobactersp.* strain NYAA<sup>[9]</sup>。Fukumori 和 SaiNt 在 *Pseudomo Nasputida* UCC22 质粒 pTDN1 的 9.3kbHindIII 片断上发现五个阅读编码框<sup>[26]</sup>。同时 Toshiki 和 Masahiro 等对 *Aci Netobactersp.* Strain YAA 的质粒 pYA1 的 18.5kbSalI 片断进行亚克隆,也发现相似功能的五个阅读编码框<sup>[9]</sup>,这五个阅读编码框编码的基因(与氨基转换有关的基因,编码苯胺双加氧酶大、小亚基的基因,还原酶基因调控基因)都参与苯胺好氧生物降解的第一步,即由苯胺转化为邻苯二酚<sup>[16]</sup>。

### 2.4 降解效果和潜力

由于苯胺废水的毒性强,生物降解性差,现有的生化处理系统难以有效去除污染,但随着高效苯胺降解菌的筛选分离,生物处理方法具有很大的潜力。

李尔炆等报道了从自然界分离的一株能以苯胺为唯一碳源和氮源的杆杆菌 4<sup>\*</sup>(*Arthrobac.* 4<sup>\*</sup>),该菌降解苯胺的最高浓度为 2 044 mg/L,4<sup>\*</sup>菌株降解苯胺的最适 pH 值和温度分别为 7.0 和 30 ℃,

最适苯胺浓度为 1 022 mg/L,在此条件下,48 h 的苯胺降解率可达 94.7%<sup>[27]</sup>。

刘志培等<sup>[28]</sup>从活性污泥中分离得到一株能以苯胺为唯一碳、氮源和能源生长的细菌 AN3,鉴定为食酸丛毛单胞菌(*Comamonas acidovorans*),苯胺的最高降解浓度达 5 000 mg/L 以上。

盛多红<sup>[29]</sup>等通过驯化培养,从含苯胺的化工废水处理厂生化曝气池污泥中,分离出一株高效苯胺降解菌 H62,为不动杆菌属(*Acinetobacter sp.*),在苯胺浓度低于 3 000 mg/L 的无机盐培养基中均可生长,在含苯胺 800 mg/L 的无机盐溶液中,通气量为 0.4 L/min,30 ℃,培养 15 h,可使苯胺去除率达 100%。

韦朝海<sup>[30]</sup>等研究了苯胺在专性好氧菌人苍白杆菌(*Ochrobactrum Nithropi*)作用下的降解规律,讨论苯胺初始浓度及菌种接种量对苯胺降解速率的影响,当初始浓度低于 800 mg/L 时,降解速率随浓度的增加而加快。高于 1 000 mg/L 时,表现出抑制作用,在可降解浓度范围内,该专性好氧菌能将苯胺完全降解而消除其污染。Giti Emtiazi<sup>[31]</sup>等首次报道了用快速增长的真菌镰刀霉(*Fusarium*)和根霉(*Rhizopus*)降解苯胺及其衍生物的研究,这两种菌可以以苯胺作为唯一的氮源和碳源,在 30 d 内,镰刀霉(*Fusarium*)可以把 10 mmol 的苯胺降解 70%,根霉(*Rhizopus*)可将 10 mmol 的苯胺降解 65%。

赵启美<sup>[32]</sup>等人得到 3 株分别为黄杆菌属(*Flavobacterium sp.*)、假单胞菌属(*Pseudomonas sp.*)、不动杆菌属(*Acinetobacter sp.*)的菌株,可以以苯胺为唯一碳源生长,3 株菌等比例混合在含苯胺 204 mg/L 的培养基中,48 h 内降解率为 94.2%,在苯胺含量为 148 mg/L 的染料废水中,去除率为 81.6%。

Boon 等<sup>[33]</sup>分离到两株均鉴定为 *Delfia acidovorans* 的菌株 LME1 和 B8c,能代谢苯胺,并对其所携带的质粒进行了分析。

古杏红等<sup>[34]</sup>采用厌氧水解-生物接触氧化法处理苯胺类化工废水,并在生物接触氧化池中引入苯胺特效降解菌-STR NiTRO。结果表明:该工艺厌氧段能增强系统耐冲击负荷能力,并能有效提高废水的可生化性;STR NiTRO 菌能有效去除废水中的苯胺,当进水分别为 COD 平均 617.5 mg/L、NH<sub>3</sub>-N 45.0 mg/L、苯胺 25.8 mg/L 的条件下,出水 COD 平均达 87.2 mg/L, NH<sub>3</sub>-N 9.9 mg/L,苯

胺 0.56 mg/L,去除率分别为 85.9%、78% 和 97.8%,出水达到一级排放标准(古杏红等,2002)。

顾加兵等<sup>[35]</sup>采用汽提-生化法处理工艺处理苯胺废水,其中生化处理采用具有能代谢难降解有机物能力的 H. S. B. 菌种和 UASB 与 SBR 法串联的工艺。中试及工程运行结果表明,处理后的苯胺污水的苯胺去除率 >99%,COD <100 mg/L。

2000 年,Kahung 等<sup>[24]</sup>首次分离纯化了一株在好氧和厌氧条件下均能降解苯胺的降解菌 HY99,该菌从生理生化试验结果来看,与 *Delfia acidovorans* 最相似,而从 16SrDNA 序列分析其同源性为 96%。该菌在好氧条件下,将 1 mmol/L 苯胺在 30 h 内降解到 10 μmol/L 以下,但在厌氧的条件下,将 1 mmol/L 苯胺完全降解,却需要超过 7 d 时间。可见菌株 HY99 在好氧状态下的降解效果比在厌氧条件下好得多,但与目前筛选到的好氧降解菌相比,菌株 HY99 的降解效果还逊色不少。

张逸飞、王薇等<sup>[36,37]</sup>通过驯化培养,从南京化工厂的污水处理厂活性污泥中,分离出两株高效苯胺降解菌——菌株 AN4、菌株 AN5。生理生化试验鉴定菌株 AN4 为金黄杆菌属(*Chryseobacterium sp.*),AN5 为嗜吡啉红球菌。AN4 可在苯胺质量浓度低于 3 000 mg/L 的无机盐固体培养基上生长菌株,AN5 可在苯胺质量浓度低于 5 000 mg/L 的无机盐固体培养基上生长。代谢机制研究证实,两种菌株在邻苯二酚 1,2-双加氧酶作用下,经邻位裂解途径降解苯胺。

王海<sup>[38]</sup>采用细菌法治理苯胺废水,利用紫外法和氯化锂对苯胺菌进行复合诱变,可以提高苯胺菌的苯胺分解率,能极快高效率的分解苯胺废水中的苯胺。

宋文华<sup>[39]</sup>等人将脱色酶与苯胺降解菌混合固定化处理染料废水,结果表明,其对苯胺降解率为 90% 以上。

王连生等人<sup>[40]</sup>从自然界分离选育出能降解苯胺的优势菌种,经人工驯化,构建出具有高效降解性能的微生物体系的试验过程,研究确立了优势菌-活性污泥组合工艺,并成功地将其用于含苯胺类工业废水的处理,对于进水苯胺浓度为 280 ~ 510 mg/L,COD 为 500 ~ 1 000 mg/L 的废水,在优势菌反应池中,苯胺初始浓度在 290 ~ 520 mg/L,均可在 7 h 之内获得 92% 以上的去除率,这说明含菌泥微生物体系比游离菌的降解性能有较大幅度

的提高。

## 2.5 降解极限

根据 Monod 动力学方程, 推导出有机物极限浓度的计算公式, 通过测定生物降解动力学参数, 计算得到苯胺降解极限浓度为 0.025 mg/L。对苯胺生物降解极限浓度的测定结果进行了验证, 摇床试验的结果与所测得的苯胺极限浓度相吻合, 表明本测定方法是正确的, 测定结果是可靠的。本研究结果表明, 作为细菌生长唯一碳源和能源的有机物, 不可能被生物完全降解, 而是存在一个临界值, 即极限浓度<sup>[41]</sup>。

## 3 结论

近年来的研究表明, 采用不同的微生物处理工艺和方法处理含苯胺的废水, 都取得了不错的处理效果, 但对处理系统中的微生物的研究尚存在不足。同时, 研究人员不满足于从不同的环境筛选高效率、高耐受力的苯胺降解菌, 还应从降解代谢的有关酶类、质粒的检测, 到在模拟工业废水甚至原废水中的试验等多方面进行研究, 为应用于生物处理系统打下良好的基础。

### [参考文献]

- [1] Itoh N, Naoki M, Toyoko K. Oxidation of Aniline to Nitrobenzene by Nonheme Bromoperoxidase[J]. *Biochem Mol Biol Intl*, 1993, 29:785 - 791.
- [2] Kearney P C, Plimmer J R, Guardia F B. Mixed Chlorobenzene Formation in Soil[J]. *J Agric Food Chem*, 1969, 17:1 418 - 1 419.
- [3] Loidle M, Hinteregger C, Ditzemuller G, et al. Degradation of Aniline and Monochlorinated Anilines by Soil - born *Pseudomonas Acidovorans* Strains [J]. *Arch Microbiol*, 1990, 155: 56.
- [4] Minard R D, Russel S, Bollag J M. Chemical Transformation of 4 - chloroaniline to a Triazene in a Bacterial Culture Medium [J]. *J Agric Food Chem*, 1977, 25:841 - 844.
- [5] Cripps R E, Roberts T R. Microbial Degradation of Herbicides [A]. In eds Hill I R, Wright S J. *Pesticide Microbiology* [C]. London: Academic Press, 1978. Chap11. 669 - 730.
- [6] Lyons C D, Katz S, Bartha R. Mechanism and Pathways of Aniline Elimination from Aquatic Environments [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1984, 48:491 - 496.
- [7] Kahung H Y, Byrne A M, Olsen R H, et al. Characterization and Role of Tbx in Utilization of Toluene by *Ralstoniapickettii* PKO1 [J]. *J Bacteriol*, 2000, 182:1 232 - 1 242.
- [8] Konopka A, Knight D, Turco RF. Characterization of a *Pseudomonas* sp. Capable of Aniline Degradation in the Presence of Secondary Carbon Sources [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1989, 55:385 - 389.
- [9] Toshiaki Fujii, Masahiro Takeo. Plasmid - encoded Genes Specifying Aniline Oxidation from *Acinetobacter* sp. Strain YAA [J]. *Microbiology*, 1997, 143:93 - 99.
- [10] 刘志培, 杨惠芳, 周培瑾. 苯胺降解菌的分离和特性研究 [J]. *环境科学学报*, 1999, 19(2):174 - 179.
- [11] Zeyer J, Kearney P C. Microbial Degradation of Parachloroaniline as Sole Carbon and Nitrogen Source [J]. *Pestic Biochem Physiol*, 1982, 17:215 - 223.
- [12] Schnell S, Schink B. Anaerobic Aniline Degradation Via Reductive Deamination of 4 - aminobenzoyl - CoA in *Desulfobacterium Aniline* [J]. *Arch Microbiol*, 1991, 153:183 - 190.
- [13] Surovtseva E G, Vasileva G K, Volnova A I, et al. Destruction of Mnochloroanilines by the Meta Cleavage by *Alcaligenes Faecalis* [J]. *Dokl Acad Nauk SSSR*, 1980, 254:226 - 230.
- [14] Zeyer J, Wasser fallen A, Timmis K N. Microbial Mineralization of Ring - substituted Anilines Through Ortho - cleavage Pathway [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1985, 50:447 - 453.
- [15] Surovtseva E G, Vol'nova A I. Aniline as the Sole Source of Carbon, Nitrogen and Energy for *Alcaligenes Faecalis* [J]. *Mikrobiologiya*, 1972, 49:49 - 53.
- [16] Bachofer R, Lingens F. Conversion of Aniline Into Pyrocatechol by a *Nocardia* sp. : Incorporation of Oxygen - 18 [J]. *FEBS Lett*, 1975, 50:288 - 290.
- [17] Aoki K, Shinke R, Nishira H. Metabolism of Aniline by *Rhodococcus Erythropolis* AN - 13 [J]. *Agric Biol Chem*, 1983, 47:1 611 - 1 616.
- [18] Schukat B, Janke D, Krebs D, et al. Cometabolic Degradation of 2 - and 3 - chloroaniline Because of Glucose Metabolism by *Rhodococcus* sp. AN117 [J]. *Curr Microbiol*, 1983, 9: 81.
- [19] Aoki K, Ohtsuka K, Shinke R, et al. Rapid Biodegradation of Aniline by *Frateuria* Species ANA - 18 and its Aniline Metabolism [J]. *Agric Biol Chem*, 1984, 48:865 - 872.
- [20] Surovtseva E G, Ivoilov V S, Karasevich Y N, et al. Chlorinated Anilines as a Source of Carbon, Nitrogen and Energy for *Pseudomonas Diminuta* [J]. *Microbiology*, 1985, 54:756.
- [21] McClure N C, Venables W A. pTDN1, Acatabolic Plasmid Involved in Aromatic Amine Catabolism in *Pseudomonas* sp Utidamt - 2 [J]. *J Gen Microbiol*, 1987, 133:2 073 - 2 077.
- [22] Kahung H Y, Kim S I, Woo M J, et al. Isolation and Characterization of Aniline - degrading Bacteria Kor [J]. *J Microbiol*, 1992, 30: 199 - 206.
- [23] Fuji T, Takeo M, Maeda Y. Plasmid - encoded Genes Specifying Aniline Oxidation from *Acinetobacter* sp. Strain YAA [J]. *Microbiology*, 1997, 143:93 - 99.
- [24] Kahung H Y, Kukor J J, Oh K H. Characterization of Strain HY99, a Novel Microorganism Capable of Aerobic and Anaerobic Degradation Of aniline [J]. *FEMS Microbiology Letters*, 2000, 190:215 - 221.
- [25] Saint C P, McClure N C, Venables W A. Physical Map of the Aromatic Amine and Mtoluate Catabolic Plasmid pTDN1 in *Pseudomonas* sp Putida; Location of a Unique Meta - cleavage Pathway

- [J]. *J gen Microbiol*, 1990, 136: 615 - 625.
- [26] Fukumori F, Saint C P. Nucleo Tide Sequences and Regulational Analysis of Genes in Volved in Conversion of Aniline to Catechol in *Pseudomonas Putida* UCC22(pTDN1)[J]. *J Bacteriol*, 1997, 179(2): 399 - 408.
- [27] 李尔扬, 史乐文. 一株苯胺降解菌的研究[J]. *环境导报*, 2000(6): 13 - 15.
- [28] 刘志培, 杨惠芳, 周培谨. 微生物降解苯胺的特性及其降解代谢途径[J]. *应用与环境生物学报*, 1999, 5(Suppl): 5.
- [29] 盛多红, 张素琴, 刘海舟. 一株高浓度胺降解菌的分离[J]. *应用与环境生物学报*, 1999, 5(Suppl): 18 - 20, 7(7): 8.
- [30] 韦朝海, 任源, 吴超飞, 等. 专性好氧菌降解苯胺废水的动力学研究[J]. *环境科学研究*, 1999, 12(4): 15 - 18.
- [31] Giti Emiazzi, Mohamad Satarii, Fatemeh Mazheruion. The Utilization of Aniline, Chlorinated and Aniline Blue as the Only Source of Nitrogen by Fungi in Water[J]. *Wat Res*, 2001, 35(5): 1 219 - 1 224.
- [32] 赵启美, 何佳, 顾向阳, 等. 高效苯胺降解菌筛选方法研究[J]. *河南农业大学学报*, 2000, 6: 13 - 15.
- [33] Boo N N, Goris J, Vos P De, et al. Genetic Diversity Among 3 - Chloro Aniline and Aniline - degrading Strains of the Comamonadaceae[J]. *Appl Environ Microbiol*, 2001, 67(3): 1 107 - 1 115.
- [34] 古杏红, 耿书良, 李峰. 厌氧水解生物接触氧化法处理苯胺类化工废水[J]. *给水排水*, 2002, 28(1): 69 - 70.
- [35] 顾加兵, 雷俐玲. H. S. B. 微生物生化法处理苯胺污水[J]. *工业用水与废水*, 2000, 31(5): 20 - 25.
- [36] 张逸飞, 顾挺, 王国祥, 等. 株苯胺降解菌的分离鉴定及其降解特性[J]. *环境污染与防治*, 30(2): 13 - 15.
- [37] 王薇, 张逸飞, 顾挺, 等. 苯胺降解菌的分离鉴定及其特性研究[J]. *农业环境科学学报*, 2008, 27(3): 964 - 969.
- [38] 王海. 细菌法治理苯胺废水[J]. *环境保护科学*, 1996, 22(3): 55.
- [39] 宋文华, 颜慧, 胡国臣, 等. 脱色酶和优势菌混合固定化降解染料的研究[J]. *城市环境与城市生态*, 1999, 12(2): 5.
- [40] 王连生, 张金鸿, 佟树敏, 等. 优势菌处理高浓度苯胺工业废水的研究[J]. *城市环境与城市生态*, 1999, 12(6): 13 - 15, 21.
- [41] 周军, 赵庆祥, 金雪标. 苯胺生物降解极限的研究[J]. *环境污染与防治*, 2004, 26(N): 401 - 403.

## · 动态与简讯 ·

### 纳米与纳米材料

科学家预言: 未来的时代将是纳米的时代。纳米是什么?

纳米是计量学上的一个概念, 它是一种长度单位, 1 纳米 (nm) =  $10^{-3}$  微米 ( $\mu\text{m}$ ) =  $10^{-6}$  毫米 (mm) =  $10^{-9}$  米 (m), 相当于头发丝直径的 10 万分之一, 原子直径的 10 倍 (原子直径为 0.1 nm 尺度)。显然, 不管是采用什么加工技术, 人们都不可能实现 0.1 nm 的极限尺度。在计算机工业中, 受影响的领域主要就是半导体的制造。当然, 光存储技术也将受到限制, 但这一天远未到来, 业界暂时还不必加以考虑。

纳米材料指的是颗粒直径在 1 ~ 100 nm 范围内的超微粒及其致密的聚集体, 以及以这些纳米颗粒/聚集体所构成的特殊材料。它包括金属、非金属、有机、无机等几乎所有领域。由于人为对颗粒的尺寸和排列施以影响, 使得纳米材料可以表现出传统材料所不具备的光、电、磁、热、声、力等物理性质, 以及特异的化学、生物学性质等。例如对于碳纳米管材料所表现出的特殊的电学特性、物理刚性以及表面效应, 使之可以用在多个高精尖领域, 当然也包括方兴的环保领域。而磁存储中的金属锡和 FePt 纳米颗粒, 就具有奇特的磁学性质。

济宁

### 这些鱼正在消失

白鳍豚 (Yangtze River Dolphin), 中国国家一级保护动物, 拉丁学名: *Lipotes vexillifer*。2006 年, 来自中国、美国、英国、日本、德国和瑞士等国近 40 名科学家, 对宜昌—上海长江中下游的干流 1 700 km 江段进行了考察, 未发现一头白鳍豚。

鲟鱼 (Reeves Shad), 拉丁学名: *Hilsa reevesii*。中国国家一级保护动物, 曾经年产量高达 160 万 kg 的鲟鱼, 如今已难在长江流域觅见踪迹。

大理裂腹鱼 (Dali Schizothoracin), 拉丁名: *Schizothorax taliensis*, 中国国家二级保护动物。1984 年后, 云南洱海地区就再也没发现过大理裂腹鱼, 又名大理弓鱼, 但在国内人工驯养实验已取得成功。

鲑鱼 (*Salmo salar*), 拉丁名: *Oncorhynchus tshawytscha*, 是三文鱼、鱈鱼和鲑鱼三大类鱼的统称。鲑鱼由于其肉质鲜美, 而在全球范围内遭到过度捕捞, 加上人类活动, 造成栖息地丧失, 许多种类已濒临灭绝, 如三文鱼、伊富鱼等。

颌斑石斑鱼 (Dungat grouper), 又称红石斑鱼, 拉丁名: *Epinephelus gorensis*。2007 年来自 10 个不同国家的专家小组, 研究了全球的红石斑鱼生存情况, 共登记了 162 个红石斑鱼品种, 其中有 29 种因过度捕捞而濒于灭绝。1958 年, 墨西哥坎佩切湾的红石斑鱼产量达到 248 548 t, 但到 2004 年, 产量却下降到 52 354 t。

小齿锯鳐 (Smalltooth sawfish), 拉丁名为 *Pristis microdon* Latham 的一种锯鳐, 从墨西哥湾一直到北卡罗来纳州的水域中, 其数量已经下降了 99%, 残存的锯鳐仅仅生活在佛罗里达的一些水域。减少的原因主要在于捕捞和栖息地的丧失。

# 微生物降解苯胺的研究进展

作者: 张逸飞, 何卿, 焦涛, 程城, 王贯中, ZHANG Yi-fei, HE Qing, JIAO Tao,  
CHENG Cheng, WANG Guan-zhong  
作者单位: 江苏省环境科学研究院, 江苏, 南京, 210036  
刊名: 污染防治技术  
英文刊名: POLLUTION CONTROL TECHNOLOGY  
年, 卷(期): 2009, 22(1)  
被引用次数: 0次

## 参考文献(41条)

1. Ithoh N, Naoki M, Toyoko K Oxidation of Aniline to Nitrobenzene by Nonheme Bromoperoxidase 1993
2. Kearney P C, Plimmer J R, Guardia F B Mixed Chlorobenzene Formation in Soil 1969
3. Loidlc M, Hinteregger C, Ditzemuller G Degradation of Aniline and Monochlorinated Anilines by Soil-born Pseudomonas Acidovorans Strains 1990
4. Minard R D, Russe] S, Bollag J M Chemical Transformation of 4-chloroaniline to a Triasene in a Bacterial Culture Medium 1977
5. Cripps R E, Roberts T R Microbial Degradation of Herbicides 1978
6. Lyons C D, Katz S, Bartha R Mechanism and Pathways of Aniline Elimination from Aquatic Environments 1984
7. Kabung H Y, Byroe A M, Olsen R H Characterization and Role of Tbx in Utilization of Toluene by Ralstoniapickettii PK01 2000
8. Konopka A, Knight D, Turco RF Characterization of a Pseudomonas sp. Capable of Aniline Degradation in the Presence of Secondary Carbon Sources 1989
9. Toshiki Fujii, Masahiro Taken Plasmid-encoded Genes Specifying Aniline Oxidation from Acinetobacter sp. Strain YAA 1997
10. 刘志培, 杨惠芳, 周培瑾 苯胺降解菌的分离和特性研究[期刊论文]-环境科学学报 1999(02)
11. Zeyer J, Kearney P C Microbial Degradation of Parachloroaniline as Sole Carbon and Nitrogen Source 1982
12. Schnell S, Schink B Anaerobic Aniline Degradation Via Reductive Deamination of 4-aminobenzoyl-CoA in Desulfohalobacterium Aniline 1991
13. Surovtseva E G, Vasileva G K, Volnova A I Destruction of Monochloroanilines by the Meta Cleavage by Alcaligenes Faecalis 1980
14. Zeyer J, Wasserfallen A, Timmis K N Microbial Mineralization of Ring-substituted Anilines Through Ortho-cleavage Pathway 1985
15. Surovtseva E G, Vol'nova A I Aniline as the Sole Source of Carbon, Nitrogen and Energy for Alcaligenes Faecalis 1972
16. Bachofer R, Lingens F Conversion of Aniline Into Pyrocatechol by a Nocardia sp.: Incorporation of Oxygen-18 1975
17. Aoki K, Shinke R, Nishira H Metabolism of Aniline by Rhodococcus Erythropolis AN-13 1983
18. Schukat B, Janke D, Krebs D Cometabolic Degradation of 2- and 3-chloroaniline by a Bifunctional Glucose

Metabolism by Rhodococcus sp. ANI17 1983

19. Aoki K. Ohtsuka K. Shinke R Rapid Biodegradation of Aniline by Frateuria Species ANA-18 and its Aniline Metabolism 1984
20. Surovtseva E G, Ivoilov V S, Karasevich Y N Chlorinated Anilines as a Source of Carbon, Nitrogen and Energy for Pseudomonas Dimianta 1985
21. Mccluro N C, Venables W A pTDNI, Acatabolic Plasmid Involved in Aromatic Amine Catabolism in Pseudomona sp Utidamt-2 1987
22. Kahung H Y, Kim S I, Woo M J Isolation and Characterization of Aniline-degrading Bacteria Kor 1992
23. Fuji T, Takeo M, Maeda Y Plasmid-encoded Genes Specifying Aniline Oxidation from Acinetobacter sp. Strain YAA 1997
24. Kahung H Y, Kukor J J, Oh K H Characterization of Strain HY99, a Novel Microorganism Capable of Aerobic and Anaerobic Degradation Ofaniline 2000
25. Saint C P, Mcelure N C, Venables W A Physical Map of the Aromatic Amine and Mtoluate Catabolic Plasmid pTDNI in Pssudomon as Putida: Location of a Unique Meta-cleavage Pathway 1990
26. Fukumori F, Saint C P Nucioo Tide Sequences and Regulational Analysis of Genes in Volved in Conversion of Aniline to Catechol in Pseudom on as Putida UCC22 (pTDN1) 1997 (02)
27. 李尔扬, 史乐文 一株苯胺降解菌的研究 2000(06)
28. 刘志培, 杨惠芳, 周培谨 微生物降解苯胺的特性及其降解代谢途径[期刊论文]-应用与环境生物学报 1999(zk)
29. 盛多红, 张素琴, 刘海舟 一株高浓度胺降解菌的分离[期刊论文]-应用与环境生物学报 1999(zk)
30. 韦朝海, 任源, 吴超飞 专性好氧菌降解苯胺废水的动力学研究 1999(04)
31. Giti Emtiazi, Mohamad Satarii, Fatemeh Mazheruion The Utilization of Aniline, Chlorinated and Aniline Blue as the Only Source of Nitrogen by Fungi in Water 2001(05)
32. 赵启美, 何佳, 顾向阳 高效苯胺降解菌筛选方法研究[期刊论文]-河南农业大学学报 2000(06)
33. Boo N N, Goris J, Vos P De Genetic Diversity Among 3-Chloro Aniline and Aniline-degrading Strains of the Comamonadaceae 2001(03)
34. 古杏红, 耿书良, 李峰 厌氧水解生物接触氧化法处理苯胺类化工废水[期刊论文]-给水排水 2002(01)
35. 顾加兵, 雷俐玲, H. S. B. 微生物生化法处理苯胺污水[期刊论文]-工业用水与废水 2000(05)
36. 张逸飞, 顾挺, 王国祥 株苯胺降解菌的分离鉴定及其降解特性[期刊论文]-环境污染与防治
37. 王薇, 张逸飞, 顾挺 苯胺降解菌的分离鉴定及其特性研究[期刊论文]-农业环境科学学报 2008(03)
38. 王海 细菌法治理苯胺废水[期刊论文]-环境保护科学 1996(03)
39. 宋文华, 颜慧, 胡国臣 脱色酶和优势菌混合固定化降解染料的研究[期刊论文]-城市环境与城市生态 1999(02)
40. 王连生, 张金鸿, 佟树敏 优势菌处理高浓度苯胺工业废水的研究[期刊论文]-城市环境与城市生态 1999(06)
41. 周军, 赵庆祥, 金雪标 苯胺生物降解极限的研究[期刊论文]-环境污染与防治 2004

#### 相似文献(10条)

1. 期刊论文 谢青, 董迎松, 易薇, 杨广笑, DONG Ying-song, YI Wei, YANG Guang-xiao, XIE Qing 一株苯胺降解菌的分离及其苯胺降解特性的研究 -生物技术2009, 19(1)

目的: 筛选高效苯胺降解菌并研究其降解特性, 为利用微生物进行苯胺环境污染物修复奠定基础. 方法: 利用含苯胺的A15培养基分离筛选苯胺降解菌, 探讨苯胺降解最佳条件、降解代谢途径, 利用16S rDNA基因扩增测序法对菌株进行分子鉴定. 结果: 获得了一株以苯胺为唯一碳源、氮源生长的高效苯胺降解菌ANG-4. 该菌降解苯胺的最高浓度为2500mg/L, 降解苯胺的最适温度和pH值分别为30℃、7.0; 该菌在60h内可以将1500mg/L浓度的苯胺完全降解; 重金

属离子对该菌株降解苯胺有不同程度的抑制作用;代谢机制研究表明,该菌株可以诱导合成邻苯二酚-2,3-双加氧酶并分泌到胞外降解苯胺;16S rDNA基因序列同源性比较结果表明该菌株属芽孢杆菌的一种。结论:所获得的苯胺降解菌对于研究苯胺降解机制和苯胺环境污染物的生物修复具有重要的理论和潜在应用价值。

## 2. 学位论文 刘宪军 白洋淀苯类有机物降解菌的分离和选育 2008

本文从白洋淀底泥和土壤样品中富集培养、分离,并经过反复筛选,得到29株能够有效降解包括苯胺、苯酚、硝基苯等苯类降解有机物的菌株,实验研究了各高效降解菌株的最适降解条件,并对其进行了初步鉴定。<br>

从白洋淀底泥中分离得到的8株菌株BA-1-1、BA-1-2、BA-1-3、BA-2-1、BA-2-1、BA-3-1、BA-3-2、BA-4-1对苯胺具有降解活性。其中菌株BA-1-3降解苯胺效率最高,其利用苯胺的最适pH值为7.0,最适温度为30℃,在苯胺浓度为1000 mg/L,180 r/min条件下振荡培养60 h降解率达到80%以上。根据其形态特征、生理生化特征进行了初步鉴定,并对其16S rDNA进行了扩增、测序,系统发育分析表明该菌株与羽扇豆苍白杆菌(Ochrobactrum lupine)相似性最高为99%。综上所述,可将菌株BA-1-3鉴定为苍白杆菌(Ochrobactrum sp.)。<br>

从白洋淀底泥中分离得到的12株菌株BF-1-1、BF-1-2、BF-1-3、BF-1-4、BF-1-5、BF-1-6、BF-2-1、BF-2-2、BF-2-3、BF-2-4、BF-2-5、BF-2-6具有苯酚降解活性,其中菌株BF-2-2降解苯酚效率最高。其利用苯酚的最适pH值为8.0,最适温度为30℃,在苯酚浓度为2000 mg/L,180 r/min条件下振荡培养60 h降解率达到70%以上。根据其形态特征、生理生化特征进行了初步鉴定,并对其16S rDNA进行了扩增、测序,系统发育分析表明该菌株属节杆菌属(Arthrobacter)。此外,菌株BF-1-3与蒙氏假单胞菌(Pseudomonas monteilii)(AB021409)亲缘关系最近其相似性最高为100%,在系统发育关系上属于假单胞菌属(Pseudomonas)。<br>

从白洋淀底泥中分离得到9株菌株X-1-1、X-1-2、X-1-3、X-2-1、X-2-2、X-3-1、X-4-1、X-4-2、X-5-1具有硝基苯降解活性,其中菌株X-2-1降解硝基苯活性最高。其利用硝基苯的最适pH值为7.0,最适温度为30℃,在硝基苯浓度为800 mg/L,180 r/min条件下振荡培养60 h降解率达到40%。根据其形态特征、生理生化特征进行了初步鉴定,并对其16S rDNA进行了扩增、测序,系统发育分析表明该菌株与琴丸酮丛单胞菌(Comamonas testosteroni)同源性最高为94.65%。综上所述,可将菌株X-2-1归为丛单胞菌(Comamonas sp.)。<br>

## 3. 会议论文 吴乾元、许雯、胡洪营 苯胺降解菌培养及降解特性研究

分离纯化获得两株苯胺降解菌(XN115和XN120),并研究了其增殖特性和降解过程。研究表明,两株降解菌能以苯胺为唯一碳源、氮源,可较快降解苯胺,XN120的降解特性优于XN115。XN120在苯胺无机盐培养基和LB培养基中的增殖特性优于XN115,两株降解菌在LB培养基中的增殖特性优于苯胺无机盐培养基;两株降解菌可将苯胺及其绝大部分降解产物完全降解。

## 4. 学位论文 李岩 苯胺降解菌的筛选鉴定及降解特性的初步研究 2007

苯胺作为苯胺类农药的中间体,由于其使用效果好,广泛应用于各种杀虫剂、除草剂等,但它属于高毒、高残留农药,对生态环境造成了严重污染。因此对于苯胺类农药的降解研究迫在眉睫。<br>

本研究从长期受苯胺污染的废水排放口的土壤中筛选出了209株菌在苯胺选择性培养基中生长良好的菌株。经复筛及高浓度的苯胺驯化培养后,得到两株高效苯胺降解细菌Ani-4-15和Ani-5-61菌株,该两株菌能够在以苯胺为唯一碳源和氮源的苯胺选择性培养基上正常生长。该两株菌在苯胺选择性液体培养基中48h内对苯胺的降解率均在86%以上;在模拟实验中,48h内对土壤中苯胺的降解率分别达到93.4%和96.6%。进一步对其生长特性进行了进一步研究,主要包括Ani-4-15和Ani-5-61菌株在不同温度、pH值以及培养基中不同苯胺浓度条件下的生长和降解苯胺的情况的研究。初步确定了Ani-4-15和Ani-5-61菌株的最适生长和降解苯胺的温度均为30℃,最适pH值分别为7.0和6.0,对苯胺最高的耐受浓度均高达3000mg/L。理论及实践均表明该两株菌均适用于农药污染环境中对苯胺的降解。<br>

为了进一步研究菌株降解苯胺后的产物是否会形成新的污染物,对降解机理进行了初步的研究。目前已发现的苯胺类农药的降解菌一般均以邻苯二酚-1,2-双加氧酶或邻苯二酚-2,3-双加氧酶降解苯胺,不会产生新的污染物,经过对以上两种酶的活性分析发现,两株菌均产生较高活性的邻苯二酚-2,3-双加氧酶。通过形态特征、生理生化、16SrDNA编码序列同源性比较分析、以及API20 NE鉴定试剂盒鉴定分析,鉴定出该两株菌Ani-4-15和Ani-5-61分别为假单胞菌属(Pseudomonas sp.)的施氏假单胞菌(Pseudomonas stutzeri)和恶臭假单胞菌(Pseudomonas putida)。

## 5. 会议论文 吴乾元、许雯、胡洪营 苯胺降解菌增殖及降解特性研究 2005

分离纯化获得两株苯胺降解菌(XN115和XN120),并研究了其增殖特性和降解过程。研究表明,两株降解菌能以苯胺为唯一碳源、氮源;XN120在苯胺无机盐培养基和LB培养基中的增殖特性优于XN115,两株降解菌在LB培养基中的增殖特性优于苯胺无机盐培养基;两株降解菌可将苯胺及其绝大部分降解产物完全降解。本文介绍了苯胺降解菌增殖及降解特性研究情况。

## 6. 学位论文 项正心 好氧颗粒污泥及其高效功能菌株降解苯胺的试验研究 2009

本研究以絮状活性污泥为接种污泥,苯胺为目标污染物,通过运行参数调控,成功实现好氧污泥颗粒化。接种污泥的平均粒径、污泥生物量分别为67.7 μm、2562mg/L;而成熟颗粒污泥分别为360.6 μm和4400mg/L。扫描电镜观察表明,成熟颗粒污泥表面微生物群落主要以球菌和短杆菌为主。颗粒污泥能够有效降解高达6000mg/L的苯胺,降解速率符合Michaelis-Mente方程,其中最大降解速率值0.07642g-aniline/(g-VSS·h)。

好氧颗粒化过程中不同运行阶段的污泥PCR-DGGE指纹图表明,种泥中部分条带消失并出现新的特异性条带,这种变化与颗粒化过程中微生物种群演变相关。稳定运行阶段得到的PCR-DGGE指纹图表明该时期微生物种群和结构具有高度稳定性。克隆测序结果表明,好氧污泥颗粒中主要优势菌群为Pseudomonas、Comamonas、Flavobacteria、Achromobacter、Thermophilic等。

同时,从稳定运行的颗粒污泥体系中分离得到若干苯胺高效降解菌。菌株adx1自凝聚性最好,达到了73.7%。菌株间的共凝聚性也不相同,菌株adx1和adx3,adx1和adx4,adx2和adx3共凝聚性较好,在40%以上。菌株的自凝聚和共凝聚作用可能在好氧颗粒污泥形成中发挥重要作用。根据16S rDNA序列和Biolog等鉴定手段,可确定菌株adx1和adx3分别属于Pseudomonas和Achromobacter属,其适合在中性偏碱条件下生长。菌株adx1可降解2500mg/L以下的苯胺废水,adx3可降解4000mg/L的苯胺废水,同浓度下,adx1对苯胺的降解速率比adx3快,但adx3具有更高的苯胺耐受浓度。降解特征的研究表明,上述菌株降解苯胺符合Haldane动力学方程,adx1的最大比降解速率和最大比生长速率分别为 $v_{max}=0.924g/(g \cdot h)$ 、 $\mu_{max}=0.487g/(g \cdot h)$ ;adx3的最大比降解速率和最大比生长速率分别为 $v_{max}=0.645g/(g \cdot h)$ 、 $\mu_{max}=0.440g/(g \cdot h)$ 。实验结果表明,adx1和adx3均有明显的苯胺双加氧酶活性;adx1有较高的邻苯二酚-2,3-双加氧酶活性,adx3有较高的邻苯二酚-1,2-双加氧酶活性,可推测,邻苯二酚是菌株降解苯胺的代谢中间产物。

## 7. 期刊论文 任随周、郭俊、曾国驱、岑英华、孙国萍、REN Sui-zhou、GUO Jun、ZENG Guo-qu、CEN Ying-hua、SUN Guo-ping 2株苯胺降解菌的分离鉴定及其降解特性研究 -环境科学2006, 27 (12)

从处理印染废水的活性污泥中分离得到2株苯胺降解菌,从菌落、细胞形态、生理生化及16S rRNA基因扩增测序等方面对2株菌进行了鉴定,并比较分析2株菌在好氧与缺氧条件下的苯胺降解、偶氮染料脱色及苯胺脱氨氧化酶基因tdnQ和黄素还原酶基因(fre)的携带情况。结果表明,2株菌属于Pseudomonas属和Shewanella属,分别命名为Pseudomonas sp. AN30和Shewanella sp. DN425。AN30菌株在振荡好氧条件下72h内对250mg/L苯胺的降解率为96.1%,DN425菌株的降解率为13.8%;在静置缺氧条件下AN30菌株的苯胺降解率为39.6%,DN425菌株的降解率仅为8.6%。DN425菌株在静置缺氧条件下4h内可将初始浓度为50 mg/L的偶氮染料酸性大红彻底脱色,而AN30菌株对酸性大红不具有脱色能力。以总DNA为模板,分别用tdnQ基因和fre基因特异性引物进行扩增,2株菌均能扩增出大小分别为380bp和630bp左右的目标条带,显示2菌株均携带有苯胺脱氨氧化酶基因和黄素还原酶基因。

## 8. 学位论文 盛多红 厌氧、好氧微生物剂法模拟处理印染废水 1998

针对印染废水中偶氮染料及其中间产物芳香胺的降解,从染料污染的土壤和活性污泥中筛选出8株脱色菌及一株苯胺降解菌,经初步鉴定,脱色菌分别属于芽孢杆菌属(Bacillus sp.),气单胞菌属(Aeromonas sp.),柠檬酸细菌属(Cytrobacter sp.),肠杆菌属(Enterobacter sp.)?假单胞菌属(Pseudomonas sp.)和黄杆菌属(Flavobacterium sp.),苯胺降解菌Hc-6-2为不动杆菌属(Acinetobacter sp.)。脱色菌最适温度为35℃,最适pH在7.0左右,当染料浓度小于150mg/L时,在4~6小时较好脱色。苯胺降解菌可利用苯胺作唯一碳源生长。在肉膏培养基上,苯胺耐受浓度达4000mg/L,在3000mg/L的无机盐培养液中可以生长。在800mg/L苯胺的无机盐培养液及0.41/min的通气量下,12小时的苯胺降解率为98.11%,Hc-6-2生长的最适pH为8.0,最适温度为30℃,最适底物浓度在400mg/L以下。分别以酸性约脱色和苯胺降解为指标,制备了两个混合优势菌群,即微生物剂(microecologic



dominance bacteria)用于染料废水的厌氧好氧降解,菌剂的降解能力和稳定性均比单菌株有明显改善.结合厌氧-好氧(A/O)工艺对菌剂的降解效果进行了试验.在厌氧阶段停留5.5小时,好氧阶段停留8.3小时,对COD超过3000mg/L,酸性红G200mg/L的水溶液,脱色率在93%以上,COD去除80%左右,芳香胺去除率在94%-98%之间.结果表明厌氧好氧微生物生态菌剂能使染料很好的降解.

## 9. 期刊论文 [武洪杰, 谭周亮, 刘庆华, 李旭东, WU Hong-jie, TAN Zhou-liang, LIU Qing-hua, LI Xu-dong 一株苯胺降解菌的筛选及处理突发污染的效果](#) -中国环境科学2009, 29(11)

从污水厂活性污泥中分离到1株能快速、高效降解苯胺的菌株AN-P1, 鉴定为Rhodococcus sp. 相关酶活性的测定表明, 苯胺通过间位途径降解. 菌株AN-P1利用苯胺生长的最适温度30℃, 最适pH值为6.0, 最适生长浓度为2000 mg/L, 最佳接种量为0.30%. 将AN-P1作为功能菌株对常规活性污泥系统强化后应急处理, 16S rRNA基因V3区片段PCR-DGGE图谱显示, AN-P1能有效保护原有生态系统中的微生物免受苯胺毒害; 处理含500, 1000, 2000mg/L苯胺的模拟废水分别需10, 20, 32h就能使出水水质达到<污水综合排放标准>一级标准; 用AN-P1结合常规SBR工艺应急处理苯胺废气经过36h降解能达标排放.

## 10. 学位论文 [吴海珍 邻氯硝基苯高效降解菌的筛选及其降解特性与机理研究](#) 2008

含氯硝基类芳香化合物作为重要的化工中间体被广泛用于染料、农药、除草剂、药物制剂、感光剂、抗氧化剂、汽油添加剂、防腐剂等化工原料的生产和制造, 通过生产过程排放的废水、废气及废渣进入环境成为一类有毒难降解污染物. 氯代硝基苯可引起血液毒性、脾毒性、肝脏毒性、免疫毒性、肾脏损害等多种症状并伤害神经系统, 导致变异和致癌. 氯代硝基芳香化合物由于苯环上氯原子和硝基基团的吸电子性, 使其在环境中难以降解. 本文在查阅大量文献的基础上, 综述了氯硝基苯类化合物对环境的污染和处理方法, 重点介绍了含氯硝基苯类污染物生物处理的研究进展, 确立了本文关于筛选高效降解菌处理邻氯硝基苯的研究在理论和实际中的意义.

通过对某废水处理厂活性污泥的长期富集、驯化和筛选, 分离到了一株高效降解邻氯硝基苯的菌株OCNB-1, 对其进行了生理生化和16S rDNA鉴定, 归属为Pseudomonas putida. 该菌株能利用邻氯硝基苯为唯一碳源、氮源与能源.

考察了该菌株降解邻氯硝基苯的反应条件与降解动力学特性, 其降解邻氯硝基苯的最适物理条件为: 温度32℃, pH8.0, 摇床转速120 r/min; 在此条件下, 42 h能降解1.0 mol/L的邻氯硝基苯. 菌株对邻氯硝基苯的降解符合Haldane抑制动力学方程.

研究了无机盐离子、外加不同碳源或氮源对菌株降解邻氯硝基苯的促进或抑制作用. Mg<sup>2+</sup>和Ca<sup>2+</sup>的最适浓度为30 mg/L, Fe<sup>3+</sup>的最合适度则在50 mg/L, Zn<sup>2+</sup>的合适浓度为10 mg/L, Mn<sup>2+</sup>的合适浓度为20 mg/L, 这几种无机盐离子在上述浓度有促进作用; 添加葡萄糖或乙酸钠时, 邻氯硝基苯浓度的降低与氯离子释放不同步, 有中间代谢物积累, 不利于邻氯硝基苯的完全降解; 乙醇的加入有利于邻氯硝基苯的降解和氯离子的释放; 蛋白胨为细菌OCNB-1降解邻氯硝基苯的最适有机氮源, 而(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>为菌株降解邻氯硝基苯最适添加的无机氮源.

对菌株Pseudomonas putida OCNB-1进行了质粒的提取与检测, 结果表明菌株含有与降解相关联的质粒pOCNB-1, 用7种内切酶对质粒进行单酶切, 估计质粒的大小约为32 kb, 通过细菌接合作用质粒重组到Pseudomonas stutzeri. 经过质粒重组的Pseudomonas stutzer pOCNB-1与Pseudomonas putida OCNB-1一样具有降解邻氯硝基苯的能力.

对菌株Pseudomonas putida OCNB-1进行了降解酶分析, 酶分析发现该菌株在含有邻氯硝基苯的无机盐培养基(MSM)中有较高的硝基苯还原酶、苯胺双加氧酶、邻苯二酚1,2-双加氧酶活性, 而在LB培养基中, 则没有这些酶的活性, 表明这些酶都是诱导酶. 通过液相色谱与气质联用色谱测定了降解液中所含的中间产物, 发现了邻氯苯胺. 中间代谢物邻氯苯胺的检出及酶分析结果表明该菌是通过硝基还原酶还原邻氯硝基苯为邻氯苯胺, 邻氯苯胺在苯胺双加氧酶的作用下转化为3-氯邻苯二酚, 3-氯邻苯二酚在邻苯二酚1,2-双加氧酶的作用下继续开环脱氯. 在厌氧条件下, 驯化筛选了一株邻氯硝基苯的降解菌ACNB-1, 经自动化微生物鉴定系统初步鉴定为Corynebacterium sp., 在葡萄糖共基质的厌氧条件下, 该菌株96 h降解0.35 mmol/L邻氯硝基苯. 葡萄糖最佳添加浓度为1200 mg/L, 降解邻氯硝基苯的最佳温度为32℃, 最佳pH为7.5. 20 mg/L氯硝基苯与50、100、150、200 mg/L的葡萄糖共基质时, 邻氯硝基苯降解和葡萄糖的降解都遵循一级反应动力学. 但120 mg/L邻氯硝基苯及其与不同浓度的葡萄糖(600、800、1000、1200 mg/L)共基质时, 邻氯硝基苯降解不再遵循一级反应动力学, 而葡萄糖的降解仍遵循一级反应动力学. 葡萄糖的浓度增加到2000 mg/L时, 降解反应遵循零级反应动力学.

总之, 通过本论文的研究工作, 在有氧条件下, 筛选到了一株高效降解邻氯硝基苯的菌株Pseudomonas putidaOCNB-1, 对其降解邻氯硝基苯的特性、降解质粒、降解酶、降解途径进行了研究; 在葡萄糖共基质的厌氧条件下, 筛选到了一株降解邻氯硝基苯的菌株ACNB-1, 并对其降解特性进行了研究; 本论文的研究为邻氯硝基苯类废水的处理提供了一定的理论与实验依据.

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wrfzjs200901012.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wrfzjs200901012.aspx)

授权使用: 浙江大学(wfzjdx), 授权号: 6137d277-0b54-4b37-a4fc-9e050147315d

下载时间: 2010年10月4日