

一株硫酸盐还原菌的分离鉴定和系统发育分析

李建军^{1,2,3} 叶广运^{2,3} 陈进林^{2,3} 孙国萍^{2,3*} 梁世中¹

(1. 华南理工大学 广东 广州 510006)

(2. 广东省微生物研究所 广东 广州 510070)

(3. 广东省微生物应用新技术公共实验室 广东 广州 510070)

摘要: 从处理硫酸盐废水的厌氧折流板反应器中分离得到一株硫酸盐还原菌 D11, 该菌株革兰氏反应阴性, 无芽孢, 菌体杆状稍有弯曲, 宽度在 0.6 μm ~0.8 μm , 长度在 1.8 μm ~3.3 μm 之间, 有极生单鞭毛, 能运动, 接触酶阳性, 氧化酶阴性。菌株生长的 pH 范围介于 6.0~8.0 之间, 最适 pH 为 7.0, 生长温度范围为 25°C~37°C, 最适温度为 30°C。能够以葡萄糖、蔗糖、乙酸、乳酸、乙醇和丙二醇为唯一碳源生长, 不能利用丙三醇、丁醇、琥珀酸和苹果酸。菌株 DNA 的 G+C 含量为 62.7 mol%。系统发育学分析表明, 该菌株与两株普通脱硫弧菌(*Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough and *Desulfovibrio vulgaris* DP4)发育关系接近, 序列相似性均为 99%。

关键词: 硫酸盐还原菌, 16S rRNA, DSR

Isolation, Identification of a Sulfate Reducing Bacteria D11 and Its Phylogenetic Analysis

LI Jian-Jun^{1,2,3} YE Guang-Yun^{2,3} CHEN Jin-Lin^{2,3}
SUN Guo-Ping^{2,3*} LIANG Shi-Zhong¹

(1. South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510006, China)

(2. Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou, Guangdong 510070, China)

(3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Microbial Culture Collection and Application, Guangzhou, Guangdong 510070, China)

Abstract: A sulfate-reducing bacteria strain, designated D11, was isolated from an anaerobic baffled reactor treating waste water containing sulfate. The cells of strain D11 were found to be Gram-negative, non-spore-forming, slightly curved rods, 0.6 μm ~0.8 μm wide and 1.8 μm ~3.3 μm long, motile by a single polar flagellum, catalase positive and oxidase negative. The pH range for growth was 6.0~8.0 (optimum pH 7.0) and the temperature range for was 25°C~37°C (optimum 30°C). Strain D11 can use glucose, fructose, acetate, lactate, alcohol and propanediol as sole carbon source for growth and did not use glycerol, butanol, succinate and malate. The G+C content of the DNA was 62.7 mol%. Phylogenetic analysis based on 16S rRNA and DSR gene sequence showed strain D11 was closely related to the type strain of *Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough and *Desulfovibrio vulgaris* DP4 (99% sequence similarity).

Keywords: Sulfate reducing bacteria, 16S rRNA, DSR

基金项目: 国家 863 计划项目(No. 2006AA06Z322); 广州市项目(No. 2008C13G041); 广东省项目(No. 2008B040200015)

* 通讯作者: ✉ guopingsun@163.com

收稿日期: 2008-12-30; 接受日期: 2009-08-19

硫酸盐还原菌(Sulfate-reducing bacteria, SRB)是一类能够从硫酸盐异化型还原过程中获取能量的原核微生物,具有多样的系统发育分支和生理学特性。硫酸盐还原菌包括革兰氏阴性的嗜中温 SRB、革兰氏阳性的具芽孢的 SRB、嗜热 SRB 和嗜热古细菌^[1]。硫酸盐还原菌广泛存在于自然界厌氧环境当中,如:油田水^[2]、海底淤泥^[3]和温泉^[4]当中。在金属表面 SRB 能形成生物膜引起金属腐蚀^[5,6],引起管道腐蚀,造成经济损失。在富硫酸盐的工业废水中,SRB 以有机物为电子供体,以硫酸盐为最终电子受体,是厌氧条件下有机污染物生物降解的重要微生物^[7-9]。而在重金属污染的水体中,SRB 还原硫酸盐产生硫化物,与重金属离子形成沉淀,能有效去除或回收废水中的重金属^[10-13]。因此,硫酸盐还原菌不仅在自然界硫循环过程中起着关键的作用,在受污染废水、土壤的厌氧生物修复以及防止管道腐蚀过程中均有重要的作用。本文报道了一株从处理硫酸盐废水的 ABR 反应器中分离得到的硫酸盐还原菌,结合形态特征、生理生化特性、16S rRNA 和 DSR 基因对其进行了鉴定,为硫酸废水处理工艺研究提供基础。

1 材料与amp;方法

1.1 培养基

分离纯化培养基: $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 0.4 g, NH_4Cl 1.0 g, Na_2SO_4 3.0 g, Yeast extracts 1.0 g, K_2HPO_4 0.5 g, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0.05 g, 乳酸钠 3.0 g, 维生素 C (10 g/L) 10 mL, 巯基乙酸钠(10 g/L) 10 mL, $FeSO_4$ (5 g/L) 10 mL。所有成分加入到去离子水,定容至 1 L,充分混合,加热至沸腾,然后冷却至室温,充氮气后 1×10^5 Pa 灭菌, pH 为 7.5。液体培养基在氮气下分装至具胶塞的厌氧管后密封,固体培养基加 1.5%的琼脂粉。

菌种鉴定及特性分析用培养基: 去掉分离纯化培养基中的 $FeSO_4$ 。

1.2 硫酸盐还原菌的筛选

样品来自厌氧的 ABR 反应器,污泥加无菌水振荡均匀后稀释,按 1%的量接种至厌氧管,置于厌氧工作站(RUSKINN Bugbox)富集,以亚铁离子做指示剂,待培养基变黑后涂平板分离,平板置于 GENbag anaer 厌氧培养袋(BioMerieux)中培养。约 10 d 左右,长出黑色菌落,挑取单菌落划线分离,

2~3 次后获得纯菌株 D11。

1.3 形态学观察

菌株 D11 的纯度和细胞形态用相差显微镜(LEICA DMLB)检查,菌株用磷钨酸负染后在透射电镜(HITACHI H-7650)下观察鞭毛并测量细胞大小。革兰氏染色和芽孢染色后在光学显微镜下观察。细胞接触酶和氧化酶活性的测试参照文献^[14]。

1.4 生长特性分析

分装液体培养基至厌氧管,每只 15 mL,接种对数期的菌悬液 100 μ L,每 24 h 取一支厌氧管测定 SO_4^{2-} 含量,得到菌株的生长曲线。在不同 pH 和温度下厌氧培养 5 d,分析 pH 和温度对菌株生长的影响, SO_4^{2-} 含量用重量法测定(GB 11899-89)。

1.5 生理生化特征分析

为了测试菌株对不同碳源的利用情况,菌株在 10 mL 液体培养基 30 $^\circ$ C 厌氧培养 10 d 后,离心去上清,去离子水洗涤沉淀,再用 2 mL 去离子水重悬菌体,取 100 μ L 分别接种至含 20 mol/L 的葡萄糖、蔗糖、乳酸、乙酸、丁醇、丙二醇、丙三醇、乙醇、苹果酸和琥珀酸的液体培养基,以硫酸钠为电子受体,30 $^\circ$ C 厌氧培养 10 d,综合硫酸盐消耗、菌体吸光度和产硫化氢的情况验证菌株碳源利用能力。

1.6 总 DNA 提取

厌氧培养 7 d 的菌液离心后收集菌体,按照《分子克隆实验指南》(第三版)方法提取总 DNA,抽提的总 DNA 样品溶于 100 μ L 的超纯水中,-20 $^\circ$ C 保存备用。

1.7 DNA 中 GC 含量测定

DNA 中 G+C 含量测定采用反相高效液相色谱法^[15],仪器为 Waters 510,色谱柱: Hypersil BDS (4.6 mm \times 250 mm, 填料粒度为 5 μ m); 流动相: 90% PBS 缓冲液(pH 5.6)+10%甲醇,流速: 1.0 mL/min; 检测波长: 254 nm; 柱温: 室温; 进样量: 10 μ L; 软件: Empower。

1.8 16S rRNA 和 DSR 基因的 PCR 扩增和测序

基因扩增使用梯度 PCR 扩增仪(PTC200),16S rRNA 基因用细菌通用引物(27f/1492r)扩增,94 $^\circ$ C 4 min; 94 $^\circ$ C 1 min, 55 $^\circ$ C 1 min, 72 $^\circ$ C 1.5 min, 30 个循环; 72 $^\circ$ C 10 min。亚硫酸盐还原酶基因(DSR)利用引物 1F/4R^[16]进行扩增,94 $^\circ$ C 4 min; 94 $^\circ$ C 30 s, 53 $^\circ$ C 50 s, 72 $^\circ$ C 1.5 min, 30 个循环; 72 $^\circ$ C 10 min。PCR 扩增分别获得约 1.5 kb 的 16S rRNA 和 1.9 kb 的部分

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

dsrAB 基因片段, 用 1% 的琼脂糖凝胶电泳检测。

1.9 系统发育学分析

PCR 产物直接送宝生物工程公司(大连)测序, 所测序列利用 Blast 软件比对进行序列相似性分析, 从 GenBank 选取相关菌种的同源序列, 利用 MEGA3.1 软件包中的邻位连接法构建 D11 和相关菌种的系统发育树, 用 Bootstrap 法分析树的可靠性, 迭代次数为 100。

2 结果与分析

2.1 硫酸盐还原菌的分离

样品富集培养后稀释, 取适当稀释梯度涂布平板, 放入 GENbag anaer 厌氧袋培养, 约 10 d 后, 长出菌落, 挑单菌落经多次划线分离后获得菌株 D11, 菌落早期为白色小菌落, 后由于菌体还原硫酸盐产生硫化氢, 硫化氢和亚铁离子结合产生硫化亚铁沉淀, 使菌落逐渐变为黑色, 表面凸起, 直径约 1 mm~3 mm(图 1)。菌株 D11 在相差显微镜下观察, 细胞大小和形态一致, 菌体为杆状, 稍有弯曲, 两端钝圆, 能运动, 菌体宽度在 $0.6\ \mu\text{m}$ ~ $0.8\ \mu\text{m}$, 长度在 $1.8\ \mu\text{m}$ ~ $3.3\ \mu\text{m}$ 之间(图 2)。电镜观察显示细胞呈弧状, 有极生单鞭毛(图 3)。菌株 D11 革兰氏反应呈阴性, 没有观察到有芽孢形成, 接触酶阳性, 氧化酶阴性。菌株 DNA 的 G+C 含量为 62.7 mol%, 接近于普通脱硫弧菌(*D. vulgaris*)的 G+C 含量(61%)。

2.2 菌株生长曲线及 pH、温度的影响

以乳酸为碳源, 菌株对硫酸盐的还原情况见图 4: $[\text{SO}_4^{2-}]$ 最初浓度为 2000 mg/L, 菌株 D11 初期生长缓慢, 在第 2 天硫酸盐浓度才开始降低, 2 d~5 d

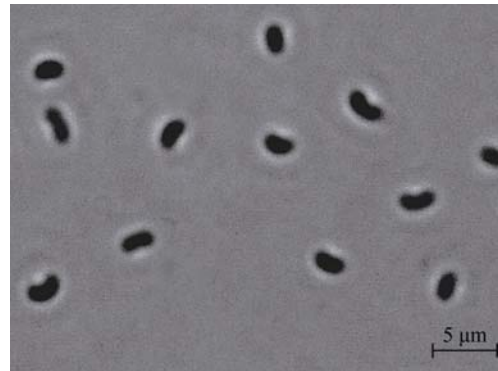


图 2 菌株 D11 的相差显微照片

Fig. 2 Phase-contrast photomicrograph of cells of strain D11

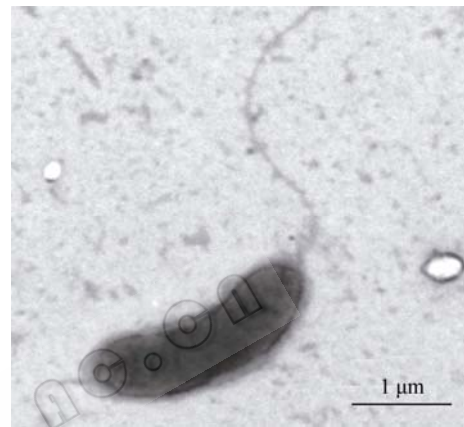


图 3 D11 菌株的透射电镜照片

Fig. 3 Transmission electron micrograph image of cells of strain D11

为对数生长期, 当 $[\text{SO}_4^{2-}]$ 降低至最初浓度的 70% 左右时不再下降。细胞 OD 值在生长期内较低, 在达到 0.8 左右时开始下降, 表明菌株进入衰亡期, 此时可能是硫化氢的浓度对硫酸盐还原菌产生了抑制。

菌株 D11 最适 pH 为 7.0, 能在 pH 6.0~8.0 之间生长, 而 pH 小于 5 或大于 9 均无明显生长, 温度生



图 1 硫酸盐还原菌 D11 菌落形态

Fig. 1 The colony morphology of strain D11 grown anaerobically on agar plate

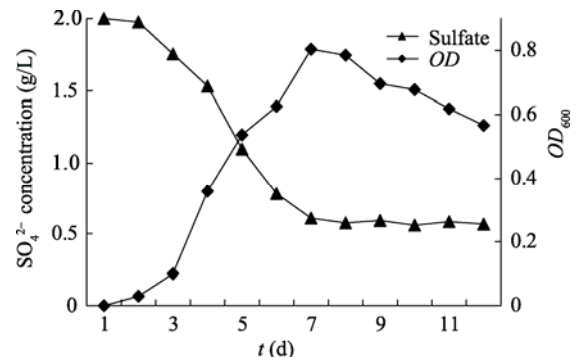


图 4 菌株 D11 还原硫酸盐的能力

Fig. 4 Reducing efficiency of strain D11 on sulfate

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

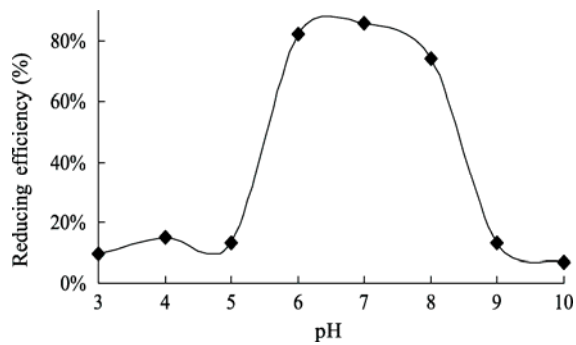


图5 pH对硫酸盐还原效率的影响

Fig. 5 The effect of pH on reducing efficiency of sulfate

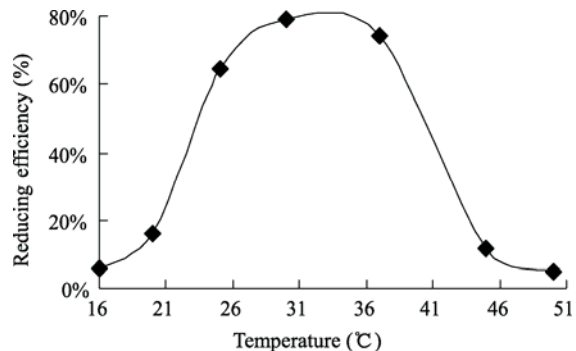


图6 温度对硫酸盐还原效率的影响

Fig. 6 The temperature of pH on reducing efficiency of sulfate

长范围介于 25°C 和 37°C 之间, 最适生长温度为 30°C。

2.3 生理生化特性

菌株 D11 对不同的碳源利用能力不同, 试验结果表明(表 1): D11 不能以丙三醇、丁醇、琥珀酸和苹果酸等分子量较大的醇和酸为唯一碳源生长, 可以低分子量的醇和酸, 如乙酸、乳酸、乙醇和丙二醇为唯一碳源生长, 也能利用葡萄糖和蔗糖, 其中当以乳酸和葡萄糖为唯一碳源时, 硫酸还原效率最高(10 d 约 70%的硫酸盐被还原)。

2.4 系统树分析

将测序所得到的菌株的 16S rRNA 序列输入 GenBank, 用 Blast 软件与数据库序列进行比对分析, 结果表明: D11 与普通脱硫弧菌属的两株菌 *Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough(AE017285)和 *Desulfovibrio vulgaris* DP4(NC008751)的 16S rRNA 序列相似性较高, 均为 99%, 在 GenBank 搜索并选取 *Desulfovibrio* 属部分种的 16S rRNA 序列与 D11 共同构建系统发育树。分析结果表明: 菌株 D11 位于普通脱硫弧菌(*Desulfovibrio vulgaris*)分支上, 与

表 1 菌株生理生化特性
Table 1 Physio-biochemical characteristics of strain D11

试验项目 Test items	结果 Results	试验项目 Test items	结果 Results
革兰氏染色 Gram stain	-	丁醇 Butanol	-
细胞形状 Cell shape	弯杆状	乙醇 Alcohol	+
鞭毛 Flagellum	+	乙酸 Acetate	+
芽孢 Spore	-	乳酸 Lactate	+
接触酶 Catalase	+	琥珀酸 Amber acid	-
氧化酶 Oxidase	-	苹果酸 Malate	-
丙三醇 Glycerol	-	葡萄糖 Glucose	+
丙二醇 Propanediol	+	蔗糖 Sucrose	+

注: +: 阳性反应; -: 阴性反应。

Note: +: Positive reaction; -: Negative reaction.

该种硫酸盐还原菌的进化关系接近(图 5)。dsr 基因扩增得到约 1.9 kb 的片段, 根据基因序列推断出氨基酸序列(包括亚硫酸还原酶 α 和 β 亚基的部分序列), 由这两部分序列连接后进行 Blast 比对和系统发育树的构建, 方法与 16S rRNA 序列分析方法相同。结果显示: D11 与普通脱硫弧菌 *Desulfovibrio vulgaris*(AE017285)序列有较高的相似性(99%), 在系统发育树中位于同一分支(图 6)。因此, 结合生理学特征、细胞 G+C mol%以及基于 16S rRNA 和 DSR 两类基因的系统发育分析结果, 认为 D11 属于普通脱硫弧菌。

3 讨论

目前国外对硫酸盐还原菌已有大量的报道, 从各种环境中分离了不同种属的硫酸盐还原菌, 在国内仅有少数有关硫酸盐还原菌分离的报道。如张毅等从热交换器中分离到一株嗜热的硫酸盐还原菌, 研究了其生物学特性^[17], 马保国等从煤矸石山酸性淋溶水污染的黄土中, 分离、纯化得到一株硫酸盐还原菌^[18], 陈悟从油田回注水系统中分离到一株嗜热、嗜酸硫酸盐还原菌^[19]。由于严格厌氧并且生长缓慢, 硫酸盐还原菌分离培养困难。最近人们在研究硫酸盐还原菌时, 常用编码异化亚硫酸盐还原酶(DSR)的基因来分析 SRB 的系统发育关系和群落结构。dsr 编码功能基因-异化型亚硫酸盐还原酶(DSR), 由于该酶是微生物硫酸盐呼吸过程中的一个关键酶, 催化亚硫酸盐还原为硫化物, 迄今为止仅仅在异化型硫酸还原微生物中发现^[20], 在具有硫酸还原功能

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

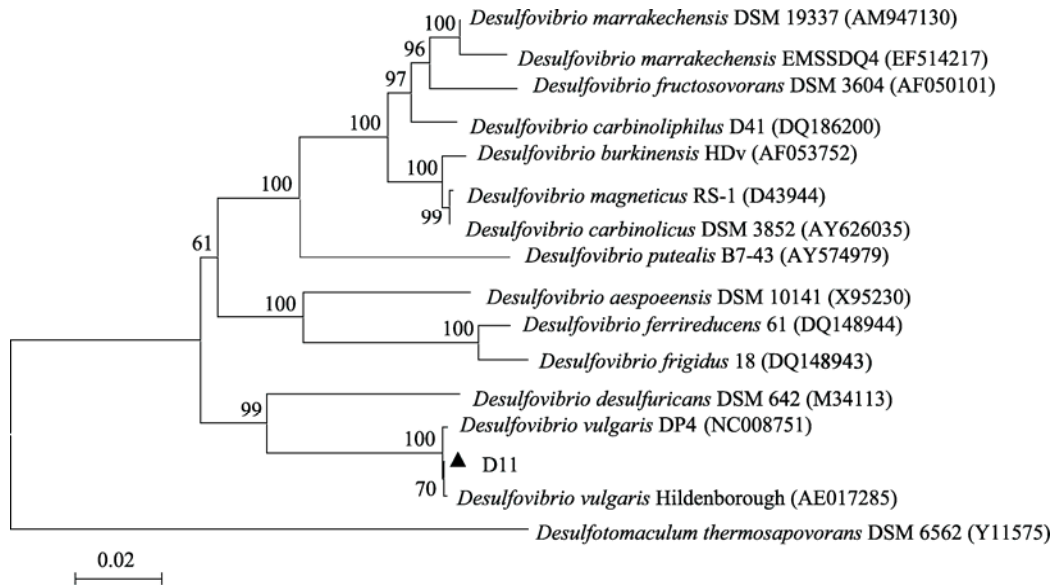


图 7 菌株 D11 和相关菌的基于 16S rDNA 基因序列的系统发育树

Fig. 7 Phylogenetic relationship based on 16S rRNA gene sequences of strain D11 and other *desulfovibrio* species using Neighbour-joining method

Note: Numbers at nodes present bootstrap percentages (based on 100 samplings). Bar: 0.02 sequence divergence.

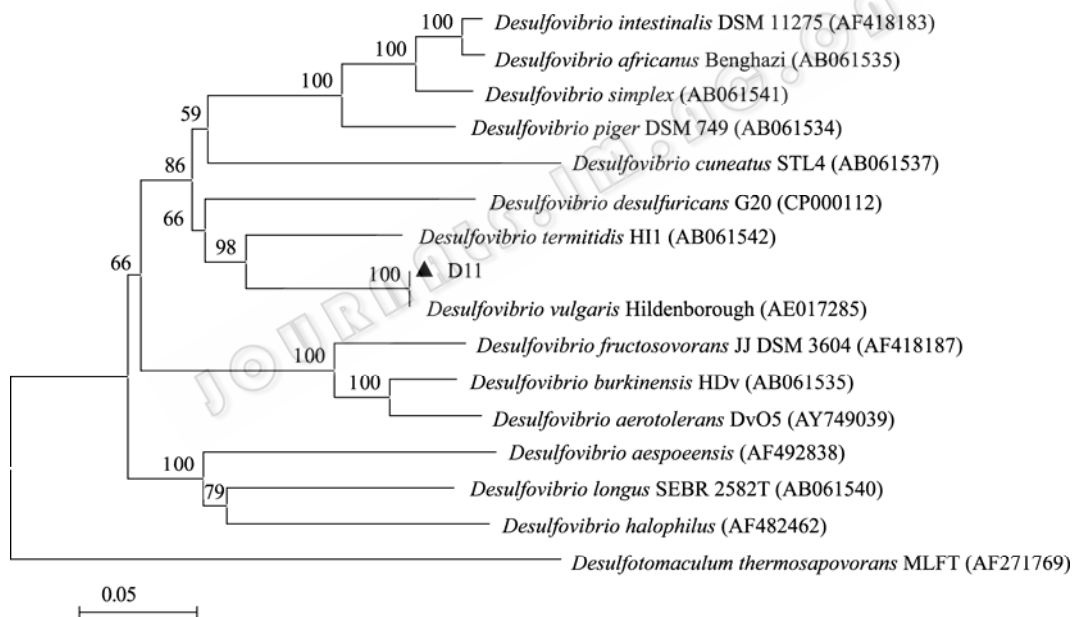


图 8 菌株 D11 和相关菌的基于 DSR 基因序列的系统发育树

Fig. 8 Phylogenetic relationship based on DSR gene sequences of strain D11 and other *desulfovibrio* species using Neighbor-joining method

Note: Numbers at nodes present bootstrap percentages (based on 100 samplings). Bar: 0.05 sequence divergences.

的细菌和古菌当中高度保守^[21,22]。因此, 编码异化亚硫酸盐还原酶基因的部分序列最近常被用来分析 SRB 的系统发育学。研究证明, 利用 *dsr* 基因所得出的系统发育学结果与 16S rRNA 基因的一致^[23],

在生态学分析中, 利用 *dsr* 基因更有优势。如 Joke Geets 等人设计了一对引物 DSRp2060F/DSR4R^[24], 扩增得到 350 bp 左右的片段, 通过变性梯度凝胶电泳后, 可以直接分析硫酸盐还原菌的群落结构, 排

除了其它微生物的干扰。Shabir A 等人利用 DSR 基因检测了含硫酸盐废水处理反应器中的具有代谢活性的硫酸盐还原菌, 分析了具有代谢活性的硫酸盐还原菌^[25]。

4 结论

1) 从处理硫酸盐废水的厌氧折流板反应器中分离得到一株硫酸盐还原菌 D11, 菌体稍有弯曲, 两端钝圆, 能运动, 菌体宽度在 0.6 μm ~0.8 μm , 长度在 1.8 μm ~3.3 μm 之间, 电镜观察显示细胞呈弧状, 有极生单鞭毛。菌株 D11 革兰氏反应呈阴性, 没有观察到有芽孢形成, 接触酶阳性, 氧化酶阴性。

2) 菌株 D11 生长的 pH 范围为 6.0~8.0, 最适 pH 为 7.0, 温度生长范围介于 25°C~37°C 之间, 最适生长温度为 30°C。不能利用丙三醇、丁醇、琥珀酸和苹果酸为唯一碳源生长, 能够以葡萄糖、蔗糖、乙酸、乳酸、乙醇和丙二醇为唯一碳源生长。其中当以乳酸和葡萄糖为唯一碳源时, 硫酸还原效率最高。

3) 菌株 DNA 的 G+C 含量为 62.7 mol%, 系统发育分析结果表明, 菌株 D11 位于普通脱硫弧菌 (*Desulfovibrio vulgaris*) 分支上, 与该种硫酸盐还原菌的进化关系接近。与 *Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough 和 *Desulfovibrio vulgaris* DP4 的 16S rRNA 序列相似性较高, 均为 99%。结合生理学特征和系统发育分析结果, 认为 D11 属于普通脱硫弧菌。

参 考 文 献

- [1] Castro HF, Ogram A, Williams NH. Phylogeny of sulfate-reducing bacteria. *FEMS Microbiol Ecol*, 2000, **31**(1): 1-9.
- [2] Beeder J, Nilsen RK, Rosnes JT, et al. *Archaeoglobus fulgidus* isolated from hot north sea oil field waters. *Appl Environ Microbiol*, 1994, **60**(4): 1227-1231.
- [3] Dhillon A, Teske A, Dillon J, et al. Molecular characterization of sulfate-reducing bacteria in the guaymas basin. *Appl Environ Microbiol*, 2003, **69**(5): 2765-2772.
- [4] Mori K, Kim H, Kakegawa T, et al. A novel lineage of sulfate-reducing microorganisms: *Thermodesulfobiaceae* fam. nov., *Thermodesulfobium narugense*, gen. nov., sp. nov., a new thermophilic isolate from a hot spring. *Extremophiles*, 2003, **7**(4): 283-290.
- [5] Antony PJ, Singh Raman RK, Mohanram R, et al. Influence of thermal aging on sulfate-reducing bacteria (SRB)-influenced corrosion behaviour of 2205 duplex stainless steel. *Corros Sci*, 2008, **50**(7): 1858-1864.
- [6] Beech IB, Sunner J. Biocorrosion: towards understanding interactions between biofilms and metals. *Curr Opin Biotechnol*, 2004, **15**(3): 181-186.
- [7] Elferink SJWHO, Sopjes A, Stams AJM, et al. Characterization of the sulfate-reducing and syntrophic population in granular sludge from a full-scale anaerobic reactor treating papermill wastewater. *FEMS Microbiol Ecol*, 1998, **27**(2): 185-194.
- [8] Mohan SV, Rao NC, Prasad KK, et al. Bioaugmentation of an anaerobic sequencing batch biofilm reactor (AnSBBR) with immobilized sulphate reducing bacteria (SRB) for the treatment of sulphate bearing chemical wastewater. *Process Biochem*, 2005, **40**(8): 2849-2857.
- [9] Yang SY, Yoshida N, Baba D, et al. Anaerobic biodegradation of biphenyl in various paddy soils and river sediment. *Chemosphere*, 2008, **71**(2): 328-336.
- [10] Barnes LJ, Janssen FJ, Sherren J, et al. A new process for the microbial removal of sulfate and heavy metals from contaminated waters extracted by a geohydrological control system. *Chem Eng Res Des*, 1991, **69**(3): 184-186.
- [11] Tuppurainen KO, Vaisanen AO, Rintala JA. Zinc removal in anaerobic sulphate-reducing liquid substrate process. *Miner Eng*, 2002, **15**(11): 847-852.
- [12] Foucher S, Battaglia-Brunet F, Ignatiadis I, et al. Treatment by sulfate-reducing bacteria of chassy acid-mine drainage and metals recovery. *Chem Eng Sci*, 2001, **56**(4): 1639-1645.
- [13] Goncalves MM, Costa A, Leite GF, et al. Heavy metal removal from synthetic wastewaters in an anaerobic bio-reactor using stillage from ethanol distilleries as a carbon source. *Chemosphere*, 2007, **69**(11): 1815-1820.
- [14] 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.267-273.
- [15] 吴芸, 李惠芝, 马永平, 等. 反相高效液相色谱法测定一株新分离的两歧双歧杆菌 DNA G+C 摩尔百分含量. 西南师范大学学报, 2005, **30**(1): 96-100.
- [16] Wagner M, Roger AJ, Flax JL, et al. Phylogeny of dissimilatory sulfite reductases supports an early origin of sulfate respiration. *J bacteriol*, 1998, **180**(11): 2975-2982.
- [17] 张毅, 刘克鑫, 廖银章, 等. 一株嗜热硫酸盐还原菌的分离和生物学特性研究. 应用与环境生物学报, 1995, **1**(2): 173-180.
- [18] 马保国, 胡振琪, 张明亮, 等. 高效硫酸盐还原菌的分离鉴定及其特性研究. 农业环境科学学报, 2008, **27**(2):

608-611.

- [19] 陈 悟, 汪文俊, 向 福, 等. 腐蚀生物膜垢中硫酸盐还原菌的系统进化分析. *微生物学通报*, 2008, **35**(2): 161-165.
- [20] Klein M, Friedrich M, Roger AJ, *et al.* Multiple lateral transfers of dissimilatory sulfite reductase genes between major lineages of sulfate-reducing prokaryotes. *J bacteriol*, 2001, **183**(20): 6028-6035.
- [21] Minz D, Flax JL, Green SJ, *et al.* Diversity of sulfate-reducing bacteria in oxic and anoxic regions of a microbial mat characterized by comparative analysis of dissimilatory sulfite reductase genes. *Appl Environ Microbiol*, 1999, **65**(10): 4666-4671.
- [22] Karkhoff-Schweizer RR, Huber DP, Voordouw G. Conservation of the genes for dissimilatory sulfite reductase from *Desulfovibrio vulgaris* and *Archaeoglobus fulgidus* allows their detection by PCR. *Appl Environ Microbiol*, 1995, **61**(1): 290-296.
- [23] Zverlov V, Klein M, Lucker S, *et al.* Lateral gene transfer of dissimilatory (bi) sulfite reductase revisited. *J bacteriol*, 2005, **187**(6): 2203-2208.
- [24] Geets J, Borremans B, Diels L, *et al.* DsrB gene-based DGGE for community and diversity surveys of sulfate-reducing bacteria. *J Microbiol Methods*, 2006, **66**(2): 194-205.
- [25] Shabir A, Yao L, Dongen UV, *et al.* Analysis of diversity and activity of sulfate-reducing bacterial communities in sulfidogenic bioreactors using 16S rRNA and *dsrB* genes as molecular markers. *Appl Environ Microbiol*, 2007, **73**(2): 594-604.

编辑部公告

中国科学院微生物研究所期刊广告部成立

中国科学院微生物研究所期刊广告部于 2007 年 3 月正式成立, 已取得北京市工商行政管理局正式批准的广告经营许可证(京海工商广字第 8107 号)。广告部代理《生物工程学报》、《微生物学报》、《微生物学通报》、《菌物学报》四个期刊的广告经营业务, 此四种期刊均为中国自然科学核心期刊, 国内外公开发刊, 主要报道微生物学和生物技术领域的最新研究成果和研究动态, 已被美国化学文摘(CA)、生物学文摘(BA)、医学索引(MEDLINE)、俄罗斯文摘杂志(AJ)及《中国学术期刊文摘》、《生物学文摘》等国内外著名数据库和检索期刊收录, 是促进国内外学术交流的重要科技期刊。

广告刊登内容主要包括大型生化仪器(如显微镜、离心机、色谱仪、无菌操作台、大、中、小型发酵罐)、设备耗材(如 PCR 仪、细胞生物反应器、微量移液器、离心管、杂交膜)及生化试剂(如各种酶、载体、试剂盒)等的产品宣传信息, 也可以发布生物技术人才招聘信息、会议消息、以及与生命科学有关的各种服务信息。广告部以严谨、诚信为原则, 愿与从事生物技术产品生产与销售的各种厂商和公司精诚合作, 共同发展。如有刊登广告的需要, 欢迎与我们电话或 email 联系获取各刊版位及报价信息! 也可以登陆各刊网站, 了解更多详情。

提示:从 2007 年起, 各公司与此四刊签订的广告费用请汇入以下新账号:

收款单位: 中国科学院微生物研究所

开户银行: 中国工商银行北京分行海淀西区支行

帐 号: 0200004509089117425

中国科学院微生物研究所·期刊广告部

联系电话: 010-64807336; 010-64807521

联系人: 武文 王 闵

电子信箱: gg@im.ac.cn

网 址: <http://journals.im.ac.cn>

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