

磁粉投加对好氧反硝化细菌效能的影响

杨基先¹, 孙静文¹, 马放¹, 王强²

(1. 哈尔滨工业大学 城市水资源与水环境国家重点实验室, 150090 哈尔滨;

2. 黑龙江省环境保护科学研究院, 150056 哈尔滨)

摘要: 为提高好氧反硝化细菌生长及效能, 设置不同磁粉投加量梯度(0.5~3.0 g/L, 每0.5 g/L为一个投加量梯度)投入好氧反硝化培养基, 培养24 h后测定T13的生长吸光度、硝酸盐氮去除效能、脱氢酶活性等3项指标. 结果表明: 投加磁粉后菌株生长有所促进, T13的硝氮去除效能和脱氢酶活性随磁粉投加量的增加呈现先升后降的趋势; 投加量在2.5 g/L及以下时, 磁粉均表现促进作用. 磁粉促进了好氧反硝化菌的生长和效能, 2.0 g/L为最适磁粉投加量, 此投加量下T13的脱氢酶活性和硝氮去除率分别达最大值73.9 $\mu\text{g}/(\text{mL}\cdot\text{h})$ 和100%.

关键词: 磁粉; 好氧反硝化; 脱氢酶活性

中图分类号: X522 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2012)04-0050-03

Influence of magnetic powder dosing quantity on a strains of aerobic denitrifying bacteria

YANG Ji-xian¹, SUN Jing-wen¹, MA Fang¹, WANG Qiang²

(1. State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, 150090 Harbin, China;

2. Heilongjiang Environmental Protection Academy of Science, 150056 Harbin, China)

Abstract: To improve the growth and efficiency of aerobic denitrifying bacteria, by adding different dose of magnetic powder (within 0.5–3.0 g/L, 0.5 g/L for a gradient) and after 24 h, the growth absorbency, nitrate removal rate and dehydrogenase activity were determined. Results show that the growth increases, and the nitrogen removal efficiency and dehydrogenase activity of T13 first increase and then decrease with increasing of magnetic powder dosage. The magnetic powder promotes the aerobic denitrifying bacteria growth and efficiency, and 2.0 g/L of magnetic powder is the optimal dosing quantity, under which the dehydrogenase activity and denitration nitrogen removal of T13 go to the maximum 73.9 $\mu\text{g}/(\text{mL}\cdot\text{h})$ and 100% respectively.

Key words: magnetic powder; aerobic denitrification; dehydrogenase activity

近40年来,国内外将磁技术大量应用到实际水处理^[1-2]中. 在多种磁作用方式中,磁粉价廉易得、操作方便,同时具有独特的物理、化学性质,能够使水分子及水中溶解的污染物分子结构发生变化^[3],对多种物理和化学过程都会产生一定的影响^[4-7]. 同时,磁粉的微弱磁场会使微生物的活性及代谢发生一系列的变化^[8-12]. 任月明^[13]等

在SBR反应器中投加修饰过的纳米磁粉悬浮液并利用外加磁场快速分离处理后的磁性泥水混合液,发现磁粉活性污泥驯化成熟时间短,污泥性质和处理能力及抗冲击负荷能力明显提高. Yavuz^[14]等用磁性聚苯乙烯颗粒作为微生物的载体,用磁场生物流化床来处理模拟污水,发现有磁场的流化床内的生物膜比对照的无磁场流化床的生物膜更薄,但结构更致密且活性更高,水处理效率可提升26%.

为了进一步提高好氧反硝化的效能,将磁粉投入培养基对好氧反硝化细菌进行作用,考察磁粉对硝氮去除效能和酶活性的影响,为好氧反硝

收稿日期: 2011-04-07.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50778052).

作者简介: 杨基先(1964—),男,教授,博士生导师;

马放(1963—),男,教授,博士生导师.

通讯作者: 杨基先, yangxj@hit.edu.cn.

化微生物的代谢规律研究提供基础数据,为好氧反硝化脱氮工艺的优化提供一定的理论依据。

1 试验

1.1 菌种

采用城市水资源与水环境重点实验室保藏的高效好氧反硝化细菌 T13 (*Pseudomonas sp.*)。

1.2 培养基

采用 DM^[15] 培养基作为硝酸盐电子受体供试培养基,组成见表 1。

表 1 DM 培养基组成 $g \cdot L^{-1}$

药品名称	用量	药品名称	用量
KNO ₃	1.50	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.37
Na ₂ HPO ₄ · 7H ₂ O	7.90	MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.10
KH ₂ PO ₄	1.50	琥珀酸钠	4.70

1.3 磁粉

试验用磁粉为分析纯微磁性黑色粉末状,化学成分为 Fe₃O₄,粒径小于 10 μm。磁粉每次使用前在磁场中预磁化。

1.4 试验方法

准备 7 个规格相同的 250 mL 三角瓶,每瓶内加入 90 mLDM 培养基,121 °C 灭菌 20 min 后接入 10 mL T13 种子液。接种后立即投入已磁化的磁粉。磁粉投加量为 0.5 ~ 3.0 g/L,0.5 g/L 为一个质量浓度梯度。将 7 个三角瓶放入摇床内,在 30 °C、120 r/min 条件下培养 24 h。

2 结果与讨论

培养 24 h 后对 T13 的 OD、硝氮去除效果、脱氢酶活性等各项指标进行测定。

2.1 磁粉投加量对 T13 生长量的影响

投入不同量磁粉后培养 24 h, T13 菌株的生长吸光度见图 1。

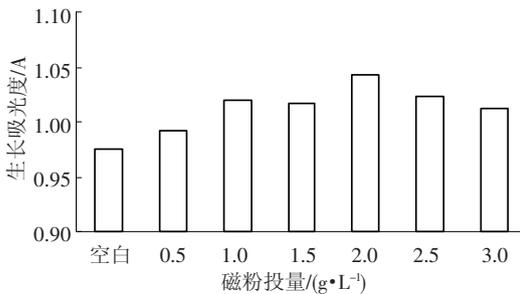


图 1 磁粉投加量对 T13 生长量的影响

由图 1 可见,磁粉对 T13 的生长量有促进作用。菌量随着投加量的提高而增加,当磁粉投加量达到一定值后 T13 生长量趋于稳定。投加量在

0.5 ~ 2.0 g/L 时,随着磁粉投加量逐渐提高, T13 的生物量从 0.976 增加到 1.043,与投加量呈正相关。投磁粉后 T13 生长量均有所提高。

2.2 磁粉投加量对 T13 脱氮能力的影响

T13 是实验室保藏的高效脱氮菌种。在投加不同量磁粉培养 24 h 后 T13 硝氮去除率的变化如图 2。

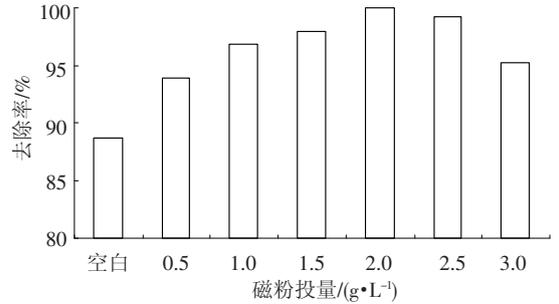


图 2 磁粉投加量对 T13 硝氮去除率的影响

由图 2 可见,随着磁粉投加量的提高,硝氮去除率呈现先升后降的趋势。投加量由 0.5 g/L 提高至 2.0 g/L 时,磁粉对 T13 硝氮去除效能的促进作用逐渐增强;投加量在 2.5 g/L 及以下时,硝氮去除率平均在 93% 以上。从 2.5 g/L 开始,随着投加量继续增加,磁粉的促进作用逐渐减弱。投加量为 2.0 g/L 时,硝氮去除率最高为 100%,硝氮 24 h 去除量较未加磁粉时提高了 12.61 mg/L。

2.3 磁粉投加量对 T13 酶活性的影响

以脱氢酶活性检测^[16]为代表考察不同磁粉投量对菌株 T13 内酶活性的影响,测量前将菌液浓度调节至相同。磁粉投加量对 T13 脱氢酶活性的影响见图 3。

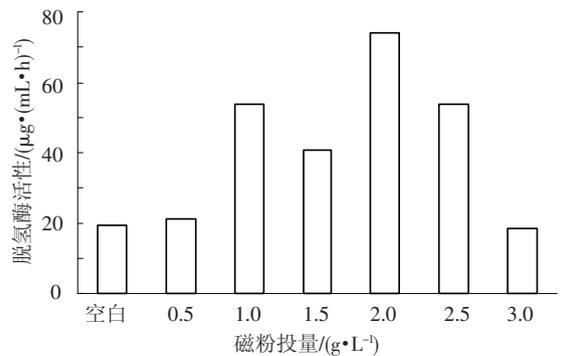


图 3 磁粉投加量对脱氢酶活性的影响

由图 3 可见,投入不同量磁粉后, T13 的脱氢酶活性存在显著差异。随着投加量的增加, T13 的脱氢酶活性呈现先上升后下降的变化。当磁粉投加量在 0.5 ~ 2.0 g/L 时, T13 的脱氢酶活性随投加量增加而逐渐提高。随着磁粉投加量的继续增加,磁粉对 T13 的脱氢酶活性的促进作用逐渐减弱。在 2.5 g/L 及以下时,磁粉均表现促进作用。投加量为 3.0 g/L 时,磁粉表现出一定抑制作用。

在投加量为 2.0 g/L 时磁粉对脱氢酶活性的促进作用最大,脱氢酶活性为 73.9 μg/(mL · h),是未加磁粉的 2.81 倍.

以上实验结果表明,磁粉对 T13 硝氮去除率提高有显著作用.微生物的新陈代谢是由酶催化进行的,酶的变化直接影响微生物的代谢.供试的 DM 培养基内底物质量浓度相同,且磁粉的磁场极微弱,不会诱发 T13 的基因突变,因此,酶量的变化不是 T13 去除效能出现差异的主要原因.磁粉产生微弱而无序的磁场,易影响微生物体内的电子传递和化学键的性质,从而影响酶蛋白活性中心的构象,酶的活性发生改变.结合以上试验结果和磁作用理论推断磁粉对 T13 的促进作用是由磁粉产生的微弱磁场影响了酶的活性而引起的.脱氢酶是呼吸链的主干酶系,释放出能量可以用于生物合成和维持细胞的生命活动,能反映生物体的活性状态,大多数脱氢酶都含有由非血红素铁和酸不稳定硫组成的铁硫簇性氧化还原中心,常见形式有 FS、F₂S₂ 和 F₄S₄ 3 种空间构象.磁作用可通过改变铁硫键的键长和键角来影响铁硫中心的构象,进而影响脱氢酶内铁硫蛋白的活性,使 T13 的脱氢酶活性提高,加快代谢速度,提高了对 T13 硝氮的去除效率.

3 结 论

- 1) 通过比较投加不同量磁粉 T13 的生长变化,投磁粉后 T13 的生长量均有所提高.
- 2) T13 的硝氮去除率和脱氢酶活性均随磁粉投加量的增加均呈先升后降的趋势.
- 3) 2.0 g/L 为最适磁粉投加量,在此条件下硝氮去除率和脱氢酶活性均获得最大值.
- 4) 磁粉通过影响好氧反硝化细菌 T13 的酶活性促进 T13 对硝氮的去除.一定量的磁粉有利于促进 T13 高效脱氮.将磁粉应用于污水处理中,对新型脱氮工艺的开发及污泥减量具有积极意义.

参考文献:

[1] 代科林. 磁性活性污泥法处理城市生活污水的试验研究[D]. 西南交通大学,2010:5-6.
 [2] 孙津生. 磁场-趋磁细菌复合工艺处理含重金属离子废水[D]. 天津:天津大学,2005:6-7.
 [3] 邓波. 磁处理水的物理特性及其生物效应的研究[D]. 成都:电子科技大学,2009:15-16.
 [4] NURAY K. Magnetic separation of ferrihydrite from

wastewater by magnetic seeding and high-gradient magnetic separation [J]. *Intermittional Journal of Mineral Processing*,2003,71(3):45-54.
 [5] YONIT B, SHLOMO M. Synthesis and characterization of poly-divinylbenzene coated magnetie iron oxide nanoparticles as precursor for the formation of air-stable carbon-coated iron crystalline nanoparticles [J]. *Colloid-sand Surfaces Seience*, 2007, 31:1-14.
 [6] SAKAI Y, TANI K, TAKAHASHI F. Sewage treatment under conditions of balancing microbial growth and cell decay with a high concentration of activated sludge supplemented with ferromagnetic powder[J]. *Fermentation and Bioengineering*, 1992,74(6):413-417.
 [7] 张凡,程江,海景,等. 磁致物理化学生物效应及其在废水生物降解中的应用[J]. *现代化工*, 2003,23: 12-13.
 [8] KAZUHIRO N. Effect & high magnetic field on the growth of *Bacillus subtilis* measured in a newly developed superconduction magnet biosystem[J]. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 1997, 43:123-128.
 [9] AGNIESZKA T, LIDIA W. Enhancement of biological wastewater treatment by magnetic field exposure[J]. *Desalination*, 2008,222:368-373.
 [10] MAHDI A, GOWLAND P A, MANSFIELD P, *et al.* The effects of static 3.0T and 0.5T magnetic fields and the echo-Planar imaging experiment at 0.5T on *E. coli* [J]. *Br J Radio*, 1994,2: 983-987.
 [11] YASUZO S, TAKAHIRO M, TAKAHASHI F. Simultaneous removal of organic and nitrogen compounds in intermittently aerated activated sludge process using magnetic separation [J]. *Water Research*, 1997, 31(8): 2113-2116.
 [12] LUKAS F, LUDEK S, VLADIMIR V. Effect of electromagnetic fields on the denitrification activity of *Paracoccus denitrificans*[J]. *Bioelectrochemistry*, 2007 (70): 91-95.
 [13] 任月明,魏希柱,马军. 张密林. 纳米磁粉生物反应系统处理效能研究[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2008,39(8):1247-1250.
 [14] YAVUZ H, CELEBI S S. A typical application of magnetic field in wastewater treatment with fluidized bed biofilm reactor[J]. *Chem Eng Commun*,2003,190(5/6/7/8):599-609.
 [15] 左薇. 一株好氧反硝化菌的筛选鉴定及其脱氮特性分析[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006:15-16.
 [16] 尹军,周春生. TTC-脱氢酶活性检测方法的研究[J]. *环境科学学报*, 1996, 16(4): 400-405.

(编辑 刘 彤)