

微生物絮凝剂的研制及其絮凝条件*

黄民生, 孙萍, 朱莉(上海大学环境科学系, 上海 200072)

摘要: 用 GCI 培养基从曲阳污水厂污泥和俞泾浦底泥中分离出 3 株产生高絮凝活性的微生物, 所研制出的微生物絮凝剂对高岭土悬浊液、土壤悬浊液和碱性染料废水均有良好的净化效果. 在对微生物絮凝剂的助凝作用上, CaO 的效果明显优于 CaCl₂. 微生物絮凝剂(液体)适宜的投加量为 1.0%, 相应的助凝剂 CaO(1.0% 浓度)适宜投加量为 2.0%. 在研制微生物絮凝剂的过程中, 适宜的摇瓶培养时间为 72h, 絮凝剂分离时适宜的离心条件为中高速(5000~10000 r/min). 离心速度太高、时间太长不仅造成离心设备投资和能耗的增加, 而且会减少离心上清液中絮凝物质的含量, 从而导致絮凝效果的降低.

关键词: 微生物, 絮凝剂, 废水处理.

中图分类号: X131.2 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)01-0023-04

Production and Coagulating Condition Research of Microbial Flocculants

Huang M insheng, Sun Ping, Zhu Li (Dept. of Environ. Science, Shanghai Univ., Shanghai 200072, China)

Abstract: Microbes which can produce bio-coagulants were isolated from activated sludge of the Quyang Wastewater Works and also from the settlings of the Yujing Creek. Several kinds of polluted waters such as kaolin suspension can be purified efficiently by the use of the bio-coagulants produced in this research. Coagulation can be apparently improved when using calcium oxide as the coagulating-aid. The excellent bio-coagulants can be produced when a 72 hour's continued cultivation was performed. In the process of bio-coagulant's isolation, a proper centrifugal conditions was suggested because too strong centrifugation may result obvious decrease in the coagulating efficiencies.

Keywords: microbe, coagulant, wastewater treatment.

微生物絮凝剂是天然高分子絮凝剂中的重要种类^[1,2], 具有高效、无毒、易于生物降解等独特的优点, 其主要化学成分为多糖、蛋白质^[3-5]. 微生物絮凝剂能用以废水处理、快速清除下水道淤塞和解决污泥膨胀问题^[4,6-11].

本实验从城市污水处理厂和污染河流的污泥中分离、筛选出能产生高效絮凝物质的微生物, 并将所获得的絮凝物质应用于高岭土悬浊液、土壤悬浊液、碱性染料废水等净化的实验研究, 取得了良好的效果.

1 材料与方 法

(1) 菌种的采集、培养、分离和纯化 取上海曲阳污水处理厂的回流污泥及俞泾浦底泥, 进行微生物的培养和分离、纯化和保存. 所用的固体培养基主要碳源分别为葡萄糖 20g 和淀粉

20g; pH 分别为 5.0、5.5、7.0 和 8.0~8.5; 其它成分为 KH₂PO₄ 2g、K₂HPO₄ 5g、NaCl 0.1g、(NH₄)₂SO₄ 0.2g、脲 0.5g、酵母膏 0.5g、水 1L. 培养基的灭菌条件为: 葡萄糖 0.56kg/cm², 30min; 其它成分 1.05kg/cm², 30min.

(2) 液体发酵培养和絮凝剂分离 按照上述培养基成分在常温下对分离出的菌种进行液体发酵培养, 控制摇床速度为 120~200 r/min 调节通气量, 培养温度为 30±1℃. 经摇床培养后的培养混合液在高速离心机上离心分离, 上清液分装于无菌小试管中做为絮凝剂备用.

(3) 絮凝实验方法 使用研制出的微生物絮凝剂对 4g/L 的高岭土悬浊液、土壤悬浊液和

* 上海市教委发展基金资助项目

作者简介: 黄民生(1963~), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为水处理和环境微生物.

收稿日期: 1999-03-22

碱性染料废水的净化进行絮凝实验,考察其絮凝性能,从中选出具有絮凝活性相对较高的微生物菌种.絮凝剂的絮凝效果以絮凝率衡量,其计算公式为:絮凝率 = $100 \times (A_0 - A_i) / A_0$ (式中, A_0 为原废水的吸光光度值; A_i 为处理后上清液的吸光光度值; i 分别表示不同的沉淀静置时间时测得的上清液吸光光度值);吸光度的测定在724分光光度计550nm处进行.色度采用稀释倍数法测定.

2 结果与讨论

2.1 高岭土悬浊液的净化实验

使用研制出的微生物絮凝剂对4g/L的高岭土悬浊液(吸光度为1.355, pH = 6.4)进行净化实验,证实以葡萄糖为碳源、pH值为7.0的培养基摇床培养出的3种絮凝剂的净化效果较好,表1、表2分别列出了这3种絮凝剂的菌种来源、制备及其絮凝实验条件的基本情况.

本实验的净化效果如图1所示.

从图1可以看出,3种絮凝剂适宜的投加量为1% (体积比).为考察钙离子化合物对微生物絮凝剂的助凝情况,实验中以 CaCl_2 和 CaO 为助凝剂考察其助凝效果,实验结果如图

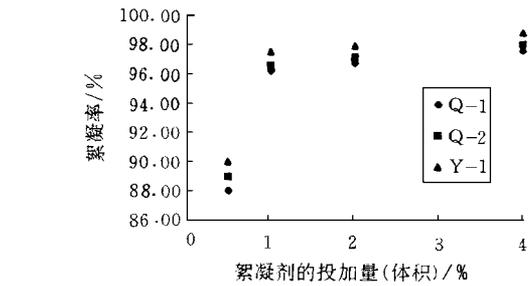
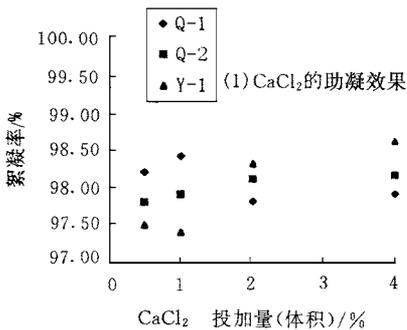


图1 三种絮凝剂对高岭土悬浊液的絮凝作用

2所示(絮凝剂的投加量均为1%).

表1 絮凝剂的菌种来源、制备和表观性状

| 絮凝剂编号 | 摇瓶培养时间/h | 离心条件 | | 菌落表观性状 |
|-------|----------|-------------------------------|--------|-----------|
| | | 转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$ | 时间/min | |
| Q-1 | 68 | 13000 | 15 | 浅白色, 粘稠 |
| Q-2 | 65 | 12000 | 15 | 浅白色, 粘稠 |
| Y-3 | 69 | 15000 | 20 | 浅白色, 极其粘稠 |

1)Q-1和Q₂的菌种来源曲阳污水厂回流污泥, X-3来源愈泾浦底泥

表2 高岭土悬浊液净化实验条件

| 絮凝剂编号 | 投加量 (体积)/% | 搅拌条件 | | | 絮凝 pH | 沉淀静置时间/m in |
|-------|--------------------|-------------------------------|-----|-----|-------|-------------|
| | | 转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$ | t/s | t/s | | |
| Q-1 | 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 | 300 | 60 | 6.5 | 30 | |
| Q-2 | 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 | 300 | 60 | 6.5 | 30 | |
| Y-3 | 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 | 300 | 60 | 6.5 | 30 | |

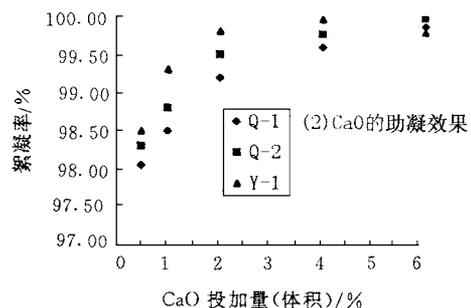


图2 助凝剂的助凝效果实验

从图2可以看出, CaCl_2 和 CaO 虽然都为Ca的化合物,但它们对微生物絮凝剂的助凝效果却大不相同,其中1%的 CaO 在投加量为2.5% (体积比)时可将絮凝率提高约2.5% (从97%提高到99.5%).

2.2 土壤悬浊液的净化实验

以土壤悬浊液(吸光度为1.585, pH = 6.7)

为净化对象,微生物絮凝剂同表2所述,絮凝实验条件和相应的净化效果如表3和图3所示.

从图3可知,在沉淀静置时间仅为1m in时,3种微生物絮凝剂对土壤悬浊液能起到十分良好的净化效果,将沉淀静置时间增加到60m in后其絮凝率高达99.94%左右,上清液吸光度仅为0.001.

表3 土壤悬浊液的絮凝实验条件

| 絮凝剂编号 | 投加量 (体积)/% | 1% CaO 的投加量 (体积)/% | 搅拌条件 | | 絮凝 pH | 沉淀静置时间/m in |
|-------|---------------|-----------------------|---------------------------------------|-----|-------|--------------|
| | | | 转速/ $r \cdot m \cdot \text{min}^{-1}$ | t/s | | |
| Q-1 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 6.8 | 1 5 10 30 60 |
| Q-2 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 6.8 | 1 5 10 30 60 |
| Y-1 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 6.8 | 1 5 10 30 60 |

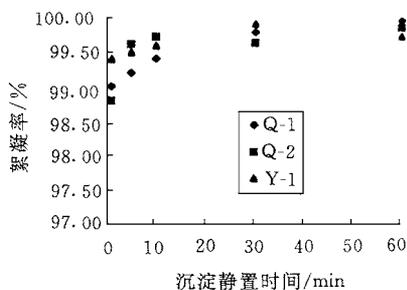


图3 土壤悬浊液的净化实验

调整助凝剂 CaO 投加量为4%、6%，其余实验条件同表4，对比其净化土壤悬浊液的效果，实验结果如图4所示。

由图4可知，浓度为1%的 CaO 的适宜投加量为2.0%（体积比）。

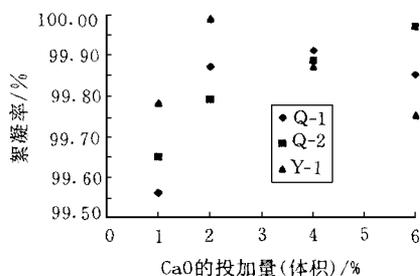


图4 助凝剂 CaO 的投加量与土壤悬浊液净化效果的关系

2.3 碱性染料废水的净化实验

以碱性品绿废水为实验对象，其原废水 pH 为10.11，COD= 9000mg/L，色度为2600倍，相应的絮凝条件及其实验结果如表4所示。

由表4可见，3种絮凝剂对该碱性染料废

表4 碱性染料废水净化实验

| 絮凝剂编号 | 投加量 (体积)/% | 搅拌条件 | | 絮凝 pH | 沉淀静置 时间/m in | 上清液水质 | | 去除率/% | |
|-------|---------------|---------------------------------------|-----|-------|-----------------|--------------------------------------|------|-------|------|
| | | 转速/ $r \cdot m \cdot \text{min}^{-1}$ | t/s | | | COD/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ | 色度/倍 | COD | 色度 |
| Q-1 | 1.0 | 300 | 60 | 7.5 | 30 | 2520 | 200 | 72.0 | 92.0 |
| Q-2 | 1.0 | 300 | 60 | 7.5 | 30 | 2900 | 230 | 67.8 | 91.0 |
| Y-1 | 1.0 | 300 | 60 | 7.5 | 30 | 2035 | 150 | 77.4 | 94.7 |

水的 COD 去除率分别为72.0%、67.8%和77.4%；对色度的去除率分别为92.0%、91.2%和94.7%。

2.4 摇瓶培养时间与絮凝剂絮凝效果的关系

以3.1中的实验条件和结果作为参照标准，考察若干不同的摇瓶时间下所获得的絮凝剂对4g/L 高岭土悬浊液的净化效果（不投加助凝剂），将实验结果折算成相对絮凝率，实验结果如图5所示。

由图5看出，上述微生物絮凝剂在摇瓶培养72h 时所获得的絮凝效果最佳。

2.5 离心条件与絮凝剂絮凝活性的关系

采用不同的离心条件（速度和时间）下所获得的絮凝剂（离心上清液）对4g/L 的高岭土悬浊液的净化实验结果来考察离心条件与微生物

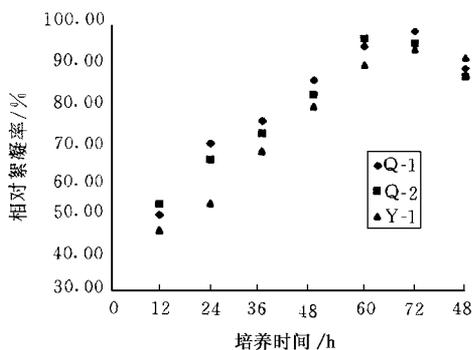


图5 摇瓶培养时间与絮凝效果的关系

絮凝活性的关系。

从表5和图6可知，在中高速（5000~10000 $r \cdot m \cdot \text{min}^{-1}$ ）下离心时间为15~45m in 时和超高速（15000 $r \cdot m \cdot \text{min}^{-1}$ ）下离心时间为5~15m in 时获得的絮凝剂均具有良好的絮凝活性，而不离

心与超高速(15000r/m in)长时间(60m in 以上)中,离心机的速度太高、时间太长都会带来设备下所获得的絮凝剂絮凝活性较低. 在生产应用投资及运行能耗的增加.

表5 离心条件与絮凝活性的关系

| 编号 | 离心条件 | | 絮凝剂投加量 (体积)/% | 1%的 CaO 投加量 (体积)/% | 搅拌条件 | | 沉淀静置时间 /m in |
|----|-------------------------------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------------|-----|-----------------|
| | 转速/ $r \cdot m \cdot in^{-1}$ | t/m in | | | 转速/ $r \cdot m \cdot in^{-1}$ | t/s | |
| 0 | 0 | 0 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |
| 1 | 5000 | 10 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |
| 2 | 5000 | 30 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |
| 3 | 5000 | 45 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |
| 4 | 10000 | 20 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |
| 5 | 10000 | 40 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |
| 6 | 15000 | 5 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |
| 7 | 15000 | 15 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |
| 8 | 15000 | 40 | 1.0 | 2.0 | 300 | 60 | 30 |

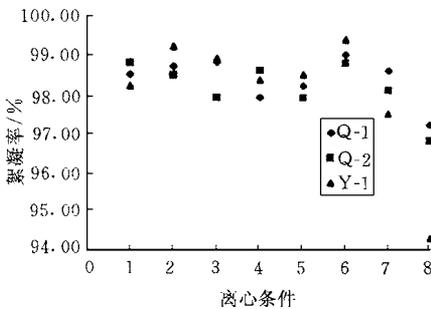


图6 离心条件与絮凝剂絮凝效果的关系

3 结论

(1)用 GCI 培养基从曲阳污水厂污泥和俞泾浦底泥中分离出产生高絮凝活性的微生物,经筛选获得3株絮凝剂产生菌: Q-1、Q-2和 Y-1,其培养基碳源均为葡萄糖. 本研究中研制出的微生物絮凝剂对高岭土悬浊液、土壤悬浊液和碱性染料废水均有良好的净化效果.

(2)金属离子 Ca 对微生物絮凝剂的絮凝有促进作用,其助凝效果与金属离子存在的化合物形式有关. 本研究结果表明, CaO 对微生物絮凝剂的助凝作用明显优于 $CaCl_2$.

(3)高岭土悬浊液、土壤悬浊液的净化实验表明,微生物絮凝剂(液体)适宜的投加量为 1.0%,相应的助凝剂 CaO(1.0% 浓度)适宜投加量为 2.0%.

(4)在研制微生物絮凝剂的过程中,适宜的摇瓶培养时间为 72h,絮凝剂分离时适宜的离心条件为中高速(5000~ 10000r/m in). 离心速

度太高、时间太长不仅造成离心设备投资和能耗的增加,而且会减少离心上清液中絮凝物质的含量,从而导致絮凝效果的降低.

参考文献

- David Pollard. Screening of Biofloculant-Producing Microbes Utilizing Fatty Acids and their Properties of Producing Flocculates. In Australian Mineral Foundation Inc. IBS-Biomine 1997 Symposium. Sydney Australia: Australian Mineral Press, 1997, 235~ 239
- Kurane R et al. Screening for and characteristics of microbial flocculates. Agric. Biol. Chem., 1986, 50(9): 2301~ 2307
- Takagi H et al. Purification and chemical properties of a flocculant produced by *Paecilomyces*. Agric. Biol. Chem., 1985, 49(11): 3159~ 3164
- Toeda K et al. Microbial flocculant from *Alcaligenes eutrophus* KT201. Agric. Biol. Chem., 1991, 55(11): 2793~ 2799
- Bar-or Y et al. Characterization of macromolecular flocculates produced by *Phormidium* sp. Strain J-1 and by *Anabaenopsis circularis* PCC 6720. Applied and Environmental Microbiology, 1987, 53(9): 2226~ 2230
- Kurane R et al. Microbial flocculation of waste liquids and oil emulsion by a biofloculant from *Alcaligenes latus*. Agric. Biol. Chem., 1991, 55(4): 1127~ 1129
- Nakamura J et al. Screening, isolation and some properties of microbial cell flocculates. Agric. Biol. Chem., 1976, 40(2): 377~ 383
- Levy N et al. Physico-chemical aspects in flocculation of bentonite suspensions by a cyanobacterial biofloculant. Water Research, 1992, 26(2): 249~ 254
- 邓述波等. 寄生曲霉产生絮凝剂的培养条件及其絮凝特性. 应用与环境生物学报, 1998, 4(4): 405~ 408
- 陆茂林, 施大林等. 微生物絮凝剂产生菌的筛选和发酵条件研究. 工业微生物, 1997, 27(2): 25~ 28
- 王镇, 王孔星等. 几株絮凝剂产生菌的特性研究. 微生物学报, 1995, 35(2): 121~ 129