



水分蒸发抑制剂生物降解性研究

王秉文, 吴燕, 郑伟, 冉文君
(天津科技大学材料科学与化学工程学院, 天津 300457)

摘要: 探讨水分蒸发抑制剂成膜材料十六醇的生物降解性能. 研究表明, 在经过驯化的活性污泥中, 以能够生物降解高级脂肪醇的微生物为主, 这类微生物被抑制剂溶液诱导产生可以生物降解抑制剂的酶, 对水分蒸发抑制剂具有很好的生物降解性能. 实验结果显示, 当降解时间为 3 h, 底物质量浓度为 70 mg/L, 污泥浓度 (MLSS) 为 3.3 g/L, 溶解氧为 3.0 mg/L 时, 生物降解效果最佳, 降解率可达 88.57%. 并且实验证明了铺展抑制剂后对水体水质的影响小, 无污染.

关键词: 水分蒸发抑制剂; 污泥驯化培养; 生物降解

中图分类号: S157.9 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2010)01-0039-04

Study on the Biodegradability of Water Evaporation Retardants

WANG Bing-wen, WU Yan, ZHENG Wei, RAN Wen-jun

(College of Materials Science and Chemical Engineering, Tianjin University of Science & Technology,
Tianjin 300457, China)

Abstract: The biodegradability of cetyl alcohol, the film-forming material of water evaporation retardants was studied. It is found that the main organisms in the domesticated activated sludge are those that can degrade retardants biologically. This kind of organisms would produce a kind of enzyme which could biologically degrade retardants after induced by the waste water containing retardants. The enzyme had a good biological degradability on water evaporation retardants. When the degradation time was 3 h, the concentration of bottom substance was 70 mg/L, MLSS value was 3.3 g/L and DO value was 3.0 mg/L, the degradation rate was 88.57%. Moreover, the results showed that the retardants of water evaporation spreading at the water surface was non-polluting after degradation, and had little impact on the water quality.

Keywords: water evaporation retardants; sludge domestication and incubation; biological degradation

水资源危机已成为当今人类面临的最严峻挑战之一, 有效减少河流、湖泊、水库等大面积水体的表面蒸发损失日益迫切^[1]. 因此, 水分蒸发抑制剂的开发和应用及其对环境的影响的研究, 也越来越受到人们的重视.

近几十年来, 国内外对水分蒸发抑制技术做了许多理论探讨和实际应用研究, 取得了一定进展^[2-4]. 但目前这项技术尚不能用于大规模的实际情况, 还存在一些重要的问题亟待解决. 其中, 成膜材料的生物降解性及其对环境的影响受到最为广泛的关注, 近年来国际上已对表面活性剂的降解性作了严格的规定. 表

面活性剂的生物降解, 是指表面活性剂在环境因素作用下, 结构发生变化, 从对环境有害的表面活性剂分子逐步转化成对环境无害的小分子, 如 CO_2 、 NH_3 和 H_2O 等^[5]. 水分蒸发抑制剂的主要成膜材料在接近水面的层面具有较高浓度, 且以难溶于水、难降解的凝聚态存在, 对其生物降解性及其对环境的影响的研究是十分迫切和必要的^[6].

为了解决这一问题, 给水分蒸发抑制剂应用到大面积实际环境中奠定基础, 本文研究了水分蒸发抑制剂成膜材料十六醇的生物降解性. 首先通过对活性污泥中的微生物的活化及驯化培养实验, 研究微生物

收稿日期: 2009-07-09; 修回日期: 2009-11-06

基金项目: 天津市应用基础及前沿技术研究计划资助项目 (09JCYBJC06100)

作者简介: 王秉文 (1985—), 女, 河北唐山人, 硕士研究生; 通信作者: 吴燕, 副教授, wuyan@tust.edu.cn.

对分子膜基材的生物降解的适应性. 并研究降解时间、底物质量浓度、污泥浓度 (MLSS) 和溶解氧 (DO) 对抑制剂的生物降解性的影响, 通过化学需氧量 (COD_{Cr}) 的测定, 讨论了水面铺展抑制剂后, 水体水质受到的影响.

1 原料和方法

1.1 原料

饱和直链十六醇 (C₁₆H₃₃OH), 天津市光复精细化工研究所; 脂肪醇聚氧乙烯醚 (AEO-3), 天津市科密欧化学试剂开发中心; 无水乙醇、甘油, 天津市北方天医化学试剂厂. 上述原料均为分析纯.

1.2 微生物培养

实验采用半连续活性污泥法^[7]对活性污泥进行活化、驯化培养. 以天津市新河污泥处理厂的活性污泥中的微生物作微生物源, 在成膜表面活性剂的人工污水中诱导培养出能够分解成膜表面活性剂的酶, 并应用于降解实验.

1.3 生物降解性测定

生物降解性的测定是根据 Warburg 法^[8], 将十六醇溶解于无水乙醇中, 加入微量 AEO-3 作为乳化剂、稳定剂, 使不溶于水的十六醇与水互溶, 以便测定 COD_{Cr} 值. 通过测定化学耗氧量来确定表面活性剂的最终浓度和生物降解率, 表面活性剂生物降解率 *r* 的计算式如下:

$$r = \frac{\rho_0 - \rho_t}{\rho_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: ρ_0 为初始的表面活性剂质量浓度, g/L; ρ_t 为第 *t* 天的表面活性剂质量浓度, g/L.

2 结果与讨论

2.1 抑制剂的降解性研究

2.1.1 降解时间对生物降解的影响

室温 25℃, 体系 pH 为 7, 十六醇质量浓度为 70 mg/L, 污泥浓度为 3.3 g/L, 溶解氧为 3.0 mg/L 情况下, 测定分散体系分别曝气 1~6 h, 间歇 1 h 后的 COD_{Cr} 值. 在活性污泥法中混合液的溶解氧必须用曝气法补给, 曝气时间 *t* 是根据单因素实验, 并参考有关文献, 按照污水厂可能的运行参数选取的^[9].

由图 1 可知, 从 3 h 开始曲线逐渐趋于平缓, 也就是活性污泥中微生物与底物的结合速率开始趋于缓慢, 此时再增大降解时间固然可以增大十六醇的降解率, 但是从节约资源的角度考虑, 降解时间应该取

3 h 比较合适.

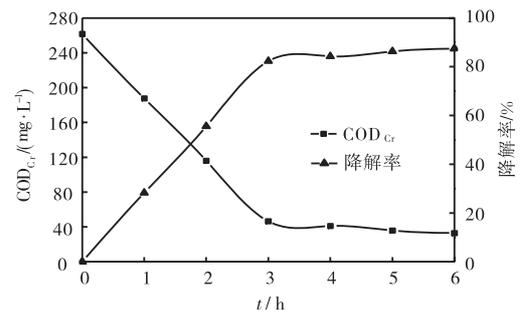


图 1 降解时间对生物降解的影响

Fig.1 Effects of degradation time on biodegradation of cetyl alcohol

2.1.2 底物质量浓度对生物降解的影响

在室温 25℃, 体系 pH 为 7, 十六醇质量浓度为 30~100 mg/L, 污泥浓度为 3.3 g/L, 溶解氧为 3.0 mg/L 情况下, 测定分散体系曝气 3 h, 间歇 1 h 后的 COD_{Cr} 值并计算出降解率, 结果如图 2 所示.

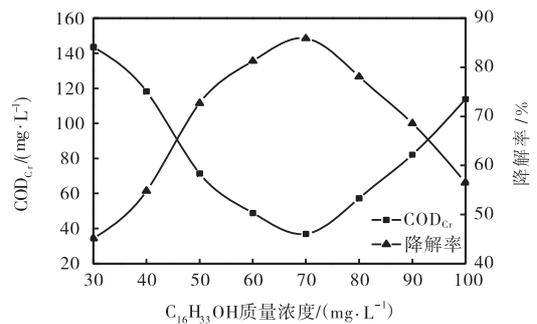


图 2 底物质量浓度对生物降解的影响

Fig.2 Effects of substrate concentration on biodegradation of cetyl alcohol

十六醇的生物降解是一种酶促反应, 因此当微生物的酶与抑制剂十六醇恰好完全饱和时, 降解效果最佳. 由图 2 可以看出当十六醇的质量浓度为 70 mg/L 时, 降解率最大, 无论高于还是低于这个值, 降解率均有下降趋势, 由此可知实验条件下十六醇的最佳质量浓度为 70 mg/L.

2.1.3 污泥浓度对生物降解的影响

在室温 25℃, 体系 pH 为 7, 十六醇质量浓度为 70 mg/L, 污泥浓度为 2.5~4 g/L, 溶解氧为 3.0 mg/L 情况下, 测定分散体系曝气 3 h, 间歇 1 h 后的 COD_{Cr}, 结果如图 3 所示.

污泥浓度是影响有机物从污水中去除效果的重要因素, 过高或者过低都不会得到理想的降解效果. 由图 3 可知, 当污泥浓度为 3.3 g/L 时降解效果最佳, 可见此时污泥中微生物与底物达到了比较理想的饱和状态.

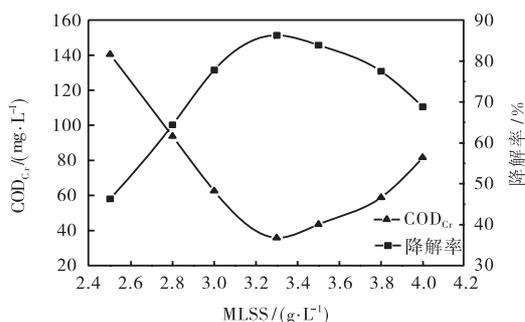


图3 污泥浓度对生物降解的影响

Fig.3 Effects of MLSS on biodegradation of cetyl alcohol

2.1.4 溶解氧对生物降解的影响

在室温 25 °C,体系 pH 为 7,十六醇质量浓度为 70 mg/L,污泥浓度为 3.3 g/L,溶解氧为 2.0 ~ 4.0 mg/L 情况下,测定分散体系曝气 3 h,间歇 1h 后的 COD_{Cr},结果如图 4 所示。

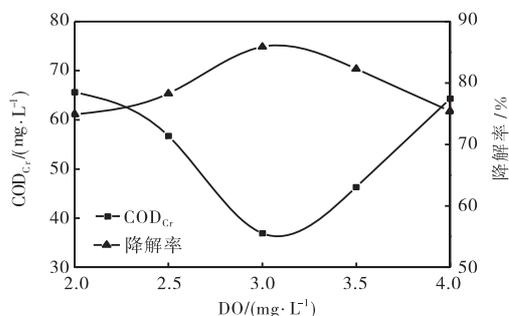


图4 溶解氧对生物降解的影响

Fig.4 Effects of dissolved oxygen on biodegradation of cetyl alcohol

微生物生物降解十六醇是好氧化反应,因此溶解氧直接影响微生物代谢的活性,溶解氧数值太大,微生物会消耗活性污泥本身,对底物的降解会起到负面影响。由图 4 可知,当溶解氧为 3.0 mg/L 时,微生物降解底物处于相当理想的降解效果。

2.2 抑制剂在水面的停留时间对水质的影响

水分蒸发抑制剂在应用过程中,难免会给水体环境带来一些影响,本文以天津科技大学泰达校区人工湖湖水为亚相水,测定了铺膜周期内抑制剂铺膜浓度对湖水水质的影响情况。抑制剂的铺膜浓度为 0g/m²、0.02g/m²、0.04g/m²...0.18g/m²、0.20g/m²,对应依次编号 H0、H1、H2...H9、H10,定期测定湖水 COD_{Cr} 随时间变化的情况。

由图 5 可知,随着时间的推移,11 组水样在实验室环境下自然放置时其 COD_{Cr} 都会随时间逐渐增加,铺展抑制剂的湖水 COD_{Cr} 与空白湖水相比,有增大趋势,但幅度均不大,而且增大速率逐渐趋于缓慢,在 7~8 d 后开始在固定范围波动;随着铺展抑制剂

浓度的递增,湖水的 COD_{Cr} 增大幅度比前者大,但在 7~8 d 后基本也是在固定范围波动。因此,该实验表明,在实验初期抑制剂铺展在湖水表面确实会给水体水质带来一定影响,但是影响并不明显,并且随着时间推移影响逐渐变小。在实际的水环境中由于水体具有自净能力,能够较有效地清除抑制剂给水环境带来的影响。当抑制剂浓度适中,湖水自净能力良好的情况下,铺展抑制剂对水质不会带来负面影响,抑制剂的推广应用有较光明的前景。

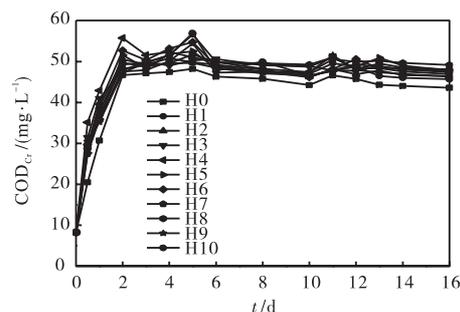


图5 分子膜降解对水质的影响

Fig.5 Effects of the degradation of monolayers on the water quality

3 结论

通过抑制剂生物降解性研究,在保证抑制水分蒸发效果良好的前提下,进一步筛选得出十六醇生物降解的最佳条件:降解时间 3 h,底物质量浓度 70 mg/L,污泥浓度 3.3 g/L,溶解氧 3.0 mg/L。抑制剂铺展水面时其生物降解对水体水质的影响并不大,说明抑制剂在实际应用过程中对水体并不会产生负面影响。

参考文献:

- [1] 解振华. 中国大百科全书·环境科学[M]. 北京:中国大百科全书出版社,2002:389-390.
- [2] Fukuda K,Kato T,Machida S. Binary mixed monolayers of polyvinyl stearate and simple long-chain compounds at the air/water interface [J]. Journal of Colloid and Interface Science,1979,68(1):82-95.
- [3] 汤传义,汤新亮. 天然条件下单分子膜阻蒸速率的测定[J]. 安庆师范学院学报:自然科学版,2002,8(4):56-58.
- [4] Wu Y,Xia P,Yi S Z. Study on the retardation of water evaporation with the fatty alcohol emulsion in Relation to the Properties of Monolayers[C]//The International Conference on Information Technology and Environmental

- System Sciences. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008: 34-37.
- [5] 袁平夫, 廖柏寒, 卢明. 表面活性剂(LAS & NIS)的环境安全性评价[J]. 安全与环境工程, 2004, 11(3): 31-34.
- [6] 吴邦信, 陈天祥, 孙海健, 等. 单分子膜水面阻蒸发技术的绿色化学[J]. 环境保护, 2003(11): 11-13.
- [7] Aronstein B N, Calvillo Y M, Alexander M. Effect of surfactants at low concentrations on the desorption and biodegradation of sorbed aromatic compounds in soil[J]. Environmental Science & Technology, 1991, 25(10): 1728-1731.
- [8] Steber J, Wierich P. The environmental fate of detergent range fatty alcohol ethoxylates-biodegradation studies with a super(14)C-labelled model surfactant [J]. Tenside-Detergents, 1983, 20(4): 183-187.
- [9] 张统. 间歇式活性污泥法污水处理技术及工程实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 225.

(上接第15页)

参考文献:

- [1] 曲文娟, 马海乐. 茶黄素形成机理、制备与分析方法的研究进展[J]. 食品科技工业, 2006, 27(6): 197-201.
- [2] 黄皓, 毛志方, 李强, 等. 茶黄素制备纯化的研究进展[J]. 中国茶叶加工, 2007(4): 22-25.
- [3] 唐杰, 王秀峰, 李娟, 等. 茶黄素提纯的研究现状[J]. 微量元素与健康研究, 2007, 24(4): 58-60.
- [4] 李大祥, 宛晓春, 杨昌军, 等. 茶儿茶素氧化机理[J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(1): 171-181.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 8313—2008 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [6] 应艳杰, 邵平, 孙培龙. 茶末中儿茶素的乙醇提取工艺优化研究[J]. 农机化研究, 2008(4): 123-126.
- [7] 王坤波, 刘仲华, 黄健安. 儿茶素体外氧化制备茶黄素的研究[J]. 茶叶科学, 2004, 24(1): 53-59.
- [8] 张建勇, 江和源, 江文用. 茶黄素的酸性氧化形成研究[J]. 食品科学, 2008, 29(1): 50-54.
- [9] WANG Kun-bo, LIU Zhong-hua, HUANG Jian-an, et al. Preparative isolation and purification of theaflavins and catechins by high-speed countercurrent chromatography [J]. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci, 2008, 867(2): 282-286.
- [10] 王坤波, 刘仲华, 黄建安, 等. 高效液相色谱法测定红茶中的茶黄素[J]. 色谱, 2004, 22(2): 151-153.
- [11] 王坤波, 刘仲华, 黄建安. 茶黄素的提取分离与纯化研究进展[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2002, 28(4): 355-358.
- [12] Jovanovic S V, Hara Y, Steenken S, et al. Antioxidant potential of theaflavins. A pulse radiolysis study[J]. Journal of the American Chemical Society, 1997, 119(23): 5337-5343.