

# 吸收-消化工艺处理薯蓣皂素废水的研究\*

王惠丰, 呼世斌

(西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

**[摘要]** 为解决薯蓣皂素废水治理工程的技术、经济和运行管理难题, 试验开发了吸收-消化工艺。利用污泥对单糖的快速吸收(单次吸收率为 20%~35%)特性, 通过污泥沉降完成污染物与水的分离, 然后对污泥进行集中消化。单次模拟和运行模拟试验结果表明, 一般经 6~9 个周期的吸收, 污染物分离效率可达 90% 左右, 污泥消化反应时间平均为 96~106 h, 与理想反应时间持平, 无明显生化抑制现象, 运行稳定性、经济性高于传统工艺。

**[关键词]** 薯蓣皂素生产废水; SBR; 吸收-消化

**[中图分类号]** X703.1

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2004)05-0089-03

皂素, 学名皂甙元, 是一种具有独特生理活性的甾体类化合物, 广泛用于医疗和农业等领域, 以它为原料可以合成 200 余种价值较高的激素药物<sup>[1]</sup>。皂素广泛存在于天然动植物体内, 其中薯蓣属植物因其皂素含量较高而被作为皂素的主要来源。

薯蓣皂素生产有良好的社会效益和经济效益, 但也带来了环境压力。每生产 1 t 薯蓣皂素会产生 pH=1~2、化学需氧量(COD) $> 10 \text{ g/L}$  的废水 721 t<sup>[2]</sup>。按我国年产量 1 800 t 计算, 皂素行业每年将产生高浓度、强酸性废水 130 万 t。目前这些废水大多只经过简单的中和、沉淀就排放到环境中, 对企业周围的水体和土壤生态系统造成严重污染。随着环境管理力度的加大, 大部分皂素企业面临着关闭停产危机。因此, 合理解决皂素废水处理问题, 是皂素产业可持续发展的关键。本试验针对皂素废水治理的技术、资金和生产周期特点, 预选了 SBR(序批式活性污泥反应器)工艺, 并在试验基础上开发了吸收-消化工艺, 以为皂素废水治理的工程实践提供参考。

## 1 废水处理工艺应考虑因素

### 1.1 皂素生产排污特点

皂素废水水质 pH=1~2,  $\text{COD}_{\text{Cr}}=10\sim 30 \text{ g/L}$ ; 易生化, 生化需氧量/化学需氧量 ( $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ )=0.57~0.7; 悬浮固体(SS)、氮、磷及油类

等指标较低; 色度达数千。污水排放量每天约 100  $\text{m}^3$ , 并集中在 2~3 h 内排完, 周期内水质水量变化极大。

### 1.2 影响因素<sup>[3]</sup>

1.2.1 技术 皂素生产的排污特点要求污水处理工艺应具有良好的耐高负荷能力和耐冲击负荷能力。传统的好氧及厌氧活性污泥工艺的该两项性能均较差, 无法应用于皂素废水处理项目。

1.2.2 资金 皂素行业九成以上的薯蓣加工厂是年产值约 1 000~2 500 万元的小企业, 资金来源有限。部分废水处理方法就是因为固定投资太大<sup>[4,5]</sup>而缺乏实际应用价值。

1.2.3 生产周期 皂素生产为间歇工艺, 大部分企业每年只生产 300 d 左右, 且有时会因原料短缺而不定期停产。UASB(上流式厌氧污泥反应器)和生物滤池等工艺虽能取得良好效果<sup>[6]</sup>, 但因停车后再启动困难, 无法适应生产的周期性特点, 因而不具有实际应用价值。

1.2.4 工艺预选 综上所述, 由于传统好氧或厌氧活性污泥、物化和 UASB 等后续处理工艺及资源综合利用工艺均难以适应皂素废水治理工程特点, 因而无法应用于实际生产。相反, SBR 工艺具有良好的耐冲击负荷能力, 固定投资可比传统工艺节省 20%~30%, 且为间歇式工艺<sup>[7]</sup>, 能很好地适应皂素生产周期特点, 因此, 预选 SBR 工艺作为皂素废水

\* [收稿日期] 2003-11-26

[作者简介] 王惠丰(1977-), 男, 辽宁丹东人, 在读硕士, 主要从事水污染控制研究。

[通讯作者] 呼世斌(1955-), 男, 陕西铜川人, 教授, 硕士生导师, 主要从事环境毒理及清洁生产研究。

处理的核心工艺。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与设备

试验用水取自西北植物化学工程中心杨凌化工厂,  $COD_{Cr} = 13 \sim 25 \text{ g/L}$ ,  $pH = 1 \sim 2$ ; 活性污泥采自西安污水处理厂污泥回流池, 为土黄色絮体; 试验装置为圆柱形有机玻璃废水生物处理模型, 有效容积 50 L; 采用仪器(江分 HH-6)速测化学需氧量。

### 2.2 试验方法

**2.2.1 SBR 工艺** 反应时间是 SBR 工艺的核心, 它不但是工艺设计的重要参数<sup>[7]</sup>, 而且是自动控制的中心概念<sup>[8]</sup>。本试验以反应时间为主要指标, 在试验确定的最佳参数条件下, 逐步提高进水的浓度, 进行运行试验。低浓度条件下, 反应时间与进水浓度呈线性关系, 据此外推得到理想反应时间。实际反应时间的确定采用过程监测法, 即监测底物浓度随时间的变化过程, 当底物浓度不再改变时达到完全降解, 此刻的时间为实际反应时间。理想反应时间是假设高浓度不产生抑制的理想状态的反应时间, 它与实际反应时间之差表征了 SBR 工艺中的生化反应受抑制程度。分别在曝气量  $q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$  和  $q = 37.5 \text{ m}^3/\text{h}$  条件下进行运行试验。

**2.2.2 吸收-消化工艺** 利用活性污泥对单糖快速吸收的性质, 研究开发了全新的吸收-消化工艺。

细胞(微生物)对单糖类物质的吸收速率很高, 并能维持较高的胞内浓度<sup>[9]</sup>。经实验验证, 在很短的时间内, 活性污泥对皂素废水的吸收率能稳定地维持在 20% ~ 35% (图 1)。

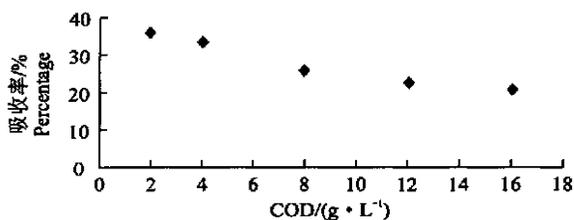


图 1 活性污泥对皂素废水的吸收作用

Fig 1 The absorption of saponin waste water by activated sludge

达到吸收平衡的污泥经沉降使泥水分离, 从而也完成了污染物与水的分离。含有污染物的污泥经消化完成污染物的降解。

按体积比 1 : 4 向储有原水的反应器中投加活性污泥, 曝气搅拌 20 ~ 40 min, 然后静止沉降, 排出

污泥, 这是一个吸收-分离周期。分别测定周期前后  $COD_{Cr}$  值, 即可确定周期分离效率。经数周期达到既定分离效率后, 含有污染物的活性污泥集中在反应器中进行曝气消化。上述为单次模拟试验。在相同条件下连续重复单次模拟试验, 以验证工艺稳定性, 即为运行模拟试验。

## 3 结果与分析

### 3.1 SBR 工艺运行结果

由图 2 可见, 高浓度条件下实际反应时间远大于理想反应时间。这是因为物质的生物降解分 2 个步骤, 即无氧发酵的丙酮酸化和需氧的三羧酸循环<sup>[10]</sup>。通常二者保持平衡, 但是在高浓度条件下, 受氧传质速率限制, 丙酮酸化速率远远超过需氧的三羧酸循环过程, 使体系迅速积累大量丙酮酸, 导致体系酸腐恶化, 需氧的三羧酸循环过程因此受到抑制。

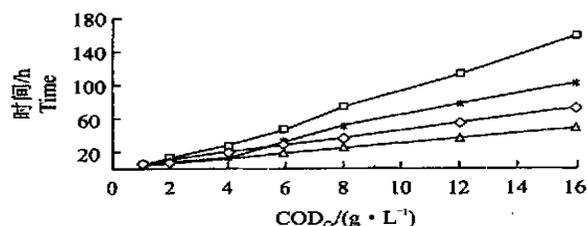


图 2 SBR 工艺中生化抑制现象

- - - 理想反应时间( $q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ ); - - - 实际反应时间( $q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ ); - - - 理想反应时间( $q = 37.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ); - \* - 实际反应时间( $q = 37.5 \text{ m}^3/\text{h}$ )

Fig 2 The inhibition of bio-chemical reaction in SBR technology

- - - Ideal bio-reaction time ( $q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ ); - - - Actual bio-reaction time ( $q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ ); - - - Ideal bio-reaction time ( $q = 37.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ); - \* - Actual bio-reaction time ( $q = 37.5 \text{ m}^3/\text{h}$ )

为解除生化反应抑制, 需额外大幅增加曝气量, 这导致 SBR 工艺处理皂素废水的经济性能较差。

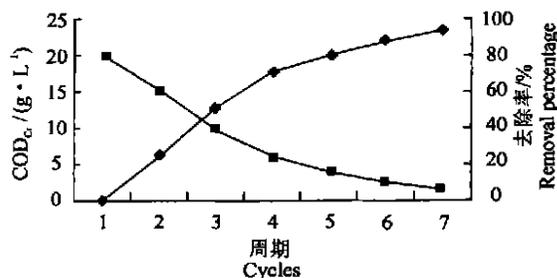


图 3 单次模拟试验

- - - COD 变化; - - - 去除率

Fig 3 Single simulation experiment

- - - Change of COD; - - - Removal percentage

### 3.2 吸收-消化工艺运行结果

由图 3 知, 因为泥水混合过程中还存在稀释作

用,一般经过6~9个周期就能完成90%左右的污染物分离效率。

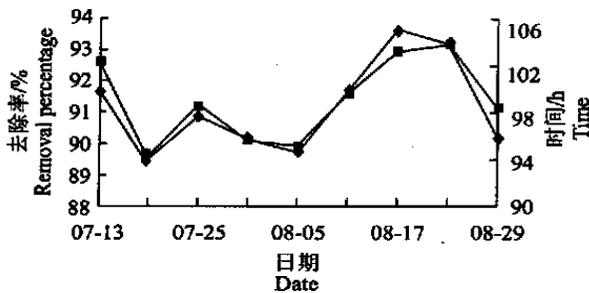


图4 运行模拟试验

- - - 去除率; - - - 曝气时间

Fig 4 Simulation experiment of processing

- - - Removal percentage; - - - Aeration time

长期连续运行试验表明(图4),活性污泥对污染物吸收的分离效率保持在89%~93%,污泥消化时间为96~106h,与相同条件(COD<sub>Cr</sub>=20g/L,曝气量37.5m<sup>3</sup>/h)下的理想反应时间基本持平,无明

显生化抑制现象。这说明吸收-消化工艺运行稳定,且经济效能高于SBR工艺。

## 4 讨论

### 4.1 吸收-消化工艺的优点

污泥对单糖的吸收速率极高,为平衡控制过程,吸收率几乎不受pH值、曝气量、温度和浓度的影响,所以吸收-消化工艺冲击负荷能力较强,有良好的运行稳定性;曝气量与理论曝气量基本持平,无明显的生化抑制,经济效能比SBR高;泥水分离性能好,污泥兼氧消化,产率低,无需另设污泥处理装置;另外,它容易实现自动控制。综上所述,吸收-消化工艺能较好适应皂素废水治理的技术、资金和生产周期特点,比SBR工艺具有更高的推广实用价值。

### 4.2 吸收-消化工艺的不足

吸收-消化工艺操作对自动控制要求较高。另外,它的应用还有待进一步的中试试验验证。

## [参考文献]

- [1] 杨藻宸,江明性 医用药理学[M].第2版.北京:人民卫生出版社,1982:575
- [2] 刘春.皂素生产废水污染特点及治理对策探讨[J].环境保护科学,2001,(6):22-24
- [3] 凌猛,杭世瑛.城市污水处理厂工艺方案模糊决策方法的应用[J].给水排水,1998,(3):6-9
- [4] 陈志强,吕炳南,孙哲,等.低压蒸馏法处理高浓度中药废水的研究[J].哈尔滨建筑大学学报,1999,(6):16-18
- [5] 郑一新.制药行业高浓度有机废水的综合治理及资源利用研究[J].环境科学研究,1999,(4):19-21
- [6] 张志扬,李江华,贾丽云,等.UASB-生物接触氧化-絮凝沉淀法处理皂素废水[J].城市生态与城市环境,2003,(supp1):32-34
- [7] 沈耀良,王宝贞.废水生物处理新技术——理论与应用[M].北京:中国环境科学出版社,1999:87
- [8] 彭永臻,邵剑英,周利,等.利用ORP作为SBR法反应时间的计算机控制参数[J].中国给水排水,1997,(6):6-9
- [9] 翟中和,王喜忠,丁明孝.细胞生物学[M].北京:高等教育出版社,2000:47-48
- [10] 胡家骏,周群英.环境工程微生物学[M].北京:高等教育出版社,1988:78-83

## Experimental research on the absorption-digestion technology for the treatment of diosgenin wastewater

WANG Hui-feng, HU Shi-bin

(College of Life Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In order to solve the technical, economical and processing problems of the treatment of Diosgenin wastewater, a technology called Absorption-Digestion is suggested. This technology is based on the quick absorption of glucose by activated sludge whose rate is 20% - 35%. The pollutants are separated from water during the sedimentation of the sludge which then is digested together by aeration. Single and processing simulating experiments show: the separating rate is about 90% within 6-9 cycles; time for sludge digestion is 96-106h which is nearly the same to the ideal bio-reaction time. That is to say, there is no obvious bio-chemical inhibition and Absorption-Digestion technology has higher processing stability and economical efficiency than traditional ones.

**Key words:** diosgenin wastewater; SBR; absorption-digestion