

生态因子对改性聚氨酯生物膜系统运行效能的影响

陈昱璇¹, 赵 光¹, 邓建民², 颜嘉序¹, 万 祎¹

(1. 辽宁工业大学, 辽宁 锦州 121001; 2. 黑龙江省海林农场, 黑龙江 海林 157126)

摘要:载体是生物膜工艺处理污水的核心,为通过生态因子提高生物膜的运行效能,以改性聚氨酯填料(MPU)为研究对象,考察温度、有机底物浓度与水力停留时间等生态因子对生物膜系统运行效果的影响。结果表明:MPU生物膜系统经过10 d的启动运行,出水COD和氨氮去除率达到70%,逐渐形成稳定的生物膜。系统随温度升高出水COD和氨氮去除率提高,15℃时出水COD和氨氮可达到80%。系统进水COD由100 mg·L⁻¹增加至300 mg·L⁻¹时,出水COD去除率由60%增加至80%,氨氮去除率达到85%。生物膜系统随HRT延长出水COD和氨氮去除率呈增加趋势,HRT由2 h延长至8 h,COD去除率由80%提高至90%,氨氮去除率达到96%。

关键词:污水;生物膜;改性聚氨酯填料;生态因子

中图分类号:X703 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2015)01-0044-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.01.0044

水资源是21世纪最短缺的基础性自然资源、战略性经济资源和公众性社会资源,世界上有60%的国家和地区淡水贮备不足,65%的水域受到污染。随着水资源的匮乏和水环境的污染,水环境问题已成为21世纪全球资源环境的首要问题^[1-3]。随着我国经济的迅速发展,各种产业的污染物的排放量也不断增加,尤其是氮污染物的排放量增加最快,给水体环境造成了严重的污染^[4-5]。

目前脱氮工艺中,生物膜法由于脱氮效果好,污泥产量少等优点,受到国内外学者的广泛关注,填料作为生物膜工艺核心也引起了人们的深入研究^[6]。聚氨酯(PU)填料作为生物膜填料已广泛应用于各种工业废水处理之中,但对于某些高浓度氨氮废水,生物系统往往存在氮负荷过高,运行不稳定等问题。解决问题的关键是保持系统内充足的生物量和微生物活性^[7-8]。研究表明,电气石可以改善PU填料表面微环境,提高生物膜中微生物的生物量与生物活性^[9]。通过深入研究电气石改性的PU填料对硝化细菌的吸附机理,对于高浓度氨氮废水的治理具有重要的理论与现实意义。

生物膜微生物与其所在环境关系密切,各生

态因子影响微生物代谢活性,进而影响出水水质。本研究采用自主研发的改性PU填料(MPU)为试验对象,研究生态因子对MPU生物膜反应器运行效能的影响,重点掌握温度、有机废水底物浓度及水力停留时间等生态因子对MPU生物膜系统出水COD和氨氮等指标的影响,为实际工艺的改进提供科学的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验采用的生物填料为自主研发的改性PU填料,该填料主要由80%~90%的PU泡沫、0.3%的微生物生长促进剂、5%的活性生物酶制剂和10%~15%的活性污泥组成。该填料微孔面积大于95%,孔容积为0.015 m³·kg⁻¹(见图1)。



图1 试验所用改性聚氨酯填料

Fig.1 Modified polyurethane filter used in the research

本试验采用自行设计的反应装置,主体为圆柱形,有机玻璃制成,有效容积10 L,内径18 cm,

收稿日期:2014-08-20

基金项目:辽宁工业大学教师科研启动基金资助项目(X201310)

第一作者简介:陈昱璇(1992-),女,辽宁省鞍山市人,学士,从事废水资源化利用研究。E-mail:cxxy_2014@126.com。

通讯作者:赵光(1980-),男,黑龙江省哈尔滨市人,博士,副教授,从事废弃物资源化利用研究。E-mail:zhaoguanguhit@126.com。

高 37 cm,内部有生物载体填料支撑层,均匀分布直径为 2 mm 的圆孔,填料层高度为 8 cm,反应器配有温度控制器、进水系统与曝气装置。

试验用水主要以实验室人工配水为主,反应器启动的活性污泥与污水于 2014 年 3 月取自锦州市北控水务有限公司的城市生活污水曝气池,人工配水的进水水质指标见表 1。

表 1 人工配水水质

Table 1 Characteristics of artificial water

项目 Items	人工配水 Artificial water
COD/(mg·L ⁻¹)	100~400
氨氮/(mg·L ⁻¹) Ammonia nitrogen	80
总磷/(mg·L ⁻¹) Total phosphorus	6
碱度/(mg·L ⁻¹) Alkalinity	300
pH	7.2~7.6

1.2 方法

试验于 2014 年在辽宁工业大学环境微生物实验室进行。

1.2.1 试验设计 反应器接种污泥量为反应器有效容积的 30%,进满城市生活污水,闷曝 24 h。闷曝结束后,利用蠕动泵调节水量进入反应器,污泥驯化期间 HRT 为 12 h,每天检测进、出水中 COD 和氨氮浓度。系统曝气阶段 DO 控制在 2.0~4.0 mg·L⁻¹、温度 25±1 ℃。污泥驯化过程完成后系统正常进水,周期运行操作采取瞬时充水,曝气时间 6 h,静沉 1.5 h,排水 5 min。

1.2.2 测定项目与方法 温度控制采用低温培

养箱(上海简户仪器设备有限公司),pH 测定采用 PHS-3C 精密 pH 计(上海雷磁精密仪器有限公司),COD、总氮和氨氮的测定参照标准方法^[10]。

2 结果与分析

2.1 MPU 生物膜系统的启动运行

MPU 生物膜系统运行初期,微生物生长缓慢,在生物膜驯化过程中,进水 COD 浓度为 200 mg·L⁻¹。从图 2 看出,生物膜系统启动初期 COD 去除率比较低且不稳定,COD 的去除率仅有 30%,随着生物膜的逐渐形成,COD 的去除率也逐渐增加。随着生物膜增长到一定厚度,系统内附着的生物量也比较稳定,对水质也有了一定的适应性,反应器运行到第 10 天时,COD 去除率达到了 70%以上。随着生物膜驯化的成熟,微生物对环境的适应能力也逐渐增强,形成了比较稳定的生态系统。系统运行到第 16 d 时,出水 COD 浓度为 46 mg·L⁻¹,去除率达到 77%,此过程污泥不断排出,表明 MPU 生物膜系统的微生物代谢达到动态平衡。

生物膜系统启动挂膜阶段,氨氮去除效果较差,只有 10%左右,去除率不高的原因主要是载体的吸附作用,微生物的生长繁殖对新环境需要适应的过程。随着系统运行时间的增加,在第 10 天时出水氨氮去除率达到 70%以上。填料上微生物量显著增加,逐渐适应新环境,表明生物膜系统硝化菌代谢活动旺盛。

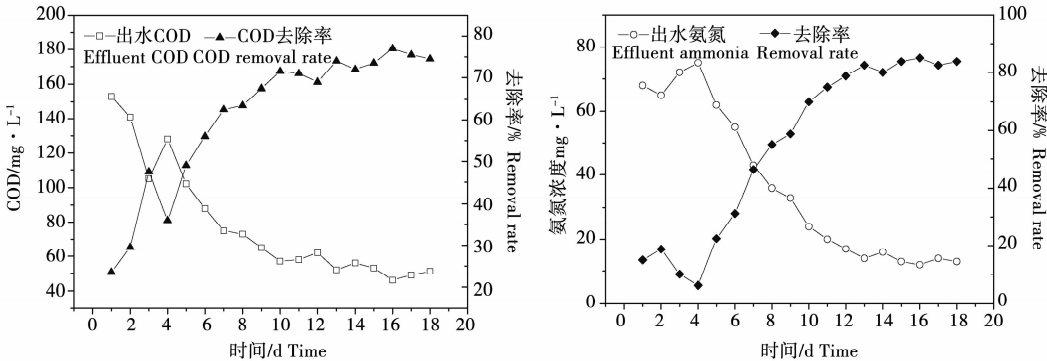


图 2 MPU 生物膜反应器启动过程出水 COD 与氨氮浓度变化

Fig. 2 The variation of effluent COD and NH₄-N in MPU biofilm reactor during startup process

2.2 生态因子对 MPU 生物膜反应器运行效能的影响

2.2.1 温度对 MPU 生物膜系统出水的影响 温度是影响微生物代谢活性的重要生态因子,在一定范围内随温度上升生物化学反应速度加快。

此外,温度还影响水中氧的传递,温度适当升高,可增加代谢产物溶解氧,从而提高微生物的代谢活性。由图 3 看出,本试验设置进水 COD 为 300 mg·L⁻¹,水力停留时间为 6 h,分别考察了 5、

10、15、20、25 和 30℃下系统的出水 COD 与氨氮的变化。MPU 生物膜系统在 5℃ 运行时,COD 与氨氮去除率较低,分别为 44.3%和22.7%。随着温度提高,COD 与氨氮去除率均随之增加。可见,低温条件抑制微生物的代谢活性。当温度升高至 15℃以上时,出水 COD 基本稳定在 80%,表明生物膜系统温度在 20℃以上运行时,可获得较好的运行效果。氨氮也随温度升高去除率增加,在 10℃提高至 15℃时明显增加 25%作用,说明硝化细菌对温度变化的影响更为显著。

2.2.2 进水浓度对 MPU 生物膜系统出水的影响 进水有机负荷是影响污水处理效果与系统稳定性的重要指标之一,在生物膜法水处理过程中,进水有机负荷的变化将显著影响生物膜的特性。本试验采用进水 100、200、300 和 400 mg·L⁻¹ 四种进水浓度,水力停留时间设置为 6 h,20℃ 条件下

运行,考察不同底物浓度对出水 COD 与氨氮变化的影响。由图 4 看出,当进水 COD 为100 mg·L⁻¹ 时去除率比较低,达 60%左右,原因是 C/N 低,微生物可利用的营养不足。随进水 COD 的增加,去除率明显提高,当进水浓度为 300 mg·L⁻¹ 时,去除率达到了 80%以上。说明,随着进水负荷的提高,MPU 生物膜可利用底物效率增加,去除 COD 的能力也随之增加。当进水 COD 继续增加至 400 mg·L⁻¹,COD 去除率提高 5%,表明微生物代谢速率已逐步接近进水底物提供的营养。氨氮的去除率随 C/N 的增加而提高,当有机负荷为 100 mg·L⁻¹ 时,出水氨氮浓度为 58 mg·L⁻¹ 左右,随着有机负荷升高至 300 mg·L⁻¹ 时,出水氨氮去除率达到 85%以上,说明 MPU 生物膜系统进水稀释率适合微生物的代谢速率,能形成较稳定的生物膜。

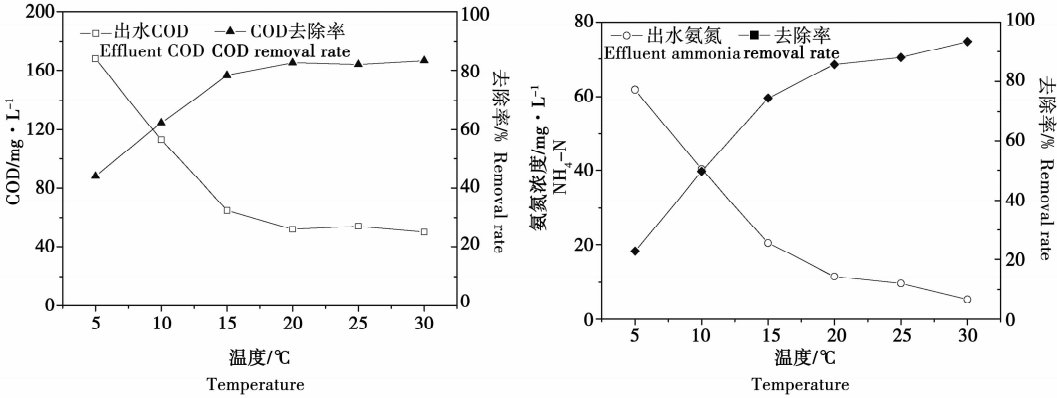


图 3 不同温度运行下的 MPU 生物膜反应器出水 COD 与氨氮浓度变化

Fig. 3 The variation of effluent COD and NH₄-N in MPU biofilm reactor operated at different temperatures

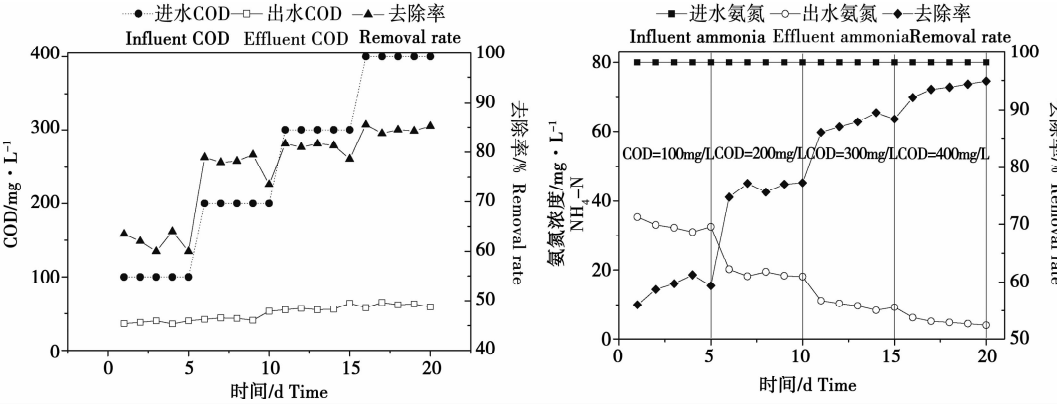


图 4 不同底物浓度运行的 MPU 生物膜反应器出水 COD 与氨氮浓度变化

Fig. 4 The variation of effluent COD and NH₄-N in MPU biofilm reactor operated at different substrate concentrations

2.2.3 HRT 对 MPU 生物膜系统出水的影响 水力停留时间(Hydraulic Retention Time,HRT)是影响生物膜系统出水水质的一个重要参数。

HRT 对系统能否形成完整的生物膜起关键作用,也决定生物膜反应器的运行效果。为确定 MPU 生物膜系统最佳 HRT,试验设置 HRT 分

别为 2、4、6、8 和 10 h,进水有机负荷 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 20°C 条件下运行。

从图 5 看出,反应器对进水 COD 的去除率变化比较稳定,随着进水停留时间的延长(至 8 h),去除率也随着增加,由 80% 提高至 90%,HRT 从 8 h 延长至 10 h,COD 去除率下降了 3% 左右,这主要是由于随着 HRT 的延长,逐渐降低了 MPU 生物膜反应器的容积负荷,逐步导致系统内代谢

微生物可利用的代谢底物不足,逐渐进入减速生长期或内源呼吸期。出水氨氮去除率随着 HRT 延长而提高,当 HRT 为 2 h 时,出水氨氮浓度为 $19.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,去除率为 75.3%,当 HRT 延长至 4 h,出水氨氮降至 $15.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,去除率为 80.2%,当 HRT 延长为 8 h 时,出水氨氮浓度降至 $3.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,氨氮去除率为 96%。

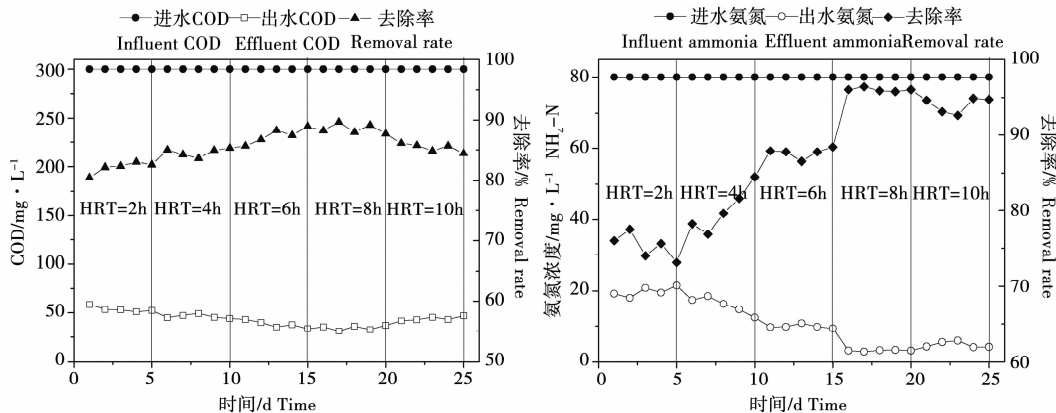


图 5 不同 HRT 运行的 MPU 生物膜反应器出水 COD 与氨氮浓度变化

Fig. 5 The variation of effluent COD and NH₄-N in MPU biofilm reactor operated at different HRT

3 结论与讨论

利用改性聚氨酯填料构建的生物膜反应系统,启动运行 10 d 时出水 COD 和氨氮去除率可达 70%,系统生物膜逐渐成熟,对水质具有一定的适应能力。系统运行 16 d 时,出水 COD 和氨氮去除率分别达到 77% 和 80%,MPU 生物膜微生物代谢与底物营养间逐渐形成动态平衡。

MPU 生物膜反应器随运行温度升高,出水 COD 和氨氮去除率增加, 5°C 运行时,COD 与氨氮去除率最低,分别为 44.3% 和 22.7%。系统运行温度升至 15°C 时,出水 COD 和氨氮基本稳定在 80% 左右。

MPU 生物膜反应器随进水浓度增加,COD 和氨氮去除率也随之提高,当进水浓度为 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,COD 去除率达 80%,氨氮去除率达 85%,继续增加进水 COD 浓度的去除率增长缓慢。不同 HRT 运行的 MPU 生物膜反应器 COD 的去除率变化比较稳定,随进水 HRT 延长,COD 与氨氮去除率缓慢提高,当 HRT 为 8 h,COD 与氨氮去除率达 90% 以上,继续延长进水 HRT,COD 和氨氮去除率出现下降趋势。

参考文献:

[1] Daverey A, Su S H, Huang Y T, et al. Partial nitrification

and anammox process A method for high strength optoelectronic industrial wastewater treatment [J]. Water Research, 2013, 47(9): 2929-2937.

- [2] 张旭,李媛,柏丽梅,等. 废水处理用聚乙烯生物填料表面改性与表征研究[J]. 环境工程学报, 2010, 4(5): 961-966.
- [3] Yamamoto T, Takaki K, Koyama T, et al. Long-term stability of partial nitrification of swine wastewater digester liquor and its subsequent treatment by Anammox [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(14): 6419-6425.
- [4] 马放,郭静波,赵立军,等. 生物强化工程菌的构建及其在石化废水处理中的应用[J]. 环境科学学报, 2008, 28(5): 885-891.
- [5] 闫立龙,李伟光,张颖,等. 曝气生物活性炭滤池处理高浓度尿素废水的中试研究[J]. 现代化工, 2008, 28(S2): 419-423.
- [6] 黎永坚,胡晓东,熊紫娟,等. 高浓度氨氮对 SBR 工艺处理制药废水的影响[J]. 中国给水排水, 2009(13): 92-94.
- [7] Robertson L A, Van Neil E W, Torremans R A M, et al. Simultaneous nitrification and denitrification in aerobic chemostat cultures of thiosphaera pantotropha[J]. Applied Environmental Microbiology, 1988, 54(1): 2812-2818.
- [8] 周少奇,周吉林,范家明. 同时硝化反硝化生物脱氮技术研究进展[J]. 环境技术, 2002(2): 38-44.
- [9] 魏存弟,孙彦彬,杨殿范,等. 电气石活化水效应的应用[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2010, 40(6): 1451-1455.
- [10] APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed [M]. Washington: American Public Health Association, 1998: 128-132.

木霉菌株分离筛选及对茄子黄萎病防治作用的研究

赵 丹¹,曲红云¹,温 玲¹,潘凤娟²,林 密¹

(1. 黑龙江省农业科学院 园艺分院,黑龙江 哈尔滨 150069; 2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所,黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要:茄子黄萎病分布广泛,发病率一般为 50%以上,是生产上的一种重要病害。为初步检测筛选的木霉菌株对茄子黄萎病的防治效果,在茄子嫁接、连作 13 a 的茄子病圃及轮作田的根际土壤进行木霉菌株的分离筛选,得到 15 株菌株,筛选出 2 株拮抗效果较强的菌株 M113 和 M135,抑菌率分别为 48.36%和 56.13%。室内盆栽试验相对防效为 70.53%和 74.68%,显著高于化学药剂防治。

关键词:生物防治;木霉;黄萎病

中图分类号:S436.411 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2015)01-0048-02 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.01.0048

茄子黄萎病是由大丽轮枝菌(*Verticillium dahliae*)引起的一种土传的维管束病害,被称为茄子的癌症^[1]。发病时植株叶片枯萎,蔓延速度快,严重时整株枯死,果实商品性差。茄子品种中可利用的种质资源中没有高抗材料,中抗材料仅占 0.4%左右,主要是野生种和近缘种,茄子抗病育种工作难度极大。目前生产上主要以嫁接和轮作等栽培技术预防、抵御茄子黄萎病。

生物防治是利用有益生物或其它生物来抑制或消灭有害生物的一种防治方法,由于其具有不污染环境,对人们身体无伤害等优点,受到人们广泛的关注与应用,近年来成为研究热点。本研究在嫁接茄子植株、合理轮作茄子植株及黄萎病发生严重

病圃的茄子根际土壤分离木霉菌株,进行对峙培养试验、温室盆栽试验及田间小区的防效试验,初步检测筛选木霉菌株的防治效果。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菌株为大丽轮枝菌,供试茄子品种为龙杂茄 7 号。

1.2 方法

试验于 2012 年在黑龙江省农业科学院园艺分院试验地进行。

1.2.1 木霉菌株的分离及鉴定 采集嫁接植株、合理轮作植株以及黄萎病发生严重病圃上的根际土壤,采用稀释平板法分离木霉菌株,纯化后根据 Rifai^[2]的方法对各个菌株进行分类鉴定。

1.2.2 木霉拮抗菌株的筛选 采用平板对峙试验,测定各木霉菌株对大丽轮枝菌的抑菌率,以只接病原菌不接木霉菌为对照,筛选对致病菌生长抑制最强的木霉菌株。

收稿日期:2014-08-27
第一作者简介:赵丹(1978-),男,山东省胶县人,硕士,助理研究员,从事蔬菜栽培育种与栽培研究。E-mail:zd1978722@163.com.cn。

Effect of Ecological Factors on the Performance of Biofilm System of Modified Polyurethane Filler

CHEN Yu-xuan¹, ZHAO Guang¹, DENG Jian-min², YAN Jia-xu¹, WAN Yi¹

(1. Liaoning University of Technology, Jinzhou, Liaoning 121001; 2. Hailin Farm of Heilongjiang Province, Hailin, Heilongjiang 157126)

Abstract: Carrier is the dominant factor during biofilm process for waste water treatment, in order to improve the operation efficiency of biofilm by ecological factors, taking the modified polyurethane filler (MPU) as research object, the effect of ecological factors on the performance of biofilm system was studied. The results showed that effluent COD and ammonia removal rate of MPU biofilm reactor achieved 70% after 10 days of operation, and formed a stable biofilm. The effluent COD and ammonia removal rate of biofilm system increased while enhancing the operation temperature. The effluent COD and ammonia removal rate achieved 80% while operating at 15℃. While the influent COD enhanced from 100 mg·L⁻¹ to 300 mg·L⁻¹, effluent COD removal rate increased from 60% to 80%, and the removal rate of ammonia nitrogen achieved 85%. In addition the effluent COD and ammonia removal rate increased while prolonged the HRT of biofilm system. The removal rate of COD increased from 80% to 90% and the removal rate of ammonia nitrogen reached 96% while prolonged HRT from 2 h to 8 h.

Keywords: waste water; biofilm; modified polyurethane filter; ecological factor