

3 种湿地植物对养猪废水的净化效果

史佳峰¹, 朱慧杰^{1,2*}

(1. 平顶山凤翔环保科技有限公司, 河南平顶山 467000; 2. 河南城建学院市政与环境工程学院, 河南平顶山 467036)

摘要 [目的]研究3种湿地植物对养猪废水的脱氮除磷效果。[方法]采用人工湿地工艺处理技术,研究水葫芦、芦苇、水花生对养猪废水中氨氮(NH₄⁺-N)、总磷(TP)、化学需氧量(COD_{Cr})的去除效果。[结果]水力停留时间(HRT)为20 d时,人工湿地对COD_{Cr}、NH₄⁺-N、TP的去除效果较好,平均去除率分别达到85.5%、90.6%和82.2%,达到了预期目的。[结论]该工艺能使工程化处理养猪废水达到国家标准。

关键词 垂直流人工湿地;水生植物;养殖废水;净化效果
中图分类号 X703 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)24-0065-02

Purification Effects of 3 Wetland Plants on Pig Wastewater

SHI Jia-feng¹, ZHU Hui-jie^{1,2*} (1. Pingdingshan Fengxiang Environmental Protection Technology Co. Ltd., Pingdingshan, Henan 467000; 2. School of Municipal and Environmental Engineering, Henan University of Urban Construction, Pingdingshan, Henan 467036)

Abstract [Objective] To study the effects of 3 wetland plants on nitrogen and phosphorus removal in pig wastewater. [Method] Using artificial wetland treatment technology, removal efficiency of *Eichhornia crassipes*, *Phragmites australis* and *Alternanthera philoxeroides* on NH₄⁺-N, TP, COD_{Cr} were studied. [Result] When the hydraulic retention time (HRT) was 20 d, the removal rate of COD_{Cr}, NH₄⁺-N and TP was better by constructed wetland, the average removal rate reached 85.5%, 90.6% and 82.2%, respectively, and achieved the desired goal. [Conclusion] This process can meet the national standards for engineering treatment of pig wastewater.

Key words Vertical flow constructed wetland; Aquatic plant; Aquaculture wastewater; Purification effect

目前禽畜养殖业正在向规模化集约化发展,但仍有部分养猪场通过水冲洗粪便排放或将粪便直接排入自然水体中,养猪废水含有较高的化学需氧量(COD_{Cr})、5日生化需氧量(BOD₅)及悬浮物(SS)和氨氮(NH₄⁺-N),如果处理不善,会给周围的生态环境、饮用水源等带来威胁和危害^[1]。目前,生物技术(包括人工湿地^[2-3]、微生物及其固定技术^[4]和生物膜法^[5]等)已逐步被应用于养殖废水处理中,处理效果理想。其中,人工湿地技术^[6-7]不仅具有良好的脱氮除磷能力,还能够根据周围地形因地制宜,运行方便,适宜在养殖区域附近建立。然而,现有的关于垂直流人工湿地法处理水产养殖废水中运行参数的研究甚少。因此,笔者以真实的养猪废水为研究对象,探讨不同植物构建的人工湿地系统对废水中总磷(TP)、NH₄⁺-N和有机物(以COD_{Cr}表示)的去除效果,旨在为中原地区处理养猪废水,构建本土植物的人工湿地系统提供基础数据。

1 材料与方

1.1 试验材料

1.1.1 采集与驯养。试验所用水葫芦、芦苇和水花生均采自河南省平顶山市某养猪场排水沟。植物采集后先用猪场废水进行适应性驯化培养,待植物生长状况稳定后再进行人工湿地系统试验。

1.1.2 培养条件。用氢氧化钠调节溶液pH至7左右,温度23~28℃。通过15 d的驯化,3种供试植物均可在实际猪场废水中正常生长繁殖。

1.1.3 水质参数。养猪废水污染物参数:COD_{Cr}浓度500~

1 800 mg/L, NH₄⁺-N含量80~200 mg/L, TN含量100~250 mg/L, TP含量25~80 mg/L, pH为6.5~7.5。

1.1.4 人工湿地结构。人工湿地结构见图1。

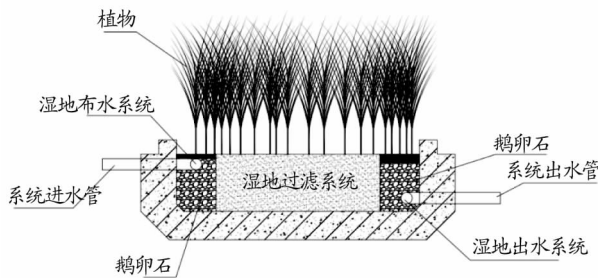


图1 人工湿地结构

Fig. 1 Structure of constructed wetland

1.2 试验方法 在实际养猪废水中分别放置3种植物(水葫芦、芦苇和水花生各30株)进行培养。分别测定不同水力停留时间(HRT)0、5、10、15、20 d下各处理水样中的NH₄⁺-N、TP和COD_{Cr}的浓度。采集水样后,为维持水池中水位,用蒸馏水补充至原水位。

1.3 测定项目与方法 水样中的NH₄⁺-N、TP浓度分别采用纳氏试剂比色法(HJ 535—2009)与过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法(HJ 671—2013)测定;COD_{Cr}浓度采用重铬酸钾法(HJ 828—2017)测定。

2 结果与分析

2.1 3种湿地植物对养猪废水中NH₄⁺-N的去除效果 从图2可以看出,前15 d各植物系统都能有效去除养猪废水中的NH₄⁺-N。第15天时,水葫芦、芦苇和水花生的人工湿地系统的NH₄⁺-N去除率分别为74.5%、62.5%和40.0%,对照组仅为7.5%,剩余NH₄⁺-N的浓度为120、75、51和185 mg/L。芦苇和水花生人工湿地系统的出水NH₄⁺-N浓度

基金项目 河南省科技攻关项目(162102310389);河南省教育厅科学技术研究重点项目(14A610012)。

作者简介 史佳峰(1989—),男,河南商丘人,助理工程师,从事废水处理研究。*通讯作者,副教授,博士,从事水污染控制研究。

收稿日期 2017-06-14

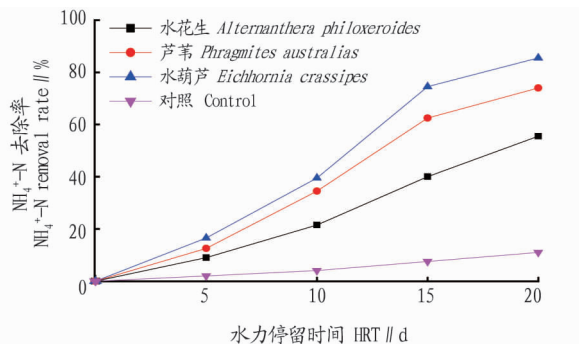


图2 水葫芦、芦苇和水花生对养猪废水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果

Fig.2 The removal effect of *Eichhornia crassipes*, *Phragmites australis* and *Alternanthera philoxeroides* on $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ in pig wastewater

均小于《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001)中规定的 80 mg/L $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 可达标排放。20 d 时, 水花生、芦苇、水葫芦的人工湿地的剩余 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度分别为 60.0、37.5、25.5 mg/L, 均已达到排放标准, 但对照 (92.5 mg/L) 尚未达到。这是由于微生物的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 降解受限因素较多, 从而使其 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 降解比其有机物更难降解。

停留时间对对照组 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除影响很小, 而对人工湿地系统影响较大。微生物对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的作用要经历连好氧硝化及厌氧反硝化, 同时残留有机物浓度也影响反硝化过程^[8]。对照微生物数量较少, 环境的厌氧好氧转化不明显, 这些因素会抑制微生物降解 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的效率。植物根系周围形成的环境, 有利于微生物的活动, 促进了对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的降解^[3], 且植物本身及微生物的繁殖生长都会消耗部分 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 。因此, 植物人工湿地系统的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率较对照好, 根系最发达的水葫芦去除氨氮效果效果显著^[9]。

2.2 3 种植物对养猪废水中 TP 的去除效果 从图 3 可以看出, 0 ~ 10 d, 3 种植物对 TP 的去除效率逐渐增大, 经过 10 d, TP 去除率增加了 52.5% ~ 75.0%, 对照组的 TP 去除率较低, 仅为 9.8%。随后去除效率持续增长, 至 20 d 水花生、芦苇、水葫芦和对照的 TP 去除率分别增加至 66.25%、86.25%、90.63% 和 13.75%。可见, HRT 对人工湿地处理 TP 浓度有较大影响, 水葫芦和芦苇植物人工湿地系统的 TP 去除率相差不大^[10]。

2.3 3 种植物对养猪废水中 COD_{Cr} 的去除效果 从图 4 可以看出, 对照组对 COD_{Cr} 的去除效果最差, 比各植物人工湿地系统的平均效率低约 69.0%; 同时也受 HRT 的影响较大, HRT 的增加均有利于 COD_{Cr} 的去除, 各植物人工湿地均有较好的 COD_{Cr} 去除效果, 其中水葫芦效果最好, 芦苇和水花生次之。

由于进水浓度相对较高, 在最初的 5 d, 各系统均有一个 COD_{Cr} 降解适应过程, COD_{Cr} 去除率缓慢上升。15 ~ 20 d, COD_{Cr} 去除率上升较快。当 HRT 为 15 d, 水花生、芦苇、水葫芦和对照组的出水 COD_{Cr} 浓度分别降为 878、731、460 和 1 619 mg/L, 20 d 时出水 COD_{Cr} 浓度分别降为 480、380、320 和

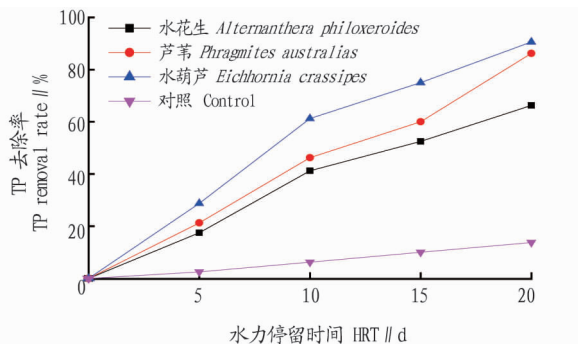


图3 水葫芦、芦苇、水花生对养殖废水中 TP 的去除效果

Fig.3 The removal effect of *Eichhornia crassipes*, *Phragmites australis* and *Alternanthera philoxeroides* on TP in pig wastewater

1 619 mg/L, 水葫芦和芦苇系统均满足了《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001)中 COD_{Cr} 的排放要求, COD_{Cr} 均在 400 mg/L 以下。水葫芦人工湿地系统良好的有机物净化效果, 与水葫芦生物量大、叶繁肉厚、根系发达, 自身生长所需有机物量较大有关^[10]。

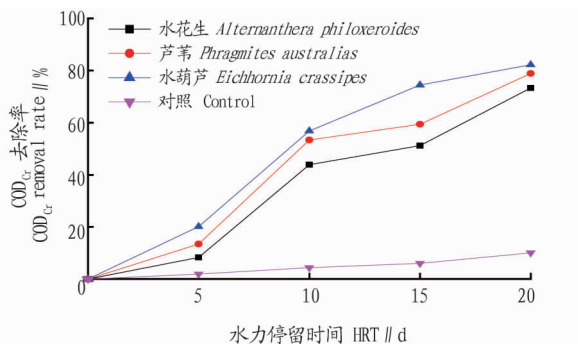


图4 水葫芦、芦苇、水花生对养猪废水中 COD_{Cr} 去除效果

Fig.4 The removal effect of *Eichhornia crassipes*, *Phragmites australis* and *Alternanthera philoxeroides* on COD_{Cr} in pig wastewater

3 结论

该研究通过水葫芦、芦苇和水花生人工湿地系统对养猪废水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TP、 COD_{Cr} 的去除试验, 得出如下结论: ①3 种水生植物对养猪废水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的平均去除率在 55.5% ~ 85.5%, 对 TP 的平均去除率在 66.3% ~ 90.6%, 对 COD_{Cr} 的平均去除率在 73.3% ~ 82.2%, 而对照组分别为 11.0%、13.8% 和 10.1%。②总体而言, 3 种植物对养猪废水的处理效果从大到小依次为水葫芦、芦苇、水花生。

参考文献

- [1] 范立维, 张晓华, 张水丽, 等. 不同植物人工湿地处理畜禽废水的效能研究[J]. 水土保持学报, 2014, 28(2): 272 ~ 275.
- [2] 吴丹, 缪爱军, 李丽, 等. 表面流入人工湿地不同植物及其组合净化污水处理厂尾水研究[J]. 水资源保护, 2015, 31(6): 115 ~ 121.
- [3] 陈金发, 赵磊, 宋大刚, 等. 人工湿地植物对畜禽废水的净化效果及生理特性变化[J]. 水处理技术, 2015, 41(2): 20 ~ 26.
- [4] 赵永军, 田云飞, 黄德英, 等. 四种不同植物湿地对不同 C/N 比生活污水的净化效果与季节动态[J]. 环境科学学报, 2016, 36(1): 193 ~ 200.
- [5] 梁银秀, 周卿伟, 阎百兴, 等. 在冷季利用人工湿地处理泉州永春县养猪场废水的效果研究[J]. 湿地科学, 2017, 15(2): 229 ~ 236.

(下转第 78 页)

为 $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{min})$, 葡萄糖起始浓度为 10.70 g/L , 在培养 2 h 后以恒速流加葡萄糖至终浓度为 30.83 g/L , 菌体浓度在 11 h 达到最大值 18.100 g/L , 再加入 88.20 g/L 的 L-谷氨酸转化 16 h 后得到 60.00 g/L 的 GABA, 其转化率达到 100% 。

4 展望

GABA 作为一种重要的抑制性神经递质, 其参与多种代谢活动, 具有延缓大脑衰老、降血压、降血氨、治疗神经疾病、抗心律失常等多种生理功能, 其作为一种全新的活性因子广泛应用于医药和食品领域。随着人们对 GABA 认识的深入, 对 GABA 的需求日益增长, 开发食品安全级的 GABA 并降低生产成本已成为亟待解决的问题, GABA 的工业化生产将有广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 陈颖, 沈艳, 姚惠源. γ -氨基丁酸的研究现状[J]. 粮油加工与食品机械, 2005(4): 82-83.
- [2] 何熙璞, 张敏, 李俊芳, 等. γ -氨基丁酸的生理学功能及研究现状[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2007, 32(S1): 464-466.
- [3] 王辉, 项丽丽, 张锋华. γ -氨基丁酸(GABA)的功能性及在食品中的应用[J]. 食品工业, 2013, 34(6): 186-189.
- [4] 王金玲, 袁军, 刘登才. γ -氨基丁酸的合成[J]. 化学与生物工程, 2010, 27(3): 40-42.
- [5] 沈强, 张建, 罗显扬, 等. 氮气厌氧处理对茶叶 γ -氨基丁酸及主要化学成分含量的影响[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(4): 45-47.
- [6] PLOKHOV A Y, GUSYATINER M M, YAMPOLSKAYA T A, et al. Preparation of γ -aminobutyric acid using *E. coli* cells with high activity of glutamate decarboxylase [J]. Applied biochemistry and biotechnology, 2000, 88(1/2/3): 257-265.
- [7] ZHANG C, LU J, CHEN L, et al. Biosynthesis of γ -aminobutyric acid by a recombinant *Bacillus subtilis* strain expressing the glutamate decarboxylase gene derived from *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* Y2 [J]. Process biochemistry, 2014, 49(11): 1851-1857.
- [8] 张庆庆, 吕闻闻, 汤文晶, 等. 红曲霉 ZL307 固态发酵豆渣产 γ -氨基丁酸的工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(1): 96-100.
- [9] 李亚莉, 秘鸣, 魏珍珍, 等. 一株产 GABA 酵母菌的筛选及鉴定[J]. 食品科技, 2013, 38(6): 17-21, 30.
- [10] DIANA M, TRES A, QUÍLEZ J, et al. Spanish cheese screening and selection of lactic acid bacteria with high gamma-aminobutyric acid production [J]. LWT - Food science and technology, 2014, 56(2): 351-355.
- [11] TAKAHASHI T, FURUKAWA A, HARA S, et al. Isolation and characterization of sake yeast mutants deficient in γ -aminobutyric acid utilization in sake brewing [J]. Journal of bioscience and bioengineering, 2004, 97(6): 412-418.
- [12] 赵国群, 关军锋. 高产 γ -氨基丁酸酿酒酵母的筛选及其在梨酒酿制中的应用[J]. 食品工业科技, 2015, 36(23): 173-176, 181.
- [13] 肖婧, 徐亚男, 李琦, 等. 高产 γ -氨基丁酸酵母菌的筛选、鉴定及优化[J]. 食品与生物技术学报, 2016, 35(10): 1093-1099.
- [14] 赵景联. 固定化大肠杆菌细胞生产 γ -氨基丁酸的研究[J]. 生物工程学报, 1989, 5(2): 124-128.
- [15] 陈蔚青, 陈虹, 王芳权. 固定化谷氨酸脱羧酶转化 γ -氨基丁酸的研究[J]. 中国生化药物杂志, 2007, 28(4): 224-227.
- [16] 杨帆. 微生物转化法产 γ -氨基丁酸[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [17] 莫征杰, 冯凤琴, 叶慧. 重组 *Bacillus subtilis* (pMA5/lapgd) 的构建及其在 γ -氨基丁酸合成中的应用[J]. 食品科技, 2014, 39(9): 26-30.
- [18] 丁伟, 张明俐, 史吉平, 等. 表达谷氨酸脱羧酶重组枯草芽孢杆菌的构建及其发酵条件的优化[J]. 食品工业科技, 2015, 36(23): 194-198.
- [19] 张六六, 毛连山. 利用重组枯草芽孢杆菌生产 γ -氨基丁酸的研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(9): 171-173, 176.
- [20] 胡珊, 王小波, 戴甄, 等. 产 γ -氨基丁酸红曲菌种的筛选及其发酵工艺条件研究[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(4): 64-67.
- [21] 秦江辉, 周礼红, 胡开成, 等. 高产 γ -氨基丁酸的红曲霉菌株选育[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(3): 320-322.
- [22] YOKOYAMA S, HIRAMATSU J I, HAYAKAWA K. Production of γ -aminobutyric acid from alcohol distillery lees by *Lactobacillus brevis* IFO-12005 [J]. Journal of bioscience and bioengineering, 2002, 93(1): 95-97.
- [23] 缪存影, 蒋冬花, 徐晓波, 等. 酸菜中高产 γ -氨基丁酸乳酸菌的筛选和鉴定[J]. 微生物学杂志, 2010, 30(2): 28-32.
- [24] KIM J Y, LEE M Y, JI G E, et al. Production of γ -aminobutyric acid in black raspberry juice during fermentation by *Lactobacillus brevis* GABA100 [J]. International journal of food microbiology, 2009, 130(1): 12-16.
- [25] 周青, 魏春, 应向贤, 等. 产 γ -氨基丁酸乳酸菌的筛选及发酵过程研究[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(5): 26-31.
- [26] 刘婷婷, 杨套伟, 张术聪, 等. 高效转化 L-谷氨酸为 γ -氨基丁酸菌株的筛选、鉴定及初步优化[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(5): 742-747.
- [27] 夏江, 梅乐和, 黄俊, 等. 产 γ -氨基丁酸乳酸菌菌株筛选及诱变[J]. 核农学报, 2006, 20(5): 379-382.
- [28] 张颖, 高年发, 宋磊, 等. N^+ 离子诱变选育高产 γ -氨基丁酸突变株[J]. 中国酿造, 2011(8): 117-121.
- [29] 李秀凉, 孙晓宇, 韩晓云, 等. 产 γ -氨基丁酸的乳酸菌菌株的诱变选育[J]. 食品科技, 2012, 37(9): 16-19.
- [30] 葛菁萍, 程明, 宋明明, 等. 产 GABA 的乳酸菌菌株的选育及最佳发酵条件研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(9): 48-55.
- [31] 范杰, 孙君社, 张秀清, 等. 产 γ -氨基丁酸乳酸菌的培养基优化 [C]//Proceedings of 2010 first international conference on cellular, molecular biology, biophysics and bioengineering (Volume7). [s.l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2010.
- [32] 王兴洁, 魏超, 廖光敏, 等. 产 γ -氨基丁酸乳酸菌的分离鉴定及发酵条件优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 40-44.
- [33] 尹然, 梁金钟. 植物乳杆菌 LB-17 产 γ -氨基丁酸培养基优化[J]. 食品工业科技, 2016, 37(7): 110-115, 120.
- [34] 叶硯, 蒋冬花, 嵇豪. 响应面法优化红曲霉 X27 液态发酵产 γ -氨基丁酸工艺条件[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(9): 106-110.

(上接第 66 页)

- [6] 高旺, 康威, 江强, 等. 砾石人工湿地处理小区雨水径流的试验研究[J]. 中国给水排水, 2017(7): 153-156.
- [7] 刘冬, 张慧泽, 徐梦佳. 我国人工湿地污水处理系统的现状探析及展望[J]. 环境保护, 2017(4): 25-28.
- [8] 魏成, 刘平, 秦晶. 不同基质和不同植物对人工湿地净化效率的影响

[J]. 生态学报, 2008, 28(8): 3691-3697.

- [9] 刘文杰, 许兴原, 何欢, 等. 4 种湿地植物对人工湿地净化生活污水的影响比较[J]. 环境工程学报, 2016, 10(11): 6313-6319.
- [10] 殷晓乐. 季节性植物搭配强化人工湿地净化污水效果及其作用机制研究[D]. 济南: 山东大学, 2016.

科技论文写作规范——引言

扼要地概述研究工作的目的、范围、相关领域的前人工作和知识空白、理论基础和分析、研究设想、研究方法和实验设计、预期结果和意义等。一般文字不宜太长, 不需做详尽的文献综述。在最后引出文章的目的及试验设计等。“引言”两字省略。