文章编号:2095-7300(2016)01-001-06

植物对养殖废水中总磷的去除效果研究

刘作云[a], 彭忆兰[b], 付美云[a]

(湖南环境生物职业技术学院 a.园林学院;b.护理学院,湖南 衡阳 421005)

摘 要:为了了解三种常见植物对养殖废水中总磷(TP)的去除能力,通过模拟实验系统地研究了芦苇、凤眼莲、蕹菜对养殖废水中 TP 的去除效果.结果表明:三种供试植物对养殖废水中 TP 的去除效果大小为:芦苇-凤眼莲植物组合>芦苇-蕹菜植物组合>凤眼莲>蕹菜>芦苇.在处理 15 d 后,供试的三种植物对养殖废水中总磷的去除率在 58%~91.25%之间,而对照组为 37%~62.5%,供试植物对养殖废水中总磷有较强的去除效果.图 5,表 3,参 9.

关键词:总磷;植物;养殖废水;去除效果

中图分类号:X71 **文献标识码**:A

据统计,截止 2014 年底,全国生猪存栏量达 46 583万头,依据全国畜禽养殖平均产污系数计算[1-2],2014 年全国养猪业污染物总产量约为:COD_{Cr} 2 142.82 万 t,NH_3—N 83.85 万 t,TP 26.09 万 t,TN 172.36 万 t.由于养猪废水中有机物浓度普遍较高,同时还含有部分未被消化的残留饲料,其 N、P 两种元素的浓度很高.养殖废水不仅富含大量有机物和 N、P 微量元素,同时还混有较多的生物素等,这些成分虽然在农林业生产上常用作土壤改良剂、肥料等,在污染物浓度较低时,还是鱼类生长的饵料.但是,如果污染物浓度超过了自然环境的净化还原能力和循环利用能力时,就会给环境带来持续的,甚至不可逆的破坏.工程的技术虽然能集中有效的控制养殖业废物问题,但限于投资等方面的压力,推广存在一定难度[3-4].然而,人工湿地能有效的弥补工程技术方法的不足,实现废物达标排放,逐渐受到关注[5-9].

研究旨在通过模拟试验研究,探讨三种常见植物对养殖废水中总磷的去除效果,从而为人工湿地系统处理养殖废水提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

(1)供试植物的采集与驯化.供试植物:芦苇(*Phragmites australis*)、蕹菜(*Ipomoea aquatica Forsk*)和凤眼莲(*Eichhornia crassipes*).

某村鱼塘;某村排水沟;某村农户猪场排水沟;某学院养殖场排水池.

在上述小池塘中分别采集芦苇、凤眼莲和蕹菜三种植物样品,同时在上述沟、渠、鱼塘中采集适量水样(5.0 L/处).将从野外采集的芦苇、凤眼莲和蕹菜依次用低、中、高浓度猪场废水进行培养,做适应性培养驯化,待候选植物生长状况稳定后,再进行不同浓度的猪场废水水培试验,同时,对试验植物的耐污能力做全面考察和评价(主要考察植物的耐污能力).

培养条件:pH 值 7 左右(用氢氧化钾溶液调节),温度 23~28 ℃,光照为 3 000~5 000 Lx.

通过 15 d 的驯化观察,3 种供试植物在各种浓度猪场废水种均能正常生长繁殖.

(2)养殖废水样品的采集分析与人为模拟.从某学院养殖场排水池中采集一些水样,分析其氨氮、总磷及有机物的含量.

收稿日期:2015-03-04

基金项目:衡阳市科学技术局科技计划项目(编号:2009ks24);湖南环境生物职业技术学院院长青年基金项目(编号:Z2013-2)

作者简介:刘作云(1982-),男,湖南长沙人,硕士,讲师,研究方向:环境监测教学与研究.

通过分析,研究养殖废水的污染浓度范围见表 1.

表 1 养殖废水污染物浓度表

Tab.1 Pollutants Concentration of Aquaculture wastewater

污染物名称	浓度范围
COD_{cr}	500~1 800 mg/L
NH_3—N	80~200 mg/L
TN	100~250 mg/L
TP	25~80 mg/L
pH	6.5—7.5

注:清粪方式为水冲粪.

结合养殖废水成分分析结果,人工配置试验用水.配制方案为:从某学院养殖场采集养殖废水原液,先沉淀处理,再使其充分厌氧发酵,然后用蒸馏水按照表 2 设计化学需氧量(COD_{cr})浓度配制五组不同的实验废水,在此基础上,用氯化铵调节氨氮浓度,用磷酸二氢钾调节总磷浓度.

试验废水的浓度以氨氮(NH_3—N)、总磷(TP)和化学需氧量(COD_{cr})为主要参考指标,本实验拟从高到低设五组.

表 2 模拟实验废水浓度表

Tab.2 Pollutants Concentration of Model Experiments

组别	NH_3—N(mg/L)	TP(mg/L)	COD_{cr}(mg/L)
第一组	250	100	2 000
第二组	200	80	1 500
第三组	150	60	1 000
第四组	100	40	800
第五组	50	20	500

1.2 试验设计

选取已经驯养后的植物 20 株(植物组合时各 10 株),移入长×宽×高为 50 cm×50 cm×50 cm 的砖混水池(其内装有供试用农田退水),使用泡沫作为载体固定.水池水量维持在其体积的 80%,试验期间用蒸馏水来补充蒸发和取样所耗的水分,以保持容器中的水位,实验重复三次.

将候选植物(芦苇、凤眼莲、蕹菜、“芦苇-凤眼莲”植物组合、“芦苇-蕹菜”植物组合)分别放置在水池中培养.在培养 0 d(2 h)、2、5、10、15 d 后,采用注射器抽取水样,分别测定水样中总磷(TP,过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法)的浓度.以培养时间(d)为横坐标,水样中总磷(TP)的浓度(mg/L)为纵坐标作曲线图.

试验过程中按照模拟养殖废水浓度分别设置对照组,对照组试验条件与实验组相同,区别在于不种植植物,观察其在试验条件下总磷(TP)的自我净化规律.

2 结果与分析

2.1 芦苇对养殖废水中总磷的处理效果

芦苇对养殖废水中总磷的去除试验结果见图 1.结果表明:试验 15 d 后,芦苇对五组养殖废水中的总磷均有一定的净化效果,一到五组模拟养殖废水的总磷含量分别下降至 42 mg/L、25 mg/L、14 mg/L、13 mg/L 和 8 mg/L,净化效率分别为 58%、68.75%、76.67%、67.5%和 60%.与《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596—2001)对照,效果仍然不够理想,仅有第五组达到最高允许日均排放浓度不超过 8 mg/L 的要求.芦苇对总磷的净化效率在试验前期(前 2~5 d)较快,而后逐步减缓.原因可能是芦苇培植前期生长较为旺盛,逐步适应趋于稳定.

观察期内对照组中总磷含量虽然均有降低趋势,但下降速率与实验组相比明显较差,15 d 后,各对照组的总磷含量分别下降至 63 mg/L、46 mg/L、37 mg/L、15 mg/L和 8 mg/L,净化效率分别为 37%、42.5%、38.33%、62.5%和 60%,净化效果明显不及处理组.

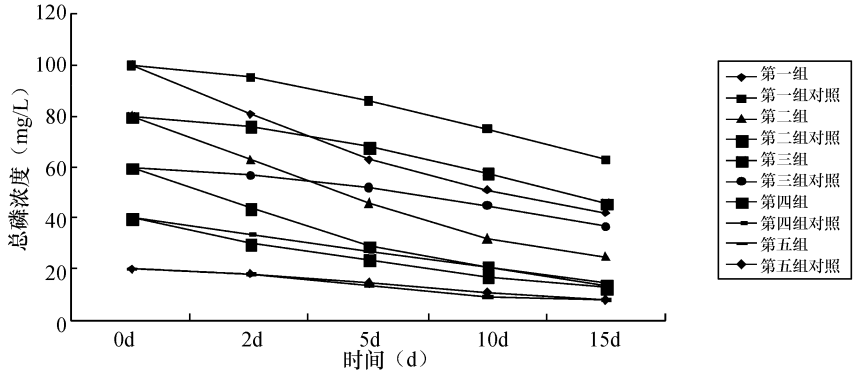

图 1 芦苇对养殖废水中总磷去除效果结果

Fig.1 Results of Applying Reeds to removing the total phosphorus in Aquaculture wastewater

2.2　蕹菜对养殖废水中总磷的处理效果

蕹菜对养殖废水中总磷的去除试验结果见图 2.结果表明:试验 15 d 后,蕹菜对五组养殖废水中的总磷均有一定的净化效果,一到五组模拟养殖废水的总磷含量分别下降至 33 mg/L、16 mg/L、9 mg/L、8 mg/L 和 6 mg/L,净化效率分别为 67%、84%、85%、80%和 70%.与《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596—2001)对照,效果较芦苇明显,五组废水中,第四组、第五组能达到最高允许日均排放浓度不超过 8 mg/L 的要求.净化速率方面,蕹菜比芦苇要好.

蕹菜对养殖废水总磷的净化作用较芦苇明显的原因可能是蕹菜根系以及生长趋势较芦苇发达,有利于吸收养殖废水中总磷.

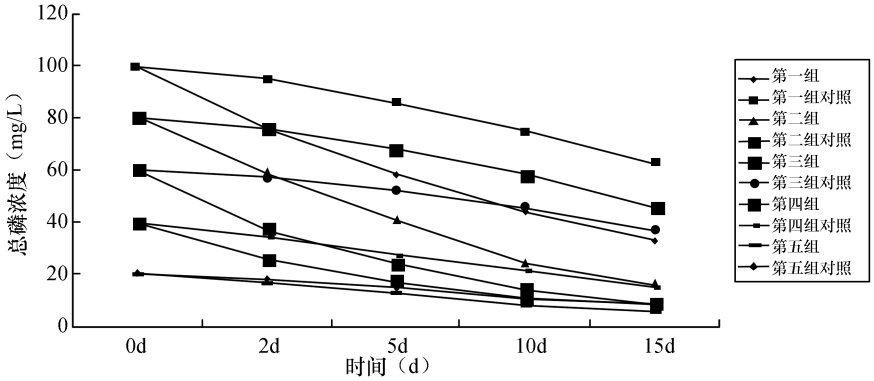

图 2　蕹菜对养殖废水中总磷去除效果结果

Fig.2　Results of Applying Water Spinach to removing the total phosphorus in Aquaculture wastewater

2.3　凤眼莲对养殖废水中总磷的处理效果

凤眼莲对养殖废水中总磷的去除试验结果见图 3.结果表明:试验 15 d 后,凤眼莲对五组养殖废水中的总磷均有一定的净化效果,一到五组模拟养殖废水的总磷含量分别下降至 21 mg/L、11 mg/L、7 mg/L、6 mg/L和 5 mg/L,净化效率分别为 79%、86.25%、88.33%、85%和 75%.与《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596—2001)对照,五组废水中,后三组总磷达到最高允许日均排放浓度不超过 8 mg/L 的要求.净化速率方面,凤眼莲比芦苇、蕹菜要好.

凤眼莲对养殖废水总磷净化作用较芦苇、蕹菜明显的原因可能是凤眼莲对养殖废水的适应性、根系以及生长繁殖能力均较芦苇、蕹菜强,同时发达的根系为微生物提供了生长、繁殖的场所,有利于增强其净化效率.

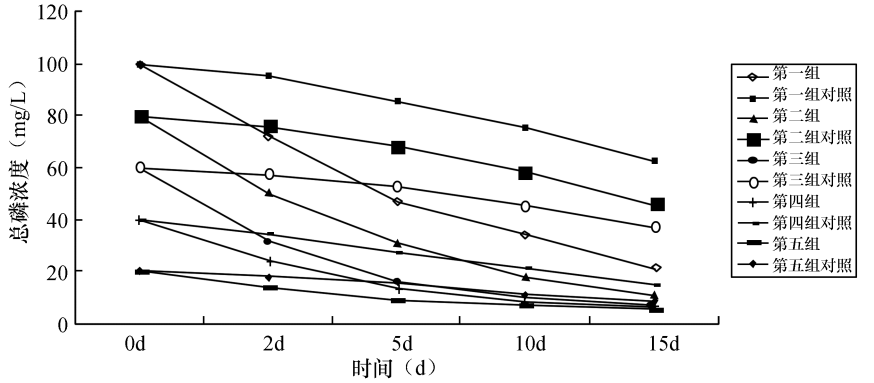

图 3　凤眼莲对养殖废水中总磷去除效果结果

Fig.3　Results of Applying Water Hyacinth to removing the total phosphorus in Aquaculture wastewater

2.4 “芦苇-蕹菜”植物组合对养殖废水中总磷的处理效果

“芦苇-蕹菜”植物组合对养殖废水中总磷的去除试验结果见图 4.结果表明:试验 15 d 后,“芦苇-蕹菜”植物组合对五组养殖废水中的总磷均有一定的净化效果,一到五组模拟养殖废水的总磷含量分别下降至 15 mg/L、9 mg/L、7 mg/L、5 mg/L 和 5 mg/L,净化效率分别为 85%、88.75%、88.33%、87.5%和 75%.与《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596—2001)对照,五组废水中,总磷有三组达到最高允许日均排放浓度不超过 8 mg/L 的要求.净化速率方面,也较单一植物要好.

导致“芦苇-蕹菜”植物组合净化效果较单一的芦苇或蕹菜要好的原因可能是植物组合弥补了芦苇对养殖废水适应性方面的不足,同时蕹菜具有较多的匍匐根,既能长在土壤中,又能浮于水上,解决了污水垂直方向的净化问题.

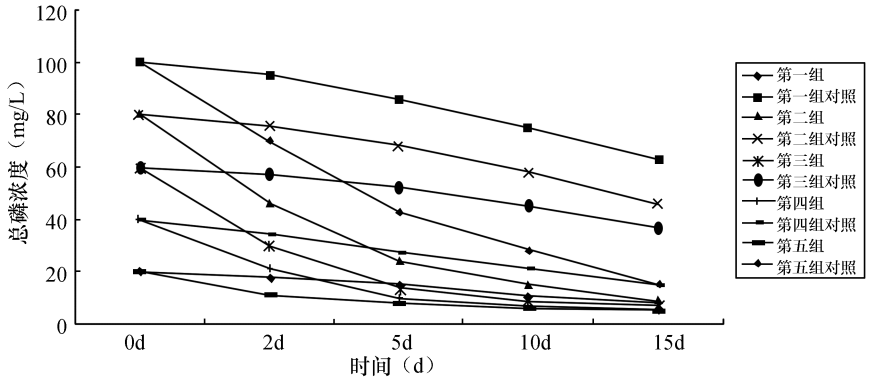

图 4 芦苇-蕹菜组合对养殖废水中总磷去除效果结果

Fig.4 Results of Combining Reeds with Water Spinach to remove the total phosphorus in Aquaculture wastewater

2.5 “芦苇-凤眼莲”植物组合对养殖废水中总磷的处理效果

“芦苇-凤眼莲”植物组合对养殖废水中总磷的去除试验结果见图 5.结果表明:试验 15 d 后,“芦苇-凤眼莲”植物组合对五组养殖废水中的总磷均有一定的净化效果,一到五组模拟养殖废水的总磷含量分别下降至 13 mg/L、7 mg/L、6 mg/L、5 mg/L 和 4 mg/L,净化效率分别为 87%、91.25%、90%、87.5%和 80%.与《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596—2001)对照,五组废水中,除第一组不达标外,其余均能满足最高允许日均排放浓度不超过 8 mg/L 的要求.净化速率方面,也比单一植物和“芦苇-蕹菜”植物组合理想.

导致“芦苇-凤眼莲”植物组合净化效果较单一的芦苇或凤眼莲要好的原因可能是植物组合弥补了芦苇对养殖废水适应性方面的不足,同时凤眼莲浮于水面上,解决了污水垂直方向的净化问题.同时凤眼莲的生长较蕹菜要快,故其净化效果比“芦苇-蕹菜”植物组合要好.

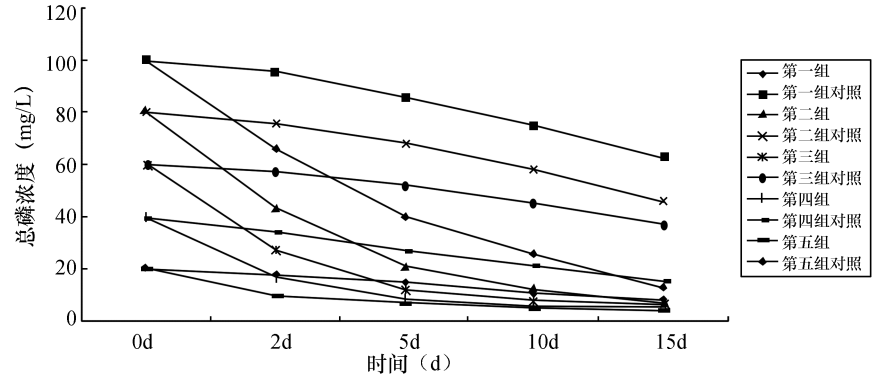

图 5 芦苇-凤眼莲组合对养殖废水中总磷去除效果结果

Fig.5 Results of Combining Reeds with Water Hyacinth to remove the total phosphorus in Aquaculture wastewater

3　结论与讨论

3.1　结论

研究通过三种供试植物(芦苇、蕹菜和凤眼莲)对养殖废水中总磷的去除效果的实验研究,得出如下结论:

(1)通过 15 d 的水培试验,三种植物及植物组合对养殖废水中总磷的去除效率在 58%~91.25%之间,而对照组为 37%~62.5%,植物能加速总磷的净化.

(2)从单一植物的处理能力分析,呈现凤眼莲>蕹菜>芦苇的趋势;植物组合方面,"芦苇-凤眼莲"组合>"芦苇-蕹菜"植物组合,且植物组合的去除效率明显优于单一植物.由于植物吸收污废水中污染物质主要是靠其生长作用,通过根系等吸收,而凤眼莲的生长繁育较其他两种植物旺盛,根系也较发达,故其去除效果较为理想.植物组合的处理效果较单一植物理想的原因可能是植物组合弥补了植物根系在污废水分层不够均匀的不足,从而使根系吸收更加方便.

(3)构建人工湿地养殖废水处理系统时,应组建有一定层次的植物体系,有利于加快污染物质的净化.

(4)供试植物对高浓度养殖废水的处理能力有限,单单靠植物的作用不能实现达标.

3.2　讨论

研究尚处于植物或植物组合对养殖废水中总磷净化效果的试验研究阶段,人工湿地系统中植物仅仅是一部分,还应考虑填料、微生物、水力学参数等因素.此外,实验设计的条件均处于有利于物理、化学和生物反应的状态,而实际生活中,影响处理效果的环境条件较多.因此,日后还应加强以下方面的研究.

(1)构建人工湿地模型,加强填料、微生物等方面的研究,筛选适宜的人工湿地填料,研究合适的养殖废水人工湿地处理系统水流形式.

(2)探讨养殖废水人工湿地处理系统水力学参数(污染负荷、水力停留时间等).

参考文献:

[1] 王俊能,许振成,吴根义,等.畜禽养殖业产排污系数核算体系构建[J].中国环境监测,2013,29(2):143-147.
WANG Jun-neng, XU Zhen-cheng, WU Gen-yi, et al. Construction of Pollutants Producing and Discharging Coefficient Accounting System for Livestock and Poultry Breeding Industry[J]. Environmental Monitoring in China, 2013, 29(2): 143-147.

[2] 董红敏,朱志平,黄宏坤,等.畜禽养殖业产污系数和排污系数计算方法[J].农业工程学报,2011,27(1):303-308.
DONG Hong-min, ZHU Zhi-ping, HUANG Hong-kun, et al. Pollutant generation coefficient and discharge coefficient in animal production[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(1): 303-308.

[3] 王建家,窦丽花,王　洪.电解法制备高铁酸钾及其对猪场养殖废水的净化[J].湖北农业科学,2015,54(20):4 999-5 003.
WANG Jian-jia, DOU Li-hua, WANG Hong. Preparation of Potassium Ferrate (Ⅵ) by Electrolytic Process and Research on Purification of Effluent from Pig Farming Industry[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2015, 54(20): 4 999-5 003.

[4] 李红娜,冷　剑,史志伟,等.低强度超声波强化 A2/O 工艺处理猪场养殖废水[J].环境科学与技术,2015,38(9):157-161.
LI Hong-na, LENG Jian, SHI Zhi-wei, et al. Low-intensity Ultrasonic Enhanced Biological A2/O Process in Treatment of Swine Wastewater[J]. Environmental Science & Technology, 2015, 38(9): 157-161.

[5] 蒙宽宏,刘延滨,张　玲,等.芦苇与香蒲对水中总磷总氮净化能力研究[J].环境科学与管理,2014,39(11):38-40.
MENG Kuan-hong, LIU Yan-bin, ZHANG Ling, et al. Study on Purification of Total Phosphorus and Total Nitrogen in Water of Reeds and Cattails[J]. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND MANAGEMENT, 2014, 39(11): 38-40.

[6] 程　燕,龙　峥,姜无边,等.凤眼莲对猪场废水的净化作用[J].养猪,2014(4):86-87.
CHENG Yan, LONG Zheng, JIANG Wu-bian, et al. The Purification of Water Hyacinth on Piggery Wastewater[J]. SWINE PRODUCTION, 2014(4): 86-87.

[7] 林启存,冯晓宇,黄　卫,等.水蕹菜浮床在富营养化水体中的应用研究进展[J].安徽农业科学,2014,42(29):10 111-10 113.
LIN Qi-cun, FENG Xiao-yu, HUANG Wei, et al. Research Progress on Application of Ipomoea aquatica Floating Bed in Eutrophication Water[J]. Journal of Anhui Agri. Sci, 2014, 42(29): 10 111-10 113.

[8] 刘永士,施永海,张根玉,等.人工湿地净化高盐度养殖废水的效果[J].广东海洋大学学报,2014,34(3):70-75.
LIU Yong-shi, SHI Yong-hai, ZHANG Gen-yu, et al.

Purifying Effects of Constructed Wetlands on High-salinity Aquaculture Wastewater[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2014, 34(3): 70-75.

[9] 汪宴廷,赵晶晶,颜 姗,等.三种浮萍对养殖废水中氮、磷的净化效果研究[J].四川畜牧兽医,2014(12):24-25,27.

WANG Yan-ting, ZHAO Jing-jing, YAN Shan, et al. Study the Purification Effect of Three Kinds of Duckweed on Nitrogen and Phosphorus of Wastewater from Breed Farm[J]. SICHUAN ANIMAL & VETERINARY SCIENCES, 2014(12): 24-25, 27.

Effect of Plants on the Removal of TP in Livestock Breeding Wastewater

LIU Zuo-yun, PENG Yi-lan, FU Mei-yun

(Hunan Polytechnic of Environment and Biology, Hengyang 421005)

Abstract: In order to get a clear understarding of the ability of three common plants, namely, *Phragmites australis*, *Eichhornia crassipes and Ipomoea aquatica Forsk* to remove TP from livestock wastewater, a stimulated experiment has been done to make a systematic study on their removal of livestock breeding wastewater. These three experimental plants had great removal ability to TP in livestock breeding wastewater. The ability was arranged as follow: *combination of Phragmites australis and Eichhornia crassipes* > *combination of Phragmites australis and Ipomoea aquatica Forsk* > *Eichhornia crassipes* > *Ipomoea aquatica Forsk* > *Phragmites australis*. After 15 days of this experiment process, the removal rate of TP ranged from 58% to 91.25%, while the removal rate in control blank was between 37% and 62.5%, which showed that these three experimental plants have great ability of removing TP in livestock breeding wastewater. 5figs., 3tabs., 9refs.

Keywords: TP, plants; livestock breeding wastewater, removal effect

Biography: LIU Zuo-yun, male, born in 1982, lecturer, research direction in environmental monitoring.