

陈重军,王建芳,凌士平,等. 农田面源污染生态沟渠生态净化效能评估[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):472-474.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.147

农田面源污染生态沟渠生态净化效能评估

陈重军¹, 王建芳¹, 凌士平², 张新华², 史林娟²

(1. 苏州科技学院环境科学与工程学院,江苏苏州 215009; 2. 江苏省昆山市千灯镇农业服务中心,江苏苏州 215341)

摘要:在长三角地区某水稻种植密集区,建设农田面源污染沟渠塘生态净化工程,并根据水流方向对各区域生态沟渠的作用和污染物去除效果进行评价。结果表明,生态沟渠对农田径流中氮、磷具有显著的去除作用,最高去除率分别可达 74.13%、68.63%。但各周期污染物去除作用波动较大,需要从维持植物高生物量、植物残体清理和沟渠水位恒定等方面继续改进,同时为保证工程的长效运行,应建立“区-镇-村”于一体的梯度式运行管理机制。

关键词:农田面源污染;生态沟渠;净化;效能评估

中图分类号: X171.5;X71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0472-03

农业面源污染已成为我国首要污染源,农业面源中化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)污染负荷分别占水体污染负荷的 43.7%、57.2% 和 67.4%,其中农田的污染贡献不容忽视^[1]。有研究表明,生态沟渠具有良好的氮磷净化功能和较好的景观效应^[2],其动态氮、磷去除率达 35.7%、41.0%,静态氮、磷去除率达 58.2%、84.8%,成为农田面源污染治理的有效途径^[3]。但目前针对农田面源污染的控制大多还在实验室或试验田小范围研究阶段,虽然部分地区已经建成区域性大规模农田面源污染生态沟渠净化示范工程,但也严重缺乏对污染控制的绩效评价及长效维护机制,限制了农田面源污染控制工程的效能发挥。本研究对区域性农田面源污染控制示范工程的长期效能进行评估,并提出相应的长效管理机制和方案,为我国农田面源污染减控技术的研发和应用提供了一定的基础。

1 试验方案与采样设计

1.1 工程建设

农田面源污染沟渠塘生态净化工程建设地点位于江苏省苏州市某地,建设面积约 20 hm²,农田径流按照区域划分,在不同的区域设置不同的尾水处理设施(图 1)。整个工程分为 3 块区域,分别为区域 1、区域 2、区域 3,各自不同的农田径流入不同生态湿地进行处理,分别为 1 号、2 号、3 号人工湿地系统。农田径流主要处理流程为:各区域有不同的源水(其中区域 1 和区域 2 源水一致)进入农田,种植过程中化肥流失进入农田径流,农田径流统一收集到生态沟渠,生态沟渠中种植香蒲、菖蒲、芦苇、金鱼藻等挺水植物和浅水植物,并控制径流流速和流向,最后从生态沟渠流出的农田径流进入尾水生

态湿地深度处理,在生态湿地内部和四周种植芦苇、菖蒲、美人蕉等湿地植物,实现氮磷的进一步吸收和转化,最终处理出水排入周边流域。

1.2 采样设计

对农田面源污染沟渠塘生态净化工程的效能评估工作,分别于 2013 年 7 月 18 日、8 月 27 日、10 月 31 日、12 月 4 日进行 4 次采样,采样点布置见图 1。共设 13 个采样点,各采样点位置和涵义说明见表 1。

表 1 采样点位置与涵义

编号	区域	采样点位置	采样点描述
点 1	1、2	区域 1、区域 2 进水	源水
点 2	1、2	区域 1 田面水	污染的水
点 3	1、2	区域 1 沟渠水	经处理的水
点 4	1、2	1 号湿地	经深度处理的水
点 5	1、2	区域 2 田面水	污染的水
点 6	1、2	区域 2 沟渠水	经处理的水
点 7	1、2	2 号湿地	经深度处理的水
点 8	3	区域 3 进水	源水
点 9	3	区域 3 田面水	污染的水
点 10	3	区域 3 沟渠水(1)	经处理的水
点 11	3	区域 3 沟渠水(2)	经处理的水
点 12	3	3 号湿地	经深度处理的水
点 13	3	3 号湿地排水口	最终排水

1.3 测定方法

COD 浓度:重铬酸钾消解法测定(本研究测定的均为 COD_{Cr});铵态氮(NH₄⁺-N)浓度:纳氏试剂光度法测定;亚硝态氮(NO₂⁻-N)浓度:N-(1-萘基)-乙二胺光度法测定;硝态氮(NO₃⁻-N)浓度:紫外分光光度法测定;TN 浓度:过硫酸氧化-紫外分光光度法测定;TP 浓度:过硫酸钾消解法测定^[4]。

2 工程效能评价

由图 2 至图 5 可以看出,4 次监测结果各采样点水质的波动较大,推测水稻的生长期、肥料施用期、径流量的大小与季节、气温等息息相关。但是,总体来说,生态沟渠的建设对农田径流污染物的削减具有明显的作用。

收稿日期:2014-11-13

基金项目:江苏省苏州市科技计划(编号:SYN201320、SYN201411);

江苏省昆山市生态农业技术科技专项(编号:331311201);江苏省苏州市相城区科技计划(编号:201338)。

作者简介:陈重军(1984—),男,浙江义乌人,博士,讲师,主要从事农业面源污染控制与治理研究。E-mail:chongjunchen@163.com。

通信作者:王建芳,博士,副教授,主要从事废水生物处理研究。E-mail:wjf302@163.com。

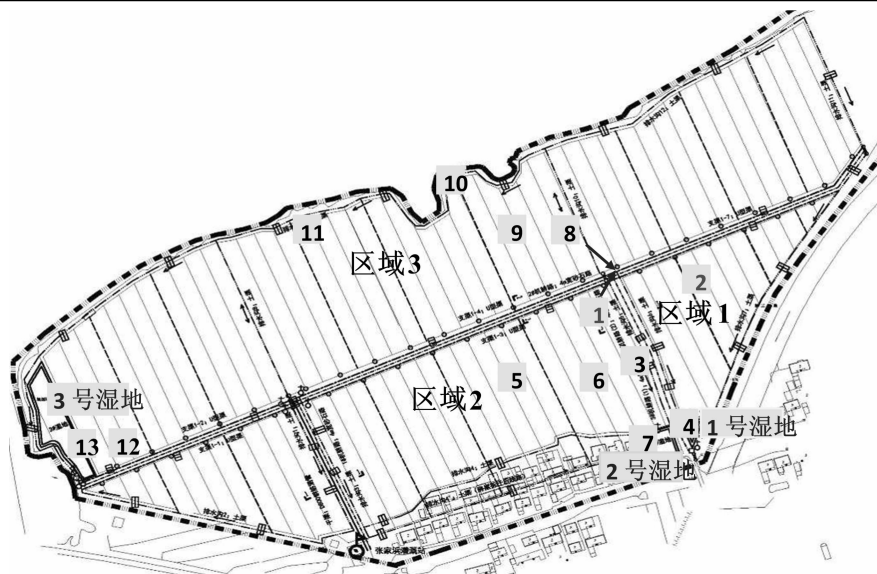


图1 采样点布置

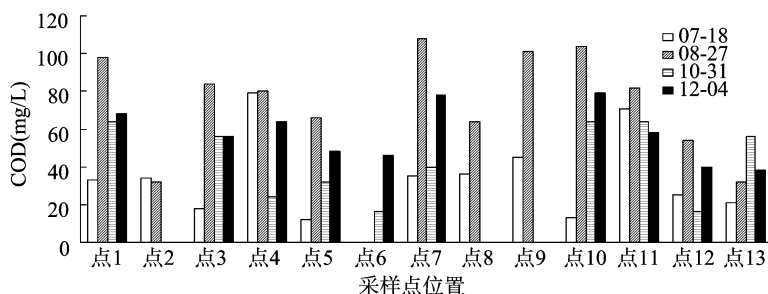


图2 各采样点 COD 的变化情况

以区域 1 为例,进水 pH 值 7.21 ~ 7.97, COD 33 ~ 98 mg/L、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度 1.12 ~ 1.90 mg/L、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度 0.10 ~ 0.14 mg/L、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度 0.24 ~ 1.10 mg/L、TN 浓度 2.37 ~ 4.38 mg/L、TP 浓度 0.41 ~ 3.04 mg/L;进水水质劣于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》规定的 V 类水标准,特别是 TN 浓度、TP 浓度、COD 浓度较高。经灌溉农田后,田间表面径流污染物浓度较高,pH 值为 7.23 ~ 8.54, COD 32 ~ 34 mg/L、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度 1.57 ~ 1.83 mg/L、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度 0.01 mg/L、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度 0.84 ~ 1.20 mg/L、TN 浓度 3.50 ~ 10.90 mg/L、TP 浓度 0.50 ~ 4.08 mg/L。随着氮、磷的施用,径流中氮、磷浓度显著提高,特别是 TN 的浓度远高于进水,但 COD 并未升高,反而有所下降,因化肥成分主要以氮、磷为主,并未对径流有机物有所影响,且土壤微生物对有机物有降解作用,造成有机物含量降低。从农田田面径流排入到生态沟渠中,沟渠水 pH 值 7.45 ~ 8.08, COD 18 ~ 84 mg/L、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度 1.00 ~ 2.10 mg/L、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度 0.02 ~ 0.08 mg/L、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度 0.05 ~ 1.27 mg/L、TN 浓度 1.61 ~ 3.36 mg/L、TP 浓度 0.48 ~ 1.28 mg/L。与田面径流水质进行比较,经过生态沟渠中植物吸收和微生物代谢作用,氮、磷浓度显著降低,氮、磷最高去除率可达 74.13%、68.63%。最后,生态塘的水质为 pH 值 6.98 ~ 7.94, COD 浓度 24 ~ 80 mg/L、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度 0.20 ~ 2.34 mg/L、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度 0.01 ~ 0.34 mg/L、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度 0.02 ~ 1.82 mg/L、TN 浓度 1.58 ~ 5.01 mg/L、TP 浓度 0.28 ~ 4.81 mg/L。氮素在生态沟渠中的转化与去除作

用较为复杂,主要包括微生物脱氮作用、沉积和渗透作用、植物吸收作用等。而通过脱氮微生物的氨化-硝化/反硝化作用是生态沟渠去除 N 的主要途径^[5]。同时,植物根系致密的环境和泌氧效应,以及光合作用产生氧气作用,造成生态沟渠存在明显交替的好氧区和厌氧区,极大地促进了生态沟渠对氮素的转化和去除。植物吸收是生态沟渠磷去除的重要途径,因此植物生物量的大小和生命活性将直接决定生态沟渠磷的去除效能^[6]。然而,从生态沟渠进入到最终的植物塘,水质并未有所改善,反而使氮、磷浓度有所回升,造成该结果可能是因为植物塘内植物较少,且多有腐烂植物存在,导致污染物没有得到有效降解。但是,总体来说,经过生态沟渠的作用,农田径流氮、磷含量大幅度降低,对农业面源污染的减排及周边水体质量改善具有明显作用。

区域 2、区域 3 和区域 1 对污染物的去除作用基本一致,本研究不再赘述。生态沟渠是农业面源污染减控的重要途径,对污染物特别是氮磷的削减具有显著作用。

3 经济效益与推广应用前景分析

本项目实施后,按照水稻每 667 m^2 耗水 1 500 m^3 计算,开展生态沟渠工程从农田径流中减少污染物排放氮 0.43 t、磷 0.21 t,可有效减少对周边环境的危害,同时具有显著的环境效益和经济效益。根据自 2008 年 1 月 1 日起施行的《江苏省环境资源区域补偿办法(试行)》(苏政发[2007]149 号),环境资源区域补偿因子及补偿标准暂定为 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 10 万元/t、

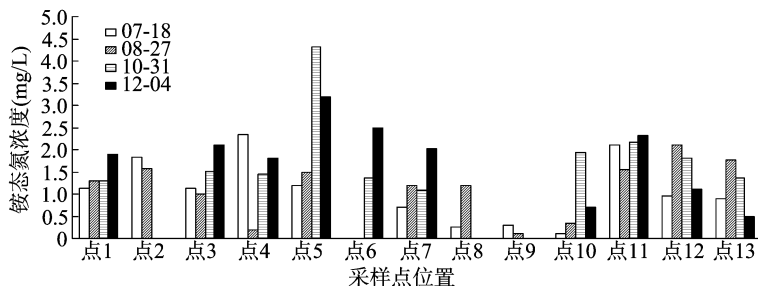
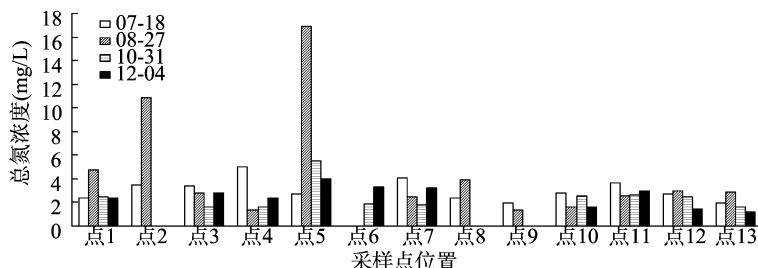
图3 各采样点 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度的变化情况

图4 各采样点 TN 浓度的变化情况

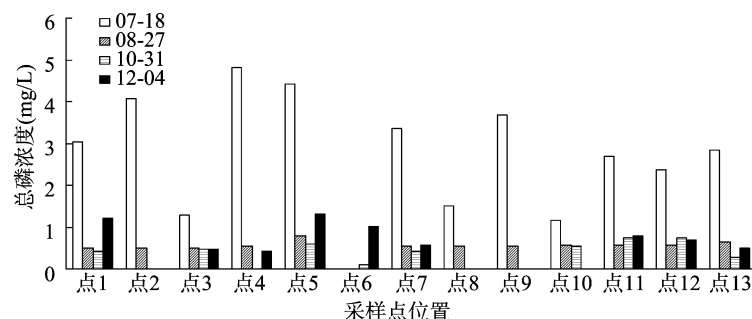


图5 各采样点 TP 浓度的变化情况

TP 10 万元/t,如按照补偿办法交纳补偿金,约合 6.4 万元。该方法管理方便,运行费用省,对污染物去除效率高,成为农业面源污染去除的重要途径。

4 生态沟渠长效运行的建议

工程运行效果表明,农田生态沟渠生态净化工程可以有效拦截农田地表径流中氮、磷等营养物质,减轻周边水体富营养化程度。但该类工程的建设使用尚处于探索阶段,其长效管理机制还不健全,须要从以下几个方面深化:(1)生态湿地植物过少,生物量低,造成水质不稳定,特别是冬季温度较低,造成湿地植物死亡,同时微生物活性减弱,导致水质恶化。建议加大生态沟渠植物密度,特别是种植一些冬季也能生长的植物,如黑麦草^[7]、水芹^[8]等,保证冬季去除效果。(2)沟渠内死亡植物未及时收割,腐烂后造成出水水质恶化。应适时对植物地上部进行收割,可以有效地从水体中移除氮、磷,并促进植物再生,以维持生态沟渠对水体的持续净化作用,避免植物枯落物对水体产生二次污染^[9]。(3)生态沟渠枯水期的保水效果较差,导致沟渠干涸、植物死亡。建议在各沟渠内设置可控制水位的闸阀,保证基本水位在 10 cm 左右,保障沟渠植物生长。(4)生态沟渠长效管理体制不完善,须要建立“区-镇-村”于一体的管理体制,建立生态沟渠维护专项资

金,确保生态沟渠长效稳定运行。

参考文献:

- [1]第一次全国污染源普查公报[Z]. 中华人民共和国环境保护部,国家统计局,农业部,2010.
- [2]王忠敏,梅 凯. 氮磷生态拦截技术在治理太湖流域农业面源污染中的应用[J]. 江苏农业科学,2012,40(8):336-339.
- [3]王 岩,王建国,李 伟,等. 生态沟渠对农田排水中氮磷的去除机理初探[J]. 生态与农村环境学报,2010,26(6):586-590.
- [4]国家环境保护总局水与废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [5]陈海生,王光华,宋仿根,等. 生态沟渠对农业面源污染物的截留效应研究[J]. 江西农业学报,2010,22(7):121-124.
- [6]陆宏鑫,吕伟娅,严成银. 生态沟渠植物对农田排水中氮磷的截留和去除效应[J]. 江苏农业学报,2013,29(4):791-795.
- [7]沈 燕,金斌斌. 废水胁迫条件下生态沟渠盘培多花黑麦草的生长适应性[J]. 河海大学学报:自然科学版,2011,39(6):646-650.
- [8]陈海生. 农田沟渠湿地耐寒植物水芹 (*Oenanthe javanica*) 降污研究[J]. 安徽农学通报,2012,18(11):117-118.
- [9]余红兵,杨知建,肖润林,等. 水生植物的氮磷吸收能力及收割管理研究[J]. 草业学报,2013,22(1):294-299.