

我国农田径流污染及其控制技术现状

张兆鑫^{1,2,3,4,5*}, 卢楠^{1,2,3,4,5}

¹陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地整治重点实验室, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

⁵陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

收稿日期: 2022年9月30日; 录用日期: 2022年10月28日; 发布日期: 2022年11月7日

摘要

农业面源污染已成为我国水污染的主要来源, 农田径流是农业面源污染的末端环节, 也是农业面源污染负荷的主要来源。本文通过系统梳理我国农田径流污染现状及典型农田径流污染控制技术的实践经验, 为我国农田径流污染的产业化发展提供借鉴。进一步加强对农田径流污染的重视, 建立农田径流污染控制及水资源回收利用新技术, 是新时代表现代农业可持续发展和高标准农田建设的关键要素。

关键词

农业面源污染, 控制技术, 生态沟渠, 高标准农田

The Status of Farmland Runoff Pollution and Control Technology in China

Zhaoxin Zhang^{1,2,3,4,5*}, Nan Lu^{1,2,3,4,5}

¹Shaanxi Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Key Laboratory of Land Consolidation, Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

⁵Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

Received: Sep. 30th, 2022; accepted: Oct. 28th, 2022; published: Nov. 7th, 2022

*通讯作者。

Abstract

Agricultural non-source pollution has become the main source of water pollution in China, and farmland runoff is the end link of agricultural non-source source pollution and pollution load. In this paper, the current situations of agricultural runoff pollution and the practical experiences of typical agricultural runoff pollution control technologies are systematically sorted out to provide reference for the industrialized development of agricultural runoff pollution in China. Further strengthening the attention to farmland runoff pollution and establishing new technologies for farmland runoff pollution control and water recycling are the key elements for sustainable development of modern agriculture and construction of high-standard farmland in the new era.

Keywords

Agricultural Non-Source Source Pollution, Control Technology, Ecological Ditch, High-Standard Farmland

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着农业的快速发展和工业废水、城市生活污水等点源污染的有效控制, 农业面源污染日益突出, 许多地区的水质恶化。目前中国农业生产集约化水平日益提升, 中国农村新型城市化迅速普及, 但化学农药和肥料的过量利用, 导致中国农业面源环境污染问题也日益突出[1]。农业面源污染具有无序排放, 污染量大且浓度低的特征, 研究发现农业面源对中国东部湖泊氮、磷负荷的贡献率超过 60%, 近 50% 的地下水被农业氮、磷污染[2]。农作物生产加工、种植栽培从不会停止化肥的使用, 很多农药残留物等通过径流、降水和冲刷等汇集到河流里, 造成面源污染严重。由于扩散性, 农田径流污染难以测量和控制, 探索具备可行性和推广行的农田径流污染控制技术是目前农业发展的重中之重。本文通过对农田面源污染现状及近年来常见的农田径流污染控制技术实践和经验梳理, 为我国农业面源污染控制工程的发展提供借鉴。

2. 农田径流污染现状

我国粮食产量占全世界粮食产量的 16%, 化肥用量达到全世界化肥用量的 31%, 每公顷农田化肥用量是世界平均用量的 4 倍, 过量的化肥很快被水冲到地表或地下水体, 影响土壤的营养平衡。农业面源污染已成为我国水污染的主要来源, 对中国水质和水生态系统构成了严重威胁。农田径流污染是指在雨水的冲刷作用下, 大气沉降物及农田里各种污染物质随径流进入水体环境造成的污染, 是农业面源污染的主要来源。农田径流会把农业生产后残留的化肥农药带入河道, 其中氮、磷等营养物质以及其它有机或无机污染物会直接影响河道水质, 导致面源污染并引起水体富营养化等一系列污染灾害。

近年来, 国内学者针对农田径流污染展开了大量研究, 氮、磷作为植物生长的必需养分, 在农业生产中被广泛应用, 未被植物吸收的氮、磷随降雨径流进入地表水和地下水。根据中国 2020 年发布的《第二次全国污染源普查公报》显示农田径流产生的总氮排放量达 71.95 万 t, 总磷排放量达 7.6 万 t, 占农业

源总氮排放量的 51.2%、总磷排放量的 35.4%。研究表明,农田径流污染对水资源污染的贡献率接近 50%,更是河流氮的主要来源(占 70%) [3]。化肥流失造成资源的极大浪费,同时造成面源污染,严重污染了生态环境。在作物种植期间,少数几次大的流失事件往往决定了氮磷等养分的年流失总量,研究发现施肥后立即降雨会导致磷素大量流失,单次流失量达到当季总流失量的 39.8%,三次强降雨中磷的流失量占整季磷流失量的 72.0% [4]。在我国农田径流污染层面,主要存在着一些问题,如不同地区农田氮磷排放系数存在较大地域差异性、农田径流污染负荷的评估技术尚不完善、对于由强降雨引发的径流氮磷流失如何避免,开展这些问题的研究对农田面源污染防控具有重要意义。

3. 农田径流污染控制技术

在农田面源污染控制技术中,主要包括工程措施和管理措施两种:工程措施包括传统的工程措施和新兴的生态工程措施,前者包括建设沉砂池、渗滤池和集水设施等,后者包括人工湿地、植被缓冲带、生态沟渠等;管理措施包括农田管理制度、生态养殖技术和废物循环利用等。但工程措施往往意味着较大的费用投入,因此,在农田面源污染控制技术中,发展低成本、高效能的生态工程措施是热点。近年来,生态拦截技术在去除农田径流污染物方面发挥着重要作用,如植物缓冲带、人工湿地、生态沟渠等。沟渠是农业面源污染物的首要汇合点,是河流、湖泊等收纳水体的输入源。与传统沟渠相比,生态沟渠通过对传统排水沟渠进行改造,生态沟渠除满足农田排涝防滞要求外,又通过沟渠植物吸收、填料吸附和微生物降解等作用,对农田面源污染物进行拦截去除。而且,由于生态沟渠占地面积小、运行费用低,有学者认为这是一种新的拦截农田面源污染物的最佳管理实践。

世界各地的发达国家和发展中国家都有沟渠,许多研究人员已经证明生态沟渠在调节下游营养物质向水体的输送以及减轻污染物方面的重要性。相关研究表明,与无植被沟渠相比,植被沟渠可以达到更高的养分去除率。研究发现,与传统的混凝土沟渠相比,改造的生态沟渠显著降低了稻田径流的养分水平,生态沟渠对总有机碳(TOC)、总氮(TN)、总磷(TP)的平均去除率分别为 20.8%、37.0%和 44.4% [5]。通过设计一套生态沟渠系统以去除农田养分,结果表明该生态沟渠对 TN、TP 的平均去除率为 47.97%、49.79%,对农村环境的治理具有重要意义[6]。值得注意的是,生态沟渠作为转输设施,水力停留时间一般较短,氮磷去除效果不稳定;农田径流污染碳氮比较低,传统硝化反硝化脱氮效果受限。这都制约着生态沟渠对农田径流的处理效果,因此,亟需找寻对农田径流中污染物更加有效的去除工艺。

生物滞留系统是通过构建一个填料/土壤—植物—微生物的绿色系统,并以此为基础来达到对面源污染水体集蓄和净化效果的技术。生物滞留系统是适用于分散式水体处理与利用的代表性生态技术,在我国城市面源污染控制中应用较广泛。因此,可以考虑在生态沟渠末端设置生物滞留池,构建生态沟渠—生物滞留池组合系统。一方面,利用生态沟渠作为预处理设施,降低生物滞留池的污染负荷,改善基质堵塞现象;另一方面,通过在生物滞留池中设置淹没区并添加载体碳源强化氮磷去除。石磊等[7]使用生态沟渠—生物滞留组合系统处理农田径流,结果表明组合系统对污染物的去除效果越好。因此,将城市面源污染控制中常见的生物滞留系统应用于农田面源污染控制中,形成基于生态沟渠—生物滞留组合的农田面源污染控制系统,从农田径流污染源头进行净化,降低面源污染负荷。但是,在这种新型组合工艺的实际运行效果仍有待检验,需要进一步开展工程验证。

4. 结论

我国农田径流污染及控制技术目前依旧存在瓶颈,主要在于农田面源污染负荷测算和高效农田径流污染控制工艺研发方面。基于以上问题,进一步加强对农田径流污染的重视,通过对农田面源污染开展定量化研究,再结合多种工艺进行搭配,建立农田径流污染控制及水资源回收利用新技术,可为新时代农业发展下的农业面源污染控制提供科学依据和理论支撑,最终实现农业与环境协调发展的目标。

基金项目

陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2022-30); 陕西省企业创新争先青年人才托举计划项目(2021-1-2); 陕西地建土地工程技术研究院内部预研项目(2022-NBY-04)。

参考文献

- [1] 刘瑞霞, 王立阳, 孙菲, 李晓洁, 高红杰, 袁鹏. 以农业面源污染阻控为目标的河流生态缓冲带研究进展[J]. 环境工程学报, 2022, 16(1): 25-39.
- [2] 郭鸿鹏, 朱静雅, 杨印生. 农业非点源污染防治技术的研究现状及进展[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 290-295.
- [3] Hou, X., Zhou, F., Lei, A., et al. (2016) Spatial Patterns of Nitrogen Runoff from Chinese Paddy Fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **231**, 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.001>
- [4] 高超, 朱继业, 朱建国, 等. 不同土地利用方式下的地表径流磷输出及其季节性分布特征[J]. 环境科学学报, 2005, 22(11): 115-121.
- [5] Wang, T., Zhu, B. and Zhou, M. (2019) Ecological Ditch System for Nutrient Removal of Rural Domestic Sewage in the Hilly Area of the Central Sichuan Basin, China. *Journal of Hydrology*, **570**, 839-849. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.034>
- [6] Wang, J., Chen, G., Fu, Z., et al. (2020) Application Performance and Nutrient Stoichiometric Variation of Ecological Ditch Systems in Treating Non-Point Source Pollutants from Paddy Fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **299**, Article ID: 106989. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106989>
- [7] 石雷, 杨小丽, 吴青宇, 王亦铭, 徐佳莹. 生态沟渠-生物滞留池组合控制农村径流污染[J]. 环境科学, 43(6): 3160-3167.