

农业面源污染负荷分析方法研究进展

张兆鑫^{1,2,3,4,5}, 罗玉虎^{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: 2023年12月2日; 录用日期: 2024年1月2日; 发布日期: 2024年1月9日

摘要

农业增长依赖于生产要素的集约投入, 这种高产、低效、高投入的农业模式在水环境中造成了严重的面源污染问题, 其中农业面源污染威胁最大。本文通过系统性梳理国内外对于农业面源污染负荷分析的方法, 并重点阐述了我国农业面源污染负荷现场监测与模型模拟的发展方向, 为我国农业高质量发展和生态文明建设提供借鉴。通过构建基于大数据平台的农业面源污染在线监测系统, 开展对农业面源污染风险源的静态评估, 建立集现场监测与模型模拟为一体的农业面源污染负荷分析体系, 是实现国家“绿水青山就是金山银山”和“粮食安全”战略的关键手段, 是保障我国农业高质量发展的必需要素。

关键词

农业面源污染, 负荷, 现场监测, 模型模拟

Research Progress on Pollution Load Analysis Method of Agricultural Non-Point Source

Zhaoxin Zhang^{1,2,3,4,5}, Yuhu Luo^{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

文章引用: 张兆鑫, 罗玉虎. 农业面源污染负荷分析方法研究进展[J]. 环境保护前沿, 2024, 14(1): 8-11.

DOI: 10.12677/aep.2024.141002

Abstract

Agricultural growth depends on the intensive input of production factors. This high-yield, low-efficiency, and high-input agricultural model causes serious non-point source pollution in the water environment, among which agricultural non-point source pollution is the biggest threat. This paper systematically compares the domestic and foreign methods for the analysis of agricultural non-point source pollution load, and focuses on the development direction of China's agricultural non-point source pollution load on-site monitoring and model simulation, so as to provide references for the high-quality development of China's agriculture and the construction of ecological civilization. By constructing a real-time online monitoring system based on a big data platform for agricultural non-point source pollution, the static assessment of agricultural non-point source pollution risk sources is carried out, and the establishment of an agricultural non-point source pollution load analysis system integrating on-site monitoring and model simulation is a key means to realize the national strategy of "clear water and green mountains are gold hills and silver mountains" and "food security". It is an essential element to ensure the high-quality development of agriculture in our country.

Keywords

Agricultural Non-Point Source Pollution, Load, On-Site Monitoring, Model Simulation

Copyright © 2024 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

改革开放以来,中国粮食产量从1978年的30477万吨增加到2017年的61791万吨,肉类产量从856万吨增加到8654万吨。同时,化肥施用量从1978年的884万吨增加到2017年的5859万吨,地膜和农药施用量分别从1990年的48万吨和73万吨增加到2017年的253万吨和166万吨。化肥、农药利用率低于1/3,塑料膜回收率低于2/3,畜禽废弃物有效处理率低于50%,秸秆焚烧、水体富营养化严重。由此可见,农业增长依赖于生产要素的集约投入,这种高产、低效、高投入的农业模式在水环境中造成了严重的非点源污染问题,其中农业污染威胁最大。

农业生产活动中农业化学品的密集投入造成的农业面源污染(Agricultural non-point source pollution)极大影响了水质,导致水生生态系统的下降。农业面源污染具有污染物负荷时空变化、过程和机制复杂、任意且不规律的特点。监测和控制的复杂性使得农业面源污染比点源污染更复杂。研究证实,农业面源污染已成为世界范围内水污染防治领域的研究热点。例如,美国环境保护署报告称,河流和溪流质量受损的六大来源中有五个是非点源污染,在2013年约67%的湖泊、水库和池塘以及53%的河流和溪流被列为受损。在欧盟和德国,农业造成地表水NPS污染,分别约占55%和48%。在中国,《第一次全国污染源普查公报》显示,2007年中国农业化学需氧量(COD)、总氮(TN)和总磷(TP)排放量分别占全部污染物排放量的43.7%、57.2%和67.4% [1]。因此,准确估算农业面源污染负荷对于解决当前严峻的农业污染形势具有重要意义。

目前农业面源污染负荷分析的方法主要有野外监测、模型模拟等, 即通过选取典型区域, 罗列主要产污来源并进行野外监测, 确定各污染源的相关参数和产排污过程, 从而估算该地区的农业面源污染负荷量; 在此基础上, 通过建立模型, 对研究区域的农业面源污染过程进行定量描述, 模拟不同的面源污染形成、迁移转化, 还可以为面源污染管控提供有效的技术支持。但是, “野外监测 + 模型模拟”的传统面源污染负荷分析方法存在着耗费大量人力物力的缺陷, 基于此, 本文通过国内外关于农业面源污染负荷的分析方法进行系统梳理, 并重点阐述了在新时代下我国农业面源污染负荷模型模拟的发展方向, 为我国农业高质量发展和生态文明建设提供借鉴。

2. 农业面源污染负荷分析的现场监测

农业源污染研究的关键是能否获取必要的基本数据, 包括背景资料和降雨径流监测数据等。对于农业源污染负荷的估算, 国内外学者做了大量相关的实地实验研究, 且起步较早。国内外学者均对农田径流和淋溶系数作了有益的探讨和研究, 给出了一系列的参数。根据 Davies 等[2]的研究, 英国一个农业流域, 农田硝态氮淋溶系数为 36 kg N/hm^2 。我国《第一次全国污染源普查——农业污染源: 肥料流失系数手册》分别根据土地利用状况、降雨、坡度等因素给定了径流和淋溶定位监测试验点的 372 个测算肥料流失系数。胡玉婷[3]等对我国水田旱地 TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的径流、淋溶情况进行了分析, 研究结果表明我国水田中 TN 表观淋失率平均值为 2.2%; 旱地中 TN 表观淋失率平均值为 4.4%。Wang 等[4]选择了两个不同土壤类型, 通过监测研究了麦季施氮量和产量、硝氮淋洗量的关系, 结果得出麦季最经济的施肥量为 $180\sim 225 \text{ kg/hm}^2$ 。由实验方法得到的相关估算值, 数据可靠, 时效性较好, 可以用于模型模拟和调查分析的验证。

3. 农业面源污染负荷分析的模型模拟

估算农业污染负荷的方法很多, 最早的方法是在 20 世纪 60 年代在北美发展起来的。20 世纪 80 年代初。一般采用的模型分为经验模型, 如 ECM、IECM 和 HSM 以及机制模型, 如 SWAT、AGNPS 和 HSPF。基于方法和仿真结果, 大多数模型具有良好的性能, 但在数据敏感性和地域性方面优点和缺点都很明显[5]。一方面, 几乎所有模型的估计精度都依赖于大量的参数、对大量输入数据的要求以及无限的可用信息, 导致这些模型难以校准和验证。另一方面, 尽管大多数方法在发达国家表现出较好的估计效果, 代表了方法的设计地, 但考虑到实际环境条件与实验条件之间的差异, 这些方法可能不适合发展中国家。

中国是最大的重农业发展中国家, 由于农业污染正面临非常严重的问题。虽然可以从已发表的研究和官方统计数据中获得一些关于农业污染的数据, 但由于缺乏技术验证和统计系统, 很难获得有关长期污染负荷的更多信息。此外, 公告中涉及的农业污染源仅限于种植业、养殖业和农村生活。该报告缩小了污染源范围, 导致对农业污染负荷的测量不一致。此外, 大多数进行农业面源污染负荷估计的研究都集中在某个流域或某个地理单元, 而不是整个国家, 并专注于技术方面, 但社会经济方面知之甚少。因此, 我们的目标是估算中国全国范围内农业面源污染负荷的长时间序列, 纳入更多的农业污染源, 并分析其时空变化。为了估计中国的农业面源污染负荷, 建立了一种库存分析, 该分析通过使用从统计数据中相对容易获得的投入生产要素来估计污染负荷[6]。这种方法大大减少了对复杂污染过程和机制的考虑, 并大大降低了实验监测和建模的成本, 这种分析在估计污染负荷方面提供了一定程度的准确性, 特别是在大型行政区域。分布式面源污染估算模型可以反映研究区域的污染时空变异性, 有利于模拟精度地提高, 其中 GIS-RS 在模型的作用越来越突出, 与面源污染模型的集成方式由松散向紧密, 经过充分发掘 GIS-RS 技术在面源中的应用优势, 使面源污染研究向更高层次更加集成发展[7]。在野外监测的基础上, 明确氮磷等营养物的流失系数, 再通过模型开展的农业面源污染负荷定量化计算。

4. 结论

针对农业面源污染负荷分析方法方面, 现有研究多针对于小尺度或大型流域尺度下的农业面源污染现场监测和模型模拟方面, 并未开展针对某一个特定区域的农业面源污染负荷分析。因此, 在现场监测方面, 研发适用于农田田间氮磷原位高灵敏度检测传感器, 通过构建基于大数据平台的农业面源田间氮磷, 利用实时在线监测系统, 可为全国农业面源污染监测工作提供示范应用; 在模型模拟方面, 基于野外监测数据, 通过模型开展的农业面源污染负荷定量化计算, 开展对农业面源污染风险源的静态评估, 与研究区域内的地形、降雨和施肥等因子相结合做出动态评估, 能够使其研究的结果更加具有时效性、科学性。基于此, 建立集现场监测与模型模拟为一体的农业面源污染负荷分析体系, 是实现国家“生态文明建设——绿水青山就是金山银山”和“粮食安全”战略的关键手段, 是保障我国农业高质量发展的必需要素。

基金项目

陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2023-YB-31)。

参考文献

- [1] 付饶, 韩冬梅, 杨旖旎. 农业非点源控制的美国经验借鉴[J]. 中国环境管理, 2019, 11(2): 23-26.
- [2] Davies, D.B. and Sylvester-Bradley, R. (1995) The Contribution of Fertilizer Nitrogen to Leachable Nitrogen in the UK: A Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **68**, 399-406. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740680402>
- [3] 胡玉婷, 廖千家骅, 王书伟, 等. 中国农田氮淋失相关因素分析及总氮淋失量估算[J]. 土壤, 2011, 43(1): 19-25.
- [4] Wang, X., Hao, F.H., Cheng, H.G., *et al.* (2011) Estimating Non-Point Source Pollutant Loads for the Large-Scale Basin of the Yangtze River in China. *Environmental Earth Science*, **63**, 1079-1092. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0783-0>
- [5] 郝改瑞, 李家科, 李怀恩, 等. 流域非点源污染模型及不确定分析方法研究进展[J]. 水力发电学报, 2018, 37(12): 56-66.
- [6] Xiang, C., Wang, Y. and Liu, H. (2017) A Scientometrics Review on Nonpoint Source Pollution Research. *Ecological Engineering*, **99**, 400-408. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.028>
- [7] 毛玉娜, 叶爱中, 王雪蕾, 等. 基于 GIS-RS 的非点源污染模型研究进展[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2013, 49(4): 407-416.