

农业面源水污染监测体系构建

路晓洁 陈芙蓉

韩城市环境监测站

DOI:10.12238/eep.v8i5.2671

[摘要] 随着农业生产规模扩大与集约化发展,农药化肥滥用、畜禽粪污排放等导致农业面源水污染加剧。其污染具有分散性、隐蔽性,传统监测手段难以满足防控需求,构建专业化监测体系成为水环境保护的迫切任务,本论文聚焦农业面源水污染监测体系构建,系统分析农业面源污染对水环境的危害及当前监测工作存在的问题,阐述构建科学监测体系的重要意义。结合农业生产特点与技术发展趋势,从监测网络布局、技术手段创新、数据管理等方面提出构建路径,旨在为精准防控农业面源污染、保护水生态环境提供理论与实践支撑。

[关键词] 农业面源污染; 水污染监测; 监测体系; 水环境治理; 生态保护

中图分类号: X131.2 文献标识码: A

Establishment of agricultural non-point source water pollution monitoring system

Xiaojie Lu Furong Chen

Han City Environmental Monitoring Station

[Abstract] With the expansion and intensification of agricultural production, issues such as excessive use of pesticides and fertilizers, along with livestock manure discharge, have intensified non-point source water pollution in agriculture. The pollution exhibits dispersed and hidden characteristics, making traditional monitoring methods inadequate for effective prevention and control. Establishing a specialized monitoring system has become an urgent task in water environmental protection. This paper focuses on building a monitoring system for agricultural non-point source pollution, systematically analyzing the hazards of such pollution to aquatic environments and addressing existing challenges in current monitoring practices. It elaborates on the significance of constructing a scientific monitoring framework. Considering agricultural production characteristics and technological trends, this study proposes implementation paths including monitoring network layout optimization, innovation in technical approaches, and data management improvements. The aim is to provide theoretical and practical support for precise prevention and control of agricultural non-point source pollution, ultimately safeguarding aquatic ecosystems.

[Key words] agricultural non-point source pollution; water pollution monitoring; monitoring system; water environment management; ecological protection

随着我国农业现代化进程的不断加快,农药和化肥大量施用及畜禽养殖废弃物的排放,造成农业面源污染已成为水体污染中的一个主要污染源。相对于点源污染而言,农业面源污染的分散性、随机性和难溯源性增加了其监测和控制的难度。科学高效的监测体系为掌握污染状况和制定治理措施提供了依据,建设完善农业非点源水污染监测体系对于促进水环境质量改善、确保水生态安全、促进农业绿色可持续发展,现实意义紧迫。

1 农业非点源水污染监测的现状及存在的问题

农业面源污染作为全国环境问题,其复杂性和广泛性对环境及人类健康构成威胁。面源污染与点源污染不同,源于广泛地

理区域,具有分散、隐蔽和累积性,监测困难。其中农业面源水污染监测作为控制农业生产过程中水环境所受影响的基础性工作,目前发展状况表现出初步框架已经形成却缺乏系统性等问题,在监测覆盖范围方面有明显的不足,已有监测站点主要分布在平原粮田和大型灌区这类农业生产集中区,对于丘陵山地梯田、分散分布农户耕地及生态敏感滨湖地区覆盖面积不够^[1]。一些偏远农村地区靠季节性人工采样很难捕捉到降雨径流和作物生长期等重要节点污染动态。监测对象有单一化趋势,重点关注农田化肥农药流失情况监测,而对于畜禽散养废水、农村生活污水和秸秆还田排放污染物等复合型污染源的协同监测力度不够,

造成污染来源追溯链条不完整,技术的应用层面落后于治理需求。传统的人工采样与实验室分析相结合的方式仍然占据主导地位,不仅获取数据周期较长,而且很难实现持续动态监测。在某些地区,由于自动化监测设备的适应性不足,它们在复杂的农田环境中经常遭遇传感器故障和数据偏移等问题,导致设备的有效运行率低于60%。监测指标仅限于总氮和总磷这些常规参数,对于新型农药残留和抗生素这些微量污染物监测能力较弱,不能综合反映水体被污染的实际情况。

2 农业面源水污染监测体系构建的价值

传统监测方法依赖地面观测和实验室分析,虽准确但范围有限、耗时费力。现代信息技术如遥感、物联网、大数据分析和人工智能等为农业面源污染监测带来革命性变化。农业面源水污染监测体系建设是提高污染治理效能的基础工程,具有污染精准防控、水环境安全保障和农业绿色发展的多维度意义,在促进生态保护和农业生产协同发展方面发挥着无可替代的重要作用,建设监测体系,是精准防控污染的先决条件,农业面源水污染呈现分散性和隐蔽性,其污染来源涵盖农田、养殖和农村生活各个领域,缺乏系统监测数据支持,防治容易陷入“大水漫灌”的盲目性。通过建立科学监测体系可以准确地确定不同地区主要污染来源、污染负荷和扩散路径等信息,从而为差异化治理措施的制定奠定基础。如明确某个流域的污染主要源于规模化养殖粪污渗漏等,就可以有针对性地促进粪污资源化利用设施的建设;如果监测表明农田氮素流失为主要原因,可引导农民通过测土配方施肥和缓控释肥的方式来降低排放,监测体系对确保水环境安全起着至关重要的屏障作用。农业面源水污染对饮用水源、湖泊湿地和其他敏感水体构成直接威胁,连续监测可以及时捕捉到污染超标的危险,并对水源地的保护工作起到预警和支撑作用。在监测到某库上游水体氨氮含量出现异常增加的情况下,能够快速对周围农业生产活动进行调查,并采取临时管控措施制止污染的蔓延,以免对居民的饮水安全造成影响。对于湖泊富营养化防治来说,监测体系能量化后农业非点源营养盐输入量为湖泊蓝藻暴发的防治和维持水生态系统的平衡提供了关键信息。

3 农业面源水污染监测体系构建的方法

3.1 科学安排监测站点

监测站点的科学布局需要基于农业生产格局和水环境污染特点,建立全域覆盖、突出重点的监测网络以保证监测数据能够真实地反映出不同地区污染情况,从而为精准治理奠定空间坐标支持,在布局之前需要进行基础调查以系统了解区域耕地分布、作物类型、养殖规模和水系走向,并对不同农业生态单元进行分区。平原种植区根据耕地类型和种植制度建立监测单元,每隔3000~5000亩粮田布设一个基础监测站,并对菜地、果园和其他经济作物区进行适当加密,注重化肥农药使用和排水污染之间的联系。在丘陵山地区域,监测点是沿着坡面径流路径设置的,从坡顶至坡底,每隔50~100米就设置一个采样点,以捕获水土流失过程中污染物的迁移规律^[2]。

对重点地区进行加密监测,在饮用水源保护区的上游5公里区域内,沿着汇水路径的每1公里都应设立一个预警监测站,以实时监控水体中的氮、磷和农药残留的变化情况;在规模化养殖场四周500米处布设边界监测井对地下水是否受到粪污渗漏的影响进行监测;在农村集中居住点下游生活污水排放口布设监测点,了解生活污染对附近水体影响程度。结合灌溉系统的特点,通过在干渠进口、支渠分水口和退水口等处建立节点监测站跟踪灌溉过程污染物迁移路径。通过分层分类布局,使监测站点既能反映整体污染状况,又能精准锁定关键污染源,形成“点面结合”的监测网络。

3.2 集成智能监测技术

集成智能监测技术需要将物联网、传感器和遥感等现代技术手段有机结合起来,打破传统监测在时间和空间上的局限性,提高数据采集的实时性和精准度,从而为污染动态监测和控制提供技术支持,将小型化的智能监测设备部署到田间地头,选择抗干扰能力较强的水质传感器对农田排水、地表径流氨氮、总磷和化学需氧量进行实时采集,并将数据传输到低功耗广域网后台系统,采样频率可以随作物生长期及降雨情况进行动态调节,雨季时加密到1小时一次^[3]。为解决畜禽养殖污染问题,粪污储存池和消纳田块上安装液位传感器和水质传感器对粪污处理过程中污染物浓度的变化进行监测,之后建设“天地空”综合监控网络。通过卫星遥感技术在区域尺度上获得植被覆盖度和土壤湿度信息,反演出农业面源污染可能带来的危害;利用无人机低空航拍拍摄地块尺度上作物生长状况、化肥施用痕迹并确定污染高发区。对典型流域安装自动采样装置并结合气象站资料,对降雨初期、降雨峰值和降雨末期3个关键节点进行水样自动采集,并对污染排放动态过程进行了分析。通过各种技术取长补短,对宏观趋势和微观点位进行全方位监控,不仅把握了污染总体分布情况,而且捕捉到了关键节点污染特征。

3.3 构建数据融合平台

构建数据融合平台需要突破部门壁垒、建立数据统一标准和共享机制、对分散监测数据进行有效整合和深度应用、为污染治理决策提供数据支持,该平台架构需要包括数据采集、处理和分析3个核心层级。采集层将各种监测设备、遥感系统和人工采样的数据进行对接,并对数据格式和编码规则进行统一,以保证不同来源的数据能够兼容;处理层采用智能算法去除异常值和弥补数据空白,并将监测频率不同的数据在时间序列上对齐以保证数据的连续性;在分析层中,我们集成了污染负荷的估算模型和源的解析模型,这些模型能够自动计算各个区域和不同污染源的贡献比率,并能有效地识别出污染的热点区域以及关键的驱动因素。该平台需要有可视化的功能,把数据转换成动态地图、趋势曲线等,直观地显示污染的时空变化规律,建立和完善数据共享机制,明确农业农村、生态环境和水利部门数据共享职责,确定了数据上传期限和更新频次,实现了基础数据无条件共享并设定了敏感数据分级访问权限。该平台需要与地方政务决策系统对接,在监测数据表明某个地区存在污染超标的情况下

下,将预警信息和防控建议自动推送给有关部门。面向科研机构公开匿名化的数据,为农业面源污染机理的研究和治理技术的开发提供支撑。通过数据融合使零散的监测信息组成一条完整的数据链,从而提高了数据综合利用价值,该平台需要具有数据安全保障的功能,利用加密传输和权限分级的技术手段来防止监测数据的泄漏或者篡改。建立数据质量追溯机制记录各数据点采集时间、设备编号和操作人员情况,保证数据可追溯可验证。

3.4 构建分级指标体系

构建分级指标体系需要结合区域生态功能和污染特征制定差异化监测指标和评价标准,提高监测针对性和实用性,并针对不同情景开展污染治理,基础指标层适用于所有的监测区域,包括pH值、溶解氧、总氮、总磷、化学需氧量等常规参数,以反映水体的基本质量状况。根据不同的污染源类型,建立了特色指标,即农田监测区提高化肥施用强度、农药使用量和土壤氮磷含量;养殖集中区主要对氨氮、五日生化需氧量和总大肠菌群进行监测;农村生活污染区注意洗涤剂的浓度、悬浮物的含量等等,分级标准的设置需要与区域功能定位相结合,在饮用水源保护区,实施了最为严格的标准,其中总磷的含量被限制在0.05mg/L以下,而氨氮的含量则被限制在0.5mg/L以下;在一般的农田灌溉区域,建议适度放宽标准,将总磷的浓度设定为0.2mg/L,而氨氮的浓度则设定为1.0mg/L。实施动态调整策略,每隔三年基于污染控制的效果和生态保护的需求,重新评定指标阈值的适当性并进行相应的调整。把指标体系和污染风险等级联系起来,依据监测数据把地区分为风险等级较小、风险等级中等和风险等级较大的3个地区,并相应采取不同防控响应,使得治理工作更有针对性,在制定指标时,可以加入与生态相关的指标,例如水中的浮游植物种类和底栖生物的数量,这些都是为了通过生态反应来展现污染的长期后果。根据不同作物生长期对监测频次进行调整,例如在水稻分蘖期和小麦灌浆期对氮素进行加密监测以及在果蔬采摘之前加强对农药残留的检测等,使得指标体系更加贴近农业生产的真实节奏。

3.5 创新协同监测机制

创新协同监测机制需整合政府、企业、科研机构、农户等多方力量,构建“上下结合,多主体共同参与”的监测格局,提升体系运行效能与可持续性,建立以政府为主导,层级责任机制。省级承担监测体系整体规划、技术标准制定和跨区域协调等工

作;在市级的统筹范围内,对监测资源进行合理分配,并组织实施重点区域的监测活动;县级负责车站的日常运行维护、数据采集和初步分析。把监测任务列入对地方政府生态环境保护的考核范围,并定期进行监督和评价,保证措施的落地,引导多元主体共同参与到监控中,鼓励科研院所和企业联合研制适合农业面源污染监测装备,并对性价比和适应性好的技术进行推广补贴。对种粮大户和合作社社员进行兼职监测员培训,帮助他们进行简单数据记录和设备维护工作,组建专业队伍和基层力量结合的监测网络。建立监测数据披露机制,定期在村公告栏和政务平台上发布区域污染状况及防控进展情况,提高农民环保意识和参与度。通过多方协同,形成“政府牵头,社会参与,分工协作,责权明确”的监测运行机制,保障监测体系长期稳定运行。

成立跨区域协同监测联盟开展流域性农业非点源污染联合监测工作,实现监测标准的统一化和数据的共享性,避免上、下游监测数据相互脱节。实施“监控加服务”的方式,鼓励第三方专业机构介入监测站点的运行维护,以政府购买服务的方式提高监测的专业化程度。把监测数据和农业补贴政策联系起来,向监测符合标准的绿色种植主体提供补贴倾斜,逆向激励农民积极改进生产行为。

4 结束语

农业面源水污染监测体系的建设是一个系统工程,对于保护水环境和促进农业绿色转型具有深远的意义。通过优化监测布局、创新技术手段和完善管理机制,可以切实提高农业面源污染的监测能力。今后需要不断促进监测体系改进和优化,强化跨部门协作及技术创新,从而为农业可持续发展及水生态环境保护等工作的开展提供扎实的保障。

参考文献

[1] 钟毓华.农业耕地土壤的重金属污染监测技术及治理路径[J].农村科学实验,2024(21):57-59.

[2] 马金虎,李虹.农业面源污染监测:陕西榆林区技术应用与防治策略[J].农业工程技术,2024,44(32):82-83.

[3] 姜慧璟,徐传晓.农业生态环境污染监测技术分析[J].农村实用技术,2025(05):117-118.

作者简介:

路晓洁(1992--),女,汉族,陕西省韩城市人,大学本科,助理工程师,科员,研究方向:水污染治理。