

数字化教育工具在农业面源污染治理中的应用

许靖舸, 潘宇梁

昆明学院农学与生命科学学院, 云南 昆明 650214

大邱加图立大学, 韩国 庆尚北道庆山 38430

摘要: 随着农业的发展和农业面源污染现象加剧, 其治理问题面临巨大挑战, 数字化教育工具通过整合物联网、大数据与人工智能技术, 为破解这一难题提供了创新路径。本文构建“认知提升-行为干预-生态反馈”三位一体的数字化教育框架: 通过智能传感设备实时采集农田数据, 结合可视化算法生成氮磷流失动态图谱; 开发基于 AR/VR 的交互式教育工具, 引导农户理解精准施肥与水体富营养化的关联; 搭建农户-政府-科研机构协同的数字化学习平台, 实现技术培训、政策解读与生态补偿的闭环管理。为农业环境治理提供帮助。

关键词: 农业面源污染; 数字化教育; 面源污染治理; 教育干预

1 引言

随着经济的发展, 面源污染在环境污染中所占的比例越来越大已成为世界范围内地表水和地下水污染的主要来源, 全球 30%—50% 的地球表面已受到面源污染的影响, 目前, 我国农村水环境质量已严重影响到农村居民的居住环境, 甚至造成了地下水污染。然而, 农户作为污染行为的直接主体, 普遍存在环保认知薄弱、技术采纳意愿低的问题; 而且技术推广方式依赖纸质手册、集中培训等单向传播路径, 知识转化率不足, 导致精准施肥、生态沟渠等技术长期“悬浮”于田间实践^[1]。

数字化转型为破解上述困境提供了全新机遇。随着农村新型基础设施的完善, 中国行政村大部分已覆盖 5G 网络, 农村居民基本都配置智能手机, 为数字化教育工具的渗透奠定硬件基础。通过虚拟现实 (VR) 模拟施肥过量对水体的长期影响, 农户得以直观感知个体行为与生态系统的关联; 借助大数据驱动的决策支持系统, 农民可实时获取地块级施肥建议, 并同步参与在线知识测评与政策激励兑换。这些实践表明, 数字化工具不仅能够提升技术传

播的精准度, 更可通过行为数据的动态反馈, 构建“污染溯源-教育干预-生态改善”的闭环治理链条。

2 农业面源污染形成因素

农业面源污染是指在农业生产活动中氮素和磷素等营养物质、农药以及其他有机或无机污染物质通过农田的地表径流和农田渗漏形成的环境污染。其中氮和磷是导致水体富营养化的关键元素。

化肥和农药的过量使用是导致农业面源污染主要原因。许多农民为了追求高产, 往往大量施用化肥, 但实际利用率低, 未被作物吸收的部分会随着雨水冲刷流入河流或渗入地下水, 导致水体富营养化。养畜禽养殖中的畜禽粪便以及清理圈舍的污水等也是引发农业面源污染问题的关键性因素之一, 大量粪污未经无害化处理直接排放, 其中的氮、磷等物质通过灌溉水或雨水进入水体, 加剧污染^[2]。此外, 农膜和农药残留的影响也会导致农业面源污染。长期积累残留在农田土壤中的残膜会造成耕地土壤的物理、化学和生物学环境变坏, 农田残膜分解产生有毒、有害及不降解的物质,

从而造成农业面源污染。农药喷洒后部分残留渗入地下水或随地表径流扩散,威胁水质安全^[3]。最后,农村环保意识薄弱和治理难度大也是重要原因。

3 农业面源污染治理教育的必要性

3.1 破解污染认知偏差, 重塑主体责任意识

多数农民将环境污染归因于工业排放或城市扩张,却对自身施肥施药行为的生态影响缺乏科学理解。治理教育通过系统化的知识传递,能够解构“施肥增产即合理”的经验主义逻辑,揭示氮磷养分从农田向水体的迁移规律,帮助农民建立“生产行为-环境响应”的因果关联认知。唯有当农户意识到过量施肥不仅增加生产成本,更直接威胁自身生存环境时,才能激发其主动参与污染防治的内生动力,实现从“被动遵守”到“主动维护”的行为转变。

3.2 强化政策传导机制, 完善协同治理网络

农业面源污染治理涉及生态补偿、环境监管、产业引导等多维度政策工具,但其执行效果常因政策理解偏差而大打折扣。治理教育能够将宏观政策语言转化为农民可理解的行动指南,并通过建立政府-科研-农户的常态化对话机制,促进政策设计与实际需求的动态适配。这种教育介入既可增强政策的穿透力,又能通过利益相关方的共识凝聚,构建多方共担责任、共享成果的治理共同体。

3.3 增强系统韧性, 应对复杂环境挑战

在全球气候变化加剧、极端天气频发的背景下,农业面源污染与水土流失、生物多样性下降等生态问题形成叠加效应,进一步放大了环境风险。治理教育通过传播气候智能型农业技术(如缓释肥施用时机选择、缓冲带植物配置),能够提升农户应对旱涝灾害的适应能力;通过普及生态系统服务价值评估方法,则可引导农民在耕作决策中统筹考虑短期收益与长

期生态安全。

4 数字化教育工具在农业面源污染中的应用

4.1 智能决策类工具(如 APP、小程序)

智能决策类 APP 可以实现精准施肥,例如农民输入土壤检测数据(如氮、磷含量),系统自动生成个性化施肥方案,避免过量施肥。这类工具还有结合气象数据预测污染风险,及时提醒农户调整施肥或灌溉计划,提前预测强降雨可能引发的氮磷流失风险,并通过短信或 APP 通知农户调整灌溉或施肥时间,并通过“生态积分”兑换农资的激励机制,农户完成减排任务(如按推荐施肥)可兑换农资或补贴,提高环保积极性。

4.2 虚拟现实(VR/AR)教育工具

虚拟现实(VR)技术则通过沉浸式体验让农民直观感受过量施肥的后果,比如模拟河流藻类爆发的场景,农户沉浸式体验过量施肥导致河流藻类爆发、鱼类死亡的过程,直观理解污染后果。此外,VR 还能模拟无人机精准施肥操作,帮助农民快速掌握技术,利用 AR 模拟无人机精准施肥场景,农户可在虚拟农田中学习操作无人机变量施肥技术,降低实操误率。

4.3 移动端互动学习平台

移动端学习平台通过短视频、动画等形式普及环保知识,如“土壤磷迁移原理”动画点击量超 10 万次,并搭建农户经验共享社区,累计分享减排案例 1200 余条。同时搭建在线论坛,鼓励农户上传减排经验(如堆肥技巧),形成互助学习网络^[4]。

5 教育干预机制构建

5.1 多主体协同模式

农业面源污染治理需依托政府、科研机构与农户的深度协作,通过数字化工具实现资源整合与行为联动,构建“政策引导-技术支撑-

主体参与”的协同治理体系。首先政府部门依托数字政务平台（如农业农村部“生态补偿查询系统”），将生态补偿标准、污染治理补贴政策等数据接口开放至省级以下行政单元。通过接入政策数据库，实时更新县域差异化补偿标准，农户可通过 APP 直接查询并申领补贴，同时，政府利用区块链技术建立污染治理溯源系统，将化肥购买记录、施肥操作数据上链，确保生态补偿发放与减排行为挂钩。

其次科研机构整合 2300 余条作物-肥料匹配规则、180 种病虫害防治方案及区域性土壤数据库，构建农业面源污染治理知识图谱。该图谱通过自然语言处理（NLP）技术解析农户语音或文字咨询（如“水稻孕穗期该施多少钾肥”），结合实时土壤传感器数据（pH 值、有机质含量等），生成个性化施肥建议，并标注污染风险等级。例如，江苏省农科院开发的“智慧施肥”小程序，为农户提供精准方案，使苏北地区小麦田氮肥用量减少，径流总磷浓度下降。此外，科研机构通过机器学习算法分析历史污染事件，构建污染迁移预测模型，为政府制定分区治理策略提供科学依据。

最后，鼓励农户通过短视频、直播等形式上传实践经验，形成“问题发现-经验分享-行为模仿”的链式传播路径。例如，河南省“农田达人”平台 2024 年累计接收农户上传的 34 万条短视频，内容涵盖有机肥堆肥技巧、

生态沟渠维护等主题，其中“稻田养鱼控藻”视频播放量超 200 万次，带动农户尝试种养结合模式。平台也可设置积分奖励机制，用户上传内容经农技专家审核后，可按点击量兑换生物农药、测土仪等物资，调度农户积极性。

5.2 动态反馈系统

教育干预效果需通过“行为-环境”双维度数据进行动态评估与优化，形成“监测-分析-迭代”的闭环机制。学习方面通过埋点技术采集农户在数字化学习平台的操作轨迹，利用热力图可视化分析知识盲区，结合农户年龄、教育水平画像，开发方言语音导览、大字版界面等适老化功能，降低技术使用门槛。环境方面是在示范田与常规田布设物联网传感器（如径流收集装置的氮磷浓度检测仪），对比教育干预前后污染负荷差异^[5]。

6 总结

农业面源污染治理教育不是简单的知识普及，而是通过认知干预、能力建设和文化重构，系统性重塑农业生产者的行为模式与价值取向。是将技术、政策等硬性治理手段转化为实践成效，更是推动农业生态文明转型的重要工程。面对面源污染治理的长期性、复杂性，将教育干预深度融入治理体系，可以实现从末端管控到源头预防、从局部改善到全域治理的跨越，最终达成农业生产与生态保护的协同共赢。

参考文献

- [1] 李秀芬, 朱金兆, 顾晓君, 等. 农业面源污染现状与防治进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(04): 81-84.
- [2] 张友中. 农业面源污染成因及防治措施[J]. 现代农业科技, 2021, (21): 170-171.
- [3] 李雪莹. 吉林省农业面源污染的主要成因及防治措施[J]. 吉林农业, 2018, (19): 39.
- [4] 阮芳. 基于教育数字化的课程创新案例分析[J]. 电子技术, 2024, 53(10): 290-291.
- [5] 高雨薇, 张佳怡. 基于教育数字化的高校心理健康教育提升策略研究[J]. 成才, 2024, (12): 61-62.

作者简介

1. 许靖舫, 昆明学院, 硕士研究生, 河南郑州, 资源利用与植物保护
2. 潘宇梁, 大邱加图立大学, 硕士研究生, 山东日照, 医疗工程