

## 农业面源污染源头减排与生态治理技术与政策分析

## ——以宁波市为例

王析镭<sup>1</sup> 董静杰<sup>2</sup> 朱震杰<sup>2</sup> 魏天琦<sup>2</sup> 吴蕊<sup>2</sup> 程冰凌<sup>2</sup> 陈新春<sup>2\*</sup>  
1 宁波市生态环境科学研究院 2 宁波市甬环苑环保工程科技有限公司  
DOI:10.12238/eep.v7i11.2352

**[摘要]** 随着各地污水零直排建设、生活污水处理设施提标改造,规模化养殖污染集中治理等各方面工作的快速推进,农业面源治理工作推进相对滞后,且治理手段往往缺乏针对性与系统性。宁波市从源头减量、过程拦截、生态修复等方面开展全过程综合治理,并形成了适合于宁波本地的典型生态治理模式,对农业面源污染治理工作具有一定的参考价值。

**[关键词]** 源头减排;生态治理;宁波市

中图分类号: Q14 文献标识码: A

Analysis of technologies and policies for source reduction and ecological governance of agricultural non-point source pollution

——Taking Ningbo City as an example

Xilei Wang<sup>1</sup> Jingjie Dong<sup>2</sup> Zhenjie Zhu<sup>2</sup> Tianqi Wei<sup>2</sup> Rui Wu<sup>2</sup> Bingling Cheng<sup>2</sup> Xinchun Chen<sup>2\*</sup>  
1 Ningbo Academy of Environmental Sciences China

2 Ningbo Yonghuanyuan Environmental Engineering Technology Co., Ltd.

**[Abstract]** With the rapid progress of various efforts such as sewage zero discharging, upgrading of wastewater treatment facilities, and centralized treatment of pollution from large-scale farming, agricultural non-point source pollution control has lagged behind. Furthermore, the control measures lack specificity and systematic approaches. Ningbo implements comprehensive control from the source of pollution reduction, process interception, and ecological restoration, and forms typical ecological treatment models suitable for Ningbo. These patterns have certain reference value for agricultural non-point source pollution control.

**[Key words]** Source emission reduction; Ecological management; Ningbo City

## 前言

农业面源污染是指农业生产过程中由于化肥、农药等化学投入品不合理使用,以及农作物秸秆等处理不及时或不当,所产生的氮、磷、有机质等营养物质在土壤中过量累积或进入受纳水体,对生态环境造成的污染。随着工业点源污染、农村生活污水和规模化畜禽养殖污染的治理程度不断提高,农业面源污染治理瓶颈问题逐渐显现。根据《宁波市第二次污染源普查技术报告》数据显示,来自农业面源污染的总氮、总磷排放量分别占全市总排放量的22.40%、45.10%<sup>[1]</sup>。目前,对于农业面源污染的研究与治理较多侧重于单项工程治理,治理手段较多但往往缺乏针对性与系统性。宁波市从源头减量、过程拦截、生态修复等方面进行全过程综合治理,具有一定的参考价值。

## 1 源头减排技术与政策分析

### 1.1 源头减排技术现状

农业面源污染的源头减排主要通过调整肥料施用种类、施用方法和施肥机械等多方面实现。测土配方施肥是目前大力推广的源头减排技术,以土壤测试和肥料田间试验为基础,根据作物需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应,提出有针对性的化肥施用数量、施肥时期和施肥方法,实现化肥减量增效的目标。王金凤团队发现配方施肥区玉米产量较常规施肥区提高17.53%<sup>[2]</sup>。测土配方施肥处理的氮、磷、钾肥的利用率分别为38.80%、26.89%、35.19%,较常规施肥处理的利用率分别提高26.38%、10.15%、23.62%。王国友验证了测土配方施肥对农业源氮污染物的防控效果,发现在水稻施氮177kg/hm<sup>2</sup>,氮肥利用率最高,达35.79%;与农民习惯施氮相比,减少地下水排放含氮量5.6mg/L<sup>[3]</sup>。

肥料替代是农业面源源头减排的有效技术之一,包括使用缓控释肥料、炭基肥、微生物肥料等替代化肥或者与化肥组合使用。田发祥等研究了不同缓控释肥减氮处理对双季稻田氮流失及水稻吸收氮的影响,发现双季稻田施用缓、控释氮肥可减氮30.0%,其水溶性非无机氮径流损失比常规尿素处理分别减少21.4%、29.0%, $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 的流失量分别减少26.6%、34.1%,显著低于常规施肥处理,总氮径流损失分别减少20.8%、26.3%<sup>[4]</sup>;与常规施肥处理相比,减氮处理的氮肥农学利用率、氮肥生产力、氮肥利用率都有不同程度的提高。

施肥机械方面,种肥同播机、机械深施注肥机、侧深施肥机、喷肥无人机、水肥一体化设施的推广和应用,也可有效减少化肥流失和浪费。刘爱云等探究了机械侧深施肥对水稻产量及氮肥利用率的影响,发现机械侧深施肥相较于常规人工施肥,每亩纯氮用量减少5.5kg,氮肥利用率提高3.91%<sup>[5]</sup>。王雪等研究了微喷补灌水肥一体化对冬小麦产量及水分和氮素利用效率的影响,发现此方式优化了土壤硝态氮的空间分布,能够在小麦生育中后期保持较高的供氮水平,显著提高根系吸收面积和吸收强度,实现了籽粒产量和水分与氮素利用效率的同步提高<sup>[6]</sup>。

### 1.2宁波市源头减排政策分析

宁波市农业农村部门扎实推进化肥减量增效工作,通过深入推进测土配方施肥、探索化肥多元替代途径、集成示范“三新”技术,创新科学施肥服务模式等措施,有效提升了科学施肥技术水平,盲目施肥和过量施肥现象得到基本遏制。

1.2.1深化测土配方技术应用。以市内主要农作物种植区规模主体为对象,开展免费测土服务。综合种植制度、耕地质量和施肥管理水平等因素,以普通种植户、种植大户、家庭农场、专业合作社为对象,按县域内种植面积比例统筹确定施肥调查点位,利用“施肥监测通”小程序调查采集施肥数据,建立施肥台账。由农业推广部门牵头发布配方肥15个,分作物配套制定施肥建议卡,引导种植户和肥料企业按“方”供肥。对施用配方肥的新型经营主体实行财政补贴推广政策,市县两级补贴标准达400-500元/吨。

1.2.2推进有机肥替代化肥。实行补贴供肥企业和入围产品认定制,强化商品有机肥财政支持力度,鼓励施用有机肥、有机无机复混肥料、生物有机肥等肥料。强化有机肥质量监管,进一步加大商品有机肥产品质量抽检和委托检测,并做好不合格肥料企业的督察整改。

1.2.3示范推广“三新”技术模式。以海曙区作为“三新”试点县,开展化肥减量增效升级样板创建。以高产稳产为目标,以粮食生产功能区和重要农产品生产保护区为重点,围绕施肥新技术、肥料新产品和施用新机具,创新技术模式融合,集成示范新型缓释肥施用、水稻侧深施肥、无人机追肥和叶面肥喷施等“三新”技术,打造化肥减量增效升级版,实现施肥精准化、轻简化和绿色化。

1.2.4创新技术服务水平。按照“精准测土、科学配方、减量施肥”的要求,充分运用年度测土配方施肥和耕地质量监测调

查数据,积极推行“一户一业一方”高效精准施肥模式,推动配方肥落地应用。通过更新养分数据,调整优化水稻、蔬菜等主要农作物施肥方案,进一步完善施肥专家咨询系统。通过集中培训、农资网点上墙、进村入户发放、施肥APP推荐等多种形式,切实加强施肥指导强度和技术服务深度,推动农户对化肥减量增效相关知识的认知、接受和应用。

## 2 生态治理技术与政策分析

### 2.1生态治理技术现状

目前常用的面源生态治理技术包括农田生态沟渠、人工湿地、氧化塘等,以及综合性的农田退水生态化治理技术。

2.1.1农田生态沟渠。农田生态拦截沟渠在原有农田沟渠基础上进行人为改造,在沟底和护坡上配置一系列辅助措施和植物,通过植物吸收、底泥吸附和微生物降解作用对流经沟渠的农田污水实施有效拦截。芦苇、香蒲、美人蕉等都有较好的氮磷吸附效果。填料可以吸附水中的氮磷元素,同时为微生物提供附着和生长界面。常用于生态沟渠的填料有陶粒、砾石、沸石等。

2.1.2人工湿地。湿地具有减缓水流速度,增加水力滞留时间,沉淀、拦截、吸附和降解氮、磷污染物,和为不同种类植物提供栖息场所等生态优势。人工湿地技术具有氮磷去除能力强、投资低、操作简单、维护和运行费用低等优点,在农业面源污染治理中具有显著优势。

2.1.3氧化塘。氧化塘的水体净化能力依赖于塘内生长的各类微生物、菌藻系统和水生动植物的共同作用,是最简单易行的氮磷污染处理措施。农田排水进入氧化塘后,固体物沉于池底,有机物进行兼氧分解,产生沼气、二氧化碳和氨,提供藻类所需营养物质。藻类进行光合作用释放氧气,被微生物利用后可以分解污水中的有机物质。经过不断的技术改良和发展,出现了串联氧化塘等新型氧化塘,与单塘相比可明显提高水处理效率;生态塘系统则采用天然和人工放养相结合,对生态塘系统中的生物种属进行优化组合,使有机污染物得以最大限度地在食物链网中降解和去除。

2.1.4综合性农田退水生态化治理技术。农田退水生态化治理技术在农田氮磷生态沟渠对区域农田退水中的氮磷等营养元素进行过程拦截的基础上,利用封闭或半封闭的退养鱼塘或断头河浜进行进一步截留净化,借助泵站将农田退水进行循环利用,实现农田退水洁净排放。该技术不仅可以降低农田退水中营养物质的含量、避免直排引起承纳水体的富营养化,而且可以实现农田灌溉节水和化肥减量增效。

### 2.2宁波市典型生态治理模式

2.2.1乡村近郊观光休闲型氮磷生态拦截沟渠模式。该模式适宜在平原水网地区推广,核心由水利工程、生态修复、景观设计等技术构成。利用水利工程改造技术对生态沟渠进行清理,在护坡底部使用砌石,护坡上部使用斜坡式护岸生态砖,确保生态沟渠的排涝功能,同时中心镂空的生态砖有利于在生态沟渠沟壁内部分土壤中种植绿色植物。其次,在生态拦截沟渠内设置拦水坎、底泥捕获井、氮磷去除模块、生态浮岛、生态透水坝、

沉水植物等生态修复技术设施,提高对农田尾水氮磷的去除效率。综合生态拦截沟渠周边环境、水利工程及生态修复要素,形成岸边农田作物、坡上绿植鲜花、沟底水草滤坝的美丽田园风景线。

2.2.2基于耦合工艺的流域整体推进氮磷生态拦截系统模式。该模式适宜在平原水网地区和水源保护地等区域建设推广。耦合生态沟渠和生态净化塘/人工湿地系统,构建基于生态沟渠的深度处理系统,强化提升生态沟渠的氮磷拦截净化效果。生态沟渠采用生态护坡方式,内部布设透水坝,脱氮除磷模块,铺设净水滤料,合理栽植水生植物,出口安置拦水坎或智能节制闸;生态净化塘一般由自然池塘改造而成,采用多级处理工艺,提升净水能力和景观效果;人工湿地一般由低洼荒地改建而成,根据实地条件建成表流湿地或潜流湿地。

2.2.3庄园农场封闭式氮磷生态拦截沟渠系统模式。该模式适宜在平原水网地区的果蔬农场推广。以“生态沟渠+生态塘+护岸美化”的工程设计理念为核心,改造沟渠整体,将庄园内的原有杂乱无章、无序排水的沟渠改造,调整为有唯一出水口的排水沟,并用小型节制闸控制,实现中小雨以下非必要不排水的封闭式环境;提升沟渠固土性能,并在沟壁铺设生态砖,砖内种植固土植物;提升氮磷拦截性能,在沟底种植挺水植物固土吸附氮磷,建设永久性水泥底泥捕获井、生态透水坝,小型化脱氮除磷模块安置其中,保证设施的长久性和耗材更换的便利性。

### 3 展望与建议

基于宁波市农业农村部门针对农业面源污染已经开展的测土配方施肥、药肥两制、农田生态拦截沟建设等各项工作均已经取得一定成效,未来建议从农业面源污染溯源、污染减排责任分配等定量核算方面进一步开展农业面源污染源解析与综合防治的关键技术攻关和技术集成示范,具体可开展以下几方面研究:

3.1流域农业面源污染溯源解析与减排责任定量分配技术研究

以流域为研究单位,收集水文、气象和社会统计年鉴等资料,通过对流域内水质的动态监测,采用模型模拟等分析方法,通过“反演溯源”对河流总氮、总磷负荷来源进行定量解析;基于河流断面环境容量分析,应用基尼系数法对污染源减排责任进行落实分配。

3.2农田碳氮磷协同减排技术研发与应用

针对地区农业生产特点,侧重稻田氮磷减排为研究重点,以农田土壤有机质含量提升与氮磷环境可损失量下降为目标,开展有机无机配施、秸秆腐熟还田等以碳固氮减磷的土壤改良与

调控技术研究;以氮磷农学利用效率提升和田面氮磷浓度降低为目标,开展肥料投入量调整、氮磷剂型优化运筹和施肥机械优化等肥料精准施用技术研究;以田面水氮磷负荷降低和径流碳氮磷排放量降低为目标,开展稻田干湿交替灌溉、排水回用等农田水分管理技术研究。

3.3农田排水氮磷多级拦截阻控技术研发与应用

针对现有的生态拦截技术对氮磷污染物去除效果不稳定,且农田生态工程对生物多样性的影响研究不足等问题,通过多功能矿物质材料制备以及脱氮除磷装置研发,联合水生物植物的吸收净化作用,构建基于“水生植物拦截吸收-矿物质材料吸附-脱氮处理装置转化”的生态拦截沟渠系统,因地制宜结合生态塘浜工程,形成农田排水氮磷的多级拦截阻控技术。

### 4 结论

农业面源污染治理工作的推进刻不容缓。农业面源污染具有广泛性、分散性和隐蔽性等多重特点,监测监管和治理难度均相对较大。近年来,宁波市积极推进全过程治理工作,深入推进测土配方施肥,探索化肥多元替代途径,集成示范“三新”技术,创新科学施肥服务模式,并已经探索出乡村近郊观光休闲型氮磷生态拦截沟渠模式、基于耦合工艺的流域型整体推进氮磷生态拦截系统模式和庄园农场封闭式氮磷生态拦截沟渠系统模式等三种适宜宁波地区推广的生态沟渠典型技术模式。对于其他地区,特别是长三角地区的城市有一定的参考意义。

### 【参考文献】

[1]宁波市生态环境科学研究院.宁波市第二次污染源普查技术报告[R].宁波:宁波市生态环境科学研究院,2020.

[2]王金凤,徐明泽,高丽,等.测土配方施肥对夏玉米产量及肥料利用率的影响[J].安徽农业通报,2022,28(10):99-101.

[3]王国友.测土配方施肥对农业面源污染氮防控效果研究[J].农业环境与发展,2011,28(05):83-85+101.

[4]田发祥,纪雄辉,石丽红,等.不同缓控释肥料减氮对洞庭湖区双季稻田氮流失与作物吸收的影响[J].农业现代化研究,2010,31(02):220-223.

[5]刘爱云,高建国,杨正华.机械侧深施肥对水稻产量及氮肥利用率的影响[J].上海农业科技,2020,(03):86-87.

[6]王雪,谷淑波.微喷补灌水肥一体化对冬小麦产量及水分和氮素利用率的影响[J].作物学报,2023,49(3):784-794.

### 作者简介:

王析镛(1991--),女,浙江宁波人,硕士研究生,研究方向:从事水污染防治研究。