

水环境质量提升与防控措施—以博州农业面源污染为例

王燕

新疆维吾尔自治区博尔塔拉水文勘测中心

DOI:10.32629/hwr.v10i1.6784

[摘要] 农业面源污染是导致水环境质量恶化的重要污染形式,其防控是当前环境保护的难点。本文以博尔塔拉蒙古自治州(简称博州)为研究对象,在阐述农业面源污染对水环境质量普遍影响的基础上,重点剖析了博州作为干旱区绿洲所面临的特殊挑战:灌溉退水集中输污、地下水硝酸盐潜在风险及地膜残留污染突出。针对上述问题,研究提出了契合本地实际的“源头减量—过程阻断—末端净化—系统管理”综合防控体系,旨在为改善博州水环境、推动农业绿色发展提供科学依据与对策参考。

[关键词] 农业面源污染; 水环境质量; 博尔塔拉蒙古自治州; 干旱区绿洲; 防控措施

中图分类号: D922.68 文献标识码: A

Impact of Agricultural Non-Point Source Pollution on Water Environment Quality and Its Prevention and Control Measures

Yan Wang

Bortala Hydrological Survey Center of Xinjiang Uygur Autonomous Region

[Abstract] Agricultural non-point source pollution is a significant contributor to the deterioration of water environment quality, and its prevention and control represent a current challenge in environmental protection. Taking the Bortala Mongol Autonomous Prefecture of Xinjiang as the research subject, this paper elaborates on the general impacts of agricultural non-point source pollution on the water environment. It particularly analyzes the special challenges faced by Bortala as an arid oasis region, including concentrated transport of pollutants through irrigation return water, potential risks of nitrate contamination in groundwater, and prominent pollution from residual plastic film. In response to these issues, the study proposes an integrated prevention and control system tailored to local conditions, characterized by "source reduction—process interception—end treatment—systematic management." The paper aims to provide scientific basis and strategic references for improving the water environment in Bortala and promoting green agricultural development.

[Key words] Agricultural non-point source pollution; Water environment quality; Bortala Mongol Autonomous Prefecture; Arid region oasis; Prevention and control measures

引言

随着我国点源污染治理取得显著成效,农业面源污染对水体污染的贡献率日益凸显,成为制约水环境质量持续改善的关键因素。农业面源污染具有分散性、隐蔽性、随机性和难监测等特点,其输出的氮、磷等营养物质以及农药、塑化剂等污染物,通过径流和淋溶进入水体,是导致河湖富营养化、饮用水源安全风险及水生生态系统退化的重要原因。

博尔塔拉蒙古自治州位于新疆西北部,是典型的干旱区绿洲农业区。农业生产在支撑区域经济发展的同时,也带来了不容忽视的环境压力。博州水资源匮乏,生态环境脆弱,艾比湖等关键水体的生态功能至关重要。然而,传统的农业生产模式,包括高强度的化肥农药投入、大面积的地膜覆盖以及不合理的灌溉

方式,使得农业面源污染问题日益突出,并与本地区特殊的水文地质条件叠加,形成了独特的水环境风险格局。因此,深入研究博州农业面源污染的特征、机理及防控策略,对于保障区域水安全与生态安全具有紧迫的现实意义。

1 农业面源污染概述

农业面源污染是指在农业生产活动中,氮素、磷素、农药、重金属以及其他有机或无机污染物质,通过地表径流、农田排水和地下渗漏等水文过程,在广大区域范围内分散地、间歇性地进入受纳水体(如河流、湖泊、水库、海湾等)所引起的水体污染。其主要特征是非点源性、分散性、随机性、隐蔽性和滞后性。主要来源包括:(1)种植业污染。过量或不合理施用化肥(尤其是氮肥和磷肥)和农药,导致养分和有害物质随径流、淋溶损失;农

膜残留污染土壤和水体。(2) 畜禽养殖污染。规模化及散养畜禽产生的粪便和污水,若处理不当,其中的有机物、氮、磷、病原微生物等可直接或间接进入水体。(3) 农村生活污染。部分农村地区生活污水、垃圾未经处理随意排放,也可能成为面源污染的来源之一,但与农业生产活动间接相关。(4) 水产养殖污染。养殖过程中投放的饵料、药物及生物排泄物等。

2 农业面源污染对水环境的影响

农业面源污染对水环境的影响是多方面的、复杂的,主要通过以下途径和形式体现:

(1) 导致水体富营养化。流失的氮、磷等营养盐是导致湖泊、水库、河流缓流区富营养化的关键物质。藻类大量繁殖,消耗水中溶解氧,导致水质恶化,鱼类死亡,水体感官性状变差,破坏水生生态系统平衡。我国许多湖泊的富营养化都与流域内农业面源污染输入密切相关。(2) 污染饮用水源。硝酸盐氮、亚硝酸盐氮通过淋溶进入地下水,或随径流进入地表水源地,可能威胁饮用水安全。长期饮用硝酸盐含量超标的水对人体健康有害(如导致高铁血红蛋白症等)。农药及其降解产物也可能在饮用水源中检出,存在潜在健康风险。(3) 破坏水生生物多样性。高浓度的氮、磷、农药等有毒有害物质直接毒害水生生物,或通过改变水体理化性质(如pH、溶解氧)和生境,影响水生生物的生存、繁殖,导致物种减少,生态系统结构和功能退化。(4) 加剧水资源短缺。污染导致水体功能下降甚至丧失,特别是对于博州这样的干旱缺水地区,清洁水资源的可用量进一步减少,加剧水资源供需矛盾。(5) 产生复合污染效应。农业面源污染物常与点源污染物、其他面源污染物共同存在,可能产生协同、相加或拮抗等复合污染效应,增加水环境治理的复杂性。

3 博州农业面源污染的特殊性及其对水环境的影响

博州的自然地理条件和农业生产模式,使其农业面源污染问题呈现出鲜明的区域特色,对水环境的影响路径与东部湿润地区存在显著差异。

3.1 灌溉退水成为污染物向河流输送的核心通道

在降水稀少的博州,绿洲农业完全依赖灌溉。传统的漫灌、沟灌等粗放方式不仅用水效率低,而且产生了大量的农田退水(包括深层渗漏和地表排渠水)。这些退水在排出农田的过程中,溶解并携带了土壤中未被作物吸收的化肥残余(特别是硝态氮)、可溶盐分以及部分农药,通过各级排水系统集中汇入博尔塔拉河、精河等主干河流。张飞等人(2014)对博乐市农业非点源污染敏感性的评价研究指出,灌溉区域是与污染负荷高度相关的敏感区域。李艳红等(2011)对艾比湖流域的估算也证实,农业活动是入湖氮、磷负荷的重要来源。这种经由人工灌溉排水系统形成的“伪点源”排放模式,使得污染在空间上相对集中,污染物通量在灌溉期尤为突出,对下游河道及终端水体艾比湖的水质构成直接且周期性的压力。

3.2 地下水硝酸盐污染风险隐现

博州农业,特别是棉花、玉米等经济作物种植区,氮肥施用

量长期维持较高水平。在强蒸发、弱淋溶的干旱气候背景下,虽然一般条件下氮素向下迁移较弱,但频繁的大定额灌溉无疑增加了水分下渗的驱动力。何帅等(2020)对博尔塔拉河流域地下水的研究发现,部分区域地下水硝酸盐含量超标,且通过同位素示踪等手段分析,其污染来源与农业施肥活动有密切关系。地下水一旦受硝酸盐污染,治理修复难度大、周期长,对作为重要饮用水和灌溉水源的博州地下水安全构成了潜在的长期威胁。

3.3 地膜残留污染及其水环境潜在影响极为突出

博州是我国重要的棉花产区,地膜覆盖技术应用面积广、强度大。王雪梅等(2013)对博乐市农田的实地调查显示,棉田土壤地膜残留量较高,残留污染问题严重。这些残膜不仅破坏土壤物理结构,阻碍作物生长,其更广泛的环境风险在于:其一,残膜在风力作用下可飘移至河道、沟渠,直接污染水体景观;其二,残膜在缓慢的物理破碎和降解过程中,释放出塑化剂等添加剂,并形成微塑料。目前关于微塑料在博州水体中的分布与影响研究尚属空白,但其作为一种持久性污染物,可能被水生生物摄取并沿食物链传递,其生态风险不容忽视。地膜污染是博州农业面源污染中一个特色鲜明且亟待解决的难题。

3.4 脆弱生态本底放大污染生态效应

博州生态系统稳定性差,水环境容量有限。艾比湖作为区域生态屏障,其湖水矿化度高,水生生态系统敏感脆弱。来自上游农业区的持续性营养盐输入,即便负荷量可能低于湿润地区,也足以打破原有的生态平衡,加剧湖泊的富营养化进程,影响湖滨湿地植被群落和鸟类栖息环境,从而放大面源污染的负面生态效应。

4 水环境质量提升与防控措施

针对博州农业面源污染的特点和水环境保护的需求,防控工作应坚持“源头减量、过程拦截、末端治理、系统管理”的综合治理思路,结合当地自然条件和农业生产实际,推广适用技术和管理模式。

4.1 源头控制措施

4.1.1 推进化肥农药减量增效

科学施肥:全面推广测土配方施肥技术,根据土壤养分状况和作物需肥规律,制定并发布博州主要作物(棉花、玉米、枸杞等)的施肥配方,减少盲目施肥。鼓励施用有机肥、缓控释肥、水溶肥等新型高效肥料,提高肥料利用率。

合理用药:贯彻“预防为主、综合防治”的植保方针,推广绿色防控技术(如杀虫灯、性诱剂、生物农药等),减少化学农药使用量。严格执行农药使用安全间隔期制度。推广高效低毒低残留农药和先进施药器械。

加强技术培训:对农技人员、种植大户和普通农户进行科学施肥用药技术培训,提高其环保意识和技能。

4.1.2 优化种植结构与灌溉制度

调整种植结构:在适宜区域推广节水、需肥量相对较低的作物或品种,推行粮草轮作、间作套种等生态种植模式,增加农田生物多样性,增强系统稳定性。

改进灌溉方式: 大力推广滴灌、喷灌、微喷灌等节水灌溉技术, 替代传统的大水漫灌。精量灌溉不仅能节约水资源, 还能有效减少因灌溉退水带走的养分和农药, 实现节水与减排协同。结合水肥一体化技术, 实现水肥同步管理和高效利用。

4.1.3 加强农田地膜污染治理

推广使用加厚高强度地膜和全生物降解地膜, 提高地膜可回收性, 从源头减少残膜产。

建立健全残膜回收利用体系: 落实“谁使用、谁回收”的责任机制, 通过补贴政策鼓励农民、合作社或专业回收组织回收残膜。建设残膜回收加工网点, 探索残膜资源化利用途径。

4.1.4 提升畜禽养殖污染治理水平

科学规划养殖布局: 合理划定禁养区、限养区, 养殖场应远离河流、湖泊等敏感水体。

推进清洁养殖和粪污资源化利用: 推广干清粪工艺, 减少污水产生量。配套建设与养殖规模相匹配的粪污贮存、处理、利用设施(如沼气工程、有机肥生产设施)。鼓励种养结合, 就近就地消纳利用畜禽粪污, 实现畜禽粪便肥料化、资源化利用。

4.2 过程拦截与生态净化措施

构建生态沟渠系统: 对现有的农田排水沟渠进行生态化改造, 在沟渠内种植适应当地条件的净水植物(如芦苇、香蒲等), 利用植物吸收和沟渠底泥吸附等作用, 拦截和净化排水中的氮、磷等污染物。

建设人工湿地或生态塘: 在农田排水集中汇入河流的关键节点, 因地制宜地建设小型人工湿地或生态塘, 通过沉淀、吸附、微生物分解和植物吸收等多重作用, 进一步深度净化农田退水。

保护与恢复河湖滨岸带: 在博尔塔拉河、精河等河流两岸及艾比湖湖滨带, 划定生态保护缓冲带, 减少农业活动直接临水, 恢复植被, 利用缓冲带的过滤和截留功能, 削减面源污染物直接入河入湖。

4.3 末端治理与管理强化措施

加强农村生活污水和垃圾治理: 推进农村环境综合整治, 完善生活污水收集处理设施(适合干旱区的分散或集中处理模式), 实现生活垃圾集中收集、转运和无害化处理, 减少其对水环境的贡献。

实施流域综合管理: 将农业面源污染防治纳入博尔塔拉河、精河流域及艾比湖生态环境保护的总体规划。统筹协调上下游、左右岸、干支流的污染防治工作, 建立跨部门、跨区域的联防联控机制。

强化监测评估与科技支撑: 在重点农业区域和河流断面,

增加农业面源污染特征因子(如氨氮、硝酸盐氮、总磷、农药特征指标等)的监测频次和点位, 评估污染负荷和变化趋势。鼓励科研机构开展针对博州农业面源污染机理、迁移转化规律及防控技术的专项研究, 为精准治污提供科技支撑。

完善政策法规与经济激励: 严格执行环境保护法和水污染防治法等相关法律法规。制定和完善鼓励农业面源污染防治的财政补贴、税收优惠、绿色信贷等经济政策。探索建立农业生态环境补偿机制, 对采取减排措施的农户或新型经营主体给予补偿。将农业面源污染防治成效纳入地方政府绩效考核。

5 结论与展望

农业面源污染是影响博州水环境质量的重要因素, 其防控是一项长期、复杂且艰巨的任务。博州农业面源污染因其干旱区绿洲灌溉农业的特点, 表现为灌溉退水集中输送污染物、地下水硝酸盐潜在风险、地膜残留污染显著以及脆弱生态环境下降解能力弱等特殊性质。有效防控博州农业面源污染, 必须立足区域实际, 坚持系统思维, 综合治理。短期内, 应以推广测土配方施肥、节水灌溉、残膜回收等实用技术为重点, 迅速减少污染物产生和排放。中长期, 则需要优化农业产业布局和生产方式, 发展生态循环农业, 构建从农田到水体的全过程防控体系, 并辅以严格的环境监管和有效的经济激励政策。

未来, 随着生态文明建设的深入推进和农业绿色发展战略的实施, 博州应进一步加强农业面源污染的科学研究、监测网络建设和长效机制探索。通过政府主导、科技支撑、农民主体、社会参与的多方联动, 逐步实现农业生产与水资源保护的协调发展, 为守护好博州的绿水青山(特别是博尔塔拉河、精河及艾比湖的水环境安全), 促进区域经济社会可持续发展奠定坚实基础。

[参考文献]

[1] 全达, 杨林章, 冯彦房. 农业面源污染治理的技术与政策研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2020, 28(8): 1103-1116.

[2] 张维理, 徐爱国, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策Ⅲ. 中国农业面源污染控制中存在问题分析[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1026-1033.

[3] 杨林章, 施卫明, 薛利红, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践——总体思路与“4R”治理技术[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(1): 1-8.

作者简介:

王燕(1985—), 女, 汉族, 新疆博乐市人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为水文水资源。