

“双碳”背景下农田灌溉技术应用及优化对策

朱思龙¹, 高 晗¹, 乔亚飞²

(1. 济宁市兖州区新驿镇农业综合服务中心, 山东 济宁 272116;

2. 济宁市公共资源交易服务中心兖州分中心, 山东 济宁 272116)

【摘 要】在“双碳”背景下, 农田节水灌溉技术既是提高水资源利用效率的关键, 更是减少农业碳排放, 推动农业绿色化、高质量化发展的重要途径。济宁市兖州区作为黄淮海平原重要的粮食生产基地, 在农田灌溉技术应用方面虽然具备一定基础, 但也存在节水技术推广不均衡、智慧化水平发展滞后、与“双碳”目标适配性低等问题。通过对兖州区新驿镇农田灌溉技术应用现状进行调研, 系统分析当前存在的突出问题, 提出以“节水减碳”为目标的技术优化路径, 以期为同类型地区实现农业绿色低碳高质量发展提供经验参考。

【关键词】双碳; 农田灌溉技术; 农业节水; 农田水利; 碳汇交易

【中图分类号】F323.213

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-05-0077-03

Application and Optimization Countermeasures of Farmland Irrigation Technologies in terms of Carbon Peaking and Carbon Neutrality Goals

ZHU Silong¹, GAO Han¹, QIAO Yafei²

(1. Xinyi Town Comprehensive Agricultural Service Center, Yanzhou District, Jining Municipality, Jining, Shandong 272116, China;

2. Yanzhou Branch, Public Resources Trading Service Center of Jining Municipality, Jining, Shandong 272116, China)

Abstract: Under the background of carbon peaking and carbon neutrality goals, water-saving farmland irrigation technology is not only crucial for improving water use efficiency, but also an important means to reduce agricultural carbon emissions and advance the green and high-quality development of agriculture. As a major grain production base on the Huang-Huai-Hai Plain, Yanzhou District of Jining Municipality has laid a certain foundation in the application of farmland irrigation technologies, yet it still faces problems such as unbalanced promotion of water-saving technologies, backward intelligent development and poor compatibility with the dual carbon goals. Based on a survey on the current application of farmland irrigation technologies in Xinyi Town of Yanzhou District, this paper systematically analyzes the prominent existing problems and puts forward technical optimization approaches targeting water conservation and carbon emission reduction. It aims to provide references for similar regions to realize the green, low-carbon and high-quality development of agriculture.

Key words: Carbon peaking and carbon neutrality; Farmland irrigation technology; Agricultural water saving; Farmland water resources; Carbon sequestration trading

水是农业生产的关键要素之一, 农业灌溉用水变化直接影响碳源、碳汇的动态变化^[1]。当下, 推广先进节水灌溉技术作为提高水资源利用率的重要措施, 对于保障粮食安全, 加快实现农业绿色化、高质量化至关重要。因此, 对于济宁市兖州区来说, 发展节水灌溉是实现农业可持续发展和缓解水资源供需矛盾的根本措施, 可有效避免

因过量灌溉导致用水量与用电量浪费, 从而减少能耗, 促进当地农业绿色低碳高质量发展。

1 节水灌溉技术应用现状

当前, 济宁市兖州区在节水灌溉技术应用上

收稿日期: 2025-11-25

作者简介: 朱思龙(1992—), 男, 助理工程师

存在较为明显的不均衡性。在设施农业领域,尤其在草莓、甜瓜、樱桃等经济附加值高的果蔬种植中,滴灌、喷灌等高效节水技术应用较为广泛。但在大田作物种植上,仍以传统畦灌方式为主,喷灌和滴灌技术的应用多以家庭农场、种粮大户等规模化经营主体为主。以兖州区新驿镇为例,全镇耕地面积为 4 800 hm²,其中畦灌面积占 81.9%,喷灌面积占 16.7%,滴灌面积仅占 1.4%;从产量效应看,小麦滴灌产量达 9.105 t/hm²,喷灌产量为 8.97 t/hm²,传统畦灌产量为 8.745 t/hm²。节水效果方面,用水量经测算畦灌为 900~1 200 m³/hm²,喷灌为 450~600 m³/hm²,滴灌为 375~525 m³/hm²,喷灌和滴灌的水分利用效率可达 80%以上,相较畦灌节水效果显著。同时,在智慧灌溉技术应用上,自动化系统功能较为单一,对土壤墒情、碳排放的实时监测能力不足,无法全面收集和分析与灌溉相关的数据,难以根据实际情况进行精准灌溉决策,不利于实现节水减碳目标。综合来看,当前兖州区节水灌溉技术应用比例偏低,特别是大田作物生产中灌溉效率整体不高,水资源浪费现象依然突出,尚未形成系统化、规模化的节水减碳技术应用体系,与新时期节水灌溉高质量发展的要求差距较大。

2 存在的问题

2.1 节水灌溉技术推广与“双碳”目标协同不足

当前,相关部门在推广节水灌溉技术时,重心主要放在节水效果上,没有充分考虑到对“双碳”目标的综合影响。比如在向农户推广节水灌溉技术时,更多的是强调整节水功能,对于在降低电力损耗、减少碳排放等方面的优势宣传力度不足。导致技术推广方向与“双碳”目标不一致,未能形成完整的“节水减碳”推广体系,通过政策引导、技术创新等,实现节水与减碳协同的效力不足。另外,在研发、推广、应用等方面也缺乏有效协同,难以发挥节水灌溉技术在实现“双碳”目标中的最大效能。

2.2 智慧灌溉系统功能及配套不够完善

在实际应用中,当前部分智慧灌溉系统面临着功能单一,缺乏运维的问题,常规系统仅具备对用水量进行实时监控,缺少对水质、土壤墒情、作物长势、气象数据的实时监测功能,使得管理

人员难以制定精准的低碳灌溉方案。而精准低碳灌溉要考虑多种农业生产要素,根据实际情况精确控制灌溉量、施肥量,以达到节水减碳的目的。但兖州区现有的智慧灌溉系统无法满足这一需求,限制了农业灌溉在节水减碳方面的发展。而且,目前大多数乡镇面临着信息化人才短缺的问题,难以支撑信息化技术的大规模应用和可持续发展。

2.3 节水减碳政策制定协同性不高

在推广绿色高效农业模式时,运用节水减碳灌溉技术会增加灌溉成本,但当前缺乏相关补贴和政策支持,导致农户缺乏主动升级灌溉技术的动力。另外,农业、水利、能源、环境等部门在灌溉环节的碳减排政策制定和执行上缺乏有效沟通与协作,政策协同不足使得节水减碳灌溉技术的推广受阻。而企业在研发和生产相关灌溉设备时,同样因缺乏政策支持而投资积极性不高。

3 对策分析

3.1 推广节水减碳型灌溉技术

1)因地制宜选择灌溉技术。根据不同灌溉场景和种植作物的特点,精准选用适配技术。例如,在大田作物区,选择“低压+光伏”灌溉技术,通过一定压力将灌溉水由分水设施直接输送到田间沟畦,减少水在输送过程中的渗漏和蒸发损失。同时可参照江苏盐城某水稻基地部署 200 kW 光伏和 500 kW·h 储能系统有关案例^[2],采用“光伏板+锂电/氢储能+智能变频水泵+物联网”墒情监测架构模式,提高灌溉自动化程度和用电自给率,同步达到节水、节能的目标。针对平原地区多风且农田集中连片的区域,可部署大型阵列式、单台功率 5~10 kW 的小型风力发电机组,搭配 100~200 kW·h 的大容量储能系统,同时配合智能化平移式喷灌机、指针式喷灌机等设备进行精准灌溉,较传统灌溉方式可节水 30%~40%,减少碳排放 85%以上。在设施农业领域,采取“AI+智能化”灌溉技术,采用云边协同控制,为每一滴水进行“算力赋能”。通过边缘计算终端(ECU)实时分析土壤湿度、光照等参数,动态调整水泵功率与灌溉时长。同时结合水肥一体化技术,实现精准灌溉与施肥,在满足作物生长需求的同时,降低氮肥挥发和淋失,有效减少碳排放。

2)加强技术示范与推广。依托家庭农场、合作社、种植大户,对节水减碳技术的实施进行示范引领。并组织示范户接受周边农户参观,分享使用先进灌溉技术的经验和效益,吸引更多农户采用先进灌溉技术。

3)加快技术创新与研发。鼓励企业与国内高校、科研院所合作,加大对节水减碳技术的研发投入力度,研发高效兼容、价优质稳、操作简便的灌溉设备和技术,如抗堵塞性能更好的滴灌产品、智慧化程度更高的喷灌系统等。同时,加大对农业抗旱节水品种的研发,培育出更多的抗旱节水植物品种,进一步提升节水减碳效果,推动农业绿色发展。

3.2 构建智慧灌溉减碳平台

1)完善平台功能开发。建设具备实时监测、数据分析和智能决策功能的智慧灌溉减碳系统。借助分布于田间地头的各种传感器,实时采集土壤温湿度、作物生长状况、病虫害情况等多维数据,并将数据汇聚传输到后台服务器,应用大数据和人工智能算法进行综合分析,生成科学合理的低碳灌溉方案。从而实现精确调控灌溉量、施肥量,大幅提高农田灌溉的时效性与经济效益^[9]。此外,在灌溉过程中可引入区块链技术,从而实现碳排放可追溯,为农业碳汇交易提供准确的数据支持,推动农业生产与区域碳交易市场的有效对接。

2)开展试点与推广。优先在建成的高标准农田、现代农业产业园等基础较好的区域进行试点,通过建设智慧灌溉减碳系统,实现对灌溉设备的远程精准控制。在用户端开发方面,针对60周岁以上农户,开发简化操作界面,同时开发方言语音控制系统,提高系统操作的便利性,从而扩大智慧灌溉减碳平台的应用范围。

3)加强人才培养。在智慧灌溉减碳平台的建设和运行过程中,加大对信息化人才的培养,充分利用当地党校资源,通过举办“乡村振兴新农人”培训班等,培养一批既懂农业灌溉又掌握信息技术的复合型人才。同时,建立县、乡两级农业信息化技术服务队伍,在系统运维、数据解读、故障排除等方面提供服务,提高农户智慧灌溉减碳平台的操作能力。

3.3 完善政策激励机制

1)建立碳普惠激励机制。强化政府在农业碳汇市场化过程中的引导作用。通过加强财政支持、补贴减免等形式的政策支持力度,逐步建立具有农业特色的碳汇交易制度体系,通过市场机制实现农业碳减排和利用有效补偿。可以在建成的高标准农田项目中开展“灌溉碳足迹核算”试点,每节约1 t可水折算成0.12 t二氧化碳当量,作为碳积分。并且制定碳积分奖励机制,允许采取节水技术灌溉的农户进行碳积分积累,农户可凭碳积分兑换种子、化肥、农药等生产资料,让农户真正感受到绿色低碳农业带来的实惠。

2)开展“节水贷”绿色金融支持。山东省水利厅在2022年推出“节水贷”融资服务,鼓励各类金融机构开展“节水贷”融资服务工作,对水资源集约节约利用领域的信贷需求优先保障信贷资源,加大流动资金贷款和项目贷款投放力度。2023年山东省水利厅印发《全面加强水资源节约高效利用的实施意见的通知》,提出大力推行合同节水管理。依据以上政策,探索产业链协同节水模式,节水企业可联合设备制造商、科研机构、金融机构等,实现从节水诊断、方案设计、设备供应、工程实施到运营管理的一站式综合节水服务,形成完整的节水服务生态系统。农户可凭节水认证向金融机构申请贷款,扩宽主动参与灌溉技术升级改造的融资渠道,调动农户节水减碳的积极性。

3)加强政策协同与监管。为更好地实现节水减碳灌溉技术效益,应高效整合农业、水利、财政、金融等部门政策资源,形成政策合力,建立健全政策执行监督体系,确保各项政策落实落地。同时,建立长效机制,定期对政策执行效果进行评估,对执行效果不理想的政策及时进行调整和完善,从而提高政策的精准性和有效性。

参考文献

- [1] 翟家齐,王秀青,张舰,等.节水措施对碳排放影响及节水低碳目标实施路径浅议[J].中国水利,2023(19):47-51.
- [2] 谢勇.乡村振兴农灌节水措施的思考[J].四川水利,2022(6):163-164.
- [3] 陈南山.新型农田水利工程灌溉智能系统的应用[J].工程技术研究,2020,5(16):109-110.

(责任编辑 崔亚男)