

干旱区农业灌溉用水效率提升与节水技术集成研究

王汇航 张继恒

开封黄河河务局兰考黄河河务局 河南 开封 475300

摘要: 本文聚焦干旱区农业节水,先分析灌溉用水效率受自然环境、灌溉系统、种植结构、技术应用四类因素影响;接着阐述精准灌溉、覆盖保墒、水肥一体化等关键节水技术研发与应用;然后构建遵循适配性等原则的设施与大田作物两类节水技术集成模式,并说明优化方法;最后提出涵盖效果评估指标与方法、技术应用及推广适配措施等内容,以推动干旱区农业节水增效。

关键词: 干旱区;农业灌溉;用水效率提升;节水技术;技术集成

引言:干旱区水资源匮乏,提升农业灌溉用水效率是实现农业可持续发展的关键。农业灌溉用水效率受自然环境、灌溉系统、种植结构、技术应用等多因素制约,单一节水技术难以全面解决问题。因此,研发关键节水技术并构建集成模式十分必要。本文深入剖析干旱区农业灌溉用水效率的影响因素,详细阐述精准灌溉、覆盖保墒、水肥一体化等关键节水技术的研发与应用,构建适配不同场景的节水技术集成模式,并提出应用效果评估指标与保障、推广适配措施,为干旱区农业节水提供理论支撑与实践指导。

1 干旱区农业灌溉用水效率影响因素分析

干旱区农业灌溉用水效率受自然条件、灌溉系统、种植结构、技术应用等多因素综合影响,明确各因素作用机制,是提升用水效率与优化节水技术应用的基础,核心影响因素可归为自然环境、灌溉系统、种植结构、技术应用四大类。(1)自然环境因素是基础制约因素。干旱区降水少、蒸发强,土壤保水能力差,灌溉水损耗大,直接拉低用水效率。不同土壤类型特性有别,砂质土壤孔隙度大、保水差,灌溉水易下渗;粘性土壤透气差,易产生地表径流,均影响灌溉水有效利用。此外,干旱区风速大、温度高,加剧农田蒸发蒸腾损失,进一步降低用水效率。(2)灌溉系统因素直接影响用水效率。灌溉工程设施老化、配套不完善,如渠道渗漏、管道破损,导致输送中灌溉水大量损耗;自动化程度低,难以依作物需水规律精准调控水量,易出现过量或不足灌溉。同时,灌溉方式决定用水效率,传统漫灌、沟灌等粗放方式用水多、浪费大,滴灌、喷灌等节水方式可显著提升效率。(3)种植结构因素间接影响用水效率。不同作物需水规律和耐旱性不同,高耗水作物占比过高,区域灌溉总需水量增加,即便采用节水技术,整体用水效率也难提升。作物种植布局与水资源分布不匹配,在水资源稀缺区种高耗

水作物,会加剧浪费、降低效率。(4)技术应用因素是核心驱动因素。先进节水技术应用程度决定用水效率水平,应用不规范或农户认知不足、操作不熟练,会制约用水效率提升^[1]。

2 干旱区农业关键节水技术研发与应用

2.1 精准灌溉技术

精准灌溉技术以作物需水规律为核心,通过精准调控灌溉水量、灌溉时间和灌溉范围,实现灌溉水的高效利用,主要包括滴灌技术、喷灌技术、微喷灌技术及智能化灌溉技术。(1)滴灌技术通过滴头将灌溉水缓慢、均匀地输送至作物根系附近,直接被作物吸收利用,可有效减少蒸发和渗漏损失,节水率显著高于传统灌溉方式。针对干旱区砂质土壤保水差的特点,研发抗堵塞、大流量的滴头,优化滴灌管路布局,提升滴灌系统在干旱区的适配性。(2)喷灌技术通过喷头将灌溉水雾化后均匀喷洒在农田表面,适用于大面积作物种植,可根据作物生长阶段调整喷洒强度和范围。针对干旱区风速大的特点,研发低风速适配型喷头,减少风力对喷洒均匀性的影响;结合干旱区蒸发强烈的特点,优化喷灌时间,选择清晨或傍晚进行喷灌,降低蒸发损失。智能化灌溉技术基于传感器实时监测土壤墒情、作物长势和气象数据,通过控制系统自动调控灌溉参数,实现灌溉的精准化和自动化,减少人为操作误差,进一步提升用水效率。

2.2 覆盖保墒技术

覆盖保墒技术通过在土壤表面铺设覆盖材料,减少土壤蒸发,提升土壤保水能力,为作物生长提供稳定的水分环境,主要包括地膜覆盖技术、秸秆覆盖技术及生物炭覆盖技术。(1)地膜覆盖技术通过铺设塑料地膜,可有效阻隔土壤水分蒸发,同时提升土壤温度,促进作物早熟。针对干旱区高温、强紫外线的特点,研发耐老化、降解性好的地膜材料,减少地膜残留对土壤环境的影响;优

化地膜铺设方式,采用全膜双垄沟播等模式,进一步提升保墒效果。(2) 秸秆覆盖技术利用作物秸秆铺设在土壤表面,不仅可减少土壤蒸发,还能改善土壤结构、增加土壤有机质含量。针对干旱区秸秆资源分布不均的特点,优化秸秆粉碎与铺设工艺,提升秸秆覆盖的均匀性和稳定性;结合干旱区风力大的特点,采用秸秆压实覆盖或与地膜混合覆盖的方式,防止秸秆被风吹散。生物炭覆盖技术通过在土壤表面施加生物炭,利用生物炭多孔结构吸附并储存水分,同时提升土壤保肥能力,适用于干旱区土壤改良与保墒,研发低成本生物炭制备技术,提升其在干旱区农业中的应用可行性^[2]。

2.3 水肥一体化技术

水肥一体化技术将灌溉与施肥有机结合,通过灌溉系统将水肥混合液精准输送至作物根系附近,实现水、肥同步供应,不仅可提升灌溉用水效率,还能提高肥料利用率,减少资源浪费。该技术的核心是水肥混合配比调控与输送系统优化。针对干旱区作物需肥规律和土壤肥力特点,研发精准水肥配比装置,根据不同作物生长阶段的水肥需求,自动调控肥料浓度和灌溉水量,实现水肥供应的精准匹配。优化水肥输送系统,采用抗堵塞的管路和滴头,防止肥料结晶堵塞系统;结合干旱区水质特点,对灌溉水进行预处理,降低水中杂质对系统的影响。同时,研发适用于干旱区的缓释肥料,延长肥料有效期,减少施肥次数,降低水肥管理成本。水肥一体化技术可显著减少灌溉水和肥料的浪费,提升作物产量和品质,是干旱区农业节水增效的重要技术手段。

3 干旱区农业节水技术集成模式构建

3.1 技术集成模式构建原则

节水技术集成模式构建需遵循适配性原则、协同增效原则、经济性原则和易操作性原则。适配性原则要求集成模式中的各项技术与区域自然条件、种植结构、灌溉系统相匹配,确保技术能够充分发挥效果。例如,在砂质土壤区域,优先集成滴灌技术与秸秆覆盖技术,提升保水和节水效果;在大面积粮食作物种植区域,集成喷灌技术与水肥一体化技术,提升灌溉效率和施肥效果。协同增效原则要求各项集成技术之间相互补充、协同作用,实现节水效果的叠加。例如,精准灌溉技术与覆盖保墒技术集成,可通过精准供水减少渗漏损失,通过覆盖保墒减少蒸发损失,进一步提升整体节水效率。经济性原则要求集成模式的建设和运行成本可控,适合干旱区农业生产经济水平,确保技术能够规模化推广应用。易操作性原则要求集成模式中的各项技术操作简单、维护方便,降低农户的操作难度,提升技术应用的稳定性。

3.2 典型节水技术集成模式

结合干旱区不同种植场景,构建两类典型的节水技术集成模式:(1) 设施农业节水技术集成模式,(2) 大田作物节水技术集成模式。设施农业节水技术集成模式适用于温室大棚等设施种植场景,集成智能化滴灌技术、地膜覆盖技术与水肥一体化技术。通过智能化滴灌系统实时监测土壤墒情和作物长势,精准调控灌溉水量;采用地膜覆盖减少设施内土壤蒸发;通过水肥一体化系统实现水、肥同步精准供应,提升用水用肥效率,同时改善设施内作物生长环境,提升作物品质。大田作物节水技术集成模式适用于玉米、小麦、棉花等大面积大田作物种植场景,根据土壤类型和作物品种,分为两种细分模式:砂质土壤区域集成滴灌技术、秸秆覆盖技术与水肥一体化技术,通过滴灌精准供水、秸秆覆盖保墒、水肥同步供应,实现节水增效;粘性土壤区域集成喷灌技术、生物炭覆盖技术与精准施肥技术,通过喷灌均匀供水、生物炭改善土壤结构、精准施肥提升肥料利用率,减少地表径流和蒸发损失。两类模式均强调灌溉、保墒、施肥技术的协同,充分发挥各类技术的优势^[3]。

3.3 技术集成模式优化方法

节水技术集成模式需根据实际应用效果持续优化,确保模式的适配性和高效性。优化方法主要包括参数优化、技术适配调整和系统协同优化。参数优化针对集成模式中的关键技术参数,如灌溉定额、灌溉周期、覆盖材料用量、水肥配比等,通过田间试验和监测数据,确定不同作物、不同土壤类型下的最优参数组合,提升模式的节水增效效果。例如,通过长期监测不同灌溉定额下的作物产量和用水效率,确定某一作物的最优灌溉定额。技术适配调整根据区域自然条件和种植结构的变化,调整集成模式中的技术类型和组合方式。例如,当区域降水规律发生变化时,调整灌溉技术的运行参数,或增加雨水集蓄技术融入集成模式;当种植作物品种调整时,优化水肥一体化技术的配比参数和灌溉周期。系统协同优化针对集成模式中的各个子系统(如灌溉系统、施肥系统、覆盖系统),优化各系统之间的衔接流程,提升系统运行的协调性和稳定性。例如,优化灌溉系统与水肥混合系统的连接方式,减少水肥混合液在输送过程中的损耗。

4 干旱区农业节水技术集成应用效果评估与保障措施

4.1 应用效果评估指标与方法

应用效果评估指标需涵盖节水效果、增效效果和生态效果三个方面,全面反映技术集成模式的应用价值。节水效果指标主要包括灌溉水利用系数、节水率、单位面积灌

溉用水量,其中灌溉水利用系数是核心指标,反映灌溉水被作物有效利用的程度;节水率反映集成模式相较于传统灌溉方式的节水程度。增效效果指标主要包括作物产量、单位水量产出率、肥料利用率,反映技术集成模式对农业生产效益的提升作用。生态效果指标主要包括土壤含水量、土壤有机质含量、土壤侵蚀模数,反映技术集成模式对土壤环境和生态的改善作用。评估方法采用田间对比试验法和长期监测法相结合,通过设置采用集成模式的试验组和采用传统灌溉方式的对照组,对比分析两组的各项评估指标差异,明确集成模式的应用效果;通过长期监测试验组的指标变化,评估模式的长期稳定性和可持续性。同时,采用数据分析法对监测数据进行整理和分析,为模式优化提供数据支撑。

4.2 技术应用保障措施

技术应用保障措施主要包括技术服务保障、设备维护保障和农户培训保障,确保节水技术集成模式能够稳定、高效运行。技术服务保障通过组建专业技术服务团队,为农户提供技术咨询、方案设计、现场指导等服务,解决农户在技术应用过程中遇到的问题;建立技术服务热线和线上咨询平台,实现技术服务的及时响应。设备维护保障建立完善的设备维护体系,定期对灌溉系统、水肥混合系统等设备进行检修和维护,及时更换老化、破损的零部件;建立设备维护档案,记录设备运行和维护情况,提升设备运行稳定性。农户培训保障通过开展技术培训课程、现场观摩教学等方式,提升农户对节水技术集成模式的认知和操作能力。培训内容包括技术原理、设备操作方法、日常维护技巧、参数调整方法等;针对不同年龄段、不同文化水平的农户,采用差异化的培训方式,确保培训效果。同时,编制通俗易懂的技术操作手册,方便农户随时查阅和学习^[4]。

4.3 技术集成模式推广适配措施

推广适配措施旨在提升节水技术集成模式的规模化推

广应用效果,核心是实现模式与不同区域的精准适配。通过开展干旱区农业分区调研,明确不同区域的自然条件、种植结构、灌溉系统现状和经济水平,建立区域适配性评价体系,为不同区域推荐最优的技术集成模式。例如,在经济水平较高的区域,推广智能化程度高的集成模式;在经济水平较低的区域,推广成本低、操作简单的集成模式。建立模式推广示范基地,通过示范基地的实际应用效果,直观展示集成模式的节水增效优势,增强农户对技术的接受度。加强不同区域之间的技术交流与合作,分享模式推广和应用经验,促进技术集成模式的优化和完善。同时,优化技术集成模式的设备供应链,降低设备采购成本,提升模式的经济性和可推广性。

结束语

干旱区农业灌溉用水效率提升与节水技术集成研究意义重大。通过深入剖析影响用水效率的四大核心因素,针对性研发精准灌溉、覆盖保墒、水肥一体化等关键节水技术,并构建适配不同种植场景的集成模式,辅以科学的评估指标与保障措施,实现了节水、增效与生态改善的多赢。未来,需持续优化技术集成模式,依据区域差异精准适配推广,强化技术服务、设备维护与农户培训等保障,推动干旱区农业节水技术向智能化、精细化、规模化发展,为保障干旱区农业可持续发展、提升水资源利用效率提供坚实支撑。

参考文献

- [1]张海涛,刘红,张强.节水灌溉技术在干旱区的应用与效果分析[J].农业科技,2021,42(12):123-127.
- [2]姜涛.节水灌溉技术在旱作农业中的应用与推广路径研究[J].黑龙江粮食,2024(12):44-46.
- [3]李辉.农业节水灌溉技术的推广及应用[J].农机使用与维修,2022(08):102-104.
- [4]尚奇.灌区节水改造工程中渠道防渗关键技术分析[J].水上安全,2024,(05):166-168.