

引黄灌区黄河水滴灌关键技术与示范

史吉刚¹, 李 玮¹, 张瑞喜¹, 马 鑫¹, 于 健¹, 屈忠义², 陆圣女³

(1. 内蒙古自治区水利科学研究院, 内蒙古 呼和浩特 010052; 2. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010018;
3. 呼和浩特市科兆丰水业勘测设计有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘 要: 本文针对引黄灌区发展滴灌所面临的泥沙过滤、水量调蓄以及高效利用等突出问题, 以内蒙古河套灌区为研究背景, 系统研究了引黄水滴灌泥沙过滤技术与产品、水源保证以及滴灌配套技术。获得了泵前低压渗透微滤机新型过滤产品以及滴头抗堵新技术模式, 提出了滴灌水源调蓄具体措施以及配套技术, 并将这些技术在两个示范区推广应用, 取得了较好效果, 可为高含沙水滴灌提供借鉴。

关键词: 引黄灌区; 直接引黄水; 滴灌; 研究; 示范

中图分类号: S275.6 文献标志码: A 文章编号: 2096-5419(2018)07-0077-04

内蒙古引黄灌区是我国重要的粮食生产基地, 同时也是自治区重要的能源化工基地。引黄灌区中呼和浩特、包头、鄂尔多斯三市经济总量约占自治区 50%, 财政收入约占 60%^[1]。然而, 引黄灌区水资源总量仅占全区的 8.65%, 用水总量约占全区的 50%左右^[2]。随着内蒙古自治区经济与社会快速发展, 引黄地区水资源供需矛盾将进一步加剧。必须大力发展引黄灌区高效节水技术, 提高水分利用效率, 实现农业高效节水, 使有限的水资源通过优化配置, 满足工业与其他行业用水增长需求, 保障自治区经济与社会可持续发展。

滴灌是目前最有效的节水技术之一, 水的利用率可达 95%^[3]。可按照作物需水要求, 将水和养分混合均匀后缓慢地滴入作物根区, 显著提高水肥利用效率, 有效地提高作物光合作用, 增加作物糖分与干物质积累, 增加作物产量与品质。相比地面灌溉, 滴灌可显著降低土壤无效蒸发、降低化肥施用量、减轻面源污染。然而引黄灌区发展黄河水滴灌面临三大突出问题: (1) 如何低成本、高效过滤泥沙。(2) 滴灌用水量调蓄。(3) 滴灌配套技术适应性问题。针对上述问题, 以内蒙古河套河区为研究背景, 项目系统研究了滴灌泥

沙过滤、滴头抗堵新产品及滴灌水源调蓄等关键技术, 提出了泥沙过滤与滴头技术新模式、滴灌水源调蓄措施以及适宜配套技术。

1 泥沙过滤与滴头抗堵新技术模式

黄河水泥沙含量高且细微粒含量比例大。河套灌区总干渠作物生育期内多年平均含沙量为 4.5 kg/m³, 进入到总干渠的泥沙颗粒粒径小于 0.005 mm 约占到 50%。按照现有滴灌水质标准 (≤ 50 PPM/L)^[4], 约有 99% 的泥沙需要过滤, 对于高含沙量的黄河水要达到这样的水质标准, 通常都要采用工程与机械相结合的四级过滤模式。工程过滤要修建体积较大的沉淀池, 灌区占地问题难以解决, 同时, 清理泥沙费用也高。黄河水中大量养分在泥沙沉淀与过滤过程中被去除, 造成养分流失。

过滤与滴头抗堵新技术模式是在含沙量不大于 3.0 kg/m³ 且滴灌带为一年用条件下, 采用一级过滤模式: 即在滴灌首部泵前安装低压旋转网式过滤器, 过滤大颗粒泥沙与杂质。通过筛选出的适宜灌水器, 将大部分细颗粒泥沙随滴头出水排入到田间。沉积在毛管内的泥沙在灌水结束后,

基金项目: 水利部技术示范项目(SF-201811); 内蒙古自治区水利科技重大专项

作者简介: 史吉刚(1980-), 男, 满族, 内蒙古赤峰人, 高级工程师, 主要从事高效节水灌溉等相关研究。E-mail: qingxin_yu@163.com.

通过毛管尾端的辅助冲洗支管进行定时冲洗，冲洗水量占灌溉水量的1.0%~1.7%。

该新技术模式无需在首部修建容积较大的泥沙池，改变了传统的泵后过滤器易堵塞、反冲洗用水量大、压损较高的缺点。使黄河水中大量营养物质输送至田间，避免了因过滤而使黄河水中大量营养物质流失。比传统四级过滤模式运行管理维护费用低，占地面积较少，可大幅节约成本。

2 泥沙过滤新产品

泵前低压旋转网式过滤器(见图1)由双浮筒做浮体，将低压旋转网的滤筒及滤筒旋转驱动装置



和反冲洗结构固定于浮筒上自成一體，安裝于抽水水泵取水口的前端。与传统过滤器相比该过滤器在过滤过程中无需加压，利用自然水头(0.5~1.0 m)低压渗透过滤；滤筒过滤面积大，且过滤精度较高，采用200目过滤网，过滤泥沙颗粒可达300目，能有效处理水体中细小的悬浮物；同时可适应不同的水位要求，保证过滤水均为表层低悬浮浓度的水；微过滤机敞开设计，滤网反冲洗部分位于水面以上大气中，在自清洗时反清洗效率高，滤网再生效果好。



图1 泵前低压渗透微滤机

3 滴灌水量调蓄

由于受灌区轮灌制度的影响，各渠系行水间隔时间比较长，特别在作物生育期，各级渠道均有不同程度停水期。为了对灌区各级渠道供水保证程度做出准确评价，本研究统计分析河套灌区近15 a支渠以上级别渠道行水、停水时间等资料。在作物关键生育期内总干渠停水时间为12 d，干渠、分干渠及支渠停水时间不同灌溉区域之间差别较大，分别为10~43 d、27~61 d与30~61 d。越往灌区下游，停水时间越长^[5]。滴灌属高频灌溉，一般灌水间隔在7~10 d左右，为保证滴灌高频灌溉，需要修建蓄水池储存渠道停水期滴灌用水。

针对这一问题，本项目提出两种水量调蓄方案：(1)选择级别较高渠道作为滴灌水源，在渠道运行期间，可直接从渠道中取水。在渠道停水期间，利用区段之间节制闸控制，在渠道中储存一定容积水量，作为滴灌备用水源。(2)在渠道两边有闲置荒地，适当修建一定容积蓄水池，作为渠道停水期间备用水源。

第一种方案适宜渠道为总干渠一闸至四闸之间渠段与位于河套灌区上、中游乌兰布和灌溉区域与解放闸灌溉区域干渠，上述渠道均为国管渠道、多有防渗措施、渠道水利用系数比较高，水量损失小，渠道断面尺寸较大，能够在停水期内储存滴灌用水，在渠道两岸农田可发展直接引黄滴灌。通过对河套灌区各级渠道调研及遥感分析，第二种方案基本是在乌兰布和灌溉区域内沈乌干渠与东风渠两侧，有部分闲置荒地，可满足建设调蓄水池条件。

4 配套技术

由于引黄滴灌投资比井灌区滴灌高，因此，要充分利用配套技术，才可实现滴灌节水与高效目标。这些配套技术需要进行一定研究与完善，以适应当地条件。其中有“干种湿出”以及水肥一体化技术。

引黄灌区大部分地区都要秋浇或春汇，秋浇具有保墒、淋盐及松土等作用，但秋浇也造成了大量水资源浪费。在传统漫灌条件下，取消秋浇或春汇，作物出苗率难以保证。实施“干种湿出”

技术可有效解决这一难题。“干种湿出”技术即在无秋浇(春汇)的条件下,将作物种子播种在干土中,待积温满足要求时进行滴水。采用这项技术为作物早期生长提供适宜墒情条件,有效保证作物出苗率,同时可节省大量保墒秋浇水。但取消秋浇后,土壤春季容易结块,难以耙磨平整,影响春天播种及地膜、毛管铺设。通过研究对“干种湿出”技术做了改进,可将翻地时间由每年春天改为作物收获后,约在收获后 10 d 左右,土壤含水率在 12%~15% 时。采用大于 90 马力机械进行翻耕后晾晒一天,再旋耕一遍,用旋耕机破碎土壤,可解决无秋浇情况下春季土壤结块问题。同时,针对河套灌区土壤质地,提出“干种湿出”技术具体规程。

项目研究了河套灌区不同矿化度(1~4 g/L)条件下滴灌灌溉制度,分析了河套灌区 57 a 的降水资料,得到丰水年、平水年及枯水年典型作物玉米和葵花滴灌灌溉制度以及施肥制度。采用张力计-20 kPa 作为控制灌水下限,当矿化度低于 1.5 g/L,玉米灌水量为 320 mm;矿化度在 1.5~4.0 g/L,灌溉定额都采用 290 mm,滴灌灌水次数控制在 11~13 次。向日葵张力计控制-30 kPa 作为灌水下限,当矿化度低于 1.5 g/L,灌溉定额为 240 mm;当矿化度在 1.5~4.0 g/L,灌溉定额采用 160 mm,灌水在 8~10 次。玉米和向日葵的灌溉水分生产率分别为 3.5 kg/m³ 和 1.2 kg/m³ 左右,与地面灌溉相比分别提高 70% 和 65% 左右。玉米与向日葵生育期内随水施用尿素 6 次与 8 次。与地面灌溉相比,玉米与向日葵灌水量分别减少 30% 和 50%,施肥量减少 30%^[6-7]。

5 直接引黄滴灌工程示范效应

从 2013 年以来,分别采用渠道直接取水与修建调蓄水池方案在河套灌区上游磴口沙金套海、中游临河九庄建设了两处引黄滴灌示范区。两个示范区全部采用抗堵性能较好的内镶贴片式滴头。

临河九庄滴灌示范区位于河套灌区总干渠二闸与三闸之间,示范区面积 33.33 hm²。主要利用总干渠行水期渠输水与停水期间总干渠二闸与三闸之间储蓄水量作为滴灌水源,在灌溉期间,总干渠含沙量在 1.0~1.5 kg/m³,直接取用总干渠黄河水,该模式采用一级过滤(泵前低压旋转网式

过滤器)后直接进入滴灌管路系统。示范区种植作物有玉米、向日葵以及番茄,全年灌水 10~12 次。经对滴灌系统滴头出水均匀度测试,灌水 10 次左右,滴灌系统均匀度仍可达到 80% 左右。沙金套海示范区地处乌兰布和沙漠边缘,示范区紧邻沈乌干渠建设二分干,该渠道每年停水时间约在 20 d 左右,且渠道两侧具备修建调蓄水池土地条件,示范区修建两处容积为 6 万 m³ 调蓄水池,每个调蓄水池控制面积为 100 hm²。采用两种过滤模式,第一种模式为泵前低压旋转网式过滤器+碟片式过滤器;第二种为采用传统四级过滤模式:沉淀池+泵前安装漂浮网式过滤器+泵后安装砂石过滤器+碟片式过滤器。经过 3 a 运行检验发现,第二种过滤模式缺少泵前低压旋转网式过滤器,造成泵后过滤器反冲洗次数频繁、浪费水量大以及能耗高,而且砂石过滤器每年需要换砂清洗,维护费用高。第一种模式充分显示其优越性,建设费用低、过滤效率高、管理维护方便,大量节省反冲洗水量,而且也保证了滴灌系统灌水均匀性。与第二种过滤模式相比,该模式建设与运行成本分别降低 48.3% 与 28.5%。该示范区大部分为弃置荒地,土壤肥力低,沙化比较严重。由于有效解决了滴头堵塞问题,保证较大面积范围内滴灌系统均匀出水。示范区建成后第二年玉米与向日葵产量分别达到 11 250 kg/hm²、3000 kg/hm²。

6 结 论

本文以河套灌区为研究对象,针对采用黄河水作为滴灌水源所面临的泥沙过滤、水量调蓄以及高效利用等突出问题,通过研究分析获得如下结论:

(1) 在含沙量 ≤ 3.0 kg/m³ 且滴灌带为一年用条件下,可采用新型泵前一级过滤与滴头抗堵新技术模式。在滴灌首部泵前安装低压旋转网式过滤器,过滤大颗粒泥沙与杂质。通过筛选出的适宜灌水器,将大部分细颗粒泥沙随滴头出水排入到田间。沉积在毛管内泥沙通过毛管尾端的辅助冲洗支管进行定时冲洗。该新技术模式改变了传统的泵后过滤器易堵塞、反冲洗频繁用水量大、压损较高的缺点。避免了因过滤而使黄河水中大量营养物质流失。运行管理维护费用低,占地面积较少,可大幅节约成本。

(2)泵前低压旋转网式过滤器可安装于抽水水泵取水口的前端。利用自然水头(0.5~1.0 m)低压渗透过滤,滤筒过滤面积大,且过滤精度较高,可适应不同的水位要求,反清洗效率高,滤网再生效果好。

(3)河套灌区滴灌水量调蓄方案:第一种方案适宜渠道为总干渠一闸门至四闸之间渠段以及河套灌区上、中游乌兰布和灌溉区域与解放闸灌溉区域的干渠。第二种方案基本是在乌兰布和灌溉区域内沈乌干渠与东风渠两侧有部分闲置荒地,可满足建设调蓄水池条件。

(4)“干种湿出”技术可有效解决春天作物保苗,同时可节省大量保墒秋浇水。可将翻地时间由每年春天改为作物收获后10 d左右,土壤含水率在12%~15%时。配合农机措施,可解决没有秋浇情况下,春季土壤结块问题。得到丰水年、平水年及枯水年典型作物玉米和葵花滴灌灌溉制度以及施肥制度。玉米和向日葵的灌溉水分生产率分别比地面灌溉提高70%和65%左右。灌水量分别减少30%和50%,施肥量减少30%。

上述技术与产品分别在河套灌区上游磴口沙

金套海、中游临河九庄示范区进行了示范应用,充分显示其优越性,保证了较大面积滴灌系统灌水均匀性,取得了较好的示范效应,可为黄河水滴灌提供可借鉴的成功经验。

参考文献:

- [1] 内蒙古自治区统计局. 内蒙古统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015.
- [2] 内蒙古自治区水文总局. 内蒙古自治区水资源公报[R]. 呼和浩特: 内蒙古自治区水利厅, 2015.
- [3] 沈振荣. 节水新概念[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 微灌工程技术规范: GB/T 50485—2009[S]. 北京: 中国计划出版社, 2009.
- [5] 于健, 杨金忠, 徐冰, 等. 内蒙古河套灌区三种水源形式滴灌发展潜力[J]. 中国水利, 2015(19): 50-53.
- [6] 任中生, 屈忠义, 李哲, 等. 水氮互作对河套灌区膜下滴灌玉米产量与水氮利用的影响[J]. 水土保持学报, 2016, 30(5): 149-155.
- [7] 李金刚, 屈忠义, 黄永平, 等. 微咸水膜下滴灌不同灌水下限对盐碱地土壤水盐运移及玉米产量的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(1): 217-223.

Key technology of drip irrigation with the Yellow River water in the Yellow River irrigation region

SHI Jigang¹, LI Wei¹, ZHANG Ruixi¹, MA Xin¹, YU Jian¹, QU Zhongyi², LU Shengnyu³

(1. Inner Mongolia Autonomous Region Hydraulic Research Institute, Hohhot 010052, China;

2. Inner Mongolia Agriculture University, Hohhot 010018, China;

3. Hohhot Kezhao Feng Water Industry Survey & Design Co., Ltd. Hohhot 010020, China)

Abstract: In view of the prominent problems faced by drip irrigation in the Yellow River irrigation area, such as sediment filtration, water storage and efficient utilization. Taking Hetao Irrigation District of Inner Mongolia as the research background, the sediment filtration technology and products, water source assurance and drip irrigation matching technology for drip irrigation of Yellow River diversion are systematically studied. New filtering products of low pressure osmotic micro-filter before pump and new anti-blocking technology mode of drip head are obtained. Specific measures and matching technology for drip irrigation water source storage are put forward, and these technologies are popularized and applied in two demonstration areas. It has good effect and can provide reference for drip irrigation with high sediment concentration.

Key words: the Yellow River irrigation region; direct the Yellow River water; drip irrigation; research; demonstration