

设施农业节水灌溉技术推广与效益评估

王 堃 许 青 徐 立

巴彦淖尔市临河区农牧和科技局（巴彦淖尔市临河区乡村振兴局） 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘 要：文章总结适合应用于设施农业主要节水灌溉技术种类，即滴灌、微喷灌、渗灌以及基于物联网智能化灌溉系统等，介绍各种技术应用范围和技术经济效益特点，在此基础上，从政策引导、技术匹配、服务体系构建、以点带面以及多种投资来源等方面提出综合性建议措施。同时建立多层次评价标准，从节水效果、增收节支、生态环境保护和社会影响三个方面给出具体评价标准及指标。目的是为设施农业生产节水灌溉技术有效推广应用及其成效进行准确评估奠定基础。

关键词：设施农业；节水灌溉；技术推广；效益评估；水肥一体化

引言

设施农业是以人为手段创造良好环境条件进行一年四季生产的一种现代农业形式。中国是世界上设施农业面积最大的国家，主要以日光温室、塑料大棚以及连栋温室为主，也是农业用水大户，北方设施蔬菜区灌溉用水量逐年增加。但是中国的设施农业灌溉水利用率为0.5~0.6，远远低于以色列等地的0.85以上，大量采用大水漫灌或者沟灌的方式造成水资源浪费严重、土地次生盐碱化问题突出以及病虫害加剧。而节水灌溉可以精确到什么时候浇水、什么地方浇水以及浇多少水，大大节约了水的消耗，对于缓解我国缺水的问题、提高产品质量、减少投入增加产出具有重要意义。在过去的20多年中，滴灌、微喷灌等节水灌溉方式已经得到了一定程度的应用，但是却出现所谓的“叫好不叫座”的现象，即推广之后的实际效果并没有达到预期的理想状态。

1 设施农业节水灌溉技术类型及特征

1.1 滴灌技术

用水管将水送至农作物根部附近，用滴头滴入土中。滴灌优点有：一、局部灌溉，只湿润作物根区土壤，行间干燥，可节约用水30%-50%；二、灌水均匀度较高，一般可达85%-95%；三、可以结合施肥，在灌溉的同时施用水溶性肥料，提高肥料利用率约20%-30%。根据滴头布置不同分为地面滴灌和地下滴灌两种类型。地面滴灌便于安装操作，但是滴头容易堵塞并且影响田间作业；地下滴灌把滴灌带埋设在耕作层以下，减少了水分蒸发以及人为损坏，但是对水质及防堵要求较高。在温室茄果类、瓜类及花卉上，滴灌是最常用的方法。

1.2 微喷灌技术

用微型喷头，在较低的压力下将水以细小水滴的形式喷洒到作物冠层或地表上。它介于滴灌和喷灌之间，有省水的效果，同时可以改善温室的小气候条件——夏季微喷可以起到降温 and 增湿的作用，有利于授粉以及避免日灼现象的发生。微喷灌适合用于叶菜类、育苗等对空气相对湿度要求较高的作物上。但是需要注意的是，在夜间或者高湿条件下过度使用容易导致病害的发生发展。微喷头的流量一般为50-250L/h，工作压力为0.15-0.3MPa，射程为1.5-4.0m。在连栋温室中，微喷灌通常与顶喷淋设备配合使用来达到浇水的同时还能起到降温的目的。

1.3 渗灌技术

渗灌是通过铺设在地面以下渗水管（多孔管或者微孔管）利用土壤毛细管作用让水慢慢渗出并向上浸润作物根部。渗灌最突出优点是地面上无水迹，大大减少棚内湿度，有利于防止灰霉病、霜霉病等空气传播疾病发生。而且地面上无水膜，便于农业生产活动。但是渗灌对于水质要求较高，容易因为生物膜或是化学沉淀而造成渗水孔堵塞，而且难以修复^[1]。渗灌管理置深度一般在20-30cm之间，而根据土壤类型不同选择不同的间距，如沙壤土应该较密（30-50cm），粘质土则应较稀疏（60-80cm）。由于渗灌在我国设施农业生产上应用较少，主要是因为其成本较高以及容易出现故障所致。

1.4 智能灌溉系统

智能灌溉系统是在以上设备基础上结合传感器、物联网、自动化等技术的一种新型灌溉方式。主要由以下几部分组成：土壤水分传感器（频域反射法或张力计法）、气象站（温湿度、光照、蒸发量）、数据采集控制器及执行机构（电磁阀、变频泵）等。系统根据预先

设定的数值或者模型判断是否开启或关闭灌溉,做到精准灌溉。更高级别系统具有农作物生长模型,在一定时间内通过累积温度、叶面积指数计算出蒸腾量,从而提前做好灌溉准备。智能灌溉可以节约 20%-30% 以上的水量并且大大降低劳动力支出。但是目前影响智能灌溉普及的原因主要是传感器稳定性问题、系统的可靠性以及高昂的成本。

2 设施农业节水灌溉技术推广策略

2.1 政策激励策略

第一,完善补贴政策,将节水灌溉设备全部列入农机购置补贴范围,对于设施农业生产所使用的小型化、低成本设备给予更大比例补贴,其中小农户补贴比例不低于其购买设备投资总额 50%,家庭农场、农民合作社不低于 40%,并且扩大补贴范围至首部枢纽、过滤装置、智能化控制系统以及相关技术服务费用;第二,建立节水激励制度,在实行按量收费基础上,对用水量低于核定定额农户进行水费返还或者现金奖励;第三,将节水灌溉与化肥减施、地膜覆盖等绿色技术相结合,设立综合性的绿色生产补贴,减少单个技术推广支出;第四,创新金融服务方式,推出“节水贷”、“绿色农机贷”等专门产品,提供优惠利率或者贴息贷款,同时也可以开展灌溉设备租赁业务,由农户用未来的节水节约的资金来分期支付设备款。

2.2 技术适配策略

一是进行区域化技术分区,依据当地气候特点、水源类型、土壤性质以及主要种植作物划分不同技术适用区域,编制《设施农业节水灌溉技术适应性手册》。二是推行技术规范、模块化,制定日光温室滴灌、连栋温室微喷灌等具体形式的操作规程和技术要求,同时将整个灌溉系统分为供水部分、首部枢纽、输配水管路、灌水器以及控制系统等,供农民自由搭配使用^[2]。三是注重设备本地化改进,在此基础上开发小流量防堵滴头、矮型微喷头、窄壁滴灌带等专门产品,以及简易的“傻瓜式”智能控制器。四是建立技术更新路径,在最初的设计中就考虑到智能化接口问题,使得普通的滴灌系统将来能够很容易地实现智能化或者水肥一体化管理。

2.3 服务体系建设策略

第一,组建县-乡-村三级技术服务队伍,在县一级以农业技术推广中心为基础建立节水灌溉技术服务站,在乡镇一级设置服务点,在村一级培训“灌水管员”。第二,“建管一体”,即由专业的服务机构或者合作社进行系统的规划、建设和运行管理以及使用指导等,农户

根据每亩或者每年缴纳一定的费用,实现“你种地,我供水”。第三,设立便捷的报修制度,全县设立统一的服务热线,保证 48 小时内到达现场进行维修,并且在全县范围内储备易损件。第四,开展合同节水服务,节水服务企业出资建设灌溉系统,然后从节约下来的水量中获得回报以及盈利,合同期结束后将灌溉设施的所有权交给农民。

2.4 示范引领策略

在每个乡镇选取一个方便出行、有较高技术水平的 1-2 家设施农业园区作为示范基地,该基地包括滴灌、微喷灌及智能化灌溉等内容,详细记载产量、品质、用工、成本等方面信息,形成一本可供参考的“账本”。另一方面开展“以点促面”,使示范基地中的农户成为“技术二传手”,给予他们一定的报酬进行推广工作,借助口耳相传的方式进行宣传。定期开展实地参观学习以及田间学校,在灌溉高峰期带领农民亲自观看节水灌溉的操作流程及其对农作物的影响,并设立对照地块与常规灌溉对比观察^[3]。另外通过网络加大示范力度,拍摄视频、直播演示,上传至抖音、快手等社交软件上。

2.5 多元投入与协同治理策略

一是统筹项目资金,把节水灌溉融入高标准农田建设项目、绿色高质高效创建、现代农业产业园等项目中,实行“多个渠道进水、一个池子放水”的资金整合方式。二是激活市场主体积极性,支持节水灌溉设备企业采取“技术+服务”模式进行销售,在设备安装之后三年内故障率低于 2% 的企业可享受税收减免或者奖励;支持化肥经销商扩展灌溉服务业务。三是利用合作社的力量,以农民专业合作社为单位统一购买、安装、运营管理,通过规模化减少每家农户的成本支出。四是构建多方协作体系,水利部门负责提供水源及计量设施,农业部门负责技术指导以及补贴发放,财政部门负责拨款及监督,实现“水源-技术-资金”闭环。五是引入第三方评价团队,由高校或者科研单位对推广情况进行客观公正地评价,发现问题及时纠正改进。

3 节水灌溉技术效益评估体系

3.1 节水效益评估

评价标准有三个:灌溉水利用系数(比常规灌溉提高,从 0.55 到 0.85~0.92);单方灌溉定额(立方米/亩·年);作物水分生产率(千克产量/立方米水)。计算节水效益时要区别毛节水与净节水——前者指使用该技术前后取水量之差,后者还要减去因减少渗漏和蒸

发而节约水量。在设施农业条件下,滴灌的净节水率为30%~45%,微喷灌为25%~35%,智能化灌溉系统可达40%~50%。节水效益用货币表示可以用水费或者水资源影子价格来衡量。而在一些严重超采地区,节水还能避免地面沉降以及维持生态环境基本流量,可以用替代成本法进行评估。

3.2 经济产出效益评估

衡量标准有以下几个方面:增产效益(单位面积增产比例,%),提质效益(优质果率提高,市场价格更高),省工效益(浇水、施肥、除草等工作量降低),省水节肥效益(化肥使用量减少15%-25%),节能效益(滴灌低耗电比传统灌溉所需扬程更低,而微喷灌或渗灌有可能耗电量更大,须具体情况具体分析)。经济上用增量成本收益法进行计算:增量成本为设备购买、安装、保养以及所增加的电费支出;增量收益为增产、提质、省工、省水、省肥所带来的货币化收益。投资回收期是最重要考虑因素,一般要求不超过2-4年。但是需要说明的是,在不同作物、不同地域间经济收益存在较大差别,例如高附加值水果蔬菜的投资回收期远远小于普通农产品,缺水地区节水效益更为明显。

3.3 生态环保效益评估

其生态效益主要包括:一是缓解农业面源污染问题。水肥一体化技术可以使肥料随着水流到达作物根部,大大减少氮磷淋失。滴灌相比于传统灌溉可以降低40%-60%的氮素淋失量,有利于减少地下水中硝酸盐含量。二是改善设施土壤条件。避免大水漫灌造成的土壤板结以及次生盐渍化现象发生,保持良好的土壤团粒结构和微生物活性^[4]。三是减少温室气体排放。减少灌溉所消耗的电能或者用柴油抽水所产生的二氧化碳排放量(节电带来的碳减排量可以根据当地电网的排放因子来估算);另外还可以减少氧化亚氮(N_2O)排放,因为这种气体主要来自于土壤的硝化作用和反硝化作用,在精确灌溉的情况下可以有效降低这种气体的产生。四是节省耕地面积。节水灌溉省去了田间的输水毛渠,从而提高了耕地利用率2%-5%。以上这些生态效益可以用环境

价值评估的方法(如影子价格法、意愿支付调查法等)进行货币化尝试,为后续开展生态补偿奠定基础。

3.4 社会效益评估

社会效益包括从宏观到微观两个方面。宏观方面:节水灌溉技术的应用可以解决农业用水与生态环境用水之间的冲突问题,有利于该地区的合理利用水资源;增强设施农业的防旱能力,保证蔬菜类等鲜活农产品的有效供应;推动农业现代化发展,促进节水灌溉相关产业的发展壮大。微观方面:减轻农民的工作负担(特别是老年人不需要再提水、整畦等工作),改善工作条件(地面干燥,无泥泞);释放劳动力,让农民可以从事其他工作或者增加经营面积;提高农民的技术水平,使农民有更加科学的灌溉观念和技术。社会效益可以用因素分析法建立指标体系进行衡量也可以用能值分析法将各种不同量纲的影响转化为统一的数量。

4 结语

节水灌溉技术推广需围绕滴灌、微喷灌、渗灌及智能灌溉四种技术的特点与适用范围,从政策引导、技术匹配、服务体系、典型示范及多元投资等角度构建系统方案,并建立涵盖节水、经济、生态与社会效益的多元评价标准。研究表明,节水灌溉在设施农业中具有良好经济与社会效益,有效推广可破解“叫好不叫座”难题。今后应因地制宜、注重实效,依靠政策支持、技术服务、示范引领与资金投入,推动技术由点及面普及,实现农业节水、农民增收与环境保护的多重目标。

参考文献

- [1] 李晓敏. 节水灌溉对设施农业的影响及其产量调控策略研究[J]. 粮油与饲料科技, 2025, (15): 164-166.
- [2] 徐春霞. 设施农业智能灌溉系统节水与经济效益分析[J]. 农业工程技术, 2024, 44(6): 23-24.
- [3] 卯钰箫. 发展我国设施农业节水灌溉技术的对策研究[J]. 新农业, 2023, (13): 94-95.
- [4] 姚光琴. 我国设施农业节水灌溉技术的发展对策分析[J]. 现代农机, 2022, (3): 19-21.