

盐碱地改良中小型水利工程的土壤改良效果评估

王鲁宁

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司, 新疆乌鲁木齐, 830002;

摘要: 为科学测定中小型水利工程在盐碱地改良中的实际功效, 本文搭建“指标体系—评估方法—优化路径”的完整分析架构, 着重考量土壤理化特性、作物生长反馈、生态环境影响三大关键层面, 构建多指标综合评价体系, 明确田间试验、遥感监测、模型模拟等评估办法的适用场景及操作要点, 分析工程种类、运营管理、区域特性等关键影响要素并给出优化对策。

关键词: 盐碱土壤改良; 中小规模水利项目; 暗管排盐

DOI: 10.69979/3060-8767.26.04.045

引言

中小型水利工程是实现盐碱地改良的核心技术依托, 其改良效能直接影响盐碱地的利用价值与农业生产成效。目前评估工作存有指标单调、方式粗疏、无视长效性等弊端, 无法全面体现工程的综合效果。本文抛开背景类繁杂阐释, 径直瞄准评估核心要点, 通过创建科学的评估指标框架、明晰精准的评估办法、分析关键影响因子, 打造覆盖评估全流程的系统性规划, 精准化解评估难题, 为中小型水利工程的优化设计与高效运行提供理论与实践支撑。

1 盐碱地改良水利工程效果评估指标体系构建

1.1 土壤理化性质核心评估指标

土壤理化特性作为衡量改良成效的基础指标, 要聚焦盐碱化关键影响因素与土壤肥力核心成分构建评价体系, 土壤盐分指标宜优先选用 0~20cm 耕层土壤的全盐量, 以盐分组成比例作为补充, 针对苏打盐碱地, 必须重点监测钠离子含量以及碱化度, 针对氯化物盐渍土, 要留意氯离子、硫酸根离子含量, 借助对比改良前后耕层和深层土壤盐分的变化, 评估工程排盐脱盐的成效, 新疆伽师县暗管排盐工程的实践情况显示, 改良之后耕层土壤全盐量从 28.8g/kg 降到 10g/kg 以下, 碱化度降低了 35%, 充分印证了排盐工程对土壤盐分的管控作用^[1]。对土壤物理性质进行监测时, 需关注土壤容重、孔隙度以及含水率, 盐碱地改良之后土壤黏重板结的情况得到改善, 容重应减少 10% - 15%, 总孔隙度要提升到 45%以上, 田间持水量增长 8% - 12%; 除盐分之外的化学性质, 需留意 pH 值、有机质含量以及养分情况, 应

将 pH 值调节到 6.5 - 8.0 这一适宜作物生长的区间, 使有机质含量提高 20%以上, 同时让氮、磷、钾等速效养分含量一同增长。

1.2 作物生长与产量响应评估指标

作物的生长情况是改良成效的直接反映, 应构建“个体生长—群体结构—产量品质”的三级评估指标体系, 个体生长指标选定作物出苗率、植株高度、根系生物量以及抗逆性相关参数, 盐碱地改良完毕后粮食作物出苗率应提升到 85%以上, 植株高度增幅为 15% - 25%, 根系干重提升 30%以上, 与此同时监测叶片叶绿素含量、脯氨酸含量等指标, 评定作物耐盐性的改善状况, 科左中旗玉米田实施改良后, 出苗率自 60%提升到 92%, 株高增幅达 28%, 叶片脯氨酸含量下降了 40%, 作物应对逆境的能力显著提升。

群体结构指标着眼于作物种植密度、叶面积指数 (LAI) 以及群体光合效率情况, 适宜的群体结构能够提高资源利用效率, 改良之后叶面积指数应达到 3.5~4.5; 产量与品质指标选定单位面积产量、千粒重以及品质相关参数, 粮食作物每亩产量应当提高 30%以上, 棉花等经济作物纤维的长度、强度等品质指标应契合行业标准, 伽师县棉花田经节水抑盐灌排工程实施改良后, 每亩产量从 200 多公斤提高到 440 公斤, 纤维长度增长了 1.2mm, 达成了产量与品质的双重提高。

1.3 生态环境协同效应评估指标

生态环境指标要着重考量水利工程对区域水生态及土壤生态的长久作用, 搭建“水资源利用—土壤生态—生物多样性”的综合评测体系, 水资源利用效率指标

选用灌溉水利用系数与单方水产出率,中小型水利工程配备节水技术以后,灌溉水利用系数需提高到0.75以上,单方水粮食产量增长 $0.8\text{kg}/\text{m}^3$ 以上,科左中旗深埋渗灌工程达成了30%的节水量,灌溉用水利用比率达到0.82,每方水玉米产出量提升到 $2.2\text{kg}/\text{m}^3$ ^[2]。土壤生态指标对土壤微生物群落结构与酶活性进行监测,经过改良之后,土壤里细菌、真菌的数量应增加50%以上,脲酶、磷酸酶等水解酶活性需提高25%-35%,以此体现土壤生态功能的恢复状况;生物多样性指标聚焦田间杂草、土壤动物以及有益微生物的种类变动,杜绝单一改良办法造成生态单一化。

2 盐碱地改良水利工程效果核心评估方法

2.1 田间试验与原位监测方法

田间试验作为评定改良成效的基本手段,应当采用“对照区—试验区”配对设计,保证评估结果的客观性与精准性,试验地块需挑选土壤盐碱化程度、地形地貌、土壤类型相同的区域,设立未改良对照区以及不同水利工程类型(像暗管排盐、节水灌溉、灌排结合)试验区,每个处理做3次重复设置,小区面积不得小于 30m^2 ,试验周期得覆盖至少1个完整的种植季时长,关键监测作物生育阶段内土壤盐分的动态情况、水分含量以及作物的生长指标,收获期对产量与品质参数进行测定。原位监测要搭建常态化的监测网络,按照地块大小和工程类型安排监测点位,重度盐碱地每50亩设置1个监测点,轻度盐碱地每100亩设置1个监测点,每个监测点确立0~20cm、20~40cm、40~60cm三个深度的采样层面。借助便携式盐分计实时监控土壤电导率,同时借助实验室检测对土壤全盐量、pH值等指标展开分析;装设土壤水分传感器及水位计,即时记录土壤含水量与地下水水位变动,利用长时间原位的监测,可准确把握土壤盐碱化的动态变化态势,为工程效果的长期有效性评估提供数据支持。

2.2 遥感与GIS技术耦合评估方法

遥感技术可用于大面积盐碱地改良成效的快速评定,能够借助多光谱遥感数据反演与土壤盐碱化相关的指标,达成大范围、非接触式监控,选用Landsat 8、Sentinel-2等卫星影像,提取归一化植被指数(NDVI)、盐分指数(SI)、湿度指数(WI)等特征指标,构建指数与土壤全盐量、作物覆盖度的定量关联模型,反推改

良区域的土壤盐分分布及植被生长情形,针对中小型水利工程的影响区域,可利用无人机高光谱遥感手段,把监测分辨率提升到米级程度,精准把握工程影响区内指标的变化差异^[3]。GIS技术可以实现评估数据的空间形象化与整体分析,把遥感反演成果、田间监测资料与工程布局图进行叠加,搭建盐碱地改良效果空间数据库,借助空间差值探究土壤盐分、作物产量的空间分布态势,辨别改良效果的空间差异性;融合地形、水文等空间数据,剖析区域禀赋对工程效果的效应,在针对新疆27万亩盐碱地改良区的评估工作中,借助遥感与地理信息系统(GIS)的耦合手段,快速判定了暗管排盐工程的有效影响区域与效果梯度改变,为工程的优化布局给予了精确指引。

2.3 模型模拟与综合评价方法

模型模拟途径可达成改良效果的动态预报与多情景研讨,选定契合盐碱地改良评估的专业模型,例如HYDRUS-1D模型用于模拟土壤水分与盐分的运移过程,评定水利工程对盐分洗脱的长期成效;DSSAT模型可整合土壤及作物数据,对不同水利工程方案下的作物生长态势和产量改变情况进行模拟,为方案的优化给予支撑,在科左中旗改良工作中,利用HYDRUS-1D模型模拟深埋渗灌状况下的土壤盐分移动,预计3年后耕层土壤全盐的含量可稳定处于 $5\text{g}/\text{kg}$ 之下,同实际监测的结果相比误差小于8%。综合评判需运用多层次模糊综合评判法,创建包含目标层(改良效果)、准则层(土壤理化、作物生长、生态环境)、指标层(20项具体指标)的评判体系,凭借层次分析法明确各指标权重,结合隶属度函数计算综合评判得分,依据得分将工程效果划分为优秀(≥ 85 分)、良好(70~84分)、一般(55~69分)、较差(< 55 分)四个等级,全方位量化工程改良成效,该方法投入伽师县灌排工程评估中实施呈现,工程综合评定分数为82分,达到优等水平,其中排盐成效与作物产量增长指标得分颇高,生态指标得分相对偏低,为后续优化方向给予了清晰的指引。

3 评估结果优化与工程改进策略

3.1 基于评估结果的工程参数优化

依据评估所察觉的效果缺陷,精确优化水利工程设计参数,增强改良的针对性,若暗管排盐工程经评估表明深层土壤脱盐未达到彻底标准,需要对暗管的埋深与

间距做出调整,重度盐碱地暗管埋深要从1.0m提升至1.5-2.0m,把间距缩短至20~30m,与此同时对管径与坡度予以优化,保证排水流速能够达到0.5m/s以上,增强深层盐分的淋洗成效;若节水灌溉工程在作物生育期出现局部土壤盐渍化现象,得调整灌溉的定额与周期,在作物关键生育阶段加大灌溉频率,采用“少量多次”模式提升洗盐效果。

基于评估数据改进工程组合模式,针对轻度盐碱地采用“滴灌+浅沟排盐”组合方式,减少工程费用;中度盐碱地运用“暗管排盐+保水灌溉”模式,同时实现脱盐与保墒;重度盐碱地采用“冬灌压盐+暗管排盐+节水灌溉”综合举措,减少改良周期。科左中旗依据前期评估成果,将单一排盐工程改进为“原位矿化改良+深埋渗灌+水肥一体化”组合方式,令改良周期从3年减至1年,土壤全盐量得以稳定维持在安全区间。

3.2 强化工程运行管理的精准调控

针对评估中显现的运行管理难题,构建常态化调节机制,搭建“监测—评估—调控”闭环管理架构,每月实施土壤盐分、水分监测工作,每季度开展阶段性效果测评,依照评估结论变更灌溉、排水策略,暗管排盐工程应按期清理管内堆积物,每年实施1次管道清淤,保证排水无阻;节水灌溉工程需按时校准流量、压力传感器,维持灌溉均匀状况,科左中旗借助该管理模式,让渗灌系统运行稳定性提高到90%以上。

提升运维技术教导与人员安置,鉴于中小型水利工程分散性特征,组建村级管理队伍,开展设备操控、故障查找、指标检测等技能培训;设立技术服务热线与现场帮扶机制,化解基层管护困境^[4]。新疆凭借开展8800人次技术培训,极大提升了种植户的工程运维能力,将暗管排盐工程的正常运行比例从75%提升到92%,维护了改良效果的持久性。

3.3 结合区域禀赋的差异化改进

按照不同区域的天然禀赋与评价成果,设定差异化改进举措,若在干旱半干旱区评估得知水资源利用效率欠佳,应加强集雨设施的构建,配置雨水储蓄池与净化器械,使雨水利用率提升至30%以上;同时改进灌溉制

度,应用“非充分灌溉”模式,在确保作物基本需求得以满足的基础上实现最大程度节水。若滨海盐碱地发生返盐现象,应增设隔盐屏障,运用土工膜或者碎石进行隔盐,并配合地下水位管控,将地下水位把控在临界深度以下。

苏打盐碱地重点强化碱化度管控,以水利排盐为依托,配合施用脱硫石膏等改良剂,减少土壤碱化度;氯化物盐碱地关键增强排水功效,杜绝氯离子累积,借助区域差异化革新,令水利工程与当地环境精准契合,增强改良成效的稳定性^[5]。伽师县依照塔里木盆地边缘的区域特性,按照评估结果对灌排时序加以优化,把冬灌压盐时段调整至土壤封冻前15天,增强了压盐成效,同时降低了水资源的浪费。

4 总结

本文创立了囊括土壤理化特征、作物生长反馈、生态环境作用的多维度评估指标体系,明晰了田间测验、遥感监测、模型推演等核心评估方式的应用要点,制定了基于测评结果的工程参数优化、运行管控调整、区域差异化完善策略,构建“指标—方法—优化”的完整评估体系。关键结论如下:耕层土壤含盐量、作物产量、灌溉水利用系数可当作核心评估指标,全方位体现改良工程的综合效果。

参考文献

- [1]薛志军.红崖山灌区盐碱地小型农田水利工程建设中存在的问题与对策[J].农业科技与信息,2019,(22):92-93
- [2]孙浩,赵媛媛,徐成体,等.盐碱地土壤改良方式对燕麦生长性能的影响研究[J].草学,2025,(06):9-21.
- [3]司晓光,张爱君,张晓青,等.耐盐固氮菌剂NY-I的制备及在盐碱土壤中的促生效应研究[J].盐科学与化工,2025,54(12):33-36+40.
- [4]张旭,付饶,白玉锋,等.田菁改良盐碱地研究的CiteSpace可视化分析[J].土壤与作物,2025,14(04):440-451.
- [5]贾磊.智能型高标准农田土壤改良耕作机设计[J].农机科技推广,2025,(11):46-49.