

面向耕地质量提升的土地整治工程精准设计与效益耦合分析

戴惠丹

海南乾晟工程咨询有限公司

DOI:10.32629/as.v9i7.4167

[摘要] 近半个世纪以来,为了满足人口日益增长所产生的需求,现代农业以不断提高土地的集约利用程度和增加农业生产资料的投入量来获得作物的高水平单产。本文以海南省耕地为研究对象,结合耕地质量长期监测数据,系统诊断区域耕地质量现状与空间分异特征,厘清气候淋溶、高强度耕作、失衡施肥等自然与人为驱动下的耕地酸化、养分失调、地力衰退等核心障碍问题,剖析当地现有土地整治模式的短板与不足。在此基础上,构建三级耕地整治分区体系,精准匹配土壤改良、灌排优化、生态修复等差异化整治工程与技术参数,制定科学施工时序及全流程质量管控方案。

[关键词] 耕地质量提升; 土地整治; 精准设计; 效益耦合; 土壤酸化治理; 海南省

中图分类号: S341.1 文献标识码: A

Precision Design and Benefit Coupling Analysis of Land Consolidation Projects for Cultivated Land Quality Improvement

Huidan Dai

Hainan Qiansheng Engineering Consulting Co., Ltd.

[Abstract] Over the past half-century, in order to meet the ever-growing population demand, modern agriculture has continuously increased the intensity of land use and the input of agricultural production materials to achieve high crop yields per unit area. Taking the cultivated land of Hainan Province as the research object, and combined with long-term monitoring data of cultivated land quality, this paper systematically diagnoses the current status and spatial differentiation characteristics of regional cultivated land quality, clarifies the core constraints such as soil acidification, nutrient imbalance, and fertility decline driven by natural and anthropogenic factors including climatic leaching, intensive cultivation, and imbalanced fertilization, and analyzes the shortcomings and deficiencies of existing local land consolidation models. On this basis, a three-level cultivated land consolidation zoning system is constructed, differentiated consolidation engineering measures and technical parameters—such as soil improvement, irrigation and drainage optimization, and ecological restoration—are precisely matched, and a scientific construction schedule and a whole-process quality control plan are formulated.

[Key words] cultivated land quality improvement; land consolidation; precision design; benefit coupling; soil acidification remediation; Hainan Province

引言

海南省位于热带北缘,光热充足、降雨充沛,境内分布国家级南繁育种与冬季瓜菜种植耕地。当地热带气候引发强烈土壤风化、淋溶作用,叠加耕地长期高复种、化肥过量施用,耕地陆续出现土壤酸化、有机质含量偏低、养分配比失调等问题^[1]。2024年海南耕地质量监测数据表明,全省超六成耕地土壤pH值低于5.5。三亚市南繁科研育种保护区十万亩耕地土壤平均pH值为5.64,有机质含量处于四级中下水平,碱解氮、速效钾含量趋近匮乏。

1 海南耕地质量现状与主要障碍因子诊断

1.1 海南耕地质量总体状况与空间分异特征

海南省布设112个耕地质量长期定位监测点,含18个国家级、42个省级、52个市县级监测点,点位平均覆盖6.5万亩耕地,覆盖省内主要耕地土壤类型。全省耕地土壤pH均值5.46,有机质21.53g/kg,全氮1.24g/kg,有效磷85.3mg/kg,缓效钾228.2mg/kg,速效钾65.7mg/kg。按省级及全国九大农区分级标准,土壤pH、有机质、全氮、缓效钾为三级中等水平,有效磷为一级高水平,速效钾为四级较低水平。

三亚市南繁科研育种保护区10万亩监测区域,共设置501个监测点位,土壤pH均值5.64,呈微酸性,有机质14.03g/kg,属四级中下水平,碱解氮62.42mg/kg、速效钾69.62mg/kg,均临近缺乏标准,有效磷26.95mg/kg,含量丰富。区域内39.3%点位土壤紧实黏重,32.9%点位土壤过酸,17.2%点位有机质缺乏,48.3%点位碱解氮缺乏,42.1%点位速效钾缺乏,土壤pH呈逐年下降趋势。海南耕地质量存在明显区域差异,琼北土壤酸化突出,琼东存在土壤退化问题,琼西受干旱、盐渍化影响,琼南为南繁核心区域,三亚各片区土壤pH介于5.74~6.02之间。

1.2 耕地退化的主导驱动因子识别

海南耕地质量退化的自然驱动因子源于区域热带海洋性气候特征。区域年均降水量1500~2500 mm,高温高湿环境会加速土壤有机质分解,强化土壤脱硅富铝化进程,造成土壤整体偏酸。高强度降水持续淋溶土壤中Ca、Mg、K等碱性阳离子,造成土壤内 H^+ 、 Al^{3+} 富集,持续推进土壤酸化。2024年海南耕地质量监测数据显示,区域土壤酸化问题普遍存在,pH<5.5的土壤样本占比达61.6%,可引发土壤板结、作物养分吸收受阻等土壤问题。

人为驱动因子集中于耕地利用方式与施肥模式。海南人均耕地资源匮乏,三亚市人均耕地面积仅0.55亩,耕地地块细碎分散。全省耕地复种指数常年接近200%,土地利用强度较高。耕地生产中有机肥投入偏少,尿素、过磷酸钙等酸性肥料过量施用,加剧土壤酸化与有机质损耗。全省57.1%的监测点土壤有机质含量低于20 g/kg,处于较低水平;53.6%的监测点速效钾含量不足50 mg/kg,供钾能力偏弱。区域土壤有效磷平均含量85.3 mg/kg,达一级高水平,52.7%的样点有效磷含量超40 mg/kg,有效磷过量积累,耕地土壤养分分布失衡。

1.3 现有土地整治模式的成效评估与问题剖析

海南省近年来开展多项土地整治相关实践。澄迈县作为海南土壤三普试点县,2023年纳入农业农村部全国酸化耕地治理重点县名录。该县针对pH<5.5的强酸性耕地,规划三年完成24万亩次耕地治理,采用秸秆还田配施有机肥、秸秆还田配施有机肥与土壤改良剂两种改酸模式,2024年12月前累计开展69场相关技术培训。海南省农业农村厅落地耕地修复改良与高效施肥技术研究及示范推广项目,定安县龙门镇推进国家级全域土地综合整治试点,通过表土剥离、挖高补低等精细化施工,改造800亩火山岩荒地。

海南现有耕地土地整治工作存在多项短板。土地整治分区无精准化科学支撑,工程设计与耕地质量障碍因子的匹配度不够清晰。整治效益评估维度单一,仅覆盖粮食增产范畴,未纳入土壤生态修复、农户增收、碳汇增益等相关指标^[2]。各效益要素的协同与权衡关系暂无定量分析支撑,现存短板直接影响耕地整治方案的适配性。

2 面向耕地质量提升的土地整治工程精准设计

2.1 基于障碍因子诊断的整治分区方法

耕地精准整治的首要环节为科学化、精细化整治分区。本

研究依托耕地质量等级评价、主导障碍因子识别、整治潜力评估三类内容,搭建耕地整治分区三级指标体系。一级指标为耕地质量等级,结合土壤pH、有机质含量、有效土层厚度、灌溉保证率等参数综合划分优先、重点、一般三类整治区域。二级指标为主导障碍因子类型,耕地质量障碍分为酸化主导型、贫瘠主导型、养分失衡型、结构不良型、灌溉不足型五类。三级指标为整治技术适配性,对应各类障碍因子匹配专属整治工程技术组合。澄迈县依托土壤普查成果,细化酸化耕地治理单元,搭配两种差异化培肥改酸技术模式。三亚市南繁保护区依托地块监测数据划定酸化地块细化范围,以土壤pH值5.5为调控标准,对酸性耕地地块施用生石灰调节土壤酸碱度。

2.2 整治工程类型的优选与技术参数确定

耕地整治需结合不同分区类型匹配对应整治工程,工程分为土壤改良、灌排、田块整治、田间道路、生态缓冲五大类别^[3]。土壤改良工程包含施加石灰或土壤调理剂调节土壤pH、配施有机肥、施加生物炭改良土壤结构等作业内容。灌排工程涵盖灌溉渠道修筑、排水沟疏浚、泵站搭建等内容。田块整治工程包含表土剥离与回覆、田块归并、坡改梯等作业。田间道路工程以生产路、机耕道建设为主。生态缓冲工程包含农田防护林、生态沟渠建设。整治技术参数依据区域耕地实际条件确定,澄迈县pH值低于5.5的强酸性耕地,按土壤交换性酸含量核算石灰施用量,依据土壤有机质缺失情况确定有机肥施用品类与用量。三亚市南繁基地紧实黏重土壤,采用免耕、少耕耕作模式,搭配绿肥与作物轮作模式。耕地缺氮地块,有机质含量充足时施用绿肥类新鲜有机肥,有机质匮乏时施用富含木质素的有机肥。

2.3 施工时序安排与质量管控体系

土地整治精准设计包含空间维度的分区规划、工程选型,以及时间维度的施工时序排布与全流程质量管控工作。施工时序遵循先基础设施施工、后土地改良,先障碍治理、后土壤培肥的原则。定安县龙门镇全域土地整治项目2023年6月开工,工序依次为表层耕作土壤剥离保护、火山岩清理与田块平整、灌溉泵站、引水沟渠及生产道路建设、耕作土回覆与土壤改良作业。质量管控分为施工前、施工中、施工后三个阶段,施工前开展土壤精准检测,分析土壤退化诱因,编制针对性土壤改良方案,海南地区土地整治采用产前检测、产中治理、产后勤验的全流程管理模式,施工中对核心工序开展现场监督与技术参数复核,施工后开展项目核验与情况复盘工作^[4]。

3 土地整治工程效益的多维耦合分析

3.1 效益要素的识别与分类体系构建

土地整治工程效益具备多维属性,单维度评估无法覆盖工程全部效益内容。现有土地整治工程效益包含粮食产能、土壤生态、农户收入、碳汇增益四个维度。粮食产能维度对应单位面积粮食产量变动与耕地质量等级变动。土壤生态维度关联土壤pH值、有机质含量、土壤结构、农田生物多样性等土壤理化及生态指标状态。农户增收维度涉及农业生产收益、生产投入

成本、土地资源利用效率相关指标变化。碳汇增益维度对应土壤有机碳储量数据与农田温室气体排放数据的变动情况。四大效益维度不存在完全割裂的状态,各维度之间存在多层关联与相互作用关系,可通过耦合分析方法开展各维度关联特征的专项探究。

3.2 效益要素间的耦合机制与相互作用路径

效益要素的耦合关系分为协同效应与权衡效应两类。协同效应指单一效益提升可带动其他效益同步增长,秸秆还田配施有机肥的方式,可提高土壤有机质含量、改良土壤结构,助力作物根系生长与养分吸收,合理配施有机肥可使作物产量提升5%至20%、土壤有机质相对含量提升5%。澄迈县秸秆还田搭配有机肥与土壤改良剂的组合方式,可改变土壤pH、作物产量及土壤养分状况,土壤生态的改变可同步提升农田生态系统碳汇能力,形成粮食产能、土壤生态、碳汇增益的同步变化。权衡效应指单一效益提升会伴随其他效益的损耗,过量施用化学改良剂可短期提升土壤pH与粮食产量,长期施用会改变土壤微生物群落结构,改变土壤生态系统自我调节状态^[5]。大规模土地平整作业可扩充有效耕地面积,同时会破坏原有土壤剖面结构与生物栖息环境,引发生态相关要素的变动。

3.3 基于耦合分析的整治方案优化路径

依托效益耦合分析结果开展耕地整治方案多目标调校,以粮食产能提升为基础,兼顾土壤生态修复、农户增收、碳汇增益维度,缩减各效益要素间的权衡偏差。筛选具备多重协同属性的工程技术搭配模式,生物有机肥与土壤调理剂搭配施用,可同步完成土壤酸度调节与地力培育,澄迈县田间试验样本可佐证该技术搭配对土壤酸碱度、粮食产量及土壤养分的适配属性。依据耕地酸化退化程度划分整治梯度,轻度酸化耕地适配绿肥轮作、有机肥增施等低强度处置方式,三亚南繁保护区以土壤有机质15g/kg为参照标准,匹配有机肥施用、少耕免耕等适配性耕作方式,重度酸化耕地搭配石灰、土壤调理剂等高强度处置手段。全程跟进各效益维度动态变化,参照海南省产前检测、产中治

理、产后核验的全流程管控模式,适配整治过程中的方案动态调校需求。

4 结语

耕地地力的恢复和提升需要较长时间,是惠农强农的有效途径,是确保热带现代农业永续健康发展的根本措施。本文系统厘清了海南耕地质量退化的自然与人为双重驱动机制,明确了土壤酸化、养分失衡、地力贫瘠等核心障碍因子,结合区域耕地空间分异特征,构建了精准化耕地整治分区体系与适配性工程技术方案,搭建了多维度效益耦合分析框架。研究破解了海南传统土地整治精准度不足、效益评估单一等痛点,厘清了耕地整治各效益维度的协同与权衡关系。研究成果可为海南南繁育种基地及全省耕地提质改良提供科学支撑,对保障热带耕地资源可持续利用、稳固粮食产能、兼顾生态修复与农业增效具有重要实践价值。

[参考文献]

- [1]陈琪.海南自贸港耕地保护的挑战与差异化治理路径[J].农业工程技术,2025,45(35):98-99.
- [2]张天斌,陈法静,陈川峰,等.三亚市耕地质量等级年度变更评价及质量提升[J].热带农业科学,2024,44(3):37-40.
- [3]李玉浩,王红叶,张骏达,等.华南区稻田耕地质量空间分布与产能提升潜力[J].中国生态农业学报(中英文),2023,31(10):1613-1625.
- [4]王澎,邓卫哲.海南高质量推进高标准农田建设[N].农民日报,2023-04-08(006).
- [5]赖积栋.海南琼中推进全域土地综合整治试点[N].中国自然资源报,2022-10-27(004).

作者简介:

戴惠丹,女,海南人,硕士,高级工程师,主要研究方向:全域土地综合整治、耕地保护和耕地开垦、土地整治规划和设计、生态修复。