

ICS 13.080.01

CCS B13

T/SSSC

中 国 土 壤 学 会 团 体 标 准

T/SSSC 038—2026

南方潜育稻田土壤增氧减酸改良技术指南

Guidelines for Soil Oxygenation and Acidity Mitigation Technologies in Gleyed
Paddy Fields of Southern China

2026 - 09 - 23 发布

2026 - 09 - 23 实施

中国土壤学会 发 布

目 次

前 言	II
1. 范围	1
2. 规范性引用文件	1
3. 术语和定义	1
4. 潜育稻田增氧减酸改良措施	3
5. 改良效果评估	5
附录 A 生物炭基改良剂推荐施用量表	7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国土壤学会提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所、广东省农业科学院农业资源与环境研究所、华南农业大学。

本文件主要起草人：刘俊琢、黄巧义、刘忠珍、谢丽娟、王远、徐灵颖、蒋少军、刘勤、吴永红。

南方潜育稻田土壤增氧减酸改良技术指南

1. 范围

本文件规定了潜育稻田土壤增氧减酸改良相关术语、定义和技术要点。

本文件适用于我国南方潜育稻田土壤增氧减酸改良，具有相似土壤障碍因子的农田可参照执行。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 38400 肥料中有毒有害物质的限量要求

GB 4404.1 粮食作物种子 第1部分：禾谷类

GB/T 38073 腐植酸原料及肥料术语

GB/T 36197 土壤质量土壤采样技术指南

GB/T 17891 优质稻谷

GB/T 33469 耕地质量等级

NY/T 1121.1 土壤检测 第1部分：土壤样品的采集、处理和贮存

NY/T 1121.2 土壤检测 第2部分：土壤pH的测定

NY/T 1121.4 土壤检测 第4部分：土壤容重的测定

NY/T 1121.6 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定

NY/T 1121.7 土壤检测 第7部分：酸性土壤有效磷的测定

HJ 746 土壤质量 氧化还原电位的测定 电位法

DB43/T 3134 稻田土壤酸化治理技术规程

DB3201/T 1233 稻田施用生物炭技术规程

DB32/T 4677 周丛生物综合调查与分析测试技术规程

DB32/T 1093 水稻产量现场测定操作规程

3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

潜育稻田 Gleyed paddy fields

潜育稻田是长期受地下水、山泉水或田间积水浸润，土体长期处于持续性强还原厌氧环境，耕作层或犁底层以下形成明显潜育层（青灰色、蓝灰色黏泥层）的水稻田，属于水稻土

中潜育化亚类，又称冷浸田、烂泥田、青泥田。该类稻田主要分布在山丘谷地、平原湖沼低洼地带，具有渍水厌氧、微生物群落失衡、有机质矿化度低、有效磷含量低等特征。

3.2

增氧减酸 Increase oxygen to reduce acidity

调节耕作层 0~20 cm 土壤氧化还原电位不低于 100 mV，通过加快有机酸分解将土壤 pH 提升 0.5 个单位以上。

3.3

水-土-生-肥多途径调控增氧 Multi-path oxygenation through water-soil-organism-fertilizer integration

针对潜育稻田长期渍水导致土壤持续缺氧和还原障碍而构建的系统增氧调控技术。该技术通过优化灌排工程调控田间水分（水）、施用改性生物炭基肥持续增氧并改善土壤孔隙结构（土、肥）、培育周丛生物进行光合释氧（生）、筛选耐冷泌氧水稻增强根系径向泌氧（生）等多途径协同增氧，重建耕层氧化还原环境，改善土壤通气条件，消除还原性障碍，促进土壤健康与养分高效循环。

3.4

智能灌排 Smart irrigation and drainage

以传统灌排工程为基础，融合物联网感知、大数据分析、人工智能决策和自动化控制等现代信息技术，对田面水层、土壤水位及相关环境参数进行实时监测、智能决策和精准调控，实现稻田水分过程的自动化管理，提高水资源利用效率，优化土壤水气环境，为作物生长和农田生态功能提升提供精准水分保障。

3.5

改性生物炭基肥 Modified biochar basal fertilizer

以生物炭为主要载体，复配过氧化钙制成的具有增氧及补碳功能的肥料。

3.6

错位补碳培肥 Displaced carbon supplementation and fertilization

根据土壤剖面功能分异，采用分层定向施碳策略，在耕层上部（0~20 cm）施用腐植酸类生物有机肥，促进土壤有机质转化与养分活化；在耕层下部（20~30 cm）施用改性生物炭基肥，改善土壤结构并增强碳汇能力，构建兼顾固碳沃土、养分扩容增效和耕层质量提升的分层培肥模式。

3.7

周丛生物 Periphyton

淹水环境下附着生长于固体基质表面的藻类、细菌、原生动物和后生动物等微生物及其代谢产物和有机碎屑交织在一起形成的聚合体，周丛生物在稻田中普遍存在，可通过光合放氧影响土壤微域氧环境、微生物代谢活性及养分转化等。

3.8

复合载体 Composite carrier

以过氧化钙、淀粉、聚丙烯酸钠按质量比 100:10:1 混合造粒、乙基纤维素包膜制备的颗粒状功能材料；可在稻田土壤表层留存 7 d 以上，既能改良土水界面氧化还原环境，又可作为固体附着基质招募土壤细菌与藻类，促进周丛生物形成。

3.9

潜育稻田专用解磷菌肥 Phosphate-solubilizing bacterial fertilizer specially for gleyed paddy soils

以潜育稻田表层土著微生物为菌种来源，采用卵磷脂及磷酸钙液体培养基定向富集筛选获得解磷功能菌群，经扩繁、载体吸附制成的活体微生物肥料；适配潜育稻田低温、长期厌氧、亚铁富集、闭蓄态磷大量累积的土壤特征，可分泌有机酸、磷酸二酯酶等物质，同步活化土壤磷脂类有机磷与铁铝结合态无机磷，专门用于改良潜育水稻土。

3.10

耐冷泌氧水稻 Cold-tolerant and oxygen-secreting rice cultivars

能够在低温（12~18℃）条件下保持较高根系活力，并持续通过根系径向泌氧向根际释放氧气，从而改善根际氧化还原环境、维持养分循环和保障植株正常生长的一类水稻品种。

4. 潜育稻田增氧减酸改良措施

4.1 智能排水增氧

4.1.1 智能调蓄增氧系统构成

a) 灌溉系统：包括用于引水、输水和配水的主干渠、支渠、斗渠及田间进水口等。

b) 排水系统：包括用于汇集和排出田间多余地表水和土壤水的毛沟、斗沟、支沟、干沟及最终排水口。沟道应呈梯级布局，上下级沟底高程应有明确落差。

c) 田间调蓄结构：设置在沟渠系统中的用以控制水位、调节流量的工程设施。主要包括：节制闸/堰：用于控制各级田面和沟道的水位。跌水/陡坡：设置于上下级排水沟衔接处，通过水流跌落实现充氧。生态调蓄塘/湿地：位于排水系统末端或适宜位置，用于汇集、存蓄和净化尾水。

d) 智能监测与辅助设施：包括水位传感器、流量计、土壤氧化还原电位（Oxidation-Reduction Potential, ORP）传感器等监测设备，以及自动化控制的闸门等。

4.1.2 规划设计要求

a) 总体布局：应基于高精度地形图（如 1 m×1 m 分辨率 DEM 数据）进行规划，灌排系统应与等高线大致平行或以小角度相交，充分利用自然高差。排水系统应布局在田块的最低处，确保排水顺畅，避免产生新的渍水点，各级田块的出水口应直接与下一级排水沟相连。生态调蓄塘的选址宜在片区的下游洼地，其容量设计应能满足调蓄目标区域内设防标准下的产流峰值。

b) 排水沟系设计：毛沟：间距宜为 10~20 m，沟深应低于田面 30~50 cm，以有效降低晒田期土壤水位。斗沟及支沟：应根据汇水面积和设计流量确定断面尺寸，确保能顺畅排出上游来水。梯级落差：为达到排水增氧效果，相邻两级排水沟（如毛沟与斗沟，斗沟与支沟）的衔接处应设置明确的高度落差。落差高度宜为 20~40 cm，并应在跌水处采取堆放生态袋等必要的防冲刷措施。沟道边坡：宜采用生态型护坡，如耐淹草皮护坡，以增加稳定性并改善田间生态。

c) 调蓄结构设计：节制闸/堰的设置应能实现对各级田面水位的独立调控，满足水稻不同生育期对水层的需求（如分蘖期的浅水灌溉，晒田期的彻底排干）。生态调蓄塘的设计应包含进水口、出水口、溢流口，并考虑设置沉砂区和水生植物种植区以净化水质。

4.1.3 运行与调控

a) 晒田期调控(关键增氧减酸期)：在水稻分蘖末期至幼穗分化前，应执行强制性晒田。打开各级排水沟的节制闸门，利用梯级排水系统快速排干田面积水。晒田标准以田面开裂、人行不陷脚为宜，目标是使土壤表层(0~15 cm)的氧化还原电位(ORP)提升至 50~150 mV。此期间应避免灌溉。

b) 灌溉期调控：采用浅、湿、干间歇灌溉模式。灌溉时关闭排水口，保持田面 2~4 cm 的浅水层。在自然落干至田面无水层后，间隔 1~2 天再进行下一次灌溉，通过干湿交替为土壤补给氧气。

c) 暴雨期调控：暴雨来临前，可预先降低各级沟道和田面水位，以腾出库容。暴雨发生时，系统应能快速汇集和排出多余径流至生态调蓄塘，避免田间长时间（超过 24 小时）淹水（>2~3 cm）导致强还原状态。调蓄塘中存蓄的雨水可在后续干旱期作为补充灌溉水源。

4.2 土壤补氧降酸与培肥

4.2.1 改性生物炭基肥复配

根据附录 A 的推荐用量，将生物炭、过氧化钙等复配成改性生物炭基肥。

4.2.2 改性生物炭基肥增氧降酸及错位补碳培肥

在泡田前以间隔 1~2 m 开沟深翻形成补氧降酸沟，深翻至潜育层（一般为 30 cm 左右），施用改性生物炭基肥后进行翻耕，其施用量参照附录 A，将土壤翻耕整平，通过过氧化钙缓慢释氧对潜育层土壤进行补氧。然后，按土壤酸化程度撒施腐植酸类生物有机肥 6~9 t/ha（其中，腐植酸≥15%、有机质≥45%、有效活菌数≥2 亿/g）；撒施后通过浅翻耕将其施入耕作层（0~20 cm）。休耕期间，应在寒冬或者盛夏排干积水进行深耕（18~22 cm）翻土晒垡，隔 10~20 d 再翻耕一次。

4.3 生物产氧降酸与磷活化

4.3.1 周丛生物复合载体施用

在水稻秧苗返青后（插秧后约 7~10 天），在稻田土壤表层撒施复合载体，该复合载体应在土壤表层存留 7 天以上，在改善土水界面氧化还原环境的同时招募土壤细菌及藻类，为着

生藻类提供固体附着基质，促进其快速聚集和生长形成周丛生物，实现长效光合产氧降酸并提高土壤好氧微生物数量与活性。复合载体推荐以 75%过氧化钙、淀粉、聚丙烯酸钠为原料，按照质量比 100:10:1 混合并造粒，再以乙基纤维素包膜延长其在稻田中的存留时间。根据潜育化程度的不同，复合载体的推荐施用量为 300~800 kg/ha。该复合载体不能替代化肥，肥料应按种植区域推荐用量施用。

4.3.2 潜育稻田专用解磷菌肥施用

在水稻进入分蘖期后（插秧后约 15 天）将潜育稻田专用解磷菌肥撒入稻田，施用量为 220~250 kg/ha，施用后 7 天内不排水。通过周丛生物光合放氧改善潜育化水稻土氧化还原环境并分泌多糖、氨基酸，为施入解磷菌增殖创造合适的生长环境，以实现有机磷矿化及闭蓄态磷活化，提高土壤有效磷含量。为提高解磷菌活性，该解磷菌肥的菌种应来自潜育稻田土壤，通过加入卵磷脂、磷酸钙及水稻秸秆诱导解磷微生物快速生长，有效活菌数应不小于 0.2 亿 CFU/g。

4.4 水稻根系泌氧降酸

4.4.1 耐冷泌氧水稻品种选用

选用耐冷泌氧品种，在低温（<18℃）低氧（充氮气并淹水 5 cm 深度）萌发不同品种的水稻种子，7 天后测定不同品种水稻幼苗芽的长度，计算萌发率；用微电极法测定不同品种水稻根系泌氧量。选择萌发率高（>80%）且幼苗芽长和根系泌氧量高的品种为耐冷泌氧水稻品种。种子质量应符合《粮食作物种子 第 1 部分：禾谷类》（GB 4404.1）的规定，以便于推广应用，并达到《优质稻谷》（GB/T 17891）的要求。

4.4.2 水稻栽培

耐冷泌氧水稻品种可适当密植，秧苗移栽种植行距小于 24 cm，穴距小于 12~14 cm，插秧深度 1~2 cm，每穴插栽 6~8 株秧苗。

5. 改良效果评估

5.1 增产效果评估

如需评估水稻增产效果，应设置明确的对照组（常规改良方法、原有主栽品种）与试验组（智能灌排调蓄增氧、改性生物炭基肥补氧、周丛生物产氧或耐冷泌氧水稻品种）进行对比。

水稻产量现场测定参照《水稻产量现场测定操作规程》（DB32/T 1093），操作中需确保单个处理区作物独立收割，避免混杂。

5.2 土壤指标测定与肥力提升效果评估

如需评估土壤改良效果，应参照 5.1 设置明确的对照组与试验组，并在上一季作物收获后，下一季作物整地施肥之前完成土壤采样。每个处理区按“棋盘法”取≥15 个点位混合样，采样深度为 0~20 cm，样品采集应符合《土壤质量土壤采样技术指南》（GB/T 36197）。测定

土壤氧化还原电位、pH、容重、总有机碳、碱解氮、有效磷等，具体测定方法参考 《土壤检测》（NY/T 1121），基于上述指标评估土壤改良效果。

附录 A 生物炭基改良剂推荐施用量表

(资料性)

方法类别	土壤质地	生物炭 ¹ (kg/ha)	过氧化钙 (kg/ha)	施用方法
土壤补氧降酸法	砂土	1500~1800	600~750	深翻后撒施，然后翻耕整平
	壤土	1800~2250	750~900	
	黏土	2250~2700	900~1200	
1. 采用局部处理（如重度潜育化斑块或酸化严重）的方式增加用量 20%~30%。				