

《红壤旱地长效抑酸与油菜丰产栽培技术》编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

根据《中国土壤学会团体标准管理办法（试行）》规定，经自愿申请、专家评审论证，评定《硅钙镁调理剂长效抑酸与红壤旱地油菜丰产技术》团体标准符合立项要求，中国土壤学会于2025年07月08日准予立项并下达制定工作任务，牵头单位为中国科学院南京土壤研究所。

1.2 制定背景

长期不合理的农业高强度利用加剧了红壤旱地土壤酸化，导致土壤有机质含量低、养分有效性弱、微生物活性差等障碍问题突出，严重制约了红壤旱地产能提升。因此，研发适用于坡耕地红壤长效控酸培肥技术以及构建作物丰产的农田管理模式，对于保障国家粮食安全具有重要意义。要实现土壤酸化的长效控制，需要在石灰类物质改良土壤现有酸度的基础上，利用硅酸盐缓慢溶解过程，持续消耗质子以中和农业利用产生的酸性物质。同时，还需从人为酸化的源头入手，减少质子的产生，通过施用碱性肥料，如钙镁磷肥、有机肥等中和作物种植过程产生的酸性物质。通过这些综合措施，有望实现低成本且长效的土壤酸度控制，同时提升土壤有机质和矿质养分含量。然而，截至目前，相关的规范性操作方法仍不明确。此外，油菜作为一种重要的油料作物，在南方红壤区广泛种植，但其生长对土壤酸度极为敏感，消除红壤酸害是提高油菜产量的关键举措。因此，针对红壤旱地油菜种植制度，制定基于红壤旱地长效控酸培肥与油菜旱地丰产的技术规范显得尤为必要。

1.3 协作单位

岳阳市农业科学研究院、江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所、中国科学院亚热带农业生态研究所、井冈山农业科技园管理委员会。

1.4 主要工作过程

1、预研与立项阶段：针对南方红壤坡耕地酸化严重（ $\text{pH}<5.5$ ），导致铝锰毒害大、钾钙镁养分贫瘠、有机质含量低等突出问题，目前常用的石灰类物质中和土壤酸度效果虽快，但长效性不足，且易造成镁钾磷等养分缺乏以及有机质下降。通过施用以石灰类与硅酸盐类矿物为主且富含硅钾钙镁等养分的多功能酸性土壤调理剂，利用石灰类物质快速降低土壤酸度，同时发挥硅酸盐等持续缓解耕作过程的酸化作用。配合有机肥替代20%-40%的化学氮肥、优化耕作制度，可实现土壤适宜 pH 值长效维持4-6年、提高土壤养分和有机质含量、改善土壤结构与保水保肥性能，实现土壤酸化长效治理与作物丰产。

2. 起草阶段：组建工作组，由土壤学专家、农业科研机构、田间管理单位及企业代表组成起草组，确保技术科学性与实践可行性。依据标准化原则编写标准草案，包括技术内容、术语定义等。内部讨论与修改。通过工作组内部多轮研讨，

形成《硅钙镁调理剂长效抑酸与红壤旱地油菜丰产技术》征求意见稿。

3. 征求意见阶段：公开征求意见，将草案挂网公开征集意见（通常为1个月）。汇总反馈并修改草案，争议内容需协商一致或投票表决。

后期还有审查与批准、发布与实施阶段。

1.5 起草组成员及其所做的主要工作

李九玉：统筹标准制定全过程，拟定总体实施方案与技术路线；协调各参与单位，组织关键节点审查会议与全体工作会议负责标准文本的最终审核与定稿。

时仁勇：提出“长效抑酸”核心理论框架，设计抑酸—丰产一体化技术方案；基于土壤 pH 提升需求量和硅钙镁调理剂的酸中和能力，精准测算施用量；主持长期定位试验，采集土壤与作物数据，攻克关键技术难点并完成可行性验证。

张红霞：完成标准草案至送审稿的多次迭代修订，建立标准文本质量控制体系，统一格式规范；系统处理专家反馈意见，形成闭环修改记录表；按土壤学会要求完成最终文本编排。

文炯：与时仁勇共同推进长期定位试验，系统获取土壤—油菜连续观测数据，完成调理剂施用效果年度评估报告，为技术可靠性评估提供数据支撑。

陈金：布设系列田间试验，解析钙镁磷肥、有机肥等碱性物料在阻控酸化、提升有机质及矿质养分方面的协同效应，为低成本、长效抑酸方案提供关键参数。

李薇：具体实施油菜种子繁育、不同比例改良剂梯度施用及长期定位试验操作，负责土壤与作物样品采集，确保试验数据完整、可追溯。

刘明：对接区域农业生产需求，提出场景化修改意见，保障标准在实际生产中的适用性与可操作性。

刘锋：构建统计分析模型，处理多源试验数据，量化关键技术参数，为标准技术指标的确定提供科学依据。

伍亮：指导团体标准编写规范，审查术语、结构及合规性，确保文本符合最新团体标准要求。

二、标准编制原则和确定标准主要内容

2.1 标准编制原则

本标准按照《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）起草文本，确保标准的规范性。编写制定过程中，立足于农业生产实际，有广泛的适用基础，同时具备科学性、适用性和先进性的原则。针对红壤旱地“酸、瘠、旱”三大障碍，以“长效抑酸”为突破口，同步实现油菜高产稳产。将土壤化学调理—地力培育—作物养分管理纳入同一技术体系，强调“抑酸-培肥-增产”三位一体。通过长期定位试验、设置不同调理剂水平的验证试验，测定土壤-植株配对样本的 pH 数据。在保证抑酸效果的前提下，将年均新增投入控制在农户接受的区间。

本实验所有投入品符合 NY/T 3443 石灰质改良酸化土壤技术规范，NY/T 525 有机肥料，NY/T 3034 土壤调理剂 通用要求，GB/T 20412-2021 钙镁磷肥等强制性或推荐性标准；重金属符合 GB/T 23349 肥料中砷、镉、铅、铬、汞

生态指标。

2.2 标准主要内容的确定依据

2.2.1 技术指标与参数

地下控酸培肥：以耕地土壤类型和油菜种植制度为切入点，先测定耕层起始 pH，再依据 NY/T 3443 计算石灰性物质理论需求量，硅钙镁调理剂根据其氧化钙、氧化镁含量折算成等效石灰类物质的施用量，按下列分级施用：红壤旱地酸化严重（pH 常 < 4.5），200~300kg/667m²；当土壤酸化为 4.5 ≤ pH ≤ 5.0，需要施用硅钙镁调理剂 100~200kg/667m²；当土壤酸化为 5.0 ≤ pH ≤ 5.5，需要施用硅钙镁调理剂 50~100kg/667m²。基于湖南汨罗的长期定位试验，此用量可维持 pH 稳定 3 年以上，油菜产量得到保证。

地上耕作栽培：实现油菜全程机械化生产，通过肥料条施减少养分流失；结合深耕改善土壤结构，增强蓄水抗旱能力；实现油菜产量显著提升。

2.2.2 性能要求

抑酸长效性：改良后 pH 值 3 年内波动不超过 ±0.5（长期定位试验结果支持）。

2.2.3 公式与计算

参照 NY/T 3443 的标准计算石灰类物质施用量，硅钙镁调理剂根据其氧化钙、氧化镁含量折算成等效石灰类物质的施用量。具体如下：

测定待处理土壤的酸缓冲容量，记作 pHBC，单位为 mmol/kg/pH；测定待处理土壤初始 pH，记作 pH_{ini}；确定对应调理剂的酸中和容量，记作 C，单位为 mol/kg；将土壤处理后的预期 pH 记作 pH_{tar}，取值为 5.0-6.0；然后根据公式（1）计算多功能酸性土壤调理剂的田间预计用量 M，单位为 kg/亩；

$$M = \text{pHBC} \times [(\text{pH}_{\text{tar}} - \text{pH}_{\text{ini}} - 0.1307) / 0.6346] \times 173.16 / C \quad (1)$$

2.2.4 试验方法

抑酸效果测试：采用连续 4 年定点监测，按土壤 pH 测定的标准方法执行。同时测定油菜产量，排除边际效应。

2.2.5 检验规则

抽样比例：每 10 公顷按“S”形布设 5 个样点，每点取 0 - 20 cm 混合样 1 kg，确保空间代表性。

合格判定：pH、产量两项核心指标均达标即为合格。

2.2.6 新旧标准对比：无旧标准。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益

综合直接投入成本、运营成本及经济效益进行治理成本分析，相较于单一施用石灰的常规模式，本技术模式增加的经济收益能抵消较高的初始投入，综合治理成本与效益比显著占优（表 1）。具体治理成本分析如下：直接投入成本主要包括多功能酸性土壤调理剂和栽培管理等投入费用。根据土壤酸化程度，土壤调

理剂一次性基肥施用，年均投入并不会增加，最终实现油菜增产。

2022 年，在湖南省汨罗市桃林寺镇亦仁村，建立丘陵区红壤坡耕地酸化土壤改良与油菜丰产种植技术模式示范区，面积 1050 亩。该地土壤是第四纪红色粘土发育红壤，示范区建设前，坡耕地土壤 pH 值在 4.5-4.8 之间、有机质缺乏（<1.5%），属于《耕地质量等级》（GB/T33469-2016）划定的七等地，主要障碍为强酸、瘠薄、铝毒，主要种植农作物是油菜、玉米，亩产不足 150 公斤；示范区内坡耕地还存在坡度大、水土流失严重等突出问题。

实施 2 年后，土壤 pH 均值从 4.5 提升至 5.1，交换性酸降低 76.6%，有机质含量从 1.20g/kg 增至 1.45g/kg，交换性钙、镁、钾分别提高 138.4%、72.3%和 29.7%。减少化肥用量 30%，有效降低面源污染风险。作物增产显著，油菜增产高达 34.9%，实现年均纯收益 700 余元/亩，比单一施用石灰方式提升 100 余元/亩。千亩示范区内年油菜增产量达 46.2 吨，按人均食用油年消费量 10 kg 计，可满足 4600 余人年度需求。依靠“科技赋能+政策协同”，最终实现了“抑酸-丰产-固碳-抗蚀”多重目标，为江南丘陵红壤坡耕地治理提供可复制的“汨罗样板”。

四、标准涉及的相关知识产权说明

本文件设计专利：时仁勇;程欢;李九玉等. [P].中国. ZL 2024 1 1435975.7. 2025. 一种多功能酸性土壤调理剂及其制备与应用方法。专利权人已同意以“合理且无歧视”条件对本文件许可。本标准在编制过程中已充分尊重并规范引用相关知识产权。

五、采用国际标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系

该文本未采用国际标准。目前，国际上尚缺乏针对红壤（酸性土壤）长效控酸培肥的技术标准。在全国标准信息公共服务平台上检索“土壤酸化”，仅有行业标准《石灰质改良酸化土壤技术规范》（农业，NY/T 3443-2019），以及地方标准《稻作/山地烟区土壤酸化治理技术规程》（湖南，DB43/T 3136-2024 和 DB43/T 3135-2024）等。此外，还有针对特定经济作物如茭白（丽水，DB3311/T 209--2022）、果园（威海，DB3710/T 106-2020）、茶园（江西，DB36/T 1140-2019）等的标准。这些标准的适用范围和针对性与本标准存在明显差异。此外，上述标准仅聚焦于土壤酸化的改良，未充分考虑长效控酸与酸敏感作物（如油菜）的种植需求。检索“油菜种植”，现行地方标准主要针对油菜直播（DB3304/T 062.2—2021）、飞播（安徽，DB34/T 4472-2023）、水肥一体化种植（哈密，DB 6505/T 200—2024）等的播种和种植的规程。现行的相关标准由于地域性和针对性不足，未充分考虑土壤酸化障碍对油菜丰产的影响，不适用于我省酸化红壤旱地的油菜种植。

六、重大意见分歧的处理经过和依据

在标准制定过程中，针对土壤调理剂的选择和使用方案，专家组主要存在

以下两个方面的重大分歧：

①关于硅钙镁调理剂的经济性与操作性分歧：有专家认为硅钙镁调理剂存在单价高、撒施难度大等问题，可能影响其大面积推广的经济可行性。针对这一分歧，起草组开展了专项调研和测算：

经济性分析：根据土壤酸化程度，土壤调理剂用量 50-300kg/亩，常用平均投入 200 元/亩，一次性基肥施用，效果持续 4-6 年，分摊年均成本投入约 30-50 元/亩；油菜季有机肥投入 120 元/亩，田间配套耕种成本增加约 10-20 元/亩；比常规模式投入均增 175 元/亩。取得节本增效效益包括：1）油菜增产收益：按增产 30%计，亩增油菜籽约 40 公斤，以市场价格 6 元/公斤计，年均增收收益约 240 元/亩；2）节本收益：土壤调理剂按每 5 年施用 1 次，年均节省石灰投入约 30-40 元/亩；减少氮磷钾肥投入 20-40%，年均节肥收益 40-80 元/亩。

表 1 治理成本比较

模式	年均投入 (元/亩)	油菜籽产量 (kg/亩)	增产%	产值 (元/亩)	节本收益 (元/亩)	纯收益 (元/亩)	增收%
常规模式	200	130	-	780	-	580	-
本技术模式	375	170	30.7	1020	95	740	27.6

在操作上，将硅钙镁调理剂与普通复合肥掺混后机播，经田间试验证实，该方式与常规施肥作业无显著差异，完全适应当前农机作业条件。

②关于生物炭替代方案的分歧：有专家建议将生物炭列为可选调理剂，主要基于其固碳减排的生态效益。为此，起草组组织了专项评估：对 5 家主要生物炭生产企业的产品抽样检测显示，市售生物炭产品存在显著的质量差异，pH 调节能力波动较大；此外，生物炭市场零售价普遍较硅钙镁调理剂高。生物炭处理的土壤 pH 提升效果显著低于硅钙镁调理剂。要达到相同改良效果，生物炭方案的总投入需增加。

基于上述实证研究，标准起草组最终确定：维持硅钙镁调理剂作为核心土壤改良剂，将生物炭列为可供选择的改良剂。这一决策过程充分体现了标准制定的科学性、民主性和可操作性原则。所有分歧的解决均建立在详实的试验数据和市场调研基础上，并通过标准起草组的民主程序形成最终共识。相关论证材料和表决记录均已归档备查。

七、其他应予说明的事项

无。