

《生物炭基微生物菌剂与酸化土壤改良技术规程》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《生物炭基微生物菌剂与酸化土壤改良技术规程》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

我国所产生的固体废弃物逐年增加，包括厨余垃圾、污泥、农业废弃物等。这些废弃物大量产生，如未得到有效处理，将对我国环境造成严重影响。同时，我国化肥施用不科学导致近年出现了一系列环境问题如土壤酸化、板结、盐渍化、有机质下降及水体富营养化等。为实现农业绿色可持续发展，研制环境友好型肥料已逐渐成为当前研究热点。土壤酸化作为严峻的全球性生态环境问题之一，不仅直接导致土壤资源质量下降、农作物减产、生态环境恶化，对社会文化及人类健康也造成了很大的影响，严重阻碍国民经济的发展。根据联合国粮食及农业组织（FAO）统计，过去 30 年，中国多数农田表层土壤 pH 下降约 0.5，整体上我国酸性土壤明显分为南方红黄壤地区和东北地区我国 pH<6.5 的酸性土壤总面积约 311.1 万 km²，约占陆域国土面积的 32.4%；我国 pH<5.5 的酸性土壤总面积约 44.8 万 km²，约占陆域国土面积的 4.7%；针对土壤酸化的成因及特征采取有效的措施，对彻底解决土壤酸化难题、保证农业生态可持续发展具有积极的社会和经济效益。目前微生物肥料较为普遍的制备方法是利用砵糠吸附液体发酵菌剂而成，导致了所研制的固体微生物肥料含水量高、难于运输且功能菌保活能力弱，严重限制了微生物菌肥的发展。将生物炭作为载体材料，吸附有益微生物制备生物炭基微生物肥料，可为有益微生物提供更为良好的栖息环境，另外，碳基载体具有高 pH 值，能够有效改良酸性土壤，使肥料的功能进一步拓展，获得更大的应用范围和功效。利用有益微生物改良酸性土壤耕地发展迅速且已取得良好的改良效果，生物炭基微生物菌剂能够有效促进酸性土壤上作物的生长，复合了微生物和载体双重改良酸性土壤的功能，从而实现 1+1>2 的酸性土壤改良功能，因此，生物炭基微生物肥料在农业生产发展尤其是酸性土壤改良中有着不可忽视的作用。

1.3 协作单位

南京农业大学、江苏省耕作质量与农业环境保护站、中国科学院南京土壤研究所。

1.4 主要工作过程

1、预研与立项阶段：由于前期过量施用化肥，导致江苏省土壤地力提升慢，且存在酸化风险，与 1982 年第二次土壤普查时相比，2018 年江苏省土壤酸碱度 pH 值为 7.08，较 1982 年下降 0.47，酸化趋势明显。近些年来江苏省土壤

酸化呈加重趋势,尤其苏南、沿江等工业密集区和农业高投入区更为明显。据《江苏省土壤污染状况调查报告》,全省约 30%的耕地土壤 pH 值低于 6.0,部分地区 pH 值甚至低于 5.0。施用生物炭基微生物肥料可以极大的缓解江苏省的土地有机质下降的问题,提高土壤的可利用性,对于酸化土壤施用生物炭基微生物肥料还具有提升土壤 pH 值的作用,缓解土壤酸化,从进一步达到增加农作物产量、提高农作物品质的目的。

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《生物炭基微生物肥料与酸化土壤改良技术规程》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

沈其荣: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。

李荣:提出“生物炭基微生物菌剂改良酸性土壤”核心理论框架,设计生物炭基微生物菌剂联合生物碳治理酸性土壤技术方案;基于土壤 pH 提升需求量和生物炭基微生物菌剂改良土壤的能力,精准测算菌剂施用量;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。

仇美华: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。

陶成圆:与李荣共同推进长期定位试验,系统获取土壤—作物连续观测数据,完成生物炭基微生物菌剂的施用效果年度评估报告,为技术可靠性评估提供数据支撑。

张建:布设系列田间试验,解析生物炭基微生物菌剂等生物肥料在阻控酸化、提升有机质及矿质养分、改良酸土生物肥力方面的协同效应,为低成本、长效抑酸方案提供关键参数。

王超: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

曹昊:具体实施作物种子繁育、不同品种的生物炭基微生物菌剂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。

魏子豪: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。

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“酸瘦板黏”及生物肥力低等障碍，以“生物肥料改良”为突破口，同步实现酸性土壤上作物高产稳产。将土壤生物改良—生物肥力培育—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、结合多作物品种、设置不同品种的生物炭基微生物菌剂水平的验证试验，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 20141782-Q-326 农用微生物菌剂（同期起草标准文件），NY/T 3041-2016 生物炭基肥料，DB21/T 3321—2020 生物炭分级与检测技术规范，NY/T 525-2021 有机肥料等强制性或推荐性标准

2.2 标准主要内容的确定依据

2.2.1 技术指标与参数

生物炭基微生物菌剂：以生物炭类型和耐酸促生有益微生物为切入点，先测定生物炭基本性质，再依据 DB21/T 3321—2020 判定生物炭的优先级(I或II级)，耐酸促生微生物根据其耐酸性及其促生功能，按功能分为：纤维素酶菌、蛋白酶菌、淀粉酶菌、光合细菌、固氮菌、溶磷菌、解钾菌、抑制病原菌。基于生物炭基微生物菌剂制备的长期室内试验，炭基微生物菌剂较一般微生物菌剂活性得到明显提升，商品货架期可提升至 2 个月以上，生物炭基微生物菌剂的有效性及生物活性得到保证。

地上耕作栽培：实现生物炭基微生物菌剂机械化施用，通过旋耕施用可确保菌剂中有益微生物可定殖于作物根际从而有效发挥其促生功效；结合生物炭联合施用可以改善土壤结构，增强蓄水抗旱能力，缓解酸土对促生微生物的胁迫；实现多作物的产量显著提升。

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 试验方法

生物炭基微生物菌剂生物活性效果测试：严格按照常见商品货架期试验，采用 30d、60d、90d、120d 的生物活性监测，按农用微生物菌剂的测定的标准方法执行。同时测定菌剂中微生物种类，排除杂菌繁殖。

菌剂促生及抑酸测试：采用连续 3 年定点监测，按土壤 pH 测定的标准方法执行。同时测定作物产量，排除边际效应。

2.2.4 检验规则

抽检比例：每 10 个菌剂产品随机抽取 1 个进行生物活性检测，确保产品有效性。

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、活菌数两项核心指标均达标即为合格。

2.2.5 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，预期的经济效果

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，相较于单一施用化肥的常规模式，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。具体治理成本分析如下：直接投入成本主要包括生物炭基微生物菌剂和栽培管理等投入费用。根据土壤酸化程度，生物炭基微生物菌剂一次性基肥施用，年均投入并不会增加，最终实现多种增产。

2022 年，在江西省中国土壤研究所红壤生态实验站及江西省余江县等地，建立生物炭基微生物菌剂酸化土壤改良与油菜、花生丰产种植技术模式示范区，面积 10 亩。该地土壤是第四纪红色粘土发育红壤，示范区建设前，土壤基本理化性质为 pH 4.40，有机质 14.42 g kg⁻¹，全氮 2.33 g kg⁻¹，全磷 0.31g kg⁻¹，全钾 1.08 g kg⁻¹，有效磷 2.50 mg kg⁻¹，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、花生，亩产不足 100 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。2022 在湖南省永州市的湖南永州绿生源农业科技发展有限公司，建立建立生物炭基微生物菌剂酸化土壤改良与柑橘丰产种植技术模式示范区，面积 100 亩。该地土壤是第四纪红色粘土发育红壤，示范区建设前，土壤基本理化性质为 pH 4.74-4.85。

实施 2 年后，土壤 pH 均值从 4.5 提升至 5.1，交换性铝降低 84.5%，有机质含量从 14.41g/kg 增至 15.66 g/kg，减少化肥用量 50%，有效降低面源污染风险。作物增产显著，油菜增产高达 28.73%。依靠“科技赋能+政策协同”，最终实现了“抑酸-丰产-固碳-抗蚀-培肥”多重目标，为江南丘陵红壤坡耕地治理提供可复制的“江西样板”。

四、标准涉及的相关知识产权说明

本文件设计专利：专利号：（ZL 2024 1 0570920.0）（ZL 2024 1 0570976.6）

（ZL 2024 1 0570917.9）专利名称：《一株假单胞菌 N134 及其应用》、《一种假单胞菌复合肥料及其应用》、《一种含细菌和真菌的复合肥料及其应用》。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。目前现有标准中，《农用微生物菌剂 20141782-Q-326》中的农用微生物菌剂多以稻糠、有机肥料等作为吸附材料，且现有材料无

法确保微生物的长期储存或商品货架期较短。本标准中规定了一种以生物炭作为吸附材料的新型微生物菌剂生产方式。

六、重大意见分歧的处理经过和依据

无。

七、其他应予说明的事项

无。