

ICS 65.080

CCS B 13

T/SSSC

中 国 土 壤 学 会 团 体 标 准

T/SSSC 028—2025

生物炭基微生物菌剂改良酸化土壤技术规程

Code for practice of the improvement of acidified soil using biochar-based microbial
inoculants

2025-11-27 发布

2025-12-01 实施

中国土壤学会 发 布

目 次

目录

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 生物炭及微生物菌种选用	1
5 酸化土壤地块选择	2
6 施用技术	2

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。

本文件由南京农业大学提出。

本文件由中国土壤学会归口。

本文件起草单位：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。

本文件主要起草人：李荣、沈其荣、仇美华、刘红军、张建、王超、陶成圆、曹昊、魏子豪。

生物炭基微生物菌剂改良酸化土壤技术规程

1 范围

本文件规定了生物炭基微生物菌剂改良酸化土壤技术规程的术语和定义,涉及生物炭及炭基微生物菌剂选用、地块选择、施用技术等要求。

本文件适用于轻、中度酸化土壤改良及肥力提升。

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 5084-2021 农田灌溉水质标准

GB 15618-2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准

GB/T 14848-2017 地下水质量标准

GB 20287-2006 农用微生物菌剂

NY/T 3041-2016 生物炭基肥料

NY/T 525-2021 有机肥料

NY/T 1980-2018 肥料和土壤调理剂 急性经口毒性试验及评价要求

HJ710.1~11-2014 生物多样性观测技术导则 陆生维管植物

DB21/T 3321—2020 生物炭分级与检测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 生物炭基微生物菌剂 Biochar-based microbial inoculants

利用生物炭具备高孔隙率、保水性,且含大量对微生物细胞粘附和增殖有效的官能团等特点,将其作为载体材料与筛选所得功能性菌株发酵后菌液复配制成的活菌菌剂。

3.2 生物改良 Biological improvement

综合利用微生物肥料、有机肥、动植物及其产物等生物资源作用于土壤体系,通过调节土壤的物理结构和(或)化学性质及(或)生物活性,使土壤环境向更有利于作物生长的方向发展的过程。

4 生物炭及微生物菌种选用

4.1 生物炭选取

在缺氧或低氧环境下高温加热生物质（如作物秸秆、木屑、畜禽粪便、藻类等有机废料）并使其热解后制成的稳定、多孔且富碳的固体材料。生物炭的技术指标应符合 DB21/T 3321—2020 生物炭分级与检测技术规范中 I 级或 II 级生物炭的要求。生物炭粒度由供需双方协商确定。详见附录 A。推荐优先选用 I 级生物炭。选用 II 级生物炭时，生物炭的技术指标应同时符合 GB 15618-2018 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》中农用地土壤污染风险筛选值要求。

4.2 耐酸促生微生物菌种选择

耐酸菌为一类能够在 pH 5.0 及以下酸性环境中生存的微生物，以 $\text{pH} \leq 5.0$ 的培养环境初步筛选出耐酸菌种，然后进行功能筛选，常用的微生物菌种按功能分类可参考附录 B 执行。此外，所选的耐酸促生微生物菌种应安全、有效。功能菌种应具备分类鉴定报告及鉴定依据等完整资料。生产者应提供菌种安全性评价资料。采用时应具有允许大面积释放的生物安全性有关批文。可参考当地土壤性质和作物生产需求。

4.3 生物炭基微生物菌剂技术指标

将生物炭作为载体材料吸附有益微生物。制备炭基微生物菌剂产品的技术指标见附录 C，生物炭基微生物菌剂产品中无害化指标见附录 D。

5 酸化土壤地块选择

5.1 酸化土壤分级分类

根据土壤 pH 值，将土壤酸化程度划分为“强酸性、酸性、微酸性”。具体分级标准见附录 E。

6 施用技术

6.1 施用前整地

农田内杂草拔除后整地平畦，使用农具或农业机械深耕土壤，粉碎、细化板结土块，根据种植作物类型及农田类型选择翻地深度。常见旱地粮食作物如玉米、花生、大豆、甘薯等整地深度通常为 15~25cm；常见旱地油料与经济作物如油菜、芝麻、棉花等整地深度通常为 10~20cm；常见旱地蔬菜作物如豆类（扁豆、豇豆、大豆）、根茎类（胡萝卜、萝卜、大蒜）、茄果类（番茄、辣椒、茄子）、瓜类（西瓜、甜瓜、南瓜）等整地深度通常为 10~20cm。

6.2 施用方法

旋耕法：生物炭基微生物菌剂平铺于地表并进行旋耕，充分与耕层土壤混合，微酸性土壤施入深度为 10~15cm；中酸性土壤施入深度为 15~20cm；强酸性土壤施入深度为 20~30cm。施用生物炭基微生物菌剂应尽量避免与其他物料如有机/无机肥及农药等进行同步作业，以避免可能造成的拮抗反应，影响菌剂功效。

撒施法：当作物处于生长阶段，将生物炭基微生物菌剂均匀撒播在作物周围的表层土壤后浅翻入土或覆膜封护以保持湿度。

配合施用法：与有机物质如有机肥等配合时，生物炭能吸附有机肥中的养分，微生物加速有机物的分解，需将菌剂与腐熟堆肥混合后深翻入土；与无机物质如氮磷钾肥等配合

时，提高磷可用性并减少化肥用量，需在基肥中先施菌剂，再追施化肥；与土壤改良剂如石灰等配合时，中和土壤酸度并提高微生物存活率，当土壤酸性过强需先施改良剂调节 pH 后施用菌剂。

6.3 施用时间

微酸性土壤适宜施入时间为播种前选择旋耕法一次性施入；酸性土壤分两次施入，第一次施入为播种前选择旋耕法施入，第二次施入为作物苗期选择撒施法施入；强酸性土壤分三次施入，第一次施入为播种前选择旋耕法施入，第二次施入为作物苗期选择撒施法施入，第三次为作物结实期选择适宜物质配合菌剂施入。

6.4 施用量

微酸性土壤需用微生物含量 $\geq 2.0 \times 10^8$ 个/g 的单一或复合生物炭基微生物菌剂 2~5kg/亩补充土壤有益菌，酸性土壤需用微生物含量 $\geq 2.0 \times 10^8$ 个/g 的单一或复合生物炭基微生物菌剂 5~10 kg/亩补充土壤有益菌，强酸性土壤需用微生物含量 $\geq 2.0 \times 10^8$ 个/g 的单一或复合生物炭基微生物菌剂 10~15 kg/亩补充土壤有益菌，补充生物炭基微生物菌剂应符合农用微生物菌剂《GB 20187-2006》标准。

附录 A

(规范性附录)

生物炭技术指标要求

项目	指标	
	I级	II级
总碳（C）, %	≥ 60	≥ 30
固定碳（FC）, %	≥ 50	≥ 25
氢碳摩尔比（H/C）	≤ 0.4	≤ 0.75
氧碳摩尔比（O/C）	≤ 0.2	≤ 0.4
砷（As）, mg/kg	≤ 13	≤ 40
镉（Cd）, mg/kg	≤ 0.3	≤ 0.8
铅（Pb）, mg/kg	≤ 50	≤ 240
铬（Cr）, mg/kg	≤ 90	≤ 350
汞（Hg）, mg/kg	≤ 0.5	≤ 2.0
铜（Cu）, mg/kg	≤ 50	≤ 200
镍（Ni）, mg/kg	≤ 50	≤ 190
锌（Zn）, mg/kg	≤ 200	≤ 300
水分（H ₂ O）, %	≤ 30	≤ 30
多环芳香烃（PAHs）, mg/kg	≤ 5	
苯并[a]芘, mg/kg	≤ 0.55	
多氯联苯（PCBs）, mg/kg	≤ 0.2	
戴奥辛/呋喃（PCDD/Fs）, ng/kg	≤ 17	
注：除水分以鲜样计，其余以烘干样计		

附 录 B

（资料性附录）

农业设施生产常用微生物菌剂

农用有益菌类型	菌种中文名称	菌种拉丁名	具体功能
纤维素酶菌	绿色木霉	<i>Trichoderma viride</i>	产纤维素酶，将含有纤维素和木质素的物质（如秸秆）分解成寡糖或单糖，供植物吸收。
	曲霉	<i>Aspergillus</i>	
	青霉	<i>Penicillium</i>	
蛋白酶菌	枯草芽孢杆菌	<i>Bacillus subtiliss</i>	产蛋白酶，分解种植基质中的蛋白质成为作物可吸收的寡肽或氨基酸。
淀粉酶菌	地衣芽孢杆菌	<i>Bacillus licheniformis</i>	产淀粉酶等，水解土壤中淀粉分子中的糖苷键，将复杂的碳水化合物转化为植物易吸收的单糖
	红酵母	<i>Rhodotorula</i>	
光合细菌	蓝细菌	<i>Cyanobacteria</i>	促进土壤物质转化，改善土壤结构，提高土壤肥力，促进作物生长，其代谢活动有效地提高土壤中某些有机成分、硫化物和氨态氮，并促进有害污染物如农药等的转化
	红色无硫菌	<i>Rhodospirillaceae</i>	
	滑行丝状绿硫菌	<i>Chloroflexaceae</i>	
固氮菌	棕色固氮菌	<i>Azotobacter vinelandii</i>	具有固氮及对作物根际促生能力，能够固定空气中的氮，实现作物增产。
	褐球固氮菌	<i>Azotobacter chroococcum</i>	
	地衣芽孢杆菌	<i>Bacillus licheniformis</i>	
	生脂固氮螺菌	<i>Azospirillum lipoferum</i>	
	印度贝氏固氮菌	<i>Beijerinckia indica</i>	
溶磷菌	巨大芽孢杆菌	<i>Bacillus megatherium</i>	分化铝硅酸盐和磷灰石类矿物等不溶的硅铝酸盐的无机矿物；促进难溶性的钾、磷、镁等养分元素转化成为可溶性养分，增加土壤中速效养分含量；促进作物生长发育，提高产量。
	沙雷氏菌	<i>Serratia</i>	
	土壤杆菌	<i>Agrobacterium</i>	
	假单胞菌	<i>Pseudomonas</i>	
解钾菌	胶冻样芽孢杆菌	<i>Bacillus mucilaginosus</i>	解钾，释放出可溶磷钾元素及钙、硫、镁、铁、锌、钼、锰等中微量元素。
抑制病原菌	地衣芽孢杆菌	<i>Bacillus licheniformis</i>	抗病、拮抗植物病原菌，对青枯病、根腐病等一系列病原菌有抑制作用，并促进作物根系生长。
	枯草芽孢杆菌	<i>Bacillus subtilis</i>	

附录 C

(规范性附录)

生物炭基微生物菌剂产品的技术指标

项目		剂型	
		粉 剂	颗 粒
有效活菌数(cfu)*/(亿个/g)	≥	2.0	1.0
霉菌杂菌数/(个/g 或个/mL)	≤	3.0×10 ⁶	3.0×10 ⁶
杂菌率/(%)	≤	20.0	30.0
水分/(%)	≤	35.0	20.0
细度/(%)	≥	80	80
粒度/（mm）	≤	2	50
pH 值		7.5～9.0	7.5～9.0
灰分/（%）（以烘干基计）	≤	45	
有机碳/（%）（以烘干基计）	≥	40	
总养分/（%）（以烘干基计,N+P ₂ O ₅ +K ₂ O）	≥	1.5	
保质期/月	≥	6	
a 复合菌剂，每一种有效菌的数量不得少于 0.01 亿个/g 或 0.01 亿个/mL;			
b 此项须在监督部门或仲裁双方认为有必要时检测			

附 录 D
(规范性附录)

生物炭基微生物菌剂产品的无害化技术指标

参 数	标准极限
粪大肠菌群数/(个/g) ≤	100
蛔虫卵死亡率/(%) ≥	95
砷及其化合物(以 As 计)/(mg/kg) ≤	75
镉及其化合物(以 Cd 计)/(mg/kg) ≤	3
铅及其化合物(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	50
铬及其化合物(以 Cr 计)/(mg/kg) ≤	150
汞及其化合物(以 Hg 计)/(mg/kg) ≤	5
铊及其化合物 (以 Tl 计) /(mg/kg) ≤	2.5
缩二脲/ (%) ≤	1.5
a 有毒有害物质含量应以烘干基计; b 仅在标明总氮含量时进行检测和判定, 该指标不做要求。	

附 录 E

（资料性附录）

酸性红壤酸性等级划分与标准

pH 值范围	<4.5	4.5~5.5	5.5 ~ 6.5
级 别	强酸性	酸性	微酸性