

《土壤改良与修复 生物质炭施用技术规范》（征求意见稿）编制说明

一、标准编制背景及任务来源

（一）标准编制背景

当前，全球土壤环境面临严峻挑战，土壤退化、污染和肥力下降等问题日益严重，对粮食安全和生态平衡构成了重大威胁。土壤作为农业生产的基础，其健康状况直接关系到农作物的产量和品质，进而影响到人类的生存和发展。在此背景下，探索和实施有效的土壤改良和修复技术显得尤为迫切。

生物质炭作为一种环境友好型的土壤改良材料，以其在土壤改良和修复方面的优异性能受到广泛关注。它不仅能够提高土壤的保水性和通气性，增强土壤的营养保持能力，还能通过吸附作用减少土壤中有害物质的释放，改善土壤结构，从而提升作物的生长环境和农产品的质量。此外，生物质炭的固碳作用有助于缓解温室效应，对抗全球气候变化。

尽管生物质炭在土壤改良和修复方面展现出巨大潜力，但其施用技术缺乏统一的规范和指导，导致实际应用中存在一定的盲目性和风险。施用技术规范的缺失不仅限制了生物质炭效能的最大化，也可能对土壤环境和作物安全造成潜在威胁。因此，制定一套科学、系统的生物质炭施用技术规范，对于确保其在农业生产中的安全、高效应用至关重要。

目前，尽管国内外已有一些关于土壤修复和生物质炭应用的技术

标准和规范，但它们在适用范围、技术细节、本土适应性等方面存在局限，无法完全满足我国土壤特性和修复需求。特别是在生物质炭施用技术规范方面，国内尚缺乏一套全面、系统的标准，这在一定程度上制约了生物质炭技术的推广和应用。因此，制定《土壤改良和修复生物质炭施用技术规范》团体标准，不仅能够填补行业空白，提高技术操作性，还能为农业生产提供更加安全、高效的土壤改良解决方案，推动生物质炭产业的健康发展，保障国家粮食安全和生态环境的可持续性。

（二）任务来源

2024 年 7 月江苏省农学会下发《关于征集 2024 年江苏省农学会团体标准（第二批）立项项目的通知》。南京理工大学、南京农业大学、南京市耕地质量保护站、南京市栖霞区农业综合行政执法大队、江苏年达环境科技有限公司、南京志东信智能科技有限公司组成标准编制组。

二、主要工作过程

（一）资料收集阶段

时间：2024 年 7 月——2024 年 8 月。

工作安排：

1. 收集国内外关于土壤改良、生物质炭生产与应用、土壤修复技术等相关的法律、法规、标准与规范；
2. 收集与生物质炭施用相关的技术资料、研究报告、案例分析等，为标准编制提供理论依据和实践参考。

（二）调查研究与分析阶段

时间：2024 年 8 月——2024 年 9 月

工作安排：

1. 编制标准大纲，明确标准编制组人员分工，确立工作方案；
2. 研究分析现有文献资料，全面了解生物质炭施用的相关技术要求和规范；
3. 调查研究江苏省内外农田土壤修复案例，特别是生物质炭施用的效果和安全性，分析其在土壤改良和修复中的作用；
4. 取证生物质炭施用在实际农业生产中的实施成效，总结成功案例的技术要求，分析其推广应用的可行性、成熟性和先进性。

（三）标准编制（按完成时间不短补充）

时间：2024 年 7 月——2024 年 9 月

自从 2024 年 7 月，南京理工大学接到江苏省农学会《关于征集 2024 年江苏省农学会团体标准（第二批）立项项目的通知》后，2024 年 9 月，南京理工大学、南京农业大学、南京市耕地质量保护站、南京市栖霞区农业综合行政执法大队、江苏年达环境科技有限公司、南京志东信智能科技有限公司成立标准编制组，确定了主要标准制定原则、制定大纲、人员分工、进度计划以及实施方案，确定《土壤改良和修复 生物质炭施用技术规范》标准框架。

编制组依据标准编制实施方案及职责分工，通过资料收集、调查研究与分析等工作，结合生物质炭施用的技术问题，认真开展了标准初稿的编制工作，于 2024 年 9 月完成了标准初稿的编制。

（四）标准研讨

时间：2024 年 10 月——2024 年 11 月

拟计划通过多次研讨和专家咨询，发现了标准初稿中存在的问题，提出了相关建议，编制组通过进一步的资料收集和专家咨询，对标准的内容、框架、格式等进行了修改、补充和完善，并对标准内容进行了修改。形成标准征求意见稿。

三、标准编制原则及主要技术内容确定

（一）标准编制原则

1. 本标准符合《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国土壤污染防治法》、《农用地土壤环境管理办法（试行）》、《江苏省土壤污染防治工作方案》等的相关要求，以改良和修复农业用地土壤、提升土壤质量为目标，确保生物质炭的安全和有效施用。遵循“以人为本、问题导向、科学修复、经济合理、效益综合”的原则，致力于通过技术创新支持生态文明建设。

2. 本标准与国家 and 行业相关标准不冲突，标准编制过程中，严格遵守相关标准特别是强制性条文的有关规定，本标准是对国家和行业标准的综合应用和补充。

3. 本标准按 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》要求进行编写。

（二）提出本标准主要内容的依据

按照 GB/T 1.1-2020 的规定起草得本标准草案的内容细分为 9 个部分，其中：

（1）范围

本部分内容规定了本标准的适用范围。

（2）规范性引用文件

罗列了本标准草案引用的其他标准：

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准

GB 3095 环境空气质量标准

GB 5084 农田灌溉水质标准

NY/T 4159-2022 生物质炭

NY/T 499 旋耕机 作业质量

（3）术语与定义

本标准定义了以下术语：

1) 生物质炭 biochar

以作物秸秆等农林植物废弃生物质为原料，在绝氧或有限氧气供应条件下，热裂解得到的稳定的固体富碳产物。

2) 农用土壤 agricultural soil

用于农作物种植、林业、园艺以及其他农业生产活动的土壤。

（4）施用环境条件

为保障生物质炭的施用可以对土壤高效修复和改良，编制团队依据标准 GB 15618、GB 3095 和 GB 5084，对生物质炭施用的环境条件做出要求：

土壤环境应符合 GB 15618 的标准，空气环境质量应符合 GB 3095 的规定。农田灌溉水质标准应符合 GB 5084 的规定。

（5）生物质炭的选择

依据 NY/T 4159-2022 和编制团队前期大田实验的实际经验，对施用的生物质炭的选择做了说明：

1）原料要求

生物质炭的原料应选择产出量大、资源丰富、易于获取的农业和林业固体有机废弃。推荐使用农作物秸秆，园林枝条，畜禽粪便。

2）质量要求

生物炭理化指标和污染物含量应符合 NY/T 4159-2022 表 1 中的 I 级标准。

3）施用前处理

编制团队依据实际经验总结得出，当生物质炭尺寸较大（大于 3 cm），含水率较高（高于 10%）时，无法均匀将生物质炭施用在土壤中。并且，播撒过程中的摩擦易导致生物质炭团聚为小球状。

宜将生物质炭粉碎为尺寸低于 3 cm 的颗粒，调节含水率低于 10%（重量百分比）。

（6）农用土壤的施用

1）施用时间

为确保生物质炭与土壤的充分融合，优化土壤结构和养分供应，编制团队基于实践经验对生物质炭的施用时间做出以下要求：

农用土壤中，应在每季作物播种或移栽前，作为基肥撒施。用于水田改良修复时，应在水稻等作物秧苗插播前泡田犁耙时施用。用于旱作农用土壤改良修复时，应在作物播种前或秧苗移栽前 5 至 7 天以

上施入并及时翻耕入田。用作其他农用土壤改良应在春季末期或夏季初期雨季来临前施用。

2) 施用量

在前期大田实验中，团队对生物质炭与不同肥料组合对水稻产量的影响进行了研究（表 1）。实验结果显示，生物质炭与有机肥联合作用的处理（A 区）表现出显著的增产效果（表 2）。与不施肥的 E3 处理相比，A1 处理的增产效果最为显著，达到了 63.58%。

表 1. 不同处理下的施肥标准

编号	面积/667 m2	生物炭/kg	禽畜肥/kg	磷肥/kg	尿素/kg
A1	1.35	100	420	0	0
A2	1.51	100	336	0	0
B1	1.41	100	0	0	21
B2	1.45	100	0	0	16.8
C1	1.44	100	40	0	21
C2	1.35	100	32	0	16.8
D1	1.34	100	0	50	21
D2	1.32	100	0	40	16.8
E1	2.2	100	0	0	0
E2	2.2	300	0	0	0
E3	2.2	0	0	0	0

表 2. 不同处理下的水稻产量

编号	平 均 穗	结 实 率	千 粒 重 干 重	亩 产 量	增 产 百 分 比
----	-------	-------	-----------	-------	-----------

	数	/%	/g	/kg	/%
A1	16.00	92.21	25.34	772.51	63.58%
A2	13.90	92.53	26.25	571.04	20.92%
B1	14.24	93.76	26.30	561.35	18.87%
B2	14.00	91.70	25.83	631.12	33.67%
C1	14.43	93.10	25.66	559.71	18.52%
C2	14.10	92.19	25.73	555.59	17.65%
D1	14.81	88.79	25.16	540.58	14.47%
D2	13.14	89.43	25.20	464.32	-1.67%
E1	13.07	88.30	25.98	472.86	0.13%
E2	12.07	92.87	25.34	552.24	17.37%
E3	11.43	90.75	25.89	472.23	0

当秸秆生物质炭的施用量分别为 0.83 t/667m²、0.62 t/667m²时，发现施用组中的玉米产量相对于对照组分别增加了 4.3%、1.82%（表 1）。

表 3. 不同处理下的玉米产量

处理	穗 鲜 质 量/g	穗长/cm	穗 粗 /cm	穗 行 数 /行	行 粒 数 / 个	百 粒 质 量/g
CK	412.26	20.45	6.04	16.42	37.84	55.83
T1	405.11	20.89	6.12	17.17	38.28	53.02
T2	461.72	21.81	6.3	18.33	41.17	56.18
T3	414.67	21.35	6.15	17.8	37.55	53.81

当秸秆生物质炭的施用量分别为 1.33 t/667m²、2.34 t/667m²、3.33 t/667m²时，油菜的作物产量分别增长 1.16%、1.34%、1.35%（表 2）。

表 4 不同处理下的油菜的产量

作物	生物炭处理	作物产量	
		籽实产量/(kg • hm-2)	根 茎 叶 生 物 量 /(kg • hm-2)
油菜	C0	1861.2	3548.2
	C2	2154.1	2937.3
	C5	2487.6	3877.8
	C10	2521.0	4622.7

此外，依据 DB 64/T 1616-2019、DB 37/T 3825-2019、DB 13/T 5738-2023 和 DB 2301/T 139-2023 等地方标准给出的相关参数，编制团队总结了生物质炭在农用土壤的施用量（表 3）：

表 5 推荐施用量

农作物类型	施用量,t/667 m2
水稻	0.4~0.6
果树	0.2~0.3
白菜	0.4~0.6
油菜	1.3~3.3
玉米	0.5~1.0
小麦	1.0~1.5
大麦	1.5~2.0
大豆	0.5~1.2
花生	0.4~0.8
青稞	0.7~1.3

3) 施用方法

依据标准 NY/T 499 和编制团队的大田实验经验，对生物质炭的施用方法做出以下说明：

根据农作物类型确定好生物质炭施用量后，选择晴朗无风的天气，将生物质炭均匀撒施于土壤表层，利用农业翻耕机械对土壤进行破碎

翻耕。耕作后土壤田面情况应符合 NY/T 499 要求。

(7) 其他土壤的施用

编制团队在碱性土壤中施加养殖固废生物炭，当施加量为 0.41 t/667m²、0.58 t/667m²、0.75 t/667m² 时，盐度和电导率明显下降（图 1）。

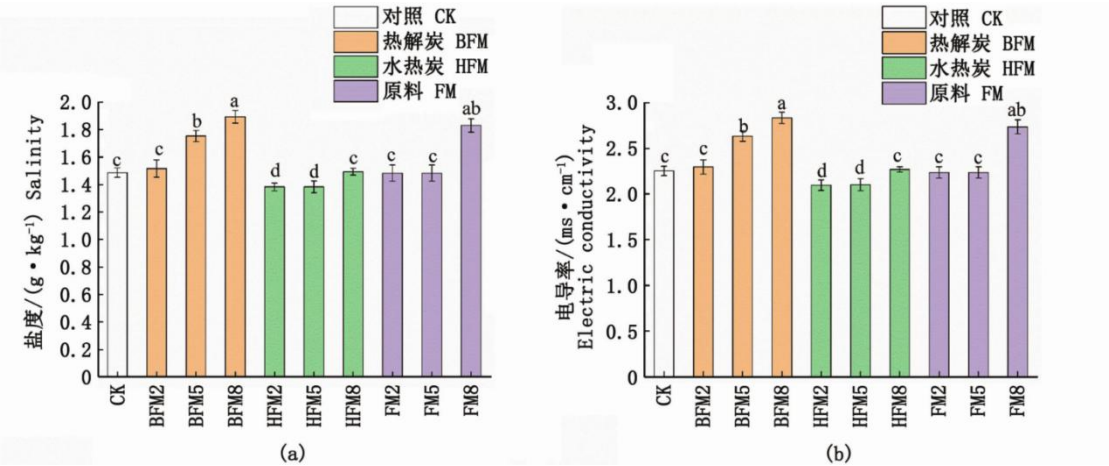


图 1. 不同处理下的土壤的 (a) 盐度和 (b) 电导率

此外，在碱性土壤中施加养殖固废生物炭，当施加量为 0.41 t/667m²、0.58 t/667m²、0.75 t/667m² 时，经过 30 天的改良，3 种不同处理下的土壤有机质从 5.28% 增加至最高值分别为 5.67%、5.69%、6.12%。

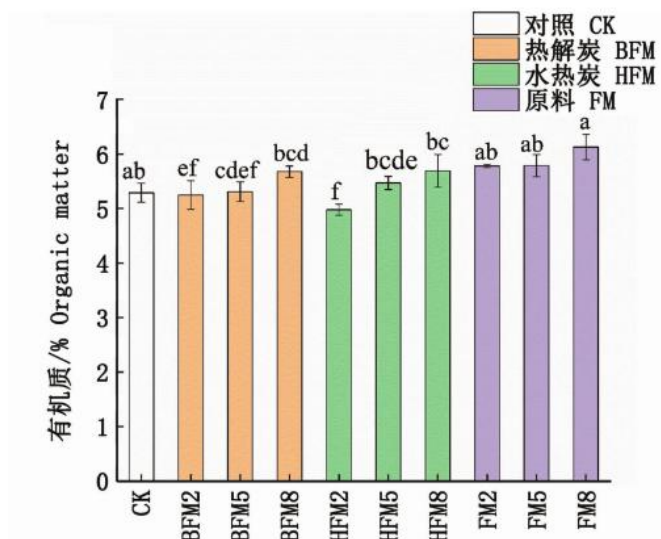
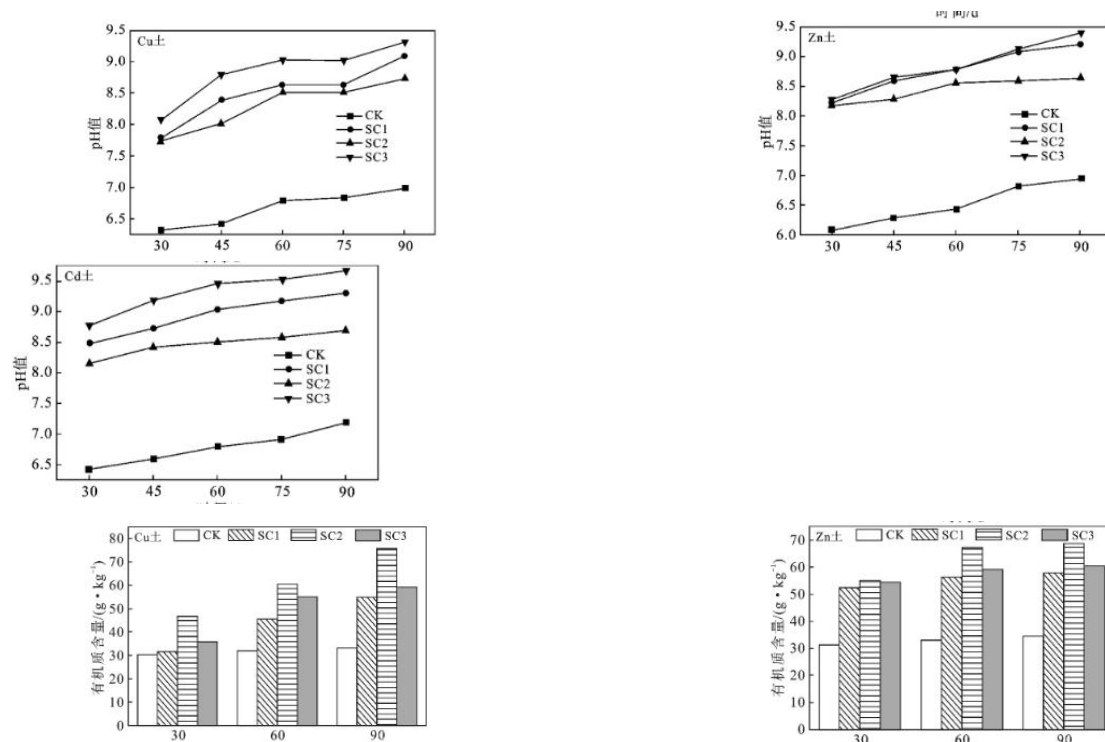


图 2. 不同处理下的土壤的有机质含量

编制团队在重金属污染土壤中施加污泥生物炭,当施加量为 0.87 t/667m²时,在被 Cu、Zn、Cd 重金属污染的土壤中,施入 BC90 天后, pH 显著上升,有机质含量分别增加了 68.01%, 100.03%和 76.01%。



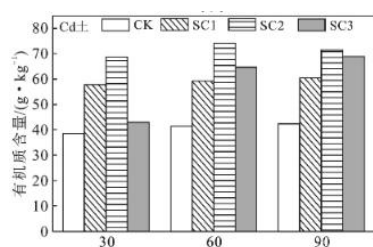


图 3. 不同处理下的土壤的 pH 和有机质含量

此外，依据地方标准 DB 1309/T 252-2021 和 DB 23T /2862-2021 给出的相关参数，以及国内外的研究成果。编制团队总结了生物质炭在盐碱土壤、酸性土壤、碱性土壤和重金属污染土壤的施用量（表 4）：

表 6. 其他土壤推荐施用量

其他土壤类型	施用量,t/667 m2
轻度盐碱土壤（1 g/kg<可溶性盐含量≤2 g/kg）	0.5~1.0
中度盐碱土壤（2 g/kg<可溶性盐含量≤4 g/kg）	1.0~1.5
重度盐碱土壤（可溶性盐含量>4 g/kg）	1.5~2.0
酸性土壤（pH<6）	0.5~1.2
碱性土壤（pH>8.5）	0.4~0.8
重金属污染土壤	0.7~1.3

（8）施用注意事项

依据编制团队的前期实际实际经验，总结出以下的施用注意事项：

在施用生物质炭前，不仅要符合土壤改良和修复的需求，还要综合考虑土壤种植作物的适应性要求，避免影响作物的正常生长发育和产量。在施用生物质炭过程中，宜避免与其他物料，如有机肥或无机肥，进行同步施肥作业，以避免可能产生的拮抗效应，影响调理成效。若需要利用酸性或碱性调节剂进行酸碱度调节，应选用环境友好、无毒性的试剂，避免造成土壤其他性质的破坏甚至污染。在施用生物质炭后，单位容重土壤中生物质炭的有效成分应控制在 2%以内，以免

影响土壤的持水导肥性能。

(9) 施用效果评估与监测

编制团队依据 GB 15618 和实际实践过程的经验积累，对生物质炭的施用效果评估与监测做了说明。监测指标包括土壤 pH 值、有机质含量、碱解氮、速效磷、速效钾、总磷和总钾含量，以及土壤和籽粒中的重金属含量（Pb、Cd、Cr）。

施用生物炭后，土壤养分含量得到显著提升（表 7）。具体表现在有机质含量、碱解氮、速效磷、速效钾、总磷和总钾含量的增加。与 E3 处理相比，A2 处理的有机质含量最高，达到 79.65 mg/kg，较 E3 处理提高了约 7%。E2 处理的碱解氮含量最高，为 125.60 mg/kg，较 E3 处理提高了约 22%。C2 处理的速效磷含量最高，为 140.55 mg/kg，较 E3 处理提高了约 12%。C2 处理的速效钾含量最高，为 270.66 mg/kg，较 E3 处理提高了约 26%。A2 处理的总磷含量最高，为 872.61 mg/kg，较 E3 处理提高了约 14%。E2 处理的总钾含量最高，为 3449.19 mg/kg，较 E3 处理提高了约 2.5%。

表 7. 不同处理下土壤养分含量

处理	pH	有机质 mg/kg	碱解氮 mg/kg	速效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	总磷 mg/kg	总钾 mg/kg
A1	7.30	76.17	165.90	176.49	202.20	864.71	3309.75
A2	7.20	79.65	185.50	154.47	253.54	872.61	3338.90
B1	7.28	76.64	165.90	143.46	230.77	865.77	3230.60
B2	7.23	73.18	163.80	135.21	188.80	863.46	3079.32
C1	7.25	75.22	159.60	140.10	188.85	871.07	3321.86
C2	7.18	76.13	157.50	140.55	270.66	857.31	3252.40
D1	7.14	72.34	158.20	142.67	202.92	811.76	3208.97
D2	7.08	72.24	154.00	123.03	219.83	809.09	3307.64
E1	7.38	72.85	152.60	152.55	198.58	801.42	3133.85
E2	7.20	70.78	125.60	137.85	293.27	785.93	3449.19

E3	7.23	74.27	185.50	124.80	213.40	765.18	3364.74
----	------	-------	--------	--------	--------	--------	---------

土壤重金属含量监测结果显示,所有处理组的土壤重金属含量均远低于国家标准限值。具体表现在铅(Pb)和镉(Cd)在所有处理组中均未检出,铬(Cr)的含量也在安全范围内,含量在 82.92 mg/kg 至 86.28 mg/kg 之间,均低于 GB 15618 限值。

表 8. 不同处理下土壤重金属含量

处理	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	E3
Pb/mg/kg	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
Cd/mg/kg	31.26	28.61	30.89	31.16	29.52	30.26	30.17	31.26	32.24	30.71	30.44
Cr/mg/kg	84.87	82.92	83.99	84.26	85.49	84.77	85.89	84.87	85.34	84.22	86.28

籽粒重金属含量监测结果同样显示,籽粒中的重金属含量远低于国家标准限值。所有处理组的铅(Pb)和镉(Cd)均未检出,铬(Cr)的含量在 0.36 mg/kg 至 0.82 mg/kg 之间,均低于 GB 2762 限值。

表 9. 不同处理下籽粒重金属含量

处理	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	E3
Pb/mg/kg	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
Cd/mg/kg	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
Cr/mg/kg	0.770	0.738	0.816	0.671	0.425	0.439	0.389	0.367	0.768	0.824	0.609

四、采用的国内标准

在编制《土壤改良和修复 农用地生物质炭施用技术规范》的过程中,我们参考并采用了以下国内标准。

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准

GB 2762 食品安全国家标准 食品中污染物限量

NY/T 499 旋耕机 作业质量

五、与现行法律法规和强制性标准的关系

本标准的制定遵循《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国土壤污染防治法》等相关法律法规的要求，确保了其合法性和合规性。在强制性标准方面，本标准与《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》、《食品安全国家标准 食品中污染物限量》等现行国家强制性标准保持一致，为生物质炭的安全施用提供了法律和技术上的依据。

本标准在制定过程中，充分考虑了与现行法律法规和强制性标准的关系，确保了标准的制定既符合国家对环境保护和土壤污染防治的要求，又能够适应农业生产实际，为生物质炭的科学施用提供明确的技术指导。本标准不替代现行的强制性标准，而是作为对这些标准的补充和细化，特别是在生物质炭施用技术方面，提出了更为具体和操作性的要求。

此外，本标准还参考了《土壤改良剂应用技术规程》等行业标准，以及地方性的相关法规和标准，以确保其在全国范围内的适用性。通过这种结合，本标准旨在推动生物质炭施用技术的规范化和标准化，同时保障土壤改良和修复工作的安全性和有效性。

六、重大分歧意见处理

暂无。

七、标准作为强制性或推荐性标准发布的意见

本标准建议作为推荐性团体标准发布。《土壤改良和修复 农用地生物质炭施用技术规范》旨在提供一套科学、系统的生物质炭施用指导，以促进农业生产的可持续发展和生态环境的保护。本标准规定了生物质炭的施用量、施用方法、施用时机以及施用后的评估等关键技术内容，是对国家和地方相关标准的有效补充。作为推荐性标准，本标准将为农业生产者、相关企业和研究机构提供自愿遵循的技术规范，有助于统一生物质炭施用的技术要求，提高土壤改良和修复工作的效果和安全性。推荐性标准的发布，将鼓励各方在土壤改良实践中采用经过验证的、高效的生物质炭施用方法，同时为监管部门提供监管和指导的参考依据。

八、贯彻标准的建议

本标准 of 农用地生物质炭安全施用提供技术指南，是生物质炭施用的基础性标准。标准实施后，可以保证生物质炭施用的科学性与安全性，具有重要指导意义。建议标准编制组和自然资源主管部门组织标准宣贯，并提供技术咨询。

九、其他应予以说明的事项

无。