

《砂姜黑土区周年秸秆错位轮还改土培肥技术规程》

（征求意见稿）

编 制 说 明

中国科学院南京土壤研究所

2026 年 9 月

目 次

- 一、工作简况：包括任务来源、协作单位、主要工作过程、起草组成员及其所做的主要工作等；
- 二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据；标准修订项目还应当列出新、旧标准水平的对比；
- 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；
- 四、标准涉及的相关知识产权说明；
- 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；
- 六、重大意见分歧的处理经过和依据；
- 七、其他应予说明的事项。

一、工作简况

（一）任务来源

本标准由中国科学院南京土壤研究所和安徽农业大学提出，中国土壤学会批准立项，计划于 2027 年 2 月前完成。任务来源于国家重点研发计划项目“淮河流域砂姜黑土产能提升综合技术模式与应用”课题一“砂姜黑土结构障碍消减关键技术与产品研发应用”（2023YFD1901001）。

（二）协作单位

1、牵头单位

中国科学院南京土壤研究所，组织实施标准起草工作及各起草单位之间的协调工作。

2、参加单位

安徽农业大学，中向旭曜科技有限公司。

（三）主要工作过程

1、成立标准编制项目组

2026 年 7 月，中国科学院南京土壤研究所牵头成立标准编制项目组，确定了标准基本框架、主要内容和人员分工，制定工作计划。

2、数据和资料收集

本标准在砂姜黑土结构障碍消减“刚柔相济”技术体系研发和长期定位试验成果基础上，结合周年秸秆错位轮还改土培肥技术的大田验证与示范成果编制。

2017 年 6 月—2025 年 12 月，中国科学院南京土壤研究所联合安

徽农业大学，在安徽省宿州市埇桥区安徽农业大学新农村发展研究院皖北综合试验站布设长期定位试验，设置氮磷钾平衡施肥（CK）、小麦秸秆+玉米秸秆碳（WS+MC）、小麦秸秆碳+玉米秸秆（WC+MS）等处理，系统研究不同秸秆还田方式与耕作制度组合对砂姜黑土有机质、团聚体、容重、孔隙度与作物产量的影响，确立了“秸秆错位还田+深浅轮耕”的技术路线。

2024 年 10 月—2026 年 6 月，在宿州市埇桥区朱仙庄镇典型砂姜黑土农田设置对照、水分管控、压实消减、黏闭僵板改良、集成技术 5 个处理的大田验证试验，每个处理设 1 个大区（每大区 2.5 亩），系统监测 0 cm~15 cm 和 15 cm~30 cm 土层的土壤紧实度、容重、孔隙度、有机质、水分特征及小麦、玉米产量，并组织专家实打实收测产，明确了深耕深度、旋耕深度、秸秆粉碎长度、秸秆腐熟剂用量等关键技术参数。

3、标准起草与立项

2026 年 7 月，根据长期定位试验与大田验证结果，结合相关文献及国内外相关标准调研，编制组经多次讨论修改形成标准草案，并向中国土壤学会提交立项申请。经立项函评专家评审同意立项，标准编制工作启动。

4、征求意见阶段

标准立项后，编制组根据立项函评专家意见修改完善标准草案，完成征求意见初稿。2026 年 7 月—8 月，向 8 家单位专家征集意见，共收到反馈意见 48 项，其中采纳 42 项、部分采纳 4 项、未采纳 2 项。

2026 年 9 月，编制组根据征集意见对标准文本逐条修订，完成征求意见稿和编制说明，提交中国土壤学会。

（四）起草组成员及分工

张佳宝 中国科学院南京土壤研究所 负责标准整体结构设计和
技术内容确定，指导标准编制工作。

马东豪 中国科学院南京土壤研究所 负责标准关键技术参数的
确定，组织工作组及专家团队开展标准编制工作。

王擎运 安徽农业大学 负责秸秆还田与培肥技术试验、数据资料
收集及标准文本起草工作。

杨文亮 中国科学院南京土壤研究所 负责标准相关技术内容试
验、数据资料收集，标准文本修订和编制说明撰写工作。

陈林 陈晏 安徽农业大学 负责土壤理化性质测定与作物测产，
参与标准技术内容验证工作。

潘慧 中向旭曜科技有限公司 负责标准相关技术内容试验、数据
资料收集及标准文本修订工作。

郭子妍 中国科学院南京土壤研究所 负责土壤物理性状与水分
参数测定，参与标准技术内容试验工作。

吴思聪 中国科学院南京土壤研究所 负责田间试验数据采集与
整理分析工作。

王静茹 蔡青青 中国科学院南京土壤研究所 负责资料收集、文
献检索与标准文本校核工作。

二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公

式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据

（一）标准编制原则

1、规范性原则

本标准按 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》起草，规定了范围、规范性引用文件、术语和定义、耕层结构障碍指标、技术原则与技术流程、秸秆错位轮还作业、耕层质量指标与验收等内容。核心术语“砂姜黑土”“耕层结构障碍”“优质耕层”“秸秆错位还田”“秸秆腐熟剂”“天然腐殖质”均给出定义。基础指标测定与作业质量要求引用 GB 20287、NY/T 499、NY/T 500、NY/T 525、NY/T 742、NY/T 1121 系列、NY/T 2911 等现行标准。

2、科学性原则

本标准针对砂姜黑土耕层浅薄、犁底层厚硬、秸秆还田腐解慢且易影响播种出苗的问题，以“秸秆错位还田诱导快速腐解、深浅轮耕实现全层培育”为核心，提出小麦秸秆覆盖还田与玉米秸秆翻压还田的错位处理方式，利用地表好氧与土层厌氧过程的交替，以及深耕引起的土壤水分与养分向下再分布，加速秸秆腐解与碳氮转化。技术路线建立在长期定位试验揭示的秸秆腐解规律与土壤碳氮转化机制之上。

3、适用性和可操作性原则

适用范围明确：适用于沿淮及类似区域砂姜黑土中低产田的快速改良与地力培育，作业对象为小麦-玉米轮作旱作农田。

作业参数明确：规定了留茬高度、秸秆粉碎长度、抛撒不均匀率、深耕与旋耕深度、秸秆腐熟剂用量、有机物料施用量等量化指标，并明确了各项作业应执行的作业质量标准。

耕作制度清晰：明确“1 年深翻+2 年旋耕”的 3 年轮耕周期及玉米季免耕要求，兼顾破除犁底层与避免过度耕作。

验收机制合理：设定耕层厚度、容重、有机质、总孔隙度、田间持水量 5 项验收指标及全部同时满足的判定规则，明确验收时间、采样方法和测定依据。

4、先进性原则

技术路线方面，改变单一秸秆还田或单一深耕的做法，提出“秸秆错位还田+深浅轮耕+快速增碳”的周年技术模式，通过秸秆还田位置的差异化安排，兼顾秸秆腐解效率与作物播种出苗质量。

参数方面，针对砂姜黑土提出深耕 30 cm~35 cm、旋耕 16 cm~20 cm 的轮耕深度组合，以及考虑层状砂姜结核分布的自适应调整规则，避免深耕将大量砂姜结核翻入耕层。

（二）确定标准主要内容的论据

本标准针对砂姜黑土区小麦-玉米轮作农田耕层结构障碍突出、秸秆资源利用效率不高的问题，提出周年秸秆错位轮还改土培肥的技术体系，核心内容包括耕层结构障碍判定、秸秆错位还田作业、轮耕制度与快速增碳措施、耕层质量验收等环节。主要内容的编制依据如下：

1、关于标准适用范围

砂姜黑土中低产田普遍存在耕层浅薄、犁底层厚硬、犁底层紧实

度高的问题。区域调查表明，砂姜黑土区耕层厚度普遍小于 15 cm，犁底层平均厚度 12.38 cm，犁底层土壤紧实度大多高于 1 MPa，部分区域超过 2 MPa。当土壤强度大于 1 MPa 时植物根系生长明显放慢，大于 5 MPa 时根系生长停滞。因此，本标准将适用范围确定为沿淮及类似区域砂姜黑土中低产田的快速改良与地力培育，重点解决耕层物理结构障碍问题。

2、关于耕层结构障碍指标

标准以“耕层黏粒含量大于 30%、黏土矿物以膨胀性 2:1 型蒙皂石族为主、耕层有机质含量低于 15 g/kg、表层 0 cm~5 cm 内存在宽度大于 1 cm 且面积占比大于 5%的裂隙”四项指标同时满足作为耕层结构障碍的判定标准。该指标体系来源于对砂姜黑土结构障碍内源成因的研究：砂姜黑土结构障碍的内源成因主要是黏粒含量高、有机质含量低、黏土矿物类型以 2:1 型蒙脱石为主；区域调查显示，重度障碍土壤通常黏粒含量大于 30%、以膨胀性 2:1 型蒙皂石族为主、有机质含量低于 1.5%，且表层 0 cm~5 cm 存在宽度大于 1 cm 的裂隙。四项指标从土壤质地、矿物组成、有机质水平与裂隙发育四个维度刻画耕层结构障碍。

3、关于秸秆错位还田的技术路径

“秸秆错位还田”指在同一地块、小麦-玉米轮作周期内，小麦收获后将小麦秸秆粉碎后免耕覆盖于地表，玉米收获后将玉米秸秆粉碎后翻压入土。该技术路径依据长期定位试验结论：玉米秸秆块体较大，以冬季低温腐解为主，腐解较慢，影响土壤改良效果；小麦秸秆覆盖

还田有利于降低地表蒸发、减少土壤水分损失，配合夏季高温曝晒有利于降低秸秆降解难度。将小麦秸秆以覆盖方式还田、玉米秸秆以翻压方式还田，可实现两种秸秆腐解条件与还田位置的错位匹配，兼顾培肥效果与播种质量。

4、关于作业质量参数

留茬高度 $\leq 8\text{ cm}$ 、小麦秸秆粉碎长度 $\leq 8\text{ cm}$ ：由小麦联合收割机作业条件与茎秆性状决定，结合 NY/T 500《秸秆粉碎还田机 作业质量》的作业质量要求确定，该参数下秸秆抛撒均匀性和后续玉米免耕播种通过性良好。

玉米秸秆粉碎长度 $\leq 5\text{ cm}$ ：玉米秸秆低温腐解难度较大，需通过改进现有机械加大秸秆粉碎力度，使其长度不超过 5 cm ，以降低对现有生产的影响。

抛撒不均匀率 $\leq 15\%$ ：依据 NY/T 500 对秸秆粉碎还田作业质量的规定，保证秸秆覆盖均匀、避免局部堆积影响出苗。

5、关于轮耕制度与作业深度

标准规定“1 年深翻($30\text{ cm}\sim 35\text{ cm}$)+2 年旋耕($16\text{ cm}\sim 20\text{ cm}$)”、玉米季免耕的 3 年轮耕制度。深耕深度依据大田验证结果：深耕可快速打破压实层，使耕层和亚耕层土壤紧实度分别降低 59.8% 和 47.9% ，亚耕层土壤孔隙度提高 15.1% 。旋耕深度 $16\text{ cm}\sim 20\text{ cm}$ 与常规旋耕机作业能力相匹配，在秸秆全量还田条件下可保证秸秆与表层土壤充分混合；长期定位试验表明，深浅轮耕可避免连年深耕带来的能耗增加与二次压实风险。

针对砂姜黑土中普遍存在的层状砂姜结核，标准规定深翻作业前应探查 25 cm~35 cm 土层内的砂姜结核分布，当该土层大量存在砂姜结核时，深耕深度适度下调至 25 cm~30 cm，严禁将大量砂姜结核翻入耕作层。

6、关于秸秆腐熟剂与有机物料快速增碳

标准规定可在玉米秸秆粉碎后、翻压作业前每亩撒施秸秆腐熟剂 1 kg~2 kg，随秸秆一并翻埋入土，秸秆还田量大时取高值、还田量小时取低值。该用量范围依据秸秆腐熟剂产品说明与田间试验结果确定。对于土壤有机质含量低于 15 g/kg 的田块，可每亩增施天然腐殖质材料 0.3 t~0.5 t 或商品有机肥 0.5 t~1.0 t，作为快速增碳的辅助措施。天然腐殖质材料富含腐殖酸、重金属含量低于土壤本底值，能够快速提升土壤惰性有机质含量、促进团粒结构形成。

7、关于耕层质量指标与验收

标准规定技术模式连续实施一个完整轮作周期（3 年）后，目标耕层应达到耕层厚度 ≥ 25 cm、土壤容重 < 1.35 g/cm³、土壤有机质含量 ≥ 18 g/kg、土壤总孔隙度 $> 45\%$ 、田间持水量提高 10%以上，且各项指标全部同时满足。指标阈值依据：一是大田验证试验中实施适耕培肥与轮耕后土壤紧实度、孔隙度、有机质的实测变化幅度；二是《高标准农田建设通则》等对耕层厚度与土壤容重的通用要求；三是砂姜黑土耕层培育的实际可达性。验收要求在播种前未施肥时按 NY/T 1121.1 采集样品，容重、有机质、田间持水量分别按 NY/T 1121.4、NY/T 1121.6、NY/T 1121.22 测定。

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

（一）主要试验（或验证）的分析、综述报告

1、技术背景

砂姜黑土主要分布在黄淮海平原南部的安徽、河南、山东和江苏等地，面积约 4835.6 万亩，区域地势平坦、水热条件好，是我国重要的粮食生产基地。黄淮海平原农作物耕种收综合机械化率达 80%以上，三大主粮生产均已实现全程机械化。高复种指数下的高强度机械耕作以及长期实行浅旋耕作，导致该区域耕层变薄、犁底层厚硬且上移、结构紧实和作物根系分布变浅等衍生性结构障碍问题日益突出。

秸秆还田是提升土壤有机质最直接和有效的措施，但砂姜黑土秸秆还田实践中存在两方面矛盾：一是玉米秸秆块体较大、以冬季低温腐解为主，腐解缓慢，直接还田后影响后茬作物播种与出苗；二是长期浅旋耕导致秸秆集中于表层、耕层下部得不到有效培肥，耕层厚度难以增加。因此需要构建一种兼顾秸秆高效腐解、耕层全层培肥与播种质量保障的周年技术模式。

2、技术原理

本标准技术模式的原理为：通过小麦秸秆覆盖还田与玉米秸秆翻压还田的错位安排，使两种秸秆分别处于地表好氧与土层厌氧环境中腐解，利用好氧与厌氧过程的交替加速秸秆分解与碳氮转化；通过“1 年深翻+2 年旋耕”的深浅轮耕，周期性打破厚硬犁底层、增加耕层厚度、构建全耕层疏松结构，同时避免连年深耕造成的能耗增加和土壤

二次压实；通过配施秸秆腐熟剂与天然腐殖质、商品有机肥等快速增碳材料，弥补土壤活性有机质缺口；通过水分监测预报适耕期，防止在高含水量条件下作业加剧土壤压实。上述措施协同作用，在 3 年内构建深厚、肥沃、结构优良的耕层。

3、试验实施与验证

(1) 长期定位试验

试验设置于安徽省宿州市埇桥区安徽农业大学新农村发展研究院皖北综合试验站，该区域年平均气温 15℃、年均降雨量 850 mm，土壤类型为砂姜黑土，种植方式为小麦-玉米轮作。供试土壤 pH 7.46，碱解氮 91.82 mg/kg，有效磷 14.41 mg/kg，速效钾 182.06 mg/kg。试验自 2017 年 6 月开始，设置氮磷钾平衡施肥（CK）以及氮磷钾平衡施肥条件下的小麦秸秆+玉米秸秆碳（WS+MC）、小麦秸秆碳+玉米秸秆（WC+MS）等处理，每个处理 3 次重复，随机区组排列。玉米收获后将生物炭按当年秸秆生物量的 1/3 施入农田，各处理氮磷钾肥料品种及施用量一致。土壤容重、孔隙度及田间持水量采用环刀法测定，水稳性团聚体采用湿筛法分离，土壤收缩特征按 van Genuchten 方程拟合收缩特征曲线。

(2) 技术模式大田验证

验证试验于 2024 年 10 月小麦播种季在宿州市埇桥区朱仙庄镇塔桥村傅家组（117°8'34"E，33°40'16"N）开始，试验点土壤为典型砂姜黑土，0 cm~15 cm 耕层黏粒含量 37%、黏粒中蒙脱石含量 22%、有机质 22.6 g/kg；15 cm~30 cm 亚耕层黏粒含量 36%、黏粒中蒙脱石

含量 46%、有机质 16.0 g/kg。试验设对照、水分管控技术、压实消减技术、黏闭僵板改良技术、集成技术 5 个处理，每个处理设 1 个大区（每大区 2.5 亩）。其中压实消减处理与集成处理的技术要点为：玉米收获后秸秆全量粉碎还田，翻地前撒施生物有机肥 200 kg/亩，第一年采用深耕机深翻至 30 cm~35 cm；第二、三年采用旋耕机旋耕 15 cm~20 cm；玉米全部采用免耕播种；同时结合土壤水分监测、微喷带精量灌溉、机械化沟渠排水等水分调控技术。

试验期间每个大区利用 SC 900 数显式土壤紧实度仪测定 20 个随机点位 0 cm~30 cm 土层紧实度；采用 S 型采样法采集土壤样品，其中对照、压实消减技术、集成技术 3 个大区分 0 cm~15 cm、15 cm~30 cm 采样；用环刀采集原状土测定土壤容重、孔隙度、土壤胀缩系数，每个大区采集 6 个重复。作物测产按《全国粮食高产创建测产验收办法（试行）》（农办农〔2008〕82 号）组织专家实打实收测产。

（3）试验结果

土壤压实层消减效果：示范区土壤紧实度随深度增加而快速升高，耕层 10 cm 以下存在坚实厚硬的压实层，严重影响土壤通气透水性和作物根系生长。实施深耕后，耕层和亚耕层土壤紧实度分别降低 59.8% 和 47.9%，亚耕层土壤孔隙度提高 15.1%。第一年深耕虽导致耕层土壤有机质略有降低，但生物有机肥与秸秆还田可显著提高亚耕层土壤有机质（增加 12.4%）。

产量效果：适耕培肥显著提高了小麦穗数和穗粒数，穗数提高 19.8%。经专家测产，适耕培肥下小麦增产 15.5%。

集成模式效果：综合技术模式（秸秆全量还田+深耕轮耕+生物有机肥+水分调控）实施下，耕层、亚耕层土壤有机质含量分别提高7.3%和23.9%，孔隙度分别提高16.3%和15.7%，土壤胀缩性分别降低65.0%和23.9%，耕层、亚耕层土壤紧实度分别降低58.5%和45.8%；小麦增产21.0%，玉米增产21.7%。

4、综述

长期定位试验与大田验证结果表明，以“秸秆错位还田+深浅轮耕+快速增碳”为核心的周年改土培肥技术模式，能够打破砂姜黑土厚硬犁底层、降低土壤紧实度、提高土壤孔隙度与有机质含量、增加耕层厚度，并在小麦、玉米两季均表现出稳定的增产效果。试验同时确认了深耕30 cm~35 cm、旋耕15 cm~20 cm、玉米秸秆粉碎长度不超过5 cm、深翻前探查砂姜结核分布等关键技术参数的适配性。

（二）技术经济论证，预期的经济效益

本标准技术模式以秸秆资源化利用为核心，肥料与作业投入增加有限，而增产效果显著。试验结果表明，实施错位还田与轮耕培肥后小麦增产15.5%以上，集成模式下小麦、玉米分别增产21.0%和21.7%，增产收益可覆盖深耕、旋耕作业及秸秆腐熟剂等新增成本。秸秆为农田自有资源，通过错位还田实现就地消纳，避免了秸秆焚烧或废弃带来的环境成本。

从推广看，本标准技术措施依托现有农业机械即可实施，无需新增专用装备，便于在沿淮及类似区域砂姜黑土中低产田大面积推广。技术实施后，耕层厚度增加、犁底层破除、土壤有机质提升，可改善

耕地质量等级，提升区域粮食综合生产能力。同时，秸秆还田可减少化肥投入、提升氮肥利用效率、降低化肥氮淋溶损失。

四、标准涉及的相关知识产权说明

无。

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

（一）采用国际标准的程度与水平的简要说明

本标准未直接采用国际标准，技术内容主要基于国内相关标准及课题组的长期定位试验成果和实践经验。

标准涉及的耕层厚度、土壤容重、孔隙度、有机质、田间持水量等指标及其测定方法，均引用我国现行有效的国家或行业标准；NY/T 499、NY/T 500、NY/T 742 等农机作业质量标准的技术指标与国际上同类作业质量评价方法具有可比性。

（二）与现行有关法律法规和强制性标准的关系

标准内容符合《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国农业法》以及耕地质量保护与提升、秸秆综合利用、高标准农田建设等政策对耕地培肥与秸秆还田的基本要求。

标准在术语体系、技术指标、检测方法等方面遵循或引用 GB/T 1.1—2020、GB 20287《农用微生物菌剂》、NY/T 525《有机肥料》、NY/T 499、NY/T 500、NY/T 742、NY/T 1121 系列、NY/T 2911 等现行标准，与其他标准不发生冲突。

现行标准中，DB34/T 4124—2022《砂姜黑土培肥改良技术规程》、

DB34/T 1956—2013《砂姜黑土麦玉两熟制秸秆粉碎还田培肥技术规程》主要规定砂姜黑土培肥改良与秸秆粉碎还田的通用技术要求，尚未针对周年秸秆错位轮还与全耕层培肥建立专项技术规范。本标准填补了这一空白，并与本批同期编制的砂姜黑土内外源结构障碍联合消减技术规程等标准配套。

六、重大意见分歧的处理经过和依据

本标准在征求意见阶段共收到专家反馈意见 48 项，其中采纳 42 项、部分采纳 4 项、未采纳 2 项，无重大意见分歧。未采纳意见的处理情况如下：

1) 关于进一步降低耕层有机质验收指标的建议。砂姜黑土“黑而不肥”的主要原因之一即有机质含量低且以惰性腐殖质为主，提高有机质含量是本技术模式的核心目标；大田验证表明，在秸秆全量还田并配施有机物料条件下，3 年内有机质含量达到该指标具有可行性，故未予采纳。

2) 关于取消砂姜结核分布探查要求的建议。砂姜黑土土体中普遍存在层状砂姜结核，直接深耕易将大量砂姜结核翻入耕层形成新的障碍；保留探查要求是保证技术实施效果的必要条件，故未予采纳，同时根据专家意见明确了探查深度范围与深度调整幅度。

另有 4 项意见为部分采纳，主要涉及作业质量参数的表述方式、验收指标测定方法的引用以及部分条款的语句精简，编制组已按专家意见对相应条款作出调整，具体情况见《征求意见汇总表》及《修订补充说明》。

七、其他应予说明的事项