《农作物碳汇能力评估技术规范（征求意见稿）》 编制说明

目 录

1、工作简介 2

1.1、任务来源 2

1.2、工作过程 2

1.3 起草组成员及其主要工作 3

2、标准编制原则和确定标准主要内容 3

2.1 编制原则 3

2.2 编制依据 3

3、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 4

3.1、试验分析与综述报告 4

3.2、技术经济论证 5

3.3、预期经济效果 5

4、标准涉及的相关知识产权说明 5

5、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 6

6、重大分歧意见的处理经过和依据 6

7、其他应予说明的事项 6

1、工作简介

1.1、任务来源

团体标准《农作物碳汇能力评估技术规范》由中国科学院南京土壤研究所提出，中国科学院分子植物科学卓越创新中心、中国科学院植物研究所共同参与起草，经中国土壤学会批准立项。标准编制工作获得中国科学院基础与交叉前沿科研先导专项（XDB0630302）支持。

农作物是农田生态系统碳输入的主要生物来源。作物通过光合作用固定大气二氧化碳，并将光合碳分配至地上部、根系和根际土壤，其中进入土壤碳库并实现稳定留存的部分，是实现农田沃土增碳和绿色低碳发展的重要基础。目前，针对农作物光合碳固定、分配及土壤留存过程的碳汇能力评估尚缺乏统一的技术方法。现有研究和应用中多采用作物干物质量、产量、生物量碳含量或模型估算方法表征作物固碳能力，难以区分新近光合固定碳与土壤原有有机碳，也难以定量追踪光合碳在植株、根系、根际土壤、不同土壤碳库及气体排放通量中的分配和转化过程，导致不同作物品种或技术措施之间的碳汇能力难以进行科学比较。为建立农作物碳汇能力的过程化、定量化评估方法，填补作物碳汇能力核算评估标准的空白，依据《中国土壤学会团体标准制修订项目管理办法（试行）》，开展本规范制定工作。

1.2、工作过程

编制工作组自 2023 年起开展相关文献调研和技术研究，在中国科学院基础与交叉前沿科研先导专项支持下，推进了本团体标准的编制，逐步形成农作物碳汇能力评估的技术框架，具体工作过程如下：

2025 年 9–12 月：编制工作组开展国内外稳定碳同位素标记技术、作物光合碳分配与土壤碳库稳定化评估方法相关文献调研，召开多次内部讨论会，确定《农作物碳汇能力评估技术规范》（以下简称《规范》）的总体定位、适用范围、编制思路和技术框架。

2026 年 1–3 月：编制工作组系统梳理 ^{13}C 连续标记、样品采集与碳同位素测定、指标计算等关键技术环节，结合中国科学院基础与交叉前沿科研先导专项相关研究数据，初步确定评估指标体系和计算方法，形成《规范（草案）》。

2026 年 4–6 月：经编制工作组申请、专家评审论证，中国土壤学会设立《规范》团体标准编制项目。编制工作组以视频会议和函审形式组织召开专家咨询会，围绕《规范（草案）》的术语定义、评估方案、标记参数、指标计算和结果表示等内容开展论证，并根据专家意见修改完善。

2026 年 7–9 月：编制工作组汇总专家咨询意见和内部讨论结论，对《规范（草案）》进行修改完善，并向江苏省农业科学院、中国农业大学、西南大学、华南农业大学、上海市农业科学院等 5 家单位征求意见，共收集反馈意见 29 项。

2026 年 10 月：编制工作组逐条处理反馈意见，其中采纳 23 项、部分采纳 6 项、未采纳 0 项，据此形成《规范（征求意见稿）》。

1.3 起草组成员及其主要工作

本团体标准起草单位为中国科学院南京土壤研究所、中国科学院分子植物科学卓越创新中心、中国科学院植物研究所。主要起草人共 11 人，其中夏龙龙、魏志军、叶开烨和贾娟主要负责标准文本撰写以及试验实施，颜晓元、周伟、逄超普、冯晓娟、宋青峰、朱新广、王佳伟主要负责标准文本修改和试验结果评价、总体规划以及顶层设计。

2、标准编制原则和确定标准主要内容

2.1 编制原则

编制《农作物碳汇能力评估技术规范》团体标准主要遵循以下原则：

1、合法性原则

标准内容遵守国家相关法律法规和政策，与现行国家标准、行业标准协调一致，标准编制过程中尊重相关知识产权。

2、科学性原则

标准基于稳定碳同位素标记技术的成熟研究基础，结合编制组试验验证结果，确定评价指标、计算方法和技术参数，确保标准内容科学合理、准确权威。

3、适用性原则

标准内容针对农作物碳汇能力评估的实际需求，适用于不同作物类型、品种或品系碳汇能力的比较评估，吸纳多方意见，确保标准具有广泛的适用性和代表性。

4、可操作性原则

标准内容清晰、具体，评估方案、标记参数、样品采集、指标计算和结果表示等环节均具备可操作性，便于科研单位、评价机构及其他相关机构执行和推广。

2.2 编制依据

《农作物碳汇能力评估技术规范》的主要内容和技术指标通过文献调研、数据收集、方法论证和试验验证等确定。

1. 文献调研：编制工作组系统查阅国内外稳定碳同位素标记技术、作物光合碳固定与分配、根际沉积、土壤有机碳来源解析和碳循环过程研究的相关标准、规范、专著和文献，确定标准中涉及的关键技术环节和指标设置。

2. 方法论证：^{13}C 连续标记技术已广泛应用于植物光合碳固定、根际碳输入、土壤有机碳来源解析和碳循环过程研究，可对作物新近固定的光合碳进行示踪，在明确标记条件、追踪期限及核算边界的基础上，定量表征新近光合碳在植株、土壤有机碳组分及 CO_2 和 CH_4 气体排放中的分配与留存特征。该技术路线成熟、测定指标明确、结果可追溯，具备制定团体标准的技术基础。

3.指标确定：围绕光合碳固定、植株分配、土壤输入与稳定化、气体损失及综合评价，设置总固定光合碳量、各组分光合碳分配量、光合碳稳定化比例、净留存光合碳量等指标。在具备相应观测数据和核算条件时，进一步计算根际沉积激发效应及净碳汇潜力等指标，并规定相应的计算方法。指标选取遵循科学合理、可操作性强、可测量、可标准化、可检测，兼顾不同作物及评价条件的适用性的原则。

4. 试验验证：编制工作组依据本标准规定的标记时期、标记时长、^{13}C 丰度、CO_2 浓度和采样方案，设置未标记自然丰度对照和不少于 3 个生物学重复，对不同作物类型开展 ^{13}C 连续标记评价，验证评估方案、样品采集方法、碳同位素测定方法和指标计算方法的可行性，并根据验证结果完善标记参数和核算边界要求。

3、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

3.1、试验分析与综述报告

脉冲标记难以表征生育期内光合碳的持续分配，主要用于示踪特定时期同化光合碳的后续分配与转化；连续标记可在设定标记期内持续标记新固定的光合碳，更适用于评价光合碳在植株—土壤系统中的分配与留存；考虑到不同有机碳组分的分离方法及操作条件可能影响测定结果，本规范采用颗粒有机碳与矿物结合态有机碳分级方法，并通过分级质量回收率和碳回收率核查分级结果的可靠性；根光合碳根际输入可能改变土壤原有有机碳矿化。本规范通过设置相应无植物土壤对照，在一致的土壤基准、环境条件和观测期限下，比较土壤原有有机碳矿化量，以评价根际激发效应。上述结论支撑了标准采用 ^{13}C 连续标记、以矿物结合态有机碳表征稳定化光合碳、以无植物对照差值法核算根际激发效应的技术路线。

编制工作组针对不同作物类型开展 ^{13}C 连续标记验证，设置未标记自然丰度对照，并根据评价对象设置独立生物学重复。验证内容包括标记系统运行稳定性、作物生长响应、同位素富集水平、碳库分级回收率及评价指标的可重复性。依据已有研究及验证结果，建议禾本科作物旺盛生长期标记 7 天以上、豆科及生育期较短作物标记 3～5 天，标记效果可满足碳同位素比值测定要求且未明显影响作物生长；标记系统内 CO_2 浓度宜以标记开始时当地环境浓度为基准、波动控制在±10%以内，^{13}C 丰度取 10%～20% atom%，可满足检测灵敏度要求。同时，通过设置未标记自然丰度对照和独立生物学重复，对样品同位素富集水平、碳库分级回收率及相关指标的可重复性进行核查。上述研究与验证工作为本规范标记参数、样品

采集、碳同位素测定及指标计算方法的确定提供了技术依据。

综上，编制工作组明确了技术路线选择依据，验证试验检验了标记参数、碳库分级、指标计算和核算边界的可操作性，共同支撑了标准主要技术条款的确定。

3.2、技术经济论证

从技术可行性看，^{13}C 连续标记技术在国际上已广泛应用于植物光合碳固定、根际碳沉积和土壤有机碳来源解析研究，稳定碳同位素标记系统、气体供给与浓度控制装置及碳同位素测定技术已在相关研究中得到应用，为本规范实施提供了技术基础。本标准规定的标记参数、样品采集方法、碳同位素测定方法和指标计算方法，均基于成熟技术路线和编制组试验验证，具备良好的技术可行性。标准引用了 GB/T 42490—2023《土壤质量 有机碳含量与碳同位素比值测定 稳定同位素比值质谱法》、T/LCAA 006—2021《农田甲烷和氧化亚氮静态箱法排放监测技术规范》等现行标准，与现有测定方法体系衔接良好。

从经济合理性看，本标准为方法类技术规范，不涉及工程建设和设备购置的强制性要求，评估机构可利用现有稳定同位素比值质谱仪、静态箱-气相色谱系统等常规设备开展评估。标准通过统一评估方案、标记参数、样品采集、指标计算和结果表示，可减少不同机构间评价结果不可比造成的重复试验和资源浪费，提高评估效率。标准规定的质量控制要求和不确定性量化方法，有助于提高评估结果的可靠性，降低因方法不一致导致的决策风险。

3.3、预期经济效果

本标准的实施预期将产生以下经济效果：

（1）支撑高碳汇能力作物或品种筛选。本标准为不同作物类型、品种或品系碳汇能力的定量比较提供统一技术依据，有助于筛选具有较高碳汇能力的作物或品种，为作物育种、栽培管理优化及高碳汇品种推广应用提供科学支撑。

（2）促进农作物碳汇能力评价与碳核算方法的规范化。本标准通过统一光合碳标记、样品采集、指标计算及结果表示等技术要求，提高不同作物及评价条件下碳汇能力评估结果的可比性与可追溯性，为农作物碳核算方法的完善及规范化应用提供技术参考。

（3）服务农业绿色低碳发展。 本标准通过定量评估作物光合碳固定、土壤输入及稳定化能力，为农田固碳技术评价和农业碳中和相关技术研发提供方法依据，有助于推动农业固碳增汇技术的研发与应用，服务农业绿色低碳发展及国家“双碳”目标。

4、标准涉及的相关知识产权说明

本标准规定的评估方案、标记参数、样品采集、指标计算及结果表示等技术要求，主要

依据公开发表的研究成果和编制组自主开展的相关研究制定，不依赖于特定专利技术。标准编制过程中参考的 GB/T 27000—2023、GB/T 42490—2023 等现行标准均已公开发布。相关验证试验数据来源于编制组承担的中国科学院基础与交叉前沿科研先导专项（XDB0630302）及其他相关研究工作，数据使用符合相关科研项目管理和知识产权要求。经编制组核查，未发现影响本标准实施的知识产权争议。

5、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

通过国际标准组织（ISO）“https://www.iso.org/home.html”和美国标准协会（ANSI）“https://www.ansi.org/”以及欧盟标准化委员会（CEN）“https://www.cencenelec.eu/”等查询平台以“stable carbon isotope labeling AND crop carbon sink”“^{13}C labeling AND soil organic carbon”等作为检索关键词进行查新，发现目前美国、欧洲等农业发达国家尚无农作物碳汇能力评估的同类技术标准。

登录全国标准信息公共服务平台（https://std.samr.gov.cn），以“农作物碳汇”“作物碳固定”“稳定碳同位素标记”等作为检索关键词进行查新，检索结果表明：目前国内与农田碳汇相关的团体标准主要有 T/CSES 190—2025《农田土壤碳汇项目监测核算通则》，该标准由中国环境科学学会发布，主要面向项目层面的农田土壤碳汇监测与核算，重点解决土壤碳汇项目边界、核算流程和数据质量控制问题，尚未针对作物光合固定碳在植株、根系、根际土壤、不同土壤碳库、气体排放之间的分配、转化和稳定化过程建立相应的定量评价方法，难以直接满足不同作物类型、品种或品系碳汇能力比较与筛选的技术需求。

本标准以农作物光合碳固定、分配及土壤留存过程为评价对象，基于稳定碳同位素示踪技术，建立农作物碳汇能力的过程化、定量化评估方法，为高碳汇能力作物或品种筛选及农作物碳核算方法完善提供技术依据，与现有农田土壤碳汇监测核算类标准在评价对象、技术方法和应用目的上形成互补。

6、重大分歧意见的处理经过和依据

无

7、其他应予说明的事项

无