

农业行业标准  
《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》  
(征求意见稿)

编制说明

《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》编制组

2024 年 4 月

# 《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》

## (征求意见稿)

### 编制说明

#### 一、工作简况

##### (一) 制定背景

为推动生物炭技术参与全球碳交易,国际生物炭倡导组织(International Biochar Initiative, IBI)推出了《Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil(面向土壤应用的生物炭标准产品定义和产品测试导则)》,英国生物炭研究中心(UK Biochar Research Center, UKBRC)主导推出了欧洲生物炭认证 EBC(European Biochar Certificate),旨在形成欧洲生物炭标准。二者都是从生物炭产品质量出发,逐步向生物质原料、生物炭应用与生物炭基农业投入品领域延伸。其中,英国生物炭研究中心于2021年2月1日又推出了《EBC-Guidelines for the Certification of Biochar Based Carbon Sink(EBC-生物炭碳汇认证指南)》,以支撑构建其主导的碳汇注册交易框架。在此基础上,VERRA主管的核证碳标准(VCS)于2022年8月发布了《Methodology for Biochar Utilization in Soil and Non-Soil Applications(生物炭土壤与非土壤利用方法学)》。但是到目前为止,上述组织发布的相关认证方法或标准仅涉及生物炭产品质量和固碳潜力核定,即到生物炭产品出厂时为止。在应用环节,《2006年国家温室气体清单指南2019修订版》在能源卷和农林卷分别新增了生物炭生产过程温室气体逃逸排放核算方法和排放因子、生物炭添加到草地和农田矿质土壤有机碳储量年变化量的核算方法。但该方法适合大区域尺度分析,没有考虑具体的作业环节,且所用参数变幅较大,难以在具体的生物炭还田项目中应用。我国的生物炭研究与国际上基本同步,并在产

业化和标准体系建设方面形成了特色和优势，包括申报单位牵头制定的生物炭、生物炭基肥料、生物炭基有机肥料等农业行业标准。在生物炭还田固碳减排计量方法方面，现有研究主要是面向全球尺度和区域尺度的估算，也有学者针对生物炭生命周期开展了碳足迹分析。虽然目前还没有针对具体项目的、可实操的相关标准出台，但现有工作基础可以为制定生物炭还田固碳减排计量核算与报告规范提供支撑。

## （二）任务来源

根据《关于下达 2023 年农业国家和行业标准制修订项目计划的通知》(农质标函〔2023〕51 号)，由沈阳农业大学牵头制定《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》标准 (NYB-23223)。本标准由农业农村部科学技术司提出，由农业农村部农业资源环境标准化技术委员会技术归口，标准起草首席专家为沈阳农业大学孟军教授，沈阳农业大学与中国科学院南京土壤研究所、农业农村部农业生态与资源环保总站、佛山科学技术学院、炭索未来生态环境科技有限公司共同编制。

## （三）起草单位及协作单位

本文件主要完成人：孟军、孙强、杨旭、黄玉威、夏龙龙、赫天一、刘遵奇、付时丰、兰宇、张一、杨沫、崔鑫、孙仁华、孙元丰、颜晓元、王海龙、张建顺。

孟军为标准首席专家，全程指导标准的制定；杨旭为标准起草小组的主要负责人，统筹规划标准研制进度及技术指导；孙强负责资料收集，撰写标准文本和编制说明。所有参与标准编制人员见表 1，按起草单位贡献排名。

表 1 标准编制人员表

姓名	性别	工作单位	职务/职称	项目分工	联系电话
孟军	男	沈阳农业大学	教授	主持	15309898525
孙强	男	沈阳农业大学	讲师	撰写标准文本及编制说明	13998318004
杨旭	男	沈阳农业大学	副教授	技术指导	13998341035
黄玉威	女	沈阳农业大学	实验师	生物炭理化性质分析	18202494803
夏龙龙	男	中国科学院南京土壤研究所	研究员	土壤固碳计量	13815865698
赫天一	男	沈阳农业大学	讲师	农机排放计量	15940060431

刘遵奇	男	沈阳农业大学	讲师	土壤温室气体排放 计量	13940403864
付时丰	男	沈阳农业大学	高级实验 师	土壤理化性质分析	13591698578
兰宇	男	沈阳农业大学	研究员	生物质运输过程排 放计量分析	15040214089
张一	女	沈阳农业大学	实验师	温室气体检测	15141061001
杨沫	女	沈阳农业大学	实验师	温室气体检测	13591464766
崔鑫	女	沈阳农业大学	实验师	温室气体检测	15909818576
孙仁华	女	农业农村部农业生态 与资源保护总站	高级农艺 师	相关行业标准检索	18701647257
孙元丰	女	农业农村部农业生态 与资源保护总站	农艺师	相关行业标准检索	13621303559
颜晓元	男	中国科学院南京土壤 研究所	研究员	土壤固碳计量	13645169768
王海龙	男	佛山科学技术学院	教授	土壤固碳计量	18606539138
张建顺	男	炭索未来（广东）生态 环境科技有限公司	助理农艺 师	生物炭或炭基肥料 运输过程排放计量	13821887098

#### （四）起草过程

##### 1.起草阶段

（1）2023年3月，由生物炭研究、生产、应用等领域专家组成标准起草小组。项目组调研国内外固碳减排方法学、案例及相关标准，力争在生物炭还田固碳减排计量核算方法、缺省值设定、数据监测等方面与国际标准接轨。

（2）2023年4月-9月，根据标委会标准制定工作要求，起草《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》标准文本和编制说明（征求意见稿）。

（4）2023年10月，在杭州举办“全国生物炭研究与应用研讨会”，邀请科研院所、从业企业、碳排放权交易中心等多家单位代表就《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》标准文本（征求意见稿）展开讨论，现场照片和征集意见情况见附件。

（5）2023年10月-2023年11月，根据研讨会讨论结果修订标准文本和编制说明，形成《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》标准文本和编制说明（征求意见稿）。

(6) 2023 年 11 月底，提交《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》标准文本和编制说明（征求意见稿）。

(7) 2024 年 3 月，提交二次修订的《生物炭还田固碳减排计量核算与报告》标准文本和编制说明（征求意见稿）。

## 二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

### (一) 编制原则

**保守性原则：**保守性就是对不确定性的审慎态度。

本标准针对生物炭或生物炭基肥料等生物炭基农业投入品出厂运输到最终田间应用环节的生物炭还田的固碳减排潜力，符合实际情况和需求。由于该项目在生物炭生产企业、生物炭基肥料生产企业、种植业合作社（农户或企业）等不同生产主体，而不同生产主体之间由于信息不对等或者要求不一致而很难达到理想状态，所以本标准设计了缺省做法和优良做法。缺省做法是，为项目中的某些环节设定保守的缺省值，使用最低标准的参数进行计量，即便可能导致固碳减排量的低估，但至少可以保证本标准能够单独实施，也体现了保守性原则。优良做法是，当生物炭产品具有固碳减排潜力标签时，或有条件获取相关信息时，根据标签信息或测量值进行计量，以便更准确地体现固碳减排效果。

**相关性原则：**是指应确保生物炭还田固碳减排核算与报告能够反映目标用户的需求，服务于目标用户内部和外部碳排放数据采用者的决策需要。

**完整性原则：**是指应计入碳排放核算报告内所有排放源和活动，披露任何没有计入的排放量并说明理由。应当计入选定的核算边界内的所有相关排放源，从而可以编制全面且有意义的碳排放报告。

**一致性原则：**采用一致的核算方法，可以对不同区域、不同时间产生的排放量进行有意义的比较。明确记录数据及核算边界、核算方法或者任何其他有关因素在时间序

列中的变化。

**准确性原则:**是指应尽量保证在可知的范围内计算出的碳排放量不会系统性地高于或低于实际排放量,尽可能在可行的范围内减小不确定性,达到足够的准确度,以保证用户在进行决策时对碳排放报告信息完整性的信心。

**透明性原则:**是指应按照明确的审计线索和连贯的方式处理所有问题,对碳核算中的所有假设情况进行说明,明确核算方法的具体计算过程及所收集的数据来源。

## (二) 主要内容的依据

### 1 主要内容

本文件规定的主要内容为生物炭或生物炭基肥料等炭基农业投入品的运输和还田过程中温室气体的排放核算、生物炭还田后农田温室气体排放核算以及生物炭的碳封存量核算。

**2 范围:**本文件规定了生物炭还田固碳减排计量核算与报告的术语和定义、核算步骤、基线情景识别、温室气体种类、项目边界、核算方法、注意事项、数据监测、数据质量管理、核算报告和仲裁方法等内容。

本文件适用于生物炭或生物炭基农业投入品还田项目在 100 年尺度上碳封存量和农田温室气体减排量的核算与报告。

**3 规范性引用文件:**本文件引用和参考了最新版的国内和国际的先进标准和方法学,以充分保证本标准条款的可行性。共引用了 4 项国家标准文件,分别为 GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法、GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则、GB/T 33760-2017 基于项目的温室气体减排量评估技术规范通用要求、GB/T 42490 土壤质量 土壤与生物样品中有机碳含量与碳同位素比值、全氮含量与氮同位素比值的测定 稳定同位素比值质谱法; 4 项行业标准文件,分别为 NY/T 1121.1 土壤检测 第 1 部分:土壤样品的采集、处理和贮存、NY/T 3041-2016 生物炭基肥料、

NY/T 3618-2020 生物炭基有机肥料和 NY/T 4159-2022 生物炭；另外引用 1 项质检标准，为 RB/T 095-2022 农作物温室气体排放核算指南。

**4 术语和定义：**明确术语和定义，是标准使用者准确理解和实施标准的前提条件。为了便于使用，以下列出本文件直接引用 GB/T 32150、GB/T 33760、NY/T 3041、NY/T 3618 中的术语和定义。同时，本文件规定了 4 个术语，分别为生物炭基农业投入品、生物炭还田、生物炭百年尺度残留率、生物炭碳封存量，并对术语进行了定义。

#### 4.1 生物炭 biochar

以作物秸秆等农林植物废弃生物质为原料，在绝氧和有限氧气供应条件下、400℃~700℃热裂解得到的稳定的固体富碳产物。

#### 4.2 生物炭基肥料 biochar based fertilizer

以生物炭为基质，添加氮、磷、钾等养分中的一种或几种，采用化学方法和（或）物理方法混合制成的肥料。

#### 4.3 生物炭基有机肥 biochar-based organic fertilizer

生物炭与来源于植物和（或）动物的有机物料混合发酵腐熟，或与来源于植物和（或）动物的经过发酵腐熟的含碳有机物料混合制成的肥料。

#### 4.4 生物炭基农业投入品 biochar-based agricultural inputs

生物炭基肥料、生物炭基有机肥料等含有生物炭的以作物生产或土壤管理为目标的农业生产资料。

#### 4.5 生物炭还田 biochar incorporation

将生物炭或生物炭基肥料等生物炭基农业投入品施入农田，以改善土壤质量和促进土壤碳封存与减少温室气体排放的一种农业生产措施。

#### 4.6 生物炭碳封存量 biochar carbon storage

在一定时间尺度上土壤中残留（未矿化）的生物炭碳对应的二氧化碳当量（CO<sub>2</sub>e）。

#### 4.7 温室气体减排量 greenhouse gas emission reduction

经计算得到的一定时期内项目所产生的温室气体排放量与基准线情景的排放量相比较的减少量。

#### 4.8 缺省做法 default

在无法满足优良做法的情况下，选择默认数值、因子或系数的做法。

#### 4.9 活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

#### 4.10 排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

#### 4.11 生物炭百年尺度残留率 persistence rate of biochar C remaining after 100 years

100年后残留（未矿化）的生物炭碳量与生物炭总碳量的比值。

### 5 核算步骤：

本文件的核算步骤主要分为4个步骤：

步骤1 确定核算项目及其与本标准的适应性；

步骤2 识别基线情景；

步骤3 确定项目边界；

步骤4 核算项目固碳减排量，具体包括：

- ① 识别排放源；
- ② 选择核算方法；
- ③ 选择与收集活动数据；
- ④ 计算基线排放量和项目排放量；
- ⑤ 计算项目碳封存量 and 温室气体减排量。



**6 基线情景识别:**本文件的基线情景确定为实施生物炭还田之前的作物生产系统作为项目基线情景，包括所有农田生态系统，并识别温室气体排放源及温室气体种类。

**7 温室气体的种类:**本文件核算的温室气体包括二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）和氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）三种气体。

**8 项目边界:**生物炭的来源广泛，为了促进未来纳入更多原料和其他生物炭最终用途，温室气体量化是在一个框架中建立的，该框架允许采用广泛的方法来估计生物炭价值链的气候影响。总体框架包括：

①生物炭由生产地运输至应用地的过程，不考虑炭基肥料等炭基农业投入品的运输阶段，因为化肥的运输同样会产生温室气体排放，所以炭基肥料等炭基农业投入品的运输未额外产生温室气体排放，故不予考虑生物炭基肥料等炭基农业投入品运输阶段的排放。

②生物炭、炭基肥料等炭基农业投入品的还田应用。

### 8.1 核算边界

在VCS方法学--生物炭的土壤和非土壤应用中，要求项目活动必须安装和运营一个新的生物炭生产设施，且将原料收储、生物炭制备、持久性应用囊括在一个项目内，并将项目的开始日期定义为生物炭生产的第一次实施。该项目边界要求是理想化的，在生产实践中，可能很少有企业能做到全链条，而更可能涉及生物质收储合作社（包括深加工企业等）、生物炭生产企业（且往往和肥料生产联系在一起）、种植业合作社（农户或企业）等不同生产主体。因此，为了更好地推进生物炭应用，应针对不同环节分别进行固碳减排计量核算，本标准针对生物炭、炭基肥料等炭基农业投入品的应用环节确定项目边界，更符合实践需求，也是制定本标准的初衷。

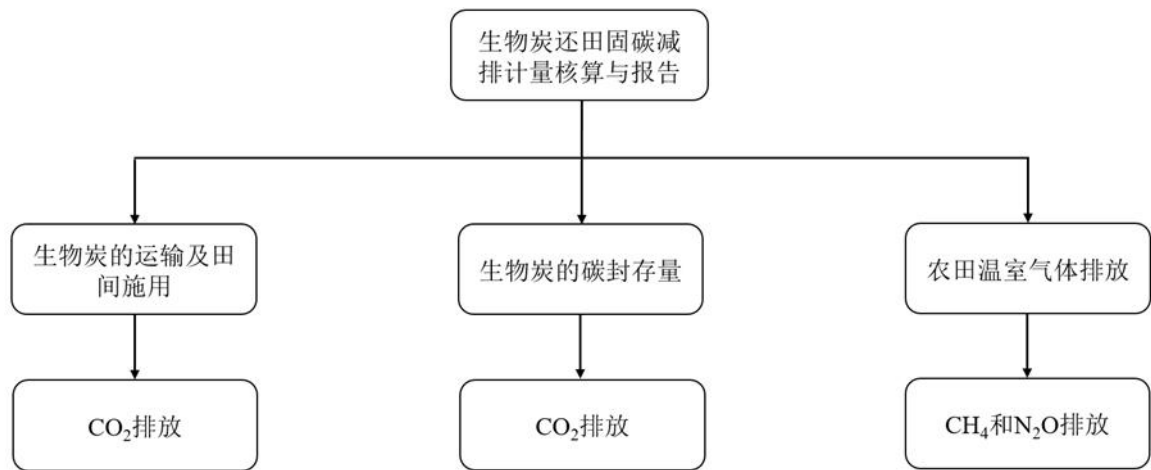


图 1 生物炭还田固碳减排计量核算边界示意图

## 8.2 核算期

自生物炭还田项目作业开始时起的 1 个自然年度。

## 8.3 核算和报告范围

①生物炭从生产地运输至应用地过程中消耗电力、化石燃料产生的 CO<sub>2</sub> 排放。此环节包括生物炭从生产车间运输到生物炭还田地点过程中的 CO<sub>2</sub> 排放，而不考虑炭基肥料运输过程中产生的 CO<sub>2</sub> 排放，因为基线情景默认施用常规化肥，化肥运输过程中同样产生 CO<sub>2</sub> 排放。此环节中需要相关业主提供具体的化石燃料消耗台账、票据和流水等，消耗电力则需要相关业主提供电表账单。

②生物炭田间撒播使用农机设备消耗化石燃料产生的 CO<sub>2</sub> 排放。此环节中主要的排放源为农机具作业时消耗的化石燃料燃烧排放的 CO<sub>2</sub>。

③生物炭的碳封存量。生物炭还田后，生物炭由于其稳定的性质，已经被证明能够在土壤中存在成百上千年。所以本文件根据生物炭本身的含碳量、施用量和百年残留率等计算生物炭还田后的碳封存量。

④农田温室气体排放，主要分为稻田情景和农田情景。稻田情景主要是稻田厌氧环境下 CH<sub>4</sub> 的排放。而农田情景下主要核算对象为种植过程中向土壤施用含氮肥料（无机氮肥、有机肥、绿肥和秸秆还田）产生的 N<sub>2</sub>O 排放。

## 8.4 温室气体排放源的识别

基线情境中由于不涉及生物炭、生物炭基肥料等炭基农业投入品运输和还田环节，所以只识别基线情景下非 CO<sub>2</sub> 温室气体，即稻田的 CH<sub>4</sub> 排放，旱田的 N<sub>2</sub>O 排放。项目情景中，各环节温室气体排放源见表 2。

表 2 固碳和温室气体排放源的选择

情景	排放源	温室气 体	理由/说明
基线情 景	稻田	CH <sub>4</sub>	稻田土壤为厌氧环境, 产生 CH <sub>4</sub>
	农田	N <sub>2</sub> O	农田土壤因氮肥施用引起 N <sub>2</sub> O 排放
项目情 景	稻田	CH <sub>4</sub>	稻田土壤为厌氧环境, 产生 CH <sub>4</sub>
	农田	N <sub>2</sub> O	农田土壤因氮肥施用引起 N <sub>2</sub> O 排放
	生物炭运输及还田作业	CO <sub>2</sub>	化石燃料消耗产生 CO <sub>2</sub> 排放
	生物炭的碳封存量	CO <sub>2</sub>	生物炭中的稳定性有机碳封存于农田土壤

## 9 核算方法

### 9.1 生物炭还田固碳减排量核算

本环节项目活动数据包括基线情景下温室气体排放总量 BE (t CO<sub>2</sub>e), 生物炭还

田项目情景下温室气体排放总量  $E_{ps,as}$  (t CO<sub>2</sub>e) 和生物炭的碳封存量 (t CO<sub>2</sub>e) 三个部分。生物炭还田固碳减排量由基线情景下温室气体排放量和项目情景温室气体排放量的差值与生物炭的碳封存量进行加和计算。计算公式如下：

$$ER = BE - E_{ps,as} + C_{ps}$$

## 9.2 基线情景温室气体排放量的核算

### 9.2.1 基线情景温室气体排放量核算方法

基线情景温室气体排放量  $BE$  包括稻田排放的甲烷  $E_{CH_4,bs}$  (t CO<sub>2</sub>e) 和旱地排放的氧化亚氮  $E_{N_2O,bs}$  (t CO<sub>2</sub>e) 的和。计算公式如下：

$$BE = E_{CH_4,bs} + E_{N_2O,bs}$$

### 9.2.2 活动数据获取方法

缺省做法是将基线情景的温室气体排放量缺省值设置为 0。依据 VCS 方法学《生物炭土壤与非土壤利用方法学》中表示，由于基线情景中没有生物炭还田应用，所以将生物炭还田应用的相关农田温室气体排放量设置为默认值 0。本标准缺省做法默认 VCS 方法学中的做法；优良做法则根据 RB/T 095 中 6.2 节和 6.3 节的规定进行核算，RB/T 095 为农作物温室气体排放核算指南质检行业标准，详细的规定了农作物的稻田 CH<sub>4</sub> 排放和旱田 N<sub>2</sub>O 排放的核算方法。

## 9.3 项目情景生物炭还田温室气体排放量的核算

生物炭项目还田应用环节排放的温室气体排放量  $E_{ps,as}$  (t CO<sub>2</sub>e)，包括项目情景下生物炭运输车辆及还田作业农机具排放的温室气体  $E_{ps,bt}$  (t CO<sub>2</sub>e)、稻田排放的甲烷  $E_{CH_4,ps}$  (t CO<sub>2</sub>e) 和农田排放的氧化亚氮  $E_{N_2O,ps}$  (t CO<sub>2</sub>e)。计算公式如下：

$$E_{ps,as} = E_{ps,bt} + E_{CH_4,ps} + E_{N_2O,ps}$$

### 9.3.1 项目情景生物炭还田应用环节温室气体排放量的数据获取方法

缺省做法中，生物炭还田应用环节排放的温室气体  $E_{ps,as}$  的计算方法为生物炭运输

车辆及还田作业农机具排放的温室气体  $E_{ps, bt}$ 、项目情景下稻田  $CH_4$  的排放量  $E_{CH_4, ps}$  和农田  $N_2O$  的排放量  $E_{N_2O, ps}$  之和。本文件的项目情景生物炭还田应用环节温室气体排放量的数据获取方法同样提供缺省做法和优良做法。本文件规定缺省做法中，若以生物炭的形式直接还田，当运输距离  $< 200$  km 时， $E_{ps, bt}=0$ ；当运输距离  $\geq 200$  km 时，按照 RB/T 095 中 6.4 规定执行。若以生物炭基肥料等农业投入品的形式还田， $E_{ps, bt}=0$ ，因为生物炭基肥料的运输与基线情景下化肥运输功能一致，未增加多余的运输工序导致温室气体排放，所以取  $E_{ps, bt}=0$ 。

优良做法中，若以生物炭的形式直接还田， $E_{ps, bt}$  的计算按照 RB/T 095 中 6.4 规定执行。若基线情景中  $E_{CH_4, bs}$  和  $E_{N_2O, bs}$  的计算采用的排放因子是基线情景下核算主体监测的排放因子，则项目情景下  $E_{CH_4, ps}$  和  $E_{N_2O, ps}$  的计算应采用项目情景下核算主体监测的排放因子。若  $E_{CH_4, bs}$  和  $E_{N_2O, bs}$  的计算采用的排放因子是缺省值，则  $E_{CH_4, ps}$  和  $E_{N_2O, ps}$  的计算公式如下：

$$E_{CH_4, ps} = E_{CH_4, bs} \times (1 - K_{CH_4})$$

$$E_{N_2O, ps} = E_{N_2O, bs} \times (1 - K_{N_2O})$$

大量研究结果已经证明生物炭还田可以有效降低土壤  $N_2O$  和  $CH_4$  的排放，因此，在本文件中生物炭还田对土壤  $N_2O$  和  $CH_4$  的减排量也应被计算在内。然而，目前学术界尚缺少生物炭与土壤温室气体减排的相关模型或计算方法，无法根据生物炭的性质、用量以及土壤环境等因素直接获得减排量。基于此，本文件起草团队广泛收集了生物炭影响土壤  $N_2O$  和  $CH_4$  排放的荟萃分析文献，将各项荟萃分析文献的结果进行平均值计算，得出了生物炭还田对土壤  $N_2O$  排放的抑制率  $K_{N_2O}$  为 24.8%、对土壤  $CH_4$  排放的抑制率为 19.4%。相关文献及结果见表 3。根据 Woolf et al. (2021) 的荟萃分析研究结果，只有当生物炭施用量超过  $10 \text{ t hm}^{-2}$  时，生物炭还田对  $CH_4$  和  $N_2O$  才有减

排效果，所以当生物炭或生物炭基农业投入品中生物炭的实际还田量少于  $10\text{t hm}^{-2}$ ，则  $K_{\text{CH}_4}$  和  $K_{\text{N}_2\text{O}}$  均取值 0，当生物炭或生物炭基农业投入品中生物炭的实际还田量大于等于  $10\text{t hm}^{-2}$ ， $K_{\text{CH}_4}$  取值 19.4%， $K_{\text{N}_2\text{O}}$  取值 24.8%。

表 3 生物炭对土壤温室气体排放的抑制率

序号	文献	$\text{N}_2\text{O}$ 抑制率	$\text{CH}_4$ 抑制率
1	Xia et al., 2023	23.4%	26.4%
2	Fu et al., 2023	23.9%	27.0%
3	Kaur et al., 2022	38.8%	/
4	Lyu et al., 2022	31%	7%
5	Jia et al., 2023	26.8	13%
6	Ji et al., 2018	/	12%
7	Wu et al., 2019	18.7%	9.3%
8	Iqbal et al., 2023	18%	25%
9	Shakoor et al., 2022	25%	37%
10	Liao et al., 2021	22%	18%
11	Shakoor et al., 2021	19.7%	/
12	Cayuela et al., 2015	49%	/
13	He et al., 2021	14.7%	/
14	Zhang et al., 2022	15.9%	/
15	Ma et al., 2023	20.2%	/
平均值	/	24.8%	19.4%

## 9.4 生物炭的碳封存量

### 9.4.1 项目情景生物炭还田碳封存量的核算

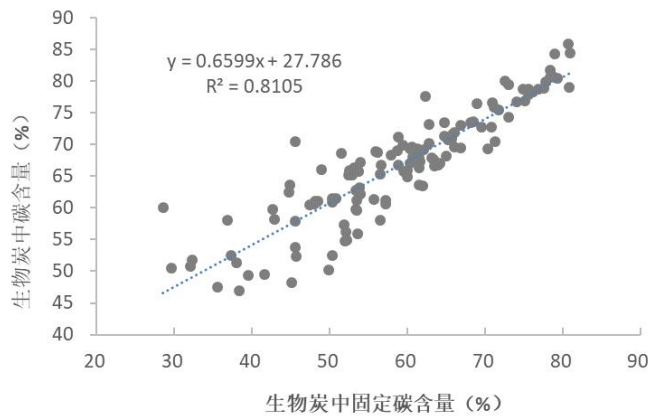
生物炭的碳封存量  $C_{\text{ps}}$  主要由生物炭（干基）的碳含量  $C_{\text{b}}$ 、项目情景下生物炭或生物炭基农业投入品中生物炭的实际还田量  $M_{\text{ps}}$ 、生物炭或生物炭基农业投入品的含水量  $W$ 、生物炭百年尺度残留率  $\text{PR}$ 、碳与  $\text{CO}_2$  的转化系数计算得来。项目情景生物炭的碳封存量计算公式如下：

$$C_{ps} = C_b \times M_{ps} \times (1 - W) \times PR \times 44/12$$

若以生物炭基肥料（NY/T 3041）的形式还田，需要计算项目情景下实际的生物炭还田量  $M_{ps}$ 。因为生物炭基肥中所有的有机碳均来自于生物炭，所以其具体计算方法为实际施用的生物炭基肥料的施用量  $M_{bf}$  和项目情景下生物炭基肥料中生物炭的质量分数(以碳计,%)的乘积除以标准生物炭的碳含量 30%，其中 30%取自 NY/T 4159 中的 II 级生物炭的含碳量规定。计算公式如下：

$$M_{ps} = M_{bf} \times C_{bf}/30\%$$

若以生物炭基有机肥料（NY/T 3618）的形式还田，需要计算项目情景下生物炭的实际还田量  $M_{ps}$ 。由于生物炭基有机肥中的有机碳来源不唯一，无法直接根据有机碳来计算生物炭的含量，所以需要根据生物炭中的固定碳含量总碳进行拟合方程，根据编写团队的前期工作基础，生物炭中的总碳含量与固定碳含量的关系呈线性关系见下图。



$M_{ps}$  由项目情景下的生物炭基有机肥料的还田量  $M_{bof}$ 、项目情景下生物炭基有机肥料中生物炭的质量分数  $C_{bof}$ 、标准生物炭的碳含量共同决定，计算公式如下：

$$M_{ps} = M_{bof} \times (C_{bof} \times 0.66 + 28\%)/30\%$$

标准生物炭的碳含量取自 NY/T 4159 中的 II 级生物炭的含碳量规定 30%。上式中 0.66 为总碳与固定碳的线性拟合方程的斜率，28%为线性拟合方程的截距。

### 9.3.2 生物炭的固碳量核算数据获取方法

本文件设置生物炭碳封存量核算的缺省做法和优良做法。缺省做法中， $C_b$  取值 30%，该数值取自 NY/T 4159 中的 II 级生物炭的含碳量规定 30%。若以生物炭的形式还田， $M_{ps}$  按照实际生物炭的用量计算；若以生物炭基肥料（NY/T 3041）和生物炭基有机肥料等生物炭基投入品的形式还田，按照实际相应产品中的生物炭含量计算。若以生物炭的形式还田，含水量  $W$  按照 NY/T 4159 中的 6.11 的规定执行；若以生物炭基肥料的形式还田，含水量  $W$  按照 NY/T 3041 中的 5.5 的规定执行；若以生物炭有机肥料的形式还田，含水量  $W$  按照 NY/T 3618 中的 5.7 的规定执行。而生物炭的百年残留率  $PR$  取值 0.56，Woolf et al. 2021 的研究结果表明，当生物炭的所有信息都不明确时，生物炭的百年平均残留率为 0.56，所以缺省做法中  $PR$  值取 0.56。

优良做法中，生物炭的百年残留率  $PR$  值根据生物炭的氢碳摩尔比（ $H/C_{org}$ ）和田地温确定，计算公式如下：

$$PR = c_{hc} - m_{hc} (H/C_{org})$$

计算方法采用 Woolf et al. (2021) 的研究结果，即  $PR$  值与  $H/C_{org}$  的线性回归方程计算而得，其中线性回归方程的斜率  $m_{hc}$  和截距  $c_{hc}$  由年平均地温决定。不同温度下  $PR$  与氢碳摩尔比方程中的斜率  $m_{hc}$  和截距  $c_{hc}$  见下表，根据项目的实际年平均地温就近选温度特征值对  $PR$  值进行计算。生物炭的  $H/C_{org}$  摩尔比根据生物炭（干燥基）的氢含量和有机碳含量进行计算， $m_H$  的测定按照 NY/T 4159 附录 A 的规定执行， $m_{C_{org}}$  的测定按照附录 D 的规定执行。

表 4 项目地年平均地温与  $c_{hc}$  和  $m_{hc}$  的关系

年平均地温, °C	$c_{hc}$	$m_{hc}$
5.0	1.13	-0.46
10.0	1.10	-0.59
15.0	1.04	-0.64
20.0	1.01	-0.65



年平均地温, °C	$c_{hc}$	$m_{hc}$
25.0	0.98	-0.66
10.9	1.09	-0.60
14.9	1.04	-0.64

## 10. 注意事项

本文件规定核算期内活动数据获取的做法必须统一,即采用缺省做法核算时不应该与优良做法混合使用,否则不同核算主体间无法比较。

## 11. 数据监测

项目执行时,所涉及所有的检测数据必须按照相关标准进行检测和测定。收集并记录在核算边界内所有的定性、定量的生产活动数据,并对收集数据的有效性和真实性进行检查、核证。收集的所有数据都须以电子版和纸质方式存档,直到计入期结束后至少两年。

**12. 数据质量管理:** 加强数据管理工作的目的是保证数据的安全性、完整性和可靠性。能够通过数据反应出的问题及时提出相应的解决方案。大田试验具有时效性和不确定性,在通过建立良好的数据质量管理模式可以及时解决一些突发情况,不至于错过作物生长关键期等导致数据不健全,无法完成项目。核算报告主体应加强数据质量管理工作,包括但不限于以下几点:

a) 建立温室气体排放核算报告规章制度,包括负责部门和人员、工作流程和内容、工作周期和时间节点等;指定专职人员负责温室气体排放核算和报告工作;

b) 项目活动佐证材料须完整、规范,包括生物炭或生物炭基农业投入品质量检测报告、购销证明、应用证明等;

c) 明确说明活动数据和排放因子数据的获取方法和选择依据;

d) 及时评估监测条件,定期对计量器具、检测设备进行维护管理,并记录存档;

e) 建立健全数据的记录管理体系,包括数据来源、数据获取时间以及相关责任人

等信息的记录管理，及时进行数据备份和归档；

f) 建立核算报告内部审核制度，定期对温室气体排放数据进行交叉校验，识别可能产生的数据误差风险，并提出相应的解决方案。

**13.核算报告：**核算报告的基本信息包括项目名称、业主名称、地理位置边界和总面积，生物炭或生物炭基农业投入品的生产商名称及地址，以及核算报告主体名称、单位性质、报告年度、统一社会信用代码、法定代表人、填报负责人和联系人信息等。核算报告主体应报告核算期内温室气体固碳减排总量，并分别报告生物炭运输及还田作业消耗化石燃料产生的 CO<sub>2</sub> 排放量、生物炭的固碳封存量、稻田土壤的 CH<sub>4</sub> 排放量及农田 N<sub>2</sub>O 排放量等；核算报告主体应详细报告项目活动中的数据来源，包括旱田面积、水田面积、肥料类型及施用量、生物炭还田作业中电力及化石燃料消耗、生物炭产量、生物炭基肥料等农业投入品使用量等信息。核算报告主体中涉及到温室气体排放因子，包括稻田 CH<sub>4</sub> 排放因子、农田 N<sub>2</sub>O 排放因子、消耗的电力和各种化石燃料的 CO<sub>2</sub> 排放因子以及生物炭对农田温室气体排放的抑制率等指标，需要报告所需排放因子的取值及其来源。

**14.仲裁方法：**当评价机构质疑生物炭还田项目的真实性时，有必要针对纠纷项目进行仲裁。可由第三方检测机构对纠纷项目进行仲裁核证。具体检测方法主要分为两步，主要检测项目实施土壤中的有机碳含量是否有提升，同时检测土壤中是否存在生物炭。土壤样品的采集、处理和贮存按的检测方法按照按 NY/T 1121.1 规定执行，土壤有机碳的测定按照 GB/T 42490 规定执行；土壤中生物炭颗粒的定性鉴别按照标准 NY/T 4159 执行，根据生物炭和土壤间的密度差异大，采用分散-重液分离的方法，并加以定性鉴别。当项目情景土壤样品中存在生物炭且土壤有机碳含量显著（置信区间）高于基线情景土壤样品时，判定生物炭还田项目真实。

### （三）参考文献

Andrew, S. S. 2006. Crop Residue Removal for Biomass Energy Production: Effects on Soils and Recommendations. USDA-Natural Resource Conservation Service. Retrieved from [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053255](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053255).

Battaglia, M., Thomason, W., Fike, J. H., et al. 2020. The broad impacts of corn stover and wheat straw removal for biofuel production on crop productivity, soil health and greenhouse gas emissions: A review. *GCB Bioenergy*, 13(1), 45-57. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12774>.

Cayuela, M.L., Jeffery, S., van Zwieten, L. 2015. The molar H:Corg ratio of biochar is a key factor in mitigating N<sub>2</sub>O emissions from soil, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 135-138.

European Biochar Certificate (EBC). 2021. Certification of the Carbon Sink Potential of Biochar. Ithaka Institute. Retrieved from [https://www.europeanbiochar.org/media/doc/2/c\\_en\\_sink-value\\_2-1](https://www.europeanbiochar.org/media/doc/2/c_en_sink-value_2-1)

Fu, J., Zhou, X., He, Y., et al. 2023. Co-application of biochar and organic amendments on soil greenhouse gas emissions: A meta-analysis, *Science of The Total Environment*, 897, 166171.

He, Y., Yao, Y., Jia, Z. et al. 2021. Antagonistic interaction between biochar and nitrogen addition on soil greenhouse gas fluxes: A global synthesis. *GCB Bioenergy*. 13:1636-1648.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019. Appendix 4: Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development. In IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.

International Biochar Initiative (IBI). 2010. Guidelines on Practical Aspects of Biochar Application to Field Soil in Various Soil Management Systems. International Biochar Initiative Retrieved from [https://www.biocharinternational.org/wpcontent/uploads/2018/04/IBI\\_Biochar\\_Application](https://www.biocharinternational.org/wpcontent/uploads/2018/04/IBI_Biochar_Application).

Iqbal, S., Xu, J., Khan, S., et al. 2023. Regenerative fertilization strategies for climate-smart agriculture: Consequences for greenhouse gas emissions from global drylands, *Journal of Cleaner Production*, 398, 136650.

Ji, C., Jin, Y., Li, C. et al. 2018. Variation in soil methane release or uptake responses to biochar amendment: A separate meta-analysis. *Ecosystems* 21, 1692-1705.

Jia, X., Yan, W., Yang, J. et al. 2023. Global patterns and controls of soil greenhouse gas fluxes and crop yield under biochar application. *Land Degradation & Development*, 1-13.

Kaur, N., Kieffer, C., Ren, W. et al. 2023. How much is soil nitrous oxide emission reduced with biochar application? An evaluation of meta-analyses. *GCB Bioenergy*, 15, 24-37.

Liao, P., Sun, Y., Zhu, X. et al. 2021. Identifying agronomic practices with higher yield and lower global warming potential in rice paddies: a global

meta-analysis, Agriculture, Ecosystems & Environment, 322,107663.

Lyu, H., Zhang, H., Chu, M. et al. 2022. Biochar affects greenhouse gas emissions in various environments: A critical review. Land Degradation & Development, 33(17), 3327-3342.

Ma, H., Jia, X., Yang, J. et al. 2022. Inhibitors mitigate N<sub>2</sub>O emissions more effectively than biochar: A global perspective, Science of The Total Environment,859,160416.

Shakoor, A., Shahzad, S.M., Chatterjee, N. et al. 2021. Nitrous oxide emission from agricultural soils: Application of animal manure or biochar? A global meta-analysis, Journal of Environmental Management, 285, 112170.

VCS Methodology. 2023. METHODOLOGY FOR BIOCHAR UTILIZATION IN SOIL AND NON-SOIL APPLICATIONS.

Woolf, D., Lehmann, J., Ogle, S. et al. 2021. Greenhouse Gas Inventory Model for Biochar Additions to Soil. Environmental Science & Technology, 55(21), 14795-14805.

Wu, Z., Zhang, X., Dong, Y. et al. 2019. Biochar amendment reduced greenhouse gas intensities in the rice-wheat rotation system: six-year field observation and meta-analysis, Agricultural and Forest Meteorology, 278,107625.

Xia, L., Cao, L., Yang, Y. et al. 2023. Integrated biochar solutions can achieve carbon-neutral staple crop production. Nature Food, 4, 236-246.

Zhang, L., Zhang, M., Li, Y. et al. 2022. Linkage of crop productivity to soil nitrogen dynamics under biochar addition: A meta-analysis across field studies. Agronomy, 12, 247.

### 三、试验验证的分析、综述报告

#### (一) 主要试验或验证的分析、综述报告

在沈阳农业大学生物炭试验基地开展的生物炭还田试验，基线情景为只施用化肥处理，项目情景为玉米秸秆生物炭还田，还田量为 2.63t hm<sup>-2</sup>（干基），种植作物为玉米，生物炭还田固碳减排计量核算与报告如下：

#### 1 缺省做法

##### (1) 基线情景温室气体排放量：

基线情景农田土壤 BE=0。

##### (2) 项目情景生物炭还田应用环节温室气体排放量：

本研究生物炭的实际运输距离小于 200km，所以 E<sub>ps,bt</sub>=0，E<sub>N<sub>2</sub>O,ps</sub>=0；

##### (3) 项目情景生物炭的碳封存量：

$C_b=30\%$ , 生物炭的实际还田量  $2.63\text{ t hm}^{-2}$ (干燥基), PR 值 0.56, 则  $C_{ps}=30\%$   
 $\times 2.63\text{ t hm}^{-2} \times 0.56 \times 44/12=1.62\text{ t CO}_2\text{e}$ ;

(4) 缺省做法下生物炭还田固碳减排计量:

$$ER=BE-E_{ps,as}+C_{ps}=0-0+1.62\text{ t CO}_2\text{e}=1.62\text{ t CO}_2\text{e}。$$

## 2 优良做法

(1) 基线情景温室气体排放量:

经过实际监测,  $BE=E_{N_2O,bs}=0.27\text{ tCO}_2\text{e}$ ;

(2) 项目情景生物炭还田应用环节温室气体排放量:

$$E_{ps,as}=E_{ps,bt}+E_{N_2O,ps}$$

本试验生物炭的施用量为  $2.63\text{ t hm}^{-2}$  (干基), 小于  $10\text{ t hm}^{-2}$ , 所以  $K_{N_2O}$  取值 0, 根据 RB/T 095 中 6.3 节计算,  $E_{N_2O,ps}=0.27\text{ t CO}_2\text{e}$ ,

本研究运输距离为 180km, 油耗 50L 柴油, 生物炭还田作业油耗 120L 柴油, 根据 RB/T 095 中 6.4 节计算  $E_{ps,bt}=0.45\text{ t CO}_2\text{e}$ ,

$$E_{ps,as}=0.27+0.45=0.72\text{ t CO}_2\text{e};$$

(3) 项目情景生物炭的碳封存量:

本试验中生物炭的含碳量为 66.0%, 生物炭的施用量为  $2.63\text{ t hm}^{-2}$  (干基), 生物炭的氢碳比为 0.58, PR 值根据全球地温  $14.9\text{ }^\circ\text{C}$  和生物炭的  $H/C_{org}$  计算,

$$PR=C_{hc}-m_{hc} (H/C_{org}) =1.04-0.64 \times 0.58=0.69,$$

$$C_{ps}=C_b \times M_{ps} \times (1-W) \times PR \times 44/12=66\% \times 2.63\text{ t CO}_2\text{e} \times 0.69 \times 44/12=4.39\text{ t CO}_2\text{e};$$

(4) 优良做法下生物炭还田固碳减排计量:

$$ER=BE-E_{ps,as}+C_{ps}=0.27\text{ tCO}_2\text{e}-0.72\text{ t CO}_2\text{e}+4.39\text{ t CO}_2\text{e}=3.94\text{ t CO}_2\text{e}。$$

(二) 技术经济论证

2023 年 WeAct Pty Ltd. 发布了在印度特伦甘纳邦执行的生物炭项目，该项目依据国际上现有的生物炭的土壤和非土壤应用方法学 VCS Methodology VM0044，对印度特伦甘纳邦的棉花秆作为生产生物炭的原料，并将所得生物炭用于土壤应用。该项目最终预计预计在第一个信用期间（2023 年 4 月 12 日至 2030 年 4 月 11 日）将实现 22,376 吨 CO<sub>2</sub> 当量的年平均减排量，项目在该信用期间的总估计减排量为 156,632 吨 CO<sub>2</sub> 当量。项目旨在通过可持续的方式管理和利用农业废弃物，减少温室气体排放，同时提高土壤质量和农业生产力。

国际上关于生物炭还田的应用案例证明了生物炭还田后的固碳减排潜力。我国秸秆等生物质资源量巨大，发展生物炭技术、增强我国农林生态系统碳汇能力，将为农业以及其他各行业参与碳税约束下的国际竞争提供更多碳指标保障。预期采用本标准执行的生物炭还田项目会减少农田温室气体的排放，产生碳信用，这些碳信用可以在自愿碳市场或其他排放交易系统中出售，为项目带来直接收入；通过将农作物秸秆等农业废弃物转化为生物炭或生物炭基肥料并进行生物炭还田项目，将有助于减少对化学肥料的需求，这可能会降低农民的输入成本，并提高土壤肥力，从而可能增加农业产出和农民的收入；项目实施可能会在当地创造就业机会，包括生物炭生产、炭基肥料的生产、收集和应用过程中的直接和间接工作，这将有助于提高当地社区的经济状况；如果经过项目信用期间后，项目能够证明其在减少温室气体排放方面的有效性，它可能有资格获得政府或国际机构提供的环境服务支付；通过改善土壤质量和增加农业产出，项目可能会吸引更多的长期投资，包括农业技术和可持续土地管理实践的投资。所以生物炭还田项目的顺利实施可能会对经济产生积极影响，同时带来更多的环境和社会效益。

#### 四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

本标准在编制过程中主要采用与“国际核证减排标准（VCS）”方法学中一致的指标

与参数，同时也参照了 IPCC《国家温室气体清单》2019 版的相关内容。例如，生物炭应同时符合 VCS 方法学和《NY/T 4159-2022 生物炭》标准要求。本标准既要能够和国际接轨，也力求具有灵活性和特色，这主要体现在指标项和具体参数的选择上，也体现在缺省做法和优良做法的分层级设计上。

#### 五、以国际标准为基础的起草情况

本标准主要以国际核证减排标准（VCS）和 IPCC《国家温室气体清单》2019 版为基础，参考部分指标、参数。

#### 六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

符合相关法律、行政法规及相关标准。

#### 七、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无。

#### 八、涉及专利的有关说明

无。

#### 九、实施标准的要求

本标准颁布实施后，标准编制工作组将积极做好标准的宣贯、培训等工作。

#### 十、其他应当说明的事项

无。