

ICS 13.080.
CCS Z 10

DB 23

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB23/T 3973-2025

黑土地农田施肥固碳核算技术规程

2025-12-30 发布

2026-01-29 实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

目 次

前 言.....	1
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 一般要求.....	1
5 实测法.....	2
6 计量估算法.....	4
7 数据收集及质量要求.....	7
附录 A （资料性附录）关键参数及缺省值推荐	8

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。

本文件由黑龙江省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：东北农业大学、黑龙江省计量检定测试研究院、红杉天枰科技集团有限公司、黑龙江省森林植物园、龙江环保集团股份有限公司、黑龙江省生态环境监测中心、黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所、哈尔滨泽能环保科技有限公司。

本文件主要起草人：张颖，王磊，吴彩红，朴依彤，郭洪生，李哲，王晓燕，张博，王蕾，陶月，姜夺，曹博，韩伟，孙庆宏，冯旭，钱春荣，李凤兰，戴晓。

黑土地农田施肥固碳核算技术规程

1 范围

本文件规定了黑土地农田在施肥管理措施作用下的土壤固碳量核算的一般要求、方法、数据收集及质量要求等技术内容。

本文件适用于评价黑龙江省黑土地农田在持续实施黑土保护施肥模式下的土壤固碳变化量核算。

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/T 32722 土壤质量 土壤样品长期和短期保存指南

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 1121.4 土壤检测 第4部分：土壤容重的测定

NY/T 4606 土壤中总碳和有机质的测定 元素分析仪法

RB/T 095 农作物温室气体排放核算指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

黑土地

黑色或暗黑色腐殖质表土层为标志的土地，是一种性状好、肥力高、适宜农耕的优质土地。

3.2

施肥固碳

通过科学施肥管理措施，促进有机质积累和有机碳固定，从而增加农田土壤总碳库储量、减少碳损失的过程。

3.3

黑土地土壤碳库

黑土地农田在30 cm深度土层内，所包含的有机碳和无机碳的总储量，不包括土壤中的生物量（根、块根等）以及土壤动物。

3.4

黑土地土壤有机碳库

黑土地农田30 cm 厚度耕层土壤中的有机碳储量。

4 一般要求

4.1 宜选取持续实施黑土地保护与修复相关施肥管理措施3年及以上的农田进行核算。

- 4.2 采用全球定位系统（GPS）、北斗卫星导航系统（Compass）或其它卫星导航系统直接测得项目所有地块边界的拐点坐标，定位误差不超过5米，结合黑龙江黑土地分布图辅助手持型GPS或RTK等设备进行现场标定。
- 4.3 使用大比例尺地形图（比例尺不小于1:10000）进行现场勾绘，结合GPS、Compass等定位系统进行精度控制。面积勾绘时要排除地块之间的道路、灌溉渠和田埂等非种植面积。
- 4.4 事前项目边界可采用上述方法之一确定，在项目审定和核查时，项目参与方须提交地理信息系统（GIS）产出的项目边界的矢量图形文件（.shp文件）。在项目审定和首次核查时，项目参与方须提供村级单位出具的参与项目所有地块的土地所有权或使用证明。
- 4.5 土壤固碳核算方法分为实测法和计量估算法两类。
- 4.6 实测法适用于能够获取温室气体排放量、土壤无机碳含量及土壤有机碳含量等实际监测数据的情形，为推荐优先采用的方法。
- 4.7 黑龙江省黑土区具有显著的季节性冻融特征，实测法土壤样品采集与制备应分别在非冰冻期和冰冻期进行。核算时应分别计算非冰冻期和冰冻期的土壤碳库储量，并以年度平均值或加权值反映年度碳库变化量。若两期数据差异显著，应在结果中明确说明冻融周期影响，并对核算不确定性进行修正。
- 4.8 估算法适用于温室气体排放量、土壤无机碳和土壤有机质含量数据无法获得或利用历史数据与缺省值进行计量估算的情况。
- 4.9 估算法的数据来源应依据已经公开发表的土壤普查、政府公布、第三方监测及科研成果等数据计算，例如第三次全国土壤普查资料、中国土种数据库、《中国土种志》（1~6册）、《中国土壤》等。

5 实测法

5.1 原理

实测法通过测定土壤有机碳、无机碳含量、土壤容重及非二氧化碳温室气体排放量，计算土壤碳汇变化量。

5.2 参数值测定

5.2.1 非冰冻期黑土样品采集

春播前至秋收后土壤未冻结期间进行。样品的采集按照NY/T 1121.1的规定执行。样品制备和保存应按GB/T 32722和NY/T 1121.1的规定执行。

5.2.2 冰冻期黑土样品采集

冬季土壤冻结稳定期进行。样品采集应清除采样点积雪至裸土，使用冻土取样器或钻取装置，保持原状，其余按照NY/T 1121.1的规定执行。样品制备和保存应按GB/T 32722和NY/T 1121.1的规定执行。操作应避免升温或机械摩擦导致土壤结构破坏。若涉及冰冻期与非冰冻期对比，应保证同一地块、同一取样点位重复采样。

5.2.3 土壤容重的测定

按照NY/T 1121.4的规定执行。

5.2.4 土壤有机质含量的测定

按照NY/T 4606的规定执行。

5.2.5 土壤无机碳含量的测定

按照NY/T 4606的规定执行。

5.2.6 非二氧化碳温室气体排放量的测定

监测、分析方法参照RB/T 095 的规定执行。

5.3 核算公式

5.3.1 土壤真实碳密度

土壤真实碳密度 ($TSCD$) 按公式 (1) 或 (2) 计算:

$$TSCD_i = (OM_i \times 0.58 + IC_i) \times H \times BD_i \times 0.1 \dots\dots\dots (1)$$

或

$$TSCD_i = (OC_i + IC_i) \times H \times BD_i \times 0.1 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$TSCD_i$ —第*i*年土壤真实碳密度, 单位为吨碳/公顷 (tC/hm^2);

OM_i —第*i*年耕层土壤有机质含量, 单位为克/千克 (g/kg);

OC_i —第*i*年土壤有机碳含量, 单位为克/千克 (g/kg);

IC_i —第*i*年土壤无机碳含量, 单位为克/千克 (g/kg);

H —土壤耕层深度, 取值30, 单位为厘米 (cm);

BD_i —第*i*年土壤容重, 单位为克/立方厘米 (g/cm^3);

0.58 —土壤有机碳与土壤有机质的转化系数, 无量纲;

0.1 —单位换算系数, 无量纲。

5.3.2 土壤总碳库

土壤总碳库 (STC_i) 按公式 (3) 计算:

$$STC_i = TSCD_i \times S \dots\dots\dots (3)$$

式中:

STC_i —第*i*年土壤总碳库, 单位为吨碳 (tC);

$TSCD_i$ —第*i*年土壤真实碳密度, 单位为吨碳/公顷 (tC/hm^2);

S —农田面积, 单位为公顷 (hm^2);

5.3.3 土壤总碳库年变化量

农田土壤总碳库变化量 (ΔSTC_a) 按公式 (4) 计算:

$$\Delta STC_a = (STC_t - STC_0) \times T^{-1} \times CF \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ΔSTC_a —土壤总碳库年变化量, 单位为吨二氧化碳当量/年 (tCO_2e/a);

STC_t —核算结束时土壤总碳库, 单位为吨碳 (tC);

STC_0 —核算初始年的土壤总碳库, 单位为吨碳 (tC);

T —一个单独核算期的年限, 单位为年 (a);

CF —二氧化碳与碳的转换系数, $\frac{44}{12}$, 无量纲。

5.3.4 非二氧化碳温室气体排放量

农田非二氧化碳温室气体排放当量 ΔSTC_b 按公式（5）计算：

$$\Delta STC_b = T^{-1} \times \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n GHG_{i,j} \times H_i \times T_i) \times GWP_j \dots\dots\dots(5)$$

式中：

ΔSTC_b —农田非二氧化碳温室气体排放年度变化量，单位为吨二氧化碳当量/年（tCO₂e/a）；

T —评估年与基线年的时间跨度，单位为年（a）；

m —温室气体种类数，无量纲，包括氧化亚氮和甲烷两种温室气体；

n —作物或管理措施种类数，无量纲；

$GHG_{i,j}$ —第*i*种作物/措施在第*j*种温室气体下的平均排放通量，单位为吨/公顷/年（t/hm²/a）；

H_i —第*i*种作物种植面积，单位为公顷（hm²）；

T_i —第*i*种作物对应的时间跨度，单位为年（a）；

GWP_j —第*j*种温室气体全球增温潜势值，单位为吨二氧化碳当量/吨（t CO₂e/t）。

5.3.5 农田碳汇量

农田碳汇量（ ΔSTC ）按公式（6）计算：

$$\Delta STC = \Delta STC_a - \Delta STC_b \dots\dots\dots(6)$$

式中：

ΔSTC —农田碳汇量，单位为吨二氧化碳当量/年（t CO₂e/a）；

ΔSTC_a —土壤总碳库年变化量，单位为吨二氧化碳当量/年（tCO₂e/a）；

ΔSTC_b —农田非二氧化碳温室气体排放年度变化量，单位为吨二氧化碳当量/年（tCO₂e/a）。

6 计量估算法

6.1 方法原理

计量估算法基于土壤碳库缺省值、库变化因子和面积，计算土壤碳库年变化量及非二氧化碳温室气体排放当量，计算出碳汇变化量。

6.2 核算公式

6.2.1 土壤碳库变化因子

土壤碳库变化因子（ Fa ）按公式（7）计算：

$$Fa = 1 + T_d \times [t^{-1} \times (STC_t - STC_0) \pm \varepsilon] \dots\dots\dots(7)$$

式中：

Fa —土壤碳库变化因子，无量纲；

T_d —土壤碳库达到稳定的时间，通常为20年，单位为年（a）；

t —管理措施持续时间，单位为年（a）；

STC_t —项目核算年的土壤总碳含量，单位为吨碳/公顷（t C/hm²）；

STC_0 —项目初始年的土壤总碳含量，单位为吨碳/公顷（t C/hm²）；

ε —土壤碳库年变化率的 95% 置信度区间的上限与均值之差；单位为吨碳/公顷/年（t C/hm²/a）。

6.2.2 土壤本底碳密度

土壤本底碳密度（ $TSCD_{ref}$ ）按公式（8）或（9）计算：

$$TSCD_{ref,i} = (OM_i \times 0.58 + IC_i) \times H \times BD_i \times 0.1 \times \varepsilon \dots\dots\dots(8)$$

或

$$TSCD_{ref,i}=(OC_i+IC_i)\times H\times BD_i\times 0.1\times \epsilon \cdots \cdots (9)$$

式中:

$TSCD_{ref,i}$ —第*i*年被估算土壤本底碳密度,单位为吨碳/公顷(t C/hm²);

OM_i —第*i*年被估算土壤有机质含量,单位为克/千克(g/kg);

OC_i —第*i*年被估算土壤有机碳含量,单位为克/千克(g/kg);

IC_i —第*i*年被估算土壤无机碳含量,单位为克/千克(g/kg);

H —土壤耕层深度,取值30,单位为厘米(cm);

BD_i —第*i*年被估算土壤容重,单位为克/立方厘米(g/cm³);

0.58—土壤有机碳与土壤有机质的转化系数,无量纲;

0.1—单位换算系数,无量纲。

ϵ —转换系数,当参数值基于20 cm耕层测定时,转换系数取值分别为:旱地0.95、水田0.86、水浇地0.95;当参数值基于30 cm耕层测定时,转换系数取值为1。

6.2.3 土壤碳密度

土壤碳密度($TSCD$)按公式(10)计算:

$$TSCD_i=TSCD_{ref,i}\times Fa_L\times Fa_M\times Fa_I \cdots \cdots (10)$$

式中:

$TSCD_i$ —第*i*年土壤碳密度,单位为吨碳/公顷(t C/hm²);

$TSCD_{ref,i}$ —第*i*年被估算土壤本底碳密度,单位为吨碳/公顷(t C/hm²);

Fa_L —特定土地利用中农田系统或亚系统的碳库变化因子,无量纲,也可以参考附表A.1相应碳库变化因子缺省值;

Fa_M —耕作管理的碳库变化因子,无量纲,也可以参考附表A.1相应碳库变化因子缺省值;

Fa_I —有机质投入的碳库变化因子,无量纲,也可以参考附表A.1相应碳库变化因子缺省值。

6.2.4 土壤总碳库

土壤总碳库(STC_i)按照公式(3)计算。

6.2.5 土壤总碳库年变化量

农田土壤总碳库年变化量(ΔSTC_a)按公式(11)计算:

$$\Delta STC_a=T^{-1}\times ((STC_t-STC_0)\times CF \cdots \cdots (11)$$

式中:

ΔSTC_a —土壤总碳库年变化量,单位为吨二氧化碳当量/年(tCO₂e/a);

T —土壤有机碳库达到稳定的时间,20,单位为年(a);

STC_t —项目核算年土壤总碳库,单位为吨碳(t C);

STC_0 —项目核算初始年的土壤总碳库,单位为吨碳(t C);

CF —二氧化碳与碳的转换系数, $\frac{44}{12}$,无量纲。

6.2.6 非二氧化碳温室气体排放量

6.2.6.1 作物生长非二氧化碳温室气体排放量

作物生长非二氧化碳温室气体排放量($\Delta STCP$)按公式(12)计算:

$$\Delta STCP = \sum_i \sum_{j \in \{CH_4, N_2O\}} (H_i \times FEa_{i,j}) \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$\Delta STCP$ —作物生长非二氧化碳温室气体排放年度变化量，单位为吨二氧化碳当量/年 (tCO₂e/a)；

i —作物类型，无量纲；

j —温室气体类型，无量纲；

H_i —第*i*种作物种植面积，单位为公顷 (hm²)；

$FEa_{i,j}$ —作物种植阶段第*j*种温室气体排放因子，单位为吨二氧化碳当量/公顷/年 (t CO₂ e/hm²/a)；

6.2.6.2 施肥引起的非二氧化碳温室气体排放量

施肥引起的非二氧化碳温室气体排放量 ($\Delta STCN$) 按公式 (13) 计算：

$$\Delta STCN = \sum_k \left[M_k \times N_k \times (FD_k + Frac_{GASF,k} \times FV_k + Frac_{LEACH,k} \times FL_k) \times \sigma \times GWP_{N_2O} \right] \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$\Delta STCN$ —施肥引起的非二氧化碳温室气体排放年度变化量，单位为吨二氧化碳当量/年 (tCO₂e/a)；

k —肥料类型，无量纲；

M_k —第*k*种肥料的使用量，单位为吨/年 (kg/a)；

N_k —第*k*种肥料的含氮量，无量纲，可参考附表A.2；

FD —农田施肥引起的N₂O直接排放因子，单位为吨一氧化二氮氮/吨氮 (t N₂O-N/t N)，可参考附表A.3；

$Frac_{GASF}$ —施肥农田氨和氮氧化物挥发损失率，11.37%，无量纲；

$Frac_{LEACH}$ —施肥农田的氮淋溶径流损失率，14.79%，无量纲；

FV —基于氮挥发引起的N₂O间接排放因子，单位为吨一氧化二氮氮/吨挥发氮 (t N₂O-N/t N-VOL)，可参考附表A.3；

FL —基于氮淋溶引起的N₂O间接排放因子，单位为吨一氧化二氮氮/吨淋溶氮 (t N₂O-N/t N-LeaL)，可参考附表A.3；

σ —氮与一氧化二氮的转换系数， $\frac{44}{28}$ ，无量纲；

GWP_{N_2O} —N₂O的全球增温潜势值，单位为吨二氧化碳当量/吨一氧化二氮 (tCO₂e/t·N₂O)。

6.2.6.3 农田非二氧化碳温室气体排放量

农田非二氧化碳温室气体排放当量 ΔSTC_b 按公式 (14) 计算：

$$\Delta STC_b = \Delta STCP + \Delta STCN \dots\dots\dots (14)$$

式中：

ΔSTC_b —农田非二氧化碳温室气体排放年度变化量，单位为吨二氧化碳当量/年 (tCO₂e/a)；

$\Delta STCP$ —作物生长非二氧化碳温室气体排放年度变化量，单位为吨二氧化碳当量/年 (tCO₂e/a)；

$\Delta STCN$ —施肥引起的非二氧化碳温室气体排放年度变化量，单位为吨二氧化碳当量/年 (tCO₂e/a)。

6.2.7 农田碳汇量

农田碳汇量 (ΔSTC) 按公式 (6) 计算。

7 数据收集及质量要求

7.1 数据收集要求

7.1.1 数据来源

数据应来自可靠、可验证的渠道，包括现场实测数据、监测数据、政府统计资料、科研成果及第三方监测报告等。缺省参数应优先采用国家标准或附录A推荐值，使用其他来源数据时须说明其适用性与误差范围。

7.1.2 样品采集

按NY/T 1121.1的规定执行。确保代表性与可重复性。采样记录应包括采样时间、位置、深度及操作人员信息。

7.1.3 样品制备与保存

样品制备按GB/T 32722和NY/T 1121.1的规定执行。冰冻期样品应防止升温或机械摩擦导致结构破坏。

7.1.4 数据记录与存储

建立电子与纸质双重档案，电子数据需设置版本控制与备份机制，所有数据应可追溯至原始记录。

7.2 实验室分析及质量控制

7.2.1 样品分析

土壤容重、有机碳、无机碳、有机质测定方法应符合NY/T 1121.4、NY/T 4606及相关国家标准。数据需经重复性验证，误差不超过5%。GWP 取值采用 RB/T 095 最新版本所对应的IPCC GWP(100年)。

7.2.2 质量样品设置

每批样品应设置平行样、空白样及标准物质校验样。平行样测定结果偏差不得超过5%。

7.3 数据录入与复核

原始数据录入应实行双人复核制度，确保准确无误。任何修改须记录原因及修改人。

附录 A
(资料性)
关键参数及缺省值推荐

表A.1 土壤相关库变化因子缺省值

农田管理活动	管理方式	温度状况	湿度状况	缺省值	说明
土地利用类型 (<i>F_{UL}</i>)	长期耕种	寒温带	干	0.77	连续管理超过 20 年、主要为一年生作物的农田。
			湿	0.70	
		中温带	干	0.76	
			湿	0.69	
		全部	全部	1.35	适用于长期 (>20 年) 种植水稻的农田。
耕作方式 (<i>F_{AM}</i>)	充分耕作	所有	全部	1.00	对土壤进行充分耕作和 (或) 频繁耕作 (当年) 等较大幅度 and 频率的干扰。在种植期间, 地表覆盖的残余物很少, 通常低于 30%。
			少耕	寒温带	干
	湿	1.04			
	中温带	干		0.99	
		湿		1.05	
	免耕	寒温带	干	1.03	不经耕作而直接播种, 只在播种区对土壤有最低限度的扰动。
			湿	1.09	
		中温带	干	1.04	
			湿	1.10	
	有机物料及肥料投入 (<i>F_{AI}</i>)	低	寒温带/中温带	干	0.95
湿				0.92	
中		寒温带/中温带	全部	1.00	种植一年生作物的农田, 其作物残余物均返还到土壤中。如果未进行返还, 则添加有机物料 (例如, 粪肥等)。作物生长过程中投入矿物质肥料; 或种植固氮作物
高		寒温带/中温带	干	1.04	作物残茬投入显著增加。通过种植残茬多的作物, 施用绿肥, 种植覆盖作物, 灌溉等来增加土壤碳投入, 为中等碳投入; 同时不施粪肥。
			湿	1.11	
		寒温带/中温带	干	1.37	增施外源性碳, 包括粪肥、有机肥、生物有机肥、有机源土壤调理剂、有机源生物腐植酸肥料、外源秸秆等。
			湿	1.44	

表A.2 化肥含氮量

单位为%

化肥名称	化学式	含氮量
碳酸氢铵	NH_4HCO_3	30
硝酸铵	NH_4NO_3	35
硫酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21
浓氨水	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	82
硫硝酸铵	硝酸铵和硫酸铵的混合物	26
磷酸二铵	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	18
磷酸一铵	$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	11
尿素	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	46.4
硝酸钙	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15
硝酸铵钙	$5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	27

表A.3 农用地 N_2O 排放因子缺省值单位为 $\text{kg N}_2\text{O-N/kg N}$

排放源	缺省值
稻田 N_2O 直接排放	0.0042
旱田 N_2O 直接排放	0.0103
源于氮挥发引起的大气氮沉降	0.01
源于氮淋溶径流	0.0075