

T/NNAS

团 体 标 准

T/NNAS XXXX—XXXX

沃柑果园生态系统碳汇核算技术指南

Technical guidelines for carbon sink accounting in Orah orchard
ecosystems

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

南宁市标准化协会 发布

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。

本文件由广西大学提出。

本文件由南宁市标准化协会归口。

本文件起草单位：广西大学、广西壮族自治区应用数学中心（广西大学）、广西昂晟节能科技有限公司。

本文件主要起草人：袁功林、史邵亮、余家佳、余乾仲、穆琳、金中州、李露、唐佳欢、卢俊宇、周英杰、胡午杰、周培烽、杨贺舒、王怡佳、杨天山、黄庆成。

沃柑果园生态系统碳汇核算技术指南

1 范围

本文件提供了沃柑果园生态系统碳汇核算的指导，给出了核算方法、数据管理、核算报告内容的建议。

本文件适用于沃柑果园生态系统的碳汇核算。

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 46105 陆地生态系统碳汇核算指南

GB/T 21010 土地利用现状分类

3 术语和定义

GB/T 46105界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

沃柑果园生态系统 *Orah orchard ecosystem*

以沃柑植株为核心，由果园植被、枯落物、土壤有机质及果园管理相关生物与非生物环境构成，通过能量流、物质流、信息流形成的功能整体。

3.2

果园碳库 *orchard carbon pool*

沃柑果园生态系统所存储碳的各组成部分。

注：通常包括果树生物量（含地上和地下）、枯落物和土壤有机质三个碳库。

3.3

土壤有机质碳库 *soil organic carbon pool*

土壤中存在有机物质中的碳元素。

3.4

碳汇量 *carbon sequestration*

一定时间段内果园生态系统碳储量变化量，减去生态系统边界内果园种植管理过程中因能源消耗、农用化学品使用产生的非CO₂温室气体排放量。

4 核算原则

4.1 完整性

包括沃柑果园生态系统碳汇相关的生物吸收、储存的所有二氧化碳。

4.2 一致性

在每个核算期之间，沃柑果园生态系统碳汇核算所涉及的所有要素保持一致。

4.3 透明性

所用假设和方法得到明确的解释，便于使用该报告信息的人员复制和评估。

5 核算方法

5.1 核算步骤

沃柑果园生态系统碳汇核算按以下步骤开展：

- a) 确定核算边界，明确核算单元、时间区间及碳库类型；
- b) 开展果园基础调查，收集初级/次级活动数据，选取适配的排放因子；
- c) 分别计算各碳库的碳储量变化及碳汇/碳源量，汇总得到果园总碳汇量；
- d) 开展核算结果的不确定性分析；
- e) 整理核算数据，编制核算报告。

5.2 确定核算边界

5.2.1 地理边界

采用以下方法确定：

- a) 确定沃柑果园的地理范围，以土地权属、种植地块边界为依据，采用 GPS 定位测量果园实际面积，单位为公顷（ hm^2 ），精确至 0.01 hm^2 ；
- b) 按 GB/T 21010 划分土地利用类型，确认果园为耕地中的果园用地；
- c) 按沃柑树龄划分核算亚单元，分为幼龄果园（1~3 年生）、初果期果园（4~6 年生）、盛果期果园（7~20 年生）、衰老期果园（20 年生以上），若果园内存在间作、套种，单独划分间作区域为独立核算亚单元。

5.2.2 时间区间

5.2.2.1 以 1 年为最小核算时间单元，核算周期宜选取自然年（1 月 1 日~12 月 31 日），也可根据果园生产周期调整。

5.2.2.2 明确核算期初（ t_1 ）和期末（ t_2 ）时间，记录核算周期内果园的管理措施变化、气候异常等特殊情况。

5.2.3 碳库选择

沃柑果园生态系统碳库包括果树生物量、枯落物和土壤有机质三个碳库。

5.2.4 温室气体选择

按 GB/T 46105 执行。

5.3 数据准备

5.3.1 活动数据收集

5.3.1.1 收集原则

优先收集初级活动数据，当初级活动数据收集受限于场地、设备等条件时，可选取行业公开发布的次级活动数据，并注明数据来源。

5.3.1.2 初级活动数据收集内容与方法

可采用以下方法收集：

- a) 果园基础信息：果园地理位置、面积、树龄、种植密度、株行距、土壤类型、建园年限、历年管理措施（施肥、修剪、灌溉方式）；
- b) 沃柑植株数据：按树龄分层随机采样，每亚单元选取 3~5 个标准样地（每个样地面积 $\geq 667 \text{ m}^2$ ），每个样地选取 3 株标准株，测量树高、地径、冠幅，采样测定植株各器官（树干、树根、树枝、树叶）的生物量和碳含量；
- c) 土壤数据：在每个标准样地采用五点取样法，采集 $0 \text{ cm} \sim 20 \text{ cm}$ 、 $20 \text{ cm} \sim 40 \text{ cm}$ 、 $40 \text{ cm} \sim 60 \text{ cm}$ 土层土壤样品，测定土壤容重、有机碳含量、土壤 pH 值；
- d) 枯落物数据：在每个标准样地设置 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的枯落物调查样方，收集样方内所有枯落物，烘干称重后测定碳含量；

- e) 林下植被数据：在每个标准样地设置 1 m×1 m 的植被调查样方，收割样方内所有林下植被，烘干称重后测定碳含量；
- f) 管理活动数据：记录核算周期内果园的施肥量（有机肥、化肥）、灌溉用水量、机械作业时长、农药使用量、修剪枝桠移出量等。

5.3.1.3 次级活动数据来源

次级活动数据优先选取国家农业科学数据中心、柑橘产业技术体系、地方农业农村部门发布的沃柑果园相关数据，或公开发表的核心期刊、行业报告中的研究数据。

5.3.2 排放因子选取

排放因子选取应满足来源明确、适用性强、时效性高的原则，优先采用国家标准、行业标准或沃柑主产区实测数据；核心排放因子包括：沃柑植株各器官碳含量因子、枯落物分解因子、土壤有机碳积累因子、管理活动碳排放因子。

5.4 计算方法

5.4.1 果园总碳储量

果园生态系统的总碳储量是各碳库的碳储量之和，计算见公式（1）：

$$C_{\text{总}} = C_{\text{果树}} + C_{\text{枯落物}} + C_{\text{土壤}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$C_{\text{总}}$ ——果园生态系统的总碳储量，单位为吨（t）；

$C_{\text{果树}}$ ——果树总碳储量，单位为吨（t）；

$C_{\text{枯落物}}$ ——枯落物碳储量，单位为吨（t）；

$C_{\text{土壤}}$ ——土壤碳储量，单位为吨（t）。

5.4.2 果树碳储量

5.4.2.1 果树碳储量的计算方法

果树碳储量计算见公式（2）。

$$C_{\text{果树}} = \sum_{i=1}^n (W_i \times CF_i) \times S \times D_e \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$C_{\text{果树}}$ ——果树总碳储量，单位为吨（t）；

W_i ——平均单株果树*i*种器官生物量，单位为吨每株（t/株）；

CF_i ——果树*i*器官含碳率，无量纲；

S ——计量调查区果园总面积，单位为公顷（hm²）；

D_e ——单位面积果树种植棵数，单位为株每公顷（株/hm²）。

5.4.2.2 果树生物量的计算方法

5.4.2.2.1 平均株法

每个样地内分别选取3株标准株，采用收获法称量测定树干、树根、树枝、树叶等4个器官的生物量 W_i 。

5.4.2.2.2 回归模型法

果树样地调查和标准株调查获得不同大小果树的基径、树高等数据之后，建立调查区内果树不同器官的生物量预测模型。项目监测间隔期内柑橘类果树不同器官生物量预测模型根据实际情况选择，见公式（3）～（9）。

模型1：

$$W_i = aD^b \dots\dots\dots (3)$$

模型 2:

$$W_i = a(D^2H)^b \dots\dots\dots (4)$$

模型 3:

$$W_{\text{树干}} = \{ \exp[a + b(\ln H)] \} \times c \dots\dots\dots (5)$$

$$W_{\text{树枝}} = \{ \exp[a + b(\ln D)] \} \times c \dots\dots\dots (6)$$

$$W_{\text{细枝}} = \{ \exp[a + b(\ln D^2 H)] \} \times c \dots\dots\dots (7)$$

$$W_{\text{树叶}} = \{ \exp[a + b(\ln D^2 H)] \} \times c \dots\dots\dots (8)$$

$$W_{\text{树根}} = \{ \exp \left[a + b \left[\ln \left(W_{\text{树干}} + W_{\text{树枝}} + W_{\text{细枝}} + W_{\text{树叶}} \right) \right] \right\} \times c \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- W_i ——平均单株果树*i*种器官生物量, 单位为吨每株 (t/株);
- D ——基径, 单位为厘米 (cm);
- H ——树高, 单位为米 (m);
- $a、b、c$ ——常数;
- $W_{\text{树干}}$ ——树干生物量, 单位为吨每株 (t/株);
- $W_{\text{树枝}}$ ——树枝生物量, 单位为吨每株 (t/株);
- $W_{\text{细枝}}$ ——细枝生物量, 单位为吨每株 (t/株);
- $W_{\text{树叶}}$ ——树叶生物量, 单位为吨每株 (t/株);
- $W_{\text{树根}}$ ——树根生物量, 单位为吨每株 (t/株)。

5.4.3 枯落物碳储量

采用样方收获法测定枯落物的生物量, 测算获得单位面积果园枯落物的生物量, 然后根据计量调查区内的面积推算枯落物生物量总量。枯落物的碳储量是其生物量和含碳率的乘积。含碳率可由室内样品直接测定, 也可采用缺省值0.35~0.40。计算见公式 (10)。

$$C_{\text{枯落物}} = W_{\text{枯落物}} \times CF_{\text{枯}} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- $C_{\text{枯落物}}$ ——枯落物碳储量, 单位为吨 (t);
- $W_{\text{枯落物}}$ ——枯落物生物量, 单位为吨 (t);
- $CF_{\text{枯}}$ ——枯落物含碳率, 无量纲。

5.4.4 土壤碳储量

果园土壤碳储量由土壤有机碳密度乘以调查区面积计算而得, 其中果园土壤有机碳密度的计算见公式 (11)。

$$SOC = \sum_{i=1}^n C_i \times D_i \times E_i \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- SOC ——土壤有机碳密度, 单位为吨每公顷 (t/hm²);
- C_i ——*i*层土壤有机碳含量, 单位为克每千克 (g/kg);
- D_i ——*i*层土壤容重, 单位为克每立方厘米 (g/cm³);
- E_i ——*i*层土层厚度, 单位为厘米 (cm)。

5.4.5 温室气体排放计量

碳汇项目边界内温室气体排放仅考虑种植管理过程中因修剪、采摘、翻耕、灌溉以及运输肥料等使用机械燃油和电力等能源消耗引起的CO₂排放。按照燃油、电力种类分别计算各种能源消耗产生的温室气体排放量, 并以CO₂-e为单位进行加总, 计算见公式 (12)。

$$C_{\#} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$C_{排}$ ——在t时间段内温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂-e）；

AD_i ——t时间段内第i种燃油（L）或电力的消耗量（MWh）；

EF_i ——第i种燃油或电力生产排放因子，燃油类排放因子单位为（tCO₂-e/L），电力生产排放因子单位为（tCO₂-e/MWh）；

i ——燃油、电力的种类。

5.4.6 碳汇量计算

监测间隔期内（t时间段内）果园碳汇量及其变化量，计算方法见公式（13）和（14）。

$$C_{汇} = \Delta C \times \frac{44}{12} - C_{排} \dots\dots\dots (13)$$

$$\Delta C = \Delta C_{果树} + \Delta C_{枯落物} + \Delta C_{土壤} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$C_{汇}$ ——在t时间段内的碳汇量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂-e）；

$C_{排}$ ——在t时间段内温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂-e）；

ΔC ——在t时间段内果园碳储量的变化量，单位为吨（t）；

$\Delta C_{果树}$ ——在t时间段内果树碳储量的变化量，单位为吨（t）；

$\Delta C_{枯落物}$ ——在t时间段内枯落物碳储量的变化量，单位为吨（t）；

$\Delta C_{土壤}$ ——在t时间段内土壤碳储量的变化量，单位为吨（t）。

6 数据管理

6.1 数据质量管理

为了保证效率和完整性，宜参考表1中的措施开展数据质量管理工作。

表1 数据质量管理方案

数据质量管理过程	核对内容
数据收集、输入与处理检查	1) 核对输入的数据样本； 2) 确定数据的完整性； 3) 确保对电子文档实施适当的版本控制规程
活动数据检查	1) 确保活动数据统计的完整性； 2) 核对活动数据计算的正确性； 3) 核证活动数据检测的准确性； 4) 不同统计方法对活动数据的交叉检验
碳汇计算过程检查	1) 核算方法是否正确； 2) 与历年数据的比较
表格数据处理步骤检查	1) 核对工作表的输入数据和计算获得的数据是否做了明确区分； 2) 手工或电子的方式核对具有代表性的计算样本； 3) 核对所有吸收汇类别、业务单元等的数据汇总； 4) 核对输入和计算在时间序列上的一致性； 5) 同类吸收汇不同部门的交叉比较

6.2 数据质量分析

宜完成沃柑果园生态系统碳汇的不确定性分析，并形成文件。不确定性信息并非用于判断计算的正确与否，而是为帮助确定未来改进核算结果准确性的优先努力方向，并指导有关方法学的选择。

6.3 数据质量保障

宜综合考虑数据获取成本、数据时效、数据来源等因素，选择数据质量等级较高的活动数据，并不断提升数据质量，如通过第三方对活动数据进行认证，提高定性评分等级并降低不确定性。对于数据质量的改进宜形成相关文件；宜开展内部审核，公正客观地评审所报告的渔业生产中贝类养殖碳汇信息。

7 核算报告内容

沃柑果园生态系统碳汇核算报告包括的基本内容宜包括：

- a) 沃柑果园生态系统碳汇资源概述；
 - b) 对核算边界的描述；
 - c) 对沃柑果园生态系统碳汇的识别；
 - d) 沃柑果园生态系统碳汇核算方法说明；
 - e) 沃柑果园生态系统碳汇数据来源；
 - f) 沃柑果园生态系统碳汇核算结果汇总；
 - g) 不确定性分析及数据质量管理；
 - h) 核算过程中参考文件及数据来源资料。
-