

T/FJAASS

团体标准

T/FJAASS 003—2024

柑橘类果园碳汇计量监测技术规程

Technical regulations of carbon sink accounting and monitoring for orchard(Citrus)

2024 - 02 - 20 发布

2024 - 02 - 20 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 碳库选择	2
5 样地设置与调查	2
6 碳汇计量	2
7 碳汇监测	5
附录 A (资料性) 柑橘生物量预测模型	6
附录 B (资料性) 施肥引起的 N ₂ O 排放	7
附录 C (规范性) 标准样地调查记录表	8
附录 D (规范性) 经营活动记录表	9
参考文献	10

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。

本文件由福建省农业科学院农业生态研究所提出。

本文件由福建省农学会归口。

本文件起草单位：福建省农业科学院资源环境与土壤肥料研究所，福州市农业农村局。

本文件主要起草人：王义祥，叶菁，李艳春，林怡，翁伯琦，黄艳，吴志丹，刘岑薇。

全国团体标准信息平台

柑橘类果园碳汇计量监测技术规程

1 范围

本文件规定了果园生态系统的碳库选择、样地调查、碳汇计量、碳汇监测的技术方法与相关要求。

本文件适用于开展果园生态系统主要是柑橘类果园生态系统碳汇计量监测工作,用于计量监测果园植被、枯落物、土壤的碳储量、碳储量的变化量,其它类型果园可参照执行。

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 41198-2021 林业碳汇项目审定和核证指南
LY/T 3253-2021 林业碳汇计量监测术语
NY/T 1121.4 土壤检测 第4部分:土壤容重的测定
HJ615-2011 土壤有机碳的测定 重铬酸钾氧化-分光光度法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

果园碳汇 orchard carbon sink

果树通过光合作用吸收大气中的二氧化碳将其固定在果树植被和土壤中的所有过程、活动或机制。
[LY/T 3253-2021, 条款, 改写]

3.2

果园碳库 orchard carbon pool

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。
[GB/T 41198-2021, 条款, 改写]

3.3

碳储量 carbon storage

在特定时间内保留在果园碳库中碳的量。

3.4

基径 basal diameter

果树树干的基部直径。

3.5

种植密度 planting density

单位面积上按合理的种植方式种植的果树植株的数量。

3.6

土壤有机质碳库 soil organic carbon pool

储存在土壤中的有机碳。

注：果园主要监测0~40 cm土层。

3.7

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 碳库选择

果园生态系统碳库选择时应充分考虑准确性、经济性、保守性和降低不确定性的原则，主要计量果树生物量、枯落物和土壤有机质三个碳库。计量监测单位应明确说明选择不选择某一个或多个碳库的理由。

5 样地设置与调查

5.1 样地设置

在调查区内根据果园的立地条件、管理措施、果树品种等，采取典型取样法，每种类型设置代表性样地3个以上，样地应离开果园边缘、道路20 m以上，样地大小20 m×20 m。枯落物层采用样方调查，分别在每个样地按对角线选择5个2 m×2 m的样方。

5.2 样地调查

5.2.1 果园基本信息记录

记录果园样地因子，包括地理位置、土壤类型、气候条件、果树品种、平均树龄、年均水果产量、修剪、施肥和采摘等方式及燃油、电力、人力等能源消耗、化肥和农药年投入量等。

5.2.2 果树调查

在水果采摘后调查每个样地内果树种植密度，并对所有果树进行每木检尺，调查其基径、树高。若采用平均株法，须在每个样地内分别选取3株标准株，采用收获法测定树干、树根、树枝、树叶等4个部分的生物量，采集部分样品带回实验室测定其含水率和含碳率。

5.2.3 枯落物调查

调查和收集样方内的所有枯落物，称量其鲜重，取样带回实验室测定其含水率和含碳率。

5.2.4 土壤调查

5.2.4.1 剖面点选择

土壤调查与枯落物调查同步进行。土壤剖面点布设在样地对角线交点处，距离果树滴水线外侧30 cm~40 cm，同时应避免施肥沟10 cm以上。

5.2.4.2 剖面调查与土样测定

每个土壤剖面按0~20 cm、20 cm~40 cm 两个层次划分，调查土壤类型、土层厚度，采用环刀法按照 NY/T 1121.4 的规定测定土壤容重。采集剖面土壤样品，按照HJ615-2011的规定测定土壤有机碳。

6 碳汇计量

6.1 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:

$C_{总}$ —— 果园生态系统的总碳储量, 单位为吨(t);

$C_{果树}$ —— 果树总碳储量, 单位为吨(t);

$C_{枯落物}$ —— 枯落物碳储量, 单位为吨(t);

$C_{土壤}$ —— 土壤碳储量, 单位为吨(t)。

6.2 果树碳储量

6.2.1 果树碳储量的计算方法

果树碳储量计算见公式(2), 果树不同器官含碳率见附录A中表A.2。

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

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);

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)。

6.2.2 果树生物量的计算方法

6.2.2.1 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 。

6.2.2.2 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), 部分柑橘生物量预测模型参见附录A.1。

模型1:

$$W_i = aD^b \quad (1)$$

模型2:

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

模型3:

$$W_{树干} = \left(\exp(a + b(\ln H)) \right) \times C \quad (3)$$

$$W_{树枝} = \left(\exp(a + b(\ln D)) \right) \times C \quad (4)$$

$$W_{细枝} = \left(\exp(a + b(\ln D^2H)) \right) \times C \quad (5)$$

$$W_{树叶} = \left(\exp(a + b(\ln D^2H)) \right) \times C \quad (6)$$

$$W_{树根} = \left(\exp(a + b(\ln(W_{树干} + W_{树枝} + W_{细枝} + W_{树叶}))) \right) \times C \quad (7)$$

式中:

W_i —— 样地*j*株果树*i*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。

6.3 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）。

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

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。

6.4 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）。

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

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)。

6.5 温室气体排放计量

碳汇项目边界内温室气体排放仅考虑因施用肥料引起的N₂O排放和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，并根据不同温室气体的全球增温潜势折算为二氧化碳当量，计算见公式（12）。

$$C_{\text{排}} = C_{\text{施肥}} + C_{\text{能耗}} \quad (12)$$

式中：

$C_{\text{排}}$ —— 在t时间段内温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量(t CO₂-e)；

$C_{\text{施肥}}$ —— 在t时间段内因施用肥料引起的N₂O排放量，单位为吨二氧化碳当量(t CO₂-e)；

$C_{\text{能耗}}$ —— 在t时间段内因燃油机械和电力消耗引起的CO₂排放量，单位为吨二氧化碳当量(t CO₂-e)。

6.5.1 施肥引起的N₂O排放

果园因施肥引起的N₂O排放包括两部分：直接排放和间接排放。直接排放是指由农用地当季氮输入（包括化肥氮、有机肥氮）引起的排放。间接排放是指源于施肥经大气氮沉降引起的N₂O排放和氮淋溶径流损失引起的N₂O排放，计算见公式（13）。

$$C_{\text{施肥}} = (C_{\text{施肥-直}} + C_{\text{施肥-间}}) \times GWP_{N_2O} \quad (13)$$

式中：

$C_{\text{施肥}}$ —— 在t时间段内果园因施肥引起的温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量(t CO₂-e)；

$C_{\text{施肥-直}}$ —— 在t时间段内果园因施肥引起的直接N₂O排放量，单位为吨(t)；

$C_{\text{施肥-间}}$ —— 在t时间段内果园因施肥引起的间接N₂O排放量，单位为吨(t)；

GWP_{N_2O} —— N₂O的全球增温潜势值，取值为265（IPCC，2014，AR5）。

注：直接N₂O排放量，间接N₂O排放量计算见附录B。

6.5.2 燃油（电）消耗排放

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，见式（14）。

$$C_{\text{能耗}} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \quad (14)$$

式中：

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（ tCO_2-e/L ），电力生产排放因子单位为 tCO_2-e/MWh ；

i —— 燃油、电力的种类。

6.6 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（15）和（16）。

$$C_{\text{汇}} = \Delta C \times \frac{44}{12} - C_{\text{排}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta C = \Delta C_{\text{果树}} + \Delta C_{\text{枯落物}} + \Delta C_{\text{土壤}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$C_{\text{汇}}$ ——在t 时间段内的碳汇量，单位为吨二氧化碳当量（ $t CO_2-e$ ）；

$C_{\text{排}}$ ——在t 时间段内温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t CO_2-e$ ）；

ΔC ——在t 时间段内果园碳储量的变化量，单位为吨（t）。

7 碳汇监测

按一定周期对果园碳汇进行动态监测，填写附录C。果树碳储量的监测间隔期为3~5年，土壤有机碳的监测间隔期为5年。

监测期内应做好档案管理，由专人记载，按时填写附录D，不能漏记和中断。

附录 A
(资料性)
柑橘生物量预测模型

表 A.1 柑橘类果树不同器官生物量参考预测模型

柑橘种类	器官	生物量估算模型
广柑	树干	$W = 0.0350D^{2.2196}$
	树枝	$W = 0.0810D^{1.5580}$
	树叶	$W = 0.1387D^{1.0745}$
	树根	$W = 0.0149D^{2.4725}$
芦柑	树干	$W = 0.058315 (D^2 H)^{0.795680}$
	树枝	$W = 0.030939 (D^2 H)^{0.739656}$
	树叶	$W = 0.649611 (D^2 H)^{0.194067}$
	树根	$W = 0.019119 (D^2 H)^{0.915272}$
甜橙	树干	$W = (\exp(-0.19 + 0.80 (\ln H))) \times 1.09$
	树枝	$W = (\exp(-1.0 + 0.45 (\ln D))) \times 1.08$
	细枝	$W = (\exp(-1.52 + 0.24 (\ln D^2 H))) \times 1.06$
	树叶	$W = (\exp(-2.59 + 0.36 (\ln D^2 H))) \times 1.06$
	树根	$W = (\exp(-1.54 + 1.09 (\ln AGB))) \times 1.05$

注1: $AGB = W_{\text{树干}} + W_{\text{树枝}} + W_{\text{树叶}} + W_{\text{细枝}}$

表 A.2 柑橘类果树不同器官含碳率参考值

种类	树干	树枝	树叶	树根
芦柑	0.539	0.542	0.529	0.530
广柑	0.552	0.558	0.525	0.519
甜橙	0.460	0.442	0.406	0.443

附 录 B
(资料性)
施肥引起的 N₂O 排放

B.1 施肥引起 N₂O 直接排放

$$C_{\text{施肥-直接}} = (N_{cf} + N_{of}) \times EF_d \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- $C_{\text{施肥-直接}}$ —— 在t 时间段内果园施肥引起直接N₂O排放量, 单位为吨 (t);
 N_{cf} —— 在t 时间段内果园施用化肥氮 (纯养分) 的总量, 单位为吨 (t);
 N_{of} —— 在t 时间段内果园施用有机氮 (纯养分) 的总量, 单位为吨 (t);
 EF_d —— 氮肥N₂O直接排放系数;
 $44/28$ —— 是N₂O与N的分子转化比例。

B.2 施肥引起 N₂O 间接排放

$$C_{\text{施肥-间接}} = [(N_{cf} \times F_{cn} + N_{of} \times F_{on}) \times EF_n + (N_{cf} + N_{of}) \times F_l \times EF_l] \times \frac{44}{28}$$

式中:

- $C_{\text{施肥-间接}}$ —— 在t 时间段内果园施肥引起间接N₂O排放量, 单位为吨 (t);
 F_{cn} —— 果园施用化肥氮中以NH₃和NO_x形式挥发的比例, 取值0.10;
 F_{on} —— 果园施用有机氮肥中以NH₃和NO_x形式挥发的比例, 取值0.20;
 F_l —— 果园施肥管理通过溶淋和径流损失的氮占有所有施入总氮的比例, 取值0.30;
 EF_n —— 大气氮沉降的N₂O排放因子, 取值0.010;
 EF_l —— 淋溶径流的N₂O排放因子, 取值0.0075。

附 录 C
(规范性)
标准样地调查记录表

表 C.1 准样地基本信息调查记录表

记录人员		记录时间	年	月	日
样地名称及编号					
样地规格					
果树品种		土壤类型			
果树年龄		垦殖方式			
灌溉方式					
经 度		海拔(m)		坡度	
纬 度				坡向	
地 形	<input type="checkbox"/> 平坝 <input type="checkbox"/> 山地 <input type="checkbox"/> 丘陵 <input type="checkbox"/> 坡地 <input type="checkbox"/> 河谷				
侵蚀情况	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 轻度 <input type="checkbox"/> 中度 <input type="checkbox"/> 高度 <input type="checkbox"/> 严重				
土壤质地	<input type="checkbox"/> 粗砂土 <input type="checkbox"/> 沙壤土 <input type="checkbox"/> 轻壤土 <input type="checkbox"/> 中壤土 <input type="checkbox"/> 黏土				
地被草层	特征描述				
产量情况	特征描述				
管理情况	特征描述				
备注:					

表 C.2 准样地果树每木检尺调查记录表

样地名称及编号: _____ 样地规格: _____ 调查时间: _____

编号	品种	基径 (cm)	树高 (m)	备注
调查员:			记录员:	

附 录 D
(规范性)
经营活动记录表

表 D.1 度施肥记录表

年

施肥时间	肥料种类	施氮量 (t)	施肥方式
	化肥		
	有机肥		
		
合计	化肥		
	有机肥		
		

记录人： 日期：

表 D.2 械耗油（电）记录表

年

时间	种类	用量 (L, MWh)	用途
	汽油		运输
	柴油		翻耕
	电力		修剪
			灌溉

合计	汽油		
	柴油		
	电力		
		

记录人： 日期：

参 考 文 献

- [1] LY/T 3196-2020 竹林碳计量规程z
- [2] LY/T 2660-2016 立木生物量模型及碳计量参数-木荷
- [3] DB11/T 1562-2018 农田土壤固碳核算技术规范
- [4] DB23/T 2426-2019 森林碳库生物量调查采集技术规程
- [5] DB23/T 2427-2019 森林土壤有机碳储量调查技术规程
- [6] DB15/T 2527-2022 主要灌木树种固碳效益监测技术规程
- [7] Uttam Kumar Sahoo, Arun Jyoti Nath, K. Lalnunpuii. Biomass estimation models, biomass storage and ecosystem carbon stock in sweet orange orchards: implications for land use management. *Acta Ecologica Sinica*. 2021, 41:57-63.
- [8] 林青山;洪伟;吴承祯;林勇明;陈灿. 永春县柑橘林生态系统的碳储量及其动态变化. *生态学报*. 2010. 309-316.
- [9] 吴晓莲, 程玥晴, 罗友进, 陈霞, 谢永红. 重庆三峡库区柑橘果园系统碳储量及碳汇潜能研究. *西南农业学报*, 2014, 27(2): 693-698.
- [10] 王义祥, 吴志丹, 翁伯琦, 邢世和, 王峰. 福州郊区7年生柑橘果园植被的碳吸存研究. *亚热带资源与环境学报*, 2010, 5(3): 43-48.
-