

AL-TMS0004

## 小規模減量方法

以草生栽培法提升有機友善茶園土壤碳匯  
Enhancing Soil Carbon Sequestration in Organic Tea  
Plantations through Cover Crop Cultivation

版本 01.0

範疇別：12 農業和土地利用

# 目錄

I. 減量方法提案緣起及背景 .....	1
II. 既有減量方法差異說明 .....	2
III. 減量方法計算式設計概念 .....	6
IV. 小規模減量方法 .....	7
1. 介紹 .....	7
2. 範疇、適用條件及生效日 .....	7
2.1 範疇 .....	7
2.2 適用條件 .....	7
2.3 生效日 .....	8
3. 名詞定義 .....	8
4. 專案邊界 .....	9
4.1 空間邊界 .....	9
4.2 時間邊界 .....	10
4.3 栽培管理方式 .....	10
4.4 碳源、碳匯和碳庫 .....	11
5. 外加性 .....	13
6. 基線移除量 .....	13
7. 專案移除量 .....	16
8. 漏漏排放 .....	19
9. 減量 .....	19
10. 監測方法 .....	20
11. 應監測之數據與參數 .....	29
12. 參考文獻 .....	38
附錄1： .....	40

## I. 減量方法提案緣起及背景

我國農民的耕作習慣常在休耕期間或多年期作物(例如茶樹)植株之間進行淨耕，並常為求速效施用除草劑以移除所生長之雜草，導致土壤裸露。除草劑雖可快速抑制雜草生長，但可能導致土壤劣化和水源污染。裸露土壤會導致多方面的負面影響，包括：表土容易受到雨水或風力侵蝕，易形成逕流而減少水分入滲和土壤沖蝕，土壤曝露在陽光下會加速水分蒸發導致土壤乾燥或鹽害。裸露土壤會加速土壤有機物分解，增加溫室氣體排放量，而對溫室效應產生負面影響。特別是茶樹種植在山坡地，多年生灌木栽植行株間土壤若裸露，缺乏適當保護措施將造成水土保持和環境污染問題，影響農田生產力和農民收益。

草生栽培法在農地作物植株間種植特定草類植物為覆蓋作物，利用植物莖葉在裸露表土上方形成持續的植物覆蓋，具備多重效益：有助於改善土壤構造，提升土壤通氣和排水，降低土壤侵蝕和逕流產生、抑制雜草生長、調節土壤溫度與水分，以及提升土壤肥力，進而提升作物品質。此外，草生栽培能逐年增加土壤有機質含量，提升土壤碳匯和土壤健康，進而抵銷大氣溫室氣體濃度而轉換成減量額度(Minasny et al., 2017; Stockmann et al., 2013)。前人研究草生栽培平均一年能提升每公頃約0.5公噸的土壤有機碳(Porwollik et al., 2022)。茶園種植覆蓋作物並具有固氮、促進土壤保水及保肥、提升茶葉產量品質，還能透過揮發性物質吸引害蟲天敵，達到生物防治的效果(Pokharel et al., 2023)。

為應對全球暖化和氣候變遷下土壤健康與農業永續性之挑戰，有必要建立適用於國內條件的自願減量方法。目前環境部已公告「改進農業土壤管理方法學」，內容涵蓋減少耕犁、改善輪作、增加覆蓋作物等措施之減量計算方式，但該方法學著重於計量方法，未對具體農法操作細節提出規範，因此個別專案需考慮作物種類與農法差異，預期專案之減量監測和計算，以及確證和查驗過程將較為複雜。本方法則專門針對《有機農業促進法》所規範之有機或友善耕作茶園的草生栽培方法，具高度作物與場域針對性，因此無需考慮作物類型與農法轉變所產生的差異；同時，依據《有機農業促進法》及有機農業相關法規對耕作過程及紀錄的監管，確保專案實施期間的一致性，藉此簡化方法學設計和執行難度。本方法將為有機友善耕作茶園生產者提供減量專案操作指南，促進草生栽培技術應用，實現溫室氣體減量與生態保護的雙重目標。

## II. 既有減量方法差異說明

表1、本減量方法與既有減量方法差異比較表

差異說明	本減量方法 AL-TMS0004/以草生栽培法 提升有機友善茶園土壤碳匯	既有減量方法 AL-TMS0001/改進農業土壤 管理方法學
出處	環境部公告	環境部公告
涉及之減量措施	增加農地土壤有機碳儲量	增加農地土壤有機碳儲量
(1)適用條件	<p>本方法適用於《有機農業促進法》及其施行細則所規範之有機或友善耕作之茶園耕作系統，並以草生栽培法提升土壤有機碳儲量。適用條件如下：</p> <p>(1) 土地使用範圍與合法性：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>專案邊界應為具有明確地理邊界之整個茶園或茶園之特定區域，或整合多位專案成員所經營之茶園之專案子區域所構成，並須符合《農業發展條例》所規定可供農作使用之土地範疇。專案實施者應提供土地合格性證明，並以具有法律註冊的所有權或有效租賃契約證明其於基線情境及計入期內對土地具有合法控制權。</li> <li>專案子區域應大於 0.1 公頃，可彼此不相鄰，惟須採用一致的耕作管理方式。可由一名專案實施者統整多筆小型土地，利於小農聚合參與，專案申請時應檢具專案成員之合約書或相關證明文件。為促進併案申請以減少專案執行成本，專案邊界之總面積應大於1公頃方可申請。</li> </ul>	<p>該減量方法之適用條件如下：</p> <p>(1) 適用於臺灣農耕系統，提出專案申請之土地及管理措施須符合農業土地利用相關法規。土地利用相關法規如：土地法、非都市土地使用管制規則、農地重劃條例、農村社區土地重劃條例、農業用地作農業使用認定及核發證明辦法、農業發展條例、水污染防治法與廢棄物清理法等。</p> <p>(2) 專案旨在增加土壤有機碳 ( Soil Organic Carbon, SOC ) 儲量，專案必須對原有的農業管理措施引入或實施一項或多項新的變更，停止或調整原有的措施，以增加土壤有機碳儲量，達到實現溫室氣體移除量的目標。可藉由基線歷史農業管理日誌與專案之作業時程進行佐證。</p> <p>(3) 專案管理措施的任何定量調整幅度（例如，有機質肥料取代化肥比例）必須超過原有值的 5%，原有值是於基線作業時程的歷史回溯期內的平均值，可藉由基線歷史農業管理日誌與</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>在整個專案期間，所有專案子區域應持續納入管理範圍。如有子區域退出專案（即不再納入監測與計算範圍），則該子區域之已移除量將依保守性原則視為完全逆轉，主管機關得註銷已核發之減量額度；若該額度已註銷使用，則應於下次計入期中以洩漏量進行扣除。</li> </ul> <p>(2) 土地歷史使用限制：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>專案邊界於過去十年不得位於森林、濕地或泥炭地，須為持續農業使用之土地。專案實施者需提供土地歷史利用之佐證資料（如土地使用記錄、衛星影像或政府相關文件），並納入專案文件以供查驗。</li> <li>在專案措施實施前，於專案邊界內以有機或友善農法持續耕作茶樹3年以上（含有機轉型期），並於計入期間維持相同的有機或友善農法耕作方式。</li> </ul>	<p>專案之作業時程進行佐證。</p> <p>(4) 自專案初始至整個專案計入期，專案活動必須在農地（含休耕、廢耕農地，但需維持低度處理，以可隨時恢復農耕管理）上實施。若在專案確證前能夠充分證明將多年生作物（如草類、豆類）與一年生作物整合，則允許作物制度改變，使其併入長期農業管理系統，但專案文件必須提供涵蓋擬議專案期的長期管理計畫。</p> <p>(5) 在專案開始日期之前的10年內，專案邊界生態系統必須為持續穩定農業使用，可藉由歷史航空影像或歷史使用土地類別進行佐證。</p> <p>(6) 專案活動預計不會導致產量持續下降超過5%，並已獲同儕審查和/或已發表的研究報告中，針對本專案活動在同一或類似地區的實施成果中加以證明。若執行有機農法或復耕者，可以附近區域之相同農法管理與產量進行比較。</p> <p>(7) 該方法學著重於土壤有機碳增加所產生的效益，但若管理措施造成其他碳庫與排放源變化量的5%，則需計入其變化量。例如：肥料與化石燃料使用變化等。可藉由收據或發票進行佐證，詳見10.4章節。</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>(8) 專案活動每年溫室氣體淨移除量應小於或等於20,000公噸二氧化碳當量 (tCO<sub>2</sub>e)。</p> <p>該方法學不適用於以下情形：</p> <p>(1) 專案活動在濕地上進行。</p> <p>(2) 專案活動將生物炭作為土壤改良劑使用。由於生物炭之應用需考量其生命週期之排放，與本方法的量化方式不同，故不適用。未來若有專案包含本方法之土壤管理措施與施用生物炭，則需引用兩種方法學分別計量所增加之碳匯。</p>
(2)專案邊界	<p>僅針對有機或友善耕作茶園，以草生栽培為單一實施措施。在限制農法下納入邊界之碳源、碳庫和碳匯較為單純。專案可包含不連續子區域，但須使用一致耕作方式並取得控制權。子區域若退出專案，其移除量即視為完全逆轉。</p>	<p>涵蓋所有農地土壤管理措施的土地單元，須界定土壤碳庫及其他主要碳源、碳庫和碳匯，如林木地上部和地下部、畜糞資材、石灰等。需包含主作物區、管理活動影響區及洩漏潛在發生區。可容許不同土地單元於不同期別加入，地塊合併需具一致性的管理措施。</p>
(3)基線移除量	<p>本方法提供「實測基線法」與「對照區域法」兩種基線情境，土壤有機碳儲量僅接受直接量測法，不接受模型預測或排放係數法估算。</p> <p>(1) <b>實測基線法</b>：專案開始前以有機或友善農法持續耕作茶樹3年以上(含有機轉型期)，但尚未採行草生栽培。</p> <p>(2) <b>對照區域法</b>：在專案實施情境的子區域中設立</p>	<p>以專案開始前3年內所使用的農業管理措施為基線情境，可採用直接量測、模型預測、排放係數法等三種土壤有機碳儲量和溫室氣體量化方式。</p>

	一個區域維持基線情境以做為對照區域，該區域需與專案區域具有相同茶樹品種、土壤類型、氣候條件、土地使用管理條件。	
(4)專案移除量	在專案期間，茶樹的耕作管理必須維持與基線情境保持一致，有機農業資材之增加施用量不得高於基線平均值之5% (可減少施用，惟不計入減少施用之移除效益)，以確保不會增加排放量。本方法僅計入草生栽培所增加之土壤碳儲量(移除量)改變，以及實施期間所產生之額外排放量，包括草生栽培之覆蓋作物種子生產和運輸、覆蓋作物管理所增加之燃料和電力使用、專案邊界增加之有機農業資材施用。	既有方法學針對農地原有的農業管理措施引入或實施一項或多項新的變更，停止或調整原有的措施，以增加土壤有機碳儲量來產生移除效益，但所有農事活動（肥料施用、灌溉、耕作、能源）等排放量皆需納入評估，若造成顯著變化則皆需計入。
(5)監測方法/參數	本方法採用分區分層採樣原則每五年監測一次，採樣點數與布點依專案子區域面積與土壤異質性採土壤分區分層方式進行，於固定樣點監測土壤碳儲量變化。	既有方法強調參考國際手冊，允許模型與樣本數計算公式估算，抽樣策略更具彈性，但精度需由專案自證。
(6)其他項目	本方法明確限制專案邊界僅能採行《有機農業促進法》規範之有機農業或友善耕作農法，減少農法操作變異，重點聚焦於土壤採樣與碳儲量計量，因此無需考慮複雜的碳源-匯量化方法，具備高度的操作一致性與執行可行性，惟適用範圍與靈活性較窄。	既有方法涵蓋不同農法，可將多種管理措施聯合使用，並考慮更多碳源庫匯（如植被、枯枝落葉）和農事活動排放量，且須處理重複計算與洩漏問題。雖允許更大方法學應用彈性，但需配合複雜計量設計，專案申請者必須於專案計畫中界定。

### III. 減量方法計算式設計概念

表2詳述本減量方法計算式之設計概念，主要說明基線移除量、專案移除量及專案淨移除量等計算式呈現之目的、原理與參採來源。

表2、本減量方法計算式設計概念

	計算式	說明及參採來源
(1) 基線移除量	$CO_{2 BL} = TSOC_{BL} \times \frac{44}{12} - CO_{2 BAU}$	基線( $CO_{2 BL}$ )為(1)茶園的基線情境耕作管理之排放量( $CO_{2 BAU}$ )，以及(2)基線情境或對照區域的土壤有機碳儲量( $TSOC_{BL}$ )。
(2) 專案移除量	$CO_{2 PR} = TSOC_{PR} \times \frac{44}{12} - \Delta PE - CO_{2 BAU}$	專案排放為(1)茶園實施基線情境相同耕作管理之排放量( $CO_{2 BAU}$ )，(2)實施措施為茶樹植株之間進行草生栽培所產生的土壤有機碳儲量( $TSOC_{PR}$ )，以及(3)草生栽培產生的額外排放量( $\Delta PE$ )，其包括草生栽培之覆蓋作物的種子生產和運輸、覆蓋作物管理所增加之燃料和電力使用、專案邊界內增加之有機農業資材施用。
(3) 專案淨移除量	$CO_{2 PR} - CO_{2 BL} = (TSOC_{PR} - TSOC_{BL}) \times \frac{44}{12} - \Delta PE$	由於計入期延續基線情境耕作管理，不得有顯著改變，此項之排放量( $CO_{2 BAU}$ )為固定值，因此可以不加以量測，僅計入土壤有機碳儲量以量化草生栽培之移除效益。也因此，本方法不適用於量化茶樹栽培管理產生之排放量改變。

## IV. 小規模減量方法

### 1. 介紹

茶樹為臺灣主要經濟作物之一，屬於多年生灌木，定植後可進行長達十年以上的經濟生產。茶樹栽植時，行株間需保留適當空間，以利植物生長發育及農民進行栽培管理與採收作業。在陽光充足的環境下，雜草生長迅速，為便於管理，許多農民採取施用除草劑或其他方式進行淨耕管理以清除雜草，但此做法導致土壤裸露，表土易遭受雨水沖刷與風力侵蝕，尤以山坡地茶園更易引發水土流失問題。此外，長期裸露的土壤受陽光照射會加速水分蒸發，使土壤乾燥，同時也加劇土壤有機質分解，增加溫室氣體排放，對溫室效應和氣候變遷產生不利影響。另一方面，若山坡地茶園缺乏完善的作業道路系統，則難以進行機械化管理。尤其在有機茶園中，禁止使用化學除草劑，使雜草管理高度依賴人力，進一步加重栽培作業的經濟與勞力負擔。

有鑑於此，農業主管機關近年積極推廣草生栽培技術，透過種植特定草種或選擇性保留自然生長的雜草，並配合適當管理，以維持茶樹植株間土壤表面的草類覆蓋。草生栽培能有效抑制土壤沖蝕與流失，對山坡地茶園之水土保持具顯著效益。同時，草類植物修剪後的殘體及草根的生長更新過程，有助於增加土壤有機碳含量，改善土壤結構和物理特性，提升土壤養分供應能力，為茶樹根系創造更良好的生長環境。因此，執行本減量方法之目標旨在將草類覆蓋作物種植於茶樹植株間，避免土壤裸露，改善土壤理化性質，提升土壤有機碳儲量，進而達成移除溫室氣體的目標。表3為本減量方法的重要特性：

表3、減量方法重要特性

減量專案一般用法	以草生栽培法增加有機/友善耕作茶園之土壤有機碳儲量
溫室氣體減量類型	移除型

### 2. 範疇、適用條件及生效日

#### 2.1 範疇

本方法適用於《有機農業促進法》及其施行細則所規範之有機或友善耕作之茶園耕作系統，並以草生栽培法提升土壤有機碳儲量。

#### 2.2 適用條件

本減量方法學之適用條件如下：

##### (1) 土地使用範圍與合法性：

- 專案邊界應為具有明確地理邊界之整個茶園或茶園之特定區域，或整合多位專案成員所經營之茶園之專案子區域所構成，並須符合《農業發展條例》所規定可供農作使用之土地範疇。專案實施者應提供土地合格性證明，並以具有法律註冊的所有權或有效租賃契約證明其於基線情境及計入期內對土地具有合法控制權。

- 專案子區域應大於0.1公頃，可彼此不相鄰，惟須採用一致的耕作管理方式。可由一名專案實施者統整多筆小型土地，利於小農聚合參與，專案申請時應檢具專案成員之合約書或相關證明文件。為促進併案申請以減少專案執行成本，專案邊界之總面積應大於1公頃方可申請。
- 在整個專案期間，所有專案子區域應持續納入管理範圍。如有子區域退出專案（即不再納入監測與計算範圍），則該子區域之已移除量將依保守性原則視為完全逆轉，主管機關得註銷已核發之減量額度；若該額度已使用，則於下次計入期中以洩漏量進行扣除。

(2) 土地歷史使用限制：

- 專案邊界於過去十年不得位於森林、濕地或泥炭地，須為持續農業使用之土地。專案實施者需提供土地歷史利用之佐證資料（如土地使用記錄、衛星影像或政府相關文件），並納入專案文件以供查驗。
- 在專案措施實施前，於專案邊界內以有機或友善農法持續耕作茶樹3年以上(含有機轉型期)，並於計入期間維持相同的有機或友善農法耕作方式。

### 2.3 生效日

生效日係以114年10月23日「環境部溫室氣體抵換專案暨自願減量專案審議會第22次會議」決議審核通過為準。

### 3. 名詞定義

- (1) 有機農業：依據《有機農業促進法》第3條第1款，係指不使用化學合成的農藥、化學肥料、生長調節劑、基因改造生物及其產製品，並依循自然法則與生態循環方式從事之農業。必須依《有機農產品及有機農產加工品驗證管理辦法》完成驗證，通過驗證之產品可使用「有機」標示。
- (2) 友善耕作農業：依據《有機農業促進法》第3條第2款，係指依循有機農業之精神從事農業生產，未使用化學合成農藥、化學肥料及基因改造生物及其產製品，但未經有機農產品驗證。採友善耕作者須登錄於地方主管機關之友善耕作名單中，由「友善環境耕作推廣團體」進行管理稽核。
- (3) 有機農業資材：泛指依據《有機農業促進法》可用於有機耕作之各類物質，包含天然物質，或是《有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質》所允許的化學合成物質。
- (4) 草生栽培：係指在農場作物的植株間或兩個耕作期之間的休耕期間，種植草類作物並進行適當管理，以確保農場表土長期被草類覆蓋而不裸露。在本方法中，此方法適用茶樹植株之間的土壤進行草類覆蓋植物的栽培與管理，以量化其對土壤碳儲量的影響。
- (5) 覆蓋作物：為了覆蓋土壤而密集栽種的作物。這類作物具有防止水土流失、改善土壤性質的用途，並非以收穫為主要之栽種目的。

- (6) 免耕犁：不以人力或機械對農地土壤進行翻耕，保留土壤結構和表面的覆蓋物，以減少對土壤的擾動，有助於保留土壤有機碳儲量。
- (7) 保育性耕犁：在農田中減少或避免傳統翻土的耕作方式，透過減少翻耕的深度和頻率，以減少土壤翻動，藉此避免土壤結構破壞，以及減少土壤有機碳及水分的流失。
- (8) 專案子區域：當專案實施者整合多位專案成員之土地形成專案邊界，個別成員具有控制權之地理範圍。本方法規定子區域最小面積為0.1公頃。
- (9) 專案實施區域：係指專案邊界內實施草生栽培之區域，為納入移除量計算與監測之地理範圍。
- (10) 土壤分區：專案子區域內，依據土壤性質、地形、耕作條件所劃分之次級單元，為土壤採樣與計量分析之基本單元。
- (11) 土壤分區分層採樣：為採樣設計方法，係依據土壤性質、地形、耕作條件等因子先劃分土壤分區，再於每一區依深度分層採樣，以反映土壤有機碳含量之空間變異性。
- (12) 土壤總體密度：未受擾動之土壤(或土柱)的重量，除以該土壤的體積(含固體與孔隙體積)，單位為  $g/cm^3$  或  $t/m^3$ 。
- (13) 土壤有機碳：以各種不同型態存在於土壤的有機物質，以腐植質為主要且長期穩定存在的型態。
- (14) 土壤有機碳含量：單位重量(乾重)之土壤(通過2-mm 篩網之顆粒)所含有的有機碳含量，以百分比為表示方式。
- (15) 土壤有機碳儲量：每公頃土壤於報告土層深度(IPCC 建議至少0-30公分)內所含之有機碳重量(符號 SOC，單位為  $tC/ha$ )。專案邊界內之上土壤有機碳儲量為前者乘以專案面積所得(符號 TSOC，單位  $tC$ )。
- (16) 逆轉：係指專案移除之碳因專案活動中止、土地退出或自然災害等因素而釋放至大氣之情形，須視為碳損失，並於專案中扣除。
- (17) 碳洩漏：因專案活動而導致排放量於專案邊界以外增加之效應。例如若因減少施肥造成他處需增施資材以維持產量，即可能產生洩漏。

## 4. 專案邊界

### 4.1 空間邊界

- 專案邊界之耕作管理必須符合《有機農業促進法》之有機驗證或友善耕作規範。若屬有機驗證茶園，則於整個計入期間內須持續維持有機驗證資格；若為友善耕作茶園，則須納入同一友善環境耕作推廣團體之稽核與管理機制。所有子區域應遵循一致之耕作基準或作業規範，包括生產環境、肥培管理、病蟲害和雜草管理等。
- 為明確界定專案實施區域，建議專案實施者設置清晰且固定之物理標誌（如木樁、石樁、塑膠樁等），或其他具視覺辨識功能之界標作為參考依據。亦可輔以高解析度衛星影像確認實施區域實際範圍，並與現地設置之界標進行比對，建立圖資佐證資料。草生栽培實施區域及

對應之土壤分區之面積估算應遵循保守性原則，並由查驗機構確認其正確性與一致性，以確保碳計量作業之準確度與可驗證性。

- 本方法具備規模彈性，專案實施者得整合多位專案成員之土地形成專案邊界，惟所有成員之子區域須採行相同的有機或友善茶園耕作管理方式。專案申請時應檢具專案成員之合約書或相關證明文件，並應於專案計畫書載明減量額度之約定分配原則。

#### 4.2 時間邊界

- 在專案開始前，於專案邊界內以有機或友善農法持續耕作茶樹3年以上(含有機轉型期)，並於計入期間維持相同有機或友善農法耕作方式。對於即將申請有機驗證之茶園，建議可選擇以有機轉型期之3年為基線期間。
- 茶樹生長週期分為幼木期、成木期和衰老期，考量經濟栽培主要為成木期(約20–30年)，因此本方法之計入期採用展延型。
- 於每次展延前，須確認專案邊界內之茶樹將持續栽培，且耕作管理方式維持不變(茶樹品種和栽培密度不變，不得整地深耕，且維持有機/友善耕作和草生栽培)，方可申請。

#### 4.3 耕作管理方式

- 專案計入期間內，茶樹之栽培管理應與基線情境保持一致，不得刻意減產，亦不得改變茶樹品種與耕作管理方式，所施用之有機農業資材施用量不得超過基線情境，以確保實施措施不致造成額外之溫室氣體排放。惟專案計入期間允許有機農業資材施用量減少，但其減排效益不在此方法學所涵蓋之範圍。
- 專案之實施措施為草生栽培，僅計入實施區域之土壤有機碳儲量增加之移除效益，其他移除效益不得計入。
- 覆蓋作物由一種或多種一年生或多年生之草類植物組成，應栽植於茶樹行株間，最大程度覆蓋裸露土壤，並於計入期間內持續栽植，僅可修剪不得收穫，且修剪後之植體應留置於現地，以提升土壤碳儲量。覆蓋作物不得施肥，並建議以保育性耕犁或免耕犁的方式進行耕種，以降低土壤有機碳分解所產生的逆轉風險。
- 建議專案實施者綜合考量固碳效率、生物多樣性等效益，選擇一種或多種一年生或多年生之覆蓋作物(例如豆科、禾本科)進行草生栽培。選購種子時，應選擇原生或馴(歸)化草種，不得使用外來入侵種。專案實施者須提出草種的適地性證明(如過往使用紀錄、學術文獻或地方農業改良場建議)及生態風險評估(如是否為已列管之擴散性植物)或其他相關文件，證明選育草種之合適性。
- 專案邊界內之植物殘體不得輸出至專案邊界外，必須全數保留於專案內作為土壤外源碳來源，以避免碳洩漏風險。

#### 4.4 碳源、碳匯和碳庫

- 本方法考慮圖1所示之專案邊界內溫室氣體之碳源、碳匯與碳庫相關活動，重點在於它們對土壤有機碳儲量的影響，以及相關活動造成的溫室氣體排放量。量化邊界應涵蓋基線情境與專案計入期間內茶園的所有耕作活動，包括機械使用、耕作操作、有機農業資材施用，以及草生栽培所涉及之相關活動。專案邊界及量測範圍和方法應與基線情境一致，以準確量化草生栽培提升土壤有機碳儲量之移除效益。
- 專案實施者應詳細紀錄化石燃料和有機農業資材之使用狀況（包含種類、施用方式與頻率等），並記錄草生栽培與茶園管理相關活動（如草種選擇與來源、種植方式、收割頻率、耕犁方式、病蟲害管理、灌溉水管理等）。必要時，應輔以購買證明、發票、有機驗證報告或友善耕作稽核報告等文件作為佐證。
- 草生栽培所使用之覆蓋作物(圖2)，對土壤碳儲量的主要貢獻來自於植體殘體、根系與根部分泌物等碳輸入。本方法透過土壤有機碳儲量的監測結果評估直接與間接來源（例如茶樹生長、枯枝落葉等）對整體土壤碳庫之影響，惟不單獨對各個碳庫進行分項計算。
- 由於在專案邊界引入覆蓋作物，因此需考慮種子的生產、運輸、栽種所產生的溫室氣體排放量。
- 由於不預期草生栽培對農場基礎設施或茶樹的採後處理產生影響，這些活動不包括在專案量化的邊界內。
- 若專案期間茶園施用之有機農業資材的使用量低於基線情境平均值，或增加施用量不高於基線施用量的5%，則視為無顯著變動，得不納入相關排放計算。茶園之耕作管理方式須在基線與計入期內保持一致，專案實施者若能提供足夠農場紀錄佐證耕作方式未顯著變更，則相關活動之排放亦可視為固定，無須納入計算。
- 本方法之目標在於量化草生栽培對土壤碳儲量之提升，不計入來自農場其他活動（如化石燃料燃燒或施肥操作等）所產生之溫室氣體排放減量效益。

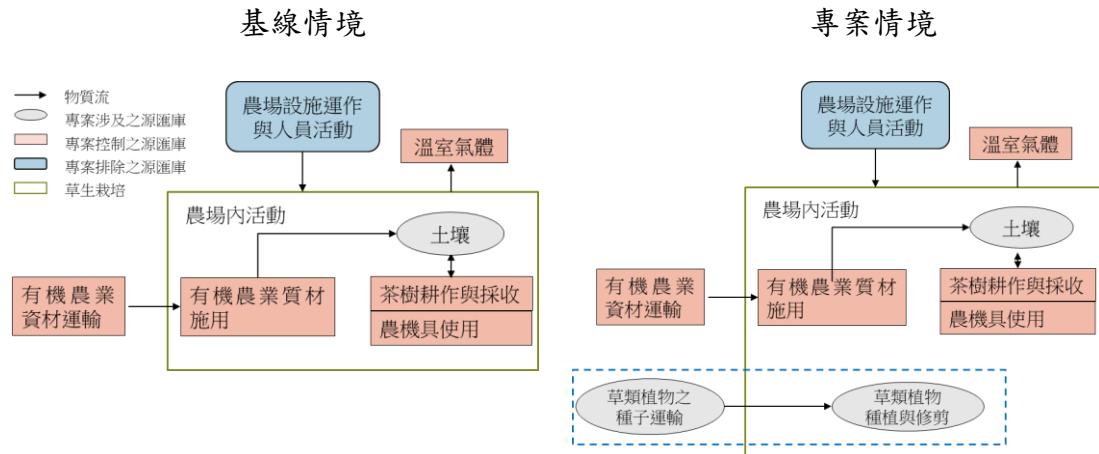


圖1、專案邊界圖



圖1、專案實施前後示意圖

表4、專案邊界內基線和專案情境所選定的碳庫

碳庫	是否選擇	理由/解釋
木本植物地上生質量	否	專案邊界內之茶樹地上生質量於專案期間相較於基線情境無顯著變動，且非本方法所針對之對象，因此予以排除。
木本植物地下生質量	否	專案邊界內之茶樹地下生質量於專案期間相較於基線情境無顯著變動，且非本方法所針對之對象。其生長和死亡可能對土壤有機碳儲量產生貢獻，但不計入其生質量之直接貢獻。
草類植物地上生質量	否	不會發生重大變化，或者潛在的變化是短暫的，因此予以排除。
草類植物地下生質量	否	其生長和死亡可能對土壤有機碳儲量產生貢獻，但不計入其生質量之直接貢獻。
枯死木	否	不會發生重大變化，或者潛在的變化是短暫的，因此予以排除。
枯落物	否	不會發生重大變化，或者潛在的變化是短暫的，因此予以排除。
土壤有機碳	是	受實施措施影響的主要碳庫。

表5、專案邊界中包含的溫室氣體排放源

排放源	氣體	是否選擇	理由/解釋
化石燃料	CO <sub>2</sub>	可選擇	運輸車輛和農場設備所消耗之化石燃料排放
肥料、改良劑	CO <sub>2</sub>	可選擇	專案施用於茶樹之有機農業資材相較於基期，不能顯著增加。
土壤產生甲烷作用	CH <sub>4</sub>	可選擇	茶園屬於旱作，土壤甲烷排放量應可忽略。
氮肥的使用	N <sub>2</sub> O	可選擇	若計入期茶樹施肥量與基線情境無顯著變動時則可以忽略不計。但若有機質肥料施用量增加時，則須計入。

## 5. 外加性

依據民國112年10月12日環境部公布的「溫室氣體自願減量專案管理辦法」第八條辦理，即溫室氣體每年排放總減量小於或等於二萬公噸二氧化碳當量者，外加性分析得僅分析法規外加性。法規外加性之分析，包括是否是政府或法規(包括土地法、非都市土地使用管制規則、農地重劃條例、農村社區土地重劃條例、農業用地作農業使用認定及核發證明辦法、農業發展條例、有機農業促進法及相關子法等)強制要求執行、確認當地法規和政策對本專案活動之要求、確認專案活動的合理性、確定是否存在潛在法律或政府變化、評估專案是否超出法規要求，並提出相關文件或證據支持。

## 6. 基線移除量

基線情境係指專案措施實施前3年期間，專案邊界之茶園已採用有機或友善農法進行耕作管理，且預期在計入期間內持續沿用相同耕作管理方式，惟尚未進行草生栽培。有機耕作之茶園，得以轉型期為基線期間。

專案實施者應提供基線情境下至少3年之詳細歷史管理資料，作為確立基線情境的依據。應蒐集與紀錄的資訊包括但不限於：茶葉產量與採收情形、各項田間作業（如耕犁、採收、割草、病蟲害防治、種植等）、化石燃料、有機農業資材之使用狀況（包含種類、施用方式與頻率等）、灌溉方式與頻率，以及其他茶園經營管理相關之活動紀錄。如果無法取得完整的3年基線數據，則必須提供證據證明該區域的平均基線條件適用於缺乏數據的茶園，得視風險程度現地比對或延後一年建立基線數據再開始計入。或是，在專案執行前選擇基準年，量測和蒐集數據。

專案實施者應以上述歷史數據為基礎，明確界定各子區域的基線情境，作為專案實施前的管理參照狀態。若專案包含多個子區域，則每一子區域均須獨立建立基線資料與計算移除量，以維持量化結果的準確性。在各子區域基線情境下，土壤有機碳儲量(TSOCBL)應透過直接採樣與分析量測獲得，作為草生栽培措施實施前的土壤碳儲量基線。

## 土壤有機碳儲量變化的量測方式：

本方法提供兩種量測土壤有機碳儲量變化的方法(圖3)，詳細的採樣和監測方法請參見「10. 監測方法」一節。當專案邊界具有完整且可查驗之3年以上歷史管理資料時，應優先以「實測基線法」作為土壤有機碳儲量變化量測方式。

### (1) 實測基線法 - 基於基線情境的變化量測：

本方式以專案實施前基線情境下之土壤有機碳儲量 ( $TSOC_{BL}$ )作為比較基準，量測實施措施(草生栽培)所產生的土壤有機碳儲量變化( $\Delta TSOC_{PR-BL}$ )。在此方式下，於專案申請時為量測基準點( $t_0$ )，進行分區分層之土壤採樣與分析，並以此土壤有機碳儲量為基線( $TSOC_{BL} = TSOC_{t_0}$ )，基線土壤有機碳儲量計算式如式1：

$$TSOC_{BL} = TSOC_{t_0} = \sum_{y=1}^n SOC_{t_0,y} \times A_y \quad (式1)$$

參 數	定 義	單 位
$TSOC_{BL}$	基線情境土壤有機碳儲量	t C
$TSOC_{t_0}$	專案實施前( $t_0$ )土壤有機碳儲量	t C
$SOC_{t_0,y}$	專案實施前特定土壤分區(y)土壤有機碳儲量	t C / ha
$A_y$	專案邊界內特定土壤分區之面積	ha

### (2) 對照基線法 - 基於對照區域的變化量測：

專案若無法採行實測基線法時，可在專案邊界中選擇一個對照區域，該區域未實施草生栽培但其他條件必須一致。若專案邊界由子區域組成，各子區域(或土壤分區)應分別設置獨立對照區。

對照區域面積至少0.1公頃，並符合以下條件：相同的茶樹品種及栽培管理方式、土壤類型、氣候和地形條件、土地使用管理條件（施肥、採收、修剪頻率等），但不施行草生栽培。

使用此方式時，專案實施者須提供土地歷史資料來證明對照區域之地理位置、地形及坡度條件、栽培管理方式與專案實施區域維持一致。若對照區域和實施區域於  $t_0$ 時具有相同的土壤有機碳含量，通過比較基線情境( $TSOC_{BL} = TSOC_{BAU,t_0}$ )(圖3)和實施情境( $TSOC_{PR}$ )隨時間變化之土壤有機碳儲量，計算實施措施對增加土壤碳儲量之效果。基線土壤有機碳儲量計算如式2。

$$TSOC_{BL} = TSOC_{BAU,t} = \sum_{y=1}^n SOC_{BAU,t,y} \times A_y \quad (式2)$$

參 數	定 義	單 位
$TSOC_{BL}$	基線情境土壤有機碳儲量	t C
$TSOC_{BAU,t}$	基線情境隨時間推移到計入期(t)之土壤有機碳儲量	t C

參數	定義	單位
$SOC_{BAU, t, y}$	基線情境特定土壤分區(y)隨時間推移到計入期(t)之土壤有機碳儲量	t C / ha
$A_y$	專案邊界內特定土壤分區之面積	ha

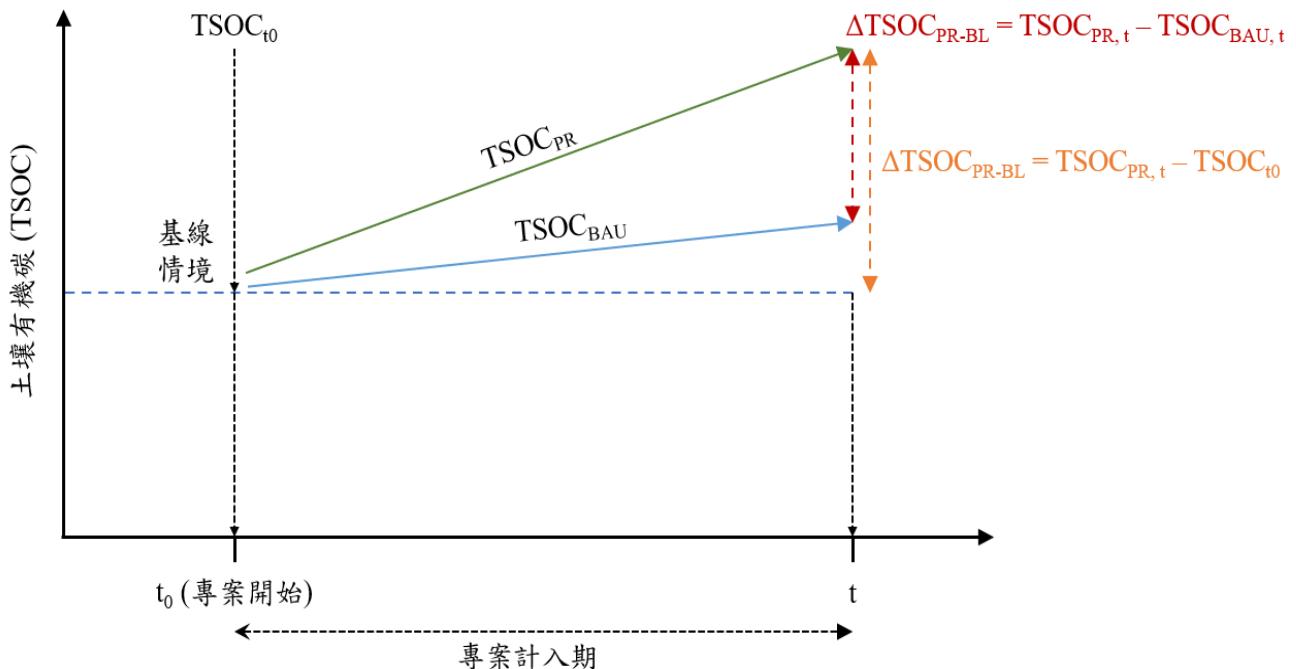


圖3、土壤有機碳儲量變化的量測方式

對照區域應視同獨立土壤分區進行土壤有機碳儲量監測。若因天然或人為因素導致土層厚度、土壤總體密度或土壤有機質含量產生顯著變動時(請參閱10.1節)，為避免高估專案移除量，應依據保守性原則進行校正，或於專案實施區域另劃設新的對照區域，並依面積比例扣除原移除量，所損失的土壤有機碳皆視同完全逆轉，並於專案文件中充分說明其考量依據與計算方法。

## 7. 專案移除量

專案移除量係指於專案邊界之茶樹植株間執行草生栽培(圖2)，於計入期( $t$ )時量測之土壤有機碳儲量( $TSOC_{PR,t}$ )(圖3)。各專案子區域(或土壤分區)須分別計算。

專案實施後之移除量計算如下：

$$TSOC_{PR,t} = \sum_{y=1}^n SOC_{PR,t,y} \times A_y \quad (式3)$$

參 數	定 義	單 位
$TSOC_{PR,t}$	實施措施後於計入期( $t$ )之土壤有機碳儲量	t C
$SOC_{PR,t,y}$	實施措施後於計入期( $t$ )之特定土壤分區(y)土壤有機碳儲量	t C / ha
$A_y$	專案邊界特定土壤分區(y)之面積	ha

### 其他排放：

在專案實施期間，各子區域應維持與其基線情境一致之茶樹耕作管理方式，以避免因耕作管理方式改變而產生額外的溫室氣體排放，且符合MRV方法學對保守性與透明性之要求。若因不可抗力因素而改變耕作管理方式，導致顯著額外溫室氣體排放( $\Delta PE_{PR-BL}$ )，且其排放總量超過基線情境5%以上，應納入計算並予以扣除。具體應考慮覆蓋作物種子生產和運輸( $\Delta SPT_{PR-BL}$ )，以及專案邊界所增加之燃料和電力使用( $\Delta FU_{PR-BL}$ )和有機農業資材施用( $\Delta AC_{PR-BL}$ )。上述排放須基於專案紀錄進行核實，排放係數須來自國家或國際認可之資料庫。

$$\Delta PE_{PR-BL} = \Delta SPT_{PR-BL} + \Delta FU_{PR-BL} + \Delta AC_{PR-BL} \quad (式4)$$

#### (1) 覆蓋作物種子生產和運輸：

由於本方法的適用條件中基線情境無草生栽培，因此基線情境中覆蓋作物之種子生產和運輸( $SPT_{BL}$ )的排放量被視為0，排放量的變化( $\Delta SPT_{PR-BL}$ )等於專案情境中每年種子生產和運輸的排放量( $SPT_{PR,t}$ )逐年累積的結果，計算如下：

$$\Delta SPT_{PR-BL} = \sum_t SPT_{PR,t} - 0 = \sum_t SPT_{PR,t} \quad (式5)$$

$$SPT_{PR,y,t,a} = \sum_a (S_{PR,y,t,a} \times A_{y,t,a}) \times (EF_{sp,y,t,a} + EF_{et,y,t,a} \times DIS_{y,t,a}) \quad (式6)$$

參 數	定 義	單 位
$SPT_{PR,y,t,a}$	專案情境下特定分區(y)第 $t$ 年覆蓋作物 $a$ 種子生產和運輸的排放量	tCO <sub>2</sub> e
$S_{PR,y,t,a}$	專案情境下特定分區(y)第 $t$ 年覆蓋作物 $a$ 使用的種子量	kg / ha
$A_{y,t,a}$	專案情境下特定分區(y)第 $t$ 年覆蓋作物 $a$ 種子施用面積	ha

參數	定義	單位
$EF_{sp,y,t,a}$	專案情境下特定分區(y)第 t 年覆蓋作物 a 種子生產的排放因子	tCO <sub>2e</sub> / kg
$EF_{et,y,t,a}$	專案情境下特定分區(y)第 t 年覆蓋作物 a 種子運輸的排放因子	tCO <sub>2e</sub> / t·km
$Dis_{y,t,a}$	專案情境下特定分區(y)第 t 年覆蓋作物 a 種子的運輸距離	km

種子用量與種植面積應基於專案紀錄或農場管理檔案進行量測和核實。相關排放係數應來自國家或國際認可的數據庫。

### (2) 化石燃料燃燒和電力使用：

專案需考慮其對化石燃料和電力使用的潛在增加，具體包括因整地、覆蓋作物修剪等活動而產生的燃料與電力消耗皆需進行計量與核算，並將其排放影響納入專案的碳平衡計算中。若專案開發者能證明專案情境下的化石燃料和電力使用量少於或與基線情境無顯著差異，則  $\Delta FU_{PR-BL}$  可被視為0。

$$\Delta FU_{PR-BL} = \sum_t [(FU_{PR,y,t} - FU_{BL,y,t}) + (EU_{PR,y,t} - EU_{BL,y,t})] \quad (式7)$$

參數	定義	單位
$\Delta FU_{PR-BL}$	計入期內增加之化石燃料和電力使用排放量	tCO <sub>2e</sub>
$FU_{PR,y,t}$	計入期特定分區(y)第 t 年專案情境下使用化石燃料的排放量	tCO <sub>2e</sub>
$FU_{BL,y,t}$	基線情境下(或對照區域) 特定分區(y)化石燃料的年平均排放量	tCO <sub>2e</sub>
$EU_{PR,y,t}$	計入期特定分區(y)第 t 年專案情境下使用電力的排放量	tCO <sub>2e</sub>
$EU_{BL,y,t}$	基線情境下(或對照區域) 特定分區(y)使用電力的年平均排放量	tCO <sub>2e</sub>

年平均排放量是根據專案開始前3年的相應管理記錄計算，涵蓋燃料(FU)和電力(EU)。若無法取得完整的管理記錄或無法提供適當的文件支持，則改用其他方式估算之基線情境年平均排放量 (FU<sub>BL</sub> 或 EU<sub>BL</sub>) 不得超過專案情境中燃料使用量 (FU<sub>PR</sub>) 或電力使用量 (EU<sub>PR</sub>) 的 50%，此保守性規定旨在避免因基線數據缺失而高估專案減排效果。

### (3) 有機農業資材施用：

專案計入期間內，茶樹之有機農業資材施用不得高於基線情境之平均值，以避免產生碳洩漏效應。專案實施者必須提供之農場紀錄，顯示各子區域或土

壤分區(y)之不同有機農業資材(i)之施用量，並分別與對應之基線情境施用量比較：

$$\Delta AC_{i,y} (\%) = \frac{(AC_{i,y,PR} - AC_{i,y,BL})}{AC_{i,y,BL}} \times 100\% \quad (\text{式8})$$

參 數	定 義	單 位
$\Delta AC_{i,y}$	每年特定分區(y)之有機農業資材(i)的使用量相對於基線情境的變化，根據規範應小於5%	%
$AC_{i,y, PR}$	實施措施後每年特定分區(y)特定有機農業資材(i)的使用量	kg / ha
$AC_{i,y, BL}$	基線情境特定分區(y)有機農業資材(i)的平均使用量	kg / ha

若實際施用量少於基線平均使用量，或兩者無顯著差異(即 $\Delta AC_{i,y} < 5\%$ )，則專案邊界於計入期內增加施用有機農業資材的排放量( $\Delta AE_{PR-BL}$ )為零。若因為不可抗力因素(如病蟲害)而增加有機農業資材用量，並超出允許範圍，則須如實記錄並計算排放量。若因減少施用量所產生之減排量則不計。

$$\Delta AC_{PR-BL} = \sum_t (AC_{PR,y,t} - AC_{BL,y,t}) \quad (\text{式9})$$

參 數	定 義	單 位
$\Delta AC_{PR-BL}$	專案邊界於計入期內增加施用有機農業資材的排放量	tCO <sub>2e</sub>
$AC_{i,y, PR}$	計入期特定分區(y)第 t 年專案情境下施用有機農業資材的排放量	tCO <sub>2e</sub>
$AC_{i,y, BL}$	基線情境下(或對照區域)特定分區(y)施用有機農業資材的年平均排放量	tCO <sub>2e</sub>

《有機農業促進法》規定應使用經中央主管機關公告的有機農業資材，並詳實記錄其來源、性質、使用情況及購買證明等。基線情境中個別有機農業資材之排放量平均值是根據專案開始前至少3年的相應紀錄來計算，但若有未詳實記錄之情況導致無法取得完整使用量紀錄，因此改用其他方式估算時，則基線情境中的年平均排放量不得超過專案情境之排放量的 50%，以避免因基線數據缺失而高估專案減排效果。

個別有機農業資材的排放量之計算方式及所需之排放係數，應來自國家或國際認可之來源或經科學文獻認證，依據保守性原則考量，並於專案文件中充分說明其依據與計算方法，且於基線移除量與專案移除量之計算方式須維持一致性。

## 8. 洩漏排放

本方法要求專案計入期間之茶樹耕作管理維持與基線情境相同，不得更換作物種類或改變耕作管理方式，茶樹耕作之有機農業資材之施用量不得高於基線情境，以及植物殘體不得對外輸出，以避免產生碳洩漏效應。

草生栽培建議以保育性耕犁或免耕犁的方式進行，作物殘體必須現地處理不得輸出和燃燒處理，且專案期間不得施用有機農業資材於草類作物；茶樹耕作之有機農業資材施用量不得顯著改變，因此，無相關洩漏。

有鑑於茶樹為高經濟價值作物，且實施草生栽培措施不會導致產量下降，農民亦無誘因刻意減產，因此不會引發替代性耕作或轉移效應，亦即不會對專案邊界以外產生洩漏影響。專案實施者應檢附專案邊界內之產量佐證資料（可參考 Gold Standard 模組之計算），顯示專案可維持作物產量，避免洩漏之情形。

若因天災等不可抗拒之原因導致茶樹耕作面積減少，則依保守性原則視為完全逆轉，應依據面積比例扣除移除量。

專案期間若有子區域退出專案（即不再納入監測與計入範圍），依保守性原則視為完全逆轉，因此該區域所有累積移除量應視為完全損失。若該區域已核發碳額度尚未使用，主管機關應註銷該額度；若該額度已使用，則應視為洩漏量自專案移除量中扣除。

## 9. 減量

計入期間(t)之溫室氣體減量計算如下：

$$\Delta CO_{2,t} = (TSOC_{PR,t} - TSOC_{BL}) \times \frac{44}{12} - \Delta PE_{PR-BL} \quad (\text{式10})$$

參 數	定 義	單 位
$\Delta CO_{2,t}$	專案活動於計入期(t)之溫室氣體移除量	tCO <sub>2</sub> e
TSOC <sub>PR,t</sub>	實施措施後於計入期(t)之土壤有機碳儲量	tC
TSOC <sub>BL</sub>	基線土壤有機碳儲量	tC
$\Delta PE_{PR-BL}$	專案活動所產生的額外溫室氣體排放	tCO <sub>2</sub> e
44/12	碳對二氧化碳之轉換係數	

預設數據與參數說明：排放量計算所需之預設數據與參數，應來自我國主管機關或國際機構認可之資料庫來源，依據保守性原則考量，並於專案文件中充分說明其來源依據與計算方法，且於基線移除量與專案移除量之計算方式須維持一致性。基線情境下之化石燃料或電力年平均排放量(FU<sub>BL</sub>及 EU<sub>BL</sub>)，以及有機農業資材的年平均排放量(AC<sub>BL</sub>)於計畫實施前僅需一次性計算，即可於計入期間確定並據以計算 PE<sub>BL</sub>。此外，土壤有機碳儲量皆以實地量測之數據計算得之（參見10.1節）。

## 10.監測方法

監測計畫應於專案註冊前提出，專案實施者須依《有機農業促進法》相關規範，以及本方法之要求，持續蒐集並保留專案活動和耕作管理相關的定性與定量資料。

專案期間各子區域應蒐集與紀錄的資訊應包括但不限於：茶葉產量與採收情形、各項田間作業（如耕犁、採收、割草、病蟲害防治、種植等）、化石燃料、有機農業資材之使用狀況（包含種類、施用方式與頻率等）、灌溉方式與頻率，以及其他茶園經營管理相關之活動紀錄，並提出佐證資料，彙整為每年一份管理紀錄報告以供查證。

上述活動如涉及溫室氣體排放計算，其排放係數應採用國家或國際認可資料庫來源。當參數可由專案實施者自訂時，必須依據保守性與一致性原則選擇合理值，並於專案文件中充分說明其依據與計算方法。

### 10.1 土壤有機碳監測方法

專案實施者應建立系統性之土壤有機碳監測計畫，以量化草生栽培措施對茶園土壤有機碳儲量變化的影響。除本章節所述內容外，土壤採樣設計和方法、土壤有機碳儲量的測定方法，以及所得結果之計算與查證，可參閱已公開發表或官方正式出版之土壤有機碳調查及監測相關手冊或指南說明，或科學文獻認證之方法，例如：Verra 之 VMD0021 - Estimation of Stocks in the Soil Carbon Pool 或 Gold Standard 之 Soil Organic Carbon Framework Methodology。以上參照之方法或指引若有更新版本，則須參照最新版本。

本方法僅接受實地量測之土壤有機碳含量數據，不接受排放係數法或模型預測。土壤採樣與分析方法須依據官方公告之方法進行，建議由具備土壤學專業背景或接受過土壤採樣與分析訓練之人員執行相關作業。所有土壤採樣與分析應保留完整紀錄與佐證文件（如實驗室分析報告、GPS 定位資料、採樣照片等）以供查驗。

#### (1) 土壤採樣設計

在基線情境及專案實施期間，土壤採樣設計必須一致，並符合統計嚴謹性的要求，以確保土壤有機碳儲量變化之可信度。

土壤有機碳受土壤類型、氣候、地形、植被、農地土地利用方式和作物品種等因素所影響而具空間變異性，因此土壤採樣須依據分區分層原則採集，以反映空間與深度上的代表性。

##### 分區設計原則：

依據專案申報時所界定之地理邊界（如茶園區塊）劃分主要區塊。在各主要區塊內，應參考現有資料（例如土壤圖、地形圖、坡度坡向、地形高程、土地利用與歷年耕作管理紀錄等），依土壤性質和耕作區域之同質性進一步劃分採樣分區(y)。在現地勘察中，在航拍照片或地圖上標記出每個植被和土壤狀況明顯不同的區域，其可能是管理單元邊界的圍欄線和農地邊界，以及土地其他明顯的物理和生態差異。

每一分區視為一個採樣統計單元，應獨立設計土壤採樣點數與採樣布點方式，並分別計算該區之土壤有機碳儲量。

分區依據應書面說明，並提供圖資（如地圖或分區示意圖），標示各分區之空間範圍、代號，以及參考依據（如坡向、土壤類別或田區名稱等），以利查驗。

#### 分層設計原則：

為準確評估土壤有機碳在垂直剖面上的累積變化，土壤採樣應依據作物根系分布深度與《IPCC 國家溫室氣體清冊準則》之建議，進行分層採樣與分析，具體原則如下：

最小採樣深度 - 應至少採集與分析 0–30 公分深度之土壤，該層受耕作管理與植物根系活動影響，為土壤有機碳變化最顯著之區域。

若專案實施者欲考慮更深層土壤有機碳儲量貢獻，可自願性的增加土壤採集深度，惟必須分層採樣與監測，且不同土層樣品不可混合。分層設計應依據既有之土壤調查資料（土壤剖面性質分布），或於現地進行土壤剖面調查，以擬定適當之分層界限與採樣策略。在缺乏現地或既有剖面資料時，建議採用以下預設分層方案：第一層 0–10 公分，第二層 10–30 公分，其後每層以 20 公分為厚度進行分層（例如 30–50 公分、50–70 公分...），視專案需求延伸至最大採樣深度。各分層之採樣應分別保存、分析與記錄。

#### 採樣布點方式：

考量土壤空間變異性，確保土壤有機碳監測具代表性、可重複性與統計嚴謹性，採樣布點應依據科學原則進行系統性設計。常見布點方式如簡單隨機採樣、固定樣點採樣、系統性/網格採樣等，專案實施者可參考正式出版土壤碳庫調查及監測相關手冊，並依照實地環境特徵進行選擇與規劃。

每一分區建議設置至少 5–10 個採樣點，每個採樣點應從鄰近至少 5 個不同位置分別採集預定深度或特定分層之土樣，並充分混合後，形成一個具代表性的合併樣品，且該代表性樣品之重量應大於 1 公斤。若分區面積大於 1 公頃，建議每增加 1 公頃增設至少 5 個採樣點，以確保監測結果之空間解析度。

為確保土壤樣本具有代表性且具備統計意義，採樣點應均勻分布於整個分區內，避免集中於邊界、低窪地區、坡腳或坡頂等特定地形區域，以防止產生系統性偏差。當空間變異性明顯或坡地地形複雜者，樣點數應適度增加以強化代表性。

專案邊界與基線情境中的每一採樣點，都必須紀錄 GPS 定位座標並拍攝現場照片，以作為後續查驗和數據比對的依據。每次採樣應於相同位置進行，確保監測資料的可重複性與一致性，並依據紀錄的 GPS 座標及拍攝的現場照片進行查驗，確保採樣過程的準確性與可信度。

根據預採樣調查或首次監測結果所得的實際土壤碳儲量變異，以及合適之統計方法，估算可接受之不確定性範圍內所需的樣品數量後，專案實施者可以判斷是否增減樣品數量，並以此為依據決定後續重複監測之採樣數量，包括不

同點位土壤樣品是否獨立或合併分析。有關具代表性的基線與專案的土壤採樣數計算方式，可由公式 11 和 12 計算出最小可檢測差異所需的樣本數。若有無法推估最小採樣數之原因時，得敘明不以公式推估採樣數之理由。

$$MDD \geq \frac{s}{\sqrt{n}} \times (t_\alpha + t_\beta) \quad (式11)$$

$$n \geq \left( \frac{s \times (t_\alpha + t_\beta)}{MDD} \right)^2 \quad (式12)$$

參數	定義
$MDD$	最小可檢測差異
$S$	$t_0$ 和 $t_1$ 之間 土壤有機碳儲量差異的標準偏差
$n$	樣本數量
$t_\alpha$	在給定顯著性水準 ( $\alpha$ ) 及自由度下， $t$ 分佈的雙側臨界值通常取 0.05 (5%)
$t_\beta$	與第二型錯誤機率 $\beta$ 對應的 $t$ 分佈單尾分位數 (例如，90%)

#### 採樣頻率：

土壤有機碳累積變化緩慢，短期內變動幅度通常不足以顯著區分實施措施之效益，且頻繁採樣恐導致不必要的資源耗費與土壤擾動。根據 Donovan (2013) 建議，基線期間與專案實施期間之採樣間隔應至少為三年，以確保累積變化量達統計可檢出水準。因此，本方法建議每五年進行一次土壤有機碳儲量監測，並於計入期結束前進行最後一次採樣與分析。

#### 採樣時間點：

土壤有機碳濃度可能隨作物生長階段、季節變化與管理操作產生時間變異，這些變異主要來自於有機碳的礦化、植物生長以及有機質投入的變動。為避免此類變異性干擾土壤碳儲量變化的評估，應審慎規劃採樣時間點，以確保監測結果反映專案實施措施對土壤有機碳儲量所帶來的實質影響。

在不同年度進行採樣時，應考量年度內特定農事活動所引發的土壤有機碳變異性，可能高於專案措施的貢獻，導致干擾。因此，採樣應固定於茶樹耕作曆中一致之時間點，如施肥前、採收後，或其他農事相對穩定時期，並應於基準採樣中位日之前後30日內完成。

採樣時機應避開特別天候事件(例如大雨或颱風侵襲後)後，避免受極端事件干擾導致數據偏誤。

採樣應在重大碳輸入 (如施用有機農業資材、作物修剪產生殘體) 與土壤擾動活動 (如耕犁) 發生前完成，以避免土壤碳儲量因短期投入而高估。

所採集的土壤樣品應排除表層枯枝落葉與未分解作物殘體，以避免非穩定碳造成土壤有機碳儲量的高估。

每次取樣應詳實記錄採樣日期與中位日期，作為後續數據比對與查核之依據。

## (2) 採樣處理與分析方法

樣品處理程序：土壤樣品採集後，應依照標準化程序進行樣品風乾過篩處理。每份樣本應留存適量備樣於樣本庫中至少保存五年，以供查驗或重測使用。樣品保存時需完全乾燥或冷凍，以防止生物活性持續進行而改變土壤碳含量或化學性質。

對於新鮮土樣或乾燥土樣，應提交樣品保管鏈表格（Chain of Custody Form）給土壤分析實驗室，並確保該實驗室完整保存保管鏈紀錄。

### 實驗室分析項目：

- 土壤有機碳含量：為土壤有機碳含量佔土壤質量的百分比。
- 土壤總體密度（bulk density）；單位土塊體積之土壤固體乾重。

所有分析項目應使用同一組樣品，方法應優先選擇我國政府公告之檢測方法，或依據 FAO (2019)所制定的實驗室分析方法，據以測定土壤有機碳與總體密度。對於土壤有機質含量測定，本方法僅接受乾式燃燒法(Dry combustion)或濕式氧化法(Walkley-Black method)，暫不接受相關新興技術。基線與專案的土壤有機碳含量檢測應使用相同的檢測方法。

## (3) 計算土壤有機碳儲量

任一分區分層土壤有機碳儲量是基於採樣分析的土壤有機碳含量，將土壤有機碳濃度與總體密度、土層厚度、分區面積結合，即可換算為單位面積下的碳儲量（以 t C/ha 表示）。

$$\begin{aligned} TSOC_y &= OC_y \times Bd_y \times V_y \times (1 - G_y) \\ &= OC_y \times Bd \times A_y \times D_y \times (1 - G_y) \times 10000 = SOC_y \times A_y \end{aligned} \quad (\text{式13})$$

$$SOC_y = OC_y \times Bd \times D_y \times (1 - G_y) \times 10000 \quad (\text{式14})$$

參數	定義	單位
TSOC <sub>y</sub>	特定分區分層之土壤有機碳儲量	tC
OC <sub>y</sub>	特定分區分層之土壤有機碳含量	%
Bd <sub>y</sub>	特定分區分層之土壤總體密度	t/m <sup>3</sup>
V <sub>y</sub>	特定分區分層之土壤體積	m <sup>3</sup>
A <sub>y</sub>	特定分區分層之土壤面積	ha
D <sub>y</sub>	特定分區分層之土壤深度	m
SOC <sub>y</sub>	特定分區分層之單位面積土壤碳儲量	tC/ha
G <sub>y</sub>	特定分區分層之土壤含石率	%

若有不同分層之土壤碳儲量（例如 0–10 cm、10–30 cm、30–50 cm 等），應分別計算各層之土壤有機碳儲量後，再予以加總求得總土壤有機碳儲量。

#### (4) 土壤有機碳儲量之誤差來源

土壤有機碳儲量之誤差除了來自分析量測誤差和參數不確定性之外，由於土壤性質可能因為天然或人為因素而產生變動，必須考慮以下主要誤差來源，以避免顯著錯誤估算土壤有機碳儲量。

- 土壤總體密度變化

土壤總體密度可能因壓實、耕作或有機質增加等處理過程而發生變化，進而影響計算深度內的土壤重量，從而導致土壤碳儲量計算的誤差。例如，如果土壤有機碳含量未變，但總體密度因為壓實從 $1.3 \text{ g/cm}^3$ 增加到 $1.5 \text{ g/cm}^3$ ，則結果會顯示有機碳儲量增加約15%。然而，這只是因為取樣體積中的土壤量變多，而不是真的有機碳儲量增加。在本方法中，茶樹植株之間的空間保留供人為活動與耕作管理，在計入期間當中可能顯著變化，因此必須予以校正以避免顯著偏差。有多種統計檢驗方法（如  $t$  檢驗、混合效應模型等）可用於判定土壤總體密度是否存在差異（可參考第 10.4 節「不確定性分析」）。

當特定分區分層土壤總體密度顯著大於基線情境時，顯示有壓實的可能，在校正時可以假設該土層內有機碳與總體密度均勻分布，因此以該層基線情境單位面積土壤質量  $ESM$  來進行校正：

$$ESM = \frac{1}{n} \times \frac{\sum_i M_i}{\sum_i V_i} \times D \times 100 \quad (\text{式15})$$

$$SOC_y = OC_y \times ESM \times (1 - G_y) \quad (\text{式16})$$

此方法存在過度校正的可能，導致減碳效益被低估，此時專案實施者得採取其他文獻方法取代。

耕犁會導致土壤總體密度下降，進而造成土壤有機碳儲量的低估。因此，本方法建議採用免耕或保育性耕犁方式進行草生栽培，不對此進行校正。

參 數	定 義	單 位
$ESM$	特定分區分層之單位面積土壤質量	t/ha
$n$	特定分區分層採集樣品數目	
$M_i$	特定分區分層採集樣品之土壤質量	t
$V_y$	特定分區分層之土壤體積	$\text{m}^3$
$D_y$	特定分區分層之土壤深度	m
$G_y$	特定分區分層之土壤含石率	%

- 土壤深度的顯著改變

若預期會發生土壤侵蝕或沉積，專案實施者必須監測因這些原因導致的表土深度變化，配合土壤剖面資料，以便在移除量計算中進行校正。可以使用已知海拔標示進行地面測量，或是 GPS 技術，精確測量海拔變化，精度達到公分以下變化。在此同時，必須分析土壤總體密度以區分土層變化的成因是來自侵蝕、沉積、或土壤物理性質變化(如壓實或耕犁等)。

## 10.2 計算專案邊界土壤有機碳儲量的變化

考量土壤有機碳監測的變異性，在評估實施措施對有機碳儲量的影響時，有多種統計檢驗方法（如  $t$  檢驗、混合效應模型等）可用於判定其是否存在統計上的顯著差異。此外，若某年度之草生栽培區域土壤碳儲量變化雖有數值差異，但經統計檢定未達顯著門檻 ( $p > 0.05$ )，則視為未產生有效移除量，此時專案實施者可利用 10.4 節所述之方法降低不確定性，或選擇進行不確定性扣減：

(1) 基於基線情境的變化：在時間  $t_0$  和  $t$  之間進行比較 (圖3)。

$$\Delta TSOC_{PR-BL} = TSOC_{PR} - TSOC_{BL} = TSOC_{PR,t} - TSOC_{t_0} \quad (式17)$$

(2) 基於對照區域的變化：在專案邊界和對照區域之間成對比較(圖3)。

$$\Delta TSOC_{PR-BL} = TSOC_{PR} - TSOC_{BL} = TSOC_{PR,t} - TSOC_{BAU,t} \quad (式18)$$

使用 Welch's  $t$  檢驗來測試  $t_0$  和  $t$  之間的有機碳儲量是否存在差異，需要計算有機碳儲量差異的  $t$  統計量，計算公式為：

$$t = \frac{\Delta TSOC_{PR-BL}}{\sqrt{\frac{SD_{TSOC_{PR}}^2 + SD_{TSOC_{BL}}^2}{n}}} \quad (式19)$$

自由度  $df$

$$df = \frac{\left( \frac{SD_{TSOC_{PR}}^2 + SD_{TSOC_{BL}}^2}{n} \right)}{\left\{ \left[ \left( SD_{TSOC_{PR}}^2 \right) + \left( SD_{TSOC_{BL}}^2 \right) \right] \right\}^2 / (n-1)} \quad (式20)$$

以自由度 ( $df$ ) 和適當顯著性水準 (0.95) 下的  $t_\alpha$  值。如果  $|\Delta tsoc| > t_\alpha$ ，則可以認為觀察到的有機碳儲量變化在統計上是顯著的。

參數	定義	單位
SD	特定分區分層之土壤碳儲量之標準偏差	
n	特定分區分層採集樣品數目	個
t	Welch's t 檢定的統計值	
df	自由度	

若土壤有機碳儲量變化在統計上不顯著時，專案申請者得以公式 11 和 12 計算出最小可檢測差異所需的樣本數，以此為依據來增加監測樣品數以降低不確定性。

### 10.3 品質保證與品質控制（Quality Assurance/Quality Control；QA/QC）

土壤有機碳分析須依據環境部公告之土壤採樣方法（NIEA S102.64B）、土壤檢測方法總則（NIEA S103.61C）與農試所公告之土壤有機質測定方法—燃燒／紅外線測定法(TARI S201.1B)，或其他國際機構公告之指引中規範之品質控制辦法執行。所選擇的土壤分析實驗室必須具備嚴謹的品質保證制度（quality assurance），其要求需達到國際實驗室操作規範(如 ISO17025)，涵蓋分析再現性、實驗程序，以及樣品與數據之保管鏈控制，基本原則包括以下各項程序：

- (1) **收集可靠並具代表性之樣本**：建立監測小組和管理層任務與責任，負責人員應接受現地資料收集和分析工作的全面培訓。為現地採樣的每一步驟制訂標準作業程序，並詳細說明每一個步驟，載有關於核查方面的文件工作的規定，使未來的現地採樣人員能夠核對以前的結果，並與採用一致的方式再次進行，並確保能夠收集和保持可靠的現地資料。
- (2) **樣品保存**：土壤樣品需採集並保存具備足夠樣品量(每一個採樣點至少1公斤)，以利查驗或重測。樣品送檢時應提交樣品保管鏈表格給土壤分析實驗室，並確保該實驗室完整保存樣品之保管鏈紀錄，而且所有送檢樣品應至少保存至下次查驗完成。
- (3) **查驗分析技術和資料登錄之程序**：分析實驗室應為具備 ISO/IEC 17025 認證或等同水準之實驗室。實驗室必須提供文件說明分析前樣品的處理程序、所使用之分析方法，以及每一種分析項目的最低檢測及現。所有分析過程中，每一批樣品中應包含空白樣與標準樣進行儀器校正與品質稽核，且自分析樣品中每10個樣本進行1個平行的重複分析，精密度建議控制在 $\pm 10\%$ 。
- (4) **資料保持和存檔**：專案中任何監測過程收集之管理紀錄、採樣紀錄、分析資料，以及品質保證/品質控制數據，必須以電子方式存檔，並至少保存至最後一個計入期結束後兩年。

### 10.4 不確定性分析

土壤有機碳儲量計算中主要的不確定性來源，來自式13中各參數的變異性，包括土壤有機碳含量(OC)、總體密度(BD)、含石率(G)、採樣深度(D)與分區面積(A)等因子。依據國際標準(如 IPCC 2006, 2019 refinement、Verra VCS 或 Gold Standard 方法學)，可歸納為四大類：(1)量測相關的不確定性、(2)空間與樣本設計的不確定性、(3)時間(季節與年際變動)與管理歷史的不確定性、(4)估算模式(本方法不涉及)與計算程序的不確定性。其中：

- 量測相關不確定性：如土壤碳含量和總體密度等，主要依據「10.3 品質保證與品質控制」(QA/QC)一節之規範進行處理。
- 空間與時間相關的不確定性：例如樣區代表性與採樣時間，則透過「10.1 土壤有機碳監測方法」所述之方法進行處理。

- 管理歷史的不確定性：藉由《有機農業促進法》對農事紀錄的保存義務與相關佐證要求予以處理。

本節進一步說明土壤有機碳儲量不確定性之計算方式，提供量化方法，使專案實施者可透過改善上述不確定性來源，或增加樣品數等策略，有效降低總體不確定性，進而提升碳移除效益估算的可信度與查核可行性。

(1) 測量數據的不確定性計算方法：

IPCC、Gold Standard 和 Verified Carbon Standard 方法學(如 IPCC, 2019; Gold Standard, 2020; Verra, 2024)均提供了一套統計程序來計算不確定性，用以量化測數據的不確定性。

於每一土壤分區中，對所採集之重複樣本的分析數據(如土壤有機碳含量、總體密度、含石率等)，先計算其平均值( $X_i$ )和標準偏差( $SD_i$ )。接著，依據樣品數決定自由度，指定90%或95%信賴水準(confidence level)，查表來獲得對應的  $t$  值(附錄1)，據以計算標準誤差與信賴區間 (confidence interval)，以及相對不確定性 (relative uncertainty; RU)。

$$SE_i = \frac{SD_i}{\sqrt{n_i}} \quad (式21)$$

$$RU_i(\%) = \frac{t_n \times SE_i}{X_i} \times 100\% \quad (式22)$$

其中，

$SE_i$  = 參數  $i$  平均值的標準誤差 (standard error)

$SD_i$  = 參數  $i$  的標準偏差 (standard deviation)

$n_i$  = 計算參數  $i$  之平均與標準差所使用的樣本數

$X_i$  = 參數  $i$  之平均值

$RU_i$  = 參數  $i$  之相對不確定性

考量個別土壤分區中土壤有機碳儲量的空間變異，建議專案實施者以「平均值的 20% 為精確度(precision)，信賴水準(confidence level)達 90%」作為總土壤有機碳儲量變化計算之準確度要求。

若用於計算移除量或排放量的某項參數(如活動數據、排放係數或量測數據)無標準偏差 (Standard Deviation, SD) 或標準誤差 (Standard Error, SE) 的相關資訊，可採保守性假設其標準誤差或使用文獻值。在計算該參數的信賴區間上下限時，應使用  $t$  值為 3 (等同99%信賴水準)的情況進行估算。此規則的例外情形為部分被視為常數的預設值 (如物理轉換係數、溫室氣體潛勢 Global Warming Potentials 等)，可不受此限制。

(2) 土壤有機碳儲量不確定性的計算方法：

對土壤有機碳儲量變化的估算不確定性，雖然有來自參數層面的不確定性累積所產生的遞延誤差(propagation error)。但由於本方法僅接受現地量測數據，同一個土壤分區之不同樣品土壤有機儲量之間的變異已內含不同參數的不確定性貢獻，因此依據 IPCC (2019)的指引，本方法以現地量測值的平均與標準偏差所顯示的統計差異為依據，不再額外分析各參數的遞延貢獻。估算專案特定土壤分區之有機碳儲量變化之不確定性的方式如下：

$$SE_{\Delta SOC_y} = \sqrt{\left( SE_{SOC_{PR,y}} \right)^2 + \left( SE_{SOC_{BL,y}} \right)^2} \quad (\text{式23})$$

土壤有機碳儲量變化估算之不確定性(UNC; %)

$$UNC(\%) = \frac{SE_{\Delta SOC}}{\Delta SOC} \times 100\% \quad (\text{式24})$$

(3) 不確定性扣抵

當存在較高不確定性時，為確保專案所申報的碳移除效益不會被高估，土壤有機碳儲量變化量之總不確定性(UNC)若超過20%，應依據保守性原則進行計算不確定扣減值 (Uncertainty Deduction, UD)：

$$UD = UNC - 20\% \quad (\text{式25})$$

$$\Delta SOC_{y,adjusted} = \Delta SOC_y \times (1 - UD) \quad (\text{式26})$$

透過此一標準化程序，專案申請者可依據統計基礎評估移除量之數據品質，並藉由改善樣本設計(如配對樣點設計)、提高樣本數(藉由 MDD，式11)以降低 SE、改善 QA/QC 流程，藉此有效地降低不確定性，提升碳效益估算的可信度與核查通過率。

不確定性扣抵應始終以最保守方式進行，亦即將活動產生之溫室氣體移除效益限制於信賴區間的下限值。此原則確保在科學不確定性存在的情況下，專案所聲稱的碳效益不被高估，維持碳核算的可信度。

## 11. 應監測之數據與參數

以下為需要監測的主要參數及其要求：

數據與參數表1

數據/參數	$A_y$
數據單位	公頃 (ha)
描述	專案邊界內特定分區/層(y)的面積
數據來源	農場紀錄和實際量測
量測程序(若適用)	使用 Google 地圖、GIS 或地面測量數據等方法。分層需要依據土壤深度決定採樣深度與範圍。
監測頻率	基線情境和計入期每年量測，分別計算平均值
QA/QC 程序	特定分區範圍的劃定可結合使用多種資料來源，例如 GIS 圖層、地面調查數據、遙測影像（衛星或航拍照片）或其他適當資料。所採用之任何影像或 GIS 資料，皆須完成地理配準 (georegistration)，並參考角點、明顯地標或其他交會點進行定位確認。
備註	-

數據與參數表2

數據/參數	$AC_{i,y, BL}$
數據單位	kg / ha
描述	基線情境特定分區(y)特定有機農業資材(i) 的平均使用量
數據來源	農場紀錄
量測程序(若適用)	提供允許明確識別並記錄田間面積大小的文件
監測頻率	每一年
QA/QC 程序	透過直接與農民或土地所有人訪談確認，必須提供農場管理紀錄或購買收據或發票佐證。
備註	

數據與參數表3

數據/參數	$AC_{i,y, PR}$
數據單位	kg / ha
描述	實施實施措施後每年特定分區(y)特定有機農業資材(i) 的使用量
數據來源	農場紀錄
量測程序(若適用)	提供允許明確識別並記錄田間面積大小的文件
監測頻率	每一年
QA/QC 程序	透過直接與農民或土地所有人訪談確認，必須提供農場管理紀錄或購買收據或發票佐證。
備註	-

數據與參數表4

數據/參數	BD <sub>y</sub>
數據單位	t/m <sup>3</sup>
描述	專案邊界內特定分區/層(y)的土壤總體密度
數據來源	實際量測
量測程序(若適用)	採集土芯後，量測乾燥土壤重量除以體積
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表5

數據/參數	ΔCO <sub>2t</sub>
數據單位	tCO <sub>2e</sub>
描述	專案活動於計入期(t)之溫室氣體移除量
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	--
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表6

數據/參數	df
數據單位	
描述	自由度
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	--
QA/QC 程序	--
備註	-

數據與參數表7

數據/參數	D <sub>y</sub>
數據單位	公尺 (m)
描述	專案邊界內特定分區/層(y)的土層深度
數據來源	依採樣工具呈現之量測數據
量測程序(若適用)	如果僅採集0-30公分土壤，則 D 為定值0.3公尺。 若有分層採樣，則依據分層深度。
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表8

數據/參數	ESM
數據單位	t/ha
描述	特定分區分層之單位面積土壤質量
數據來源	量測數據
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表9

數據/參數	$G_y$
數據單位	%
描述	特定分區分層之土壤含石率
數據來源	量測數據
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表10

數據/參數	$M_i$
數據單位	t
描述	特定分區分層採集樣品之土壤質量
數據來源	量測數據
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表11

數據/參數	n
數據單位	
描述	特定分區分層採集樣品數目
數據來源	實際計算
量測程序(若適用)	--
監測頻率	不適用
QA/QC 程序	以採樣紀錄確認
備註	-

數據與參數表12

數據/參數	OC <sub>y</sub>
數據單位	%
描述	特定分區分層之土壤有機碳含量
數據來源	量測數據
量測程序(若適用)	以標準分析方法進行
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表13

數據/參數	SD <sub>i</sub>
數據單位	與參數 i 相同
描述	參數 i 之標準偏差
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	--
QA/QC 程序	--
備註	-

數據與參數表14

數據/參數	SOC <sub>y</sub>
數據單位	tC/ha
描述	特定分區分層之單位面積土壤碳儲量
數據來源	量測數據
量測程序(若適用)	利用土壤有機碳含量測值計算獲得
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表15

數據/參數	SOC <sub>BAU, t, y</sub>
數據單位	t C / ha
描述	基線情境特定分區分層(y)隨時間推移到計入期(t)之土壤有機碳儲量
數據來源	量測數據
量測程序(若適用)	利用土壤有機碳含量測值計算獲得
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法

數據與參數表16

數據/參數	$SOC_{PR, t, y}$
數據單位	t C / ha
描述	實施實施措施後於計入期(t)之特定分區分層(y)土壤有機碳儲量
數據來源	量測數據
量測程序(若適用)	利用土壤有機碳含量測值計算獲得
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表17

數據/參數	$SOC_{t0, y}$
數據單位	t C / ha
描述	基線情境特定分區分層(y)土壤有機碳儲量
數據來源	量測數據
量測程序(若適用)	利用土壤有機碳含量測值計算獲得
監測頻率	基線情境量測1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表18

數據/參數	t
數據單位	
描述	Welch's t 檢定的統計值
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	--
QA/QC 程序	--
備註	-

數據與參數表19

數據/參數	$TSOC_{BAU, t}$
數據單位	t C
描述	基線情境隨時間推移到計入期(t)之土壤有機碳儲量
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-
備註	-

數據與參數表20

數據/參數	TSOC <sub>BL</sub>
數據單位	t C
描述	基線土壤有機碳儲量
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表21

數據/參數	TSOC <sub>PR, t</sub>
數據單位	t C
描述	實施實施措施後於計入期(t)之土壤有機碳儲量
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表22

數據/參數	TSOC <sub>to</sub>
數據單位	t C
描述	基線情境(t0)土壤有機碳儲量
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境量測1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表23

數據/參數	TSOC <sub>y</sub>
數據單位	tC
描述	特定分區分層之土壤有機碳儲量
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表24

數據/參數	$V_y$
數據單位	$m^3$
描述	特定分區分層之土壤體積
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	基線情境、計入期每5年1次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表25

數據/參數	$\Delta PE_{PR-BL}$
數據單位	tCO <sub>2</sub> e
描述	專案活動所產生的額外溫室氣體排放
數據來源	計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	專案開始和查驗
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表26

數據/參數	$Dis_{y,t,a}$
數據單位	km
描述	專案情境下特定分區(y)第 t 年覆蓋作物 a 種子的運輸距離
數據來源	量測數據和農場紀錄
量測程序(若適用)	--
監測頻率	每年1次
QA/QC 程序	必須提供農場管理紀錄或車輛加油收據或發票佐證。
備註	-

數據與參數表27

數據/參數	$SPT_{PR,y,t,a}$
數據單位	tCO <sub>2</sub> e
描述	基線情境下特定分區(y)第 t 年覆蓋作物 a 種子生產和運輸的排放量
數據來源	農場記錄，利用國家或國際機構認可之係數計算獲得
量測程序(若適用)	--
監測頻率	每年1次
QA/QC 程序	必須提供農場記錄或購買收據/發票佐證
備註	-

數據與參數表28

數據/參數	$SPR_{y,t,a}$
數據單位	kg/ha
描述	專案情境下特定分區(y)第 t 年覆蓋作物 a 使用的種子量 (kg / ha)
數據來源	農場記錄
量測程序(若適用)	--
監測頻率	計入期每年一次
QA/QC 程序	參照10. 監測方法
備註	-

數據與參數表29

數據/參數	$EF_{sp,y,t,a}$
數據單位	tCO <sub>2e</sub> / kg
描述	專案情境下特定分區(y)第 t 年覆蓋作物 a 種子生產的排放因子
數據來源	國家或國際機構認可之資料庫
量測程序(若適用)	--
監測頻率	每年1次
QA/QC 程序	不適用
備註	-

數據與參數表30

數據/參數	$EF_{et,y,t,a}$
數據單位	tCO <sub>2e</sub> / t·km
描述	專案情境下特定分區(y)第 t 年覆蓋作物 a 種子運輸的排放因子
數據來源	國家或國際機構認可之資料庫
量測程序(若適用)	--
監測頻率	每年1次
QA/QC 程序	不適用
備註	-

數據與參數表31

數據/參數	$EU_{BL,y}$
數據單位	tCO <sub>2e</sub>
描述	基線情境下(或對照區域) 特定分區(y)化石燃料的年平均排放量
數據來源	農場記錄，配合國家或國際機構認可之資料庫之係數計算而得
量測程序(若適用)	
監測頻率	每年1次
QA/QC 程序	必須提供農場管理紀錄或購買收據或發票佐證
備註	-

數據與參數表32

數據/參數	$EU_{PR, y, t}$
數據單位	$tCO_{2e}$
描述	計入期特定分區(y)第 t 年專案情境下使用電力的排放量( $tCO_{2e}$ )
數據來源	農場記錄，配合國家或國際機構認可之資料庫之係數計算而得
量測程序(若適用)	
監測頻率	每年1次
QA/QC 程序	必須提供農場管理紀錄或收據佐證
備註	-

數據與參數表33

數據/參數	$FU_{BL, y}$
數據單位	$tCO_{2e}$
描述	基線情境下(或對照區域)特定分區(y)化石燃料的年平均排放量 ( $tCO_{2e}$ )
數據來源	農場記錄，配合國家或國際機構認可之資料庫之係數計算而得
量測程序(若適用)	
監測頻率	每年1次
QA/QC 程序	必須提供農場管理紀錄或購買收據/發票佐證
備註	-

數據與參數表34

數據/參數	$FU_{PR, y, t}$
數據單位	$tCO_{2e}$
描述	計入期特定分區(y)第 t 年專案情境下使用化石燃料的排放量
數據來源	農場記錄，配合國家或國際機構認可之資料庫之係數計算而得
量測程序(若適用)	
監測頻率	每年1次
QA/QC 程序	必須提供農場管理紀錄或購買收據/發票佐證
備註	-

## 12. 參考文獻

- Gold Standard (2020). Soil Organic Carbon Framework Methodology. (<https://globalgoals.goldstandard.org/402-luf-agr-fm-soil-organic-carbon-framework-methodology/>)
- Gold Standard (2024). Soil Organic Carbon Activity Module for Cover Crops. (<https://globalgoals.goldstandard.org/402-6-luf-agram-soc-module-cover-crops/>)
- IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for Global Environmental Strategies. (<https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>)
- Minasny, B., Malone, B.P., McBratney, A.B., Angers, D.A., Arrouays, D., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z.-S., Cheng, K., Das, B.S., Field, D.J., Gimona, A., Hedley, C.B., Hong, S.Y., Mandal, B., Marchant, B.P., Martin, M., McConkey, B.G., Mulder, V.L., O'Rourke, S., Richer-de-Forges, A.C., Odeh, I., Padarian, J., Paustian, K., Pan, G., Poggio, L., Savin, I., Stolbovoy, V., Stockmann, U., Sulaeman, Y., Tsui, C.-C., Vågen, T.-G., van Wesemael, B., Winowiecki, L., 2017. Soil carbon 4 per mille. *Geoderma* 292, 59–86.
- Pokharel, S. S., Yu, H., Fang, W., Parajulee, M. N., & Chen, F. (2023). Intercropping cover crops for a vital ecosystem service: A review of the biocontrol of insect pests in tea agroecosystems. *Plants*, 12(12), 2361.
- Porwollik, V., Rolinski, S., Heinke, J., von Bloh, W., Schaphoff, S., & Müller, C. (2022). The role of cover crops for cropland soil carbon, nitrogen leaching, and agricultural yields—a global simulation study with LPJmL (V. 5.0-tillage-cc). *Biogeosciences*, 19, 957–977.
- Stockmann, U., Adams, M.A., Crawford, J.W., Field, D.J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., Minasny, B., McBratney, A.B., Courcelles, V.d.R.d., Singh, K., Wheeler, I., Abbott, L., Angers, D.A., Baldock, J., Bird, M., Brookes, P.C., Chenu, C., Jastrow, J.D., Lal, R., Lehmann, J., O'Donnell, A.G., Parton, W.J., Whitehead, D., Zimmermann, M., 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 164, 80–99.
- Verra (2012). VMD0021 Estimation of Stocks in the Soil Carbon Pool, v1.0, (<https://verra.org/methodologies/vmd0021-estimation-of-stocks-in-the-soil-carbon-pool-v1-0/>)
- Verra (2024). VDM0042 Improved Agricultural Land Management, v2.1 (<https://verra.org/methodologies/vm0042-improved-agricultural-land-management-v2-1/>)

## 減量方法資料

---

版次 日期

---

修訂記錄

---

01.0 114 年10月23日 「環境部溫室氣體抵換專案暨自願減量專案審議會第22次會議」決議審核通過。

---

## 附錄1：

附表1、根據參數  $p$  所量測的樣本數 ( $n_p$ ) 選擇相應的  $t_{np}$  值。

$n_p$	$t_{np}$	$n_p$	$t_{np}$	$n_p$	$t_{np}$	$n_p$	$t_{np}$	$n_p$	$t_{np}$	$n_p$	$t_{np}$	$n_p$	$t_{np}$
	31 1.6973	61 1.6706	91 1.6620	121 1.6577	151 1.6551	181 1.6534							
	32 1.6955	62 1.6702	92 1.6618	122 1.6575	152 1.6550	182 1.6533							
3 2.9200	33 1.6939	63 1.6698	93 1.6616	123 1.6574	153 1.6549	183 1.6533							
4 2.3534	34 1.6924	64 1.6694	94 1.6614	124 1.6573	154 1.6549	184 1.6532							
5 2.1319	35 1.6909	65 1.6690	95 1.6612	125 1.6572	155 1.6548	185 1.6532							
6 2.0150	36 1.6896	66 1.6686	96 1.6610	126 1.6571	156 1.6547	186 1.6531							
7 1.9432	37 1.6883	67 1.6683	97 1.6609	127 1.6570	157 1.6547	187 1.6531							
8 1.8946	38 1.6871	68 1.6679	98 1.6607	128 1.6570	158 1.6546	188 1.6531							
9 1.8595	39 1.6859	69 1.6676	99 1.6606	129 1.6568	159 1.6546	189 1.6530							
10 1.8331	40 1.6849	70 1.6673	100 1.6604	130 1.6568	160 1.6545	190 1.6529							
11 1.8124	41 1.6839	71 1.6669	101 1.6602	131 1.6567	161 1.6544	191 1.6529							
12 1.7959	42 1.6829	72 1.6666	102 1.6601	132 1.6566	162 1.6544	192 1.6529							
13 1.7823	43 1.6820	73 1.6663	103 1.6599	133 1.6565	163 1.6543	193 1.6528							
14 1.7709	44 1.6811	74 1.6660	104 1.6598	134 1.6564	164 1.6543	194 1.6528							
15 1.7613	45 1.6802	75 1.6657	105 1.6596	135 1.6563	165 1.6542	195 1.6528							
16 1.7530	46 1.6794	76 1.6654	106 1.6595	136 1.6562	166 1.6542	196 1.6527							
17 1.7459	47 1.6787	77 1.6652	107 1.6593	137 1.6561	167 1.6541	197 1.6527							
18 1.7396	48 1.6779	78 1.6649	108 1.6592	138 1.6561	168 1.6540	198 1.6526							
19 1.7341	49 1.6772	79 1.6646	109 1.6591	139 1.6560	169 1.6540	199 1.6526							
20 1.7291	50 1.6766	80 1.6644	110 1.6589	140 1.6559	170 1.6539	$\geq 200$ 1.6525							
21 1.7247	51 1.6759	81 1.6641	111 1.6588	141 1.6558	171 1.6539								
22 1.7207	52 1.6753	82 1.6639	112 1.6587	142 1.6557	172 1.6538								
23 1.7172	53 1.6747	83 1.6636	113 1.6586	143 1.6557	173 1.6537								
24 1.7139	54 1.6741	84 1.6634	114 1.6585	144 1.6556	174 1.6537								
25 1.7109	55 1.6736	85 1.6632	115 1.6583	145 1.6555	175 1.6537								
26 1.7081	56 1.6730	86 1.6630	116 1.6582	146 1.6554	176 1.6536								
27 1.7056	57 1.6725	87 1.6628	117 1.6581	147 1.6554	177 1.6536								
28 1.7033	58 1.6720	88 1.6626	118 1.6580	148 1.6553	178 1.6535								
29 1.7011	59 1.6715	89 1.6623	119 1.6579	149 1.6552	179 1.6535								
30 1.6991	60 1.6711	90 1.6622	120 1.6578	150 1.6551	180 1.6534								