

陸、預期效益

一、減碳量計算方式

(一) 推動友善環境農業耕作，穩定農業生產，維護農、林、漁、牧生產環境，確保農業永續發展

1. 推廣有機與友善環境耕作

110年有機與友善環境耕作面積16,500公頃，每年成長1,500公頃計算，110年至114年增加土壤有機碳說明述如下：

(1) 110年16,500公頃*30Mg CO₂e/ha/25(每年投入等量有機質(約400kg 氮)25年達平衡之土壤有機碳增率進行計算)=19,800公噸 CO₂當量=19.8千公噸

(2) 111年18,000公頃*30/25=21,600公噸 CO₂當量=21.6千公噸

(3) 112年19,500*30/25=23,400公噸 CO₂當量=23.4千公噸

(4) 113年21,000*30/25=25,200公噸 CO₂當量=25.2千公噸

(5) 114年22,500*30/25=27,000公噸 CO₂當量=27千公噸

2. 推動綠色環境給付

(1) 維持農地合理使用，促進農業永續發展

本計畫除輔導農地契作進口替代及外銷潛力作物，以增加國產雜糧供應外，另鼓勵種植有機作物，以強化對環境友善之生產方式，確保農業永續發展；且農田每年仍維持可辦理生產環境維護措施 1 個期作，配合種植綠肥、景觀作物、辦理翻耕或蓄水等各項生產環境維護措施，藉以涵養土地維持生產力。執行期間，藉由輔導農地轉（契）作重點作物、有機作物，並搭配辦理生產環境維護等措施，促進農地多元化利用。

每年種植綠肥面積 75,000 公頃，增加土壤有機質含量 21 千公噸 CO₂ 當量。(75,000 公頃*7Mg CO₂e/ha/25(每年投入等量有機質 25 年達平衡之土壤

有機碳增率進行計算)

110 年至 114 年共可增加土壤有機碳 21 千公噸 CO₂ 當量*5 年=105 千公噸 CO₂ 當量

(2) 提高國產雜糧自給，維護糧食安全

輔導農田種植國產雜糧作物，建構安全產銷供應鏈，發展質優、多樣化與替代進口之國產雜糧產業，增加國產優質雜糧供應。

3. 配合當年度水情適時調整水稻種植灌溉面積

有機物在浸水的稻田中會因厭氧環境，被微生物分解而產生甲烷，產生之甲烷主要經由水稻植株擴散至大氣中。經統計種植水稻所產生之溫室氣體排放量 1 公頃約為 2.084 公噸 CO₂ 當量。

為因應氣候異常造成之區域性降雨量不足，配合當年度水情適時調整水稻種植灌溉面積，公告 110 年第 1 期嘉南、臺中、苗栗、新竹及桃園等地區水稻停灌面積共 35,591 公頃，減少排放 74 千公噸 CO₂ 當量。

水稻種植面積減少 10,000 公頃，減少排放量 45.25 千公噸 CO₂ 當量。(10,000 公頃*水稻間歇性灌水第二期作甲烷排放量為 181 kgCH₄/ha/crop*25kgCO₂e/ha/crop/1000=45,250 公噸)

111 年至 114 年共可減少 45.25 千公噸 CO₂ 當量*4=181 千公噸 CO₂ 當量

4. 稻殼(粗糠)取代燃油節能減碳措施

(1) 110 年輔導糧食業者設置最大發熱量 130 萬仟卡/小時之粗糠爐設備 9 組。

(2) 設置 1 組發熱量 130 萬仟卡/小時之粗糠爐，每小時可取代 155 公升柴油使用，每公升柴油使用會產生 2.62 kg-CO₂ 當量，共可減少 406 kg-CO₂/小時。

(3) $406 \text{ kg-CO}_2/\text{小時}/\text{組} * 9 \text{ 組} * 24 \text{ 小時}/\text{天} * 40 \text{ 天}/\text{年} = 3.5 \text{ 千公噸 CO}_2 \text{ 當量}$ 。

(4) 110 年至 114 年共可減少

$3.5 \text{ 千公噸 CO}_2 \text{ 當量} * 5 \text{ 年} = 17.5 \text{ 千公噸 CO}_2 \text{ 當量}$

5. 大糧倉計畫(固氮作用)

(1) 落花生、大豆與紅豆等豆科植物氮肥施用量 180 kg/ha 計算，每年種植面積約 $29,000$ 公頃，化學氮肥施用旱田排放量 $6.2 \text{ kg-CO}_2 \text{ 當量}/\text{kg-N}$ ，全部皆以豆科根瘤菌接種取代氮肥施用，則一年可減少 $5,220$ 公噸氮肥施用 ($180 * 29,000 / 1,000$)，約可減少 32.36 千公噸 CO_2 當量排放 ($180 * 29,000 * 6.2 / 1,000$)。

(2) 110 至 114 年共可減少

$26.97 \text{ 千公噸}/\text{年} * 5 \text{ 年} = 134.85 \text{ 千 CO}_2 \text{ 當量排放}$

6. 推廣生物性資源物

(1) 推動合理化施肥：

每年減少 $20,000$ 公噸化學肥料中約有 $3,600$ 公噸化學氮肥，化學氮肥施用水田排放量 $2.9 \text{ kg-CO}_2 \text{ 當量}/\text{kg-N}$ ，化學氮肥施用旱田排放量 $6.2 \text{ kg-CO}_2 \text{ 當量}/\text{kg-N}$ ，共可減排 19.35 千公噸 CO_2 當量排放。

$((3,600 * 2.9 * 0.25 \text{ 水田佔農地比例}) + (3,600 * 6.2 * 0.75 \text{ 旱田佔農地比例})) / 1,000$ 。

$110 \text{ 至 } 114 \text{ 年共可減少 } 19.35 \text{ 千公噸}/\text{年} * 5 \text{ 年} = 96.75 \text{ 千公噸 CO}_2 \text{ 當量排放}$ 。

(2) 推廣微生物肥料：

以農地每公頃化學肥料使用量 2 公噸，推廣生物性資源物每公頃減少施用化學肥料 30% 計，每年推廣生物性資源物 $100,000$ 公頃，減少施用化學肥料 $60,000$ 公噸 ($2 \text{ 公噸}/\text{公頃} * 0.3 * 100,000 \text{ 公頃}$)，減少約 $10,800$ 公

噸化學氮肥(化學肥料佔18%氮肥60,000公噸*18%)，
化學氮肥施用旱田排放量6.2 kg-CO₂當量/kg-N，共可
減排66.96千公噸 CO₂當量排放。 $((10,800*6.2)/1,000)$ 。

110 至 114 年共可減少 66.96 千公噸/年*5 年
=334.8 千公噸 CO₂ 當量排放推廣微生物肥料等生物
性資源物使用於農田土壤，提高肥料利用率，減少施
用化學肥料。

(3) 推廣國產有機質肥料替代化學肥料:

每年推廣國產有機質肥料 200,000 公噸使用於果
樹等高經濟作物，以每公噸有機質肥料替代 0.2 公噸
化學肥料計算，替代 40,000 公噸，減少約 7,200 公噸
化學氮肥(化學肥料佔 18%氮肥 40,000 公噸*18%)，
化學氮肥施用旱田排放量 6.2 kg-CO₂ 當量/kg-N，共
可減排 44.64 千公噸 CO₂ 當量排放。

$((7,200*6.2)/1,000)$

110 至 114 年共可減少 44.64 千公噸/年*5 年
=223.2 千公噸 CO₂ 當量排放每年推廣國產有機質肥
料使用於果樹等高經濟作物，替代化學肥料。

(4) 推廣冬季休閒期種植綠肥作物:

配合合理化施肥，在各縣市屬土地密集利用型之
農業區域，鼓勵農民於冬季農田休閒期種植油菜、埃
及三葉草、苕子及向日葵等綠肥作物，提供蜜源及減
少次期作化學肥料施用，並改良土壤理化性及生物性，
維持農田生產力，推動國內農糧產業永續經營。

每年種植 40,000 公頃，增加土壤有機質含量
11.2 千公噸 CO₂ 當量。 $40,000 \text{ 公頃} * 7 \text{ Mg}$
CO₂e/ha/25(每年投入等量有機質 25 年達平衡之土壤
有機碳增率進行計算)。

110 年至 114 年共可增加土壤有機碳 11.2 千公噸

CO₂ 當量*5 年=56 千公噸 CO₂ 當量

(二) 推動低碳畜禽產業，加強資源循環利用

1. 維護畜牧場沼氣利用（發電）

加強維護畜牧場沼氣利用(發電)之升級輔導，預期將使沼氣利用率由 2022 年之 21% 提升到 2025 年達 23%。沼氣利用減碳目標，係參考 IPCC 2006 有關沼氣燃燒法計算方法，並推估國內豬隻沼氣利用參數趨勢，設定每頭豬每日沼氣產出量為 0.06 立方公尺/日、沼氣中甲烷濃度 63%、沼氣利用率達 23%，再據以估算。沼氣利用減碳量 = 豬隻糞尿處理後未進行沼氣利用之碳排量(基線值) - 豬隻糞尿處理後進行沼氣利用之碳排量(燃燒後碳排)。

(1) 豬隻糞尿處理後未進行沼氣利用之碳排量(千公噸 CO₂ 當量) [依 IPCC 2006-Ch-4 豬隻糞尿處理產生之碳排方式計算]：

$$\begin{aligned} &= (\text{糞尿處理產生甲烷量排放係數} \times 25 + \text{糞尿處理產生氧化亞氮量排放係數} \times 298) \times \text{沼氣利用頭數} \times \text{沼氣利用率} \times \text{豬隻糞尿處理三段式廢水處理率} \times 10^{-6} \\ &= [(5 \text{ 公斤/頭/年} \times 25 + 0.04 \text{ 公斤/頭/年} \times 298) \times 2,500,000 \text{ 頭} \times 0.23 \times 1] \times 10^{-6} = \mathbf{78.73} \text{ 千公噸 CO}_2 \text{ 當量} \end{aligned}$$

(2) 豬隻糞尿處理後進行沼氣利用之碳排量(燃燒後碳排) [計算參考-IPCC 2006-Ch2 方法 1 表 2.5 計算]：

$$= \text{燃燒沼氣產生的 CO}_2 \text{ 量(公噸)} \times 1 + \text{燃燒沼氣產生的 CH}_4 \text{ 量(公噸)} \times 25 + \text{燃燒沼氣產生的 N}_2\text{O 量(公噸)} \times 298$$

$$\begin{aligned} \text{A. 每年沼氣量(公噸)} &= \text{豬隻糞尿處理產生甲烷量排放係數} \\ & (\text{公斤/頭/年}) \times \text{沼氣利用頭數} \times \text{沼氣利用率}(\%) \times \text{豬隻糞尿處理三段式廢水處理率}(\%) / \text{沼氣甲烷濃度}(\%) = 5 \text{ 公斤/頭/年} \times 2,500,000 \text{ 頭} \times 23\% \times 100\% / 63\% = 4,563,492 \text{ 公斤/年} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B. 每年燃燒的沼氣總熱值}_{\text{兆焦耳/年}} &= \text{沼氣熱值}_{\text{(千焦耳/公斤)}} \times \text{每年} \\ &\text{沼氣量}_{\text{(公斤)}} \times 10^{-9} = 19315_{\text{(千焦耳/公斤)}} \times 4,563,492_{\text{(公斤/年)}} = \\ &88.14_{\text{兆焦耳/年}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C. 燃燒沼氣產生的 CO}_2 \text{量}_{\text{公噸}} &= \text{每年燃燒的沼氣總熱值}_{\text{(兆}} \\ &\text{焦耳/年)}} \times 54600_{\text{(公斤/兆焦耳)}} \times 10^{-3} = 88.14_{\text{(兆焦耳/年)}} \times 54600_{\text{(公斤/兆焦}} \\ &\text{耳)}} \times 10^{-3} = 4,812.66_{\text{公噸}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D. 燃燒沼氣產生的 CH}_4 \text{量}_{\text{公噸}} &= \text{每年燃燒的沼氣總熱值}_{\text{(兆}} \\ &\text{焦耳/年)}} \times 5_{\text{(公斤/兆焦耳)}} \times 10^{-3} = 88.14_{\text{(兆焦耳/年)}} \times 5_{\text{(公斤/兆焦耳)}} \times 10^{-3} \\ &= 0.44_{\text{公噸}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{E. 燃燒沼氣產生的 N}_2\text{O 量}_{\text{公噸}} &= \text{每年燃燒的沼氣總熱值}_{\text{(兆}} \\ &\text{焦耳/年)}} \times 0.1_{\text{(公斤/兆焦耳)}} \times 10^{-3} = 88.14_{\text{(兆焦耳/年)}} \times 0.1_{\text{(公斤/兆焦耳)}} \times \\ &10^{-3} = 0.01_{\text{公噸}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{F. 豬隻糞尿處理後進行沼氣利用之碳排千公噸 CO}_2 \text{當量} \\ &= [\text{燃燒沼氣產生的 CO}_2_{\text{(公噸)}} \times 1 + \text{燃燒沼氣產生的} \\ &\text{CH}_4_{\text{(公噸)}} \times 25 + \text{燃燒沼氣產生的 N}_2\text{O}_{\text{(公噸)}} \times 298] \times 10^{-3} = \\ &[4,812.66_{\text{(公噸)}} \times 1 + 0.44_{\text{(公噸)}} \times 25 + 0.01_{\text{(公噸)}} \times 298] \times 10^{-3} \\ &= 4.83_{\text{千公噸 CO}_2 \text{當量}} \end{aligned}$$

(3) 畜牧場豬隻廢水處所產沼氣，其無論作為熱源或發電利用均屬沼氣燃燒作用，沼氣利用減碳量為豬隻糞尿處理後未進行沼氣利用之碳排 CO₂ 當量(基線值)扣除豬隻糞尿處理後進行沼氣利用之碳排 CO₂ 當量(燃燒後碳排) = 78.73 - 4.83 = 73.90 千公噸 CO₂ 當量。

2. 維持及確保國內畜禽產品自給率

期以在地生鮮優勢，促使國人支持地產地消，維持國產畜禽產品的市占率及自給率，以確保糧食安全，相對亦能減少產品自國外進口運輸過程的排碳量，惟係屬消費認知及生產能力建構，且本項推動目標恆定無變動，減量貢

獻不予列計。

(三) 提升漁業能源使用效率，維護漁業生產環境

1. 漁船（筏）收購及處理計畫

收購漁船（筏）減少用油量預估：

- (1) 未達 20 噸漁船：13.25 公秉/艘。
- (2) 20 噸以上未達 50 噸漁船：83.06 公秉/艘。
- (3) 50 噸以上漁船：301.44 公秉/艘。
- (4) 漁筏：10 公秉/艘。

用油量估算二氧化碳排放量：0.268 萬噸 CO₂/千公秉油。110 至 114 年累計收購 260 艘漁船及 90 艘漁筏，總減碳量預計可達 279.64 千公噸 CO₂。

2. 獎勵休漁計畫

以每艘獎勵休漁漁船減少用油量估計為 5 公秉/艘，用油量轉換二氧化碳排放量 0.268 萬噸 CO₂/千公秉油計算：

- (1) 每年參與休漁船數 9,500 艘，共減少 114 萬天之漁獲努力量投入，減少漁船用油量計 4 萬 7,500 公秉，減少二氧化碳排放量總計 127.3 千公噸 CO₂。
- (2) 110 年至 114 年期間總減碳量預計可達 636.5 千公噸 CO₂。

3. 節能水車計畫

節能水車減少用電量預估：

- (1) 以每臺具節能效益之水車，較傳統水車每年可節省 2,519.47 度電，依經濟部能源局公布 109 年度之電力排碳係數為 0.502 公斤 CO₂ e/度，每臺水車每年約可減少 1.3 公噸 CO₂。
- (2) 110 年至 114 年期間補助節能水車 1,320 臺，累積減碳量預計可達 15.33 千公噸 CO₂。

(四) 健全森林資源管理，厚植森林資源，提高林地碳匯量，提升森林碳吸存效益

1. 造林

造林的減碳計算採用 IPCC 2006 方法指南的計算公式，而其排放係數採用本土數值。基期及外加性減碳計算的說明如下：

(1) 基期選擇說明

清潔發展機制 (CDM) AR-AMS0007 指出造林前若為草生地或農地應以草類或作物的碳吸存量作為減碳估算的基期，但若造林前基期的碳吸存量小於造林碳吸存量的 10%，基期碳吸存量可以忽略不計，因此本計畫沒有估算基期碳吸存量。

(2) 外加性碳吸存量計算

參考 IPCC 2006 方法指南建議之計算公式，每公頃每年林地之二氧化碳吸存量 ΔCO_2 (公噸 CO_2 當量/公頃/年)：

$$\Delta\text{CO}_2 = \text{Iv} \times \text{BCEF} \times (1 + \text{R}) \times \text{CF} \times (44/12)$$

Iv：林木材積生長量 (立方公尺/公頃/年)，參考 109 年國家溫室氣體清冊各林型的材積生長量。

BCEF：特定林木類型之轉換生物量和擴展係數 (公噸/立方公尺)，即將材積 (包含樹皮) 轉換為地上部生物量。各林型的數值採用自 109 年國家溫室氣體清冊。

R：根莖比，各林型的數值採用自 109 年國家溫室氣體清冊。

CF：碳濃度，各林型的數值採用自 109 年國家溫室氣體清冊。

44/12：將 C 分子量 12 轉變為 CO_2 分子量 44。

由於區域性環境條件差異、林齡及不同造林樹種間

的生長速度、形態及環境適應能力的不同皆會造成各造林地的年材積生長量有明顯差異，有鑑於此，各林型造林地的年材積生長量採用自最新版（109 年）的國家溫室氣體清冊報告以代表全國造林地的平均生長情況。

由於未來栽植樹種主要為闊葉樹，因此依據 109 年國家溫室氣體清冊報告人工闊葉樹林型的年生長量為 4.34 立方公尺/公頃、擴展係數 BCEF 為 0.92、根莖比 R 為 0.24 及碳含量 CF 值為 0.4691，代入 IPCC 二氧化碳吸存量的轉換公式計算可得人工闊葉樹林型每年每公頃的二氧化碳吸存量為 8.52 公噸 $[4.34 \times 0.92 \times (1 + 0.24) \times 0.4691 \times (44/12)]$ 。

表 9、未來造林的每年度 CO₂ 吸存量

年度	單年度造林面積 ¹ (公頃)	累積造林面積 (公頃) A	當年度 CO ₂ 吸存量 ² (千公噸 CO ₂ 當量) B=A×8.52×0.001
110	580	3,740	31.86
111	680	4,420	37.66
112	712	5,132	43.72
113	720	5,852	49.86
114	748	6,600	56.23

註 1：110 至 113 年的造林面積依據林務局已核定的中程計畫內容，114 年（含）以後為林務局造林生產組提報的預定面積，但實際造林面積須配合當年度立法院核定的預算進行調整。

註 2：依據 109 年國家溫室氣體清冊報告人工闊葉樹林型的每年材積生長量及生物量轉換係數換算，人工闊葉樹林型每年每公頃的二氧化碳吸存量為 8.52 公噸。

2. 加強森林經營

加強森林經營的項目包括復舊造林及中後期撫育作業，茲將兩類別的減碳計算方式介紹如下：

(1) 復舊造林

復舊造林的基期及外加性碳吸存量計算原則及公式與前述的造林計算方式相同，且考量復舊造林為原本林地劣化或疏伐後再造林，其造林環境有現存植被及林木，與新植造林的造林地幾乎無林木的狀態不同，因此復舊造林的每年每公頃材積生長量數值參考相關研究報告。

透過專家研商會議，復舊造林的生長量資料採用邱志明等（2015）¹及游漢明等（2008）²二篇研究報告。

1 邱志明、蘇聲欣、鍾智昕、唐盛林、林謙佑 (2015) 柳杉人工林行列疏伐異齡混交林經營研究。北京林業大學學報 37(3): 44-54。

2 游漢明、馬復京、許原瑞、張乃航、洪富文 (2008) 13 種原生闊葉樹造林生長表現。台灣林業科學 23(3): 255-270。

然而，研究文獻僅有樹高及胸高直徑生長資料，每年每公頃的材積定期生長量數值為胸高斷面積×樹高×形數（0.45）×現存林分密度再除以林齡求得，而各林型的生物量轉換係數參考 109 年國家溫室氣體清冊。邱志明等（2015）為人工林疏伐後 4 種針葉樹更新造林的生長資料，而游漢明等（2008）為颱風干擾後 11 種闊葉樹復舊造林的生長資料，由於不同樹種二氧化碳吸存量差異大，因此行動方案採用 15 種樹種的中位數 4.92 代表復舊造林每年每公頃的二氧化碳吸存量。

表 10、復舊造林的每年度二氧化碳吸存量

年度	單年度造林面積 ¹ (公頃)	累積造林面積 (公頃) A	當年度 CO ₂ 吸存量 ² (千公噸 CO ₂ 當量) B=A×4.92×0.001
110	160	1,041	5.12
111	125	1,166	5.74
112	155	1,321	6.50
113	155	1,476	7.26
114	195	1,671	8.22

註 1：110 至 113 年的造林面積依據林務局已核定的中程計畫內容，114 年（含）以後為林務局提報之預定面積，但實際造林面積須配合當年度立法院核定的預算進行調整。

註 2：參考復舊造林相關研究文獻，復舊造林每年每公頃的二氧化碳吸存量採用 4.92 公噸。

(2) 中後期撫育作業

中後期撫育作業的項目包括國有人工林造林 7 至 20 年的修枝及除蔓與國有人工林及平地造林的疏伐作業，茲將各項目的減碳計算方式介紹如下：

A. 國有人工林疏伐

國有人工林疏伐處理的淨二氧化碳吸存量

($\Delta\text{CO}_{2\text{forest}}$) 計算採用強、中及弱度等不同強度疏

伐後年平均二氧化碳吸存量減去未疏伐處理（對照組）。有鑑於疏伐處理後，不同林分的淨二氧化碳年吸存量皆不相同，透過專家研商會議決定採用李隆恩等（2010）³、邱志明等（2008⁴、2011⁵、2014⁶、2017⁷）、翁世豪等（2011）⁸及羅卓振南等（1987⁹、1991¹⁰、1992¹¹、1997¹²、2000¹³）等共 11 篇 5 種人工針葉林分疏伐處理的研究報告，由於疏伐後經歷時間長短會影響疏伐處理的淨二氧化碳吸存量，因此各篇研究報告採用監測期間最長的調查資料，並計算疏伐後，平均每年每公頃疏伐處理的淨二氧化碳吸存量，取其中位數（2.92 公噸/公頃/年）來代表國有人工林疏伐處理的每年淨二氧化碳吸存量。此外，根據 11 篇研究報告，疏伐後淨二氧化碳吸存量的增加持續時間，本計畫採用淨二氧化碳年吸存量為 2.92 公噸/公頃/年之研究文獻資料的監測調查時間，即計算疏伐後 17 年期間的二氧化碳吸存增加量。

-
- 3 李隆恩、邱志明 (2010) 紅檜人工林疏伐後 4 年對林分及單木層級之影響。中華林學季刊 43(2): 249-260。
 - 4 邱志明、林振榮、唐盛林、王松永 (2008) 利用鑽孔抵抗法推估六龜地區台灣杉不同疏伐處理之碳貯存量。中華林學季刊 41(4): 503-519。
 - 5 邱志明、唐盛林、鍾智昕、林振榮 (2011) 紅檜人工林生物量和不同疏伐策略對二氧化碳吸存效應。中華林學季刊 44(3): 385-400。
 - 6 邱志明、蘇聲欣、唐盛林、傅昭憲 (2014) 肖楠人工林之疏伐效益與林下闊葉樹栽植之效益評估。中華林學季刊 47(2): 137-154。
 - 7 邱志明、唐盛林、彭炳勳、蔣華蕾 (2017) 疏伐與修枝對台灣扁柏天然更新林生長效應之研究。台灣林業科學 32(1): 31-42。
 - 8 翁世豪、沈介文、游啓皓、林謙佑、鍾年鈞、陳柏因、郭幸榮 (2011) 疏伐對柳杉林分生長結構及冠層下植物之影響。中華林學季刊 44(2): 157-182。
 - 9 羅卓振南、鍾旭和、羅新興、周朝富 (1987) 六龜地區紅檜人工林疏伐效果之研究。林業試驗所研究報告季刊 2(3): 187-198。
 - 10 羅卓振南、鍾旭和、邱志明、周朝富、羅新興 (1991) 疏伐與修枝對台灣杉人工林生長之影響。林業試驗所研究報告季刊 6(2): 155-168。
 - 11 羅卓振南、鍾旭和、邱志明 (1992) 六龜地區台灣杉人工林疏伐修枝效果之研究。林業試驗所研究報告季刊 7(4): 291-304。
 - 12 羅卓振南、鍾旭和、邱志明 (1997) 疏伐及修枝對紅檜人工林生長之效應。台灣林業科學 12(2): 145-153。
 - 13 羅卓振南、邱志明、陳燕章 (2000) 藤枝地區台灣杉人工林疏伐修枝效果之研究。台灣林業科學 15(2): 237-244。

$$\Delta\text{CO}_{2\text{forest}} = \sum_{i=1}^{17} \text{國有人工林疏伐面積(公頃)} \times 2.92$$

$\Delta\text{CO}_{2\text{forest}}$ ：國有人工林疏伐處理的淨二氧化碳吸存量（公噸 CO_2 ）

i：疏伐後年度

2.92：國有人工林疏伐處理每年每公頃淨 CO_2 吸存量（公噸 $\text{CO}_2/\text{公頃}/\text{年}$ ）

表 11、未來國有人工林疏伐處理的每年度二氧化碳吸存量

年度	國有人工林疏伐面積 ¹ (公頃)	近 17 年疏伐面積 (公頃) A	疏伐淨 CO_2 吸存量 ² (千公噸 CO_2 當量) $B=A \times 2.92 \times 0.001$
110	300	1,623	4.74
111	500	2,123	6.20
112	500	2,623	7.66
113	550	3,173	9.27
114	550	3,723	10.87

註 1：110 至 113 年的國有林疏伐面積依據林務局已核定的中程計畫內容，110 年（含）以後為林務局提報之預定面積，但實際疏伐面積須配合當年度立法院核定的預算進行調整。

註 2：參考國有人工林疏伐處理相關研究文獻，國有人工林不同強度疏伐處理的平均每年每公頃的淨二氧化碳吸存量採用 2.92 公噸。

B. 平地造林疏伐

根據台糖公司提供的資料，近年平地造林實行疏伐的林齡約 9 至 12 年。考量林分尚未完全鬱閉，平地造林疏伐處理的淨二氧化碳吸存量（ $\Delta\text{CO}_{2\text{forest}}$ ）計算採用中及弱度等不同強度疏伐後年平均二氧化碳吸存量減去未疏伐處理（對照組）。有鑑於疏伐處理對不同林分的淨二氧化碳年吸存量皆不相同，透過專家研商會議，決定採用邱志明等（2013¹⁴、2014¹⁵）等 2 篇

14 邱志明(2013)平地造林重要樹種中後期撫育管理與收穫研究。102 年度農業發展計畫「植樹造林試驗監測計畫」成果報告 1-8 頁。

15 邱志明、鍾智昕、唐盛林(2014)平地造林杜英疏伐與萌蘗更新。林業研究專訊 21(6): 1-5。

共 3 種平地造林闊葉林分疏伐處理後的淨二氧化碳吸存量的中位數 (0.94 公噸/公頃/年)，來代表平地造林疏伐處理後的每年淨二氧化碳吸存量。由於不同樹種、林齡及疏伐強度對碳吸存增加之持續性研究仍很缺乏，且目前僅有疏伐後 2 至 3 年的調查報告，因此參照國有人工林疏伐效益的計入期，平地造林採計疏伐後 17 年期間的二氧化碳吸存增加量。

$$\Delta\text{CO}_{2\text{forest}} = \sum_{i=1}^{17} \text{平地造林疏伐面積(公頃)} \times 0.94$$

$\Delta\text{CO}_{2\text{forest}}$ ：平地造林疏伐處理的淨二氧化碳吸存量 (公噸 CO₂)

i：疏伐後年度

0.94：平地造林疏伐處理每年每公頃淨 CO₂ 吸存量 (公噸 CO₂/公頃/年)

表 12、未來平地造林疏伐處理的每年度二氧化碳吸存量

年度	平地造林疏伐面積 ¹ (公頃)	近 17 年疏伐面積 (公頃) A	疏伐淨 CO ₂ 吸存量 ² (千公噸 CO ₂ 當量) B=A×0.94×0.001
110	20	157	0.15
111	50	207	0.19
112	50	257	0.24
113	50	307	0.29
114	50	357	0.34

註 1：平地造林疏伐面積為林務局提報之預定面積，但實際疏伐面積須配合實際情況進行調整。

註 2：參考平地造林疏伐處理相關研究文獻，平地造林中弱度疏伐處理的平均每年每公頃的淨二氧化碳吸存量採用 0.94 公噸。

C. 國有人工林的修枝及除蔓

由於修枝處理強度為 1/2 以下樹高，因此修枝處理的淨二氧化碳吸存量 (ΔCO_2) 為 1/2 樹高的修枝強度的年平均二氧化碳吸存量減去未修枝處理 (對照組)。

透過專家研商會議，決定採用羅卓振南等（1988¹⁶、1995¹⁷）、邱志明等（2002¹⁸）等 3 篇研究報告修枝處理後的每年平均淨二氧化碳吸存量的中位數 1.28 公噸/公頃/年，來代表修枝處理的每年淨二氧化碳吸存量，且以保守方式僅估算修枝後 5 年期間的碳吸存效益。

$$\Delta\text{CO}_2 = \sum_{i=1}^5 \text{修枝處理面積(公頃)} \times 1.28$$

ΔCO_2 ：修枝處理的淨二氧化碳吸存量（公噸 CO_2 ）

i：修枝後年度

1.28：修枝處理每年每公頃淨 CO_2 吸存量（公噸 CO_2 /公頃/年）

表 13、未來國有人工林修枝處理的每年度二氧化碳吸存量

年度	7-20 年生國有人工林 修枝及除蔓面積 ¹ (公頃)	近 5 年修枝 面積 (公 頃) A	淨 CO_2 吸存量 ² (千公噸 CO_2 當 量) B=A×1.28×0.001
110	250	1,665	2.13
111	300	1,965	2.52
112	300	2,265	2.90
113	350	2,615	3.35
114	400	3,015	3.86

註 1：修枝面積為林務局提報之預定面積，但實際修枝面積須配合當年度立法院核定的預算進行調整。

註 2：參考修枝處理相關研究文獻，國有人工林修枝處理的平均每年每公頃的淨二氧化碳吸存量採用 1.28 公噸。

二、減碳量彙整

預計至 114 年，即溫室氣體排放第二階段管制目標（110 至

16 羅卓振南、鍾旭和、陳燕章 (1988) 修枝對台灣杉幼林生長及節癒合之效應。林業試驗所研究報告季刊 3(4): 241-253。

17 羅卓振南、鍾旭和、邱志明 (1995) 修枝對紅檜幼林生長及節癒合之研究。林業試驗所研究報告季刊 10(1): 41-50。

18 邱志明、林振榮、羅卓振南、陳燕章 (2002) 疏伐及修枝對六龜地區台灣杉造林木生長之影響。中華林學季刊 35(1): 43-54。

114 年) 結束時，當年度農業部門各項措施總減碳量為 612.86 千公噸 CO₂ 當量；而林業部門各項措施預計至 114 年時，當年度 CO₂ 的移除量為 79.52 千公噸 CO₂。

表 14、農業各行動計畫減碳量彙整

編號	計畫名稱	當年度減少 CO ₂ 排放量(千公噸 CO ₂ 當量)				
		110	111	112	113	114
1	推廣有機與友善環境耕作	19.8	21.6	23.4	25.2	27
2	推動綠色環境給付	0	0	0	0	0
3	推動綠色環境給付-種植綠肥維持地力	21	21	21	21	21
3	配合當年度水情適時調整水稻種植灌溉面積	74	45.25	45.25	45.25	45.25
4	稻殼(粗糠)取代燃油節能減碳措施	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
5	大糧倉計畫(固氮作用)	32.36	32.36	32.36	32.36	32.36
6	推廣生物性資源物	142.15	142.15	142.15	142.15	142.15
7	維護畜牧場沼氣利用(發電)	58.89	67.48	69.73	71.97	73.9
8	維持及確保國內畜禽產品自給率 ¹	0	0	0	0	0
9	收購漁船(筏)及處理計畫 ²	7.77	7.77	50.73	90.30	123.07
10	獎勵休漁計畫	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3
11	節能水車計畫 ³	2.81	2.94	3.07	3.20	3.33
總計		503.58	485.35	532.49	576.23	612.86

註 1：推動綠色環境給付、維持國內畜禽產品自給率為政策目標，對減碳量雖無實質貢獻，但相對亦能減少產品自國外進口運輸過程的排碳量，屬生產能力建構，對溫室氣體減量亦有助益。

註 2：漁船收購所產生之減碳量具累加性，由第一期階段計畫累計推算，將視經費爭取情形及實際申請參與收購船(筏)數量滾動式調整預估減碳量。

註 3：節能水車產生之減碳量具累加性，由 106 至 109 年度計畫成果累計推算。

表 15、林業造林及加強森林經營之碳吸存量彙整

年度	造林碳吸存量 (千公噸 CO ₂)	加強森林經營碳吸存量 (千公噸 CO ₂)					當年度碳吸存量 (千公噸 CO ₂)
		復舊造林	國有林人工林修枝	國有林人工林疏伐	平地造林疏伐	合計	
110	31.86	5.12	2.13	4.74	0.15	12.14	44.00
111	67.66	5.74	2.52	6.20	0.19	14.65	82.31
112	43.72	6.50	2.90	7.66	0.24	17.30	61.02
113	49.86	7.26	3.35	9.27	0.29	20.17	70.03
114	56.23	8.22	3.86	10.87	0.34	23.29	79.52