

# 土壤肥料

## Soil & Fertilizer

### 淨零碳排研究與推廣

#### 一、宜花地區水稻本土排放係數建立

112 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告指出，110 年農業部門溫室氣體排放源占比，水稻種植即占 16.63%。國內各地氣候、土壤、肥料和農業操作各區域均有所差異，甲烷排放亦隨各地特性而有空間變異，故將水稻種植之甲烷排放計算，依地理特性分為八個區域，採用各區域本土排放係數進行估算。然而，隨氣候變遷影響氣溫、雨量等環境因子，及農民栽培制度的改變，如宜蘭地區因氣候條件目前無栽培二期稻作及推行合理化施肥等，皆會影響甲烷排放，故須更新水稻本土排放係數，以提升碳排放計算之準確性。本場透過量測宜蘭及花蓮地區代表土系之水稻溫室氣體，以建立宜蘭及花蓮地區的水稻本土排放係數。根據試驗結果，各量測田區之溫室氣體排放量差異極大，綜合氣候環境條件、土壤性質、農民農事栽培管理可應證田間水分管理、土壤有機質含量、土壤質地、氮肥施用量及時間會影響溫室氣體排放。二期稻作推測因上期作植株殘體尚未被分解及氣溫較高而較一期稻作有較高之溫室氣體排放；

宜蘭二期休耕目前操作模式會造成大量溫室氣體排放，建議仍須納入國家溫室氣體排放清冊計算。112 年已完成花蓮兩期作水稻及宜蘭一期水稻、二期休耕湛水之溫室氣體排放調查。113 年度將持續調查，以建立宜花地區水稻本土排放係數。



◆ 水稻田之溫室氣體量測情形

◆ 宜蘭二期休耕滿江紅栽培相關操作時程

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	隔年1月
<b>宜蘭傳統操作</b>	種植田菁	種植田菁	田菁翻耕並立即湛水	湛水	湛水	湛水	湛水
<b>滿江紅栽培模式</b>	1. 翻耕 2. 田區維持乾燥或湛水，並立即施用稻草分解菌	1. 湛水 2. 福壽螺防治 3. 施放滿江紅	湛水栽培滿江紅	湛水栽培滿江紅	湛水栽培滿江紅	湛水栽培滿江紅	1. 曬田 2. 滿江紅翻耕 3. 酌量減施基肥
	水位高度：維持乾燥或湛水 5-10 公分	水位高度 3 公分以上	水位高度 3 公分以上	水位高度 3 公分以上	水位高度 3 公分以上	水位高度 3 公分以上	排水

二、應用滿江紅作為宜蘭二期休耕綠肥之減碳方法學研究

宜蘭縣水稻二期作生育後期，因日照量不足和氣溫下降，導致稻穀產量偏低，因此農民大多休耕轉作綠肥，以提升隔年一期作水稻產量。目前宜蘭二期休耕傳統操作模式為於七月底水稻收穫完後種植田菁，待八至九月將田菁翻耕入田後，立即湛水至隔年一期作水稻預備種植時期；然而，上述作法將有機質埋入厭氧土壤中，預期會造成大量溫室氣體排放。因此，本場針對宜蘭二期休耕建立滿江紅減碳操作模式，並與現行休耕模式溫室氣體排放情形比較。經第一年度之試驗結果顯示，於休耕期翻埋田菁之現行操作模式會造成大量溫室氣體排放，而滿江紅操作模式之每公頃可減少 65.2% 的甲烷排放；另若搭配稻草分解菌使用，則可減少 82.4% 的甲烷排放。於一期稻作將滿江紅翻埋作為綠肥，並於稻作栽培期減施 30 公斤氮基肥，共可減少 24.5% 甲烷排放；若減施 60 公斤氮基肥，則可減少 41.3% 甲烷排放。在水稻產量品質方面，於



◆ 宜蘭二期休耕以滿江紅作為綠肥

一期稻作減施 30 或 60 公斤氮基肥，皆可維持水稻產量及米質。為評估減碳效益之穩定性，將持續量測現行及減碳操作模式之溫室氣體排放情形，以建立減量方法學，提供相關減碳操作申請碳減量額度。

### 三、文旦果園土壤碳匯試驗與碳排基礎資料建立

土壤碳匯係指二氧化碳以土壤有機質形式固定於土壤中。本試驗於花蓮瑞穗文旦果園內設置清耕、既有草種、蔓花生、魚腥草、越橘葉蔓榕、白花三葉草等不同處理組，比較不同處理對於土壤碳匯效益及團粒穩定度之影響，並調查土壤有機質含量及土壤密度，以建立土壤碳含量基線。本試驗文旦園區有機質平均含量為 1.6%，屬中低有機質含量土壤，不同處理種植前土壤有機碳含量為 17-24 公噸 / 公頃，土壤穩定度為 53-75%；此外，使用痕量氣體分析儀 (Li-cor7820) 測定氧化亞氮排放，種植草毯半年每公頃約可降低 300 公克氧化亞氮。結果顯示文旦樹地上部和地下部全株平均乾重為 250 公斤 / 株，文旦枝條含碳量約 43%，總碳量約為 110 公斤 / 株 (相當於 400 公斤 / 株二氧化碳)。以每公頃種植 330 棵文旦樹計算，含碳量約為 36 公噸 (相當於 113 公噸二氧化碳)。由於土壤碳匯為長期試驗，本場未來將持續進行監測，以期找出可有效增加文旦園內土壤有機質含量之草種，運用草生栽培增加果園土壤碳匯。

### 循環農業相關技術建立與推動

#### 一、利用有機大豆格外品調製蛋雞飼料試驗

為協助宜花地區有機農場建立資源循環模式，經盤點東豐拾穗農場可加值利用之剩餘資源，發現該農場每年生產約 40 公頃之有機大豆，總產量約 40 公噸，其中格外品之數量高達 50%，以往皆作為堆肥材料，回歸農田肥分利用。而這些大豆格外品中，尚有約 10-25% 不等之三級豆，除外觀稍有

缺陷外，其營養成分均與商品豆無異，故作為堆肥材料的低階利用甚為可惜；因此，本場協助農場將這些大豆格外品結合有機米下腳料一如碎米及米糠等，調製為有機禽畜可用之飼料，並與東部蛋雞業者 (金花牧場) 合作測試其可行性。於 3 月 28-30 日開始轉餵食處理配方，結果顯示試驗組之飼料配方無對產蛋率造成不良影響，然在單粒



◆ 112 年於瑞穗地區文旦果園營造不同草毯環境



◆ 文旦果樹碳含量調查

蛋重方面有降低情形（對照組均重  $64.9 \pm 2.1$  公克，試驗組均重  $60.5 \pm 2.3$  公克）。再者，供試配方對雞蛋的蛋黃指數或霍氏單位等品質指標皆無顯著影響，但有蛋黃色度下降及破蛋率增加與蛋殼厚度變薄等鈣質不足情形，經 4 月 14 日起測試添加 0.4% 乾辣椒粉及 1.5% 蚵殼粉後，可明顯改善上述色度及鈣質問題。

## 二、協助花蓮有機農場碳足跡盤查

現今國內農產品之碳足跡盤查較為缺乏，本場 112 年協助東豐有機農場（循環示範場域）蒐集各項碳排活動數據，其中向上溯及信安育苗場、橫向蒐集自有堆肥場的活動數據，並依環境部碳足跡產品類別規則 (PCR) 「米」製作試算表，提供農場自行宣告產品碳足跡，或協助其申請查證及碳標籤。相關盤查追溯如下：

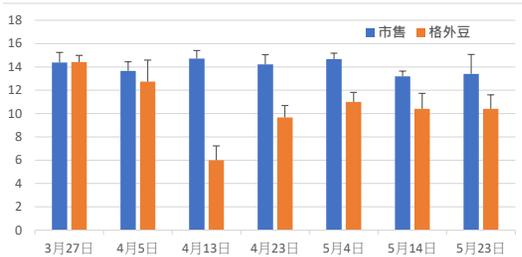
1. 由信安育苗場提供東豐農場之秧苗之碳足跡約為 0.0308 公斤二氧化碳當量 / 箱，其中育苗箱堆疊 / 搬運，即堆高機搬運用油佔 45.0% 最高，其次依次為育苗土混拌用油之 26.4%、氮肥氧化亞氮 12.7%、運輸之 9.3% 及場區用電之 6.6%。
2. 花東有機肥場所生產之東豐 1 號有機質肥料 (4.9-2.1-1.9) 之碳足跡約為 0.403 公斤二氧化碳當量 / 公斤，其中堆肥化過程氧化亞氮排放佔 43.5% 最高，其次甲烷排放之 38.9%，二者合計即高達 82.5%。其次依次為材料運輸之 10.6%、場區用電之 4.6% 及堆高機等場區用油之 2.1%。
3. 東豐有機米 (白米) 至出廠前 (不含配銷、使用及廢棄階段) 之碳足跡約為 1.786 公斤二氧化碳當量 / 公斤，與市面已有碳足

跡的米產品相近（約為 1.5 公斤二氧化碳當量 / 公斤）；其中，以栽培期田間甲烷排放之 56.2% 最高，其次依次為有機肥之 15.7%、田間管理用油（包括整地、施肥、插秧及收穫等）之 11.8%、冷藏用電之 6.8%、乾燥用電之 6.2%、及穀物乾燥用油之 3.2%。

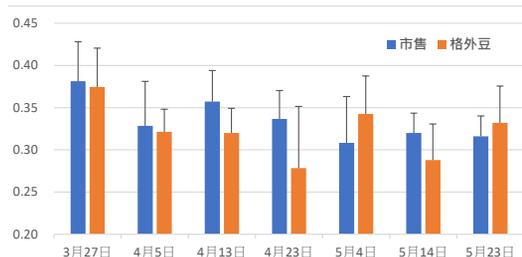
綜合上述初步結果，發現無論是肥料製作過程或水稻栽培過程，溫室氣體的逸散都是主要的排放熱點，其次才是機械用油及用電等。經整體盤查後，此數據可作為未來減碳之重要參考數據。

## 三、以強制通氣型炭化桶製作文旦枝條及稻殼生物炭之評估

本研究利用強制通氣型炭化桶製作生物炭，以破碎文旦帶葉枝條直接炭化時，最高溫可達  $907^{\circ}\text{C}$ ，燃燒層移動速率為 0.83 公分 / 分鐘，成炭率僅 6.4%。稻殼炭化最高溫  $681^{\circ}\text{C}$ ，燃燒層移動速率為 1.05 公分 / 分鐘，成炭率 40.6%。將破碎文旦枝條以容積比 1:1 混合稻殼炭化，最高溫  $780^{\circ}\text{C}$ ，燃燒層移動速率為 0.79 公分 / 分鐘，成炭率 17.0%。不同炭化時間炭化稻殼及文旦枝條炭之含碳量、氫碳比、氧碳比及比表面積如下表所示。炭化稻殼之含碳量 57.2%，氫碳比 0.382，氧碳比 0.115，二者皆小於 0.4 故屬於穩定的生物炭；炭化時間 21-57 分鐘者（即中上層之炭品）之比表面積為  $156.2 \text{ m}^2/\text{g}$ 。文旦枝條炭之含碳量 64.7%，氫碳比 0.381，氧碳比 0.193；炭化時間 24-70 分鐘者之比表面積為  $182.3 \text{ m}^2/\text{g}$ 。綜上結果，顯示炭化時間超過約 20 分鐘之炭品品質相對穩定，比表面積也隨炭化時間增加（即愈上層）而有上升的趨勢，為優質且穩定的生物炭。



◆ 餵食不同飼料之蛋黃羅氏色度變化



◆ 餵食不同飼料之蛋殼厚度變化

◆ 不同炭化時間文旦枝條炭及炭化稻殼之基本特性 (n=3)

項目 (單位) \ 炭材	文旦枝條		
	1-23	24-46	47-70
炭化時間 (分鐘)	1-23	24-46	47-70
碳含量 (%)	67.1±0.2	63.9±0.6	63.0±0.5
氫碳比	0.400±0.020	0.385±0.020	0.359±0.006
氧碳比	0.185±0.002	0.197±0.010	0.198±0.006
比表面積 (m <sup>2</sup> /g)	148.7±15.7	180.5±7.0	184.1±5.5
項目 (單位) \ 炭材	稻殼		
	1-20	21-40	41-57
炭化時間 (分鐘)	1-20	21-40	41-57
碳含量 (%)	57.1±0.1	57.6±0.8	56.8±0.3
氫碳比	0.388±0.006	0.361±0.010	0.396±0.005
氧碳比	0.108±0.001	0.116±0.003	0.122±0.008
比表面積 (m <sup>2</sup> /g)	135.1±6.5	152.8±1.3	159.7±3.6

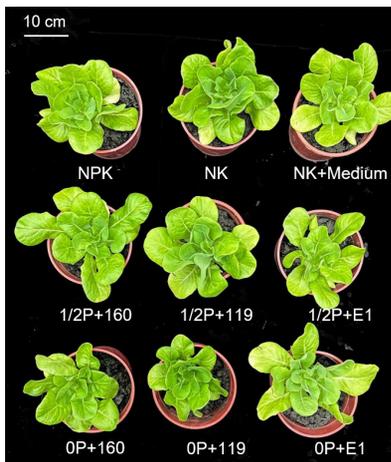
#### 四、文旦枝條可能之碳滙及經濟效益評估

為了解文旦修剪枝條加值利用可行性，本場於112年針對35年生文旦進行全株調查，結果顯示每年每公頃文旦園所修剪下來的新鮮帶葉枝條約5.7噸重，體積佔約47立方公尺，目前大多數農民的處理方式為現地焚燒或堆置任其自然腐化。本場收集修剪之新鮮帶葉枝條，經旋刀式碎枝機破碎後，能將體積大幅下降至11立方公尺（為原體積之23%），若進一步經日曬乾燥，生質

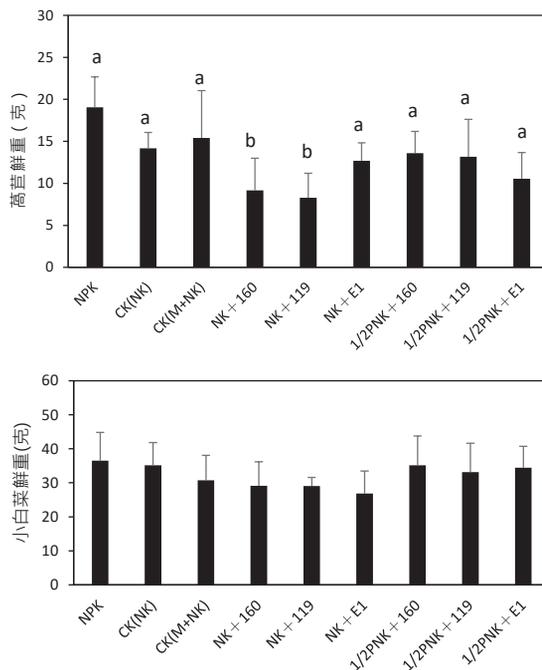


◆ 文旦修剪枝條經破碎及曬乾後可大福減少容積及重量，進而降低集運成本

量為 1.9 公噸（33%），則大幅降低集運成本，並可直接提供為堆肥、生產木醋液或生物炭之材料。若收集已堆置一定時間、葉片落盡後的木質枝條，則其生質量為 1.6 噸，除上述材料用途外，亦為木質燃料（木顆粒燃料或燃料棒）或木氣爐之良好料源。此外，另若將木質枝條收集製成生物炭並全數回歸土壤，以成炭率 8%、有機碳含量 50%、25 年留存率 70% 估計，25 年後碳匯效益約為 1.1 噸有機碳 / 公頃。經綜上試驗結果說明，可供欲應用此類資材的業者評估可行性及政策參考。



◆ 施用不同土壤微生物對於萵苣生長之影響



◆ 本試驗研究之菌種溶磷溶鉀能力鑑定

編號	溶鉀活性 ( $\mu\text{g mL}^{-1}\text{ day}^{-1}$ )	溶磷活性 ( $\mu\text{g mL}^{-1}\text{ day}^{-1}$ )	菌種鑑定結果
160	10.6	919.5	<i>Bacillus velezensis</i>
b1	0.4/4.0	980.4	<i>Bacillus velezensis</i>
119	23.8 / 6.9	925.4	<i>Bacillus safensis</i>
T1	19.2 / 1.3	1,982.8	<i>Bacillus velezensis</i>
E1	11.9	9,665.7	<i>Bacillus aryabhatai</i>

## 土壤品質改善技術建立—有益微生物製劑開發

為配合我國推動有機友善農業及合理化施肥政策，本試驗目的為開發微生物肥料，期可促進作物生長並減少田間化學肥料使用。本試驗自本場田區土壤分離微生物，經定序分析後皆屬於芽孢桿菌屬 (*Bacillus sp.*) 細菌，其中 5 株菌株具有溶磷活性 ( $919.5\text{-}9,665.7\ \mu\text{g mL}^{-1}\text{ day}^{-1}$ )，3 株兼具溶鉀活性

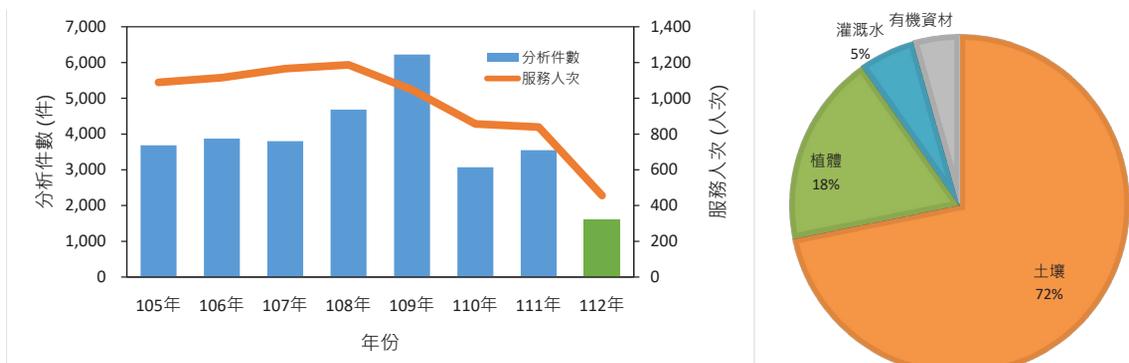
( $11.9\text{-}23.8\ \mu\text{g mL}^{-1}\text{ day}^{-1}$ )。利用不同生理指標篩選菌種，最後挑選具有較高溶磷 (菌株編號 E1)、溶鉀 (菌株編號 119)、IAA 合成 (菌株編號 160) 能力之菌株進行小白菜及萵苣發芽率、幼苗生長及盆栽試驗。試驗結果顯示，E1 處理組之發芽率最低，所有微生物處理在施用半量或不施用磷肥情況下均無促進萵苣及小白菜生長之效果，惟 E1 處理組可在不施用磷肥下維持萵苣產量。

## 合理化施肥與植體營養診斷及土壤肥力分析服務

為使農友正確管理與維護土壤肥力與品質，本場提供土壤肥力與植物營養檢測診斷分析服務，惟本年度因建物整修，僅提供 1 至 6 月之檢測服務。112 年為農友分析樣品共 1,615 件，包括土壤樣品 1,160 件、植體樣品 297 件、灌溉水樣品 87 件、有機資材樣

品 71 件，服務農民 456 人次。為協助農友依據農田土壤性質分析結果進行土壤改良與肥培管理，辦理合理化施肥講習會、試驗成果示範觀摩會共 3 場，配合合理化施肥、自配複合肥料及正確使用國產有機質肥料等觀念宣導講習會共 13 場。

土壤樣品分析項目包含：一、基本性質—如酸鹼度、電導度、有機質；二、營養元素—



◆ 左圖：105 至 112 年為民服務件數  
右圖：112 年度各樣品種類之比例

### ◆ 111 及 112 年度土壤分析結果

項目	定義 (參考值)	111 年比例 (%)	112 年比例 (%)
電導度 (1:5)(dS/m)	正常 (< 0.5)	94.1	96.1
	偏高 (> 0.5)	5.9	3.9
酸鹼度 (1:1)	強酸性 (< 5.5)	16.9	22.5
	微酸至中性 (5.5-7.5)	68.8	66.3
	鹼性 (> 7.5)	14.3	11.2
有機質 (%)	低 (0-1.0)	12.7	15.0
	中 (1.0-3.0)	64.6	63.7
	高 (> 3)	22.7	21.2
有效性磷 (mg/kg)	低 (< 10)	6.8	8.1
	中 (11-50)	38.2	32.7
	高 (> 50)	55.1	59.2
有效性鉀 (mg/kg)	低 (< 30)	27.2	11.3
	中 (31-100)	31.5	17.9
	高 (> 100)	41.3	70.8

有效磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅；三、重金屬—鎘、鉻、鎳、鉛。除提供分析資料外，同時亦進行作物營養及土壤肥力狀況之診斷分析，提供農民施肥參考。112 年度土壤肥力與植物營養檢測診斷分析僅提供 6 個月之服務，分析件數及服務人數相當於過去年度 6 個月的平均數。分析整體數據顯示，土壤酸鹼度與電導度 (EC) 介於適宜作物栽培之樣品比例皆高，但土壤磷含量偏高之樣品比例佔 59.2%，土壤鉀含量偏高之樣品比例更高達 70.8%，顯示轄區仍有施肥過量之現象，亦凸顯合理化施肥技術推廣的重要。

### 有機友善農業輔導

本場 112 年度持續辦理有機與友善農業栽培相關輔導與推廣活動，講習會或觀摩會達 3 場次、媒體新聞相關報導 11 則、發表輔導推廣文章 9 篇、農友個別輔導 29 人次，以及友善環境耕作推廣團體輔導與訪查 3 次。112 年全國有機種植面積 17,561.10 公頃，其中，花蓮縣為 3,326.80 公頃，宜蘭縣為 629.28 公頃，宜花地區合計共 3,956.08 公頃，佔全臺有機總面積之 22.53%。轄區有

機水稻栽種面積 1,750.03 公頃，佔全國有機水稻栽種面積 51.37%；有機雜糧 582.92 公頃，亦佔全國之 34.43%，主要作物為花蓮縣之有機大豆約 430 公頃。在 112 年全國新增的 4,016.10 公頃中，宜花二縣佔 259.23 公頃，佔 6.45%。在友善耕作部分，112 年 12 月底全國總計有 6,778.83 公頃，花蓮縣為 513.76 公頃，宜蘭縣為 131.99 公頃，合計共 645.75 公頃，佔全國友善總面積之 9.53%。

本場設有有機友善專人輔導服務，持續鼓勵農友改用對環境友善的農業資材，朝向友善耕作邁進，並介紹轄區內審認團體予農友知悉。願意參加友善耕作的農友，大多距離達到有機耕作的目標已相去不遠，故會視農友情形鼓勵申請有機驗證，協助其填寫繁複的申請表單，或協助農友與友善耕作審認團體、有機驗證單位之間進行溝通。本場持續輔導轄區三處通過友善環境耕作推廣團體審認的相關組織，包括有花蓮縣富里農會、花蓮縣樸門永續生活協會、鶴岡文旦運銷合作社。此外，配合農糧署辦理每年一次的友善環境耕作推廣團體訪查，112 年度共出席 3 場次。

#### ◆ 112 年宜蘭縣及花蓮縣有機栽培種植面積 (公頃)

	水稻	蔬菜	水果	茶葉	其他 (含特作)	雜糧	合計
宜蘭縣	372.61	138.47	20.26	13.72	26.12	58.10	629.28
花蓮縣	1,377.42	449.51	326.18	68.60	580.26	524.82	3,326.80
宜花合計	1,750.03	587.98	346.45	82.32	606.38	582.92	3,956.08
全國	3,407.02	8,099.28	1,939.92	532.60	1,889.42	1,692.87	17,561.10
百分比	51.37%	7.26%	17.86%	15.46%	32.09%	34.43%	22.53%

\* 至 112 年 12 月底通過有機驗證情形