陸、農業淨零碳排

苗栗地區水稻低碳排栽培之農業碳排係數建立

本場選定水稻栽培面積最大 (A5b 非石灰性淺層排水不完全沖積土) 及次大 (A2b 非石灰性中質地排水不完全沖積土) 之土壤管理組，規劃 3 處試驗場域。水稻品種‘台南 11 號’(依實際農友需求選擇)，氮用量：一期作 160 公斤 / 公頃、二期作 100 公斤 / 公頃。磷鉀肥用量依據土壤分析結果推薦用量。試驗設計：分為慣行區、及稻稈移除區，每區設置 3-4 個固定取樣點。公館試驗區氮肥用量分為 4 個變級，一期作分別為 0、80、160、240 公斤 / 公頃，二期作分別為 0、50、100、150 公斤 / 公頃等。每處理面積 0.1 公頃。溫室氣體量測採密閉罩法，遮罩 30x40 公分，高度隨植株調整，最高 60 公分，遮罩內植株每次覆蓋 2 株。底座不鏽鋼方框，於量測前固定位置。量測頻度每週 2 次，每日量測時段為上午 9-12 時，單次量測時間長度 6 分鐘，流程如下：不鏽鋼方框固定位置後等 5 min →上罩等 2 min 記開始時間→運行 6 min 記結束時間→重頭。使用儀器：LI-7810(CH_4/CO_2)、LI-7820(N_2O)，測量時期：於耕犁之前開始監測，調查至水稻收穫為止。田間取樣估算水稻產量，其餘輔助數據，架設氣象站蒐集並紀錄田區土壤溫度、土壤含水量、環境氣溫、相對濕度、日照強度、降雨量（量測前 24 小時）等。114 年水稻一期作溫室氣體測量結果 (慣行區) 顯示，甲烷排放量苑裡鎮安段 616 ± 33.3 kg- CH_4/ha，苑裡南山段 563 ± 31.7 kg- CH_4/ha，公館大坑段 520 ± 70.4 kg- CH_4/ha。水稻二期作溫室氣體測量結果 (慣行區) 顯示，甲烷排放量苑裡鎮安段 808 ± 85.8 kg- CH_4/ha，苑裡南山段 1,040 ± 72.7 kg- CH_4/ha，公館大坑段 764 ± 76.2 kg- CH_4/ha。甲烷排放量與國家清冊數據不同可能與耕作方式或水分管理有關。水稻一期作溫室氣體氮施用氧化亞氮排放比分析結果顯示，苑裡鎮安段 0.0060 kg-N_2O-N/kg-N，苑裡南山段 0.0037 kg-N_2O-N/kg-N，公館大坑段 0.0218 kg-N_2O-N/kg-N，水稻二期作溫室氣體氮施用氧化亞氮排放比分析結果顯示，苑裡鎮安段 0.0015 kg-N_2O-N/kg-N，苑裡南山段 0.0056 kg-N_2O-N/kg-N，公館大坑段 0.0152 kg-N_2O-N/kg-N。苗栗地區 114 年水稻一期作 N_2O-N 排放係數為 0.37~2.18%，二期作 N_2O-N 排放係數為 0.15~1.52%，尚與 IPCC 之預設係數 0.75~2% 接近。

◆ 114 年苗栗水稻 CH_4 及 N_2O -N 排放係數監測數據分析結果

作物	期作	CH_4排放係數 (kg ha^{-1})	國家清冊CH_4排放係數 (kg ha^{-1})	N_2O-N排放係數 (kgN_2O-N/kgN)
水稻 (苑裡鎮安段，A5b)	一期作	616 ± 33	95.3	0.0060
水稻 (苑裡南山段，A5b)		563 ± 32		0.0037
水稻 (公館大坑段，A2b)		520 ± 70		0.0218
水稻 (苑裡鎮安段，A5b)	二期作	808 ± 86	115.7	0.0015
水稻 (苑裡南山段，A5b)		1040 ± 73		0.0056
水稻 (公館大坑段，A2b)		764 ± 76		0.0152

建立苗栗地區水稻間歇灌溉之低碳栽培模式

本研究透過水分管理模式、稻稈處理模式等栽培管理，比較不同模式溫室氣體生成量之差異，提供緩減策略、排放係數、機制研究、機制驗證、清冊 / 盤查等。稻稈處理模式分為稻稈回田、稻稈移除、分解菌等，水分管理模式分為慣行灌溉、乾濕交替灌溉模式等。水稻稻稈處理模式試驗田設置不同稻稈處理模式各 1 小區，面積 0.1 公頃。稻稈處理模式操作方式：(一) 慣行：於第一期作收穫時，將收穫機切碎之稻草留置田間，後續灌水、整地，持續 7 天內維持田區內 3 至 5 公分之水位；(二) 稻稈移除：於第一期作收穫時，將收穫機切碎之稻草移除 (不包含根部)，後續灌水、整地，持續 7 天內維持田區內 3 至 5 公分之水位；(三) 分解菌：於第一期作收穫時，以收穫機將稻草斬斷成 5 至 7 公分，田間灌水使稻草充分吸水後，利用曳引機進行粗整地將稻草翻犁入土中加速分解，把液態分解菌 (*Bacillus velezensis*) 於進水口滴灌入田區，每分地用量 1 公升，持續 7 天內維持田區內 3 至 5 公分之水位。水稻間歇灌溉試驗田設置不同灌溉模式各 1 小區，面積 0.075 公頃，小區間以田埂隔離，每小區設置 3 個取樣點。灌溉模式操作方式：(一) 間歇灌溉：開始實施時間：一期作於第二次追肥後，二期作於第一次追肥後。結束實施時間：收穫前 1 周。起灌及停灌閥值：除曬田期、幼穗形成期、開花抽穗期外，間歇灌溉實施期間，田間水位低至土面下 5 公分起灌，至土面上 5 公分後停灌。曬田期：曬至水位降到土面下 15 公分，或是表土有 1~2 公分寬、5~10 公分深的龜裂程度。幼穗形成期及開花抽穗期，每日維持水位在土面上 5 公分，以確保水

稻產量。(二) 慣行：插秧後至曬田前，維持 3~5 公分水深。曬田期：曬至水位降到土面下 15 公分，或是表土有 1~2 公分寬、5~10 公分深的龜裂程度。溫室氣體量測採密閉罩法，使用儀器：LI-7810(CH_4/CO_2)、LI-7820(N_2O)。試驗結果顯示，間歇灌溉減排比例，一期作 50.1%，二期作 16.3%。稻稈移除減排比例，苑裡鎮安段一期作 22.5%，二期作 49.0%，苑裡南山段一期作 -15.1%，二期作 42.9%，公館大坑段一期作 53.8%，二期作 35.3%。

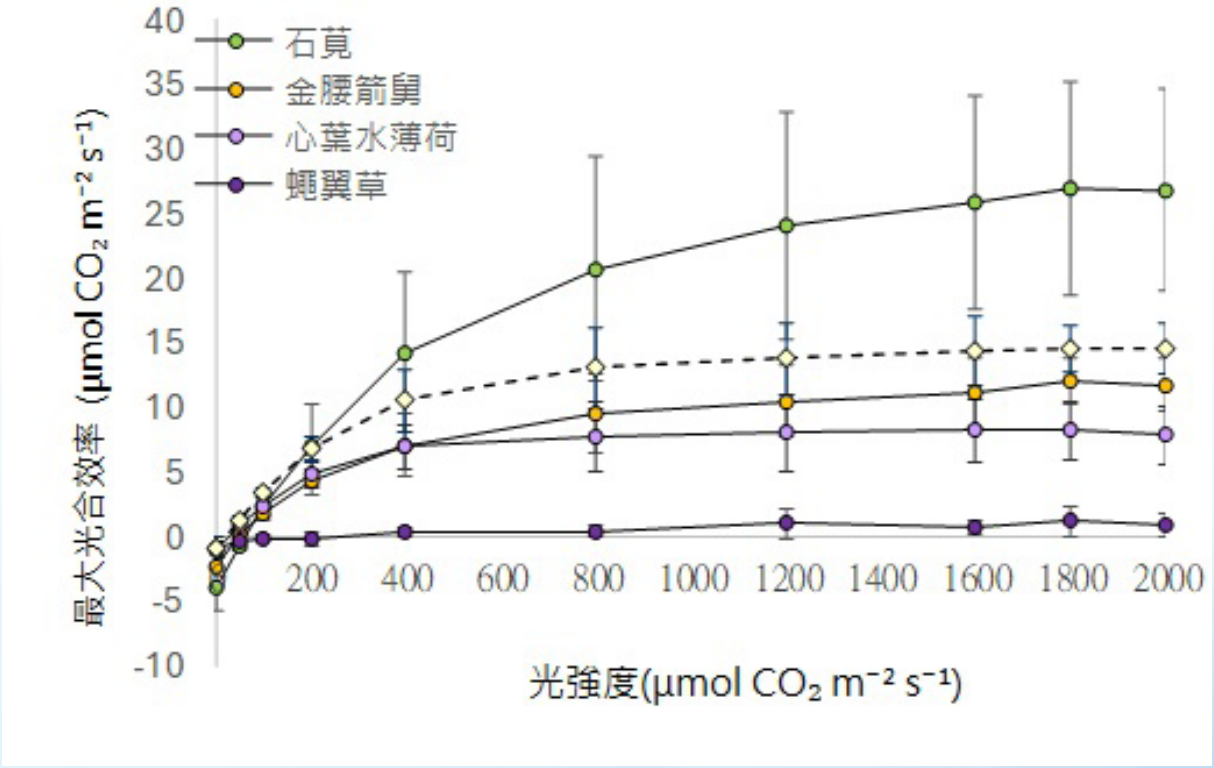
◆ 114 年一、二期作不同減排措施水稻水田溫室氣體生成量比較

試驗地點	期作	處理	CH_4 kg ha^{-1}	N_2O kg ha^{-1}	GWP[1] tCO_2e ha^{-1}	減排比例[2] %
苑裡鎮安段	一期	慣行	616 ± 33	0.589 ± 0.292	17.4 ± 1.0	—
		稻草移除	476 ± 40	0.568 ± 0.081	13.5 ± 1.1	22.5
		分解菌	200 ± 25	1.81 ± 0.25	6.08 ± 0.76	65.1
	二期	慣行	808 ± 86	0.313 ± 0.049	22.7 ± 2.4	—
		稻草移除	412 ± 22	0.096 ± 0.032	11.6 ± 0.6	49.0
		分解菌	649 ± 118	0.285 ± 0.089	18.2 ± 3.3	19.7
苑裡南山段	一期	慣行	563 ± 32	0.452 ± 0.037	15.9 ± 0.9	—
		稻草移除	645 ± 79	0.842 ± 0.277	18.3 ± 2.2	-15.1
	二期	對照	1040 ± 73	0.263 ± 0.190	29.2 ± 2.0	—
		稻草移除	586 ± 29	1.01 ± 0.15	16.7 ± 0.8	42.9
公館大坑段	一期	慣行	520 ± 70	0.166 ± 0.054	14.6 ± 2.0	—
		稻草移除	238 ± 44	0.312 ± 0.255	6.74 ± 1.25	53.8
		間歇灌溉	229 ± 22	3.28 ± 1.07	7.28 ± 0.58	50.1
	二期	慣行	764 ± 76	1.19 ± 0.52	21.7 ± 2.1	—
		稻草移除	498 ± 119	0.370 ± 0.106	14.0 ± 3.3	35.3
		間歇灌溉	644 ± 29	0.455 ± 0.199	18.2 ± 0.9	16.3

1：GWP 採 AR5 版本，CH_4 為 28，N_2O 為 265。
2：減排比例係以各處理之 GWP 值與慣行處理比較，負值代表增加溫室氣體排放。

苗栗果園地被植物之光合特性評估與碳固定潛力研究

本年度監測苗栗地區果園常見地被植物進行光合作用特性，透過可攜式光合作用儀器（LI6800），建立不同草種在光強梯度（0–2000 μmol m^{-2} s^{-1}）下之光反應曲線。試驗結果顯示各地被植物之光合作用能力具有差異。石莧在高光環境下表現最佳，其最大光合速率可達約 27 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，顯示具高度碳固定潛力；魚腥草與金腰箭舅則於中高光條件下維持穩定光合作用，最大光合速率分別約為 15 與 12 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，適合作為果園中層或半遮蔭環境之配置物種；心葉水薄荷光飽和點較低，整體光合速率約維持於 8 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，屬於耐陰型植物；而蠅翼草於各光強條件下之光合速率均偏低，約接近 1 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，其功能較偏向地表覆蓋與土壤保護。未來可依據其光補償點與飽和點進行空間配置，建立多物種草生栽培模式，以提升果園整體光能利用效率與碳匯潛力，並作為後續碳儲量估算與淨零農業推動之依據。



▲石莧、金腰箭舅、心葉水薄荷、蠅翼草、魚腥草在不同光強度梯度下之光合速率變化



▲果園地被植物種類由左至右為石莧、魚腥草、金腰箭舅、心葉水薄荷及蠅翼草，利用不同物種呈現不同光適應與覆蓋特性，應用於果園草生栽培之多樣化配置

開發雞糞經微生物及黑水虻分解之虻糞肥料

利用黑水虻（*Hermetia illucens*）幼蟲及微生物協同處理雞糞，以改善傳統堆肥耗時及快速發酵腐熟度不足問題。試驗於兩處蛋雞場進行，每 14 天施用一次，經 102 天處理後，共處理組（黑水虻 + 微生物）體積減量率達 47.2%，顯著高於對照組的 3.3%；雞糞肥料料源化時間從 150 天縮短至 60 天，空間利用率提升 154%。化學分析顯示共處理可降低氮含量，但銅、鋅濃度仍超標，需增加調整材稀釋；氨氣排放較對照組提高 24.5-33.6% 但無顯著差異。經濟效益評估顯示，投入 20,000 元處理 4,000 隻雞糞 101 天，可獲 89.3% 容量提升率，若推廣至 10 萬隻規模場可減少 60% 土地需求。本研究證實黑水虻與微生物協同處理可有效加速雞糞料源化，但仍需優化重金屬控制與氨氣減量策略。



▲黑水虻加微生物共處理前後雞糞外觀近照。左圖為一般自然堆積的雞糞呈泥狀；右圖為經過分解後的產物，質地轉為鬆散粉狀，有助於降低後續處理難度