

專家試驗》種水稻+微生物，可以減少 48%二氧化碳排放，產量增加 28%

[感謝本校秘書室媒體公關組提供資料](#)

溫室氣體減排已是國際趨勢，農業部宣示要在 2040 年達到農業淨零。農業部門溫室氣體排放量中，水稻佔近一成，稻田湛水時會釋出甲烷 (CH₄)、施肥排水後產生氧化亞氮 (N₂O)，減排需要靠栽培模式的改變，例如：水分調節、更精準施肥。

2022 年，臺北市最美河川文化推廣協會（以下簡稱「美川協會」）與中興大學生命科學系終身特聘教授林幸助合作，在台北市洲美平原的水稻田進行試驗，在慣行栽培過程中加入微生物資材，成功達到「減排不減產」，二氧化碳 (CO₂) 減少 48%、甲烷 (CH₄) 減少 22%，氧化亞氮 (N₂O) 則減少 88%，產量則增加 28%，近期試驗成果已發表於國際期刊《Plant, Soil and Environment》。

溫室氣體減排成趨勢，台灣農業 2040 要淨零

為減緩氣候暖化，全球都致力於降低溫室氣體排放。聯合國氣候變化綱要公約 (UNFCCC) 第三次締約國大會中，通過的京都議定書及第 17 次締約國大會第 15 號決議，明訂針對六種溫室氣體進行削減，包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)及六氟化硫(SF₆)。

台灣也響應國際減排趨勢，農業部則訂定目標，2040 年農業部門要達到淨零排放。農業淨零資訊網顯示，1990 年至 2022 年間，農業相關部門溫室氣體排放量，呈現下降趨勢，2022 年統計中，主要溫室氣體排放來源為電、油、土壤、禽畜糞尿管理、禽畜腸胃發酵、水稻種植、尿素施用及作物殘體燃燒。

水稻長期湛水、氮肥釋出溫室氣體

2022 年，農業部門溫室氣體排放量中，水稻栽培約佔 9.34%。水稻是全台最大作物，儘管近年來因為稻作四選三、大區輪作等政策，總栽培面積略降，但全年仍維持在 24 萬公頃左右。

水稻栽培過程的溫室氣體從何而來？高雄區農業改良場副場長吳志文分析，水稻主要排放的溫室氣體為甲烷 (CH₄) 和氧化亞氮 (N₂O)，水稻田栽種過程大多處於湛水狀態，植株根部會釋出甲烷 (CH₄)，水稻所用肥料以氮肥為主，氧化亞氮 (N₂O) 的排放便源自於肥料。

農業試驗所文獻說明，水稻田在湛水環境中，甲烷 (CH₄) 釋放多、氧化亞氮

N₂O) 釋放較少；但當水稻田排水時，則氧化亞氮 (N₂O) 排放多、甲烷 (CH₄) 則減少，兩種氣體在不同水分狀態互為消長。土壤水分含量影響氧化亞氮釋放，是一項複雜反應，例如：澆水使更多有機質溶解，或低氧化還原電位促進脫氮過程，而使氧化亞氮產生。

農政與農情第 212 期提到，每生產 1 公斤白米，排放的溫室氣體為 2.78 公斤二氧化碳 (CO₂) 當量，此數據僅計算生產過程，並不包含肥料及農藥製造階段、產品加工運輸階段的溫室氣體排放。農業試驗所文獻指出，農地耕作或施肥改善是溫室氣體排放重要的一環，包括精準施肥以減少氧化亞氮 (N₂O)、水分管理對甲烷 (CH₄) 的控制。

美川協會牽線、促成試驗

國內農政單位、學者正在研究具體減少水稻碳排的做法。中興大學生命科學系終身特聘教授林幸助研究碳匯多年，2022 年在台北洲美水稻田進行試驗，試驗期間為一期作，從 2 月至 7 月底，並選定六塊田、各半為試驗及對照組，對照組照常耕作，試驗組則每隔 2 至 3 週施用一次微生物資材。

美川協會是促成本次試驗的推手。美川協會創會理事長蔡尚宏表示，美川協會認養、關注五分港溪、洲美平原，長久以來，溪水優養化、平原上的農田採取慣行農法，地力持續衰退，也加劇溫室氣體的排放，協會監事吳厚德開發出微生物資材，並表示可降低溫室氣體排放，希望用於水稻田試驗。

美川協會監事吳厚德經營富聚生技公司，主打微生物生態工法，微生物則來源於深山。吳厚德表示，農田長年被人類蹂躪，微生物數量減少，近年來常見的微生物資材多是單一菌相，與大自然間的多元菌相不同，因此他想透過微生物生態工法，幫助農民以友善環境的方式栽培，深山菌相豐富、尚未被污染，將此菌群放回土壤中，可讓土壤微生物菌相恢復。

在美川協會邀請下，稻農張甲申提供自家四分地水稻田作為試驗。林幸助表示，試驗過程是完全配合稻農的作業流程，稻農原本施肥、用藥程序完全不變，差別僅是額外施用微生物資材，不過，多數稻農對微生物資材非常陌生，並擔憂影響收成、不願嘗試，願意參與試驗的稻農相當珍貴。

水稻田減排不減產，南部試驗結果更佳

為期半年的試驗結果令人振奮，林幸助表示，過往農政單位的減排試驗中，稻田澆水會排放甲烷 (CH₄)，收割前排水，則讓甲烷 (CH₄) 轉為二氧化碳 (CO₂)，並增加氧化亞氮 (N₂O)，也犧牲產量，但本次試驗田與對照田相比，二氧化碳 (CO₂) 排放量少了 48%、甲烷 (CH₄) 減少 22%，氧化亞氮 (N₂O)

則減少了 88%，產量則增加了 28%。

林幸助指出，氧化亞氮 (N₂O) 的暖化潛勢為二氧化碳 (CO₂) 298 倍，本次研究對於減排的具體做法更加明朗。此次研究成果已刊登於《Plant, Soil and Environment》，而林幸助更於去 (2024) 年雲林縣政府支持下，進一步擴大範圍、時間試驗，初步實驗數據顯示，南部水稻田的減排效果更顯著。

為何微生物資材能幫助水稻田減排？林幸助坦言，「機制仍待釐清」，但溫室氣體的排放通常是因為轉化不完全導致，例如：硝酸、阿摩尼亞經硝化或脫氮作用轉為氮氣，過程產生氧化亞氮 (N₂O)，耕種過程使用微生物資材，可能會幫助轉化，抑或是把本該排出的溫室氣體，轉為水稻葉片、稻穀，因此進而減少排放。

試驗必須長遠，大面積栽培減排更有經濟效益

參與試驗的張甲申是台北市非常稀有的稻農，他從小跟著父母半夜起床挑秧，即便長大外出工作，退休後仍耕耘家中稻田、不願荒廢。他採取慣行栽培，但也希望能改變，於是參加此次試驗，試驗過程並不影響所有工作步驟、作息，唯一差異在於，施撒微生物資材後，田間湛水的水位不能太高，否則效果會被稀釋。

試驗後，張甲申的水稻產量比對照組高出 28%，他特意留了 500 公斤穀子曬乾、碾米，分送給親友，得到的回饋都相當正面。對於試驗結果，他坦言，減排的試驗必須長時間進行才能看到具體效益，短時間內，溫室氣體排放降低對農民的意義還不明朗，但減排對環境好，也造福下一代，若後續還有試驗機會，他很樂意繼續參與、貢獻數據。

雲林縣大埤鄉稻農謝志坪去 (2024) 年提供近六分地的水稻田，讓林幸助進行減排試驗。謝志坪表示，田區包含實驗及對照組，他的耕種過程不變，差別僅是每週施用一次微生物資材，並連續施用 10 週，試驗涵蓋一二期水稻，「水稻的確變得比較健康」，無論是外觀顏色還是產量表現都更好。

謝志坪認為，水稻減排的試驗對農民來說意義非凡，因為若試驗方法有應用性，稻農便能增加碳費收益，以大埤鄉數十、上百位返鄉稻農來看，稻農集結形成集團產區，減排的數量便很可觀，再透過雲林縣政府向企業接單，減排的效益便能實際轉為經濟收入。

除林幸助外，全台各地農改場、農試所也正在進行水稻田減排的試驗。吳志文透露，高改場的試驗已進行 2 年，近期發現，水稻田不需要時刻保持湛水狀

態，可採乾溼交替、降低 30% 至 50% 溫室氣體排放，不過，試驗也發現到不同年份氣候、同一年份一二期作差異極大，因此，試驗必須持續進行、搜集數據，才能建立起更穩定的方法學。

不論是透過微生物資材，抑或是灌溉調節做減排，吳志文認為，台灣目前碳費每公噸為 300 元，「不算很高」，單一農民減排得效益不大，以 10 公頃水稻田為例，假若減排 10 公噸，有需求的企業「覺得太少」，農民也僅增加 3000 元收入，水稻田減排至少要 100 公頃起跳才有效益，換言之，大面積的集團產區更有經濟規模，也較能談判，得到減排的好處。