

苗栗地區水稻低甲烷減碳農耕技術

林鈺荳（助理研究員）

蔡正賢（副研究員）

前言

當臺灣揭示「2050 淨零排放」的國家級目標，以減緩氣候變遷的發展趨勢，許多人會想到電子、製造業與交通，但其實我們日常食用的米飯以及孕育它的農田，也在減少碳排放的挑戰中扮演著關鍵角色。傳統的水稻田栽培需要長時間保持湛水狀態，這種充滿水的土壤環境，會隔絕空氣形成一個「厭氧環境」，在這種缺氧的條件下，土壤中的特殊微生物「甲烷菌」會非常活躍，它們透過分解土壤中的有機物質為生，並於分解過程產生大量的甲烷。

甲烷是一種強效的溫室氣體，根據政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 的第六次評估報告，在 100 年的時間尺度上，甲烷造成的全球暖化潛勢是二氧化碳的 27.9 倍，這意味著減少 1 公斤的甲烷排放，對減緩全球暖化的效果，等同於減少 27.9 公斤的二氧化碳排放。正因如此，控制水稻田的甲烷溢散是農業部門達成淨零目標的重要目標。為了應對這項挑戰，各研究單位正如火如荼地透過田間試驗，找出水稻兼顧產量與減少甲烷產生的「低碳農耕技術」，以下即針對本場的試驗結果供農友參考。

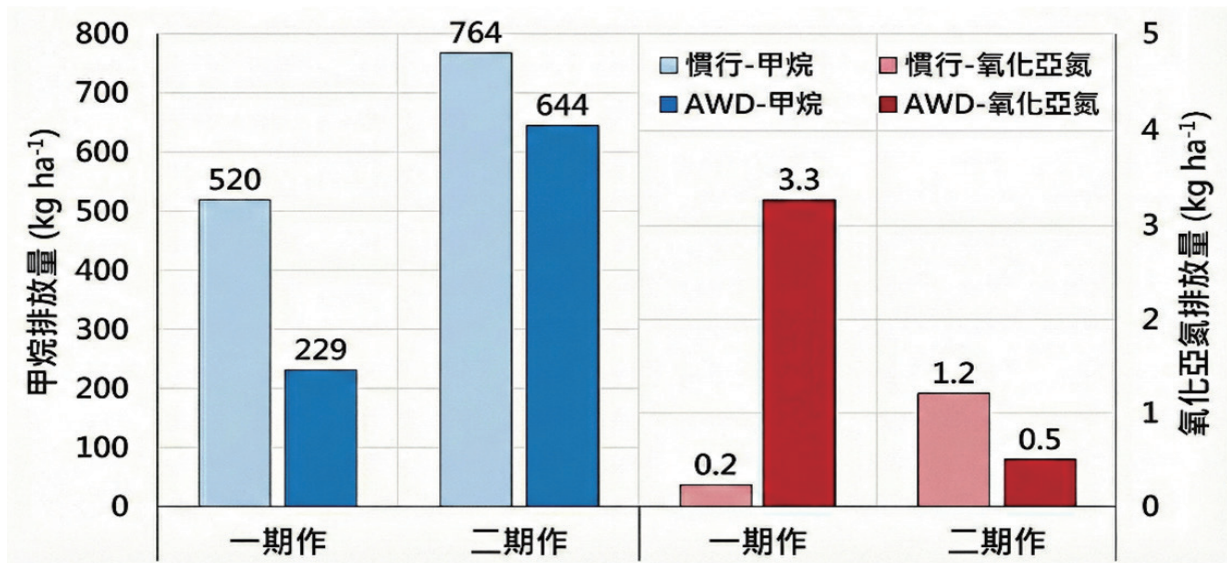
間歇灌溉法 (AWD)：阻斷甲烷生成的灌溉技術

間歇灌溉又稱為乾濕交替灌溉法，是目前

國際上公認最有效的稻田減碳技術之一，其科學原理相當直觀，即透過改變灌溉方式，打破水稻田既有的厭氧環境，讓氧氣進入土壤中，降低喜歡厭氧環境的甲烷菌活性，從根本上減少甲烷的生合成。

在苗栗縣公館鄉的試驗期間，除了曬田、抽穗等產量關鍵生育時期外，當田間水位下降到土面下 5 公分時，就開始灌溉直到水淹至土面上 5 公分停止，透過簡單間歇灌溉操作後，一期作每公頃降低了 291 公斤的甲烷排放，二期作僅降低了 120 公斤（圖一），顯示間歇灌溉技術讓一期作甲烷總排放量減少 50% 以上，這結果證實了土壤越乾燥越透氣，產生的甲烷就越少。但在土壤「開窗透氣」的同時，必須留意另一種溫室氣體「氧化亞氮」的產生，氧化亞氮的全球暖化潛勢為二氧化碳的 273 倍，將近甲烷的 10 倍效果，主要造成氧化亞氮大量排放的原因之一是過量使用氮肥，當氮肥進入土壤中，好氧微生物會進行硝化或反硝化作用，這 2 種生化反應路徑中，都會產生氧化亞氮。在一期作的試驗中，雖然甲烷大幅減少，但氧化亞氮的排放量卻從每公頃 0.2 公斤上升至 3.3 公斤（圖一），因此，水稻田農耕技術調整須同時監測甲烷及氧化亞氮的排放，對於減少碳排放的量測才能更為全面性。

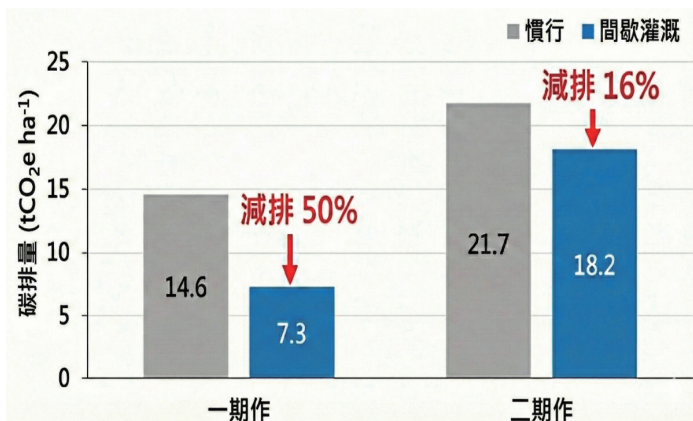
雖然甲烷佔水稻田溫室氣體排放的 60% 以上，但由於甲烷及氧化亞氮對於地球暖化效果不同，若單獨以甲烷進行水稻田減少碳排的



圖一、苗栗縣公館鄉水稻慣行湛水及實施間歇灌溉法對甲烷及氧化亞氮排放量的影響。

參考有失準確，因此當探討不同操作所產生的減碳效果時，通常會將各氣體的排放量乘以各自的全球暖化潛勢值，再相加總代表整體的二氧化碳當量（即一般稱為碳排量），以此做為基準是目前國際上共通的碳排比較標準。

從苗栗縣公館鄉試驗結果可以看出，一期作的整體碳排量雖然沒有二期作高，但是間歇灌溉每公頃可降低 7.3 公噸的碳排量，相當於減少 50% 的排放（圖二），加上二期作的減排量後，每公頃整年度共減少了 10.8 公噸的碳排放。

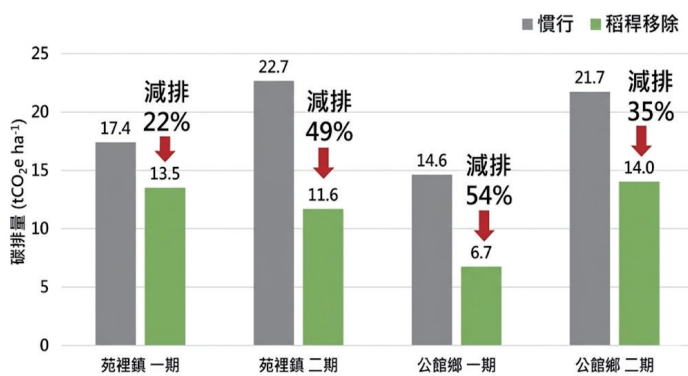


圖二、苗栗縣公館鄉水稻慣行湛水及採用間歇灌溉法於期作間之碳排放（二氧化碳當量）差異。

稻稈移除法：減少有機質投入的物理方法

除了管理灌溉水之外，國際上科學研究也發現，收穫後將作物殘株移除，也是影響碳排的關鍵之一，臺灣習慣採用聯合收穫機進行水稻收割作業，當機械在收穫稻穀同時會將稻穀以外的稻稈切碎撒回田裡，這樣做除了增加有機質，也把微量的營養元素保留在田裡，作為下期作的肥分來源，然而這份好意卻無形中加劇了全球暖化效果，因為這些稻稈是土壤中甲烷菌最愛的醣類來源，當翻入缺氧的水田土壤中，等於是為甲烷菌提供了一場豐盛的饗宴，將刺激牠們活性提高甲烷的生成，從而導致排放量飆升。因此稻稈移除法的核心概念，就是直接將甲烷生成的主要原料從田間移走，間接降低甲烷的產生。

實際上，當前期作收割並移除稻稈後，苗栗縣苑裡鎮一期作至少可以減少 22% 碳排，公館甚至減少 54% 的碳排量；而二期作 2 地點也分別降低 49% 及 35% 的排放量（圖三），代表這個作法也可以達到減少碳排的效果。



圖三、苗栗縣苑裡鎮、公館鄉水稻田於收穫後慣行留置稻稈及移除稻稈之期作碳排放差異。

減少碳排並維持產量

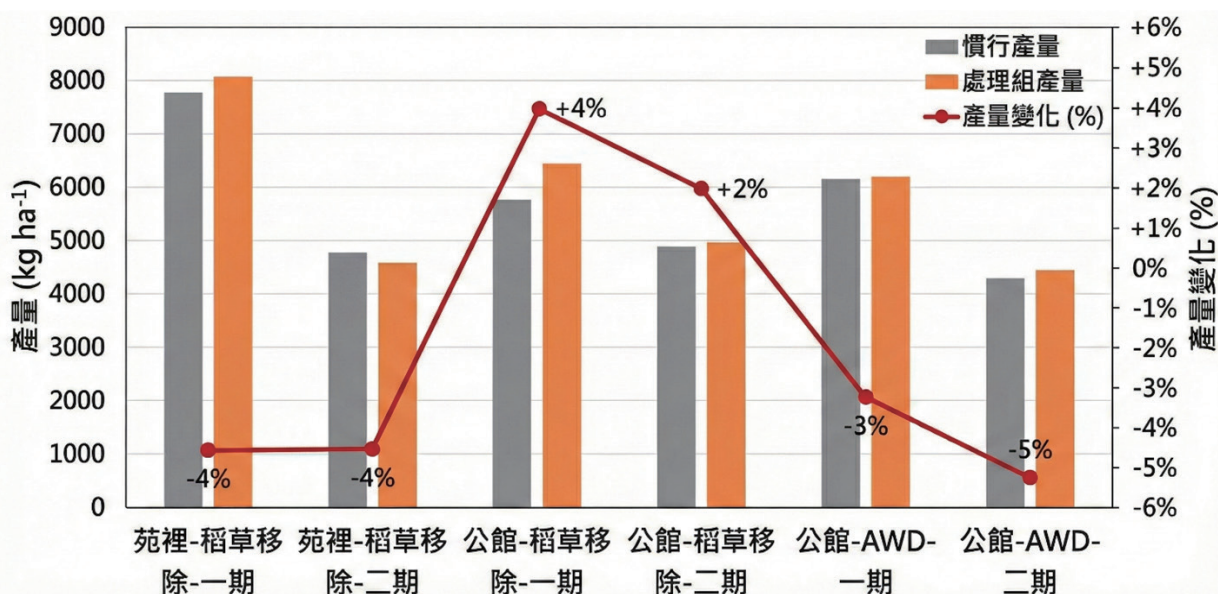
然而間歇灌溉法及稻稈移除法都可以減少水稻田碳排，那到底這兩個方法是否真的符合所謂的「低碳農耕技術」呢？在國際上所承認或推行的低碳農耕技術都必須有一個前提，即執行該技術後農作物的產量不能減產達 5%，這也是為什麼一堆有效的減碳方法，卻鮮少有被國際承認的原因。

就前述試驗的最終產量坪割結果來看，只有公館鄉的間歇灌溉法使二期作減產達 5%，苑裡鎮的稻稈移除法在兩期作則是僅減

產 4%，而特別的是公館鄉執行稻稈移除法後，兩期作的產量分別增加 4% 及 2%（圖四）。目前這些結果，除了證實間歇灌溉法及稻稈移除法都是屬於水稻的低碳農耕技術外，也延伸出一個結論，就是低碳農耕技術除了本身的操作需要確實外，其受到當地的氣候及土壤特性等環境因素影響甚鉅，因此低碳農耕技術的選擇應評估當地的環境狀況，才能達到減碳及產量的平衡狀態。

結語

面對氣候變遷，農業減碳已經是全世界的趨勢，很多農友聽到「減碳耕作」最擔心的往往是「產量會不會變少？」或是「做法會不會太麻煩？」，從我們在苗栗縣公館鄉和苑裡鎮的實際試驗結果可以得知，只要依據我們當地的環境條件選擇間歇灌溉法或稻稈移除法兩種「低碳農耕技術」之一，不僅能有效幫地球降溫，收成也依然能維持水準，甚至在還有微幅增產的機會。愛護土地是農民的天性，低碳農耕不是要為難大家，而是要讓我們的自然資源能源源不絕，達到農地永續耕耘之理想，當你善待這塊土地時，土地通常會出乎意料得加倍回饋給你。



圖四、苗栗縣苑裡鎮及公館鄉水稻田應用減碳技術之產量差異。