

高屏地區水稻與毛豆碳排係數建立

胡智傑、蔡志勇、張芳瑜、周國隆

為抑制全球升溫在1.5度的界線，2050年全球規劃達到淨零碳排，農業部則訂農業部門於2040年淨零。農業溫室氣體碳排放種類包含甲烷、氧化亞氮及二氧化碳，我國水稻是主要碳排放源之一，約占農業部門的18.5%；氧化亞氮碳排放約占農業部門的36%。因應未來農業碳交易、減排、溫室氣體盤查或農產碳足跡盤查需求，有必要建立準確且精準的農業碳排放係數。本計畫在屏東地區設置一水分控制的水稻田區，以密閉罩法配合攜帶式氣體分析儀量測田區溫室氣體排放量，希望能獲得可信賴的高屏地區水稻溫室氣體排放基線。於2025年進行兩期作水稻台南11號的溫室氣體量測，水稻基線田區，一期作全球暖化潛勢(GWP)為 $8.63\text{tCO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$ ，二期作GWP為 $30.7\text{tCO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$ ；一期作產量為 $9,582\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ，二期作產量為 $5,796\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (表1)。本研究另進行不同等級肥料水稻盆栽試驗，希望了解不同等級肥料對 N_2O 排放係數之影響。本研究使用的肥料等級分別為每公頃施用0(N0)、70(N1)、140(N2)、210(N3)、280(N4)公斤氮肥，試驗品種為台南11號，種植於176公分x102公分x30公分鐵盆，以密閉罩法配合攜帶式氣體分析儀量測溫室氣體的排放，量測頻率為每週2次。一期作水稻盆栽肥料試驗 N_2O 排放及產量隨著肥料施用量增加而升高，五個氮肥等級處理(0、70、140、210、280kg-N/ha) N_2O -N排放量分別為0.37、1.43、3.19、3.94及 $4.31\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (表2)，經計算一期作 N_2O 排放係數為 $0.0148\text{N}_2\text{O}$ -N/kg-N；二期作水稻盆栽肥料試驗 N_2O 的排放量隨著肥料施用量增加而升高，五個氮肥等級處理(0、70、140、210、280kg-N/ha) N_2O -N排放量分別為0.003、0.015、0.031、0.107及 $0.177\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (表3)，經計算二期作 N_2O 排放係數為 $0.0006\text{N}_2\text{O}$ -N/kg-N。

本計畫同時量測屏東地區毛豆於春、秋兩作的溫室氣體排放量，春作毛豆於0、80、160、240kg-N/ha等4個氮肥等級處理，其 N_2O 的排放量分別為1.63、5.04、12.35及 $14.83\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ，排放係數為 $0.037\text{N}_2\text{O}$ -N/kg-N。4個氮肥等級處理間產量沒有顯著性差異，每公頃產量最高N160(160kg-N/ha)為7,795公斤；秋作毛豆於0、80、160、240kg-N/ha等4個氮肥等級處理，其 N_2O 的排放量分別為10.93、12.44、12.89及 $15.06\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (表4)，排放係數為 $0.0102\text{N}_2\text{O}$ -N/kg-N。四個氮肥等級處理間產量沒有顯著性差異，每公頃產量最高N160(160kg-N/ha)為6,936公斤(表4)。

表1. 水稻不同期作基線田區溫室氣體排放量及稻穀產量(屏東長治)

期作	溫室氣體排放量			稻穀產量 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
	甲烷 ($\text{kg}\cdot\text{CH}_4\cdot\text{ha}^{-1}$)	氧化亞氮 ($\text{kg}\cdot\text{N}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$)	GWP ^a ($\text{tCO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$)	
1 st crop	298±8.5	1.00±0.09	8.63±0.26	9,582
2 nd crop	1,088±180	0.98±0.16	30.7±5.0	5,796

^a GWP：全球暖化潛勢(Global Warming Potential)，採AR5版本， CH_4 為28， N_2O 為265

表2. 一期作水稻不同氮肥處理溫室氣體排放量及稻穀產量(屏東長治)

處理	CH ₄ (kg/ha*season)	N ₂ O-N (kg/ha*season)	GWP (t-CO ₂ e·ha ⁻¹)	Grain Yield (kg/ha)
N0	16.0±8.6 a	0.37±0.02 b	0.60±0.25 b	1,835±179 c
N1	8.6±5.3 a	1.43±0.21 b	0.84±0.09 b	3,355±364 c
N2	17.0±5.5 a	3.19±0.47 a	1.80±0.11 a	6,367±443 b
N3	13.7±7.3 a	3.94±1.27 a	2.02±0.54 a	8,848±180 a
N4	9.7±2.4 a	4.31±0.23 a	2.07±0.03 a	10,320±645 a

a Mean ± standard deviation (n=3)

b Values in the same column sharing the same letter do not reach the 5% significance level (Fisher's protected LSD test).

表3. 二期作水稻不同氮肥處理溫室氣體排放量及稻穀產量(屏東長治)

處理	CH ₄ (kg/ha*season)	N ₂ O-N (kg/ha*season)	GWP (t-CO ₂ e·ha ⁻¹)	Grain Yield (kg/ha)
N0	92.3±33.3 a	0.003±0.036 c	0.60±0.25 a	1,403±137 c
N1	104.2±11.7 a	0.015±0.033 c	0.84±0.09 a	1,794±153 b
N2	107.8±30.9 a	0.031±0.031 c	1.80±0.11 a	1,879±125 b
N3	109.6±51.7 a	0.107±0.046 b	2.02±0.54 a	2,213±119 a
N4	51.0±22.9 a	0.177±0.042 a	2.07±0.03 a	1,451±134 c

a Mean ± standard deviation (n=3)

b Values in the same column sharing the same letter do not reach the 5% significance level (Fisher's protected LSD test).

表4. 毛豆溫室氣體排放量(屏東長治)

	溫室氣體排放量				鮮莢產量 (kg ha ⁻¹)
	氮肥 處理	甲烷 (kg-CH ₄ ha ⁻¹)	氧化亞氮 (kg-N ₂ O ha ⁻¹)	GWP ^d (tCO ₂ e ha ⁻¹)	
春作	N0	-0.15±0.04 a	1.63±0.29 b	0.43±0.08 b	7,609±1361 a
	N80	-0.14±0.07 a	5.40±2.88 b	1.43±0.76 b	7,657±411 a
	N160	-0.11±0.02 a	12.35±3.35 a	3.27±0.89 a	7,795±928 a
	N240	-0.12±0.01 a	14.83±3.95 a	3.93±1.05 a	7,700±234 a
秋作	N0	-0.09±0.0003 a	10.93±1.11 a	2.89±0.29 a	5,586±930 a
	N80	-0.09±0.0524 a	12.44±1.88 a	3.29±0.50 a	6,715±977 a
	N160	-0.08±0.0336 a	12.89±5.97 a	3.41±1.58 a	6,936±682 a
	N240	-0.12±0.0275 a	15.06±5.06 a	3.99±1.34 a	5,662±1976 a