

前言

農地土壤有機碳的固存 (sequestration) 機制分為：物理化學性的構造保護作用和化學性的鍵結穩定作用，前者可積極降低有機質分解而形成顆粒型有機碳 (POC)，而後者促成穩定化礦物結合型有機碳 (MAOC)。POC 保存累積於土壤團粒構造中，對短中期 (數年至十數年) 碳固存具顯著貢獻；而 MAOC 多經微生物轉化與黏土礦物形成穩定鍵結，可促使有機碳長期 (數十年至百年) 固存於土壤。本研究依據 Hassink (1997) 提出 MAOC 與土壤黏粒和粉粒百分比和 (clay% + silt%) 之關係方程式： $MAOC = 0.409 + 0.037 * (clay\% + silt\%)$ ，導入國內不同作物產區農地土壤有機碳調查與質地分析資料，以耕犁層下方 (> 40 cm) 土壤有機碳濃度為 MAOC 基線，經調校優化 Hassink' s 方程式係數並計算礦物結合率，並估算耕犁層上方 (< 40 cm) 土壤 MAOC 和 POC 之占比。

研究流程

收集雲林和嘉義縣境內不同作物產區 (結球萵苣、洋桔梗、鳳梨、大豆、花生、玉米、甘藷等) 的農地分層土壤樣本



分析土壤總體密度(BD)、有機碳含量(OC)與質地(sand%、silt%、clay%)

將耕犁層下方土壤有機碳濃度設為 MAOC 基線，導入國內不同作物產區土壤 OC 資料，以係數 K 調校優化 Hassink 的方程式係數

$$f(x)_{Hassink} = MAOC = 0.409 + 0.0037 * (clay\% + silt\%)$$

$$f(x)_{Taiwan} = K * f(x)_{Hassink}$$

計算礦物結合率供評估MAOC型態累積較易飽和之作物田區，並估算耕犁層上方土壤 MAOC 和 POC 之占比，分析不同作物栽種下土壤有機碳儲量風險

$$\text{礦物結合率} = MAOC / (clay\% + silt\%)$$

$$MAOC \text{ 占比} = MAOC / OC$$

$$POC \text{ 占比} = POC / OC$$

結果與討論

本研究以雲林和嘉義縣境生產結球萵苣、洋桔梗、鳳梨和雜糧等旱作田區土壤調查資料為例，進行分析討論 (表一)。以耕犁層下方土壤有機碳濃度為 MAOC 基線，將耕犁層下之土壤性質資料代入 Hassink (1997) 提出之關係方程式，計算調校係數K (圖一)，調校後之方程式為：

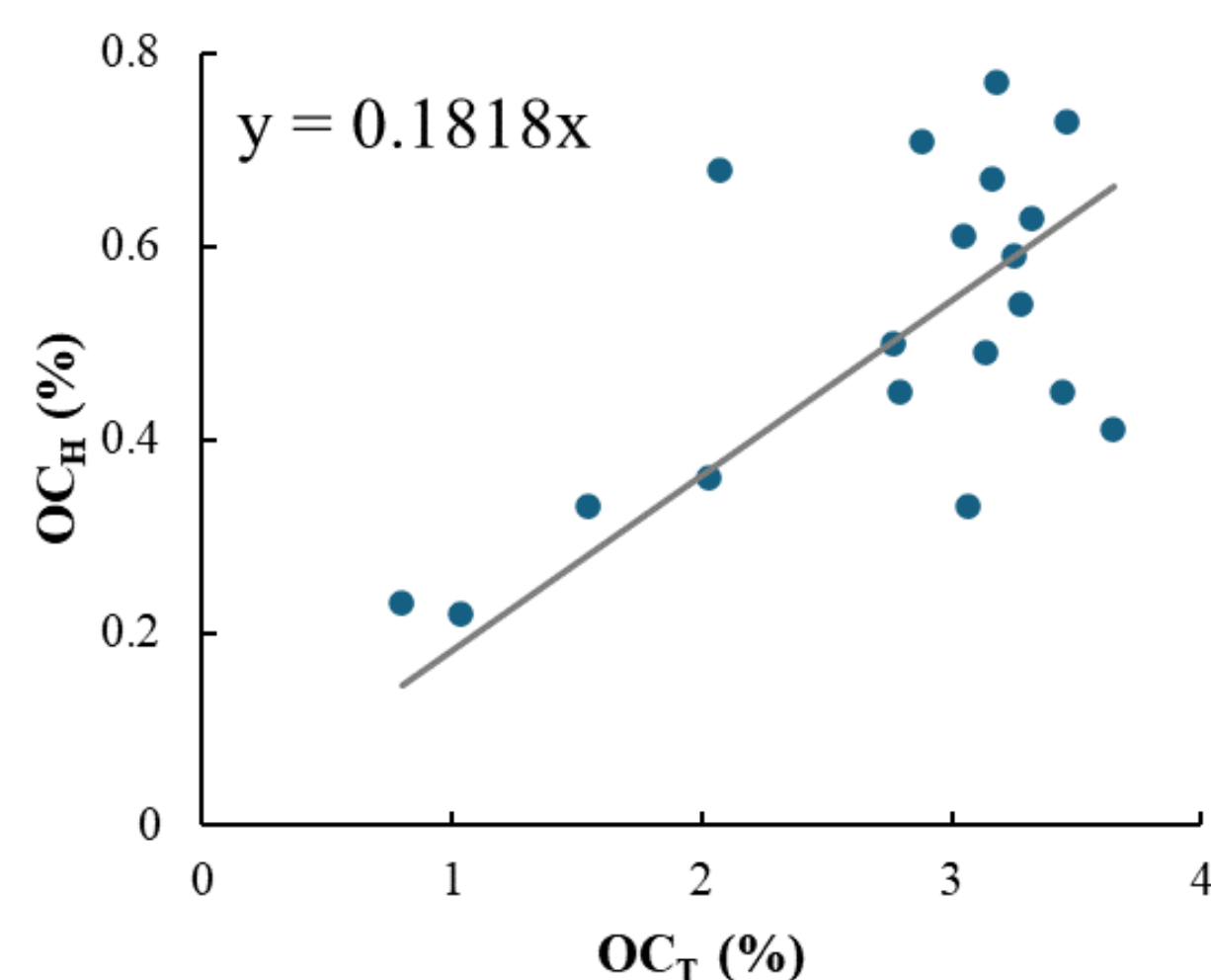
$$MAOC = 0.07436 + 0.00673 * (clay\% + silt\%)$$

各作物產區土壤MAOC估算值的擬合度達30% ($p < 0.05$)。

依修正方程式計算耕犁層上土壤 MAOC、POC和有機碳礦物結合率，各作物田區之上層土壤有機碳礦物結合率順序為：萵苣>洋桔梗>雜糧>鳳梨，顯示 MAOC 型態累積較易飽和之作物田區為萵苣，而鳳梨田區則較不易達到飽和 (表二)。

表一、結球萵苣、洋桔梗、鳳梨和雜糧田區土壤調查資料。

種植作物	ID	soil depth cm	BD g cm ⁻³	OC %	sand %	clay+silt %
洋桔梗	A-I	0-20	1.19	3.52	58.1	41.9
	A-II	20-40	1.57	0.89	58.9	41.1
	A-III	40-60	1.57	0.41	71.2	28.8
萵苣	B-I	0-20	1.69	0.87	34.9	65.1
	B-II	20-40	1.73	0.55	31.8	68.2
	B-III	40-60	1.65	0.33	48.9	51.1
鳳梨	C-I	0-20	1.56	0.64	20.4	79.6
	C-II	20-40	1.71	0.58	20.2	79.8
	C-III	40-60	1.59	0.57	19.8	80.2
雜糧	D1-I	0-20	1.53	0.89	30.9	69.1
	D1-II	20-40	1.60	0.80	29.9	70.1
	D1-III	40-60	1.69	0.55	21.1	78.9
	D2-I	0-20	1.40	1.10	52.5	47.5
	D2-II	20-40	1.79	0.36	56.3	43.8
	D3-I	0-20	1.39	1.71	35.7	64.3
	D3-II	20-40	1.73	0.57	29.4	70.6
	D4-I	0-20	1.39	1.41	44.1	55.9
	D4-II	20-40	1.66	0.74	29.1	70.9



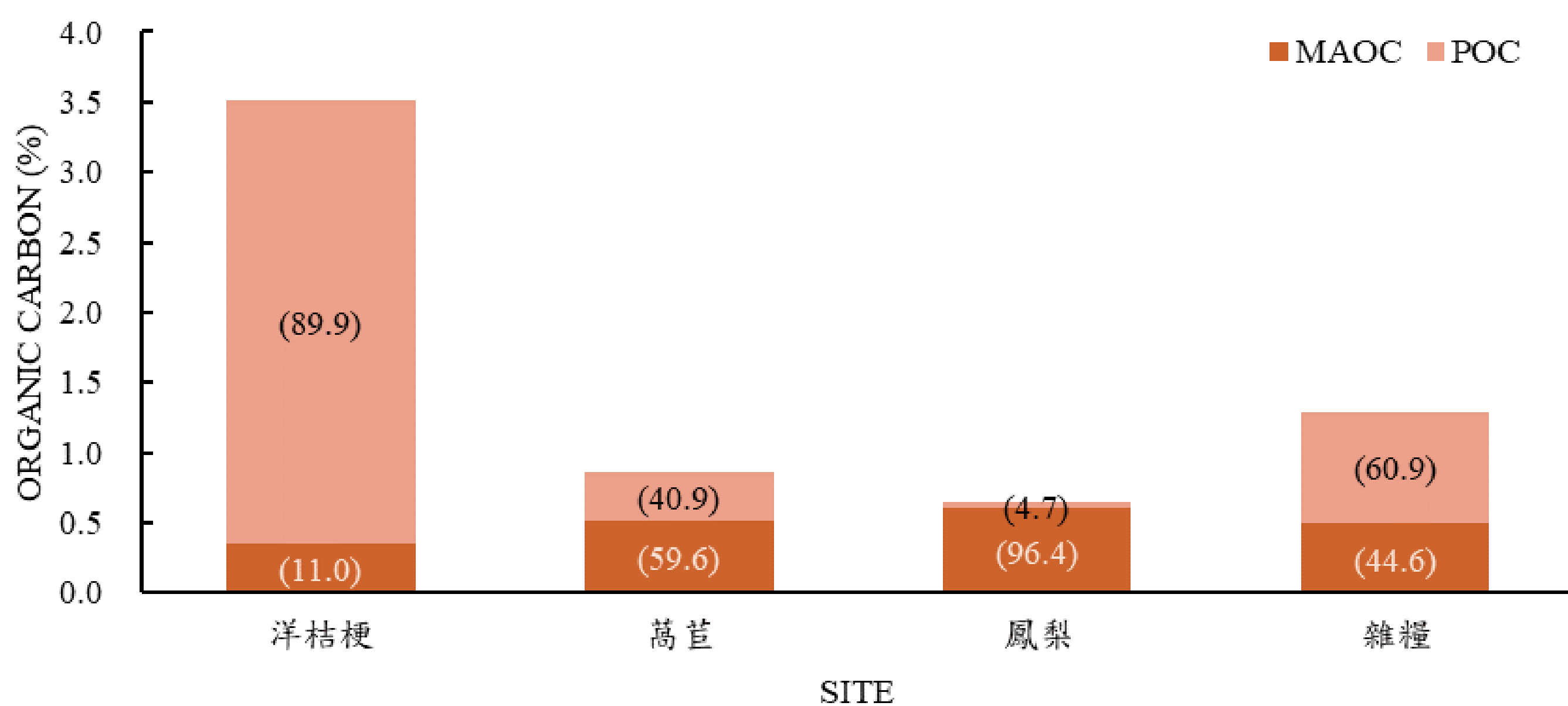
圖一、以耕犁層下方土壤有機碳濃度為 MAOC 基線，調校關係方程式係數。

*OC_T 表示耕犁層下方土壤有機碳濃度；
*OC_H 為耕犁層下土壤性質資料代入 Hassink (1997) 提出之關係方程式的計算值。

各作物田區上層土壤 MAOC 占比之順序：鳳梨>洋桔梗>雜糧>萵苣，顯示鳳梨田區之耕犁層上土壤有機碳以 MAOC 型態居多，其有機碳將可較持久穩定，不易因環境條件和人為管理而劇烈變化，土壤碳儲量改變的風險較低；而萵苣田區 MAOC 占比較低，將使整體有機碳可持久性下降，造成土壤碳儲量改變的風險較高 (圖二)。

表二、不同作物田區耕犁層上土壤 MAOC 及 POC 含量與礦物結合率。

種植作物	OC %	MAOC %	POC %	礦物結合率
洋桔梗	3.52	0.36	3.16	0.0104
萵苣	0.87	0.51	0.35	0.0089
鳳梨	0.64	0.61	0.03	0.0077
雜糧	1.29	0.50	0.79	0.0078



圖二、不同作物田區耕犁層上方土壤 MAOC 和 POC 之占比。黑色括號為 POC 占比；白色括號為 MAOC 占比。