

石灰質土壤之水稻肥培管理

文圖 | 江志峰 農委會農業試驗所

石灰質土壤主要問題為土壤中 CaCO_3 含量高，使得土壤 pH 高，因此，水稻栽培應配合施用酸性肥料或是有機物質，再加上適當的水分管理，如適時的曬田，才是適宜的管理方式。

何謂「石灰質土壤」

所謂石灰質土 (Calcareous soils) 係指土壤中含頗多之石灰物質，如碳酸鈣 (CaCO_3)，碳酸鎂 (MgCO_3)，碳酸鈣鎂 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) 等。此種物質在土壤中之含量自 2 - 3% 以至 60 - 70% 不等。其存在可能為砂粒、粉粒或粘粒的粒子，各級粗細土粒部之含量比率變異頗大。有時石灰物質可膠結成塊或團存於底土中，常稱為石灰結核 (Lime concretions)，有時形成連續性之石灰硬盤 (Lime hardpan) 於高地下水位之土壤成為標式之聚積。石灰質土壤呈鹼性反應 ($\text{pH} > 7$)，故屬於鹼性土，其 pH 範圍多在 7 - 8.5 之間。圖 1 為以濁水溪為灌溉系統的彰化縣溪州鄉石灰質土壤全鄉土壤 pH 偏高與南投縣草屯鎮非石灰質土壤的比較。

石灰質土壤的形成

石灰質土壤泛指表土以下至 100 - 150 公分具鹽酸反應土層。根據過去的調查顯示，台灣石灰質土壤面積相當大，其成因有三：(一) 為灌溉水中含有相當量之石灰，凡自中央山脈發源之河流，其源頭都含有石灰質，東部自太麻里以北各條略長河流，幾都含之，向北含石灰量漸高，自玉里長良以北，濃度已頗高，光復以北濃度更高，直至蘇澳。海岸山脈亦局部含有石灰岩而泥岩亦含頗高石灰質。西部地區濁水溪所含石灰質濃度亦高，其灌溉區是彰化和雲林縣石灰性土壤多之重要原因。嘉南平原東邊泥岩丘陵地含石灰量也高，而使二層行溪之石灰濃度與濁水溪齊名。蘭陽溪及其他較大河流，莫不含有石灰質。所提及含石灰質高之河流，其灌溉

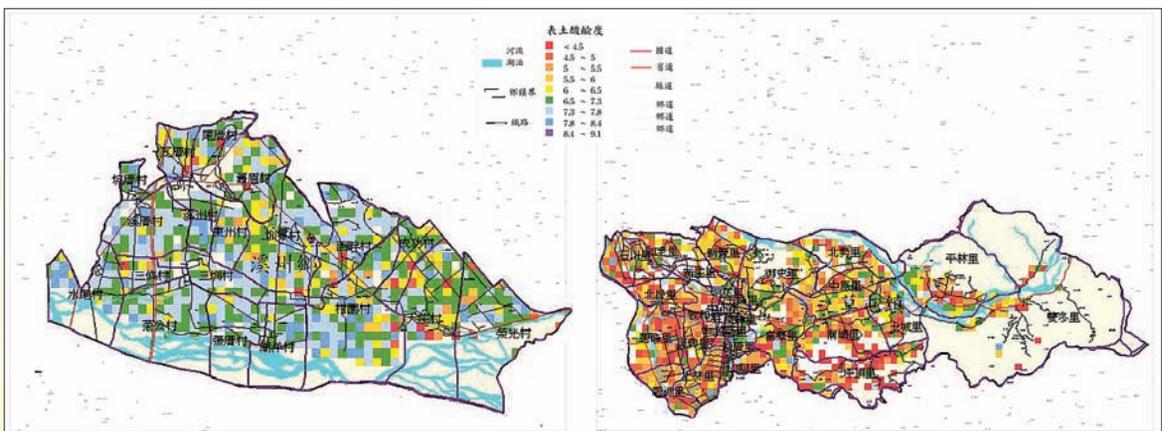


圖 1. 彰化溪州石灰質土壤 (左) 與草屯非石灰質土壤 pH (右) 差異

區皆為石灰性土壤，如東部瑞穗以北至新城。凡由中央山脈發源之河流灌溉的稻田都為石灰性土壤。(二) 灌溉水含石灰不多而土壤位於灌溉水殘餘石灰易彙集的位置，例如屏東平原一些土壤 pH 高的地方及嘉南平原中心偶有 pH 高的土壤，分散各處總面積不大。(三) 為嘉南平原沿海，由於含鹽地下水於旱季上升到土壤剖面上部以至表土，其總面積比前一項形成者為小，但在烏山頭水庫建立前，面積很大，嘉南平原一旦水田面積過度縮小時，含鹽及石灰質土壤面積可能增大。

提高養分使用效率的土壤管理措施

(一) 水稻浸水栽培土壤反應變動

石灰質土壤為水稻栽培利用時 pH 值會因浸水而有變動，由於浸水 CO_2 分壓提高，pH 依下列方程式計算而略為降低。

$$\text{pH} = 6.03 - 0.67 \log P(\text{CO}_2)$$

事實上，不論何種土壤，受浸水之影響，pH 是有變動的，並在數周後，大多數土壤的 pH 穩定的介於 6.5 - 7.0 之間。如果營養元素不欠缺且無毒害物質之存在，植物多能在 pH 4 - 8 的範圍內吸收養分與生長正常，故浸水石灰質土壤之 pH 變動，對水稻吸收養分有良好影響。

(二) 有機物的施用

水稻插秧前有機物的施用包括有機質肥料，不只可增加土壤緩衝性，分解時能溶解土壤中的部分植物營養元素，又在有機物的分解過程中產生有機鉗合劑，進行鉗合溶解增進營養分之有效性，而被作物吸收利用。且使用

堆肥能保存土壤水分使某些營養元素的有效性提高。

石灰質土壤的施肥策略

(一) 氮 (N)

pH 高時土壤中銨態氮鹽易分解成為氨而揮失，故若以銨態氮肥作為水稻田基肥使用宜深施或浸水後表面施用立刻進行細耕犁，避免氮損失。即使銨態氮肥會有氨揮失作用，但在水稻浸水栽培的措施下，硝酸態氮不建議使用，因為在浸水時，脫氮作用進行相當快，同時硝酸態氮也會逕流而流失，降低氮肥的使用效率。氮肥應以銨態氮肥為原則，包括硫酸銨、尿素等。

(二) 磷 (P)

石灰質土中磷多為難溶性的磷酸三鈣，植物難以吸收磷素，常導致缺磷的發生，但在水稻田土壤淹水管理，由於磷的擴散係數大大增加，有效性提高，施用磷肥的效果不如旱地土壤，圖 2 為溪州鄉土壤磷肥力，可考慮磷肥可以減施，施肥的水準可經土壤分析後決定。另外，有機物的施用可減少磷被鈣的鉗合固定，增加有效性。

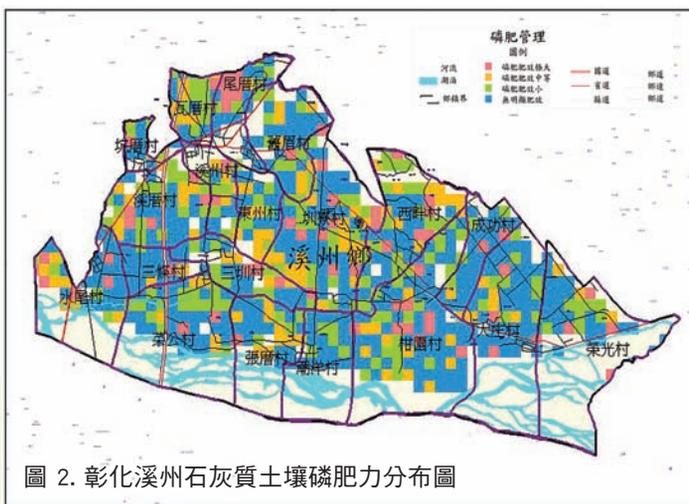


圖 2. 彰化溪州石灰質土壤磷肥力分布圖

(三) 鉀 (K)

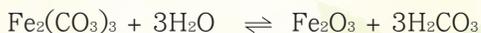
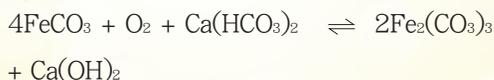
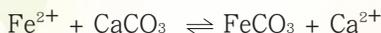
石灰質土含鈣太多，Ca/K 之比太大，植物難以吸收鉀素，且在含 2:1 型粘粒較多的土壤中，引起 K^+ 被固定，形成植物難以直接利用之固定性鉀（圖 3），可增施鉀肥，調整鈣鉀比不致過高。

(四) 鎂 (Mg)

增施鉀肥同時，應注意土壤中鎂的含量是否足夠，因鎂與鉀為兩個拮抗元素，施用多量的鉀肥容易導致鎂的欠缺，尤其目前農民使用肥料是以複合肥料為主，往往忽略鉀與鎂之間的比例。又當水稻根部附近有高濃度 Ca^{2+} 離子時會影響 Mg^{2+} 離子的吸收，故造成石灰質高的土壤鈣抑制鎂的吸收而使鎂呈現缺乏的癥狀，故在石灰質土壤要注意土壤鈣鎂比的問題（圖 4）。

(五) 鐵 (Fe)

石灰質土壤含高量的碳酸鹽，土壤溶液中含高濃度的 Ca^{2+} 離子易使鐵成為作物難吸收的 Fe_2O_3 的形態而缺乏，由下列反應可以知之。



由於石灰質土又有高的 pH 值，鐵的溶解度極低，鐵多以 Fe^{2+} 二價的形態被

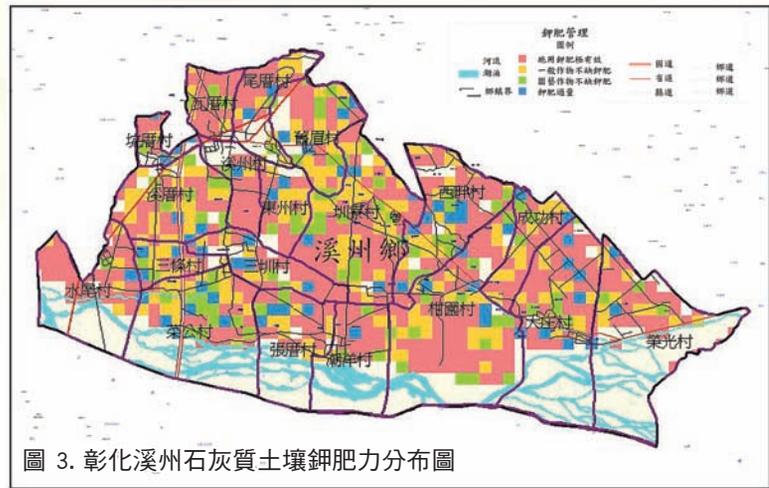


圖 3. 彰化溪州石灰質土壤鉀肥力分布圖

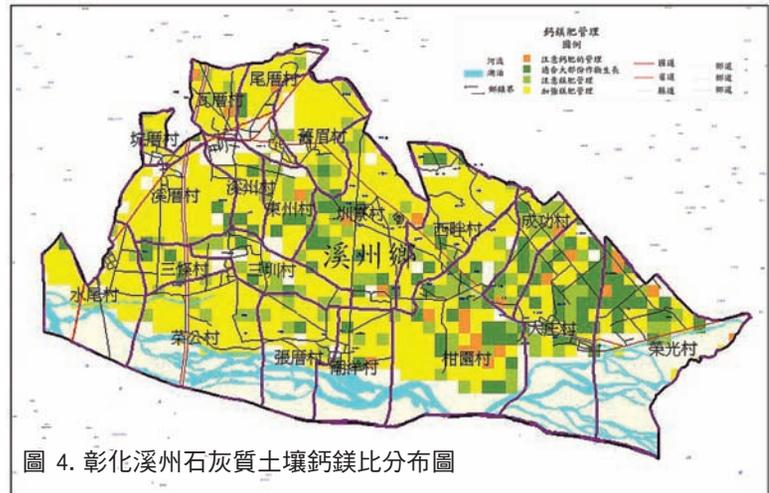


圖 4. 彰化溪州石灰質土壤鈣鎂比分布圖

植物吸收利用，多水的石灰質土依上列反應再加上強鹼性，使鐵不能有良好之效率。缺鐵土壤可施用硫磺粉降低土壤 pH 值，或葉面噴施 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ，以補充鐵的不足。

(六) 錳 (Mn)

錳對水稻也是極敏感的微量元素，石灰質土壤含鈣豐，pH 值高，但在高 pH 時能增加土壤中錳與有機物的鉗合而減少錳的有效性，因此石灰質土壤往往會發生缺錳症，但並不普遍，尤其是在浸水栽培的措施。

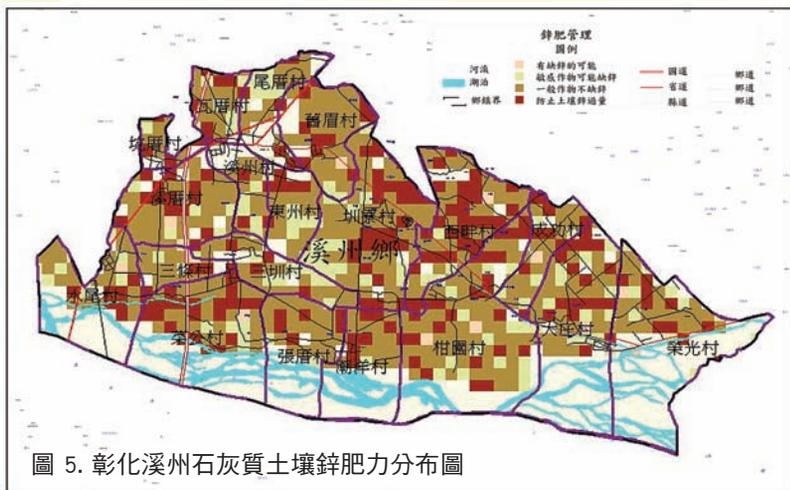


圖 5. 彰化溪州石灰質土壤錳肥力分布圖



圖 6. 彰化溪州石灰質土壤硼分布圖

(七) 錳 (Zn)

世界上水稻的生產國家，大部分是微量元素錳的缺乏。土壤溶液水溶性錳的濃度隨 pH 的升高而降低，因此含鈣豐富的石灰質土壤會使錳變成難溶性錳的氫氧化物而使錳的有效性減少。水稻土壤缺錳由許多因子的作用綜合而成，如高 pH、有機質含量、CaCO₃ 含量、陽離子交換能量、粘粒含量與種類及鐵、鋁、錳的含量與形態、硫化物的產生、內部排水的阻礙等。

錳被水稻吸收除視土壤溶液中錳的濃度外，也與其他因子有關，特別是 Fe²⁺

和 Mn²⁺ 在土壤溶液中的濃度，高濃度的 Fe²⁺ 和 Mn²⁺ 離子拮抗作物對錳的吸收。高土壤 pH 和高濃度游離的 CaCO₃ 減少有效性錳在土壤中的含量。錳在植物體中的吸收、轉運和代謝受到磷在土壤中有效性高或過度施用磷肥所抑制。錳的缺乏容易出現在粗質地且高 pH，同時土壤錳含量少的土壤。由彰化溪州土壤錳肥力分布 (圖 5)，該地區目前尚無缺錳的問題，但要注意幾個排水不良土壤錳肥的管理。

(八) 硼 (B)

石灰質土壤中之硼常形成難溶性之硼酸鈣易導致硼的缺乏，硼的有效性隨 pH 的增高而降低，且 Ca/B 比太大植物難吸收

硼，因此再石灰質土壤施用硼肥往往會有肥效 (圖 6)。

結論

石灰質土壤主要問題為土壤中 CaCO₃ 含量高，使得土壤 pH 高，雖然可施用酸性肥料或硫磺粉等酸性物質以降低 pH 而提高養分元素的效率，但由於短期改變土壤 pH 並不容易，所以選擇作物，例如水稻，配合施用酸性肥料或是有機物質加上適當的水管理，如適時的曬田，應是石灰質土壤最好的管理方式。豐