

利用草生栽培增加果園土壤碳匯

新埔分場 助理研究員 施伯明 03-5894949 分機 13

農業生產與氣候變化關係密切，常影響作物生長而造成農業損失。自工業革命以來，由於人為因素持續排放大量二氧化碳(CO_2)等溫室效應氣體，大氣中 CO_2 濃度已從工業革命前280 ppm增加至將近400ppm，估計2100年將達到550-850ppm以上；而地球氣溫亦逐漸升高，1906-2005年全球表面平均溫度約增加0.74°C，預測至2100年將上升6°C，這些變化將改變原來的氣候模式，導致極端氣候事件發生頻率增加。近年臺灣氣溫亦呈現上升趨勢，歷史資料中年均溫最高前10名，其中9年發生於2000年之後，加上近期極端氣候事件發生愈趨頻繁，如2016年1月強烈寒流、2018-2019年暖冬及2020年大旱等，每次皆對農業生產造成極大損失。臺灣果樹栽培面積約18.4萬公頃，2019年產值高達新臺幣923億元，占農業生產總值18.0%，是重要經濟作物種類，因多於露天栽培，且大部分屬於長期作物，受氣候變動之衝擊較其他作物更為強烈。



▲圖 1.2016 年強烈寒流造成柑橘大量落果。

為減緩大氣中 CO_2 濃度上升速度，將碳以有機物型態貯存於土壤中，為目前普遍認為有效之碳封存方式。土壤是陸地碳循環中最大的碳庫，碳含量大約是植被的3倍，是大氣中的2倍，估計土壤中每增加1公噸有機質，即可從大氣中移除約3.667公噸 CO_2 。土壤中碳的主要來源為植物經由光合作用將 CO_2 轉化為有機碳形式，當植株死亡時殘體沉積在土壤中，以及根系持續生長及脫落過程中釋放到土壤之分泌物，皆使土壤中碳持續累積，其中根系的碳輸入較地上部輸入更為穩定。

近年來富含碳的根系分泌物對土壤固碳的貢獻受到重視，根系分泌物含有大量可溶性有機化合物，如糖、氨基酸和有機酸等，可對土壤碳匯做出貢獻，但因這些分泌物可作為微生物群落的碳源，可能增加微生物活動而促進有機質分解，導致大量 CO_2 釋放到大氣中，所以部分學者將根系分泌物歸類為不穩定的有機質形式；然而，亦有研究指出有機質的穩定性受到許



▲圖 2.2020 年乾旱造成桶柑葉片捲曲及果實皺縮。



▲圖 3. 果園草生栽培有利水土保持及增加土壤碳匯。

多因素影響，如氣候、土壤質地、物種豐富度及微生物組成種類等，因此，於一些生態系統中，根系分泌物的碳仍然有助於提高淨土壤有機質含量；例如在草原生態系統中，根系分泌物和土壤有機質含量間存在正相關，且物種豐富度較高的草地其有機質積累量較多，而由於根系分泌物吸引微生物活動，微生物殘留物的積累亦有助於增加土壤中的碳儲量。

草生栽培是一般果園建議之管理方式，並且是永續的土壤管理策略，具有許多優點，除可保護地表土壤避免受到降雨和風的侵蝕而減少流失外，根系生長可維持果園土壤結構和穩定孔隙度，根部分泌物則可提高土壤團粒的穩定性，並維持土壤微生物的活性和多樣性等。研究指出植物地上生物量和根系生物量與土壤碳封存呈正相關，草根生長快速且可在較深的土壤中形成密集的網絡，分解速度較慢，形成有機質的效率較木本植物為高，而經由草生栽培亦可降低果園土壤水分蒸發率，



▲圖 4. 使用殺草劑加速土壤水分蒸發，不利果樹根部生長及有機質累積。



▲圖 5. 植物根系及其分泌物為土壤有機碳重要來源。



▲圖 6. 草種豐富果園土壤有機質累積量較多。

進而減輕氣候對有機質分解的影響，因此，相較於淨根栽培和使用殺草劑的果園，草生栽培果園對於增加土壤碳匯更有幫助。

由於人類的活動持續排放CO₂到大氣中，改變了原本的碳循環而促使地球暖化，不但導致自然生態系統受到破壞，亦危及農業之生產，甚至物種之生存。土壤和植物間的交互作用對於維持大氣中碳循環的完整非常重要，利用草種生長快速之特性，於果園導入草生栽培，不但可穩定土壤結構，幫助果樹生長，更可增加大氣CO₂固定量，增加土壤碳匯，為地球環境盡一份心力。