

# 減少化學肥料用量 之作物栽培技術

文圖/曾宥紘

## 【前言】

肥料為作物生產所需之養分來源，其中化學肥料因反應快速，可適時提供作物養分吸收，為目前慣行農法必不可缺之生產資材及成本投入，若能開發相應技術，來降低進口資材及化學肥料使用，應能有助於降低農業生產之碳排放。

化學肥料製造過程，因化石燃料投入及製程皆會產生碳排放，其中以氨態肥料製作為例，須以蒸汽重整法轉化天然氣生產氫氣，於高溫高壓條件下，再以哈伯法製氨，天然氣轉化過程會產生二氧化碳，造成碳排放，經估算歐洲肥料廠生產每公斤氨產品將製造1.66公斤CO<sub>2</sub> eq，美國約1.2公斤二氧化碳當量。除氨態氮肥外，硝酸製造可生產硝酸銨、硝酸鈣及硝酸鉀等，而硝酸製造過程亦需於高溫高壓條件下，將氨氧化產生一氧化氮，再氧化為二氧化氮導入水中生產硝酸，硝酸製造過程會產生氧化亞氮、一氧化氮及二氧化氮氣體排出，氧化亞氮為溫室效應氣體之一，暖化潛力為二氧化碳298倍。硝酸生產廠若導入NSCR(Non-selective catalytic reduction)技術，降低製程尾氣所排放之氮氧化物，可大幅降低製程碳排，以加拿大工廠為例，未採用NSCR生產每公斤硝酸產品會產生約2.6公斤，若採用NSCR技術則產生0.6公斤以下之碳排放。此外將氨氣導入硝酸可生產硝酸銨，生產每公斤硝酸銨約產生1-2.5公斤，而硝酸銨製程混合白雲石粉，則可生產硝酸銨鈣，生產每公斤之硝酸銨鈣約製造0.8-2.6公斤二氧化碳當量。尿素製造常於高壓條件下，結合二氧化碳及氨氣生產碳酸氨，再經高溫脫水生產而成，生產每公斤尿素產品約產生0.4-1.9公斤二氧化碳當量(Wood and Cowie, 2004)。除氮肥製造外，磷鉀肥生產同樣會產生碳排放，各種肥料生產之碳排放如表所示。

泥炭為臺灣離地栽培常用介質，然而泥炭開採及使用皆會產生碳排放，如白泥炭與黑泥炭開採會分別產生26公斤 二氧化碳當量/每立方公尺及51公斤 二氧化碳當量/每立方公尺碳排放，使用則分別產生183公斤 二氧化碳當量/每立方公尺及257公斤 二氧化碳當量/每立方公尺碳排放，此外泥炭由開採國運輸至臺灣，將額外產生運輸碳排放，在全球減碳趨勢下，預估未來泥炭價格將持續上升，因此，開發本土介質以替代泥炭，為穩定農業生產之重要議題。此外若栽培介質本身具緩效供肥特性，則農友應用於作物離地生產過程，即可降低化學肥料用量。

### 化學肥料生產製造之碳排放量

肥料別	氣體排放量 (kg CO <sub>2</sub> -eq/kg of fertilizer elements, N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> or K <sub>2</sub> O)	國家/地區
尿素	1.6	歐洲
尿素	3.1	美國東南部
尿素	3.5	英國
硝酸銨	6.2	歐洲
硝酸銨	6.5	英國
硝酸銨	7.1	荷蘭
過磷酸鈣	0.6	英國
過磷酸鈣	1	西歐
重過磷酸鈣	1.6	歐洲
重過磷酸鈣	1.2	英國
重過磷酸鈣	1.1	巴西
氯化鉀	0.14-0.25	中國

(資料參考/Walling and Vaneekhaute, 2020)

### 【作物合理化施肥】

合理施用化學肥料不僅可降低施肥成本、減少土壤品質劣化如酸化與鹽化及增加作物產量品質，亦可降低農業生產之碳排放，而作物合理化施肥需參考土壤肥力檢測資料，進行施肥調整，本場提供農友土壤肥力分析，因所

需分析時間約1個月，建議農友可於作物採收後，即採集土壤樣品送本場分析，農友依據土壤肥力檢測報告，可調整施肥種類及用量，避免一味使用土壤肥力過剩之養分，導致土壤養分不均及作物生產不良。以臺灣農田土壤為例，農友慣用複合肥料，其中磷肥極易於土壤累積，常發現農田土壤磷含量過高，可藉由降低化學肥料用量1/2-1/3搭配施用溶磷菌，以提高作物生產，此外，農田土壤有機質含量通常低於3%，降低土壤保肥力，導致肥料易流失，且土壤有機質含量低將影響作物根系生長，降低根系養分吸收率，為此，常建議農友使用腐熟堆肥，以提高土壤地力並改善土壤品質。整體而言，臺灣農田土壤確實存在減肥空間，然而該減那些肥，改用那些肥料，可先由掌握農田土壤肥力狀況著手，以利後續調整。

## 【施用有機質肥料】

新鮮有機質肥料如植物渣粕肥料、魚廢渣肥料及動物廢渣肥料等，因富含蛋白質，在土壤濕潤條件下，可因微生物分解而釋放養分，雖可據以降低化學肥料用量，然而，高蛋白質含量之有機質肥料，礦化速率快且價格通常較貴，常於有機友善農業大量應用，或是搭配功能微生物，製作特定有機液肥，以應用於促進作物生產。腐熟堆肥通常養分含量或養分釋放量低，除非特定肥料配方與製程調整，可使堆肥具緩效供肥特性，一般而言施用堆肥未必具降低化學肥料施用功效，除非於特定土壤特性如土壤電導度值過高，施用腐熟堆肥可緩解土壤鹽害，增進作物生長，避免不必要化學肥料施用。

## 【羽毛堆肥之作物介質生產應用】

本場利用羽毛結合菇包生產剩餘木屑及其他調整材，並導入羽毛分解菌，開發之羽毛堆肥具有緩效供肥特性，可應用為有機質肥料或栽培介質，如介質耕作系統中，於泥炭介質表面施用羽毛堆肥(0.3公克/平方公分)，或羽毛堆肥直接應用為栽培介質，皆可較泥炭介質降低化學肥料用量，如洋香瓜(綠誼夏系2號)幼苗種植於泥炭、泥炭表面施用羽毛堆肥及羽毛堆肥3種介質，肥料施用台肥即溶43號肥料，每株施用200倍稀釋液，每株施用500毫升，施肥頻率區分成每週施肥2次、每週施肥1次、兩週施肥1次、3週施肥1次及不額外施肥，試驗結果顯示，泥炭介質每週施肥兩次，單果重約為1.2公斤，糖度12.2°Brix，每週施肥1次單果重0.9公斤，糖度12.3°Brix。種植於泥炭介質表面施用羽毛堆肥，不額外施肥之單果重約1.9

公斤而糖度12.9°Brix，種植於羽毛堆肥不額外施肥之單果重約2.0公斤，糖度13.2°Brix，若以每週施肥一次計算，每株洋香瓜施用4.125公克肥料三要素，若以介質面積計算肥料用量，則每公頃施用肥料量約為420公斤肥料三要素，洋香瓜採收後，於各個介質表面皆施用羽毛堆肥(0.3公克/平方公分)，便可進行第2期作洋香瓜生產(綠誼夏系2號)，羽毛堆肥應用於介質生產，不論替代進口介質或施用於進口介質表面，皆可於不額外施肥條件下生產洋香瓜。除洋香瓜外，羽毛堆肥直接應用為草莓、甘藍或洋桔梗等作物之栽培介質，可不額外施肥，並具作物生產力。



第一期作洋香瓜種植於泥炭介質-每週施肥兩次(左)、羽毛堆肥-不施肥(中)及羽毛堆肥施用於泥炭介質表面-不施肥(右)之生育情形



第二期作洋香瓜種植於泥炭介質-每週施肥兩次(左)、羽毛堆肥-不施肥(中)及羽毛堆肥施用於泥炭介質表面-不施肥(右)之生育情形

## 【羽毛堆肥之雜糧作物土耕生產應用】

羽毛堆肥作為基肥使用，應用於田間作物生產，作物生育期間不額外施肥，其作物產量與施用化學肥料處理組並無顯著差異，其中大豆(台中1號)，基肥每分地施用600公斤羽毛堆肥，單株果莢數54.1、單株種子重17.9公克、百粒重14.7公克；施用化學肥料(三要素氮-磷鉀-氧化鉀60-60-60)，其單株果莢數56.4、單株種子重14.8公克、百粒重12.3公克。玉米(雪珍)基肥每分地施用羽毛堆肥1公噸，穗重(含苞葉)347.7公克、穗重232.0公克、粒重151.3公克，而糖度為12.8°Brix；施用化學肥料(三要素氮-磷鉀-氧化鉀120-50-35)處理組之穗重(含苞葉)232.8公克、穗重183.7公克、粒重123.7公克，而糖度為13.3°Brix；甘藷試驗基肥每分地施用羽毛堆肥1公噸，甘藷鮮重174.2公克、每平方公尺產量2.7公斤；施用化學肥料(三要素氮-磷鉀-氧化鉀30-30-120)處理組之甘藷鮮重180.0公克、每平方公尺產量2.8公斤。

施用羽毛堆肥雖可於不額外施用化學肥料條件下生產作物，然而羽毛堆肥於田間實際碳排放與化學肥料相比，未來仍需監測，考量目前臺灣農田土壤有機質含量偏低條件下，羽毛堆肥製肥原料因含菇包生產剩餘木屑，因此施用羽毛堆肥有增加土壤有機質之功效。



羽毛堆肥具緩效供肥能力，施用於畦面上可有效促進作物生長

## 【綠肥作物之應用】

綠肥作物會吸收殘留於田區土壤之養分，作為植體生長所需，綠肥於盛花後期耕犁入土，新鮮植體於土壤水分充足下，會因微生物分解而釋放養分，可供下一期作物之養分吸收，若田區未種植綠肥，土壤中之養分經雨水淋洗至底土層，無法為下一期作物幼苗應用，因此善用綠肥具降低化學肥料

用量之功效，其中，豆科綠肥可與根瘤菌共生，而水生滿江紅則與藍綠菌共生，皆具固氮效益。當田間主作物採收後種植綠肥，可調查田間單位面積之綠肥產量，參照不同綠肥之養分含量(可參考綠肥作物栽培利用手冊)，計算綠肥耕犁入土後所提供之養分含量，並以其一半量可應用為下一期作之作物養分吸收，計算下一期作可減免之化學肥料用量。不足的肥料量之一半須於基肥補充，剩下的部分依作物生育狀況於追肥補充，如以種植埃及三葉草為例，可於田區內自行量測單位面積鮮草量如以20公分×50公分方框置於田區中，割除框內綠肥並秤重，若每0.1平方公尺埃及三葉草之鮮草量為0.2公斤，則埃及三葉草耕犁入土，每公頃可提供 $20,000\text{公斤} \times 0.47\% = 94$ 公斤氮素，預估一半養分47公斤氮素可供下一期作之作物利用，若下一期作之作物為水稻，以水稻氮素施肥量為140公斤/公頃計算，所需肥料量為 $140 - 47 = 93$ 公斤氮素，一半量46.5公斤氮素於基肥施用，則水稻每公頃所需基肥用量約為221公斤硫酸銨或233公斤台肥1號複合肥料。滿江紅若以每公頃50,000公斤鮮草量，氮含量0.15%計算，則每公頃可提供 $50,000\text{公斤} \times 0.15\% = 75$ 公斤氮素，同樣具提高土壤養分含量之功效。



綠肥作物可應用於降低下一期作物之化學肥料用量，左為埃及三葉草、右為滿江紅

## 【結語】

降低化學肥料及泥炭用量，可降低製造及開採端之碳排產生，並有助於降低農業生產成本，助益於循環產業發展及優化耕作環境，為低碳栽培之重要環節。