



## 種土，一個楔子

拍攝過無米樂的導演顏蘭權2024

年再拍攝了一個紀錄片《種土》，描述兩位為了土壤健康而努力的農人在不同領域的努力與困境，透過八年貼身的觀察，了解包括土壤利用的化約化、農業廢棄物的不當處理、食物耗損與食物浪費等社會狀況。這種因為人工施肥過度，反而需要用回歸自然的調理方式來養護土壤的情形在全世界十分罕見，會出現這種反常的現況，跟台灣戰後以來農業政策形成的農民態度有很大的關係。

## 化肥為王的年代

1903

年已發明哈伯法用於製造氨氣，初

期仍以製造炸藥原料為主，1940

年代開始，隨著二戰軍事需求增加，對於糧食的需要也逐步提升，各項與農業相關的科學研究如

雨後春筍般開展。戰後各國開始復建及恢復時，產量提升的農業正好成為經濟與社會發展的支柱

，這段在作物品種、生產資材的大躍進稱為綠色革命，在以往肥料僅能倚靠礦產開採的時期，農

業生產常會受限於土地養分不足，加上無法有效控制病蟲害、機械化程度不足、灌溉能力不足的情

況，使得糧食產量成為人口發展的瓶頸。可以人工藉由石油、焦炭等原料工業化生產各種肥料

後，糧食問題獲得紓解，人口成長速

度呈現爆炸性的成長。1800年至1940年世界人口從10億人成長到22億人，1980年已達44

億人，2020年更達80

億人。即便肥料已成為現代農業所不可或缺的資材之一，仍有許多開發中國家無法負擔肥料的成

本而造成農業發展上的遲滯，世界銀行及聯合國糧農組織會針對這些國家提供援助。

在台灣，綠色革命風潮吹進台灣的時候，適逢國民政府在台灣剛剛施行完耕者有其田的土地政策

，地主實力大不如前。2021

年電視劇《茶金》中有個橋段，茶廠主人張福吉接受美國技術支援開設化肥廠，生產俗稱黑肥的

氰氮化鈣給農民使用，有效改善了桃竹苗地區農民的收益。可是好景不常，國民政府利用種種行

政壓力，將化肥廠收歸國有，原本的肥料自由販賣變成了管制物品，農民的經濟又陷入困難。這

不僅只是戲劇橋段，當時國民政府意識到，必須靠農產品賺取外匯，控制肥料的自由買賣，讓農民僅能用稻穀等農

產品以一定的兌換比例換取肥料，俗

稱「肥料換穀」政策。1948

年訂定的「臺灣省政府化學肥料配銷辦法」中規定：肥料之配銷換穀，以本省肥料運銷委員會為主管機關，其各地配銷業務除因特殊情形由主管機關另行指定者外，以委託當地農會經辦為原則

；肥料之分配，以種植稻穀小麥黃麻及甘蔗等作物為對象，並以交換其生產物或其加工品為原則。此辦法將稻作農民購買肥料的可能性收束在省政府糧食局身上，在當時臺灣省政府管轄台灣全

島，金馬兩縣經

濟無足輕重且均是軍管狀態下，

省政府的命令即是中央的命令，1949年開始1公斤稻穀交換1.5公斤硫酸銨，1967年改成0.85

公斤稻穀交換1公斤硫酸銨。直到1973

年李登輝前總統任政務委員時才主導終止肥料換穀政策，開放農民自由買賣肥料之後，反而造成了另一波農地的浩劫。

有一派學者認為，肥料換穀政策有利於農民有效率地取得肥料，因為肥料進口仍需透過國家統一分配，在政策執行的二十幾年間台灣的農產生產量也有大幅度的增加，農家所得也因此提升。但

更多主流的意見顯示，肥料換穀政策僅是一種過渡性的措施，政府以肥料專賣為由對農村社會做進一

步的控制

，要取得肥料就必

須和農會打好關係，取得肥料的成本

也比自由貿易情況增加20%

左右的成本，可說是變相加稅。廢除肥料換穀政策及修定營業稅法將肥料列為免稅物資之後，農民取得肥料的成本大幅降低，私人的肥料行也如雨後春筍般開立，在肥料換穀年代，耕作時使用化學肥料會增加產量的刻板印象深植在農民心中，開放自由購入肥料之後引發了大量的肥料購買潮

。以

公糧收購

帶動起的農業生產

重量不重質的風氣，更是推波助瀾讓

化學肥料的銷售衝高。2020年台灣農藥的總銷售市場規模約80

億新台幣，但肥料的銷售市場遠超過農藥

，達到新台幣220億元，主要國內生產肥料的台肥公司也因此賺取大筆資金。

## 因地制宜的施肥策略

台灣在地質上是相當年輕的島嶼，這意味著台灣的土壤仍屬於發育狀態，台灣在土壤分類上也是世界上少有的環境，在十二種大項土綱中台灣可發現十一種，僅有永凍土無法找到。台灣土壤多樣性高，也因此適合的作物相也十分豐富：例如適合茶葉生長的紅壤、由濁水溪等大型溪流沖積而成的西部平原適合水稻種植、河床的砂質壤土適合種植瓜果類等。多元的土壤環境代表著在台灣進行農業，適地適種以及因地制宜的施肥策略是絕對必要的，台灣農民在解除了肥料專賣的枷鎖之後，以產量掛帥的想法讓農地施肥變的浮濫，加上在立法委員反映應該要降低農民生產成本的情勢下，肥料再進行運費補貼降低終端售價，更加速肥料對土壤的破壞程度。肥料雖然現在是

自由市場，但仍有非常多政府干預的痕跡。

雖然從2000

年左右開始，各地區農業改良場在農業部的命令下，在各地轄區開展合理化施肥講座，並設置示範田區供農民比較合理化施肥的成效，但成效似乎仍不是非常良好，大多數農民仍然維持著父執輩的經驗，以施用化學肥料為主要的施肥策略。由於某些肥料元素的邊際效益仍高，農民即使過度施用，對於產量仍有正面影響，當發現土壤性質改變時，要恢復及改良就要花費更多的時間與金錢。而一般大眾由於不熟悉農業，對於化學肥料對土地的傷害和某些重金屬汙染掛勾，因此化學肥料的使用便開始有汙名化的情況產生。消費者跟市場開始吹起有機返祖風潮，認為不使用農藥、化學肥料的農業生產才是現代應有的農業樣貌。

以科學的角度來看，施肥應該是補充土壤所不足的元素，以植物需要最大的氮磷鉀三要素而言，也並非就只有單一元素態存在：氮可以以尿素、銨鹽、硝酸鹽方式存在土壤中，元素磷無法讓植物使用，必須以磷酐方式存在，元素鉀大多存在礦物中，必須溶於水解離成離子態才能被根部吸收，但很容易隨著水流而移動。如何擬定施肥策略，除了要考量作物本身需求之外，土壤能幫助保留多少的肥料養分也是重要的思考方向。土壤的組成除了由自然礦物經過長久的風化作用後化成的細小土壤顆粒外，還有空氣、毛細水、有機質及土壤生物共同構成，台灣農民十分勤奮，每期耕作時都會耕犁土壤、施用基肥。頻繁的耕犁以及偏重使用化學肥料，使土壤原本的「團粒構造」無法維持，土壤壓實排水不易，土壤生物沒有棲息空間而退出耕作區，使得耕作區的作物根系伸展不暢，地上部表現變得不佳，農民見狀以為是肥料施的不足導致作物生長受挫，又繼續使用速效的化學肥料，如此數十年的惡性循環，讓土壤受到前所未有的破壞，其實始作俑者並不是化學肥料，而是使用化學肥料的農民，政府長期以來誘導農民施用化學肥料等於增加產量的政策

則是另一個幫兇。同時，台灣因為位處亞熱帶季風氣候，每年雨量高於其他同緯度國家，平均每年超過2000

公厘的降雨，對於土壤產生強烈的侵蝕及淋溶作用，最主要的氮肥流失程度高，這也使得農民誤以為土壤長期缺肥而繼續增加施肥強度。隨著更強固的溫室出現，有許多原本無法栽種的作物得以在溫室內生產，像是怕雨的番茄、苦瓜、青椒、小黃瓜等，這些作物比露天種植的收益更高，也吸引更多農民投入資金興建新的溫室。溫室和露天的微氣候不同，幾乎沒有大量雨水淋洗，而是採用滴灌為主的灌溉方式，缺乏雨水淋洗使得肥料會蓄積在土壤表層，造成土壤結構的劣化。

一塊平整的耕地上，可能因為施肥跟耕作樣態的不同，讓土壤面臨多種不同的破壞。農民經過長久的耕作，也會意識到土壤的狀態變得不佳，會開始尋求改良土壤的方式，在農業資材行的推薦下，腐植酸、溶磷菌等資材被大量使用在土壤上，這些資材主要的原理都是藉由改變土壤的酸鹼值讓原本已經被固定的元素游離出來，短期內對土壤跟作物確實有改善效果，在中長期的土壤養護上其實沒有太大的正面幫助，只能說是治標不治本的方式。

## 對抗氣候變遷的黃碳

長期仰賴化學肥料，忽略有機質對土壤的助益，正是目前台灣農民對於農地施肥最大的盲點。在《養土》片中兩位主角想要恢復土壤的生機，希望把土壤養回來，最基本的工作事項就是從增加土壤中的有機質開始。不使用化學農藥跟肥料是放棄減法的思維，但不減並不代表會增，土壤的活力來源在於是否存在空隙：讓土壤生物存活的空隙、讓水分停留的空隙、讓微生物棲息的空隙、讓氣體能夠交換的空隙，而這些空隙都需要由有機質提供。有機質主要的來源有動物性來源與植物性來源，動物性來源通常來自於禽畜糞尿、家禽羽毛、屠宰下腳料及因病無法銷售必須撲殺的禽畜，植物性來源可來自於綠肥、修剪或收割後的植物殘體，生廚餘則混合性較高。相較植物

性來源，動物性來源含氮比例較高，對於直接幫助作物生長有較佳的效果，但近來食品安全意識高漲，禽畜糞中含有的重金屬或有害微生物容易造成風險，因此法規均有限制必須經過完整的腐熟處理之後才能施用，許多蔬菜產區喜歡使用便宜又高氮肥的生雞糞進行施肥，常常導致病媒叢生以及土壤鹽度過高等副作用。為了避免人體同源的有害微生物汙染，禁止使用人糞尿進行施肥，加上台灣地區衛生下水道已十分普及，以往「肥水不落外人田」、「初六搵肥」的景象可能會走入歷史。植物性來源則有較多纖維質構成的多孔隙構造，對於改良土壤環境，提升根系生長品

(carbon sink)，被稱為黃碳(yellow carbon)，比起森林所儲存的綠碳(green carbon)

，黃碳在現今的碳匯市場仍無法大量被交易的主因是用於估算碳吸存量的方法學較不足，農業耕作樣態過於複雜，建立基準線(baseline)

較為困難，但不能忽略黃碳對於整體碳匯的貢獻，且提高農地土壤碳匯，也有助於農業生產的韌性強化。根據國立中興大學森林系柳婉郁教授的研究，黃碳包括在農田、泥炭地、黑土、草原、山地土壤、永凍土、旱地、科技土、都市土壤中所儲存的碳，主要還是以有機質的方式存在。除去許多人為無法干涉的場域之外，農耕與牧草地是人為所能做出對黃碳最多貢獻的場域，由於化學肥料的製造過程大多都是增加碳消耗，在不減少經濟收入的前提下，考慮化肥減量使用跟增加土壤有機質就是對於黃碳增加最直接的思考模式。

在果樹園之類長年不會大量翻耕的土地，推行草生栽培相當受到農民的歡迎，以往農民認為在地面的雜草會競爭果樹的生長養分，因此花費大量金錢在使用殺草劑除草，以往果園覆蓋塑膠布或

童山濯濯的情況目前已然少見，現階段的草生栽培模式會優先選擇培育本土草種，建立優勢族群之後自然汰除外來入侵的草種，再藉由滾輪鎮壓或割草等方式將有機質混入土壤中腐熟。使用本土草種也可成為在地授粉昆蟲或天敵的食物來源，進一步增加生產效率及降低農藥使用量。水稻由於耕作時長期淹水，土壤底下長期沒有接觸氧氣而成為還原態，長期累積不利於水稻生長，因此耕作期間會有放水曬田措施，水稻若採取連續耕作，有時就需要有大量翻耕交換氧氣進入土壤，這樣對於土壤有機質的保存相當不利，現在主要以推廣水旱輪作並減少耕犁次數，加上種植綠肥來維護土壤地力。綠肥作物大多為豆科作物，例如田菁、太陽麻、苜蓿、埃及三葉草等，特性是會在土中和根瘤菌共生形成根瘤，此根瘤有進行固氮作用將空氣中的氮氣轉化為可供植物利用的氮肥的

能力，因此可減少

使用化學氮肥的份量。綠肥通常會在

植株將開花，生物質量(biomass)

達到最大時翻耕進土壤進行自然腐熟，同時提供有機質及氮肥。在種植綠肥時土壤為旱田狀態，可進行氧化還原反應中和原本的還原態土壤，次期水稻耕作時就不需再深耕以保護土壤結構不壓實。

蔬菜為主的短期作物輪替速度快，複種指數高，要增加土壤有機質含量很難騰出時間與空間種植綠肥，外購成品成為比較可行的方案。不過短期作物的耕地大多是租地，承租農民考量成本問題有時也會減少使用有機質肥料的數量，畢竟外購有機質肥料施用最大的考驗就是重量問題，要增加一公頃土地30公分深土壤1%的有機質就需要使用至少50噸的有機質肥料。2015

年法國提出「千分之四」倡議，希望每年可以增加土壤千分之四的有機碳含量，以減緩氣候變遷所帶來的衝擊。一手增加碳含量，一手減少碳逸散，農業所能對抗整體溫室效應的方式是滾動式

不斷更新，在生產中達到增加碳匯的目的，雖然據國際論壇估計，小農生產者要以販售碳權獲利幾乎是不可能的，但仍可藉由其他加值措施鼓勵各類型生產者進行黃碳的增加，也讓消費者了解農業對於減緩氣候變遷的相關努力。

## 結語

回到《種土》紀錄片，片中主角之一阿仁希望藉由回收城市中的廚餘及果皮殘渣達到垃圾減量及製作堆肥回歸土壤的願景，但卻被混雜過多的塑膠垃圾打敗。當農產品缺乏前端理貨機制，運送到消費地才進行整理時，所衍生的食物耗損(food loss)

以及相關的碳足跡會更高，在現代的消費市場，以無可避免在最終產品使用塑膠作為間隔或保護的措施來提升產品的最終價值。或許未來可以朝著開發可分解資材作為替代，但塑膠的低廉成本短期內仍然會占有大量的市占率。製作有機質肥料回歸土壤本是相當正面的思考，慎選原料來源才可收事半功倍之效。台灣在農業相關領域有許多發想都還是需要經過專業人士的驗證與實務討論，以免繞著繞著卻走進了死胡同。已經有越來越多的農民切身處地理解到必須尋求化肥與有機質的共存平衡才是永續經營農業的方向，不當壓榨地力的落伍行為，就留在上一個世紀。

作者 林弘仁 為社團法人台灣良好農業規範發展協會理事長