

# 台灣農地污染與復育問題

人類的發展雖然在自然的演進歷史過程中僅占一極小的片段，但由於「人」對生活條件的殷切需求與對大自然的好奇之驅使，已導致科學及技術發展的長足進步，嶄新技術的創研已然造就了工業進步的一種潛在力量，這成果不僅是在工業，同時在生物、醫、藥界的應用發展更是蓬勃，在最近十年間，基礎生物知識及觀念的瞭解與變革，更帶動生物技術的劇大變革，例如遺傳工程已經開創了科學界在實驗技巧及觀點一個新的紀元，其成果遠超過自然演進所能達到的目標。但是在全球發展與初嘗甜美果實的背後，人類也遭受到有關環境保護與保育新的挑戰。

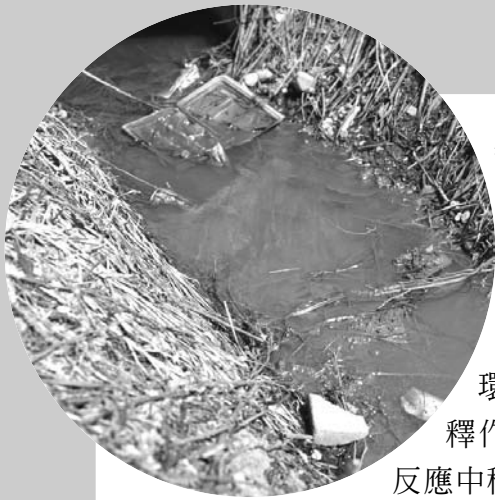
工業革命之後，在 1960 至 1980 年代，世界上層出不窮的環境污染問題一一上演，從 DDT 在生物體的累積及在環境中的散布、美國著名的愛渠 (love canal) 事件、日本沿海地區的蚶受到汞的污染、到台灣本地因地下水砷的污染導致烏腳病的病例等等，污染物的種類涵蓋有機及無機組成，其所造成環境的浩劫及人類生命的損失，使得當時一些有識之士如 Ms. Carson 出版了 *Silent Spring* 及地區性的報社記者 Mr. Michael Brown 等人的大肆報導，喚起了大家的警覺與覺醒，於是開啓了環境保護的全球性意識。

但不可諱言，環境污染的問題並



未因上述的事件及人們對環保的重視與努力而完全終止，舊的與新的污染源與污染場址仍一件一件的發現與發生，雖然我們已因過去處理污染場址的經驗，架構出一些處理的標準方式與技術，但是考慮到人類製造與溢散污染物種類、污染物在環境中愈來愈複雜的傳輸與生化轉變、以及因時地與氣候的不同所導致各場址在地區性的差異，沒有任何科學家敢斷言他 (們) 所發展的復育技術可通用於各個污染場址，於是到今天為止，新的復育技術的研發仍然在世界各地進行著，大家努力的方向無非是找出一個方法可非常有效的、省錢的達到環境復育所設定的目標。隨著復育技術的發展，人類瞭解到任何復育的方法都有其限制，絕大多數的技術所需的花費往往令污染者或政府咋舌，且沒有一種技術可達到百分之百的去除環境中之污染物，使受污染的環境重回原貌。

有鑑於此，環境污染物的復育工作，應愈接近源頭，處理的效果愈好與相對的花費愈低。在過去數十年，廢棄



物處理的策略及認知為：排放的污染物應會在環境藉由稀釋作用與降解反應中移除，故對目標物的影響不大，但是隨著污染物種類的增加與集中，環境的自淨作用已無法滿足對污染物的減量與去毒性的過程，於是乎污染物藉由媒介的傳輸及衝擊到目標物（生態系統或生物）的例子一直在重演。有鑑於此，污染物的處理與復育技術的開發應朝向污染源頭進行，也就是在污染物進一步擴散前防堵，如此才有可能在最省時、省錢的狀況下完成。

在台灣，重金屬污染研究經常侷限於調查這些重金屬在土壤的分布，復育工作由於牽涉到時間、金錢的龐大支出，往往使得土壤復育變得滯礙難行，於是污染的土壤成為台灣幾十年來除不去的痛，農民苦無機會繼續耕種以維持生計，政府更因持續擴大的補貼受污染土壤地上物的收購及追蹤，浪費寶貴的政府資源，更重要的是可耕作農地的持續萎縮，造成台灣農業發展的隱憂，違背農業永續經營的宗旨。雖然土壤復育技術已被開發應用（包含物化處理，工程技術法及生物處理），但部分以快、省時的考量去處理土壤污染問題，將大量的酸、鹼施入土壤，電熔處理或將土壤予以永

久的固定化，使得整治後的土壤變得不適合農耕使用，試問有多少寸土寸金的台灣農地可這樣的消耗？為此，發展出一有效且對土壤環境影響最小的復育方法，乃土壤學家應做且必須要做的事。如前所言，污染物的處理應在其進入環境前即進行，才可達事半功倍之效，當污染物已由源頭釋放再經由媒介的傳遞，要由這些受污染的媒介中將污染物完全分離出來，以目前的技術是一不可能達成的目標，尤其是這三種傳遞媒介中最為複雜土壤環境之淨化，因此，我們必須在污染物進入土壤前將其截取，才可避免其進一步擴散，導致不可收拾的後果。

### 台灣農地污染概況

永續發展是我國近年來所推展的一大施政與教育方針，目的除了與國際上對環保事物接軌，盡一份地球人的責任，改善日益惡化的地球環境外，最重要而切身的問題之一則是如何達到農業的永續經營與管理。發展永續農業經營攸關台灣農民長長久久的生計，從戰略意義而言也與我國自己自足的農業政策相符，但是縱觀今天台灣重工輕農的環境下，不僅農業人口大幅下滑，更重要的是在工業發展中，農地常因人為無意或刻意的傾倒廢棄物而受到污染。根據環保單位在民國 71 年開始的「台灣地區土壤污染防治概況調查」，全台灣 116 萬餘公頃農田土壤，砷、鎘、鉻、銅、汞、鎳、鉛、鋅等 8 種重金屬任一種達含量偏

高的四級(總共區分為五級，詳見土壤及地下水污染整治網，網址：[http://ww2.epa.gov.tw/soilgw/page01/page01\\_00.asp](http://ww2.epa.gov.tw/soilgw/page01/page01_00.asp))，疑似受污染的農地面積高達 30 餘萬公頃，占總面積的 25.8%。雖然自民國 75 年進行土壤細密調查發現，台灣農田共計約 5 萬公頃為土壤污染分級四級以上的區域，較第一次概括調查少了很多，但是不可諱言，土壤污染範圍有持續擴大的趨勢，其中又以台中及彰化為台灣農地受重金屬污染最嚴重地區。

台灣農地的污染常充斥者人的因素，使得其分布非常複雜，有些農民深切的瞭解渠道水質的問題，故寧可自掘深井灌溉，或在發現有顯著問題的水質時(如顏色偏綠或偏紅，或有異味與氣泡)，即關閉其農田入水口，因此，常發現部分農地的重金屬污染似乎沒有一致性的趨勢，也就是說，即使相臨的農地也會因農民灌溉的習慣而有很大的差異，這使得環保單位與農民在農地污染的認知上經常發生齟齬。此外，筆者發現，農民對灌溉渠道中何時有污染物出現與其可能來在於何地都瞭然於胸，但他們常抱怨通報縣市環保局卻沒有很大的作用，或許這是因為稽查人員的不足或各主管單位聯繫與制度上的缺失，不過就筆者個人的經驗與認知，傾聽這些在第一現場農民的聲音，或許對環保單位在擬訂工作方針與制定相關政策時應有非常大的幫助。

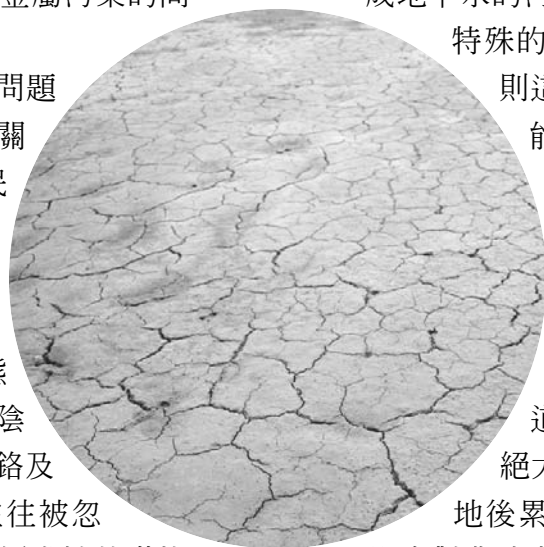
## 土壤復育面臨的問題

目前在台灣 1,000 餘公頃的疑似重金屬污染的土地中，扣除銅及鋅外(銅與鋅原本就是人體應攝取礦物質之一，且目前也沒有其危害人體健康資料)，約有 319 公頃的重金屬嚴重污染土地，環保署於 90 年發包由北中南三地業者鎖定這 319 公頃土地進行更細部的調查(在每 1 公頃土地採樣 30 - 60 個土壤樣本)，確定污染物的種類及範圍，立即劃定為管制污染場址及公告地號，並於去年開始陸續由各地政府公開招標，進行後續整治與追查污染工作。而土壤污染改善方式，主要採土壤翻轉稀釋及酸洗二法，針對污染範圍較大但毒性較不明顯之重金屬鎳、銅、鉻、鋅採用翻轉土層稀釋法。翻轉土層稀釋法是將受重金屬污染之農地，以挖土機或耕耘機作垂直及水平之均勻混合，利用土壤的稀釋作用降低土壤中重金屬之濃度至安全範圍以下，或是利用上下翻轉法將受污染的上層土壤與未受污染之下層土壤互換，以恢復農地之利用性。

此法在處理未含鎘或污染程度較低的農地上，整體效益比較高。酸洗法乃採強酸將污染土壤中的重金屬予以溶出，但污染土壤經過強酸浸泡數小時，需要大量清水沖掉強酸和化學作用產生的氯離子，通常用水量是酸液的 15 倍，龐大的廢水除了將造成二次污染，酸洗法殘留氯離子還會影響土質，導致土壤鬆軟，容易下陷，降低地力，故絕大多數土壤專家均對此一方法的施行抱持懷疑及反對的態度。以農業的角度來

看，植物復育(利用植物的生長由根吸收或固定土壤中的重金屬)應是對農地的衝擊最小的方式之一，但是其缺點在於耗時及植物本身的生理反應，成效不佳(例如，研究顯示，大部分的土壤重金屬不能被植物的根吸收及轉移至地上部)。最近，科學家更利用基改的方式，例如利用病毒基因轉植入植物體內，使其可製造特殊蛋白質，來幫助重金屬在植體內的運輸，但是這研究仍在實驗階段，相信在不久的將來，應可提供我們以非工程的方式，解決部分土壤重金屬污染的問題。

重金屬污染問題廣為社會大眾所關切，但是一般民眾被給予的重金屬污染訊息常僅侷限於鎘、銅或鋅等陽離子型態的金屬離子，對陰離子型態如六價鉻及砷的金屬污染往往被忽略，再加上他們經常被基礎的化學觀念所誤導，認為這些金屬會因吸附或沉澱作用而累積在土壤的表面，在土壤剖面的移動極低，因此祇要針對表土作污染物的減量，減少植物根的吸收，藉以杜絕其進入人體食物鏈的循環即可，殊不知陰離子形態的金屬污染更較陽離子型態的污染危險，理由很簡單，一些對民眾直接且迫切的危害，如空氣及表面水的污



染，一般人可以視覺及嗅覺得知，所以不用任何專業常識即可為大眾注意與圖思預防，但是土壤的污染問題則須專業人士的分析才可，若這些所謂的專業人士又不知土壤的基本性質，僅針對土壤表面的金屬含量做分析研究，難免會導致資料的不完整而誤導土壤復育的施行作為。舉一簡單的例子，金屬陰離子在一般酸性土壤移動性不高，因此其在土壤表面含量較高，但是對鹼性土壤而言，這些金屬陰離子具有高的移動性，所以其在土壤剖面的遷移極快，極易造成地下水的污染，若不思及各類金屬

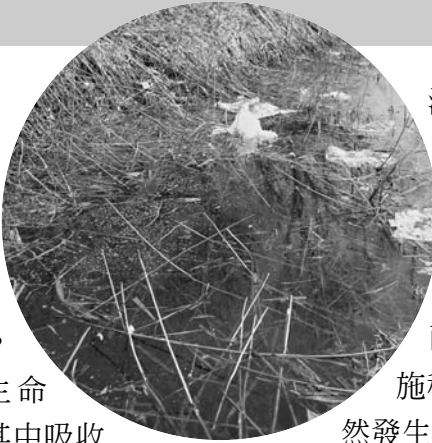
特殊的理化性質及土壤環境，則這類金屬的污染問題有可能被忽視，再加上大量地下水的抽取利用，這些金屬進入人類的食物鏈中絕非不可能。再舉一例子，土壤農地污染主要的污染來自於灌溉渠道已是不爭的事實，但是絕大多數的重金屬在進入農地後累積在入水口附近，由於過去對農地中重金屬分布的不瞭解，在復育工作進行全面翻施的結果，僅稀釋了入水口附近重金屬的濃度，反而加重了重金屬於遠離入水口地區與底層土壤的分布，也就是說，土壤復育的結果反而因人為的方式促進了重金屬在土壤中的移動。若能事先瞭解重金屬在土壤中的轉移特性，針對入水口附近的土壤來處理重金屬的問題，相信不僅復育工作更為有效且可大大的降低其成本。

## 結語

土壤由有機與無機物質所共同組成，是提供農業生產，維繫人類生存所不可或缺之材質，它就像是龐大的生命體，我們不斷的從其中吸收

及利用中的組成分，使得人類得以繼續成長及孕育下一代，它也像母體對於嬰兒般可吸納人類所排放的廢棄物質，但是，我們若不以對等的方式回饋及保持它永續的生命，則其必會慢慢的枯竭死亡。土壤從數千年前有人類生存的紀錄以來，就默默的奉獻，它不像空氣也不像水體，稍有些許的逆境即顯病態，由於土壤這種高緩衝能力，使得絕大多數的人們有著錯誤的觀念，總覺得土壤可無限制的接受及處理人類所不要的物質，也由於土壤具有「忍痛」的特殊性質，使得人類總是關注在「愛哭」、「愛叫」的空氣及水體上，忽視及未給予土壤應有的照護，因此每當土壤顯現病症，其往往是非常嚴重的問題，使得人們束手無策，有鑑於此，做為生產的農業土壤，人們更應設置具有預警功能的措施，及早防止土壤品質的惡化。

如文中所述，農地重金屬的污染主要累積在入水口附近，若無法有效的以公權力清除移走污染源，或許可於農地入水口犧牲一小塊面積來做為一濾床，過濾掉渠道水中的重金屬，爾後再針對這一小塊土壤進行監測、



清除與回填乾淨的土壤即可，如此將可大大的降低重金屬污染農田與持續擴散的可能性。此外，由於最近發現經處理過後的農地，雖在總量已低於重金屬的監測值，但在施種低重金屬吸收的水稻後，仍然發生問題，因此，土壤中重金屬物種的差異可能遠比其在土壤中之總量來得重要，不過那一重金屬物種的存在才是造成作物吸收最大的形態，仍有待釐清，若此研究可突破，或許將來即使土壤重金屬總量超過標準，但是只要抑制對作物有效性最高的重金屬物種，即可達到防治作物吸收的目的。

土壤是由岩石經數千數萬年的時間慢慢的風化(由物理、化學及生物力分解破壞岩體)生成，它的珍貴不言可喻，身為研究土壤科學的一份子，誠懇的希望每個人都能重視及愛護它，也期待不論是那一背景出身，從事農地土壤工作的科學家及政策擬定者，能夠以「永續土壤」的觀點，仁慈及溫柔的對待我們賴以生存的土壤。土壤是由無機及有機體所組成，土壤一旦受到外來物質的影響，這土壤中為數眾多的無機與有機物必會與其做不同程度的交互作用，產生極為複雜的關係，加深我們從土壤環境中移除這外來物的困難，因此，土壤問題的解決，真的很難兼具效率而不損害土壤本身，即使有上述一些治標的巧門存在，但是惟有加強土壤污染的防治才是根本解決土壤問題的不二法門。🌱