

本省農田土壤劣化問題之檢討與改進

◎農試所農化系　郭鴻裕　朱戩良　劉滄棪　劉禎祺　江志峰

美國學者Lal等人近年將土壤劣化定義為：因為人類對於土壤之誤用，導致土壤品質之退化。換言之即是土壤劣化乃是因為利用土壤而損及目前及未來土壤性質或利用潛能，導土壤之土壤生產力降低(質或量之降低)。Lal等人並將土壤劣化分為三方面，包括：土壤物理性退化、土壤化學性退化及土壤生物性退化等。土壤物理性退化問題又包括：土壤密實與土壤結皮、土壤磚紅壤化、沖蝕（ 水蝕與風蝕）與砂漠化；土壤化學性問題包括：肥力之流失與養分不平衡（土壤酸化、土壤鹽鹼化與有毒物質之加入）；土壤生物性問題包括：土壤有機質

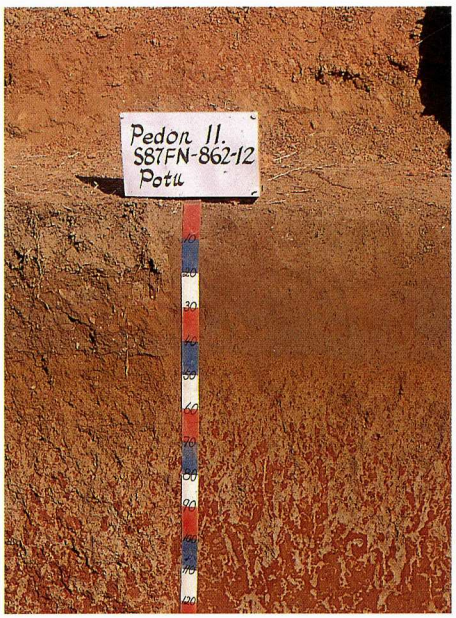
根據聯合國糧農組織於一九七九年之報告，將土壤劣化種類歸類為：水蝕、風蝕、鹽害、土壤化學性退化、生物性退化等。並認為土壤劣化之後果，包括：作物產量減少、增大農業投資、降低土壤產值或土地流失、水庫河川、灌溉渠之淤積、增加水患、水資源流失、養殖業損失、影響人體健康及生活品質受損等等，其影響相當廣泛，被視為是全球性之大問題。在一九八四年之估計全世界每年約有50至70億公頃（約佔世界農地0.3%至0.5%）之可耕地因土壤劣化而損失，推測至公元兩千年將擴大至100億公頃之農地損失。



圖一、20至40公分深之犁底層相當密實，阻礙大部分根系伸展



圖二、大雨後造成之土壤結皮，影響發芽率與土壤通氣性



圖三、北部地區紅壤之聚鐵網紋層(plinthite)

之減少與土壤大型與微生物之減少等。

本文試借其論點，闡述並檢討本省之農田土壤劣化之生成環境與部分改進研究之結果，概略分述如下：

一、土壤物理性劣化

（一）土壤密實

土壤之密實乃是因為耕犁層下之土壤之構造孔隙被破壞或減少所造成。近年因為對於農業機械倚靠殷切，同時農業機械發展大型化，以增加效率，但亦因巨型機械碾壓而使得土壤產生犁底層。

本省農田因水田耕作多年，因人畜或機械在浸水環境下耕犁行走；或因本省春、夏多雨環境，農民搶農時而在土壤濕度太高之情況下耕犁，極易產生犁底層，使土壤密實。多年來之調查資料顯示，本省農田土壤之密實情形普遍而明顯，一般旱作之根系很少深入18公分以下，尤其是稍粘重之土壤，對於旱作作物產量影響很大，尤其在乾旱或多雨之情況，可以明顯感受土壤密實之影響。同時，因為在坡地之土壤密實而導致土壤沖蝕或水分逕流之損失，或因土壤密實而影響肥料肥效、灌溉效率或增大蒸發散量及作物易罹病害等不利之效應。

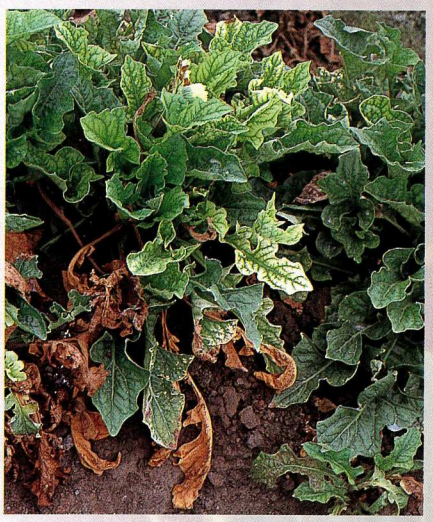
省農試所及各區農改場之歷年田間試驗研究或小規模之推廣試驗資料，顯示因深耕或潛耕對於玉米、香蕉、花生等作物之增產有10至20%之效果，依田間土壤之密實程度、耕作期之氣候與田間灌排水設施而定。國外之資料亦顯示，作物因曾土壤密實而導致農作物減產25至50%，或增加耕犁燃料費達35%。

（二）土壤結皮

土壤結皮是因雨滴之衝擊地表土壤，形成厚度約為1公厘之膠結表皮；另一種為因地表之微小物



圖四、西南部沿海地層下陷區產生之土壤濕害，無法栽植作物



圖五、設施過量施肥導致土壤鹽分累積，引起非洲菊生長障礙

質洗入孔隙中而減低孔隙率，形成厚度3公厘結皮。形成土壤結皮之原因有三：(1)雨滴之衝擊，(2)因雨水淋洗而使得土壤溶液之電解質濃度低，(3)缺乏土壤基質而使得黏粒或細小物質易於分散或移動。

本省因為農田土壤以坋質壤土為主，位處亞熱帶使得農田土壤有機質含量不高，故土壤膠結力不足，一次耕犁土塊太大，可是多次耕犁後土壤又變成碎土；加以春雨及夏日多驟雨，雨滴大而衝擊力大，或是農田採用漫灌，水分蒸散後，土壤易於結皮，對於春、秋作作物之發芽率影響甚大，甚至需要再次播種，影響農時尤以雙子葉作物影響更大。土壤結皮之現象亦頗為普遍，因為本省水旱田輪作制度已久，中、南部砂頁岩區土壤有機質含量不豐，土壤質地又多為坋質壤土，土壤結皮現象普遍。在農試所試驗田之坋質壤土田區觀查試驗，對於大豆之出芽率影響可達40至75%，玉米之發芽率亦在10至30%之間，推測原因除土壤性質外，因土壤有機質含量低及水旱田輪作之因素亦使得本項問題明顯。為解決本項土壤問題，農試所過去在轉作政策實施期間曾研發夏季田菁中間作不整地栽培玉米去克服，成果良好；一般亦有不整地栽培較整地栽培產量豐產之試驗結果，但需視土壤與氣候條件而定。

（三）磚紅壤化

磚紅壤化與紅壤化經常被某些土壤學家混淆，磚紅壤化是因土壤中之鐵、鋁氧化物聚集化，並膠結成像鐵石般之硬塊。換言之，磚紅壤化是一種土壤物理性與化學性皆差之土壤劣化產物。本省之紅壤面積約有150,000公頃農田，分為水旱田兩種耕作制度，但產生磚紅壤化土壤系發生於水田利用或有地下水之田區，主要集中於桃竹地區，其對於水旱田之生產皆有不利之影響，對於旱作之影響較大

。根據近年在桃園地區進行之土壤調查工作發現當地之土壤由於石門水庫完成後由旱田轉為水田，其土壤剖面內部亦開始產生磚紅壤化之跡象，惟尚不嚴重；在三芝之調查發現當地之紅壤因水田栽種已有數百年之久，故在磚紅壤化現象已明顯，但發生於剖面底層，程度上尚不影響農耕。在桃園臺地地勢低之地區，由於地下水文之影響，許多磚紅壤化土壤產生，影響剖面內部排水，對於某些旱作生產影響甚大。

磚紅壤化對於本省農業生產之影響並無立即性之威脅，但對於土地利用之限制確明顯存在。但如果因土壤沖蝕或土地重劃將表土推移而使得聚鐵網紋（plinthite）出露，經乾燥後將嚴重限制耕作，需預為防範。此外土地利用或耕作制度亦會影響磚紅壤化之進行，應由長期之眼光妥為規劃此區之土地利用，但目前甚少對此主題進行研究。

（四）土壤沖蝕

土壤沖蝕即是土壤受水、風力之影響而搬離流失之作用，造成珍貴的表層土壤有機質、養分損失而使得生產力低落。本省因有水土保持局、林務局等專責機構負責本項業務，同時大家亦清楚水土保持之重要性，不在此多作討論。土壤沖蝕全部問題之癥結僅在有無落實水土保持之工作。此外，本省沿海地區之風蝕嚴重，防風林及荒蕪田區之管理不可忽視。

（五）土壤過濕

土壤過濕，土壤孔隙大都為水所充滿，並將土壤空氣排出土體外，或土體與大氣間之氣體交換無法完成之危害。土壤過溼，根圈環境缺氧，使得根系不能生長或生長不良，對於生產有嚴重之影響。

本省農田土壤過濕之產生原因有許多，包括：(1)過多之降雨或洪水產生短期之濕害。由於全球氣候變遷之效應以及社區、工廠、道路的擴張、坡地之開發，洪水危害頻率增加，造成許多農田易於遭受過濕之危害。本省之養殖業、工廠大量利用地下水，但另一方面因水田轉作、農田轉用為社區、工廠及道路等因素，使得地下水補注不足，造成宜蘭及西南部沿海地區之地層下陷，部分地區農田經常遭浸水而無法耕作。因為地層下陷之農田常轉為魚塭地，故其遭為害面積甚難估計。(2)灌溉或地層下陷導致地下水位提高之濕害。在水旱作混栽及沿海地層下陷區發生。(3)因耕犁壓實土壤產生之濕害。常在較黏土壤發生，主要為農民在不恰當之土壤水分狀態下耕犁或遇雨搶收作物。(4)不當的公路或社區建設，阻擋地表排水。土壤過濕除了因根系缺養造成作物生長不良外，在地層含鹽分區，常因地下水位高而使得鹽分上昇至地表而造成鹽害。

二、土壤化學性劣化

（一）養分流失或養分不平衡

土壤養分流失通指因農田表土沖蝕、土壤養分淋洗下滲、土壤有機物分解等事實，造成土體中提供作物養分量減少，影響作物之生產。此處專指土壤中鹽基之損失，土壤養

分之流失可能因為灌溉、施肥及土壤之自然化育而產生。雨水、灌溉水中含有氫離子，可能與土體中之鹽基替換，造成養分下移；或是水田耕作，產生之氧化還原作用，使得鐵、錳離子下移，造成退化水田或鐵錳聚積層等；化學肥料之施用產生之硝化作用產生之氫離子會促成土壤鹽基之替換而損失，同樣有機肥之分解與硝化作用同樣的亦產生酸根，使土壤鹽基流失；有時有機肥會改善土壤酸化現象，乃是因有機肥製作過成加入一些石灰物質之故。如果施用化學肥料同時亦注重鹽基之補充，本項問題可以減輕許多。許多之園藝作物田施用過多之磷肥，殘留於表土，會阻礙其它養分之吸收，產生養分不平衡之現象。

在過去之土壤調查發現許多中、粗質地之酸性農田，其表土之交換性鹽基下移現象明顯，本省又處於高溫多雨之地區，推測本項土壤劣化之現象，普遍存在中、粗質地之酸性農田。養分不平衡區除上述之園藝作物田外，許多灌溉水含有石灰物質之農田，常因農田富含鈣質而與其它養分產生頡抗作用，造成養分之不平衡，此項問題普遍存於彰化、嘉南沿海區及花蓮縣北部農田。

（二）土壤酸化

土壤酸化為眾所認為土壤劣化之主要証據，土壤酸化是種自然現象，人類之施肥及工業產生之酸雨加速土壤之酸化。土壤酸化在中、酸性土會造成鹽基之淋失，對於作物生長不利，但在本省沿海鹼性土地區反而有利。土壤酸化很容易以施用石灰物質改善，過去已有很多之試驗研究成果，而且施用石灰物質是一很普遍之土壤管理方法，只是在本省過去栽植水稻之環境並不需要此項措施，目前改為旱作、園藝作物等則對於此項問題必需重新重視。

一般人常將本省土壤之酸性分佈與土壤酸化混為一談，本省因處亞熱帶及受古氣候之影響，許多土壤屬於酸性是延續舊有環境所造成，與現今施用肥料或酸雨等產生之土壤酸化現象應有所區別。

（三）土壤有機質分解

土壤有機質對於土壤理化性質有其貢獻，如果土壤有機質分解將造成土壤養分之損失、土壤保肥力、保水力降低及土壤構造崩解、土壤生化活性降低等。土壤有機物分解對於作物產量影響之重要性自古為農藝家所重視，但由土壤養分觀點分析並無其特殊之處。許多國內外之長期施用有機質肥料與化學肥料之比較試驗亦証明此項觀點，但由全球氣候變遷與能源之節用觀之，關心土壤有機物之分解與否是重要的。

一般認為施用化學肥料會加速土壤有機質之分解，但在英國洛桑試驗場與省農試所之四十年長期試驗皆証明施用化學肥料之試區其土壤有機質含量雖低於施用有機肥區，但高於不施用肥料區。由此可知施用肥料並不減低土壤有機質含量。

（四）土壤污染

土壤承受外來之有機或無機物質致使影響作物生產，稱之土壤污染。本省工商業發達，許多工廠特別是染料與電鍍工廠散

佈農田間或灌溉水渠旁，如其排放水未妥善處理，廢水極易流入田區造成土壤污染，不但對於作物生產有影響，對於人體或家畜健康影響亦大，如滲入地下水中危害更大。

本省之土壤污染調查環保署已有調查，一般位於輕工業發達地區之農田遭受重金屬污染較多，有零星地區遭受有機物質如：油脂類之污染，對於農作物品質與產量會有影響。本省土壤污染之另一隱憂是來至禽畜糞堆肥之重金屬，一般認為有機質肥料是最佳之肥料，但經省農試所與各縣市政府之抽樣調查資料顯示，部分市售有機質肥料之重金屬含量偏高問題是不容忽視，應加強品質管制。

（五）土壤鹽化

土壤鹽化是土壤累積大量鹽分，造成高滲透壓，使作物生長不良。因為本省沿海地區地層下陷，經常有海水倒灌之事發生，使得土壤遭受海水侵入，土壤鹽化而無法耕作。另部分地區土壤剖面富含鹽分，過去因為以水田耕作為主，將鹽分壓制於底層，近年則因為水田轉作、乾旱停灌或地層下陷導致地下水位上昇，使得土壤鹽分回復地面而影響耕作。部分設施園藝區，因施用大量肥料並缺少淋洗措施，使得地表累積鹽分，作物種子發芽率降低或作物生長不良。本省之土壤鹽化問題以沿海地區之海水倒灌影響面積較大，後二者之影響面積較小。

三、土壤生物性劣化

（一）土壤有機物減少

土壤有機物為土壤中生物之主要能量來源之一，土壤有機物之多寡影響土壤生物之生存量與活動性。土壤有機物之重要性已在土壤化學性劣化提過，但亦有人將土壤有機質減少歸於土壤生物性劣化。在本省有關土壤有機物與土壤生物性之關係之研究目前才起步，尚無完整之資料。

（二）土壤大型與微生物之減少

土壤大型生物與微生物對於土壤元素之循環、分解有機殘體與廢棄物、污染物質之去毒作用、土壤病菌之頡抗作用等相當重要。因此土壤生物之數量與歧異度之變化被視為土壤品質之優劣，如果土壤生物量減少自然對於上述之作用有所影響，直接或間接對於作物生產或環境有不利之作用。雖然目前尚無良好方法可以完整測數土壤之生物量與種類，但是許多推測之方法如：呼吸量、土壤酵素、氧化還原速率等可以間接量測某些特殊作用之微生物量。

土壤生物減少之原因很多，包括：施用農藥、殺草劑對於大型生物與微生物之量或土壤呼吸量抑制，施用含氨之肥料抑制硝化作用或施用大量動物糞尿增加亞硝酸離子之積累等，土壤遭受重金屬污染對於土壤呼吸量亦有抑制現象。土壤生物量之監測亦為目前新興之學門，本省甚少資料完整討論本項主題，但有關本省蚯蚓之數量變化或農藥對某些微生物數量之影響等有許多報告，農試所已開始著手農田土壤品質監測，應再加強土壤生物性之監測項目。