

澳洲土壤管理政策報告

前言:

澳洲在 1990 年代早期，將國家土壤保護計劃納入國家土地關懷計劃中，在 1995 年則將 NSW 土地保護局併入土地及水資源保護部，造成澳洲一直都沒有專門且全面的土壤保護計劃或是機構。近來雖然有所行動，但目標卻是非常狹窄，一直至 2000 年提出 20 億元的國家鹽化及水質行動計劃(NAP)。在進行這計劃時，國家土壤及地形委員會考慮了緒論中所列的影響因素，也認識到有需要進行更具合作性且全國性的努力，才能讓委員會認為這是重要的議題，因此也尋求支持新的聯合國土壤公約，對氣候變遷公約、生物多樣性公約、及防止沙漠化公約進行補充，這將可為全球土壤資源的保護與管理，建立國際性的法律架構。

一、土壤保護焦點的轉移

為何在過去的 20 年間，土壤不再成為公共及私人優先投資標的的理由，最少在澳洲的情況是如此。初步認為有兩大類原因：一是整體的原因，這不是土壤自身的問題，另一特定的原因，則與土壤保護的認知有關。其包括:

- 氣候變遷、鹽化、水質及水量、森林老化、受注目的濱臨絕種物種、雜草及野化的動物，這些議題受到更多公共及政治的注意力，因此也得到公共投資。城市居民期待政府來照顧土壤，並負管理之責。
- 有需要發展一個更整合的模型，來處理 NRM 議題，在過去十年中，政策制定者、計劃管理者、社區領導人、及學會，對這模型的設計及實行，投入了大量的關注及努力。
- 在高等教育方面，這使得大學將資源集中在學生有需求的地方上，既然學生對土壤科學（以及農業和許多科學項目）的需求不高（可能是因為以下述的一些副面觀感，也認為畢業生薪水不高的關係），因此，在大學部份，大量減少完整土壤課程的提供，而且也不再提供或是已移除了重要但昂貴的部份，像是田間工作，結果就是入學人數的減少，這循環一再發生，當然也很難再重建土壤專家及專業能力。
- 最新的澳洲環境報告(www.environment.gov.au/soe/2006/index.html)，因為監測、評估及目錄系統的不完善，再加上各地區的努力也不夠的關係，所以無法與主管機關，一起對澳洲資源狀況的趨向做出報告。

在土壤保護認知相關的因素，包括：

- 到處都存在土壤，而且土壤就是土壤（對非專業人士來說），不會改變，因此土壤被視為是理所當然的存在。土壤惡化的過程包括了酸化、鹽化、有機物質及土壤結構衰退，這過程非常緩慢且不易察知，像是閃橘燈而無法像閃紅燈一樣要求立即的注意。

- 土壤議題一點也不具吸引力，在 NRM 議題中，他們無法受到強而有力遊說團體的資助，不太能激發公眾的想像力，也無法引爆媒體戰，無尾熊反而受到更多的關注，似乎只有土壤學會才會要求對土壤進行更多投資。
- 政策及決策層級中，也沒有對土壤資料的”需求拉力”，即使政府已經決定要訂立新的土壤法規，像是歐盟的新土壤保護策略，但在會員國中實施這法規卻滯礙難行，因為認為這種法規會有礙經濟發展。政府也不願意以保護的理由，像是土壤保護，進行規劃，因為這會限制土地的用途，也不願意將土壤保護與瀕臨絕種的生物、礁岸、或雨林等議題，相提並論。
- 土壤學會目前（最起碼）仍無法讓大眾及資深政策決策者，將良好的土壤管理及更大環境的社會、環境及經濟結果之間的關係，連結起來。
- 土壤保護最早是由專業機構組織所進行的土壤保護，長久以來一直忽略了生態環境在科學、政策、管理方面的發展。土壤科學主要仍是研究土壤的物理及化學特性，而土壤生態學以及土壤生態多樣性，仍是土壤科學中的邊緣地帶，但他們可能是通往更大範圍（更有力且更有影響力的）保護運動的橋樑。澳洲在 1990 年代的土壤保護，大部份仍是與利用地表水文學、工程、及推土機來控制侵蝕有關，而不是為了各種益處來管理全部的地表。
- 在很多行動中，不論是在公共政策的辯論中，或是建立土壤專業能力方面，似乎看不到專業的土壤科學組織，這情況與來自水資源及生物多樣性方面的專家完全相反，例如，水資源方面的科學家已經非常有效的推動國家鹽化及水質行動計劃(NAP)、國家水資源行動(NWI)、保護生物多樣性的生態系統服務付費機制，並且，在國家水資源安全計劃的 100 億經費中，有 4 億 8 千萬是用來建立新水文標準，及一個全面統一的全國水質監測及計算架構。無疑的，水議題受到很大的公眾關心，特別是在嚴重乾旱時，但是，一個更有組織的土壤學會，或可助於土壤狀況及水質之間，或是土壤管理與乾旱回復力之間的關係。

二、聯邦系統中的自然資源管理

一直到 1980 年代早期之前，澳洲聯邦政府幾乎不涉入土壤保護活動，大部份的州有成熟的土壤保護機構，或是在農業機構中設有重要的土壤保護局處，再加上相關的推廣服務，使得他們在農業社區中通常備受尊崇，他們的工作主要是控制土壤侵蝕及減輕土壤結構惡化、鹽化、酸化，利用不同的農藝及工程方法，來控制地表水的移動。大部份的地區都有自己的監測及地圖系統，而在土地能力評估及分類計劃方面，則是依據改良的土地流失公式來進行。每個地區也有自己的法律規定來保護土壤。

澳洲聯邦政府在 1983 年開始了國家土壤保護計劃(NSCP)，NSCP 在土壤保護活動中，特別是研究上，扮演了協調的角色，而且也從其第一年的 1 百萬有限預算（接下去的 4 年每年為 2 千萬）中，設立了各種不同的示範計劃。

第一個大進步是 1989 年宣佈了 3 億 4 千萬的十年土地關懷計劃，使得澳洲聯邦政府資金增加了兩個數量級（但諷刺的是，對土地的注意力反而減少了）；第二個進步是成立澳洲自然遺產信託基金(NHT)，五年內會投入 10 億元，在 2003-04 預算中，又追加了 3 億元。澳洲政府在 2001 年，宣佈了七年 14 億的國家鹽化及水質行動計劃(NAP)，一直進行到 2008 年 6 月。又因為水質改善進展緩慢，在 2003 年又宣佈追加了 20 億來進行國家水資源行動，由一新個的國家水質委員會來規劃，隸屬於總理部門中，由部門秘書處領導。之後各州及領地與政府協議簽訂了國家間國家水資源行動協議，制訂了完整的水質改善施行藍圖，並經 COAG（澳洲政府理事會）認可。當乾旱加劇時，澳洲大部份人都經歷了嚴格的限水措施，主要首都城市需找出新的水源供應，之後在 2007 年，總理宣佈了 100 億的國家水資源安全計劃。

三、國家土地及水資源統計系統

澳洲自然遺產信託基金法，於 1997 年制定了國家土地及水資源統計系統（即統計系統），目的是要預估：

- 土地及水資源的劣化，對澳洲環境品質的直接及間接原因及影響；
- 土地及水資源的劣化，對澳洲經濟的影響；
- 評估土地及水資源劣化政策及計劃有效性的基準線。

國家土地及水資源統計系統在 2002 年 6 月提出了初步階段重點報告，特別是對於國家土地、水資源、及生物多樣性資源的各種評估結果。主要與澳洲土壤資源狀況相關的報告是國家土地及水資源統計系統的 2001 年澳洲農業評估，該評估認為，與全球標準相比，澳洲的土壤大部份是古老的、嚴重風化、也很貧瘠，但在沖積平原上的土壤則較年輕也更肥沃。其報告重點為：

- 土壤的表層含有較低的有機物質，通常土壤結構較差—而各種農業操作使得這情況更糟；
- 大部份下層的土壤含有大量黏土成份，阻礙了植物的根部發展及排水性，而且通常含有營養物質很低的漂白層；
- 無論是在現在或是地質年代受鹽份影響的土壤，佔了耕地大部份，有著不同的物理及營養限制；
- 相當肥沃的黏土裂縫，含蓋大量區域，但有著物理上的限制；
- 由風沙所形成的土壤，位於南部耕地的邊緣，但在乾旱區的面積則更大；
- 剩下的古老土地表層（特別是在澳洲北方），土壤風化程度非常深也很劇烈，營養成份也很低。

與其它陸地比較，澳洲也有著較高比率的鹼土（sodic soil，土壤含有很高量的可交換鈉，及很低量的總鹽），Northcote 及 Skene 預估澳洲的土地，有 28% 為鹼土所覆蓋。澳洲有著較大的鹼

性土壤陸地，並且，鹼土與鹽土（saline soil）的比率，也遠高過於非洲、亞洲、北美及南美洲。除了這些特點，再加上澳洲有著全球最多變的氣候，所以要在澳洲進行永續農耕，是非常大的挑戰，這不但需要非常精細的風險管理系統，也需要高度的專業性、適應性、及資源性。

1.土壤劣化

澳洲土壤在好的季節，以及，特別是在壤的季節的限制，而且在過去 2 世紀以來，澳洲土壤已劣化的很嚴重。

2.酸化

新南威爾斯州、西澳大利亞州、維多利亞州、及塔斯馬尼亞州，都出現大範圍的酸性土壤，國家土地及水資源統計系統預估有 5 千萬公頃農業地區的土壤表層，已被酸化，有 2 千萬公頃為下層土壤酸化，而且這些“可能會嚴重影響到產量”，如果不用石灰加以補救的話，預估在十年內，會有 2 千 9 百萬—6 千萬公頃的土壤，會達到 pH 值 4.8（低於這值，植物生長會受限），更有 1 千 4 百萬—3 千 9 百萬公頃的土壤，會達到 pH 值 5.5（低於這值時，對酸度敏感的植物物種將不會生長）。

3.侵蝕

儘管改善農耕系統、對兔類進行生物控制、使用最低犁田耕作方式、保留垃圾以及重建沙丘與雛谷（侵蝕溝）的植被等的作法，土壤侵蝕的控制已獲重大改善，但是，土壤侵蝕仍是澳洲要面對的重要問題。在某些地區中，土壤流失率持續超過土壤發育率 50 倍。在熱帶的北邊，坡地侵蝕仍然很嚴重（對大堡礁造成影響）。雛谷侵蝕是影響澳洲南部及東部河流狀況的主要侵蝕過程，光是在 Murray-Darling 流域(MDB)，便影響了超過 10000 公里長的河流（因為粗沙累積在溪床上，造成洪水更為惡化，並且摧毀了當地原生魚群的棲息地）。河岸侵蝕是主要的問題，需重建 120000 公里的河岸及溪岸植被。在許多集水區中，特別是 MDB、NSW 海岸、昆士蘭州東南部、以及維多利亞州西南部，沖刷至溪流、河川、河口、及近海沿岸區的沉積物，仍然很高。

4.河流與河口中的營養物量

每年從農業密集地區，特別是昆士蘭州北部、Moreton 灣、及新南威爾斯州，有近有 19000 噸的總磷及 141000 噸的總氮，流向澳洲海岸。根據國家土地及水資源統計系統，顯示土壤管理非常重要的，因為：「侵蝕控制目標再加上土壤管理，將有助於營養物供給的管理，因為隨著河流沉積物的增加，也帶來大部份的營養物。」

5.鹽化

關於 2000 年的澳洲乾地鹽份評估，顯示約有 570 萬公頃的地區有遭到乾地鹽化的風險或是已受到影響，到 2050 年時會增加到 1 千 7 百萬公頃。預估到 2050 年，鹽化可能會影響到農地外的主要資產，像是 52000 公里長的道路及 3600 公里長的鐵路、200 個市鎮、20000 公里長的溪流、

及 2 百萬公頃的殘餘原始植被。鹽化對 MDB 中的水源、基本建設、及農地所造成的損失，預估每年為 3 億 5 百萬元。

隨著模型技術的改善及對氣候變遷影響的預測，目前看來國家土地及水資源統計系統對 2050 年預測，認為有高達 1 千 7 百萬公頃的區域會直接受到鹽化影響，是太高了點。許多地區的地下水位已下降，減少了鹽水排放面積，某些地區則完全乾掉，而且澳洲南部的溫暖乾旱氣候，可能會減少次生鹽化所造成的問題及對乾地農業的影響。

但是，乾地鹽化最嚴重的影響是對農地外地區所造成的影響，當預測降雨量減少及河川逕流大量減少時，將減少澳洲南部大部份地區的鹽產量，這也使得溪流流量更大幅減少，因此，溪流中的鹽份濃度會增加，正如水位持續下降的情況一樣。關於氣候變遷對 MDB 地區鹽化及水量的影響，AGO 委託 CSIRO 進行詳細的分析，依下列幾種氣候狀況，該分析預測如下：

- 對於 Murrumbidgee 河，預估到 2070 年時，水量會減少高達 48%，鹽量會減少 30%，但是溪谷末端(EOV)溪流的鹽份濃度，預計會增加 11%。
- 對於 Goulburn 河，水量會減少 43%，鹽量會減少 30%，但是 EOY 溪流的鹽份濃度會增加 8%。
- 對於邊界河流域，水量會減少 54%，鹽量會減少 33%，但是 EOY 溪流的鹽份濃度，到 2070 年時會增加 10%。

從目前乾旱的嚴重度來看，這些預估的溪流減少量，看來仍嫌保守。當澳洲南部的氣候變化可能會減少農業土地中，直接受乾地鹽化影響的面積，但它無法減少已存在該系統中的鹽量，而且對水質的影響，只會更糟。

6. 其它型式的土地劣化

包括土壤結構退化、土壤有機物質的減少及壓實、以及土壤中的動植物，都會影響土壤提供生系統服務的能力，而且也會減少土壤吸收這些影響的回復力。

整體來說，土壤劣化對土地本身及土地以外都造成嚴重影響，也造成澳洲社會的重大經濟損失，因為土壤劣化降低了糧食安全，污染了水源及空氣，影響人類健康及其它物種。澳洲大陸上的碳儲存，有 55% 是在土壤中，所以土壤劣化將造成嚴重的溫室氣體排放。土壤儲存了大量的淡水，過濾並隔離了污染物質，而土壤劣化減少了滲透作用，增加了接受水體的逕流、侵蝕、沉積物、及營養物質污染。相反的，使用可以將碳吸存至土壤中的操作，將可大幅度改善土壤健康程度及生態環境功能。

土壤劣化不但花費巨大，而且時常是一不管是實際上或是經濟上一無法逆轉的，但是，使用良好的土壤管理方式，可以預防這種劣化，而且預防行動代表著很划算的投資。好的土壤管理需以正確的知識為基礎。

四、土壤資訊—做出正確決策及減少投資風險的關鍵

國家土地及水資源統計系統在 2002 年的重點報告中，其中一個主要發現就是資訊的欠缺。國家土地及水資源統計系統所發展出的基準，大多是以模型為基礎，雖然在進行全國性評估及做出因果關係的結論時，模型的使用是有必要也很合理的，但是，即使是最精細的模型，在欠缺足夠資訊下，也無法做出可靠的結果，所以，以主要指標監測值為基礎的長期環境報告系統，需要從實證資料中，找出長期一致的資料；為了改善並且校正模型從實證資料中所做的推測或補充，並改善模型的預測能力，有必要進行實地調查。

微觀經濟中有一原則是，不能管理無法測量之事物。我們一直認為，各種類型的基金、銀行、大型企業及投資者，都要以健全的經濟資料為基礎，才能做出投資決定，當資訊不健全時，投資風險必增加。現在，我們終於在水資源方面，認識到了良好基礎資料及持續性監測的重要性，並從國家水資源安全計劃中撥出了 4 億 8 千萬元，用來發展出一個全國統一的水資源計算架構。考慮到公共及私人投資的風險、環境風險、及發展市場政策工具（如水資源貿易）所需的資料，的確需要這種架構。

同樣的原因不只適用於水資源方面，碳的情況情一樣，因為所收集的地表資料一直持續減少中，造成自然資源（如土地、植被及生物多樣性）的國家資料缺乏品質，這問題正變的很嚴重，因此，我們也正失去信心，不知道我們的自然資源基礎的內容及狀況，是否正在改善中還是惡化中，也不知道如果進行大型公共投資的話，是否可以改變情勢。全國環境報告指出，因為重要資料的欠缺，所以無法對澳洲的環境趨勢做出報告。

五、水資源

從土壤的觀點來看，在過去十年內已經發生在水資源部份的影響是很巨大的。不管如何，只要一個水資源議題具有足夠的公共及政策重要性，就會加速發展對此議題的回應。乍看之下，很難想像土壤也能變得如此重要並獲得巨大的關注，但是事實上，澳洲歷史中已有先例，土壤管理是可以得到全國的注意。如 1930 年代的沙塵暴，使得數州建立了土壤保護機構，並通過土壤保護法案，最著名的沙塵暴照片是 1983 年的灰燼星期三所拍到的，當時沙塵暴正移往墨爾本，這也是個警訊，但是很不幸的，除非可以改善土壤管理，不然這種氣候變遷影像會出現的更頻繁。對水資源方面來說，還需要長久努力，因為不是所有地區都要進行國家水資源安全計劃，另外也要看是否該計劃可以提出一個單一的全國水資源帳戶系統，以及全國一致的計量及監測系統。

六、氣候變遷對土壤管理的可能影響

全球氣候系統的警訊是非常明顯的，像是全球平均空氣及海洋溫度上升、雪與冰的融化、及上升的海平面。近來對碳排放、溫度、及海平面的觀察，再加上對這些反應的新認識，都指出 21 世紀的氣候變化會更嚴重—而且嚴重影響的風險也快速增加，特別是可用的水資源。

地球正持續暖化，而且我們正促使其發生，對氣候變遷的因應之道已不再是”如果”的問題，而是”如何”、”何處”、以及”有多快”的問題。

澳洲大部份人口居住及大部份食物及纖維生產地區—也就是澳洲東部海岸及南部與西南部，溫室效應正使得這些地區的氣候，平均來說變得更熱、更乾，再穿插著極端氣候事件的發生，但是，整體的降雨量及徑流卻減少。雖然預期許多地區的平均年度降雨量會減少，但是降雨事件會變得更劇烈，使得侵蝕惡化。氣候變遷是很真實存在的，不管目前如何行動，最少在下個世界之前它仍會存在，而且它特別對澳洲有很嚴重的影響。

圖 1 顯示了 2005 年澳洲農業所造成的溫室氣體排放，值得注意的是，農業是第二大的排放來源（但遠遠落後於發電站）；在農業排放中，土壤是第二大的排放來源，僅次於腸內發酵來源。但是，土壤排放的變化很大，也跟管理有密切關係。簡單的說，劣化的土壤會排放溫室氣體，而良好管理的土壤，則會累積土壤有機碳。

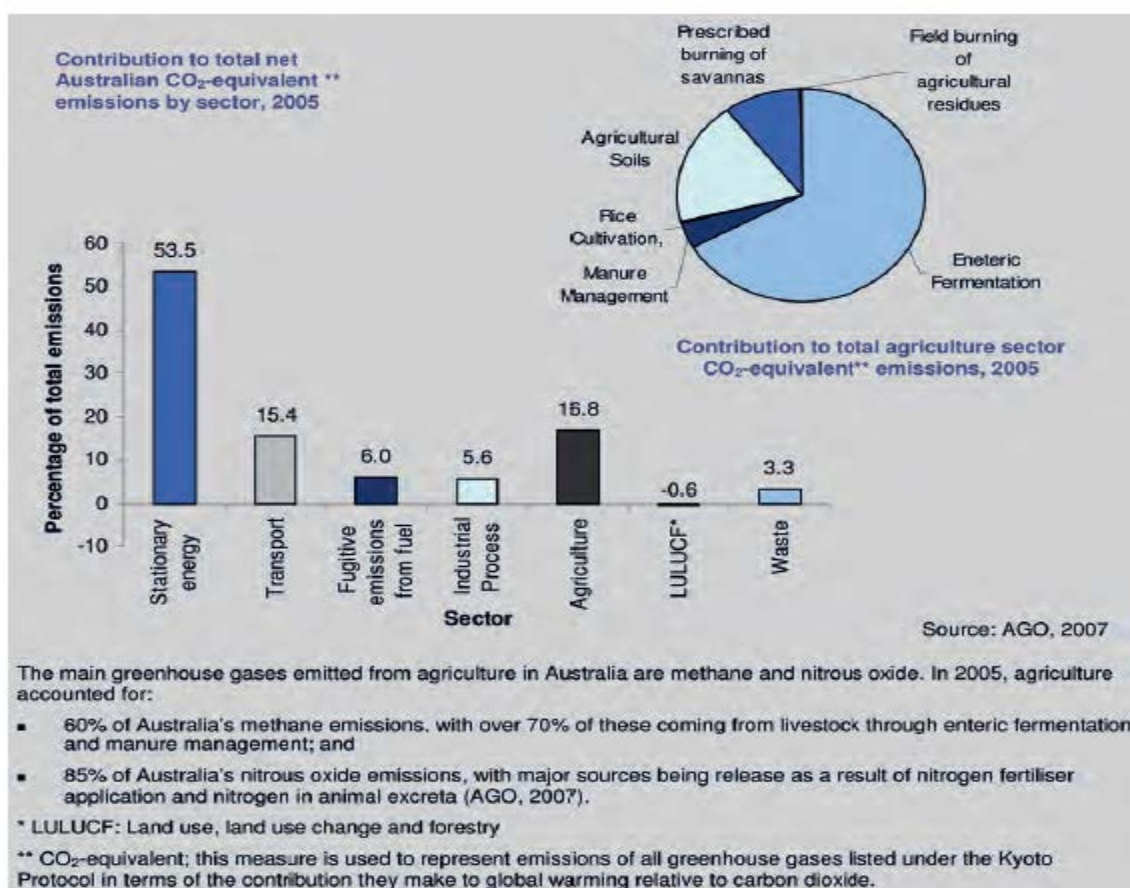


圖 1 農業及森林業在 2005 年所排放的溫室氣體

極端變化多端的氣候狀況，改變了澳洲的生態過程及土地使用系統，造成獨特動植物的特殊適應方式及農耕系統。全球溫暖也加速了澳洲的氣候變化，而且氣候範圍也在改變，在許多地區，出現好季節的機率已在改變，已經達到威脅某些農耕系統、鄉村商業、自然生態系統，及個別物種的長期生存能力。

氣候變遷不只是另一個議題，在這個碳限制的環境中，氣候、水、及能源交雜的問題將改變澳洲管理自然資源的基本規則。光從水方面來看，氣候變遷所造成的影響是很大的，他們將會深入影響到我們以及我們的孩子及將來世代的生活各方面。

也許氣候變遷對土壤管理的影響目前尚不明顯，但是就如同水的情況一樣。可將這些影響分成兩大類—直接對地面的影響，以及政策的回應處理。

1. 地面的影響

- 一個乾燥溫暖的氣候，再加上極端氣候事件，將會逐漸使得主要農業區中的土壤管理，變得更具挑戰性；
- 地區氣候模式的改變，將需要改變農耕系統，或是將現存的農耕系統移轉至新地區，可能會對土壤造成新的壓力；
- 能源價格上漲、全球磷礦儲藏量的用盡、以及可能碳付費制度，都增加了額外的農業投入成本，這些額外投入成本包括了柴油、肥料、及殺生物劑。所以應更加努力發展土壤管理系統，減少額外投入能源或營養物的需求—非永續能源的使用會增加土壤的風險（如採礦）。

氣候變遷對土壤的地面影響，以及下述的政策對氣候變遷的可能回應，這兩者都強調了要使用全國性的策略方法來投資土壤。這種方法要考慮到政策、研究、推廣、教育、評估及監測、資料管理、及社區參與，他們可以如何一起合作，提倡並支持澳洲進行更永續的土壤管理方法。

2. 政策回應

土壤儲存大量的碳，預計有 3 萬 6 百億噸的碳是在陸地生物圈，其中的 82% 是在土壤中。不良的土壤管理可能造成大量溫室氣體的排放，所以需強烈要求澳洲引入一整套的政策方法，促進土壤碳封存，並要減少會造成大量土壤碳排放的操作方法。政策對氣候變遷的回應，包括：

- 使用健全有效且對使用者友善的方法，來測量土壤碳儲存並追蹤其變化；
- 使用這些工具來發展出土壤碳計算架構；
- 鼓勵使用可以減少土壤排放溫室氣體的方法，所以不論從管理及測量的角度來看，一定要更為重視土壤碳；
- 在計劃及批准發展的過程中，一定要更為關注到對某特定類型土地進行發展所帶來的風險（包括土壤、洪水、暴風風險、叢林火災等方面），這將需要改善自然資源資訊系統，提供給不同使用者使用。

管理方式就跟土壤類型、外觀、斜度等一樣的關鍵，較好的土壤管理，可以改善土壤健康，使得土壤不易受到侵蝕及水災的影響，也能更佳利用更多變的降雨，並且能處理極端且反季節的降雨事件。

七、永續發展的農業

到目前為止，已知土壤管理是農業永續發展的基石。澳洲的土壤及氣候條件，使得農業很難獲利及進行永續發展。

我們如果把農夫聚在一起，而且認為—即使是暗示—他們是一個相當一致的團體，這可是很危險的想法，因為事實完全不是如此，農業經營橫跨很多不同的行業，也非常多樣化，在澳洲或是其它已開發的國家，農業的面貌正在快速改變中。

農業及糧食盤點計劃總結了來自不同農業行業中的重要資料，其中一些因素是造成澳洲農業改變的主要因素，包括：

- 農夫的貿易量持續降低；
- 全球貿易環境重心，在 1990 年代早期就從出口至歐洲，移轉至亞洲市場，而且日本、歐洲、及美國的農業補助以及其它貿易障礙，也不斷造成影響；
- 消費者偏好改變、人口老化、及零售部門的重新建構，包括了引進新供應鍊的行動；
- 國際貿易量的增加，增加了生物安全及生物恐怖主義的風險；
- 需要加速投資改善交通、傳播、及灌溉的基礎建設；
- 許多行業部門嚴重缺少技術工人；
- 社會對農耕的觀感正在改變，特別是關於動物福祉議題以及 GMOs 的使用；
- 自然資源的永續管理—特別是水資源的管理及生物多樣性的保護—並有需要將法律規定與獎勵計劃，做出正確的結合；以及
- 氣候變遷。

農業及糧食部門工作小組提出了一些重要的建議，包括繼續對農業的 R&D 及創新進行投資，更強調要改善 R&D 的結果及所使用的新技術，並且能更好的利用農業新資訊及通訊科技，但是並沒有特別提到土壤管理。

近來有兩個報告是針對氣候變遷對澳洲農業的影響，也廣受媒體的觀注。2007 年 12 月 ABARE 的 *澳洲原物料*，Don Gunasekera 及其同事發文分析了氣候變遷對澳洲及國際的農業產量、出口及貿易，可能造成的中期至長期影響。該報告引言中指出，至 2050 年時，預估世界糧食的所需生產量是現在的 2 倍，ABARE 指出：

” ABARE 的分析認為，未來氣候的改變，再加上相關農業產量及全球經濟活動的減少，可能會影響到主要原物料的全球產量：例如，全球小麥、牛肉、奶製品、及糖的產量，到 2030 年可能會減少 2-6%，到 2050 年會減少 5-11%”。

” 而且，澳洲對這些原物料的產量，預估到 2030 年可能會減少 9-10%，到 2050 年會減少 13-19%”。

”這些改變也會對國際農業貿易造成嚴重影響，例如，澳洲主要農業原物料的出口，預計在 2030 年會減少 11-63%，到 2050 年會減少 15-79%”。

”未來氣候變遷減少了農產品產量及出口，澳洲預計是最嚴重受損的地區之一。”

”為了處理氣候變遷所造成的可能壓力，一直都需要農業部門維持強勁的產量增長，因此，因應之道（包括了農業科技的改善）在減少可能的影響上，顯得特別重要”。

”也急需利用政策來鼓勵，而不是阻止農業中易受影響的部份進行調整，包括已被邊緣化的農業企業”。

澳洲政府已表示，農業政策的基礎就是要幫助澳洲農業部門，改善它適應氣候變遷的能力。許多年來，對乾旱政策不斷的研究，已經建議了要從直接企業支援（像燃料、運費、飼料的補助），轉變成更強調要建立農業內部強壯的自我恢復力、風險管理力、及適應能力，但在短期上，仍利用社會福利方法來處理乾旱對社會的影響，而在較長期上，則需進行結構調整。

在面對更頻繁更極端的乾旱，需建立澳洲農耕系統更強大的回復力，而土壤管理即為中心關鍵。下面將討論如何增加土壤的碳程度，但是，在面對氣候變化的增加、更頻繁更嚴重的乾旱、能源價格高漲、及需要減少溫室氣體排放，更重要的是要改善農耕系統。例如，需要減少對氮肥的依賴，增加從豆科固氮植物中所取得的氮的比率。

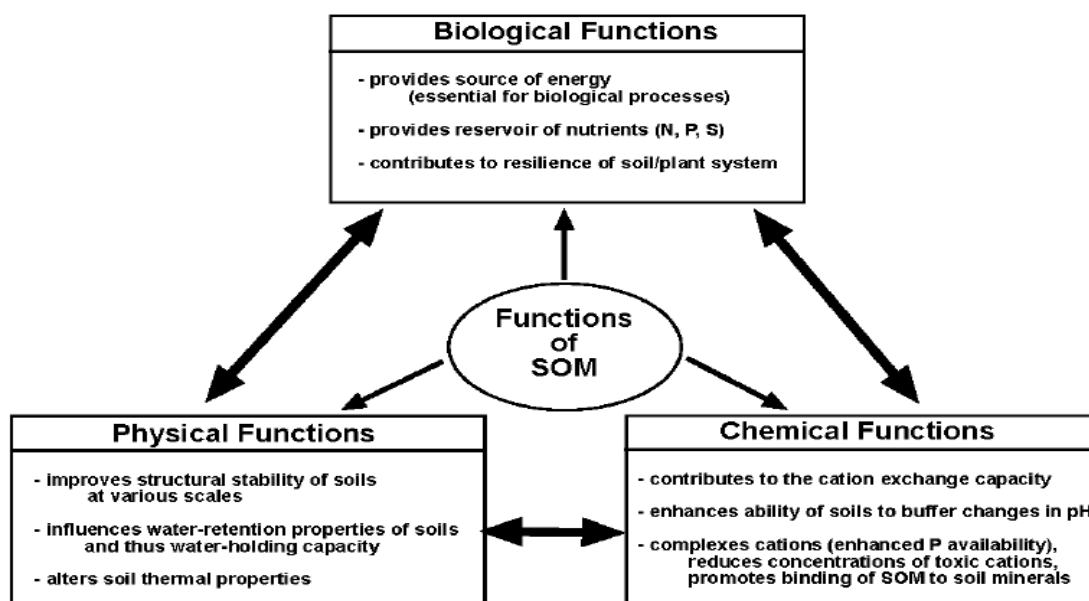


圖 2 土壤中有機物質(SOM)的主要功能

如果在排放貿易中承認土壤碳的話，將有助於改善土壤有機碳程度，土地持有人也會因此享受到利益，因為可以增加產量，並改善土壤恢復力。當然改善澳洲農耕系統中的土壤管理方式，不光只是要改善土壤有機碳層度，還有其它。更佳的土壤管理操作，會依地區及工業種類的不同而不同，包括：

- 根據永續使用及對不良季節的預測，再依據土地類型及土地使用方式，來規劃土地使用分配；
- 小心選擇輪種，利用固氮菌或是自生固氮菌來取代化學氮；
- 選擇對土壤干擾最少並最不會造成土壤壓實的犁田方式；
- 定期監測主要土壤項目及水質、肥料、及／或化學投入的標準，才能將營養及化學投入留在農地上；
- 依牲畜結構及季節情況，實行可維持足夠土地覆蓋及最佳牲畜營養的放牧管理。

上述這些操作，事實上在一定時間後，都會造成土壤碳的淨增加，所以很重要的是，不用太詳細規定管理操作方法本身，而是應更專注在可以指出是否這系統的永續性有獲得改善的重要項目。其包括土地覆蓋、土壤有機碳成份、營養物狀況、pH 值、及生物活動，這後者是最難處理的一項。

政府角色與責任

以改善土壤管理增加土壤碳儲存、增加涵水能力、並改善澳洲農耕系統的恢復力為例子，請參閱表 1，可以看到何種方法適於達到該目標，以及對該方法最適當的實行機制。

1. 法規、執行力、及遵守度：法規、法律、及條例規定了制度上的指導方針，並且規定了機構執行法律最低標準的責任，也就是在政策上禁止某些操作，並也管理了資源的使用，像是土地使用計劃、植被管理、水資源分配、及發展控制。遵守及執行法規架構，將有助於改變操作方式。主要的風險是這些命令及控制方法，會較無法有效達到超過最低標準的要求。

2. 直接投資：有時為達成特定的地上結果，最有效的方法就是進行直接投資，簽約實現所指定的結果。

3. 協議及 MoUs：簽訂自願但是官方的協議及契約，來進行一特定活動，將有助於改變的過程，例子包括了財產權利所附帶的的保護協議。

4. 普通法、注意義務、監管責任：普通法指的是以習慣及一般社會原則為基礎的法律系統，普通法承認社會規範、社會價值、以及權力，是進行有效且永續經營操作的關鍵點。在普通法內，有注意義務的觀念，即有個人需確保其不會造成傷害。這注意義務很可能會延伸至環境上。

5. 正式協議：在政府及其它機構之間，有各種不同的正式機制，來促進行動，政府可以委託地區 NRM 組織、地方政府、及／或 NGO，提供某些服務或是實現某些結果。

6. 研究與發展：經由基本的研究及應用，研究與發展增加了知識的累積。研究結果的採用及施實，改變了操作方式，並能達成永續經營且具生產力的結果。

7. 監控與評估：監控與評估使得我們可測量政策或是計劃目標的進展。對於許多 NRM 議題而言，我們仍不很明瞭即將發生議題的基本狀態，所以評估造成改變的方法，再加上使用適應性管理方法，便可微調所使用的方法。
8. 評估程序：如環境影響評估(EIA)、社會影響評估(SIA)、健康影響評估(HIA)、策略性環境評估(SEA)、生命週期評估(LCA)、三重效益計算(TBL)、及永續性評估，這些程序都有著要改善環境及社會結果的目標。藉由提供有害來源的資訊，以及改善的機會，這些評估工具將有助於改變。
9. 自我管理：操作標準、倫理道德標準、專業標準，都會鼓勵厲害關係人改善他們自己的操作方法，以期能夠滿足一般可接受的操作標準。這些標準的發展過程，以及對其的認識，都會導致改變。
10. 品質保證程序、EMS、及生態標籤：鼓勵實行品質保證程序（如環境管理系統及農耕管理系統），會造成改變，因為它鼓勵持續不斷的改善、對操作的反思、監督及評估最佳操作方法。生態標籤是市場導向的機制，建立生態標籤將有可能使遵守使用此標籤製造的產品，更具競爭力。生態標籤事實上是一種行為標準，是要求使用對環境有利的操作方式的品質保證。
11. PR、市場行銷、及廣告：公共關係、廣告、或是市場行銷戰，有時也會促進改變，對一議題或是解決方案的認識，有時便是要求改變所需之動力。
12. 正式教育與訓練：公共、有目標性的正式教育以及訓練計劃，可以改善一特定部份的知識並發展技術，並做為改變操作方式及進行地面改善的工具。
13. 勸說：呼籲要做正確的事運動，將可鼓倡社會所需的改變。
14. 推廣：推廣是促進與基礎工業界及自然資源管理有關的個人、社區、及業界進行改變的過程。推廣是要能改善業界、機構、及社區厲害關係人之間的溝通及資訊流通，主要所涉及的就是要建立改變的能力。
15. 參與性方法：為解決複雜、非結構性的問題，需要社區與工業界中利害關係人，利用整合性的制度，並在參與過程中進行協調、談判、解決爭端、及使用其它協商機制。參與性方法可以使大家對議題皆有參與權利，並願意採取行動。
16. 市場導向的機制：市場導向的機制包括了各種不同鼓勵改變的方法，通常會將財產權分配給一般無法經由市場交易的貨物，並且建立這些貨物供應的競爭機制。
17. 經濟獎勵：經濟獎勵指的是利用各種不同的金融誘因，提供金錢獎勵或是處罰來改變行為，這包括：對不良操作課稅、使用者付費、減稅及／或回饋／信用額度、利率減免、補助及共同資助協議、直接補助、及處罰不良操作。

18.限制條件或交叉配合規定：限制條件指的是對一商業加上限制，並又授與，例如，經營執照或是提供經濟獎勵，這也包括了排放程度的規定、抵銷補償（像是為抵銷消除一地區的植被，而對另一地區再進行植被），以及／或是履約保證。

19.制度上的安排：為能使用其它方法、政策及管理，必需要有回應性的制度環境。為改善不同組織之間的結果，制度需有能力進行改變。

20. 改變其它的政策：能影響及／或改變政策或規定目的的行動，將會展開改變程序，例子包括了：無效的補助、相衝突政策、錯置的法規目的。

21.有理由的不作為：經過小心的考慮，不作為也是有效的，像是允許市場力量盛行。

Table 1. Policy instruments for supporting change (from SELN 2006, after Dovers 1995)

1. Regulation, Enforcement and Compliance	Statutes, laws and regulations provide institutional guidelines and specify agency responsibilities for enforcing minimum standards, prohibiting certain practices and regulating resource use in policy areas such as land use planning, vegetation management, water allocation and development control. Enforcement and compliance of regulatory frameworks facilitate changed practices. A major risk is that command and control approaches limit effectiveness in achieving more than minimum standards.
2. Direct Investment	Sometimes when specific on-ground outcomes are desired, the most effective mechanism is direct investment to contract to deliver a specified outcome.
3. Covenants and MoUs	Voluntary but official agreements and contracts for performance of a particular activity can support change processes. Examples include conservation agreements tied to property title.
4. Common Law, Duty of Care, Stewardship	Common Law refers to a system of law based on custom and general social principles that are embodied in centuries of legal case history judgments. Common Law recognizes social norms, community values and rights as key enablers of effective and sustainable practice. Within Common Law there are notions of a Duty of Care that persons have to ensure that they do not create harm. Potentially this Duty of Care extends to the environment.
5. Formal Agreements	There are a variety of formal mechanisms that can be used between governments and other entities to facilitate action. Governments can commission regional NRM bodies, local government and/or NGOs to provide certain services or deliver certain outcomes.
6. Research and Development	R&D increases the stock of knowledge through basic and applied research. The implementation and adoption of research outputs contributes to practice change and the achievement of sustainable and productive outcomes.
7. Monitoring and Evaluation	Monitoring and evaluation enables progress towards policy or program goals to be measured. For many NRM issues, the baseline state of the issue at hand is not well known. Evaluation of methods used to create change is necessary to enable fine-tuning of the instruments through adaptive management.
8. Assessment Procedures	Procedures such as environmental impact assessment (EIA), social impact assessment (SIA), health impact assessment (HIA), strategic environmental assessment (SEA), lifecycle assessment (LCA), triple bottom line accounting (TBL) and sustainability assessment all have goals of improving environmental and social outcomes. By providing information about sources of harm, and opportunities for improvement, these assessment tools can facilitate change.
9. Self-regulation	Codes of practice, codes of ethics, professional standards are approaches that encourage stakeholders to change their own practices in order to meet commonly accepted standards of practice. The process of development of these codes, and awareness of them, leads to practice change.
10. Quality Assurance processes, EMS and Eco-labelling	Encouragement of the implementation of Quality Assurance processes (such as Environmental Management Systems and Farm Management Systems) creates change because it encourages continuous improvement, reflexive practice, monitoring and benchmarking against best practice. Eco-labelling is a market-based mechanism where the establishment of an eco-label potentially provides competitive advantage to products produced under this label and compliance is created via the competitive advantage that exists. Eco-labelling is in effect a code of conduct that mandates the quality assurance of environmentally sound practices.
11. PR, Marketing and Advertising	The achievement of change can sometimes be facilitated by public relations, advertising or marketing campaigns. Awareness of an issue or of practical solutions is sometimes all that is required for change to occur.
12. Formal Education and Training	Public, targeted formal education and training programs can improve knowledge and develop skills in a specific area as a means to enabling practice change and on-ground improvements.
13. Suasion	Appeals to the right thing to do – campaigns that promote what is socially desirable.
14. Extension	Extension is the process of enabling change in individuals, communities and industries involved in the primary industry sector and with natural resource management. While extension seeks to improve communication and information flow between industry, agency and community stakeholders, it is primarily concerned with building capacity for change.

15. Participatory Approaches	Solving complex, unstructured problems requires inclusive institutions and participatory processes of mediation, negotiation, dispute resolution and other deliberative mechanisms with community and industry stakeholders. Participatory approaches may contribute to collective ownership of an issue and to a willingness to take action.
16. Market-based Mechanisms	Market-based mechanisms include a range of methods for encouraging change usually involving the assignment of property rights to goods that are not normally traded through a market, and setting up competitive processes for the provision of those goods.
17. Economic Incentives	Economic incentives refer to a range of financial inducements that attempt to change behaviour through monetary reward or penalty including: taxes on bad practices, use charges, tax deductions and/or rebates/credits, rate relief, subsidies and co-funding arrangements, direct grants, and penalties for poor practice.
18. Conditionalities or cross-compliance	Conditionalities refer to the conditions that can be imposed on a business in conjunction with the granting of for example, a licence to operate or an economic incentive. This may include stipulations on emission levels, offset compensation (such as revegetation in one area to compensate for clearing in another), and/or performance bonds.
19. Institutional Arrangements	Responsive institutional environments are necessary for enabling other instruments, policies and management. The capacity of institutions to change is essential for improving inter-organisational outcomes.
20. Change other policies	Actions to influence and/or distort policies or statutory objects can induce change processes. Examples include: ineffective subsidies; conflicting policies; misplaced statutory objects.
21. Reasoned Inaction	<i>Doing nothing</i> is valid where justified by due consideration, e.g. allowing market forces to prevail.

根據憲法，澳洲土壤資源管理是各州及領地的責任，但是，就如前所述，在水資源方面，澳洲聯邦政府已經涉入更深，遠超過它傳統的法律範圍，同樣的，也開始對於碳（對此憲法並無任何規定），有更多的涉入。因為預計未來氣候變遷會造成嚴重的影響，所以在管理水資源、能源、及溫室氣體排放方面，需使用全國性（相對於單方面的聯邦政府）方法。考慮到土壤管理與水資源及溫室氣體目標達成之間的關係，是否土壤需受到同樣的對待，仍有待討論。目前的情況是，澳洲聯邦政府、各州及領地政府、地區 NRM 組織（在某些地區是屬於法規機關）、及地方政府，他們的代表角色及責任分屬仍不明確，且充滿了變動。