花蓮地區問題土壤之肥培管理

行政院農委會農業試驗所

郭鴻裕、劉滄棪、朱戡良、江志峰

前言

快速的經濟發展與社會對物質追求，我國的社會經濟曾蓬勃發展，歡喜迎接２１世紀到來的時代，彼時農業狀態曾是老人農業，農業發展處於低潮。轉眼間，整體經濟衰退，長期的景氣低迷，經濟狀態緩慢改善，年輕人力回流農村，農業問題不容忽視。然國際化進展快速，ＷＴＯ（世界貿易組織）體制積極推展自由貿易，國外農產品排山倒海的踴進國內，對於國產農產品產生強烈排擠效應，農村不是經濟蕭條期的避風港。

再者，農業經營對環境的衝擊日益受重視，市場對農產品規格化要求日高，消費者之飲食消費形態改遍，社會對農業的需求多樣化（休閒、心靈、養生、醫療）；農業對國土環境保護、文化傳承機能的發揮，以及物流業發達、高度資訊化技術革新的進展等內在外在多因素考量，吾人深深體驗到農業的經營是到一個大變革的時代。土壤肥料的研究在此變局中如何扮演應有角色，值得我們宏觀且深入的思考。

花東縱谷的農田面積佔全台農田面積的百分之十左右，交通不便並遠離西部消費市場或出口港，在如此競爭劣勢的大環境下，思考如何突破萬重困難，創造新契機，應先瞭解農業環境---生產基盤之優劣勢後，再謀進一步之發展。

花蓮地區之農業生產環境基本問題

東部的農業生產區主要位於花東縱谷狹長地帶及東海岸山脈之東側沿海地帶，在氣候與土壤的自然條件皆異於西部地區，自成一格。認識東部先對東西部相關地區緯度之認識，對東部地區氣候之瞭解有某些程度之啟示作用；試舉東西部相近緯度比較重要地名為：蘭陽溪口約對竹南香山界；花蓮溪口對彰化芳苑；瑞穗北迴歸線對嘉義市南郊；富里對曾文溪口北七股；台東對高雄縣彌陀；大武對屏東縣東港南側。

季風也是東部的重要氣候現象，其特點是東海岸一帶，東北季風及颱風風速與海面者接近，花蓮溪口正對東北，季風順縱谷風管直達光復，該地之谷中脊阻力不大，其南面受保護之效果有限。又於瑞穗迎來秀姑巒溪自海邊引入之谷風，衝向池上，此一稍為升高之谷脊及高階地，加以谷形曲線略為保護其南面數鄉土地，但仍是風勢不弱。唯台東至太麻里氣候較佳（陳春泉，1989）。

高山遮陰恐是東部氣候之極大缺點，中央山脈 3000 公尺以上連峰自花蓮縣北界向南一直延伸至大武山，對東部縱谷土地言，一如背負巨傘；加以東岸山脈自花蓮溪口延至埤南溪口於富里升高至 1700 公尺阻擋在前，使此窄谷東西交替遮陰。宜蘭南有高於 2000 公尺山峰，西有 700 至延 1000 公尺山嶺，東濱太平洋，所幸季風風速不大，但冬季台北陰天時，宜蘭常為陰雨，過去"爛冬" 惱人之天氣，二期作水稻歉收時有所聞。東部因 10 月至次年初，陰天特多，高山山腹常掛雲帶，日照更少，這也是東部氣候特殊之點（陳春泉，1989）。

自宜蘭至太麻里如此細長的地區裡，僅有宜蘭、花蓮及台東、成功、大武五處氣象站，無法涵蓋如此複雜變化的地區，在水田生產力調查總報告中曾以西部關鍵性氣象要素之評估數值，用於東部各關鍵性氣象要素，推算估計產量。試以水稻生產分級規範之氣候分布圖，做為本地區之作物生產環境之參考。

東部尚有非氣候而影響作物生產之特殊因子，如：河流流路之變化大，粗中質地及礫石質土壤雜呈，淺及極淺土交錯，排水良地帶夾雜排水不良田塊，由含石灰質灌溉水而成之石灰質土壤，與極強酸性土壤皆有，而花蓮各種微量要素缺乏土地甚多，農民栽培技術差距大；台東東北沿海溪流短促，灌水常有缺乏問題。宜蘭土壤比較單純，其缺點為排水不良者所佔比率大。

花蓮地區之土壤問題與管理

一、有效土層淺：

有效土層是指作物根系能自由生長之良好物理性的土壤厚度，或為土壤調查中所指之 A 層(有機質積聚層)之厚度。土層表層是土壤養分之精華聚積所在，土壤有效土層淺影響土壤之生產力很大。有效土層淺之生產力阻害，不外乎因：(1)土層淺薄，限制根系之發展，影響養分、水分之吸收；(2) 土層淺薄，對於乾旱或潮溼不良環境之緩衝力降低，導致生產力不安定，不利於生產與管理；(3)淺層土常有養分供應不足之現象；(4)土壤離子淋洗容易。

土壤調查資料顯示花東宜地區有 51,720 公頃農田屬於淺土，幾佔花東宜地區農田之一半面積。地質、地形自然因素是造成花東縱谷東部地區有效土層淺薄的主要原因，縱谷兩旁山高、谷地狹小，山區地質脆弱，大量的崩積物經常隨大水沖刷而下，形成許多沖積錐、沖積扇及氾濫平原，這些地區皆屬於淺土區。詳如圖一、土壤管理組所示之淺層沖積土區。

除自然因素生成之淺土層外，造成有效土層淺薄之人為因素包括：(1) 不當之土地利用，造成土壤沖蝕，如：坡地土壤之水沖蝕或沿海地區之風蝕作用，使得有效土層淺薄；(2) 水旱田輪作及大型農業機械之導入，造成表土下 18～40 公分產生犁底層，阻礙作物根系之發展；(3)東部片岩粗質地淺層土農田土壤經過水田利用後，常產生硬厚之鐵錳積聚層，造成根系無法穿透，或排水不良，影響旱作之生長。

『土壤密實』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。台灣地區農田水田耕作多年，因人畜或機械在浸水環境下耕犁行走；或因春、夏多雨環境，農民搶農時而在土壤濕度太高之情況下進行耕犁，極易產生犁底層，使土壤密實。多年來調查資料顯示，台灣地區農田土壤之密實情行普遍而明顯，一般農田犁底層之總體密度大，平均為 1.45 至 1.78 Mgm-3 影響作物根系之發展，樹園地之總體密度較低，但亦在 1.52 Mgm-3 對於根系在土壤伸展有負面之影響。一般旱作之根系很少深入 18 公分以下，在農試所試驗田的調查資料顯示，90%的玉米根系分布在表土 15 公分以內，特別是稍粘重之土壤，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。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%（郭鴻裕,1994）。

有效土層淺具體管理對策包括：

1. 擬定維護土壤品質目標：有效土層深度，台灣地區實際可行之目標則至少在 25 公分以上之厚度。
2. 選擇改善管理方法，包括：

(1) 客入優良品質之壤土至 25 公分厚；

(2) 打破鐵錳積聚層：不深耕法，適合土層較淺、石礫較大之區域，可採行：1) 客入紅土 5 至 10 公分；2) 每公頃施用硫酸亞鐵 200 公斤，硫酸錳 200 公斤；3) 每公頃施用矽酸爐渣 3 噸；4) 施肥合理化。深耕法，適合深層土壤之區域，可採行：1) 板犁深耕 30 公分；2) 深耕後再客紅土；3) 每公頃添施矽酸爐渣 3 噸；4) 深耕後，增施硫酸亞鐵及硫酸錳各 200 公斤/公頃（林慶喜，1990）。

(3) 犁底層存在之土壤(旱作)： 1) 潛耕犁或刀犁深耕 40 公分深。2)栽植深根綠肥。

(4) 加強土壤保育措施，防止土壤流失。

3. 其他配合措施：

(1)依據區域作物發展方向，土地評估與土地利用規劃，選擇作物類別及管理方式。

(2)充分利用土壤調查資訊，掌握土壤理化性質，管理與保育土壤。

(3)建立區域之合理施肥方法。

二、土壤團粒穩定度：

土壤團粒穩定度(soil aggregation stability)與表土耕犁難易有密切之關係，可以用於間接表現出表土耕犁、碎土難易有關之土壤性質評估，也就是指表土結持度(consistence)相關之土壤性質評估。在旱田耕犁作業，大型農機之使用馬力與能源消耗有關，故為土壤生產力之影響因素之一。再者土壤團粒穩定度與土壤透水性、抗蝕性等也有密切之關係，故在作物生產與環境品質維護都是是土壤品質評估之重要指標之一。

土壤團粒的形成受土壤有機質含量、土壤黏粒含量、黏粒類別、土壤乾濕變化、土壤膠體吸附之電解質、土壤生物活性、耕作類別及耕犁方法等等有密切之影響。臺灣地區土壤長久處於高溫多濕狀態，土壤有機質分解快速，不利於土壤團粒化之行成，又一般耕作以水旱田輪作為主，土壤團粒在水田糊化時大都分散破壞，所以在轉為長期旱田耕作時，應當注意此類土壤品質。又林家棻氏(林家棻, 1967)報告中亦指出『全省農田土壤有機質含量約有 14%屬極低等級（ < 1%），50.8%屬低等級（ 1%－ 2%），26.9

%屬中等級（ 2%－ 3%），僅有 8.3%屬高等級（＞ 3%），換言之，約有 2／3 農田土壤中所含有機物屬於低下』者。所以台灣地區農田土壤有機質含量偏低為一事實，在水田耕作情形下，土壤有機質含量或可稍累積，然在長期旱田耕作下，則土壤有機質消耗加快。土壤有機質含量低不易維持土壤構造維持，所以土壤團粒穩定度應是台灣地區旱田土壤品質維持之最大問題之一。或有人以為可以增施有機質於農田以解決缺乏土壤有機質引起土壤團粒穩定度低之問題，因其涉及長期維持土壤有機質含量之成本效益問題、分解有機質產出多餘養分造成環境污染問題及材質來源等問題，是一個相當複雜的問題，且目前缺乏詳盡的資料，不在此多做討論。

一般表土質地在坋質粘壤土以上則屬於不易耕犁土壤，在粘土礦物屬於蒙特石類或綠泥石類土壤，如東部之黑土、東岸母岩沖積土(泥岩)，即屬於不易耕犁之表土，花東地區以土壤圖估算面積約佔有 7,780 公頃，花蓮、台東縣面積佔大多數。這些土壤特別是在水田耕作後，土壤團粒遭受破壞，問題更為嚴重。土壤團粒穩定度與土壤有機質含量、土壤黏粒含量、黏粒類別、土壤乾濕變化等有密切之關係，一般耕作以水旱田輪作為主，土壤團粒穩定度在水田糊化時大都破壞，所以在轉為旱田耕作時，應當注意此類土壤品質。

土壤團粒穩定度差造成之生產力低之原因如下：(1) 影響表土之碎土程度，而影響種子之發芽。一般調查，土塊大小在 2 公分以下，發芽為 94%；2 至 4 公分，則發芽率降至 87%；4 至 8 公分則只有 66%發芽率。(2) 表土具粘著性，在土壤溼潤時，經常粘著農具，不利於耕犁。(3) 土壤過於堅硬，機械不易耕犁深入土壤，必須耗費時間與能源才能達到預期效果。(4) 土壤含水量多，不易乾燥，影響農機下田耕犁及作物栽植時間。

土壤團粒穩定度具體管理對策包括：

1. 擬定管理對策目標：一般迴轉犁耕犁二次以下，2 公分碎土佔 70%以上，或表土 25 公分內粘粒含量降至 15 至 25%以下。
2. 選擇正確之管理方法：(1)細質地表土降低表土粘粒含量：客入粗質地土壤或施用矽酸爐渣或飛灰。(2)表土有機質含量低：加表土有機質含量，降低表土結持力，可施用堆廄肥每公頃 20 噸。(3)施用稻殼、施用稻稈或作物殘體迴歸土壤。(4)休閒期栽種綠肥。
3. 管理對策實施之配合事項：(1)土壤改良之前，應進行詳細之土壤細部調

查，注意土壤之粘粒含量及理化性質，同時進行土壤性質調整工作；(2)客砂後，土壤通氣改善，土壤有機質消耗較快，應加以補充；(3)客土期間，應注意土壤水分含量，避免土壤壓實；(4)施用有機質，需注意有機質之碳／氮比及施用區是否排水良好。

三、土壤保水能力

土壤保水能力(available water capacity)指土壤能夠提供多少量之水供作物利用，其關係土壤供水與作物利用能力之大小，對於土壤管理難易或作物生長之影響甚大，其為土壤綜合表現性質之一。雖本省多雨，但雨量分布並不平均，故土壤供水能力列為影響生產力項目，也是土壤品質之重要指標。影響土壤有效水分之因子包括：土壤石礫含量、土壤有機質含量、總體密度、土壤質地等等。特別是質地影響有效水分含量，粗質地一般之含水比例低於 0.1，細質地為 0.1 至 0.2，而中質地約為 0.15 至 0.25 左右。東部地區農田土壤多石礫或粗質地或重黏土地區，因地形及河川條件無法發展灌溉系統，許多地區易遭旱害；本區之農田基本建設應著重於灌溉系統之發展。東部地區面積估算約 2,370 公頃需加強土壤保水能力改良，以宜蘭三星、花蓮縣海岸山脈兩麓及台東長濱、成功、東河面積為多。

土壤保水力之生產力重要性原因，與植物在生理作用，包括：形態保持、養分吸收、代謝作用、光合作用 及環境之適應，如：水分吸收及蒸散作用等無不相關。另土壤之水分影響養分之流動，土壤之氧氣及土壤生物之活動均對植物根系活動有莫大關係。土壤水分不足，植物吸水量降低，光合成及呼吸作用異常，生長受抑制，收量亦影響。因此保持土壤適當的水分，以維繫作物高產是必要的。東部地區造成土壤保水能力低之因素，包括：土壤淺薄，具有石礫、土壤質地太粗、土壤底層具粘土層或緻密層阻礙地下水之供應或土壤粘重降低土壤有效水含量等。

土壤保水能力之管理對策如下：

1. 擬訂管理對策目標： 一般作物在土壤水分狀態 pF3.0 以下，即有乾燥之阻害，故改善之目標即在維持土壤水分狀態在 pF2.0～2.7 之間，供作物生長依作物種類而異。而上層 50 公分土壤保持有效水分在 50～80 ㎜。
2. 選擇適當之管理方法：(1)土壤質地粗，客粘土改良、改進灌溉方法與設

施與增加施用有機質；(2)底層土壤粘重或緻密，打破底層，增加有效土層及使地下水能適時藉毛細現象供水、心土破碎及深耕，增厚有效土層。

3. 管理對策實施應注意事項：(1)節水管理方法甚多，土壤保水力弱而暫無法客土進行改良時，可以下列方法改善：1)施用有機資材，提高土壤保水能力；2)覆蓋以減少地面水之蒸散，但一般旱作較難實施；3)深耕以擴大根域，增加土壤含水量；4)利用噴灌或滴灌方法；5)各項作物有其適合之土壤水分含量，且影響其品質。一般果作後期如供給過多水分則影響其糖度、或太多水分而裂果，必須注意；6)因土壤過乾而灌水，同時必須注意灌水而引起之土壤潮濕、病害。

四、土壤排水

土壤因含水分過多，土壤通氣十分不良，根部缺乏氧氣呼吸或累積有機酸對根產生損害，稱為排水不良，一般泛指旱田排水不良，但第二期作水田因滲漏速率太低，導至土壤有機酸累積而產生毒害亦歸類於此種問題。

花宜地區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之效應以及社區、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。（2）因耕犁壓實土壤產生之濕害；常在較黏土壤及犁底層發達之田區發生，農民在不恰當之土壤水分狀態下耕犁或遇雨搶收作物，更加重土壤濕害之問題。（3）東部農田位於山麓下緣、沖積扇尾端或溪流旁農田易於出現排水不良之問題。（4）土壤層次質地之不連續，在沖積扇或氾濫平原的土壤來源不穩定，土層質地不連續，亦是造成土壤內部排水不良之原因。土壤調查資料推估宜、花、東地區土壤排水不良面積約有 14,520 公頃，以宜蘭縣面積 13,790 公頃最大。

土壤水分過多，影響土壤中氧氣濃度，而對作物根系產生下列阻害：(1)影響作物根系之呼吸作用，阻害根系代謝作用，及養分、水分之吸收；(2)根系缺氧呼吸，而碳代謝循環產生乙醇，對作物產量嚴重影響；(3)根系缺氧，而影響植物生長素之合成；(4)土壤中厭氣微生物之代謝物質，對植物根系產生毒害。又土壤如果經常充滿水分，對於耕作管理上亦有諸多不利之點，略述如下：(1) 因施用之肥料易於淋洗或脫氧損失，不利於養分之管理；

(2) 因為土壤承載力低，農業機械不易操作而影響農時（栽植及收獲)；(3) 因土壤潮溼，使用農業機械時易壓實土壤，影響作物根系之伸展；(4) 因土壤潮溼易於引起各項土壤病害發生。

土壤排水之具體管理對策：

1. 擬訂理想之管理目標：台灣地區較可行之土壤排水管理目標為表層下 60 公分內無排水不良影響之因素存在。
2. 選擇管理方法：土壤排水不良改善方法首先必須了解土壤排水不良之原因，並針對原因改良才能收改良之效。因為排水改良工程需要大面積實施效果才易於明顯。(1)地下水位高：1) 暗管排水，降低地下水位，旱田地下水位降至 60 公分以下，果樹園地下水位降至 80 公分以下。(2)土壤底層有不透水層，必需打破不透水層、暗管排水，增加下層土壤之透水性。(3)氣候因素：1)減少降雨溼害，以選擇作物因應；2)暗管排水；3)發展設施農業；4)地面排水計畫與設施之配合。
3. 管理對策實施應注意事項：(1)土壤排水計畫需要有詳細之土壤調查，供為排水設施規劃之參考，才可獲得預期結果；(2)因為排水改良所需之改良費較多，故能調整作物之栽培種類。(如：水生作物等)而減少改良費用；(3)土壤排水計畫需有地面排水計畫配合才可獲得顯著效果，同時排水計畫宜為大區域進行。

五、土壤保肥力(陽離子交換能量)：

陽離子交換能量是估算土壤養分供應能力的指標，陽離子交換能量與土壤陽離子元素之儲存能力（保肥力）、石灰施用量估算有關，以供為土壤養分管理及廢棄物處理或土壤改良、模式分析之用。陽離子交換能量大小即是土壤保肥力大小之表現，一般土壤陽離子交換能量越大表示土壤之保肥力越強，施入土體之養分不易流失。陽離子教換能量大小與土壤質地、土壤黏土礦物類型及土壤有機質含量有密切之關係。

花東地區農田土壤的保肥力相差懸殊，黑土地區陽離子交換能力在 20 cmol+/kg soil 以上，片岩沖積土則偏低。花東地區之土壤保肥力分布圖，詳如圖二。台灣本島一般土類平均值皆為 6 cmol+/kg soil 以上，但花東地區片岩沖積土之陽離子交換能量，平均值在 4cmol+/kg soil，土壤保肥力

相當弱。所以農田土壤保肥力偏低是花東地區農田土壤管理所必需面對之重大課題。

解決土壤保肥力偏低之方法可以是施用緩效性肥料(含有機肥料)、少量多次施肥、深耕、淺根與深根作物間作、加強葉面施肥、改進施肥效率等方法等等以增加肥料利用率、減少肥料損失與環境之污染。

六、土壤酸鹼度：

土壤酸鹼度是土壤基本性質判斷之指標，通常指示土壤溶液中游離的氫離子濃度高低。土壤溶液中游離的氫離子(H+)濃度高於氫氧離子(OH-)濃度，因而呈酸性反應的土壤。一般以 pH 儀量測土壤溶液中游離的氫離子濃度大小為指標，也可以用 pH 指示劑、pH 指示紙顯現顏色指示土壤酸鹼度高低。土壤酸度(pH)影響土壤養分之可給度、土壤生物活性、根之伸展，是影響作物生長之基本問題，同時對於農藥有效度、重金屬之移動性、管線之腐蝕性都有密切之關係，是土壤品質之一重要指標。

作物對於土壤酸性之嗜好或忍耐程度不同，故分級等級乃以一般作物之喜好為參考並非絕對性。土壤酸鹼度對於生產阻害原因包括：(1)土壤 pH 值小於 5.5 時，溶解性鐵、鋁、錳毒害逐漸產生，pH 值愈低，溶解性鐵、鋁、錳越多；(2)磷之有效性降低，pH 值 5 以下時，磷與鐵及鋁結合成不

溶性磷酸鐵及磷鋁等化合物，作物吸收困難；(3)在強酸性下，有機態氮、硫、磷元素釋出困難；(4)在強酸性下，土壤中鈣、鎂、鉀等鹽基易於流失，植株生長常常欠乏。此外，硼、鋅、銅、鉬亦有所欠缺現象；(5)土壤 pH 值太低時，影響土壤有益微生物之活動，如放射菌、細菌、固氮細菌、硝化細菌之族群數降低，降低土壤生化反應速率；(6)土生性真菌活性增加，增加土生性病害如：白菜之根瘤病等。如果土壤酸鹼值太高，亦有養分有效性之問題、氮肥損耗、土壤生物活性等等問題。

東部宜蘭縣丘陵地土壤也多呈強酸性，其平原地區多呈中酸性，花東縱谷光復以南，土壤酸性反應漸多，至卑南農田一帶，土壤亦多呈強酸性。花東地區之土壤酸鹼度分布圖，詳如圖三。最近之土壤肥力調查結果顯示：因為旱田及園藝作物之栽種取代水田耕作，加以農民缺乏正確之土壤肥培管理正確知識，常常過量施用肥料，並缺乏施用石灰資材改善土壤酸性，所以農

田土壤酸化面積稍有增加。

土壤酸鹼度之具體管理對策包括：

1. 擬訂管理對策目標：土壤 pH 值提高至 6.0 至 6.5 之間，交換性鈣飽和度 50%以上，鹽基飽和度 80%以上。次理想目標，提高土壤 pH 值至 5.5 以上，交換性鈣飽和度至少 40%以上鹽基飽和度 60%以上。
2. 選擇正確管理方法：各作物所適合之土壤 pH 範圍有所差異，故酸性土壤之改善方法，必須依作物而考慮。(1)強酸性土水稻（pH 小於 5.5）且缺矽：1).提高土壤有效性矽含量；2)改善土壤酸性；3)每公頃施用矽酸爐渣或矽酸鈣 1～2 公噸，隔兩年再施用。(2)雜糧、蔬菜(強酸性土)：1)提高土壤 pH 值；2)提高交換性鈣、鎂含量；3)補充微量元素之不足。施用石灰粉、石灰爐渣或矽酸爐渣；4)配合施用有機資材；5)測量硼、鉬、鋅、銅等微量元素，適時補充；6)加強土壤診斷。(3)果樹(強酸性土)：1)提高土壤 pH 值；2)提高交換性鈣、鎂含量；3)補充微量元素之不足；4)　施用石灰、白雲石粉或矽酸爐渣；5)配合施用有機資材；6)加強土壤植體營養診斷。
3. 管理對策實應配合事項：施用石灰改良酸土時，必須考慮下列要項：包括：作物對石灰需要量、土壤質地與有機質含量、石灰之施用時間及次數、石灰施用之品質、粗細粒徑、耕犁之深度等等，以估算石灰之實際需要量。在許多高淋洗、低鹽基含量之土壤中，如紅土、砂土等，必需特別注意施用石灰後，而引起之養分缺乏症狀。

七、土壤養分含量：

土壤養分指由土壤所供應作物生長所需之必要成分，土壤養分影響作物生長最為直接因此列為生產力之一項。作物之生產過程約有 1/3 至 1/2 的養分由農田獲取，故農田土壤養分是土壤品質之重要項目之一。土壤養分不但需考慮供應量之多寡且養分間之頡抗作用亦影響作物對其之吸收，故養分之平衡問題亦不可忽視。土壤養分評估是相當複雜之學問，一般以『臨界值』當為土壤養分含量之豐缺區分。一般之土壤養分含量評估是以土壤全量或抽出物分析其含量多寡，因土壤養分種類相當的多，故土壤養分含量評估相當繁複，依不同元素而加以評量。

土壤養分含量對生產影響之原因，不外乎是影響作物之生長功能，養分對植物之生長功能綜括如下：(1) 成為植物組織之成分；(2) 成為某種化學反應之催化劑或引導物；(3) 影響植物體內之氧化還原作用；(4) 協助植物體內酸之調節；(5) 影響植物體內之滲透性；(6) 影響其他元素進入植物體內；(7) 供給植物根部一個更適宜的環境以幫助植物生長。

一般之農田施肥皆以氮、磷、鉀三要素為主，氮肥易於損失，極少殘存土體中；磷肥則較不易移動，故經年施用磷肥，表層土壤中殘留甚多之磷素；鉀肥在土壤中之移動速度介於氮素及磷素之間，但亦稍有殘留跡象。土壤氮素了以土壤有機質含量推估，東部地區除粗質地農田外，一般土壤有機質含量均在中高含量，詳如圖四。

宜、花、東地區日照時數低，陽光不足，雨量多的氣候條件，是否合宜全然以有機肥料當為營養管理之方法需要再商確。除了因為有機農業型態經營者非得依有機農業經營規範執行，必需以有機肥料施用於農田者。與化學肥料比較，當前販售的有機肥料是相當昂貴的資材，如以養分含量價值比較有機肥料至少比化學肥料貴 16 倍以上，所以需要明確的瞭解施用有機資材的目的為何？是改善土壤物理性質或是添加養分？如果僅是以養分的補充考量，化學肥料絕對比有機肥料有更大的優勢。因為有機肥料的養分釋出是緩慢而受天候與土壤環境條件影響，所以如以栽種瓜果、果樹類作物，常因有機肥料養分釋出的控制困難；又因為有機肥料的氮、磷、鉀比例無法配合作物生長時對三要素比例需求，而使得收量不理想。當前有機肥料的品質良莠不齊，常有重金屬混入有機肥料之困擾發生，如使用該類產品日久對土壤品質相當不利，選用有機資材當為養分供應源應要小心。

東部地區因土壤缺乏微量要素較為明顯，農友缺少施用微量要素的觀念，所以常以施用有機資材當為補充微量要素的來源，其實只要加強土壤及葉片營養診斷方析，由改良場推薦農友施肥量與方法，同時農友加強對肥料的認識，即可有效的改善土壤養分缺失問題。

早年以水稻耕作為主，土壤呈還原狀態，土壤磷有效性高，又水稻對磷素敏感性較低，一般較少施用磷肥。近年水稻轉為旱作以及農民栽種經濟作物為主，土壤轉為氧化狀態，使得磷素有效性降低，加以旱作需要施用大量磷肥，是為表土磷素含量增加迅速。又目前農民施肥偏用複合肥料與堆廄

肥，部分地區土壤磷素含量很高，但亦有不少荒廢農田，所以農田土壤磷鉀肥含量極值差異增大。東部地區土壤磷素含量受土類影響很大，在片岩沖積土區土壤磷素含量高，但在黑土區或東岸母岩沖積土區土壤磷素含量仍低，土壤磷含量分布圖詳如圖五。

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，台灣地區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，此項問題普遍存於花蓮縣北部農田。

土壤鉀含量相對中要的取決於土壤礦物組成，片岩沖積土的土壤含鉀量偏低，但是東岸母岩沖積土或黑土的土壤鉀含量高，皆與土壤之黏土礦物組成有莫大的關係，在土壤肥力管理上不可不注意其特點。詳細的土壤鉀含量分布圖如圖六。其它土壤鈣鎂、硼、鋅等分布圖如圖七、八、九，各土壤養分含量分布高低各與土壤特性相關。

農田土壤中含有過量之養分，不但是投資之浪費，並造成養分不平衡，不利於作物生長甚造成作物減產，更造成地表水與地下水質污染之問題。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。

土壤養分含量之管理對策：

1. 擬訂管理對策理想目標：初步改善土壤養分問題，以提昇土壤養分濃度至

使作物不產生缺乏症狀為主。

2. 選擇正確之管理方法：土壤養分缺乏之改善是一項專門技術，必須根據現場情況、化學分析資料而決定添加量，已有許許多多的報告文獻參考，不再本文中敘明。另微量元素可利用葉面噴施協助，但效果有限。
3. 管理對策實施應注意事項：作物對於土壤養分之反應，受下列因素影響，添加肥料時，必須加以注意：(1)品種特性；(2)氣候(溫度、雨量、日照)；(3)生產量；(4)土壤物理性(有效土層、排水、質地、水分)；(5)土壤化學性(陽離子交換能量、土壤氧化還原程度、酸鹼度、緩效態養分、元素之拮抗作用)；(6)耕作方式(水、旱田)；；(7)栽培管理(覆蓋、整地、病蟲害及連作等)。

宜花東地區問題土壤之肥培管理策略

綜上資料之結論，花蓮地區農田受地形及氣候因素影響很大，陽光不足、土層淺薄、土壤養分條件不佳是花東縱谷的耕作限制因子；當然花東地區土壤條件也並非全面是負面條件，土壤無污染、灌溉水潔淨及東岸母岩沖積土及黑土具有很高的鹽基飽和度肥力，均是西部地區無法比擬的特點，所以土壤環境管理是花東地區農業經營成供與否的關鍵性因子。

宜花東地區之土壤肥培管理可以分為下列幾個基本方向：

1. 發展配合氣候條件之土壤肥培管理模式：因應日照時數低，陽光不足，雨量多的氣候條件，必需調整偏施氮肥的迷失，又因為日照時數有限，產量受到侷限，施肥量亦應調整。鉀肥可以補充日照之不足，因此三要素比例應與以調整為配合東部之氣候型態。如果利用日照時數少的特殊環境，配合肥培管理的操控，轉形為生產醫療或養生農產品的模式，亦是另一東部農業發展之途徑。
2. 發展配合土壤條件之土壤肥培管理模式：可以分為兩種方向，第一種方向是發揮本地黑土之高飽合鹽基的特點，補充磷素之不足及控制氮肥之施用，生產高級良質米。第二種方向為透過政府的補助計畫，區域性的進行問題土壤改良及肥培管理，提高生產品質與產品均一性，才可能開拓市場。土壤肥培工作發展的重點為：(1)發展灌溉系統與肥灌技術，提高肥料有效性與機動性；（2）進行除礫工程，加深土層厚度；（3）強酸性土壤改良，提高肥料有效性；（4）

發揮土壤資訊，加強土壤與植體營養診斷效能，針對各區域之土壤肥培問題提出改進方針，避免農友過量施肥與不平衡施肥。

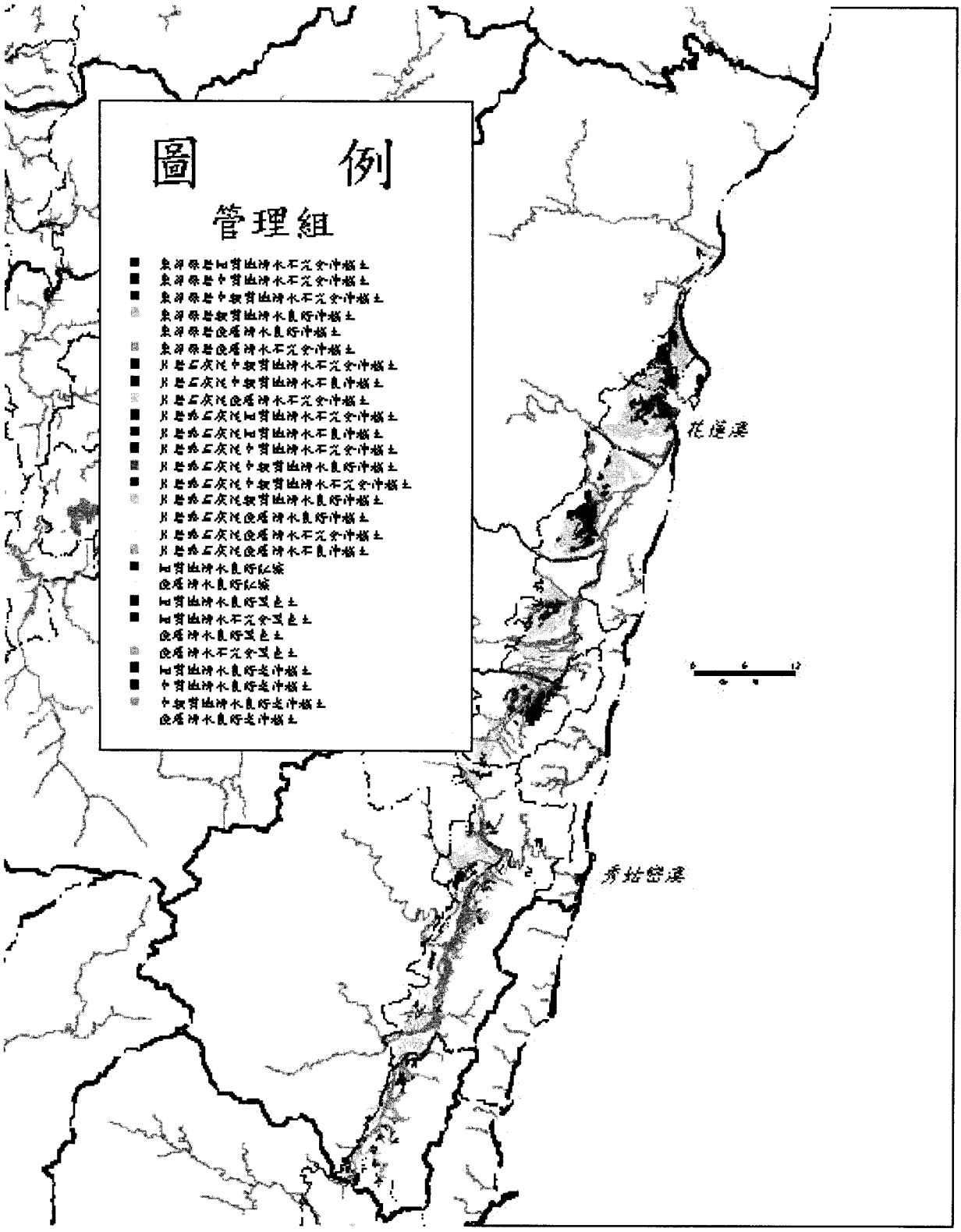
3. 加強土地評估與土地利用規劃：花東宜地區皆有傲人的景觀，農業發展皆以觀光農業、休閒農業主軸方向發展。所以農業的生產必需配合觀光產業的發展，如果因為農業的生產而污染環境，則兩者終將衰敗。提高土壤生產力可以降低肥料農藥的施用，維護環境品質。有良好的土地利用規劃，配合氣候與土壤條件，決定農業發展與作物生產之方向，不但可以節省整體資源，同時可以避免環境資源破壞，發揮群體力量，達成共同目標。

結語

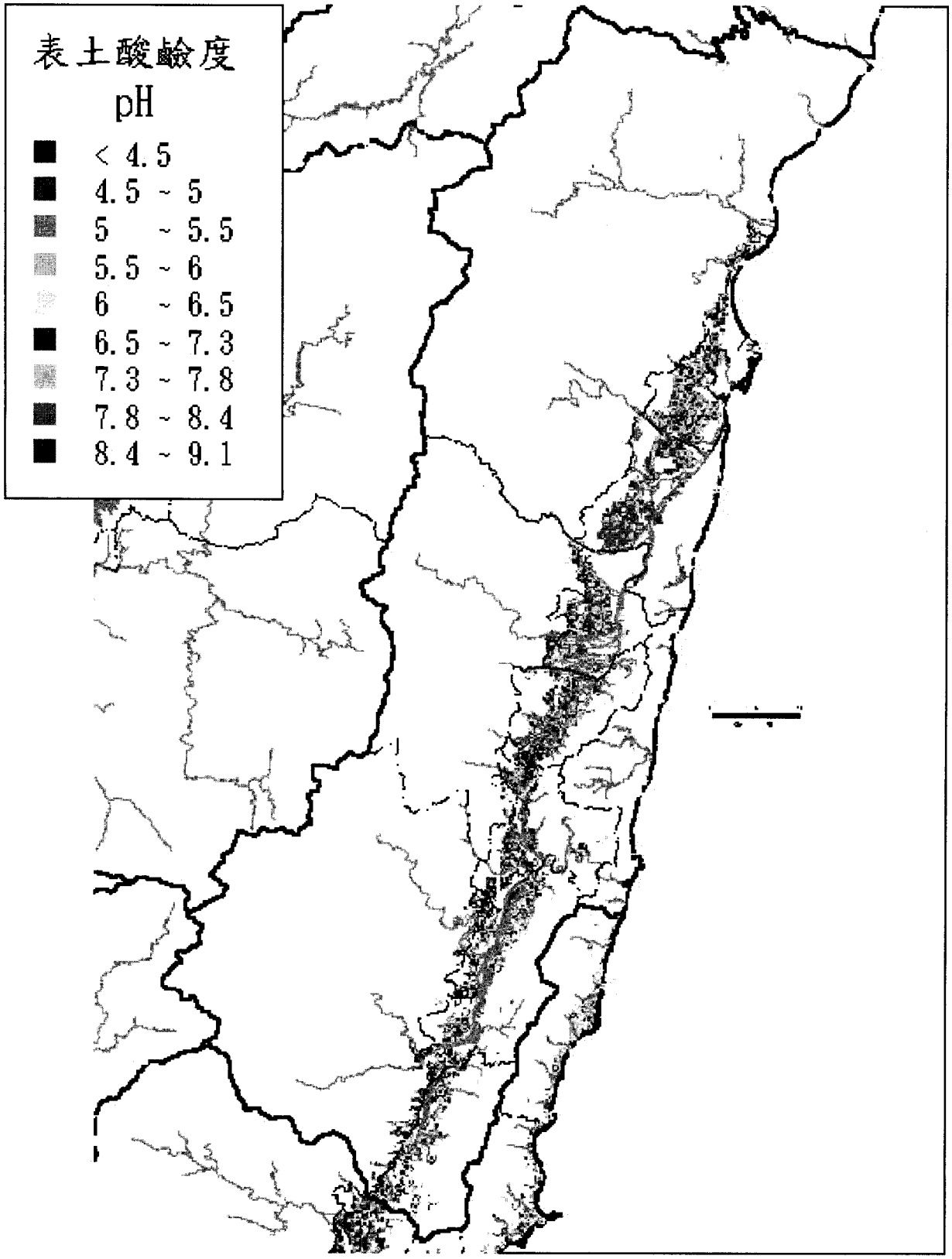
五十年來土壤肥料同仁，在花蓮地區進行無數的土壤改良試驗，獲得豐碩的研究成果。當時的經濟物質條件或無法使研究成果完全落實於農民，現今各種主客觀條件皆已改觀，例如：聯合土壤調查報告圖籍資料及農試所發展之土壤資訊系統、農業環境管理專家系統等將可落實宜、花、東地區之土壤肥力管理施作完全落實；另消費者對農產品質的要求以及農業經營的多樣化等等條件改變，都是花蓮地區土壤管理轉化及農業經營的轉機，有待大家之共同努力。

參考文獻

1. 林家棻 1967 臺灣省農田肥力測定. pp23 臺灣省農業試驗所報告第 28 號。
2. 林慶喜 1989 防止落花生空莢有良方。花蓮區農業改良場 農技報導 3 :1 -3。花蓮、吉安。
3. 林慶喜、蔡界益、陸應政 1990 播種、深、淺雙層施肥兼施藥多功能作業機之介紹。 花蓮區農業改良場 農技報導 6 :1 -3。花蓮、吉安。
4. 林慶喜 1990 鐵錳積聚層稻田土壤性質及改良。 花蓮區農業改良場 農技報導 8 :1 -3。花蓮、吉安。
5. 陳春泉、郭鴻裕、吳懷國 1989 台灣地區稻田生產力分級規範與調查 總報告。農試所特刊第 34 號。台中.霧峰。
6. 郭鴻裕 1994 臺灣地區農田地力增進初步調查報告。pp99. 臺灣省農業試驗所特刊第 42 號。台中.霧峰。



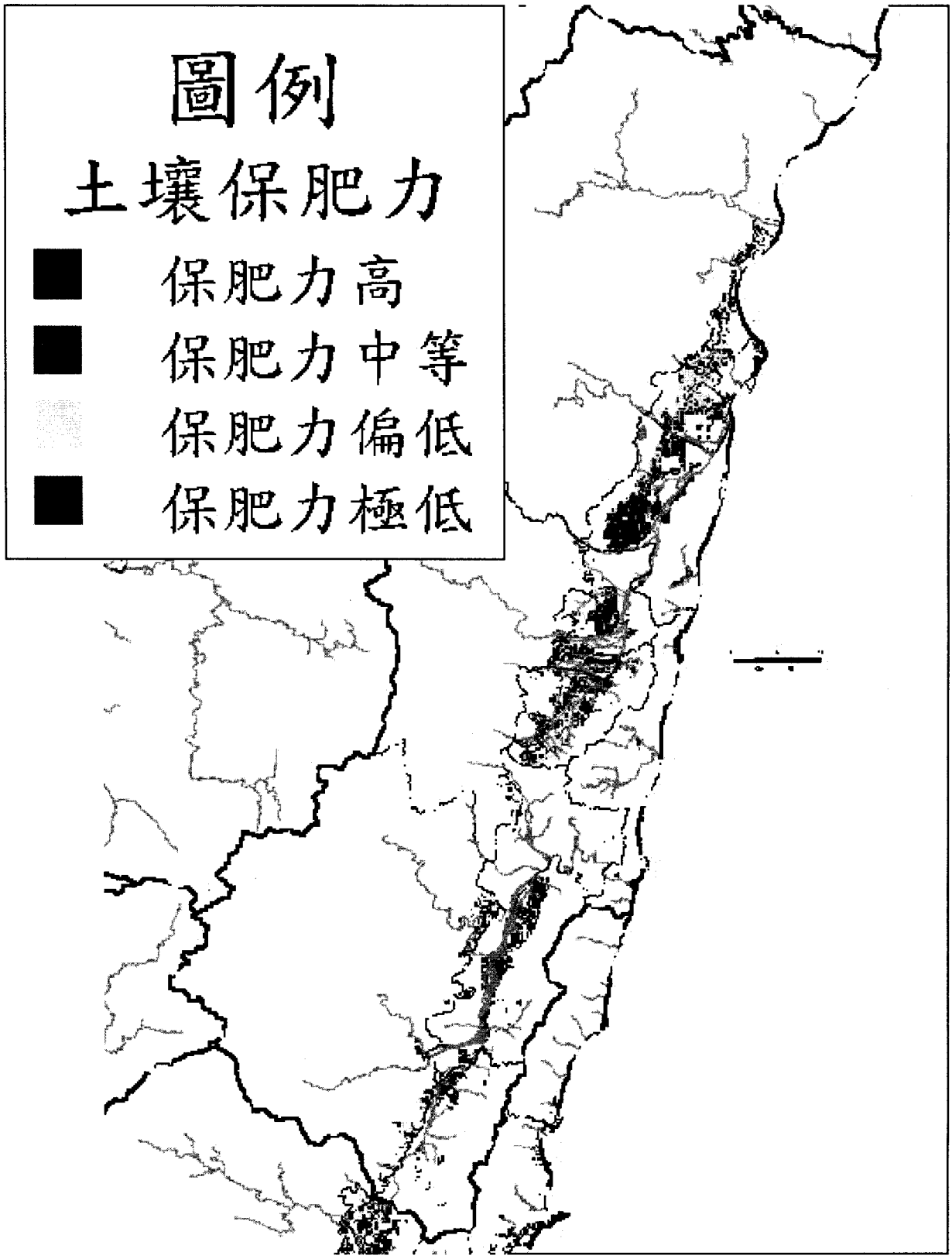
圖一　土壤管理組圖



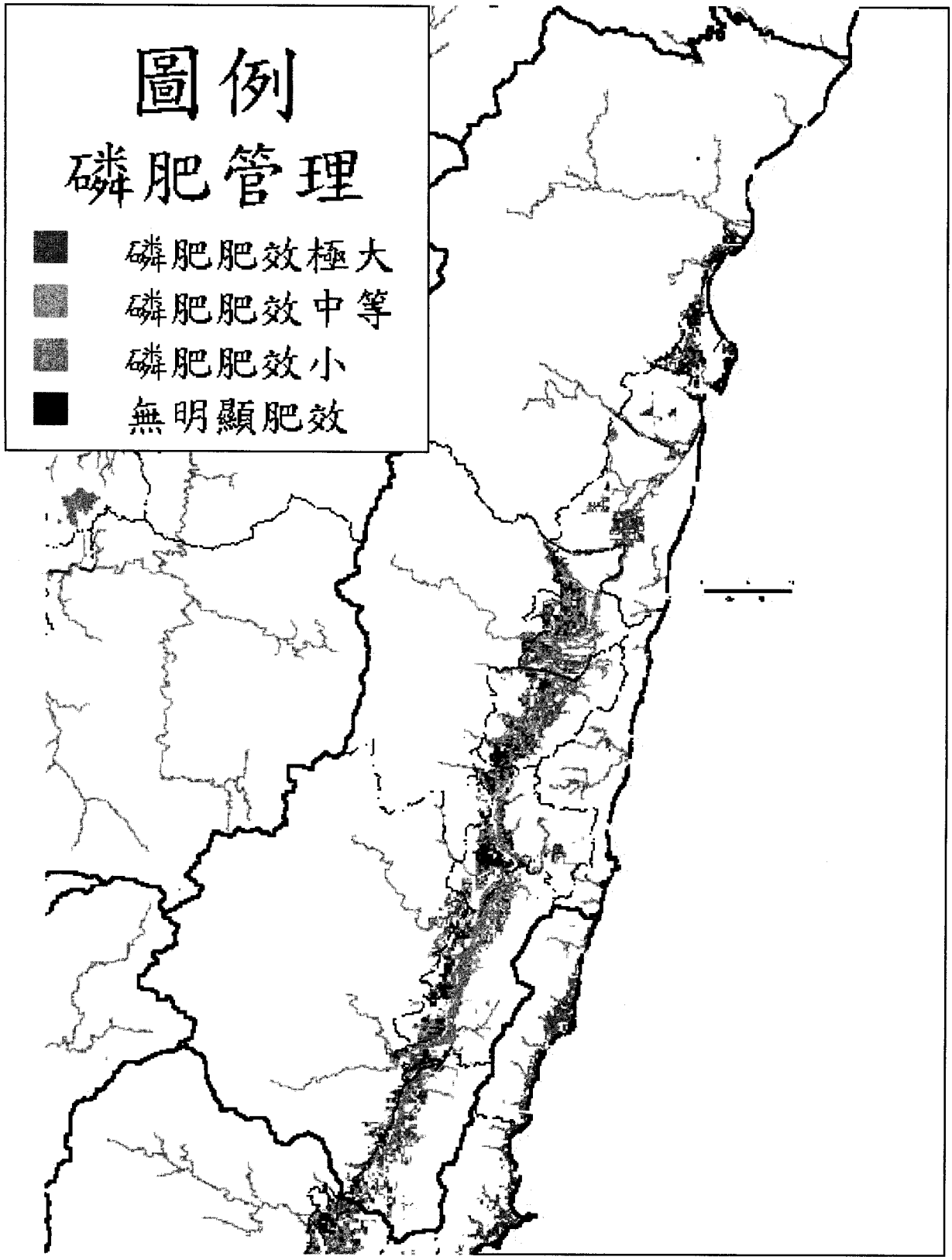
圖二　土壤酸鹼度分布圖



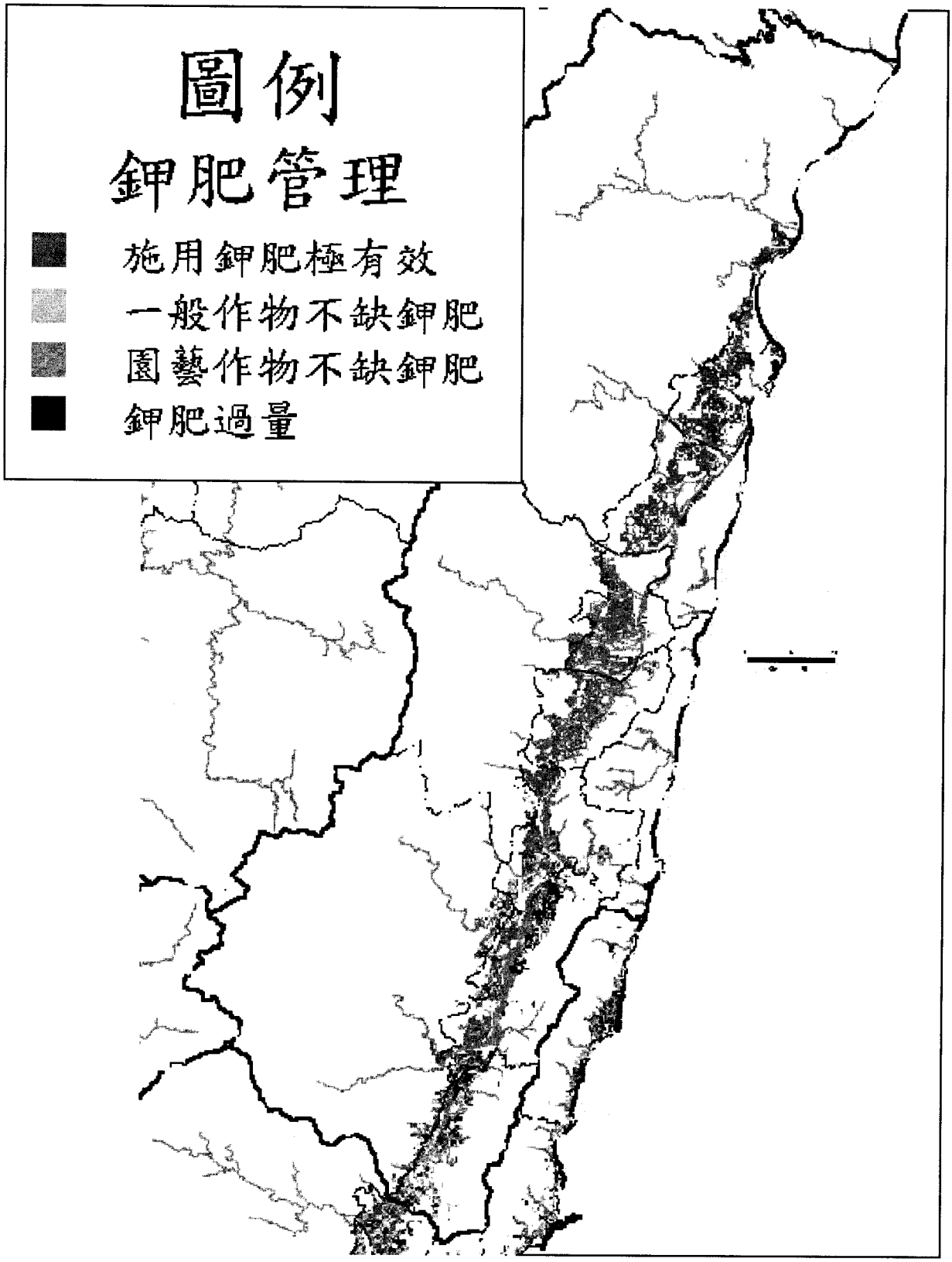
圖三　土壤有機質分布圖



圖四　土壤保肥力分布圖



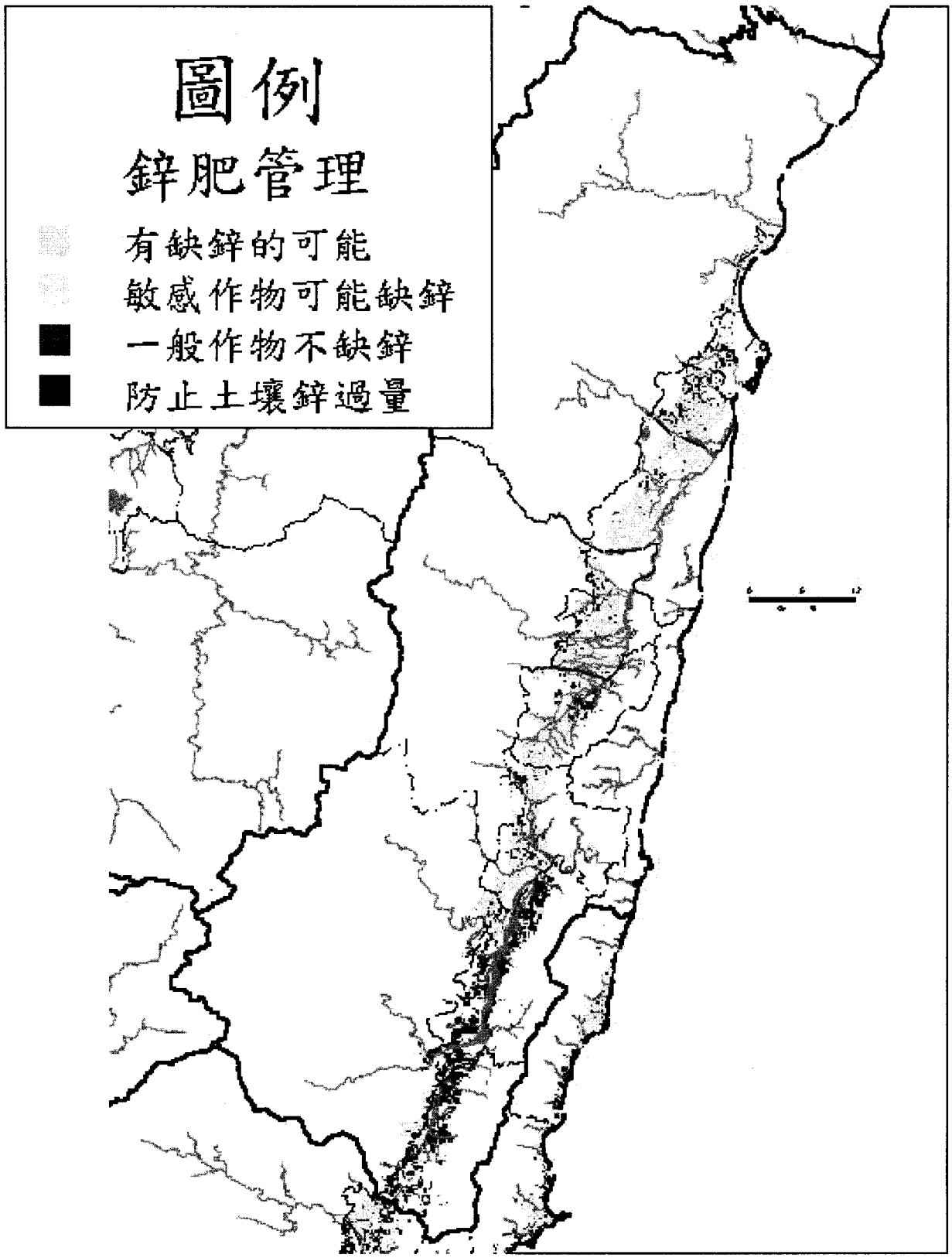
圖五　土壤磷含量分布圖



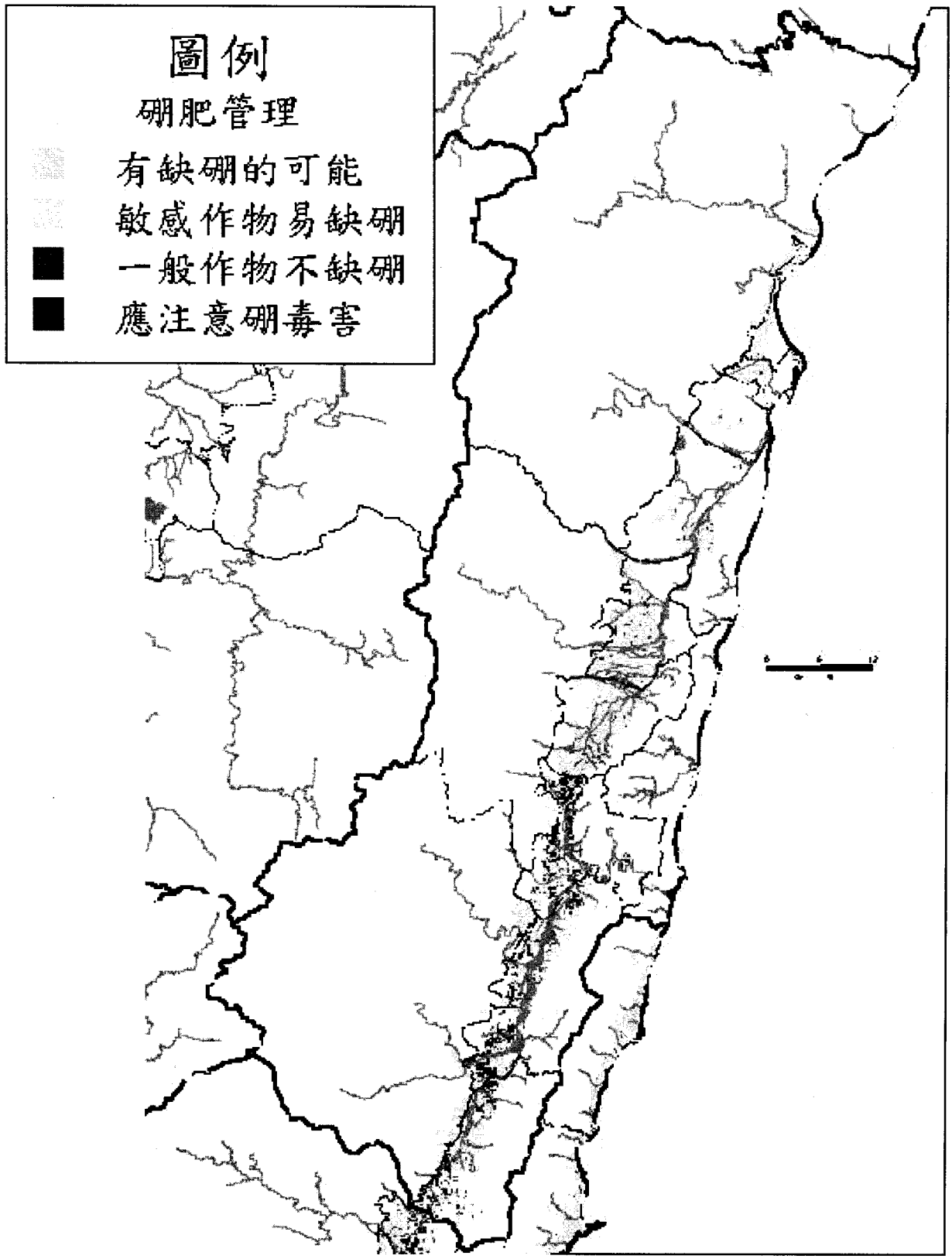
圖六　土壤鉀含量分布圖



圖七　土壤鈣鎂平衡分布圖



圖八　土壤鋅含量分布圖



圖九　土壤硼含量分布圖