

農田地力增進措施¹

謝元德
台南區農業改良場

一、緣起

過去三十多年來世界糧食增產 2.6 倍，理論上糧食供應應可無虞，但近年來糧食增產已趕不上人口增加，在 1980 年估計全世界每 5 天即增加 100 萬人口，估計 2015 年的人口數為 1980 年的兩倍。以土壤而言，文化與文明均伴隨著土壤生產力之良窳而演變。以氣候而言，大氣臭氧層之破壞，與大氣二氧化碳及氮氧化物濃度之增加，造成全球氣候之變遷，世界穀物收穫量不穩定。

台灣地區糧食供應隨人口增加及經濟發展，穀類包括稻、麥、玉米、高粱等糧食自給率自民國 56 年以後即在 100% 以下，64 年為 60%，76 年降至 34% 左右，豆類及牛乳類亦偏低。以人口而言，台灣地區人口已達 2300 萬人，若考慮本島有 2/3 之高山與丘陵，則平地人口密度達 1,800 人/平方公里為世界之冠。以農地面積而言，台灣可耕農地總面積約 1,071,400 公頃，其中分布於平原地區之開墾利用農地為 587,242 公頃，山坡地之宜農牧地為 458,158 公頃。但目前編定於農業用地為 746,470 公頃，屬優良農田且保護較嚴之特定農業區土地僅 326,589 公頃，且年年被轉用或違規使用，農地面積之逐年縮小是土壤生產力之最大隱憂。

是故，地力增進的主要目的在於改善農田土壤性質，以提高農作物之產量與品質，因為農田土壤為不可再生之寶貴資源，一經破壞即難以恢復。

二、農田地力增進之範圍

耕地土壤生產力之阻礙因素有：

1. 有效土層深淺。
2. 表土石礫。
3. 表土耕犁難易。
4. 酸性土壤。
5. 含鹽土壤。
6. 其他如排水、土壤養分含量、土壤污染和土壤有機質含量等。

¹本文摘自雲嘉南地區土壤特性及合理化施肥研討會論文集（1999 郭鴻裕等）

三、有效土層深淺

(一) 概說

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。主要影響土層深淺是指土壤中岩基、石礫層或緻密層(山中式硬度穿刺計讀數 29mm，厚度 10cm 以上)出現之位置。

(二) 有效土層厚度之分級 (1999郭等)

分級標準	水田	旱 田		
		普通旱作	茶	果樹
100 公分以上				
100~50 公分				
50~25 公分		~		~
25~15 公分		~		~
15 公分以下			~	~

(三) 生產力阻害之原因

1.水田

- (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，水分易於漏失，不利於生產與管理。
- (3) 砂礫質淺層土常有矽、鎂、鉀、磷、錳及鐵等養分供應不足之現象。
- (4) 排水不良且含有機質多之淺層土則易患稻熱病及胡麻葉枯病。

2.旱田

- (1) 作物根系無法自由伸展，影響水分及養分之吸收利用。
- (2) 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。
- (3) 片岩粗質地淺層土經過水田利用後，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。
- (4) 因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，阻礙旱作根系之發展，對於乾旱與溼害之承受力降低，導致旱作生產力之不安定。

(四) 阻害因素之具體改善對策

1.改善目標

有效土層深度，理想改良值至少應達 50 公分厚(級之水準)。但短期餒與實際可行之次目標則至少在 25 公分以上之厚度。

2.改善方法之選擇

條 件	改 良 目 的	改 善 方 法
(1)砂礫層出現在 25 公分以內(水田)。	擴大有效土層，減少漏水。	客入優良品質之粘土或壤土至 25 公分厚。
(2)砂礫層出現在 25 公分以內(旱田)。	擴大有效土層。	客入優良品質之壤土至 25 公分厚。
(3)鐵錳積聚層出現。	(1)擴大有效土層。 (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)。 (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 (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。
(4)犁底層存在之土壤(旱作)。	(1)擴大有效土層。 (2)打破犁底層。	(1)潛耕犁或刀犁深耕 40 公分深。 (2)栽植深根綠肥。

3.改善對策實施應注意事項

- (1) 依據區域作物發展方向，擬定改善方法及目標，並配合其他如：農地重劃，灌排水系統改善，農村綜合發展規劃等計畫實施而進行。
- (2) 改善區域實施前，更細部之土壤調查工作必需進行，確切將礫層、岩盤出現位置及土壤理化性質分析資料掌握，(礫層及岩盤之分布可利用地探雷達之技術協助)以達最佳之改善理想及精密之改良工程預算估計。
- (3) 改善區域之合理施肥方法必需配合進行宣導工作，以增進改善之效果。
- (4) 客土之來源，在西部地區可考慮建築工地之廢土，但廢土之土壤品

質必需先行分析檢查。

(五) 改善對策之效果

1. 鐵蝨積聚層改良效果(花蓮農改場, 72-78年)

不深耕改良結果：

- (1) 客入紅土 5 至 10 公分，增產稻穀 7%，後作殘效 10%。
- (2) 每公頃施入硫酸亞鐵及硫酸錳各 200 公斤，增產稻穀 5%，後作殘效 5%。
- (3) 每公頃施用矽酸爐渣 3 噸，增產稻穀 4%，後作殘效 3%。

深耕改良結果：

- (1) 深耕 30 公分，增產稻穀 4%。
- (2) 深耕再客紅土，增產稻穀 11%，後作殘效 15%。
- (3) 深耕後，再施用矽酸爐渣 3 噸/公頃，增產稻穀 8%，後作殘效 12%。
- (4) 深耕後，施加硫酸亞鐵及硫酸錳各 200 公斤/公頃，增產稻穀 11% 後作殘效 9%。

2. 客土。(台糖公司力力溪)

3. 打破犁底層改善之效果

- (1) 玉米田較對照區增產 10 至 40%。(台南農改場, 80 年)
- (2) 白蔥較對照區增產 74%。(日本靜岡農試)
- (3) 柿園增產 5%，柑橘園增產 16-22%。(日本愛媛農試)

四、表土石礫

(一) 概說

表土石礫量是指土壤剖面內，含有石礫量佔表層土壤剖面面積之百分率。石礫量又依石礫之大小與風化程度而有差異。

(二) 表土石礫量分級(1999郭等)

分級標準	等 級		
	旱 田		
	普通作物	茶	果樹
少量或無 5%以下			
中量 5~10%			
多量 0~20%	~		~
極多量 20~50%	~		~
超多量大於 50%		~	~

(三) 生產阻害原因

- 1.耕作土壤含量相對減少，養分供給量減少。
- 2.保肥力減少，肥料養分容易流失。
- 3.保水力降低，土壤容易乾燥。
- 4.農具易於磨耕、損失、破損、增加生產成本。
- 5.收穫物中易夾雜石礫，在經營農業成本增加支出或加工機械損耗。
- 6.石礫阻礙地下收穫物(塊莖、塊根)生長、降低生產品質，或限制作物栽植種類。

(四) 阻害因素之具體改善對策

1.改善目標

表土石礫含量，理想改良目標至少表土含礫量降至 5% 以下，厚度至少 25 公分厚。短期內與實際可行之次目標，則至少表土含礫量降至普通旱作 10% 以下，茶、果樹 20% 以下，(直徑 6 公分以下石礫可以忽略)表土厚度 25 公分。

2.改善方法之選擇

條 件	改 良 目 的	改 善 方 法
(1) 極多量或超多量巨大石礫分布。	降低表土石礫含量。	(1) 栽植不經常耕犁之作物，如：果樹、牧等。 (2) 全面表層客土或局部客土。 (3) 配合客土土壤品質調整土壤性質。
(2) 極多量或超多量石礫分布。	降低表土石礫含量。	(1) 客入低含石礫量土壤。 (2) 配合客土土壤之品質，調整土壤性質。
(3) 河川地之表土石礫地。	降低表土石礫含量。	(1) 放淤客土。 (2) 流水客土。 (3) 搬入客土。

3.改善對策實施應注意事項

- (1)改良地區之細部土壤調查實施，應特別注意表土石礫之分布及含量。
- (2) 客土之土壤品質應加以量測，以利一併改良。
- (3) 客土及耕犁整地時，應特別注意土壤水分含量，避免壓實土壤。
- (4) 河川地改良後，對於灌溉方式應改為滴灌或噴灌，施肥亦改用緩效性肥料或有機肥料，或改以少量多施方式。

(五) 改善對策之效果

客土改良並無具體之試驗結果，但根據學理之推測，應有相當之增產效果可以期待。

台糖公司糖業試驗所報告，甘蔗 20 49 噸/公頃產量時，石礫含量為 72.4%；50 69 噸/公頃產量時，石礫含量為 67.3%；70 89 噸/公頃產量時，石礫含量為 56%；90 109 噸/公頃產量時，石礫含量為 45%；大於 110 噸/公頃產量時，石礫含量低於 47.3%。

五、表土耕犁難易

(一) 概說

表土耕犁難易度是指表土耕犁、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。在水田主要以表土之質地，表土粘著性及表土乾硬程度比較。旱田因涉及耕犁作業，故又包括底土是否有不透水層及地下水位之高低及表土石礫含量等性質。因與大型農機之使用馬力與能源消耗有關，故為地力增進考慮之因素。

(二) 耕犁難易分級

分 級 標 準	等 級
耕犁、碎土容易	
耕犁、碎土稍困難	
耕犁、碎土困難	
耕犁、碎土困難	

而等級又依表土質地、粘著性與風乾土之軟硬等要項之強弱組合而共同判定。但因本省土壤資料較少注意此種要因，又一般表土耕犁難易土壤質地代替另二項進行評估，故本項僅以表土之質地表示耕犁之難易度。一般表土質地在坩質粘壤土以上者即屬於不易耕犁土壤。

(三) 生產阻害原因

- 1.表土耕犁難易，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。

(四) 阻害因素之具體改善對策

1.改善目標

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，或表土耕犁難易度改良成為 級。

2.改善方法之選擇

條 件	改 良 目 的	改 善 方 法
(1) 細質地表土。	降低表土粘粒含量。	(1) 客入粗質地土壤。 (2) 施用矽酸爐渣或飛灰。
(2) 表土有機質含量低。	增加表土有機質含量，降低表土結持力。	(1) 施用堆廐肥每公頃 20 噸。 (2) 施用稻殼、施用稻稈或作物殘體迴歸土壤。 (3) 休閒期栽種綠肥。
(3) 不透水層田。	打破不透水層。	(1) 打破不透水層。 (2) 暗渠(潛耕)排水。
(4) 地下水位高。	降低地下水。	(1) 暗渠排水。 (2) 改善區域排水系統。

3.改善對策實施應注意事項

- (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，客入之土壤品質亦應詳細調查，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。
- (5) 如表層粘重土，底層為粗質地土壤，即可進行深耕混合，但混合後，鹽基及 pH 值必需加以調整。
- (6) 如以海砂客土，必須注意鈉鹽之含量。

(五) 改善對策之效果

- 1.客砂之效果，旱作類增產 10~90%。(日本北海道農試，1975)
- 2.水田施用稻殼增產 10~20%。(中興大學，69 年)
- 3.台糖公司重粘土客砂 12 公分增產 20%，客入爐渣 10 公分增產 14~28%，殘效 2 年。
- 4.台糖公司看天田施用有機物增產幅度在 10%以下，但並無殘效。

六、土壤鹽分

(一) 概說

土壤鹽分含量，一般係以土壤飽和抽出液測其電導度。在 4 單位 (ds/m, 25) 以上者，稱為土壤含鹽分。

(二) 土壤鹽分分級

分級標準 ds/m, 25	含鹽量等級
< 2	無鹽分
2 ~ 4	低鹽分
4 ~ 8	中鹽分
8 ~ 16	高鹽分
> 16	極高鹽分

註：土壤飽和抽出液之測值

(三) 生產阻害原因

- 1.土壤呈現鹼性反應，引起養分無效化。
- 2.引起土壤物理性變劣，通氣性及透水性降低。
- 3.鹽分濃度高，影響植物根系之水分吸收。

(四) 阻害因素之具體改善對策

1.改善目標

將表土飽和抽出液之電導度降至 4ds/m 以下。

2.改善方法之選擇

根據本省之自然環境、鹽分土壤改良可根據三項原則：(1)降低地下水位。(2)阻斷鹽分來源。(3)改善土壤剖面透水性。

條 件	改 良 目 的	改 善 方 法
(1) 土壤鹽分過高。	降低土壤鹽分含量。	(1) 暗管排鹽。 (2) 截流溝渠開設，阻絕水平滲透鹽分。 (3) 土壤剖面滲透性改良。 (4) 防潮水門設立。 (5) 防風林佈置。 (6) 耐鹽作物引入。 (7) 適當水稻輪作。

3.改善對策實施應注意事項

- (1) 進行鹽土改良前，必須進行細密之土壤調查，注意地下水位及土壤質地，剖面層次之分布等。以供暗管埋設之參考。
- (2) 施工期不宜在雨季進行。
- (3) 改良區必須與魚塭隔離，並具有良好之河堤及海堤，防潮門排水溝等排水設施。
- (4) 改良區必須有良好之灌溉水源，以擴大改良之效果。
- (5) 改良區農民必須加以組織，初期並加以輔導，避免抽水設備無人管理。
- (6) 改良區之作物栽培需專輔導，增加農民收益，以厚植後續之管理費用等。
- (7) 台糖公司有良好之施工經驗，可供為施工之指導或參與單位。
- (8) 暗管必需適當定時的清洗。

(五) 改善對策之效果

鹽分地改良為本省最成功的土地改良實例，目前已有 20 餘公頃改良，除部份管理不善區域外，所得之增產效果相當驚人。

1. 台糖公司鹽分地改良甘蔗增產 60% 至 300%。
2. 北門鄉西瓜田每年每公頃收益超過 60 萬元。
3. 蕃茄增產 45 120%。
4. 蔥增產 75 200%。

七、酸性土壤

(一) 概說

酸性土壤是土壤基本性質判斷之指標，通常指土壤溶液中游離的氫離子濃度高於氫氧離子濃度，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之高低為指標。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。

(二) 酸性土壤之分級

酸性土壤分級標準(pH 值)	酸性土壤等級
> 6.5	中性或中性以上
5.6~6.4	~ 中酸性至微酸性
5.1~5.5	強酸性
4.5~5.0	極強酸性
< 4.5	特別酸性

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。

(三) 生產阻害原因

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酸鋁等化合物，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、鋁亦有所欠缺現象。
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。

(四) 阻害因素具體改善對策

1. 理想目標

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. 改善方法之選擇

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。

條 件	改 良 目 的	改 善 方 法
(1) 水稻(強酸性土且缺矽)。	(1) 提高土壤有效性矽含量。 (2) 改善土壤酸性。	(1) 每公頃施用矽酸爐渣 1~2 公噸。
(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。	(1) 施用石灰粉、石灰爐渣或矽酸爐渣。 (2) 配合施用有機資材。 (3) 測量硼、鋁、鋅、銅等微量元素，適時補充。 (4) 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。	(1) 施用石灰、白雲石粉或矽酸爐渣。 (2) 配合施用有機資材。 (3) 適量補充微量元素。 (4) 加強土壤植體營養診斷。

3.改善對策實施應注意事項

- (1) 進行酸土改良之前，必須進行細密之土壤調查，對於改良區之土壤質地，有機物含量及微量元素含量應進行分析。
- (2) 施用石灰改良酸土時，必須考慮下列要項，以估算石灰之實際需要量。
 - ①作物對石灰需要量。
 - ②土壤質地與有機質含量。
 - ③石灰之施用時間及次數。
 - ④石灰施用之品質，粗細粒徑等考慮。
 - ⑤耕犁之深度。
- (3) 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。
- (4) 北部茶園及南部鳳梨園不需進行酸性土改良。

(五)改善對策之效果

- 1.酸性土壤有效性低之土壤，施用矽酸爐渣(每公頃 1~2 噸)可獲得 5~15% 的稻穀增產，這種效果無法以碳酸鈣取代。
- 2.北部興辦酸性蔬菜園矽酸爐渣大面積(1440 公頃)示範，增產 6~234%。
- 3.苗栗舉行酸性土落花生空莢低產改良示範，每公頃施 2.5 噸矽酸爐渣，增產 43%。
- 4.酸性土壤施用石灰曾可使蔗糖產量增加 90%。