



# 土壤改良資材特性與使用實例

作者：吳正宗（國立中興大學土壤環境科學系 講師）  
電話：(04) 22840373#3407

土壤改良資材包山包海，選用前應先明瞭土壤問題及其成因，然後對症下藥，選對的資材，用對的量，在對的時間，用到對的地方，才能事半功倍，徹底解決土壤問題。本文僅針對土壤酸化、鹽化、排水不良和有機質肥料施用進行問題成因、診斷和解決對策之探討，使農民朋友可防範未然。

## 一、土壤酸化問題

### (一) 土壤酸化原因(土壤中氫離子的來源)：

生物（包括微生物和植物的根）呼吸、有機質分解產生二氧化碳，二氧化碳溶於水產生碳酸，碳酸解離產生氫離子；含氮有機質分解產生銨和施用銨態氮肥，銨根在有氧環境下經硝化作用釋出氫離子。植物吸收陽離子交換釋出氫離子。鋁和鐵水解作用釋出氫離子。在高溫多雨地區，陽離子淋失，氫取代鹽基離子。工業活動、石化燃料產生 $SO_2$ 、 $NH_3$ 、 $NO_x$ 等氣體，溶於水後釋出氫離子。所以土壤酸化是一個自然風化、淋失的過程，只要時間夠長、雨水夠多、溫度夠高，都會自然發生，只是歷時的長短而已。土酸化後，陽離子交換容量降低，加速土壤肥分的流失，因此防治土壤酸化有其必要。

### (二) 土壤酸性的測定和分級：

一般測定土壤酸度，在田間可使用試紙（圖一）或攜帶型pH計，在實驗室則使用pH測定儀（圖二）。測定結果土壤酸鹼度分級如表一。



圖一、土壤pH值的測定—比色法（農民可至化工原料行購買試紙，以水彩調色盤和純水自行比色定）。



圖二、土壤pH值的測定—電極法（農民可自行採樣，送區改良場免費檢測）。

表一、土壤酸鹼度分級（勞秀榮，2001,p 167）

分級	pH
強酸性	< 4.5
酸性	4.5-5.5
弱酸性	5.5-6.5
中性	6.5-7.5
鹼性	7.5-8.5
強鹼性	> 8.5

表二、常用石灰資材的種類與特性

資材名稱	主要成分	鹼度 <sup>1</sup>	酸性中和能力 <sup>2</sup>
石灰石粉	CaCO <sub>3</sub>	56	100
消石灰	Ca(OH) <sub>2</sub>	76	136
生石灰	CaO	100	179
苦土石灰	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	53-59	90-105
石灰爐渣	CaSiO <sub>3</sub>	36-48	65-85
矽酸爐渣	CaSiO <sub>3</sub>	34-45	60-80
蚵殼粉	CaCO <sub>3</sub>	51	92
蟹殼粉	CaCO <sub>3</sub>	21-26	38-45

<sup>1</sup> 鹼度 = %CaO + %MgO × 1.39，通常以生石灰的鹼度訂為100。

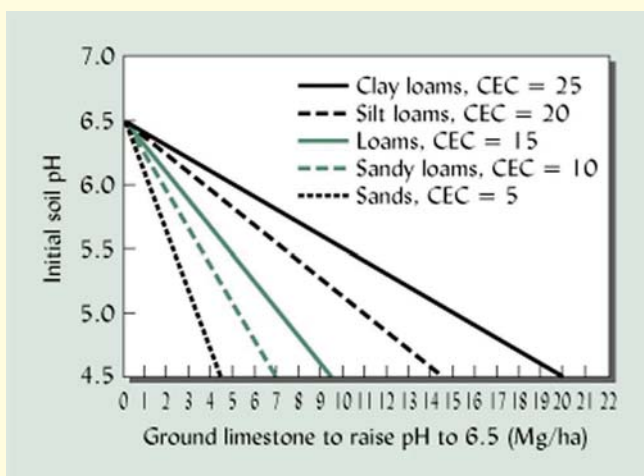
<sup>2</sup> 酸性中和能力以石灰石粉訂為100時，各種資材酸性中和能力之相對值。

### (三) 土壤酸化的防範和改善：

- 1. 選擇生理鹼性肥料：**選用含硝酸態、醯銨態氮肥、碳酸根鉀肥，施用後可提高土壤pH值，避免選用硫酸銨、過磷酸鈣和氯化鉀等產酸肥料，如有選用務必於後續增施石灰資材。
- 2. 選擇腐熟有機質肥料：**腐熟堆肥pH值微鹼性或中性，長期施用可提高土壤pH值。
- 3. 施用石灰資材：**常用石灰資材的種類及其成分特性如表二。鹼度越大者提升土壤pH值效果越好，且用量越少。

惟生石灰和消石灰遇水生熱，使用時須注意勿靠近作物，並提早施用；苦土石灰含鎂，同時缺鎂時優先選用；矽酸爐渣為煉鋼副產品，可能有重金屬殘留；蚵殼粉含鈉，勿連年施用，否則可能使排水變差和腐植質的溶出，選用時須小心。

- 4. 用對的量在對的地方：**施用石灰量須考慮土壤pH值和質地，施用量參考圖三。施用方法，成樹果園建議開溝條施（圖四），蔬菜園則在種植前撒施深翻。



圖三、農用石灰用量概估：先測定土壤質地和pH值，假設pH值為5，質地為壤土，則公頃施用農用石灰7噸可提升表土pH值至6.5。（改編自Brady and Weil, 1999, p. 369）。



圖四、石灰溶解度低，撒施的效果有限，對深層土壤效果不佳，如能開溝條施，效果較佳，且施用量降低，效期延長。（圖片來源：臺東農改場張繼中副研究員）。

## 二、土壤鹽化

### (一) 土壤鹽化的原因：

海水倒灌或過量施肥。海水倒灌是區域性問題，無解。過量施肥則可透過合理施肥、測土施肥而預防，已發生則透過下列診斷和方法而逐步改善。

### (二) 鹽害的診斷：

1. 目視診斷：土壤表層出現白色鹽斑（圖五），畦面中央蔬菜發芽不整齊（圖六），缺株現象（圖七），蔬菜生長遲滯，葉緣出現黃環紋（圖八）。

2. 土壤導電度測定：土壤在接受肥料後，未被作物吸收及淋失的部份，有許多是以水溶性狀態累積在土壤中，測定土壤導電度可以判斷土壤累積肥料鹽分的總量。土壤電導度的測定是取適量土壤，加入蒸餾水，以攪拌棒攪拌，靜置2-4小時後，過濾，以電導計測定抽出液的電導度。測值的意義因土水比而有差異，其分級如表三。



圖五、鹽害土壤表層出現白斑。



圖六、鹽害使萵苣發芽，生長參差不齊。

圖七、因鹽害而導致缺株。

圖八、因鹽害使黃瓜葉緣出現黃色環紋。

表三、土壤導電度分級

抽出方法	dS/m, 25°C	作物反應	分類
飽和抽出液導電度	< 2	可忽視（對任何作物均不構成影響）	無鹽
	2-4	極敏感作物產量可能受限制	微鹽
	4-8	甚敏感作物產量受限制，但對耐鹽作物(苜蓿、棉花、甜菜、高粱、穀類)無多大影響	中鹽
	8-16	僅耐鹽作物有收成，但影響種子發芽，而且出現缺株，嚴重影響產量	高鹽
	> 16	僅少數甚耐鹽作物可生長	極鹽
土水重量比 1：5 抽出液	< 0.85	可忽略	
	0.85-1.5	對作物有影響	
	> 1.5	大多數作物有影響	



圖九、因鹽害而導致即使畦間充滿水也使小黃瓜無法吸水而呈萎凋狀。

### (三) 鹽害對作物生長的影响：

降低植物對水分的吸收（圖九）；導致植物細胞變小，植株矮小、葉小；降低土壤微生物的活性；導致養分不平衡；導致土壤物理性變差；導致生物相的不平衡；導致土壤酸化等。

### (四) 鹽害土壤的改良：

浸水法（淋洗法）、深耕法、施用粗質有機肥、種植清淨作物、移除法、客土法、選用合宜的耕作及灌溉方式（圖十）等。

## 三、土壤排水不良

土壤因水分過多，通氣不良，造成植物根部缺氧或累積有機酸，就稱為排水不良。當土壤排水不良時，會因缺氧而阻礙根系的代謝作用，影響根對養分與水分的吸收，容易引起作物的病害和機械在田間不易操作等。

### (一) 排水不良的原因：

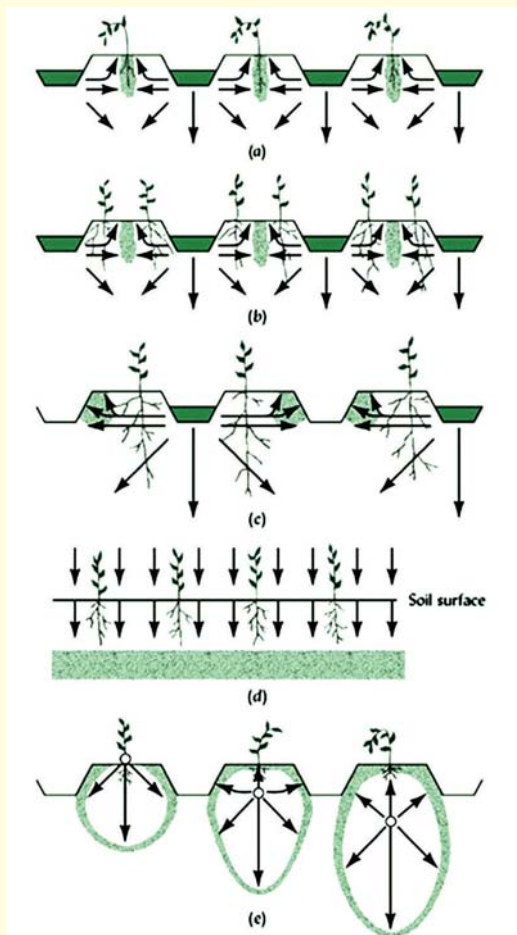
重型機械輾壓或自然風化過程黏粒淋洗填塞，而產生堅硬犁底層；沖積平原因洪水帶來質地不一土壤粒子堆積使質地剖面不均一。

### (二) 排水不良的診斷：

以穿刺阻力計，執行阻力測定（圖十一）；以土鑽挖掘剖面觀察質地（圖十四，圖十五）、灰斑（圖十三）、硬盤和根系分布（圖十二），可判定排水不良位置。

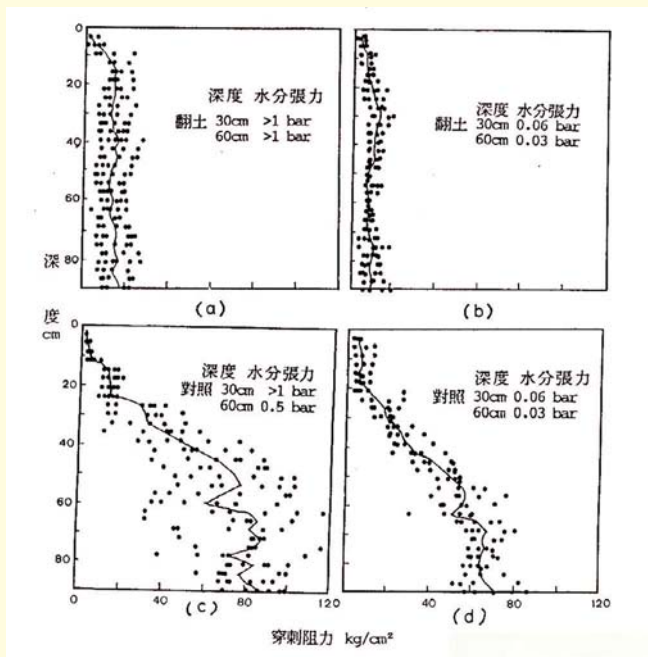
### (三) 排水不良的改善：

執行不耕犁栽培、深層翻耕打破犁底層，同時增施粗質有機質肥料。避免在浸水或雨後耕犁及走動，俾使土壤構造孔隙不被破壞或減少。深挖排水明溝，雨後及時抽出，以改善區域排水或埋設暗管（圖十六）。

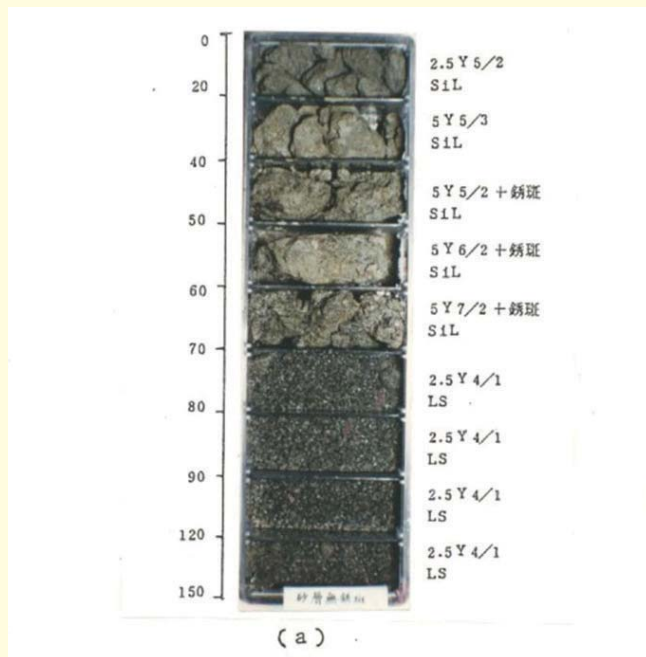


圖十、鹽害土壤灌溉方式對植物生長與養分移動的影響

- (a) 畦的兩側溝灌，鹽分向內側中心移動，植株生長受害
- (b) 將植株種於畦邊，可避免如(a)的危害
- (c) 畦的一側溝灌，並將植株種於灌水的一邊，亦可避免鹽害
- (d) 噴灑灌溉成均勻淹灌，使鹽向下移動，鹽害可消除
- (e) 滴灌致鹽類聚集或移除，端看滴灌位置，位置淺沒有鹽害，位置愈深鹽害愈嚴重（摘自Brady and Weil, 1999, p. 397）。



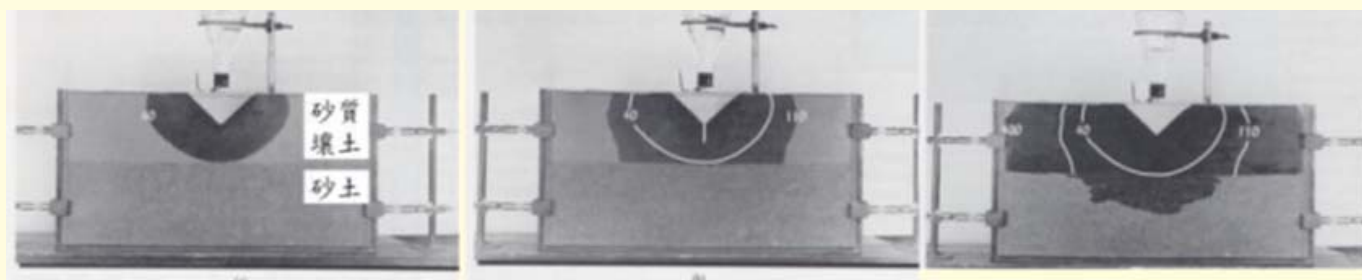
圖十一、利用穿刺阻力計紀錄土壤剖面穿刺阻力，可明瞭根系生長深度（蔡東耀，1990）。



圖十三、土壤剖面樣品採集盒與灰斑記錄可知道排水深度（孫存禮，1988）。



圖十二、利用土鑽挖掘，感受土壤硬度、觸摸質地和觀察顏色，可明瞭土壤排水境況。



圖十四、土壤剖面質地不均將導致水分滯留：當土壤質地剖面不均時，導致排水不良的情形在台灣西南部平原極為常見。不管是上黏下粗或下黏上粗都使水分滯留在土壤質地較細的土層中，而造成排水不良，影響旱作生產甚巨，連續土層中的土壤孔隙大小和質地粗細差異很大時，常在孔隙較小的土層發生積水現象。（圖片摘自Brady and Weil, 1999, p. 199）。



圖十五、土壤顏色為灰藍(grey)色，是土壤發生還原的證據，也就是說土壤中曾經有一段時間為積水，如果去觸摸顏色轉換的交接面，你會發現土粒顆粒大小不一，這是造成土壤排水不好的原因，也是草皮生長不良的原因，難怪草的根只長在表土2-3公分（根據右圖推測）。



圖十六、果園土壤因之前種植水稻和質地不均致排水不良（土壤灰斑明顯），可埋入已挖孔和包裹紗網之塑膠管，然後填上一層級配，再覆上耕作土。

#### 四、有機質肥料的施用問題

##### （一）農戶不當施用有機質肥料案例：

1. 臺中市東勢區寄接梨農戶，於採收完畢後的8月，6分地撒施黃豆粉(7-1-2) 200包（每包50公斤），問題是：氮肥用量太多、不應該在採收後大量施用含氮肥料。

2. 嘉義石卓甜柿農戶，於10月初施用混合有機質肥料(6-2-2)，每株0.5包（每包25公斤），10月底落果嚴重，問題是：氮肥太多、不應該在結果期施用大量氮肥、氣候條件不佳（10月間連續下雨2週），造成落果。
3. 臺中市大甲區有機水稻農戶，10餘年來都只施用菜籽粕(5-2-2) 10包/分（每包50公斤），產量低，且米質不好，碎米粒高。問題是：施用肥料種類不對、三要素施用不平衡。
4. 桃園八德簡易溫室莧菜專業農，每作種植前約20天撒施生雞糞120包/分，每年共5次，每年每分地另施用300公斤石灰，導致土壤分析資料如表4。問題是：未腐熟雞糞大量施用造成有機酸累積，pH值下降，而雞糞的肥份高，磷鉀鈣鎂均超出參考值甚多，且已產生鹽害。

表四、桃園八德某溫室莧菜土壤檢測值

檢測項目	酸鹼度	電導度	有機質	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
	(1:1)	(1:5)(dS/m)	(%)	公斤/公頃			
檢測值	3.9	0.81	6.1	677	484	7,194	1,131
參考值	5.5-6.8	< 0.6	> 3.0	60-290	90-300	2,000-4,000	200-400

上述案例顯示，農民普遍喜歡使用未發酵有機肥，偏施氮肥，用量不對，且都是土壤表面撒施。

## （二）有機肥選購的迷失：

越臭的有機肥越好，因為那表示肥分高？植物性比動物性優良？植物渣粕是最乾淨的有機質肥料？禽畜糞含重金屬？稻草能不能直接掩埋施用後，種植作物？雞糞能不能直接施用？咖啡渣、茶渣直接鋪蓋在盆栽表面，可保水兼供肥？有吃牛奶長大的西瓜嗎？廚餘能變黃金嗎？人糞尿是很好的肥料來源？

## （三）未腐熟有機肥的問題所在：

碳氮比若高，施入土中將因生物固定化而導致種植作物缺氮；碳氮比太低，會產生氨毒害；施入土壤初期，微生物劇烈活動，導致缺氧；產生大量有機酸（如丁酸、戊酸、酚……），及氨、硫化氫，毒害植物根系、抑制種子萌發；帶有病菌和蟲卵，有些可傳給蔬菜，造成危害。

## （四）堆肥製作的目的：

改善物理性、調整碳氮比、減少體積和調整水分含量、殺死病蟲草、減少氧氣不足的問題、改善環境衛生、消除有害物質、減低不良氣味、調配堆肥成分、增進肥效。

## （五）有機質肥料選購：

1. 以改良土壤性質為目的：選購腐熟完全，氮成分低(< 2.5%)、粗纖維多的一般堆肥（品目編號5-10）最宜，禽畜糞堆肥（品目編號5-09）亦可。

2. 植物渣粕肥料(5-01)和混合有機質肥料(5-12)多為碳氮比低，氮成分高的肥料，分解迅速，短期間雖易發揮肥效，但對土壤有機質的挹注極為有限。
3. 雜項複合肥料(6-05)常以有機質複合肥料名義販賣，雖使用少量泥炭或糖蜜為製肥原料，登記之有機質成分實為化肥，對土壤有機質之增加，完全沒有作用，應慎重選用。
4. 禽畜糞和粕類的鉀含量相對較低，瓜果類營養生長期少量施用尚可，生殖生長期則不適合施用，若大量施用將造成落花、落蕾或落果，即使著果，也因病蟲害增多，氮含量增高，而使品質變差，不易貯藏。
5. 生雞糞、粕類等未充分發酵的有機肥，直接施用可能在發酵分解的過程會產生高溫，如果施用不當，會傷害根系或影響種子發芽。如果直接施用，要適當提早施用，並與作物幼苗保持適當距離，以避免分解時對幼苗根系產生傷害。
6. 選購有機肥可至農糧署網頁：國產有機質肥料品牌推薦名單([http://www.afa.gov.tw/peasant\\_index.aspx?CatID=1539](http://www.afa.gov.tw/peasant_index.aspx?CatID=1539))、有機農業商品化資材－土壤肥力改良資材品牌推薦一覽表(<http://www.afa.gov.tw/organicAgriculture.aspx>)



圖十七、錯誤的肥料和施用方法，可能導致植株受到傷害。