

鹽害土壤的診斷與改良

吳正宗 土壤環境科學系

一、鹽害土壤的診斷

(一) 鹽害土壤診斷方法

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，測定土壤電導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，單位以mmhos/cm、mS/cm或dS/m表示，其實三者數值是相等的。

土壤溶液的抽出，包括有飽和、土:水比 1:1、1:2或1:5(w:v)等方法，所得測值以 EC_e 、 $EC(1:1)$ 、 $EC(1:2)$ 或 $EC(1:5)$ 表示，在使用時，要特別註明水土比。因為這些方法在抽出土壤可溶性鹽時，用的蒸餾水量不一樣，所測電導值會有差異，其間比值會因土壤的不同而稍有不同(表1)(陳鴻堂，1992)。日本關東溫室土壤研究團(1966)指出 $EC_e=6.76 \times EC(1:5)$ ，位田藤久太郎(1981)指出 $EC_e=6.00 \times EC(1:5)$ 與上述陳(1992)的試驗結果相近。

表1 不同土類和土水比對土壤電導度的比值關係

土 類	$EC_e/EC(1:5)^1$	$EC_e/EC(1:2)$	$EC_e/EC(1:1)$
粘板岩石灰性沖積土(6) ²	5.64	2.77	1.64
砂頁岩非石灰性沖積土(5)	5.99	2.82	1.54
砂頁岩與粘板岩混合沖積土(3)	5.65	2.66	1.44
紅 壤(3)	7.71	3.51	1.92
總平均	6.11	2.89	1.63

1. $EC(1:5)$ 、 $EC(1:2)$ 、 $EC(1:1)$ 與 EC_e 分別為土:水=1:5、1:2、1:1與飽和土壤水抽出液電導度

2. 括弧內為樣品數

(二) 電導度測值的意義

電導度測值愈高，表示抽出液中的離子愈多。目前我國評估土壤鹽分對植物生長的影響，都是根據美國鹽土研究所經過很多試驗後所定的標準(表2)，如果土壤飽和抽出液的電導度大於4dS/m，則可能對作物造成不良的影響。其他不同水土比的測定因操作簡單，有逐漸取代飽和抽出液的趨勢。

二、土壤中肥料鹽累積概況

施肥除了考慮作物的養分需求量外，還必須注意栽培土壤的養分供應特性，以減少施肥過量造成浪費、肥料鹽累積、污染土壤與地下水源等問題。

陳鴻堂(1992)調查本省中部土壤電導度的頻度分佈如表3。表3顯示設施內表土0-5cm的 $EC(1:5)$ 高於0.8 dS/m者，佔全調查數的73%，且有一半以上(53%)大於1.5 dS/m，而設施外表土0-5cm的 $EC(1:5)$ 高於0.8 dS/m者亦達22%。Ende(1989)測定75個荷蘭溫室內 $EC(1:5)$ 平均為0.93 dS/m，台灣中部30個設施內0-5cm $EC(1:5)$ 平均為2.01 dS/m，顯然本省中部設施內土壤較荷蘭高出一倍，設施內土壤多有鹽分累積情形。表3及4亦顯示

表2 土壤抽出液電導度測值對作物可能的影響

抽出方法	電導度值(dS/m)	作物反應
飽和抽出液 (美國鹽土研究所)	<2	可忽略
	2-4	少數作物可能有影響
	4-8	甚多作物不能生長
	8-16	僅耐鹽作物可生長
	>16	極少數作物可生長
土水比1:5抽出液 (三好洋, 1973)	<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
土水比1:2抽出液	<0.15	肥分過低, 嚴重缺乏
	0.15-0.50	低, 植物生長緩慢, 缺乏徵狀出現
	0.50-1.80	適當範圍
	1.80-2.25	略高於需求
	2.25-3.40	植株生長停頓
	>3.40	嚴重矮化, 生育失敗

表3 不同土層土壤電導度值(EC(1:5))的分佈百分率

土壤深度 (cm)	電導度值的分佈		
	<0.8dS/m	0.8-1.5dS/m	>1.5dS/m
設施內栽培(30) *			
0-5	27	20	53
5-10	90	10	0
10-15	100	0	0
設施外栽培(18)			
0-5	77	6	17
5-10	100	0	0

*括弧內為測定點數。

表4 設施與露地土壤電導度值(1:5, dS/m)比較

土壤 深度 (cm)	黏板岩石灰性沖 積土		砂頁岩非石灰性 沖積土		砂頁岩與黏板岩 混合沖積土		紅壤	
	設施(13)*	設施外(7)	設施(6)	設施外(6)	設施(8)	設施外(3)	設施(3)	設施外(2)
5	3.25	0.913	1.10	0.260	0.982	0.895	1.25	0.315
10	0.511	0.199	0.169	0.097	0.165	0.172	0.263	0.110
15	0.317	0.136	0.266	0.093	0.135	0.143	0.159	0.090
20	0.245	0.127	0.121	0.081	0.116	0.112	0.112	0.070
25	0.222	0.126	0.111	0.082	0.110	0.089	0.098	0.065
30	0.184	0.128	0.105	0.076	0.103	0.084	0.102	0.070

*括弧內為樣品數。

土壤鹽分多累積於0-5cm深度。

王銀波和譚鎮中(1992)在永靖地區，調查10個非洲菊花圃，發現表土(0至15公分)的ECe值由1.65至19.5dS/m，比一般土壤高出甚多。其中ECe值最高的土壤，在地表下60至75公分處，ECe值仍高達2.10dS/m，而40公分以上的ECe值皆高於4.0dS/m。此土壤表面都可清楚看到一些鹽類的結晶。

三、土壤中肥料鹽累積的原因

(一) 過量施肥

農試所調查西螺蔬菜產區之專業農戶，其三要素之年施用量超出施肥手冊推薦量更多，其利用率氮、磷及鉀三要素分別為32%、10%及46%，未吸收氮、磷及鉀分別為68%、90%及54%，見表5，這些肥料易形成鹽害或損失。

表5 西螺蔬菜產區農家慣用施肥量、吸收量及回收率

項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
年施用量(kg/ha/yr)	3129	2980	3362
年吸收量(kg/ha/yr)	990	295	1530
回收率(%)	31.6	9.9	45.5

註：1.共調查5個地點，每點3作。2.平均每年9作。3.肥料為複合肥料，大約2/3當基肥，1/3當追肥。

部分農民會把作物因鹽分累積，生長不良的現象，歸因於肥料不足，而加入更多的肥料，因此使鹽分的累積更為嚴重。鹽分累積時可能使作物出現某種元素的缺乏症狀，但並不是因為土壤缺乏此元素，而是因為營養元素之間的不平衡所造成的，例如常見的銨離子太多時，影響鉀的吸收(此現象稱為拮抗現象)，即使土壤中有夠多的鉀離子，仍可能出現缺鉀的現象，此時再施入鉀肥，土壤鹽分累積的程度更形惡化。

(二) 作物單一化

省工精緻栽培，作物趨於單一化，施肥管理的變異減少，同一種(類)作物對土壤養份的消費一致，土壤中養份的均衡遭到破

壞。

(三) 淋洗少

鹽分累積的主要原因為土壤淋洗量減少，其中以設施栽培更為嚴重。由於設施的主要目的之一為減少雨水對作物根部的浸泡，但也就因此而阻絕了雨水對土壤中鹽分的淋洗，使鹽分不斷的累積，而這些鹽分大部份就是栽培作物時所施到土壤裡的肥料。

(四) 溫度高

設施中的溫度常高於設施外，因此蒸發量大，在蒸發量大於灌溉水的入滲量時，可溶性鹽不但不往下淋洗，反而會隨著水分的蒸發由底土經由土壤的毛細管作用往上移動至表土，等水分蒸發時，可溶性鹽類殘留在表土，造成可溶性鹽的累積。

(五) 灌溉方式

溝灌是農民普遍的灌溉方式，由於水分的移動由下向上、由畦邊向畦中央，導致肥料鹽聚集在畦中央表層，造成鹽害。

四、施肥與土壤電導度的關係

(一) 施肥量

施肥是提高作物產量與品質的必要措施，陳鴻堂(1995)調查施肥量與土壤電導度的關係結果顯示，每年每公頃氮(N)素施用100公斤，約可增加土壤電導度(1:5)0.37 dS/m，施用鉀(K₂O)肥100公斤約增加0.52 dS/m，其施用量與土壤電導度值的相關係數分別為0.90及0.89，呈顯著的正相關，其中鉀肥對土壤電導度的影響大於氮肥。因此，合理施肥量是減緩鹽害的不二法門。

(二) 肥料型態

與土壤電導度值有關的化合物當中，氮素吸收後殘留土壤中以Ca(NO₃)₂態存在的影響較大。據調查土壤電導度值與NO₃-N含量呈正相關，但有些NO₃-N含量不高，而電導度值偏高的情形，亦常見於各地。此因添加肥料時，造成副成份SO₄²⁻及Cl⁻殘存，而使pH值下

降，為矯正pH值，便使用CaCO₃等石灰質材，造成Ca(NO₃)₂累積有關。

五、肥料鹽累積對作物生長的影響

(一)降低植物對水分的吸收

土壤中鹽分太高時，會使得土壤水勢能(water potential)降低。水是由水勢能高的地方流向勢能低的地方。當土壤水勢能因鹽分累積而降低時，植物根部吸水的能力便因此而降低，導致脫水死亡。

一般認為土壤水勢能在-15巴(bar)時，會引起植物的永久凋萎。水勢能愈低，水的電導度愈高，利用電導度測值估算水勢能，其關係可依下式換算：

鹽分濃度造成的水勢能(bar) $\approx -0.39 \times \text{ECe}(\text{dS/m})$

式中ECe是土壤飽和抽出液。在一般蔬菜田或花卉園耕作情況下，不可能存在水飽和的狀況，而是土壤含水量大概在飽和含水量的60%，甚至更低。因此，鹽分實際濃度會比飽和抽出液所測得更高，水勢能更低，植物更難利用水分。

(二)肥料鹽成分對植物的影響

鹽分累積因成因不同，造成的鹽分成分也不同。例如有些鹽分地，鹽分來自海水，因此鈉和氯離子特別多。一般農用土壤鹽分的累積，多是施肥，以及管理不當所造成，其成分多為肥料成分或其副成分。黃紋賓(1993)在永靖地區調查一非洲菊土壤的銨態氮高達695mg/kg，這麼高的銨濃度，能使植物直接受到氨的毒害，植物體中過多的銨離子，會對細胞膜造成傷害，降低其通透性，葉子捲曲，嚴重者植物死亡。

(三)降低土壤微生物的活性

土壤微生物在土壤中擔任營養元素轉化的角色，例如有機質的分解(把大分子有機物轉化成小分子)、礦質化(把有機物轉化成無機物)、硝化作用(把銨態氮轉化成硝酸態氮)、生物固氮(把植物無法利用的氮氣轉化

成植物可以利用的銨態氮)等。由於鹽分的累積，土壤中的生物運作多少受到抑制，而不利於作物的生長。高電導度亦抑制土壤中尿素水解酵素、磷酸酯酵素，以及固氮酵素的活性。硝化作用被抑制，土壤中累積過多的銨態氮，造成氨的毒害，尿素水解酵素的功能在分解尿素使其形成銨與二氧化碳，磷酸酯酵素使有機態的磷礦化成無機態的磷，植物只能吸收無機態的磷。

(四)導致養分不平衡

在鹽害土壤中，植物所需要的養分通常都是過剩的，但是卻常出現某些元素的缺乏徵狀。其實並不是必需元素的絕對量有所缺乏，而是因為元素間的比例不對，造成的拮抗作用所導致。最常見的例子是銨的吸收量太多時，造成鉀的吸收不足，此並不是因為土壤中鉀含量不夠，而是銨太多的原因。

(五)導致土壤物理性變差

在鹽害土壤中，常有一層鹽類結晶覆蓋在土壤表面，部份佔據土壤孔隙，因此灌溉時，水分無法順利入滲土層內部，若不注意，則只有土壤表面濕潤，而內部還是乾燥的。並且土壤通氣性變差，土壤內部空氣無法與外部空氣順利交換，大量的二氧化碳累積在土壤中，造成作物生長不良。

(六)導致生物相的不平衡

鹽分的累積，且常是連作的情形下，土壤原有的生物相失去平衡，原有的生物多樣性(biodiversity)降低，整個土壤生態系無法接受外來病原菌的沖擊，其抑病能力將比原來的土壤降低，致容易使作物得病。

(七)導致土壤酸化

作物吸收的陽離子量大於陰離子量時，為了維持作物體內的電中性，會將氫離子或帶正電的有機酸排出根部外，使得土壤變酸。譚鎮中(1995)在菊花園發現多肥的菊花根圍土壤的pH值比畦溝土壤降低2.0單位。

大量施用銨態氮肥(如硫酸銨)，銨態氮

進行硝化作用時，釋出的氫離子將使土壤變酸。土壤酸化後，對作物生長有許多不利的影響。如減少鉦、硼、鈣、磷對植物的有效性，以及增加鋁、鐵、錳的毒害，對土壤微生物活動亦有不利的影響。

表6 鹽害土壤改良方法對葉萵苣產量及土壤電導度的影響

處 理	產 量 (kg/ha)	種 植 一 作 後 之 EC 值 (dS/m)
對照	2,202	7.72
浸水20天	17,143	1.14
深耕至50cm+牛糞3T/ha	2,427	5.98
客稻田土壤5cm+牛糞3T/ha	566	5.83
去除鹽害表土5cm+牛糞3T/ha	18,006	0.95
施牛糞20T/ha	131	9.13
施牛糞3T/ha	441	7.02

需自土壤吸收氮素，因而降低土壤中NO₃-N的含量，並且有機肥具有高度緩衝作用，能有效降低鹽害。

然而，陳鴻堂(1992)試驗所施用的牛糞堆肥因C/N比

六、土壤鹽害的改良方法

(一)浸水法(淋洗法)

將農田浸水一段時間的方法，意即水旱輪作是一種不錯的選擇。石川(1985)指出經相當於1.1m雨量的浸水處理後，土壤電導度(1:5)由1.673降為0.183 dS/m。郭孚耀等(1989)在設施甜椒連作田進行浸水7-10天的結果，土壤電導度值降低60%。陳鴻堂(1992)於鹽害田浸水20天後，栽培葉萵苣後，土壤電導度由7.72降低為1.14dS/m，產量為對照區的6.7倍(表6)。

(二)深耕法

三好(1978)指出鹽類濃度高的胡瓜栽培溫室，全面深耕30公分，可以使0-10公分表土層的土壤電導度由2.5降為1.0dS/m，並提高胡瓜產量13%。若深耕至50公分，其表土0-10公分土壤電導度值，更可降低為0.5 dS/m，胡瓜可增產19%。

(三)天地轉

嶋田(1979)指出將養分累積的表土與養分含量正常的底土互換的深耕法，對土壤中鹽分含量有稀釋作用，並且可以使灌溉水容易入滲下層，若適當的增加灌水量也可以將累積養分溶在灌溉水中，而隨水分往下滲透，以去除養分。

(四)施用粗質有機肥

鹽分濃度過高的土壤施用C/N比高(>30)的有機物時，因有機物質的分解過程中必

低(10.1)，所以並沒有降低土壤電導度的效果(表6)，甚至反而增加，致產量與發芽率均未見改善，反而降低。因此，改善鹽害土壤必須慎選有機質肥料，否則未蒙其利先受其害。

(五)移除法

根本改良鹽類累積土壤的最有效方法，乃是把累積鹽分的土壤搬移走，另外客以沒有鹽分累積的土壤。

去除表土鹽分累積改良區，葉萵苣產量為18,006kg/ha，比只施牛糞3T/ha的對照區產量441kg/ha，增產39.8倍(表6)。

(六)栽培清淨作物

清淨作物，乃是利用輪作作物來去除土壤中有毒物質，或改善土壤物化性，使有利於主作物的生產。

本省作物的生產期通常極短，複作指數偏高及多肥的情形下，土壤的物理、化學及生物性變差。清淨作物的應用是針對土壤養分累積問題，利用好肥性作物，吸收前作殘餘於土壤中的肥料，改善土壤的化學性，進而利用其根系的活動，促進土壤物理性的改變。其收穫物是良好的有機質來源，可為製造堆肥的原料。

七、結語

任何人為所種的因，都必需人們去承擔這個果，唯有種好因，才能結好果，因此，防範未然，進行合理化施肥，適時、適地、適量、適作及適法的施肥，才能避免鹽害的發生，也是鹽害問題的根本解決之道。