

第四章 施肥與土壤鹽份累積

林浩潭

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

臺中縣霧峰鄉光明路 11 號

電話：04-3302101 轉 412

傳真：04-3324738

E-mail: htlin@tactri.gov.tw

施肥可供給作物養份，提高作物之品質與產量，但施肥須適時(配合作物生長期)、適量(作物可吸收量)、適用(不同作物所須之肥料種類與量不同)方可達到提高作物之品質與產量之目的。無論化學肥料或有機肥料，施入土壤中經分解後，轉變為作物所需的營養鹽，而此類營養鹽多以離子狀態存在，亦即肥料一旦施入土壤最終會溶於土壤水(又稱土壤溶液)中而以離子狀態存在，離子不論是陽性或陰性皆會吸附水成水合化合物而產生滲透壓並和植物根部競爭水分。其作用可用鹽度指標(salt index)表示，亦可換算成單位養分下的相對鹽度指標(relative salinity)。

一般常藉助電導度計測定土壤飽和抽出液電導度(EC)值表示溶液中鹽度之高低，可溶性鹽類濃度愈低，則測得的電導度愈小，表 4-1 詳列各種肥料的養分成分，總養分成分量(total nutrients)及相對鹽度指標。鹽度指標之參考值是以硝酸鈉施入土壤 5 天後，土壤溶液的滲透壓訂為 100，相對鹽度指標是以單位養分量之鹽度和硝酸鈉單位養分鹽度(100)之相對比值。由表 4-1 顯示，一般總養分含量高者，尤其是化學成分中陰陽離子都是養分成分者，其相對鹽度指標較低，含磷化合物因為磷的溶解度低，所以也低。硝酸銨和硝酸鉀的鹽度指標高於硝酸鈉者，然而其相對鹽度指標卻不到硝酸鈉的一半。氨水含氮量高達 82%，因此相對鹽度指標不到 10。重磷(triple superphosphate)因為溶解度相當低，而使相對鹽度指標亦低於 10。氧化鎂和碳酸鈣之施用對鹽度增加的情況最輕微。

作物自土壤吸收水份主要靠植物體與土壤水份間之滲透壓，作物體中濃度較土壤溶液高時，作物自土壤吸收水份；反之，則水份自作物流向土壤。施肥過量，土壤因所含水溶性鹽類過高，且作物無法完全吸收多餘之營養鹽，造成土壤中過多之營養鹽無法除去，則形成土壤鹽份累積。土壤鹽份累積達

到某種程度時，產生高滲透壓，作物根部無法吸收水份，對作物生長產生影響，此現象稱為鹽害。因施肥過量而引起鹽害之現象常被發現於果樹、蔬菜和花卉生產專業區及設施園藝，主要乃因生產專業區因產品利潤較高或農民為獲取較高之產量，往往施用過量肥料，導致土壤鹽份容易累積；設施園藝如溫室或網室蔬菜花卉，栽植區因有設施之阻隔成為一封閉系統，土壤中多餘之營養鹽無法因下雨而除去，故易引起鹽份累積。在地勢較低且排水不良地區，土壤較易累積鹽份，當乾旱時土壤水份揮發後，土壤中鹽份濃度增高，亦會引起鹽害。此外，家庭廢水、工業廢水及養殖廢水中含有高量鹽類，灌溉水如受到上述廢水污染，亦會發生鹽害(灌溉水之水質標準中電導度為 0.75 mmhos/cm，如高於此一數值，土壤可能發生鹽害)。海水中含高濃度鹽分，沿海地勢低窪之農田亦可能因海水倒灌而發生鹽害。

表 4-1、肥料對土壤鹽度之影響

肥料種類	英文名稱	%主成分	鹽度指標 salt*index	總養分 total nutrients	相對鹽度指標 relative salinity
硝酸鈉	Sodium nitrate	16.5 N	100.0	16.5	100.0
硝酸銨	Ammonium nitrate	35 N	104.7	35.0	49.4
硫酸銨	Ammonium sulphate	21 N	69.0	21.0	53.7
銨水	Ammonia solution	82 N	47.1	82.0	9.4
硝酸鈣	Calcium nitrate	11.9 N,17 Ca	52.5	28.8	30.1
尿素	Urea	46 N	75.4	46.0	26.7
磷酸二銨	Diammonium phosphate	21 N,23 P	34.2	44.0	12.7
磷酸一銨	Monoammonium phosphate	12 N,27 P	29.9	39.0	12.7
過磷酸鈣	Superphosphate(single)	7.8 P	7.8	7.8	16.5
重磷	Superphosphate(triple)	19.6 P	10.1	19.6	8.5
氯化鉀	Potassium chloride	49.8 K	116.3	49.8	38.5
硝酸鉀	Potassium nitrate	13 N,38 K	73.6	51.0	23.6
硫酸鉀	Potassium sulphate	45 K	46.1	45.0	17.0
鉀鹽鎂礬	Kanit	14.5 K	109.4	14.5	124.5
碳酸鈣	Calcium carbonate	40 Ca	4.7	40.0	1.9
硫酸鈣	Calcium sulphate	23 Ca	8.1	23.0	5.8
氧化鎂	Magnesium oxide	60 Mg	1.7	60.0	0.5
硫酸鎂	Magnesium sulphate (Kieserite)	16Mg	44.0	16.0	44.5
苦土石灰	Dolomite	24 Ca,12 Mg	0.8	36.0	0.4

一般以電導度判斷土壤鹽害，土壤鹽害等級詳見表 4-2。當土壤飽和溶液之電導度達 4 mmhos/cm 以上時，除少數耐鹽作物外，大多數作物多可能受到鹽害，而生長及產量均會受影響而降低。對鹽分敏感的作物僅可忍受電導度(EC)小於 4 mmhos/cm，如玉米、扁豆、唐蒼蒲、百合等，在 2 mmhos/cm 或更低時即受影響。中敏感度作物可忍受 EC 小於 8 mmhos/cm，而極度不敏感作物可忍受 EC 值至 16 mmhos/cm。不同植物之耐鹽性不同，其耐鹽等級如表 4-3 所示。

表 4-2、土壤鹽害等級

鹽害等級	鹽含量(%)	電導度 (EC) (mmhos/cm)	說 明
無	< 0.1	< 2	鹽害不會發生
輕微	0.1 - 0.15	2 - 4	非常敏感作物或幼苗生育受限
中等	0.15 - 0.35	4 - 8	大部份作物生育受限
高度	0.35 - 0.65	8 - 16	只適合耐鹽作物生長
極度	> 0.65	> 16	只有極端耐鹽作物生長

表 4-3、植物之耐鹽等級

耐鹽等級	作 物
極耐鹽 (>16mmhos/cm)	大麥、甜菜、油菜、棉花、椰棗、百慕達草
高耐鹽 (10 - 12 mhos/cm)	高粱、玉米、燕麥、稻、向日葵、蘆筍、波 菜、甘藍、洋蔥、蕃茄、蘇丹草
中耐鹽 (4 - 8 mmhos/cm)	橄欖、葡萄、甜瓜
低耐鹽 (2-4 mmhos/cm)	梨、蘋果、桃、杏、梅、柑橘、胡瓜、蘿蔔、 草莓、綠豆、芹菜

當 1 公升水加入 2.92 公克氯化鈉的狀況下，其 EC 值是為 4 mmhos/cm。一般土壤田間含水量約含 25%~30%的水。如果換算成每公頃含水量約 50 萬公斤重。假設所有鹽分皆來自氯化鈉，則每公頃施 1,460 公斤鹽時，土壤水溶液之 EC 值即可達 4 mmhos/cm，而影響大部份作物的生長。至於敏感性作物則只要一半量，甚至四分之一量的鹽就會影響其產量。因此施肥時雖施用

相同成分時，不僅需儘可能選擇價格便宜的產品，同時亦需顧及鹽分問題而將副成分的影響計入，尤其在設施內種植高經濟作物時更需考量此因子。

鹽害對土壤及作物之影響

土壤鹽份濃度過高時，當土壤乾燥後，其表面會出現白色或結晶狀鹽斑，尤其是施肥過量及缺乏自然淋洗作用的設施栽培中最為常見。此現象亦可作為判斷鹽害之依據。此外，土壤中鹽分過高，亦可影響土壤中交換性陽離子之變動、土壤之物理性及酸鹼度，影響肥料之有效性，間接影響作物之生長。不同質地土壤，雖含鹽種類與百分比相同，鹽害程度並不一定相同，質地愈粗之土壤，其耐鹽害程度愈低，因此如含鹽種類與百分比相同，砂土之鹽害會大於粘土。

一、對土壤性質之影響

(一) 磷、鉀和大部分微量元素的有效性降低：鹽害土壤通常伴隨著高酸鹼(pH)值及高鈣(Ca)或高鈉(Na)的問題，造成植物所需的磷、鉀及大部份微量元素的有效性降低，因而影響作物的生長及降低作物的品質。

(二) 鹽害土壤通常含過多的鈉離子，鈉離子並成為土壤膠體上的優勢陽離子，促使土壤物理性變差。主要乃因鈉可破壞土壤團粒結構、土粒分散的特性，因而減少土壤中孔隙的空間，因此在乾旱季節可見土壤表面有結皮現象，而在雨水多時則呈泥濘狀態，且伴隨有排水不良的徵狀，除不利於耕作外，土壤的通氣性和透水性均較差，極度不利作物生長。

(三) 灌溉水、地下水或土壤孔隙中游離水所含的鹽分愈高，其所產生的滲透壓也愈高。若土壤水分之滲透壓高於植物根毛之滲透壓，則水分從土壤進入植物根系的量將減少。換言之，除不利於植物根系的水分吸收作用外，甚至植物體內的水分易滲入土壤中，植物會出現缺水及凋萎的症狀。

二、鹽害之症狀

(一) 高濃度、短時間鹽害會引起種子無法發芽，低濃度、長時間鹽害會引起發芽不良，根腐敗、變黑、下葉枯萎。

(二) 作物矮小且生長緩慢

(二) 全園植株生長不整齊

(三) 植株易出現缺水、萎凋症狀

(四) 葉形變小，且葉色較正常者更為暗藍綠色

(五) 木本植物易出現嚴重葉緣及葉尖燒焦的現象，此可能為氯或硼之毒害造成。

(六) 根系生長不良，根尖附近甚至出現類似長膿的現象。

(七) 作物無法結實

(八) 干擾作物之生理作用

鹽害土壤之改良對策

土壤鹽害的改良原則有四：(1)降低地下水位；(2)改良土壤剖面透水性；(3)增加水分的移入；(4)阻絕鹽分的來源。簡而言之，鹽害土壤之改良除了避免外來鹽分的移入外，洗鹽乃為鹽害土壤改良的最重要工作。洗鹽(desalinization)即利用足量之高品質水源，將鹽分淋洗至根系可生長範圍之下層，並應用排水設施將其排除。

一、改善土壤排水狀況

鹽害土壤往往因過多鈉離子的存在而使土壤團粒構造破壞，因而阻礙了水分的往下移動，再加上土面蒸發量大，致使鹽分逐漸上昇而累積於表土。降低地下水位及改善排水狀況可減少土面蒸散及鹽分聚積現象。若質地不均勻的土層或耕犁、硬磐、粘磐等離地面四、五十公分內，則可利用深耕機予以破壞，但若深達六十公分以下則必需仰賴怪手(挖土機)來加以翻挖，但並非所有土層問題均可用翻土方法來解決。利用暗管方式的排水系統除可利用機械耕作外，由於排水流線降低，其能淋洗脫鹽的土層較深，效果較佳。因此鹽害土壤的改良，首先需打破不透水層，改善排水狀態，再配合灌溉系統以達到洗鹽的效果。

二、建立灌溉系統

許多鹽害土壤均發生於乾旱地區，主要乃因此類地區之土面蒸散量大於降雨量，若欲利用淋洗方式洗鹽，則需仰賴灌溉方法以供應足夠的水源。實施灌溉制度的先決條件為土壤的排水狀況需良好，及易取得品質良好的灌溉水，如果土壤排水狀況不佳或灌溉水中含鹽分高，則灌溉會造成反效果。若土壤排水狀況不佳，則需先改善土壤排水問題，再輔以灌溉方法來排除土層中過多鹽分。

三、刮除法

由設施蔬菜園之實地分析結果，發現蔬菜收穫時土壤中鹽分大都蓄積表層 1 公分左右，其土壤飽和抽出液之電導度，最高可達 8~10 mmhos/cm。1 公分至 3 公分則急速下降至約 2~3 mmhos/cm，3 公分至 5 公分則約為 1~2 mmhos/cm 左右，5 公分以下，其電導度則在 1 mmhos/cm 以下，因此，若將表土 1 公分厚之土層刮除，即可大幅度降低土壤中之鹽分含量，然而之後施肥必須適量，方可避免鹽分再度蓄積。以此法為處理所需時間較短，對栽植蔬菜在時效上較無影響，唯若經常使用，則表土將損失殆盡，因此施行數次後，宜配合低鹽分土壤之客土作業。

四、淋洗法

於蔬菜收穫後，利用土壤灌水(須含鹽份極低之灌溉水)，使土壤鹽分溶於水中，而將鹽分充分向下淋洗，以降低表層土壤之鹽分，用此法優點土壤不易流失，然淋洗費時，且會延遲栽種，同時水源需充足為本法是否成功之關鍵。此外若水源充足，採用溝灌給水可減少土壤鹽分向上蓄積，對降低鹽分甚有幫助，但需注意防患土壤傳播性病害。

五、阻絕外來鹽分的移入

一般可採行之方法有四：

- (一) 利用截流溝渠，將臨接農田之魚塭，水塘或大排水溝之含鹽水流切斷收集後排出去。
- (二) 修築堤防，避免海水倒灌而造成的全面性漫淹。
- (三) 在海岸及靠海地區之耕地，宜種植防風林以攔截鹽分。
- (四) 避免使用高鹽分之灌溉水源。

六、客土

以含低鹽份之正常土壤混合鹽害土壤，使鹽份降低。

七、避免過度施肥

地表水分蒸散量大於降雨量之地區，或缺乏自然淋洗作用的設施栽培場所更需避免過度施肥。一般可藉土壤分析及植體分析，瞭解該地的土壤肥力，再配合作物生長期中對養分需求，以適時、適量的肥培管理方式，將可減少因施肥不當所造成的鹽類累積問題。

八、施用有機質

添加有機質肥料可直接或間接的改善土壤的物理狀況，增進土壤透氣性

及滲水性，同時可避免分散的土壤由於重型農機的操作所發生壓實的問題。

九、施用土壤改良劑

土壤剖面的滲水性可藉助膠體上鈉的減少及鈣、鎂的增加來改進。有些化學物質可直接提供鈣以置換膠體上的鈉，同時提供酸或產酸物質(如硫酸或硫磺)而有助於鈣從石灰中釋出，繼而置換膠體上過多的鈉，此外並可降低水中之碳酸氫鹽(bicarbonate)的量，因而改善土壤的物理性質。石膏、硫磺或硫酸為最常用之鹽害土壤改良劑，且石膏和硫酸亦可將之溶入灌溉水中，藉灌溉水之施用來改良土壤。此外矽酸爐渣亦可用以改善酸化及土壤微生物的環境。

改良劑的改良成效受其純度和粒徑粗細的影響。以硫磺為例，其效應的發生首先須藉氧化作用使硫轉變成硫酸，而此氧化作用的速度深受粒徑粗細的影響，粒徑愈細則表面積愈大，硫磺氧化成硫酸的速度也愈快。一般而言，細粒的硫磺可在一季中完全氧化，而粗粒的硫磺則可能須花數年之時間方可完全氧化。由於細粒的石膏或硫磺在施用時易隨風飄浮，必要時可改用懸浮液方式施用。

十、栽種對鹽類或鈉忍受力高的作物

不同作物對鹽類或鈉的忍受力常有極大差異，相同作物之不同品系亦可能具不同的忍受力。在鹽含量高或鹽害土壤，若栽種不耐鹽或對鹽分敏感的作物，則可預期作物的生育及品質將大受抑制，甚至毫無產量可言，換言之，若栽種耐鹽或對鹽分不敏感的作物，土壤也許不需經過改良，該等作物仍可正常生長。

十一、栽種蔓性覆蓋作物

栽種蔓性植物覆蓋地面，可減少地表水分的蒸散，而阻止鹽分上昇及聚積。

十二、種植需肥量大之作物(如玉米)

當發現土壤鹽分過高時，可種植一期作玉米，且不施肥，利用玉米將土壤中過多之養分吸收，如此亦可降低土壤中鹽分，唯種植玉米至 60~70 公分高度，需時約 1 個月，耗時甚久；故若土壤鹽分雖已蓄積但尚未達嚴重影響生長程度時，亦可採用不施肥料而種植一期作短期作蔬菜之方法，以降低土壤中之累積鹽分，唯若發現蔬菜生育中期出現缺氮症狀時，需酌量補充氮素，以維持蔬菜之正常生長，如此即不會影響正常蔬菜之栽植，亦可降低土壤中

之鹽分。

十三、輪作

旱作不宜採連作，應以多種作物輪作栽培為宜，尤其在輪作制度中，加入水稻，藉浸水來改變土壤的生化性質並淋洗鹽類，不失為改良鹽害土壤之良策，同時可減少土壤傳播性病害之發生。

十三、種植綠肥作物

綠肥的種植，可藉有機質吸附及分解有毒物質以降低鹽害，並有制衡有害微生物的功效。例如種植太陽麻當綠肥，可抑制 *Fusarium* sp. 的繁殖。