

鹽鹼地復育造林的重要性與挑戰

賴志銘^{1*}、江耀宇¹、蘇子豪¹、游漢明²

土地鹽鹼化的成因與危害

鹽是天然存在的物質，在人類生活中常作為食物的調味品，但對植物而言，過多的鹽分則會造成生長或生理的傷害。無論是超抽地下水引發的海水入侵，或長時期的過度灌溉等，皆可能導致土壤鹽鹼化的情況發生。目前全球約有9.5億公頃的土地受到鹽害影響，占陸域面積的10%，特別是位在沙漠與草原氣候區的國家，稀少的降雨量導致土壤的鹽分難以淋洗及脫附；全球暖化所造成的極端氣候，如乾旱及高溫等，更加劇土壤鹽鹼化的危害，限制了植物的生長，並嚴重威脅農業生產與森林生態系的健全。

臺灣為海島國家，四面環海，海岸線全長約1,200公里，其中以西部海岸林受到鹽害影響最為嚴重。過去許多國家的重大建設都位於海岸區域，如工業區、能源發電設施、港灣建設、垃圾掩埋場與交通道路等，這些建設破壞海岸，使海洋與陸地間的生物屏障消失，直接影響內陸土壤；另外民國70年代養殖漁業蓬勃發展，彰化以南至高屏一帶地下水超抽問題嚴重，引發地層下陷，使土壤受海水鹽害的影響加劇。在鹽鹼化土壤環境中，植物生長不易，再加上人為的干擾破壞下，降雨時便會造成土壤團粒流失，久而久之導致土壤出現「沙化」，造成土地生產力

下降並引發國土保安及糧食安全等問題。因此，克服鹽鹼地環境的復育造林，提高生物多樣性及生態系統的穩定性，並回復土地之生產、生態及生活等功能刻不容緩。

鹽害土壤的分類

美國農業部(United States Department of Agriculture)轄下的鹽土實驗室(Salinity Laboratory)，是研究鹽鹼化土壤的重要科研單位，而目前廣受世界所認可的鹽土分類，即由該實驗室所提出。鹽土主要依照土壤的飽和土糊(saturated paste)導電度及鈉含量等特性分類，一般來說，當土壤的導電度大於4 mS/cm時，即被稱為「鹽土」(saline soils)；反之若小於該數值時，但土壤中交換性鈉飽和度過高(超過整體交換性陽離子的15%)，即被稱為「鹼土」(sodic soils)；而若鹽土中富含大量的交換性鈉離子，且同時符合前述二項數值標準，即被稱為「鹽鹼土」(saline-sodic soils)。近海土壤的鹽害主要受到海水影響居多，土壤同時具備鹽化及鹼化等二項特徵，因此多屬鹽鹼土類型。土壤的化學性質分析需要仰賴專業的儀器設備，然而我們仍可透過肉眼初步判斷鹽害土壤的種類特性，如鹽土的表面會有類似鹽巴的白色結晶體，植物常呈現缺水症狀，葉片下垂枯萎，先端有燒灼現象；鹼土則排水能力差，在土壤表面可觀察到

¹ 林業試驗所·育林組

² 林業試驗所·育林組組長退休

* 通訊作者(ljm8829@tfri.gov.tw)

黑色粉狀殘留物；而鹽鹼土則呈現灰色色澤，水分蒸發後表面常有白色斑塊狀，植物亦常觀察到缺水與葉緣枯焦燒灼等現象(圖1)。

在鹽害逆境下植物的適應策略

在鹽分過高的情況下，植物會同時面臨鹽離子的毒害及養分吸收不均衡等問題，導致細胞組織及光合系統受到損害，同時由於土壤中溶解性鹽類含量過高，導致土壤水分的滲透壓會高於植物根毛細胞的滲透壓，使根系吸水功能減弱，而出現缺水的情況，又稱為生理乾旱(即土壤不缺水但植物吸收不到水分)，進一步影響植物的生長，甚至導致植株的死亡(圖2)。

一般能夠在鹽害逆境下存活的植物，會發展不同的機制來抵抗此逆境，如鹽生植物最常採取「泌鹽」的手段，透過葉部特殊的鹽腺構造，將多餘的鹽分排出，例如海茄冬的葉片背部時常出現的白色結晶體，即為鹽分排出的現象。植物也會以「稀鹽」的方式，透過細胞數量增生或體積增大等方式，容納更多的水分使細胞鹽分濃度維持在合理範圍內，例如欖



圖1 鹽鹼土顏色呈灰色，表面常出現白色斑塊狀(江曜宇 攝)



圖2 鹽害逆境下，常觀察到植株缺水現象(江曜宇 攝)

李葉片的肉質化程度增加，即有效抑制了鹽分濃度的上升。此外還包括「拒鹽」(細胞質膜傾向吸收鉀離子而排斥鈉離子)及「聚鹽」(將鹽分累積於液泡中儲存，可避免擴散並同時提升細胞滲透壓)等多樣化的方式。而植物也會透過合成滲透調節物質，如可溶糖、脯胺酸、甜菜鹼及山梨醇等，提高耐鹽的能力。整體而言，植物並非只採取單一手段來適應鹽分逆境，而可能以多種機制共同抵禦。

七股鹽埕交流道鹽鹼地復育造林實例

復育造林可使劣化土地重新建立植群及恢復生態系功能，當植被成功建立後，可促進土壤的養分循環，進一步改善劣化土地，使土壤更加健康。然而劣化地復育造林有其困難之處，如復育目標樹種不能存活、無法與其他外來入侵植物競爭而被淘汰，或栽植樹

種無法適應劣化土壤而生長表現不佳等。本次復育造林案例位於臺南市七股區之台61線鹽埕交流道綠美化基地(圖3)，基地表層土壤飽和土糊導電度平均為35.7 mS/cm(大於4 mS/cm)，交換性鈉飽和度為32.6%(大於15%)，屬於鈉離子含量極高的鹽鹼土。另外南部乾濕季差異非常明顯，鄰近的七股雷達氣象站資料顯示，冬天乾季月均降水量僅26 mm，加上強烈的東北季風吹拂，使得造林工作更加的困難，因此需藉由育林技術改善環境，提高林木的成活率，方能成功營造環境保護林，並提供在地多樣化的生態系服務。以下就本次鹽鹼地復育造林之營造策略進行介紹：

一、建立防風設施

臺灣西部海岸冬季時東北季風強烈，苗木栽植初期因根系生長尚未完全，若經強風吹襲，易發生風倒及折損等危害，因此前期需先搭建防風設施，如防風籬(網)。防風籬材料多以竹材為主，高度一般以距地高2 m為原則，惟須視其設置地點、砂量多寡及地面凸凹情形



圖3 臺南市七股區之台61線鹽埕交流道綠美化基地(簡傳祐攝)

而增減，另外，防風籬設置方向應與風向呈垂直，才能有效減少強風的危害(圖4)。

二、建立灌溉淋洗設施

基地鹽鹼土壤鈉含量極高，除藉由雨水淋洗外，還需要人工澆灌系統加速淋洗作用，特別是造林初期須增加澆灌頻率及水量，降低土壤鹽度，同時維繫林木水分需求，提高成活率。經檢測雨水及自來水之pH值及導電度，結果雨水為pH5.4、導電度31 μ S/cm，灌溉自來水為pH 7.8、導電度342 μ S/cm。

三、栽植方法與土壤改良

植樹方法有別於傳統單個植穴一棵樹的方式，本次將植穴大小挖至長寬1 m及深度0.3 m，栽植方式則以單個植穴3-5株苗木進行群狀栽植，此法一方面可以減少後續補植的成本，另一方面期望成林後發揮樹島效應(tree island effect)使其能天然下種更新。除前述用淋洗方式降低土壤鹽度外，植穴同時也進行客土並添加有機肥料，客土為一般砂質壤



圖4 造林基地防風籬設置的情形(賴志銘攝)

土，pH值為7.2–7.6，在初期是最有效改善鹽鹼土壤的做法(圖5)。

為防止夏季天氣炎熱時，土壤表層水分快速蒸發而將土壤底層的鹽分帶至表土，在植穴上方可鋪蓋稻草蓆或米糠等可自然分解的天然材料，鋪蓋厚度約10 cm，可避免土壤受到太陽直射，降低植穴土壤溫度，又能發揮保水之功效，而稻草蓆分解後可直接當作植物的養分，是一兼多顧的施作方法。

而在靠近低窪水池的部分則採取挖溝築堤的方式以增加排鹽效果，觀察現場水位線高度與草本植物生長的位置，築堤高度至少須高於水位線與草本植物位置，避免因雨季或颱風帶來的豪雨導致淹水而使苗木死亡。此區的樹種可選擇栽植南部常見紅樹林植物，如海茄冬、欖李、紅海欖及土沉香等。

四、樹種選擇

木麻黃為西部海岸林主要的造林樹種，自日治時期引進臺灣栽種，其擁有良好的耐旱、耐鹽與耐貧瘠等特性，且具備防風與



圖5 從植物的生長可發現植穴客土可明顯地改善鹽鹼土壤 (江曜宇 攝)

攔截飛砂功能。過去海岸造林多以木麻黃純林為主，然而在長期惡劣的環境下，木麻黃出現衰退情形，且天然更新不易，因此本次造林工作選擇臺灣多種海岸原生樹種進行栽植，如喬木類：銀葉樹、黃槿、瓊崖海棠、海欖果及繖楊；灌木類：苦藍盤、草海桐及苦檻藍等。同時，七股是許多野生動物的棲息環境，樹種選擇亦包含誘鳥及誘蝶植物，藉此增加動物的食物來源，如枯里珍、梧、臺灣樹蘭、海衛矛、臺灣海桐、茄冬、臺灣海棗、水黃皮、海浦姜、冬青菊、白水木、大葉山欖及苦楝等。栽植方式透過多樹種、多層次及密植的方式，嘗試營造生態複層林環境，提高生物多樣性並加強土地韌性。

結語

土壤鹽鹼化造成土地生產力下降，嚴重威脅生態系統及糧食安全，當今世界各國皆致力於改善土壤的退化，其中復育造林是最重要的工作之一，除了可以有效改善土壤鹽鹼特性及排水問題、增進有機質的累積及提升地力外，森林亦可貢獻綠美化、防沙固土、淨化空氣及涵養水源等多重效益。在本次造林案例中，經過一連串的土壤改良方法，土壤的導電度在初期顯著低於鄰近的原土，經過栽植一個月後的調查，苗木成活率亦達八成以上，顯示造林方式具有一定成效。然而，土壤返鹽現象是否會影響植穴土壤，以及林木在此逆境環境下是否能長期成活，都需要時間來做進一步的驗證。另外林木在如此嚴苛之鹽鹼土壤環境下的生理性狀表現為何，不同樹種又是如何適應鹽鹼逆境等，值得後續深入研究探討。⊗