

利用生物技術進行土壤復育～

應用基因轉殖植物吸收土壤重金屬

文／陳裕星

重金屬如鎘、鉛、汞、砷、硒、鋅、鉻等工業污染已經逐漸成爲世界環境的重大問題，在台灣地區，調查顯示農地遭受重金屬污染程度在中部地區相當嚴重，去年在虎尾所爆發之鎘米事件嚴重地打擊了消費者的信心，繼之，今年在彰化及屏東也發現了農田遭受重金屬危害的案例，這不僅使政府及地方在提昇國產農產品品質形象的努力遭受挫折，對於環境生態而言更是一大衝擊，而遭污染危害的農田也只能休耕以對，使本國農民成爲工業污染最終的受害者。

植物已知可經由吸收累積之過程來移除土壤中之重金屬，利用植物來進行受金屬污染的土地的復育工作(或稱爲植物復育，phytoremediation)已被廣泛注意，然而許多可耐高量重金屬之植物其生長皆相當緩慢，因此利用速生植物進行轉殖，並提高其耐金屬及累積金屬的涵量(capacity)來進行土地復育爲一可行之方法。

在植物忍受與隔離重金屬危害的機制中，金屬硫蛋白(Metallothionein, MT)與金屬螯合素(Phytochelatin, PCs)扮演了相當重要的角色。典型的金屬硫蛋白具有 61-74 個胺基酸，其中含有 20 個半胱胺酸(cysteine)，每一個金屬硫蛋白可以結合七個二價離子如鎘、鉻、鋅等。

金屬螯合素則主要由麩光甘汰(glutathione, GSH)所構成，其結構爲麩胺酸-半胱胺酸-甘胺酸(γ -Glu-Cys-Gly)，GSH 可以保護植物細胞減少氧化逆境傷害(oxidative stress damage)，例如由鎘所引起的脂質過氧化反應。GSH 同時也是金屬螯合胜汰(phyto-chelations peptides，簡稱 PCs)的前驅物。PCs 這一群金屬螯合胜汰的一般結構爲(γ -Glu-Cys) $_n$ -Gly， $n=2\sim 11$ 。當金屬離子侵入細胞時，會破壞胞內酵素，這時金屬螯合胜汰會和金屬離子結合形成小分子量的複合體以迅速解除金屬毒害，之後再將這些金屬複合體運送到液胞中加上硫形成較穩定的結構。

目前研究顯示動物存在金屬硫蛋白以抵抗重金屬毒害，植物則同時含有類似金屬硫蛋白酵素以及金屬螯合胜汰。目前國際上有相當多的研究探討金屬螯合胜汰的作用機制與清除金屬離子的效果。在應用上的主要考慮是(一)使用生長速率快的植物，例如芥菜，能快速累積生物質量。(二)利用基因轉殖導入金屬硫蛋白酵素或金屬螯合胜汰合成酵素(例如 γ -glutamylcysteine synthetase 及 glutathion synthetase)，經過上述兩個關鍵酵素後可合成 GSH，之後 GSH 經由 PC synthetase 之作用而形成 PCs。

研究顯示在正常植物中， γ -ECS 是 GSH 生合成的速率限制步驟，在芥菜

(*Brassica juncea*) 殖入大腸桿菌(*E. coli*)之 *r*-ECS 可大幅提高植物 GSH 與 PCs 含量，同時忍受及累積重金屬鎘之涵量也隨之提高，在水耕狀況下，轉殖植株比對照組可增加近兩倍的鎘金屬吸收量。除了利用基因轉殖之外，如何提高土壤中金屬離子有效性以利植物吸收，也是研究的重點之一。

目前農地遭受重金屬及其他工業污染已是事實，除了休耕之外，研究單位或許應思考更積極的處理方式，讓農村真正成爲兼具生態、生產與生活功能的地方。