

淺談土壤消毒之方法

吳旻皇（儲備植物醫師）

前言

土壤傳播性病原菌因病原特性可在土壤中形成殘存構造，如鐮孢菌（*Fusarium* spp.）在環境不良時形成厚膜孢子（chlamydospore）；疫病菌（*Phytophthora* spp.）與腐霉病菌（*Pythium* spp.）以卵孢子（oospore）形態存活於土壤裡；立枯絲核菌（*Rhizoctonia solani*）、菌核病菌（*Sclerotinia sclerotiorum*）與白絹病菌（*Sclerotium rolfsii*）以菌核（sclerotinia）方式殘存於土壤中，時間可從數個月至數年之久，再加上連作栽培導致病原密度增加，容易造成病害嚴重發生。因此降低土壤中的病原密度，才能有效減少此類病害發生，而土壤消毒是最直接根本的防治方法。本文從土壤消毒方法的操作原理與施作條件進行介紹，以供農友參考。

太陽能消毒

太陽能消毒係利用陽光照射覆蓋透明 PE 塑膠布土壤，以提高土壤溫度，降低病原菌密度，減少病害發生。操作前須移除罹病植株，再行耕犁整平，覆蓋後土壤需保持濕潤，鋪設塑膠布時盡量與土表密合，並於銜接處交疊壓重物，減少空氣存在避免影響熱能傳導，覆蓋時間需維持 1 至 2 個月，若 15~30 公分深土壤達 40℃ 並累積 120 小時以上較能達到消毒效果。太陽能消毒法雖操作簡便，但為提高消毒效率，建議處理時間為夏季高溫時期較容易提高土壤溫度，田區病株盡量清除（包括土壤中的根系），可以降低土壤中的病原密度，土壤含水量需維持至少 30%，較

利於溫度傳導。此方法適合在水源缺乏田區無法淹水的情形下，並配合夏季高溫多雨時期進行操作，可以提高消毒效果。

蒸氣消毒

蒸氣消毒是以蒸氣機產生蒸氣並配合金屬管路輸送至土壤，藉由高溫使生物細胞內蛋白質凝固並讓酵素不活化，而殺死生物，達到消毒土壤之方法。臺南區農業改良場研究資料顯示，目前的蒸氣消毒處理方式可分為：

一、插入式蒸氣消毒

以 4~6 公尺之 6 分鋼管作為蒸氣管路，管路於畦面上形成 Π 字型，鋼管每隔 30~40 公分連接 1 支長 20 公分末端封閉的中空銅管，每支銅管上分布 6~8 個 1 毫米蒸氣出口，插入欲消毒之土壤，並用耐熱橡膠布覆蓋蒸氣管路與表土，以重物固定橡膠布邊緣，送入蒸氣，讓蒸氣直接滲透到 20 公分深的土層進行消毒，處理的溫度及時間為 60~80℃ 維持 30 分鐘。

二、覆蓋式蒸氣消毒

與插入式的操作原理大致相同，僅差異在蒸氣管路每隔 30~40 公分開一蒸氣孔，未再連接銅管輸送蒸氣，此方法較適合砂質或質地孔隙較大的土壤。

三、耕耘式蒸氣消毒

以 15~18 公分中空鋼管排列成扒犁狀，固定在鋼板上，鋼管間距 12~15 公分，以重物置於鋼板上使蒸氣管路可以深入土中，配

合自動捲線器緩速移動，移動速率為每分鐘 10 公分，隨蒸氣管路移動送出蒸氣，達到消毒土壤的目的。

四、自走式蒸氣消毒機

以履帶式載台，掛載遮罩式蒸氣釘床，並配合控制單元與蓄電池組成，進行無線操控，消毒時蒸氣床釘向下罩入畦面，藉由蒸氣釘管插入土層注入高溫蒸氣，每次處理約需 10 分鐘，每小時可以處理 27 平方公尺面積，土壤溫度 70℃可維持 30 分鐘，較其他方式節省人力。

進行土壤蒸氣消毒前，必須注意土壤濕度、質地與溫度，原則上需有良好通氣性，蒸氣在土層中容易擴散，土壤含水量則需維持在 30~40%，高溫時效性較持久，蒸氣消毒操作於作物採收後，先清除植株殘體尤其是罹病植株根系一定要帶離田區，以提升消毒效果。上述蒸氣消毒方式，有效消毒深度約為 25~30 公分，故於作畦後進行消毒工作，勿再翻犁整地。此方法處理時間每分地約需 3~5 工作天，尤其對短期連作之作物或設施內栽培之作物，較不受氣候環境影響，更能彈性操作，解決土壤病害問題。

厭氧消毒

最常見的操作方法為淹水（圖一），土壤浸水後，空氣和土壤之間的氣體交換減緩，促使氧氣含量大幅降低，病原菌在土壤缺氧的情況下，不易存活，然此方式田區需要有充足的水源，土壤持續浸水 1~2 個月，可達到消毒之效果。另外日本農研機構開發出另一土壤消毒技術，在土壤中添加有機質如稻稈、糖蜜、米糠等，再進行灌水維持土壤濕潤，配合覆蓋塑膠布阻隔氧氣，土壤中微生物分解有機物，當微生物開始繁殖時，消耗大量氧氣，形成厭氧狀態，有機物在無氧環

境下發酵，產生有機酸、酒精、氨和揮發性有機化合物等代謝產物，可抑制大多數的病原菌及線蟲與雜草種子，此方法需水量較少，但必需有足夠的有機質，如糖蜜至少要 600 公斤 / 分地、稻桿需要 1,000 公斤 / 分地，或種植綠肥玉米於開花前耕犁做為有機質來源，並需覆蓋塑膠布，土壤保持濕潤以利有機質發酵，厭氧處理（圖二）時間需至少 1 個月。



圖一、田區土壤淹水 1~2 個月。



圖二、以每分地 600 公斤糖蜜稀釋 4 倍後灌入田區至淹水狀態進行厭氧消毒。

化學消毒

一、氰化鈣（ CaCN_2 ）

氰化鈣在土壤中遇水會轉化為石灰和氰氨（ H_2CN_2 ），此時的氰氨具有毒性，可以抑制病原菌，降低病害發生機率。土壤溫度及水分含量影響消毒效果，所以增加土壤溫度與含水量有助於氰氨之轉化效率。近年苗栗大

湖地區草莓萎凋病發生嚴重，需要進行土壤消毒，但部分田區無法淹水，本場推行太陽能-氰氮化鈣法（圖三），利用氰氮化鈣與太陽能進行草莓本田期土壤消毒，翻耕鬆土前，必需清除植體殘株再行操作，每分地使用 100 公斤的氰氮化鈣與有機質（例如每分地 1~2 噸稻草或 1~1.5 噸木屑菇包），鋪設水帶並覆蓋塑膠布，保持土壤濕潤，提高土壤溫度，處理時間 2 個月，即可達到消毒的效果。操作提醒，氰氨是肝臟乙醛脫氫酶抑制劑，施用前後 24 小時不可飲酒，避免造成酒精中毒。



圖三、太陽能-氰氮化鈣法，覆蓋塑膠布，處理 2 個月。

二、邁隆（dazomet）

邁隆同時兼具殺菌、殺蟲、殺線蟲及殺草等功能，主要作為土壤薰蒸消毒用，水解後釋出甲基異硫氰酸酯（methyl isothiocyanate）為非選擇性酵素抑制劑，作用在電子傳遞鏈中的電子接受者，破壞細胞膜、使蛋白質變性，酵素失去功能等。目前僅核准登記使用在芹菜黃萎病、竹細菌萎凋病，及樹木褐根病疫病區土壤薰蒸消毒處理，施藥時需配戴口罩及手套，藥劑均勻拌入土中，土壤含水量在 40-60% 保持濕潤，覆蓋不透氣塑膠布，防止薰蒸氣體外漏。

生物薰蒸

生物薰蒸是由 Kirkegaard 等人於 1993 年提出，利用十字花科作物、絞碎拌入土壤，透過植物組織中的硫代葡萄糖苷（glucosinolates）經由芥子酶（myrosinase）水解後產生異硫氰酸酯複合物（isothiocyanates）對土壤病原菌具有抑制的作用，也與邁隆經水解產生的異硫氰酸甲酯具有相似的殺菌效果，目前生物薰蒸之效果，因異硫氰酸酯複合物與硫代葡萄糖苷在作物種類及組織內生成量之差異，對病原菌特性與生活史各階段具有不同的感受性，另在操作上受限於土壤性質與氣候環境，對於防治效果都有很大的影響，目前尚未廣泛的使用。

結語

以上所敘述之消毒方法，期盼農友可以依據栽培環境、土壤性質、作物種類、消毒設備與資材取得之難易，選擇合適的方法，貫徹執行。進行任何消毒處理前務必清除前作植株殘體，土壤保持濕潤（含水量需維持在 30% 以上），以提高土壤消毒成功率。土壤傳播性病害無法單靠藥劑而獲有效防治，宜從土壤消毒配合健康種苗或抗病品種之綜合防治法，才是解決土傳性病害最根本的辦法。