

草莓土壤傳播真菌性病害與防治策略

鐘珮哲（副研究員兼主任）

前言

草莓是國內高經濟價值作物，每年生產面積約為 500 公頃，而在草莓栽培期間，病害往往成為產量的限制因子，如未依病害發生特性改變栽培管理模式，則可能連年減產甚至造成病害嚴重發生。近年國內草莓主要產區發生嚴重萎凋病，本文將說明 3 種國內外草莓重要土壤傳播真菌性病害（其中 2 種國內未發現）發生特性及其防治策略。

Fusarium wilt

草莓萎凋病在 1960 年間於澳洲和日本首次被報導，而後陸續在韓國、墨西哥、中國、美國及西班牙等草莓重要栽種國家發生危害，臺灣則是大約在 2010 年左右開始陸續發生，且危害面積逐年增加。造成草莓萎凋病之病原菌為 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*，農民又稱該病害為「大小葉」、「歪耳朵」，典型病徵為原本大小互相對稱的葉片（3 出葉）呈現 1~2 片葉子畸形（小葉化）、黃化（圖一）；且此病害若在第 1 期果開花結果初期發生，農民無法有收成，因而又被稱為「見錢死」。由於病菌入侵植株，使維管束阻塞喪失功能，造成植株三片小葉生長不對稱。畸形葉的發生常常使植株的一側歪斜，葉片失去光澤，受害植株的根冠部褐變，根系褐變腐敗。受感染植株生長勢逐漸衰弱、縮小，直至萎凋，為病程發展相對緩慢之病害。草莓萎凋病菌為鐮孢菌屬尖孢鐮刀菌之草莓專化型，僅感染草莓不會危害胡瓜、番茄及茄子等其他作物，18~25℃ 可發生此病害，病菌生長合適溫度為 28℃，高溫可促進病勢進展。

本病害傳播方式可分為兩種，其一為形成厚膜孢子 (Chlamydospore) 留存於土壤中成



圖一、萎凋病 (Fusarium wilt) 感染草莓植株，呈現大小葉 (左) 或小葉化 (右) 病徵。

為傳染源，待草莓定植本田後自草莓根系侵入感染造成發病，且厚膜孢子可殘存數年以上，往往造成該田區萎凋病發生率逐年增加；其二，本病原菌可經由維管束傳播，而草莓苗繁殖係經由走蔓行無性繁殖，因而若繁殖母株帶菌將藉由走蔓傳至下一代（走蔓苗）。近年來部分草莓田區連年發生萎凋病且逐年嚴重，探究其原因與此病原菌的發生特性極其相關，由於其主要傳播途徑係藉由土壤與維管束傳播，若農民仍在本田採種，以致留下帶有此病菌之走蔓苗，在育苗階段即有可能造成病害大發生。此外，連年發生萎凋病的草莓栽培田區多未休耕或與水田輪作，而是過度利用土地，繼續種植夏季蔬果，如此長年累月惡性循環之下，除了土地無法生產優質草莓外，萎凋病的發生更是逐年增加。

草莓萎凋病防治策略建議如下：

- 一、自行留苗：選擇健康不帶病之母株，並避免於發病田區留走蔓苗作為母株。
- 二、徹底清園：育苗期間，若發現植株出現萎凋病病徵須立即將植株連同走蔓清除，鄰近病株之介質全數清除銷毀，並

勿丟棄在田間或育苗場區，水溝或溪流亦不可丟棄，以避免病原菌的擴散。定植本田後若有發病植株，盡早挖除乾淨並帶離田區，避免病殘株殘留土壤，累積厚膜孢子。

三、土壤消毒與改良：連年發生萎凋病之田區，栽培結束後建議先進行土壤肥力分析（圖二），並以水旱田輪作、太陽能-氰氮化鈣法或厭氧土壤消毒法進行土壤消毒（圖三），以降低土壤病原菌密度，於定植前依據土壤肥力分析報告施用有機質等肥料資材並添加有益微生物。

四、推薦藥劑：於定植初期以液化澱粉芽孢菌 Tcba05，以每株 250 毫升藥液量於植株莖基部或根圈進行澆灌，每隔 7 天施藥一次，共 8 次。



圖二、土壤採樣方法
請掃描 QRcode
或參閱 <https://gov.tw/4D1>。



圖三、施作方式請掃描 QRcode 或參閱 <https://gov.tw/Uxe>。

Verticillium wilt

本病害是由 *Verticillium albo-atrum* 與 *V. dahliae* 兩種真菌性病原菌感染所致，於美國、英國、西班牙、日本等重要草莓產區皆有發生，嚴重影響受到感染的草莓植株之產果量。病徵常出現於新植草莓植株之走蔓開始形成時，而在較老的植株，症狀通常出現於果實採摘前。在受感染的草莓植株上，外部和較老的植株往往呈現葉片下垂、枯萎、變乾（圖四），葉緣與葉脈間轉為紅黃色或深褐色；新葉幾乎無法再生長出來，即便有形成新葉，

亦發育不良、枯萎並沿著中脈捲曲，整棵植株似缺水狀態。走蔓和葉柄上可能會出現褐色至藍黑色條紋或斑點，從根冠部長出的新根通常會尖端變黑且短小，腐爛的冠部和根系內可能會出現褐色條紋。受感染的植株地上部症狀會因品種的耐感病性有所不同，不易與寒害、*Phytophthora fragariae* 造成的 red stele(病徵為根系變紅)以及多種因素(真菌、線蟲及環境因子等)致使根系呈現黑色腐爛之徵狀區別，因而完成實驗室組織分離培養以正確辨識病因是必需的。



圖四、Verticillium wilt 感染造成外緣葉片下垂、枯萎、變乾。(引用自 Wilhelm et al., 2001)

本病原菌在土壤和植株殘體中以休眠菌絲體或黑色小斑點狀體(微菌核，Microsclerotia)越冬。在適宜的條件下，這些微菌核藉由產生一條或多條絲狀菌絲而萌發，這些菌絲可以直接穿透根毛，但更常見的感染方式是由於昆蟲、耕作、移植器械、霜凍或根部寄生性線蟲所造成的根部損傷而幫助病原菌的侵染。一旦病原菌進入根部，接著侵入輸水組織(木質部)，走蔓苗可能會因病原菌從罹病母株移入走莖而被感染，老化菌絲體在寄主組織中產生微菌核，完成病害循環。草莓園區若發生此病害，因該病原菌可產生微菌核，能在沒有寄主植物的土壤中存活達 14 年以上，而該田區若持續種植寄主作物，此病原菌可在作物和感病性雜草間存活長達 25 年，

且 *Verticillium* 屬的病菌可感染 300 多種寄主植物，包含許多果樹、蔬菜、花卉、灌木及雜草等，因而輪作對於本病害而言無法有效發揮防治效果。

本病害主要分布在溫帶氣候區，當土壤溫度介於 12°C 至 30°C 之間時，會發生感染並促進病害發展，最適宜的溫度為 21°C 至 24°C，陰涼多雲夾雜著溫暖晴朗的天氣，最有利於本病害的發展。

本病害建議防治策略如下：

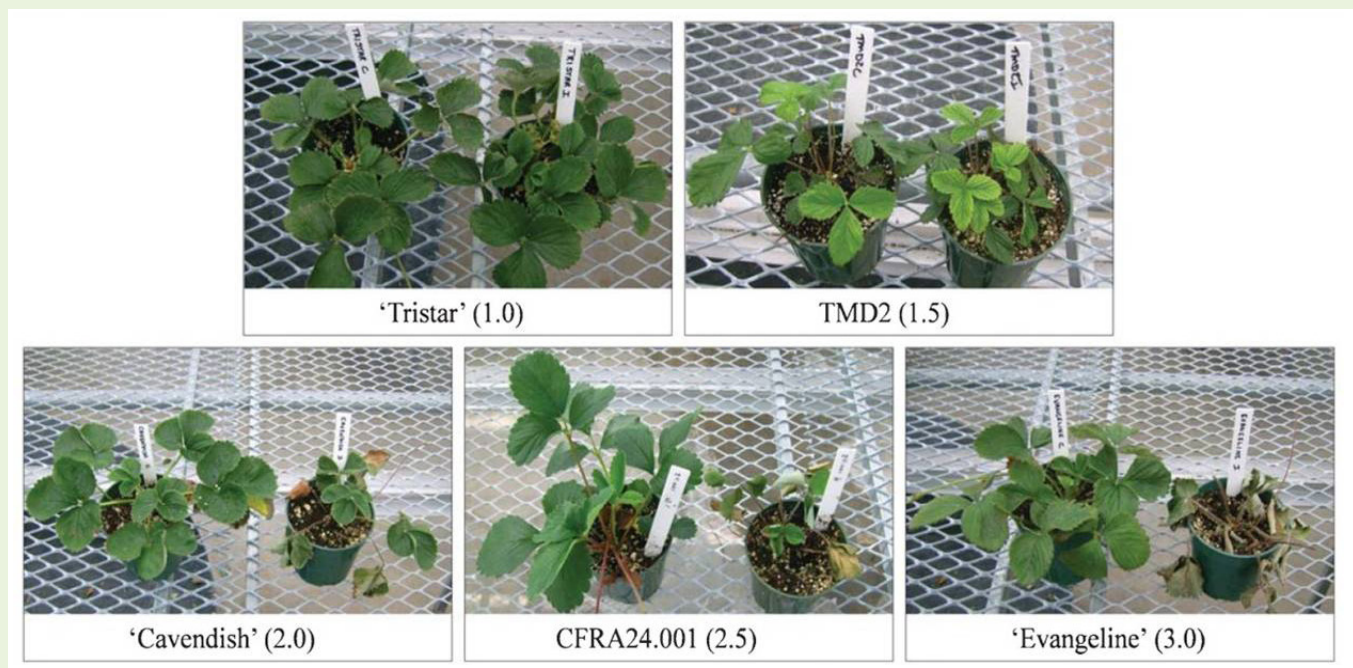
- 一、由於此病害缺乏有效的治療性殺菌劑，且歐洲與美國對於預防性化學熏蒸劑的法規限制，抗病品種成為重要的防治策略之一，因而對於耕作方式主要以土壤耕作系統為主的國家來說抗病種原是對抗本病害所需的重要資源（圖五）。在感染了此病害的土壤中，應種植經過驗證的、無病害的耐病或抗病草莓品種。
- 二、種植於排水良好的土壤中，避免低窪排水不良之田區。根據土壤分析結果進行施肥，避免使用高氮含量的肥料以免植

物營養生長過於旺盛，促使其他病害的發展。

- 三、避免於過去五年內種植過番茄、辣椒、馬鈴薯、茄子、甜瓜、秋葵、薄荷、菊花、玫瑰或其他相關易感作物的土壤中種植易感病的草莓品種。
- 四、藉由翻耕和使用選擇性除草劑來控制所有雜草；經由輪作和使用殺蟲劑來控制土壤昆蟲。定植前進行土壤殺菌處理，如使用廣效性的土壤燻蒸劑、厭氧消毒 (Anaerobic soil disinfestation, ASD) 等。

Charcoal rot

本病害是由真菌 *Macrophomina phaseolina* 所引起，在美國、澳洲、西班牙、義大利等草莓重要產區皆有發生，且自從土壤熏蒸劑溴化甲烷在世界各國逐步被淘汰禁用後，此病害在土耕草莓栽培田區發生情形漸趨普遍。該病原菌分布於世界各地，寄主範圍則超過 500 種植物。本病害病徵與其他冠腐病原如炭疽菌 (*Colletotrichum* spp.) 和疫霉菌 (*Phytophthora* spp.) 引起的症狀相似。植株最初



圖五、在每個圖例中，左側顯示的是未接種對照植株，右側顯示的是相同品種的接種 (*Verticillium dahlia*) 植株及其發病等級。(引用自 Vining et al., 2015)

出現缺水狀態，葉片枯萎、老葉乾枯死亡，最終整株植物倒伏死亡。切開受感染植株的冠部組織可以看到沿邊緣和木質化維管束呈現紅棕色壞死，而根系則完全變成棕色並呈現腐爛狀（圖六）。由於易與其他病害混淆，須從冠部分離病原菌以進行鑑定。



圖六、草莓植株感染 Charcoal rot，葉片枯萎、老葉乾枯死亡，最終整株植物倒伏死亡（左）。切開受感染植株的冠部組織可以看到沿邊緣和木質化維管束呈現紅棕色壞死（右）。（引用自 Baggio et al., 2019）

一般來說，高溫（約 30°C）、沙質土壤和低土壤濕度有利於本病菌感染和病害的發展。由於病原菌會產生微菌核且在土壤和草莓植株殘體存活，並在受感染的植株腐爛時釋放到土壤中，這些微菌核通常是新感染的主要來源，當連續幾個季節皆種植草莓且未進行輪作或皆種植易感病寄主時，土壤中的微菌核數量會增加。

本病害建議防治策略如下：

一、種植抗病或耐病品種。

二、定植前進行土壤殺菌處理，如使用廣效性的土壤熏蒸劑、厭氧消毒 (Anaerobic soil disinfestation, ASD) 等。

三、通過灌溉或滴灌系統施用殺菌劑可以在一定程度上減少因 Charcoal rot 造成的損失。以下幾點為施用時需要特別注意的事項：

1. 定植後多次滴灌施用可能不如於定植前適當施用土壤熏蒸效果好。
2. 由於 *M. phaseolina* 是土壤傳播病原菌，滴灌施用應優於噴灑施用。
3. 於土壤溫度高且植株易感病時施用效果最佳。
4. 當用作殺菌劑或熏蒸劑的輸送管道時，雙滴灌帶的效果應優於單滴灌帶。

結語

所謂「知己知彼，百戰不殆」，面對田間病害問題，首要之務為正確診斷，不同病害之間可能會因病徵相似而混淆，透過植物保護人員的鑑定可協助農友正確判斷以進行防治。草莓萎凋病屬於土壤傳播真菌性病害的一種，發病田區除了確實將病株帶離田區並進行適當的土壤消毒，合理化施肥亦為關鍵因子。此外，由於萎凋病菌尚可經由維管束自母株傳至走蔓苗，健康母本的選擇是育苗階段相當重要的一環。病害的管理首重「預防勝於治療」，在了解萎凋病的特性後，宜避免田間可能促使萎凋病發生的因子，以降低其危害。

表一、草莓土壤傳播真菌性病害特徵比較

病害／特徵	Fusarium wilt	Verticillium wilt	Charcoal rot
病原菌	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>fragariae</i>	<i>Verticillium dahliae</i> <i>Verticillium albo-atrum</i>	<i>Macrophomina phaseolina</i>
國內是否發生	是	否	否
發病條件	好發於植株遭受逆境、水分過多或過少	土壤溫度 21-24°C	高溫、乾燥土壤
主要傳播方式	走蔓、受感染土壤	種子、水、風、受感染土壤、栽培工具、機械	受感染土壤
危害狀	新葉的小葉不對稱；葉柄縮短；植株萎凋	外層、老葉萎凋；新葉發育不良	冠腐；缺水萎凋狀
土壤殘留方式與時間	厚膜孢子 (Chlamydospore) ／數年	微菌核 (Microsclerotia) ／數十年以上	微菌核 (Microsclerotia) ／數十年以上
寄主範圍	草莓	寄主廣泛 (包含果樹、蔬菜、花卉、灌木、雜草等)	寄主廣泛 (包含果樹、蔬菜、糧食作物、雜草等)