

# 草莓田休閒期土壤管理對萎凋病之抑制效果

鐘珮哲\*、吳添益

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

## 摘 要

草莓萎凋病(*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*)近年來逐漸成爲草莓重要病害之一，病原菌以厚膜孢子之形式，經年累月累積於土壤中，造成萎凋病之發生情形日益嚴重。於2016年度分別於試驗田區草莓季結束後輪作玉米、綠肥等作物並配合灌水處理及土壤改良，並於土壤處理前及處理後調查镰孢病菌量分別減少爲0 CFU/g soil、0 CFU/g soil、83 CFU/g soil。此外，採收後田區能採行種植綠肥加灌水處理者，有明顯除鹽改善與保育效果；採用種植玉米加綠肥所獲土壤改善功效，包含土壤中磷、鈣、鎂等鹽類有明顯下降，另2016年及2015年定植後萎凋病發生率：A區自40%降至0.4%、B區自70%降至0.2%、C區自60%降至3.2%，試驗田區經土壤改良後顯著降低萎凋病發生率。草莓品質方面，B區於1級果以上的比率增加4.5%，2級果的比率增加2.6%，單棵產量於2016年爲367.7 g，相較於2015年增加34.3%，單棵產值於2016年爲53.1元，相較於2015年提升達到84.4%。

關鍵詞：草莓、萎凋病、輪作、土壤改良

## 前 言

草莓爲苗栗地區重要觀光休閒產業，每年草莓季觀光採果遊客達百萬人次，爲週邊產業帶來無限商機。另每日以鮮果銷至各大城市者亦有數十公噸至百公噸。其平均產值爲150萬至180萬元/公頃，觀光採果園更可達300萬元

/公頃以上，爲一高經濟價值之產業。

然近年來草莓產業面臨萎凋病感染造成植株萎凋死亡，最早發現本病害是在澳洲，接著爲日本等國。本病害傳播方式如下：厚膜孢子留存於土壤中成爲傳染源，自草莓根系侵入感染，造成發病，厚膜孢子可殘存數年以上；本病原

\*論文聯繫人

e-mail: peiche@mdais.gov.tw

菌可經由維管束傳播，發病之繁殖母株藉由走蔓傳至下一代（繁殖苗）。因而此病害之田間感染源可分為兩種，其一為由帶病母株透過走蔓傳給子代，此為維管束病害之特性；另一種感染方式為土壤傳播（Fang *et al.*, 2012）。具寄主專一性（*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*），僅感染草莓不會危害胡瓜、番茄及茄子等寄主（Golzar *et al.*, 2007）。18~25°C可發生此病害，病菌生長合適溫度為28°C，高溫可促進病情進展。典型病徵為新葉的3小葉中，1~2片畸形（小型）化、黃色。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。

由於草莓易於栽培、當年結果、產量高、經濟效益好等特點，近年來作為特種經濟作物已成為中國一項重要經濟發展項目，但隨著生產規模發展、種植面積擴大、同一塊土地連續種植草莓之時間增加，在大陸各主要產區普遍發生，並有逐年嚴重之趨勢（趙，2006）。此病原菌在大陸稱為草莓根腐病，已成為阻礙草莓產業發展的影響因素之一。中國大陸北京市於2011年亦發現本病原菌造成草莓根腐病之發生（盛，2012）。

美國加州於2006年（Koike *et al.*, 2009）、南卡羅來納州於2011年（Williamson *et al.*, 2012）陸續發現本病害之發生。而臺灣大約是在2010年左右開始陸續發生（鐘，2012），且危害面積逐年增加，探究其原因與此病原菌的發生特性極其相關，本病原菌屬於維管束病害，因而當農民採種時，若留下帶有

此病菌之走蔓苗，在育苗階段即有可能造成病害大發生，另外一個原因則是此病原菌有厚膜孢子，可以長久殘存於土壤，當種植草莓苗時，病菌於適當環境下即可侵染並造成發病。針對此病害之感染途徑防治策略可為自無發病田區採種，選擇無病田區繁殖草莓苗，以避免種苗帶菌；氮肥施用過量將促進病害發展，宜適當施肥，並於栽培結束後進行浸水整地；於有發生此病害之種植區，則可進行利用太陽能和土壤燻蒸劑的土壤消毒或種植抗病品種（Gordon *et al.*, 2016）。

本試驗係源自2015年草莓定植後，大湖鄉及獅潭鄉發生多處補植率達30%之田區，該年12月自55個草莓園採得土壤樣本，經分析發現部分田區可能為萎凋病菌累積造成病害發生率偏高，本田間調查排除種苗帶菌問題，從中選擇草莓萎凋病連年嚴重發生田區3處願意配合後續檢測及試驗之農戶進行田間試驗，藉由土壤改良、合理化施肥等方式，降低萎凋病之發生。

## 材料及方法

### 一、試驗規劃及土壤採樣

試驗田區3處分別為大湖鄉水尾坪段（A）、大寮段（B）及南湖段（C），已連續2年以上發生嚴重萎凋病，採樣時間點如下，第1次為2015年12~1月間（草莓季），第2次為2016年4月（草莓季結束前）及2016年10月（定植前），共計3次。採集各田區土壤每塊田區採樣時皆分4小區，每小區採集15

株罹病植株（若無罹病株則採健康株）之根圈土壤，各小區土壤於實驗室自然陰乾後，將每個田區之 4 小區土壤各稱取 50 g 混勻，以後續進行土壤鐮孢菌之檢測分析及土壤肥分分析。

## 二、休閒期田間土壤管理方式

草莓季結束後，各田區土壤處理情形如下；A 區-全期間灌水 2 個月，B 區-前期種植大豆綠肥，結莢期翻耕入土，後期灌水 1 個月以上，C 區-前期種植玉米後翻耕入土，再種植田菁，約生長至 50~60 cm 高後翻耕入土。為提升土壤健康目標，於各田區調高土壤酸鹼值及有機質含量與減少土傳性病原菌危害，每分地施用氰氮化鈣（全氮 19.5%，鹼度 55%）40 kg；農園寶（氧化鈣 40%，氧化鎂 1.0%，氧化矽 0.9%，鹼度 42.0%）40 kg；有機質肥料（氮 1.7%-磷 1.2%-鉀 0.8%）1,000 kg。

## 三、土壤鐮孢菌檢測

採集之土壤樣品置於封口袋中，先將粗顆粒壓碎，以 2 mm 篩網過篩。取 10 g 土壤置入 90 ml 0.05% agar solution（滅菌後冷卻）中，混合均勻，使其自然沉降 1 分鐘，為 1 倍稀釋樣本。取 200  $\mu$ l 1 倍稀釋樣本懸浮液滴於選擇性培養基 FoG1 (Nishimura, 2007)，以玻璃珠均勻塗佈。10 倍與 100 倍稀釋樣本皆為取自 1 倍稀釋樣本，以無菌之 0.05% agar solution 稀釋，之後取 200  $\mu$ l 塗佈於 FoG1 plate 中，各濃度稀釋樣本皆進行 3 次重複。完成後置於 25°C 培養，於第 3 天起開始觀察並記錄，呈現紫紅色的

菌落判定為鐮孢菌。選擇性培養基 FoG1 配置方式如下：KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 g、KCl 0.5 g、MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g、ammonium citrate dibasic 2 g、econazole nitrate 5 mg（溶解在 0.5 ml 之 dimethyl sulfoxide）、H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0.5 g、微量元素溶液（citric acid 5 g、FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 5 g、ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 1 g、CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.5 g、MnSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.5 g 及 Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 0.05 g，溶解於 95 ml 去離子水中）0.2 ml、chloramphenicol, 0.25 g、及 20 g/L 洋菜粉。高溫高壓滅菌後（15 分鐘，121 °C），加入 L-sorbose 20 g、0.05 ml 25% 克熱淨溶液及 1 mg 50% 脫克松可濕性粉劑。溫度降至 60°C 後，以磷酸調整酸鹼值至 pH 3.7-3.9。

## 四、土壤肥分檢測分析

草莓休閒期前後土壤肥力調查，時間分別為 2016 年 4 月生產季結束及各區土壤管理方式後 2016 年定植前（8~9 月）與草莓定植後（10~11 月），進行 3 次土壤採樣。田間土壤採樣後，進行風乾、萃土、過篩（2mm）。pH 值以玻璃電極法測定水：土（V：W）=（1：1）（張，1981），電導度以電導度計測定水：土（V：W）=（5：1）（Nelson, 1982），有機質以 Walkley-Black 法測定，有效磷以白雷式第 1 法（Bray-1 P Method）測定，交換性鉀、鈣、鎂用 1M 中性醋酸銨萃取，再以原子吸光譜儀或火焰光度計測定。

## 五、萎凋病發生率及產量品質調查

本試驗之草莓種苗係購自草莓組織

培養苗馴化後之母本所培育之子苗，使用高架育苗方式，以避免試驗苗帶有萎凋病菌。分別於 2015 年及 2016 年草莓定植後約 1 個月，調查田間萎凋病發生造成補植之情形，調查方式為目測及記錄田間植株萎凋病病徵及因萎凋病感染而萎凋死亡之植株數目。本案例僅以 B 區於 2015 及 2016 兩年期作的產量品質進行調查比較，品質調查以市場果品大小分級之，分為 1 級果  $> 16.6$  g，2 級果  $16.5\sim 12.4$  g，3 級果  $< 12.3$  g。2015 年採收期從 2015 年 11 月 17 日起至 2016 年 4 月 30 日止。2016 年採收期從 2016 年 12 月 8 日起至 2017 年 5 月 2 日止。

## 結 果

### 一、土壤鐮孢菌檢測分析

試驗田區 A、B、C 等 3 處分別於不同時間點共計採 3 次土壤進行鐮孢菌密度分析，2015 年 12 月草莓定植後 A 區之土壤樣本以 1 倍稀釋塗布於選擇性培養基後，其平均鐮孢菌量為 250 CFU/g soil（圖一），2016 年 4 月草莓季結束前土壤平均鐮孢菌量為 17 CFU/g soil，2016 年 10 月草莓定植後土壤平均鐮孢菌量為 0 CFU/g soil。B 區 2015 年 12 月草莓定植後之土壤樣本以 1 倍稀釋塗布於選擇性培養基後，其平均鐮孢菌量為 4050 CFU/g soil，2016 年 4 月草莓季結束前土壤平均鐮孢菌量為 1,333 CFU/g soil，2016 年 10 月草莓定植後土壤平均鐮孢菌量為 0 CFU/g soil。C 區 2016 年 1 月草莓定植後之土壤樣本以 1 倍稀

釋塗布於選擇性培養基後，其平均鐮孢菌量為 1,433 CFU/g soil，2016 年 4 月草莓季結束前土壤平均鐮孢菌量為 50 CFU/g soil，2016 年 10 月草莓定植後土壤平均鐮孢菌量為 83 CFU/g soil。

### 二、土壤肥分分析

草莓休閒期前後土壤肥力調查分析，本調查時間分別為 2016 年 4 月生產季結束及各區土壤管理方式前後 2016 年定植前（8~9 月）與草莓定植後（10~11 月），進行 3 次土壤採樣，分析結果如表一、表二及表三所示。由表一得知澆水處理在土壤電導度、有機質及有效磷含量有明顯下降；由表二得知栽培綠肥後增加澆水處理在土壤酸鹼度、電導度、有機質、有效磷及交換性鉀含量都有明顯下降；表三得知種植玉米加綠肥處理在土壤電導度、有效磷、鈣及鎂含量都有下降；3 個區土壤管理後續施用有機質肥料及土壤改良資材後，於定植後土壤肥力上表現，都有回到以前水準。

### 三、萎凋病發生率及產量品質調查

試驗田區 A 區 2015 年 12 月因萎凋病發生的補植率約為 40%，試驗處理後於 2016 年 12 月調查補植率約為 0.4%；B 區 2015 年 12 月因萎凋病發生的補植率約為 70%，試驗處理後於 2016 年 12 月調查補植率約為 0.2%；C 區 2016 年 1 月因萎凋病發生的補植率約為 60%，試驗處理後於 2016 年 12 月調查補植率約為 3.2%。本案例以 B 區於 2015 及 2016 兩年期作的產量品質調查比較（表

四) 得知, 2016 年於休閒期採適當土壤改良與施肥, 結果在草莓品質於 1 級果以上的比率增加 4.5%, 2 級果的比率增加 2.6%, 單棵產量於 2016 年為 367.7 g, 相較於 2015 年增加 34.3%, 單棵產值於 2016 年為 53.1 元, 相較於 2015 年提升達到 84.4%。

## 討 論

本次試驗的田區, 皆為連續 2 年以上發生萎凋病且漸趨嚴重之田區, 尤其是 A、B 兩區農民敘述發生情形皆與萎凋病菌可藉流水傳播、土壤累積之特性相關, 參考香蕉黃葉病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) 在國內之傳播情形, 該菌為由蕉株根部感染 (趙, 2008), 病原菌可靠河水、灌溉水、農具及病苗而傳播。臺灣南部地區自 1968 年出現黃葉病以來, 病勢逐年擴散, 現已波及多數蕉園, 蕉農將發病殘株廢棄於水溝和從病區取苗, 乃該病傳播迅速之主要原因, 由於草莓萎凋病與香蕉黃葉病之病原菌同屬 *F. oxysporum*, 可合理推論草莓萎凋病應為相同傳播模式。由於農民並未將發病草莓植株挖除乾淨帶離田區, 相當容易於土壤中累積厚膜孢子, 再加上草莓季結束後, 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值草莓之外, 萎凋病的發生更是逐年增加。

土壤鐮孢菌檢測分析係參考 Nishimura 所發表之 FoG1 選擇性培養基

(Nishimura, 2007), 原為檢測土壤中之 *F. oxysporum* 密度, 本次試驗即參考此方式檢測草莓園土壤含鐮孢菌之密度, 於選擇性培養基上依據是否顯現紫紅色之菌落來判定土壤中鐮孢菌之數量, 雖此法大致可顯現田間問題, 但無法確認是否紫紅色菌落即為 *F. oxysporum* f. sp. *fragariae*。由於尖孢鐮孢菌 (*F. oxysporum*) 與尖孢鐮孢菌草莓專化型 (*F. oxysporum* f.sp. *fragariae*), 僅能以外觀形態分類至尖孢鐮孢菌 (*F. oxysporum*), 尖孢鐮孢菌草莓專化型 (*F. oxysporum* f.sp. *fragariae*) 需以基因層次進行分類 (Suga *et al.*, 2013)。因而未來若要精確診斷草莓園土壤累積草莓萎凋病菌之程度, 開發適合臺灣草莓萎凋病專一性引子對以分析土壤微生物之 DNA, 將能更精準且快速確認土壤帶菌狀態, 目前使用選擇性培養基約需 5~7 天才能確認菌落型態是否為鐮孢菌, 以分子技術檢測預期可大幅減少為 2 天內完成檢測工作。

草莓休閒期為創造土壤保育維護, 讓產業永續經營, 輔導採行水旱田輪作制度或田間湛水等處理, 強化土壤品質功能提昇, 兼顧減少土傳性萎凋病罹病率發生, 穩定生產促使效益提升。本調查得知湛水處理在土壤電導度、有機質及有效磷含量有明顯下降; 另於栽培綠肥後增加湛水處理則在土壤酸鹼度、電導度、有機質、有效磷及交換性鉀含量都有明顯下降; 但在種植玉米加綠肥處理則在土壤電導度、有效磷、鈣及鎂含量都有下降; 另外調查無土壤管理在土壤電導度、磷、鉀、鈣及鎂等含量沒下降反增, 顯示鹽類排除是不佳的又沒助

益。伊吹等 1989 研究指出休閒期栽培禾本科作物有除鹽效果，對後作草莓生育及產量表現良好。深耕又施用有機物，土壤物理性可獲得改善，增加草莓一次根的數量，產量上有增加效果。北川等 1981 及木村等 1985 的研究都指出休閒期栽培水稻作物或施用有機物，可改善土壤物理性及化學性與增加土壤酵素活性，且可提高草莓產量之效果。岡山等 1988 研究指出採施入蝦殼或有機物與土壤混合，對草莓萎黃病等土壤病害的發生有抑制效果的表現。

此外，本次試驗中每分地處理 40 kg 氰氮化鈣（烏肥），於 B 區顯著降低土壤中鐮孢菌數量，由於氰氮化鈣相對於土壤燻蒸劑（如溴化甲烷）對於環境生態之衝擊相對較小，因而具有成為土壤消毒之潛力資材，如中國（Shi *et al.*, 2009）以氰氮化鈣處理土壤中胡瓜萎凋病菌 *F. oxysporum f. sp. cucumerinum*，分別以 80 g/m<sup>2</sup> 及 200 g/m<sup>2</sup> 之濃度處理，15 天之後分別可抑制 88.7% 及 92.2%，而氰氮化鈣處理 3 天後，土壤中微生物族群，包含真菌、細菌及放線菌之族群數量銳減，但 15 天之後即回復至與對照組相當，因而以適量之氰氮化鈣處理土壤為一短效且對環境影響較小之方式。而韓國亦針對草莓萎凋病菌之土壤消毒方式在溫室中進行測試（Nam *et al.*, 2011），夏季時於鋪設塑膠布之溫室內，經添加有機質、氰氮化鈣及曝曬處理之土壤，其深約 10 cm 處之土溫較未處理之土壤高 3~4 °C，並且完全滅除土壤中之萎凋病菌，草莓萎凋病發生率為 0。

加州大學研究團隊發現（Gordon *et*

*al.*, 2016）草莓萎凋病原菌可在土壤（或栽培介質）深達 30 cm 處殘存，造成燻蒸藥劑僅自床架中兩條供水條帶提供之效果不顯著，在缺乏完全有效之燻蒸情況下，基因層次的抗病（抗病品種）將成為防治萎凋病之重要方式。此外，目前並未發展出有效之防治藥劑，因而健康不帶菌之草莓苗及健康之土壤為預防本病之重要策略。

本案例以 B 區於 2015 及 2016 兩年期作的產量品質調查分析得知，休閒期採適當土壤改良與施肥，結果在生產產值與品質上確有明顯提升。定植後植株生長，頗受高溫氣候環境影響，健康土壤、健康種苗、合理肥培可減少植株死亡率，促成草莓的品質產量提升，降低成本，提高收入。

表一 草莓萎凋病發生田區 (A) 進行土壤改善追蹤調查  
Table 1. The soil survey of strawberry fusarium wilt field (A)

Item	pH(1:1)	EC(1:5) dS/m	OM	Av. P	Ex. K	Ex. Ca	Ex. Mg
Period*			g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
(1)	5.64	0.141	25.0	155	179	1360	168
(2)	5.89	0.100	18.1	125	183	1750	167
Compared (%)	4.43	-29.0	-27.6	-19.3	2.2	28.6	-0.5
(3)	5.72	0.212	24.5	140	212	1673	191

\* (1) after harvest, (2) after management, compared:  $((2)-(1)) / (1) \times 100$ , (3) after planting.

表二 草莓萎凋病發生田區 (B) 進行土壤改善追蹤調查  
Table 2. The soil survey of strawberry fusarium wilt field (B)

Item	pH(1:1)	EC(1:5) dS/m	OM	Av. P	Ex. K	Ex. Ca	Ex. Mg
Period*			g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
(1)	5.60	0.084	21.2	125	145	1064	177
(2)	5.52	0.070	18.6	88	130	1113	175
Compared (%)	-1.42	-16.6	-12.2	-29.6	-10.3	4.6	-1.1
(3)	5.84	0.119	21.6	118	153	1356	212

\* (1) after harvest, (2) after management, compared:  $((2)-(1)) / (1) \times 100$ , (3) after planting.

表三 草莓萎凋病發生田區 (C) 進行土壤改善追蹤調查  
Table 3. The soil survey of strawberry fusarium wilt field (C)

Item	pH(1:1)	EC(1:5) dS/m	OM	Av. P	Ex. K	Ex. Ca	Ex. Mg
Period*			g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
(1)	5.90	0.274	12.6	140	261	1322	217
(2)	6.10	0.088	12.6	136	296	1262	166
Compared (%)	3.38	-67.8	0	-2.8	13.4	-4.5	-23.5
(3)	6.19	0.117	11.8	155	251	1346	196

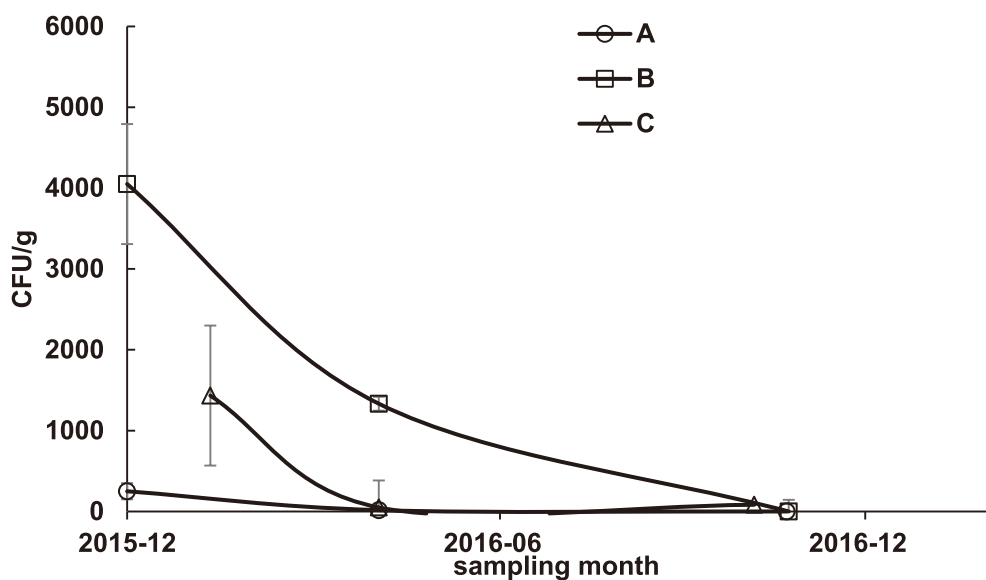
\* (1) after harvest, (2) after management, compared:  $((2)-(1)) / (1) \times 100$ , (3) after planting.

表四 2015 及 2016 兩年期作的產量品質調查 (以 B 區案例)

Table 4. Compared the quantity and quality of strawberry between 2015 and 2016 (case B).

Year	Fruit grading (%) <sup>*</sup>			Yield	Yield	Output
	First	Second	Third	(g/plant)	(ton/ha)	(NT/ha)
2016	37.70	24.00	38.30	367.7	18.38	2,653,120 53.1 NT/plant
2015	33.20	21.40	45.40	273.7	13.68	1,438,672 28.8 NT/plant
Compared	4.50	2.60	-7.10	34.30%	4.7	84.40%

\*Fruit grading: grade 1: > 16.6 g, grade 2: 12.4 g~16.6 g, and grade 3: 8.5 g~12.4 g.



圖一 萎凋病嚴重發生田區土壤镰孢菌檢測結果。

Fig. 1. The soil testing results of Fusarium wilt disease in 2016.



## 引用文獻

- 木村裕顯、赤木 博。1985。イチゴの施設栽培ほ場の土壤管理と土壤酵素活性。栃木農試研報。31：43-52。
- 北川芳雄、水田昌宏、若山 讓。1981。イチゴの促成型栽培における土地生産力の保全に関する研究（第2報）奈良縣農業試驗場研究報告。12：48-58。
- 伊吹久美、大谷博實、越川太嗣。1989。施設イチゴの連作に伴収量低下回避に関する研究。滋賀縣農業試驗場研究報告 30：25-30。
- 卓家榮。1996。增進土壤肥力的觀念及管理要領。臺南區農業專訊第16期：7-11。
- 岡山健夫、掘本圭一。1988。前作物におけるイチゴ萎黃病と土壤機構（第1報）。イチゴ萎黃病の發病輕減效果と土壤微生物に及ぼす影響。奈良農試研報。19：67-78。
- 張愛華。1981。本省現行土壤測定方法。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第13號：9-26。
- 盛茹媛、肖長坤、鄭書恒、石延霞、謝學文、王相晶、李寶聚。2012。鐮刀菌引起的北京市草莓根腐病病原鑑定。中國蔬菜 12：52-56。
- 黃振文、孫守恭。1997。臺灣產鐮孢菌。世維出版社，第116頁。
- 趙秀娟、王樹桐、張鳳巧、杜洪忠、蔣繼志。2006。草莓根腐病研究進展。中國農學通報。8（8）：419-423。
- 趙治平。2008。香蕉黃葉病。植物保護圖鑑系列18-香蕉保護。59-62。
- 蘇俊峯、李怡靜、陳純葳、黃晉興、謝廷芳。2012。蝴蝶蘭鐮孢菌病害調查。植物病理學會刊。21（2）：115-130。
- 鐘珮哲、彭淑貞、張廣淼。2012。造成草莓植株冠腐萎凋之病原菌調查。100年度植病年會論文宣讀。
- Fang, X., Kuo, J. Pei, M. Y., Finnegan, P. M., and Barbetti, M. J.** 2012. Comparative root colonisation of strawberry cultivars Camarosa and Festival by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*. Plant Soil 358: 75-89.
- Golzar, H., D. Phillips, and S. Mach.** 2007. Occurrence of strawberry root and crown rot in Western Australia. Australasian Plant Disease Notes. 2: 145-147.
- Gordon, T. R., O. Daugovish, S. T. Koike, C. M. Islas, S. C. Kirkpatrick, J. A. Yoshisato, and D.V. Shaw,** 2016. Options for management of Fusarium wilt of strawberry in California. International Journal of Fruit Science. 16: 160-168.
- Kundsen, D., G. A. Peterson, and P. F. Pratt.** 1982. Lithium, sodium and potassium. In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II 2nd edition. ASA, Madison. Wisconsin, USA. p.225-246.

- Koike, S. T., S. C. Kirkpatrick, and T. R. Gordon.** 2009. Fusarium wilt of strawberry caused by *Fusarium oxysporum* in California. Plant Disease 93(10): 1077.
- Nam, M. H., H. S. Kim, and H. G. Kim,** 2011. Control of Fusarium Wilt of the Strawberry Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* of Solarization with Compost and Calcium Cyanamide Application. Res. Plant Disease. 17(1): 32-37.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers.** 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Methods of Soil Analysis. 2nd edition. p.539- 579.
- Nishimura, N.** 2007. Selective media for *Fusarium oxysporum*. J Gen Plant Pathol.73: 342-348.
- Shi, K., L. Wang, Y. H. Zhou, Y. L. Yu, and J. Q. Yu,** 2009. Effects of calcium cyanamide on soil microbial communities and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumnerinum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumnerinum*. Chemosphere 75: 872-877.
- Suga, H., Y. Hirayama, M. Morishima, T., Suzuki, K. Kageyama, and M. Hyakumachi,** 2013. Development of PCR primers to identify *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*. Plant Disease. 97: 619-625.
- Williamson, M., S. C. Clemson, D. Fernández-Ortuño, and G. Schnabel.** 2012. First report of *Fusarium* wilt of strawberry caused by *Fusarium oxysporum* in south Carolina. Plant Disease 96(6): 911.

# The management of strawberry Fusarium wilt during soil leisure period

Pei-Che Chung\* and Tian-Yih Wu

\*Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan

## ABSTRACT

Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*) became one of the seriously diseases of strawberry. After strawberry production season, fields were grown rice (A), corn (C) or bean (B), and before planting, treated with flooding and soil management. After treatment, the density of *Fusarium oxysporum* in field A, B, C were 0 CFU/g soil, 0 CFU/g soil, and 83 CFU/g soil respectively. In addition, field with green manure and flooding was significant salt removal and conservation effects; field with corn and green manure also had significant salt removal especially phosphorus, calcium and magnesium. The disease incidence of Fusarium wilt were (compared 2015 with 2016) field A: 40% and 0.4%, field B: 70% and 0.2%, field C: 60% and 3.2%. From the results, after crop rotation and soil management, the density of *Fusarium oxysporum* in the soil could decreased obviously. About the quality of the strawberry in the field B, the rate of first grade increased 4.5%, second grade increased 2.6%, production of single plant was 367.7 g in 2016 compared to 2015 increased 34.3%, output of single plant was NT\$ 53.1 in 2016 compared to 2015 increased 84.4%.

**Keywords:** strawberry, fusarium wilt, crop rotation, soil management