



草莓整合性防治技術之應用 與成效評估

鐘珮哲（副研究員兼科長）

前言

草莓是臺灣重要的經濟作物，尤其在苗栗地區，其觀光價值與周邊產業蓬勃發展。然而，近年來草莓產業面臨病蟲害、品種更迭及氣候變遷等多重挑戰，使得栽培難度日益提高。為此，本團隊借鑑「作物有害生物整合管理」（IPM）的核心理念：「預防勝於治療」，旨在透過全方位的策略，提升草莓的產量與品質。其中包含建立健康種苗供應鏈、開發病害檢測技術，從源頭確保作物的健康；利用育種技術篩選抗病品種，並結合氣候變遷調適策略，強化草莓的抗逆性。此外，本團隊也積極推動科學化的土壤管理與合理施肥，並引進智慧農業協助農民精準判斷與防治病蟲害。透過這些 IPM 技術的應用提升農民收益，同時兼顧環境永續，為消費者提供安全、高品質的草莓。

健康種苗供應鏈的發展與挑戰

在臺灣，草莓產業面臨著病蟲害、氣候變遷等多重威脅，其中，病害的傳播往往始於不健康的種苗。為了從源頭阻斷病害，確保草莓的生產穩定，農業部防檢署於2018年公告「草莓種苗病害驗證作業須知」，這套驗證體系將草莓種苗的繁殖過程分為四個階段，每一階段都必須在嚴格的環境與管理規範下進行，確保苗株的健康：

組培苗（G0）：從無驗證標的病原之母本種原培養出無驗證標的病原之組培苗。

組培健化苗（G1）：組培苗（G0）移至受控設施（如溫室），進行馴化，使其適應外界環境。

原種苗（G2）：G1 苗的子代，同樣在規範設施內繁殖，這些苗株將作為下一階段大量繁殖的「母株」。

採種苗（G3）：生產用苗，G2 母株苗所繁殖出的子代，將直接提供給農民，用於田間定植生產。

健康種苗繁殖過程中，因應各個階段的需求，環境條件分別有不同程度的規範，例如育苗床必須高出地面 40 公分，並使用特定網目大小的防蟲網，以隔絕病蟲害。此外，為防止病害藉由種苗傳播，以目視或抽檢的方式確認無感染炭疽病、萎凋病、草莓輕型黃邊病毒及根腐線蟲等重要病害。

現階段，許多草莓品種如‘桃園1號’、‘台農1號’、‘香水’、‘長治1號’、‘長治2號’等，都已納入驗證體系中。然而，這套完整的健康種苗供應鏈在臺灣的推動仍面臨挑戰。主要原因包括：組培苗（G0）生產延遲、組培健化苗（G1）馴化設施空間有限及操作管理影響植株健化程度等，這些問題壓縮了後續原種苗（G2）與採種苗（G3）的繁殖時間。

儘管如此，面對極端氣候與病害威脅日益嚴峻，越來越多具備專業技術的育苗業者，願意投入健康種苗的繁殖，這些業者利用現有的組織培養技術與完善的溫室設備，持續擴大健康種苗的供應量。未來，隨著更多業者的加入與技術的優化，臺灣草莓的健康種苗將會更加普及，不僅能大幅降低病害風險，也能穩定產量與品質，為農民帶來實質收益，並提升臺灣草莓的整體競爭力。

臺灣草莓抗病育種的在地化策略

抗病育種是草莓 IPM 的重要一環，從根

本上提升作物的抗病能力。然而，不同品種的抗病性差異甚大，例如‘香水’易感葉枯病，而‘桃園1號’則具備抗性，這在制定防治策略時必須考量。

隨著分子遺傳學與基因體學的發展，草莓抗病育種已取得突破性進展。國外研究已發現草莓炭疽病的三個抗病基因座 (*RCa2*, *FaRCg1*, *FaRCa1*)，並成功應用於抗病品種選育。美國加州大學也透過基因篩選，發現了五個草莓萎凋病抗病基因 (*Fwl-Fw5*)，並利用分子標誌輔助育種，培育出多個抗病新品種。然而，這些國外研究成果並非能直接應用於臺灣。本團隊研究發現，國外針對炭疽病主要病原菌 (*Colletotrichum acutatum* 和 *C. gloeosporioides*) 所開發的分子標誌，無法有效篩選出對臺灣主要病原菌 (*C. siamense* 和 *C. fructicola*) 的抗性，這推測與抗病基因的「種特異性」有關，意味著基因的抗性表現與病原菌的種類密切相關。

因而臺灣的抗病育種必須走向在地化，本研究團隊已針對 55 個國內保存的草莓種原進行篩選，發現‘Fukuba’、‘Tufts’ 及 ‘Solana’ 等品種對臺灣炭疽病主要病原菌表現出顯著的抗性，這些品種的葉片能有效延緩病菌感染。此外，針對近年新興的葉枯病（病原菌為 *Neopestalotiopsis rosae*），我們也已篩選出 24 個具備抗性的種原。未來將從中選拔出兼具優良園藝性狀的抗病種原，作為育種親本，持續改良臺灣草莓品種的抗病能力，從根本上降低農民的病害防治負擔，並提升草莓產業的整體韌性。

因應育苗與產果期的氣候變遷調適策略

近年來，氣候變遷對草莓栽培造成了嚴峻挑戰，包括育苗期的高溫逆境與產果期的花期不連續。為此，本團隊致力於開發不同生育階段的栽培管理技術，透過多管齊下的方式，讓

草莓在面對極端氣候時，依然能維持健康生長與穩定生產，確保果實品質與農民收益。

傳統育苗方式在高溫下容易導致苗株生長受阻，本團隊針對常見的育苗容器評估其對苗株生長的影響。初步結果顯示，夏季高溫下，‘紙漿杯’內的介質溫度最低，然而苗株地上部生長以‘黑色軟鉢’最佳，移植後產量也最高。未來仍將持續進行相關試驗，以期提供農民更多育苗容器的選擇，以利根據栽培環境與需求，挑選最能適應高溫的育苗方式，確保優質種苗的繁殖。

為了在高溫逆境下維持草莓穩定產果，許多草莓生產國除以高架離地栽培，更透過精準的環境控制來調節溫度，確保植株生長，並在植株冠部設置通有冷水的塑膠管，進行局部降溫，藉此促進花芽分化。本團隊刻正積極研究各種田間管理技術，如針對土壤栽培，評估替代傳統銀黑塑膠布的覆蓋資材，初步試驗顯示，某些材料在中午高溫時，可有效降低地表溫度達 4°C，將進一步評估成本效益及可行性。

土壤管理與合理化施肥

面對氣候變遷與病害威脅，健康的土壤是確保草莓產量與品質的基石，透過土壤消毒與合理化施肥，為草莓創造健康的生長環境，降低病蟲害的發生。為改善近年來嚴重發生的土壤傳播性病害萎凋病，本團隊針對多年未休耕、萎凋病嚴重的草莓田進行輔導，依據環境條件，實施厭氧土壤消毒法或太陽能 - 氮化鈣法，多數田區均觀察到顯著的改善。

而以往許多農民習慣在定植前大量施用雞糞肥或豆粕肥等，導致土壤中的礦物氮含量過高。本團隊研究發現，當土壤礦物氮濃度超過每公頃 135 公斤時，土壤電導度 (EC) 將跟著飆升超過適宜草莓生長的數值，在定植後



4-8週這段期間容易造成草莓生長障礙。

為此，本團隊建議農民在施肥前先進行土壤檢測，根據數據精準調整基肥用量。此外，定植後則建議以「少量多次」的液肥追施，維持土壤養分在最佳範圍內。此種「適量基肥+液肥追施」的模式，不僅能降低早期定植的生長障礙風險，更能有效控制土壤養分，讓草莓在整個生長季都能獲得穩定供應，從而提升植株健康與果實品質。

草莓病蟲害影像辨識與決策系統

面對日益嚴峻的病蟲害挑戰，現代科技已成為輔助農民管理的關鍵。本場與跨領域團隊合作，共同開發「草莓病蟲害辨識機器人與病害預警系統」，旨在幫助農民精準防治，減少農藥使用。

該系統包含兩大核心功能，病害預警系統係利用氣象站數據，結合田間微氣候與病害調查資料，建立病害預測模型。可根據過去7天的氣溫與濕度數據，預測未來7天炭疽病或葉枯病加劇的可能性。這項功能可幫助農民在病害爆發前及時預防，避免大規模損失。而病蟲害影像辨識則是採用深度學習技術，以超過萬張田間病蟲害影像訓練模型，這套系統能精準辨識5種草莓主要病蟲害（炭疽病、葉枯病、角斑病、葉蟻危害及鱗翅目幼蟲危害），整體準確率高達98.3%。

未來本合作團隊將整合這兩大功能至LINE機器人介面，讓農民能透過日常通訊軟體，輕鬆取得病蟲害預警與辨識資訊，進而做出正確的防治決策。

草莓有害生物整合管理（IPM）的田間應用案例

IPM技術在草莓田間的成功應用，能為農民帶來顯著的經濟效益。以下兩個案例為此提供了最佳證明：

案例一：苗栗大湖一位農民在2022年因萎凋

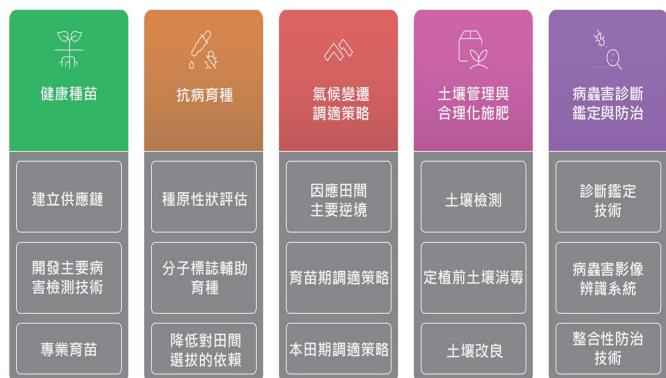
病導致草莓園100%無收成，損失慘重。經本團隊輔導後，透過健康種苗、土壤檢測與合理化施肥，並搭配生物防治資材，2023年補植率成功降至10%以下。原本虧損近80萬元的田區，在隔年創造了高達170萬元以上的淨收益，成效顯著。

案例二：在苗栗大湖另一處嚴重發生萎凋病的田區，本團隊於2024年輔導農民以太陽能-氰氮化鈣法進行土壤處理。監測數據顯示，土壤溫度累積達到有效消毒標準。移植後，該田區的補植率僅約8%，相較於鄰近未處理的田區高達65%的發病率，防治效果顯著。這項技術雖然增加初期成本，但大幅減少了補植與產量損失，最終使收入增加了382%，說明IPM策略在經濟上的可行性。

結語

面對亞熱帶氣候與氣候變遷的挑戰，草莓有害生物整合管理（IPM）是臺灣草莓產業永續發展的關鍵，藉由健康種苗、抗病育種、氣候變遷調適與智慧化管理能有效降低氣候變遷與病蟲害風險，提升產量與品質，增加農民收益，同時落實友善環境的永續目標，滿足消費者對高品質草莓的需求。

IPM 推動策略：草莓永續生產的預防與管理



IPM 推動策略：草莓永續生產的預防與管理。