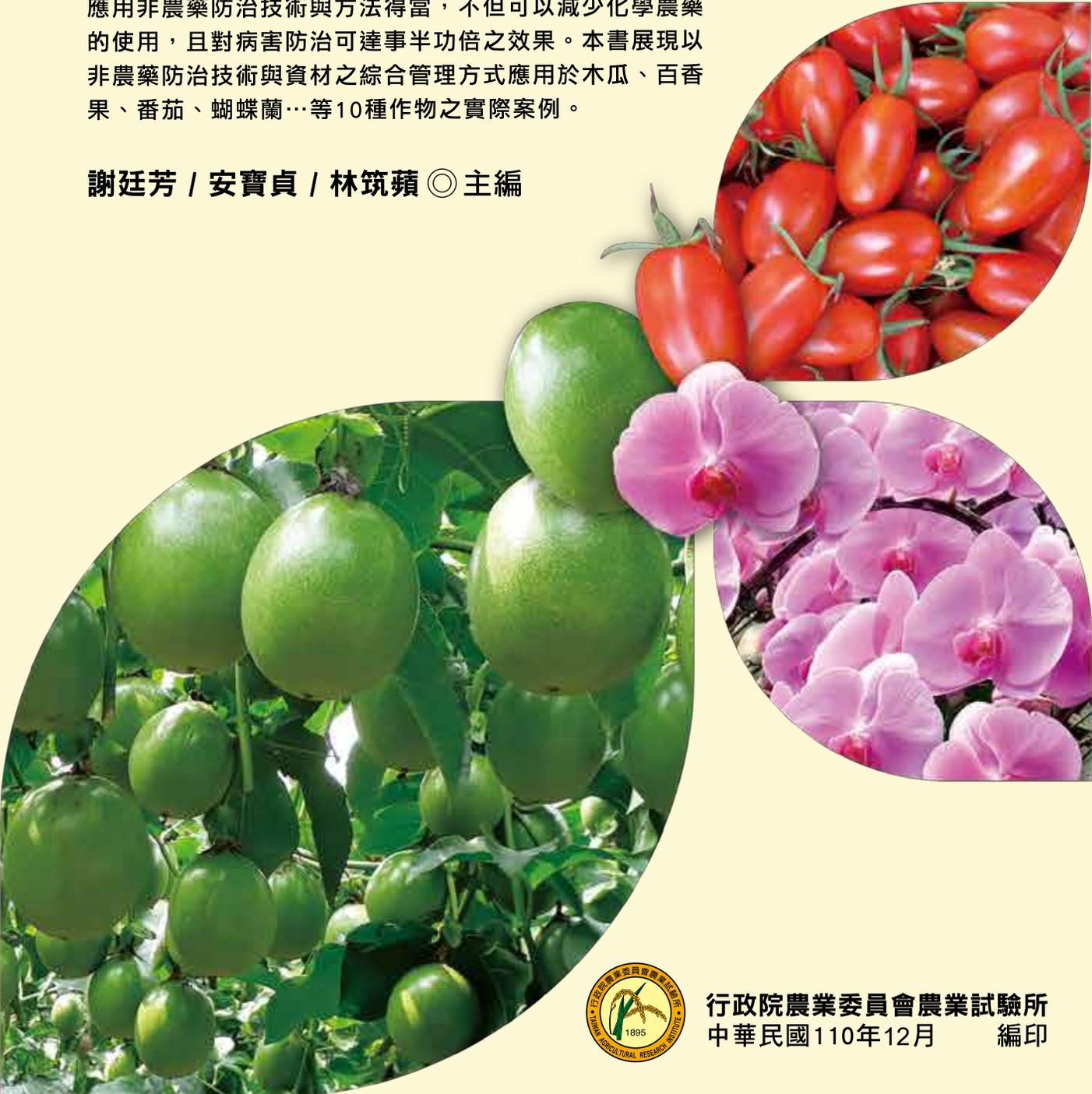


作物病害之 非農藥防治

實務專書

應用非農藥防治技術與方法得當，不但可以減少化學農藥的使用，且對病害防治可達事半功倍之效果。本書展現以非農藥防治技術與資材之綜合管理方式應用於木瓜、百香果、番茄、蝴蝶蘭…等10種作物之實際案例。

謝廷芳 / 安寶貞 / 林筑蘋 © 主編



行政院農業委員會農業試驗所
中華民國110年12月 編印

農業試驗所特刊第 235 號
Special Publication of TARI No. 235

作物病害之非農藥防治實務專書

Introduction of Eco-Friendly Approaches and Practical
Experience in Crop Disease Management

謝廷芳、安寶貞、林筑蘋 主編

Ting-Fang Hsieh, Pao-Jen Ann, Chu-Ping Lin

行政院農業委員會農業試驗所 編印
Taiwan Agricultural Research Institute, COA

中華民國 110 年 12 月
December 2021

序

農業是我國立國根本，作物生產更是維繫民生需求的重要農業活動，為生產足額供應的農產品，施用化學合成農藥降低作物因病害造成的產量損失是常見的耕作手段之一。然而，使用化學合成農藥稍有不慎，除有造成急性與慢性中毒危害人體健康，傷及有益微生物，及汙染農業環境的疑慮外，長期施用也可能誘發作物有害生物出現抗藥性，並造成生態失衡等機會與潛勢。因此，推動兼顧環境永續的安全農業是近年來全球的重大共同意識，也是政府目前的重要施政方向之一。

農政單位長期以來積極推動永續農業 (sustainable agriculture)，在維護自然資源與避免破壞環境永續的前提下，致力於提升作物生產力。其中，在民國 107 年推出化學農藥十年減半政策，利用逐步汰除老舊農藥、開發非農藥防治資材、施行免登植保資材登錄、推廣及示範病蟲害整合性管理 (Integrated Pest Management, IPM) 技術等措施，期能有效降低化學農藥之使用，早日達到政策目標。在此政策施行之下，強調以符合環境友善之「非化學農藥技術與資材」部分替代化學合成藥劑之使用，占有重要的一席之地。

本所於 93 年出版「作物病害之非農藥防治 (再版)」一書，距今 (110 年) 已 17 年有餘，期間研發多種新型非農藥防治資材與技術，並於田間實地驗證防治作物病害效果，更納入 IPM 系統進行實作，累積多項作物病害管理實務之經驗。本書以前版之內容為基礎進行更新增補，並加入作物病害管理實務，將內容分為二部分：第一部為非農藥防治技術

與資材，從栽培環境（土壤健康管理、栽培管理、物理防治）、資材（植物誘導性抗病、有益微生物、天然植物抽出物、其他非農藥防治資材）、植株（種子處理、健康種苗、抗病種苗與根砧）等三方面提供各項技術與資材在作物病害防治上的新知；第二部為綜合管理實務案例，詳述包括果樹（芒果、百香果、紅龍果、木瓜、草莓）、蔬菜（茭白筍、番茄、胡瓜）及其他作物（蝴蝶蘭、水稻）等 10 種作物之病害綜合管理要義，展現近年來實際應用各項非農藥防治技術與資材在 IPM 的操作實務與成效。

期盼透過本書的問世，讓相關農業推廣人員或站在第一線的作物生產者推廣或採行非農藥防治措施時有所依循，進而降低生產者對化學合成藥劑的依賴程度，生產安全無虞的農產品，實踐農藥減量目標，並建構農業永續生產環境，給予下一代留存美好的環境品質。

行政院農業委員會農業試驗所

所長  謹誌

110 年 12 月

緒 言

行政院農業委員會農業試驗所

謝廷芳、安寶貞、林筑蘋

臺灣地處熱帶與亞熱帶氣候區，常年高溫多濕，適合多種植物病原菌的危害與傳播；而冬季又缺乏足夠的低溫以降低病原菌之密度，常使病害發生十分猖獗，嚴重影響農產品的產量與品質。自從化學合成農藥問世後，基於經濟與速效之考量，農民多仰賴化學農藥防治作物病害，而忽略其他防治措施與管理策略。然而，農藥的使用對生態環境有太多的負面影響，如 (1) 有礙農民與消費者的健康：農藥中毒事件時有所聞，而且農產品易有農藥殘留超標之疑慮；(2) 造成藥害：使用不當時易造成植物傷害；(3) 產生抗藥性：經常使用化學農藥，病原微生物易產生抗藥性，導致農藥藥效不彰；(4) 危害非目標生物：降低土壤中有益微生物或微小動物之族群密度，甚至除滅主要病原菌後，使次要病原菌族群增加，而成為新的主要病原為害作物；(5) 污染環境：許多農藥在自然界中代謝分解十分緩慢，造成水源與土壤污染，嚴重破壞生態體系，尤其環保意識抬頭後，農藥更是受人詬病。近年來，政府極力提倡『有機農業』與『永續農業』，在病蟲害管理方面多獎勵研發安全且有效的非農藥防治方法，就是為逐漸降低對化學農藥之依賴，以保障蒼生的健康、生態的平衡及農業的永續經營。

依據各種病害之病原生態不同，可使用之非農藥防治手段亦隨之不同。如果非農藥防治法使用得當，不但可以減少化學農藥的使用，且對病害防治可達事半功倍之效果。現今臺灣經常使用的非農藥防治方法，由預防性至治療性措施包括土壤健康管理、種子處理、健康種苗、抗病品種與根砧、誘導性抗病、有益微生物、天然植物萃取物、栽培管理、物理防治、其他非農藥防病資材應用等均於文中一一闡述。本書更將多項非農藥防治技術與資材，導入作物病蟲害綜合管理 (Integrated Pest Management, 簡稱 IPM) 體系，並提出已實際應用於數種重要作物之病害管理實務上的成功案例，作為從事農業生產或農業研究與推廣人員可茲依循之工具書。

參考文獻

1. 林俊義、安寶貞、張清安、羅朝村、謝廷芳。2004。作物病害之非農藥防治。再版。行政院農業委員會農業試驗所編印。霧峰，台中。53 頁。
2. 黃鴻章、黃振文、謝廷芳。2017。永續農業之植物病害管理。五南圖書出版股份有限公司出版。台北。292pp。2017/4 (ISBN 978-957-11-9099-0)
3. 黃振文、謝廷芳、謝奉家、羅朝村。2019。環境友善之植醫保健秘籍。五南圖書出版股份有限公司出版。台北。494pp。

目次

序	i
緒言	iii
第一部 非農藥防治技術與資材	1
1、土壤健康管理..... 謝廷芳、黃振文	3-16
2、種子處理..... 蔡志濃、謝廷芳	17-20
3、健康種苗..... 陳金枝、鄭櫻慧、林珍珠、蔡佳欣、鄧汀欽	21-32
4、抗病品種與根砧..... 蘇俊峯、陳繹年、康樂、陳以錚	33-56
5、植物誘導性抗病..... 安寶貞、蔡志濃、林筑蘋	57-64
6、有益微生物與拮抗植物 林宗俊、羅朝村、石信德、黃鴻章、顏志恆	65-76
7、天然植物抽出物..... 謝廷芳	77-96
8、栽培管理..... 黃晉興、謝廷芳、安寶貞、林筑蘋	97-110
9、物理防治..... 黃晉興、黃巧雯、安寶貞	111-118
10、其他非農藥防病資材 蔡志濃、謝廷芳、安寶貞、林筑蘋	119-124
第二部 綜合管理實務案例	125
一、果樹類	
1、芒果篇..... 安寶貞、蔡志濃	127-130
2、百香果篇 陳金枝、徐智政、鄭櫻慧、蔡志濃、林宗俊、李文立	131-144

3、紅龍果篇.....	林筑蘋、蔡志濃、安寶貞	145-156
4、木瓜篇.....	蔡志濃、林筑蘋、安寶貞	157-166
5、草莓篇.....	蔡志濃、林筑蘋、安寶貞	167-178
二、蔬果類		
1、茭白筍篇.....	黃晉興	179-182
2、胡瓜篇.....	蔡志濃、林筑蘋、安寶貞	183-194
3、番茄篇.....	蔡志濃、林筑蘋、安寶貞	195-208
三、其他		
1、蝴蝶蘭篇.....	蘇俊峯、謝廷芳、陳淑佩、林宗俊、謝奉家	209-220
2、水稻篇.....	林宗俊、陳繹年、陳純葳、蘇俊峯	221-238

第一部 / 非農藥防治技術與資材

1 /土壤健康管理	3
2 /種子處理	17
3 /健康種苗	21
4 /有益微生物與拮抗植物	33
5 /植物誘導性抗病	57
6 /有益微生物	65
7 /天然植物萃取物	77
8 /栽培管理	97
9 /物理防治	111
10 /其他非農藥防病資材	119
(含免登記植物保護資材)	

1 / 土壤健康管理

謝廷芳、黃振文

臺灣自光復以來，農友普遍採行集約式栽培農作物，偏用化學肥料，忽略有機質的補充，導致超過 60% 的耕地土壤偏酸，鹽分累積，作物根部病害逐年遽增，許多作物更發生連作障礙問題，致使農作物生產力急速下降。為維繫農作物的生產潛能，防止農田的生態平衡繼續惡化，必須設法降低農田的酸化、鹽分累積、毒傷及沖刷等問題，並且經常補充作物生長所需的各種營養與有機質，以維持土壤健康。本文所謂的土壤健康管理，乃是由植物病理學的角度切入，聚焦於利用抑病土壤添加物調理土壤，改善由植物病原引起的土壤連作障礙問題，期能部分解決生病土壤，回復土壤固有的生產力。

健康土壤的定義

健康土壤的定義：健康土壤能維持多樣化的土壤生物族群生態，這些生物族群有助於緩解植物病害、蟲害及雜草的危害，並與植物根部形成有益的共生關係，促進植物基本養分循環與吸收；土壤有機質經由微生物的分解提供植物生長所需之養分，增加土壤保水能力和改善土壤團粒結構，最終提高作物之產能。健康土壤具有兩大顯著特性，一是擁有豐富多樣性的生物族群，二是土壤有機質含量高。對於農作物生產而

言，若土壤有機質能增加或維持在一定的含量，代表其具有足夠的生物多樣性，則可充分判定土壤是健康的，而健康的土壤能避免土壤傳播性病害的發生，此結果在大多數有機農場中得到驗證。再確切地講，健康的土壤環境條件可以提供作物根系生長所需，其中包括適合的 EC 值 (電導度 0.6 以下)、適當的土壤 pH 值 (介於 5.5–7.5)，有機質含量維持在 3 以上，並具備均衡足量的養分與水分供給能力，缺一不可。

連作障礙土壤的排除

相較於健康土壤的特性，連作障礙 (soil sickness 或 sick soil) 意為生病的土壤，是指在一塊土地上連續種植某種作物一段時間後，即使在正常管理的情況下，亦出現作物生長與發育不良、品質與產量下降的現象稱之。週年多期次栽培同一種作物，或連作頻繁，多年後土壤即出現連作障礙，如鹽分累積、地力下降，土傳傳播性病害及根瘤線蟲發生嚴重，致使產量及品質日益下降，嚴重田區甚至無法繼續種植。

一、連作障礙的成因

(一) 養分失衡

植物需要營養元素以完成其生活史，仰賴空氣中的二氧化碳及土壤中的水與礦物元素以合成大部份的有機物質。每種作物有其特別的營養需求，在同一塊土壤上採行單一種作物之生產模式，而且每期作均大量採收農產品，同時移走土壤中大量相似比例的養分，被移走營養元素之比例與投入之肥料元素比例並不相同，最終導致土壤養分不平衡之現象。長期採行旱作式的連作，易加速土壤有機質含量減少，若不加以適當補充，易導致土壤理化及生物性不足的現象，均不利作物的生長。

(二) 鹽分累積

設施內的高溫環境會導致作物生育期縮短，使一年內作物之複作次數提高，經常的耕犁操作及高溫環境下均促使土壤中的有機質分解迅速。為加速作物生長而超量施用肥料，致使土壤中累積多量的營養元素或鹽基，在蒸發快速的高溫環境下，溶於水中之鹽分隨著毛細現象，蓄積在表層土壤，使土壤出現連作障礙問題。

(三) 植物自毒或相剋作用 (allelopathy)

相剋或自毒作用意指在植物代謝過程中釋放的有毒物質會抑制本身或鄰近植物之種子發芽、根的生長、植株發育及開花結果。有毒物質包含植物鹼、香豆素、單寧、類黃素、類脂醇、松烯類、氰醇類、酚類及其衍生物等。釋放方式可分為揮發作用、淋溶作用、根泌作用、植物殘體分解作用等。連作時前一期作物的根分泌有毒物質，或殘體分解時釋出的毒性物質，在土壤中達到臨界濃度後，將引起下一期作物的毒害作用。

(四) 土壤物理結構遭破壞

設施內土壤缺乏雨水淋洗，長時期施行旱作，有機質補充不夠，有益微生物族群量降低，土壤團粒結構因高頻率耕耘時機械重壓而破壞。農民為克服土壤傳播性病原菌的危害，利用化學燻蒸劑處理土壤，同一區土壤經多次化學藥劑燻蒸後，亦會導致土壤團粒結構破壞。

(五) 病原菌及線蟲族群的增加

連作土壤提供土傳性病原菌或病原線蟲良好的寄主和繁殖場所，易造成大量累積。過量使用化學肥料及農藥，降低土壤中拮抗菌的數量，使微生物族群趨於單一化。大多數土壤傳播性病原菌在缺乏寄主的條件下亦會在寄主殘體或土壤中形成特殊的存活構造，一旦種植寄主植物時

即可再次活化病原體而侵入感染。許多連作障礙的因素都起因於土壤病原菌或病原線蟲族群的逐年增加，例如百合黃葉病及洋桔梗根瘤線蟲的問題等。

二、連作障礙的排除

(一) 直接進行土壤改良

可藉由淋洗和灌溉洗鹽法、換土法及高溫消毒法解決。

(二) 間接式土壤改良

可以合理化施肥、生物防治法、使用土壤改良劑或土壤添加物進行改良，促進植物養分吸收，改善植物生長環境及抑制土壤病原微生物之為害。

(三) 栽培管理法

施行輪作或休耕制度、增強作物抗病性、採行無土栽培技術及非化學合成藥劑處理，以管理健康的土壤。

導入抑病土壤的概念恢復土壤健康

自二十世紀初葉，Sanford 氏報導以綠肥添加物防治馬鈴薯瘡痂病 (*Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waks & Henrici)，給予從事土壤傳播性病害的防治研究者一個啟示：「適當的經營與管理土壤，可有效控制土壤的環境，並抑制作物根部病害的發生。」隨後，許多植物病理學者爭相研究利用作物殘渣、樹皮、堆肥、污泥、綠肥及大豆粉等添加物，以防治土壤傳播性病害。據此，國內研究學者積極致力於利用農、漁、牧與工業廢棄物之研究，已開發的系列產品計有 S-H、SF-21、AR3-2、CH 100、SSC-06、CF-5、FBN-5A、THC-23 及 LT-M 等 9 種抑病土壤添加物或其

衍生產品，藉以增強農作物的生育與減少病害的發生。

一、抑病土壤的特性

Knudson 於 1922 年在瓜地馬拉研究香蕉黃葉病，首先探討镰孢菌 (*Fusarium*) 抑病土的問題，其後世界各地植物病理學者投注諸多心力在抑病土的研究。Baker 及 Cook 將抑病土定義為：

1. 病原菌不能在土壤中建立族群。
2. 病原菌可建立族群，但不能致病。
3. 病原菌建立族群，初期可致病，但不能進一步感染。

1980 年代本文第二作者在彰化縣溪湖鎮陳耀南先生的農田也曾發現西瓜蔓割病及蘿蔔黃葉病的抑病土，在這種抑病土中加入西瓜蔓割病菌或蘿蔔黃葉病菌 $1-5 \times 10^3$ propagules/g soil 時，無法使西瓜或蘿蔔發病；即使菌量增至 10^5 propagules/g soil 時，發病率亦僅 14.2%。隨後，針對該抑病土進行系列的分析研究，發現抑病土中除蘊含相當豐富的微生物相外，尚擁有高量的有效磷、鈣及有機質等成分。這種奇妙的自然抑病現象，啟發研究人員嘗試開發土壤添加物改善土壤，讓生病的土壤逐漸變成可抑制病害發生的抑病土。

二、土壤添加物回復土壤健康的原理

一般而言，有些土壤添加物(例如 S-H 土壤添加物)可以防治病害的功效，乃在於其組成份中的氮肥經硝化作用後，產生有毒的氣體，直接殺滅病原菌為主；此外，以其組成份中的有機質提供土壤微生物之營養源，大量誘發有益微生物增殖，或分解基質產生有毒物質以降低病原菌之族群數量，並強化作物對病原菌之抗性為輔。

(一) 有機質與無機化合物的特性

依有機質的碳氮比可將資材略分為二類：(1) 含高量碳源之木屑、

穀殼、稻草、蔗渣及花生殼等，可增加土壤之物理性；(2) 含高量氮源之雞糞、豬糞、牛糞、米糠、豆粕、魚粉、血粉及骨粉等，可提供微生物作用之需。有機物在土壤添加物中的角色以增加土壤物理結構及促進微生物增殖為主。致於無機化合物中之氮、磷、鉀、鈣肥則是植物生長的必要元素。其中氮肥可促進植物的生長，但過量使用氮肥會使植物組織結構鬆散，易遭受病原菌的為害；然而，有些氮肥如尿素在分解過程中，會產生氨氣，具有毒殺病原菌的作用。磷肥在生物代謝過程中的地位非常重要，尤其對促進作物根部生長之效果明顯。鈣肥除可增加作物對病原菌的抗病性外，並可降低病原菌的為害。選擇無機化合物時，應考慮各種元素所扮演的角色，適度調整其在添加物中之比例。

(二) 對標的植物及根圈病原菌生長的影響

土壤添加物中含有氮、磷、鉀、鈣肥料成分。其中氮肥可改變寄主抗病性及病原菌的致病性，並間接促進土壤微生物的作用，因而降低病害的發生。氮的型態可影響病原菌在土壤中的存活、發芽及生長，尤其是氨 (ammonia) 具殺菌能力，常被用來防治病害。鉀可直接抑制病原侵入作物，並可阻止病原菌在作物組織內繁殖、蔓延及棲息等作用。一般而言，施用腐熟的有機質對植物生長有利，但是在調製組合土壤添加物時，不能只取經腐熟的資材，因其抑菌能力有限。在篩選有機質對病原菌生長的影響時，應一併考慮其抑菌特性及增加土壤微生物族群數量等方面的效果，才能準確地選出所需的有機質。

(三) 對土壤理化及生物性的影響

對大部分土壤病原菌而言，土壤 pH 值可左右其活性，土壤 pH 值高於 7.0，則多數镰胞病菌、立枯絲核菌等植物病原菌之活力會顯著降低；此外，若土壤中含有有機態氮時，高土壤 pH 值可加速脫氨作用的產生，將氮肥分解進而釋出氨氣，直接殺滅存於土壤中之病原菌，達到病害防

治之效果。另外，土壤中施用硝酸態氮後，可促進土壤中拮抗菌族群的增加，進而抑制多種病害的發生。

三、抑病土壤添加物的種類與成分

利用農業廢棄物研製而成的主要抑病土壤添加物產品的配方與組成分如下：

- 1. S-H 混合物：**係由農業及工業副產物，再加三種肥料混合而成，其組成分包含甘蔗渣 4.40%、稻殼 8.40%、蚵殼粉 4.25%、尿素 8.25%、硝酸鉀 1.04%、過磷酸鈣 13.16%及礦灰 (矽酸爐渣) 60.5%。將甘蔗渣、稻殼，蚵粉、礦灰磨成細粉，再加入尿素、過磷酸鈣及硝酸鉀均勻混合，即是 S-H 混合物。矽酸爐渣為中國鋼鐵公司之廢棄副產品，其成分為二氧化矽 31%、氧化鈣 44%、氧化鎂 1.7%、氧化鋁 1%與氧化鐵 1%。
- 2. SF-21 混合物：**係由松樹皮 750 公斤，硫酸銨 35 公斤，過磷酸鈣 10 公斤，氯化鈣 30 公斤，氯化鉀 25 公斤，硫酸鋁 150 公斤與 10% 甘油 750 公升等組合而成。
- 3. AR3-2 系列混合物：**係由牛糞堆肥、米糠、蝦蟹殼粉、尿素、過磷酸鈣和礦灰為主，依據各類作物之施肥推薦量調製而成，用於防治各種作物白絹病。
- 4. CH100 植物健素：**係由 44 公斤甘藍下位葉殘體，10 公斤菸葉渣，5 公斤氯化鈣，1 公斤牛肉煎汁與 30 公斤 S-H 混合物均勻混合後，徐徐放入含有 200 公升 Hoagland 水溶液的塑膠容器中，在常溫 (25–30°C) 下，經過發酵作用後，取濾液加入 0.5% (V/V) 的 95% 酒精均勻混合後，即合成植物健素，稱之為「中興一百 (CH 100)」。
- 5. SSC-06 混合物：**係由腐熟香菇太空包堆肥、炭化稻殼、蝦蟹殼粉及血粉調製而成。

6. **CF-5 添加劑**：係由香菇太空包堆肥、魚粉、氧化鈣及丙烯醇等配製而成。
7. **FBN-5A 生物增長素**：係由香菇太空包廢棄基質、魚粉、骨粉、血粉、菜籽粕、硝酸氮與丙烯醇組合而成。
8. **TH-23 微生物堆肥**：係由滅過菌之金針菇堆肥接種 *Trichoderma harzianum* T23 調製而成。
9. **LT-M 有機添加物**：係由 40% 蝦蟹殼粉、5% 糖蜜、40% 篋麻粕、10% 海草粉、5% 黃豆粉組合而成。

四、土壤添加物產品的應用

1980 年，中興大學孫守恭教授與本文第二作者首先成功的發展出一種合成土壤添加物，命名為 S-H 混合物。S-H 混合物在中興大學研究室與溫室證明效果穩定後，隨即於臺灣各地從事田間試驗，結果顯示其對十字花科蔬菜如蘿蔔黃葉病 (圖 1)，青江白菜、芥菜根瘤病，西瓜蔓割病，扁蒲嫁接西瓜的苗期猝倒病 (圖 2)，芹菜黃葉病，菜豆立枯病，甜椒白絹病與薑軟腐病等作物根部病害具有防治和增產的效果，同時尚可促進草莓、小白菜、甘藍菜及菊花的生長。此外，S-H 混合物亦被曾應用於防治碗豆萎凋病，胡瓜猝倒病與疫病及番茄青枯病等，效果均相當顯著。

1987 至 1990 年間，本文第二作者赴美進修時，也開發成功另一種合成土壤添加物，名曰 SF-21 混合物。在濕地松的苗床施用 SF-21 後，發現它可同時防治 *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitz、*Rhizoctonia solani* Kuhn (AG-4) 及 *Fusarium moniliforme* Sheld var. *subglutinans* Wollenw & Reink 三者所引起的松苗猝倒病。此外，SF-21 混合物亦可保護苗床經溴化甲烷燻蒸過後的微生物真空化，進而扼止 *Pythium* spp. 再污染所構成的威脅。



圖 1. SH 土壤添加物防治蘿蔔黃葉病 (左邊未處理對照區，右邊為處理區)。



圖 2. SH 土壤添加物防治由鐮孢菌與腐霉菌引起的西瓜猝倒病 (圖左為對照組，圖右為處理組)。

1992 至 1995 年間，農委會農業試驗所經過不斷的評估試驗，採用有機質與肥料三要素合成 AR3-2 系列土壤添加物，用於防治作物白絹病 (圖 3)，印證土壤添加物防治土壤傳播性病害的可行性。

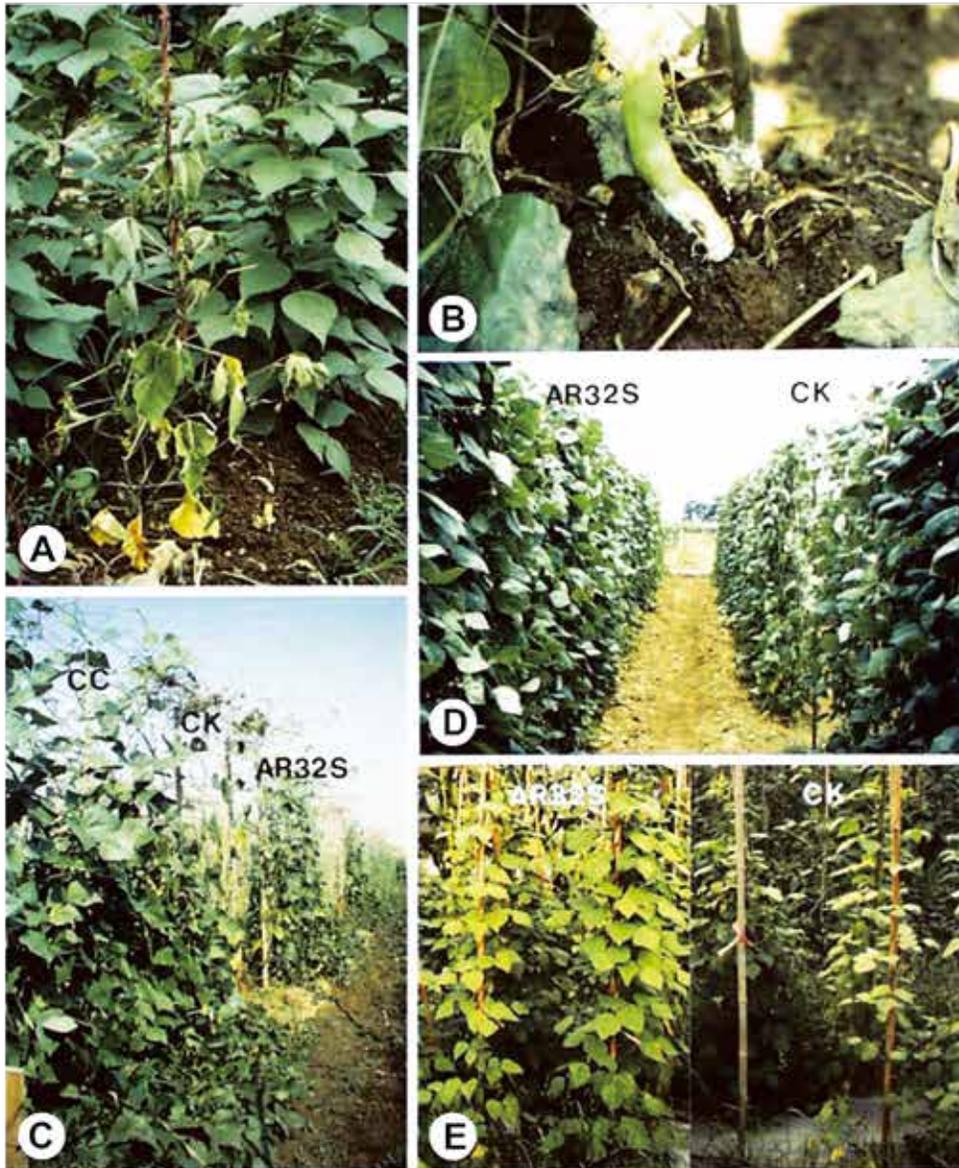


圖 3. 土壤添加物 AR3-2S 防治菜豆白絹病的效果。菜豆罹白絹病 (A)；豆莢遭受為害狀 (B)；田間小區域試驗 (C)；田間大面積試驗 (D)；菜豆罹病後再補植亦可得防治效果 (E)。

土壤有機添加物雖然可以促進作物的生長與減少作物根部之病害，但其效果常受限於土壤之質地與使用之方法，同時它的搬運輸送過程頗為粗重，因此在 1990 年，第二作者嘗試利用 S-H 混合物與農作物殘體均勻拌合於水溶液中發酵，開發出可以強壯蔬菜種苗及防治病害的液態「植物健素」（商品名：中興一百，簡稱 CH 100）。在培養基中加入 CH 100 後，測試其抑菌效果，發現 CH 100 稀釋 100 倍後，可顯著的抑制瓜類蔓枯病菌 (*Didymella bryoniae*)，番石榴瘡痂病菌 (*Pestalotipsis psidii*) 及果實黑黴軟腐病菌 (*Rhizopus stolonifer*) 的菌絲生長；並可抑制韭菜銹病菌 (*Puccinia allii*) 及菜豆銹病菌 (*Uromyces vignae*) 的夏孢子發芽。在混有植物病原細菌 (10^6 cfu/mL) 的雙層 nutrient agar 中，浸過 CH 100 原液的濾紙圓盤可部分抑制 *Ralstonia solanacearum*、*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* 的生長。在網室中，CH 100 (稀釋 300 倍) 可促進甜椒、甘藍、番茄、與胡瓜等蔬菜幼苗的生長與發育。在溫室與田間，它具有防治韭菜銹病 (圖 4)、胡瓜白粉病 (*Erysiphe cichoracearum*) 及馬鈴薯軟腐病 (*Pectobacterium carotovora* subsp. *carotovora*) 發生的效果。



圖 4. CH 100 植物健素防治韭菜銹病 (左圖為未處理區，右圖為處理對照區)。

此外，SSC-06 混合物具有抑制甘藍立枯病 (*R. solani* AG-4 引起) 及抑制 *Pythium aphanidermatum* 為害番茄與甜椒幼苗的功效。CF-5 添加劑不但可以紓解草脫淨、拉草及丁基拉草等除草劑毒傷豌豆根系的效果外，尚可有效減輕豌豆立枯病 (*R. solani* AG-4 引起) 的發生率。FBN-5A 生物增長素具有防治甘藍立枯病 (*R. solani* AG-4 引起) (圖 5)、蔬菜菌核病 (*Sclerotinia sclerotiorum* 引起) 或降低蘿蔔黃葉病 (*F. oxysporum* f. sp. *raphani* 引起) 及萵苣萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *Lactucum* 引起) 的發生率；另外，1% FBN-5A 尚可完全抑制田間雜草如馬齒莧、龍葵、鱧腸、尖瓣花等種子的發芽。THC-23 微生物堆肥可快速有效減輕拉草除草劑對豌豆根系的毒害。

而 LT-M 有機添加物應用於防治葡萄根瘤線蟲、柑桔類根瘤線蟲、柑桔線蟲及螺旋線蟲與西瓜根瘤線蟲等，效果相當顯著。使用量為每分地 100-200 公斤均勻施於土壤中或以每株 10-12 公斤施於果樹類植株之莖基部周圍。防治金香葡萄根瘤線蟲病時，在夏、冬兩果期之根瘤指數



圖 5. FBN5A 防治甘藍立枯病 (左邊為未處理區，右邊為對照處理區)。

及罹病指數比對照組分別降低 47.5、67.8% 和 42.8、69.5%。施用後對金香葡萄結果枝長度、果穗重及甜度上均獲得最佳效果。尤其在冬果期，果穗重及甜度較施用 3% 加保扶粒劑處理者平均高出 49 公克及 2.1 度。產量方面，每公頃施用 2,000 公斤 LT-M 處理者，在夏、冬兩果期較對照者之平均果穗重，分別高出 57 及 76 公克；品質上，甜度分別高出 3.0 度及 5.0 度。LT-M 添加物加入土壤中可誘發放線菌族群大量增殖，分泌幾丁質分解酵素，瓦解線蟲體壁以達到殺滅線蟲的目的。

結語

健康土壤管理的首重於培育適合作物生長的土壤條件，符合健康土壤條件後，作物的根系伸展獲得最大的生長量，根系獲得充分的土壤養分供應，植物自然生長強健，可抵抗周遭的生物與非生物逆境。土壤健康管理亦應納入設施栽培下很難避免的土壤連作障礙問題。造成連作障礙的原因多種，但不外乎土壤物理、化學及生物性遭受破壞。欲解決連作障礙問題，必先明瞭其成因，再據以提出解決方案。良好的土壤管理方式與策略，將可免除或減少連作障礙的發生。此外，針對連作障礙的問題，導入抑病土壤添加物的綜合防病原理與概念，亦是另一項保有健康土壤的解方，即土壤添加物具有：

1. 無機鹽類可直接抑制病原菌，並可中和土壤酸鹼度，提高土壤 pH 值。
2. 增加土壤中有益微生物的族群密度，進而抑制或瓦解病原菌。
3. 含豐富的營養及多種微量元素，具有補充作物生長所需，增加作物根系的發育，增強作物抗病力等特性，符合維繫土壤健康的理化及微生物等方面的需求。

參考文獻

1. 杜金池、謝廷芳、蔡武雄。1992。利用合成土壤添加物防治百合白絹病之研究。中華農業研究 41: 280-294。
2. 林益昇、羅朝村。1987。土壤添加物防治豌豆萎凋及根腐病之研究。中華農業研究 36: 435-444。
3. 周俊吉。1989。S-H 混合物在土壤中抑制番茄青枯病菌存活之機制研究。國立中興大學植病所碩士論文。
4. 孫守恭。1989。土壤添加物在病害防治上之應用。有機農業研討會專集 141-155 頁。台中區農改場出版。
5. 孫守恭、黃振文。1983。土壤添加物防治西瓜蔓割病之研究。植保會刊 25: 127-137。
6. 孫守恭、黃振文。1985。土壤添加物防治鐮胞菌萎凋病之機制。植保會刊 27: 159-169。
7. 張明郎。1987。土壤添加物防治番茄青枯病之研究。國立中興大學植病所碩士論文。
8. 黃振文。1992。利用合成植物營養液管理蔬菜種苗病蟲害。植保會刊 34: 54-63。
9. 黃振文。1993。開發有機添加劑防治作物病害的系列研究。永續農業研討會專集第 227-237 頁。台中區農改場出版。
10. 黃振文、孫守恭。1984。西瓜蔓割病的抑病土與導病土。植保會刊 26: 305-313。
11. 黃振文、孫守恭、謝廷芳。1989。利用抑病土之特性作西瓜蔓割病綜合防治之研究。植保會刊 31: 104-118。
12. 黃振文、陳美杏、楊尚勳。1992。合成植物營養液對防治韭菜銹病的連鎖效應。植保會刊 34: 257-265。
13. 楊慶鴻、謝文瑞。1985。土壤添加物對十字花科根瘤病之防治效果。植保會刊 27: 225-231。
14. 謝廷芳、杜金池。1995。影響土壤添加物 AR 3 防治百合白絹病之因子。中華農業研究 44: 456-463。
15. 謝廷芳、郭章信、王貴美。1999。利用土壤添加物 AR3-2S 防治菜豆白絹病。植病會刊 8: 125-132。

2 / 種子處理

蔡志濃、謝廷芳

依據 2019 年 6 月 5 日農糧署公布「有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質」修正規定，可應用於有機栽培之病蟲害防治技術及資材共 16 項，可用於種子消毒之資材計有：種子消毒劑（化工醋類、次氯酸鈣、次氯酸鈉或二氧化氯）與波爾多液等，另還可用溫湯處理做消毒，分別說明如下。

種子消毒劑

一、化工醋

學名為乙酸 (Acetic acid)，無色有刺激性氣味的液體，能溶於水，呈酸性，水溶液可食用，純醋酸（無水醋酸）為中性，俗稱冰醋酸。可利用穀類或水果，經由醋酸菌的發酵製造而得。有機栽培一般使用釀造醋，具有直接殺菌的功效。醋酸亦可當作種子消毒劑，如十字花科蔬菜種子以酸性硫酸鋅種子浸漬法，可去除種子表面污染的黑腐病菌 (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*)。處理時，先將 2.9 克的硫酸鋅 ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 溶於 100 毫升蒸餾水中，滴入 0.6 毫升醋酸及一小滴展著劑，溫度調至 38–40°C，浸入種子 20 分鐘，取出後以自來水沖洗 3 分鐘，風乾後即可播種，經處理後，種子攜帶的病菌會大幅度減少，甚至

被完全除滅，幼苗發病率極低。

二、次氯酸鈣、次氯酸鈉

種子處理是除滅其第一次感染源最有效方法，最常用之方法除溫水浸種外，以次氯酸鈣 (calcium hypochlorite)、次氯酸鈉 (sodium hypochlorite) 等消毒劑最為可行。預防甘藍黑腐病及瓜類細菌性果斑病最簡便有效的方法為利用次氯酸鈣拌種消毒，即先將種子浸濕，而後加入 1-2% 的次氯酸鈣充分攪拌，密封 16 小時燻蒸後即可播種。水稻種子可以 2% 次氯酸鈉溶液消毒 20-30 分鐘後，用清水漂洗 2-3 次，晾乾後進行播種。其他作物種子均可比照此方法進行種子消毒，惟需微調次氯酸鈉的使用濃度與處理時間，以免影響種子發芽率。

三、二氧化氯

二氧化氯 (chlorine dioxide) 是一種帶有辛辣味的黃綠色氣體，是目前國際上公認的新一代廣效強力殺菌劑、高效氧化劑和優良漂白劑。二氧化氯對生物活體細胞壁有較強的穿透能力，可有效氧化細胞中含硫基的醇，可快速地抑制微生物蛋白質的合成以抑制病原細菌、真菌和病毒等的生長與繁殖。具報導，二氧化氯對卵菌如露菌、疫病菌及病原細菌如軟腐病菌、青枯病菌、馬鈴薯瘡痂病菌等均具殺菌功效，且可達到預防病害發生之效果。測試二氧化氯溶液對三種種子傳植物病原細菌如十字花科蔬菜黑腐病菌 (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*)、茄科細菌性斑點病菌 (*X. axonopodis* pv. *vesicatoria*) 及瓜類細菌性果斑病菌 (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*) 之殺菌效率，顯示以 10 ppm 二氧化氯溶液處理黑腐病菌及 5 ppm 處理斑點病菌各 20 分鐘或 50 ppm 二氧化氯處理果斑病菌 30 分鐘，可完全抑制細菌之生長。以 10 ppm 二氧化氯溶液浸漬帶黑腐病菌之花椰菜種子 30 分鐘，5 ppm 浸漬帶斑點病菌之甜椒

種子 10 分鐘及 50 ppm 浸漬帶果斑病菌之西瓜種子 30 分鐘，均可有效去除各病原細菌，有效降低種子傳播的作物病害發生。

波爾多液

波爾多液是法國學者 Millardet 於 1882 年開發出防治葡萄露菌病的無機農藥。波爾多液有很多不同濃度之配方，依硫酸銅與（生）石灰含量之不同混合製程，一般都採硫酸銅和（生）石灰等重量配製使用，配製時硫酸銅與（生）石灰分開溶解，再將硫酸銅液倒入（生）石灰桶中（不得顛倒次序），並加攪拌。波爾多液可用於種苗消毒，在有機作物病害之防治上極具潛力，它對所有的真菌與細菌引起的地上部病害均有極佳的防治功效，經常用於果樹真菌、類真菌及細菌性病害如露菌病、疫病、白粉病、銹病、柑橘潰瘍病、檸檬黑斑病及楊桃細菌性斑點病的防治。使用時宜在晴天而微風藥液易乾的天氣，以免引起藥害。波爾多液一般使用以「4-4 式波爾多液」配方較為常用，配製量如表 1，果樹於花蕾期及剛授粉後，以低濃度酌量噴施 1-2 次，套袋後可以較高濃度噴施。波爾多液也可以調製成濃稠狀，用於樹幹傷口的塗布與滅菌。

表 1. 波爾多液之配製與使用對象

名稱	配製量			作物種類
	硫酸銅 (公克)	(生)石灰 (公克)	水 (公升)	
10-10 式波爾多液	10	10	1	檸檬 (休眠期)
8-8 式波爾多液	8	8	1	檸檬、蓮霧
5-5 式波爾多液	5	5	1	果樹休眠期
4-4 式波爾多液	4	4	1	種子 (種苗) 消毒、 果樹

溫湯處理

利用溫度消毒時，需考慮特定病原菌對溫度及受熱時間的反應，並注意到溫度對植物與其他生物的影響。其中最常使用的為高、低溫滅菌法，一般植物病原真菌及細菌的臨界致死溫度大約在攝氏 60–70°C 之間，超過 80°C 所有的植物病原細菌及大多數之濾過性病毒會死亡，100°C 則耐熱性的濾過性病毒會死亡。利用熱或高溫處理的效果快速，而且無殘留問題。溫湯處理主要用於殺死附著於種子、球莖、果實及其他的植物繁殖體表面的病原菌，但負面影響為可能造成發芽率的降低與果實品質劣變。由於處理的時間及溫度必須相當準確，所以不適合一般的農民使用。此外，根據寄主植物和病原菌耐熱度的差異，一般園藝作物可以利用熱水處理根除濾過性病毒，而且熱水處理休眠組織較為安全，比較不會危及各種繁殖休眠組織的活力。此外，溫湯處理可以用於降低採收後檬果炭疽病的發病度。

參考文獻

1. 行政院農業委員會農糧署網站 (2021 年 10 月)
<https://www.afa.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=2262>
2. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局農藥資訊服務網 (2021 年 10 月)
https://pesticide.baphiq.gov.tw/web/Insecticides_MenuItem2_3.aspx
3. 楊宏仁、林盈達。1997。溫水處理對台農 1 號芒果採後炭疽病之防治效果。植保會刊 39: 241–249。

3 / 健康種苗

陳金枝、鄭櫻慧、林玫珠、蔡佳欣、鄧汀欽

健康種苗泛指不攜帶特定病原、生長良好、而無病蟲害發生之種苗。作物繁殖栽培過程中，常會受到病原菌危害而影響植株生育或品質；植物病原微生物感染寄主植物後，病菌若分布於植株各部位組織中形成系統性感染，則會隨帶病原的種子、種苗或種球而傳到子代；尤其以無性繁殖方式（如組織培養、嫁接、扦插或分芽）更容易大量複製帶病原之後代。以病毒為例，病毒感染後常造成寄主不正常生長的徵狀如葉片嵌紋、斑駁或畸型化，嚴重者植株黃化甚至矮化皺縮等，但也常有不顯現徵狀者（無病徵表現）。病毒感染寄主，通常有潛伏期的現象，即苗期不明顯，待植株熟成或是環境壓力導致生長勢衰弱時，才會顯現；植株一旦受病毒感染後，帶有病毒之植株或是種球變成為帶病毒傳播的途徑，而造成病害流行進而影響作物之健康生產。

健康種苗對產業之重要性

植株受病原感染後，若處於潛伏感染期未發病或常有無病徵表現者，若僅以目視法檢視常容易誤判，尤其做為無性繁殖用之母本，需透過生化檢測法，確認不帶特定病原，才能確保母本株繁殖後代之健康。以蘭花及球根花卉病毒為例，病毒病害發生嚴重常因母本帶毒進行大量

繁殖而產生許多帶毒的種苗(球)子代，或是國際間品種交流與貿易往來而助長病毒散佈，若忽略病毒早期檢測，則病毒傳播範圍擴大，病毒因而普遍發生。近年來茄科種子國際貿易流通活絡，特定病原透過種子的貿易往來而散播各國，引起茄科植物的重大病害，尤其近年新發生的2種菸草嵌紋屬病毒 tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) 與 tomato mottle mosaic virus (ToMMV) 就是因為可以擊敗抗病基因 *Tm-2²*，使病害發生非常嚴重。

健康種苗，對於國內之種子種苗的品質控管可確保植株健康優良，對於從國外輸入之種子(苗)則可以做為把關，阻斷有害生物入侵的管道，因此健康種苗乃農業生產管理的根本關鍵技術。

健康種苗施作時須注意之事項

作物繁殖生產及其產業鏈發展中，每個環節都需面面俱到才能確保作物的豐碩收成與貿易流通順暢，包括健康種苗(子)生產供應、田間栽培技術與病害防治管理到位以生產優質農產品與消費市場通暢；整體產業鏈中，從源頭管理著手，健全健康種苗繁殖生產體系，為永續產業鏈的關鍵技術。其中尤以病毒病目前尚無法以藥劑施用獲得有效治療，因此從健康種苗的預防措施著手，更是病毒防治的根本大法。

由源頭控管之健康種苗主要應用的對象及其重要性包括(1)病原體感染作物後，會系統性分布，隨種苗(子)流通而傳播者；(2)病害發生的風險管理，可從源頭阻斷帶病原種苗(子)，避免因量產帶病原母本株而大規模傳播病原；(3)針對以無性繁殖體系為主的作物種類，確保繁殖用母本株的健康，則無性繁殖量化後可確保子代健康。

無特定病原健康種苗的繁殖生產，可確保種苗品質及產業競爭力。健康種苗的繁殖流程，首重源頭母本的健康品質監控到位，力行對病害

防治管理等。相關配套措施包括 (1) 從源頭管理確保母本株健康，對在植物體內可系統性全株分布的病原 (如病毒) 的定期監測確保母本健康無虞後，再進入量化生產的流程；(2) 量化繁殖用母本園的病蟲害防治管理到位，設施具有防蟲、遮雨及防雜草等功能，以避免病蟲害的滋生與蔓延，並定期噴施病蟲害防治藥劑或資材；(3) 種苗生產或採種操作流程避免病原汙染 (如專用刀具或器具消毒) 及栽培植床與操作區的清潔管理；(4) 苗場環境的溫溼度控管，注意通風和控溫，使苗株在最適合的環境中生長；(5) 適當的肥培管理，確保種苗生長旺盛與苗株強健；(6) 人員進出設施之管理，以避免帶病原汙染；(7) 各繁殖栽培期，注重病蟲害管理以確保種苗健康，隨時去除病株，穴苗用之栽培介質不重複使用，並使用新穴盤或消毒回收穴盤以確保不殘留病菌；(8) 銷售或種植用之種苗，須做品檢，去除瑕疵品 (如嫁接不良、黃葉等)，以確保健康種苗品質。

健康種苗繁殖過程中無論是母本無病原的檢定檢測、量產與栽培管理過程中免除病原汙染的清潔措施、田間雜草與蟲媒防治之健康管理等，有效而準確的病原檢測技術配合標準化的檢定措施，方可明確地掌握病原的行蹤，確保健康種苗繁殖。以病毒檢測為例，影響檢測結果的因素包括：檢測試劑 (抗血清、核酸檢測試劑) 的品質、檢測方法 (影響靈敏度與病毒檢出數)、取樣技術 (受病毒分佈不均特性之影響)、病毒潛伏低濃度期 (容易漏檢)，如何在此等影響因素中，探討並整合出一套適合特定作物的標準檢測流程，以提升病毒檢測的準確度，乃確保健康種苗繁殖以及監測病毒發生之重要依據。

健康種苗驗證於產業應用概況

為防止重要疫病蟲害藉由種苗傳播而蔓延，政府推動繁殖用植物之

特定疫病蟲害檢查與證照業相關事宜；植物防疫檢疫法於民國 85 年公布實施，其中第九條規定中央主管機關得指定繁殖用之植物種類，實施特定疫病蟲害檢查，非經檢查合格發給證明之指定種苗，不得讓售或遷移以避免重要病蟲隨植物種苗而蔓延為害農業生產。民國 86 年農委會召開會議選定馬鈴薯、甘藷、大蒜、綠竹筍、草莓、甘蔗、豇豆、柑桔、香蕉、百香果、文心蘭、火鶴花、彩色海芋等 13 種作物為推動對象。

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局（以下簡稱防檢局）依據「植物防疫檢疫法」第八條和九條規定，於民國 89 年 5 月 2 日公告指定火鶴花種苗為實施特定疫病蟲害檢查之植物種類，並自 9 月 1 日公告實施「火鶴花種苗實施特定病蟲害檢查作業要點」，實施強制性種苗檢查制度，未取得合格證書之種苗，不得販售或遷移。而對於非檢疫之疫病蟲害者（一般疫病蟲害），防檢局亦於民國 91 年 3 月公告「種苗疫病蟲害驗證輔導要點」，根據市場動態需求，至民國 107 年底陸續訂定文心蘭、綠竹筍、豇豆、柑桔、蝴蝶蘭、馬鈴薯、甘藷、百香果、香蕉和草莓等 10 種作物之種苗病害驗證作業須知，並積極向業界推廣健康種苗觀念。

一、火鶴花健康種苗

火鶴花為臺灣重要觀賞花卉，極具外銷潛力，自 1991 年臺灣發生火鶴花細菌性葉枯病以來，該病菌已在主要產區的火鶴花栽培園陸續出現，造成火鶴花的大面積感染及嚴重損失。此外，由於可系統性感染病原菌殘留在母株，靠無性繁殖傳播。為防治此病害，防檢局於民國 89 年 9 月 1 日對火鶴花種苗公告實施「特定疫病蟲害檢查作業要點」，並於民國 92 年 12 月修訂公告；由轄屬直轄市、縣（市）主管機關執行，為強制性針對特定線蟲與細菌性葉枯病進行管控。

二、文心蘭健康種苗

防檢局於民國 91 年 3 月 12 日公告施行「文心蘭無病毒種苗驗證作業須知」，95 年 2 月 23 日修正公告。驗證標的病原為蕙蘭嵌紋病毒 (cymbidium mosaic virus, CymMV)、齒舌蘭輪斑病毒 (odontoglossum ringspot virus, ORSV) 和胡瓜嵌紋病毒 (cucumber mosaic virus, CMV)；由於貿易市場上，文心蘭外銷以切花為主，並無疫病蟲害檢疫問題，且業界已逐年具有自主健康品管能力，96 年後業界即無再申請文心蘭種苗驗證需求，防檢局並於 106 年 5 月 8 日公告廢止本驗證作業須知。

三、綠竹筍健康種苗

防檢局於民國 92 年 11 月 14 日公告實施「綠竹種苗病毒檢定驗證作業須知」，驗證標的病原為竹嵌紋病毒 (bamboo mosaic virus, BaMV)，規範一般繁殖圃和假植苗圃均需驗證合格；108 年修訂為「綠竹種苗病害驗證作業須知」；民國 110 年因應產業需求，修訂為「採筍竹種苗病害驗證作業須知」，未來擬擴大範圍至桂竹、麻竹、孟宗竹及箭竹，並增列母本園之驗證。竹嵌紋病毒主要藉由耕作農器具操作時之機械傳播，利用無竹嵌紋病毒綠竹種苗全面更新，將可達到病害防治之目的。

四、豇豆健康種子

防檢局於民國 92 年 11 月 14 日公告實施「豇豆種子病毒檢定驗證作業須知」，並於民國 108 年 3 月 12 日修正為「豇豆種子病害驗證作業須知」，驗證標的病原為豆類嵌紋病毒-黑眼豇豆嵌紋系統 (bean common mosaic virus-blackeye cowpea mosaic strain, BCMV-BICM)、胡瓜嵌紋病毒 (cucumber mosaic virus, CMV) 及萎凋病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*)；規範繁殖用種子 (供生產栽培用種子之種子) 和栽培用種子 (供生產食用豆莢之種子) 均需驗證合格才得以繁殖 (圖 1)。

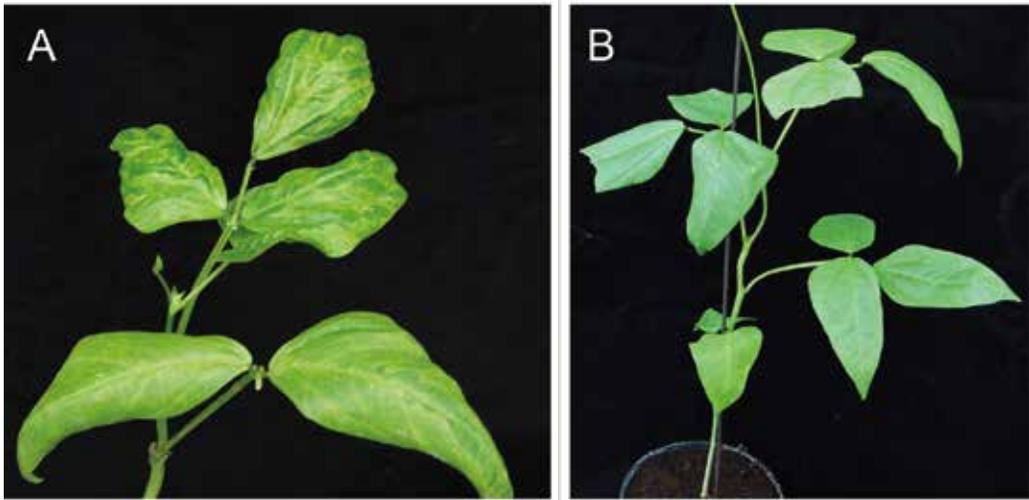


圖 1. 同時罹染 BCMV-BICM 和 CMV 的豇豆病徵嚴重影響生育 (A)，透過健康種子驗證可確保植株健康 (B)。

五、柑橘健康種苗

柑橘在臺灣為重要經濟果樹，種植面積達 25,000 公頃以上 (108 農業統計年報)，主要以接穗進行嫁接繁殖苗木。已有多種系統性病菌可經由接穗傳播，為重要傳播途徑之一。

防檢局於民國 93 年 12 月 31 日公告實施「柑桔無指定疫病蟲害種苗驗證作業須知」；驗證標的病原為原種園需檢定黃龍病 (*Candidatus Liberibacter asiaticus*)、萎縮病 (citrus tristeza virus, CTV)、破葉病 (citrus tatter leaf virus, CTLV) 及鱗砧病 (citrus exocortis viroid, CEVd)；採穗園需檢定黃龍病、萎縮病及破葉病；嫁接苗繁殖圃需檢定黃龍病及萎縮病。

先經頂梢嫁接輔以熱療方法獲得無黃龍病且無萎縮病的優良苗木，盆栽於隔離溫室作為原原種。各級種原須定期以核酸法及血清法檢定。健康種苗則先於網室內培育盆栽種子苗根砧，嫁接成長後，經抽驗合格販售。柑橘為多年生果樹，健康苗木種植於田間後，仍須定期施藥以防媒介昆蟲傳播病害。

六、蝴蝶蘭健康種苗

防檢局於民國 95 年 4 月 28 日公告施行「蝴蝶蘭種苗病毒驗證作業須知」，驗證標的病原為蕙蘭嵌紋病毒 (cymbidium mosaic virus, CymMV) 和齒舌蘭輪斑病毒 (odontoglossum ringspot virus, ORSV)。因應輸美及國際外銷佈局，加上符合標準之輸美溫室體系，業界逐漸建立自主健康種苗品管能力，漸漸無再申請蝴蝶蘭種苗驗證需求，防檢局並於 106 年 5 月 8 日公告廢止本驗證作業須知。

七、馬鈴薯健康種薯

防檢局於民國 98 年 4 月 6 日公告實施「馬鈴薯種薯病害檢定驗證作業須知」，分別於 100 年 9 月 7 日、105 年 7 月 4 日公告修訂。驗證標的病原包括馬鈴薯 S 病毒 (potato virus S, PVS)、馬鈴薯 X 病毒 (potato virus X, PVX)、馬鈴薯 Y 病毒 (potato virus Y, PVY)、馬鈴薯捲葉病毒 (potato leaf roll virus, PLRV)、青枯病 (*Ralstonia solanacearum*)、軟腐病 (*Pectobacterium* spp. and *Dickeya* spp.)、輪腐病 (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*)、黑痣病 (*Rhizoctonia solani* Kuhn)、瘡痂病 (*Streptomyces scabies*)、晚疫病 (*Phytophthora infestans*)。規範有四級制的驗證控管包括基本種薯 (G1，指供原原種薯 G2 繁殖用之種薯)、原原種薯 (G2，指供原種薯 G3 繁殖用之種薯)、原種薯 (G3，指供採種薯 G4 繁殖用之種薯)、採種薯 (G4，指供農民生產食用或加工薯之種薯) (圖 2)。

民國 99-102 年成立「種苗驗證專家輔導團 (馬鈴薯)」，主動提供作物種苗栽培管理技術諮詢服務。現行參與驗證之馬鈴薯品種有「台農 1 號」及大葉種「克尼伯」，108 年度驗證合格之原種薯 (G3) 及採種薯 (G4) 合計約 48.5 萬公斤 (圖 3)。



圖 2. 田間感染 PVY 病毒生長不良 (A)；健康種薯繁殖之植株生長良好(B)，透過馬鈴薯驗證制度可繁殖健康種苗確保植株健康生長。



圖 3. 由本所、農業改良場及種苗改良繁殖場專家共同進行馬鈴薯原種薯 (G3) 之檢查作業。病害目視檢查作業 (A) 及採收前檢查作業 (B)。

八、甘藷健康種薯

防檢局於民國 98 年 4 月 6 日公告「甘藷種苗病害檢定驗證作業須知」，105 年 9 月 13 日及 107 年 11 月 22 日修訂公告「甘藷種苗病害驗證作業須知」。驗證標的病原包括甘藷羽狀斑駁病毒 (*Sweet potato feathery mottle virus*, SPFMV)、甘藷潛伏病毒 (*Sweet potato latent virus*, SPLV) 及甘藷捲葉病毒 (*Sweet potato leaf curl virus*, SPLCV)、縮芽病 (*Elsinoe batata*)、基腐病 (*Phomopsis destruens*)、青枯病 (*Ralstonia solanacearum*)、蔓割病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *batatas*)。規範須驗證合格之品項包括塊根芽體

(指由甘藷塊根長出之芽體，供組培苗培育用)、組培苗 (指於無菌環境下自塊根芽體培育之繁殖用種苗)、基本種苗 (指由組培苗移至穴盤健化之種苗)、原種苗 (指由基本種苗繁殖，種植於網室供採種苗繁殖圃用種苗)、採種苗 (指供農民生產食用或加工諸之種苗)。

九、百香果健康種苗

防檢局於民國 105 年 12 月 8 日公告實施「百香果種苗病害驗證作業須知」，規劃百香果種苗生產三級制體系。驗證標的病原包括東亞百香果病毒 (east Asian passiflora virus, EAPV)、胡瓜嵌紋病毒 (cucumber mosaic virus, CMV)。規範須驗證合格之品項包括母本樹 (G1，指提供接穗以生產供穗樹 (G2) 之植株、供穗樹 (G2，提供接穗以生產栽培用嫁接苗 (G3) 之植株)、栽培用嫁接苗 (G3，使用接穗及根砧完成嫁接之種苗，馴化後供栽培用者)。驗證須知中規範有百香果種苗生產時，各階段種苗繁殖圃設置及操作管理，以及病毒檢定相關驗證基準和規定，用以防治管理病蟲害及確保無特定病毒健康種苗之生產品質。本驗證規範獨步亞洲各國，可作為百香果育苗場健康種苗生產品質內控之管理基礎，並能協助育苗業者提升與穩定種苗健康品質 (圖 4)。



圖 4. 臺灣推動之百香果種苗病害驗證三級制，確保嫁接苗健康品質。基本設施需具備雙層門進出、防蟲、防雨和防雜草，以及定期監測病毒和病害防治管理以確保母本樹 (G1)、供穗樹 (G2) 和栽培用嫁接苗 (G3) 的健康品質。

十、香蕉健康種苗

香蕉在臺灣為重要經濟果樹栽培面積達 180,000 公頃以上 (108 農業統計年報)，以屏東縣栽培面積最大。因香蕉可透過吸芽及組織培養進行無性繁殖，多種病菌可經種苗傳播，造成經濟損失。

黃葉病為維管束病害，病原真菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) 可以經過無性繁殖的吸芽苗傳播。防檢局於民國 106 年 6 月 22 日公告實施「香蕉種苗病害驗證作業須知」。驗證標的病原包括黃葉病 (即巴拿馬病)、胡瓜嵌紋病毒 (cucumber mosaic virus, CMV)、香蕉萎縮病毒 (banana bunchy top virus, BBTV)、香蕉苞葉嵌紋病毒 (banana bract mosaic virus, BBrMV) 及香蕉條紋病毒 (banana streak virus, BSV)。規範須驗證合格之品項包括原原種 (經檢驗不帶本須知所述病毒、真菌性病害之香蕉種原，經組織培養於試管培養基上保存之種苗，貯存於原原種庫)、原種苗 (原原種由組織培養形式經馴化後為原種苗)、採種苗 (採自原種苗之吸芽進行組織培養增殖並馴化後之蕉苗)、繁殖苗 (由採種苗以組織培養增殖並馴化後，作為栽培用蕉苗) (圖 5)。



圖 5. 香蕉健康種苗組織培養量化及無特定病源之健康蕉苗。

十一、草莓健康種苗

防檢局於民國 107 年 8 月 22 日公告實施草莓種苗病害驗證作業須知。驗證標的病原包括萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum*)、炭疽病菌 (*Colletotrichum* spp.)、草莓輕型黃邊病毒 (strawberry mild yellow edge virus, SMYEV)、根腐線蟲 (*Pratylenchus* sp.) 規範須驗證合格之品項包括基本種苗 (G0, 指經檢定後進行組織培養之組織培養苗)、原原種 (G1, 基本種苗經健化後作為原原種, 供作設置原種苗圃使用)、原種苗 (G2, 原原種經繁殖後為原種苗, 供作採種苗圃設置使用)、採種苗 (G3, 原種苗繁殖後為採種苗, 供作栽培用苗) (圖 6)。



圖 6. 選用驗證合格之健康母本進入組織培養量化，繁殖出健康種苗。

參考文獻

1. 王麗媛、羅淑芳、張明郎、蘇宗振、胡仲祺、徐堯輝。2001。甘藷健康種苗繁殖制度與病毒病害檢定。p.39-50。健康種苗在植物病害防治上之應用研討會專刊。中華民國植物病理學會。台中。
2. 黃新川、李倩雲。1996。健康蕉苗之培育。p.1-4。健康清潔植物培育研習會研討會專刊。中華民國植物病理學會。台中。
3. 陳金枝。2019。臺灣百香果無特定病毒種苗生產技術。p.51-60。百香果產業新南向策略研討會研討會專刊。行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所。高雄。

4. 陳金枝、曾獻嫻、陳保良。2021。草莓病毒病及臺灣草莓健康種苗驗證之病毒檢定。p.40-52。草莓研發成果與產業應用研討會專輯。苗栗區農業改良場特刊第5號。苗栗。
5. 陳金枝、鄭櫻慧、鄧汀欽。2014。無病毒健康種苗對百香果產業發展之重要性及未來展望。植物種苗生技 37: 63-71。
6. 陳金枝、鄭櫻慧、鄧汀欽、江芬蘭、莊喻婷、許家銘。2018。百香果健康種苗病毒檢測試劑套組之開發與產業應用現況。p.99-110。植物防檢疫技術科技研發成果發表會專刊。行政院農委會動植物防疫檢疫局。台北。
7. 張清安。1997。本省應用無病毒種苗之回顧與展望。植保會刊 39: 63-74。
8. 張清安。2001。百香果健康種苗之研發與推廣。p.31-38。健康種苗在植物病害防治上之應用研討會專刊。中華民國植物病理學會。台中。
9. 張清安、陳金枝、楊佐琦、詹竹明。2002。無病毒豇豆種子之研發、推廣與展望。植病會刊 11: 107-111。
10. 張清安、李紅曦、陳金枝、林玫珠、王昭萍。2003。臺灣文心蘭種苗病毒驗證制度之建立與展望。植病會刊 12: 141-148。
11. 鄧汀欽、王怡玓。2003。臺灣青蒜健康種蒜之培育與應用。植病會刊 12: 1-9。
12. 盧耀村、林俊義、許芳源。1992。馬鈴薯無病毒種原之培育與應用。p.325-347。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊。中華植物保護學會。台中。
13. 蘇鴻基。2001。柑橘無病種苗之生產與體系。p.13-19。健康種苗在植物病害防治上之應用研討會專刊。中華民國植物病理學會。台中。

4 / 抗病品種與根砧

蘇俊峯、陳繹年、康樂、陳以錚

病原微生物因對寄主植物致病能力的差異，讓寄主植物可對病原微生物表現耐病性或抗病性。直接種植抗病品種達到病害防治的目的，可以說是最有效且安全的防治策略。但是抗病品種的育成，往往需耗費相當的人力與時間，因此在抗病品種的研究與應用上，目前多以大宗作物，如水稻、番茄、香蕉等為主，有較多的品種可供選擇利用，其他作物則因人力及研究投入較少，多年來僅有少數抗病品種被育成。嫁接乃是取一植物具生長點的地上部位當接穗，以另一植物具地下部根系當根砧，而成新單一植株個體。若根砧部位能對病原微生物表現耐/抗病性，則該嫁接植株就能對病原微生物表現耐/抗病性。目前蔬菜作物利用嫁接表現植物抗/耐病性者，主要在防治由尖鏽胞病菌所引起作物萎凋病，包括西瓜蔓割病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*)、苦瓜萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *momordicae*)、絲瓜萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *luffae*)、番茄萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) 與番茄根冠腐病 (*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*) 等。而嫁接技術尚有應用於洋香瓜黑點根腐病 (*Monosporascus cannonballus*)、番茄青枯病 (*Ralstonia solanacearum*)、百香果頸腐病 (*Nectria haematococca*)、疫病 (*Phytophthora nicotianae*、*P. palmivora* 與 *P. citrophthora*) 與根瘤線蟲 (*Meloidogyne* spp.) 等病害的防治上。

水稻抗病蟲品種的應用

稻田高密度、集約栽培的溫暖潮濕環境，提供病菌與害蟲等有害生物合適的發生條件與屏蔽空間。在食物充足、無外來生物干擾情況下，害物族群得以快速發展，最終導致稻田大面積被害（圖 1）。施用化學藥劑防治雖為大面積水稻病蟲害管理提供快速、有效手段，但也對環境生態造成短時間內難以察覺的潛隱性傷害。種植抗病品種被認為是解決水稻病蟲害問題最經濟、環保且有效的方法，農友大幅降低化學農藥防治頻率下，除能減少成本支出、提供更安全高品質農產品外，也為永續的生態，佈建穩定基礎。

臺灣水稻育種工作始於日據時期（1899 年）日本總督府的有計畫引種，光復後積極透過雜交育種方式改良品種特性使之適於臺灣氣候環境，



圖 1. 大面積單一品種栽培下，因秧苗帶病引起的稻熱病嚴重危害。

育種目標以產量與品質為主。1950 年代起水稻品種的生物逆境抗性逐漸受到重視，隨後在農復會支持下針對稻熱病、白葉枯病、紋枯病、縞葉枯病及褐飛蝨等病蟲害分別設立檢定圃，統一進行抗性檢定工作。1975 年後部份檢定工作因故停辦，目前僅剩稻熱病（農試所嘉義分所與台東農改場）、白葉枯病（台中農改場）、紋枯病（台南農改場）與褐飛蝨（農試所嘉義分所）仍有統一病圃進行抗性檢定工作。20 世紀晚期國內雖育成不少抗稻熱病品種，但因引用抗源單一（多出自「Reshiko」品種），加上病菌病原型變遷快速，使得品種抗性常在釋出短時間內就失去效力，如「台東 29 號」（1979 年釋出）、「台稈糯 1 號」（1990 年）、「台稈 8 號」（1992 年）、「桃園 1 號」（2001 年）、「台東 30 號」（2002 年）等。雖然，近年農業試驗所以 2014–2020 年田間收集之稻熱病單孢菌株進行水稻抗性檢定結果顯示，「台稈糯 1 號」與「台東 30 號」對逾 1,500 株菌株表現穩定高度抗性，但造成品種抗性如此大幅度的轉變，推測應與這兩個品種目前在田間種植面積占比不大、導致致病菌群縮小有關，仍不宜輕忽。目前在各農業試驗單位努力下，仍陸續有抗稻熱病品推陳出新，如「台農 84 號」、「台農 79 號」、「台東 33 號」、「高雄 146 號」等，惟各品種的抗性成因都未能進一步說明釐清，限縮了這些材料未來的應用空間與價值，殊為可惜。白葉枯病部分，雖於 1976–2008 年間透過病圃檢定方式篩選出 14 個抗病品種，但除「台稈 6 號」外，其餘品種均是在 1987 年以前利用 604 單一菌株選育出來之結果，無法真正反應品種之抗性表現。褐飛蝨方面，自 1972 年國內第一個抗褐飛蝨品種「嘉農秈 11 號」命名推廣至 2008 年止，先後育成 31 個抗蟲品種，其中以「台農 69 號」的抗蟲穩定性較佳，惟因新的生物小種 (virulent biotype) 不斷產生，使品種對害蟲失去抵抗效力。

臺灣引進許多日本水稻種原在育種上廣泛運用，除使台、日水稻品種遺傳背景高度相似外，臺灣品種間的親緣關係亦相當接近，造成臺灣

水稻品種間遺傳歧異度不大的原因，推測可能與育種運用的種原重疊性高有關。在大面積種植而品種多樣性又不足的情況下，一旦具病原性的害物族群建立，就可能在環境適宜下爆發全面破壞性的危害。為避免上述情況發生，除擴大引種來源、增加種原遺傳歧異度外，更應進一步了解國內各水稻品種抗性成因組成，未來才有辦法針對不足之處，積極利用明確已知的有效抗病基因進行抗性改良。目前水稻抗性基因研究以稻熱病 (*Pyricularia oryzae*)、白葉枯病 (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) 及褐飛蝨 (BPH, *Nilaparvata lugens*) 研究成果較為豐碩，其餘如紋枯病、葉鞘腐敗病及病毒病害等，都尚未找到明確有效抗源可供使用。迄今，已鑑定出的抗稻熱病基因或基因座超過 100 個，抗白葉枯病基因座逾 40 個，抗褐飛蝨基因至少 38 個。其中，抗稻熱病基因以 *Piz* locus 幾個等位基因 (*Pi2*、*Pigm*、*Pi40*、*Pi9*、*Piz*、*Pizt*) 對多數地區的稻熱病菌株具有良好抗性表現；抗白葉枯病基因以 *xa5*、*Xa7*、*xa13*、*Xa21*、*Xa23* 抗幅較廣；抗褐飛蝨基因以 *Bph3*、*bph4*、*bph8*、*Bph9* 可以抗 4 種生物小種的效果最佳。

2012 年農委會藉與國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 重啟合作之契機，透過官方管道將稻熱病判別品種「LTH MLs」與白葉枯病菌判別品種「IRBB lines」正式引進臺灣，一方面用以分析國內菌群致病型，另一方面作為抗病基因明確的種原材料。根據農業試驗所分析 2014–2020 年稻熱病菌株病原性結果顯示，抗稻熱病基因 *Pi9*、*Pita2*、*Pi11* 及「台中秈 10 號」、「台東 30 號」、「台稈糯 1 號」、「台農 84 號」等對近年國內稻熱病菌具有較穩定抗病表現，其中「台稈糯 1 號」與「台農 84 號」的抗性推測可能與抗病基因 *Pita2* 有關。而抗白葉枯病基因則以 *xa5*、*Xa7*、*Xa21* 對臺灣菌群抗性表現較佳。現階段國內農業試驗單位與學校單位，業已將分子輔助育種技術導入水稻抗性品種開發，可有效縮短品種育成所需時間 1–2 年，大幅提昇新抗

性品種的開發速度。抗稻熱病部份，臺南區農業改良場以「台南 11 號」為背景，已選獲 *Pik*、*Pikh*、*Pikm*、*Pib* 及 *Pita* 等 5 個單基因的近同源系；高雄區農業改良場以「高雄 145 號」為背景，已建立 *Pita2*、*Pikh*、*Pi9*、*Pi7*、*Piz5* 等 5 種雜交組合。抗白葉枯病部份，中興大學在保有「台稉 9 號」與「台南 11 號」品種原有米質優點下，利用 *xa5*、*Xa7*、*xa13* 及 *Xa21* 組合堆疊育成具白葉枯病抗性的「興大 9 號」與「興大 11 號」。褐飛蟲抗性方面，農業試驗所與中興大學合作將新穎抗蟲基因 *Bph31(t)* 導入「台農 71 號」進行抗性改良，並進一步以「TNG71-*Bph31(t)*」為背景，堆疊 *Bph17*、*bph2*、*Bph3*、*Bph12*、*Bph15* 等基因強化品種抗性。目前，國外也已有應用分子標誌堆疊不同病、蟲害抗性基因進行品種抗性改良的案例。隨著有害生物病原型與生物小種的不斷增加，除積極尋找新的抗性基因外，透過水平抗性基因運用、多基因堆疊及多品系混植、輪種等方式，都有助於減緩病菌與害蟲的演化速度、延長抗性材料的使用壽命。

蔬菜抗病品種的應用

一、番茄

番茄的抗病基因研究較為明確，目前市售多數品種都已對其適種期間的不同病害，具有不同程度的抗病性（圖 2）。小果番茄較為耐熱的品種，如「台南亞蔬 19 號」、「花蓮亞蔬 21 號」、「種苗亞蔬 22 號」、「小明」、「小女」、「528」及「夏越 3 號」等，對番茄黃化捲葉病毒 (*Tomato yellow leaf curl virus*)、萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) 及番茄嵌紋病毒 (*Tomato mosaic virus*) 都具有不同程度的抗病性。牛番茄如「993」、「994」、「TMB-688」、「鐵娘」及「紅番」等，除了都具備對番茄黃化捲葉病毒的抗病性之外，不同品系還分別兼具對萎凋

病、番茄嵌紋病毒、根瘤線蟲 (*Meloidogyne* spp.)或葉霉病 (*Fulvia fulvum*) 等，具有不同程度的多重抗病性。黑柿番茄如「桃園亞蔬 20 號」、「綠霸」及「美惠」等，雖然對病害的抗病性皆略低於牛番茄品種，但是其仍具有對黃化捲葉病毒、萎凋病、番茄嵌紋病毒或青枯病 (*Ralstonia solanacearum*) 的抗性。番茄的土壤傳播性病害可應用嫁接根砧來克服，目前對抗青枯病使用最廣、防病效果最佳的番茄根砧品系是「Hawaii7996」，同時其對萎凋病具有中等程度的抗性。



圖 2. 番茄黃化捲葉病毒抗病 (A)、感病 (B) 品種在田間發病情形。

二、馬鈴薯

抗病品種有「台農 1 號」抗馬鈴薯 Y 病毒 (*Potato virus Y*)，「台農 2 號」對病毒病具有耐病性。

三、茄子

抗病品種有「高雄 2 號」對青枯病具中等抗病性。茄子「EG203」、「EG219」及「鳳試雜交 3 號」對於青枯病、萎凋病、根瘤線蟲及淹水具有良好抗性，並且對於一般的番茄品系的嫁接親和性良好，常被用為番茄的嫁接根砧使用。

四、番椒

「種苗亞蔬 2 號」，對胡瓜嵌紋病毒病、馬鈴薯 Y 病毒病、辣椒脈斑駁病毒病、細菌性青枯病及疫病具有不同程度的抗性。「種苗亞蔬 4 號」表現對馬鈴薯 Y 病毒病與細菌性萎凋病的抗病性，並且在田間對炭疽病表現高耐病性。彩椒「興亞五號」則可以抗番茄嵌紋病毒，並且對疫病 *Phytophthora capsici* pathotype 1 表現耐病性。

五、冬瓜

「台農 2 號」對木瓜輪點病毒－西瓜系統、胡瓜綠斑嵌紋病毒、西瓜銀斑紋病毒、瓜類蚜媒黃化病毒、胡瓜嵌紋病毒及矮南瓜黃化嵌紋病毒等，具不同程度的抗/耐病性。

六、胡瓜

農業試驗所的胡瓜「台農 1 號」對露菌病、白粉病、胡瓜嵌紋病毒、木瓜輪點病毒－西瓜系統，以及矮南瓜黃化嵌紋病毒等具有不同程度抗/耐病性。

七、絲瓜

圓筒絲瓜「台農 1 號」可以抗甜瓜脈綠嵌紋病毒、木瓜輪點病毒－

西瓜系統，以及矮南瓜黃化嵌紋病毒。而商業根砧用品種「雙依」則可用於嫁接苦瓜對抗萎凋病。

八、西瓜

「台農 6 號-紅蜜」可以抗蔓割病。

九、南瓜

中國南瓜「花蓮亞蔬 2 號」可以抗矮南瓜黃化嵌紋病毒病與胡瓜嵌紋病毒病，夏南瓜「台南 1 號」、「台南 4 號」可以抗白粉病。商業根砧用品種「壯士」可用於西瓜、冬瓜及洋香瓜的嫁接上，可以防治鑷胞菌病害 (圖 3)。



圖 3. 商業嫁接育苗場進行西瓜嫁接於南瓜根砧操作情形。

十、洋香瓜

「台農 2 號」、「台南 11 號」及「高雄 1 號」可用於抗白粉病 race 1。商業品種「秋華 2 號」則對蔓割病及白粉病具有抗病性。

十一、豇豆

農業試驗所「農試 577 號」的豇豆品系，在黑眼豇豆嵌紋病毒與胡瓜嵌紋病毒的防治上，有表現抗病性。

十二、蘿蔔

農業試驗的蘿蔔「裂葉長根」品系，可以抗蕪菁嵌紋病毒 (*Turnip mosaic virus*, TuMV)。

十三、莧菜

「台農 1、2 號」對白銹病表現抗病性。

香蕉抗病品種的應用

香蕉 (banana) 為芭蕉科 (Musaceae) 芭蕉屬 (Musa)，原產於東南亞與印度地區，經馴化已可於超過 100 個國家或地區栽培。芭蕉科作物用途廣泛可鮮食或烹調，部分國家或地區有做為主要熱量來源，某些品種之纖維又可作為工業用，少數品種則具有觀賞價值。臺灣地處亞熱帶，適合栽種香蕉，現主要栽培於中彰投、嘉南平原及高屏地區等地，普遍種植具有濃郁香味的華蕉 (Cavendish) 類的「北蕉」系統品種，2018 年臺灣栽培面積 16,639 公頃，年產量 35 萬公噸。

香蕉栽培過程中常受到多種病原微生物的干擾，其中以尖鏟胞菌菌古巴分化型 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) 引起之香蕉黃葉病

(*Fusarium wilt*) 或稱巴拿馬病最為重要。罹病植株在初期呈現下位葉黃化萎凋或生長遲緩，隨之假莖及外圍葉鞘縱裂，後期超過半數以上葉片黃化，嚴重時植株死亡。假莖剖面可見維管束褐化。黃葉病為典型的土壤傳播性病害，難以化學農藥防除。20 世紀初期，黃葉病在拉丁美洲肆虐，造成主要香蕉品種「大米七」(Gros Michel, AAA)，超過 10 萬英畝蕉園受到感染。直到 1960 年代，對香蕉黃葉病菌具高抗性之「華蕉」(Cavendish, AAA) 成功推廣後，香蕉黃葉病才被控制下來。抗病品種選育，遂成為香蕉產業推廣上的重要課題。

1967 年，臺灣高屏地區屬「華蕉」系統之「北蕉」首次發生黃葉病疫情。十年之間，發病面積由 0.2 公頃提高到 1,200 公頃。病原菌經鑑定為黃葉病菌之新生理小種，命名為第 4 生理小種 (race 4)。後續，race 4 逐漸在馬來西亞、菲律賓、阿曼、埃及、中國、莫三比克、澳洲、印度、越南、柬埔寨、寮國、緬甸等地出現，光在印尼，農民每年損失約莫超過 1.2 億美金，抗 race 4 香蕉品種之選育工作刻不容緩。然而包含「華蕉」在內的主要香蕉品種皆屬三倍體，具不稔性，無法以傳統雜交方式進行育種，必須採用體細胞變異篩選的方式進行。1988 年由臺灣香蕉研究所 (蕉研所) 人工病圃中，密植華蕉組織培養苗，並從中篩選出未得病之蕉株，再經由數次的組織培養複選後，選出抗病性可穩定遺傳的抗黃葉病菌 race 4 之華蕉變異品系 (圖 4)。後續，再經擴大田間試驗證實其抗病性，於 1990 年命名為「台蕉 1 號」，此為全球首個抗黃葉病菌 race 4 之華蕉變異品種。利用病圃密植組織培養苗，以篩選體細胞變異株的方式，又成功選出「GCTCV-105」、「119」、「217」及「218」等選系。陸續依此為基礎，再選育出「台蕉 3 號」(選自「台蕉 1 號」)、「寶島蕉」(即「GCTCV-218」)、「台蕉 5 號」(選自「台蕉 3 號」)、「台蕉 7 號」(選自「GCTCV-105」) 及「台蕉 8 號」(選自「寶島蕉」) 等不同命名品種。其中「台蕉 5 號」風味廣受臺灣消費者喜愛，而「台蕉 7

號」則為抗病性最強品種。

2000–2014 年間，蕉研所與國際生物多樣性組織亞太分部 (Banana Asia Pacific Network) 合作，在菲律賓香蕉主產區岷達納峨島達沃地區測試「GCTCV-119」、「GCTCV-105」品系及「寶島蕉」品種，等均顯示良好之抗病特性。2015 年「寶島蕉」等種苗也於莫三比克北部 Nampula 蕉區成功對抗黃葉病的侵襲。在黃葉病 race4 陸續於澳洲、拉丁美洲出現後，抗黃葉病華蕉變異株的篩選，已成全球香蕉育種最重要的工作。

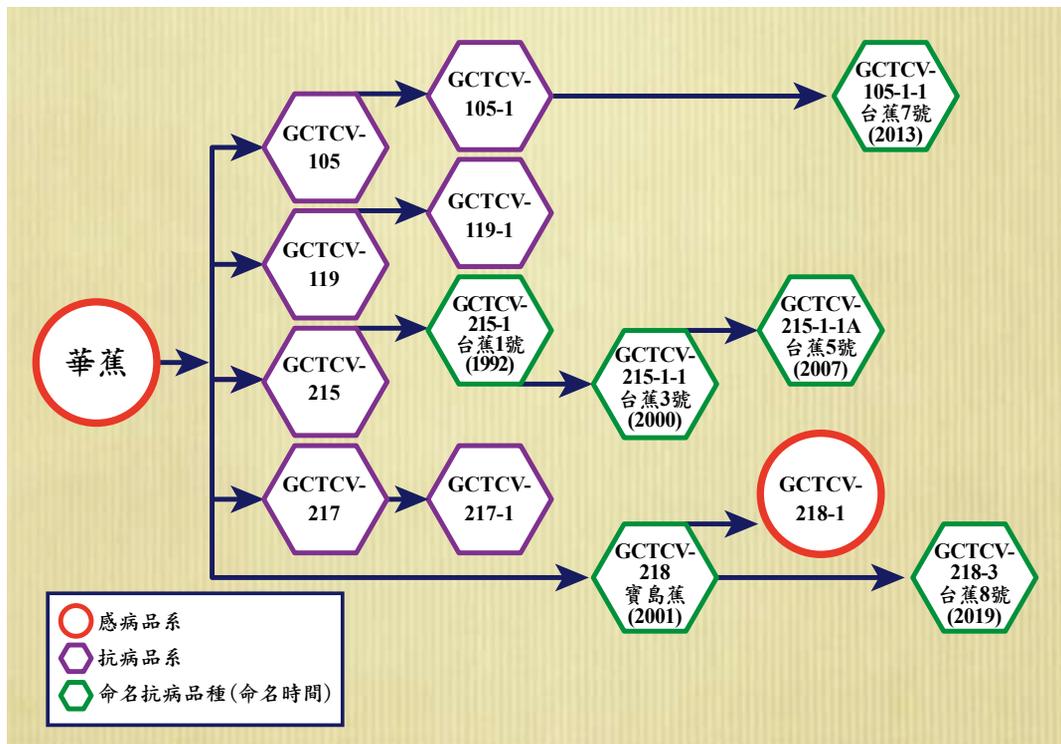


圖 4. 抗黃葉病華蕉變異株選育過程。

其他作物抗病品種的應用

一、鳳梨

以「台農 13 號」冬蜜，耐萎凋病 (*Pineapple wilt virus*, PWV)。

二、木瓜

「台農1號」與「台農5號」較耐木瓜輪點病 (*Papaya ringspot virus*, PRSV)。

三、甘蔗

甘蔗露菌病 (*Peronosclerospora sacchari*) 的防治最重要為抗病品種的育成，因本病原菌為絕對寄生菌，需設立測定病圃使其自然感染而淘汰感病品種。在病圃中常用五種對照品種，包括 PT43-52、H44-3098、F134、NCo310 及 F108，依序為易感、感病、中等、抗病及強抗品種。露菌病發病率受環境影響極大，所設立之對照品種發病率會因年度不同而有極大差異，因此甘蔗抗露菌病的品種篩選採取彈性淘汰的原則，通常參考對照品種中等抗病的 F134 發病率為準，當年度發病率比 F134 為高者，即為感病品種。

四、玉米

食用玉米「台南 18 號」可抗露菌病 (*Peronosclerospora sacchari*)、銹病 (*Puccinia sorghi*)、莖腐病 (*Pythium aphanidermatum*) 及南方葉斑病 (*Cochliobolus heterostrophus*)，飼料玉米可抗露菌病的品種有「台南 16 號」、「台南 19 號」、「台南 20 號」、「台南 21 號」、「台農 2 號」及「台農 3 號」。抗銹病的品種有「台南 19 號」、「台南 20 號」、「台農 351 號」、「台農 1 號」及「台農 2 號」。抗莖腐病的品種有「台南 17 號」、「台南 19 號」及「台南 20 號」。

五、大豆

大豆抗病育種主要以抗露菌病 (*Peronospora manchurica*)、銹病 (*Phakopsora pachyrhizi*) 及細菌性斑點病 (*Xanthomonas campestris* pv.

phaseoli) 為主。「台南二號」對露菌病的抵抗力佳，對銹病及細菌性斑點病也有中抗級抗性。「台南 5 號」對露菌病屬中抗級，「高雄選九號」則對露菌病有中抗的表現。

六、山葵

「台農 1 號」具生長速度快、葉柄稍具甜味，又具較抗白銹病 (*Albugo wasabiae*)、黑斑病 (*Phoma wasabi*) 及耐高溫等特性。

尖鏟孢病菌的抗病根砧

一、西瓜蔓割病防治用根砧

西瓜 (*Citrullus lanatus*) 受到西瓜蔓割病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*) 的感染會發生西瓜蔓割病，主要危害瓜藤與根部。罹病株初期會在白天發生地上部半側萎凋的病徵，但晚上可恢復，繼之全株萎凋與死亡。切開莖部組織可發現維管束褐化枯死，地下部細根腐爛，僅剩主根，其維管束亦有褐化病徵。發病期間，莖蔓有裂開的病徵表現，稱之為「蔓割」。西瓜蔓割病菌具有寄主專一性的特性，因此可以將西瓜嫁接至其他葫蘆科作物上，可有效的防治西瓜蔓割病，其中以蒲瓜 (*Lagenaria siceraria*) 根砧的使用最為頻繁。目前日本與韓國約有 90% 以上的露地與溫室西瓜栽培田使用西瓜嫁接苗，而臺灣約有 90% 以上之西瓜栽培田，都種植以南瓜 (*Cucurbita moschata*) 或蒲瓜根砧之西瓜頂劈嫁接苗或插接苗。嫁接蒲瓜與南瓜根砧可以防治西瓜蔓割病屬於非寄主 (non-host) 的根砧效應影響，將西瓜品種「Tri-X 313」 (*C. lanatus* var. *lanatus*) 嫁接到種間雜交南瓜 (*C. moschata* × *C. maxima*) 根砧品種「Shintosa Camel」與「Strong Tosa」，以及蒲瓜根砧品種「Emphasis」、「Macis」與「WMXP3945」上，該些嫁接苗在田間皆可

成功防治西瓜蔓割病的發生。

目前西瓜蔓割病菌有 race 0、1、2 與 3 的分化，也就是說在田間栽種的西瓜品種，對於不同生理小種的西瓜蔓割病菌存在有寄主抗性，例如西瓜品種「Calhoun」與「Summit」對於西瓜蔓割病菌 race 1 即具有抗病性。三倍體無子西瓜品種「Fascination」是一個豐產的品種，對西瓜蔓割病菌 race 1 具有抗病性，但對 race 2 則為感病性。由於西瓜蔓割病菌 race 2 的危害在美國與世界各地迅速蔓延，導致「Fascination」的種植日益困難，特別是在美國東南部各洲，該些栽培地區的田間土壤普遍存在有西瓜蔓割病菌 race 1 與 race 2。利用「Fascination」當接穗，蒲瓜品種「Macis」與「Emphasis」、南瓜品種「Strong Tosa」與「Carnivor」當根砧，嫁接株可於田間成功防治西瓜蔓割病菌 race 2 危害「Fascination」，而且嫁接株亦能生產具有市場價值的果實。然而西瓜嫁接南瓜或蒲瓜根砧後，雖可以達到病害防治的效果，但是一般認為會降低果實的品質。

二、苦瓜萎凋病防治用根砧

苦瓜萎凋病係由病原真菌 *F. oxysporum* f. sp. *momordicae* 所引起，苦瓜 (*Momordica charantia*) 罹病株在初期會顯現半側萎凋，進而維管束褐化、葉片黃化，終至全株萎凋等病徵，使得苦瓜栽培期縮短、產量降低，甚至無收穫。同樣的，利用尖鏟胞菌具有寄主專一性，以嫁接非寄主的根砧效應影響亦可以防治苦瓜萎凋病。在溫室的接種試驗中，苦瓜萎凋病菌僅能危害苦瓜與矮南瓜，不能危害其他瓜類作物。在根砧篩選試驗中，南瓜、扁蒲和絲瓜皆可與苦瓜嫁接而成活，但以絲瓜為根砧的苦瓜嫁接苗，不但成活率高，而且在田間對苦瓜萎凋病菌表現極佳的抵抗力。採用頂劈長筒型絲瓜「L39」地方品系嫁接苦瓜蔓穗「農友新 3 號」品種的組合，在田間種植的產量高達 61-108 公

噸/公頃；一般來自實生苗和舌狀根靠接苗的苦瓜因萎凋病的危害，產量則介於 0-24 公噸/公頃。採用頂劈長筒型絲瓜嫁接苦瓜蔓穗的組合，將苦瓜的根系與帶菌土壤隔離，使苦瓜萎凋病原菌無法侵入感染苦瓜組織，而達到防病的效果。但是若採用舌狀根靠接苗，則嫁接株同時會有兩個根系，包括絲瓜與苦瓜，雖然絲瓜根系不會遭受苦瓜萎凋病的感染，但是苦瓜萎凋病菌會由苦瓜根系侵入，再延維管束蔓延至地上部，導致嫁接株發病死亡。

三、絲瓜萎凋病防治用根砧

南投縣埔里地區農民栽種的圓筒型「白絲瓜」(*Luffa cylindrical*) 發生嚴重絲瓜萎凋病，由病原真菌 *F. oxysporum* f. sp. *luffae* 所引起。農民於二月上旬，將「白絲瓜」苗移植於本田，罹病苗在此期間即會表現生長不良、葉片伸展不開、植株矮化，或者根部與莖部維管束褐化後轉黑褐化及植株一側萎凋等病徵，病苗於 2 週內快速死亡。初期未表現猝倒的植株，會有 1 至數條根系受害，中午蒸散作用旺盛時，有暫時萎凋的現象，進而葉片一側黃化，莖部與維管束褐化及植株一側萎凋，病株於一個月內死亡。成株罹病初期僅有 1-2 條主根或部分支根的維管束黑褐化，病徵向莖部蔓延，每當褐化維管束向上越過一個莖節，褐化的維管束數目便會增多，約通過 3-4 個莖節後，莖蔓即表現半側褐化，終至有外部「蔓割」的病徵。田間調查指出個別田的發病率可達 40-60%，甚至有達 95% 而廢耕者。在臺灣，絲瓜的品種/系繁多，而且農家多會自行雜交留種，以致地方品系更加複雜。埔里地區所栽種的非白絲瓜系統之圓筒型絲瓜「七美」與「東光 3 號」，以及在同一塊田和白絲瓜輪替種植的稜角絲瓜「三福」，當「白絲瓜」嚴重發生絲瓜萎凋病時，這些「非白絲瓜」卻皆未發生絲瓜萎凋病。換句話說，「白絲瓜」萎凋病菌菌株在田間（自然條件下）似有非常明顯的寄主專一性，只會感染「白絲瓜」。

絲瓜萎凋病菌可能具有生理小種的分化，可以考量以絲瓜共砧的方式，利用頂劈嫁接，搭配割裂根靠接與割裂靠接的方式在田間防治絲瓜萎凋病。利用圓筒型「白絲瓜」為接穗，圓筒型「旗山長種 1 號」絲瓜、「L-4」、「L-39」、「L-49」可以減少絲瓜萎凋病的發生。農民自行留種的地方品系絲瓜，雖然初期在田間能對絲瓜萎凋病表現抗病性，但是非屬純系的絲瓜，以及蟲媒花可異花授粉，漸漸的這些地方品系對絲瓜萎凋病的抗病性則越來越不明顯。若以稜角絲瓜「美菱」為根砧，「白絲瓜」為接穗，則嫁接株皆不發生萎凋病。然而，「美菱」為根砧的生長期較短，反而有產量低，甚至到栽培後期會出現砧負的現象。

四、番茄萎凋病防治用根砧

番茄 (*Solanum lycopersicum*) 同樣有受到尖鏟胞菌 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) 的危害而引起番茄萎凋病，依嫁接親和性的考量，在番茄的嫁接上多以茄科或不同品種番茄共砧，以套接方式進行，屬於耐病根砧的應用。將對番茄萎凋病感病的番茄品種「German Johnson」嫁接抗/耐病根砧番茄品種「Maxifort」與「Robusta」後，嫁接株的番茄萎凋病發病率僅有 0% 與 29%，對照組 (感病品種本身當根砧) 的發病率則達 100%。在墨西哥則是利用番茄品種「Vigostar」、「Aloha」與「RT-160961」當根砧，經種植 5 個月後嫁接株分別可減 90%、92% 與 94% 番茄萎凋病的發生。雖然利用嫁接技術可以防治番茄萎凋病，但是會有產量不穩定的情況發生。

另外，番茄也常受到另一尖鏟胞菌 *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) 的感染而造成番茄根冠腐病，嫁接亦可用於防治本病害。以「Costoluto Genovese」與「Kadima」品種當接穗，以「Cuore di Bue」與「Natalia」當根砧，所製作之四種嫁接組合嫁接株再分別接種 FORL，結果僅「Costoluto Genovese」接穗與「Cuore di Bue」根砧組合

的嫁接株出現感病性，其他三種嫁接株皆表現抗病性。嫁接株會因為選用根砧與接穗品種的組合不同，而表現根砧效應或接穗效應，使嫁接株在抗病性或抗病性表現出不一樣的可變性。

洋香瓜黑點根腐病的防治根砧

洋香瓜黑點根腐病係由子囊真菌 *Monosporascus cannonballus* 引起，洋香瓜受感染初期，地下部主根和側根會出現褐化小病斑，漸漸的擴展癒合成壞疽斑，壞疽斑散生，常出現於根分支處，最後產生根腐。將植株自土壤中拔起時，罹病根系大都脫落。當發生根腐的根部無法吸收足夠供應植株生長所需的水分時，特別是在果實肥大成熟期（約採收前 10–14 天），植株地上部葉片便產生「突發性的急速萎凋」導致罹病株死亡，其所產生的果實因含糖量低而風味不佳，因而失去商品價值。罹病株在果實採收或植株死亡之後，會在罹病根表皮上產生該病原菌的子囊殼。然而本病害發病初期，不會產生地上部病徵，因此常被忽略與難以診斷。

在溫室有用南瓜與蒲瓜為根砧、採用 1 : 1 頂劈嫁接法來防治洋香瓜黑點根腐病，雖然所選用的根砧亦會受到黑點根腐病菌的侵入與感染，但是嫁接株根砧有較旺盛的根系發展，黑點根腐病在該些嫁接株根部表現出較緩慢的病勢發展，因此在防治洋香瓜黑點根腐病上具有相當高的潛力。然而洋香瓜果實屬於鮮食類，消費大眾喜歡洋香瓜獨有的風味、香味與口感，以 1 : 1 頂劈嫁接法所製作的嫁接株，嫁接株根系僅有根砧植株的根系，嫁接後（以南瓜、蒲瓜當根砧）所產生的根砧效應，嚴重影響洋香瓜的風味、香味與口感，以致市場無法接受，甚至降低消費者購買洋香瓜的慾望。改善的策略則是可以考慮以不同的嫁接法來製作洋香瓜嫁接苗，包括割裂靠接法、割裂根靠接法與舌狀根靠接法等，並且

選用其他葫蘆科作物當根砧，包括蒲瓜、南瓜、冬瓜、絲瓜與西瓜等，在田間評估嫁接技術防治洋香瓜黑點根腐病的可行性。結果採用舌狀根靠接法所製作之嫁接株（冬瓜或南瓜根砧），在嫁接苗的培育與管理，以及所產洋香瓜果實的鮮食品質，皆優於其他供試的嫁接法。

番茄青枯病的防治用根砧

青枯病菌 (*Ralstonia solanacearum*) 經常危害茄科作物，屬細菌性維管束病害，在高溫、多濕環境下適宜發病。在番茄，病原細菌主要由根部傷口侵入植株，罹病株出現下位葉葉柄下垂，植株快速萎凋、死亡。利用番茄根砧品種「H-7996」與「Eg-203」嫁接接穗品種「Permata」、「Lentana」與「Fortuna」後接種青枯病菌，嫁接株一直要到接種後第63天才開始發病，相較於無嫁接實生苗在接種後第21天即開始發病。由此可知，選用適當的番茄品種當根砧，在青枯病的防治上可達程度不一的耐病效果。但是青枯病菌菌株間存在有多樣性，可能會因為病原菌存在的區域環境不同，而對相同的根砧番茄品種表現不同的致病能力。另外，不同根砧與接穗的組合，亦會因根砧效應或接穗效應的影響，而導致嫁接株抗病效果的不穩定。除了可用耐病番茄當根砧防治青枯病之外，亦有利用萬桃花 (*Solanum torvum*) 當根砧，如以茄科商業品種「Sanmarino」與「Kalenda」為接穗，萬桃花當根砧製作頂劈嫁接苗後，接種青枯病病菌 (race1 biovar 3)，結果嫁接株都不發病。由於番茄青枯病多發生於高溫多濕的環境，若能將番茄種植於低溫或高海拔的環境，則可減少番茄青枯病的發生。

嫁接在其他作物病害防治的應用

一、百香果頸腐病

百香果頸腐病由 *Nectria haematococca* 所引起，主要造成植株莖基部與地表交接處產生褐化之乾腐病徵，病原菌主要由傷口侵入。隨莖基部膨大，皮層會產生裂痕，嚴重時莖基部會出現環狀剝皮的病徵，造成植株萎凋。目前商業栽培品種以「台農 1 號」 (*P. edulis* × *P. edulis* f. *flavicarpa*) 為主，早年有栽培「紫百香果」 (*Passiflora edulis*) 與「黃百香果」 (*P. edulis* f. *flavicarpa*)。「紫百香果」易受到頸腐病菌的危害，而「黃百香果」則對頸腐病菌具有抗性，因此商業化的百香果苗均以黃色種作為砧木，利用頂劈嫁接「台農 1 號」百香果接穗。目前已有百香果種苗嫁接機可供製作嫁接苗使用，該嫁接機主要包括接穗切削裝置、砧木苗處理裝置、插接機構、氣壓動力控制組件、嫁接夾設計製作、嫁接夾整列篩選供給裝置等。該嫁接機理論作業能量為 199.5 株/小時，實際作業能量為 114 株/小時，嫁接成功比例為 70%，嫁接成活比例為 96%。

二、疫病

柑橘 (*Citrus* spp.) 為世界上產量第一的果樹，年產量超過 1 兆噸。柑橘裙腐病主要發生在靠近地面 45 cm 以下，罹病部位出現表皮凹陷、龜裂，伴隨有流膠。將罹病部位之樹皮切開後，可見組織軟化與褐變，上方之枝葉則出現黃化與萎凋，待罹病部位環繞樹幹，則全株立即死亡，病原菌主要包括 *Phytophthora nicotianae*、*P. palmivora* 與 *P. citrophthora*。本病害已有許多非農藥防治的有效防治方法，包括生物防治、栽培防治及抑病土壤，但由於柑橘種類繁多，為增加不同種類柑橘對栽培地區之風土適應性，及產量與品質的提升，商業上多以合接法製作嫁接苗販售。因此，嫁接時應避免使用對疫病感病品種當根砧。篩選結果顯示大部分的市售柑橘品種對疫病菌皆表現感病性。對疫病菌表現

半耐病性的柑橘類作物有酸桔、廣東檸檬等，經常用為根砧。

三、根瘤線蟲

美國佛羅里達的番茄 (*Solanum lycopersicum*) 常因根瘤線蟲 (*Meloidogyne* spp.) 的危害，導致種植困難與產量不佳，利用嫁接抗病根砧則可減少植株根部的根瘤數與增加產量。將番茄品種「Brandywine」與「Flamme」嫁接至「Multifort」(*S. lycopersicum* × *S. habrochaites*) 與「Survivor」(*S. lycopersicum*) 等根砧品種上，結果嫁接株根部的根瘤數與無嫁接株的相比，大約可減少 81–97% 的根瘤數。而利用嫁接根砧已可應用於防治番茄青枯病，若選用的根砧品種同時可對根瘤線蟲產生耐病或抗病性，則在番茄的田間栽培上可降低許多生產成本與防治成本。葫蘆科作物亦常遭受根瘤線蟲的危害，同樣也可以利用嫁接技術，將接穗嫁接至適當的根砧上，則可減少根部的根瘤數。將胡瓜 (*Cucumis sativus*) 品種「Adrian」接穗嫁接至美國南瓜 (*Cucurbita pepo*) 根砧品種「Romanesco Zucchini」上，並種植於溫室中。定植 70 天後，實生株 75% 以上的根系皆有根瘤線蟲的根瘤產生，嫁接株則僅有 25–38% 根系有根瘤產生。

結語

作物的生物因子抗性可能隨著目標生物的族群變遷而發生改變，換言之，曾經喪失抗性的品種，若干年後亦可能因為品種輪替引起的田間病原族群消退而再恢復抗性。據此，在運用抗病品種進行田間病害管理的同時，除應明確釐清品種抗性成因、增加抗源歧異度外，更應持續監測田間有害生物病原型與生物小種的分布變遷，隨時針對害物動態進行相應抗性品種的機動性調整，以維護抗病品種與抗性基因的有效性、減

緩有害生物的變異速度。

在土壤傳播性病害的防治上，過去常利用土壤燻蒸法，基於環境保護的理由已有計畫性的被禁用，因此在作物病害防治上，則需找尋可行的替代方案。嫁接技術在亞洲地區已可應用於多種土壤傳播性病害的防治，對有機栽培來說，嫁接技術也是一個非常有效的，可防治作物萎凋病的防治技術。而近年來抗/耐病根砧品種取得日益方便，以及高效率嫁接技術的發展，使得嫁接技術在世界各地的應用越來越普及，在中國估計有 40% 的西瓜、20% 的甜瓜、30% 的胡瓜、15% 的茄子、1% 番茄與 1% 的辣椒採用嫁接苗。由於嫁接主要在防治多種土壤傳播性病害，令人擔心的是，未來對於嫁接的需求如果持續增加，因根砧效應將會導致土壤中微生物環境的改變，如根分泌物的變化。所延伸的問題可能是新病害的發生與病原微生物族群數量的改變，因此嫁接後對於土壤微生物族群變化的監測則顯得格外的重要。使用扁蒲根砧可成功防治西瓜蔓割病，但日本在使用 30 年後，嫁接扁蒲根砧的陸續出現急性萎凋的病徵，經試驗證明為病原菌 *F. oxysporum* f. sp. *lagenariae* 所引起之扁蒲萎凋病。於是改用南瓜為根砧，卻也同樣發生該扁蒲型的萎凋病，再次改用冬瓜根砧亦被該扁蒲型的萎凋病與西瓜蔓割病菌所感染，使用扁蒲砧嫁接西瓜亦會發生由 *Monosporascus cannonballus* 所引起的黑點根腐病。此外，苦瓜-絲瓜嫁接苗容易產生由 *Alternaria alternata* f. sp. *cucurbitae* 所引起的苗枯病，以及由 *Rhizoctonia solani* 所引起的立枯病和因高溫所造成的嫁接苗日燒症，此三種病害甚少在苦瓜實生苗上發生。

另外，所謂嫁接乃是將兩個或以上的獨立植株個體，分別切取部分組織部位，將其在維管束組織部位組合，當該處癒合後成為一單獨的植株個體，即為嫁接株。該組合當作地下部組織者稱為根砧，當作地上部組織者稱為接穗，當根砧與接穗癒合不完全時，便會出現所謂的嫁接不親和。在果樹上的嫁接不親和可區分為四種類型，包括 (1) 遺傳性不親

和，代表根砧與接穗親緣性越遠者，嫁接越不容易成功；(2) 生理性不親和，代表根砧與接穗間的生長環境差異過大者，越不容易成功；(3) 嫁接處結構脆弱，因形成層只形成薄壁細胞，纖維形成的數目很少，使嫁接處無法緊密結合；(4) 病原菌所導致的不親和，大部分由病毒感染所造成。而嫁接不親和常見徵狀有 (1) 嫁接處無法癒合；(2) 嫁接後生育遲緩，定植後死亡；(3) 嫁接時正常生長，定植後慢慢黃化凋死亡，以及 (4) 嫁接時及定植後皆生長正常，但氣候條件變化較大時，在著果前迅速萎凋死亡。嫁接不親和的原因，主要因接穗與砧木二者間遺傳差異，造成穗砧在生長上或生理生化上有所不同所致。利用植物解剖的方式觀察番茄/辣椒 (接穗/根砧) 或辣椒/番茄嫁接組合發生不親和的情形，發現嫁接處的維管束出現嚴重的不連續性，阻礙了礦物元素與水分在根砧與接穗之間的運輸，最後導致嫁接株產量減少與品質不好。然而嫁接不親和性牽涉複雜的植物生理、生化與組織結構改變等問題，目前尚無較為合適的理論可以完全解釋各種嫁接不親和現象產生的原因與機制。

參考文獻

1. 林益昇、黃家興、宋曉清。1998。 苦瓜-絲瓜嫁接株對苦瓜萎凋病菌之抵抗性及其產量。植保會刊 40: 121-132。
2. 林益昇、黃家興、郭孟祥。1996。 台灣苦瓜萎凋病之發生與傳播。植病會刊 5:38-46。
3. 林益昇、蘇俊峯、黃國修。2004。 瓜類作物萎凋病和黑點根腐病之嫁接防治。 119-136 頁。2004 果菜健康管理研討會專集。楊秀珠、林信山主編。行政院農委會農業藥物毒物試驗所編印，台中。236 頁。
4. 陳隆澤、黃守宏、鄭清煥。2009。 水稻病蟲害抗性檢定工作回顧。 p.83-103。 臺灣水稻保護成果及新展望研討會。行政院農業委員會農業試驗所。
5. 黃新川、柯文雄。1988。 抗香蕉黃葉病之華蕉變異株系。植物保護學會刊 30:

- 386–392。
6. 歐世璜、簡錦忠、曾東海。1983。抗稻熱病育種的新抗源。植物保護學會會刊 25:115–123。
 7. 蘇俊峯、林益昇。2008。利用嫁接技術防治洋香瓜黑點根腐病。植病會刊 17:35-41。
 8. 蘇俊峯、黃國修、林益昇。2001。洋香瓜黑點根腐病之嫁接防治。植病會刊 10 : 205。
 9. Andrews, P. K., and Marquez, C. S. 1993. Graft incompatibility. Hort. Rev. 15:183–232.
 10. Chen, Y. N., Chen, M. C., and Chen, P. C. 2020. Pathogen diversity and inoculum source of rice blast disease in Taiwan. *In: Applicable Solutions Against Rice Blast in Asia*, Y. FUKUTA (Ed.). JIRCAS-FFTC, Videoconference, Tsukuba, Japan. 93 pp.
 11. Collard, B. C. Y., Vera Cruz, C. M., McNally, K. L., Virk, P. S., and Mackill, D. J. 2008. Rice molecular breeding laboratories in the genomics era: Current status and future considerations. *Int. J. Plant Genom.* 2008:524847. 10.1155/2008/524847
 12. Hwang, S. H., and Ko, W. H. 2004. Cavendish banana cultivars resistant to Fusarium wilt acquired through Somaclonal variation in Taiwan. *Plant Dis.* 88: 580–588.
 13. Lee, J. J., Lin, S., Ju, J. S., and Huang, Y. I. 2001. Development of an automatic grafting machine for propagating passion fruits. *J. Agri. & Fore.* 50:1–14.
 14. Lin, H. Y., Wu, Y. P., Hour, A. I., Ho, S. W. Wei, F., Hsing, Y., and Lin, Y. 2012. Genetic diversity of rice germplasm used in Taiwan breeding programs. *Botanical Studies* 53:363–376.

5 / 植物誘導性抗病

安寶貞、蔡志濃、林筑蘋

自然界有一些化學物質或微生物均能刺激植物啟動後天之防禦系統，產生抗生物質 (anti-pathogen substances)，增強抗病性，以對抗入侵的病原菌，稱為植物誘導抗性 (induced resistance)。「誘導抗性」可分為兩個類型，分別為「系統獲得抗性 (systemic acquired resistance, SAR)」和「誘導系統抗性 (induced systemic resistance, ISR)」。水楊酸是 SAR 產生的主要訊號之一；而茉莉酸和乙烯為 ISR 產生的重要訊息分子。受誘導的植物，當遇到病菌入侵時，其體內的 phenyl alanine ammonia lyase (PAL) 活性會急速增強，大量合成植物防禦素與產生過敏性反應，增強主動防禦能力。根圈螢光細菌能刺激植物生長，被稱為 Plant Growth Promotion Rhizobacteria (PGPR)，而拮抗微生物中，如木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 或膠狀青黴菌 (*Giocladium* spp.) 除了能直接對抗病原菌外，亦有增強植物防病的功能。

「誘導抗性」可作為植物保護的新手段，一般具有系統性與廣效性，且不易使病原菌產生抗藥性。目前廣為研究者包括磷酸鹽類與微生物的誘導抗性等，但在實用案例上，目前僅有亞磷酸可以有效且廣泛之應用於植物病害防治。當使用得當時，幾乎可以完全預防作物的疫病與相關卵菌類引起之病害。它的機制就如同人與動物施打了預防針一般，當特定的病原菌入侵時，植物可以判識，立即啟動防禦體系，產生植物防禦素 (phytoalexin)，與病原菌打仗。

亞磷酸

在 1980 年代一種防治疫病的化學農藥「福賽得」研發成功後，發現其代謝產物中的亞磷酸 (phosphorous acid, H_3PO_3) 為主要抑病物質。此後，亞磷酸才被探討研究與開發成商品使用。在自然界，亞磷酸鹽原為天然磷礦鹽的一部份，為一種緩效性磷肥。亞磷酸的純品 (92-99%) 為白色結晶，易潮解，其水溶液之酸鹼值約為 pH 2-3，強酸性，且易氧化成磷酸離子，因此須以強鹼物質中和，才不會造成肥傷。此外，亞磷酸鈉在醫學上用為催吐劑。目前，在國外已有不少亞磷酸與亞磷酸鹽產品上市。在臺灣，早年雖然亦曾多次進口亞磷酸之相關產品，但因其易氧化失效與價格昂貴，未能成功使用。近年來，農試所研發出非常簡便、有效、安全的中和亞磷酸調配與使用方法，說明如下。

一、中和亞磷酸溶液 (neutralized phosphorous acid, NPA) 之配製

亞磷酸為強酸，使用時須以氫氧化鉀 (KOH) 以 1:1 等重量中和後使用。使用前，先將 95-98% 的工業級亞磷酸先溶解於水中 (吸熱反應)，再將等重量之 85% 工業級氫氧化鉀 (放熱反應) 加入亞磷酸溶液中 (切不可將兩種化學品同時加入水，以避免酸鹼中和造成激烈反應)，調配好之 NPA 溶液約 pH6.5-6.8，為弱酸性。亞磷酸溶於水後，易氧化成磷酸，降低防病效果，故配製好之 NPA 溶液，宜當日使用。亞磷酸因易潮解，必須密封 (開封後須加入防潮劑並以電線用膠布密閉)。此外，勿用手直接碰觸亞磷酸與氫氧化鉀。目前市面上亦有調配好之濃縮中性亞磷酸溶液販售，使用時須注意稀釋倍數。

二、中和亞磷酸使用濃度與方法

- (一)**葉面噴佈**：500–1,000 倍稀釋液 (如 100 公升水中含有 100 g 亞磷酸與 100 g 氫氧化鉀，即為 1,000 倍稀釋液；加入 200 g 亞磷酸與 200 g 氫氧化鉀即為 500 倍稀釋液)。一般於雨期來臨前，每 7 日施用一次，至少 3 次，可保護植物約 1–2 個月。
- (二)**果實噴佈**：1,000 倍稀釋液。果實表面有油胞或蠟質，不可提高使用濃度，以免引起藥害。使用時期為結果後，於雨季來臨前，每 7 日一次，共 3 次。連續採收之果實與採果期均可使用。
- (三)**土壤灌注**：根圈土壤與莖基部灌注 200–500 倍稀釋液。使用後 7 天內，盡量勿澆水。健康植物使用亞磷酸之效果更佳，一年使用 1–2 次即可；已經罹病之果樹於雨期來臨前，每月 1 次，共 2 次，以後每隔 3 個月一次。蔬菜、花卉於雨期來臨前，每 7–14 日灌注一次，病情嚴重時，可縮短使用時間。
- (四)**樹幹注射**：可以將調配好的 NPA 以吊點滴方式，打入植物體內，防治根部病害的效果非常良好，且使用劑量非常低，稀釋 100–500 倍。一年使用 1 次即可。

三、亞磷酸的防病機制、移行及功效

亞磷酸鹽直接殺菌的效果較差，但間接增強寄主抗病性的功能很強。亞磷酸施用於植物，被葉片、根系吸收，等病菌入侵後，植株啟動 PAL 防禦系統，產生大量植物防禦素，遏止病菌入侵 (圖 1)。亞磷酸在植株體內的下移性良好，但上移性並不佳，因此，防治地上部病害以全株噴施為佳；而防治根部病害，則以樹幹注射或土壤灌注為宜。此外，亞磷酸施用於母株，對種球病害的防治效果亦非常良好；施用於採果期之果實，對儲藏期疫病的防治效果亦甚佳；但如果施用亞磷酸於採收後的果實，則成效不彰。由於亞磷酸的主要機制為誘導抗性，葉面噴佈以連續施用 3 次為佳，方可

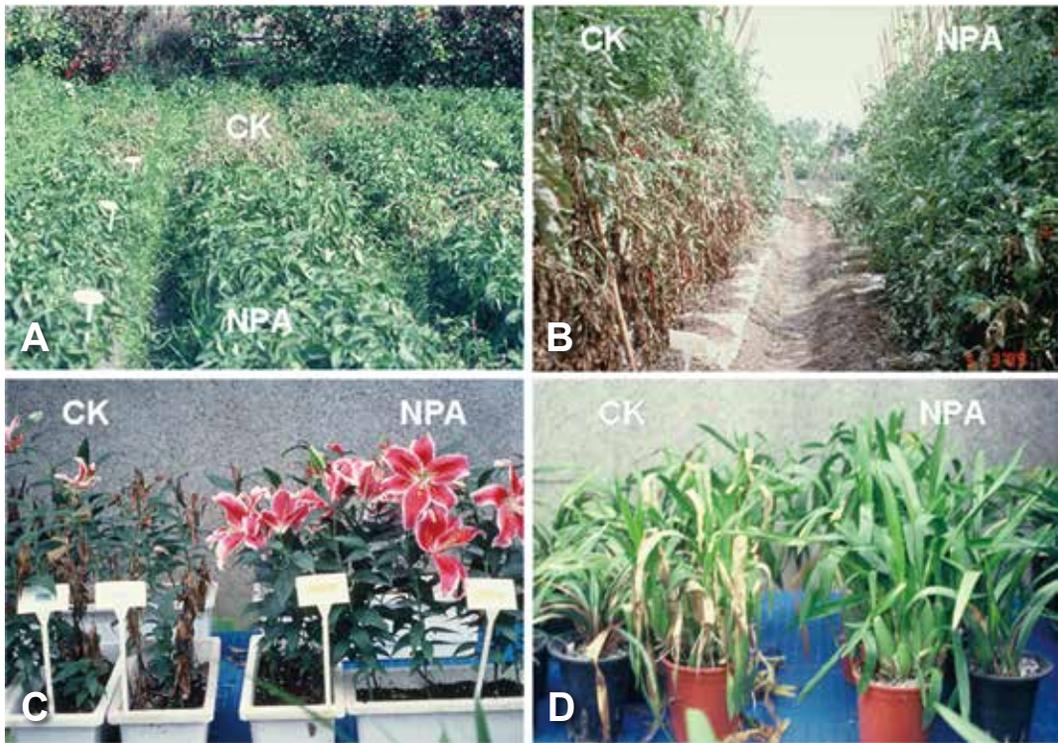


圖 1. 亞磷酸防治植物病害：馬鈴薯晚疫病 (A)；番茄晚疫病 (B)；百合疫病 (C)；文心蘭疫病 (D)。

完全啟動防禦系統。一般葉面噴布稀釋 1,000 倍之 NPA 一次，有 60–80% 的防病效果，噴布兩次，有 80–90% 的防病效果，連續噴布三次，防病效果約在 90–95% 以上。此外，亞磷酸在植物體內並不能取代磷酸成為肥料，但可以減緩磷酸之過量吸收，當亞磷酸被輸送到植株根部時，則可被土壤微生物代謝成磷酸，有益於下期作物之生育。

四、亞磷酸之防病範圍

亞磷酸防治卵菌 (Oomycetes) 引起的病害的防治效果最佳，包括疫病 (Phytophthora diseases)、荔枝露疫病、露菌病、白銹病以及腐霉菌 (*Pythium* spp.) 引起之病害等。此外，筆者實驗發現，亞磷酸對一些葉部

病害亦有相當之抑制效果，如番茄、瓜類白粉病。此外，國外報告指出，亞磷酸可降低其他種類作物病害，包括核果類的根朽病 (*Armillaria root rot*)、蘋果白紋羽病及蘋果黑星病等。

亞磷酸防治植物病害實用案例

近年來，農試所的研究結果顯示，中和亞磷酸對番茄與馬鈴薯晚疫病、番椒與番茄疫病、柳橙與木瓜果實疫病、荔枝果實露疫病、柳橙果實褐腐病、金柑疫病、酪梨根腐病、果樹幼苗疫病、花卉與觀賞植物疫病 (包括蘭花、百合、非洲菊、日日春之疫病) (表 1) 均有良好防治效果。對於卵菌綱中其他菌類引起的病害亦同樣有良好的防治效果，包括金線連猝倒病、玫瑰露菌病、葡萄露菌病、蕹菜白銹病、莧菜白銹病等。此外，農試所亦發現亞磷酸有防治番茄白粉病、辣椒炭疽病，及延長荔枝保鮮的效果。

表 1. 亞磷酸鹽溶液 (NPA) 中和後防治作物卵菌病害之效果

作物	病害與病原菌	危害部位	施用方法	稀釋倍數 (倍)	防治效果 (%)	備 註
番茄、馬鈴薯	晚疫病 <i>Phytophthora infestans</i>	全株	葉面噴布	500-1,000	80-100	盆栽與田間試驗，每 7 天 1 次，連續使用 3 次以上。
甜椒、辣椒、番茄	疫病 <i>P. capsici</i>	根、莖、果實	葉面噴布	1,000	60-100	盆栽與田間試驗，每 7 天 1 次，連續使用。
			土壤灌注	200-500	60-100	每星期一次，連續 3 次。
木瓜	疫病 <i>P. palmivora</i>	果實	葉面與果實噴布	1,000	80-100	每 7 天 1 次，連續 7 次，田間試驗。

表 1 (續). 亞磷酸鹽溶液 (NPA) 中和後防治作物卵菌病害之效果

作物	病害與病原菌	危害部位	施用方法	稀釋倍數 (倍)	防治效果 (%)	備註
酪梨根腐病	疫病 <i>P. cinnamomi</i>	根腐	土壤灌注	200-500	80-100	盆栽與田間試驗，每月施用一次，連續3次。
			樹幹注射	200-500	80-100	每年一次。
金柑疫病	疫病 <i>P. citrophthora</i>	果實、枝葉 根、莖	葉面噴布	1,000	60-100	盆栽試驗，每隔7天1次，連續3次。
			土壤灌注	200-500	80-100	每月施用一次，連續3次。
果樹苗木	疫病 <i>Phytophthora</i> spp.	根系、全株	葉面噴布 + 土壤灌注	1,000 200-500	80-95	盆栽試驗，每月施用一次，連續3次。
非洲菊	疫病 <i>P. cryptogea</i>	主根、地際 部	土壤灌注	200-500	60-90	田間試驗，每隔7天1次，使用3次。
虎頭蘭	疫病 <i>Phytophthora</i>	全株	葉面噴布	1,000	100	每隔7天1次，連續3次。
文心蘭	疫病 <i>Phytophthora</i>	全株	葉面噴布	1,000	90-95	每月施用1次，連續3次。
葵百合	疫病 <i>P. nicotianae</i>	全株	葉面噴布	1,000	80-90	每7天1次，施用2次。
			葉面噴布	1,000	95-100	每7天1次，施用3次。
葵百合	種球疫病 <i>P. nicotianae</i>	種球	葉面噴布	1,000	80-100	收穫前每7天1次，施用3次
日日春	疫病 <i>P. nicotianae</i>	全株	葉面噴布 + 土壤灌注	1,000 200-500	60-95	每隔7天1次，連續3次。
荔枝	露疫病 <i>Phytophthora</i> <i>litchi</i>	果實	葉面與果實 噴布	1,000	90-95	田間試驗，雨季來臨前，每7天1次，連續3次。
金線蓮	腐敗 <i>Pythium</i> spp.	幼苗全株	葉面噴布	1,000	100	溫室瓶苗 (謝式坪鈺教授資料)。

參考文獻

1. 安寶貞。1999。利用亞磷酸增強植物之抗病性以預防疫病。永續農業 10: 22-27。
2. 安寶貞。2001。植物病害的非農藥防治品－亞磷酸。植病會刊 10: 147-154。
3. 安寶貞、蔡志濃、謝廷芳。1998。利用亞磷酸防治作物疫病及荔枝露疫病。農業世界 183(11): 41-45。
4. 蔡志濃、安寶貞、王姻婷、王馨媛、胡瓊月。2009。利用中和後之亞磷酸溶液防治馬鈴薯與番茄晚疫病。台灣農業研究 58: 155-165。
5. Ann, P. J., Tsai, J. N., Wong, I. T., Hsieh, T. F., and Lin, C. Y. 2009. A simple technique, concentration and application schedule for using neutralized phosphorous acid to control *Phytophthora* diseases. *Plant Pathol. Bull.* 18: 185-195.
6. Ann, P. J., Tsai, J. N., and Yang, H. R. 2011. Control of *Peronophythora* fruit downy blight of lychee by neutralized phosphorous acid. *Plant Pathol. Bull.* 20: 90-97.
7. Ann, P. J., Wang, I. T. and Tsai, J. N. 2011. Control of *Phytophthora* disease of fruit tree seedlings by neutralized phosphorous acid. *J. Taiwan. Agric. Res.* 60: 149-156.

6 / 有益微生物與拮抗植物

林宗俊、羅朝村、石信德、黃鴻章、顏志恆

植物病害生物防治的概念為「在自然或人為操控的環境下，利用一種或多種拮抗微生物有效降低病原菌的密度、活力及毒性，進而達到防治植物病害的目的」。有益微生物包括具有抑制植物病原、線蟲及農業害蟲的拮抗微生物外，某些則具有（或兼具）促進土壤營養元素的吸收利用或增進作物生長的功效。另外利用萬壽菊、孔雀草及天人菊等對植物病原線蟲具有拮抗與忌避能力，利用輪作或間作方式即可有效地降低植物病原線蟲的危害。應用有益微生物防治作物病害對生態環境十分友善，本文主要在介紹有益微生物的種類、防病機制、生物農藥、生物刺激素的施用技術及成功實例。

有益微生物的種類

在自然生態環境下，微生物間本就存在著一些相互的生態關係，包括共生 (symbiosis) 與非共生。共生如依存的互利共生 (mutualism)、片利共生 (commensalism) 或寄生 (parasitism)；非共生如協同作用 (synergism) 與拮抗作用 (antagonism)；人類可利用的有益微生物，包括對作物「直接有利」具有互利共生、片利共生或協同作用之微生物；或者「間接有利」具有抑制病原菌之微生物 (圖 1) 或誘導植物抗性 (induced resistance) 之微

生物等。目前國內外常用或已商品化之微生物有菌根菌 (mycorrhizae)、根瘤菌 (*Rhizobium* spp.)、溶磷菌、農桿菌 (*Agrobacterium radiobacter*)、枯草桿菌 (*Bacillus* spp.)、放線菌 (*Streptomyces* spp.)、螢光假單胞細菌 (fluorescent *Pseudomonads*)、白粉寄生菌 (*Ampleomyces quisqualis*)、芽孢酵母菌 (*Candida oleophila*)、微坦盾殼黴 (*Coniothyrium minitans*)、腐生鐮孢菌 (*Fusarium oxysporum*)、木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 等。

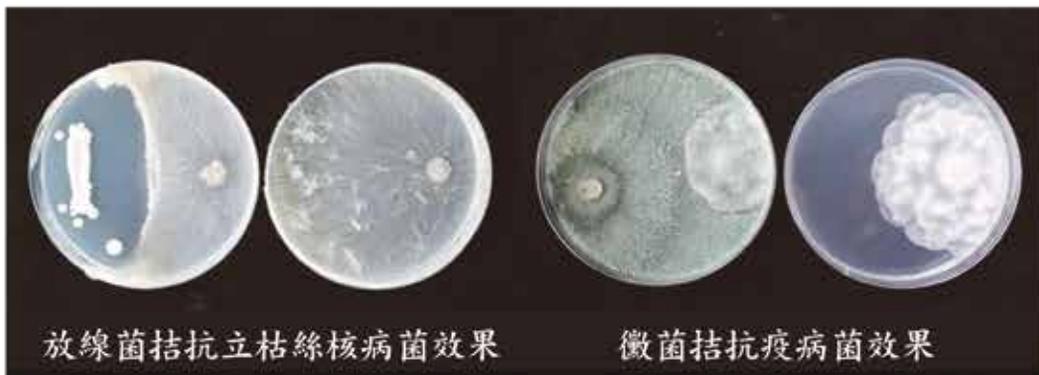


圖 1. 拮抗微生物之抑菌效果。

應用於植物保護之微生物

微生物在臺灣的田間實驗案例，有屏東科技大學以木黴菌 (*Trichoderma koningii*) 粉衣紅豆種子防治紅豆根腐病 (*Fusarium solani*)。臺灣大學報告利用枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*) 粉劑處理菊花扦插苗可減輕菊花莖腐病 (*Rhizoctonia solani*)，而液化澱粉芽孢桿菌 (*B. amyloliquefaciens*) 可以防治百合灰黴病 (*Botrytis elliptica*)。農業試驗所及虎尾科技大學發現木黴菌 (*T. harzianum*, *T. atroviride*, *T. virens*) 可有效防治康乃馨根腐病 (*R. solani*)、香瓜蔓枯病 (*Didymella bryoniae*)、甘藍立枯病 (*R. solani* AG-4)、甜椒疫病 (*Phytophthora capsici*) (圖 2) 以及促進植株生長。同樣的，中興大學亦報告枯草桿菌 (*B. subtilis*) 可防

治木瓜炭疽病 (*Colletotrichum gloeosporioides*)，放線菌 (*Streptomyces saraceticus*) 可防治柑桔褐腐病(*P. citrophthora*)、*S. padanus* 防治甘藍立枯病(*R. solani* AG-4)、番茄晚疫病 (*P. infestans*) 及青蔥疫病 (*P. nicotianae*)(圖 3)。



圖 2. 田間施用木黴菌植物保護製劑防治甜椒疫病效果。



圖 3. 田間施用鏈黴菌 (*Streptomyces padanus*) 植物保護製劑防治青蔥疫病效果。

生物農藥泛指可作為植物保護用之生物資材，包括動物、植物、微生物及其所衍生之產品。國內目前已登記用於病害防治的商品化產品(表 1) 如農眾賀[®] (液化澱粉芽孢桿菌)、治黃葉[®] (蕈狀芽孢桿菌)、台灣寶[®] (枯草桿菌)、強強菌[®] (貝萊斯芽孢桿菌)、安心寶[®] (放線菌)、一值生[®] (木黴菌) 等；此外目前亦尚有多種微生物如液化澱粉芽孢桿菌、多黏芽孢桿菌、木黴菌、放線菌、枯草桿菌及螢光假單胞細菌等正從事量產研究及商品化之開發。

拮抗植物

拮抗植物 (antagonistic plants) 因能分泌毒殺或抑制物質而具有忌避與拮抗植物線蟲與病原的功效。栽種拮抗植物或將其植體耕犁至土壤中可以抑制植物病原線蟲卵的孵化、二齡幼蟲的發育及蛻皮為成蟲，或是直接殺死植物病原線蟲的二齡幼蟲。通常以拮抗植物和作物輪作或間作即可有效地降低植物病原線蟲在土壤中的族群密度，進而減緩其對植物的危害，例如以紫花野百合 (*Crotalaria spectabilis*) 或萬壽菊和寄主植物胡蘿蔔輪作，可以有效地降低爪哇根瘤線蟲 (*Meloidogyne javanica*) 在土壤中的密度；而孔雀草 (*Tagetes patula*) 或太陽麻 (*Crotalaria juncea*) 和鳳梨輪作可降低腎形線蟲 (*Rotylenchulus reniformis*) 的密度等。此外拮抗植物植體 (包括花、莖、葉、及根) 的水溶液或酒精抽出液對植物病原線蟲亦有毒殺作用，而以切碎的植株殘體或是烘乾的植體粉末拌入田間土壤中，亦可有效地降低植物病原線蟲在土壤中的密度。例如大蒜葉及蒜瓣的浸出液對甘蔗葉芽線蟲 (*Aphelenchoides sacchari*) 及柑桔矮化線蟲 (*Tylenchorynchus semipenetrans*) 皆有毒殺作用，以印度黃檀 (*Dalbergia sisso*) 的切碎植體木屑單獨或混合苦楝樹 (neem, *Azadirachta indica*) 果實果仁粉末拌入田間土壤中，亦可有效地降低爪哇根瘤線蟲在土壤中的密度。

表 1. 目前臺灣市售有益微生物菌株防治植物病害種類與相關產品名稱

菌株	防治對象	產品名稱	公司
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Ba-BPD1	蔬菜、草莓、花木灰黴病	農眾賀	台肥
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> CL3	蔬菜、草莓、花木灰黴病	神真水3號	興農
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PMB01	萎凋病、青枯病	救你一命、絕症剋星	嘉農企業
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> QST713	萵苣露菌病	無界限	臺灣拜耳
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Tcba05	菜豆萎凋病	菌力寶	福壽實業
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> YCMA1	甘藍黑斑病、柑桔類潰瘍病，延伸使用至多種病害	火山寶	百泰生技
<i>Bacillus mycoides</i> AGB01	水稻紋枯病、蘭黃葉病	治黃葉	聯發生技
<i>Bacillus subtilis</i> KHY8	檸檬炭疽病、檸檬細菌性黑斑病、稻熱病	我是救星、包山包海	嘉農企業
<i>Bacillus subtilis</i> WG 6-14	水稻徒長病	賜倍效	沅漢生技
<i>Bacillus subtilis</i> Y1336	水稻紋枯病、甘藍根瘤病、瓜類露菌病、豆科白粉病、番荔枝果腐病、蓮霧果腐病、檸檬蒂腐病、茶赤枯病	台灣寶	百泰生技
<i>Bacillus velezensis</i> BF	水稻白葉枯病、十字花科黑腐病、草莓灰黴病、檸檬細菌性黑斑病、柿灰黴病	強強菌	亞亮生技
<i>Streptomyces candidus</i> Y21007-2	疫病、荔枝露疫病、鳳梨心腐病	安心寶	百泰生技
<i>Trichoderma virens</i> R42	苗立枯病	一值生	寶林生技
<i>Trichoderma gamsii</i> ICC 080 + <i>Trichoderma asperellum</i> ICC 012	疫病	義定勇	易利特開發

其他有益微生物、生物刺激素

一、菌根真菌

菌根真菌與植物的根系共生，增強植物根系吸收礦物元素的能力，尤其是移動性緩慢的磷元素。應用囊叢枝內生菌根真菌 (vesicular arbuscular mycorrhizal fungi, VAMF) 如 *Glomus* spp. 可以促進洋香瓜的產量並提高其品質。此外，有許多報告指出菌根菌亦具有增強植物抗病、抗旱、耐鹽等能力。

二、固氮根瘤細菌

一般植物無法直接利用空氣中的氮，豆科植物的根部有根瘤細菌 (*Rhizobium* spp.) 共生，可將空氣中的氮素固定與轉化供植物利用。

三、溶磷菌

具溶磷作用的真菌、細菌與放線菌則能增進土壤中結合性磷素的溶解，田間施用溶磷菌可提高農作物產量或品質，例如增加落花生產量、提高盆菊及百合的品質等。

四、溶鉀菌

具有把礦物性鉀分解為水溶性鉀能力的微生物，可加速土壤中不可溶性鉀鹽礦物釋放鉀素，並增加鉀肥吸收效果。由於含鉀礦物大多以矽酸鹽狀態存在，因此這類微生物又被稱為溶矽菌。

五、毒物降解菌

有些有益微生物具有分解植物代謝物質或其殘留物經分解後所產生的酚化物等具相剋物質 (allelopathic substance) 的功效，有助於克服作物

之連作障礙。此外，有些微生物 (如 *Rhizopus* sp.、*Trichoderma* spp.、*Penicillium* sp.、*Streptomyces* spp. 及 *Bacillus* sp.) 具有分解丁基拉草 (除草劑) 的能力，若土壤添加金針菇堆肥可促進微生物分解丁基拉草的效果，進而緩解土壤中殘留丁基拉草對稻田裡作或後作的豌豆植株產生不利的影響。

六、生物刺激素

包括一些物質或微生物，用於促進植物吸收營養的效率，增加植物對「非生物逆境 (如高溫、乾旱等環境逆境，而非針對病蟲害)」的抗性，或改善作物的品質，不管其營養成分如何。生物刺激素產品的種類很多，它可以是單一的化合物，也可以是從一個天然原料中萃取出具有生物活性的混合物，也可以是微生物。目前國內外法規尚未給出明確定義的情況下，生物刺激素常採用排除法進行定義，即：生物刺激素既不是農藥，也不是肥料或植物生長調節劑。依其有效成分可區分為：游離胺基酸和其他含氮物質 (游離胺基酸、多肽、聚胺類等)、海藻萃取物 (包含多醣類、固醇類與含氮化合物)、酸類 (腐植酸)、殼聚糖和其他生物聚合物、無機鹽化合物 (主要以無機鹽類為主，如氯化物、磷酸鹽、亞磷酸鹽和碳酸鹽等)、微量元素、維他命和微生物類 (有益真菌、有益細菌)，其主要市場中以胺基酸為大宗，其次是海藻萃取物。

生物農藥施用技術

一般而言，源自微生物的生物農藥在實際應用上經常面臨一些問題，例如其防治效果不若化學農藥明顯而造成推廣不易，這與製成生物農藥之微生物種類、成分、劑型及保存有密切關係，此外，施用部位與施用時之植物的生長時期及施用時之氣候環境與施用時機等均會嚴重影

響生物農藥的防病效果。因此生物農藥的施用技術要點包括：(1) 注意田間衛生，務必移除前期作之殘枝落葉，進而減少病原菌的初次感染源；(2) 注意施用生物農藥時的氣候及施用時間，建議於午後3時後或陰天施用；(3) 注意生物農藥的施用部位與方法，以噴灑防治葉部病害，以種苗處理搭配澆灌防治根部病害；及(4) 選擇適當微生物種類，如針對真菌性病原菌可使用木黴菌、放線菌或枯草桿菌屬等生物製劑，針對細菌性病原菌可使用假單孢菌、放線菌或枯草桿菌屬等生物製劑，針對植物病原線蟲可使用放線菌或菌根菌等生物製劑；(5) 施用時機，建議採預先處理，之後每7-14天施用一次。

實際應用的案例

一、微生物製劑不建議農友自行放大培養

因為農友不易將養菌的養料、水、容器等進行消毒，此外，這些微生物需要在特殊的培養條件下方可產生較多的抗菌物質。為達到良好的防病效果，不建議農友自行放大培養，若只是當作一般液肥使用則無妨。

二、微生物的施用方法

一般而言，可分為種子粉衣處理、育苗介質混拌處理、幼苗預處理、植株地上部噴施及植株地下部或土壤澆灌等方式。(1) 種子粉衣 (seed coating) 係將微生物依一定比例粉劑加水稀釋後，添加天然黏著劑調成薄糊狀，再將種子浸泡數分鐘，撈起後使種子自然風乾後播種使用；(2) 育苗介質混拌處理係將微生物與栽培介質依適當之體積比例或額外添加2-5%有機質均勻混合，將介質保持濕潤隨即播種或移植幼苗；(3) 將購買自育苗場之穴盤苗或盆苗，於移植至本田前預先噴施或澆灌微生物製劑；(4) 使用微生物時，亦需依每個微生物菌種特性及原

始菌量依一定比例稀釋後，添加天然展著劑作為植株地上部噴施及植株地下部或土壤澆灌使用。此外，目前市售之生物製劑商品中的微生物大都為處於休眠狀態之微生物，在使用前若有作醒菌的動作，其防治病害的效果更佳。一般含孢子之微生物可濕性粉劑建議於使用當天上午（約 6 小時前）先加水稀釋以促進微生物發芽；另外，含孢子之微生物液劑（水懸劑）建議於使用前一天下午（約 24 小時前）先加 0.5% (w/v) 糖蜜水稀釋 20 倍，活化微生物，並於使用當天下午再稀釋至推薦之倍數使用。

以木黴菌應用之例子，例如 (1) 種子粉衣，此方法較適合種子公司，主要需作雙層粉衣，主要是有些病原菌生長速度較木黴菌快，若僅單層，則病原可能在木黴菌尚未完全發揮保護下，已先感染作物根部，而致病害發生；(2) 育苗期施用：防治苗期病害，如立枯病或根腐病，可先利用粒劑（木黴菌有效濃度約為 1×10^6 cfu/g）與栽培土混合再播種種子，即可防治苗期大部分根部真菌病害；(3) 作物移植時使用：可以粒劑與上層栽培土混合，再種植植株幼苗；(4) 作物移植後使用：植株已定植田間，若根系尚未深入土中者，則可於植穴區周圍加入粒劑，或則施灑可濕性粉劑（加水成孢子懸浮液，可稀釋至 3×10^6 cfu/g）；(5) 作物移植後使用：若根系已深入土中者，則可於根系區周圍施灑可濕性粉劑（濃度同 4），只是施用量較多。

另外以液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 防治草莓炭疽病為例（圖 4、圖 5），(1) 選擇健康草莓母株：於每年春分時節於本田挑選健康之草莓植株，或購買自專業育苗場之草莓植株作為繁衍走莖之母株，並以 200 倍稀釋之液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 水懸劑，噴濕草莓全株，特別是冠部，一旦冠部遭到炭疽病菌感染，草莓植株即容易死亡；(2) 育苗期施用：利用無特定病原之草莓母株，搭配每 1-2 週施用 400 倍稀釋之液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 水懸劑，培育健康草莓苗；(3) 消毒栽培介質或田土：利用瓦斯熱水器消毒栽培介質（高架栽培），或藉由淹水、添加有機質及

覆蓋透明塑膠布對田土進行殺菌處理。最後再施用 400 倍稀釋之液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 水懸劑於消毒後之栽培介質及田土，利用有益微生物先行布滿占據炭疽病菌可能感染草莓之生態區塊，防止炭疽病菌滋生繁殖；(4) 移植前使用：草莓幼苗若為杯苗或穴管苗，可以 400 倍稀釋之液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 水懸劑澆灌後移植至本田。草莓幼苗若為裸根苗，可以 400 倍稀釋之液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 水懸劑浸泡後移植至本田；(5) 移植後使用：草莓植株移植至本田後，每 1-2 週以 400 倍稀釋之液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 水懸劑噴灑或滴灌於地上部或地下部。每分地使用液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 水懸劑 6 個月所增加成本不超過 1,800 元，卻可減少約 25,300 元的損失支出（包含每分地補植草莓苗約 20,500 元，補植工資 4,800 元）。



圖 4. 利用液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2 培育健康草莓種苗，配合田土消毒技術及田間衛生管理，有效防治草莓炭疽病。



圖 5. 未處理之對照田區，其草莓苗缺株嚴重。

三、生物刺激素的應用方法

生物刺激素可以應用於農業生產的不同階段，包括種子處理、植物生長期間以及採收後處理等。以殼聚糖 (chitosan) 為例，印度藏茴香種子以殼聚糖作滲調處理後在鹽分逆境 (12 dS/m) 下仍可順利發芽。利用殼聚醣作種子粉衣可以改變種子質膜的滲透性、增加糖和脯氨酸的含量、提高過氧化物酶活性。研究指出，逆境導致植物中脯氨酸的過量生產，進而通過維持細胞膨大或滲透壓平衡而賦予對逆境的耐受性。穩定膜，從而防止電解質滲漏；並使活性氧 (ROS) 的濃度在正常範圍內，從而防止植物細胞被氧化破壞。在菜豆 (*Phaseolus vulgaris*) 葉片的正反兩面噴灑 0.15% (w/v) 殼聚醣能夠激活植物自身的防禦機制以抵抗病原體的侵襲，並減少蒸散作用和氣孔開放。研究顯示，殼聚醣通過誘發過氧化氫 (H_2O_2) 的信號來觸發氣孔關閉。殼聚醣亦可以誘導各種植物組織積累木質素、癒傷葡聚糖、植物防禦素等，有助於提升植物防禦機制。殼聚醣也有抗菌功效，其可能機制為：殼聚醣的正電荷與病原真菌細胞膜的帶負電的磷脂成分相互作用，進而改變細胞膜的通透性並引起細胞內物質的滲漏，因此導致細胞死亡。殼聚醣與金屬離子螯合，與微量元素結合後，它使真菌無法獲得必需的營養物質從而中斷其正常的生長。在田間條件觀察施用殼聚糖對草莓果實的生長、果實產量和抗氧化活性的影響。與未處理的對照相比，在草莓上葉面施用殼聚醣可顯著提高植物生長和果實產量 (最高可提高 42%) (Rahman et al., 2018)。產量的增加歸因於較高的植物生長、單果重和單株總果重。與未處理的對照相比，噴灑殼聚糖的植物果實中的類胡蘿蔔素、花青素、類黃酮和酚類的含量也明顯更高 (高達 2.6 倍)。殼聚醣處理過的植物果實中的總抗氧化劑活性也顯著高於未處理的對照 (約 2 倍)。採收後的草莓浸泡殼聚醣溶液可延長其儲架壽命。施用殼聚醣至土壤可以改變根際微生物的族群數量，因其為含氮的多糖，可促進木黴菌屬、曲霉菌屬、枯草桿菌、放線菌與蘇力菌的生長，進而改善土壤的微生物族群。

參考文獻

1. 黃振文、葉彥良。2001。土壤添加金針菇堆肥促進微生物分解丁基拉草的證據。植物病理學會刊 10: 45-54。
2. 張峻齊、何玲玲。2020。全球生物刺激素領域之產業發展與應用現況。農業科技決策資訊平台 <https://agritech-foresight.atri.org.tw/article/list/13/>
3. 農藥資訊服務網。2021.03。
https://pesticide.baphiq.gov.tw/web/Insecticides_MenuItem5_3.aspx
4. Chen, H. W., Lin, Y. H., Huang, J. W., and Chang, P. F. 2010. Effect of *Bacillus mycooides* on seedlings growth of lettuce. Plant Pathol. Bull. 19: 157-165.
5. Chiou, A. L. and Wu, W. S. 2003. Formulation of *Bacillus amyloliquefaciens* B190 for control of lily grey mould (*Botrytis elliptica*). J. Phytopathol. 151: 13-18.
6. Hsieh, F. C., Li, M. C., Lin, T. C. and Kao, S. S. 2004. Rapid detection and characterization of surfactin-producing *Bacillus subtilis* and closely related species based on PCR. Curr. Microbiol. 49:186-191.
7. Hsieh, F. C., Lin, T. C., Li, M. C., and Kao, S. S. 2008. Comparing methods for identifying *Bacillus* strains capable of producing the antifungal lipopeptide iturin A. 2008. Curr. Microbiol. 56:1-5.
8. Huang, H. C., and Erickson, R. S. 2007. Effect of seed treatment with *Rhizobium leguminosarum* on Pythium damping-off, seedling height, root nodulation, root biomass, shoot biomass and seed yield of pea and lentil. J. Phytopathol. 155: 31-37.
9. Idris, E. E., Bochow, H., Ross, H. and Borriss, R. 2004. Use of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent. VI. Phytohormone-like action of culture filtrates prepared from growth-promoting *Bacillus amyloliquefaciens* FZB24, FZB42, FZB45 and *Bacillus subtilis* FZB37. J. Plant Dis. Prot. 111: 583-597.
10. Mahdavi, B., and Rahimi, A. 2013. Seed priming with chitosan improves the germination and growth performance of ajowan (*Carum copticum*) under salt stress. Eurasia J. Biosci. 7: 69-76.
11. Rahman, M., Mukta, J. A., Sabir, A. A., Gupta, D. R., Mohi-Ud-Din, M., Hasanuzzaman, M., Miah, M. G., Rahman, M., and Islam, M. T. 2018. Chitosan biopolymer promotes yield and stimulates accumulation of antioxidants in strawberry fruit. PLOS ONE 13(9): e0203769. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203769>

7 / 天然植物萃取物

謝廷芳

在自然界中，大多數的植物體內富含許多特殊的抑菌物質，具有特定的生物活性，可抑制多種植物病原菌，是開發植物源保護製劑 (natural plant protectants derived from plants) 或植物源農藥 (botanical pesticides) 的天然素材。植物源保護製劑或植物源農藥屬於生物農藥範疇的一個分支，為利用植物所含的穩定有效成分，按一定方法對目標植物進行施用後，以降低病、蟲、雜草等有害生物危害的一種天然植物源植物保護製劑。植物源保護製劑成分複雜多變，通常是植物有機體的一部份或全部，依植物種類與來源不同，可能含有生物鹼、糖苷、毒蛋白質、揮發性香精油、單寧、樹脂、有機酸、酯、酮、萜等各類物質。

全世界可作為植物源保護製劑應用的植物約有二千種以上。就中國大陸而言，多數是由中草藥中發掘出來的，其中已知可用於調配植物源保護製劑的植物種類約 500 種。植物源保護製劑的種源十分廣泛而豐富，但被利用者微乎其微，僅魚藤酮、苦參鹼、煙鹼、楝素、藜蘆鹼、茴蒿素、木煙鹼、苦皮藤素、苦豆子總鹼等被少數農藥公司所開發生產，用於防治作物害蟲。中國大陸利用植物性資材防治作物病蟲害已經有二百多年的歷史，但真正有目的、科學地進行開發利用則是近二十年的事。目前中國大陸用於防治作物病害的植物主要有大蒜、板藍根、商陸、大黃、連翹、苦楝等幾十種；有些天然植物成分已被研發成商品，如市售的大蒜素、中草

藥製劑「912」、MH11-14 可濕性粉劑等，並推廣給農民使用。依據我國科技政策中心科技產業資訊服務-熱點專輯的資料，中國大陸在 1987-2004 年間已登錄核可的植物源農藥專利達 196 項。另外，德國研究利用虎杖 (*Reynoutria sachalinensis*) 萃取液對數種作物之白粉病及灰黴病有良好的防治效果，並在美國以商品名 Milsana® 登錄使用。本文旨在廣泛蒐集有關植物萃取物抑制植物病原菌或防治植物病害的效果，並提出目前發展的現況，並分享本所在開發植物源保護製劑的成果，以饗讀者。

植物萃取物的抑菌效果

植物萃取物防治作物病蟲害是開發植物源保護製劑或植物源農藥的初階研究。目前研究植物萃取物防治作物病害的成果頗多，經歸納可分成二大類，第一類為直接使用萃取抗菌物質或含抗菌成分的萃取液抑制病原菌生長，第二類為利用植物萃取物可誘導植物產生抗病性而防治病害的發生。

一、直接抑制病原菌生長

於健康植物體內固存一些抗菌物質，當病原菌侵染時，產生具抗菌活性的水解產物，當該類植物體以適當的方法萃取其抗菌物質，可用於抑制植病病原菌的研究。國外在植物萃取液的抑菌特性研究上著墨甚多，在真菌方面，如苦楝葉萃取液對數種真菌孢子、細菌均有抑制發芽或靜菌作用；黃堇 (*Corydalis chaerophylla*) 之根葉萃取液含 berberine，可抑制多種真菌孢子發芽；胡椒科植物華撥 (*Piper longum*) 果實萃取液 1,000 倍可完全抑制小麥赤銹病菌 (*Puccinia recondite*) 孢子發芽；鳳梨百合 pineapple lily (*Eucomis autumnalis*) 鱗莖粗萃取液，可完全抑制豌豆褐斑病菌 (*Mycosphaerella pinodes*) 孢子發芽；具揮發性的抑菌物質大蒜素 allicin (diallyl thio sulphinate) 合成於大蒜組織受傷時，大蒜素可有效防治胡蘿蔔

種子傳播病害 (*Alternaria* spp.)、番茄和馬鈴薯晚疫病 (*Phytophthora infestans*)、水稻稻熱病 (*Pyricularia grisea*(Cooke) Sacc) 及阿拉伯芥 (*Arabidopsis thaliana*) 露菌病 (*Peronospora brassicae*)；丁香羅勒油與香茅油在 250 ppm 下可完全抑制白粉病菌 (*Erysiphe polygoni*) 孢子發芽；土壤中添加 10% 的辣椒/芥菜精油、70% 丁香油乳劑可分別降低 99.9% 和 97.5% 的菊花萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *chrysanthemi*) 孢子數量，然而 90% 苦楝油乳劑則會增加病原菌族群數量。在細菌方面，紅辣椒萃取液含 meta-coumaric 和 trans-cinnamic acids，對細菌性軟腐病菌 (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) 的生長具抑制作用；芫荽、刺芫荽和苦瓜萃取液可抑制 *Erwinia* 屬細菌的生長，而蜜果 (*Melicocca bijuga*) 對香蕉的 *Pseudomonas* 細菌具抑制作用。在病毒方面，南美紫茉莉 (*Mirabilis jalapa*) 葉片萃取液完全抑制茄子 (*Solanum melongena*) 的胡瓜嵌紋病毒 (*Cucumber mosaic cucumovirus*, CMV)，而雜草 *Clerodendrum aculeatum* 的部分純化葉萃取液 2:1 濃度連續噴布大豆植株六次後，可明顯抑制大豆嵌紋病毒 (*Soybean mosaic potyvirus*, SMV) 的為害。

植物精油使用於防治貯藏期病害是相當具吸引力的，大多數研究植物精油對植物病原真菌抑菌能力的報告都以測定菌絲生長與孢子發芽之抑制作用為主。在抑制菌絲生長方面，如肉桂及丁香油在 0.03–0.11% (v/v) 下可抑制 *Fusarium proliferatum*、*Lasiodiplodia theobromae* 和 *Colletotrichum musae* 等引起香蕉冠腐及炭疽病的病原菌菌絲生長；百里香精油在 0.06% 下可讓 *C. gloeosporioides* 和 *Rhizopus stolonifer* 二者的菌絲停止生長，而 0.05% 的香茅精油和 0.4% 的肉桂精油對香蕉炭疽病菌 *C. musae* 和木瓜炭疽病菌 *C. gloeosporioides* 具有殺菌效果 (fungicidal effect)。植物精油包括 *Lippia sidoides*、丁香羅勒 (*Ocimum gratissimum*)、馬鞭草檸檬桉 (*Lippia citriodora*) 和香茅在 1,000 μ l/L 下可完全抑制炭疽病菌 (*C. gloeosporioides*) 菌絲生長，而柑桔油在 150 μ g/mL 可完全抑制芒果炭疽

病菌菌絲生長。亦有一些報告利用精油的揮發性物質來達到抑菌的功效，如百里香精油在 76 $\mu\text{l/L}$ 下的揮發氣體可完全抑制炭疽病菌 (*Colletotrichum acutatum*) 的菌絲生長。亞香茅 (*Cymbopogon nardus* L.)、羅勒 (*Ocimum basilicum* L.)、檸檬桉 (*Corymbia citriodora*) 和白豆蔻 (*Elettaria cardamomum* Maton) 等精油在 0.03–0.66% (v/v) 下對 *L. theobromae*、*F. proliferatum* 和 *C. musae* 具靜菌作用 (fungistatic effect)，而在 0.05–0.66% (v/v) 下有殺菌效果。在抑制孢子發芽方面，50 mg/L 的芥子精油 (mustard oil) 抑制 70.8% 炭疽病菌孢子發芽，而羅勒精油則抑制 64.7% 孢子發芽。七種植物精油抑制咖哩炭疽病菌 (*C. gloeosporioides*) 孢子發芽與發芽管長度，發現不同精油的抑菌濃度不一，柑桔油在 1,360 mg/L 時達最大抑制量，其次為 1,720 mg/L 的香茅油和 2,260 mg/L 的薄荷精油。1,000 $\mu\text{l/L}$ 的精油包括 *Lippia sidoides*、丁香羅勒、馬鞭草檸檬桉、香茅和番石榴 (*Psidium guajava* var. *pomifera*) 等具有完全抑制炭疽病菌孢子發芽的效果。肉桂與丁香精油對黑胡椒 (*Piper nigrum* L.) 炭疽病菌 (*C. gloeosporioides*) 孢子發芽的半致死濃度小於 650 mg/L。精油對炭疽病菌 (*C. gloeosporioides* 和 *C. musae*) 孢子的殺菌作用主要是使細胞解體或退化而導致孢子無法發芽。

國內對植物萃取液的抑菌能力測定亦有諸多研究，農業試驗所的研究團隊測試評估 33 科 67 種植物萃取液對蕁蘭細斑病菌 (*Fusarium proliferatum*)、百合灰黴病菌 (*Botrytis elliptica*) 和及小白菜炭疽病菌 (*Colletotrichum higginsianum*) 的孢子發芽影響，其中以山韭菜及大風子抑制孢子發芽的效果最佳。何等人亦篩選 64 種植物萃取液，發現其中的 23 種對甘藍黑斑病菌 (*Alternaria brassica*)，14 種對火鶴花花腐病菌 (*Corynespora cassicola*) 孢子發芽有抑制效果。另發現扛板歸的萃取液，對甘藍黑斑病菌孢子發芽有非常強的抑制作用，而且不同地方採集的材料，抑菌程度也不同。Muto 等人評估 14 種臺灣原住民鄒族常用藥用植物

之水溶液與酒精抽出物的抗菌活性，發現龍葵 (*Solanum nigrum*) 的水與酒精萃取物均能完全抑制十字花科蔬菜黑斑病菌 (*A. brassicicola*) 的孢子發芽；新鮮琉球鐵線蓮 (*Clematis tashiroi*) 與新鮮山葛 (*Pueraria montana*) 水萃取物可抑制白菜炭疽病菌 (*C. higginsianum*)；而新鮮琉球鐵線蓮水萃取物亦可抑制番茄晚疫病菌 (*Phytophthora infestans*)。

二、誘導植物抗病性

目前多數研究指出，植物的系統性抗病能力可被誘導，抗病性的發生與植物體產生抗菌物質—植物防禦素 (phytoalexin) 有關。此類抗菌物質只有當植物受外來的刺激物質如微生物、紫外光或其他化學物質刺激時才被誘導產生。

在植物萃取液誘導作物抗病性的報告頗多，如油菜、萵苣、豌豆、煙草、番茄、玉米、小麥和胡瓜的葉片酒精萃取液可誘導胡瓜抗炭疽病；利用苦楝 (*Azadirachta indica*) 葉水萃取液可以有效防治大麥葉條病 (*Drechslera graminea*)，經處理的大麥葉片含 phenylalanine ammonia lyase 和 tyrosine ammonia lyase 酵素活性明顯增加，並累積抑菌的酚化合物，但病原菌的孢子發芽不受苦楝萃取液的影響，顯示其作用機制在於間接誘導植物抗病性。以 2% 虎杖 (*R. sachalinensis*) 水溶性萃取液每星期噴布於胡瓜植株上，噴施後植體葉片的抑菌物質酚化合物會累積，進而抵抗白粉病菌的入侵；另外，鹿蹄草 (*Pyrola calliantha*) 萃取液可增加胡瓜葉片中過氧化酵素及幾丁質分解酵素的含量，進而抑制細菌性斑點病 (*Pseudomonas syringae* pv. *Lachrymans*) 的發生。洋剪秋羅 (*Lychnis viscaria*) 種子萃取液含有不同的 brassinosteroids 可誘導植物產生抗病性，以 0.5–1 mg/L 乾粉水萃取液可促進煙草、胡瓜和番茄對病毒及真菌病原的抗性達 36%。

三、植物萃取物防治植物病害的效果

國外利用植物萃取物防治作物病害的例子不少，日本大黃 (*Rheum undulatum*) 萃取物可濕粉製劑 (RK) 2,000 倍稀釋液，對胡瓜白粉病有 75–100% 的防治率；虎杖 (*R. sachalinensis*) 萃取液對數種作物之白粉病及灰黴病具有良好的防治效果；大豆植株噴布 1% 指甲花 henna (*Lawsonia inermis*) 葉片萃取液混合 0.1% 明礬可降低大豆炭疽病 (*Colletotrichum truncatum*) 的發生；馬纓丹 (*Lantana camara*) 的花萃取液可降低由 *Aspergillus niger* 引起的番茄果腐病，也降低因 *Drosophila busckii* 造成傷害導致的果腐；苦楝葉的酒精萃取液及種子的油萃取液明顯降低稻熱病菌 (*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc) 孢子發芽及稻熱病的發生；含洋香瓜萎凋病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *melonis*) 病土先以 5% 和 10% 的荊椒/芥菜和丁香油乳劑處理一星期後，可顯著降低幼苗死亡率。由 *Bougainvillea spectabilis* 和 *Prosopis chilensis* 萃取的抗病毒蛋白可有效地降低向日葵與豇豆的向日葵壞疽病毒 (*sunflower necrosis virus*)。

另外，國際上許多植物病理學者利用植物油或礦物油來防治作物病害，如橄欖油 (olive oil)、菜籽油 (rapeseed oil)、苦楝油、Stylet-oil 可防治白粉病；1% 乳化礦物油可防治胡瓜白粉病，但過高的濃度則易引起藥害。施用的方式多半將油脂以展著劑乳化後噴施於葉部或灌注於土壤中，以每週施用一次最普遍。可見植物萃取物可廣泛用於作物病害的防治用途上。而利用植物精油防治植物病害之報告亦不少，如黃色百香果 (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) 浸於 120 mg/L 香茅油溶液中 2 分鐘可防治由 *C. gloeosporioides* 引起的炭疽病，木瓜果實浸於 0.12% (w/w) 百里香精油和 0.1% (w/w) 墨西哥萊姆精油溶液中可預防炭疽病為害達 50%，而 250 μ L/L 芥子精油和羅勒精油分別降低芒果果實炭疽病達 79.9% 和 66.7%。多數報告利用精油處理果實時都輔以佐劑配方或配合其他措施，以加強精油的防病效力，如木瓜浸於分別含 0.1% 百里香或 0.5%

墨西哥萊姆精油的牧豆樹膠乳劑 (mesquite gum emulsion) 中，可完全防治炭疽病的發生。然而，使用精油防治果實炭疽病常會造成藥害的發生，如由丁香芽和葉片萃取的精油造成中度毒害，而由肉桂樹皮和葉片萃取的精油則產生嚴重毒害。百香果果實浸泡於 120 mg/L 香茅油中造成 33.3% 果實之果皮發生褐變，250 mg/L 時引起 76.6% 果實褐變，而 500 mg/L 時則發生 100% 褐變，嚴重影響外觀與品質，且高濃度精油處理之下使果皮褐變而罹病化，導致罹病指數偏高。

國內利用植物萃取物防治病害的例子亦不在少數，如臺中區農業改良場曾大力推行利用天然植物資材，如大蒜、辣椒、木醋液等來防治作物病蟲害的發生。另外，花蓮改良場亦曾測試多種植物油對防病忌蟲的效果，其中以丁香油及肉桂油之效果最佳。中興大學黃振文教授以甘藍下位葉及菸葉渣為主要成份，製造液體的中興 100 (CH 100) 植物健素，可防治許多種植物病害，包括韭菜銹病、瓜類白粉病及馬鈴薯軟腐病，而且已經商品化。黃氏的團隊研究發現 0.5% (w/v) 的丁香及其主要抑菌成分丁香酚有防治甘藍立枯病的功效；測試 103 種藥用植物的萃取液後，發現蘿蔔種子及大黃的萃取液，均可有效降低萵苣褐斑病的發病率；另外，以龍葵根的乙醇萃取液亦可有效防治白菜黑斑病。農試所亦發現大風子酒精萃取液 200 倍稀釋液可抑制白菜炭疽病菌之孢子發芽率，亦可降低此病之發病率（圖 1）；直接利用橙花、依



圖 1. 大風子萃取液 200 倍稀釋液可防治白菜炭疽病的發生。

蘭、花梨木與天竺葵等植物精油可有效降低蝴蝶蘭灰黴病的發生。另外，中興大學蔡東纂教授以天人菊根萃取液處理根瘤線蟲 24 小時後，可 100% 殺滅線蟲，種植天人菊或將天人菊植株混拌於土壤中，皆可大幅降低土壤線蟲族群密度。

植物萃取物開發植物源保護製劑

植物萃取物是開發植物源保護製劑或植物源農藥的材料。植物源農藥具有環境友善、符合農業永續、易於生物分解、可降低病蟲害發生、有機可用及可納入綜合管理體系之中等特性與優點，廣受研究人員青睞與投入研究。開發植物源農藥均由評估植物萃取物的抑菌效果及分析抑菌成分著手，再進行製劑研發，並評估田間病害防治之藥效。除中國大陸提出超過 20 種已開發的植物源農藥之外，目前國外登記用於防治植物病害的商品尚不多見，計有具廣效性的 30% cinnamaldehyde 之可濕性粉劑，29.2% gamma-aminobutyric acid 與 29.2% L-glutamic acid 複合劑防治葡萄白粉病和核果類作物的褐腐病 (*Monilia* sp.) 與穿孔病 (*Stigmia carpophila*)，荷荷巴油 (jojoba oil) 預防觀賞植物的粉蝨和白粉病，褐藻多糖 (laminarin) 防治小麥白粉病，中草藥博落回 (*Macleaya cordata*) 1.5% 水溶液作為抗病誘導劑，日本大黃可濕粉製劑 (RK) 防治胡瓜白粉病，虎杖 (*Reynoutria sachalinensis*) 萃取液 (商品名：Milsana[®]) 防治作物之白粉病及灰黴病 (表 1)。而國內成功開發用於防治植物病害的植物源農藥或天然植物保護製劑計有中興 100 (CH 100) 植物健素防治多種植物病害，乳化葵花油 (商品名：葵無露) 防治作物白粉病，五倍子中草藥製劑 (活力能) 防治作物炭疽病，以及肉桂油微乳劑 (商品名：黑修羅) 防治蔬菜黑斑病與根瘤線蟲等。

表 1. 植物源保護製劑商品化後之主成分及商品名

主成分	商品名	防治對象
30% cinnamaldehyde	Vertigo 可濕性粉劑	廣泛
30% cinnamaldehyde	Cinnacure A3005	廣泛
Gamma-aminobutyric acid (GABA) (29.2%) + L-glutamic acid (29.2%)		葡萄白粉病 核果類作物褐腐病、穿孔病
荷荷巴油 (Jojoba oil)	jojoba oil	觀賞植物粉蝨和白粉病
褐藻多糖 (Laminarin)		誘導葡萄植株對灰霉病和露菌病之抗性
Sanguinaine 和 Chelerythrine	中草藥博落回萃取物 1.5% 水溶液	植物抗病性誘導劑
孕烷苷 (Pregnane glycosides)	隔山消可濕性粉劑	大麥及草莓白粉病
日本大黃萃取物	日本大黃可濕粉製劑 (RK)	胡瓜白粉病
虎杖乾抽出物	Milsana®	胡瓜、玫瑰白粉病
甘藍下位葉及菸葉渣	中興 100 (CH100) 植物健素	韭菜銹病、梅黑星病

病害防治應用實例

目前實際應用天然植物成分防治作物病害的成果有限，多數研究僅局限於實驗室內的抑菌測定與溫室防病試驗階段，未來應加強評估田間的防病成效，並完備各項農藥登記應備資料，以順利將植物源農藥商品化。利用天然植物成分據以研發植物源農藥，用於防治植物病害的潛力無窮，是防治植物病害的另一新的研究課題。

一、虎杖萃取物誘導作物抗白粉病

以 2% 虎杖 (*Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai.) 水溶性萃取液每星期噴布於胡瓜植株上，噴施後植體葉片的抑菌物質酚化合物會累積，進而誘導寄主植物抵抗白粉病菌的入侵，而達到防治白粉病的目的。另外，虎杖萃取液對數種作物之白粉病及灰黴病亦具有良好的防治效果。目前已於美國登錄為植物源殺菌劑，商品名為 Milsana®，重覆噴施 Milsana® 可使葉片變得翠綠及光滑，但亦變得易碎。而日本虎杖 (*R. japonica*) 之酒精萃取液可顯著降低甜瓜離葉接種白粉菌所造成的發病面積率，溫室試驗以稀釋 500–1,000 倍防治甜瓜白粉病的效果最佳，發病度 14.2% 以下，與對照組 61.5% 具有顯著差異 ($P < 0.05$) (圖 2)。

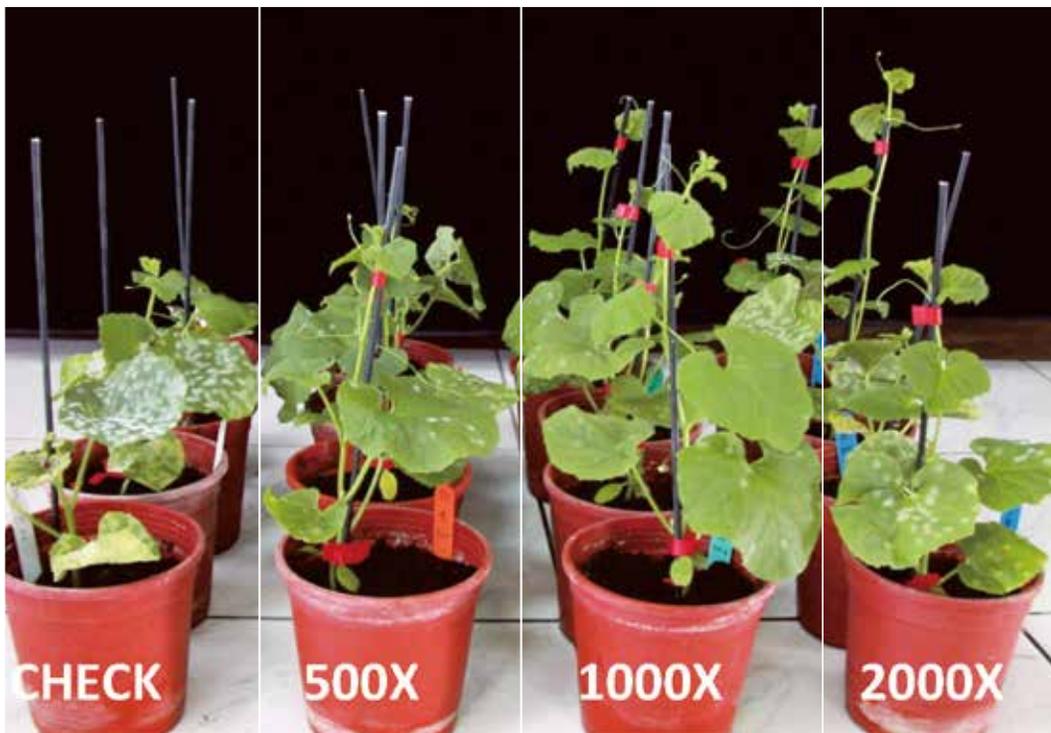


圖 2. 日本虎杖酒精萃取液稀釋 500 倍及 1,000 倍可有效防治甜瓜白粉病之發生。

二、中草藥植保製劑防治作物炭疽病

農試所調配合五倍子 (*Rhus chinensis*)、仙草 (*Mesona chinensis*)、山奈 (*Kaempferia galangal*) 及薑黃 (*Curcuma longa*) 等數種有效的中草藥植物萃取液調配而成的「活力能」植保製劑 (已獲國內專利 I 293242) 可有效防治作物炭疽病。將植保製劑的 1,000 及 2,000 倍稀釋液，分別於接種前二天、當天及接種後二天噴佈於培育在 24°C 生長箱 (16 h day/8 h night) 中二星期的白菜葉片上。結果發現於病原菌接種的前二天或同時處理「活力能」植保製劑的 1,000 與 2,000 倍稀釋液均可減少 ($P < 0.05$) 炭疽病的發生 (圖 3)；然而，接種後二天處理植保製劑時，僅能降低發病面積率，卻無法有效降低炭疽病的單位病斑數，亦即植保製劑可抑制病斑的進展。另外，以「活力能」植保製劑的 1,000 倍稀釋液浸泡市售的芒果，七天後發現處理組可顯著降低芒果炭疽病的發生 (圖 4)。



圖 3. 中草藥植保製劑「活力能」1,000 倍稀釋液防治白菜炭疽病的發生 (近照) (圖左為對照組，圖右為處理組)。

由系列分析「活力能」植保製劑的主要抑菌成分，發現五倍子所含的 gallic acid 和 methyl gallate 是主要的抑菌成分，其半數抑菌濃度 (half maximal inhibitory concentration) 分別為 $IC_{50} = 22.59 \mu M$ 和 $IC_{50} = 1.28 \mu M$ ，而「活力能」植保製劑含有 3.4% 的 gallic acid。

三、葵花油乳劑防治作物白粉病

多年前農試所與夏威夷大學合作下，將一般食用的葵花油經過適當的乳化後製成「葵無露」乳劑，稀釋成 1,000 倍溶液時可以降低番茄白粉病 (*Oidium neolycopersici*) 約 50%，使用稀釋倍數在 200–500 倍時可以降低病害至 10–20%。在田間實驗時，每週噴施一次時，對番茄 (圖 5)、瓜類 (圖 6)、枸杞等作物的白粉病均有良好的預防效果。此外，它對銹病、露菌病亦有相當的抑制功效，尤其在設施內施行預防性防治使用時，效果最佳。



圖 4. 中草藥植保製劑「活力能」1,000 倍稀釋液可抑制芒果炭疽病的發生 (圖左為對照組，圖右為處理組)。



圖 5. 田間施用「葵花油乳劑」防治番茄白粉病的效果 (圖右為處理組)。



圖 6. 田間噴施「葵無露」防治甜瓜白粉病的情形 (圖左為對照組，圖右為處理組)。

葵花油稀釋液噴布於植株上時，會在植物體表面形成一種薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長（圖 7），且有減少植物水分散失的功效，但它不會影響植物的呼吸作用及光合作用。因此，食用油不但兼具病害防治與增強光合作用效能的雙重功效，而且對環境無毒無害，符合有機生產需求及環保概念，生產成本極低的一種實用性的防病技術。

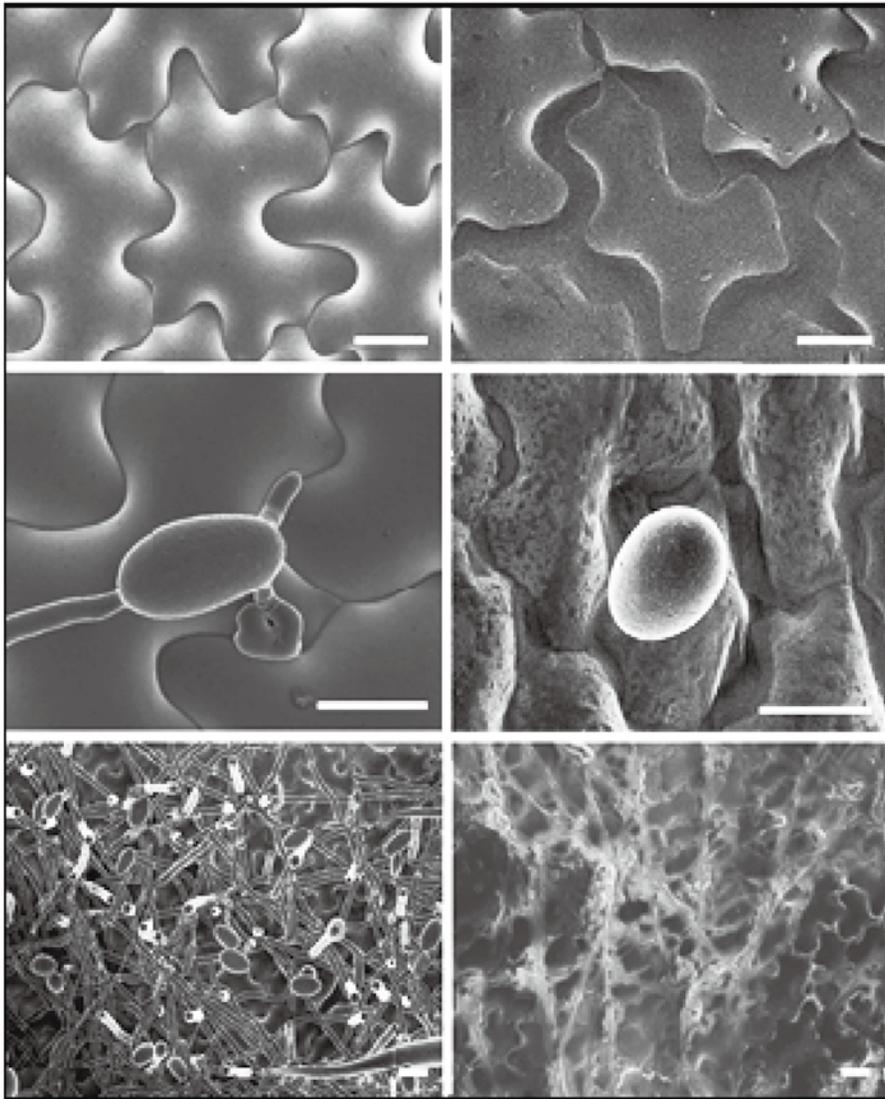


圖 7. 「葵無露」防病機制為形成保護膜免於病原菌入侵，並隔離空氣使病原菌無法生長與產孢。(圖左為對照組；圖右為處理組)

四、肉桂油微乳劑防治蔬菜黑斑病與根瘤線蟲

以微乳化技術，將萃取自肉桂精油與皂素調配成天然植物保護製劑—「黑修羅」微乳劑，並測試其抑菌能力及防病效果。結果顯示「黑修羅」微乳劑 1000 倍稀釋液具有抑制蝴蝶蘭灰黴病菌 (*Botrytis cinerea*) 及十字花科蔬菜黑斑病菌 (*Alternaria brassicicola*) 孢子發芽的功效。溫室試驗中，「黑修羅」微乳劑 1000 倍稀釋液具有降低蝴蝶蘭灰黴病與減輕半結球高苣 *Alternaria* 黑斑病之效果 (圖 8)。另外，以 5,000 倍稀釋液處理南方根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*) 的卵塊及二齡幼蟲，結果顯示，卵孵化率為 30.6%，而二齡幼蟲致死率達 98%；以同濃度稀釋液灌注番茄根部，可顯著降低根瘤線蟲引起根部結瘤指數 (由 2.8 降至 1.2) (圖 9)。耐貯藏性試驗發現，「黑修羅」微乳劑穩定性高，經 $54 \pm 2^\circ\text{C}$ 貯放 14 天後，仍保有良好之製劑穩定度。



圖 8. 「黑修羅」防治半結球高苣 *Alternaria* 黑斑病之效果 (圖左為處理組，圖右為對照組)。

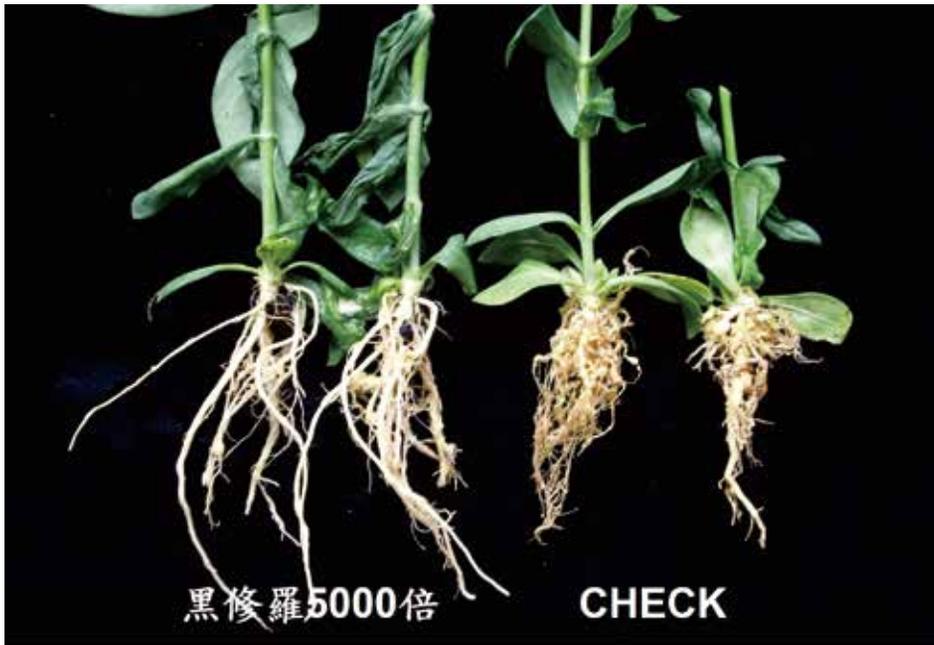


圖 9. 肉桂油微乳劑「黑修羅」防治洋桔梗根瘤線蟲之效果。

五、香茅油微乳劑防治作物灰黴病

有鑑於台灣冬春季低溫多濕環境下常發生作物之灰黴病，農民慣行以化學農藥噴施防治，然病原菌亦產生抗藥性，使多數化學農藥之防治效果不彰。本項微乳劑仍依據植物病原菌 *Botrytis cinerea* 和 *B. elliptica* 侵染植物組織之特性，開發抑制該類灰黴病菌孢子發芽之植物保護製劑，稀釋 2000 倍噴施於植物葉片，可有效防治百合 (圖 10)、玫瑰、文心蘭及蝴蝶蘭等灰黴病之發生。

結語

應用植物萃取物具有抑制植物病原菌及可以誘導植物產生抗病性的現象，據以研發植物源保護製劑，是現今的熱門課題，世界各地的研究人

員正積極進行相關研究。目前已有少數植物源農藥問市，例如由虎杖 (giant knotweed) 的萃取物研製而成的 Milsana® 製劑和由藍綠藻萃取的褐藻多糖 Laminarin 製劑，均推薦於防治作物白粉病及灰黴病之用。該二種製劑的防病原理為誘導植物體產生系統性抗病的功效，值得群策群力發展此一尚待開發的領域。筆者多年來已開發多項天然植物保護製劑，如研究團隊成功技轉黑修羅 (肉桂油微乳劑)、活力能 (五倍子中草藥植保製劑) 及「葵無露製劑調製技術」等。分析植物萃取物的抑菌與誘導抗病成分，可從中發現病害防治的新化學物質或成分，提供作物病害防治研究的新發展方向，開創植物病害防治研究的新領域，更可放眼國際市場，為我國農業研究開拓除化學農藥之外的另一扇作物病害防治之門。



圖 10. 香茅油微乳劑防治百合灰黴病的效果 (圖左上葉片為處理組，下葉片為對照組；圖右上為對照組，下為處理組)。

參考文獻

1. 何婉清、李惠玲、李智緯、吳宗諭、李興進。2002。抑菌植物材料的篩選。植保會刊 44: 365。
2. 何婉清、吳宗諭。2002。影響扛板歸抑菌效果的因子。植保會刊。44: 364-365。
3. 林俊義、安寶貞、張清安、羅朝村、謝廷芳。2004。作物病害之非農藥防治。再版。行政院農業委員會農業試驗所編印。霧峰。台中。53 頁。
4. 黃鴻章、黃振文、謝廷芳。2017。永續農業之植物病害管理。五南圖書出版股份有限公司出版。台北。292 頁。
5. 陳俊宏、謝廷芳。2005。植物精油抑制灰黴病菌孢子發芽與防治蝴蝶蘭灰黴病之效果。植病會刊 14: 257-264。
6. 陳哲民。1996。植物油抑制植物病原真菌孢子發芽之效果。花蓮區農業改良場研究彙報 12: 71-90。
7. 謝廷芳、黃晉興、胡敏夫。2003。大風子抽出液防治白菜炭疽病的效果。植病會刊 12: 278-279 (摘要)。
8. 謝廷芳、黃晉興、謝麗娟、胡敏夫、柯文雄。2005。植物萃取液對植物病原真菌之抑菌效果。植病會刊 14: 59-66。
9. 謝慶芳。1999。天然藥劑與病害控制。興大農業 30: 14--17。
10. 顏志恒、許晴情、謝廷芳。2017。肉桂油乳劑防治番茄南方根瘤線蟲之田間藥效試驗。植物醫學 59: 5-12。
11. Cheah, L. H. and J. K. Cox. 1995. Screening of plant extracts for control of powdery mildew in squash. p.340-342. In: Proceedings of the 48th New Zealand Plant Protection Conference. 8-10 August, 1995. Hastings, New Zealand.
12. Daayf, F., A. Schmitt and R. R. Bélanger. 1995. The effects of plant extracts of *Reynoutria sachalinensis* on powdery mildew development and leaf physiology of long English cucumber. Plant Dis. 79:577-580.
13. Das, K., R. K. S. Tiwari and D. K. Shrivastava. 2010. Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: Current methods and future trends. J. Med. Plants Res. 4: 104-111.
14. Huang, J. W. 1994. Control of Chinese leek rust with a plant nutrient formulation. Plant Pathol. Bull. 3: 9-17.

15. Huang, J. W. and W. C. Chung. 2003. Management of vegetable crop diseases with plant extracts. p.153–163. *In*: Huang, H. C. and S. N. Acharya (eds.). *Advances in Plant Disease Management*. Research Signpost, Kerala, India.
16. Ko, W. H., S. Y. Wang, T. F. Hsieh and P. J. Ann. 2003. Effects of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. *J. Phytopathol.* 151: 144–148.
17. Konstantinidou-Doltsinis, S. and A. Schmitt. 1998. Impact of treatment with plant extracts from *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai on intensity of powdery mildew severity and yield in cucumber under high disease pressure. *Crop Prot.* 17: 649–656.
18. Kuo, P.-C., Hsieh, T.-F., Lin, M.-C., Huang, B.-S., Huang, J.-W., and Huang, H.-C. 2015. Analysis of antifungal components in the galls of *Melaphis chinensis* and their effects on control of anthracnose disease of Chinese cabbage caused by *Colletotrichum higginsianum*. *Journal of Chemistry*, vol. 2015, Article ID 850103, 12 pages, 2015. doi:10.1155/2015/850103. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/850103> (Accepted 15 September 2014)
19. McGrath, M. T. and N. Shishkoff. 2000. Control of cucurbit powdery mildew with JMS Stylet-Oil. *Plant Dis.* 84: 989–993.
20. Muto, M., H. Takahashi, K. Ishihara, H. Yuasa and J. W. Huang. 2005a. Antimicrobial activity of medicinal plants used by indigenous people in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 14: 13–24.
21. Paik, S. B., S. H. Kyung, J. J. Kim and Y. S. Oh. 1996. Effect of a bioactive substance extracted from *Rheum undulatum* on control of cucumber powdery mildew. *Korean J. Plant Pathol.* 12: 85–90.
22. Pasini, C., F. D'Aquila, P. Curir and M. L. Gullino. 1997. Effectiveness of antifungal compounds against rose powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) in glasshouses. *Crop Prot.* 16: 251–256.

8 / 栽培管理

黃晉興、謝廷芳、安寶貞、林筑蘋

植物病害的發生是一定要有三個要件同時存在與相互配合，分別是：感病的寄主、強毒性的病原、適合病害發生之環境因子，因此只要能打破此種密切的三角關係，諸如增強寄主抗性、降低病原密度與活性、及製造不利病害發生的環境，均能有效的達到病害防治的目的。而加強田間衛生管理與使用良好的栽培技術，常對植物病蟲害防治有事半功倍之效果。如適當的肥培與灌溉管理，以維持樹勢強壯，增強作物抵抗力；適度的整枝修剪，以維持園地內日照充足與通風良好，製造不適合病害發生之環境；完善的雜草防除，以維持田園內的清潔，消滅病菌棲息的場所，降低病媒蟲的密度；迅速清除與銷毀罹病組織，避免病原菌四散蔓延，造成嚴重疫情。以上都是簡單又有效的病害防治方法。

不同的病害有不同的發病環境與生態條件，因此在究明該病害的發病生態後，如果能選擇或創造一不利病害發生的環境，亦能有效的達到病害防治的目的。如寄主範圍小的病害，可以與非寄主作物進行輪作；靠水份傳播的病害，可以防雨設施、高畦、降低淹水時間（以增加灌溉次數來彌補）以對應；蟲媒傳播的病害，植物可以種植於防蟲溫、網室內，以阻隔昆蟲侵入；高經濟價值之水果，可以套袋來隔絕病原菌；而土地休閒、淹水、曝曬亦可達到降低甚而消滅土壤病原菌的目的。茲將經常使用者說明於下文。

田間衛生

為預防病害的首要任務，可直接除去感染源，或維持田園內的清潔，以減少病原菌繁殖的機會，營造不利病害發生之環境條件。注意事項包括：

一、前期作物之殘體處理

首先在種植作物前，應妥善處理前期作物之殘體，包括搬離、掩埋或適時犁入土壤中；尤其是發病死亡的植株殘體更應銷毀，不得棄置田間、田埂或拋棄入灌溉溝渠中，成為感染源。大部分的植物病原菌無法在土壤中存活，然而一些具有休眠構造 (如卵孢子、菌核...等) 的生物則能在土壤中存活甚久，則應銷毀而不應掩埋土中 (圖 1、2、3)。



圖 1. 棄置在木瓜園內的疫病病果常是病原菌繁殖的大本營 (A)，病果外表白色黴狀物即為疫病菌 (B)。

二、雜草防除

雜草是許多病原菌棲息的場所，甚而為病原菌的寄主，例如青枯病菌可於部分雜草根部分活、一些植物病毒可感染少部分種類的雜草，成為感染源之一。適當防治雜草，可使病媒蟲無處生存而顯著降低密度，進而阻斷或減輕病害的發生。

三、整枝修剪

適時與適度的整枝與修剪，可維持園地內日照充足與通風良好，使植物充分進行光合作用，維持樹勢強壯，增強作物抵抗力；而通風良好，可降低田間溼度，使病原菌無法感染，誘發病害。

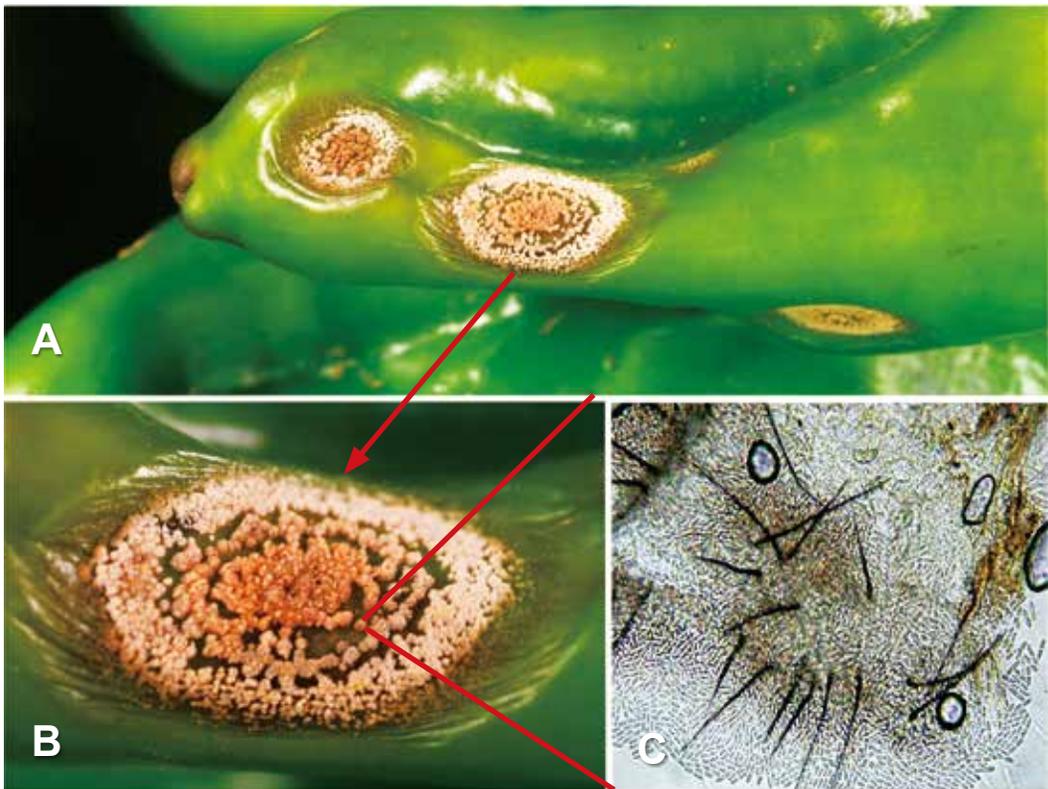


圖 2. 甜椒炭疽病。病果上的病斑 (A)；顯微鏡下粉紅色球狀物為孢子堆 (B)；一個孢子堆由成千上萬個孢子所組成 (C)。

四、罹病株枝處理

田間萬一出現罹病病株時，應迅速清除（或搬離）與銷燬罹病組織，避免病原菌四散蔓延，造成嚴重疫情。搬離之罹病與死亡植株的殘體，切不可置入灌溉畦溝與溝渠中成為傳染原，順流水侵染下游植株，加重疫情。

五、汰選之花苞與果實

部分病菌可感染植株上的組織，也能感染或殘存於丟棄在田間的殘體，而經汰選棄置於地上的花苞或果實，亦可能成為病菌溫床，在此大量繁殖。



圖 3. 番石榴黑星病。不執行田間衛生之果園與病害嚴重的收成果 (A、B)；執行田間衛生之果園與病害輕微的收成果 (C、D)。(王智立博士提供)

栽培隔離

一、防雨設施

疫病菌、炭疽病、灰黴病菌及細菌性病害靠水分傳播，因此在降雨季節，露天栽培者發病嚴重，而防雨設施可以阻擋雨水攜帶病菌入侵 (圖 4)。上述病害在防雨設施內發生情形遠較露地栽培者輕微，甚而完全不發生，例如瓜類露菌病與炭疽病，草莓灰黴病與果腐病，百合的灰黴病與疫病，紅龍果的潰瘍病與濕腐病，蘭花的灰黴病、疫病與細菌性軟腐病，非洲菊疫病，及各種細菌性病害等，均可靠設施防治。然而設施內一般濕度較高，應注意通風問題，溫室宜有抽風機等通風設備，以避免高濕環境適合病菌傳播與病勢進展。尤其隧道式栽培設施與簡易防雨棚內之通風差，相對濕度經常在 90% 以上，白粉病與一些昆蟲的發生猖獗。



圖 4. 防雨設施。包括溫室 (A、B)；遮雨棚 (C)；隧道棚 (D)。

二、網室栽培預防木瓜輪點病

近四十餘年來，世界各地的木瓜產業均飽受輪點病毒 (*papaya ring spot virus*) 肆虐，臺灣亦然，植株罹病後，產量銳減，無藥可治，造成非常嚴重的損失。輪點病毒不會經種子傳播，主要藉由媒介昆蟲「蚜蟲」非永續性 (*non persistent*) 帶毒傳播，而木瓜又非蚜蟲的喜愛寄主，因此帶毒的蚜蟲不喜長時間駐留於單株木瓜樹上，會到處移動，以尋覓新的食物。因此，該病害蔓延迅速。學術研究上有數種防治方法，包括轉基因木瓜、交互保護、高莖植物、銀色塑膠布覆蓋土面...等，後來鳳山熱帶園藝試驗分所以 32 目防紫外線網搭蓋網室，可以阻隔媒介昆蟲蚜蟲之入侵，因而種植於網室內之木瓜樹幾乎完全不會罹患輪點病，病毒病害問題得以圓滿解決 (圖 5)。目前網室栽培方法廣受農民歡迎，全臺灣網室木瓜栽培面積已超過千餘公頃。

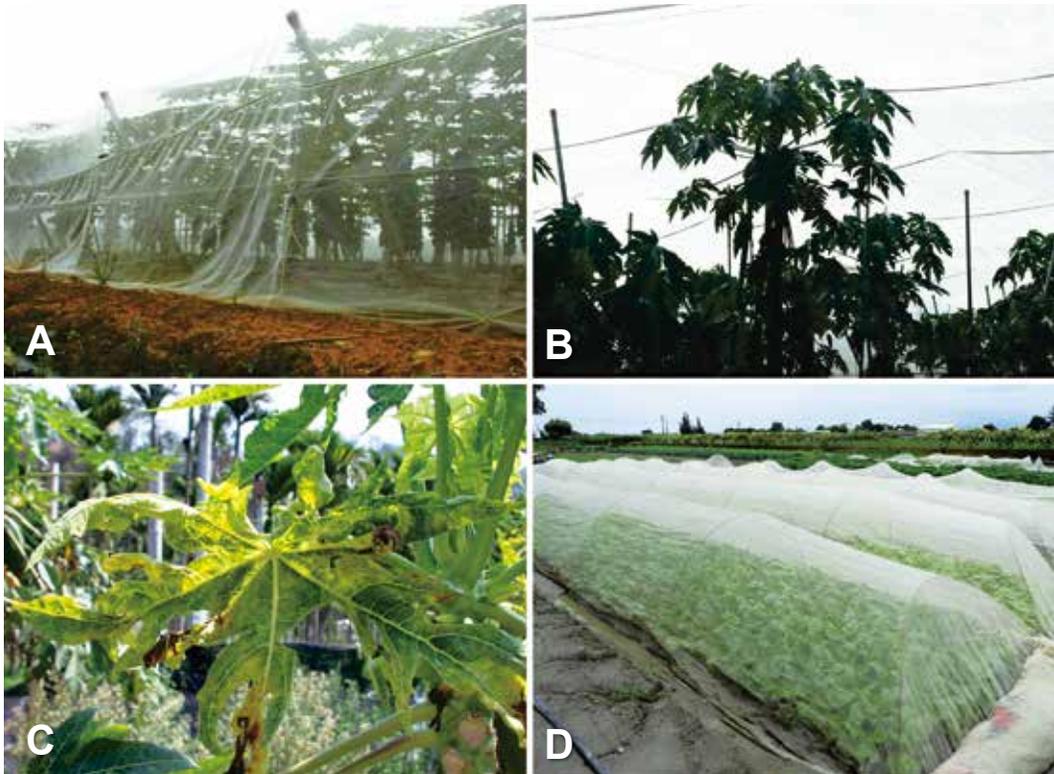


圖 5. 網室設施。大量應用在木瓜栽培 (A、B)，可防治由蚜蟲傳播的木瓜輪點病毒 (C)；蔬菜栽培則可應用造價便宜的隧道型網室 (D)。

局部隔離

一、地面覆蓋與草生栽培

地面覆蓋可以阻斷、降低土壤表面（甚而土壤中）的病原菌與植物地上部組織接觸的機會，而降低病害的發生。覆蓋物包括稻草、塑膠布、不織布等。藥試所發現茄子田畦上覆蓋稻草，可以減少果實罹患疫病（*Phytophthora nicotianae* 與 *P. capsici* 引起）。此外地面覆蓋亦可減少柑橘果實褐腐病及荔枝露疫病之發生。檬果果園地面覆蓋黑色不織布，除可以減少雜草滋養病菌外，並降低炭疽病發生，不織布阻斷地面土壤與枯枝敗葉上的病原菌藉水分飛濺反彈至果實，對防治果實炭疽病有顯著效益。草生栽培亦可有效防治土傳病害，其原理與地面覆蓋相同，但樹冠周圍不宜植草，避免養分競爭（圖 6）。



圖 6. 土壤覆蓋。田畦覆蓋塑膠布應用在木瓜栽培 (A) 與草莓栽培 (B)；土壤覆蓋不織布 (C) 與果園草生栽培應用在果樹栽培 (D)。

二、土壤隔離栽培

一般田間土壤經過長期種植常帶有多種病菌，如有無法透過輪種或其他方式降低土中病菌時，可利用盆栽、袋裝培養土、籃子或美植袋等，取得部分土壤做蒸氣或熱水消毒，或另行取得栽培土，甚至自其他無病史之土地取得土壤等，作為作物栽培用土。如此局部之隔絕栽培，不但將作物隔絕原帶病之土壤，且可做區域管理，有效隔離罹病植株透過根系或帶菌流動水傳播病害，也方便往後做局部土壤消毒或置換，提升防治效果。目前常見於防治番茄的青枯病與萎凋病，草莓除常透過此法防治萎凋病與炭疽病外，也常配合台架栽培，架高盆栽植物，避免與土壤中病原菌接觸之機會，亦為經常使用且十分有效之方法，對防治鐮孢菌、菌核類、疫病菌、腐霉菌、土傳細菌、線蟲非常有效果（圖 7）。



圖 7. 台架栽培。田區盆栽苗木易受大雨淹水而發生根腐病（A、B），應用墊高台架則能大幅減少根腐病發生（C）。

三、果實套袋

套袋有防病、防蟲、防鳥、防小動物、防日燒之功效，並具促進果實早熟，提升果粉、果實著色及品質等優點。利用套袋防治病害，完全是利用阻隔之原理，使病菌孢子不能接觸到果實，而不會造成危害。套袋後，果實不受雨水沖刷與塵埃附著，因此果粉充實著生（葡萄、檸檬、桃、枇杷等），加上套袋果實顏色較嬌豔鮮麗，瑕疵少，均為高品質高價果品（圖8）。又白色套袋紙能阻擋日晒，但可吸收日光能，因此能防止日燒，並促進果實早熟，及提昇果實甜度；而深色牛皮紙袋能阻擋大部分光照，且可減少葉綠素生成，有助其他色素更顯色，而使果皮表面更鮮豔（如紅龍果等）。更由於套袋後，藥劑不會與果皮接觸，為生產安全果品之最優良方法之一。套袋材質有防水紙袋與塑膠袋兩種。顏色則依果實種類、及著色

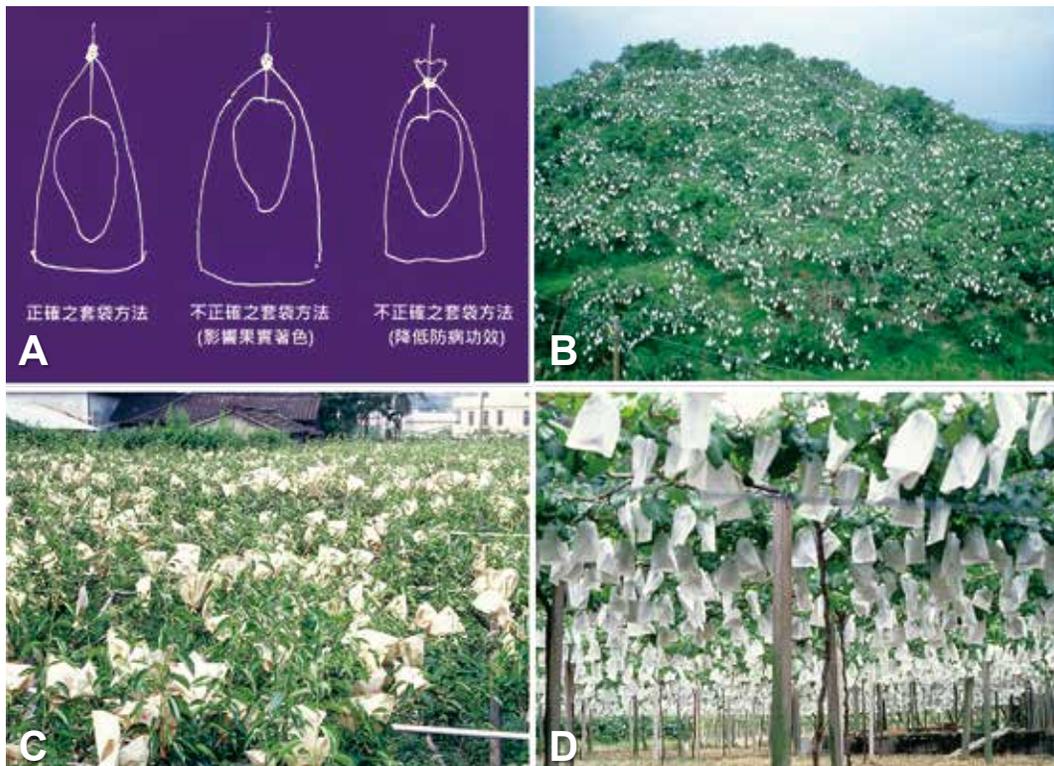


圖 8. 果實套袋後可阻止病原菌藉由雨水飛濺或滲進果實表面。果實正確套袋方式 (A)；大量應用在芒果 (B)、枇杷 (C)、葡萄 (D) 的栽培上。

目的不同而相異。香蕉以 PE 塑膠袋套袋 (目前亦逐漸改為紙袋)，番石榴則以保麗龍網外罩透明塑膠袋套袋。其中葡萄、枇杷、高接梨、蓮霧、香蕉以整穗果實為單位而套袋，其餘均為單果套袋。套袋時期以生理落果停止時為最佳，套袋前須施防病滅蟲之農藥保護，等藥液乾後立即套袋，袋口須緊密封好，並注意不讓水自袋口處流入果實表面，以免成為昆蟲、病菌、及雨水的駐腳處。套袋後之果樹，如不再萌發新梢，可以不再施藥，如繼續生育者，只需少次施用，以保護新梢。以套袋為主要防病目的有香蕉、梨、楊桃、蓮霧、葡萄、葡萄柚、檬果、洋香瓜等。另外透過果實套袋，亦可有效降低紅龍果冷藏至上架後之採收後病害，有利提升外銷後之果實品質。

水分管理

一、田間築畦與灌溉

疫病菌、細菌性病原之孢子靠水分傳播，田間長時間灌水時會助長病害蔓延與病勢進展。因此，防範此等病害須加強水分管理，田間宜築高畦，注意排水，並縮短灌溉時間，但以增加灌溉次數來彌補不足之水分。此外，宜注意灌溉水源的清潔等，其水源來源流經處應避開發病田。

二、設施水分管理

在設施內，當病害已經發生時，應以滴灌或人工灌溉方式替代噴霧灌溉，可以降低噴灌傳播病菌，減輕病情，延緩病勢進展。

三、排水防治茭白基腐病與水蘗菜青枯病

水田栽培的作物如水蘗菜、茭白筍等，可藉由灌溉水的控制達到病害防治的效果，如宿根栽培水蘗菜採收後，放乾田水 14 天以上，再引入水

栽培可大幅降低青枯病的危害；埔里茭白筍於第一筍期結束後排掉田水 1 個月以上，甚至割除上部的枝葉，待結筍期前再淹水，可大幅減少基腐病的危害 (圖 9)。

四、淹水加速土壤病菌死亡

一些土壤病原菌可在土壤中長期存活，尤其是植株殘體中的木材腐朽菌可在土壤中生存十年以上，防治十分困難。然而許多病菌在土壤淹水缺氧環境下，很快就會被分解死亡，例如直徑 3 公分罹病木材中之褐根病菌在浸水的土壤中只能存活數日，因此廢耕園淹水一個月可以消滅病菌，可以用來重植果樹與樹木防治罹患褐根病。而病田與廢耕田如種植水稻，經過淹水→晒田→淹水→晒田等步驟，亦可達到消滅多種土傳病原菌之目的。

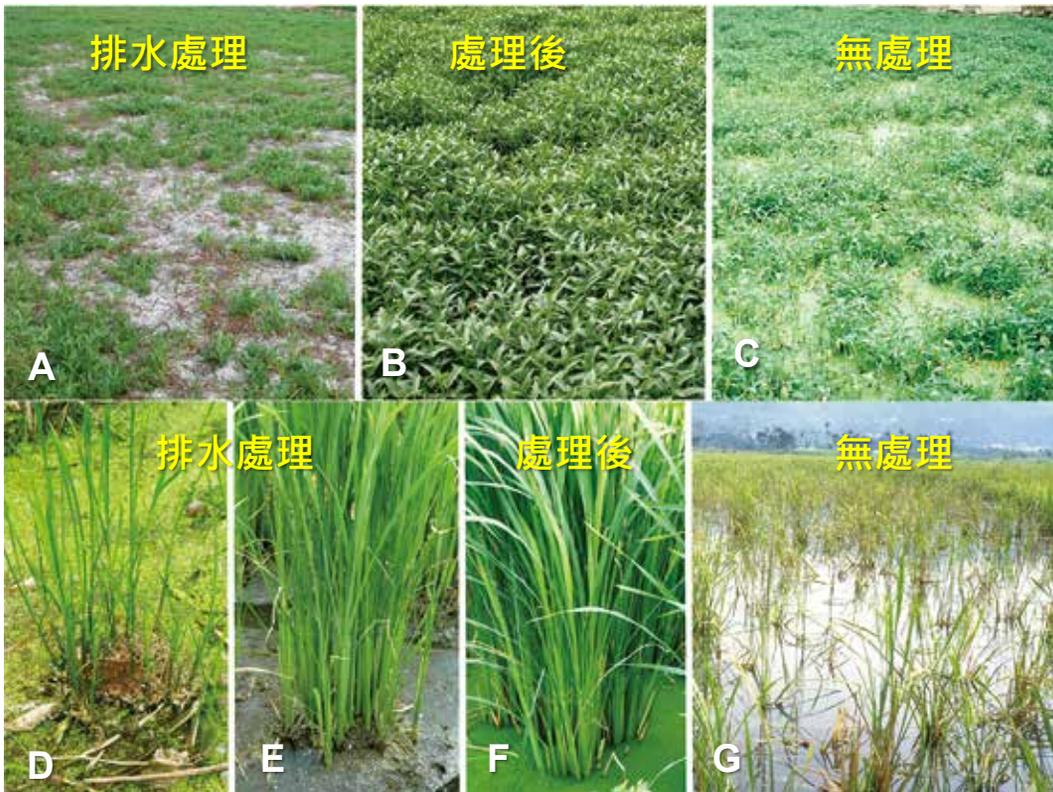


圖 9. 排水防治水蘊菜青枯病 (A-C) 或茭白基腐病 (D-G)。

改變種植時間、地點或種植模式

一、改變種植與採收時期

改變耕作措施後如能增強作物生長勢，可抵抗病原菌的侵害，如玉米種植後一個月才培土，可增加根系的生長，而降低莖腐病 (*Pythium aphanidermatum*) 的為害。一般病原菌為害作物皆有一定的季節性，栽植作物時，若能避開病原菌最適發病期，則可減少病原為害的機會，如西瓜在土溫高於 20°C 與菠菜種於土溫低於 12°C 時，最能表現抗立枯絲核菌 (*Rhizoctonia solani*) 的能力。水稻提早或延後種植時，可避開稻熱病發病盛期，而達到減少病害的目的。另外，提早採收金煌檸檬，可降低果實因缺鈣而造成的果實生理病變問題。嫩薑施用促進生長之細菌，使根狀莖生長快速而於雨季來臨前提早採收，可避開因水傳播之軟腐病 (由腐黴菌引起)。

二、改變種植地點

馬鈴薯晚疫病好發於冷涼季節，在臺南種植馬鈴薯發生晚疫病的機會與嚴重度較在台中為低。種植過薑的田地通常在 5 年內不可再種，除了非生物性的連作障礙之外，亦會發生由腐黴菌或青枯病菌引起之病害。洋香瓜黑點根腐病曾在臺南東山鄉大發生，不易防治，現今多轉移至其他鄉鎮種植，可避免大規模的病害發生。(圖 10)

三、輪作防治土媒病害

土傳病害病原菌存活於土壤中，進行連作時，由於病原菌密度的增加，導致病害的發生更為嚴重，而且土傳病害發生後，即使農藥也難以防治，因此為避免此類病害，以輪作其他作物為宜。輪作作物以選擇和前期作不同科目者為佳，但是有些病害如白絹病、絲核菌 (*Rhizoctonia*)、腐霉菌、及少部份疫病菌的寄主範圍十分廣泛，此時應以選擇水稻為輪作作物

較為適宜，因為水稻田須經多次淹水、晒田作業，絕大部份的土媒病菌在與水稻多次輪作後，均會死亡。預防細菌性青枯病、及镰孢菌引起的萎凋病（香蕉黃葉病、蘿蔔黃葉病、芹菜黃葉病、豌豆萎凋病、蘆筍萎凋病、亞麻萎凋病等），與非寄主植物輪作，為病害防治之必行措施。

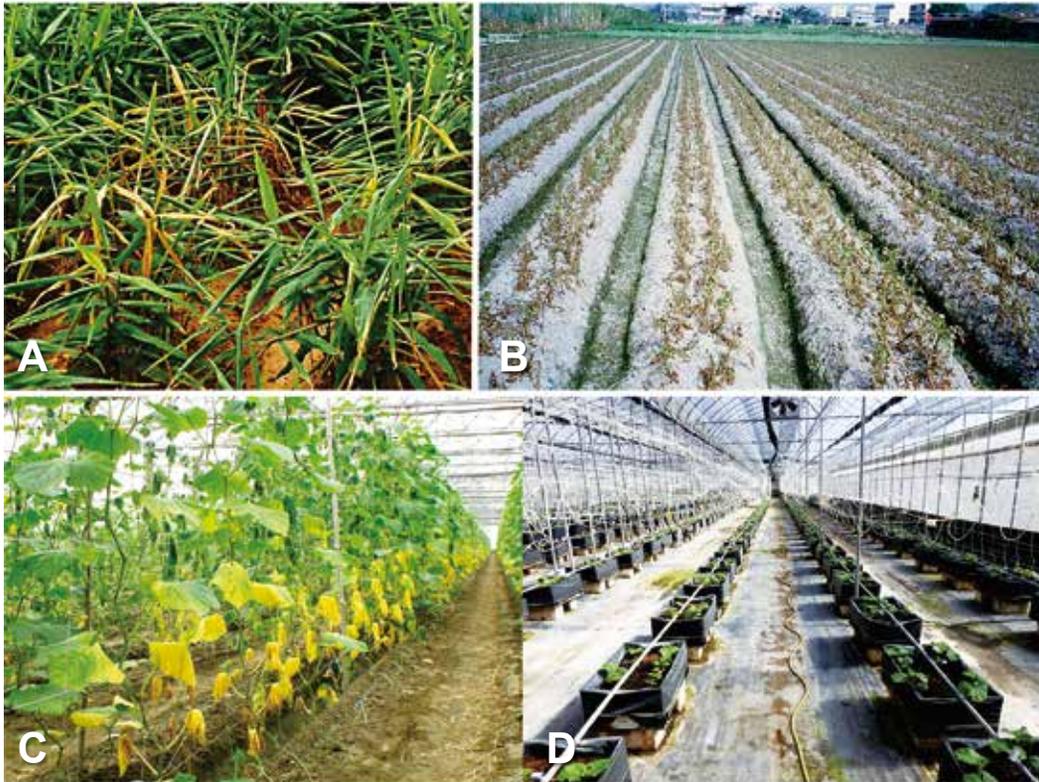


圖 10. 尋找新植地可避免薑連作障礙 (A) 或冬季於溫暖地區栽培以減少馬鈴薯晚疫病 (B)；設施內土耕亦容易發生連作障礙 (C)，可改用介質離地栽培防治 (D)。

其他

一、客土

對於較低等病原菌引起之病害（一般危害幼苗，但不危害成株者），可以客土方式來保護幼苗。如夏威夷為解決疫病（病原菌 *Phytophthora*

palmivora) 引起之木瓜重植問題，即以少量處女土置於植穴內，再播種種子。由於處女土無病菌，木瓜幼苗得以受保護，等到木瓜苗生長一個月後，根系已具抗病性，而與病土接觸時就不會被感染。然而，處女土對成株仍受感染的土壤病害則防治效果不佳，例如使用客土來防治香蕉黃葉病則成效不彰。

二、器具消毒

有許多病毒病害是藉由作物傷口侵入，故在剪枝或其他因素使用刀具造成作物器官產生傷口時，一定會沾染植物汁液，若此時植物有感染病毒，則刀具沾染的汁液會帶有病毒，病毒容易藉由該刀具傳染至下一株或多株作物。此外，盆鉢或其他會與植株接觸之器具在重複使用前，最好要以消毒液（漂白水、二氧化氯、次氯酸水...等）消毒，特別是曾接觸病株的器具一定要做好消毒的工作，以免造成大規模的傳染。

參考文獻

1. 王惠亮。1981。臺灣木瓜輪點病之蚜蟲媒介研究。植物保護學會會刊 23: 229-233。
2. 安寶貞、呂理燊、莊再揚、高清文。1998。套袋與地面覆蓋對檬果炭疽病與蒂腐病之防治效果。植物病理學會刊 7: 19-26。
3. 呂理燊、郭克忠、章加寶、高清文。1991。葡萄病蟲害綜合防治。中華民國雜草學會會刊 12: 155-175。
4. 許秀惠、黃晉興、邱硯詩。2007。以排水防治法防治水蘗菜青枯病。植病會刊 16: 231-234。
5. 蔡志偉、陳惟德。2011。傳播農作物病毒病重要蚜蟲之防治策略。p.183-192。
In: 農作物害蟲及其媒介病害整合防治技術研討會專刊。

9 / 物理防治

黃晉興、黃巧雯、安寶貞

所謂物理防治包括利用溫度、放射線、電流、光線控制等，傷害或殺死病原菌，而能防治病害。其中最常使用的為高溫滅菌法，一般植物病原真菌及細菌的臨界致死溫度大約在攝氏 60–70°C 之間，超過 80°C 所有的植物病原細菌及大多數之濾過性病毒會死亡，100°C 則耐熱性的濾過性病毒會死亡，但要有足夠的處理時間才能到達效果。利用熱或高溫處理的效果快速，而且無殘留問題，但是利用高溫處理時，需注意特定病原菌及作物對溫度及受熱時間的反應，亦會無選擇性的殺死環境中的有益微生物，甚至造成生物的真空。物理方式之應用方式如下。

熱水處理

一、處理採後果實

熱水處理主要用於殺死種子、球莖、果實及其他的植物繁殖體表面的病原菌，若能維持長時間的高溫也能殺死介質中的病原菌，但負面影響為可能造成所處理的種子發芽率的降低與果實品質劣變。根據寄主植物和病原菌耐熱度的差異，一般熱水處理休眠組織或栽培介質，不建議直接用在植體上，因為足以殺菌的溫度也足以危害作物。熱水處理採後果實早已被用於處理番茄、胡瓜、小黃瓜、柑桔、木瓜、桃及芒果等之

處理，目前在臺灣常使用的案例是：使用 53°C 5 分鐘或 60°C 20 秒的熱水處理採收後的芒果「台農 1 號」果實，可以延緩及降低炭疽病及蒂腐病出現(圖 1)。但因每種果實之不同品種間耐熱性不同，因此必需視作物種類而慎選處理方法以避免發生熱傷害。例如土芒果於 58°C 以上溫度即會出現嚴重的熱傷害而建議利用較低溫的 53°C 5 分鐘之處理。愛文芒果果實於 58°C、2 分鐘及 62°C、3 秒處理下，可顯著降低採收之椪果的果腐病；「台農 1 號」及金煌芒果果實對於高溫較耐，可以利用 60°C 20 秒處理；木瓜果實經 48°C、30 分鐘處理後可有效降低蒂腐病 (stem-end rot) 發生。



圖 1. 芒果經 60°C 溫水處理 40 秒後保存於 12°C 下 20 天可以有效降低採後炭疽病及蒂腐病之發生。

二、處理栽培介質或土壤

栽培介質重複使用常會造成土傳病原菌族群的快速累積 (如腐黴菌、青枯病菌)，導致爾後病害嚴重，若考量成本而不願更換新介質，則建議使用高溫殺菌法，例如高溫蒸汽處理或熱水處理 (最低標準是 80°C 持續 20 分鐘或 60°C 持續 30 分鐘)，前者需要較昂貴的設備，一般建議由專業人士代工 (詳見下段「蒸汽消毒」)，而介質熱水處理應注意溫度與時間皆要在最低標準之上，通常是 60°C 持續 30 分鐘較易達成。然而在處理過程中常無法達成，例如在冬天因介質溫度低且散熱快，故在冬

季施用時應提高熱水器的功率 (最好使用鍋爐), 使用接近 100°C 且水量足夠的熱水, 才能使介質溫度與持續的時間達到最低標準; 或者是介質含水率高而造成熱水處理時無法使介質溫度快速升高, 在土壤熱水處理前應先使停止供水, 讓數天的植株蒸散作用先把介質的水散去, 再去除植株地上部, 並待數天至數週之後讓根部的組織部分崩解且介質含水量低, 再加入熱水才能達到介質熱水處理的最低標準以上。台南區農業改良場曾利用 100°C 、150 mL 或 80°C 、300 mL 熱水處理溫室內的土壤 (每 1,000 克土壤), 可使土溫達到 40°C 以上並持續 40 分鐘, 可改善連作障礙之現象 (圖 2)。



圖 2. 熱水處理栽培介質或土壤。澆灌熱水於栽培介質中, 使介質溫度維持 60°C 以上至少 30 分鐘, 有效降低因介質帶菌所造成的土傳病害 (A、B、C) (林子凱提供); 或熱水處理於溫室內的土壤以改善洋桔梗的連作障礙 (D、E) (張元聰提供)。

蒸汽處理

利用土壤蒸汽消毒連作土壤或介質，滅菌效果非常良好，一般應用在高經濟價值之設施、苗圃及洋菇養殖場。利用鍋爐產生的高壓蒸汽(高於 100°C)，經管路送至覆有耐高溫塑膠厚布之土面上，蒸汽消毒處理約 30-60 分鐘，再讓該厚布悶住蒸汽保溫，蒸汽可水平及垂直滲透約 15-20 公分，使由表層往下 15-20 公分的土壤可維持 60°C 持續 30 分鐘，不但可以消滅該層土壤病原菌，同時亦可殺死地下害蟲、小動物及雜草種子，可謂一舉數得之方式(圖 3)。使用蒸汽之前要注意打破土塊，



圖 3. 土壤蒸汽處理。目前有民間私人公司進行代工土壤蒸汽處理，多施用於設施內的土壤，對土傳病害、蟲害及雜草的防治效果極佳(A-D)。

使得積水的土壤有良好的排水性及適當的蒸汽出口，一般適於種植時的土壤濕度也正好適合蒸汽處理。除了土壤蒸汽處理之外，介質也能使用蒸汽消毒來殺死病原菌與害蟲，特別是重複使用的介質常帶有害生物，若不處理則易發生病蟲害。利用蒸汽處理田間土壤，光油料費與人工等必要支出與機器折舊，每分地約需 4 萬元，因此在成本效益考量下，還是以高經濟價值作物為主要對象。由於高溫處理後，土壤易造成生物性真空，因此土壤滅菌後需經有益微生物接種，或澆水並假以時日，讓生物族群恢復平衡後再使用效果較佳。

太陽能

自古即有利用太陽產生之熱度以進行物品之消毒，而在農業利用上則利用透明塑膠布在炎熱的季節覆蓋土壤，可以提高土壤溫度達 52–60°C，較不覆蓋之土壤約高出 10°C，雖然微生物因其種類不同對於溫度之感受性亦各有其差異性，然而一般病原之致死溫度約在 50–60°C 之間。因此利用塑膠布覆蓋土壤及藉由太陽能增溫之方式理論上應可用於防治土壤傳播性病害，此方法在地中海地區相當成功，惟臺灣因夏季降雨頻繁，使得太陽能滅菌功效受到相當影響，通常在夏季高溫少雨時期使用，若處理期間有陰雨期，多少會影響太陽能殺菌的效果。高雄改良場曾於夏季應用 0.06mm 透明 PE 塑膠布覆蓋於溫室土壤，覆蓋時間為 3 週，覆蓋期間僅 5 天有降雨情形。試驗結果顯示，PE 塑膠布覆蓋組之土壤 (20cm 深度) 溫度為 36.3–52.3°C (平均 43.5°C)，明顯高於對照組之土壤 31.9–42.2°C (平均 36.1°C)，大幅減少土壤根瘤線蟲二齡幼蟲活蟲數，該處理區經 1 年度之追蹤，期間經甜瓜、小果番茄之栽培，根瘤線蟲密度維持於 10 隻/100g 土壤以下，顯示土壤太陽能之策略能有效降低土壤根瘤線蟲密度 (圖 4)。台中改良場曾於 3–9 月之間，於台中、屏

東、埔里及彰化等地，利用 0.025 mm 之透明塑膠布覆蓋於土壤，約 3-4 週後可以利用土壤溫度之增加降低土壤中病原菌 *Fusarium oxysporium* f. sp. *niveum*、*F. oxysporium* f. sp. *raphani* 及 *F. oxysporium* f. sp. *apii* 的密度約 75-100%。在新社試驗區土壤經 4 週覆蓋後，種植蘿蔔 60 天後，可以將黃葉病之發生率由 61.22 % 降低至 28.30%。另外在屏東西瓜田試驗區經 3-4 週覆蓋後，在西瓜種植後 55 天，蔓割病之發生率則由 77% 降至 44%。



圖 4. 太陽能消毒土壤。利用透明 PE 塑膠布覆蓋土壤，經數週強烈的陽光照射，可提高土壤表層的溫度達 10°C 以上，有效殺滅露天 (A、B) 或溫室土壤表層的病原菌 (C、D)。(周浩平提供)

低溫

低溫處理主要在減緩病害發生速率，一般多用於採收後農產品的保存與運輸，以求能延長農產品的櫥架壽命與維持鮮度。至於使用之低溫則依農產品的耐低溫性而異，一般在 0–12°C 之間，若超過低溫極限之貯藏溫度，容易造成果實寒害發生，嚴重影響果品及貯藏壽命，不同種類與品種有不同的耐低溫程度，而耐低溫不僅和低溫度有關，也和低溫貯放的時間有關，同時需注意溼度控制。但有些病害仍能在相當的低溫下繼續造成農產品的腐敗，如灰黴病、菌核病及褐腐病等。尤其儲藏倉庫的濕度大時，農產品因緊密堆積在一起，易助長病原的蔓延。商業性貯藏蔬果之概略貯藏溫度與時間 (表 1)。

參考文獻

1. 李敏郎、呂理燊。1998。土壤蒸汽消毒防治百合黃化病害。植物保護學會會刊 40: 251–264。
2. 周浩平、陳正恩、陳明吟、侯秉賦、陳泰元、陳明昭、曾敏南。2018。瓜類作物有害生物綜合管理模式之建立。p.178–193。In: 2018 植物防檢疫科技研發成果發表會論文集。
3. 倪蕙芳、黃巧雯、劉瑞芬、洪挺軒、楊宏仁。2014。應用溫水處理防治愛文檸檬採收後果腐病效果評估。植物病理學會刊 23: 125–138。
4. 張元聰、王美琴。2017。以土壤改良劑及熱水處理改善洋桔梗之連作障礙。臺南區農業改良場研究彙報 70: 46–55。
5. 劉富文。1994。園產品採後處理及貯藏技術。臺灣省青果運銷合作社印行。178 pp。
6. 鄭安秀、楊宏仁、李敏郎。2006。蒸汽消毒及溫水處理在作物病害上之應用。p.217–237。In: 符合安全農業之病害防治新技術研討會專刊。

表 1. 商業性貯藏蔬果之概略貯藏溫度與時間*

品項	貯藏溫度 (°C)	貯藏濕度 (%)	概略貯藏時間
甜玉米	0	95-98	5-8 日
茄子	8-12	90-95	7 日
豆芽	0	95-100	7-9 日
胡瓜	10-13	95	10-14 日
菠菜	0	95-100	10-14 日
蘆筍	0-2	95-100	2-3 週
西瓜	10-15	90	2-3 週
青椒	7-13	90-95	2-3 週
萵苣	0	98-100	2-3 週
花椰菜	0	95-98	3-4 週
早生甘藍	0	98-100	3-6 週
結球白菜	0	95-100	2-3 個月
晚生甘藍	0	98-100	5-6 個月
薑	13	65	6 個月
胡蘿蔔	0	98-100	7-9 個月
草莓	0	90-95	5-7 日
木瓜	7	85-90	1-3 週
青香蕉	13-14	90-95	1-4 週
楊桃	9-10	85-90	3-4 週
芒果	13	85-90	2-3 週
番石榴	5-10	90	2-3 週
鳳梨	7-13	85-90	2-4 週
寬皮柑	4	90-95	2-4 週
荔枝	1.5	90-95	3-5 週
百香果	7-10	85-90	3-5 週
酪梨	4.5-13	85-90	2-8 週
檸檬	11-15	85-90	1-6 個月
柿	-1	90	3-4 個月
梨	-1.5-0.5	90-95	2-7 個月
蘋果	-1-4	90-95	1-12 個月

* 相同品項之不同品種間的貯藏溫度與時間亦有差異。

10 / 其他非農藥防病資材 (含免登記植物保護資材)

蔡志濃、謝廷芳、安寶貞、林筑蕓

臺灣地處熱帶及亞熱帶，高溫多濕，病蟲害種類繁多，使得防疫作業管理更趨複雜。近年來農產品食用安全意識高漲，而農作物農藥殘留違規案件歷年皆有，主要肇因於其栽培與採收期間常因病蟲的危害，農友為確保其產量與品質，多依賴化學合成農藥來防治，因此常有農藥殘留的食安虞慮。在自然界有許多天然或食品類資材，具有防病忌蟲的效果，利用病蟲監測及適時應用環境友善植物保護資材等技術，建構其病蟲害之整合管理策略，期能藉由生態平衡的耕作理念，充分利用各種栽培管理措施，營造樂活的環境、生產安全的農產品。

在臺灣有規範可以依循的非化學合成農藥之病蟲害防治資材，依據 2019 年 6 月 5 日農糧署公布「有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質」修正規定，可應用於有機栽培之病害防治資材包括套袋、非基因改造之微生物製劑、天然物質之食品類資材、甲殼素、化工醋類、含氯物質（次氯酸鹽類、氯酸鹽類、二氧化氯等）、波爾多液、中性化亞磷酸、碳酸氫鉀、碳酸氫鈉（小蘇打）、碳酸鈣、石灰、硫磺、石灰硫磺合劑、氫氧化鉀、含矽物質（矽酸鹽類、二氧化矽）及礦物油等。另外「免登記植物保護資材」包括公告之 18 品項及原料屬食品安全衛生管理法第三條第一款所定食品（表 1）。本章節中有

關種子消毒之資材 (化工醋類、次氯酸鹽類、氯酸鹽類、二氧化氯、波爾多液等) 請參閱種子處理章節；中性化亞磷酸之應用，請參閱植物誘導性抗病章節；微生物製劑之應用，請參閱有益微生物章節；天然物質之食品類資材應用，請參閱天然植物抽出物章節。

表 1. 公告之免登記植物保護資材品項、使用範圍及產品登記數目 (至 2021 年 4 月 22 日) 共計 573 項產品。

公告品項	使用範圍			登記數目	
	用於防除農林作物或其產物之有害生物				用於調節農林作物之生長
	害蟲	病菌	其他		
甲殼素、甲殼素鹽酸鹽	V	V		89 項	
大型褐藻萃取物				V	52 項
苦楝油	V				78 項
矽藻土	V				27 項
次氯酸鹽類		V			4 項
碳酸氫鈉		V			12 項
苦茶粕皂素	V		V		45 項
無患子皂素	V				5 項
脂肪酸鹽類、皂鹽類	V				24 項
二氧化矽		V			14 項
碳酸鈣	V	V			23 項
高嶺石	V				7 項
中性化亞磷酸		V			17 項
矽酸鉀		V			15 項
柑桔精油、D 檸檬烯	V	V			23 項
竹醋液、木醋液、稻穀醋液、醋	V	V			28 項
壬酸			V	V	36 項
幾丁質			V		6 項
屬食品安全衛生管理法第三條第一款所定食品					68 項

一、石灰硫磺合劑

石灰硫磺合劑最早在 18 世紀被開發出來，不但可以殺菌 (真菌、細菌)，也可以殺蟲、殺蟎，是有機農業可使用之病蟲害防治資材。一般石灰硫磺合劑中生 (熟) 石灰、硫磺、水的重量比例為 1 : 2 : 10-15 (水的份量可依使用需求而增減)，配製時先將硫磺以水煮沸，再將生 (熟) 石灰加入，約煮 1 小時，溶液呈深褐色，取過濾後的上層液使用。煮好的石灰硫磺合劑以硫化鈣之形態存在，為殺菌劑之主體，而本劑之強鹼性也可幫助活化硫磺對菌體的滲透，而增強殺菌效果。它對果樹白粉病、銹病及炭疽病 (表 2、3) 具有極佳之預防效果，亦可用於防治蘋果、梨黑星病，桃褐腐病，桃縮葉病等。本劑因為鹼性，使用不當易生藥害，幼嫩組織易被燒傷。而且配製好的石灰硫磺合劑不宜久置，最好在 2-3 星期內使用。果樹類作物

表 2. 4-4 式波爾多液及石灰硫磺合劑對炭疽病菌菌絲生長及孢子發芽之抑制效果

處 理	菌絲生長 (mm)	抑制率 (%)	孢子發芽率 (%)	抑制率 (%)
4-4 式波爾多液	0	100 a ^z	0	100 a
石灰硫磺 100X	33	49.2 b	0	100 a
石灰硫磺 200X	41	38.4 b	0	100 a
石灰硫磺 300X	53	18.5 c	0	100 a
石灰硫磺 400X	51	21.5 c	0	100 a
石灰硫磺 500X	56	13.9 c	0	100 a
石灰硫磺 600X	58	10.8 d	0	100 a
石灰硫磺 700X	61	6.2 e	0	100 a
石灰硫磺 800X	62	4.6 e	0	100 a
石灰硫磺 900X	65	0 f	0	100 a
石灰硫磺 1000X	64	1.5 f	0	100 a
對照 (CK)	65	0 f	99	0

^z 經 LSD 測試分析，同一行內英文字母相同者表示在 5% 內差異不顯著。

表 3. 每星期施用不同濃度之石灰硫磺合劑防治木瓜炭疽病之效果

處 理	炭疽病發病率 (%)
石灰硫磺合劑 200X	8.3
石灰硫磺合劑 500X	55.6
對照 (CK)	66.7

一般使用約 200–500 倍，蔬菜類作物約使用 800–1,000 倍，使用時間盡量在傍晚或無雨之陰天。濃厚的石灰硫磺合劑也可以用於果樹樹幹的傷口塗布，惟配製時將水的含量降低，調製成濃稠狀後使用。

二、重碳酸鹽

為酸性碳酸鹽 (bicarbonates) 之別名，含有重碳酸根 (HCO_3^-) 之化合物。常見的重碳酸鹽類包括碳酸氫鈉 (NaHCO_3) 或稱小蘇打、碳酸氫鉀 (KHCO_3)、碳酸氫銨 (NH_4HCO_3) 等三種，有機農業上可以使用之資材為碳酸氫鈉及碳酸氫鉀。重碳酸鹽以防治作物白粉病為主，作物包括辣椒、瓜類、葡萄、蘋果、玫瑰、草莓、木瓜、日衛矛、迷迭香等。

重碳酸鹽類之中，以小蘇打或稱碳酸氫鈉 (baking soda, sodium bicarbonate) 最先被用於作物病害防治上。應用小蘇打當作殺菌劑並非是一項新的發現，早在 1933 年出版，由 Hottes 氏所編著的書「A Little Book of Climbing Plants」中已提到用稀釋約 133 倍的小蘇打可有效防玫瑰白粉病。此項發現乃得自於蘇俄植物病理學家 A. de Yaczenski 的研究。1981 年，日本 Homma 等人利用碳酸氫鈉防治瓜白粉病；1982 年，Punja 和 Grogan 發現含銨、鉀、鈉和鋰的碳酸鹽和重碳酸鹽可殺滅白絹病菌，開啟了利用重碳酸鹽防治作物病害的新頁。隨後，在 1985 年 8 月份的有機農園「Organic Gardening」雜誌上，報導日本的研究人員以約稀釋 500 倍的小蘇打可有效防治瓜類、茄子和草莓白粉病。在 1990 年 6 月份的溫室管

理者「Greenhouse Manager」雜誌上，摘錄了美國康乃爾大學 Horst 博士利用小蘇打防治玫瑰主要病害－白粉病與黑斑病的三年試驗報告，玫瑰每 3–4 天噴佈 200 倍小蘇打與具殺蟲效果肥皂（作為界面活性劑，可使小蘇打易於黏附在葉表上，雖對病害無任何作用，但可以增進小蘇打的防病效果）的混合水溶液，可有效防治白粉病及黑斑病的發生。

重碳酸鹽類對人體無害，而且對環境的衝擊非常小，在作物有機栽培的體系中，成為病害防治不可或缺的一項利器。由於它具有明顯的抑菌功效，已被全世界有機農園廣泛地接受與應用，甚至已有多項商品化的產品問世。在使用重碳酸鹽之前，應先小量測試對標的作物是否有藥害產生。以筆者的經驗，瓜類植物較易產生藥害，尤其在烈日下噴施時，葉片容易產生灼傷狀的藥斑。在使用重碳酸鹽的過程之中，應考慮使用劑量的問題。一般而言，以稀釋 200 倍，每 7 天噴施 1 次，連續 3 次的效果最穩定，若能添加天然的展著劑、界面活性劑或礦物油，則防病效果更佳。

三、甲殼素

甲殼素又稱為幾丁質 (chitin)，在 1811 年時，由法國人在蕈菇類植物中被發現，酵素中也可發現其蹤跡。甲殼素廣泛存在於自然界的甲殼類、昆蟲類和軟體類動物的骨骼，以及某些藻類、真菌類的細胞壁中，是地球上蘊藏量最豐富的有機物之一，例如螃蟹殼裡各有三成左右的蛋白質、碳酸鈣和幾丁質。用稀鹼去除其蛋白質，再用稀酸來排除碳酸鈣，就能得到較純的幾丁質，甲殼素與殼聚糖 (chitosan) 由於具有生物官能性和相容性、安全性、微生物降解性等優良特性，目前甲殼素及殼聚糖被廣泛應用於醫藥、農業、食品工業等多個領域。在農業領域中的應用包括作為植物生長調節劑、農用藥物、農用肥料及蔬果保鮮劑。甲殼素及其所衍生的產品對於植物有保護作用，而且具有破壞或抑制真菌生長和活動的特性。主要是因為甲殼素可以促使植物產生自我保護的機制來抵抗外來的感染及

寄生生物的侵略，而且只需要非常低的劑量即可達到這些功效。甲殼素較普遍的使用方式包括：製作成溶劑、粉劑或是包覆在種子表面等。

1. 在美國某個真菌侵害非常嚴重的地區，曾經針對種子處理甲殼素對於真菌防治的效果做過一系列的實驗。實驗後研究人員發現經過甲殼素包覆處理的種子較沒有包覆的種子有更高的發芽率，大約可提升 20% 左右。
2. 甲殼素在幾個不同的層次發揮作用，除了防治真菌的效用之外，它具有強化根部組織及促進莖部生長更粗壯的功能。有些研究也顯示甲殼素能夠刺激植物分泌由本身機制合成的保護物質。
3. 甲殼素有促進放線菌繁殖的效用，進而提升放線菌的病害防治的效果。
4. 在其他領域中，甲殼素也被視為具有肥料的功效，因為它對於加速植物的萌芽及成長也有著一定的功效。由於以上這些特性，甲殼素可以被視為未來朝向有機栽培及有機農業發展上所不可或缺的天然肥料及農藥。加上甲殼素的水溶性特性讓農民在使用上更加有彈性，可以依據需求來調整使用方式，或搭配其他產品一起使用。目前免登記植物保護資材共登記 95 項甲殼素相關產品。

參考文獻

1. 行政院農業委員會農糧署網站 (2021 年 10 月)
<https://www.afa.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=2262>
2. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局農藥資訊服務網 (2021 年 10 月)
https://pesticide.baphiq.gov.tw/web/Insecticides_MenuItem2_3.aspx
3. Homma, Y., Arimoto, Y., and Misato, T. 1981. Effects of emulsifiers and surfactants on the protective values of sodium bicarbonate. *J. Pesticide Sci.* 6: 145–153.
4. Horst, R. K., Kawamoto, S. O., and Porter, L. L. 1992. Effects of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Dis.* 76: 247–251.

第二部 / 綜合管理實務案例

✔ 果樹類

1 / 檬果篇 127

2 / 百香果篇 131

3 / 紅龍果篇 145

4 / 木瓜篇 157

5 / 草莓篇 167

✔ 蔬果類

1 / 茭白筍篇 179

2 / 胡瓜篇 183

3 / 番茄篇 195

✔ 其他

1 / 蝴蝶蘭篇 209

2 / 水稻篇 221

1 / 檬果篇

安寶貞、蔡志濃

在台南玉井數處中度發生炭疽病 (*Colletotrichum* spp. 引起) 之愛文果園中，進行數項非農藥防治技術 (包括噴施波爾多液、套袋及地面覆蓋) 對檬果果實炭疽病防治效果之試驗。果園管理按一般農民常用之方法行之，於果實採收後，進行果園整枝修剪，待萌新梢前，全園噴施 8-8 式波爾多液 2-3 次 (藥劑並施及地面)，進行預防炭疽病與其他病害之試驗。

套袋與地面覆蓋對檬果炭疽病之防治效果

果實於生理落果期開始套袋，至成熟度 8-9 分熟時採果，果實經益收生長素 3,000 倍稀釋液處理，等果皮轉色後，調查罹病果實率。探討使用套袋與地面覆蓋對病害的防治效果。

一、早期套袋之防治效果最好 (圖 1、2、3)，生理落果時套袋者在採果後第 12 天時之發病率為 27%；落果停止時套袋者 42%；採果前兩星期套袋者 68%；無套袋者 (全期施用化學農藥) 72%。不同套袋材質不影響防治效果，但影響果實成熟日期、糖度與果皮顏色。早期套白色紙袋，可提高糖度，促進果實提早成熟 5-7 天，並防止果實日燒。



圖 1. 愛文欖果果實套白色紙袋情形。



圖 2. 愛文欖果果實早期套白色紙袋完全無炭疽病發生，右為無套袋對照，炭疽病發生嚴重。



圖 3. 愛文欖果園大面積套袋之情形。

二、 在一管理良好果園中，地面覆蓋黑色不織布之處理在採果後第 9 天之發病率平均為 6% (圖 4)，無覆蓋區為 30%。在一試驗園中，開花期不施藥，著果後立即套袋，每個果實在採收後第 9 天仍有 11-27 個炭疽病病斑。

因此，現今田間病菌密度仍高時，上述非農藥防治方法雖能有效降低果實罹病率，且比農藥防治效果更佳，但由於花期無法套袋，故尚不能完全取代農藥防治，但可降低農藥使用次數達十次以上。此外，噴施波爾多液、套袋及地面覆蓋對果實貯藏期病害蒂腐病 (*Botryodiplodia theobromae*) 亦有防治效益，但不若對炭疽病之防治效益顯著。



圖 4. 愛文檬果園地面覆蓋黑色不織布。

參考文獻

1. 安寶貞。2003。檬果炭疽病。p.76-81。植物保護圖鑑系列 10-檬果保護。行政院農委會防檢局。台北。195 頁。ISBN: 957-01-5560-4.
2. 安寶貞、呂理燊、莊再揚、高清文。1998。套袋與地面覆蓋對檬果炭疽病與蒂腐病之防治效果。植病會刊 7: 19-26
3. 安寶貞、黃瑞卿、陳茂發。1994。環境因子對檬果炭疽病發生之影響。植病會刊 3: 34-44。
4. 安寶貞、蔡志濃、倪蕙芳、楊宏仁。2013。台灣檬果病害之發生現況與其病害管理。植病會刊。植病會刊 22: 67-92.
5. 安寶貞、蔡志濃、楊宏仁。2006。外銷檬果潛伏病害預先偵測技術之開發與應用。農業世界 280: 24-29.
6. 安寶貞、蔡志濃、楊宏仁。2006。檬果炭疽病與蒂腐病田間防治與預先偵測技術開發。植物病蟲害防治摺頁 14。行政院農委會防檢局。台北。

2 / 百香果篇

陳金枝、蔡志濃、徐智政、鄭櫻慧、林宗俊、李文立

百香果 (*Passiflora* spp.) 原產於南美巴西，為具有全球性經濟重要性的果樹，商業栽培地區包括有澳洲、巴西、斐濟群島、新幾內亞、南非、哥倫比亞、委內瑞拉、越南、中國大陸及臺灣等地。百香果素有「果汁之王」美稱，具有多元利用價值，除可鮮食外，也能入菜；並可製成加工品 (如濃縮果汁、果醋、果醬、蜜餞、果露等)，在全球果汁工業上具有重要地位。

臺灣百香果的栽培面積於 1985 年間曾達 1,000 多公頃，但此期間因發生嚴重病毒病害，尤以可引起果實木質化的病毒對果品以及全株發育影響最大，導致商品價值銳減。民國 70 年代當時為能有效控制病毒病的發生，農政單位輔導農戶於每年冬末至初春時，全面撤除園區植株，整地後更換為健康苗栽植，成為國內百香果栽培者間之共識。近年來，隨著環境氣候的變遷、百香果田間生長環境的逆境增加、病毒病害依然長期存在田間，加上近年來真菌性的疫病及頸腐病亦發生嚴重，因此栽植無特定病毒之健康種苗時，也需於田間栽培期間加上對真菌病害和蟲害之防治管理，方可確保田間栽培期的結果收益。

本內容包含國內百香果重要病毒和真菌病害病徵特性及可行的防治策略，提供百香果種苗及果品生產者對百香果重要病害的了解，以能穩定而永續地發展百香果產業。

百香果病毒病及防治管理

一、病毒病

病毒病為百香果產業之關鍵病害，為百香果生產之限制因子。亞洲地區重要的百香果病毒中，引起嚴重型木質化徵狀者為東亞百香果病毒 (east Asian passiflora virus, EAPV)-AO 類群，EAPV-AO 主要引起葉片嵌紋和果實木質化 (圖 1)，發病嚴重者果實發育不良，影響品質與採汁率；而 EAPV-IB 類群，引起葉片微嵌紋或斑駁，透光時病徵更明顯易見。受 EAPV-IB 感染者，病徵輕微不明顯，果實出現輕微的斑紋現象，植株生長及果實發育不受影響，但若與 EAPV-AO 發生複合感染會使病勢明顯。夜香花嵌紋病毒 (telosma mosaic virus, TeMV) 同樣可引起葉片嵌紋和果實木質化 (圖 1)；胡瓜嵌紋病毒 (cucumber mosaic virus, CMV) 病毒發生不普遍，但受感染株之葉片出現黃斑或黃化嵌紋 (chlorotic mosaic) 病徵，幼果期感染也可能導致果實畸形 (圖 1)。

田間檢出聖誕紅捲葉病毒 (euphorbia leaf curl virus, EuLCV) 或木瓜捲葉廣東病毒 (papaya leaf curl Guangdong virus, PaLCuGDV) 之百香果則皺縮或捲曲徵狀更加明顯，氣溫回暖後之新生葉片常可恢復正常。而葉片則常呈現著色不均之嵌紋皺縮或捲曲，或呈無病徵現象；遇有寒流時，受 EuLCV 或 PaLCuGDV 單獨或複合感染的百香果母穗樹，營養生長旺盛時期常呈無徵狀 (圖 1E)。EuLCV 與 PaLCuGDV 感染途徑主要透過嫁接方式傳播，尤其切穗帶有此等病毒時，容易隨無性繁殖方式而大量傳播；粉蝨為其媒介昆蟲，病毒可在蟲體內繁殖而永續性地傳播。目前尚未證實 EuLCV 與 PaLCuGDV 此兩種雙生病毒單獨感染對百香果品質之實際影響，但是南韓已將此兩種病毒列入百香果病毒檢疫清單，因此國內在百香果種苗品質控管方面已納入監測以確保健康品質，進而提升在種苗市場的競爭力。

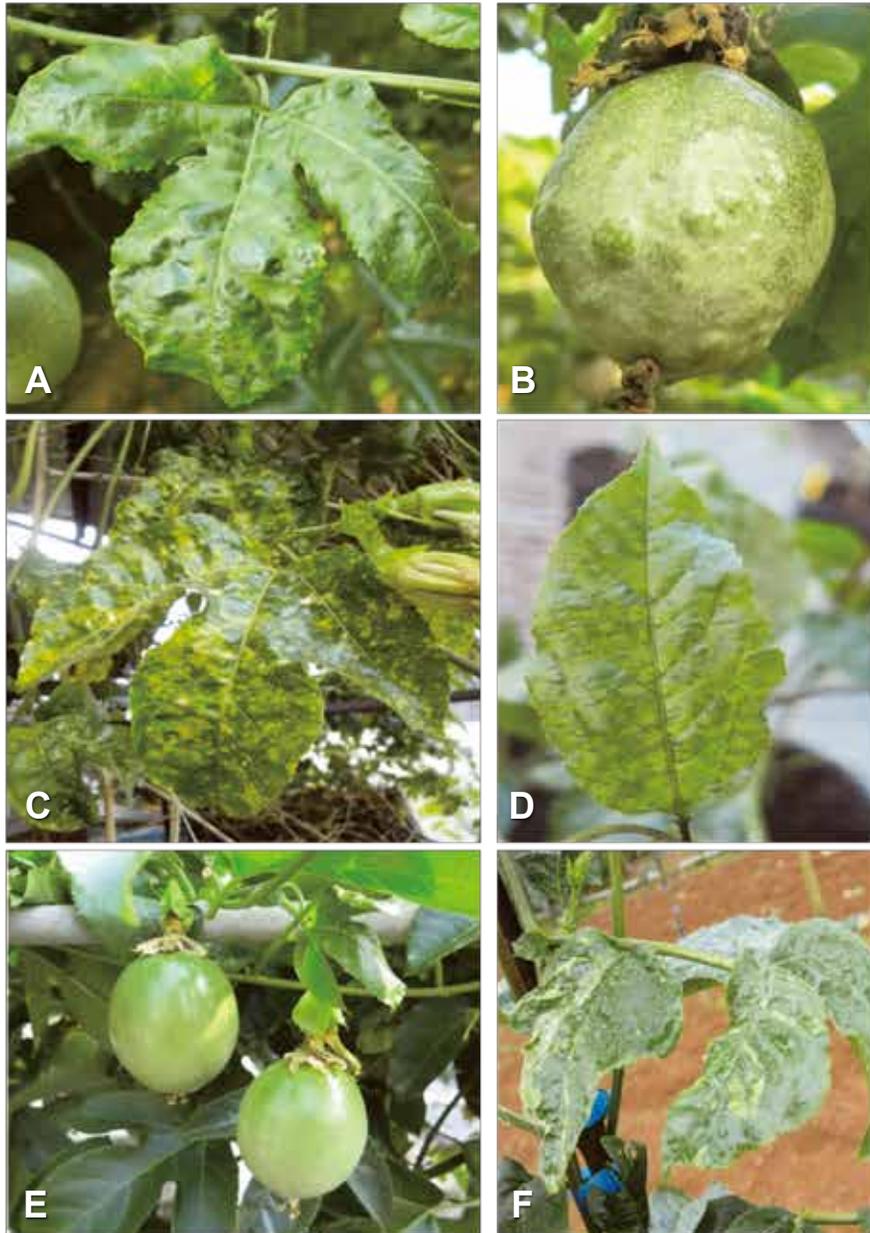


圖 1. 田間受東亞百香果病毒 EAPV-AO 類群感染的百香果，植株葉片嵌紋 (A) 和果實木質化病徵 (B)；受胡瓜嵌紋病毒 (CMV) 感染的百香果，葉片出現黃斑 (C)；人工接種 TeMV 於黃皮百香果造成葉片明顯嵌紋病徵 (D)；EuLCV 或 PaLCuGDV 感染的百香果母本株，營養生長旺時期常呈無徵狀 (E)；田間罹病株常在寒流環境下誘發植株葉片出現嵌紋皺縮 (F)，待氣溫回暖後之新生葉片，可恢復正常生長。

上述 EAPV-AO、EAPV-IB、TeMV 和 CMV 等病毒的傳播途徑相同，經由含有病毒的罹病株組織汁液透過機械傷口、無性繁殖體帶病毒及蚜蟲傳播。因此，栽培管理期間經由修枝剪條或摘芯等過程所造成的機械性傷口，刀具汙染罹病株之組織液等，均可能傳播病毒給其他植株；此外，帶有病毒的接穗，會透過嫁接苗的無性繁殖方式而大量傳播。

二、防治管理

(一) 設施環境栽培母本株，維護健康

病毒可經由蚜蟲刺吸罹病毒植株後，將沾有病毒汁液之口針刺吸其他健康株而傳播，因此採穗用母本株應栽培於防蟲的溫網室中，並做好噴施農藥或防蟲設施等防治蚜蟲管理措施。種苗繁殖期間，供採穗用的母本株（母本樹和供穗樹）需栽植於具有防雨、防蟲以及防雜草的設施環境，並有雙層門進出和人員管理，保持設施環境的整潔；嫁接苗應採用健康的根砧以及接穗。

(二) 母本株定期作病毒監測，汰除罹病株

對於提供採穗用之母本株需定期作病毒篩檢，確定無帶病毒後再行繁殖，可確保繁殖苗之健康品質。此外，對於檢出病毒之母本株，應清除罹病株並做好園區清潔管理。

(三) 清潔刀具以預防病毒汙染或傳播

病毒可透過帶毒汁液經由機械傷口而傳播，因此母本株栽培期間之修枝剪條、或採穗和嫁接時所使用之刀具或器具，均需經消毒處理或使用專用刀具以阻絕帶病毒組織汁液之傳播，尤其母本樹所使用之刀具以單株專用刀剪為要。

(四) 注意雜草防除

避免蟲媒孳生或病毒存活於野生寄主；此外，百香果育苗場避免設立於鄰近田間百香果栽培田區，以降低病原傳播風險。

EuLCV 和 PaLCuGDV 之防治管理措施：除上述 (一) ~ (四) 外，須特別注重粉蝨蟲媒之控管。此二種病毒並不經由種子傳播，因此透過實生苗繁殖可去除此等病毒。此外，寒流期做好保溫，或是避開寒流後再將種苗種植於田間，可預防因寒冷誘發病害嚴重程度，再配合均衡營養之肥培管理以強健植株，可降低雙生病毒危害百香果之影響。

百香果真菌病害診斷及其防治管理

真菌性病害主要為疫病 (*Phytophthora nicotianae*)、褐斑病 (*Alternaria* sp.)、炭疽病 (*Colletotrichum gloeosporioides*) 及頸腐病 (*Nectria haematococca*; *Fusarium solani*) 等。近年來，隨著環境氣候的變遷，真菌性病害可能會造成幼苗死亡，甚至幼苗帶菌至本田期後，造成果實罹患疫病、褐斑病、炭疽病或植株枯死，影響產量品質甚鉅。

一、疫病 (病原菌 *Phytophthora nicotianae*)

(一) 病徵

疫病菌可危害百香果葉片、果實、花、莖蔓及根部 (圖 2)。葉片病徵最初為不規則水浸狀斑塊，在高濕環境下病勢擴展極為迅速，尤其是颱風豪雨後發生更為嚴重，可導致全葉腐爛而落葉，甚至擴展至莖蔓或果實，受害處均呈快速腐爛狀，且於高濕下可生出白色絨毛狀菌絲；果實上病徵初期為灰黑色水浸狀病斑，慢慢擴展至全果，造成果實腐敗；本菌尚可引起植株根腐，初由莖基部發生，樹表皮初呈褐色斑塊，漸轉黑褐色且開始腐爛，引起莖腐及根腐，嚴重時造成全株萎凋枯死。

(二) 發病生態

本菌為多犯性，危害多種果樹、蔬菜與花卉。病菌一般棲息於土壤、植物根系及其他作物上，病菌殘存於田間可維持至少 1-2 年，等到環境適合時誘發病害。低窪地、排水不良、連續降雨時，病害易發生，嚴重時可導致全園廢耕而無收成。品種間以紫色品種較感病。幼苗期可能藉由栽培介質或重複使用之器具及穴盤傳播；本田期主要因連作田土壤中病原菌密度高，連續降雨時將病原菌飛濺至植株上感染。

(三) 防治方法：

1. 育苗場育苗時以較耐病之黃色種為根砧。
2. 育苗場重複使用之器具及穴盤可以 1% 次氯酸鈉 (漂白水) 或 4-4 式波爾多液浸漬消毒避免種苗帶菌。
3. 田間栽植期間，注意通風及排水良好；並做好園區之清園管理，徹底清除罹病果實、枝條和葉片 (圖 2)，以降低殘留田區之病菌傳染源。
4. 蝸牛爬過或吃到罹病之組織會幫助病害之傳播，因此需防治田間蝸牛。
5. 雨季來臨前，噴施稀釋 1,000 倍之中性亞磷酸，每 7 天 1 次，共 3 次。防治根部病害，可灌注稀釋 200-500 倍之中性亞磷酸 (參考亞磷酸部份)

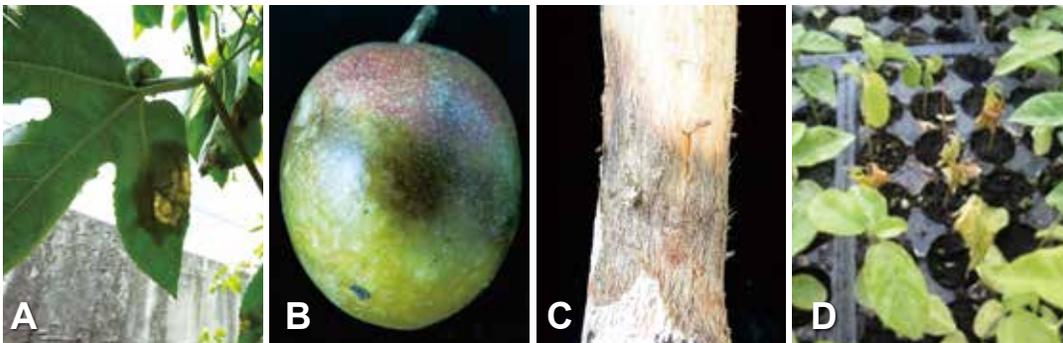


圖 2. 疫病菌危害造成葉片腐爛 (A)、果實果腐 (B) 及莖基部腐敗病徵 (C)；疫病菌危害造成幼苗枯死 (D)。

二、褐斑病 (病原菌 *Alternaria* sp.)

(一) 病徵

褐斑病菌可危害百香果葉片及果實 (圖 3)。葉片病徵最初為針點狀小斑，漸漸擴展為褐色之大圓形斑點，斑點外並有黃色暈環，嚴重時造成葉片黃化，或導致落葉。果實上之斑點初期為針點狀小斑，漸漸擴展為褐色之大圓形斑點，嚴重影響果實產量及品質。

(二) 發病生態

本菌主要棲息於植株及葉片上，等到氣候環境適合時即誘發病害，病菌並會產生分生孢子，藉由空氣及水進行傳播。

(三) 防治方法：

1. 注意通風良好，並做好園區之清園管理。
2. 重複使用之器具及穴盤可以 1% 次氯酸鈉 (漂白水) 或 4-4 式波爾多液浸漬消毒，避免種苗帶菌。
3. 目前本病害並無推薦藥劑可供使用，若發病嚴重可以試用 4-4 式波爾多液進行防治。

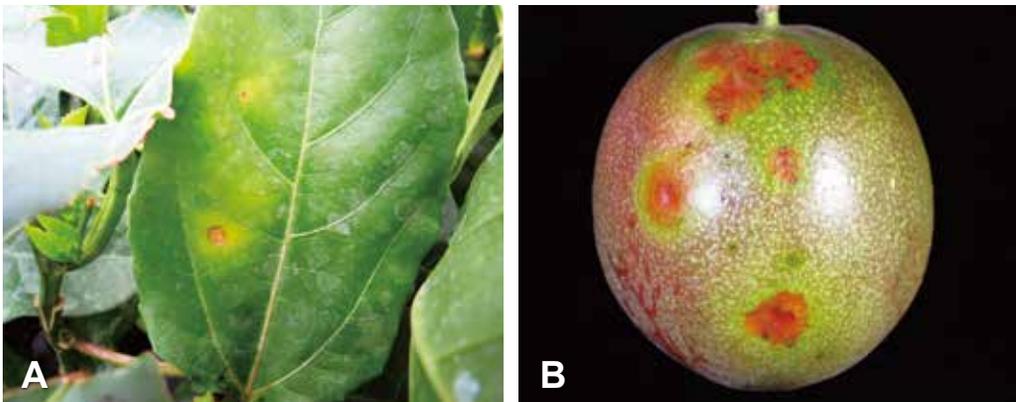


圖 3. 褐斑病菌危害造成葉片 (A) 和果實 (B) 上之褐色斑點病徵。

三、炭疽病 (病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides*)

(一) 病徵

本病原菌可危害莖蔓及果實，以成熟果實上之病徵最明顯 (圖 4)。

(二) 果實病徵

果實成熟後，病徵初現時呈細小灰黑色斑點，繼而擴大，溼度高時於病斑處產生粉紅色黏狀孢子堆，病菌菌絲並可侵入果實組織，造成組織變色、變軟，並散發異味，多數病斑融合後更加速果實腐爛。

(三) 莖蔓病徵

病菌也可危害莖蔓，在莖蔓上形成不規則形病斑，後期其上密生暗色小黑點，為其孢子盤，嚴重時使莖蔓乾枯，病斑上著生之孢子，亦為重要之感染源。

(四) 發病生態

目前栽培品種均為感病性，病害主要靠雨水、霧水傳播。在高濕的環境下，病斑上產生許多黑色稍突起之小點，由此溢出粉紅色黏狀物，為病原菌之分生孢子。遇雨水時分生孢子容易藉雨水的飛濺與氣流的帶動傳播。本病菌分生孢子藉雨水及風雨傳播，遇適當的溫度及

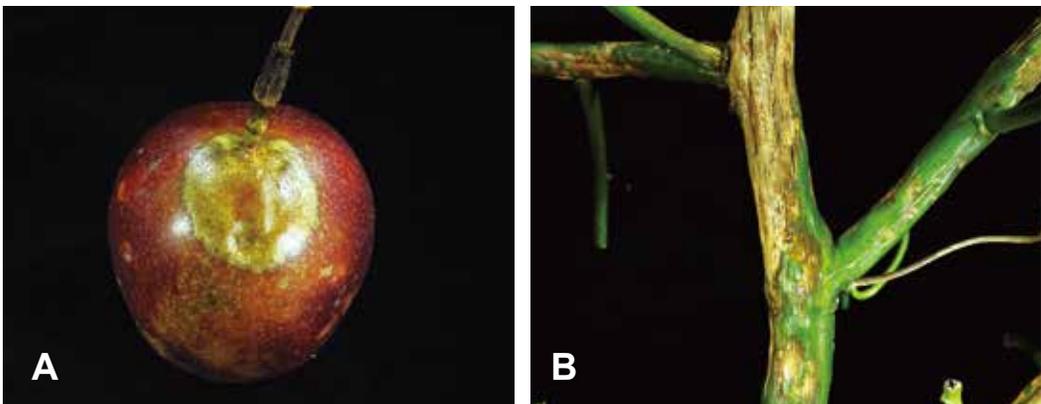


圖 4. 炭疽病病菌危害造成果實壞疽 (A) 和莖蔓壞疽枯萎 (B) 病徵。

濕度，孢子即發芽形成發芽管，侵入果皮或植株組織。本病菌可能侵染未成熟的幼果，直至果實成熟後，潛伏的病菌才生長造成病斑，此為潛伏感染。

(五) 防治方法

1. 果園管理：改善通風，注意施肥，灌溉等工作，使植株生長旺盛。罹病之莖蔓及果實應移離果園，以免病菌殘留，繼續危害植株或果實。
2. 植株於無花苞時每週以石灰硫磺合劑 200–500 倍稀釋液噴施，能預防炭疽病之發生。

四、頸腐病 (病原菌 *Nectria haematococca*; *Fusarium solani*)

(一) 病徵

病徵發生於莖基部與地表交接處，初期呈褐化腐爛現象，但患部屬乾腐狀不會軟化，逐漸莖基部會膨大且於皮質產生裂痕，進而傷及輸導組織 (圖 5A)，嚴重時呈環狀剝皮狀，而造成植株逐漸萎凋。溼度高時可在病斑表面看到許多紅色小球狀物 (圖 5B)，是病原菌之子囊殼。

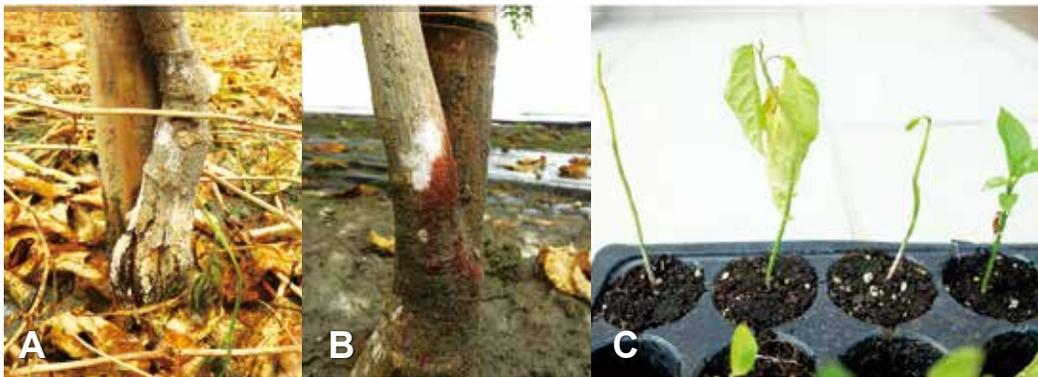


圖 5. 頸腐病菌危害造成乾腐病徵 (A)、頸腐病菌產生之子囊殼 (紅色小球狀物) (B) 及造成幼苗枯死 (C)。

(二) 發病生態

紫色百香果易感染頸腐病，黃色種較具抗性，因此商業化百香果苗均以黃色種作為砧木，再嫁接台農 1 號或滿天星等品種之百香果接穗。本菌無性世代為 *Fusarium solani*，可營腐生生活，並藉由病菌產生之分生孢子傳播。本病好發於排水不良之栽培地區，且高溫多濕季節較容易發病。

(三) 防治方法

1. 以較耐病之黃色種為根砧。
2. 注意通風良好，並做好園區之清園管理。
3. 重複使用之器具及穴盤可以 1% 次氯酸鈉 (漂白水) 或 4-4 式波爾多液浸漬消毒，避免種苗帶菌。
4. 目前本病害並無推薦藥劑可供使用，早期預防可試用 4-4 式波爾多液。

五、病害整合性管理

(一) 健康種苗

慎選種苗來源，種植無病毒與帶菌之健康種苗。

(二) 清園

選擇土壤質地排水良好，避免浸水造成根系腐敗。園內罹病植株及果實清除乾淨，避免成為感染源。

(三) 監測

定植後每週確實調查病害之發生種類與罹病程度，以掌握適當的防治方法與時機。病害管理 (圖 6)：主要發生之病害為疫病、頸腐病、炭疽病及褐斑病，透過確實的監測，適時實施適當的防治方法。

病 害 種 類	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
頸 腐 病	■											
炭 疽 病				■								
疫 病						■						
褐 斑 病				■								
病 毒 病	■											

圖 6. 百香果主要關鍵病害發生時期及防治。

(四) 防治方法：

百香果種植期間於雨季來臨前每週施用一次中和後之亞磷酸，連續使用 3 次，以預防疫病之發生；植株於無花苞時每週以石灰硫磺合劑 200–500 倍稀釋液噴施，能預防炭疽病之發生。

台灣百香果健康種苗產業應用與發展現況

一、百香果「台農 1 號」主力品系及每年更新換植栽培技術

民國 70 年由鳳山熱帶園藝試驗分所育成與正式命名的百香果「台農 1 號」推展迄今，目前為國內及亞洲地區的主力品系，深受栽培者及消費者喜愛；「種植臺灣百香果種苗，可確保收成」，更是東南亞地區農戶對台灣產百香果種苗的肯定。為維持「台農 1 號」百香果之優良園藝性狀，其繁殖方式以嫁接苗為主，採用其切穗，嫁接到對真菌病原較抗病之黃百香果根砧上，可有效防治土壤根部的真菌性病害。

臺灣百香果栽培模式採用每年更新換植健康種苗的一年期生方式，除可有效控制病毒病危害外，更可確保鮮果生產品質。

二、領航亞洲之台灣百香果健康種苗病害驗證產業輔導體系

「百香果種苗病害驗證作業須知」(參考網址 <https://www.baphiq.gov.tw/view.php?catid=15839>)，規劃三級制之百香果種苗生產(圖7)，包括(1)母本樹(G1)，提供接穗以生產供穗樹之植株；(2)供穗樹(G2)，提供接穗以生產栽培用嫁接苗之植株；(3)栽培用嫁接苗(G3)，使用接穗及根砧完成嫁接之種苗，馴化後供栽培用者。驗證須知中規範有百香果種苗生產時，各階段種苗繁殖圃設置及操作管理，以及病毒檢定相關驗證基準和規定，用以防治管理病蟲害以及確保無特定病毒健康種苗之生產品質。驗證標的病原包括東亞百香果病毒(east Asian passiflora virus, EAPV)、胡瓜嵌紋病毒(cucumber mosaic virus, CMV)。

本驗證規範，可作為百香果育苗場健康種苗生產品質內控之管理基礎(圖8)，並能協助育苗業者提升與穩定種苗健康品質。



圖7. 百香果連續種植超過一年者病毒病嚴重，果實木質化品質差(A)；田區每年更新換植驗證合格之健康種苗，果實健康品質優(B)。

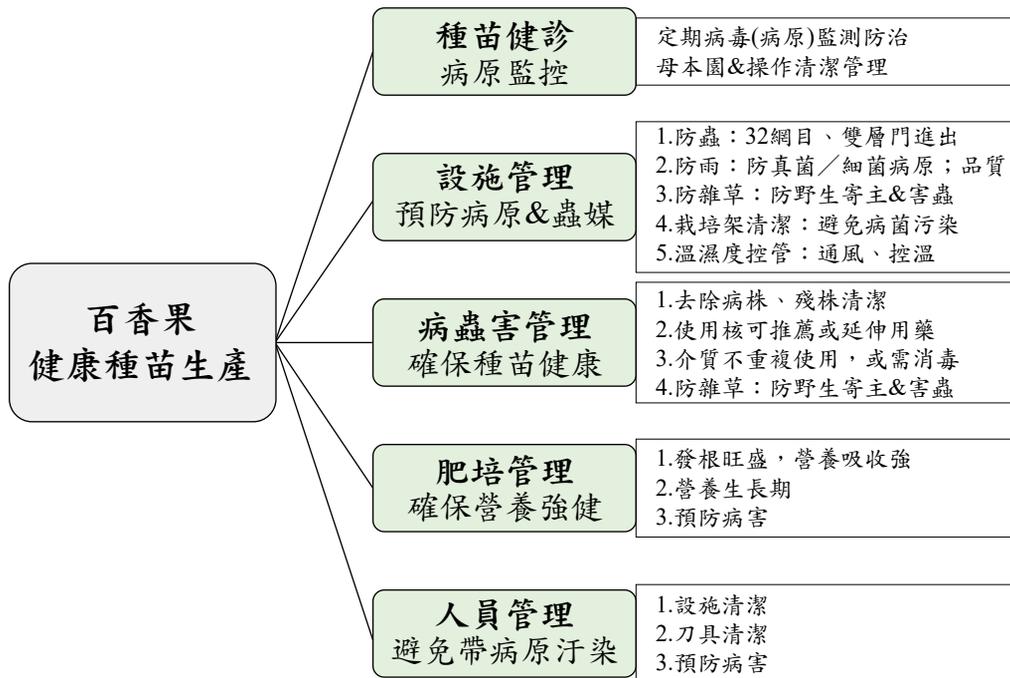


圖 8. 百香果健康種苗生產之源頭要項與管理措施，確保健康品質。

參考文獻

1. 李文立、王德男。2007。百香果栽培管理要點。園藝之友 119: 18–26。
2. 李文立、Chinnapan Thanarut、徐智政、李國基、江芬蘭、陳金枝。2020。夜香花嵌紋病毒 百香果分離株分子特性及廣效性分子檢測技術之開發應用。台灣農業研究 69(1): 46–64。
3. 林瑩達。1982。百香果雜交 F1 品種之育成。中國園藝 28: 190。
4. 張清安。2015。臺灣百香果病毒病研究與防治之回顧。p.111–121。2015 年海峽兩岸植物病理學術研討會專刊。中華民國植物病理學會。
5. 陳金枝。2019。台灣百香果無特定病毒種苗生產技術。p.51–60。百香果產業新南向策略研討會研討會專刊。行政院農委會農業試驗所鳳山熱帶果樹試驗分所。
6. 陳金枝、鄭櫻慧、鄧汀欽。2014。無病毒健康種苗對百香果產業發展之重要性及未來展望。植物種苗生技 37: 63–71。

7. 陳金枝、鄭櫻慧、鄧汀欽、江芬蘭、莊喻婷、許家銘。2018。百香果健康種苗病毒檢測試劑套組之開發與產業應用現況。p.99-110。植物防檢疫技術科技研發成果發表會專刊。行政院農委會動植物防疫檢疫局。
8. Cheng, Y.H., Deng, T.C., Chen, C.C., Chiang, C.H., and Chang, C.A. 2014. First Report of Euphorbia leaf curl virus and Papaya leaf curl Guangdong virus on passionfruit in Taiwan. *Plant Dis.* 98: 1746.
9. Chong, Y.H., Cheng, Y.H., Cheng, H.W., Huang, Y.C., and Yeh, S.D. 2018. The virus causing passionfruit woodiness disease in Taiwan is reclassified as East Asian passiflora virus. *J. Gen. Plant Pathol.* 84(3): 208-220.
10. Fischer, I.H., and Rezende, J.A.M. 2008. Diseases of passion flower (*Passiflora* spp.). *Pest Technology* 2 (1): 1-19.
([http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0812/PT_2\(1&2\)/PT_2\(1\)1-19o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0812/PT_2(1&2)/PT_2(1)1-19o.pdf)).
11. Fukumoto, T., Nakamura, M., Rikitake, M., and Iwai, H. 2012. Molecular characterization and specific detection of two genetically distinguishable strains of *East Asian passiflora virus* (EAPV) and their distribution in southern Japan. *Virus Genes* 44: 141-148.
12. Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A., and Leifert, C., 2009. Soil management for sustainable crop disease control: a review. p.177-201. In *Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants*. Springer, Dordrecht.
13. Nascimento, A.V.S., Santana, E.N., Braz, A.S.K., Alfenas, P.F., Pio-Ribeiro, G., Andrade, G.P., de Carvalho, M.G., and Zerbini, F.M. 2006. Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) is widespread in passionfruit in Brazil and causes passionfruit woodiness disease. *Arch. Virol.* 151: 1797-1809.
14. Taylor, R.H., and Greber, R.S.1973. Passionfruit woodiness virus. CMI/AAB. Description of plant viruses 122. Commonwealth Mycological Institute/Association of Applied Biologists, Kew.

3 / 紅龍果篇

林筑蘋、蔡志濃、安寶貞

紅龍果分為白肉 (*Hylocereus undatus*) 與紅肉品系 (深紅肉 *H. polyrhizus*、紫紅肉 *H. costaricensis*) (圖 1)，其中特別的是，白肉品種在果實生長期間，藉由將果實套上不透光的套袋可增加外表色澤，是常見的栽培手法之一。紅龍果產季約莫在每年的 4 月下旬至 10 月初，一年可達 5-11 期連續採收。另外，利用整枝修剪以及燈照配合疏花，可提早以及延長紅龍果果實產期；或者，以非產季燈照配合產季不留果方式，可將產季調節為 10 月至 3 月。



圖 1. 紅龍果。

紅龍果病害

目前田間栽培期主要之病害限制因子為紅龍果莖潰瘍病 (*Neoscytalidium dimidiatum*) 引起 (圖 2)，與紅龍果濕腐病 (*Gilbertella persicaria*) 引起 (圖 3)，嚴重影響紅龍果產量與產值。紅龍果莖潰瘍病常由帶菌種苗或風雨將病菌傳播入田間，偏好感染幼嫩組織，如生長期的嫩莖與產季的果實；紅龍果濕腐病為花、幼果與果實成熟採收後儲藏期之重要病害，一旦感染，可在短時間內造成嚴重損失。

除上述的紅龍果濕腐病外，其他儲藏期病害常造成果實花斑與腐敗，影響果實外觀、縮短儲架壽命，或降低商品價值。這些貯藏期病害包括炭疽病 (*Colletotrichum* spp.)、果腐病 (*Bipolaris cativora*)、鐮孢果腐病或紅龍果果斑病 (*Fusarium* sp.)、褐腐病 (*Phomopsis* spp.)、褐斑病 (*Alternaria* sp.)、青黴病 (*Penicillium* sp.)、黑腐病 (*Lasioidipolidia theobramae*) 等。

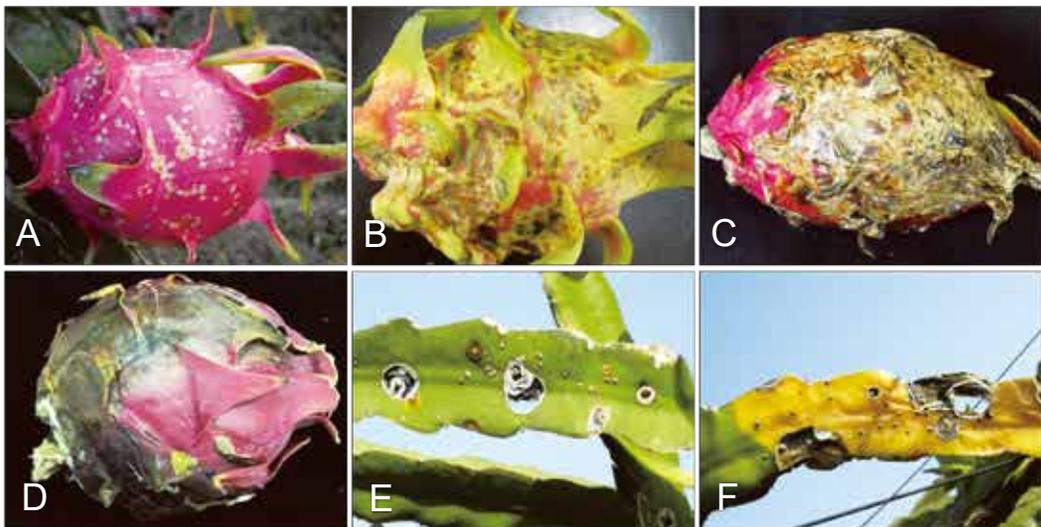


圖 2. *Neoscytalidium dimidiatum* 引起之紅龍果潰瘍病。病徵：(A-C) 田間罹病果病徵為凹陷或突起之點狀、塊斑或結痂潰瘍狀；(D) 罹病果實於採後貯藏期出現黑腐病徵；(E-F) 紅龍果莖部受感染，出現點狀凹陷或突起、潰瘍、黃化腐爛等病徵。

其中，褐斑病 (*Alternaria* sp.) (圖 4) 在果實於 4°C 冷藏下，病徵仍會出現，是紅龍果外銷冷藏保存的最大限制因子。

在病毒病害方面，臺灣目前栽種之植株幾乎都受到病毒感染，且多種病毒病害在田間常複合感染，造成植株生長勢衰弱。雖然病毒對於產量的影響性尚未有定論，可是其重要性可能被低估。

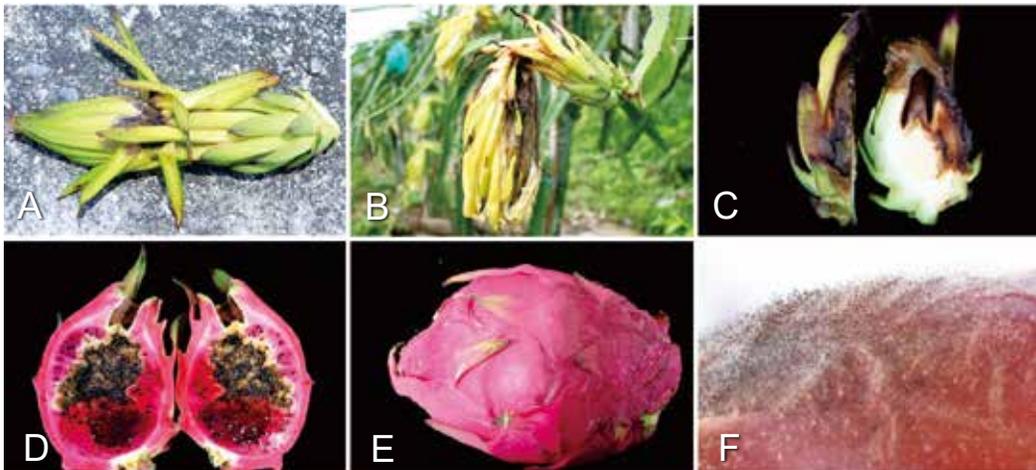


圖 3. *Gilbertella persicaria* 引起之紅龍果濕腐病。病徵：(A) 花苞；(B) 花瓣；(C) 幼果腐爛；(D) 黑心、(E) 成熟果實腐爛；(F) 高濕度時罹病組織表面出現病兆。



圖 4. *Alternaria* sp. 引起之紅龍果褐斑病，是紅龍果外銷冷藏保存的最大限制因子。

紅龍果病害綜合管理

一、設施栽培與供水裝置

筆者曾於產季實際造訪園區，同一時期 A 果園果實罹染嚴重莖潰瘍病，B 園區則否，仔細觀察可發現 A 果園以由上往下的灑水裝置供水，而病菌常藏匿於枝條病斑上，可隨設施灑水流到果實表面傳播，B 果園則是以放水灌溉方式，降低病菌藉流動水傳播的機會，因而造成 A 與 B 果園果實感染率的差異 (圖 5)。因此，建議可搭建防雨設施，或改善供水裝置為水帶或滴灌方式，降低病害傳播機會 (圖 6)。



圖 5. 灑水設備有利紅龍果莖潰瘍病由枝條擴散至果實表面。A 果園，由上往下灑水系統；B 果園，灌溉系統。



圖 6. 改良之灌溉設備。

二、套袋

「套袋未消毒即重複使用」亦是重要感染來源，未消毒的套袋中可累積大量病原，伺機入侵果實；若再加上果實未即時採摘而成熟過度，病害嚴重度會更高。

(一) 套袋之時機與細節

使用防水、全新，或已消毒過的紙袋或不織布，並應於開花完 3–7 天內摘除花瓣後儘速套袋；套袋時注意「儘量」密封住開口，避免雨水滲透。使用防水、全新，或「已消毒過」的紙袋或不織布，於開花完 3–7 天內儘速套袋，已證實可有效降低貯藏期病害；套袋時注意「儘量」密封住開口，避免雨水滲透。

(二) 套袋消毒

建議避免重複使用套袋，若有重複使用的需求，建議可以漂白水 (0.1%) 或次氯酸水 (100 ppm 以上) 浸泡 1 小時以上；或將套袋以黑色塑膠袋裝起在陽光下曝曬，讓袋內核心溫度能達 50–60°C 以上，連續 4 小時以上。

三、田間衛生

(一) 剪除罹病枝條移除田間

尤其注意出現紅龍果莖潰瘍病病徵的枝條，當病斑出現木栓化「結痂」，果實內藏病菌大量傳播構造（產孢構造與分生孢子），務必剪除。5–9月雨季時，若看到罹病枝條立即剪除，並於下雨後立即施藥；關鍵防治時間點為每年時間 11–3 月冷涼乾季，於此同時為果園枝條生長養護期，應盡量剪除病害枝條，並且用藥劑保護新生枝條不受感染，於本篇後面波爾多液一節詳述。

(二) 打包汰除或罹病之花苞、花瓣

開花後 3–5 天及時拔除花瓣，尤其是下雨過後，若花已經出現濕腐病潰爛病徵，應儘速拔除並帶離果園，否則濕度高時病害可能會往子房部位移動，造成果實感染或提早落果。捨棄之花朵或果實，包括開完花的花瓣、汰除的花苞跟幼果（無論有無罹病），應帶離園區，避免成為田中感染源（圖 7）。



圖 7. 汰除的花苞與花瓣上面常藏匿病原菌，應打包移除田間。

(三) 環境消毒

以稀釋 100 倍之漂白水噴灑清洗集貨場或貯藏庫之操作區域。

(四) 人員保持乾淨

在罹病果園工作後或參訪後，勿進入健康果園，避免將病菌帶入。換穿乾淨衣物後進入田間僅專心致力於採收工作、勿操作其他農務，如摘花或汰除罹病的果實或套袋，以避免碰觸可能帶菌的物品。

四、產期調節配合

每一株紅龍果終年產量幾乎固定，只要在適當時機內疏花（秋分前），反而有助於下一次花苞量增多。利用整枝、疏花以及燈照，可調整紅龍果果實產期提早或延長。因此，建議產期調整至避開 7-8 月份高溫多濕季節；或可利用間隔疏花，在空檔時期清除全園罹病組織以及加強施用藥劑，如此不但可做好清園工作，也可降低藥劑殘留疑慮（圖 8）。

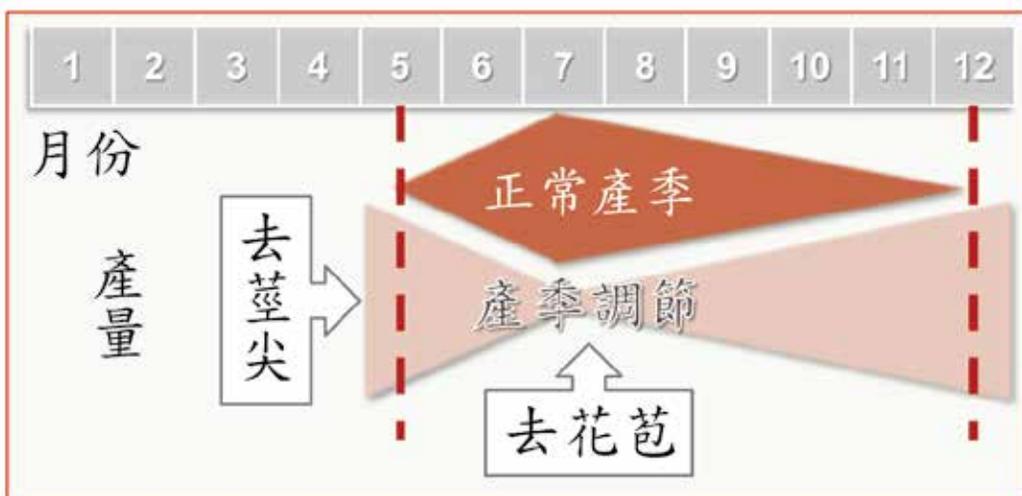


圖 8. 配合產期調節：避開 7-8 月份高溫多濕季節，或可利用間隔疏花，在空檔期清除全園罹病組織、加強藥劑消毒，除徹底清園外也降低藥劑殘留疑慮。(繪製圖參考出處：江一蘆等人)

五、施用加強根系發展之益生菌

病毒病害無法以藥劑防治，植株若未出現衰退者可持續留著，利用加強根系發育、注重肥培管理、疏果等栽培管理方式強健植株，仍可有一定的收成。如多輪替使用有助根系發展之益生菌，如木黴菌等，有助增加植物生長勢，尤其氣候變化時，需加強補充。

六、噴布波爾多液

紅龍果莖潰瘍病是許多種植紅龍果的農民棘手的問題。根據測試，波爾多液可抑制紅龍果潰瘍病的病菌菌絲生長以及斷生孢子發芽，兼具殺菌與預防發病效果；簡易測試波爾多液防治紅龍果莖潰瘍病效果，結果顯示罹病度大幅下降，且效果不亞於一般慣行農業用的農藥（圖 9）。以下除介紹波爾多液在防治紅龍果莖潰瘍上的操作方式外，更重要的是配合防治黃金時機，將可達事半功倍的效果。



圖 9. 4-4 式波爾多液防治紅龍果莖潰瘍病效果不亞於一般化學藥劑。

(展：展著劑；賽：賽普護汰寧；2-2：2-2 式波爾多液；4-4：4-4 式波爾多液)

(一) 實施步驟

把握 2 大重點：重點 1、抓準防治時機，把握防治黃金時機。重點 2、認識多變病徵，徹底清除罹病枝條，移離果園。按照以下步驟反覆連續 3 次如圖 10。

1. 先施用一次 4-4 式波爾多液，先殺死罹病組織上的病菌，避免後續清園時病原飄散，同時提供新生枝條一層防護層。
2. 7-10 天後徹底剪除罹病枝條，並掩埋或移除田間。
3. 當天或隔天再次施用一次 4-4 式波爾多液保護枝條傷口，以及加強保護新生枝條。

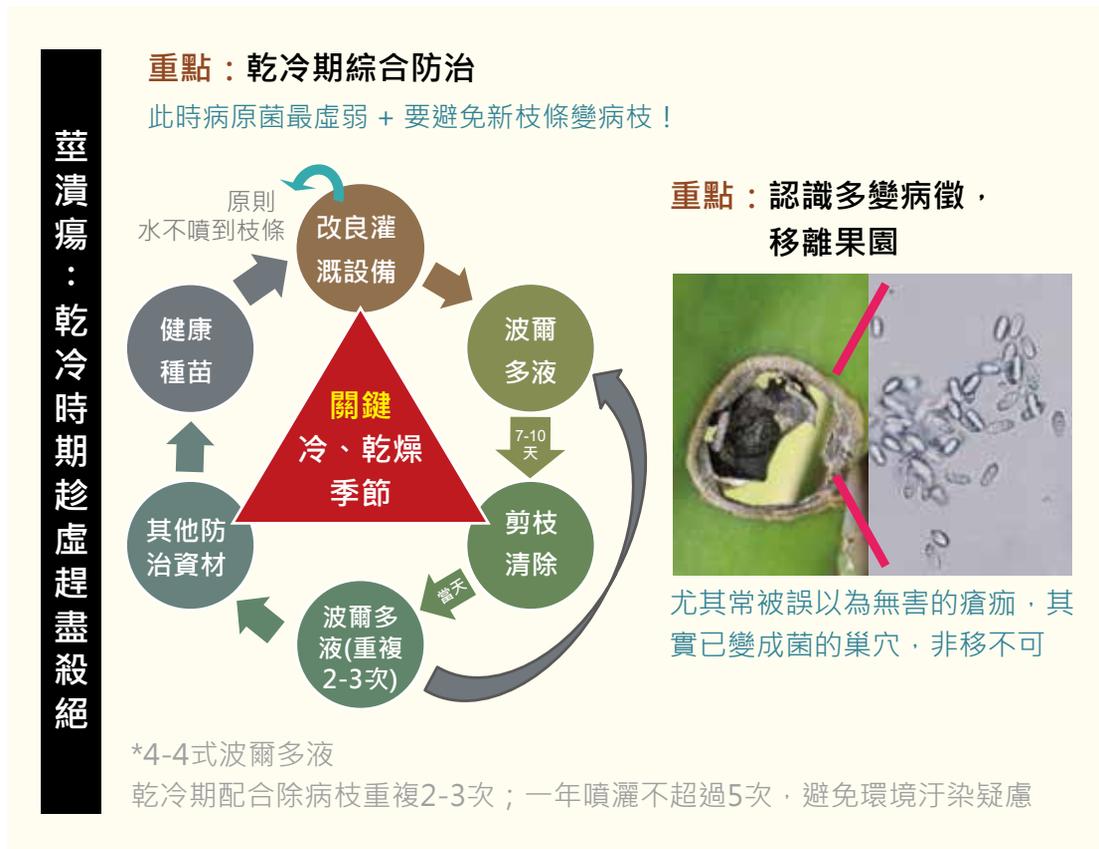


圖 10.波爾多液防治紅龍果莖潰瘍病操作重點。

(二) 防治時機

1. 第一佳：每年 11-3 月的紅龍果枝條生長養護期 (圖 11)：每年此時大量新生枝條開始萌出生長，紅龍果莖潰瘍病菌就跟其他多數病原菌一樣，可以說欺善怕惡，無法感染老熟的枝條，特別喜好幼嫩組織。因此，此時更要保護新生枝條不受感染。此病菌也跟多數病菌一樣，越熱、濕度越高就越活躍，越會肆意感染。因此，趁此冬季乾冷時機，配合上述波爾多液處理方法，降低感染源數量。
2. 次佳：夏天颱風季過後：夏季沒幼嫩的枝條，但是有鮮嫩的果實，也是欺善怕惡的病菌最愛欺負的對象！尤其此時期若下雨後，不但又熱又濕，病菌藉水傳播後活性高且發展速度快，若無妥善處理，則容易失控大發生。因此建議雨後也能施予同樣的防治，然而防治效果仍未比生長養護期時做來得有效益。

以上，經田間實際輔導紅龍果罹染莖潰瘍病的農戶，以 4-4 式波爾多液精準掌握施藥時機 (冬季剪枝時、颱風或驟雨後)，配合田間衛生管理，可有效降低園區莖潰瘍病發生率，防治率可達 6-9 成。在使用時，因為波爾多液提供一層藍色保護層且不易掉落，不建議直接噴灑於花或果實表面 (圖 12)，避免產生需額外擦拭的困擾。



圖 11. 施用波爾多液前後應配合徹底剪除罹病枝條。



圖 12. 波爾多液提供一層「保護膜」，但會造成表面變藍，應避免噴灑於果實表面。

七、其他用藥

紅龍果屬於連續採收作物，果實採收後的藥劑使用安全性常被高度關注，除合理用藥以避免造成食安問題外，選擇毒性較低且安全的鹽類或精油製劑，亦是可考慮的防治的選項。根據林等人 (2020a) 的研究，香茅精油製劑與肉桂精油製劑等可直接抑制紅龍果濕腐病與褐斑病病菌之孢子發芽或菌絲生長。其中已田間測試證實肉桂精油微乳劑「黑修羅」(稀釋倍數 1,000 倍) (圖 13)，可用於防治紅龍果濕腐病，建議於開花時期施用藥劑 1-2 次，開花時期遇下雨加強施藥，以增加防治紅龍果花期與幼果濕腐病效果；套牛皮紙袋前可再施用一次，若無套袋者，則建議持續用直至採收前 7 天。



圖 13. 肉桂精油微乳劑「黑修羅」(暫定商品名，農業試驗所開發)。

結語

早期紅龍果病害發生機率少，不用藥亦不會有太多病害問題；然而近年來，隨著栽培面積增加，新興病害也跟著變多。尤其又因為紅龍果屬於連續採收作物，受限於安全採收期之故，非農藥防治技術更顯得迫切需要，且單靠藥劑防治效果有限，應進行綜合防治方法，從環境 (田間衛生、套袋、設施與供水裝置)、植株 (產期調節、施用益生菌) 與病原 (非化學合成藥劑) 等三方著手互相配合，達到良好防治目的。

參考文獻

1. 江一蘆、楊雯如、林孟姿、洪兆儒。2015。紅龍果整合性產期調節技術。In: 台灣紅龍果生產技術改進研討會專刊。p.45-58。劉碧鵬、邱國棟編輯。農業試驗所鳳山分所。175 p。高雄。
2. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞、鄧汀欽。2018。紅龍果重要病害防治。In: 紅龍果栽培一本通。p.69-87。黃世澤編輯。財團法人豐年社。181 p。台北。
3. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞。2019。廣效性波爾多液有效防治果樹病害。豐年。69:86-93。
4. 林筑蘋、蔡志濃、謝廷芳、安寶貞。2020a。紅龍果花期與幼果濕腐病 (病原 *Gilbertella persicaria*) 之藥劑篩選與田間防治。台灣農業研究 69:207-217。
5. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞、徐敏記、林妤姍。2020b。收成最後一哩路：紅龍果採收後貯藏期病害之介紹與預防。技服季刊，121:13-18。
6. 蔡志濃、林筑蘋、謝廷芳。2020。用非化學合成植保資材，營造友善農耕環境。農政與農情 338:24-30。

4 / 木瓜篇

蔡志濃、林筑蘋、安寶貞

番木瓜 (*Carica papaya* L.) 又稱木瓜，是番木瓜科 (Caricaceae) 水果。木瓜原產於熱帶美洲，目前在台灣的栽培面積約 2,700 多公頃 (108 年農業統計年報)，為台灣重要的經濟果樹之一。木瓜生育最適溫度是 25–30°C，日平均溫度在 16°C 以上時，生育、結實及品質才能正常，下霜時植株即受寒害。木瓜為淺根性，不耐乾旱，性喜通氣良好的壤土或砂質壤土，為使連續不斷結果，增加產量，提高品質，延長壽命，旱季應適宜灌溉，隨時保持土壤濕潤，因此具有灌水水源之田區較適合種植。木瓜根部為含有高量水分的肉質根，根部浸水 24–48 小時即壞死腐敗，容易造成全株萎凋死亡，因此需作高畦，使排水良好。木瓜在疏鬆肥沃、富含有機質土壤中生育較好；木瓜需肥較多，若栽培在地力差或土壤養分不足的田區，會生育不佳，果形變小，產量降低，品質差等缺點。選擇質地鬆軟肥沃且富含有機質，土層深厚，地下水位低，pH6.0–6.5，通氣良好的砂質壤土為木瓜最佳之栽培地。

木瓜病害

木瓜生長期間發生較嚴重之病害主要有炭疽病 (*Colletotrichum* spp.)、疫病 (*Phytophthora palmivora*)、蒂腐病 (*Lasiodiplodia theobromae*)、

褐斑病 (*Corynespora cassiicola*)、白粉病 (*Oidium caricae*)、黑腐病 (*Erwinia cypripedii*) 及輪點病 (*Papaya ringspot virus-P, PRSV-P*) 等。

一、炭疽病

由真菌引起，主要為潛伏感染，病菌在木瓜組織發育期間，即已侵入，但病徵主要出現在成熟果實與枯萎的葉柄上，在綠色葉片與果實上甚少出現。果實病徵：病斑在果實朝外的部位出現較多，朝內部位有時完全無病斑。果實黃熟後，首先出現水浸狀小斑點，病斑慢慢擴大成稍凹陷圓形斑，大小 1-5 公分不等，病斑數多時，會融合形成整片組織腐敗。病斑出現 2-3 天後，病斑中心逐漸出現粉紅色 (圖 1A)、橘紅色、暗紅色或黑色的黏狀孢子堆與分生孢子；因感染菌種之不同，有時病斑呈黑褐色 (剛毛)，病菌菌絲並可侵入果實組織內部，形成硬塊，周圍組織軟化腐敗 (圖 1B)。果柄病徵：採收時因有傷口，往往最早出現病徵，組織首先轉黃，而後沿果柄傷口處出現環狀水浸狀斑，而後組織軟化凹陷 (軟化程度較蒂腐菌為輕)，繼而出現紅色分生孢子堆，或轉為黑褐色病斑，再長出分生孢子堆，有時病斑直徑可達 10 公分以上。葉柄病徵：乾枯葉柄上出現黑色或黑褐色圓形或長橢圓斑，其上密生暗色小黑點，為子囊殼或其分生孢子堆 (圖 1C)。



圖 1. 木瓜炭疽病菌 *Colletotrichum gloeosporioides* (A) 及 *Colletotrichum capsici* (B) 所引起之病徵。病斑中心逐漸出現粉紅色 (A)、組織軟化腐敗 (B)、葉柄出現黑色或黑褐色圓形或長橢圓斑 (C)。

二、疫病

由卵菌引起，從幼果至成熟期果實均會得病，而以近成熟但尚未轉黃之果實較為常見；果實的各部位均可被感染，但以兩果實接觸面染病機率最大。果實染病後，罹病果實表皮初現水浸狀斑點，並伴有黏液狀滲出物，病斑迅速擴展呈圓形大病斑，數天後單一病斑直徑可達 10 公分以上。一般一個果實有一到數個病斑，但有時有 10 數個病斑以上。在潮溼環境下，病斑表面長出白色霉狀菌絲 (圖 2)，罹病果實不軟化，但用手觸摸病斑中心，罹病表皮易剝離。罹病果實較易提早轉色，且極易落果。在雨季採收的無病徵果實，如果已經染病或被疫病菌污染，在到達市場後亦會陸續發病，並且會傳染給同箱之相鄰果實，造成大量果實腐敗。

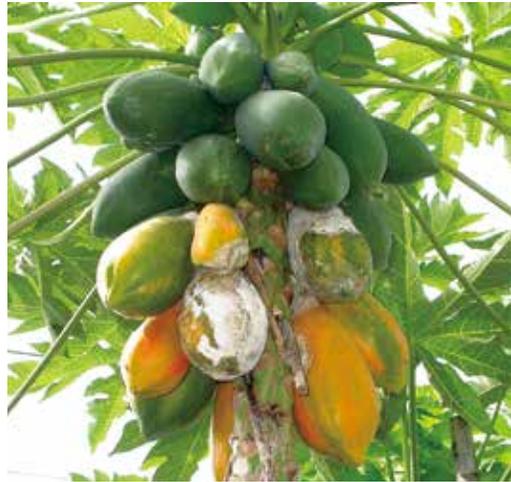


圖 2. 木瓜疫病於果實上之病徵。

三、蒂腐病

由真菌引起，本病病原菌危害木瓜植株之樹幹、葉柄及採收後之果實，因果實蒂部最易被害，故名蒂腐病。果實被害時，病徵多由果柄處開始出現，亦可自果頂開始，如有傷口時，病原菌即易由傷口處侵入，初期果實軟化、水浸狀，高溫時病斑部生出白色菌絲，不久轉為灰綠色，最後菌絲轉變為黑綠色 (圖 3)，菌絲生長



圖 3. 木瓜果實上之蒂腐病病徵。

快速，造成全果腐爛，果實終因失水、乾化而成黑炭狀木乃伊，故又稱炭化病。樹幹被害時，初期樹幹中下部皮層出現水漬狀、不規則長形病斑，以後樹皮軟化，內部組織被分解黑炭化，僅剩餘纖維，樹葉乾枯脫落，終至全株死亡。

四、褐斑病

由真菌引起，病原菌危害木瓜葉片、葉柄及果實。葉片上病徵：初期為灰色小圓點，周緣有黃暈，繼而轉為淺褐色或灰褐色圓形斑，慢慢擴大為圓形或不規則形斑點，周緣會有更為明顯黃暈，嚴重時會造成病斑中央組織脫落，形成穿孔或裂開狀病徵（圖 4A），罹病葉片會提早黃化、萎凋、落葉，影響樹勢生長；葉柄上病徵：為灰色或灰褐色紡錘形或長條狀病徵，周緣為退綠水浸狀病徵（圖 4B），木瓜苗期若罹病，亦於莖上產生相同之病徵；果實上病徵：初為灰綠色、水浸狀凹陷之小圓形病斑（圖 4C），嚴重時病斑擴大，並於病斑上長滿黑色之孢子堆，造成果實腐敗。

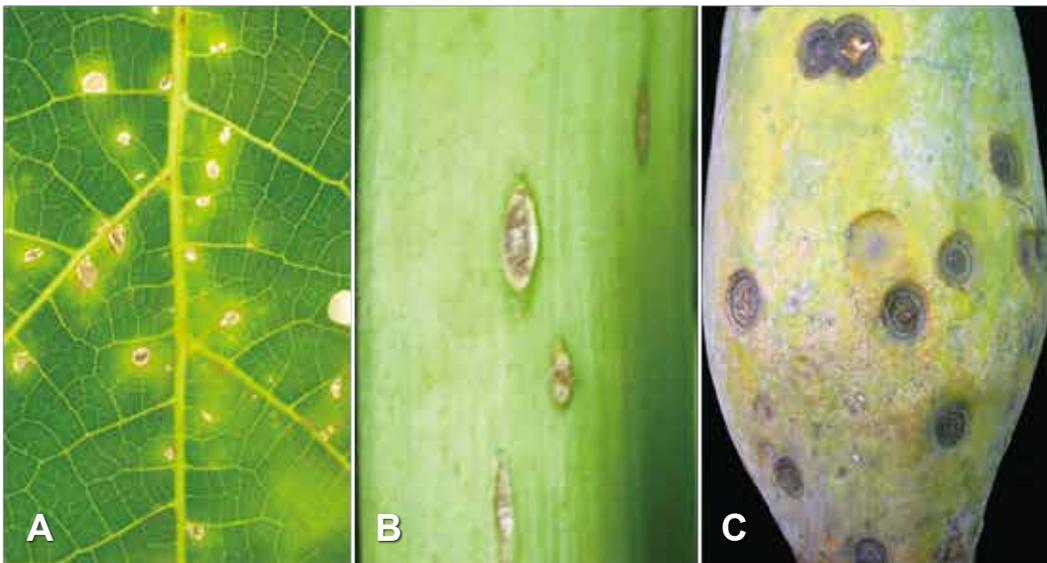


圖 4. 褐斑病危害木瓜之病徵。葉片 (A)、葉柄 (B)、果實 (C)。

五、白粉病

由真菌引起，本病原菌主要危害葉片、葉柄、莖部、花及果實。罹病葉片表面初現黃色斑點，葉背或葉片上有白色粉狀物 (圖 5)，最初點狀散生，後可佈滿全葉，導致葉緣上捲甚而焦枯，罹病新葉豎立，葉柄及葉片均脆弱易折斷，罹病株生育緩慢，植株矮小，尤其木瓜幼苗被害時，往往導致嚴重落葉，甚至植株萎凋，成株受害時，常導致開花不結果或果實品質降低。果實發病時，初呈褪色斑塊，後上著生白色粉狀物，粉狀物消失後，果皮上殘留黑色斑痕，發病嚴重時果實發育受阻。

六、黑腐病

由細菌引起，葉片病徵：在葉片上先呈水浸狀小點，逐漸擴大，變成褐色或黑色斑，高濕時有泌膠現象，最後病斑壞疽乾枯。莖部病徵：植株心部感染初期也呈現水浸狀，然後逐漸變黑，患處葉柄下垂，在葉片未脫落前株心即已轉黑枯死，此時內部橫切面可明顯看到褐變現象，褐變的速度較外表病徵的發展為快，因此，患部下數公分的組織其橫切面已有褐變現象 (圖 6)。病變由株心處向下擴展，上端的患處也逐漸乾死，但在較老



圖 5. 木瓜白粉病於葉片上之病徵。



圖 6. 木瓜植株上之黑腐病病徵。

熟的基部未見發病。病株有時會自患處下方抽出新芽，但此新芽不久也會自心部發病，隨即整芽枯死。果實病徵：在田間也常可見到病果，果實上出現水浸狀小點，逐漸由小而轉大，並轉成黑色病斑，且向果肉組織擴展，使果肉變成褐色，進而腐敗，繼而呈黑色凹陷。株心及果實患部，至後期常會散發惡臭。診斷本病，可切取小塊病變組織，置於載玻片上，滴 2-3 滴蒸餾水，蓋上蓋玻片後，以光學顯微鏡檢視，100-200 倍下可見菌泥自患病組織內湧出。

七、病毒病

PRSV-P 在木瓜上造成的病徵雖然會因不同的感染時期、植株生長狀態、溫度、病毒系統和植株大小等而略有差異，但是主要的病徵包括葉片上的嵌紋 (圖 7A)、莖和葉柄上的水浸狀條斑 (圖 7B)，其次為果實上暗綠色的輪斑 (圖 7C)。木瓜感染 PRSV-P 後約 2-3 星期開始出現病徵，新葉黃化變小，展開後呈現明顯斑駁嵌紋，嚴重時葉片皺縮畸型，老葉葉背則出現不規則之水浸狀輪紋，葉柄及莖頂幼嫩部形成長條狀不規則水浸狀斑紋，植株矮化，生長受阻，不易開花著果，花瓣上亦出現水浸狀輪紋，果實發育不良甚或畸型，並出現同心輪紋，甜度降低，罹病株果實產量大減，品質劣變並帶有苦味，失去商品價值。後期葉緣焦枯，病株因老葉

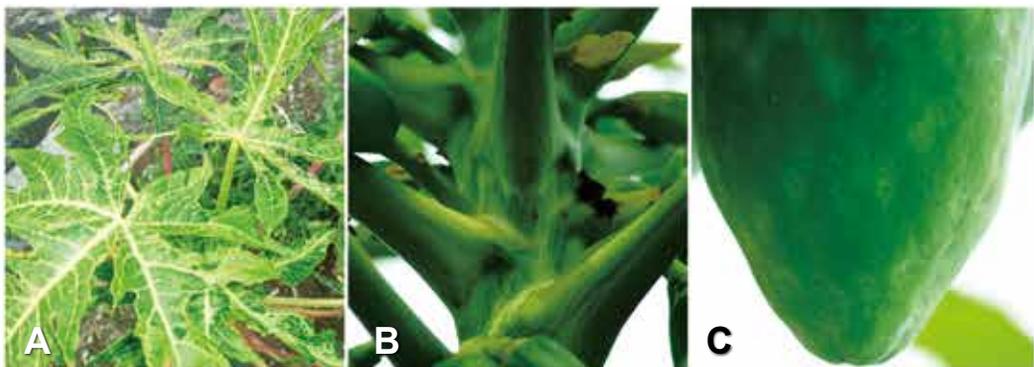


圖 7. 木瓜輪點病毒病為害木瓜之病徵。葉片 (A)、莖幹 (B)、果實 (C)。

脫落，只剩頂端一束淡黃色新葉。此外，在田間亦可見到植株無上述之典型病徵，但植株會自新葉處萎凋，而後整株死亡，此種萎凋型病徵亦由木瓜輪點病毒所造成。

木瓜病害非農藥綜合管理

瞭解木瓜的栽培管理及病害發生之生態特性，適時使用相關之資材，可以達到不使用化學合成農藥之目標。木瓜病害非化學合成植保資材整合性管理策略：

一、網室栽培

設立強固之網室，避免颱風摧毀及媒介昆蟲入侵。選擇排水良好的土壤，作高畦並覆蓋防草蓆。

二、健康種苗

慎選無病毒與病害之健康種苗；移植於本田之前的苗期，可施用預防性之處理，利用浸泡 4-4 式波爾多液進行種苗消毒，避免任何病原帶入本田。

三、清園

種植前需淨空 2 星期以上。園區內、外圍四周的雜草須清除乾淨，園內不可留有殘枝、葉、花及果等讓病原可能生長繁衍或存活的場所。木瓜老葉及葉柄須隨時清除於園區外。

四、監測

定植後每週確實調查病害發生之種類與嚴重情形，以掌握適當的防治方法與時機。特別要注意木瓜苗期可能發生的白粉病、疫病與根腐病；開花與結果期的疫病、炭疽病、蒂腐病及褐斑病。

五、非農藥防治方法

配合定期之病害監測，於病害未發生前或發生初期即以非化學合成植物保護資材抑制。防治資材包括：石灰硫磺合劑、乳化葵花油、中和亞磷酸及 4-4 式波爾多液 (圖 8)。

(一) 石灰硫磺合劑

石灰硫磺合劑以生 (熟) 石灰、硫磺、水的重量比例為 1 : 2 : 10-15 (水的份量可依使用需求而增減)，所煮沸配製而成，本劑主要為預防性之藥劑，對於抑制病菌之孢子發芽效果極佳，可有效抑制炭疽病菌及白粉病菌孢子發芽，不過對於抑制菌絲生長效果不好，因此須預防性每週施用，使用濃度依不同地區、不同季節及氣候狀況，調整使用濃度約為 200-500 倍施用。本劑因屬鹼性，使用不當易產生藥害，幼嫩組織易被燒傷。

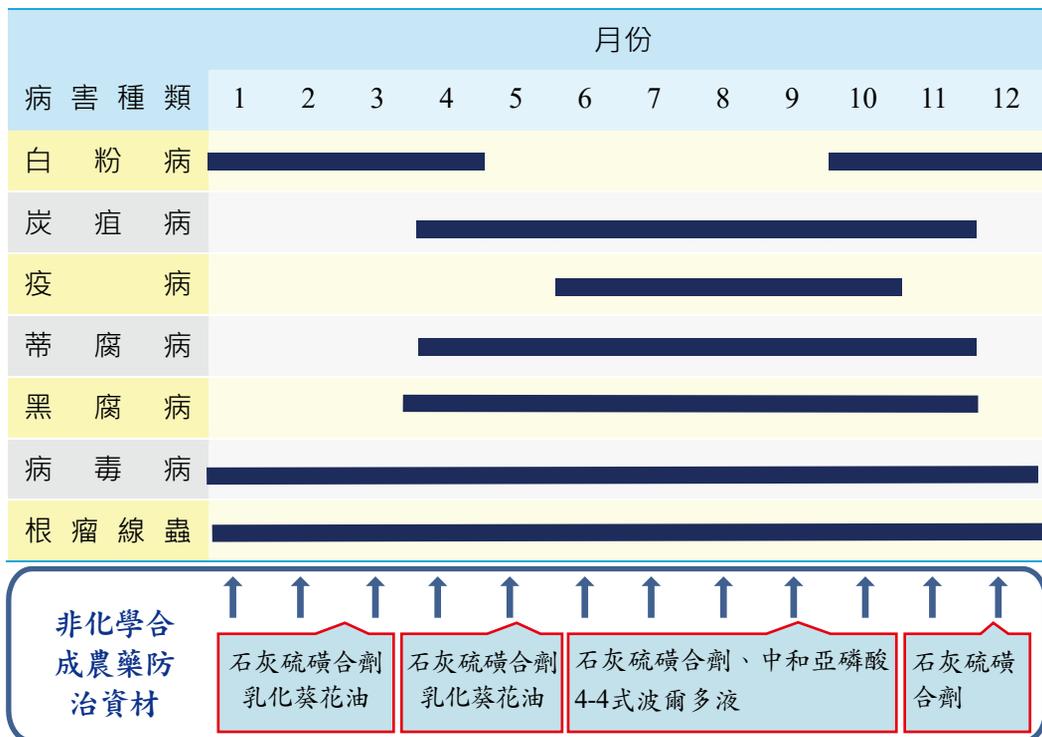


圖 8. 木瓜關鍵病害發生及其防治時期。

(二) 乳化葵花油

抑制白粉病原菌之機制：經乳化的葵花油噴布於木瓜植株上時，可以在植物體表面形成一層薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長，更可覆蓋原先產孢的部位，降低二次傳播與感染的機會；木瓜白粉病發生初期以 90% 乳化葵花油，稀釋 200-500 倍，每 7 天噴施一次，連續 3-4 次即可有效控制白粉病之發生。

(三) 中和亞磷酸製劑

中和亞磷酸製劑之功用，主要是預防疫病之發生，其防病機制主要是改變寄主與病原菌間的交互作用、降低兩者的親和性、誘導植株合成植物防禦素，進而增強植物的抗病性。自行調配亞磷酸之方法：將亞磷酸與氫氧化鉀以 1:1 等重量中和後，稀釋比例為 1,000 倍後即可使用。亞磷酸對病害發生的預防效果比治療效果為佳，因此亞磷酸應在病害未發生前先予使用，最好於雨季來臨前 1 個月，連續施用 3 次 (每星期 1 次) 以上，較能達到誘導抗病之效果。

(四) 波爾多液

波爾多液在有機作物栽培之病害防治上極具潛力，它對大多數的真菌與細菌性病害均有極佳的防治功效，宜在晴天而微風時藥液易乾的天氣下使用，以免引起藥害。波爾多液一般以「4-4 式波爾多液」配方較為常用，木瓜栽培上可以使用於木瓜種植前浸苗及清園，可有效降低病菌之初次感染源。於雨季時為預防疫病發生，可於下雨後噴灑於園區土壤上，避免疫病病菌由土壤中飛濺至樹上果實，另外若木瓜其他病害發生嚴重，難以控制時建議可以施用 1-2 次，先將病害抑制。波爾多液於木瓜上亦不建議連續施用太多次，除了在果實上會有藥斑殘留外，亦可能造成蟎類發生。

結語

近年來世界各國皆重視食安及環境保護議題，木瓜為連續採收型的作物，農藥殘留風險較高，建立木瓜病害整合管理策略的流程，透過種植「健康種苗」、落實「清園」和「監測」作為，並緊密配合「非化學合成植物保護資材」之使用，達到防治病害之效果，生產出高品質且安全的木瓜供消費者享用。除此之外，以生態平衡的耕作理念，充分利用各種栽培管理措施，配合非化學合成植保資材之使用，營造友善的農耕環境，避免生態環境受到破壞，且可生產安全的農產品，達到「食安、人安、環安」三贏局面。

參考文獻

1. 安寶貞、謝廷芳、謝美如。1997。利用亞磷酸防治園藝作物疫病。植保會刊 9(4): 403-404 (摘要)。
2. 安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、王姻婷、林俊義。2000。亞磷酸之簡便使用方法與防病範圍。植病會刊 9(4): 179 (摘要)。
3. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞。2019。廣效性波爾多液有效防治果樹病害。豐年 69: 86-93。
4. 蔡志濃、安寶貞、徐子惠、鄭秀芳。2012。木瓜病害之發生調查與研究。植病會刊 21: 154。
5. 蔡志濃、安寶貞、鄭秀芳、徐子惠。2012。木瓜褐斑病之發生與防治藥劑篩選。植病會刊 21: 155。
6. 蔡志濃、林筑蘋、謝廷芳。2020。用非化學合成植保資材。營造友善農耕環境。農政與農情 338: 24-30。
7. Ko, W. H., Wang, S. T., Hsieh, T. F., and Ann, P. J. 2003. Effect of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolyopersici*. J. Phytopathol. 151: 144-148.

5 / 草莓篇

蔡志濃、林筑蘋、安寶貞

草莓為多年生宿根草本植物，台灣栽培面積約 527 公頃 (農委會 109 年農業統計年報)，性喜冷涼氣候，好日照充足 (有利葉片發育、授粉、受精及果實發育)，不耐嚴寒、乾旱及高溫，生育適溫為 18-22°C。土壤以土層深厚、富含有機質、排水通氣良好的砂質壤土、壤土為宜，土壤 pH 值以 5.7-6.5 之微酸性土壤較適宜，施肥量需足夠 (滿足草莓每一階段生長發育的要求)。在台灣，草莓育苗期為每年 3-10 月，本田期 11 月至隔年 4 月為採果期，草莓苗期病害管理為草莓無農藥栽培的關鍵時期，關係著草莓本田期的存活率及後續的產量及品質。

草莓病害

草莓生長期間危害較嚴重之病害主要有炭疽病 (*Colletotrichum* spp.)、白粉病 (*Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*)、灰黴病 (*Botrytis cinerea*)、果腐病 (*Phytophthora cactorum*, *P. nicotianae* 及 *Phytophthora parvispora*)、萎凋病 (*Fusarium oxysporum*)、葉枯病 (*Neopestalotiopsis rosae*)、角斑病 (*Xanthomonas fragariae*) 及濕腐病 (*Rhizopus stolonifer*) 等。

一、炭疽病

真菌引起，病原菌會危害草莓葉片、葉柄、走蔓、莖冠基部及果實。在葉部上之病徵為黑色圓形或不規則形病斑 (圖 1); 葉柄及走蔓上之病徵初期為橢圓型或紡錘形病斑，病斑周圍紅色，中心為灰色，並略凹陷，之後逐漸擴大，嚴重時造成葉柄及走蔓枯萎死亡 (圖 2); 莖基部感染後，造成莖基部褐化，影響輸導組織，導致草莓植株萎凋並死亡 (圖 3)。果實上病徵，初期為黑色凹陷小斑，病斑逐漸擴大癒合成灰黑色不規則斑 (圖 4)，濕度高時病斑上會長出粉紅色分生孢子堆。危害根系與莖基部之炭疽菌與危害花器、果實、葉片、走蔓的病菌為同一種。



圖 1. 草莓炭疽病菌危害葉片所引起之病徵。



圖 2. 草莓炭疽病菌危害走蔓所引起之病徵。



圖 3. 草莓炭疽病菌危害莖基部所引起之病徵。



圖 4. 草莓炭疽病菌危害果實所引起之病徵。

二、白粉病

真菌引起，病原菌主要危害葉片、走蔓、花及果實。罹病葉片葉背上有白色粉末狀孢子，病斑隨病勢進展而擴大至整個葉片，嚴重時整個葉背均布滿白色菌絲及孢子（圖 5），並造成葉片捲曲，罹病株生育緩慢，植株矮小。果實上之病徵，初期有白色粉末狀孢子，發病嚴重時，果實發育受阻、畸形，嚴重影響產量及品質（圖 6）。



圖 5. 草莓白粉病菌危害葉片所引起之病徵。



圖 6. 草莓白粉病菌危害果實所引起之病徵。

三、灰黴病

真菌引起，病原菌主要危害葉片、嫩莖、花、果柄及果實。果實及萼片較易出現病徵，罹病果實上病徵呈褐色，後期果實病徵上長出許多灰褐色粉末狀孢子。果實於濕度高時，被害部軟化呈褐色，果實嚴重腐敗，上著生灰褐色黴狀物（圖 7）。



圖 7. 草莓灰黴病菌危害果實所引起之病徵。

四、果腐病

疫病菌引起，病原菌危害花、果柄、果實及植株根系。花及果柄受感染後褐化腐爛；初染病的果實出現圓形或橢圓形 0.5-1.0 cm 大小之褪色病斑，鮮豔之紅色轉為暗灰色，染病處組織軟化，病斑迅速擴大，2-3 天後果實完全腐敗；氣候潮溼時，罹病組織上長出白色霉狀菌絲（圖 8）。罹病之葉片呈褐色或黑褐色。莖基部罹病時，植株出現萎凋病徵，罹病組織褐化，葉片下垂，數天內罹病植株快速枯萎死亡。

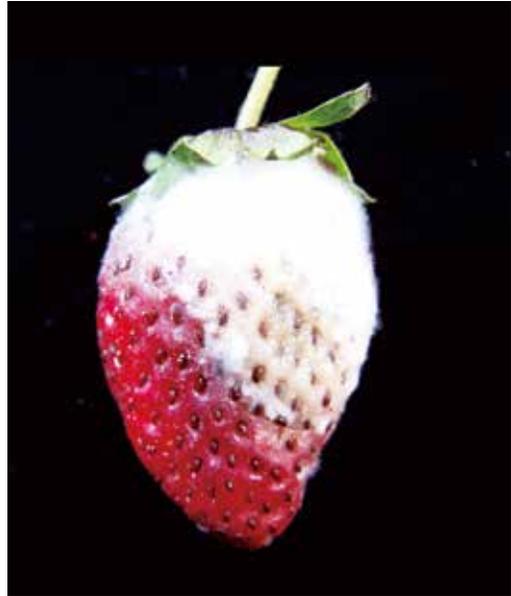


圖 8. 草莓果腐病菌危害果實所引起之病徵。

五、萎凋病

真菌引起，除了镰孢菌危害會造成萎凋外，炭疽病菌、疫病菌及腐霉菌危害亦會造成植株萎凋，經觀察罹病植株的外觀病徵與莖基部組織之縱橫切面病徵，可以發現镰孢菌造成的外觀與內部病徵與其他三種病菌引起的病徵有顯著的不同。分別描述各菌造成的病徵：感染镰孢菌的植株，最初新葉變小、葉色異常、小葉不對稱，繼而植株生長緩慢（圖 9），開花結果量降低或不開花結果，嚴重時葉片黃化枯萎呈現萎凋狀，而後全株死亡。檢視罹病植株之根系，狀似正常且鬚根多；莖基部外觀亦正常，然而切開莖基部組織，可以見到維管束木栓化與褐化（圖 10）。炭疽菌、疫病菌及腐霉菌引起之外觀與內部病徵均十分相似，無法以肉眼區別。罹病株之病徵為根系稀少，甚而完全腐敗；莖基部組織之外觀與內部均出現不規則褐變腐敗；嚴重時葉片直接萎凋或黃化枯萎，終至全株死亡。



圖 9. 草莓萎凋病菌（镰孢菌）危害植株所引起之心葉生長不良病徵。



圖 10. 草莓萎凋病菌（镰孢菌）危害植株所引起之萎凋病徵。

六、葉枯病

真菌引起，病原菌會危害葉片、葉柄、走蔓、莖冠部、根系及果實，葉片上之病徵，初期為紅褐色至深棕色圓形病斑，漸漸擴大造成葉枯（圖 11）；果實上則呈現多變的病徵，包括紫色、褐色或白色水浸狀，後期可能有白色菌絲產生。



圖 11. 草莓葉枯病菌危害葉片所引起之病徵。

七、角斑病

細菌引起，病原菌主要危害成熟葉片，侵染初期受葉脈限制呈角斑狀水浸斑點出現在葉片背面，這些斑點在陽光透射下觀察，呈半透明淡黃色（圖 12）。病斑擴大相互結合，最後在葉片正面出現角斑狀水



圖 12. 草莓角斑病菌危害葉片所引起之角斑狀半透明淡黃色病徵。

浸病斑，呈紅褐色 (圖 13)。在溼度高時，葉片下表皮病斑處出現白色或乳白色的黏性菌體溢出 (圖 14)，嚴重時造成整個葉片枯萎。



圖 13. 草莓角斑病菌危害葉片所引起之角斑狀水浸狀紅褐色病徵。



圖 14. 草莓角斑病菌危害葉片所引起之角斑狀水浸狀菌體溢出病徵。

八、濕腐病

真菌引起，主要感染成熟果實，溼度高時可見灰黑色毛狀菌絲，並造成果實水浸狀腐爛 (圖 15)。



圖 15. 草莓濕腐病菌危害果實所引起之病徵。

草莓病害非農藥綜合管理

瞭解草莓的栽培管理及病害發生之生態特性，適時使用相關之資材，可以達到不使用化學合成農藥之目標。草莓病害非化學合成植保資材整合性管理策略 (圖 16、17) 所示。

一、設施育苗栽培

設立防雨之育苗場，慎選健康之母本苗進行育苗，避免苗期炭疽病及萎凋病之發生。

二、健康種苗

慎選無病害之健康種苗；移植於本田之前的苗期，可施用預防性之處理，種植前利用浸泡 4-4 式波爾多液進行種苗消毒，避免任何病原帶入本田。

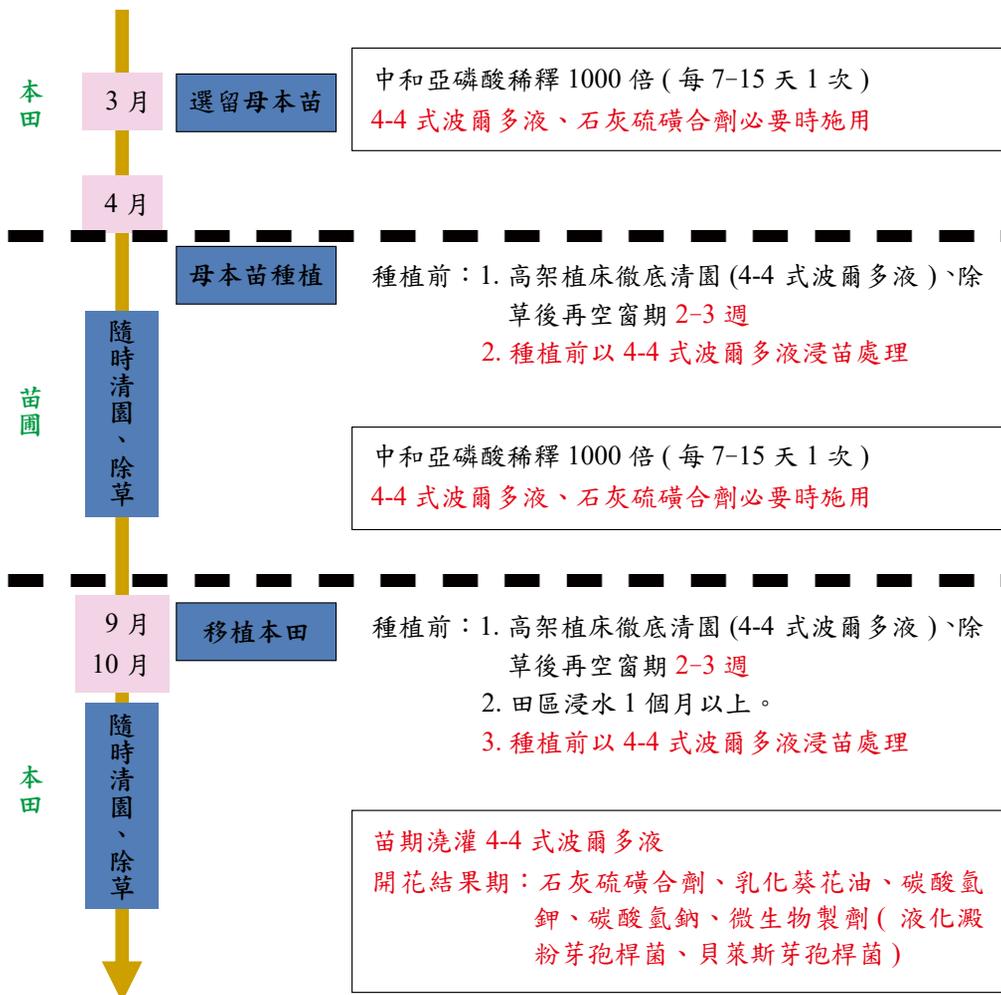


圖 16. 草莓育苗期及本田期栽培管理流程。



圖 17. 草莓關鍵病害發生及其防治時期。

三、清園

種植草莓之園區最好與水田輪作，或於種植前浸水 1 個月；高架離地栽培則需進行介質消毒。園區內、外圍四週的雜草須清除乾淨，園內不可留有殘枝、葉、花及果等，讓病原菌有可能生長繁衍或存活的場所。草莓老葉及走蔓須隨時清除於園區外。

四、監測

定植後每週確實調查病害發生之種類與嚴重情形，以掌握適當的防治方法與時機。特別要注意草莓苗期可能發生的炭疽病及萎凋病；本田生長期的炭疽病、萎凋病、白粉病、灰黴病、果腐病、葉枯病及角斑病等。

五、非農藥防治方法

配合定期之病害監測，於病害未發生前或發生初期即以非化學合成植物保護資材抑制。資材包括「石灰硫磺合劑」、「乳化葵花油」、「中和亞磷酸」、「碳酸氫鉀」、「碳酸氫鈉」、「微生物製劑」及「4-4 式波爾多液」。

(一) 石灰硫磺合劑

石灰硫磺合劑以生(熟)石灰、硫磺、水的重量比例為 1:2:10-15 (水的份量可依使用需求而增減)，所煮沸配製而成，本劑主要為預防性之藥劑，對於抑制病菌之孢子發芽效果極佳，可有效抑制炭疽病菌及白粉病菌孢子發芽，不過對於抑制菌絲生長效果不好，因此須預防性每週施用，使用濃度依不同地區、不同季節及氣候狀況，調整使用濃度約為 200-500 倍施用。本劑因屬鹼性，使用不當易產生藥害，幼嫩組織易被燒傷。

(二) 乳化葵花油

抑制白粉病原菌之機制：經乳化的葵化油噴布於草莓植株上時，可以在植物體表面形成一層薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長，更可覆蓋原先產孢的部位，降低二次傳播與感染的機會；草莓白粉病發生初期以 90% 乳化葵花油，稀釋 200-500 倍，每 7 天噴施一次，連續 3-4 次即可有效控制白粉病之發生，若病害嚴重可以添加重碳酸鹽類增強效果。

(三) 中和亞磷酸製劑

中和亞磷酸製劑之功用，主要是預防草莓果腐病之發生，其防病機制主要是改變寄主與病原菌間的交互作用、降低兩者的親和性、誘導植株合成植物防禦素，進而增強植物的抗病性。自行調配亞磷酸之方法：將亞磷酸與氫氧化鉀以 1:1 等重量中和後，稀釋比例為 1,000 倍後即可使用。亞磷酸對病害發生的預防效果比治療效果為佳，因此亞磷酸應在病害未發生前先予使用，最好於雨季來臨前 1 個月，連續施用 3 次 (每星期 1 次) 以上，較能達到誘導抗病之效果。

(四) 波爾多液

波爾多液在有機作物栽培之病害防治上極具潛力，它對大多數的真菌與細菌性病害均有極佳的防治功效，宜在晴天而微風時藥液易乾的天氣下使用，以免引起藥害。波爾多液一般以「4-4 式波爾多液」配方較為常用，草莓栽培上可以使用於草莓種植前浸苗及清園，可有效降低病菌之初次感染源。另外苗期若炭疽病發生嚴重，亦可以用於噴灌。波爾多液於草莓上不建議連續施用太多次，除了在果實上會有藥斑殘留外，亦可能造成蟎類發生。

(五) 重碳酸鹽

為酸性碳酸鹽 (bicarbonates) 之別名，含有重碳酸根 (HCO_3^-) 之化合物。常見的重碳酸鹽類包括碳酸氫鈉 (NaHCO_3) 或稱小蘇打、碳酸氫鉀 (KHCO_3)、碳酸氫銨 (NH_4HCO_3) 等三種，有機農業上可以使用之資材為碳酸氫鈉及碳酸氫鉀。重碳酸鹽以防治作物白粉病為主，一般而言，以稀釋 200-300 倍，視白粉病發生之嚴重程度，調整使用頻度，若能添加天然的展著劑 (例如乳化葵花油)，則防病效果更佳。

(六) 微生物製劑

拮抗微生物可以防治病害的機制，可分為五種：即 (1) 產生抗生素與毒素；(2) 產生酵素分解病原菌；(3) 營養競爭；(4) 超寄生及 (5) 誘導植物產生抗病性。液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*)、貝萊斯芽孢桿菌 (*Bacillus velezensis*) 可用於防治草莓灰黴病。

結語

草莓為連續採收型的作物，病蟲害發生嚴重，農藥殘留風險較高，無農藥栽培，更著重於預防勝於治療，嚴謹的措施，有事半功倍之效。研發

對環境友善的植物保護資材實屬不易，但其應用技術的確立，更是艱難。建立草莓病害整合管理策略的流程，透過種植「健康種苗」、落實「清園」和「監測」作為，並緊密配合「非化學合成植物保護資材」之使用，達到防治病害之效果，生產出高品質且安全的草莓供消費者享用。

參考文獻

1. 安寶貞、王姻婷、徐子惠、蔡志濃、林筑蘋。2012。引起草莓果腐病與基腐病之疫病菌現況。植病會刊 21: 149-150。
2. 安寶貞、蔡志濃、徐子惠、楊正偉、林筑蘋。2012。草莓萎凋病之研究初報。植病會刊 21: 148-149。
3. 安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、王姻婷、林俊義。2000。亞磷酸之簡便使用方法與防病範圍。植病會刊 9(4): 179。
4. 安寶貞、謝廷芳、謝美如。1997。利用亞磷酸防治園藝作物疫病。植保會刊 9(4):403-404。
5. 余志儒、蔡志濃、高靜華、安寶貞、謝廷芳、張廣森、彭淑貞。2015。草莓無農藥栽培技術。農業委員會 農政與農情 281: 91-94。
6. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞。2019。廣效性波爾多液有效防治果樹病害。豐年 69:86-93。
7. 徐巧芳、鄭婷文、陳冠勳、連怡婷、林政谷、黃卓君、夏凱、王惠亮。2020。由 *Neopestalotia rosae* 引起之臺灣草莓新病害與藥劑篩選。植物醫學 62(4): 39-47。
8. 蔡志濃、林筑蘋、謝廷芳。2020。用非化學合成植保資材，營造友善農耕環境。農政與農情 338: 24-30。
9. 蔡志濃、林筑蘋、安寶貞。2013。草莓主要病害管理。農業世界 358: 10-15。
10. 蔡志濃、林筑蘋、安寶貞。2015。草莓的病害(一)。豐年 65 卷 24 期: 16-19。
11. 蔡志濃、林筑蘋、安寶貞。2016。草莓的病害(二)。豐年 66 卷 02 期: 20-22。
12. 蔡志濃、蔡惠玲、林筑蘋、安寶貞。2020。 *Phytophthora parvispora* 引起之草莓疫病新紀錄。新興害蟲監控管理研討會暨中華植物保護學會 109 年度年會暨論

文宣讀摘要集。p.68。蕭伊亭等人編輯。中華植物保護學會 86 pp。台中 109 年 11 月 27 日(論文摘要)。

13. Ko, W. H., Wang, S. T., Hsieh, T. F., and Ann, P. J. 2003. Effect of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolyopersici*. J. Phytopathol. 151: 144-148.

1 / 茭白筍篇

黃晉興

茭白是一種喜近水、多年生宿根性草本植物，正常情況下是會開花結種子的，但有些植株受到茭白黑穗菌感染而不會開花，當環境適合時，茭白莖頂下 3-4 節處受黑穗菌刺激，嫩莖薄壁細胞之數目及體積皆增加數倍，茭白植株的營養成分往該處累積，而形成肥大紡錘形可食用的筍癭，形似筍狀，稱之為「茭白筍」。人們發現此筍狀物味道甘甜鮮美，價值反而比種子高，所以會產筍的茭白植株被保留下來，在長期人為的選育下，久而久之，這種易產筍的茭白植株若失去黑穗菌寄生，雖會開花但也不易再產種子。此外，筍內黑點其實是茭白黑穗菌的孢子堆，尤其是較老熟的筍更易發生，雖然仍可食用，但較不美觀，而目前控制茭白筍少黑點的方法就是每次栽種前，必需選用不產黑點筍的植株做為無性繁殖用母本，加上茭白筍在八九分熟就被採收了，而產生多黑點的筍在田間就被淘汰。

茭白筍的品種、栽培環境與週年生產

茭白生長期溫度為 15-30°C，結筍最適溫度 20-25°C，臺灣目前的茭白筍最大產區於南投縣埔里鎮，占全台茭白栽培面積 85%，主要品種

為適合氣候涼爽的「早生青殼品種」（又稱「敢當種」），原本結筍期在春季與秋季各有一次，目前已有技術可達成週年生產；而平地則栽培較耐熱的「赤殼種」，為單季茭，僅於秋季一收。

臺灣栽培茭白筍已有百餘年的歷史，在農業委員會農業試驗所的多年研發之下，已發展週年生產的技術。目前茭白筍產期調控與週年生產的技術在南投埔里大規模的被應用，主要的流程為：(1) 一年四季皆可更新種植；(2) 短日季節應施用夜間照光以避免矮化症；(3) 採收後割除地上部枝葉並排乾田水以利下期作的產期調整；(4) 在茭白去除枝葉及排乾田水時可進行施肥與防治基腐病與胡麻葉枯病(圖 1)。



圖 1. 茭白筍採收後割除地上部枝葉並排水，大幅減少重要病害，並使筍苗重新且同步長出，有助產期調控 (秋冬季需要夜間照光輔助生長)。

臺灣茭白筍病害綜合管理

常見的茭白筍病害有：基腐病、矮化症（生理現象）、銹病、胡麻葉枯病（圖 2）。基腐病：主要是病原菌藉由灌溉水傳播，並從採筍之傷口侵入，再擴展到分枝或分蘖，以採收末期割除所有枝葉並排乾田水可大幅降低病害。矮化症：為長夜季節茭白植株生長緩慢的自然現象，夜間照光以延長日照時數則可避免此問題。此兩種病害甚難以化學藥劑防治，上述的技術是最有效的防治方法。銹病與胡麻葉枯病：前者在冬季到次年的梅雨季前較易發生，而後則在梅雨季後開始嚴重，持續到颱風季節。防治措施：多施用有機質肥料與充份供應鉀肥或含矽資材以避免病害嚴照光可降低銹病的發病度，田間定期清除病葉與老葉是最重要的，而非化學農藥防治資材則可使用如 80% 可濕性硫黃粉劑 500 倍。

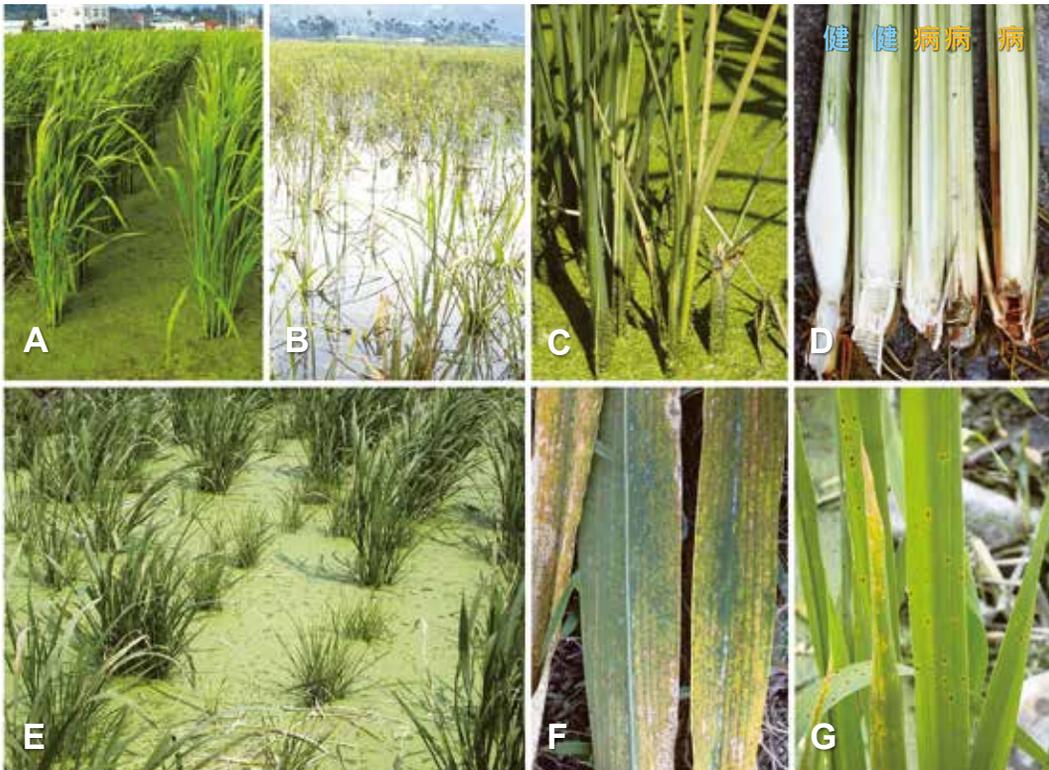


圖 2. 茭白筍與其重要病害。健康茭白筍 (A)、基腐病 (B-D)、矮化症 (E)、銹病 (F)、胡麻葉枯病 (G)。

結語

現行的技術可以做到全年無休的生產茭白筍，但長年連作而休息期短的田地不僅造成土壤貧瘠也會使病蟲源持續繁殖，影響茭白筍產量，故應加強維護土壤有機質、維持土壤 pH 值 5.5-6.5、促進土壤有益微生物活性、合理的肥料管理，當然最好的方法還是每年至少休耕一個月以上，以維護良好的地力。

參考文獻

1. 黃晉興、安寶貞。2016。茭白矮化症之發生與防治。臺灣農業研究 65: 278-285。
2. 黃晉興、蘇俊峰、陳柏菘。2018。利用夜間照光與割除枝葉以調控茭白筍採收期。臺灣農業研究 67: 309-317。
3. 黃晉興、林益昇、安寶貞。2010。利用產期調控與田間排水以管理茭白基腐病。p.109-126。In：近年來我國重大作物病害之發生及其診斷監測與防治技術之開發研討會。行政院農委會農業試驗所特刊 149 號。臺灣台中。
4. 廖君達、白桂芳。茭白筍健康管理手冊。臺中區農業技術專刊 191 號。28 p。

2 / 胡瓜篇

蔡志濃、林筑蘋、安寶貞

胡瓜包括花胡瓜（小黃瓜、花瓜）與大胡瓜（刺瓜）。花胡瓜（*Cucumis sativus* L.）為葫蘆科胡瓜屬一年生蔓性作物，原產於印度喜瑪拉雅山南麓，廿世紀初期自日本引入臺灣種植。花胡瓜名稱源於果實幼嫩時採收，凋謝的花朵仍附著果底，而稱為花胡瓜，河洛語簡稱花瓜，且果實比胡瓜（別稱刺瓜）小，因而稱之為小胡瓜；而花胡瓜在完全成熟後轉變為黃色，故別稱為小黃瓜，臺灣栽培面積約 1,958 公頃（農委會 109 年農業統計年報）。

胡瓜性喜溫暖，田間生育適溫為 20-30°C，溫度高於 35°C 時，會造成生理失調，影響果實形狀及品質。溫度升高至 45°C 時，葉色變淺，花粉發育不良，多畸型果；溫度低於 10°C 時，植株生育受阻。由於為一年生蔓性植物，根分布在表土 30 公分處，屬淺根性且根系較為細弱，對土壤的要求較為嚴苛，適合生長在富含有機質的肥沃壤土中；黏質壤土不利於根部的發育；砂質壤土利於根部發育，促進早熟。土壤以微酸性至中性（pH 值 5.5-7.2）較為適合植株之生長，土壤過酸（pH 值低於 4.3 時），植株生育不良，葉片容易黃化甚至枯死。根部生長溫度以 20-25°C 為宜，地溫過低，植株生育停頓，地溫過高，生育過於旺盛，植株容易老化。花胡瓜喜濕卻不耐濕，高溫乾燥時，葉片的水分蒸散快，容易導致葉片的凋萎，致使植株生長不良；土壤積水，根部浸泡在水中過久，

則易腐爛，致使病害發生嚴重，理想的土壤水分含量在 60-80% 之間。浸水 24 小時內，對小胡瓜生產較無影響，但浸水時間超過 24 小時以上，隨著浸水時間增加，葉片數減少，產量減產。

胡瓜病害

臺灣作物病蟲害相繁多，設施為目前臺灣栽培作物之趨勢，胡瓜之病害包括有白粉病 (*Sphaerotheca fusca*)、炭疽病 (*Colletotrichum lagenarium*)、露菌病 (*Pseudoperonospora cubensis*)、疫病 (*Phytophthora melonies* 與 *P. capsici*)、蔓枯病 (*Mycosphaerella melonis*)、萎凋病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)、褐斑病 (*Corynespora cassiicola*)、立枯病 (*Pythium cucurbitacearum*; *Rhizoctonia solani*)、細菌性斑點病 (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*)、病毒病 (CGMMV; CMV; MVbMV; PRSV-W; ZYMV; WSMV) 及根瘤線蟲 (*Medoidogyne incognita*) 等，利用設施栽培胡瓜即可隔絕很多病毒病之問題，炭疽病、疫病、立枯病及細菌性斑點病等亦可減輕，再搭配無農藥防治技術，可達到生產安全無虞之胡瓜。

一、白粉病

真菌病害，病原菌主要感染葉片、葉柄及嫩蔓等部位 (圖 1)，初期在葉片上產生白粉狀斑點，



圖 1. 胡瓜白粉病菌危害葉片所引起之病徵。

逐漸擴展至整個葉片，變為灰色或暗灰色，上面產生黑色小點，是為子囊殼。白粉病嚴重時，會造成葉片乾枯，影響光合作用；病斑擴展至葉柄及莖部時，影響植株之生長勢，果實發育受阻、畸形，嚴重影響產量及品質。

二、炭疽病

真菌病害，病原菌會危害葉片、蔓及果實。在葉片上初期病徵於近葉脈處形成黃褐色圓型病斑，而後病斑周圍逐漸變為褐色，中間呈灰白色，易破裂（圖 2）；在莖部之病徵則呈黃褐色細條狀；果實上則於果實成熟後，呈圓型或橢圓形褐色凹陷水浸狀斑點，於濕度高時在病斑上會產生橙紅色或粉紅色黏狀物，此即為病菌之分生孢子堆。



圖 2. 胡瓜炭疽病菌危害葉片所引起之病徵。

三、露菌病

卵菌病害，病原菌主要危害葉片，通常由老葉開始產生病斑，並逐漸往植株上面蔓延，主要發生於冷涼潮濕季節及濃霧露水重時，被害部位首先出現水浸狀斑紋，病斑的擴展因受葉脈限制而成角狀的黃色病斑，病斑會逐漸轉成棕色（圖 3），罹病部位壞



圖 3. 胡瓜露菌病菌危害葉片所引起之病徵。

疽、乾枯。病原菌之孢子柄由葉背氣孔突出，溼度高時，於葉片背面，常可見灰黴狀物，為病原菌之菌絲與孢囊（圖 4），嚴重時葉片迅速枯死，影響植株生育及果實發育。



圖 4. 胡瓜露菌病菌危害葉片於葉背產生白色菌體。

四、疫病

卵菌病害，病原菌可危害胡瓜全株各部位，但以莖基部被侵染之情形最普遍，尤其是幼苗，一般栽培品種均甚感病。莖基部或根部病徵：地際部組織輕微褐變，嚴重時會縊縮，病斑上下蔓延，罹病株葉片下垂，數日後，罹病植株快速枯萎死亡（圖 5A）。將病株莖基部縱向切開，初染病時之組織為水浸狀，而後變色、崩潰，罹病組織並不軟化（圖 5B）。根系罹病嚴重時腐敗。果實病徵：初發病時，果實表皮上出現暗綠色水浸狀斑點，而後病斑快速擴大，氣候潮溼時，罹病組織上長出白色黴狀菌絲（圖 5C）。

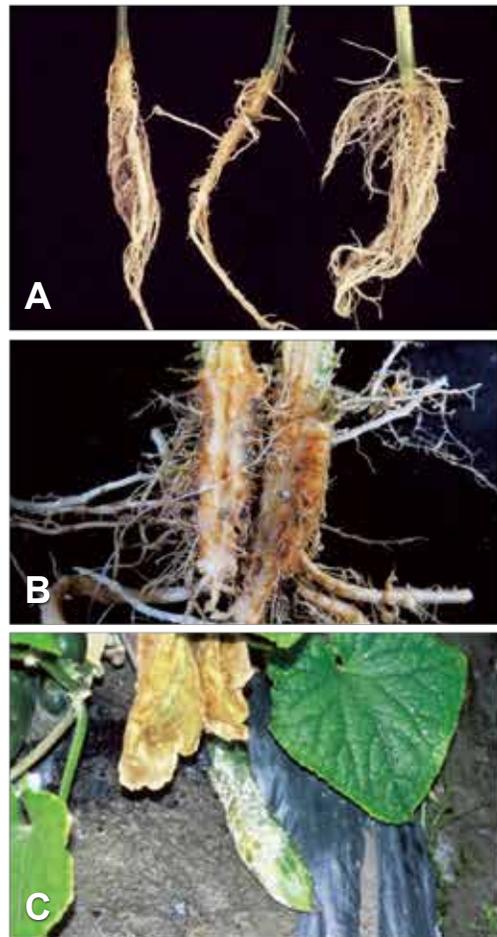


圖 5. 胡瓜疫病菌危害所引起之病徵。莖基部 (A)、根部 (B)、果實 (C)。

五、蔓枯病

真菌病害，病原菌危害葉片、莖蔓及果實。典型病徵為：罹病部位與健全組織交接處會形成許多黑色小粒狀之柄子器和子囊殼，在潮濕環境罹病部位會產生橘紅色的流膠，末期整株死亡；危害葉片及葉柄時，病斑呈水浸狀黃化壞疽，提早枯死（圖 6）；果梗和果實罹病時，會產生黑色龜裂凹陷病斑，造成發育不良，影響產量及品質。



圖 6. 胡瓜蔓枯病菌危害葉柄所引起之病徵。

六、萎凋病

真菌病害，病原菌危害植株造成維管束褐化壞死，罹病植株矮化，嚴重時葉片由下位葉往上位葉黃化、萎凋，進而造成植株死亡（圖 7）。



圖 7. 胡瓜萎凋病菌危害植株所引起之枯萎病徵。

七、褐斑病

真菌病害，病原菌主要危害葉片，於葉片上初期出現灰綠色同心且周緣黃暈圓斑，後期轉為褐斑 (圖 8)。危害嚴重時造成葉片枯萎，甚至整株枯萎，影響產量及品質。



圖 8. 胡瓜褐斑病菌危害葉片所引起之病徵。

八、立枯病

卵菌與真菌病害，本病害主要發生於幼苗期，種子感染後會造成不發芽，幼苗受感染後，罹病部位水浸狀、暗綠色、軟腐造成倒伏死亡 (圖 9)。幼苗受害未倒伏時，受害組織變褐色、乾縮、細窄，幼苗生育不良。



圖 9. 胡瓜立枯病菌危害幼苗所引起之病徵。

九、細菌性斑點病

細菌病害，病原菌可危害葉、莖及果實，葉片上初出現水浸狀不整形或角斑，濕潤時細菌泥溢出，乾後呈白色，水浸狀病斑不久轉灰褐色 (圖 10)，組織破裂而呈小洞。本病在南部於春作期時發生。



圖 10. 胡瓜細菌性斑點病菌危害葉片所引起之病徵。

十、病毒病

病毒病害，瓜類植株上病毒單獨感染或複合感染，造成植株不同程度的病徵，罹病較輕的植株出現輕微的斑駁嵌紋(圖 11)，使植株生育不良，嚴重者葉片及果實畸形或頂芽壞疽造成植株矮化及生長停止甚至造成植株死亡，不但影響品質也影響產量。



圖 11. 胡瓜之甜瓜黃斑病毒所引起之病徵。(鄭櫻慧博士提供)

十一、根瘤線蟲

線蟲病害，瓜類作物生育期間，根部組織受根瘤線蟲之二齡幼蟲侵入，在大小根系形成圓形至長梭形的小瘤，後來腫瘤相連結成不規則狀(圖 12)。在潮濕多雨的環境下易遭其他菌類侵入而腐爛。罹病株之養份和水份的吸收受影響，使地上部之葉片光澤變淡，甚至黃化和矮化，生長勢衰弱，甚至停頓。更因在田間常和萎凋病造成複合感染，終使植株枯死。



圖 12. 胡瓜根瘤線蟲危害所引起之病徵。

胡瓜病害非農藥綜合管理

瞭解胡瓜的栽培管理及病害發生之生態特性，適時使用相關之資材，可以達到不使用化學合成農藥之目標。胡瓜病害非化學合成植保資材整合性管理策略包含如下：

一、健康種苗

胡瓜種子可能會攜帶病原，播種前先進行種子消毒（參閱種子處理章節），若購買種苗，於攜入設施前先進行種苗消毒，以確保移入設施前無攜帶病原。

二、清園

於種苗移入種植前，必須先澈底清園、除草，避免任何病菌的殘存，種苗才可以移入。栽培期間，須隨時注意設施內之田間衛生，避免給病菌可能存活或繁衍的場所，胡瓜老葉須隨時清除於園區外。設施栽培胡瓜之園區最好於種植前浸水一個月；高架離地栽培則需進行介質消毒（利用熱水或 4-4 式波爾多液澆灌）。

三、監測

定植後每週確實調查病害發生之種類與嚴重情形，以掌握適當的防治方法與時機。

四、非農藥防治方法

配合定期之病害監測，於病害未發生前或發生初期即以非化學合成植物保護資材抑制（圖 13）。資材包括「石灰硫磺合劑」、「乳化葵花油」、「中和亞磷酸」、「碳酸氫鉀」、「碳酸氫鈉」、「微生物製劑」及「4-4 式波爾多液」。



圖 13. 胡瓜關鍵病害發生及其防治時期。

(一) 石灰硫磺合劑

石灰硫磺合劑以生(熟)石灰、硫磺、水的重量比例為 1:2:10-15 (水的份量可依使用需求而增減)，所煮沸配製而成，本劑主要為預防性之藥劑，對於抑制病菌之孢子發芽效果極佳，可有效抑制炭疽病菌及白粉病菌孢子發芽，不過對於抑制菌絲生長效果不好，因此須預防性每週施用，使用濃度依不同地區、不同季節及氣候狀況，調整使用濃度約為 200-500 倍施用。本劑因屬鹼性，使用不當易產生藥害，幼嫩組織易被燒傷。

(二) 乳化葵花油

抑制白粉病原菌之機制：經乳化的葵花油噴布於胡瓜植株上時，可以在植物體表面形成一層薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長，更可覆蓋原先產孢的部位，降低二次傳播與感染的機會；胡瓜白粉病發生初期以 90% 乳化葵花油，稀釋 200-500 倍，每 7 天噴施一次，連續 3-4 次即可有效控制白粉病之發生，若病害嚴重可以添加重碳酸鹽類增強效果。

(三) 中和亞磷酸製劑

中和亞磷酸製劑之功用，主要是預防胡瓜露菌病及疫病之發生，其防病機制主要是改變寄主與病原菌間的交互作用、降低兩者的親和性、誘導植株合成植物防禦素，進而增強植物的抗病性。自行調配亞磷酸之方法：將亞磷酸與氫氧化鉀以 1:1 等重量中和後，稀釋比例為 1,000 倍後即可使用。亞磷酸對病害發生的預防效果比治療效果為佳，因此亞磷酸應在病害未發生前先予使用，最好於雨季或露水期來臨前一個月，連續施用 3 次 (每星期 1 次) 以上，較能達到誘導抗病之效果。

(四) 波爾多液

波爾多液在有機作物栽培之病害防治上極具潛力，它對大多數的真菌與細菌性病害均有極佳的防治功效，宜在晴天而微風時藥液易乾的天氣下使用，以免引起藥害。波爾多液一般以「4-4 式波爾多液」配方較為常用，胡瓜栽培上可以使用於苗期灌注及清園，可有效降低病菌之初次感染源。波爾多液於胡瓜上不建議連續施用太多次，除了在果實上會有藥斑殘留外，亦可能造成蟎類發生。

(五) 重碳酸鹽

為酸性碳酸鹽 (bicarbonates) 之別名，含有重碳酸根 (HCO_3^-) 之化

合物。常見的重碳酸鹽類包括碳酸氫鈉 (NaHCO_3) 或稱小蘇打、碳酸氫鉀 (KHCO_3)、碳酸氫銨 (NH_4HCO_3) 等三種，有機農業上可以使用之資材為碳酸氫鈉及碳酸氫鉀。重碳酸鹽以防治作物白粉病為主，一般而言，以稀釋 200-300 倍，視白粉病發生之嚴重程度，調整使用頻度，若能添加天然的展著劑 (例如乳化葵花油)，則防病效果更佳。

(六) 微生物製劑

拮抗微生物可以防治病害的機制，可分為五種：即 (1) 產生抗生素與毒素；(2) 產生酵素分解病原菌；(3) 營養競爭；(4) 超寄生及 (5) 誘導植物產生抗病性。枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*) 可用於防治胡瓜露菌病。

結語

胡瓜為連續採收型的作物，有時一星期可以採收 2-3 次，且病蟲害發生嚴重，農藥殘留風險較高，無農藥栽培，更著重於預防勝於治療，嚴謹的措施，有事半功倍之效。胡瓜每期作約 3 個月，每年約可以連作 3 次，惟有透過種植「健康種苗」、落實「清園」和「監測」作為，並緊密配合「非化學合成植物保護資材」之使用，才能達到防治病害之效果，生產出高品質且安全的胡瓜。

參考文獻

1. 安寶貞、蔡志濃、王姻婷、蔡惠玲、陳鴻祥、林筑蘋、黃晉興。2016。台灣瓜類疫病之調查、病原菌鑑定及病原性測定。植醫期刊 58(2): 49-58。
2. 安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、王姻婷、林俊義。2000。亞磷酸之簡便使用方法與防病範圍。植病會刊 9(4): 179。
3. 安寶貞、謝廷芳、謝美如。1997。利用亞磷酸防治園藝作物疫病。植保會刊

9(4):403-404。

4. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞。2019。廣效性波爾多液有效防治果樹病害。豐年 69: 86-93。
5. 蔡志濃、林筑蘋、謝廷芳。2020。用非化學合成植保資材－營造友善農耕環境。農政與農情 338: 24-30。
6. 蔡志濃、林筑蘋。2018。設施蔬果之病害整合性管理－無化學合成農藥手冊。農業試驗所。2018.07。
7. Ko, W. H., Wang, S. T., Hsieh, T. F., and Ann, P. J. 2003. Effect of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. J. Phytopathol. 151:144-148.

3 / 番茄篇

蔡志濃、林筑蘋、安寶貞

番茄為一年生植物，但在適當的環境下可成為多年生植物，臺灣栽培面積約 3,999 公頃 (農委會 109 年農業統計年報)。番茄喜好光照，若日照不足時，植株徒長、開花少、落花落蕾、著果數減少，並易發生病蟲害。在高溫時，若能利用遮蔭設施減少光照強度，則可提高著果率。

番茄根系多分布於土表 60 公分以內，70% 分布在 20 公分以內。根部不耐淹水，宜選擇土層深厚肥沃、排水良好、濕度在 65–90%、pH 值為 5.6–7.5 之壤土最為適宜。土壤過於乾燥時，將誘發尻腐病，但若過於潮濕則易罹青枯病、疫病、根腐及裂果。番茄生育期間對於溫度十分敏感，其生長適溫為晝溫 20–25°C，夜溫 10–20°C。最低溫 5–10°C 時生長停止。在夜溫超過 20°C 的環境下，番茄之開花數、結果數及結果率均明顯減少。而氣溫超過 30°C 時，會產生著果障礙，不良果數增加。

番茄為茄科作物，忌連作，連栽時易罹青枯病、疫病及毒素病等，宜與水稻輪作，若與豆科作物輪栽，亦可減少青枯病之發生。

番茄病害

番茄病蟲害相繁多，設施為目前番茄栽培之趨勢，番茄之病害包括有晚疫病 (*Phytophthora infestans*)、疫病 (*Phytophthora capsici* 與 *P. nicotianae*)、灰黴病 (*Botrytis cinerea*)、白粉病 (*Erysiphe cichoracearum*)、早疫病 (*Alternaria solani*)、黑黴病 (*Pseudocercospora fuligena*)、葉黴病 (*Fulvia fulvum*)、青枯病(*Ralstonia solanacearum*)、細菌性斑點病 (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*)、細菌性莖腐病 (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*)、病毒病 (番茄捲葉病毒 *Tomato leaf curl virus*、番茄黃化捲葉病毒 *Tomato yellow leaf curl virus*、藿香薊葉脈黃化病毒 *Ageratum yellow vein virus*、番茄斑點萎凋病毒 *Tomato spotted wilt virus*、西瓜銀斑病毒 *Watermelon silver mottle virus*、番椒黃化病毒 *Capsicum chlorosis virus*、番茄嵌紋病毒 *Tomato mosaic virus*、胡瓜嵌紋病毒 *Cucumber mosaic virus*、馬鈴薯病毒 Y *Potato virus Y*) 及根瘤線蟲 (*Medoidogyne* spp.) 等，利用設施栽培番茄即可隔絕很多病毒病之問題，青枯病之發生亦可減輕，再搭配無農藥防治技術，可達到生產安全無虞之番茄。

一、晚疫病

卵菌病害，晚疫病菌主要感染地上部，如莖、葉、果實。感染初期病組織出現水浸狀斑，隨後快速擴大且變褐色，當環境溫度夠低、濕度夠高時，背面容易出現白色黴狀物 (圖 1A)，為本菌的菌絲以及游走孢子囊，是晚疫病重要的傳播構造。待氣溫回暖且溼度降低後，病勢發展停止、黴狀物逐漸消失。葉：無論幼葉或成熟葉，對本病都非常敏感，初期只是小斑點，隨後擴大並且褐化、快速萎縮並死亡。莖：病徵發展相似，因為塊斑看起來顏色較深，故俗稱「黑骨病」(圖 1B)，一旦感染會

嚴重影響全株水分與養分運輸，導致感染點以上的部位萎凋、死亡。果實：病斑呈現近黑褐色水浸狀塊斑，逐漸擴大，表面皺縮略為凹凸不平，後期可擴大至整個果實，造成褐化腐敗，但觸碰又可感覺堅硬，不會完全軟化，與其他病害造成的果實腐敗有所區別 (圖 1C)。

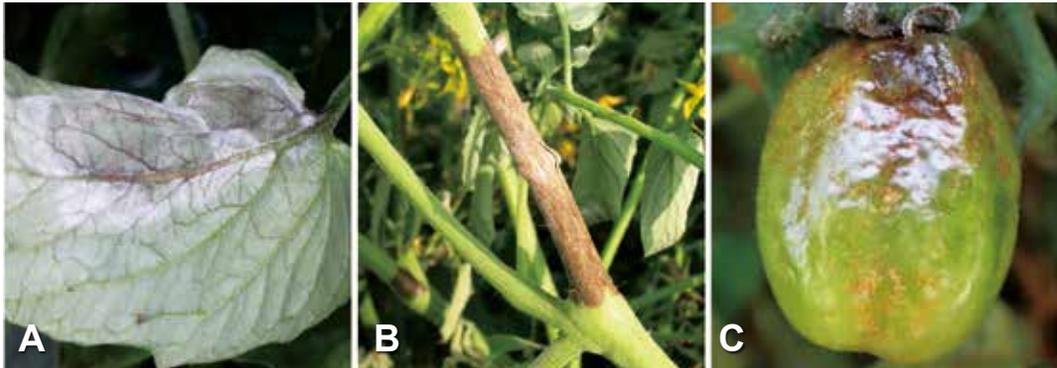


圖 1. 番茄晚疫病菌危害之病徵。病斑下表皮常出現白色黴狀物 (A)、莖 (B)、果實 (C)。

二、疫病

卵菌病害，番茄全株各部位均可被感染而誘發病害，且以幼苗期最為感病。幼苗病徵：葉片、莖、莖基部或根部組織出現水浸狀，莖基部略微凹陷，病斑向上、下蔓延，罹病株葉片下垂，數日後，全株枯萎、倒伏 (圖 2)。幼苗常呈整區發病情形，蔓延十分迅速。果實病徵：果實表皮，浮現褐色水浸狀塊斑，數日後，病斑迅速擴展成大型圓斑，

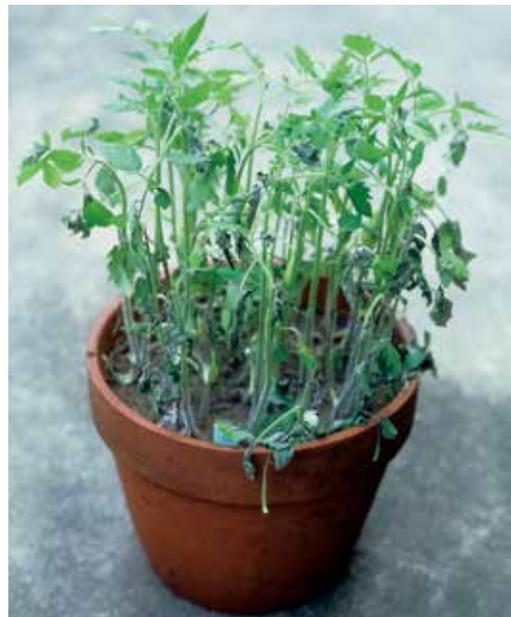


圖 2. 番茄疫病菌危害幼苗所引起之病徵。

可布滿整個果實，果實表面略微凹凸不平，病斑上略微出現白色黴狀物，病菌並向果實內部蔓延，切開後可見果肉褐化，但腐敗組織仍保有相當彈性，並不被軟化水解。莖葉病徵：染病處初現水浸狀斑點，而後病斑迅速擴展且呈暗綠褐色，葉片腐敗，莖部染病部位以上組織枯萎、下垂。葉部病徵：被感染之葉片，在葉片背面初現綠褐色水浸狀圓形斑點，環境合適時，病斑迅速擴大，1-2 天後直徑可達 2-3 公分，葉片最後枯死。

三、灰黴病

真菌病害，灰黴病菌主要感染葉、花和果實。受感染的組織呈現水浸狀壞疽、軟腐與皺縮，後期組織枯萎。在高濕度下，病害組織表面長出一層灰褐色的黴狀物，為病菌的菌絲以及分生孢子，成為主要感染源(圖 3)。葉：老葉較幼葉易感病，或可自幼葉的傷口入侵，之後往葉柄、莖方向感染，一旦莖嚴重受到感染，可能會影響地上部生長而死亡。果實：田間常見的感染點為果萼，然後往果實與果柄方向感染，因此常造成落果，或是因為與病葉接觸而自果實表面發病，此時可能表皮還保持完整，沒有破裂，但是下面的果肉已軟腐呈褐色。感染後期除了表面長灰褐色的分生孢子外，也會在果萼附近產生白色小顆粒狀的菌核，為重要的傳播與殘存的構造。果實上的鬼斑 (ghost spot)：除與病組織接觸造成的發病外，分生孢子也會從空氣中直接入侵果實表皮，但只在表皮形成綠色的空心圓圈，果實轉紅後



圖 3. 番茄灰黴病，受感染的組織呈現水浸狀壞疽，在高濕度下長出灰褐色黴狀物。

病斑變成黃白色。這是因為果實雖產生抗性侷限分生孢子的進一步發育，但仍留下病菌感染的痕跡，影響果實賣相。

四、白粉病

真菌病害，大多以老葉開始感染。發病初期，葉背出現白色粉狀的細小斑點，而後逐漸擴大、病斑癒合，並覆蓋上一層乾性的白粉，一摸即掉。相對應的葉表為黃色斑，亦常見白粉（圖 4）。這些白粉是白粉病菌的分生孢子及菌絲，為本菌傳播病害的重要「種子」，不可輕忽。嚴重時，病斑葉表呈現淡褐色、葉背黃化、葉肉組織壞疽，最後葉片乾枯。



圖 4. 番茄白粉病菌危害葉片所引起之白粉狀病徵。

五、早疫病

真菌病害，番茄幼苗或本田期都會受到早疫病危害。幼苗感染者，病斑呈黑褐色，稍微凹陷，若病斑環繞莖基一圈的話，如同形成環剝導致幼苗倒伏，為「幼苗猝倒病」的病原之一；若幼苗沒有立即死亡，後續種在本田時，通常生長勢較衰弱，產量大幅降低。在本田期可感染葉片、果梗、莖與果實。葉片：由靠近地面的下位葉開始往上位葉發病，剛開始為褐黑色壞疽小點，稍微凹陷，形狀不規則或圓形（圖 5），病斑周圍出



圖 5. 番茄早疫病菌危害葉片造成之輪紋狀周圍帶有黃暈之病徵。

現黃暈。隨後擴大，病斑呈現輪紋狀，故又稱「輪紋病」。後期輪紋中央容易破裂，病斑呈灰白色，長出黑色毛絨狀物，為傳播用的分生孢子。嚴重時，病斑互相癒合、黃暈擴大導致葉片黃化、掉落。莖：若病斑出現在莖節處，容易造成側枝掉落。果實：可以直接在果表上出現相似的輪紋狀病徵 (但不容易有黃暈)，果實腐爛。另外，因為大量葉片黃化、掉落，缺乏足夠光合作用，罹病株較健康植株產量少、果粒也較小；或因葉片掉落後缺少遮蔭，果實容易日傷。

六、黑黴病

真菌病害，病原菌可危害葉、葉柄及莖部。初期病徵在下位葉的葉片出現灰白色小斑點，病斑會逐漸癒合，顏色轉變為灰褐色至黑褐色，此乃病原菌之分生孢子及分生孢子梗，後期病原菌蓋滿葉背甚至葉面 (圖 6)，造成罹病葉乾枯，但不落葉。葉片上，初期病斑呈圓形，然後漸成不規則形，並以葉脈為界限，病斑背面產生褐或黑色的絨霉，捲曲枯萎，但不脫落。



圖 6. 番茄黑黴病菌危害葉片所引起之病徵。

七、葉黴病

真菌病害，主要發生於葉、莖、花及幼果亦可被害。初期病徵葉背面呈現不明顯之灰白色小斑點。在潮濕環境下，這些病斑之下表面著生紫褐色之黴狀物。病斑初呈圓形，後因葉脈阻止呈不正形，表面呈淡黃色 (圖 7)，背面轉為黃褐色至灰黑色 (圖 8)，後期葉捲而枯死。

八、青枯病

細菌病害，病菌主要存活於土壤內，土壤中細菌為主要感染源，病原細菌由根部傷口侵入植株。植株雖保持綠色，但快速萎凋而枯死，若病勢進展緩慢時，發病初期在下位葉的葉柄首先呈現下垂，而後葉漸次萎凋 (圖 9)，同時莖部形成不定根。被害株莖部橫切，可觀察到維管束變褐色，以手壓之，有乳白色粘性的細菌菌泥溢出，如切取被害莖一小片段放入盛有水的玻璃管中，數分鐘後，大量病原細菌由莖部切口流到水中，顯現乳白色煙霧狀 (圖 10)。



圖 7. 番茄葉黴病菌危害葉片所引起之黃斑病徵。



圖 8. 番茄葉黴病菌危害葉片於葉背所引起之灰黑色病徵。



圖 9. 番茄青枯病菌危害植株所引起之萎凋病徵。



圖 10. 將番茄青枯病菌危害之植株插於水中菌泥泌出情形。

九、細菌性斑點病

細菌病害，可感染茄科作物之莖、葉、葉柄、花軸、果實等。在番茄葉上初呈小的水浸狀斑，邊緣明顯，病斑略下陷，漸由黃色或淡綠色變褐色，最後當壞疽時中央形成褐色或灰色 (圖 11)，漸擴大成不規則形斑點。在果實上形成小的水浸狀黃色病斑，之後轉為灰色且為瘡痂狀，不論整個病斑是下陷或突起，病斑的中央均下陷而外圍突起，有時周圍會有黃白色暈環，病斑點通常很淺，但也可能伸入果壁。在番茄莖、葉柄、花梗及萼片上均形成灰褐色、圓形到長圓形的淺斑。若病原菌由葉緣之水孔侵入感染，則造成水浸狀病斑，似軟腐病菌為害之病徵。本病因葉片感病後易造成落葉，俗稱「酥葉」。

十、細菌性莖腐病

細菌病害，病菌在韌皮部及髓部迅速擴展，初期下部葉片凋萎或捲縮，似缺水狀，一側或部分小葉凋萎；莖內部變褐，並向上下發展，後期產生長短不一的空腔，最後下陷或開裂 (圖 12)，莖略變粗，生出許多不定根。濕度大時菌體從病莖中溢出或附在其上，形成白色污狀物，最後全株枯死，上部頂葉呈青枯狀。果實上形成獨特的「鳥眼斑」。



圖 11. 番茄細菌性斑點病菌危害葉片所引起之病徵。



圖 12. 番茄細菌性莖腐病菌危害莖所引起之病徵。

十一、病毒病

病毒病害，病徵主要可分為捲葉型、壞疽型與嵌紋（含細繩狀）型。捲葉型病徵由雙生病毒引起，計有番茄捲葉病毒 (*Tomato leaf curl virus*)、番茄黃化捲葉病毒 (*Tomato yellow leaf curl virus*) 和藿香薊葉脈黃化病毒 (*Ageratum yellow vein virus*) 3 種，病徵呈現葉片向上捲、葉柄下垂、葉脈呈紫色、節間縮短、葉片變小、變厚、植株呈淡黃色，葉面呈現凹凸不平、皺縮或畸型新葉呈黃綠不均的嵌紋 (圖 13)，偶有壞疽條斑或水浸斑，嚴重時全株矮化停止生長，不易結果或結果但果實畸形，影響品質及產量甚鉅。壞疽型病徵主要由番茄斑點萎凋病毒 (*Tomato spotted wilt virus*)、西瓜銀斑病毒 (*Watermelon silver mottle virus*) 或番椒黃化病毒 (*Capsicum chlorosis virus*) 引起，其中以番茄斑點萎凋病毒最為常見，感染初期病徵於頂端葉片上，呈現黃化壞疽病斑，然後逐漸褐化，嚴重時葉子捲縮變黑，乾枯、老葉則轉呈褐色，萎凋、落葉；植株停止生長矮化，莖上可見壞疽條斑，花器小、不易結果、植株果實成熟後變成紅白或紅黃相間同心輪紋為其典型病徵；西瓜銀斑病毒感染造成的病徵與番茄斑點萎凋病毒相近；番椒黃化病毒在葉片造成壞疽斑。感染番茄造成嵌紋型病徵的病毒有番茄嵌紋病毒 (*Tomato mosaic virus*)、胡瓜嵌紋病毒 (*Cucumber mosaic virus*)、馬鈴薯病毒 Y (*Potato virus Y*)，番茄嵌紋病毒：葉片呈現黃綠相間嵌紋病斑，罹病植株生長受阻變



圖 13. 番茄黃化捲葉病毒病害之病徵。

矮。胡瓜嵌紋病毒：罹患本病毒之病株葉片變細，如細繩狀，也有分離株引起嵌紋與斑駁之病徵。馬鈴薯病毒 Y：葉片產生明暗相間的不均勻嵌紋病斑及植株矮化。

十一、根瘤線蟲

線蟲病害，根部遭受根瘤線蟲危害後，根尖萎縮，罹病組織分化成腫瘤狀 (圖 14)，後期根系腐敗，地上部生育不良，萎凋、結果不良等徵狀。



圖 14. 番茄根瘤線蟲危害所引起之病徵。

番茄病害非農藥綜合管理

瞭解番茄的栽培管理及病害發生之生態特性，適時使用相關之資材，可以達到不使用化學合成農藥之目標。番茄病害非化學合成植保資材整合性管理策略包含如下：

一、健康種苗

番茄種子可能會攜帶病原，播種前先進行種子消毒 (參閱種子處理章節)，若購買種苗，於攜入設施前先進行種苗消毒 (4-4 式波爾多液)，以確保移入設施前無攜帶病原。

二、清園

於種苗移入種植前，必須先徹底清園、除草，避免任何病菌的殘存，種苗才可以移入。栽培期間，須隨時注意設施內之田間衛生，避免

給病菌可能存活或繁衍的場所，番茄側芽摘除及老葉須隨時清除於園區外。設施栽培番茄之園區最好於種植前浸水 1 個月；高架離地栽培則需進行介質消毒 (利用熱水或 4-4 式波爾多液澆灌)。

三、監測

定植後每週確實調查病害發生之種類與嚴重情形，以掌握適當的防治方法與時機。

四、非農藥防治方法

配合定期之病害監測，於病害未發生前或發生初期即以非化學合成植物保護資材抑制 (圖 15)。資材包括「石灰硫磺合劑」、「乳化葵花油」、「中和亞磷酸」、「碳酸氫鉀」、「碳酸氫鈉」、「微生物製劑」及「4-4 式波爾多液」。

(一) 石灰硫磺合劑

石灰硫磺合劑以生 (熟) 石灰、硫磺、水的重量比例為 1 : 2 : 10-15 (水的份量可依使用需求而增減)，所煮沸配製而成，本劑主要為預防性之藥劑，對於抑制病菌之孢子發芽效果極佳，可有效抑制黑黴病菌、葉黴病菌及白粉病菌孢子發芽，不過對於抑制菌絲生長效果不好，因此須預防性施用，使用濃度依不同地區、不同季節及氣候狀況，調整使用濃度約為 200-500 倍施用。本劑因屬鹼性，使用不當易產生藥害，幼嫩組織易被燒傷。

(二) 乳化葵花油

抑制白粉病原菌之機制：經乳化的葵花油噴佈於番茄植株上時，可以在植物體表面形成一層薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長，更可覆蓋原先產孢的部位，降低二次傳播與感染的機會；番茄白粉病發生



圖 15. 番茄關鍵病害發生及其防治時期。

初期以 90% 乳化葵花油，稀釋 200-500 倍，每 7 天噴施一次，連續 3-4 次即可有效控制白粉病之發生，若病害嚴重可以添加重碳酸鹽類增強效果。

(三) 中和亞磷酸製劑

中和亞磷酸製劑之功用，主要是預防番茄晚疫病與疫病之發生，其防病機制主要是改變寄主與病原菌間的交互作用、降低兩者的親和性、誘導植株合成植物防禦素，進而增強植物的抗病性。自行調配亞磷酸之

方法：將亞磷酸與氫氧化鉀以 1:1 等重量中和後，稀釋比例為 1,000 倍後即可使用。亞磷酸對病害發生的預防效果比治療效果為佳，因此亞磷酸應在病害未發生前先予使用，最好於每年 11-12 月先預防性施用，連續施用 3 次 (每星期 1 次) 以上，較能達到誘導抗病之效果。此外，在降雨季節來臨前，同樣噴施中和亞磷酸 3 次，可以防治疫病。

(四) 波爾多液

波爾多液在有機作物栽培之病害防治上極具潛力，它對大多數的真菌與細菌性病害均有極佳的防治功效，宜在晴天而微風時藥液易乾的天氣下使用，以免引起藥害。波爾多液一般以「4-4 式波爾多液」配方較為常用，番茄栽培上可以使用於苗期灌注及清園，可有效降低病菌之初次感染源。波爾多液於番茄上不建議連續施用太多次，除了在果實上會有藥斑殘留外，亦可能造成蟎類發生。

(五) 重碳酸鹽

為酸性碳酸鹽 (bicarbonates) 之別名，含有重碳酸根 (HCO_3^-) 之化合物。常見的重碳酸鹽類包括碳酸氫鈉 (NaHCO_3) 或稱小蘇打、碳酸氫鉀 (KHCO_3)、碳酸氫銨 (NH_4HCO_3) 等三種，有機農業上可以使用之資材為碳酸氫鈉及碳酸氫鉀。重碳酸鹽以防治作物白粉病為主，一般而言，以稀釋 200-300 倍，視白粉病發生之嚴重程度，調整使用頻度，若能添加天然的展著劑 (例如乳化葵花油)，則防病效果更佳。

(六) 微生物製劑

拮抗微生物可以防治病害的機制，可分為五種：即 (1) 產生抗生素與毒素；(2) 產生酵素分解病原菌；(3) 營養競爭；(4) 超寄生及 (5) 誘導植物產生抗病性。液化澱粉芽孢桿菌可用於防治番茄青枯病，需於苗期預防性灌注，每週灌注一次。

結語

番茄為連續採收型的作物，且病蟲害發生嚴重，農藥殘留風險較高，無農藥栽培，更著重於預防勝於治療，嚴謹的措施，有事半功倍之效。透過種植「健康種苗」、落實「清園」和「監測」作為，並緊密配合「非化學合成植物保護資材」之使用，才能達到防治病害之效果，生產出高品質且安全的番茄。

參考文獻

1. 安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、王姻婷、林俊義。2000。亞磷酸之簡便使用方法與防病範圍。植病會刊 9(4): 179。
2. 安寶貞、謝廷芳、謝美如。1997。利用亞磷酸防治園藝作物疫病。植保會刊 9(4): 403-404。
3. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞。2013。農作物健康診斷-番茄的病害 (一)。豐年 63 卷 16 期：32-35。
4. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞。2013。農作物健康診斷-番茄的病害 (二)。豐年 63 卷 17 期：31-33。
5. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞。2019。廣效性波爾多液有效防治果樹病害。豐年 69: 86-93。
6. 蔡志濃、安寶貞、王姻婷、王馨媛、胡瓊月。2009。利用中和後之亞磷酸溶液防治馬鈴薯與番茄晚疫病。台灣農業研究 58：185-195。
7. 蔡志濃、林筑蘋、謝廷芳。2020。用非化學合成植保資材，營造友善農耕環境。農政與農情 338: 24-30。
8. 蔡志濃、林筑蘋。2018。設施蔬果之病害整合性管理－無化學合成農藥手冊。農業試驗所 2018.07。
9. Ko, W. H., Wang, S. T., Hsieh, T. F., and Ann, P. J. 2003. Effect of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. J. Phytopathol. 151:144-148.

1 / 蝴蝶蘭篇

蘇俊峯、謝廷芳、陳淑佩、林宗俊、謝奉家

蝴蝶蘭產業化生產，是現代化農業栽培領域的高經濟作物之一。而在商業栽培體系中，生產具商品價值的健康蝴蝶蘭植物，不但可以降低成本，亦可增加產品端的價值與品質。要如何生產健康的蝴蝶蘭？栽培業主必須學會創造適合蝴蝶蘭植物生長的環境，而不利於病、蟲害發生的環境條件。另外要能快速診斷、鑑定病蟲害的種類，是預防病、蟲害嚴重發生的至關重要能力。本文以綜合管理的角度，概述蝶蘭園商業生產過程中的整合管理策略，包括定期檢查、清潔與健康種苗、園區管理與出貨管理等四個面向。

在蝴蝶蘭的栽培過程中，栽培業者經常遇到病、蟲害和環境逆境的問題。環境逆境可經由環控與設施系統的調整進行改善，但是病、蟲害的問題顯得更加複雜，往往牽涉到寄主、病蟲害初次感染源與環境之間的交互關係，一旦嚴重發生則容易導致難以控制的結果。已知多種蝴蝶蘭經常發生的病、蟲害，包括真菌性病害 (fungal diseases)，如炭疽病 (anthracnose)、黃葉病 (leaf yellowing)、灰黴病 (petal blight 或 gray mold)、根腐病 (root rot)、白絹病 (southern blight)；細菌性病害 (bacterial diseases)，如細菌性軟腐病 (bacterial soft rot) 與細菌性褐斑病 (bacterial brown spot)；病毒病害 (viral diseases)，如齒舌蘭輪斑病毒 (ORSV)、蕙蘭嵌紋病毒 (CymMV)、胡瓜嵌紋病毒 (CMV) 與辣椒黃化

病毒 (CaCV)；蟲害 (pests)，如鱗翅目幼蟲 (Lepidoptera larvae)、介殼蟲 (scale insects)、粉介殼蟲 (mealybugs)、薊馬 (thrips)、蕈蠅 (fungus gnats)、蟎類 (mites) 與軟體動物 (mollusks)。

植物病蟲害的發生乃源自於環境中生物 (biotic) 與非生物 (abiotic) 因子的交互影響而發生，主要的影響因子包括寄主 (host)、病原菌 (pathogen) 與環境 (environment) 等三個因子。而人類的活動，如農業耕作措施、耕作系統、抗病基因的應用、藥劑的使用等，無意間讓上述三個因子之間的交互作用關係變得更加複雜。過去數十年來，蝴蝶蘭由露天生長轉為溫室栽培，一方面營造可全年生產蝴蝶蘭的栽培模式，並提供不利病原微生物生長的環境，大大減少許多病害的發生，如疫病 (病原菌為 *Phytophthora nicotianae*、*Phy. palmivora*)、炭疽病 (病原菌為 *Colletotrichum gloeosporioides*)、灰黴病 (病原菌為 *Botrytis cinerea*)。然而卻營造了一個適合其他病害發生與病原菌存活的环境，如蝴蝶蘭黃葉病、細菌性病害與介質腐生性微生物的滋生。

據此，為了要生產健康的蝴蝶蘭植株，栽培業者必須學會如何創造適合蝴蝶蘭植株生長的環境，而營造不利於蝴蝶蘭病、蟲害發生的環境條件。另外能快速診斷、鑑定病蟲害的種類，是預防病、蟲害嚴重發生的至關重要能力。

蝴蝶蘭園的病蟲害管理策略

植物病害管理策略經歷了四個階段：(1) 無法干預太多的古老農業系統；(2) 利用耕作制度暫時抑制病害的發生，常用清潔種苗、犁田、輪作等方法；(3) 廣泛的使用藥劑與利用寄主植物的抗病性，始於第一次綠色革命；(4) 綜合防治 (integrated pest management, IPM) 與生態防治 (ecological management)，強調農業與自然環境在社會與經濟層面的

平衡，採用綜合防治與生態防治。現今病害防治不是要回到無法干預太多的古老農業系統，而是強調經調整自然環境，創造適合健康植物生長的环境，確保高穩定的產量，以及營造不適合病害發生的環境。將短、長期對社會與經濟的衝擊列入考量，結合多學科跨領域合作，包括植物病理、育種農藝、土壤科學、環境科學、經濟與社會科學，達成病蟲害永續管理的目標。

根據「臺灣輸美附帶栽培介質植物工作計畫」的說明，在病蟲害防治上主要有四個重點，包括：

一、溫室驗證作業

溫室主體結構設置 0.6 mm 防蟲網或其他防蟲設施，溫室內地面含走道及植床下方之地面不得有裂縫。出入口採自動關閉門、雙層門設計，並視其結構需要加裝 0.6 mm 防蟲網密合度。通氣口、風扇滴水孔等各處縫隙之填補防堵。植床高度至少距離地面 46 公分以上，植床支架應以銅片或其足以有效防止軟體動物攀爬之設備包裹，連接處不得有空隙。介質為需經消毒、殺蟲、殺菌等處理之水草，灌溉水源限經煮沸或消毒之雨水、乾淨井水、自來水或其他經消毒的水源。包裝場所及貯存場需懸掛黃色黏板及任何孔洞小於 0.6 mm，溫室內不得有任何植株、殘體、土壤（泥土與砂石）、雜草及有害生物。

二、移入指定溫室

移入溫室栽培之蘭苗，其母本必須在移入前 60 天內，先經防檢局人員檢查證明未罹染任何病蟲害。輸美植株之來源，須符合溫室內生產之實生苗、母本在臺灣栽培至少 9 個月，進口母本已於臺灣栽培至少 12 個月，或經檢疫處理後栽培至少 9 個月等之規定。經移入指定溫室內之植株，於栽培過程中若需移動至另一指定溫室續行生長，須向防檢局轄區

分局提出申請後，在原指定溫室內包裝妥善並覆蓋 0.6 mm 防蟲網，在檢疫人員監督下移置。

三、溫室定期檢查作業

工作日誌檢查，工作日誌記載定期清潔、消毒及防蟲等工作項目，記錄栽培操作過程及每批移入之植物批號等。溫室設施檢查，地面乾淨無砂土、雜草、殘株或落葉，出入口之自動關閉門運作正常。溫室內外、門外、各通氣口及風扇之通風孔之防蟲網完整、無破損，或無大於 0.6 mm 之孔隙。植床檢查，植床乾淨無泥土、砂石、雜草，植床支架之軟體動物防爬裝置銅片應於有效狀態。包裝場所及貯存場所檢查，場所內保持整潔，無泥土、砂石、雜草、植物殘株或落葉，防蟲設施定期修維護以避免有害生物入侵。栽培介質檢查，栽培介質 (水草) 須定期消毒、殺蟲殺菌處理，並保存於乾淨、無罹染害蟲之存放地點，另自植栽盆中取樣作線蟲檢查。灌溉用水檢查，溫室栽培水源須符合檢疫要求，並取樣作線蟲檢查。溫室內有害生物發生狀況檢查，經常檢查溫室內外周邊之黃色黏蟲紙板蟲體種類，並監督其每月更換黃色黏蟲紙板，檢查溫室內栽培植株及介質以確認無罹染有害生物。

四、輸美檢疫作業

蝴蝶蘭輸出前，須在驗證合格溫室內連續栽培 4 個月以上，並於出口前 30 天申報檢疫。包裝上須標示貨品名稱、生產者代號及溫室編號，若由第三者輸出，輸出植物檢疫證明書上須註明生產者名稱。檢疫合格之植株，其包裝、存放及裝運期間均須有適當防護，以避免罹染有害生物。

建立蝴蝶蘭園的病蟲害管理作業流程

根據上述要點，在蝴蝶蘭園的病蟲害管理作業流程上，建議有 4 個步驟，包括定期檢查、清潔與健康種苗、園區管理與出貨管理。

一、定期檢查

(一) 確保溫室的結構完整

檢查溫室設施對於防止蝴蝶蘭害蟲進入溫室是至關重要的第一步，必須確保溫室結構的完整性，包括通風管完全被防蟲網覆蓋而無破損，以防止害蟲（如飛蛾或蝴蝶）飛入溫室。防蟲網的孔徑必須小於 0.6 mm。理想情況下，從事蝴蝶蘭生產的溫室地板最好是混凝土地板，地板必須隨時注意清潔和檢查是否有裂縫產生。

(二) 溫室設施的定期檢查

地面乾淨無砂土、雜草、殘株或落葉，出入口之自動關閉門運作正常。溫室內外、門外、各通氣口及風扇之通風孔之防蟲網完整、無破損，或無大於 0.6 mm 之孔隙。

(三) 植床的定期檢查

蝴蝶蘭生產的植床必須保持清潔，上面沒有沙子、雜草、植物碎片（如葉子）或其他種植基質的污染。

(四) 栽培介質定期檢查

水苔與樹皮是蝴蝶蘭常用的栽培介質，可用熱水處理 80°C 或蒸氣消毒 30 分鐘。消毒後的介質必須儲存在乾淨的地方，以防止受到害蟲或病原菌的污染，並能於消毒後 2-3 天內使用完畢。種植後，必須定期檢查種植盆中的栽培介質是否有腐生性的真菌或線蟲滋生。

(五) 灌溉用水的定期檢查

溫室栽培水源須符合檢疫要求，並取樣作線蟲檢查。用於蝴蝶蘭植物的灌溉水可包括 RO 逆滲透水、自來水、煮沸或消毒過的雨水或井水。由於可能有微生物污染的潛在風險，不建議使用未經處理的河水。另外需定期對蘭園的灌溉水進行檢測，確定是否有污染病原性的真菌、線蟲或其他有害生物。

(六) 溫室內有害生物發生狀況的定期檢查

將黃色黏蟲紙懸掛於溫室內、外，用以誘捕可能的有害生物，黃色黏蟲紙應每個月更換一次，並鑑定紙板上的有害生物種類，以即早擬定適當的有害生物防治策略。此外，紫外線燈也可用作捕捉溫室內的蕈蠅與蛾類昆蟲，而黃色黏蟲紙與紫外線燈應懸掛在植物上方 20–30 cm 處。

(七) 工作日誌的定期檢查

工作日誌應記載所有涉及蝴蝶蘭栽培操作的事件，包括澆水週期的時間、定期清潔的時間、溫室消毒、防病蟲用藥種類與施用方法等工作項目。除此之外，工作日誌還應記載有關植株在溫室之間轉移的時間與數量，最好還能不良率發生的原因、數量等相關資訊的記載。

二、清潔與健康種苗：

(一) 無病毒苗的檢測

組織培養技術用於蘭花幼苗的無性繁殖，在培養過程中，針對組織培養繁殖體材料進行病毒檢測是最重要的一件事，特別需要針對親本、母本進行 CymMV、ORSV 與 CaCV 的檢測。

(二) 幼苗的選擇

組織培養過程中無法保證同一組培瓶內的植株生長勢都一致，組培苗在移植的過程中建議汰弱幼苗，少於兩條根者不需考慮種植。另外，建議移出組培瓶之組培苗，根部的培養基質需先清除。

(三) 淘汰感病品種

在計畫性生產的蝴蝶蘭排程中，由田間紀錄與觀察，應逐漸淘汰容易罹病的品種，特別是容易罹患黃葉病的品種。

三、園區管理

(一) 避免病蟲害移入園區

蝴蝶蘭苗株在符合規範的情況下進行栽培溫室間的移苗時，需對移入的苗株進行檢查，確保只有健康、無罹病蟲害的幼苗能移入到栽培溫室中，發揮預防有害生物進入栽培溫室的功效。

(二) 罹病株移除

每天檢查溫室中的蝴蝶蘭植物是否出現疑似病原微生物感染的病徵，並立即將該些罹病株移出栽培溫室，特別針對目前常發生的蝴蝶蘭黃葉病、細菌性軟腐病、細菌性褐腐病與細菌性褐斑病，以防止這些病害進一步傳播到其他健康植物。

(三) 栽培工具、器皿的消毒

用於種植蝴蝶蘭的工具和栽培盆應進行表面清潔與消毒處理，建議可用 100 倍稀釋的 5.23% 漂白水或 20 ppm 的二氧化氯溶液。

(四) 溫、濕度的調控

溫、濕度是影響溫室栽培蝴蝶蘭病、蟲害發生的重要因素，一般來說，高溫、高濕的環境容易造成蝴蝶蘭真菌性與細菌性病害的發生。但是溫度較高 (30°C 以上) 和較低濕度 (低於 70% RH) 則可能導致溫室蟎類族群的顯著增加。增加溫室的溫度與濕度相對容易，但是要降低溫室內的溫度與濕度則顯得相對的困難。針對降低溫室內相對濕度的建議有：(1) 加裝內循環扇以增加溫室內的通風與對流；(2) 每次澆水不要澆太濕，可增加澆水頻率，但要避免地板積水；以及 (3) 使用除濕機。

(五) 降低栽培密度

依商業栽培的考量，溫室內單位面積高密度種植蝴蝶蘭是具有其經濟價值上的意義。然而，高密度種植蝴蝶蘭卻增加病蟲害爆發流行的風險，特別是細菌性病害。因此，建議降低栽培密度，減少植物之間葉片重疊的機會，則可避免園區植株發生病蟲害的流行。另外降低栽培密度，也可以降低植株間的局部相對濕度。

四、出貨管理

(一) 斷水處理

蝴蝶蘭植株進貨櫃出海運前的介質斷水作業需一致性，並可明確知道水苔介質含水量確實有減少。然而水苔真實含水量會因斷水時間、季節、檢測方法與儀器的不同而有差異，目前尚無一定的標準，一般作法是在出貨前斷水 2-3 星期。

(二) 出貨品質的要求

首先一定要符合進口國的檢疫要求，再者明確知道微生物罹病株與生理性罹病株的差別，微生物所造成的罹病株一定不可裝箱入貨櫃。

(三) 裝櫃的要求

最好能於預冷室進行包裝，預冷室溫度最好接近海運溫度。包裝場域亦應隨時維持清潔，避免在包裝過程中有病原微生物污染植株或資材的機會。

(四) 貨品出貨後園區的處理

出貨後，園區應徹底將地板、植床上的植株殘體與粉塵清掃乾淨，然後消毒。消毒可用太陽能溫室效應消毒法，使全區密閉、不遮蔭、不澆水與不通風，維持時間越長效果越好，一般建議 2-3 星期。無法全區密閉時，亦應淨空出貨後的栽培植床數天到 1-2 星期，植床上可先消毒後，植床下再用漂白水消毒。

蝴蝶蘭黃葉病的生物防治

蝴蝶蘭植株發生葉片黃化、落葉，在葉鞘或裸露的根部會出現黑腐，有時也會有成堆橙紅色子囊殼產生，此為 *Fusarium solani* (teleomorph *Haematonectria haematococca*) 所引起的蝴蝶蘭黃葉病，是外銷蝴蝶蘭園的主要病害之一。符合「臺灣輸美附帶栽培介質植物工作計畫」規範蝴蝶蘭園，一般都採用病蟲害綜合管理 (IPM, integrated pest management)，除了可降低防治成本之外，更是一種促使化學藥劑減量與環境友善的綜合防治策略，使得蝴蝶蘭黃葉病的平均發病度被控制在 10% 以下。

在臺灣蝴蝶蘭的栽培管理模式，強調的是病蟲害綜合管理與環境友善的防治策略。生物防治使用與植物具關聯性的微生物菌株 (plant-associated microorganism)，一般被認為是環境友善的病害防治策略。生物防治更可與其他病害管理策略整合應用，以便提供更完善的病害防治效果。*Bacillus* 屬的微生物菌株在生物防治上有許多的優點，在病害防治的機制上，包括有抗生作用、競爭作用與誘導性抗病。*Bacillus* 屬的微生物菌株可產生許多的抗生物質，包括雙效菌素 (zwitermicin-A)、kanosamine、脂肽 (lipopeptides)、聚酮 (polyketides)、抗真菌蛋白 (antifungal proteins)、iturin 與 fengycin 等。另外，微生物製劑亦可在植株上產生誘導性抗病 (induced systemic resistance, ISR)，包括於植株細胞內累積與抗病相關的酵素，與強化抗病基因的表現等，由 *Bacillus subtilis* 產生的 surfactin 與 fengycin 就可能引起誘導性抗病。

在採用病害綜合防治管理策略的蝴蝶蘭園中，選用供試蝴蝶蘭 A4268 (*Doritaenopsis Mount Lip* “Chou”) 2.5 吋盆苗株，經每星期、連續 7 次施用液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) Nana 11 400 倍稀

釋液後，第 77 天調查對照組與處理組的發病度分別為 16% 與 3%，兩者具有 5% 的顯著差異水準。結果顯示，*B. amyloliquefaciens* Nana 11 的 400 倍水懸劑可用於預防性施用，每星期施用 1 次，連續施用 4 次，可減少蝴蝶蘭黃葉病的發生。在蝴蝶蘭溫室，搭配綜合病害防治策略，則可將黃葉病發病度降低至 5% 以下。利用液化澱粉芽孢桿菌 (*B. amyloliquefaciens*) 可在田間達到降低病害發生的機制，主要有產生抗生物質、促進植物生長與競爭作用等。不論是哪一種作用機制，液化澱粉芽孢桿菌在降低病害的防治效果，與其在植物的纏聚能力 (colonization) 有關。不同的液化澱粉芽孢桿菌分離株，在不同的植株種類上的纏聚能力有差異，有時植株的不同生長期亦會影響液化澱粉芽孢桿菌分離株的纏聚能力，進而影響病害的防治效果。在競爭作用上，液化澱粉芽孢桿菌可以與病原微生物競爭感染點、根分泌物或其他營養物質等。

結語

蝴蝶蘭栽培過程中可能發生的病蟲害，包括真菌性病害、細菌性病害、病毒病害與蟲害等。透過建議的 4 個步驟，包括定期檢查、清潔與健康種苗、園區管理與出貨管理，希望能達到降低因病蟲害的發生所造成的經濟損失，更希望能達到降低防治成本的目的。本項建議流程屬於病蟲害綜合管理的範疇，除了可降低防治成本之外，更是一種促使化學藥劑減量與環境友善的綜合防治策略，而主要關鍵在於「建立清潔的蝴蝶蘭栽培環境可有效降低溫室內病蟲害的發生」(圖 1)，施行流程包括：(1) 種植健康組織培養苗 (圖 1A)；(2) 採用蒸汽或熱水消毒過之栽培介質 (圖 1B)；(3) 定期檢查溫室設備的完善程度，栽培用工具可用 100–500 ppm 漂白水消毒 (圖 1C)；(4) 蝴蝶蘭苗株出貨後，落葉、殘體、介質應立即清除 (圖 1D)；(5) 針對非微生物所造成的徵狀，以調整栽培環境與肥培進行管理 (圖 1E)；(6) 針對已知病蟲害，以清除罹病株

與加強施藥進行管理 (圖 1F)；(7) 針對未知病蟲害，則以清除罹病株、區域隔離、區域消毒進行管理，區域消毒可採用含氯消毒液進行空間的消毒 (圖 1G)。

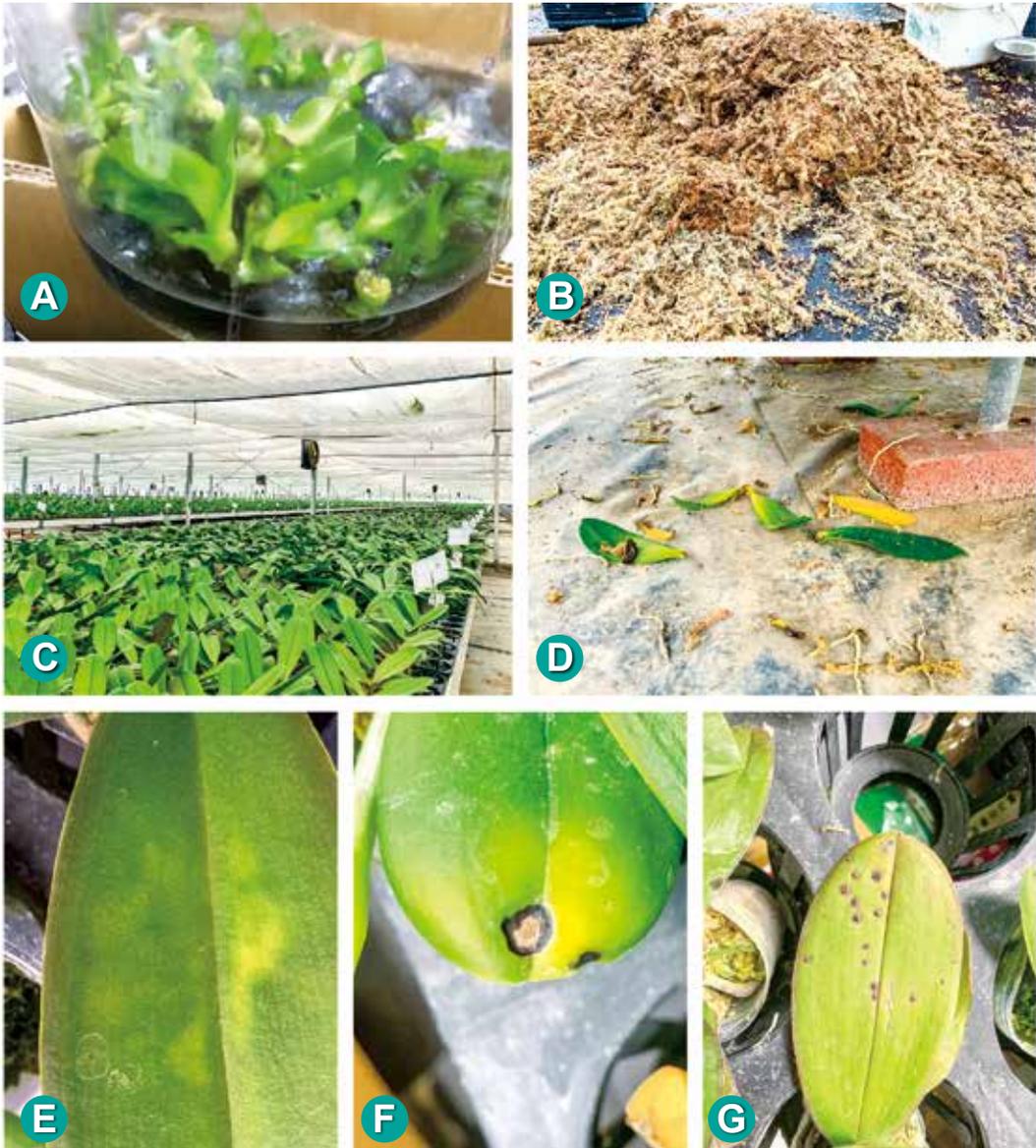


圖 1. 蝴蝶蘭病蟲害綜合管理的主要關鍵「建立清潔的蝴蝶蘭栽培環境可有效降低溫室內病蟲害的發生」。

參考文獻

1. 廖國均、謝廷芳、陳宏榮。2012。蝴蝶蘭貯運前藥劑處理對黃葉病發生之影響。台灣農業研究 61:124–131。
2. 蘇俊峯、李怡靜、陳純葳、黃晉興、謝廷芳。2012。蝴蝶蘭鐮胞菌病害調查。植病會刊 21:115–130。
3. 蘇俊峯、李怡靜、簡蘭懿、謝廷芳。2015。殺真菌劑對蝴蝶蘭鐮胞菌屬病原菌的生長抑制效果評估。台灣農業研究 64(1): 32–44。
4. Ann, P. J., and Hsieh, T. F. 2004. The occurrence and management of orchid diseases caused by fungi and bacteria in Taiwan. The 8th Asia Pacific Orchids Conference. March 6-14, 2004. Tainan, Taiwan.
5. Burdon, J. J., Barrett, L. G., Rebetzke, G., and Thrall, P. H. 2014. Guiding deployment of resistance in cereals using evolutionary principles. *Evol. Appl.* 7: 609–624.
6. Gerson, U., and Weintraub, P. G. 2012. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. *Annu. Rev. Entomol.* 57: 229–247.
7. He, D. C., Zhan, J. S., and Xie, L. H. 2016. Problems, challenges and future of plant disease management: from an ecological point of view. *J. Integr. Agric.* 15:705-715.
8. Kiyosawa, S. 1982. Genetic and epidemiological modeling of breakdown of plant disease resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 20, 93–117.
9. Leslie, J. F., and Summerell, B. A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. 388 pp.
10. Miller, S. A., Beed F. D., and Harmon, C. L. 2009. Plant disease diagnostic capabilities and networks. *Annu. Rev. Phytopathol.* 47: 15–38.
11. Zhan, J., Thrall, P. H., Papaix, J., Xie, L. H., and Burdon, J. J. 2015. Playing on a pathogen's weakness: using evolution to guide sustainable plant disease control strategies. *Annu. Rev. Phytopathol.* 53: 19–43.

2 / 水稻篇

林宗俊、陳繹年、陳純蕨、蘇俊峯

水稻為臺灣栽培面積最廣的作物，若能減少使用化學合成農藥，有助於推動「化學農藥十年減半」的政策。作物病害的發生，必須有致病性的病原菌、感病的作物寄主及誘發病害發生的環境等三要素同時存在，若能阻斷三者中的任一連結，例如減少病原菌初始接種源、將作物種植於不適用於病原菌繁殖的環境或栽植抗（耐）病的品種等，即可減少病害的發生。從病原菌、環境與作物等三要素共同進行整合性的健康管理，有助於使水稻病害降至可容許之經濟危害水平以下。本文整理水稻栽培期間常見病害（如稻熱病、紋枯病、白葉枯病、徒長病、胡麻葉枯病、葉鞘腐敗病、白尖病、水稻根瘤線蟲）之非化學合成農藥的防治方法，以提供給有機與友善耕作農友參考。

稻熱病

稻熱病菌 (*Pyricularia oryzae*) 可在水稻不同生育時期造成為害，若發生在苗期，在幼苗葉片上初呈灰綠色的小斑點，嚴重時葉片變成黃褐色而枯死。若在本田期發生，受害的水稻葉片初呈暗綠色小斑點，斑點擴大後成圓形或紡錘形，發病嚴重時多個病斑會互相融合，而形成不規則形之大病斑，最後導致葉片枯死（圖 1）。若發生於水稻莖節時，

被害節初呈暗褐色，後變為黑色且乾縮凹陷，被害節易因外力而折斷(圖 2)。若穗期危害主要發生在穗頸、枝梗、穀粒及護穎等部位，被害部位呈褐色、暗褐色或暗黑色，受害部位以上的組織因養分無法送達，最終呈現枯白狀態(圖 3)。

先前的報告指出，稻熱病之初次感染源來自前期作田間遺留之罹



圖 1. 葉稻熱病病徵。



圖 2. 節稻熱病。



圖 3. 稻熱病菌危害穗頸，初呈中央灰綠色、後邊緣（暗）褐色或暗黑色病斑，其上的枝梗及穀粒枯死，形成白穗。

病稻藁，當第一期稻作環境適宜病原菌生長時，在水稻罹病殘體上越冬的病原菌即開始產生分生孢子，藉由風力傳播到附近的水稻，侵入植體形成病斑，再由病斑產生大量的分生孢子，重複感染水稻，最後造成流行病。惟根據陳與陳 (2020) 近年田間調查結果發現，近一成左右剩餘秧砧常在插秧後 2-3 週就出現嚴重稻熱病危害，但同時間本田植株卻未有相同發病情形。從 2019 年 3 月份嘉南地區稻熱病爆發後取得的發病地區空拍圖發現，當地稻熱病大爆發田區的危害發生分布與水稻插秧方向具一致性，推估稻熱病的發生與秧苗有關。針對發病田進行稻種抽樣檢測，水稻品種台南 11 號與台農 71 號種子的稻熱病菌帶菌率分別為 1-3% 與 6-11%，病原菌在稻殼的護穎及米粒胚對側的種皮部位可同時被檢出，此結果與前人文獻相符，顯示使用未經處理的稻殼混入育苗土中或

消毒未完全的帶菌稻種作為種原，都可能增加秧苗帶病、成為初次感染源的風險，進而造成稻熱病在田間以種傳病害形式傳播爆發。

防治方法

- 1. 降低病害田間初次感染源的數量：**稻熱病的初次感染源主要來自病稻穀、病稻殼及病稻草。稻種消毒可阻斷稻種傳播稻熱病的可能性，如要使用稻殼作為苗土介質，請將稻殼和田土混合均勻並經完全堆積發酵完全後再使用，可減少秧苗染病風險，病稻草避免留置於田間，避免成為病原越冬場所。
- 2. 利用農事操作使水稻植株生長維持良好通風、增強作物抗病力：**避免插秧枝數過多、增加行株距，以維持田間良好通風、降低濕度可以增加稻株對病害的抵抗力，例如增加行株距有助於減少病害發生；合理化施肥，多施鉀肥少氮肥，並可用含矽肥料當土壤改良劑作為基肥施用，可增強稻株對病害的抵抗力。另農事操作亦會影響稻熱病的為害與傳播，例如插秧行向採用與季節風同向，可促使田間通風保持良好並降低稻叢間的溼度，以降低稻熱病的發生。
- 3. 非化學農藥資材應用：**陳氏 (2010) 研究指出，噴施丁香油 600 倍、肉桂油 1,000 倍、苦楝油 600 倍、氯化鐵 200 倍及中性亞磷酸 1,500 倍等稀釋液可降低稻熱病的罹病率。
- 5. 栽植抗病品種：**農試所從近年起開始進行全台各地稻熱病菌株致病性研究，若能依據前一年當地流行的稻熱病菌族群種類，當年選擇對其具有抗性的水稻品種，應可降低田間稻熱病的大流行。
- 6. 善用益生菌提升作物免疫力：**農試所研發之生物製劑-液化澱粉芽孢桿菌 P-2-2，於水稻分蘖初期、分蘖盛期、孕穗期與齊穗期施用可降低葉稻熱病與穗稻熱病之罹病程度。

紋枯病

紋枯病菌感染水稻初期在葉鞘上形成橢圓形，灰綠色水浸狀病斑，之後逐漸擴大變成中間灰白色邊緣褐色。有時數個病斑癒合成虎斑狀(圖 4)。葉部受害，病害發生時初呈濕潤狀，迅速擴大形成雲紋狀或不正形之大病斑。稻穗受害則局部呈污綠色，後腐朽枯死。病斑大多由下位葉鞘開始發生再向上蔓延，其上不會產生粉狀物(分生孢子)，而是在病斑上或附近稻組織表面形成褐色菌核(高濕環境下)，菌核接觸寄主組織之一面常向內凹呈不正之扁球形，具殘存及傳播功能，為下期作之初次感染源。其他會引起水稻病害的菌核菌，其菌核則是多埋生於水稻組織內，而非表面。本病原菌在病組織較其在土壤中的存活期更長。二次感染源則以菌絲為主。病斑上產生的菌核掉落土面後，直到收穫後淹水整地時會漂浮於水面，菌核在水田水面之分布受風向及風速影響最大，灌溉水次之，因此可於風尾處見到較多的菌核。菌核在水稻田中漂流時，碰到水稻植體後，菌核就附依附著在葉鞘外側，其附著位置並隨水稻之

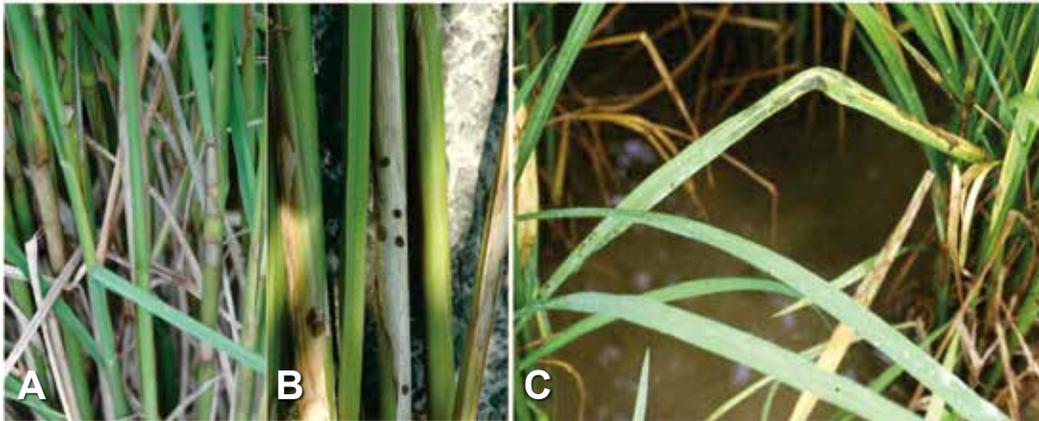


圖 4. 紋枯病菌在葉鞘上形成橢圓形、中間灰白色邊緣褐色，數個病斑癒合成虎斑狀 (A)，在病斑附近之表面組織會形成褐色菌核 (B)。葉部受害時初呈濕潤狀，迅速擴大形成雲紋狀或不正形之大病斑 (C)。(陳純葳、張義璋)

生長而升高。分蘖中期因稻叢莖數增加，稻叢間濕度加大，菌核開始發芽感染葉鞘致病。病原菌侵入水稻組織後，利用菌絲在組織中蔓延，濕度大尤其遇下雨時，病斑急速往上擴展。水稻分蘖盛期以後，稻株間稻葉逐漸稠密，田間交織的稻葉即可傳播第二次感染源，病原菌之菌絲能順著葉片傳染到健叢上，相對濕度高、有露水或下雨時，病原菌之蔓延更為迅速，水稻孕穗期及抽穗期為紋枯病橫向病勢進展之主要時期。

防治方法

- 1. 採二段式整地淹水，撈除水面漂浮之病原菌核及殘餘物：**二段式整地時間最好間隔半個月以上。第一次整地時採用淺水整地將剩餘水稻組織翻埋土中，使其發酵同時殺死殘留於其上的病原菌及害蟲，並讓前期過剩肥料均勻化。第二次整地則採較深的田水，可以讓紋枯病菌核與為未分化完全的植物殘體漂浮於水面上，藉由風吹至下風處，或藉由灌溉水流至排水口處，撈起漂浮殘餘物曬乾燒燬，可大幅降低田間感染源數量。
- 2. 加大行株距：**插秧時加大行株距，增加稻株間通風降低濕度，溼度降低將不利菌核發芽及病害蔓延，且稻株較有空間健康生長。除行株距外，稻行的方向也會影響田間的通風，盡量採用與當地季節風同向的方向插秧，可降低水稻病害的蔓延速率。
- 3. 保持適當田水：**若田間紋枯病發生時，必須保持適當田水，不能乾旱而增加稻株逆境，水稻抽穗期後改以深水灌溉，越晚排水越好。
- 4. 不可施過多的氮肥：**「氮肥」過多會造成植株柔軟，較不具抵抗力，病原菌較容易侵入為害。另外，二期作收穫後常會種植綠肥，第一次整地時，淹水整地植物殘體分解時會利用氮肥，可降低氮肥過量或不均勻的風險。「矽」可強化稻株細胞增強抗病能力，可施用矽酸鈣補充。

5. **移除中間寄主**：紋枯病菌亦會感染田間雜草如稗草，因此，中耕除草為防治病害重要工作。

白葉枯病

白葉枯病在田間通常發生於分蘖盛期，有時則在苗期就可發現病徵，主要為害葉片或葉鞘。水稻於苗期遭受感染時，首先在下位葉葉緣出現水浸狀小斑點，高濕時斑點上出現菌泥，病斑延長呈枯黃色，最後病葉枯萎。在本田期主要常見之典型病徵為葉枯型病徵 (圖 5)，本田期水稻在插秧後 3—4 星期開始出現病徵，以分蘖盛期出現較多，常在離葉尖數公分處的葉緣出現水浸狀小斑，然後逐漸延長而變成黃或枯黃色，而在健全組織或病斑之間有一狹小水浸狀帶，這些病斑常沿一邊或兩邊葉緣往中肋蔓延，最後蔓延至葉鞘，黃色病斑變成白或灰白色，並出現很多大小不一的褐斑。白葉枯病菌能在多種雜草、稻樁或再生稻上越冬，第二年雨水濺打越冬場所而把病原菌導入灌溉水，形成第一次感染源。病原菌可由水孔、傷口侵入水稻並在體內繁殖，高溫和高濕有助病原菌由病組織內溢出，形成菌泥，菌泥乾燥時呈黃色小球形，容易由病斑上脫落，掉入灌溉水中形成感染源；而高雨量及強風有助病原菌之傳播並造成傷口供病原菌侵入，因此分蘖盛期如遇颱風挾帶高雨量則常常造成流行病害。使用高氮肥會降低水稻對病害之抵抗性。田間簡易診斷方法，可將疑似病葉於病徵最下緣從病斑中段剪下並將剪下葉片之切口浸入水中，不久後如有雲霧狀菌流由葉片切口緩慢流出，即表示感染白葉枯病。

防治方法

1. 避免種植感病品種，秈稻較易感染本病，常發病地區及風大之地區，應避免種植秈稻。

2. 病原菌大都由傷口侵入，儘量採用直播，或用機械插秧以減少移植時感染病原菌。
3. 避免使用過多氮素肥料。
4. 雨後或晨露未乾前，避免進入稻田，以減少人為傳播病原菌。如田間已發現有白葉枯病發生，進行農事操作時建議最後處理發病區，同樣可以減少人為傳播的可能性。
5. 發病稻田收穫後，將稻田翻犁並連續淹水 2 週，以降低田間病原菌數量，減少下一期水稻的感染源數量。



圖 5. 白葉枯病典型葉枯型病徵。

胡麻葉枯病

水稻胡麻葉枯病之病斑如胡麻種子之大小，整個病斑呈褐色至深褐色，周圍明顯有黃暈 (圖 6)。貧瘠土地之植株受為害時易出現極感病之大型病斑，大型病斑沿葉脈呈長橢圓形擴展，常被誤認為稻熱病斑。胡麻葉枯病病斑兩端較圓寬、病斑中間維持褐色至深褐色，稻熱病之病斑兩端較尖、病斑中間灰白色或淡褐色、黃暈不明顯，兩者間有頗大差異。本病原菌之腐生能力強，可以在枯死的病斑組織中繼續生長，並藉由菌絲與孢子反覆傳播與繁殖而存活於田間。

本病初次感染源，分別來自帶菌稻種及田間罹病稻草。帶有本病原菌之稻種經浸種、催芽及播種後，其初生芽及根可能被感染，在育苗箱高密度秧苗的溫暖潮濕環境下，容易因大量病斑的產生而引起秧苗枯萎。病原菌在稻種穀粒及初生葉片上增殖所產生之分生孢子，成為感染秧苗葉片之第二次感染源。本病原菌之分生孢子無休眠性，只要濕度夠，雖未脫離分生孢子梗，亦會發芽。肥料養分對本病之影響，與其它



圖 6. 遭受胡麻葉枯病菌危害之葉片上有橢圓形褐斑，病斑邊緣有明顯黃暈。(陳純葳、張義璋)

病害略有不同，稻株在缺乏氮肥情況下易發生本病，足量氮肥可抑制本病發生，恰與稻熱病、紋枯病及白葉枯病等病害相反。鉀肥及矽酸肥之影響，則與其它病害相同，均可增強植體抗病性。砂質土壤、泥炭地土壤或土壤表層淺之稻田，因土壤貧瘠及保肥力差易發生本病。因其他病蟲害發生或各種不良的土壤因子造成水稻生育不良，亦會併發本病。

防治方法

1. 土壤缺乏有機質時易發生本病，應多施用有機肥，增加土壤有機質含量。
2. 本病會經由稻種傳播，落實稻種消毒作業可降低感染源數量，減少病害發生。本病屬於風土病，各地區發病情況差異很大。每年發病嚴重之地區，分蘖後期本病初發生時，要即時施用防治資材防治。
3. 勿用罹病老熟秧苗，以免傳播病原菌。
4. 增加行株距，稻株比較健壯比較抗病，縱然發病也能比較耐病；插秧行向採用與季節風同向，田間通風良好，可降低胡麻葉枯病的蔓延速率。
5. 氮肥務須分次施用，抽穗前缺氮肥時，應補施穗肥（每分地 2 公斤左右），更應充分施用鉀肥或矽素肥料。
6. 本病可來自田間罹病稻草，因此水稻收割後病稻稈應儘量移除，或打碎浸水淹埋二星期，以降低下一期作感染源數量。

徒長病

徒長病發生在水稻之苗期及分蘖盛期，罹病植株呈現徒長，罹病株常比健康苗高出 1/3-1/2 以上，病株莖部纖細呈黃綠色、葉幅變小。分蘖期罹病株之葉片與葉鞘著生角加大（圖 7），稻節易增生大量鬚根（圖 8），分蘖後期病株因維管束阻塞開始枯萎死亡，並在植體表面產生

白粉紅色之菌絲層 (圖 8)。此病害主要由受汙染之稻種帶菌傳播，近年來農友雖有做稻種消毒，田間還是普遍發生，尤其以台東、花蓮地區最為嚴重。該地區主要種植品種高雄 139 號與台稈 2 號，田間罹病率超過 10%。除了稻種帶菌會傳播此病害外，稻稈帶菌亦是另一個感染途徑，林氏等人 (2016) 的研究指出，將含有徒長病菌的稻稈埋入土壤 14 天後存活菌數之平方根與土壤 pH 值成顯著直線負相關，與有效性鉀含量成顯著直線正相關，與



圖 7. 水稻徒長病之病徵，病株比健康株高，葉片與葉鞘之著生角加大 (箭頭處)。



圖 8. 水稻徒長病病株下位節處可見增生鬚根 (左圖)，分蘖後期病株開始枯萎死亡，產白粉紅色菌絲層 (右圖)。

其他土壤性質則無直線相關。以往稻稈大多焚燒後掩埋入土中，病原菌在稻稈焚燒過程中多數被除滅。但近年因稻稈焚燒牽涉空氣污染之環保問題，提倡稻稈直接翻犁掩埋入土如稻稈未完全腐化，導致水稻殘體上之病原菌很容易殘存、傳染至下一季水稻。

防治方法

因為本病害的感染源主要來自帶菌稻種及帶菌稻稈，故防治方向著重在稻種及田地插秧前的處理。

1. 使用健康稻種，要避免從病田或其鄰近稻田採稻種。
2. 稻種要徹底實行稻種消毒。透過完全的清除田間罹病稻草，淹水整地確實進行，盡量於前期作殘體完全腐化後再進行插秧等措施，可減少田間病害發生機率。
3. 選擇種植發病率較低的水稻品種，黃與朱氏 (2009) 曾調查台東地區田間發病情形，發現當地高雄 139 號罹病最嚴重，其次分別為台梗 2 號、台梗糯 5 號、花蓮 20 號，而台東 30 號、台梗 9 號、台農 71 號、高雄 145 號、越光等品種，發病率皆小於 1%。
4. 陳氏等人 (2006) 的研究指出，肉桂油 (667 ppm) 以展著劑 (倍加強，333 ppm) 混合後，分別浸泡處理已浸種催芽之稻種，對稻苗徒長病發病率可由未處理對照組的 13.8% 降至 2.2%。此外，以中和亞磷酸稀釋 1,500 倍 (667 ppm) 預防稻苗徒長病之效果穩定而有效。徒長病抑病育苗土添加 1% (w/v) 蚶殼粉及蓖麻粕對徒長病之防治率分別為 50% 及 43%，若同時使用兩種添加物則具協力效果，防治率可達 80%。
5. 微生物防治，稻種催芽後以 1×10^{10} cfu/ml 枯草桿菌 WG6-14 液劑 30 倍稀釋液浸泡 8 小時，稻苗綠化期以該液劑 200 倍稀釋液均勻噴灑於秧苗盤上，每隔 7 天施藥 1 次，連續 3 次。
6. 如有徒長病苗發生，應隨時拔除病株。

葉鞘腐敗病

葉鞘腐敗病為田間水稻生育後期常見之病害，好發於臺灣第二期作水稻，遇颱風等強風豪雨過後更容易發生。典型病徵主要發生於劍葉之葉鞘，在包裹稻穗之葉鞘部份，初呈略顯不規則之圓形斑點，邊緣褐色中間灰色，或全部灰褐色，病斑擴大成虎斑狀並常圍繞整個葉鞘（圖9），劍葉之葉鞘嚴重被害時，稻穗在葉鞘內被害枯萎後腐敗無法抽出。較後期感染本病，稻穗僅能抽出一半，並有多數穀粒被害，呈枯褐至暗褐色。病穀及葉鞘病斑上有大量之白粉紅色分生孢子及孢子梗，能與紋枯病區別。本病原菌在病斑上菌絲少所以呈粉狀，與徒長病有大量菌絲不同。本病大多僅危害劍葉之葉鞘，第2上位葉鞘很少被感染，而紋枯病之病斑一般由下位葉鞘蔓延而上，為區別葉鞘腐敗病與紋枯病的另一診斷重點。如果與稻細蟻同時危害，則呈現細密褐色小點。稻葉鞘腐敗病菌以菌絲與孢子存活於田間，大多時間行腐生生活，病原菌經由氣孔或傷口侵入為害，

其它病蟲害例如黃萎病株及稻細蟻、螟蟲危害後，常會併發葉鞘腐敗病。此外，該病害可由帶菌稻種傳播。而田間觀察發現，水稻品種之稻穗伸出度與本病發生有關，部分伸出及不伸出之品種，比較



圖 9. 葉鞘腐敗病典型病徵。

容易發生本病。一般而言，秈稻品種比粳稻感病，秈稻品種容易形成典型病徵，粳稻品種則較易得不稔症。施氮肥過量使稻株太濃密，稻組織較軟易引起本病。栽培管理不良之稻田易發生本病害。

防治方法

1. 目前尚未有推薦之田間防治藥劑，僅能著重在耕種栽培管理部分。本病害可經由稻種傳播，為降低發病可能性，可透過稻種消毒、使用堆積發酵完全的稻殼作為苗土介質、清除田間病稻草等措施，可減少田間病害發生機率。
2. 於二期作選擇種植較抗病之品種，林氏等人 (2018) 田間調查指出，台農 79 號、台粳 16 號、台東 32 號、台南 11 號及桃園 3 號等 5 個品種較為抗病，而台中秈 10 號、高雄 146 號、台粳 11 號、台南 16 號及台農 84 號則較為感病。易發生地區注意勿種植稻穗部分伸出與不伸出之品種。
3. 良好的栽培管理，如合理化施肥等，一方面使水稻植株健康生長，抵抗力較佳，另一方面不利病原菌為害蔓延。

白尖病

水稻白尖病之發生，源自攜帶葉芽線蟲 (*Aphelenchoides besseyi*) 之稻種。葉芽線蟲可以休眠或脫水狀態殘存於植物組織、種子或殘株上，於採收後的穀粒中可存活 8 個月至 3 年之久。俟浸種播種時提供水分，穀粒中葉芽線蟲旋即復甦，且隨芽的生長沿葉鞘內側往上往生長點移動為害，因此葉芽線蟲除寄生於葉部尖端外，尚可於第一、第二葉鞘、心葉、花穗等部位發現其存在。此線蟲之數目於分蘖後期達最高峰，並於開花前侵入花穗，於劍葉中行外寄生方式取食子房、雄蕊、稃與



圖 10. 白尖病病徵。(陳純葳、張義璋)

胚。當穀粒漸趨成熟，此線蟲即停止繁殖，然三齡線蟲仍持續成長為成蟲，而集中於穎部，成為下次稻作的感染源。穀粒攜帶此病原線蟲之水稻種子發芽率低並延遲出芽，苗株矮且單薄，本病害於水稻生長初期病徵不明顯，典型病徵出現於分蘖盛期，抽出之新葉尖端 3–5 公分處，因線蟲取食造成的葉肉組織破壞而呈黃白至蒼白色，俟受害部失水乾縮後即呈白化扭曲狀 (圖 10)，與綠色部位交接處為波紋狀暗褐色之橫隔帶，病部常從此處斷裂脫落，故又稱葉切病。罹病劍葉短小扭曲，穀粒小且種仁龜裂變色，造成稻作嚴重損失。

防治方法

1. 因水稻白尖病的初次感染源主要來源於帶線蟲種子，故除避免使用發病田之稻種外，稻種消毒為防治白尖病的主要方法。
2. 若能在水稻收穫後之烘乾過程中順便除滅穀粒中的線蟲，將是最好的防治方法。蔡氏等人 (1998) 研究結果顯示，穀粒在 60°C 烘乾溫度可將線蟲存活率降至 40%，且不影響稻種發芽率。
3. 陳氏 (1961) 的研究指出，可以 55°C、15 分鐘之溫湯浸種處理稻種。
4. 葉芽線蟲也可在稻稈、遺落田間穀粒或秕粒存活越冬，且該線蟲因寄

主範圍廣，在田間會感染冬季裡作之作物，亦可能成為下一期作的初次感染源，所以每期作種植前必須淹水整地，使之前的植物殘體醱酵完全，殺死其中的線蟲。

水稻根瘤線蟲

水稻根瘤線蟲 (*Meloidogyne graminicola*) 危害水稻根系後，其根尖出現萎縮現象，罹病根系末端膨大彎曲、形成類似魚鈎或拐杖形狀的腫狀瘤，且常多數腫狀瘤連在一起呈不規則狀 (圖 11A)。後期根系腐敗，地上部因根系無法吸收足夠養分而出現生育不良現象。段氏 (2015) 調查指出，水稻根瘤線蟲普遍存在於臺灣 15 個縣市的水稻田，田間罹病率 53–100%。插秧後至曬田期間持續呈淹水狀態的田區，未觀察到水稻根瘤線蟲，然而孕穗期田區再度淹水後，在水稻根系與土壤中則可發現水稻根瘤線蟲。此外，水稻根瘤線蟲入侵水稻根系後，不會受淹水而影響其生長。現今臺灣並未有水稻根瘤線蟲危害嚴重的報導，然而未來面臨氣候變遷和缺水危機，無法利用淹水延後水稻根瘤線蟲侵染或其二次感染源散佈的情況下，造成水稻產量的損失可能日趨嚴重。此外，水稻根瘤線蟲亦可感染北蔥 (圖 11B)、高麗菜、花椰菜、空心菜、菜豆、豌豆、毛豆、番茄、胡瓜、西瓜、黃秋葵和玉米等作物。

防治方法

1. 水稻植前藉由浸水狀態達殺滅線蟲效果，可配合施用尿素或含氮素較高的有機質 (如雞糞、豆粕)，藉所釋放的氨氣達殺蟲效果。
2. 休耕期可種植孔雀草、萬壽菊作為綠肥植物，藉孔雀草、萬壽菊根部分泌的有毒物質殺滅線蟲。

3. 施用富含幾丁質之有機添加物 (如蝦蟹殼粉、菇類太空包)，促使土壤中放線菌生長，藉由其分泌之幾丁質分解酵素作用達到降低線蟲族群的效果。



圖 11. 水稻根瘤線蟲之病徵；水稻 (A)、北蔥 (B)。

參考文獻

1. 林素禎、鄭春玉、王朝儀、吳宗哲、陳啟予。2016。稻稈傳播水稻徒長病可能性之探討。台灣農業研究 65: 92-102。
2. 林國詞、吳雅芳、陳榮坤。2018。雲嘉南地區水稻葉鞘腐敗病發生調查與防治策略。臺南區農業改良場研究彙報 72: 52-62。
3. 段浩文。2015。臺灣地區水稻根瘤線蟲之田間調查、鑑定和其侵染學研究。中興大學植物病理學系所學位論文。
4. 陳任芳、楊大吉、陳哲民。2006。水稻苗徒長病非農藥防治法試驗。花蓮區農業改良場研究彙報 24: 1-13。
5. 陳任芳。2010。應用非農藥資材防治水稻稻熱病之研究。花蓮區農業改良場研究彙報 28: 35-44。
6. 陳脈紀。1961。水稻線蟲心枯病之研究。中興大學農林學報 9, 10: 103-116。
7. 陳繹年、陳珮臻。2020。被忽略的稻熱病初次感染源－『帶病秧苗』。植物醫學期刊 62: 13-16。

8. 黃德昌、朱盛祺。2009。臺灣水稻徒長病之發生與防治。p.29-43。臺灣水稻保護成果及新展望研討會專刊。
9. 蔡東纂、程永雄、鄧堯銓、李明達、吳文希、林奕耀。1998。臺灣水稻白尖病病原線蟲-*Aphelenchoides besseyi* 之生態及防除策略。植保會刊 40: 277-286。
10. 蔡武雄。2007。植物保護圖鑑系列 8—水稻保護。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。
11. 謝式垠鈺、梁文進。1978。稻熱病菌感染前之行為。p.199-212。水稻病蟲害之生態學與流行學，中國農村復興聯合委員會。

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

作物病害之非農藥防治實務專書/謝廷芳,安寶貞,林筑蘋主編.-- 初版.-- 臺中市: 行政院農業委員會農業試驗所, 民 110.12

面: 19*26 公分 (農業試驗所特刊; 第 235 號)

ISBN 978-626-7100-33-2 (平裝)

1. 植物病蟲害 2. 農作物 3. 文集

433.407

110021145

編 號: 農業試驗所 2021 年 005 號

書 名: 作物病害之非農藥防治實務專書

發行人: 林學詩

主 編: 謝廷芳、安寶貞、林筑蘋

出版機關: 行政院農業委員會農業試驗所

地 址: 臺中市霧峰區萬豐里中正路 189 號

網 址: <http://www.tari.gov.tw>

電 話: (04)23302301

出版年月: 110 年 12 月

版 次: 初版

展售門市: 1. 國家書店 / 104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02) 25180207

國家網路書店 <http://www.govbooks.com.tw>

2. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路 6 號 (04) 22260330

定 價: 新台幣 600 元 (平裝)

承印者: 學安文化事業有限公司

地 址: 臺中市南區仁和二街 78 號

電 話: (04)22861600

ISBN: 978-626-7100-33-2 (平裝)

GPN: 1011002162

版權所有、轉載須經本所同意

本書介紹新型非農藥防治技術與資材之內涵，於田間個別驗證防治作物病害效果，更納入IPM系統進行實作，提供多項作物病害管理實務之經驗，期能在維護自然資源與避免破壞環境永續的前題下，推動永續農業（sustainable agriculture）發展，並致力於提升作物生產力。



ISBN: 978-626-7100-33-2



9 786267 100332

GPN : 1011002162
定價：新台幣600元