

鬱金香條紋病毒的啟示

鬱金香受條紋病毒感染後會造成花瓣顏色變化而產生條紋徵狀，此種徵狀於十六世紀時，曾被誤認為新的變種鬱金香而風靡全荷蘭。然而，病害的發現與尋求解決方法之壓力造就了荷蘭的花卉產業。如今，荷蘭的育種、栽培、病蟲害管理、健康種苗繁殖體系甚至銷售系統等均獨步全球。

張清安

講求絕對完美的品質是花卉生產者與消費者共同之願景，然而，病蟲害卻是危及花卉產量與品質之殺手。荷蘭執國際花卉產業之牛耳，本文以其發展歷程說明健康種苗對於花卉生產之重要性。

自古以來，花卉即與人類的生活和文化密不可分，因此，花卉植物的栽培與糧食生產同樣具有悠久的歷史。花卉一向為人類精神上追求完美的象徵，所以花卉產品講求絕對的品質，外表上不允許有任何瑕疵。對於栽培者而言，一個花卉產品的培育管理，從種苗的定植到產品收穫，期間無法容忍有危及品質的現象發生，否則形同前功盡棄，就算勉強收穫也幾乎沒有剩餘價值。這種產業特性造成花卉的生產技術較一般大宗糧食作物的栽培更為細緻精密。

植物的開花與環境溫度、光期長短有密切的關係，花卉生產除了過程中必須較其他作物更注意環境控制外，對於可能危及產品品質的病蟲害問題，更必須隨時密切關注，倘若稍有閃失，花瓣上的一小點病斑或蟲孔將嚴重影響花卉銷售價格。因此，花卉生產者通常比栽培其他作物的農民，對於病蟲害問題更為關心，此情況也促使科學界投入相當多心力於花卉病蟲害的研究與防治。

花卉病害之首次發現

西元一六四三年，記錄傳染性病原微生物會危害花卉植物健康的正式文獻首度披露。當時荷蘭的一份文件記載，從十六世紀中葉起即風靡全荷蘭的條紋花瓣變種鬱金香，事實上是一種具有傳染性的病原所引起的，因為有人發現可以利用種球嫁接方法，將條紋花瓣的特性複製到其他鬱金香個體上。

早在一五七六年，大約是荷蘭人首次由中東地區引進鬱金香種源的第十六年，荷蘭的萊登（Leyden）地區，有位名為克魯熙斯（Clusius）的人，第一次記錄有一種花瓣上產生條紋的變種鬱金香。此後，這種稀有的變種鬱金香便逐漸風靡全荷蘭，王宮貴族或富商巨賈爭相收集，荷蘭的許多歷史文件均曾記錄當時社會普遍風靡變種鬱金香，而且被刻意炒作價格高昂的奇特現象，這從十七世紀初許多荷蘭畫作上都有這

種變種鬱金香可得到印證。這種幾近瘋狂的熱潮，到了一六四三年，花瓣條紋徵狀被證實不過是一種具有傳染性的病害後便逐漸退燒。這個認知相信對當時荷蘭的經濟產生了衝擊，對社會也造成不小的震撼。

病害的發現造就荷蘭的花卉產業

不過話說回來，鬱金香在荷蘭經過四百五十年的育種改良，現在不僅品種變化多端，其生產管理及病蟲害防治等栽培技術均獨步全球。鬱金香不僅已經成為荷蘭的國花、文化精神的代表，其切花與種球之生產、外銷均居世界首位，為荷蘭賺進不少外匯，穩定了國家經濟與繁榮。筆者深信前述這段歷史教訓對於荷蘭鬱金香產業的發展具有深遠影響，因為它促使荷蘭科學家成為植物病毒研究的先驅，更造就荷蘭成為世界上解決花卉植物遭受病蟲害感染問題，最具經驗且成果最豐碩的國家。

健康種苗對於花卉產業的重要性

以現階段的科學理解，鬱金香產生花瓣條紋徵狀是被一種學名為鬱金香條紋病毒的絲狀濾過性病毒感染後所造成。事實上，除了病毒以外，還有些病原生物如真菌、細菌、類病毒與植物菌質體，甚至昆蟲與生活在土壤中的線蟲等動物都可能危害花卉植物，對其生長速度、產量與品質造成不良影響，降低花卉的商品價值。

大部分的病原生物僅造成花卉植物局部危害，例



鬱金香條紋病毒感染鬱金香後，會造成花瓣顏色變化而產生條紋徵狀，此種徵狀於十六世紀時曾被誤認為新的變種鬱金香而風靡全荷蘭。

如，有些真菌僅感染葉片而不危害花部，而有些僅造成莖部感染並不會蔓延至其他部位，這些造成局部危害的生物在防治上較為簡單，防治後對於花卉的商品價值影響也較小。

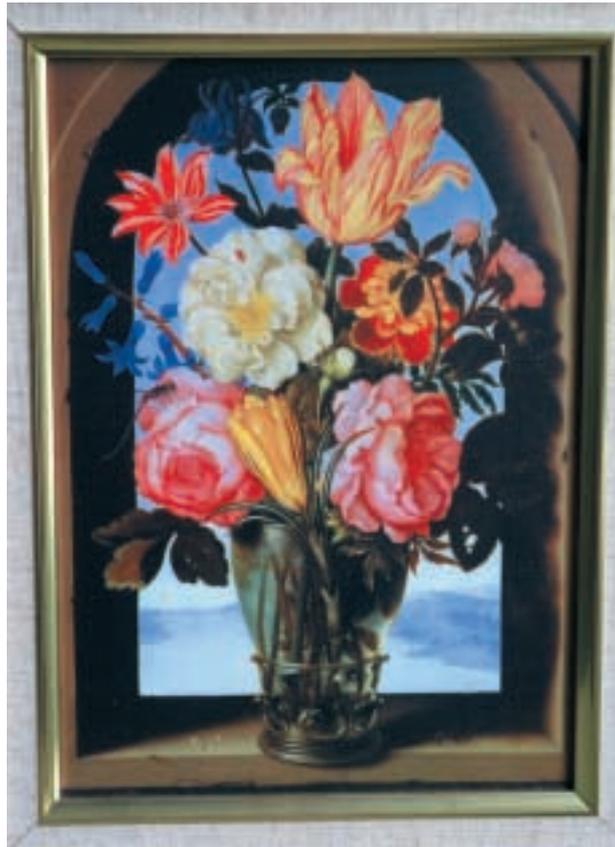
但是有一群病原微生物，侵入植物後，會蔓延到全身各部位組織，而不只局限於某一特定部位，造成全身系統性感染，這種病害對植物的影響最為嚴重，防治上也特別困難。如果栽培者採用無性繁殖法培育後代種苗時，這種感染全身組織的病原也會隨著組織再生而傳播到所有的種苗身上，使病害蔓延更加廣泛，對整個作物的生產影響更加嚴重。

到目前為止，科學界還沒有找到絕對有效的方法，可以在這種系統性病原侵入危害後，仍能成功加以治療。對付這種病害最有效、應用最普遍的方法，就是利用病原排除方式，選擇尚未被病原感染的植株作為繁殖用種原，再大量繁殖成為健康種苗供農民種植，以淘汰染病的植株。這種策略經長期運用，通常可以使花卉作物逐漸擺脫系統性病原的威脅，恢復正常的產能。

大多數花卉植物的繁殖均採用無性繁殖法，這種繁殖方式，可以保證全部後代植株仍保有母本植物的所有特性，包括生長速度、花形大小、花色、花期長短等，大量繁殖的結果，使生產者應用相同的栽培模式即可獲得品質齊一的花卉產品。但是也因為大量使用無性繁殖法，使得系統性感染病原所造成的病害問題在花卉植物上的案例最多，危害也特別嚴重，相對的也使得花卉植物栽培者對於健康種苗的繁殖特

別重視。

現階段，健康種苗的生產流程，是建立任何一項花卉產業必須優先突破的生產技術。以執世界花卉產業牛耳的荷蘭而言，他們發展各項花卉健康種苗生產模式將近一百年，在各種相關技術及經驗上領先其他國家，更建立全世界獨一無二的健康種苗國家標準與認證制度，使所有產業界人士能夠在統一標準與原則下運作，因而建立了荷蘭花卉優良品質的形象，大幅提升其花卉產業的國際競爭力。他們的成功除了長久以來對於種原的收集與育種技術精進外，健康種苗體系的成功運作是不容忽視的一項主要因素。



十七世紀歐洲所流傳的畫作上，常可看到以條紋變種鬱金香做為素描題材。

無性繁殖法對花卉產業的影響

現今地球上的植物，通常是經過長久的演化，克服各種逆境考驗而存活下來。眾所周知，植物遠較動物能夠適應不良環境，這種差別主要在於植物具有絕大多數動物所沒有的再生能力，例如：大家常可看到森林大火過後不久，植物便可以由焦土中冒出。

植物這種再生能力主要由於其全身各部位具有一種稱為「芽點」的構造，這種構造內的組織細胞擁有植物全套的遺

傳訊息，能夠使其再生成為一個與母體完全相同的個體。不同的植物其芽點分布的部位不同，有些在莖部，有些在葉部，有的甚至在地下根部。有些植物為了提供芽點未來生長的營養，芽點附近組織會演化成為營養儲存構造，形成一種特殊的繁殖器官，例如常見的蕃薯及馬鈴薯的塊根就是典型的營養繁殖體。而



國內大型植物組織培養專業廠商之一。

百合，其莖基部演化成鱗片狀形成鱗莖，每一鱗片上都有芽點存在，可以繁殖成為獨立的個體。另外，有些植物則將芽點隱藏於莖部、葉部或花部，這些芽點有的有特殊的外型可以分辨，有的甚至與一般組織細胞沒有兩樣，只有當逆境來臨受到刺激才會活化成為芽點。

這種利用芽點組織獲得再生植物的繁殖方法，統稱為無性繁殖法。經由這些芽點所再生的植物體，與母體本身在遺傳背景上完全相同，因此又稱為分生苗或複製苗。分生苗承襲母體所擁有的一切優良或不良性狀，甚至也會遺傳母體所感染的病原。因此，萬一所挑選之繁殖用母本已經遭受病原感染，繁殖的結果就會使病原體有機可乘，傳播到所有種苗身上。

無菌組織培養技術應用對花卉產業的影響

近百年來，花卉栽培者為了增加同一種花卉的數量，以及齊一的外型與品質，進一步達到產品規格化

的目標，大量使用無性繁殖方式取得栽培用的種苗。不過，利用花卉植物的球莖、根莖、鱗莖或走莖等自然繁殖器官的繁殖倍率與速度，通常無法滿足產業的需求。

幸好近半世紀以來，科學界成功的研發了無菌組織培養法，能夠於無菌狀態下利用人工培養基，在控制的環境下，將植物的芽點組織快速且大量誘導生成分生苗。這種技術解決了自然無性繁殖法複製倍率低與生長緩慢的缺點，正好符合花卉產業的需求，數十年來已成為花卉種苗繁殖的最主要方式，甚至已成為花卉產業下一個重要生產環節，許多專業組織培養公司應運而生。目前國內亦有十數家頗具規模的專業組織培養廠商，近年來我們的蘭花產業，特別是蝴蝶蘭生產外銷的傲人成績，這些組織培養廠商的參與功不可沒。

不過話說回來，分生種苗繁殖的倍率與速度雖因無菌組織培養技術的介入而大幅提升，但相對的無性

繁殖法所可能造成系統性病原廣為傳播的負面影響，在組織培養法方面亦無法避免，甚至其效率也會相對快速提升。近年來，植物病害研究人員所調查累積的花卉病害資料，一再顯示，無菌組織培養技術的大量運用，是造成系統性病原病害在花卉作物上愈形普遍的主要原因。但我們也不能因為組織培養技術能有效傳播病原而否定它對於花卉產業的貢獻與重要性。其實，只要能配合敏感的病原偵測技術，事先篩選無病原感染的種原，再交由組織培養大量繁殖，就可以避免。以現今發展的病原偵測技術，也可以在組織培養過程初期，篩檢培養瓶內的幼苗，確定其未被病原感染後，再進行大量增殖。這種事先篩檢再進行組織培養大量繁殖的程序，是現今花卉健康種苗繁殖流程的主軸。

隨花卉種苗傳播的病蟲害種類

在花卉植物上造成系統性感染的病原微生物，必

定能隨母本的無性繁殖，傳播到後代分生苗身上，這類病原特別以濾過性病毒為代表，是為害花卉作物例子中最早被發現的一種，也是目前所知造成花卉病害種類最多、對整體產業經濟影響最大的一類。濾過性病毒簡稱病毒，植物病理學習慣上將病毒所引起的病害稱為「病毒病」。

病毒是一種極為低等的微生物，獨立存在下無法存活，必須侵入寄主細胞內，仰賴寄主細胞的酵素系統才能繁殖，因此病毒必須在活的寄主細胞內，如寄主細胞死亡，則其繁殖立即停止並死亡。病毒的個體十分微小，必須在高倍電子顯微鏡下才能分辨形態。其構造極為簡單，僅含有一核酸分子控制遺傳訊息的轉移，而以蛋白質所構成的外鞘將核酸包被起來形成病毒顆粒。顆粒型態與大小依病毒種類不同而有差異。目前發現可以感染植物的病毒約有四千種，可以感染花卉植物的種類可能高達百種以上。病毒入侵寄主後雖僅在細胞內繁殖，卻會流竄至全身各部位組織



在花卉植物上造成系統性感染的病原中，以濾過性病毒所造成者最具代表性，常見的病徵包括花朵的畸形與變色。圖右為正常百合花，圖中、左則為感病花朵。

細胞中。目前尚未發現有效的藥劑，可以用來治療病毒病害。

另外，有一種比病毒更低等的生物稱為「類病毒」，也可以造成系統性感染而隨無性繁殖方式傳至後代種苗。類病毒與病毒的差異在於前者的構造僅含有一條裸露的核醣核酸，而不像後者擁有蛋白質所構成的保護性外鞘。類病毒性質極為穩定，可耐高溫，且極易藉由傷口的接觸而傳播，因此，類病毒也很容易經由種苗的繁殖傳播。



鐮刀菌所造成的百合萎凋與黃化落葉病徵。

除上述二者之外，有一種稱為「植物菌質」的微生物也是花卉作物上常見的系統性病原，植物菌質分類地位接近於細菌，它是一種具有原始細胞構造的低等原核微生物，主要入侵危害寄主植物輸導組織中的篩管細胞，影響養分輸送，造成寄主營養失調而產生黃化型的病徵。但有一型菌質危害寄主後，常造成寄主頂端枝條過度增生，形成一種特殊的簇葉狀或俗稱掃帚狀的病徵。

除了上述可以在花卉植物上造成系統性感染的病原，隨花卉植物的無性繁殖而直接感染後代分生苗以外，事實上，絕大多數花卉種苗於無性繁殖後，必須經過一段田間的培育期，才能達到銷售給農民栽培的成熟度。種苗於田間培育的過程當中，也有可能遭受其他非系統性感染型的病原、昆蟲或土壤中的線蟲危害，這些病原或有害生物也可能在種苗收穫的過程中潛藏於種苗身上，再隨種苗的銷售運輸，傳播至農民的栽培田中。因此，在整個健康種苗生產的流程中，研究人員也必須掌握種苗於田間培育期中所可能遭受感染或污染的病原及有害生物種類及其特性，研擬出

防治對策，以期能獲得真正免於危害的健康種苗。

此類病原及有害生物雖然不會像系統性感染型的病原可在後代種苗中達到100%的感染率，但有些病原由於對花卉植物後續的生長有嚴重威脅，所以它的重要性仍獲得種苗生產者重視。例如，有一種統稱鐮刀菌的真菌性病原微生物，會侵害百合及唐菖蒲等多種球根花卉，造成植株萎凋死亡，且鐮刀菌可躲藏於收穫儲藏的球根內，待下一季種植時再度造成發病。另外，土壤中的線蟲及一種稱為根蟻的蜘蛛類有害生物，也可躲

藏於種苗的根部或附著於根部表面的土壤微粒，隨種苗的銷售與運輸而傳播。

荷蘭的花卉健康種苗繁殖體系

最早將健康種苗觀念引入花卉栽培的例子，就是荷蘭的鬱金香產業。雖然荷蘭人早在十七世紀就已經發現鬱金香的病害，但一直到二十世紀初才真正面臨病蟲害對鬱金香產業造成的實際壓力，而有採取防治策略以生產健康種球的需求。一九二九年，荷蘭輸往美國的鬱金香種球，被美方以帶有危險病蟲害的理由拒絕入境，產業界因而蒙受巨大損失。

此後，荷蘭即開始重視鬱金香種球病蟲害的防範，以重新打開美國市場。當時產官學界積極動員，由學術界負責種球傳播病蟲害的研究，特別針對系統性感染型濾過性病毒進行偵測技術的開發，而成為全球第一個研發出利用抗血清檢定鬱金香條紋病毒的國家。掌握了病毒檢定技術後，荷蘭在三十年代開始成立專責檢查實驗室，負責鬱金香種球的病毒檢查，協

助農民判別、篩選健康無病毒種球做為繁殖用種原，規劃繁殖健康種球的標準生產模式供農民應用，並且在種球收穫後協助農民檢查病毒感染率，訂定種球分級制度，供農民作為應用種球的參考。

在政府方面，則立法通過「農業品質法」，要求農民所生產的鬱金香種球必須符合國家品質標準。

基於此法，荷蘭的鬱金香業者成立了球根花卉農民協會，只要從事鬱金香種球生產的農民，均必須加入此協會，以約束各成員所生產的種球，須符合國家標準。協會自種球銷售金額中抽取手續費成立基金，運用這筆基金，該協會將上述病毒檢查實驗室納為基金會的附屬機構，也就是現今名聞遐邇的荷蘭

球根花卉檢查中心 (Dutch Flower Bulb Inspection Service)。

這個機構目前仍每年免費為球根花卉農民協會成員檢查鬱金香病毒，及其他可能危害種球品質的病原與有害生物。依照農業品質法以及與球根花卉農民協會的合約，荷蘭鬱金香業者必須在每一批種球大量繁殖前，將原種送請該中心檢查，確定不帶病毒者才獲准進入繁殖程序。繁殖過程中也須接受該中心人員的監控；繁殖後的種球更應接受該中心的抽驗，以確定其品質符合國家標準的等級。



鏟刀菌可侵入種球的鱗片組織，成為次年度感染的來源。

當然，荷蘭球根花卉產業的生產項目已經從本世紀初的單一種鬱金香增加至目前的十數種，這些種類的檢查工作也都由荷蘭球根花卉檢查中心負責。由於該中心是屬於球根花卉農民協會旗下的專屬機構，所以僅負責球根花卉的檢查，並不過問其他花卉作物。

荷蘭基於其他花卉作物也有相同的健康種苗繁殖需求，另外成立一個類似荷蘭球根花卉檢查中心的檢查機構，這個機構歷經數度變革，於前年重整改名為荷蘭園藝作物檢查服務中心 (Naktuinbouw)。該中心，除了負責各種花卉作物健康種苗繁殖標準流程的建議與擬定外，同時也獲得荷蘭政府授權，依據政府頒布的種苗法，進行檢查與品質認證工作，並就檢查結果核發不同品質等級的證照。

目前該中心約可進行八十種不同花卉病毒的檢查，它所核發的證照也獲得歐盟各國的認可，具有植物護照的作用。換句話說，只要獲得該中心認定的健康種苗，就不必接受其他檢疫手續，可以在歐盟國家間通行無阻。

荷蘭花卉健康種苗繁殖體系的成功特質

荷蘭花卉產業發展的成功有目共睹，然而他們能有今日輝煌的成就絕非偶然。雖然西元一五五五年的因緣際會，他們由中東地區引入鬱金香種原時，上蒼似乎就賦予他們與鬱金香相結合的宿命。而歷經四百五十個寒暑的努力，期間所開發建立的各項技術與累積的經驗，包括：育種、栽培、病蟲害管理、健康種苗繁殖體系，甚至銷售、通路系統等均屬獨步全球的創舉。現代人在享受荷蘭花卉之美，與讚嘆其產業的偉大成就時，亦應同時體會荷蘭人過去胼手胝足的艱辛發展歷程，並感激他們為增進人類精神生活所投注

的一切心力。

對於促成荷蘭花卉產業成功的要件，筆者深信除了種原收集完整、育種與栽培管理技術精進、及產銷制度的效能外，健康種苗繁殖體系的完整規劃與有效運作，絕對具有密切關聯。歸納荷蘭花卉健康種苗繁殖體系的成功特質，有以下三點：

(1) 對於影響花卉作物病原與有害生物的確掌握及有效運用：

荷蘭是國際間對花卉病原與有害生物研究，人力與資源投入最早、也最多的國家，除國內大學外，另設立多處專業研究所與試驗單位，分別從事與花卉產業相關的學術性與應用性研究。因此，對於各種重要花卉的病原與有害生物的特性、檢查技術、規格化的檢查試劑與防治策略，均能有效掌握，並能立即將成果轉移業界應用。尤其是，荷蘭球根花卉檢查中心與荷蘭園藝作物檢查服務中心等法人機構，除了具有自行研發的能力外，與上述公立研究單位合作密切，並可將研發成果立即於例行檢查事務中應用。

另外，荷蘭在許多花卉病毒研究成果上均居於領先地位，其所開發的針對大量標本的病毒檢查流程亦獨步全球。他們為了保持花卉產業的優勢，常對於一些關鍵技術與病毒檢測試劑採取保留策略，不對外正式發表或銷售，避免其他產業競爭者學習模仿。多年來，荷蘭有計畫地進行此種整體科技管理策略，相信這也是造成其產業榮景的一項重要因素。

(2) 健康種苗認證制度的成功運作：

荷蘭在國際間能獨占花卉種苗出口的鰲頭，關鍵在於荷蘭園藝作物檢查服務中心及荷蘭球根花卉檢查中心等種苗病害檢查法人機構的設立與成功運作。這些機構負責規劃與擬定不同花卉的健康種苗生產與檢查流程，做為產業界生產種苗的依循標準。

農民在大量繁殖一種花卉種苗前，須委託這些單位先行就其種原進行檢查，篩選出無病原感染者才准許農民大量繁殖；繁殖過程中，這些單位還會派員協助監控田間病害的發生並隨時加以處置；繁殖後的種苗成品再交由這些單位檢查判定等級，及核發政府授權的證照。這種運作模式中，檢查機構不只是負責裁

判而已，還肩負整個種苗生產程序的研發與推廣教育，期間還協助監控，最後再公開、公平地評比認定等級。因此，不會引發農民與政府間的對立，反而自發地與制度配合，使整個種苗產業的品質與競爭力提升，持續獲得農民的肯定與支持。

(3) 產業界與國家政策和法令的密切配合：

這種健康種苗生產體系在其他國家雖也有少數作物個案循類似模式運作，但要以國家法令要求做為後盾，由所有產業成員自發性組成的團體相互約束，並成立中立檢查機構進行客觀認證，將所有花卉作物列入規範範圍者，目前只有荷蘭做到了。這種模式已經運作六十年以上，在國際間奠定無可取代的公信力與專業權威地位。藉此，荷蘭花卉品質得以獲得國際社會肯定，造就花卉出口王國的地位。

我國已加入世界貿易組織，傳統農產品勢將面臨嚴苛的國際競爭與考驗，近年來經過產官學界的一再討論，都認為我國未來應往高附加價值的種苗產業發展。事實上，歷經數十年努力，我國的蝴蝶蘭種苗生產和出口，已經成為世界首位，無論在品種育成、栽培管理及行銷通路上，均有獨到成果，已具備產業龍頭的格局與架勢。

值得一提的是，在病蟲害管理及系統性病原偵測技術發展上，我國的水準已與荷蘭等先進國家不相上下，證明我國朝種苗產業發展的方向正確。因此，荷蘭在建立健康種苗生產體系，進而促成花卉產業蓬勃發展的經驗，必然有供我國進一步發展花卉產業值得借鏡的地方。當然，以我國目前的產業結構，仍不足與荷蘭相提並論，全盤抄襲亦屬不智。但如何在現有體制下融入其健康種苗生產體系制度的精神與做法，以提升種苗品質與公信力，並逐步於國際間建立優良產品形象，增加附加價值與競爭力，是未來必須積極面對的發展方向。

張清安

行政院農業委員會農業試驗所植物病理系