

植物真菌性病害之鑑定實務

黃振文 教授¹、黃鴻章 博士²

¹ 國立中興大學植物病理學系

電子郵件：jwhuang@nchu.edu.tw；傳真：04-22851676

² 加拿大農部 Lethbridge 研究中心

摘 要

植物病害種類繁多，單單就一棵植物而言，從根、莖、葉、花、果實及種子等部位觀察，就有許多不同的病害，更何況同一種植物病原菌，有時也會引起不同植物的不同類型病徵。因此，一般未曾受過專業訓練者，是極不易判定植物的病害與病因。植病學者指出造成植物生病的病因，可以分成生物性(傳染性)與非生物性(非傳染性)等兩大類，其中生物性病原有真菌、細菌、線蟲及濾過性病毒等等；而非生物性的因子則有凍害、日燒、乾旱、藥害、肥害、風害、冰雹、雷電害、機械害及環境污染等。本文內容主要在於介紹植物病害發生的基本概念、病徵類型、生物性病原的特徵及病原菌攻擊植物的過程；進而利用彩色圖片描述不同植物病害的病徵，祈有助於讀者辨識各種不同植物的病害。

引 言

植物病害(plant disease)可以說是植物形態構造與生理機能發生異常的現象。由於生理機能反常，罹病植物在外表顯現各種形態的改變，如矮化、萎縮、增生、腫大、壞疽、變色、腐敗、萎凋與潰瘍等。這些形態上的異常稱之為病徵(symptoms)；有時在罹病植物體上有病原菌出現，則稱之為病兆(signs)。換句話說，植物疾病是由持續性的刺激物(continuous irritant)所致，例如真菌(fungi)、細菌(bacteria)、病毒(virus)、線蟲(nematodes)、菌質(phytoplasma)、寄生性高等植物等病原，侵入植物體後，經過不斷的刺激，再搭配適當的環境，才可使植物罹病。假若一種非持續性的刺激物(discontinuous irritant)使植物形態與構造突然間發生改變，則稱之為傷害(injury)，例如農藥藥害、肥害、風害、冰雹、雷電傷害等等。本文主要目的在於介紹植物病原所引發的各種植物病害之病徵與致病的過程，祈有助於讀者認識植物病害。

植物病害的種類

依植物的受害器官來分，植物病害的種類有(一)根部病害、(二)莖部病害、(三)葉部病害、(四)花及果實病害等。若依植物類別來分，則有(一)農藝作物病害、(二)蔬菜作物病害、(三)果樹病害等。至於依病徵來分的話，可區分為下列數種：即(一)變色(discoloration) - 細胞內容物發生變化，色澤改變(圖4, 5, 7, 12, 13, 14, 16, 19, 22, 23)；(二)穿孔(shot hole) - 通常指葉部而言，病組織壞死後產生病斑或離層，易脆碎而脫落，形成圓形或不規則之穿孔。它又可分為：(A)生理性穿孔 - 例如有毒物質、霜害、乾旱或營養受干擾而形成；(B)病原性穿孔 - 例如真菌或細菌侵害所造成的穿孔；(三)萎凋(wilting) - 病原菌侵入幼苗根莖部位或近地基部，造成幼苗猝倒病(damping-off of seedling)。病原菌也可侵害成株根莖，阻礙維管束的水分運送，造成植株永久萎凋(圖2, 3, 4, 6)。至於生理性暫時萎凋是由於熱天日曬太烈，或土壤過分乾燥，使葉片水分蒸發量大於根部水分吸收量，則易引起暫時性的萎凋。如果植物不超過永久萎凋點，當夜晚來臨或溫度降低時，即可恢復正常；(四)壞疽(necrosis)或局部死亡 - 患部組織枯死，產生斑點、塊斑或部分器官死亡(圖8, 10, 11, 17, 18, 24, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 43, 44)；(五)矮化或萎縮(stunting or atrophy) - 係指植物整株或部分器官受環境影響或病菌寄生而形狀變小；(六)腫大(hypertrophy) - 植物器官因受病菌之刺激而促使形狀增大(圖1, 7, 20, 25)，其形成原因可能有二：一種是細胞形狀增大(hypertrophy)，另一種是細胞異常分裂，數目增加(hyperplasia)。有時二者同時發生；(七)器官之變形(organ deformation)或置換(replacement of organs by new structures) - 植物原有之健康組織全部被病原菌菌體取代(圖42)，或是原來健康植株之花器，由於病原菌的為害，因而由許多小葉所取代；(八)木乃伊化(mummification) - 罹病之果實，由於病原菌之寄生而腐爛，但仍停留在植株上而未脫落，經風乾後，變成乾腐之果實(圖41)。通常這種乾腐的木乃伊化果實含有真菌之休眠菌絲或越冬之子實體；(九)習性改變(alternation of habit and symmetry) - 病原菌為害植物後，有時使葡伏莖的生長變成直立莖生長，或是改變單葉成複葉等；(十)破壞器官(destruction of organs) - 由生理性或病原性造成果實內部空洞，種子遭破壞；(十一)葉片、枝條、花、果實的基部離層與脫落；(十二)贅生及畸形(production of excrescences and malformations) - 葉表皮細胞受刺激而絨毛贅生或是細胞異常分裂或增大造成瘤腫(圖9)；(十三)分泌(exudations) - 由於生理的不當或是病原菌的侵害，使樹幹、枝條流膠或分泌乳汁等；(十四)腐敗(rotting of tissue) - 當細胞、細胞壁及內含物發生分解，因而產生腐敗現象(圖15, 21, 26, 27, 29, 30, 31, 37, 38, 39, 40)。一般而言，根腐、葉及莖的腐敗、芽腐和果腐均是常見的病徵。

植物病害之主要病原

引起植物病害最重要之病原有：真菌、細菌、濾過性病毒、菌質體、線蟲及寄生性高等植物。現分述各病原的特徵與生態特性如下：

(一)真菌

1.緒言：真菌菌體微小，不具葉綠素及維管束，通常要以顯微鏡加以觀察，但是也有大者，例如洋菇、靈芝等菇類，均可以肉眼直接觀看。現在所知的真菌中，有 10 萬餘種是腐生性的，生活於死亡的有機物上，有助於雜質廢物的分解，是很有用的清道夫；大約 50 種可以為害人畜，例如一種尾孢子菌(*Cercospora apii*)可以寄生於人之臉部，造成粗皮及瘤腫。又如一種茄镰胞菌(*Fusarium solani*)可寄生於人畜的眼睛，致使眼球突出而失明。其他如香港腳、牛皮癬等也都是真菌引起的皮膚病。此外，有 8,000 種可以引起植物病害，故幾乎沒有一種植物不遭受真菌的攻擊。

2.植物病原真菌的特徵：菌絲體是真菌的營養體，是一種細長的絲狀構造，可區分成有隔膜與無隔膜兩大類。其中低等菌(如水生菌、露菌)的菌絲不具隔膜。而高等菌類(如子囊菌及擔子菌)的菌絲有明顯的隔膜。孢子(spores)是真菌的特殊繁殖體，通常由數個細胞所構成，或為單細胞，孢子主要可分為有性孢子及無性孢子兩大類。

3.真菌的生態及傳佈：許多絕對寄生的植物病原真菌，例如白粉病菌、露菌病菌、銹病菌等平時在寄主植物上生活。當寄主植物死亡時，這些絕對寄生菌的營養體也隨之死亡，僅剩某些孢子落入土中或植物的殘體部位，以不活化的形式存活。例如白粉病菌的子囊孢子，露菌病的卵孢子，銹病菌之冬孢子或夏孢子，只有在遇到寄主時才會再度侵入寄主而行營養生活；非絕對寄生菌可以在寄主上行寄生生活，亦可以在死亡的枯枝落葉或有機物質上行腐生的生活。一般這些菌類常以厚膜孢子或厚壁之細胞構造存活於不良的環境，以維繫生命的延續。至於，病原菌的傳佈大致可分成二種：

(1)自動傳佈：一些低等的水生真菌，可以產生游走孢子，利用鞭毛在水中游動。又有些子囊菌類其子囊孢子成熟之後，可從子囊殼噴射出，因而藉風傳播至遠處。

(2)被動傳佈：許多的真菌孢子均屬於被動傳佈，通常是經由昆蟲、流水、風、雨、種子，農耕用具或高等動物來傳佈。

(二)細菌

1.緒言：細菌通常為單細胞，有桿狀、球形、橢圓形、螺旋形、絲形或逗點形等。其中植物之病原細菌多半為桿狀居多。大約有 180 餘種的細菌可以造成植物的疾病，所有引起植物疾病的細菌均為兼腐生菌，並且可以在人工合成培養基

上生活。具有鞭毛的細菌可以自由的移動，無鞭毛者，則不能移動。

有的細菌在環境不良時，可以產生內生孢子(endospores)，以抵抗高溫的傷害。細菌行二分裂法生殖，可以在極短的時間內增殖無數的細菌個體。吾人無法以肉眼看到細菌的個體，但卻可在培養基上觀察它生長的菌落。通常植物細菌性病害是發生於溫暖、潮濕的季節，設若農作物發生細菌的病害，就很難加以扼止。

2.植物病原細菌的種類與特性：引起植物病害的細菌種類主要被歸併於六個屬，即：

(1)農桿菌屬(*Agrobacterium*)：小短桿狀細胞，有周邊鞭毛，不產生氣體及酸，不分解明膠，生長於含炭水化合物的培養基，可產生豐富的多醣黏膜，菌落無色，圓滑型。存於根圈及土中，侵入植物根和莖，引起肥大瘤腫，例如番茄癌腫病。

(2)假單胞桿菌屬(*Pseudomonas*)：長桿狀，單極多鞭毛或雙極多鞭毛。在固體培養基上之菌落為白色，但在肉汁培養基上，產生綠色螢光素，屬於土棲性或水棲性。小部分的「種」可侵害動物或人類，惟大部分的「種」可侵害植物，例如番茄青枯病。

(3)黃單胞桿菌屬(*Xanthomonas*)：長桿狀，單極鞭毛，好氣，在固體培養基上產生不溶性濃厚黃色素，有粘膜，在炭水化合物培養基上粘膜尤多。例如十字花科蔬菜黑腐病。

(4)歐氏桿菌屬(*Erwinia*)：桿狀，周生鞭毛，是唯一兼行嫌氣性植物病原菌，能醱酵多種炭水化合物，特別能利用水楊糖，並產生酸及氣體。可引起植物壞疽、萎凋及軟腐，例如蔬菜細菌性軟腐病及胡瓜細菌性萎凋病等。

(5)棒桿菌屬(*Clavibacter*)：細胞為細小桿狀，有時略為變曲或呈棍棒狀，屬於好氣，半嫌氣或嫌氣，可存在於土壤中或植物殘餘物上。馬鈴薯輪腐病及番茄潰瘍病均是本屬的細菌所造成。

(6)鏈黴菌屬(*Streptomyces*)：有些學者將它歸併於真菌中，其實它是一種放射線菌，菌絲不發達，易分段成孢子，但亦有人將其歸納於細菌中。所有這屬的種均為土棲性，屬於革蘭氏陽性，可以引起馬鈴薯瘡痂病。

歸言之，各植物病原細菌具有下列六點特性：(1)所有植物病原細菌均不能形成內生孢子，(2)所有植物病原細菌均為桿狀，無球形及螺旋形者，(3)多數植物病原細菌為革蘭氏陰性，只有 *Clavibacter* 及 *Streptomyces* 為革蘭氏陽性，(4)所有植物病原細菌均可以人工培養，僅胡瓜細菌性萎凋病菌(*Erwinia tracheiphila*)較難培養，(5)多數植物病原細菌為種子或種薯傳播，(6)植物細菌性病害可為系統性感染與局部性感染。

3.細菌的生態與傳播：植物病原細菌可存活於土壤、枝條、種薯、種子及昆蟲體表或體內。因此它們可經由雨水、種子、昆蟲、風、農具及根的接觸等進行傳播。例如柑桔潰瘍病菌(*Xanthomonas campestris* pv. *citri*)可經雨水傳佈，尤其是風雨交加時，使葉面造成傷口，便利細菌之侵入。又蘋果及梨火傷病之細菌

(*Erwinia amylovora*)經由花柱頭蜜腺侵入，使花器死亡，此時於病斑上產生許多細菌粘液，即可經由螞蟻、蜜蜂及蒼蠅等傳佈開來。還有利用小刀切割帶有病菌的馬鈴薯塊莖，隨後再切健薯，亦可造成馬鈴薯輪腐病的傳染。

(三)濾過性病毒簡稱「病毒」

1.緒言：病毒是一種光學顯微鏡無法觀察到的極小個體，僅能在活的細胞內複製，能引起各種生物的危害，從真菌、細菌、單細胞植物到大型的樹木，皆可受其感染。一種病毒可能感染一種或數種植物；同樣的，一種植物也可能被一種或數種不同病毒所感染。

病毒不會形成任何繁殖器官，但能利用寄主的細胞來進行更多個體的複製。病毒可干擾寄主細胞的代謝作用，致使寄主細胞或整個植體無法正常的生長。植物病毒與其他病原菌間有極大的差異，除形態及大小外，其他如化學組成、物理構造、感染方式、在寄主體內的複製過程及運行、傳播方法及病徵，皆極不相同。隨科技的進步，目前吾人均利用電子顯微鏡放大一萬至數萬倍來觀察病毒的顆粒。

2.植物病毒的構造與形態：病毒的顆粒主要由兩部分構成。外圍是由蛋白質所構成的鞘，具有保護作用稱為 capsids；中心由核酸(nucleic acid)所構成，稱為 nucleo capsid。植物病毒的核酸絕大部分是核糖核酸(ribonucleic acid, RNA)，而細菌的病毒(稱曰噬菌體)以及大多數的動物病毒核酸，則為去氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)。

植物病毒顆粒的形態，可分成不對稱形及對稱形兩大類。不對稱形的病毒顆粒有短桿狀、長桿狀及子彈型，亦有絲狀者；至於對稱形的病毒顆粒，通常是一種對稱的20面體，每一面都是等邊三角形，這種病毒通常是球形病毒。

桿狀病毒的外鞘是由成千的相同蛋白質單位以螺旋狀排列，構成兩端開口的長柱形，此種外鞘的長度視中心所包埋之RNA分子的長度而定。球形病毒的外鞘是一個封閉的殼，其中心的RNA排列方法尚不很清楚，每一種病毒之RNA與蛋白質的比例是一定的。

3.植物病毒的傳播：自然界中，植物病毒必須藉由傷口才能進入植物體內，且必須在活的細胞內才能生存繁殖。因此，植物病毒可經由昆蟲或其他節肢動物、土壤中的線蟲與低等真菌、攜帶病毒的種子與營養繁殖器官及機械工具等方法傳播。

茲分別就幾種傳播病毒的媒介說明如下：

(1)昆蟲：在田間，昆蟲傳播最普遍也最重要，已知可傳播病毒的昆蟲有蚜蟲、浮塵子、角蟬、粉蝨、蚱蜢、薊馬及甲蟲。另外，屬於蜘蛛綱的某些種類亦可傳播。昆蟲傳播病毒的方式分為二種：一為非持續性，即昆蟲在獲毒後，馬上具有傳毒能力，但此能力很快就會消失，除非再獲毒；另一為持續性，即昆蟲獲毒後，需經過一段潛伏期才能傳播，而此能力可持續一段時

間。但有些病毒，既不屬於持續性，也不屬於非持續性，所以現在已逐漸以另外兩個名稱取代，一為口針式傳播，即昆蟲獲毒後，病毒僅附在口針上，然後即可傳毒；另一為循環式傳播，即昆蟲獲毒後，病毒經由昆蟲的口器、食道、腸壁進入血液中，再回到唾腺，然後此昆蟲才可傳毒。循環式的病毒不一定能在昆蟲體內繁殖，但包括所有上述所謂的持續性傳播之病毒。

蚜蟲、浮塵子、蟬、粉蝨及介殼蟲等屬於同翅目，都具有刺吸式口器，易於伸入植物組織中吸取汁液，並傳播病毒。蚜蟲傳播大部分的植物病毒，通常一種蚜蟲至少能傳播一種病毒。浮塵子是傳播病毒次數較多的昆蟲，它可利用口針式、循環式到繁殖式來傳播病毒。一般昆蟲與病毒的傳播之間常存有專一性。

(2)營養繁殖器官：有些食用植物(如馬鈴薯、草莓、大蒜等)及觀賞用植物(如鬱金香、唐菖蒲、蘭花等)利用營養器官來繁殖，如果母株帶毒，則繁殖出來的植株亦皆帶毒。許多果樹(如蘋果、柑桔等)利用砧木來嫁接，如果砧木帶毒，則嫁接後的植株亦皆帶毒。

(3)種子：種子帶毒率依病毒及植物種類而定，有些病毒由感病的父本花粉與健康的母本相交配後形成的種子所攜帶。病毒可在種子內渡過一段很長的越冬或越夏的時間。

(4)機械方法：有些病毒似乎完全靠機械方法來傳播，例如菸草嵌紋病毒(TMV)，此種病毒易於藉枝條的修剪、工作者的接觸及植株彼此間的磨擦所造成的傷口來傳播。研究方面的機械傳播法，主要是藉病株上的汁液，輕輕擦在健株的葉片上因而傳播。輕輕磨擦的目的在製造葉表面的傷口，以利於病毒侵入感染。並非所有的病毒皆可藉此方法傳播。

(5)線蟲、真菌：有些病毒存在於土壤中，並經由線蟲或真菌傳播侵入寄主。例如葡萄的扇葉病毒可經由匕首線蟲(*Xiphinema index*)傳播；又萵苣的腫脈病毒(big vein of lettuce)可經由真菌(*Olpidium brassicae*)傳播。

(四)菌質體

1.緒言：西元 1967 年，東京大學的土居等首次以電子顯微鏡，由桑萎縮病、馬鈴薯簇葉病、翠菊黃萎病及梧桐簇葉病之病組織中，發現類似菌質體的微生物存在。同年，石塚等觀察到四環黴素對於桑萎縮病之治療效果。此後，世界各國有關菌質體引起植物病害的研究更趨活躍。

2.菌質體的構造及形態：近年來，由於電子顯微鏡之應用，菌質體之構造漸趨明瞭。菌質體之單位膜為脂蛋白膜。由內外兩層電子密度高之蛋白質層及中間一層電子密度稀薄之脂質層所構成，厚度約為 75—100Å，內部去氧核糖核酸呈雙重螺旋狀，但無核膜所包圍之完整細胞核，屬於原核生物。核糖核酸之大部份為類似核糖體之顆粒，而少部份則具可溶性，因此，菌質體具有遺傳情報與合成蛋白質之能力。唯不具粒腺體及高爾基體等胞器。

菌質體在基本上具有上述之構造，形態則有桿狀至球狀之各種形態。此種差異可

能受菌種發育階段或培養條件之不同而發生。

3.植物菌質病原之生態：植物之菌質病原體各由其特定種類之媒介昆蟲所傳播。其中大部份均為浮塵子類。但近年來已證實梨之衰弱症、柑桔之頑固病及立枯病分別由葉蟬及木蝨所媒介，而梧桐簇葉病之媒介昆蟲可能為盲椿象之一種。關於病害發生生態方面，有些菌質病之發生具有明顯之地區性，亦有菌質病於某年忽然大發生或於大發生後又逐年遽減等事例。此種現象應與媒介昆蟲之發生生態有關，又例如從未曾發生過水稻黃萎病之地區採集之黑尾浮塵子，帶回室內進行傳播試驗，結果亦能表現具有高頻率之傳播能力。

(五)線蟲

1.緒言：線蟲是細小的多細胞動物，具有主要的生理系統，但缺少呼吸和循環系統。形似蠕蟲，細長圓筒狀，體不分節，頭尾尖細。有些種類的雌蟲於成熟時，體形腫大成洋梨型、包囊型、螺旋形或腎形等。目前已知 15,000 種線蟲中，大部分是非寄生性地生活於淡水、鹼水或土壤中，以吃食細菌、真菌和藻類為生。此外，也有少部分線蟲可以寄生於動植物體，並引起人畜的不適和植物病害。由於線蟲體積太小，體呈半透明狀，故不易以肉眼直接觀察，但可借助顯微鏡或解剖顯微鏡來鑑別種類。

2.植物寄生線蟲之形態及器官名稱：(1)體壁：由角皮形成。大部份植物寄生線蟲的角皮具有環狀突起，俗稱體環。有些線蟲具有尾端突起。(2)頭部：頸部以上包括 6 片口唇及口腔開口。(3)刺吸器官及消化系統：口針是一尖銳之刺吸器官。大部份植物寄生線蟲口針之基部具有各種形態之肥大部份，俗稱口針節球。口針下面啣接食道。食道由食道前方體、中部食道球及後部食道球等三部份組成。

線蟲的腸佔了胴體很大的部份。腸前端與食道啣接，最後連接直腸，在肛門處向體外開口。線蟲腹部除了肛門之外，還有一個排泄孔。(4)生殖系統：線蟲之卵巢有二，由陰門分別向前延伸，這種型式，稱為雙卵巢型。部份線蟲之後卵巢高度退化，成為後子宮囊；此類線蟲稱曰單卵巢型。雄蟲的交接器有交接刺、副刺及交接囊等。

3.植物寄生線蟲的傳播與存活：線蟲可經由農具、灌溉水、洪水、排水、家畜、野生動物、鳥、昆蟲、苗木、種子與種球等途徑傳播至遠處。許多植物寄生性線蟲可在雜草或缺乏適當寄主的土壤中，至少存活一年以上。一般線蟲在低溫存活的時間長於較在高溫時；有些線蟲在休眠期可抵抗惡劣的環境，並保持很長久的壽命。

(六)寄生性高等植物

1.緒言：高等植物多營自營生活，只有少數營寄生生活。植物學家認為寄生性植物乃係退化或喪失某些生理功能，導致必需利用寄主的養分才可生存。因此，寄生性高等植物可影響寄主植物之莖、葉、種子及根等部位的發育與生長。台

灣常見之寄生性高等植物有兔絲子、槲寄生及野菰等。

2.兔絲子：兔絲子是一種無葉植物，只具鱗葉，莖圓筒狀，可產生吸器以伸入寄主之皮層或木質部。在吸器處可分泌酵素以分解及利用寄主的養分，或可直接吸收寄主由根部吸收之養分。花為白色、淡黃色或淺紅色，並叢生於一處。種子灰褐色，數量頗多，經常和寄主的種子相混合，成為傳播他處的重要途徑。

3.槲寄生：有2-3種的矮槲寄生，可寄生於針葉樹上，葉為鱗片狀，為雌雄異株，由昆蟲傳粉。產生漿果，具有爆炸性，可傳至15呎遠，種子具粘性，可粘在其他樹枝上繼續為害健株。

4.野菰：為寄生在甘蔗根部的一種高等植物，只有鱗片狀之葉，頂端開喇叭形淺色之花朵，種子無數，在台灣濁水溪、虎尾溪、下淡水溪上游之茅草(禾本科)可以被害；在雨後，種子可順水流傳播，為害下游栽種的甘蔗根部。

微生物的寄生現象

一個生物生活在另一生物之體內或體表，並吸收所須之營養，以維持其生命，前者即是一個寄生菌(體)(parasite)，而後者稱約寄主(host)。寄生菌(體)與寄主之間的相互關係，被稱為寄生現象(作用)(parasitism)。寄生現象在生物界頗為普遍，許多寄生菌(體)可引起動植物之病害，就植物病害之估計，約有8000-10000種寄生性真菌，200種左右寄生性病原細菌，500種以上植物病毒及75種菌質寄生於植物，更有許多真菌及細菌被其他微生物寄生，形成超寄生(hyperparasite)。在眾多之寄生現象中，吾人常發現寄生性具程度上的差異。因此設法瞭解寄生程度的異同，將有助於認識植物病害之特性及生態。依傳統之分級法，將植物病原菌之寄生性分為：絕對寄生(obligate parasites)、兼行腐生(facultative saprophytes)、兼行寄生(facultative parasites)及絕對腐生(obligate saprophytes)。絕對寄生菌是指寄生菌必需生活在具有生命力的寄主上；兼行腐生菌是指菌類大部分的時間均活在寄主上，而在某種情形下，可以腐生在死亡之有機體上；至於兼行寄生菌是指菌類大部分時間生活在死亡之有機體上，但是有時可以攻擊活的植物體，因而變成寄生菌；絕對腐生菌是菌體完全依賴沒有生命的有機物進行腐生生活。植物的寄生菌，通常可以在植物體上生長及繁殖，並使寄主植物發生營養之缺失，導致生長不正常。顯然，一種寄生現象必與病原菌之致病性(pathogenicity)有關，所以寄生菌侵入寄主的能力直接關係到植物疾病的發生與進展。但是並非所有寄生菌均可致病。例如豆科植物之根瘤菌雖然寄生在豆科植物之根系，但卻有助於豆科植物之生育，其實這種現象就是一種共生(symbiosis)。一般言之，絕對寄生菌的寄主範圍非常的狹窄，只能攻擊某一種或少數的寄主，具有較高程度的寄主專一性與營養需求，例如露菌病菌、白粉病菌與銹病菌等。至於非絕對寄

生菌，通常有較廣的寄主範圍，可分泌非選擇性的毒質與酵素以攻擊寄主植物，例如菌核病菌，白絹病菌、猝倒病菌與炭疽病菌等。

病害發展的過程

植物病害的發生，隨著植物本身器官的發育時期及其接觸的環境不同而有所差異。因此播種時，有種子的病害，隨後有苗期的病害；在生長期有根、莖、葉等病害；至於在生育期則有花、果實等病害。這些病害的發生是受制於植物、病原體及環境等三者間相互的關係。例如有感病性的寄主植物，在合適的環境下，遇到病原體的攻擊，即可使該植物發生病害。茲簡介病害發生的過程如下：(1)接種(inoculation)：病原體的接種源(inoculum)以真菌的孢子、菌絲或菌核，線蟲的卵、幼蟲，細菌的細胞，病毒的粒子及寄生性高等植物的種子等繁殖體，接觸於寄主植物的器官後，在適當的溫度與濕度環境下，經由寄主植物的分泌物刺激或媒介昆蟲的幫助，即可發芽與增殖；(2)侵入(penetration)：病原體利用機械壓力通過角質層及表層細胞或分泌酵素以軟化或溶解角質層，進而穿入植物體內。有時亦可以由氣孔、皮目、水孔及傷口等部位侵入寄主內部；(3)感染(infection)：當病原菌(體)與寄主的細胞及組織間建立接觸的關係後，並可由寄主獲取養分即可稱曰「感染」，但若病原菌(體)遇著非自己的寄主時，病原菌也許可以侵入寄主並與寄主細胞接觸，惟寄主細胞被病原菌侵入時，會立即產生過敏性反應(hypersensitive reaction)，並引起寄主細胞死亡，於是病原菌(體)便無法由寄主獲取正常的養分，終至饑餓致死。有時此種死亡的細胞可以產生某種有害物質，進而抑制病原菌的生長。這種現象通常表現在抗病品種上，是一種抗病的反應；(4)潛伏期或孵育期(incubation)：在病原菌(體)感染寄主作物後直到病徵出現之前的一段時期，稱為潛伏期，此時期有長有短，通常露菌病、白粉病較快出現病徵，但是炭疽病出現病徵較慢。炭疽病菌在幼果期侵入，直到果實成熟後才顯現病徵，這種現象叫做潛伏感染(latent infection)；(5)侵害(invasion)：這是病原體感染寄主的後期階段，病原在潛伏期後，可以繼續生長與迫害寄主，就叫做「侵害」。例如蘋果黑星病菌可侵害葉表次角質層的部位；白粉病菌可以侵害表皮細胞；香蕉黃葉病菌或番茄青枯病菌可以侵害寄主的根、莖、葉的細胞等等。隨後病原體即可大量繁殖，例如細菌利用二裂法，大約10小時可以產生百萬個細菌細胞；真菌利用無性與有性生殖產生千萬個孢子；每一雌線蟲可以產生300個以上的卵；病毒利用寄主養分大量複製繁殖；(6)傳佈(dissemination)：細菌通常利用鞭毛游動，藻菌類產生游走子可在水中游動，不完全菌的分生孢子藉風、雨傳佈，子囊菌可自動射出子囊孢子，病毒的粒子可經由昆蟲及農具傳佈。這些現象均是病原體在植物病害環中，得以傳播

的方法；(7)越冬(overwintering)：病原菌(體)可形成厚壁的構造，如卵孢子、厚膜孢子、冬孢子、內生孢子或菌核等，以抵抗寒冬。有時病原體可利用寄主的殘體或枝條在土壤越冬，一旦環境適宜，這些越冬病原體又將成為為害植物的最初接種源(initial inoculum)。

病原菌如何攻擊植物

植物病原菌利用機械壓力及施展化學武器等兩種方法攻擊植物。為使讀者明瞭這兩種方法，茲分述如下：(1)病原體施予寄主組織機械壓力 - 除了植物病毒及細菌外，其他如真菌、線蟲、寄生性高等植物等病原均可以產生機械壓力，侵入寄主植物。線蟲可利用口針施壓力侵入寄主；真菌的孢子可以利用分子之間的引力把自己與寄主拉黏在一起，並於適當環境時，產生發芽管及附著器，然後伸出侵入釘。由於附著器已緊握住寄主，因此侵入釘可產生一種穿透壓，作為侵入寄主的基點。當然在入侵時，病菌同時也可分泌酵素使寄主之細胞壁軟化或溶解；(2)病原菌的化學武器 - 病原菌通常可以產生酵素、毒質、生長調節劑與多醣類等化學物質為害植物。例如病原菌產生果膠分解酵素、纖維分解酵素、蛋白質酵素與其他各種醣分解酵素以瓦解寄主的組織細胞。此外，病原菌也產生具有毒性的低分子量代謝物(毒質)，毒傷寄主細胞。毒質可以分成不具寄主選擇性及寄主選擇性兩大類。例如菸草野火病菌分泌的野火毒質(wildfire toxin)，分子式為 $C_{10}H_{16}O_6N_2$ ，不但對菸草有毒害，對於其他植物亦有同樣毒傷反應，是一種不具寄主選擇性之毒質。又如二十世紀梨黑斑病菌可以分泌AK毒質，僅對於二十世紀梨及近親緣的新世紀梨有毒害外，對其他梨並無傷害作用，是一種具有寄主選擇性之毒質。植物之生長常受制於一些微量的物質，該物質的作用與荷爾蒙(hormones)相類似，被稱為生長調節劑。最常見的有植物生長素、激勃素、細胞分裂激素、乙烯與生長抑制劑等，當植物病原菌不當的產生這些物質於植物之各部位時，將會導致植株病態的發育。例如馬鈴薯晚疫病菌、玉米黑穗病菌、番茄癌腫病菌及小麥莖銹病菌均會分泌植物生長素IAA，以使罹病部位產生腫大與歪扭現象。又水稻徒長病菌可分泌激勃素，使水稻苗生長加速，造成植株徒長成纖細狀。此外，細菌可以產生許多黏稠的多醣體，例如茄科植物的青枯病菌(*Pseudomonas solanacearum*)可以在植株的維管束內產生多醣體，以阻塞導管，造成水分之運輸困難，並易使植株呈現萎凋的病徵。一旦病原菌(體)侵入植物內部之後，它們的攻擊是持續性的，因此會直接或間接干擾植株的光合作用、水分與養分之輸送及呼吸代謝系統，並使植株表現出各種不正常的病徵。

結語與省思

在自然界中，生、老、病、死是植物、動物與微生物生命歷程的通則，雖然它們之間彼此存在著相互依存的關係，但偶爾也出現彼此傷害的現象。本文的內容主要在於介紹真菌、細菌、濾過性病毒及線蟲等病原體傷害植物的過程與傳播途徑，祈有助於讀者掌握診斷植物病害的脈絡，進而提出有效防治植物病害的方法。

西元1929年，康乃爾大學植物病理學教授H. H. Whetzel博士，將植物病害的防治法歸納成四大原則：即(1)拒病(Exclusion) - 阻止植物病原菌由一個地區傳入另一個新的地區，即是一種採行植物檢疫的法規防治法；(2)除病(Eradication) - 對於新引進之病害，在其尚未立足之前，予以撲滅，稱曰除病。另外如砍除中間寄主與越冬植物、剪除罹病枝條及消毒種子等均屬於除病法；(3)防護(Protection) - 自作物生育期間，以各種方法保護作物，減少病害發生，達成生產的目的，即曰防護法。防護法是消極的病害防治法，但也是應用最廣的方法。例如施用殺菌劑、輪作、調節土壤酸鹼度與消毒土壤等均屬於防護法；(4)抗病育種(Resistance) - 利用選種法或雜交育種法，選出或育成抗病品種，是病害防治的重要方法之一。

近七十餘年來，植病學者大多依循Whetzel教授的原則，從事病害防治的工作，惟多偏重於化學藥劑防治及抗病育種，雖有相當成就，但仍有許多病害迄今無法有效控制，例如植物病毒病、土壤傳播性病害、細菌性病害及菌質病等。至於真菌引起的病害，尤其是葉部病害，也發生許多問題，例如出現生理小種及抗藥性菌系，使得傳統的防治法幾乎無法應付。此外，又如化學防治所使用的水銀劑、砷劑、有機氯劑所造成的公害殘毒問題，也都值得吾輩警惕與省思。

目前，許多生態學的研究發現傳統的作物病害防治原則，包括杜絕病害入侵，剷除病害或化學防治作物病害等策略，均缺乏彈性，且缺乏經濟及生態的概念。為了維護自然生態的安全與和諧，其實完全防除病害是不可能的事，且亦不合乎經濟原則。因此我們亟須思考共存的管理觀念，將作物病害發生視為農業生態體系的一種必然，在考量經濟損失水平(economic loss level)的原則下，設法融入各種友善生態的防治方法，有效減輕作物病害的發生，達成經濟效益的生產目標即可。

參考文獻

1. 黃振文。1991。作物病害與防治。行政院青年輔導委員會出版。台北。79頁。
2. 黃振文、孫守恭。1998。植物病害彩色圖鑑 第二輯蔬菜病害。世維出版社。台中。160頁。
3. 孫守恭。2001。植物病理學通論。藝軒圖書出版社。台北。401頁。
4. 孫守恭。2001。台灣果樹病害。世維出版社。台中。429頁。
5. Agrios, G. N. 1988. Plant Pathology. 3rd edition. Academic Press, Inc., San Diego. USA. 803pp.

圖說

- 圖1.甘藍根瘤病(由*Plasmodiophora brassicae*引起)的病徵。
- 圖2.胡瓜萎凋病(由*Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum*引起)的病徵。
- 圖3.長豇豆萎凋病(由*Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*引起)的病徵。
- 圖4.香蕉黃葉病(由*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*引起)的病徵。
- 圖5.香蕉黃葉病菌引起香蕉維管束褐變的病徵
- 圖6.廣葉杉萎凋病(由*Ophiostoma querci*引起)的病徵。
- 圖7.胡瓜萎凋病菌與根瘤線蟲(*Meloidogyne incognita*)複合感染的病徵。其中萎凋病菌引起維管束褐化，而根瘤線蟲則引起根部腫大。
- 圖8.蘆筍莖枯病(由*Phoma asparagi*引起)的病徵。
- 圖9.梨輪紋病菌(*Botryosphaeria dothidea*)引起枝幹樹皮疣腫龜裂的症狀。
- 圖10.甘薯縮芽病菌(*Elsinoe batatas*)引起葉柄與蔓部出現瘡痂的症狀。
- 圖11.洋香瓜蔓枯病(由*Didymella bryoniae*引起)在瓜蔓基部的病徵。
- 圖12.番茄萎凋病菌(*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*)引起番茄莖內部維管束褐變的病徵。
- 圖13.由*Ceratocystis* spp.引起松樹樹幹橫切面藍變(blue stain)的症狀。
- 圖14.黏菌引起甘薯葉背變紫紅色的症狀。
- 圖15.立枯絲核菌(*Rhizoctonia solani* AG-4)引起絲瓜幼苗子葉變成水浸狀。
- 圖16.莧菜白銹病(由*Albugo bliti*引起)的病徵。
- 圖17.芥藍黑斑病(由*Alternaria brassicicola*引起)的病徵。
- 圖18.菩提樹黑脂病(由*Phyllachora repens*引起)的病徵。
- 圖19.芝麻白粉病(由*Sphaerotheca fusca*引起)的病徵。
- 圖20.杜鵑餅病(由*Exobasidium formosanum*引起)的病徵。
- 圖21.結球白菜軟腐病(由*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*引起)的病徵。
- 圖22.蘿蔔嵌紋病(由Turnip Mosaic Virus引起)的病徵。
- 圖23.甘蔗寒害(由寒流低溫引起白斑的病徵)。
- 圖24.秋海棠葉片遭受凍害的症狀。
- 圖25.蘿蔔根瘤病(由*Plasmodiophora brassicae*引起)的病害。
- 圖26.甜桃果實疫病(由*Phytophthora citrophthora*引起)的病徵。
- 圖27.胡瓜疫病(由*Phytophthora melonis*引起)的病徵。
- 圖28.番茄晚疫病(由*Phytophthora infestans*引起)的病徵。
- 圖29.蓮霧果實黑黴病(由*Rhizopus stolonifer*引起)的病徵。
- 圖30.洋蔥灰黴病(由*Botrytis allii*引起)的病徵。
- 圖31.葡萄灰黴病(由*Botrytis cinerea*引起)的病徵。
- 圖32.檬果炭疽病(由*Colletotrichum gloeosporioides*引起)的病徵。
- 圖33.南瓜果實炭疽病(由*Colletotrichum lagenarium*引起)的病徵。
- 圖34.甜椒果實炭疽病(由*Colletotrichum capsici*引起)的病徵。

- 圖35.二十世紀梨黑斑病(由*Alternaria alternata*引起)的病徵。
- 圖36.大蒜瓣乾腐病(由*Fusarium solani*引起)的病徵。
- 圖37.水蜜桃果腐病(由*Fusarium solani*引起)的病徵。
- 圖38.新世紀梨蒂腐病(由*Phomopsis fukushii*引起)的病徵。
- 圖39.梨輪紋病(由*Botryosphaeria dothidea*引起)在梨果上的病徵。
- 圖40.水蜜桃褐腐病(由*Monilinia fructicola*引起)的病徵。
- 圖41.梨果褐腐病(由*Monilinia fructicola*引起)的木乃尹化果實。
- 圖42.玉米黑穗病(由*Ustilago maydis*引起)的病徵。
- 圖43.番茄病毒病(由Tobacco Mosaic Virus與Cucumber Mosaic Virus複合感染)在果實上的病徵。
- 圖44.番茄尻腐病(由缺鈣引起)的病徵。