

有機農業之病害整合管理

楊秀珠

行政院農委會農業藥物毒物試驗所

一、前言

當人類開始由採集野生植物轉為人為種植植物之初，由於害物族群尚未群聚，環境因子仍處於有利條件下，植物生長健康。之後雖害物等不利生長之因子陸續發生，亦僅於操作過程中應用簡單之手段以減少此類不利因子，無所謂防治工作。由於農藥之開發，開了防治工作之先端，此時仍為單一因子之防治；而隨著藥劑之應用，牽引著施藥時期及施藥間隔之問題，已導入二因子之防治思維，亦同時開綜合防治之大門；而後由二種防治方法之配合應用，發展至三種以上之防治方法綜合應用，正式開始綜合防治之新紀元，進而進入綜合管理。而進行管理之初，則首先需進行病害診斷，尋找病因，再對症下藥或進入管理之流程，因此本文將由病害之診斷、病徵種類、病原種類作一詳盡之描述，而後提出防治方法，並介紹整合管理之理念及執行策略。

二、病害診斷

病害診斷包括三個原則，分別為詳知病害之發生狀況、探討病原及提出防治策略，詳細描述於後：

(一) 詳知病害發生狀況：詳知病害發生狀況須由栽培環境、栽培管理方式、作物生長情形及病害發生時期著手。因此栽培期間應保存詳細且完整之環境變化及栽培操作過程之記錄，以備不時之需。栽培環境中須考慮之因素包括溫度、濕度、通風、肥料及土壤之物理、化學及生物性質等，均可能為病害之致因；栽培管理方式則須考慮種植、施肥、除草、給水及施藥各方面等因素，若能保存詳細之資料，可協助判斷是否曾進行不正確或不適當之處理而導致病害發生。其次須觀察作物所表現之不正常現象，亦即病徵；觀察病徵時可用肉眼觀察或借助放大鏡、顯微鏡等，且同時須

觀察鄰近植物是否出現相同之病徵；病徵進展過程及嚴重度、病徵進展速度及病徵出現部位亦須有詳細記錄。至於時間因素亦不可忽略，病徵最初出現之時間及已持續發生之期間為重要之考量因素，若無法確知最初發病時間，可嚐試藉由病徵進展過程推算最初發生時間。

(二) 探討病原：詳知病原為診斷病害之不二法門，故探討病原時須依據上述原則將病徵詳細描述，推測可能之病原，並將可能之病原按其可能性之大小依序排列，列出一詳細之清單，再依據環境之變化，推測環境變化造成病害發生之可能性，再以此資料與已記載之病害進行詳細之比對，尋找正確之病原；若無法於國內之記載獲得証實，則須參考國外資料，或交由專家試驗研究。

(三) 擬定防治策略：依據上述診斷之結果擬定防治策略。擬定防治策略時須詳列可行之對策，且不考慮防治費用，同時必須抱定決心，當擬定之防治策略無法施行時，則將該作物予以廢耕。防治策略可分為預防及治療兩方面進行。實際管理方式正確時，植物生長正常而免於罹病；而治療則包括剷除罹病植株、改善栽培環境及正確使用農藥。剷除罹病植株，可降低病原，但除剷除病原外，須改善栽培環境使植物生長良好，病害自然減少，若不改善栽培環境，病害往往會迅速的復發；而正確的使用農藥，可降低病害之嚴重度，同時避免因藥害而導致其他病害發生。因此針對同一病害應擬定數個不同之防治策略而依其可行性依序排列成表，再逐一進行評估。

實際可行之防治策略必須符合三要素：1、簡單易行且合乎經濟原則；2、施行防治策略之最有效時機極易掌握；3、實際施行防治策略所須耗費之人力及時間，須不超出栽培管理所能容許之最高限。但若經過詳細評估後發現所提出之防治策略不合乎經濟效益，或該防治策略無法徹底防除病害時，則剷除所有植株，重新種植，當可將病原徹底清除；否則安於現狀不作任何處理，病害經一段時間之擴展而達到穩定平衡後，自然不再擴展，如此可避免造成無謂的浪費。

三、病害之種類

當植株出現生長或生理不正常時，一般立即映入眼簾或閃入腦際者多為「它得了什麼病?」，事實上多數之植物不正常多非導源於病害，而是環境因子不適或長期之生理障礙。嚴格上植物之不正常現象大致有三類，分別為傷害、生理障礙及感染性病害，其中感染性病害為一般所通稱病害。

(一) 急性病害(Acute disease)或傷害(Injury)：

良好之生長環境為栽培健康植物所必備，其中包括土壤顆粒大小適宜、土壤酸鹼度平衡、根系生長之空間足夠、養分平衡、水分充足、溫度適宜、光照充足以及通風良好。若植物生長於適宜之環境，則植物與環境維持良好之互動關係，當環境改變時，植物可進行內部調適而維持正常生長，但若環境之改變為持續性或劇變，則植物因無法調適而引起生長及功能之不正常，稱為病害。若環境劇變所導致之徵狀於短時間內迅速出現則稱為傷害(injury)或稱急性病害(acute disease)；經由長時間之環境改變而造成之不正常，則稱為慢性病害(chronic disease)。慢性病害之發生極為複雜，可能由單一環境因子所引起，亦可能是由多種環境因子所引起，因此診斷上相當困難。慢性病害中由非生物性之環境因子引起之病害一般通稱為非感染性病害(non-infectious disease)，又可稱為生理障礙(disorders)；至於由生物所引起者則稱為感染性病害(infectious disease)。

低溫、環境劇變、藥劑使用不當、施肥不當以及栽培管理上之失誤均可導致植物不正常，此類不正常因突然發生，且立即造成傷害，因此一旦產生徵狀後無法治療，僅能藉此獲得經驗而防患未然，故稱為傷害(injury)，表一簡單描述一般較常見之傷害。

表一、常見急性傷害之誘因與可能出現之症狀

傷害原因	常見症狀
土壤呈強酸性	根生長不良、生長延遲
土壤通氣不良	根部腐爛
土壤排水不良	常因底層有硬土層造成生長延遲
土壤過份乾燥	葉尖捲曲褐化，出現斑點或斑塊，全株黃化、落葉、萎凋或大量落葉。

土壤酸鹼值不平衡	嫩葉退綠造成葉片呈黃綠狀
土壤鹽基(EC)過高	葉尖捲曲褐化，落葉、萎凋或大量落葉。
土壤條件環境劇變：溫度、濕度、空氣等因素造成	根系發育不良、植株衰弱
微量元素不平衡	嫩葉退綠造成葉片呈黃綠狀、
肥料中之鹽分累積	土壤表層有結晶體、堅硬
氮肥過多	頂端葉片繁茂但開花少
肥料傷害(肥料過多)	葉尖褐化或出現塊斑、葉片黃化，嚴重者葉片乾縮、落葉，甚至全株萎凋
肥料不足	葉片黃化、生長延遲、葉片減少及植株短小
肥料不足且氮肥嚴重不足	植株矮化、新葉變小、老葉黃化
缺鉀	葉片由老葉葉緣向內黃化
缺鎂	老葉葉脈間黃化，新葉黃化但葉脈仍為綠色
水分不足	葉片黃化、頂端葉片褐化、植株萎凋
水分過多	老葉黃化，葉間捲曲褐化，葉尖褐化或由葉尖開始出現黃色、褐色斑點，葉片減少，嚴重者落葉；生長不良、生長延遲、植株褪色，嚴重者莖部腐爛、植株萎凋。
濕度太低	頂端葉片褐化、葉片乾縮
乾旱	葉片黃化，葉片出現黃色、褐色斑點
冬季光照不足	生長延遲
光照不足	生長不良、生育期延遲、葉片減少、植株褪色、枝條徒長、葉片變長且有褪色現象、老葉黃化、花苞小且著色不良
光照太強	葉尖褐化或由葉尖開始出現塊斑，老葉葉間捲曲褐化、新葉變小緊縮、全株黃化，嚴重者植株萎凋
強光照下過多水分留於葉片上	黃色、褐色斑點
光度、溫度及相對濕度劇變	落葉

高溫	生長不良、葉片減少及植株褪色
低溫	生長不良，全株黃化，生育期延遲。
低溫時植株吸收土壤中之溫水	葉片腫大、葉脈突起、水浸狀病斑並轉為紅、褐色
寒害	葉片黃化落葉，老葉變小捲曲，新葉變小緊縮
密植	葉片萎凋、新葉變小、枝條軟弱
通風不良	葉片黃化
移植	落葉
芽形成時期溫度劇變	落芽
突然改變栽植環境	落芽
空氣污染	葉尖褐化或由葉尖開始出現塊斑、葉片黃化並有微小斑點，其後造成褐色乾枯
農藥傷害	葉尖褐化或由葉尖開始出現塊斑、葉片出現黃色、褐色斑點、葉片捲曲，嚴重者葉片乾縮、葉部畸型
殺草劑為害	葉片畸型
化學物質中毒	萎凋或大量落葉
機械傷害	葉尖褐化或由葉尖開始出現塊斑；全株中間部份枝條葉片黃化，葉片捲曲褐化

(二) 生理障礙(Disorders)或非感染性病害(Non-infectious disease)：

植物長期生長於不適合之環境而造成形態或生理之不正常現象均通稱為生理障礙，而不適合之環境因子可能為養分不平衡、雜草競爭以及土壤之 pH 值等，此類現象於不適合之環境因子消除後，均會逐漸恢復正常。至於土壤水分、土壤通氣性、土壤堅實度、光照、溫度等環境因子亦間接造成生理障礙。引起生理障礙以施肥過多之機會較多，其中又以氮肥過多為多，而肥料缺乏之機會亦相對減少，但仍可發現缺鐵、缺鎂、缺鋅及缺氧現象，此類現象一般除與土壤性質有關外，常因施肥習慣造成土壤物理及化學性質改變，致使該類養分無法吸收，而導致養分缺乏症，例如土壤之

酸鹼度不平衡或肥料不均衡導致吸收不良，而非施用量不足，表二列出常見之生理障礙。

(三) 感染性病害(Infectious disease)：

生物性因子(即病原)感染引起之病害，稱為感染性病害，即一般所稱之病害，因此當感染性病害發生時，初期病株均呈零星分布，且會迅速蔓延，栽培環境改變時，所表現之徵狀可能會有消滅現象，但無法完全回復，一旦環境不適合植物生長或利於病原菌繁衍時，或病原菌之病原性增強時，病徵逐漸加劇。

表二、常見之植物生理障礙

I、於植物體內不易移動之元素

A、由嫩葉頂端變形並延伸至葉基部，以後莖頂端部份枯死

- a、頂端部份新葉變成鈎子狀，並由頂端及四周開始乾缺鈣枯，最後莖頂端部亦乾枯
 - b、頂端部份新芽基部變淡綠色，新芽枯死、彎曲後頂缺硼部份枯萎、部份枝條裂開、受粉不良、花苞畸型、果實畸型
-

B、莖頂端部份不會枯死

- a、新葉黃白化，產生壞死斑後枯萎 缺氮
 - b、頂端部份新葉枯萎、捲曲，變褐色，不易抽稍、枝缺銅條軟化
 - c、新葉黃化、白化或出現褐斑，但葉片不會枯萎
 - (a) 葉肉組織或纖維質部份出現褐色小斑點，葉脈缺錳仍維持綠色
 - (b) 一般不出現枯死斑點
 - 1. 新葉葉肉組織變黃並延伸至葉脈、全葉淡黃缺硫色
 - 2. 新葉黃白化，葉脈初期仍維持綠色，後期全缺鐵葉黃白化
-

II、於植物體內易移動之元素，缺乏症狀由成熟老葉開始出

現

A、下位葉變黃並出現黃斑，以後轉為褐色斑點，葉脈仍維持綠色，但葉片不乾枯

a、下位出現黃斑,以後葉片呈酒杯狀向上捲曲 缺鉬

b、下位葉脈間葉肉組織出現黃斑，並向上延伸，以後缺鎂斑點轉為紅色斑點

c、葉片變黃或出現褐斑，最後組織壞死，葉片呈褐色斑點

(a) 葉片初期呈暗綠色，以後葉尖及葉緣先黃化或缺鉀褐化後枯死，莖部纖細

(b) 葉片增厚，葉脈間出現木紋狀之細微黃斑，以缺鋅後褐變，葉片明顯變小

B、由下位開始乾透而逐漸枯萎，莖部纖細並呈紫紅色

a、由下位葉向上依次變淡綠色，由內向葉緣逐漸黃缺氮化後轉為淡褐色乾透，葉片枯萎

b、植物呈深綠色，莖部呈紫紅色，下位葉變黃或乾缺磷透，呈綠褐色或黑色

感染性病害之診斷通常須依據柯氏法則(Koch's postulates)進行，共可分為四步驟：(1) 病原菌與病害之發生有絕對之相關性，亦即於病徵發生部位必定可發現致病之病原菌。(2) 病原菌可以分離、培養、純化或可以生長於感病寄主上：大部份之真菌及細菌引起之病害均符合此一原則，但少部份絕對寄生菌，如露菌病及白粉病等，因無法進行分離培養，故僅能培養於感病寄主植物上；病毒感染者，亦僅能將病毒由寄主植物經純化，以特殊方法保存；至於線蟲引起者，與絕對寄生性真菌之特性相同。(3) 分離、純化所得之純化菌種必須可接種在原寄主植物上，並且產生完全相同之病徵。(4) 由接種所得之病徵發生部位，必定可再度將病原菌分離、培養，且其特徵與(2)項所得之純化菌種相同。診斷絕對寄生性真菌及線蟲引起之病害時，可將病原菌之菌體直接由寄主組織上取出，去除雜質後稍經處理而得單一菌體，而後再進行接種試驗；至於病毒及菌質等引起之病害，則往

往須應用嫁接、昆蟲、傷口、汁液與磨擦等方法接種於指示植物(Indicator plant)，待表現特殊病徵後，再以此病徵作為病害鑑定之參考。

四、感染性病害之病原

感染性病害之病原可分為病毒、菌質、細菌、真菌、線蟲、寄生顯花植物及藻類等。其主要特徵為：

(一) **病毒(Virus)**：病毒的顆粒主要由兩部分構成，外圍 I 為蛋白質所構成的鞘，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)。自然界中，植物病毒必須藉由傷口才能進入植物體內，且必須在生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、土壤傳播的低等真菌、帶病毒的種子、感病的營養繁殖器官與機械工具等方法傳播。

(二) **菌質體**：菌質體過去被稱為 PPLO，係由最初被分離之牛肺疫病原體而得名。PPLO 可通過細菌過濾網之濾過性病原體，大小約為 125~150nm 左右。至 1930 年代中葉，許多學者已由人、雞及水溝水或腐敗植物中分離出類似牛肺疫菌之微生物，並通稱為 Pleuropneumonia-like organisms (PPLO)。1956 年，愛得爾及福烈得(Enward & Freundt)兩位學者提出 Mycoplasma 之屬名而被採納後，Mycoplasma 乃取代 PPLO 之名稱而廣被使用。1967 年，東京大學之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中發現類似菌質體之微生物的存在。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。

(三) **細菌**：目前發現可感染植物的病原細菌約有 200 多種，除少數外，大部分的植物病原細菌為桿狀單細胞，大小約 0.5-1.0 x 1.0-4.0 μ m。可分泌果膠分解酵素(pectic enzymes)或纖維分解酵素(cellulolytic enzymes)來分解或破壞植物組織，或者形成細胞外多醣體(extracellular polysaccharides)或產生毒質(toxins) 影響植物體內水份或養分之輸導系

統，或干擾植物生長激素 (plant growth hormones)之平衡，而使植物細胞異常分裂或生長等。因此，細菌所引起的病徵常見的為葉斑、葉枯、枝枯、軟腐、萎凋、潰瘍或腫瘤等。

(四) 真菌(Fungi)

真菌種類繁多具真核，單細胞至多細胞，呈絲狀，並由此發展成為複雜的無性及有性世代，分佈廣，所引起植病種類，較其它病原總和還多，其分類由有性世代之有無及其特性分為四大類：1、藻菌類(Phycomycetes)：菌體為原生質團或具無節菌絲，無性世代具游走子，有性世代為卵孢子或接合孢子。2、子囊菌類(Ascomycetes)：菌體為單細胞或菌絲，菌絲有節，無性世代具各式分生孢子但皆不具鞭毛，有性世代孢子產生於子囊內，子囊裸生或生在有孔口或無孔口的子囊殼內。3、擔子菌類(Basidiomycetes)：菌體由菌絲構成，菌絲多數有環鈎(Clamp connection)孢子(Basidiospore)產生在擔子梗上面，在冬胞菌綱(Teliomycetes)，有銹菌目(Uredinales)黑粉菌目(Ustilaginales)，在層菌綱(Hymenomycetes)有木耳目(Auriculariales)、外擔菌目(Exobasidiales)、膜菌目(Tulasnellales)、傘菌目(Agaricales)、多孔菌目(Polyporales)、靈芝屬(*Ganoderma*)及無孢目(Agonomycetales)。4、不完全菌類(半知菌類(Deuteromycetes, Fungi Imperfecti)：菌體由菌絲構成，未發現有性世代，或雖有發現，但無性世代之繁殖構造特徵明顯。而編列者由無性世代之繁殖構造特徵分為絲胞目(眾梗胞(Hyphomycetales)、束梗胞目(Stilbellales)、瘤座胞目(Tuberculariales)、黑盤胞目(Melanconiales)及球殼胞目(Sphaeropsidales)五目。

(五) 線蟲(Nematodes)：

植物病原線蟲體長 1-5mm，兩側對稱、體無分節，胴體無色或半透明的圓形動物。典型的形態為蠕蟲形，少數種類為雌雄異型；部份營固著性寄生線蟲之雌蟲呈梨形、檸檬形、腎臟型等。口腔中之口針(stylet)，為植物寄生性線蟲藉以穿刺植物細胞的利器，中空亦為進食之孔道。為害作物之線蟲種類有數百種之多，所寄生的植物部位包括根、莖、葉、枝條、球莖、根莖、塊莖、塊根及種子等，因線蟲種類和寄主植物而異。線蟲為害植株之方式有二，一為蟲體完全進入植物根部取食，並於根內成熟、產卵進而

為害植物，稱之內寄生性線蟲(endoparasites)，根瘤線蟲(*Meloidogyne* spp.)、包囊線蟲(*Heterodera* spp.及*Globodera* spp.)、根腐線蟲(*Pratylenchus* spp.)及穿孔線蟲(*Radopholus similis*)為此類。另一為以蟲體之前半部侵入寄主植物的根，稱之半內寄生性線蟲(semi-endoparasites)，此類線蟲包括螺旋線蟲(*Rotylenchus* 及 *Helicotylenchus* spp.)、環紋線蟲(*Chiconemella* spp.)及釘線蟲(*Paratylenchus* spp.)，此類線蟲，蟲體大小和口針長度介於內寄生性與外寄生性線蟲之間。

(六) 寄生顯花植物(Parasitic Phanerogams)

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之莖、種子與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、槲寄生及野孤等。

(七) 寄生藻類

藻類(Algae)具葉綠素或其它色素，多能自行光合作合製造營養，但有些種類則行共生或寄生，寄生在陸上植物而為害明顯者有*Cephaleuros*屬之數種，台灣已報告有 *C. virescens* 寄主範圍廣，如蓮霧、檬果、茶之藻斑病等在高溫高濕條件下於葉片上形成直徑5 mm左右之突起圓斑。

表三、植物病害病原之比較

項目	病原種類				
	線蟲	寄生顯花植物	真菌	細菌	病毒
病原種類/全部種類	7,200/50萬	多於30種	8,000/10萬	160/1,700	多於300
大小	體長0.5~2公厘(有0.7~7公厘)	草、木	孢子多為2~100 μ m 有400~500 μ m	0.5~2 μ m	桿狀 10-20 \times 200-1200nm, 球狀20 \times 60 nm
營養	絕對寄生	根莖寄生, 有	絕對寄生, 半	絕對寄生,	絕對寄生

	但有例外	綠色和非綠色者	絕對寄生，半腐生	半絕對寄生，半腐生	
--	------	---------	----------	-----------	--

五、病害發生生態

發生之因素極為複雜，通常環境、寄主植物及病原菌成明顯之三角關係，即環境必須適合發病，寄主植物必需是感病性品種，同時致病因子(病原菌)必須是具有感染力，若三者缺一，則病害之嚴重性會相對降低或甚至不會發生，但部份病害除此三因素外仍需有媒介昆蟲及帶原者存在方可致病，此以病毒病最為明顯。環境因子包括溫度、濕度、降雨量、光照、空氣及土壤等因素，而土壤因素需考慮者除土壤形態、土壤含水量、土壤 pH 值及土壤肥力可影響病害發生外，肥料施用狀況亦為一重要因子；寄主植物除需為罹病品種外，株齡及健康狀況亦為影響因子，因此罹患非感染性病害之植株，往往因抵抗力降低而較易罹患感染性病害；至於致病因子，除需具有感染力外，其侵入構造(如分生孢子等)之年齡亦為決定因子。

(一) 病原

若無病原之存在或接種能太低則皆不致引起植物發病，為最理想之防病條件，接種(Inoculum potential)愈高致病力愈強。

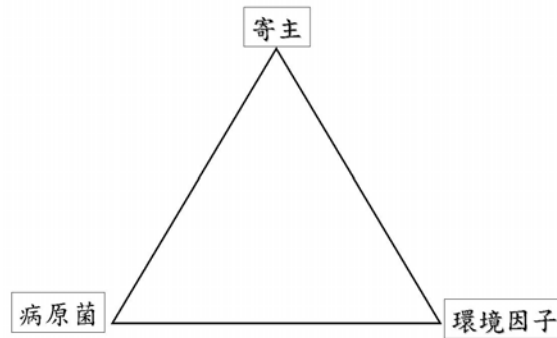
(二) 寄主

若栽培品種為免疫性者則有病原存在亦不致發病，品種間對同一病原抗感性有極大之差異，可以從事抗病育種選擇抗病性強之後代供栽培，但需注意直式抗病 (Vertical resistance) 或橫式抗病 (Horizontal resistance)。前者多為單因子抗病，抗病性表示極強，但也易因病菌產生新生理小種而失去原有之抗病性。橫式抗病則多為多因子所控制，不易為新生理小種之出現而降低其抗病性，從事抗病育種時應多注意。

(三) 環境

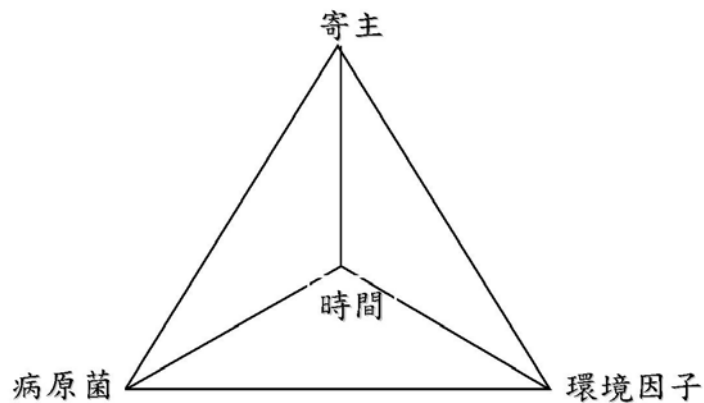
環境對寄主和病原皆有影響，其中最明顯者為溫度，即病菌有高溫菌及低溫菌或廣溫菌等之區別。如灰黴病發生於低溫時(24°C 以下)，細菌青枯病多發生於高溫時(24°C 以上)，因此病害有季節性發生之差別，最大原因為溫度所致。環境中水份之多少亦為發病與否重要原因之一，真菌病害多發生於多濕時、尤以疫病最為明顯，又通風不良時因植物體保濕時間較長，

有利病菌之猖獗。至於植物生長條件較良好時一般病害較少，反之病害發生亦較嚴重。又一般氮肥過多時發病較嚴重，營養均衡時發病較少。又根部積水使細根腐爛植株生育受阻時發病亦較多。



圖一、病害發生之三角關係

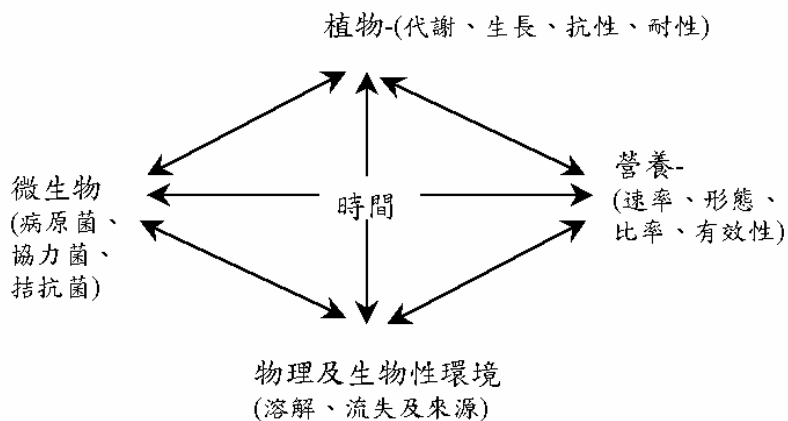
但當時間序列列為考慮時，則三角形之關係轉為金字塔形。



雖然不為大眾所認同，營養仍為病害防治之重要因素。於處女地種植時，往往不易發生病害問題，而當養分耗盡時，病害接踵而至，此時若藉由供應養分、控制雜草以減少養分競爭、輪作及適度之休耕，則產能日漸提升，同時適度降低病害之發生。輪作、添加有機質、調整pH值、耕作、灌溉等策略，均可能因養分改變之效用而影響病害之發生，主要乃因此類操作直接提供作物養分或促使養分溶解而改變微生物之活性；而大量使用無機肥料時，往往因改變植物之抗病性、耐病性、改變病原菌之病原性甚或微生物反應而促進病害之發生。

若影響病害發生之因子成一金字塔形，則營養可影響其中之任一部份(圖二)。以營養之觀點而言，多數生物防治及所謂抑病土，事實上為土壤微

生物所造成之營養效應。植物病原菌之生理作用，可改變寄主植物養分之吸收、傳輸及擴散而引起局部或系統性之營養過多或缺乏之現象，而此類改變往往難以辨識為生物性或非生物性所引起，故經常被忽視。



圖二、影響病害發生之因子及其相關性

六、感染性害之防治策略

1929年康乃爾大學植物病理學教授 H. H. Whetzel 博士提出病害防治之四大原則，分別為禦病(Exclusion)、防病(Protection)、除病(Eradication)及抗病(Immunization)，時至今日，此四原則仍為放之四海皆準之病害防治原則，故就此四大原則提出綜合性之防治策略，作為實際田間防治工作之參考。

(一) 禦病(Exclusion)：

禦病為阻止病原由一發病地區傳播至另一未感染該病害之新地區，重點在於一般所稱之法規防治；除於苗木進口時須加強檢疫，杜絕病原入侵外，國內栽培者於苗木轉植時，或由不同地區購入種苗時，亦須注重病害之防除，一般可由下列方式進行：

1、產地檢疫：為確保引進之植物為健康植物，引進前進行產地檢疫為最根本之方法，當作物於原產地生長時，積極進行產地檢疫，可確實掌其病害生情形，若於原產地可發生本地尚未發生之病害，則拒絕該批植物進入本地；若所發生之病害屬本地已發生者，則需於原產地進行防治，待病害完全控制後，始可引進，以確保本地植物之健康。

2、加強進口檢疫，避免由國外引進病原菌：檢疫工作乃一任重道遠之工作，除執行工作人員須提高警覺外，一般民眾更須具備相關知識，引進植物前先確定所欲引進者為健康植株；於引進植物時若發現病害發生，應

立即銷燬；未發現明顯病徵時，宜採隔離栽培，至確定無病害時再進入量產程序，目前大量由國外引進苗木，並將病害、蟲害及雜草種子引入之事件，時有所聞，且亦造成極大之損失，故實不可不慎。

3、選用健康種苗及不帶菌種子：種苗及種子轉移為病害擴展之重要途徑之一，亦即植物病原菌可經由帶菌種子或罹病種苗引入栽培園，因此購買不帶菌之健康種子及種球，或由健康苗圃購入種苗，可降低病害發生之概率。

4、隔離栽培：當無法確定取得之種苗、種子及種球均為健康者，可利用地勢較為隔離之地區栽種，一旦病害發生時，立即加強防治；若確定無法滅絕病原時，宜迅速剷除植株，避免將病害擴展至其他地區。

(二) 抗病(Immunization)：

利用選種或抗病育種技術培育抗病品系，栽種抗病品種為一勞永逸之方法，但抗病砧木亦不失為一良方。

1、抗病育種：栽種抗病品種可減少病害發生，進而減少藥劑之使用，為病害防治方法中經濟效益最高者，但亦為最困難者。由於植物之品種特性差異極大，對病害之抵抗力差異亦頗大，因此於引種過程中選種抗病性品種，則無病害之發生；若無明顯之抗病品種，則於栽種過程中亦可不斷篩選抗病性較高之品種進行無性繁殖，同時作為品種交配時之親本，經由選種、抗病育種而後培育、栽種抗病品種，以達病害防治之最終目的。若無法育成抗病性品系，則誘導、培育過敏性反應之植株，亦不失為一良策。

2、抗病砧木：抗病砧木目前在蔬菜上已實際應用於蔬菜及果樹之病害之防治，尤以防治土壤傳播性病害。木本花卉之栽培亦極易發生土壤傳播性病害，若能採用本方法，或可降低病害發生之比率。

3、交互保護(cross protection)：利用弱病原性之病原菌先行接種於作物上，可產生輕微之病徵，一旦強病原性之病原菌出現時則無法再感染該植株，藉此避免植株受強病原性之病原菌再次感染，目前植物病理學上採用較多為病毒病之防除，在木瓜輪點病毒病之防治上即採用此法。

4、誘導植株產生抗病性：於植株生長過程中，利用化學藥品等物質施用於植株上，可刺激植株產生抗病性而減少病害之發生。根據國外報導，於果實生長期定期供應鈣鹽，結果發現果實對炭疽病之抵抗力增加，發病

率明顯降低；其他物質亦陸續進行試驗中。

(三) 除病(Eradication)：

對於新引進之病害，在病害尚未擴展而普遍發生時予以撲滅稱為除病，常採用之方法為種子、種苗處理及利用組織培養法育苗。

1、種子、種苗處理：由試驗調查結果顯示，大部份之病害均可藉由種苗帶菌而傳播病害，而露菌病、灰黴病、黑斑病等可藉由種子感染，因此選用不帶菌之種子、種苗為防治病害之重要方法之一，然帶菌者甚難由外表判斷，因此若無法確定選用者為健康者，則須進行種子消毒或種苗藥劑處理，以杜絕病原菌之散佈。

2、利用組織培養苗：園藝作物常採組織培養法進行大量繁殖，於組織培養法繁殖過程中，取健康之生長點或植物組織為繁殖材料而育出健康苗，此以病毒病之防治為最典型之例子：若無法取得健康組織，可於組織培養過程中以藥劑處理而達到滅菌之目的，因此病毒病及系統性病害可考慮以組織培養法，配合藥劑處理取得健康苗木後，再行田間栽植。

(四) 防病(Protection)：

於作物生育期間利用各種防治方法，除保護植物免於受病原菌感染外，同時降低病害發生之嚴重度，稱為防病。

七、病害之防治方法

田間防治策略乃針對已發生之病害進行防治，亦即當禦病、抗病、除病均無法避免病害發生時而採行之防治方法，因此主要防病為原則，可施用之方法包括耕作防治、藥劑防治及配合肥培管理、耕作防治及藥劑防治之綜合防治。

(一) 耕作防治

為選擇適當之栽培環境，配合合理之栽培管理，增加植株對病害之抵抗力，並適時清除罹病組織，降低感染源，亦即適地適種，乃病害防治中最具效果但最不易評估其防治效果者。耕作防治可行之方法有下列數種可供參考：

1、選擇適當之栽培環境：將植物栽培於適當之環境，切勿將須高冷地栽培之植物種植於高溫地區，亦不可將須熱帶果樹栽植於高冷環境下，以確保植株生長良好。

2、加強幼苗期管理：育苗期尤需注重苗床土壤及幼苗期管理，使植株早期生長旺盛，可增加植株之抵抗力，同時可相對減少栽培期之管理。

3、選種健康選苗：選種外表乾淨健康色彩鮮明飽滿之種苗，組織培養苗亦為適宜之種苗。

4、選用健康土壤：可採用通氣良好、肥份充足之自然土壤，適度補充含鈣肥料，並適實際需要添加有機質肥料及化學肥料，且至少每 3 年需輪作一次。

5、選用清潔不帶菌之灌溉用水：目前臺灣之栽培系統分別為露天栽培及溫室栽培並存，若為露天栽培，則為一開放系統，使用之水源亦為開放式，若上游任意棄置罹病植株殘體，水源極易受污染，以此灌溉往往導致嚴重之病害發生，故如何處理罹病植株殘體，避免水源污染，實不可不慎。若採溫室栽培，則為一密閉之系統，灌溉水往往經過貯存、處理，此時若加以滅菌，當可降低水源污染狀況，可施用之滅菌方法包括加熱處理、臭氧處理及紫外線照射處理等。

6、適當之肥培管理：過量及不當之施肥易導致植株生長不良，對病害之抵抗力降低，因此栽植前須充分了解該植物之生理特性，施予適當之肥料，尤以添加有機質肥料可促進土壤之通氣性及保水性，對品質及抗病力有極大之助益。

植物防禦病害發生之機制可分為內在因子及外在因子兩大類，內在因子之抗病機制與植物之生化代謝及構造特徵有關。養分經由改變作物生長形式、植株型態及構造，特別是化學組成的改變，而影響生長及產量。此外，養分可增加或降低植物對病害之抗病性(resistance)及耐病性(tolerance)。抗病性主要由寄主限制病原菌侵入、生長或生殖之能力所決定，耐病性為寄主雖受病原菌之感染或侵襲仍能維持生長能力之特性。養分影響抗病性或耐病性取決於植物中養分狀態、寄主植物種類及病原菌種類(Marschner, 1995)。對於增加植物對病蟲害之抗病性和耐病性之育種及選種研究，主要為經由構造的改變(例如表皮細胞之增厚、木質化或矽化作用(silification))與生理和生化性質的改變(例如產生較多抑制或排斥病蟲害之物質)而增加抗病性。此外，經由增加機械性屏障物(木質化)和植物抗菌素的合成而改變植物對病原菌侵襲的改變，亦可提高植株之抗病性。當寄主

植物之最易感染的生長期，與寄生物(parasites)及有害生物(pests)最高活性時期於不同時期發生，則可達到表觀抗病性(apparent resistance)，亦即避病(disease escape)之防治策略(Agrios, 1997; Huber, 1981)。

當耕作模式改變而增進植物之養分吸收能力及忍受性，相對的增加其對病害之忍受度，甚至達到禦病、抗病之程度。然若處理不當，則可能誘發病害之發生，以氮肥為例，病原菌之代謝系統可因氮肥形態不同(銨態氮或硝酸態氮)而有不同之反應及利用能力，如抑制銨態氮之硝化作用可降低 *Verticillium* sp. 引起之萎凋病，卻可引發立枯絲菌(*Rhizoctonia solani*) 引起之立枯病，反之則立枯病減少而萎凋病增加。

外在的因子則指經由特殊處理造成環境改變而保護植物免於受病原菌侵襲，抑病土(suppressive soil)即為外在因子之應用。Agrios(1997)認為養分為影響病害發生之環境因子之一，可影響植物生長速率和植物抵抗病原菌侵襲之能力。雖然抗病性和耐病性受遺傳因子的限制，但亦受環境因子相當程度的影響，養分則為其中極易管理之環境因子(Marschner, 1995)之一。Huber and Wilhelm(1988)亦指出養分管理已為病害防治重要策略之一，例如施用石灰或不同量及形態的無機肥料，不僅可直接影響植物生長和組成，亦影響其抗病性及耐病性以及土壤與根圈中微生物活性。一般而言，養分對高感病性或高抗病性品種之抗、感病性影響較小，但對中度感病或部份抗病品種之影響較大。

藉由添加營養物質而改變土壤物理性質(包括酸鹼度、濕度及通氣性等)、生物相(包括根圈分泌物、根圈之微生物繁殖)及無機或有機養分亦可抑制病原菌而降低病害之發生。此外養分亦可影響病原菌之生長、繁殖、病原性及殘存，故可影響生物防治之成效。

7、改善栽培環境：溫度及濕度為病害發生極重要之影響因素，故宜加強管理措施，促使植株生長於適宜之溫度下；適度調整栽培空間，並使栽培環境通風良好，降低小區之濕度，則病害自然減少。通風良好時，可促進空氣流通，將濕氣帶走而降低濕度，同時亦可降低溫度，對病害防治助益極大；至於日照充足，除可增進植株生長，減少徒長現象而增加植株之抵抗力外，可明顯降低植株間之溫度及濕度；而適度修剪，對病害防治之

效果尤為明顯，乃因適度修剪枝條，尤其修剪徒長枝，可促進植株之光照及通風，同時亦可降低溫度及濕度。

8、避免密植植物：植株過於密植時，易導致小區溫度、濕度增加，因而增加病害之發生機會，同時過於密植時，植株易徒長且生長勢較弱，對病害之抵抗力亦相對降低，因此適度調整行株距，實有其必要性。

9、適度供水：過量之土壤含水量易影響植株根部之呼吸作用及其他生理作用，而影響植物之抗病力；而水分不足時，植株生長不良，抗病性亦相對降低，若植株長期處於水分失調狀況，則對環境之變遷較敏感，且對病害之抗病力極差。若採用以滴灌或噴灌方式供水，適度控制及調節水量，則可降低病原菌存活率，藉以降低病害之嚴重度。

10、加強雜草管理及蟲害管理：炭疽病、灰黴病、白絹病及疫病等均為寄主範圍相當廣泛之病害，雜草亦可為該等病害之寄主而傳播病源；同時雜草亦是媒介昆蟲之溫床而傳播病毒病。雜草叢生時，易導致小區微氣候之改變，造成溫度、濕度增加，可促使真菌性及細菌性病害之發生。若適度防除雜草，除可減少病害之寄主植物，而降低感染源，同時可減少養分競爭、並因光照良好而促進植株之生長勢，加以通風良好，濕度降低後，更可減少病害之發生。至於昆蟲可為病害之媒介昆蟲，同時昆蟲為害之傷口常為病原菌侵入之途徑，因此須加強防除，尤其須加強病毒病媒介昆蟲之防除。

11、注重田間衛生，加強清園工作：於發病初期剷除病株或清除罹病枝葉，可減少感染源而避免病害之大發生；栽培期間隨時清除罹病枝條及葉片，可減少病害之傳播；而於採收後迅速清除罹病枝葉，可減少病原菌之繁殖機會，降低病害之發生。此外栽培及包裝用具、工作臺及工作場所之清潔亦需極為注重，以減少操作過程中之感染及採收後感染。

12、土壤處理：土壤含水量、通氣性以及鹽分累積引起之土壤堅硬均可能影響植物之正常生長而導致病害之發生，故須加以處理。至於土壤性病害發生後，病原菌之菌體均以不同形態存活於土壤中，如何將之徹底剷除，亦為土壤處理之重要課題，一般土壤處理方法為添加有機質及其他肥料、土壤消毒及曝曬土壤。添加有機質可促進植物生長而增加其抵抗力，同時有機質中之微生物可發揮其拮抗作用，相對地降低土壤病害之發生，

目前較明顯之例子為適度施用 SH 土壤，可增加有益之拮抗菌之濃度，抑制病原菌之生長，同時可促進植株生長而增加其對病害抵抗力，因此明顯的抑制萎凋病之發生；而針對不同病害調配不同有機質肥料或施用其他化學肥料，亦可適度降低病原菌之感染源，達到抑制病害擴展之目的。至於土壤消毒可將土壤中所有生物殺死，包括病原菌、有益微生物、地下害蟲、雜草種子，而達到淨化土壤之目的，若為草本植物，前期作種植不佳時，始需土壤消毒，消毒時可採用 70% 溴化甲烷(methyl bromide)/30% 氯化苦(chloropicrin)、邁隆(dazomet, Basamid)或福馬林(formaliln)等，利用上述土壤消毒劑時須注意消毒過程中覆蓋須密閉，以避免藥劑迅速飛散於空氣中，同時消毒後須先翻土，待藥劑完全揮發後再行種植，以避免藥害。但以化學藥劑法消毒後微生物均已消除，若不慎將病原菌再度引進時，因缺乏其他微生物之競爭，病害之發生易較未消毒者更為嚴重，故處理過程中必須相當謹慎，同時消毒後土壤之物理及化學性質若改變時，則須適時予以調整。而目前試驗結果顯示，以 80°C 或 60°C 熱蒸氣薰蒸 30 分亦可達殺菌效果。

當耕作防治無法抑制病害發生時，則立即放棄栽培，剷除病株以降低防治成本並減少感染源；或進行藥劑防治；藥劑防治雖可簡單而迅速將病害加以防除，但仍有其限制因子。

(二) 藥劑防治

為一般所稱之化學防治。於發病初期，根據植物保護手冊及田間發病狀況，慎選適合之防治藥劑加以噴施為最常見者。採用藥劑防治雖可簡單而迅速將病害加以防除，其原則為選擇適合藥劑對症用藥以發揮最大藥效、充分了解施藥之最佳時機及施藥方法以充分表現藥效；此外使用後之抗藥性問題、藥害問題以及農藥之安全性與對環境之污染情況亦為必需隨時觀察及掌握，以免造成損失及影響。殺菌劑之種類繁多，同時各有其特殊之防治對象，若未對症用藥，除無法發揮藥效外，同時易造成金錢浪費及環境污染，因此於施藥前，宜將病害詳加診斷後，再依據病害之特徵及病害發生之環境因子等因素，訂定可行之藥劑使用策略，依此策略進行藥劑防治，若發現缺點時，再加以修正，以發揮藥劑之最高藥效；藥劑之施用方法可直接影響其藥效，一般以稀釋液噴施、浸種及拌種、土壤灌注、

將粒劑條施於土壤中最為普遍，使用前宜依據病害種類及藥劑之特性，訂定可行而有效之施用方式；藥劑經長期使用均會導致抗藥性產生，但合理使用藥劑可延緩抗藥性產生，因此不斷篩選新的防治藥劑、製訂抗藥性管理策略，擬定藥劑輪流使用或混合使用方針，再配合其他防治策略，可有效延緩抗藥性之產生；藥害為藥劑使用不當時之後遺症，一般常發生於施用不當或混合使用時，但施用偽劣農藥則無可避免地極易導致藥害發生，故不可不慎；農藥雖可有效防治植物病害，但使用不當會危害使用者之安全，同時亦會造成環境之污染，因此適時適量及對症用藥可減少農藥之使用量，降低對環境之污染。

時適量及對症用藥可減少農藥之使用量，降低對環境之污染。

八、害物整合管理

害物整合管理源自於英文的 Integrated Pest Management，簡稱為 IPM。第一個關鍵字是 Pest(s)，一般稱為害物，係指與作物生活在同一個環境，並且已形成一個穩定的生態系統，可直接或間接加害作物的動物、植物或微生物；從另一個角度來看，凡是生長在不該生長的地方的生物即可稱為害物，以雜草為例，當它生長在作物田裡即被認為雜草，但若它具有中藥之療效，則可稱為藥草，若被栽培作為食用作物，則可被認為蔬菜，又如布袋蓮，多年來多生長在灌排水溝，造成嚴重阻塞，為極需去除之雜草，但當它出現在庭院時，則搖身一變，成為觀賞植物。作物也可能變成害物，例如玉米生長在蔬菜田，因遮蔭而阻礙蔬菜的生長，則可被視害物。

IPM 的第二個關鍵字是 Integrated(或名詞 Integration)，一般通稱為整合。整合是將分歧的方法或策略整合而統一，以形成一個整體，因而可產生結合後的協力效果，是否整合成功的明顯指標為聯繫、協調及和諧，也就是一般所謂的合縱與連橫，又可稱為垂直與水平整合。IPM 整合的內涵包括科學學門整合、治療(治標)與預防(治本)技術整合、多種多類有害生物防治系統整合、產官學研究推廣人力整合等等，也就是由單元至多元循序漸進的整合。

IPM 第三個關鍵字是 Management，即為常見的管理。管理是透過企劃、組織、領導及控制等多項管理方式不斷循環運作而發展出決策的過程，

用以有效的整合，利用有形資源(人力、財務、物料)與無形資源(科技知識、資訊、法規、智慧財產等)，藉以產生績效而達成事業目標，故在此所謂的管理，已隱然包含系統與整合的概念在內。所謂「系統」，是指由具有特定功能、相互間具有有機聯繫的許多部份(子系統)組構而成，同時不斷的演化而形成的一個「整體」。一般研究整體通常採用的方法是以功能來界定系統，而分工與整合是管理的基本要求。IPM 的管理系統可約略的界定為農業生態系統(Agro-ecosystem)、監視、決策、執行及評鑑等子系統相互聯繫所組成，因此就管理而言，整體系統管理應為第一要務。所謂農業生態系統包含作物、有害生物及棲地環境三方面基本單元。

因此 IPM 是一門跨學科的應用科學，以人類的福祉為優先，以生態學為基礎，以管理學為指導，以整合為策略，以科技為後盾。若以作物保護為考量對象，則可從系統、生態、經濟及管理四大取向的多元層級與面向來思考 IPM，由於 IPM 牽涉人、事、物等各種不同對象的互動，為一極為複雜的問題，因此，IPM 問題的解決是必需整合不同層級、不同面向的微觀與宏觀的研究結果。因此我們應該學會從管理科學的角度來看 IPM，學習管理者所需具備的技能，包括技術技能、溝通技能、領導能力與分析問題、解決問題及應變的(危機處理)能力。

IPM 包括三項基本原則：1、將害物之族群維持於經濟危害基準之下，而非將其徹底滅除；2、儘量採用非化學製劑的防治方法以降低害物族群；3、當藥劑的應用已無可避免時，宜慎選藥劑，將其對有益生物、人類及環境之影響降至最低。因此整合管理之定義可解釋如下：在農業經營系統下，利用多元化之防治方法控制害物族群，使其低於可被接受之經濟危害基準之下，亦即維持於生態平衡之狀態下，而非「趕盡殺絕」，進而減少作物之損失，並配合正確的農藥使用而達到生產高品質作物及其附屬品之目的，同時兼顧公眾健康、保護環境及有益生物之作物管理方法稱為整合管理。由於整合管理乃結合多種防治方法的應用，其中包括預防及治療方法，乃依據成本、技術水準、作物種類、藥劑之靈活應用及其他環境及社會等因子而考量。但其管理模式並非一成不變，往往受耕作時之特殊害物發生狀況、當地的農業政策、其他農民及社會經濟所影響，因此因地制宜為 IPM 執行過程中極重要的理念，也就是說，IPM 的決策過程中，是必需兼顧政

治層面、生態層面、社會層面與經濟層面的考量，同時不可跳脫科技化的操作模式與管理。

由於整合管理乃結合多種防治方法之應用，其中包括預防及治療方法，乃依據成本、技術水準、作物種類、藥劑之靈活應用及其他環境及社會形等因子而考量。同時農業經營環境多為開放系統，所有條件之流通性及變異性極大，效益極難評估，因此執行整合管理時應先畫定施行的範圍，由特定之作物或特定地區開始執行，而後逐漸擴大，避免因大面積及多因子互相干擾而影響防治成效。但其管理模式並非一成不變，往往受原耕作時之特殊害物發生狀況、當地之農業政策、其他農民及社會經濟所影響，因此因地制宜為 IPM 執行過程中極重要之理念。

一般言之，害物整合管理施用的防治方法大致可歸類為生物防治(biological control)、生物技術應用(biotechnology)、藥劑防治(chemical control)、耕作防治(cultural control)、寄主抗性(host-plant resistance)、物理防治(physical control)、費洛蒙防治(pheromonal control)及預防(preventative control)。

(一) 生物防治(biological control)：

生物防治在蟲害防治上最為代表者為釋放天敵及性費洛蒙之應用，此外，應用蟲寄生菌防治害蟲亦不失為一良策，如蘇力菌防治小菜蛾為極成功之例子；而病害防治較為典型者為拮抗微生物與有機添加物的利用，以活化土壤生命力，並降低土壤傳播性病害，較常見者為(一) 利用菌根菌或拮抗微生物處理種子或種苗後種植；(二) 施用特殊配方之有機質肥料誘導土壤中之拮抗菌繁殖，藉以抑制土壤傳播性病原菌之擴展；(三) 噴施拮抗微生物；(四) 應用微生物製劑之生物性農藥作為地上部噴施；(五) 微生物之代謝產物或相關之衍生物作為病害防治用。至於栽植忌避植物亦不失為降低蟲害之良策。

(二) 生物技術之應用(biotechnology)：

生物技術之應用包括遺傳因子之應用、抗病及抗病基因工程技術、基因轉植植物之應用、組培養及其他生物技術，較為一般人所熟知者為抗病育種、以抗體測定種子、部份植體、砧木及接穗之帶菌情形、利用組織培

養以繁殖健康植株、抗殺草劑之基因轉植物、抗殺病之基因轉植物及抗殺蟲之基因轉植物等

(三) 化學防治(chemical control)

當投資報酬率之評估發現，藥劑之施用已無可避免時，以輪用之方式施用，而非定期性之施用化學藥劑，除符合綜合管理之原則外，並可延緩藥劑抗藥性之產生而利於藥劑之管理，同時避免傷及有益生物及天敵為不可忽略之重點，於釋放天敵之地區，尤需防患殺蟲劑對天敵之殺傷力。其中需考慮者，包括如何對症用藥發揮最大藥效、施藥方法、施用時期及次數、使用後之抗藥性問題、藥害問題以及農藥之安全性與對環境之污染情況。因此於施藥前，宜將病蟲害詳加診斷後，再依據病蟲害之特徵及發生之環境因子等因素，訂定可行之藥劑使用策略，依此策略進行藥劑防治，若發現缺點時，隨時加以修正，以發揮藥劑之最高藥效。

(四) 耕作防治(cultural control)

耕作防治之應用為一極高深之學問，往往藉由此方法而減少一害物為害之同時，已誘導另一害物大發生；亦可能於害物防除之同時，產量已然減少。普遍較常列為考量者為選擇適宜之種植環境與時間、選擇適宜之作物、選用健康土壤、選種健康種苗、加強種子(苗)檢疫及消毒處理、加強幼苗期管理、選擇適當肥料並適時適量施用、避免密植植物、改變灌溉方式、改變栽種管理模式、建立輪作制度、生態性因子之應用、物理因子之應用、機械方法之應用(修剪、砍除等)、注重田間衛生徹底執行清園工作、田間污染物之管理、農業廢棄物之管理與利用等。其中物理因子常被應用者為加溫、降溫、降低濕度、人工捕殺、改變能量及聲音等之應用，而適當之雜草管理可減少寄主植物而降低病源及減少媒介昆蟲之棲息所，一般亦可藉由密植物而降低雜草繁殖。然所有應用之管理方式均需符合經濟性及低毒性之要求。

進行綜合管理時，同時需發展監測系統，定期監測害物(生理性及生物性)發生之必要條件，包括環境因子，害物及寄主之狀況，同時監測管理之效果，以利隨時調整管理模式。環境因子包括土壤條件、水管理、肥培管理等及溫度、濕度、雨量、露點、風向、風力等影響植株生長及病蟲害

等發生之氣象因子，尤以溫度及濕度最為重要；害物則包括種類、發生時期、危害狀、於田間之生態及其擴展性；寄主則包括作物品種、生長期、生長狀況及栽種管理等。監測資料有助於防治時機及防治方法之應用，愈詳盡愈有助於擬定可行之防治策略。因此綜合管理中不可忽視之措施為種植管理之記錄，隨時觀察並保存良好且詳盡之記錄，包括雜草、害物及病害記錄並保存完整之田間分布圖，可幫助害物發生及蔓延之判斷，同時避免在同一栽培田於不同時期栽培相同品種或種類之作物，亦為綜合防治必需注意之項目。

由於科技之進步，多項科技產品已逐漸應用於日常生活及農業生產，其中極為先進者為地理資訊系統/全球衛星定位儀(GIS/GPS, geographical information system/global positioning systems)，利用衛星系統及遠端感應器等先進儀器，可監測作物之產量、土壤之性質、質地、含水量、營養成分，甚或土壤酸鹼度，對於植物保護工作之應用，可用於監測蟲害棲群密度、雜草族群，而病害上之應用則較著重於微氣候因子之監測，經由此詳細資料，可進行預防性之保護措施，或根據實際狀況，適時、適量進行管理，而達綜合管理之經濟效益，不致產太多之浪費，應為未來綜合管理之監測系統中不可或缺之因子。

監測結果若發現綜合管理無法發揮防治效果而達到綜合管理之目標時，如為草本植物則剷除所有植株，重新種植，當可將害物徹底清除；否則安於現狀不作任何處理，當症狀及病蟲害經一段時間之擴展而達到穩定平衡後，自然不再擴展，如此可避免造成無謂的浪費，但作物之品質及產量則無法預期。至於木本植物，因多為多年生植物，不易剷除而重種，則可考慮強剪、清除罹病枝條及徒長枝並加以燒燬，同時噴施保護性藥劑，而於翌年病害發生季節來臨前再行噴施保護性藥劑，將可大量降低感染源。事實上為防治生物性害物，綜合管理政策是容許農藥配合施用。因此當施用農藥已無可避免時，如何正確地施用農藥成為極重要之管理策略，此時如何選用低毒性、廣效性之農藥，簡單而迅速將病蟲害加以防除為極重要之策略，但切記以不違反綜合管理之低毒理性、兼顧公眾健康及保護環境之原則。

九、作物整合管理與健康管理

作物整合管理(Integrated Crop Management, 簡稱 ICM)於 1997 年首先由英國 British Crop Protection Council 提出, 乃是指以合乎經濟及生態的基準, 建立最適合作物生長的环境條件, 藉以生產高品質、高價位的農產品及其附加價值, 並將害物控制於可容許之經濟水平之下, 而可以獲取最高收益, 且達永續經營之境界。包括 7 項原則, 分別為 1、精確且經濟地施用化學物質, 2、精準且謹慎的選用質材, 所使用的質材務必可互相配合而達到最佳化的應用, 方不致於造成浪費, 3、重視天敵之繁殖, 同時建立一個有利於土壤及作物生長, 且可抑制害物(包括病害、蟲害及雜草等)繁殖的环境, 4、藉由適當的輪作及耕作模式, 以營造土壤肥力最佳化的條件, 5、維持或增加經濟效益, 而非追求絕對之作物高產量, 6、將不利於生態環境的因素降至最低點, 7、延緩及降低害物對藥劑抗藥性及對生物性防治方法之抗性的發生。美國植物病理學會於 1999 年出版「Citrus Health Management」, 書中提及柑桔所需管理之項目包括種植地點、土壤管理、水分管理、品種選別、砧木選別、接穗選別、肥料管理、整合性的繁殖管理、病害管理、蟲害管理、草害管理、施藥技術及採收後處理等, 凡是有利於植株健康者均為管理之考量因素, 而在經濟效益層面, 甚至包括如何規劃管理策略及成本分析以達到最高產值, 可說是與 ICM 有異曲同工之效, 也可說是由不同面向思考同一技術, 因此以系統管理的角度而言稱為整合管理, 若就生物科學之角度而言, 則稱為健康管理。簡而言之, 作物健康管理為有效的整合既有的技術, 營造最適合作物生長的环境, 以促進作物的健康, 進而生產健康的農產品, 藉由健康的農產品增進消費者的健康, 同時也因為合理的使用資材而促使環境趨於健康化, 進而營造一生物多樣化而達到生態平衡的环境。因此其管理模式因地、因時、因人制宜, 配合不同之栽種環境, 種植適合之作物, 加以適當之管理, 乃整合適宜之因子而加以利用, 而非將所有可資應用之方法集合而綜合應用。

在害物發生的過程中, 寄主、環境及害物呈等邊三角形關係, 缺一則不可能造成危害, 而在完善的健康管理過程中, 健康管理、環境與收益亦呈等邊三角形關係, 當健康管理得宜時, 則環境條件利於作物生長, 因植株生長健康而可增進農民之收益, 反之, 則環境及收益均受嚴重之影響;

當農民收益高時，自然強化管理，環境隨之良好，反之，則粗放栽培，環境因而遭受嚴重之影響，害物密度亦隨之增加。當環境利於作物生長時，易於管理而收益良多；反之，管理成本增加而收益減少。因此，如何維持此三要素於等邊三角形關係為一管理的藝術。

健康管理實際執行時，包括三大系統的整合，分別為專家整合、技術整合及資材整合。首先需藉由專家整合，而達到技術整合，並結合傳統農業及近似有機農業，而建立管理策略，提供管理原則、技術及執行方針，以建立最佳化的管理策略，然並無任一管理系統可適用於所有的狀況，如氣候、土壤及市場需求改變時，管理技術也需隨著改變，因此必需不斷的以新技術結合原有的技術，再經由試驗、應用以開發新的管理技術，此外，藉由比較多個經濟生產系統，亦可獲得經驗而使健康管理的策略更趨於完善，簡單的說，成功的健康管理策略具備高水準的技術及管理，為一精準農業的管理策略，而非一減量施用資源的農業。當管理策略經由上述程序建立起來並趨於成熟而達到可實際應用時，則需整合推廣教育人員，擬定教育方針及推廣模式，以輔導農民充分了解健康管理的理念及實際執行手段，如此一來，方可將健康管理策略於田間落實，同時推廣人員亦可成為專家與農民間的溝通橋樑，除可協助專家群宣導管理理念外，亦可協助農民反應實際應用所產生的效應，進而進行檢討、改進；隨著專家及技術整合後，所應用的資材亦趨於完善的規劃與應用，若能藉由資材整合，使各類資材的供應趨於簡單化，則健康管理的運作當可事半功倍。

一般健康管理可以下列方向加以考量，分別加以詳述。

(一) 合適的種植地點：

種植地點所應考量的因素包括土壤、溫度、雨量與濕度、光照及與市場及集場距離遠近等。

1、健康土壤：健康的土壤需具備下列條件：土質疏鬆，通氣及排水良好、含適量之有機質肥料及化學成分，而未受病原菌及地下害蟲感染為另一重要考量因素，因此種植期間需控制土壤的物理性、化學性及生物性因子，若能定期進行土壤分析，以了解土壤之實際狀況，再依據實際狀況適時、適量添加有機質肥料及化學肥料，除可提供充分的營養外，促進作物

生長健康，營養成分合宜利於消費者健康外，同時對土壤環境的污染降至最低。此外，亦需強化灌溉系統及模式，適當管理水分。避免過量或不足之土壤含水量，乃因過量或不足均易影響植株根部之呼吸作用及其他生理作用，而影響植物之生長而間接影響抗性。

2、溫度：溫度可左右害物發生及作物生長，適度調整有利作物生長而強化抵抗力，相對降低害物之發生。改善溫度條件可採行之方法為設施栽培、適度遮蔭、適度調整栽培空間等；此外，適度修剪除可促進植株之光照及改善通風，對調節溫度亦稍有助益。

3、雨量與濕度：臺灣地區雨量多，大部份超過蒸發量，每年的雨量並不固定，但多集中於5-9月，且5-9月之月雨量變異大，若農地無法消納每月數百，甚至上千公厘的雨水，則作物嚴重損害，但若農地能消納此大量雨水而作物栽培不受水害影響，則生長良好，因此農地消納雨水的能力成為作物栽培成敗與否之重要關鍵。

至於濕度，明顯影響害物的發生與消長，故為保護作物生長，控制濕度實有其必要性。在臺灣一般多以降低濕度為多，需避免下午及夜間於田間大量供水，同時改善通風，因通風良好時，可促進空氣流通，將濕氣帶走而降低濕度；而極重要者為適度修剪枝條，可促進植株之光照及通風，同時亦可降低濕度。

4、光照：植物必需種植在光線充足處方可正常生長，但不同作物對光照之感受度不同，故需要強光照之植物，應種植於光照充足處，至於不可照強光之植物，種植時必需遮蔭。光照對果品之品質影響極巨，如何營造適宜的光照，為生產高品質產品之不二法門。

5、與市場及集貨場距離之遠近：貯運距離之遠近直接影響農產品採收後的品質，與集貨場的距離愈近，愈可於採收後立即進行保鮮作業而維持農產品之品質，反之則較易喪失原有之品質。

(二) 健康種苗：

所謂健康種苗，可分為二種，一種為抗病蟲害的種苗，一般可經由育種而得，或藉由基因轉植而培育抗病蟲品種；另一種為未受病原菌(包括病毒、真菌、細菌及線蟲等)及蟲害感染的種苗。當健康種苗無法獲得時，可

經由生物技術或物理性處理以去除病原，但選種適合之品種，則為第一優先考量的因素。

(三) 品種多樣化

品種多樣化，可適度調整產期，延長供貨期，避免產期過於集中，因量大而造成價格低，甚至因供過於求而滯銷。此外，不同品種混植，可提供授粉樹而增加受粉率，降低生理落果機率。

(四) 植物保護

除應符合 IPM 之條件外，以採用抗病蟲品種、誘殺、生物防治及耕作防治為主軸，儘量避免使用化學藥劑，同時進行病蟲害監測及預測，於害物發生之有利環境因子出現時，防患未然，可收事半功倍之效，因此執行 IPM 之管理時，需有預防重於治療之理念。

目前臺灣多數作物之害物管理，仍以採用化學藥劑防治為多，少有其他防治方法，且藥劑防治之效果未必極為顯著，而長期大量用藥除增加防治成本外，環境污染亦不在話下，甚且部份病蟲害缺乏防治方法，故急需建立各種病蟲害之最基本的防治方法，進而進行其他防治方法之開發，包括生物性及非生物性，方可達成物整合管理之目標。而大面積之共同防治措施有其必要性，以東方果實蠅之防治為例，目前各地區採用重點式、小面積之防治，農民雖了解監測與誘殺之有效性及重要性，然因小規模進行，農民往往懼怕大量成蟲往誘殺區集中而造成嚴重危害，故誘殺及監測之意願均極低，因此於害物發生區進行全面性之共同防治，實刻不容緩。

(五) 植物營養：

控制肥料乃維持植株健康以獲得高產量的重要方法之一，有機肥料及化學肥料均有其必需性，故宜定期進行葉片及植體分析，作為施肥之依據。

有機質肥料之施用技術因時因地制宜，可視為一農業藝術，其主要的功效包括三方面；一、改善土壤物理性質：改善土壤構造、增加土壤保水力、增進土壤通氣性及增加土壤溫度；二、改善土壤化學性及作用：可增加土壤貯存營養分，經分解後提供植物的營養及能量，同時分解產物可促使貯存的無機營養轉移及增加其有效性、營養的固定化作用及含有植物生長的活性物質；三、對土壤微生物的影響：提供土壤微生物的營養及能量；

含氮素較少的腐植質可增進土壤固氮的作用，將空氣中的氮固定成生物可利用的氮素化合物；增進土壤有益菌而制衡有害菌，此外，有機肥可增加保肥及保水力、提高養分有效性，如磷及微量元素之有效性、並提供微量元素，尤其鐵、錳、銅、鋅、硼、及鉬。因此優良之有機肥料需包括下列成分：1、牛糞；2、高量纖維素、半纖維素、及木質素等材質：一般可採用禾本科作物之莖及葉、樹皮、木屑、太空包、或蔗渣等；3、高養分含量材質：包括雞糞、動物血、內臟、魚下腳料、豆粕類、米糠等，4、必需堆製並經過高溫發酵至堆肥無臭味者，此外，施用時，有機肥必需與土壤充分混合，方可發揮其最佳肥效及改良土壤之效用。

化學肥料亦為不可或缺之要素，施用時需包括氮、磷、鉀三要素及微量元素，且三要素之比例因植物不同而用量不同，然應避免硝酸態肥料之淋洗流失及生理障礙。

由於勞力不足、工資昂貴，絕大多數的農民多採用粗放的施肥模式，量多、次數少、表面施用，因此造成肥料用量偏高、利用率偏低，因此建立合理化的施肥模式有其必要性，依據作物需求，合理化的施肥，促使農業永續發展，以維持農業生態平衡。為符合維持固定之經濟效益，而非追求絕對之高產量之原則，則除合理化施肥外，仍需建立少量多施之習慣，必要時配合液體肥料之噴施，於適當之時機噴施液體肥料，可達快速促進生長、開花及成熟之目的，提高果品糖度及硬度等品質，對於色澤亦有助益，而液肥可直接為作物所吸收並快速移動，施用量亦較少，較為經濟，以購買肥料之經費換取工資及增高產品售價，應是合乎經濟效益。

(六) 草生栽培與種植綠肥：

草生栽培可由果園原有的雜草藉由不斷的觀察、選汰，選擇合適的草種而加以保留、繁殖至全面覆蓋，以減少土壤及肥料之流失，同時可協助維持土壤之溫濕度，然於選留草種時，必需考量其是否成為害物之居留所而造成害物在其上大量繁殖。若能種植綠肥，除可減少土壤裸露，必可提供營養成分及纖維質，有助於植株及土壤之健康。

(七) 栽培管理：

栽培管理之主要重點為慎選作物種類、慎選合宜之種植時期、適度之

栽植密度。整枝修剪、水管理及田間衛生。適度的整枝修剪除可強化植株生長外，同時營造適合栽種之環境，包括光照、通風甚至小區溫濕度之影響。而水管理亦需加強，以增進根系生長、防止根系受傷，同時可減少落花及落果，若遇乾旱時，適時噴施液肥除可供應必需之水分外，同時可增加植株抗逆境之能力。

田間衛生與廢棄物處理影響田間防治效果極巨，然往往未受重視，主要乃因其損失於無形，且防治效益不易評估，同時廢棄物不易處理。以柑桔立枯病之防治為例，農民於補植時雖種植健康種苗，但未進行清園，木蟲可快速由病株遷移至健株，再次造成感染，目前普遍發生的褐根病、枝枯病、胴枯病及其他土壤傳播性病害等病蟲害亦有相同之狀況，任一殘株或殘留的罹病蟲植物組織均可成為害物之溫床，實應加強處理。在楊桃健康管理的試驗中，曾嘗試將疏果之小果、受害物為害之果實檢拾，並集中進行堆肥製作之發酵程序，初步已證實可降低害物之為害率，而廢棄物亦可於短時間內減量，此初步發酵之產物若能配合有機堆肥之製作，再進一步處理，當可化腐朽為神奇，除可解決廢棄物外，同時降低經營成本且增加土壤之有機成分。

(八) 機械化考量：

機械化考量即為視實視需要應用機械取代人力，並逐步、漸進為自動化，可建立標準作業流程，而達到省工及均一化的目的，因而降低能源增加之壓力，包括降低人力、提升工作效率及減少資源之浪費，同時可減少因人為操作、接觸所造成之感染，但仍以符合經濟原則為依歸。目前勞力短缺，尤以技術工更為短缺，導致工資昂貴，農業之經營成本增加，機械化與自動化實有其必要性。

(九) 採收後處理：

採收後處理可保持農產品的品質，同時預防貯藏病害之發生，故需加強採收前之處理，以促使產品於採收時進入顛峰狀況，並注意於傍晚或清晨低溫時採收，降低其呼吸及其他生理作用，以延緩老化現象。而採收後之處理亦極重要，包括貯放於合宜之貯藏環境及選用最佳之貯藏方法。

(十) 農民推廣教育及消費者宣導、教育：

農產品之最終目的乃為消費者所接受，而消費者包涵所有各行各業及各種不同理念之族群，因此消費者之認知及消費習慣為不可忽視之一環，如何宣導健康管理之理念，促使消費者了解化學物質之安全性及必需性，同時改變其選購外觀亮麗而不注重品質之消費習慣，實有助於健康管理於田間落實。以多層面之教育與推廣為考量，以吉園圃為例，宜向農民宣導吉園圃之理念、執行方法與優點，引導農民以生產符合吉園圃標章之農產品為榮；而向消費者宣導標章之由來、意義及其所代表之農藥安全性，引導消費者對農藥有較具體之認識，不致因不了解而心生恐懼。又如有機農業，需不斷教育農民有機農業的真正意義、執行方法及其經營策略，鼓勵農民以生產有機產品為榮；而針對消費者擬定不同的宣導方針，使消費者對有機產品有正確的觀念而不致過於迷信坊間說詞。

推廣教材以簡單易懂為原則而非太過於學術性之報導，編印可實際直接於田間參考應用之技術手冊，引導農民於關鍵時刻即早動手管理。而其普及性應以數量充足至可人手一冊，而非一書難求。至於資訊流通與訊息傳遞需精準而快速，網路之應用雖可快速傳遞訊息，然對農民甚或產銷班並非一普及之方式，其實用性仍待評估，因此多元之傳播媒介仍屬必要。

(十一) 行銷：

農產品之行銷為市場機制導向，由消費的的喜好決定產品的價格與消費量，消費量更直接影響價格，因此當供過於求時，價格滑落而價賤傷農，投資意願降低，於是採粗放管理，品質因而下降，如此惡性循環，為農業發展之極大阻力。因此，在種植之前實宜先進行市場調查，充分了解消費者之需求，依據不同消費族群的喜好訂定不同的產品規格及其所佔的比率，而後種植生產；然消費者的喜好隨時改變，因此定期進行市場需求調查，迎合消費者求新、求變的心理，隨時調整生產策略，實有其必要性。在因應加入 WTO 之措施中，不斷強調建立品牌及市場區隔，然品質仍為建立品牌之基本條件，因此種植合適之品種、提高應有的品質、而後方可建立品牌；若能維持固定的高品質，則開拓外銷市場，猶如探囊取物。

行銷策略擬定時尤需顧及社會層面的考量而建立多層次的行銷體系，以 SARS 流行期為例，多數人為避免接觸病源而感染、罹病，大多減少外

出及群聚，相對的，對於民生必需品的採購次數亦相對減少，曾導致農產品滯銷，農民苦不堪言，此時部份農民採小包裝宅配到家方式直銷，則開闢一暢銷管道，實可加以擴展作為長期經營之方式之一，而不同的行銷方式多管齊下，互相配合應用，當可建立農產品多元化的銷售通路。

總之，ICM 之精神乃整合相關之生產技術進行作物管理，藉提昇品質、降低生產成本而達提昇競爭力之目的，同時兼顧生長環境之保育，以達永續經營之最終目的，因此 ICM 之執行為一群體合作之工作形態。目前為因應臺灣加入 WTO 之衝擊，產業對策已逐漸調整為以提昇競爭力為主軸，促使農業朝向「以知識的市場化與商品化，提高農產品的附加價值，增加農民所得」的方向發展，而其調整策略之一為農業策略聯盟，乃結合農業相關資源與人才，應用先進的技術與資訊，建立完善之農業產銷體系，並配合相關之行銷體系，以提升經濟效益與技術效益；可知二者之精神均以提升競爭力與群體合作關係為主軸，因此如何宣導整合性管理，引導農民進入整合性管理，進而進入永續農業之以降低加入 WTO 之衝擊，實已刻不容緩。

十、永續農業(Sustainable agriculture)

(一) 有機農業(organic agriculture)

有機農業即是施行有機農法(organic farming)的農業。美國農業部於 1980 年定義為不使用化學肥料、農藥、生長調節劑及飼料添加物的生產方式，即為有機農業。而 Liehardt & Harwood 則定義為是一種儘量少用或避免使用化學肥料及農藥、配合豆科植物之輪作、利用農場內外廢棄物及天然礦物，以維持農業生產之耕作方式。其基本做法包括：1. 為維持土壤的生產力及易耕性，施用作物殘渣、家畜糞尿、綠肥、有機性廢棄物及無機礦物於土壤中，以求充分供給作物生長所需之養分並保持良好的土壤物理、化學、生物性；2. 以輪作、間作等耕作方式來生產多樣的作物並維持地力；3. 以機耕法、生物防治法來防治雜草及病蟲害。

(二) 永續發展(Sustainable development)

「永續」一詞緣自於 sustainability，最早乃應用於經濟學的資源管理領域中，專指對再生資源的管理，有持續之意，在農業上沿用此概念，表示可以長期的維持某一水準的收穫量，保有持續整個生態系統的現狀和功

能。1987 年聯合國的世界環境和發展委員會 (World Commission on Environment and Development, WCED) 於其報告書《我們共同的未來》(Our common future) 中，再強調「永續發展」這理念，認為人類未來的發展應走向“能滿足當代的需要而同時又不損及後代追求其本身需要之開發”，所強調者為，不同世代間資源使用之公平性，已將永續的涵義擴大為考量跨世代之福祉。亦即人類如能效法自然，則不會為了當代人眼前的利益，而損及後代子孫對資源的使用權利。至 1991 年，世界保育聯盟 (World Conservation Union, 由國際自然及自然資源保育聯盟、聯合國環境委員會、世界野生動物基金會組成) 更進一步將永續發展定義為在不超出維生生態系統容受力之情況下，來改善人類的生活品質，此時已著眼於生態層面的表達，強調經濟發展應顧及生態系統的承受力，指出永續的內涵兼具經濟性與生態性。所以，以經濟上層面而言，永續發展為一過程，於此過程中，天然資源的開發、投資的方向、技術研究發展的導向、政經制度的改變皆須有助於並增進當代與後代滿足其需求和欲望；以生態層面而言，必須保持天然資源存量的永續，在發展時應顧及土壤保持與品質之維護、水資源的量與質、自然界生物量的平衡、以及環境中和廢棄物的能力。天然資源又分為可再生資源與不可再生資源兩種，對前者我們可以追求總存量的永續，而對後者則應減少消耗或尋求替代品。此外，亦應顧及社會的接受能力，亦即人類要永續發展就必須在資源和生產系統、經濟系統、以及社會系統之間產生良性互動，體認到惟有維持自然資源的平衡和維護生態環境，才能保證經濟的成長。

總結來說，永續發展應是一種基本原則，隨著應用於不同的產業而有其不同的目標與作法，而永續農業即是將此原則應用於農業中，屬於整個永續發展體系內的一個子系統。以永續農業而言，所謂的永續，在目標上應有時間的區別存在，而作法上則有國別差異性存在，無法將永續發展農業的過程直接由一個國家套用於另一個國家之中。所以，這也就是為什麼目前永續農業之內容，各國皆不太相同的原因。

(三) 永續農業(Sustainable agriculture)

美國技術顧問委員會 (Technical Advisory Committee, TCA) 於 1988 年將永續農業定義為能成功地管理農業資源以滿足人類的需求，同時又能

維護或增進自然資源與避免環境的破壞。美國國會（1990）將永續農業定義為是一種綜合性的植物、動物生產體系，可隨地區運作情形而不同。主要的作法是循環利用不再生的資源及農場廢棄物，依生物循環來控制病蟲害，以生產人類所需之食物及纖維。除具經濟性外，還應提高自然資源及環境素質。簡而言之，是一種農場生產有經濟利益，並能提高人民生活素質之農業生產方式。孫明賢（1994）認為永續農業最初是導源於使用有機肥料、採行生物防治、主張維持地力、消除化學藥劑污染的有機農業。但因農業是一種產業，必須符合經濟利益才能長期存在，而有機農業只是一種純生產技術觀點的理念，因此，有機農業不等於永續農業。所謂的永續農業應該是種能兼顧經濟利益與社會利益、調和資源利用與生態平衡的農業。

因此，永續農業的目標有二：一為確保人類及其後代子孫能在地球上繼續生存與發展；二為保持資源的供需平衡和環境的良性循環。其內涵則應包括有下列特性：1、經濟性，使農民的生產勞動有利潤；2、穩定性，須依賴新興的農業科技來達成生產穩定之目標；3、生態性，須能與生態環境和諧共存；4、社會性，須符合傳統文化與習俗。其基本定義應為：是一種用科學的方法來幫助農民，將選擇優良品種、土肥措施、排灌方式、病蟲草害綜合防治、栽培技術、輪作制度等技術合理配置，以降低生產與經營成本，增加農業產出，提高農民收入，以及永續利用資源和保護生態環境的農業。

永續農業應為永續發展體系中的一個子系統，要依循著永續發展這基本原則來進行廣義的農業生產(包含農、林、漁、牧、食品業)，須兼顧農業的生態面、經濟面與生活面的一種農業制度，不但要能持續地進行有利潤的生產，亦需改進人類的生活品質。所以考量永續農業之經營措施時，須注意：一、以永續農業作為一個總體發展目標，訂定一明確且全面性的概念；二、永續農業發展所面臨的問題是存在於當地、國家和國際各個層面上，所以需要各階層的合作。因此成功的永續農業模式須具備三個標準：永續性、有效性、公平性。

十一、有機農業之病害管理策略

(一) 健康種苗：

健康種苗可分為抗病蟲害的種苗，及為未受病原菌及蟲害感染的種苗。當健康種苗無法獲得時，可經由生物技術或物理性處理以去除病原，但選種適合之品種，則為第一優先考量的因素。此外，可藉由種子消毒及粉衣等方式而達到抑制害物發生之目的。

(二) 環境改良，營造合適之種植環境，以增進植株健康而增強抗性：

環境改良之重點為土壤，土壤管理首要之務為選擇內部排水優良且質地疏鬆的土壤，並加強水管理，即地面排水、灌溉周期和灌溉量，同時不可忽略通氣管理及肥力管理。欲維繫作物之正常生長，土壤必需要有適當且良好的物理、化學和生物性質，其中任一性質出現問題，均將影響作物之生育和品質。化學性質之改良，著重於土壤強酸性、鹽害及避免重金屬污染及發生後之克服；土壤物理性質之改良則著重於排水不良或壓實土壤、砂粒含量過多、黏粒含量過多土壤之改良。土壤化學性質之改善較易達成，而土壤物理性質之改良則較為困難，且需付出較大的改良費用；唯土壤物理障礙如不改善，即使土壤化學性質已改良，不利於作物生長的環境依然存在。為達到長遠的土壤改良效果，宜同時兼顧土壤物理性和化學性障礙因子之消除。

當土壤因病原菌感染或長期耕作造成連作障礙時，可藉由土壤消毒、有機肥、土壤添加物、微生物資材、輪作、加石灰調整 pH 值加以克服。目前已知可用於預防鐮刀菌引起之萎凋病，「AR3-2 系列土壤添加劑」可用於預防白絹病之發生。微生物資材則多用於生物防治，常見者有木黴菌、枯草桿菌等，其中枯草桿菌已商品化。而拮抗生物防治病害的主要機制為 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。其他忌避植物亦可有效利用於病害防除。胡蘿蔔之主要病害為白絹病及根瘤線蟲，種植萬壽菊或孔雀菊後再種植胡蘿蔔可將根瘤線蟲之發生率降至 5% 以下。

一般園藝作物之輪作以與水生作物輪作為佳，包括水稻、茭白及荷花等；其次為營養需求不同或不同種類者為宜。依據文獻提供，蔬菜之輪作、連作關係如下表：

蔬菜的連作、輪作關係	
可以連作的蔬	小白菜、萵苣、茼蒿、蔥、胡蘿蔔、菠菜、韭菜

菜	
不宜連作的蔬菜	茄子、番茄、青椒、馬鈴薯、豌豆、扁豆、四季豆、甘藍、白菜、蘿蔔、胡瓜、扁蒲、絲瓜
可以輪作的蔬菜	蘿蔔→茄子 黃瓜→蔥→扁豆 蘿蔔→菠菜→黃瓜 茄子→蘿蔔→菠菜 甘藍→甜菜→萵苣→蘿蔔

(三) 強化肥培管理以增進植株抵抗力：

強化肥培管理以增進植株抵抗力，合理化施肥有其必要性。合理施肥應包括適當之肥料施用量、施肥之位置及時期、肥料種類之選擇等。施肥時宜注意下列事項：作物之特性及肥料需要量、土壤性質以及肥料之特性及施用方法。依據肥料之特性及其在土壤中的轉化決定施肥位置及施肥時期，並建立施肥方法上之因應；而合理化施肥之要領必需涵蓋 1、所施用之肥料適合作物需求及特性，故施用前需先瞭解作物品種特性，配合作物生長期或株齡及其他作物管理而施用適當之肥料；2、減少肥料流失及揮散；3、注意土壤酸鹼度：可藉由施用中和劑、施用有機質肥料及以葉面施肥緊急補充營養而達到平衡土壤酸鹼度之目的。為提高施肥技術，需充分掌握必進行下列事項：進行土壤診斷及植體分析、瞭解肥料之性質及功效、注意肥料混合及貯運、當施用有機質肥料、配合有益微生物肥料以及其他土壤管理及施肥技術。

(四) 耕作防治：

耕作防治為利用原有的耕作方法加以改善以達病害管理之目的，其中極為重要的為水分管理。利用水分管理可以管理的病害最典型者為灰黴病、露菌病、白粉病；由於灰黴病及露菌病均發生於濕度極高之病害，若能強化管理，降低空氣中之濕度低於其最適濕度，則病害之發生可控制於經濟損失水準之下；而白粉病之分生孢子需藉由空氣傳播，潮濕之空氣則不利於其傳播，故在其分生孢子大量釋放時適度噴霧，可降低分生孢子之溢散而降低病勢之擴展，而一般白粉病之分生孢子多於接近中午時分釋放。

阻隔法亦為簡單易行之方法且具極高之防治效果，最常見者為套袋、覆蓋、網室栽培。果實套袋多用於防治果實蠅及炭疽病、果腐病等，但在果實成長期愈早套袋防治效果愈佳，一般農民多於接近成熟期套袋，則防治效果較差，乃因多數病原菌於幼果期已侵入果實感染。利用地上覆蓋可於夏季降低或冬季提升土溫而增進植株之生長，若以特殊質材則可兼具防病效果；以稻草覆蓋可防治茄子疫病，以銀色塑膠布覆蓋可降低蚜蟲密度而防治甜椒毒素病等。而將木瓜種植於網室內，可因阻隔媒介昆蟲而避免毒素病發生。而果樹病害極為難防治的土壤傳播病害如白紋羽病及褐根病亦可藉由開溝鋪置塑膠布或其他資材，杜絕根系接觸而減少病害之蔓延。

(五) 田間衛生與廢棄物處理

田間衛生為整合管理極重要之一環，除可大量降低病蟲害之感染源外，同時可改善栽培環境，營造適合植株生長且不利害物擴展之環境。執行時最主要之工作乃將廢棄物收集、清除，動作雖簡單，但耗時費工，往往難以徹底執行。然由田間清除之廢棄物處理為另一頭痛的問題，一般常見之防治方法均建議將受害物侵染之植物組織收集並加以燒燬；此雖為最迅速有效之方法，然將潮濕之植物組織燒燬，實有其執行上之困難，而堆積待處理過程中，害物已然擴展，甚或環境影響已形成。建議可採行之方法分別為隨時清除受侵染之植體、採收後立即清除廢棄植株殘體、應用資材處理加速植物組織萎凋、將田間廢棄物作為堆肥之材料，藉醱酵之高溫殺滅害物、加強雜草管理，減少害物之棲息所、休眠期採間作非害物寄主之綠肥作物及、環境四周栽種忌避植物。

十二、結論

當作物經營之初，均採用單一的害物防治方法，無所謂系統可言，當兩種或兩種以上的方法同時應用時可稱為綜合防治，當兩種或兩種以上的方法互相整合，消除矛盾與分歧取其協力作用後再加以應用，則可稱為整合管理，此時已成為一系統，如果我們學會從管理科學的角度來看害物整合管理(IPM)，學習管理者所需具備的技能，包括技術技能、溝通技能、領導能力與分析問題、解決問題及應變的(危機處理)能力。尤其特別重視目標管理、品質管理及風險管理。再則，系統的邊界是人為的，它其實是四維「時-空」的連貫體，而系統也具有階層(Hierarchy)的結構，其行為受制於

其上位系統，而其效率則來自其內部子系統。因此害物整合管理(IPM)是作物整合管理系統(ICM)的子系統，ICM 的精神乃整合相關的生產技術(包括害物整合管理)進行作物管理，藉以提昇品質、降低生產成本而達提昇競爭力之目的，同時兼顧生長環境之保育，以達永續經營之最終目的，因此 ICM 之執行為一群體合作之工作形態，必需兼顧生產面(經濟的)、生活面(社會的)及生態面(環境的)的總體效益。而 ICM 又是永續農業(Sustainable Agriculture)的子系統，永續農業則為國家永續發展(Sustainable Development)的子系統。因此在邁向永續農業的過程中，永續農業的整體觀是不可輕忽的，其內涵包括土地保存系統、土壤資源保護、農業水有效使用、水土之管理、生物遺傳資源保存、單位面積產量、化學品之控制、病蟲害防治、農藥之管制、大氣環境之影響、能源之耗損、農業組織及制度以及經濟發展，故就整體永續農業而言，不論生產者與消費者均在其中扮演極重要的角色，任一環均不可掉以輕心，如何共同經營而永續發展，實人人有責，而另一重要的理念為有機農業不等同於永續農業，有機農業是達成永續農業過程中所應用的技術與理念。

在系統經營管理的架構下，所有管理策略均為循序漸進、平緩無痕跡的渡過過渡期，而非躁進的，因此在傳統農業多肥多收的觀念下，肥料多為超量使用且多施用複合肥料，造成土壤中的營養成分多者恆多、少者恆少之不平衡狀態，若進入有機農業經營時，立即貿然停用化學肥料，原已過多者或可將其利用、消耗而逐漸降低，但原已缺乏者，則將處於更劣勢，因此合理的方式乃應用作物整合管理的理念，依據土壤及植體分析資料，除施用有機肥料外，將有機肥料不足的肥料由化學肥料補充，而後不斷調降化學肥料之用量，終至不用化學肥料。害物管理的狀況相同，因傳統管理已施用大量之化學農藥，若驟然停用農藥，將導致害物之嚴重發生，甚至無法控制，對經營者將是慘重的損失，對生態平衡亦是一嚴重打擊，因此初期宜採用化學防治與非農藥防治並行，而後逐步減少農藥的使用量，在關鍵時刻作關鍵性施用，例如在苗床期加強用藥而非移植田間後施藥，則用藥量少效果佳，對環境的污染亦少；在逐步的管控下則害物亦逐步減少而至不會造成經濟損失時，則不需再用藥，而另一可行的方法為早期採用部份間作抗害物之基轉植物，以減少害物為害，降低環境中害物的族群

濃度，則可漸次減少害物數量。環境認證與產品認證在有機產品的認證過程中均佔有舉足輕重的地位，產品認證可確知產品中之營養成分及農藥殘留量，但無法知其來源是否為有機質；環境認證則在栽培環境中逐一了解其成分及來源，包括肥料成分與來源、害物管理用資材之種類及用量、灌溉水之狀態，甚至土壤狀態均可一一呈現，更可營造一生物多樣性而達到生態平衡的環境，因此長遠之計，實宜以環境認證為農業永續經營的標的。

