設施作物之病害管理

黃晉興[1,2]

摘要

所謂設施作物指的是作物栽培於簡易型如防蟲網，先進的如溫室，高級的如密閉型人工光源的植物工廠，而在此設施下栽培作物的主要目的是期望能避免不良環境與氣候的影響，減少病蟲害的發生，而能穩定農作物的生產、提高農作物的產量與維持農產品的品質。然而實際的栽培過程中，雖然大部分的病原菌可被隔絕在設施之外或不易在設施內傳播，但要在設施內完全隔絕病害的發生是非常困難的，少部分的病原菌仍有機會進入設施內引起作物病害。作物在設施內栽培的過程中，發生的病害種類理論上會比露天栽培者少，但有些病害在設施內一旦發生，反而會比露天栽培嚴重，並非想像中在設施內栽培作物病害就一定會消失或減少。故病害管理首重了解可能會在設施內發生的作物病害種類，可利用設施系統與栽培流程以減少病原菌進入設施的機會，一旦設施內發生了病害，則藉由了解病原菌傳播的途徑，利用栽培流程的改變與設施環境調控，配合化學、生物農藥或其他防治資材的施用，以減少病害造成的損失。

關鍵詞：設施作物、病害管理。

前言

農業溫室設施是利用各種材料以人為力量所建構的栽培設施，藉以改善作物生長環境，增加產量或提高品質，而作物設施栽培的目的主要有：1. 避免遭受風、雨、過高或過低溫...等不適環境的影響；2. 易於調控作物的生長；3. 期望降低病蟲害的為害，進而達到提高農作物生產與穩定維持品質的目標。台灣四季氣溫宜人，不僅適合作物生長，也使病蟲害繁多，加上夏天易有颱風或強降雨，冬天偶有寒害，故設施栽培被期望能避免遭受不良氣候環境的影響，可產期調節及省工管理，並能有效降低病蟲的為害，進而能提高農作物產量與維持品質。

1. 行政院農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。
2. 通訊作者，電子郵件：jhhuang@tari.gov.tw；電話：(04) 23317509。

目前台灣園藝設施之種類大略可分為溫室 (Greenhouse) 遮雨棚 (Rain shelter) 、網室 (Net house) 、隧道棚 (Tunnel) 等類，而政府從 2017 年起針對 9 型的溫網室有規範與建構補助，如 Venlo 力玻璃型 (WTG)、山型力霸塑膠型 (VTP)、山型塑膠型(VBP)、單斜背塑膠型 (SP)、圓頂力霸塑膠型 (UTP)、圓頂塑膠型 (UBP) 、簡易溫室 (UP)、加強型水平網室 (LTP)、水平網室 (LT) 等，相信對作物設施栽培有鼓勵的作用。

雖然設施作物病害種類比露天者單純，但單純不代表沒有，有時候管理不當反而較為嚴重。雖然設施有效發揮防雨及保溫的效果，反之卻有高溫多濕、通風不良或光線不足的缺點，若再加上密集的栽培和長期的連作，有時會使病蟲害更猖獗。特別是病原微生物，因為以肉眼不易觀察得到，有時栽培者會不慎將之引入設施內，加上設施作物的集約栽培或栽培系統適合病原菌繁殖之故，所造成的病害有時候會導致農作物的損失比露天栽培更多。本文主要介紹作物於溫室內栽培過程中病害如何發生，以及如何進行病害管理。

設施對作物病害之影響

建構設施來栽培作物之目的有一項是期望能杜絕病蟲害，然而病蟲源一旦進入設施內，在設施的保護下無其他競爭者，反而造成更嚴重的問題。

1. 細網：

細網可減少降雨對作物的直擊，以及防止害蟲進入設施內，理論上，16 目的細網就可隔絕大型昆蟲，如蛾類；24 目可隔絕蚜蟲；32 目可隔絕葉蟎；64 目可隔絕細蟎、粉蝨與薊馬，阻絕昆蟲一方面可杜絕昆蟲直接取食危害作物，另一方面也可減少因昆蟲傳播的病毒，如由粉蝨傳播的番茄黃化捲葉病毒。然而實際上，少部分的細小害蟲有機會可直接穿過紗網，或藉由人員或機械器具進入設施內，在無天敵與適合生長的環境下，害蟲一旦入設施後便能快速繁殖而造成危害。

2. 屋頂：

設施屋頂可強化設施的結構，以及可阻絕降雨、降雪等保護設施內的作物免受不良氣候的傷害，同時炭疽病、蔓枯病...等由好水的病原菌造成的病害便大幅減少，因為這些病原菌感染作物地上部位需要有水的環境下才能傳播與感染，在遮雨的環境下便消除了有利病害發生的條件。然而有些病原菌不喜有水的環境，如白粉病菌，在遮雨的設施內會造成較露天栽培作物更嚴重的白粉病，同樣的，

小型昆蟲在遮雨的環境下更能順利生長繁殖 (圖 1)。

3.介質：

利用介質栽培作物有利於作物根部生長，肥料養分能更有效的利用，並希望能免除土壤傳播的病害。一般人誤認為栽培作物以介質取代土壤便不會發生“土壤”傳播的病害，這觀念應修正，造成土傳病害的病原菌是能在土壤中存活才易造成土傳病害，但這些病原菌多半也能在介質中存活，故也能造成利用介質栽培的作物病害。

4.水耕：

利用水耕系統栽培作物可快速操控作物生長，更希望能免除土壤傳播的病害。這觀念也應修正，如同介質栽培，水也是一種介質，只是能造成水耕作物的土傳病害種類少。多數水耕系統在操作數年內作物生長正常，但在沒有自然土壤微生物競爭下，加上水耕循環系統非常適合於病原菌傳播，一旦發生如腐霉菌或細菌造成的病害，便會造成嚴重的損失 (圖 2) 。

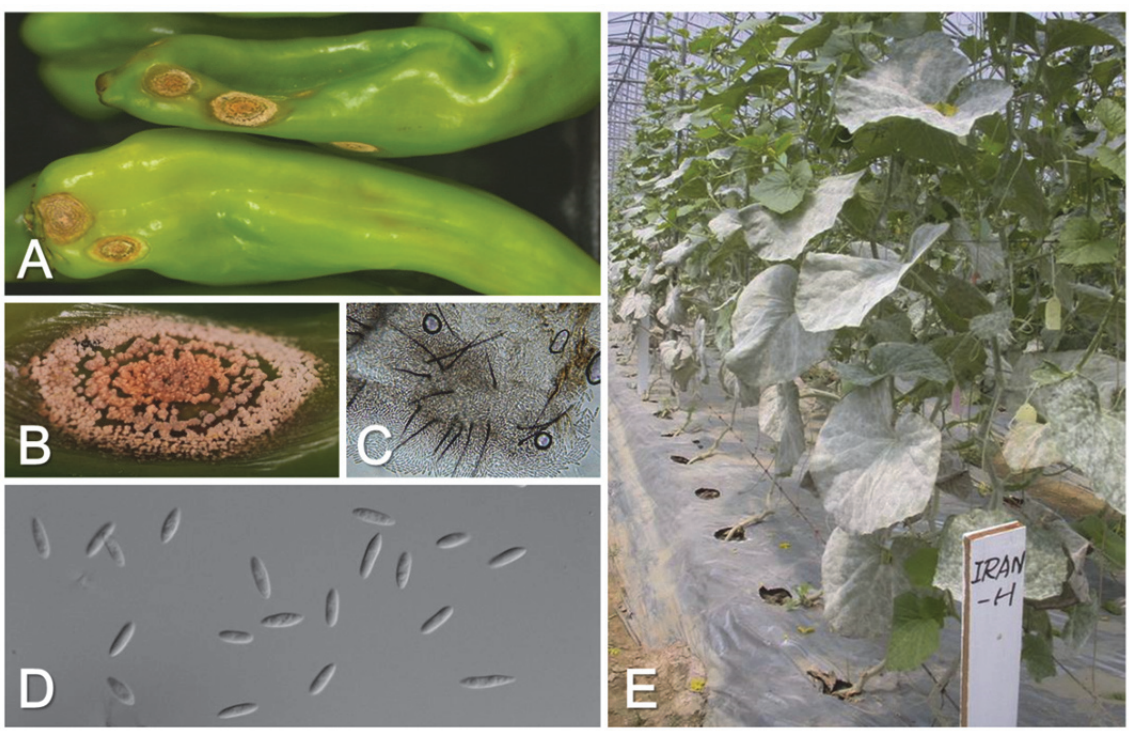


圖 1. 設施遮雨使好水的病害如炭疽病會減少 (A、B、C、D)，但不喜水的白粉病會增加 (E)。

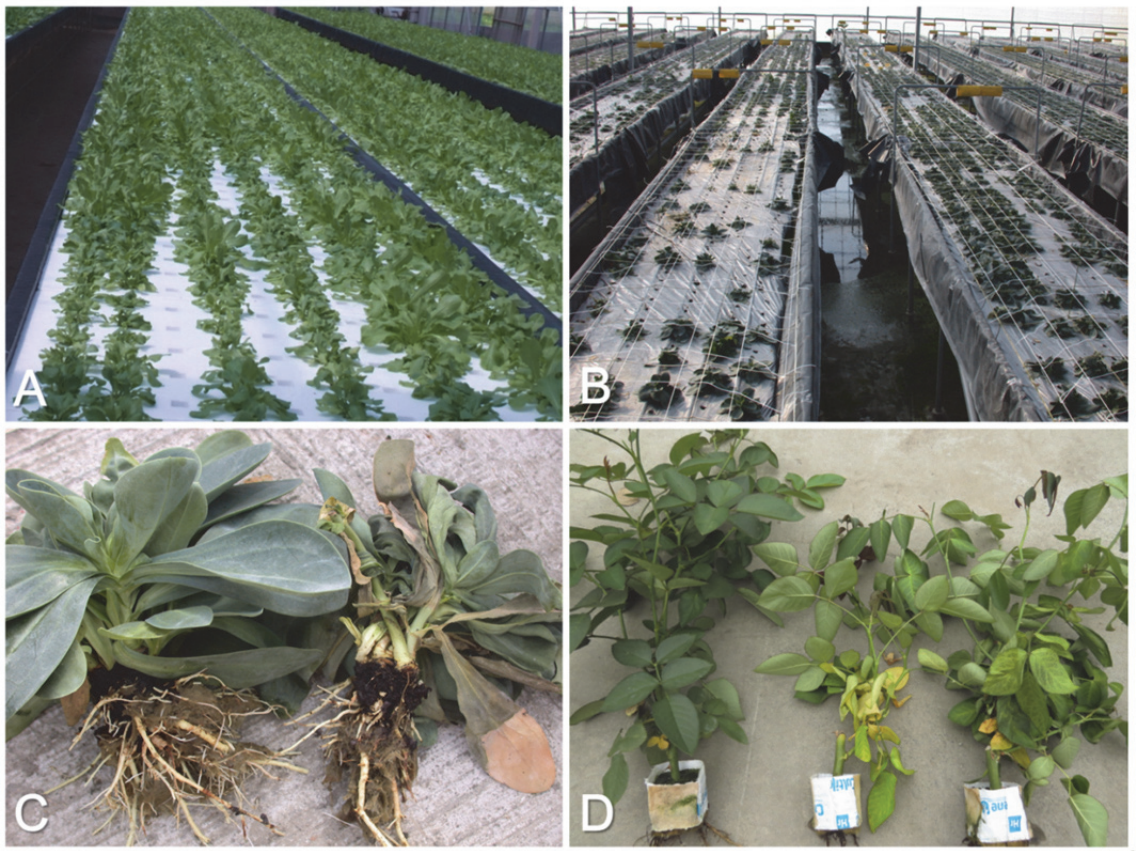


圖 2. 水耕栽培的萵苣 (A)、洋桔梗 (B、C) 與玫瑰花 (D) 也會發生由腐霉菌 (Pythium spp.) 造成之根腐病。

設施作物病害之病原菌來源與傳播

新溫室開始使用時，由於病原菌尚未被引入或族群未達發病的程度，一般較少發生病害，常使栽培者誤認為溫室內不易發生病害，然而數年後，病害逐漸嚴重，甚至爆發嚴重的疫情，常使栽培者措手不及。由於病原菌並不會主動尋找寄主作物，只能被動的被引入設施內，故病原菌進入設施的途徑有：

1. 空氣—像白粉病菌、銹病菌...等不需要靠雨水傳播的病原菌可藉由氣流引入設施內，此外，像設施通風口與其他的開口亦有機會讓病原菌進入。
2. 水—灌溉水 (圖 3) 、接收雨水、回收養液都有可能是設施作物病原菌的來源。
3. 栽培介質—有機介質如泥炭土、蛇木屑、椰殼並非完全不帶有病原菌，可能帶有少量的腐霉菌 (*Pythium* spp.) 或立枯絲核菌 (*Rhizoctonia solani*)。

4. 種子及種苗—這兩項皆是常見病原菌存在之處，且不易發覺，故如何處理便是作物設施栽培的重要課題。
5. 操作人員及機械器具—均進出溫室設施非常頻繁，常將外在的病原菌帶入溫室內而不知。
6. 媒介昆蟲—害蟲能主動遷移到溫室內，故也會將病原帶入，常見的病毒病害常由小型害蟲如蚜蟲、薊馬、粉蝨傳播，有些真菌與細菌也會由蕈蠅攜帶傳播。

病原菌一旦進入溫室設施內，不需要雨水傳播的病害如白粉病，可藉由溫室內氣流傳播，因無雨水的淋洗，則在溫室內反而會嚴重；藉雨水傳播之病害如炭疽病、露菌病、細菌性斑點病...等，原本不易在溫室內發生，若溫室設施使用噴灌方式灌溉，則病原菌可藉由灌溉水飛濺傳播，溫室內若管理疏忽而導致媒介蟲口密度高，導致由昆蟲傳播的病毒病害也會嚴重。此外，循環使用的器具如栽培盆，或重覆使用的介質，皆可能是病原菌傳播的途徑，而殘存於走道及植床下的塵土也可能是病原菌存活的溫床，不可不注意。

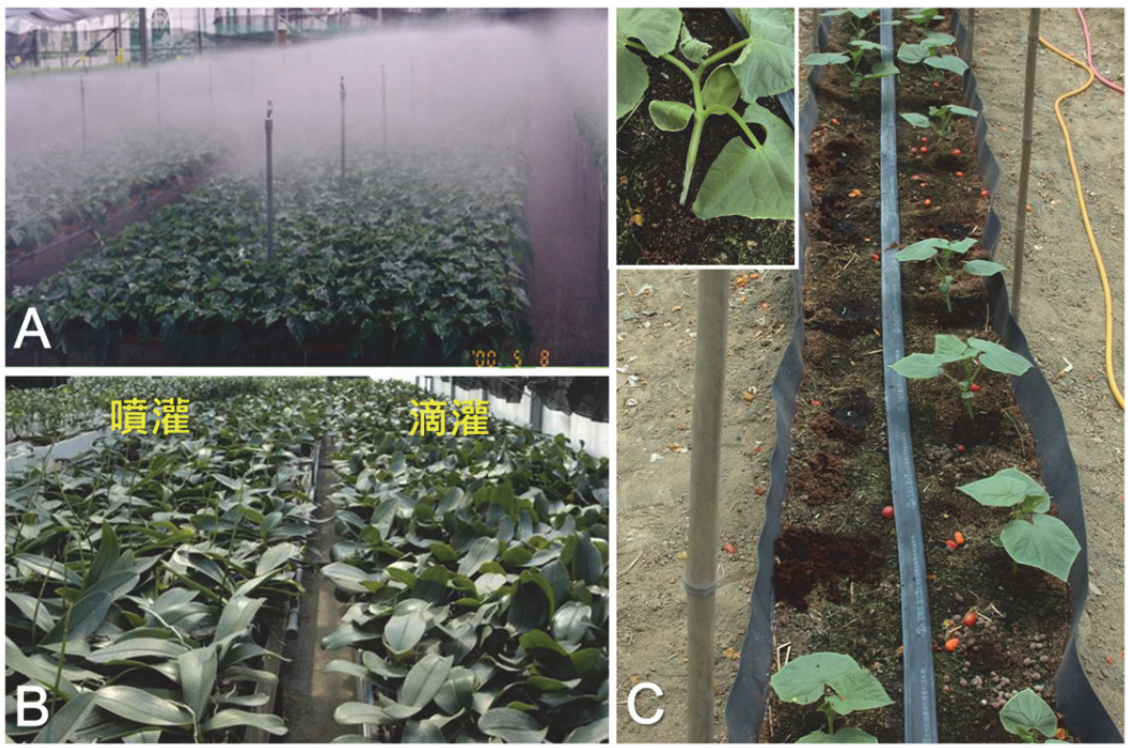


圖 3. 噴灌常是病原菌傳播的途徑之一 (A)，噴灌栽培的蝴蝶蘭軟腐病害發病率較滴灌栽培者高 (B)，介質栽培的胡瓜也會發生由灌溉水傳播的根腐病 (C)。

筆者曾目睹一家水耕花卉溫室的工作人員開著堆高機，將溫室外露天堆放的資材載入溫室內，帶有泥土的輪跡則留在溫室地面上，隔年夏天該溫室即開始發生根腐病，爾後數年此病害一直造成栽培的限制因子。他們不知道水耕作物根腐病的病原菌 (*Pythium* spp.)可存活於土壤而造成植物土壤傳播性病害，工作人員没有病害觀念而引入病原菌，俗語說請神容易送神難，一旦病原菌進入溫室內，遇上寄主與合宜的環境條件則會大量繁殖，很容易就會造成病害，且不易將之完全除滅。

設施無土栽培作物之土傳病害

“無土栽培” 指的是利用各種非土壤的介質來栽培作物，通常需要外加養分來支持作物生長，依栽培介質的不同可區分為固體介質栽培、液體介質栽培及噴霧栽培。固體介質有利用礦物材質如砂、礫、岩綿、人造纖維...等，或是有機材質如泥炭土、蛇木屑、水苔、椰殼纖維、鋸木屑、堆肥、稻殼...等；液體介質栽培即是俗稱的 “水耕”，如環流式、液體升降式、等量交換式、M 式及薄膜式等水耕栽培法；噴霧栽培，即作物根部暴露在密閉空間內，吸收霧狀養液的養分。目前在台灣作物溫室栽培以固體介質栽培為主，液體介質栽培居少數，而噴霧栽培僅侷限於研究試驗而未見商業化應用。

由於無土栽培可利用養液 (通常是化學肥料) 調控作物生長，作物生長較土壤栽培更快、作物開花結果更易被調控，故在溫室內栽培作物大多會選擇無土栽培。然而作物以無土栽培方式並無法免除土壤傳播性病害，一般常見的作物土壤傳播性病原在無土栽培系統皆曾出現，如鐮胞菌 (*Fusarium* spp.) 、菌核病菌 (*Sclerotinia sclerotiorum*)、立枯絲核菌 (*Rhizoctonia solani*) 、白絹病菌 (*Athelia rolfsii*) 、疫病菌 (*Phytophthora* spp.) 、腐霉菌 (*Pythium* spp.) ….等真菌，及青枯病菌 (*Ralstonia solanacearum*) 、軟腐病菌 (*Pectobacterium* spp.) ….等細菌，其中立枯絲核菌及白絹病菌喜好有機質高之介質，而疫病菌、腐霉菌、青枯病菌及軟腐病菌喜好含水量高之介質，尤其在水耕栽培系統中傳播特別迅速。

泥炭土、蛇木屑、堆肥等有機固體介質在偶然的機會可能帶有少量土壤傳播性病原，或是因為栽培者的管理失當而將病原菌引入栽培系統，一旦土壤傳播性病原菌感染作物後，便會大量繁殖，藉由灌溉水傳播而危害整槽作物，殘存於介質或栽培容器上而危害下一季的作物，如腐霉菌、疫病菌、立枯絲核菌、鐮胞菌、

青枯病菌等病原菌常在溫室無土栽培系統發現，而造成嚴重病害。若使用固體介質栽培作物，建議不要一個長槽就數十公尺長，應該短化成數公尺甚至一公尺內就是一個栽培槽或栽植袋，以免一發生病害得大量更新介質與消毒容器。在新介質 (或重複使用舊介質) 進入溫室之前，建議先進行高溫消毒，許多病原菌在 60℃的環境下 30 分鐘會死亡，腐霉菌及疫病菌等甚至在 53℃30 分鐘死亡。在台灣，將舊介質經由 90℃以上蒸氣處理後可完全殺死原存在舊介質的病原菌，是非常值得推廣的防治方法 (圖 4) 。此外，利用氯化苦等藥劑薰蒸介質，絕大多數的生物會被殺滅，包括病原菌、昆蟲、雜草及動物等，形成所謂的近微生物真空 (biological near-vacuum) ，當然可防治病害，不過一旦病原菌引入，會造成嚴重的病害。無土栽培系統的微生物相單純，但也適合某些微生物存活。若拮抗微生物在病原菌引入之前建立族群，則能延緩病原菌的族群建立，降低嚴重病害的風險，可大幅降低防治的成本，但並無法完全遏止病害的發生，若能在介質以蒸汽或化學薰蒸劑消毒之後，再添加拮抗微生物，則防治效果非常好且可持久。

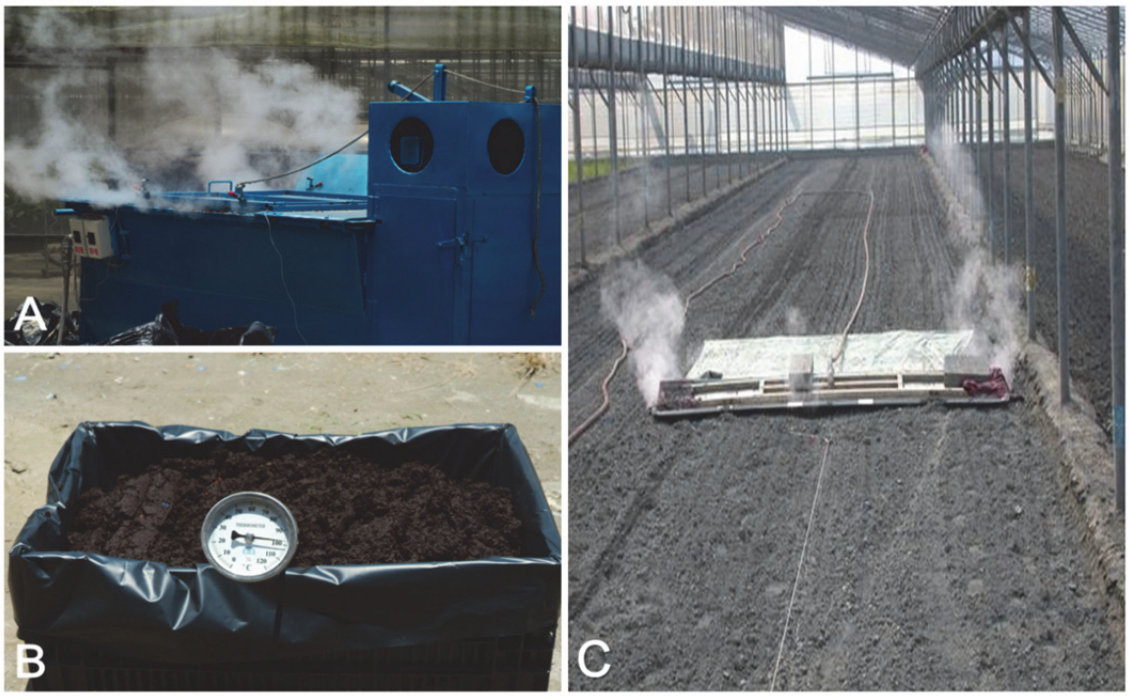


圖 4. 蒸汽消毒可消滅殘存在介質與土壤的病原菌與害蟲 (A、B、C)，大幅降低土壤傳播的病害。

特定的病原菌傳入水耕栽培槽內就可能會造成作物病害，而水耕系統有其特殊之生態系，栽培系統中微生物相單純，一旦引入病原菌之後，因缺乏土壤中多種微生物的競爭，反而使病原菌增殖迅速，尤其一些容易在水中生存的病原菌會隨養液循環而擴及所有作物，其中以腐霉菌 (*Pythium* spp.) 引起的根腐病最嚴重，因這些病原菌會產生具有游動能力的游走子，能在養液或水膜中游動，尤其是循環式的養液或整槽的介質栽培，常導致一整個栽培槽甚致整棟溫室完全無收穫的慘況 (圖 2) ，所以養液循環使用則應嚴格消毒。養液消毒的方法有： (1) 熱處理—95℃30 秒以上； (2) 臭氧處理— 754mV 還原值的臭氧 10g/m^3 處理灌溉水一小時； (3) 紫外線處理—如 250mJ/cm^2 紫外光處理； (4) 碘及氯處理—以 0.7ppm 的碘處理； (5) 施用農藥—養液中施用農藥依得利或銅劑，可防治由腐霉菌和疫病菌引起之水耕蕃茄根腐病，而國內有學者研究於水耕養液中加入 0.58ppm 的鋅錳滅達樂 (Metalaxyl MZ) 可有效防治由腐霉菌引起之水耕葉菜的根腐病，且藥劑殘留量低，但未登記於水耕栽培上使用。

設施作物病害之防治

要將病原菌完全阻隔在溫室設施之外，可能花費會超過防治病害所得的利益，然而在溫室作物栽培流程中操作管理上有一些作為是可以降低病害的危害，在此僅提供一些管理觀念。

1. 避免病原菌進入溫室設施：能減少病原菌進入的機會便能降低病害發生的風險。如溫室入口之前鋪碎石層，以去除鞋底、機具沾黏土壤；溫室入口設置消毒池，將鞋、器具底部附著的病原菌除滅；使用清潔的灌溉水源，避免使用地表水；使用消毒過的介質，並添加有益維生物。
2. 選用健康種苗、抗病品種與抗病根砧：使用未帶重要病原菌的種苗，或在種苗進入溫室之前先以藥劑處理，如草莓溫室栽培所使用的種苗最好是來自遮雨棚或溫室所培育，在育苗期即嚴格防治青枯病、萎凋病與炭疽病等重要病害，以免種苗帶菌而進入栽培溫室內。種植抗病品種以達到病害防治的目的可說是直接有效的策略，以溫室栽培番茄最怕的病害—青枯病為例，可種植‘種苗一號’、‘台中亞蔬四號’或‘花蓮亞蔬五號’等耐熱且抗青枯病品種，亦可使用抗青枯病的茄子品種 (如亞蔬中心之茄子 EG190、EG203 及 EG219 品系，‘鳳試雜交根砧 3 號’) 做為根砧，即可有效避免青枯病。

3. 減少病原菌在溫室內傳播的機會：一些藉雨水傳播之病害，如炭疽病、露菌病、細菌性斑點病…等，原本是不易在溫室內發生，但若是溫室內採用頂部噴灌方式，一旦病原菌進入溫室則亦有機會傳播，而不需雨水傳播的病害如白粉病，可以用其他方法如礦物油、中和亞磷酸或其他化學藥劑防治。在無土栽培系統中，灌溉水常是土壤傳播性病原菌傳播的主要途徑，如採用 50 公尺長的栽培槽一旦在作物病害發生土傳病害後，內裝有的固體介質則應全部更換，故建議使用短槽或袋植，萬一有病害發生則更換的介質量會少很多，在台灣有許多無土栽培的溫室使用袋裝的泥炭土來栽培胡瓜或甜椒，輔以不循環的滴灌供給養液，確實避免了許多土傳病原菌的傳播。此外，一些病毒病害是藉由小型昆蟲傳播或由操作器具傳播，故應注意防治小型昆蟲，以及操作器具消毒。
4. 減少病原菌在溫室內存活的機會：一旦栽植作物發生病害，應不吝將病株並甚至整槽或整袋的介質取出室外，並且介質容器及其他接觸的器具應消毒；收穫後的植株應移出溫室外，避免少數的病原菌在溫室內繁殖；溫室內外、走道、植架下、使用的器材及植槽在栽培輪空期應定期以消毒水 (如次氯酸鈉、二氧化氯、次氯酸水) 等物消毒，以減少病原菌存活的機會，。
5. 施用化學藥劑：化學藥劑仍是防治溫室作物病害最常用、效果最快的方法，然而在台灣尚未有針對溫室作物病害防治的專屬用藥，一般常取自於田間所使用的藥劑用，但溫室作物用藥與露天栽培的施用上最大的不同處是藥劑殘留的問題，由於溫室內的遮雨設施會減緩農藥的降解，所農藥殘留期通常會較露天長，也應注意藥害的問題。由於栽培系統的差異，溫室作物用藥的施用濃度、時機，應經小面積評估後才能大面積使用，並應注意抗藥性的問題。
6. 施用微生物製與或其他無毒資材：目前在台灣被應用於植物病害的拮抗微生物有枯草桿菌 (*Bacillus* spp.) 、螢光假單胞細菌 (*Fluorescent Pseudomonads*) 、放線菌 (*Streptomyces* spp.) …等細菌類；木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 及膠狀青黴菌 (*Gliocladium* spp.,) …等真菌類。其他無毒資材如小蘇打、窄域油或乳化葵花油的稀釋液 200-400 倍可防治白粉病，中和亞磷酸 1000 倍防治疫病、露菌病與白粉病，或是從植物萃取的植物精油 (如肉桂油或香茅油) 或中藥萃取物質 (如虎杖、大黃、大風子等) ，其他如大蒜、糖醋液及苦楝油 (neem oil) 等亦有被拿來防治病害的例子，然而防治效果以中和亞磷酸、油劑及小蘇打的防治效果較顯著。

作者以臺灣溫室設施無土栽培瓜果蔬菜之案例為基礎，加上參考農民實際操作的經驗，介紹病害防治的觀念如下：

1. 溫室完整、內外整潔：保持溫網室的結構完整、入口有雙層網，溫室內有作物殘枝殘葉儘速清除，溫室外 2 公尺內無雜草雜物，這樣的環境可減少病原菌進入設施與繁殖的機會。
2. 遮雨、頂上下捲揚、24 目網：由於臺灣氣候較炎熱，加上遮雨結構以及目數高的防蟲網，將使夏季溫室內的氣溫高達 45℃以上，未發生病害即大量減產。故需要有捲揚設備以及僅用 24 目網防止大型害蟲進入，以利通風降溫，而細小害蟲仍有機會進入溫室內，再用其他方法進行防治。
3. 休耕期徹底清園消毒：每年有一次為期約 2-3 個月的休耕期，徹底的將園區整理乾淨，利用消毒水消毒園內設施主結構、機具、地板、床架...等。
4. 介質蒸汽消毒+微生物：重新栽培作物時，舊介質重複使用並添加新介質，再一起經過蒸汽高溫消毒，待冷卻之後，添加有益微生物。
5. 健康種苗：慎選育苗環境，最好育苗場該棟育苗室只有該農戶的苗，以降低感染病原菌的風險，即使花費較高都值得。
6. 種植前穴盤苗浸藥：種苗入溫室之前，一定要將穴盤苗連苗帶盤浸藥，或是浸稀釋過的乳化植物油，或是窄域油等，以初步將隱藏的細小害蟲除滅。
7. 初期密集用藥：栽培初期瓜果農藥殘留的問題低，故可密集使用農藥，到開花結果期則可少用或停用農藥。
8. 採收期使用安全植保資材：為求瓜果的食用安全，在結果期則使用安全植保資材，如拮抗微生物、中和亞磷酸、乳化植物由、石灰硫黃...等。

結論

對於溫室作物的病害防治觀念應注意預防勝於治療，做好防範措施則可節省未來的防治成本。越是單純的栽培系統 (如水耕系統) 越應杜絕前述病原菌引入溫室的途徑，一旦讓病原進入水耕系統則會繁殖擴散非常快速。溫帶國家的溫室作物栽培技術一向是居於領先，然而引入亞熱帶或熱帶國家，栽培過程中發生的病害問題常是溫帶國家不曾見過或不易見到的，若溫室結構或栽培流程未經適當的修正，有可能會發生溫帶國家無法想像的嚴重病害，這是引進外國溫室系統應注意之處。一般開放式的設施通常是無法阻絕病原菌的進入，溫室作物栽培者應注

意重複使用的資材是病原菌最可能引發病害的的來源，而溫室作物害的防治措施，與露天栽培的防治模式稍有不同，針對病害的生態有初步的了解，利用溫室防雨與管理方便的優點，再施以適當的防治措施。

引用文獻

王三太、許馨云、葉姿瑩、許秀惠。2016。茄子抗青枯病根砧品種選育。「種苗創新技術暨產業發展」研討會。台中種苗繁質繁殖場編印。種苗創新技術暨產業發展研討會專刊 p 1-14.

安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、黃晉興、楊宏仁. 2010. 非農藥防治新技術的 開發與應用. 植物保護通報. 23:6-15.

呂理福. 1988. 養液栽培之種類及其特點. pp8-20. 養液栽培技術講習第一輯. 鳳山熱帶園藝試驗分所編印. 鳳山. 102p.

李敏郎、呂理燊. 1998. 土壤蒸汽消毒防治百合黃化型病害. 植保會刊 40:251-264.

林楨祐、陳甘澍、黃雅穗、羅惠齡、洪爭坊. 2016. 中和亞磷酸對洋香瓜白粉病與果實品質之影響. 臺灣農業研究 65:261-268.

林益昇、黃淑華. 1993. 腐霉菌 (*Pythium* spp.) 引起水耕蔬菜根腐病. 植保會刊 35:51-61.

侯秉賦、賴榮茂、黃　昌. 2015. 安全資材防治小胡瓜白粉病及露菌病初探. 高雄區農業改良場研究彙報 第 25 卷第 1 期.

黃晉興. 1993. 豌豆芽菜根腐病病因學、生態學與防治研究. 國立中興大學植物病理學研究所碩士論文.61 頁.

黃淑華、林益昇、郭孟祥. 1994. 水耕蔬菜根腐病接種源來源、傳播與防治. 植保會刊 36:41-52.

黃淑華. 1991 水耕蔬菜根腐病之病因學、生態學及防治研究。國立中興大學植物病理學研究所碩士論文，台中市，66 頁。

鄭安秀、陳紹崇. 1997. 蒸氣消毒後栽培介質再利用之研究. 植保會刊 39：403(摘要)。

蕭芳蘭、黃振文、林俊義. 1993. 栽培介質對番茄萎凋病發生的影響. 植保會刊 35:157-162.

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.

Bravenboer, L. 1974. Pest and disease control in glasshouses in Northwest Europe. Outlook Agric. 8:95-99.

Cherif, M., Belanger, R. R., 1992. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumbers. Plant Disease

76:1008-1011.

Couteaudier, Y., Alabouvette, C., Soulas, M. L., 1985. Necrose du collet et pourriture des racines de tomate. Rev. Hortic. 254: 39-42.

Daughtrey, M. L., Schippers, P. A., 1980. Root death and associated problems. Acta Horticulturae, 98:283-291.

Dickinbson, C. H., Dooley, M. J., 1967. The microbiology of cut-away peat. Ⅰ. Descriptive ecology. Plant Soil 24:172-196.

Favrin, R. J., Rahe, J. E., Mauza, B., 1988. *Pythium* spp. Associated with crown rot of cucumbers in British Columbia greenhouses. Plant Disease 82:683-687.

Fletcher, J. T. 1984. Diseases of Greenhouse Plants. Longman House, England. 351 pp.

Gillespie, D. R., and Menzies. 1993. Fungus gnats vector *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Ann. Appl. Biol. 123:539-544.

Goldberg, N. P., and Stanghellini, M. E. 1990. Ingestion-egestion and aerial transmission of *Pythium aphanidermatum* by shore flies (Ephydrinae: *Scatella stangnalis*). Phytopathology 80:1244-1246.

Gullina, M. L., and Garibaldi, A. 1994. Influence of soilless cultivation on soilborne diseases. Acta Horticulturae 361:341-354.

Huang, J. H., and Lin, Y. S. 1998. Root rot of vegetable pea seedlings in soilless cultural system caused by *Pythium aphanidermatum* and *P. ultimum*. Plant Prot. Bull. 40:397-408.

Jarvis, W. R., 1992. Managing diseases in greenhouse crops. APS press, St Paul, MN, USA, 288pp.

Jorgensen, J. 1978. Seedborne disease [Application of seed testing in plant disease control]. Seed Science & Technology 6:913-914.

Jenkins, S. F., Jr., and Averre, C. W. 1983. Root diseases of vegetables in hydroponic culture systems in North Carolina greenhouse. Plant Dis. 67:968-970.

Kim, S. H., Forer, L. B., and Longenecker, J. L. 1975. Recovery of plant pathogens from commercial peat-products. (Abstr.) Proc. Am. Phytopathol. Soc. 2:124.

Lin, Y. S., Huang, J. H., and Guon, Y. H. 2002. Control of Pythium root rot of vegetable pea seedlings in soilless cultural system. Plant Pathol.. Bull. 11: 221-228.

Lumsden, R. D., and Locke, J. C. 1989. Biological control of damping-off caused by *Pythium ultimum* and *Rhizoctonia solani* with *Gliocladium virens* in soilless mix. Phytopathology 79:361-366.

Pickett-Popoff, L. and Panter, K. L. 1994. Survey of *Pythium* and *Phytophthora* spp. In

irrigation water used by Colorado commercial greenhouses to determine source of pathogen introduction. Phytopahtology 84:1113. (Abstr.)

Postma, J., willemsen-de Klein, M. J. E. I. M., and van Elsas, J. D. 2000. Effect of the indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwool. Phytopathology 90:125-133.

Price, D., and Dickinson, A. 1980. Fungicides and the nutrient film technique. Acta Hortic. 98:244-282.

Paulitz, T. C. 1997. Biological control of root patogens in soilless and hydroponic systems. HortScience 32:193-196.

Rattink, H. 1982. Disinfection of potting soil by means of gamma-radiation. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent 47:869-873.

Rowe, R. C., Farley, J. D., and Coplin, D. L. 1977. Airborne spore dispersal and recolonization of steamed soil by *Fusarium oxysporum* in tomato greenhouses. Phytopahtology 67:1513-1518.

Runia, W. T. 1994a. Disinfection of recirculation water from closed cultivation systems with ozone. Acta Horticulturae 361:361-369.

Runia, W. T. 1994b. Elimination of root-infecting pathogens in recirculation water from closed cultivation systems by ultra-violet radiation.. Acta Horticulturae 361:388-396.

Runia, W. T. 1993c. Water disinfestation, sand filtration, iodine, hydrogen-peroxide +activators. Annual Report GCRS 1992, 87-89p.

Runia, W. T. 1995. A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless cultures. Acta Horticulturae 382: 221-229.

Samson, R. W., Nugent, T. J., and Shenberger, L. C. 1942. The importance of seed transmission of early blight and *Fusarium* wilt of tomato. Phytopathology 32:16.

Smith, P. M., Ousley, M. A. 1984. Epidemiology and control of *Phytophthora* root rot diseases of woody ornamentals. Annual Report Glasshouse Crops Research Institute, 102-105.

Stanghellini, M. E., Stowell, L. J., and Bates, M. L. 1984. Control of root rot of spinach caused by *Pythium aphanidermatum* in a recirculating hydroponic system by ultraviolet irradiation. Plant Dis. 68:1075-1076.

Staub, T. 1991. Fungicide resistance:Practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. Annu. Rev. phytopathol. 29:424-442.

Zinner, T. M. 1988. Assessment of plant disease in hydroponic culture. Plant Dis. 72:96-99.

Disease Management of Crops Production under Structure

Jin-Hsing Huang[1,2]

Summary

The so-called crop production under structure refers to the cultivation of crops in the simple type structures, such as insect nets, advanced, such as greenhouses, high-level, such as closed artificial light plant factory. The purposes of crop cultivation under structure are not only to avoid the impact of adverse environment and climate but also to reduce the pest damage, thus the production and quality of crop products may be improved. During the cultivation process, most of the pathogens can be isolated outside the structures or difficult to spread under the structures, but it is very difficult to completely keep the pathogens out of the structures. Factually, a small number of pathogens will access into the greenhouses and cause severe diseases. Occurrence of plant diseases may be comparatively less in greenhouses than that in fields; however, sometimes some diseases happen more severe in greenhouses. It is not as we imagine that the plant diseases will disappear or diminish under structures. For disease management, it is important to realize what kind of diseases will happen on the crops cultivated under structures, and then to avoid the pathogens coming into structures accordingly. Once the diseases break out inside the structures, it is also important to survey the pathways of pathogen transmission. Therefore, the disease can be controlled by changing the cultivation processes, adjusting greenhouse condition, spraying chemicals and/or biocontrol agents and/or safety plant protectants to mitigate the yield loss.

Key words: crops cultivation under structures, disease management.

---

1. Associate Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
2. Corresponding author, e-mail: jhhuang@tari.gov.tw; Tel:886-4-23317509.