

出國報告書（出國類別:研究）

赴美國農部農業研究署所屬研究室 技術研習與交流

服務機關： 農業部種苗改良繁殖場

姓名職稱： 馮雅智 助理研究員

林如玲 副研究員

派赴國家： 美國

出國期間： 114 年 03 月 22 日至 114 年 03 月 30 日

報告日期： 114 年 05 月 29 日

摘要

因應 2022 年臺美農業科學合作會議之共識，為強化雙邊人才培育與技術交流，本場人員前往美國農業部（USDA-ARS）馬里蘭州貝爾茨維爾農業研究中心的植物分子病理實驗室（MPPL）以及 APHIS 轄下之植物病原確認診斷實驗室（PPCDL）進行技術研習。研習重點包括植物菌質體（*Candidatus Phytoplasma*）之國際主流檢測與分類技術，熟悉使用 16S rRNA 區域之 universal primer 與 nested PCR 方法，提升低濃度病原之檢出率，並應用 *iPhyClassifier* 系統進行準確分類。此外，學習應用 RPA（Recombinase Polymerase Amplification）結合 CRISPR/Cas12 系統，進行植物病原快速現場檢測，該技術可於室溫下以粗萃液進行螢光或試紙顯色反應，具備快速、靈敏及操作簡便等優勢，已成功應用於多種植物病原之診斷。亦觀摩 APHIS 之 PPCDL 在病毒與類病毒 RNA 萃取、樣品處理與實驗室動線規劃等制度，包括以種子拍打法替代子葉研磨，以提高樣品品質，展現其高度制度化與效率。本次研習除提升植物病原檢測與實驗室操作技術外，亦強化臺美雙邊在農業防疫與生物科技領域之合作基礎，延續前次臺美農業科學合作會議的精神與共識。

目次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、目的.....	3
貳、行程.....	4
參、過程.....	5
一、研習單位介紹.....	5
(一)美國農業部農業研究署組織架構.....	5
(二)USDA-ARS 與 APHIS 研習地點.....	6
1. USDA-ARS.....	6
2. APHIS.....	8
二、ARS/MPPL研習與交流.....	10
(一) 國際植物菌質體最新檢測、鑑定及分類技術與病害流行病學之交流.....	10
1. 菌質體檢測技術.....	10
2. 菌質體鑑定及分類技術.....	11
3. 病害流行病學.....	12
(二) 植物基因組編輯技術於菌質體之檢測應用.....	12
三、APHIS/PPCDL病原檢測技術交流.....	13
肆、心得與建議.....	14
附錄 1. 本次赴美研習交流活動照片記錄.....	18

壹、目的

基於 2022 年「臺美農業科學合作會議」結論，加強彼此間人才培育與技術交流，延續雙方農業研究人員合作網絡以及符合農業委員會施政目標與策略二、健全農業基礎環境（七）因應氣候變遷及動植物疫病防控，結合生物科技與資通訊等前瞻技術之創新與應用，提升農業生產與資源利用效率。因氣候變遷，氣候澇旱分明，氣溫上升，媒介昆蟲族群影響，作物菌質體所造成的病害明顯增多，需要與現今國際最新分類與檢測技術接軌。藉由近年來與美國農業部農業研究署（USDA-ARS）已建立良好交流的管道，赴該署參訪重點研究室，並與研究人員討論，以獲得新的研究觀念與技術。參訪 USDA-ARS 總部位於馬里蘭州貝爾茨維爾（Beltsville）農業研究中心的 Molecular Plant Pathology 研究室，研習作物蟲媒菌質體病害流行病與菌質體病原在國際上的最新檢測、鑑定及分類技術以及了解植物基因組編輯技術（Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats. Repetitive DNA sequences, CRISPR）之最新研究發展與應用，持續加深對臺美雙邊的國際合作提案。

貳、行程

時間		行程內容
3月22日	星期六	啟程(台北→馬里蘭州 Beltsville) 自桃園國際機場搭乘長榮航空 19:40 班機 (BR012)，經洛杉磯轉機到華盛頓杜勒斯國際機場
3月23日	星期日	抵達華盛頓DC，搭車至馬里蘭州Beltsville
3月24日	星期一	拜訪美國農部貝爾茨維爾 (Beltsville Agricultural Research Center, BARC)農業研究署所 屬之分子植物病理學實驗室 (Molecular Plant Pathology Laboratory, MPPL) 各主持人；參訪農部 國家農業圖書館
3月25日	星期二	於MPPL研習在國際上最新植物菌質體檢測技術
3月26日	星期三	於MPPL研習植物菌質體鑑定及分類技術；植物菌質體 病害流行性學交流探討
3月27日	星期四	於MPPL研習植物基因組編輯技術於菌質體之檢測應用
3月28日	星期五	參訪動植物健康檢驗署 (Animal and Plant Health Inspection Service, APHIS)，與植物病原診斷實驗 室 (The Plant Pathogen Confirmatory Diagnostics Laboratory, PPCDL) 進行病原檢測技術交流。 晚上由馬里蘭州 Beltsville到華盛頓杜勒斯國際機 場，搭乘阿拉斯加航空 18:59 班機 (AS435) 至洛杉 磯。
3月29日	星期六	舊金山機場搭乘長榮航空 00:40 班機(BR027)返回桃 園機場，翌日凌晨 05:40 抵達。

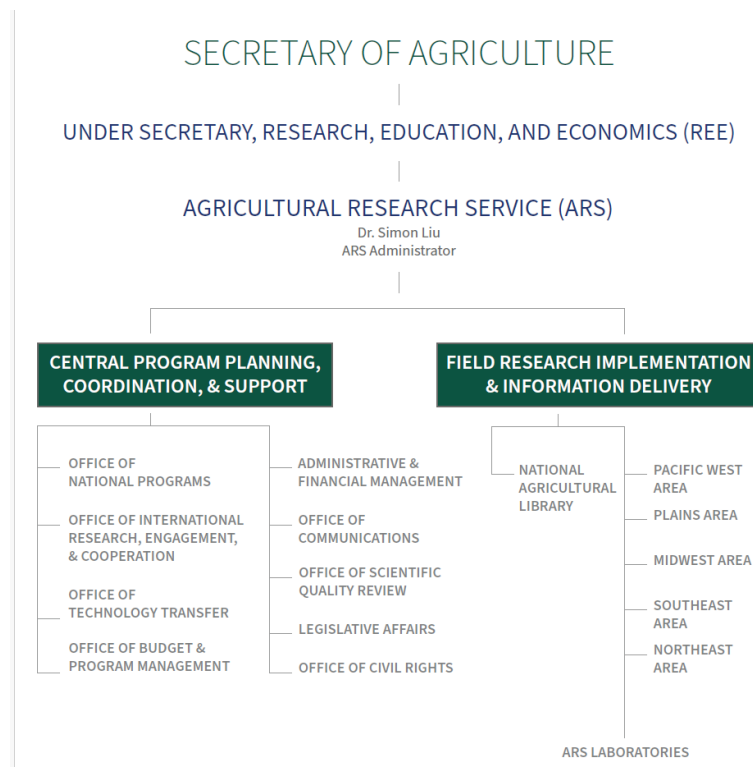
參、過程

一、研習單位介紹

(一) 美國農業部農業研究署組織架構

美國農業部 (United States Department of Agriculture, USDA) 是美國聯邦政府的內閣部門，前身為 1862 年成立的農業司，1889 年升格為農業部，1994 年進行重組。農業部設有部長 1 人與 7 位副部長，採取分工與整合並重的組織架構分成 7 個主要的職能範圍分管不同職能，這次拜訪的農業研究署

(Agriculture research service, ARS) 隸屬於研究、教育及經濟 (Research, education, and economics, REE) 領域項下，ARS 研究發展為多方面，最終目的是確保高產量、高品質又合乎安全營養的健康食品和農畜產品，以滿足社會大眾需求。美國農業部轄下的 ARS 是其主要的科研機構，在全美劃分為 5 個地理區域共設有 90 多個研究機構，分佈於各州，專責農業科學研究負責地區性農業問題的研究與技術開發。ARS 的組織包含國家計畫辦公室 (Office of National Programs)、技術轉移辦公室 (Office of Technology Transfer) 專責將研究成果推廣至農民、企業及其他政府機構，促進技術應用與商業化之、國際研究、合作與參與辦公室 (Office of International Research, Engagement & Cooperation) 與國家農業圖書館等 (圖一)。



圖一、美國農業部組織架構

(二) USDA-ARS與APHIS研習地點

本次前往位於馬里蘭州貝爾茨維爾 (Beltsville) 之 USDA-ARS 總部與位於馬里蘭州 Riverdale Park (Building 580) 動植物健康檢驗署 (Animal and Plant Health Inspection Service, APHIS) 總部二處研習交流。

1. USDA-ARS

(1) 交流研究室- MPPL

美國農業部農業研究署所屬之分子植物病理學實驗室 (Molecular Plant Pathology Laboratory, MPPL) 是一個專注於重大植物病原分子層次研究的核心實驗室，該研究室以植物病原之精準偵測、流行病學解析及基因層次的防治技術開發為主要目標，涵蓋多項重要研究主題，並積極推動跨國科研合作，提升全球

植物健康管理的科學基礎（圖二）。這次與 MPPL 主要進行「植物菌質體國際上的最新檢測、鑑定及分類技術與病害流行病學之探討」及「植物基因組編輯技術之最新研究發展與應用」二部份技術交流與討論。

(2) MPPL 使命

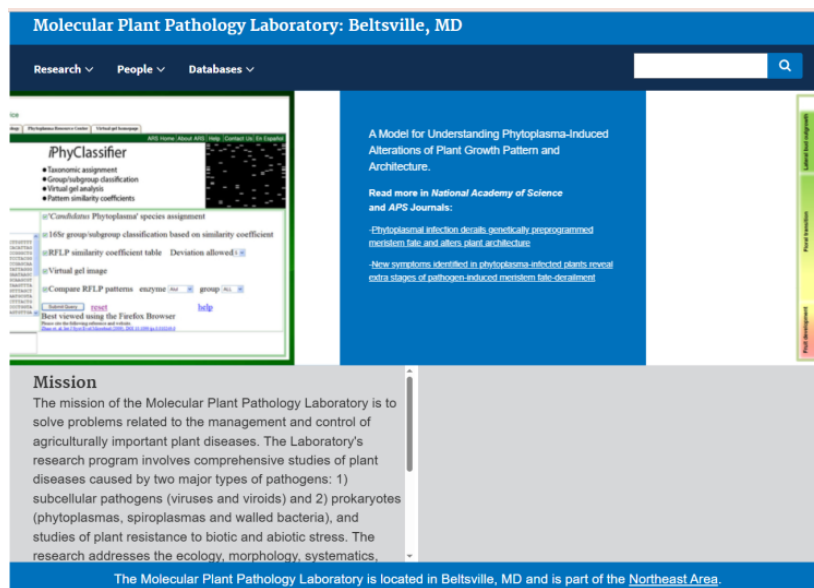
MPPL 是解決與農業重要植物疾病的管理和控制相關的問題。MPPL 的核心使命，在於透過先進的分子生物學技術，強化對植物病害的偵測、防控與分類管理，並提供符合國際標準的檢測方法與資料庫支援。同時，該實驗室亦積極參與國際學術交流與合作，促進全球植物病害研究與資訊共享，支援美國農業體系在病害管理上的決策與政策制定，進而保障作物生產安全與國家植物健康防線的穩定。

(3) MPPL 成員與研究領域

現有成員 6 人，Dr. Rose Hammond 為研究室主管主責病毒與類病毒研究，負責開發高效的病原偵測技術與資料分析流程；Dr. Wei Wei（本次主要參訪與技術交流之學者）與 Dr. Stefano Costanzo 主責植物菌質體研究；Dr. Vincent Klink 主責甜菜相關研究；Dr. Avijit Roy 主責柑橘相關研究；Dr. Lev Nemchinov 主責苜蓿相關研究，各自對應不同經濟作物的病害防治策略，共同推動實驗室整體研究成果的多樣化與應用導向。

MPPL 的工作重點之一為植物菌質體（*Candidatus Phytoplasma*）之研究，Dr. Wei Wei 與 Dr. Stefano Costanzo 主責植物菌質體之相關研究與發展。該類病原難以純化培養，對檢測與分類技術要求甚高，研究室透過發展 16S rRNA 巢式 PCR 技術，提升病原檢測的準確性與靈敏度，並藉由 *iPhyClassifier* 等數

位平台加速鑑定與分群工作。此外，也進行不同寄主品種（如日日春）之感病性比較試驗，為抗病品種篩選提供依據。近年亦積極發展植物基因組編輯與快速檢測平台，特別結合 RPA（Recombinase Polymerase Amplification）與 CRISPR/Cas12 系統，建立可於室溫快速偵測病原之現場應用技術，已成功應用於柑橘螺旋體（*Spiroplasma citri*）等病原體之診斷。



圖二、分子植物病理學實驗室（Molecular Plant Pathology Laboratory, MPPL）

網站資訊

(<https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md-barc/beltsville-agricultural-research-center/molecular-plant-pathology-laboratory/>)

2. APHIS

(1) 交流研究室- PPCDL

植物病原確認診斷實驗室（The Plant Pathogen Confirmatory Diagnostics Laboratory, PPCDL）隸屬於美國農業部之動植物健康檢驗署（APHIS），為美國

聯邦體系內唯一獲得 ISO/IEC 17025:2017 認證的植物病理診斷實驗室(圖三)。

主要負責保護美國農業免受害蟲、疾病和外來物種的威脅，並確保動植物產品的健康與安全。這次要與 PPCDL 進行「病原檢測技術交流」。

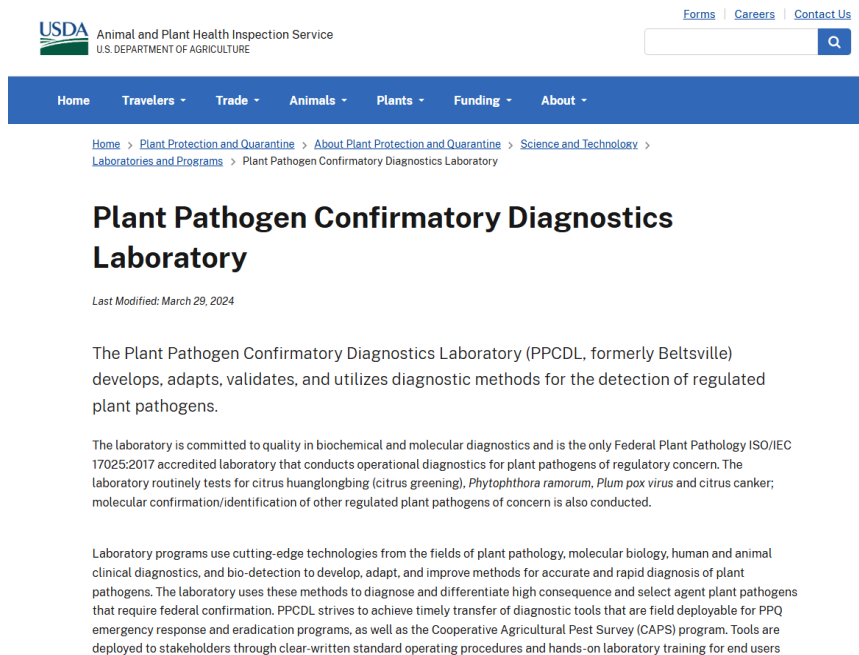
(2) PPCDL 使命

PPCDL 承擔全國性病原診斷的關鍵任務，其核心使命在於開發、優化與驗證植物病原之分子檢測技術，並建立標準作業流程，支援全美植物健康檢疫與管理政策的實施，確保農產品生產體系的生物安全。

(3) MPPL 領域

PPCDL 針對多項重大植物病原進行精準且高效的診斷方法研發，包括柑橘黃龍病(Huanglongbing)、櫟樹猝死病(Phytophthora ramorum)、李痘病毒(Plum pox virus)、柑橘潰瘍病(Citrus canker)及瓜類綠斑嵌紋病毒(Cucumber green mottle mosaic virus, CGMMV)等。實驗室採用來自國際公告機構或具科學依據之文獻作為檢測方法基礎，並進行實驗驗證與操作流程標準化，確保其準確性、穩定性與可重複性。此外，PPCDL 亦負責支援「國家植物診斷網絡(NPDN)」的驗證任務，以及美國植物保護與檢疫(PPQ)計畫下之「國家植物保護實驗室認證計畫(NPPLAP)」。

以科學化、制度化的管理著稱，尤其在感染樣本與潔淨樣本之動線管理上設計嚴謹，有效預防交叉污染。實驗室將檢測器具整合為工作站式管理系統，不僅簡化人員操作流程，更可提升整體檢測效率與品質控管的穩定性，對於提升聯邦實驗室運作效能具有關鍵作用。在植物病原快速檢測、標準化流程、實驗室認證制度及管理經驗等方面，均為其他國家建立或強化診斷實驗室的重要參考依據。



圖三、植物病原確認診斷實驗室(The Plant Pathogen Confirmatory Diagnostics

Laboratory, PPCDL) 網站資訊

(<https://www.aphis.usda.gov/plant-protection-quarantine/about/science-technology/lab-programs/plant-pathogen>)

二、ARS/MPPL 研習與交流

(一) 國際植物菌質體最新檢測、鑑定及分類技術與病害流行病學之交流

植物菌質體(*Candidatus* Phytoplasma) (以下簡稱菌質體) 是重要植物病原菌之一，一般可經由扦插、嫁接等無性繁殖方式、寄生性菟絲子(dodder)及葉蟬、木蝨、飛蝨等媒介昆蟲造成病害傳播蔓延，造成植株花器葉化、矮化、黃化與簇葉等病徵，據報導目前全球已超過千種植物可被菌質體感染，包括多種重要果樹及經濟作物，在農業上造成嚴重的損失。

1. 菌質體檢測技術

由於菌質體尚無法進行人工純培養，傳統病原偵測與分類方法受限，故其分子檢測技術的發展顯得格外重要。目前於國際上偵測菌質體所使用的方法多以 16S rRNA(16S ribosomal RNA)的基因區域開發之廣效性引子(universal primers)以巢式 PCR(nested PCR)進行檢測，針對 16S rRNA 基因的保守區域進行兩階段擴增，能有效提升檢測靈敏度與特異性，特別適用於病原濃度低、分佈不均的樣本情況。此外，為避免非特異性增幅，應根據不同植物品種、症狀與樣本特性選擇適當引子對，以提高準確率。然而在第一次 PCR 及第二次 PCR 具有多組廣效性引子對可做選擇，國際上發表的期刊中所使用的引子對也不一致，經請教美方人員並討論後得知她們在做菌質體檢測時是使用 P1/16S-SR 為第一次 PCR 引子對，再以 P1A/16S-SR 做 nested PCR 增幅，若用國際上常使用的 P1/P7 引子對較容易增幅出其他細菌而非菌質體。另請教美方為何有時已明顯呈現菌質體病徵如花器葉化、簇葉等的材料做第一次 PCR 沒有反應，而要 nested PCR 才能有增幅條帶？美方回應她們也會遇到這樣的問題，猜想是菌質體在植株中低濃度存在且分布不均，因此她們在實務上的菌質體檢測都會做到 nested PCR。我方詢問有沒有偵測不同群的引子對可使用？美方回應目前有群引子對不多，因即使增幅出預期片段仍需再定序做進一步分群確認。

2. 菌質體鑑定及分類技術

菌質體的鑑定及分類需在 nested PCR 的增幅後經定序 16S rRNA 基因區域的序列進行限制酶片段長度多型性圖譜(RFLP)分析，瞭解菌質體之分群情形。近年來線上工具 *iPhyClassifier* 網路平臺之開發，可模擬實驗室限制酵素酶切和凝膠電泳產生 RFLP 圖譜，提供一套快速且準確的菌質體分群工具，利用序列比對與相似性分析輔助分類判讀，大幅簡化人工判定流程。此平台對於研究菌質

體族群結構與病原演化趨勢具有實用價值，亦有助於建立地區性資料庫與提升國際間的資訊整合能力。*iPhyClassifier* 為這次交流的 Dr. Wei Wei 實驗室所開發，基於 RFLP 模式相似性係數而得分，*iPhyClassifier* 可針對菌質體菌株的群和亞群分類狀態給予即時建議，也可與資料庫的「*Candidatus* Phytoplasma」物種所有的參考菌株序列進行比對，計算序列相似性得分，並將菌質體分配到各自的「*Candidatus*」群中。美方操作 *iPhyClassifier* 平臺供我方瞭解，我方也提供在臺定序的菌質體序列，將序列於 *iPhyClassifier* 操作並進行討論。*iPhyClassifier* 的結果呈現為 16Sr group II, subgroup A (16SrII-A)，美方提及 group II 為大群，病害相較為多，需再由參考文獻找其對應的確定種。經由這次討論獲得重要關鍵訊息。

3. 病害流行病學

菌質體一般會以嫁接或莖絲子傳播至日日春 (*periwinkle*, *Catharanthus roseus*) 以維持病菌，美方帶我方到溫室看不同菌質體群嫁接至日日春的試驗株，就我方瞭解在臺灣所使用的日日春試驗株以粉紅花居多，但在 ARS 溫室則只看見白花日日春，詢問美方白花日日春是否和粉紅花有感病性之差別？討論後美方回應因實驗室只保留白花的日日春品種，所以則將其當成試驗株，並未比較不同日日春之感病性試驗。美方提及，我們所看到的日日春試驗株皆已由嫁接或枝條扦插而來，一般在繁殖維持病株時會將罹病枝條剪下後先插在裝水的 50 ml 離心管中數天，待枝條無變黃或褐後再進行嫁接或扦插，因若枝條感染真、細菌會黃化或褐化而影響試驗。

(二) 植物基因組編輯技術於菌質體之檢測應用

柑橘頑固病 (Citrus Stubborn Disease, CSD) 是美國加州地區影響甜橙產量的主要病害之一，主要由柑橘螺旋體 (*Spiroplasma citri*) 引起。該病原會寄生在受感染植物的韌皮部，主要透過葉蟬傳播，嫁接也可能是其傳播途徑。因此，確保母樹在嫁接前未被柑橘螺旋體感染至關重要。然而，由於 CSD 的症狀與其他生物及非生物逆境所引起的症狀相似，難以區分罹病和健康的柑橘植株。雖然目前主流的檢測方法以 PCR 技術為主，但因需要在實驗室內進行，缺乏可於田間迅速檢測的技術。本次於 ARS 的 MPPL 主要是由 Dr. Justin Shih 操作本項技術研習，首先利用重組酶聚合擴增 (RPA, Recombinase Polymerase Amplification) 技術，在室溫下快速增幅病原體的特定基因片段。隨後，利用 CRISPR/Cas12 系統進行序列特異性切割，藉以開發一種能夠以植物組織粗萃液，進行快速螢光或試紙顯色檢測柑橘螺旋體的方法。這項技術將 CRISPR/Cas12 的精準序列辨識與 RPA 的快速擴增結合，實現了快速、便捷且高效的植物病原檢測。目前，這項技術也已被應用於病毒如番茄褐色皺果病毒 (Tomato brown rugose fruit virus, ToBRFV)、細菌及真菌等病原的檢測，後續將有助於其他重要病原田間立即檢測方法的開發，是未來精準病害管理的重要工具。

三、APHIS/PPCDL 病原檢測技術交流

PPCDL 位於 Beltsville，是動植物健康檢驗署 (APHIS) 下的檢測實驗室，也是唯一獲得 ISO/IEC 17025:2017 認證的聯邦植物病理實驗室，專門負責病原檢測方法的開發、調合與驗證。該實驗室的主要檢測項目包括柑橘黃龍病、櫟樹猝死病菌 (*Phytophthora ramorum*)、李痘病毒 (Plum pox virus) 及柑橘潰瘍病 (Citrus canker) 等。此外，PPCDL 還負責提供病原診斷控制標準，並支持

國家植物診斷網絡 (NPDN) 的驗證工作。同時 PPCDL 也是 PPQ 國家植物保護實驗室認證計劃 (NPPLAP) 的核心實驗室，負責能力測試 (proficiency test) 的發動等。本次參訪由實驗室副主任 Dr. Vessela Mavrodieva 簡介該實驗室的病原檢測及實驗室管理概況，並由安全協調員 Dr. Muhammad Ilyas 說明相關檢測技術的操作。原則上，PPCDL 實驗室採用國際公告或論文發表方法作為檢測方法，但會進行驗證並進一步標準化成實驗室的作業流程。在類病毒的檢測部分，該中心也是採用廣效性引子對 (degenerate primer) 進行檢測，但後續定序是自己實驗室內執行。與我國公告方法較不同的是在病毒 RNA 萃取的部分，依該實驗室的執行經驗，認為類病毒主要分佈在種皮，因此種子均質時並未將子葉磨碎，而是透過拍打機進行種子按摩，取澄清萃取液進行 RNA 萃取。另外針對 CGMMV 等的病原檢測，為提高時效，該中心沒有使用出芽測試，但若有檢出，會進一步透過生物檢定法確認。此次技術交流讓我們深入了解 PPCDL 認證實驗室嚴謹的管理方式，特別是在感染材料與潔淨材料的動線流程安排，及透過將操作器具整合成工作站 (workstation) 式管理，以減少檢測人員在紀錄上冗贅的確認流程，進而提高檢測的效率和準確性。

肆、心得與建議

本次赴美國農業部農業研究署 (USDA-ARS) MPPL 研習與動植物健康檢驗署 (APHIS) 所屬 PPCDL 研究室進行技術研習與交流，對於提升本場病原檢測技術、實驗室管理效能及拓展國際合作視野具有重要意義，讓我們深刻體會到病原檢測技術在提升檢測效率和精確度方面的重要性。在美方 MPPL 實驗室的研習過程中，

不僅深入了解植物菌質體之檢測、分類與流行病學等核心議題，亦透過實地操作與討論，掌握如 16S rRNA 巢式 PCR、引子選擇原則、iPhyClassifier 平台應用等關鍵技術，有效提升對低濃度、不均勻分布病原的偵測能力。同時，結合 RPA 與 CRISPR/Cas12 系統之現場快速檢測平台，展現分子診斷技術在田間即時應用的潛力，對未來精準防疫及病害預警系統的建立，提供關鍵技術基礎。MPPL 的 Dr. Wei Wei 及團隊於菌質體領域發表多篇學術論文，包含菌質體之檢測與研究、探討菌質體的基因組結構與多樣性和與宿主的相互作用等，赴美期間與 Dr. Wei Wei 及其團隊包含博士後 Dr. Justin Shih、技術員 Ms. Kristi D. 與 Ms. Kailin Flowers 進行多項技術交流與討論包含核酸萃取技術、iPhyClassifier 平臺操作與病害流行病學討論，瞭解菌質體現今最新分類與檢測技術與國際接軌；結合 RPA 與 CRISPR/Cas12 系統的病原檢測方法，不僅能在現場進行快速、靈敏且具高特異性的檢測，還為植物病害的早期預警和精準防治提供了強有力的技術支持。另外，在參訪 APHIS 所屬 PPCDL 認證實驗室，瞭解美國在植物防疫與檢疫檢測的樣本之檢測流程與時間掌握及檢測技術之應用，深入觀摩其高標準的病原檢測流程、實驗室認證制度與工作站式管理模式，特別是在樣本處理動線與操作效率方面的制度設計，對我方 TAF 認證實驗室具實質借鏡價值。PPCDL 在類病毒檢測流程中對樣品前處理方法的創新調整，例如採用拍打法萃取 RNA、縮短檢測時間與提升準確率，皆顯示該實驗室在維持科學嚴謹與操作效率之間取得良好平衡。在參觀其檢測實驗室，瞭解認證實驗室之管理模式及高效的檢測流程後，對於如何通過先進的檢測技術及科學管理提升病原檢測的準確性與可靠性有了更全面的認識，這些學習經歷將對本場認證實驗室的管理與效率提升提供寶貴的啟發。

建議事項：

鑒於本次赴美研習所觀摩與學習之病原檢測技術及實驗室管理制度，建議本場未來可從三個層面積極推動改進與落實：

1. 病原檢測技術與國際接軌

於 MPPL 與 PPCDL 二處研習後受益良多，包含最新菌質體病原檢測、分類鑑定技術以及美方現行防檢疫檢測病害之技術。由於菌質體無法在人工培養基中培養，它們的檢測與分類需依賴分子生物技術，又菌質體在植株中的濃度與分布不均，常造成檢測上的困難。如何建立菌質體的 PCR 檢測技術？如何在多組廣效性引子中選出適用於巢式 PCR 的條件？皆是一項挑戰。Dr. Wei Wei 之團隊為國際上菌質體研究的先鋒，經由與美方交流後獲得最新菌質體病原檢測、分類鑑定技術，將來可於臺灣疑似菌質體病害之檢測應用，以快速及準確掌握國內病害情形。結合 RPA 和 CRISPR/Cas12 系統的病原檢測方法，具有能現場操作、無需昂貴設備的優勢，並且具備快速、靈敏且高特異性的特點，特別適用於田間病原診斷。此技術可以在植物病害防治的早期預警中扮演關鍵角色，未來可成為田間現場檢測的強大工具。儘管目前 gRNA 和 Cas12 酶的成本較高，但鑑於其在快速且高靈敏度病原檢測中的潛力，仍然值得投入科研計畫，開發更具成本效益的方案，以促進這項技術在農業現場的廣泛應用。PPCDL 實驗室雖曾參考國際檢測機構及文獻方法建立各項檢測標準作業流程，但仍會持續依據不同的病原種類及實驗結果修正各項操作，例如番茄種子的類病毒檢測，使用小型、拍打式研磨機結合自動核酸萃取機，這提供我們反思，認證實驗室如何在精簡的人力下，透過 PDCA 的過程進行實驗室方法的精進。

2. 實驗室作業流程與管理制度的優化

可參考 PPCDL 之工作站式管理模式，針對操作動線、樣品分類、器具使用與紀錄登打流程進行整合與精簡，避免交叉污染風險並提升人員作業效率，可以做為本場 TAF 認證實驗室的精進參考。實驗室亦可導入 PDCA 管理循環

（Plan-Do-Check-Act）制度，針對各病原別持續優化作業細節，並建立檢測標準作業程序（SOP）之檔案化與內部稽核制度。透過管理細節的改善，可以減少檢測人員在紀錄登打的時間，並避免繁冗重複性過程造成誤繕，以提高檢測流程的效率和準確性。

3. 持續加深對臺美雙邊的國際合作提案

基於 2022 年「臺美農業科學合作會議」結論，加強彼此間人才培育與技術交流，延續雙方農業研究人員合作網絡以及符合農業委員會施政目標與策略二、健全農業基礎環境（七）因應氣候變遷及動植物疫病防控，結合生物科技與資訊等前瞻技術之創新與應用，提升農業生產與資源利用效率。可持續延續本次與 USDA-ARS/MPPL 及 APHIS/PPCDL 所建立的合作網絡，透過短期人員互訪、技術資料分享與共同研究計畫提案，推動雙邊合作常態化與制度化。亦可透過「臺美農業科學合作會議」平台，積極爭取雙邊合作專案資源，進而提升國際能見度與科研能量。學術與經驗交流為踏出的第一步，期盼未來能持續與美方進行交流，增進雙方研究想法及技術探討，以提升我國病原檢測能力及病原研究之水準。

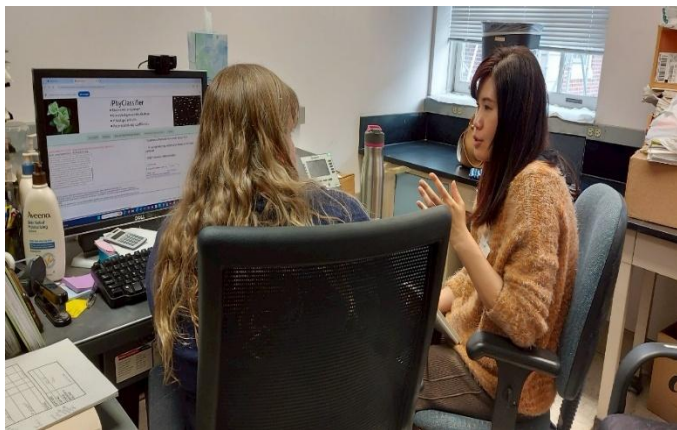
附錄 1. 本次赴美研習交流活動照片記錄



拜訪 USDA-ARS 總部，於國家圖書館合照。（圖左至右為林如玲博士、Dr. Wei Wei 與馮雅智博士）



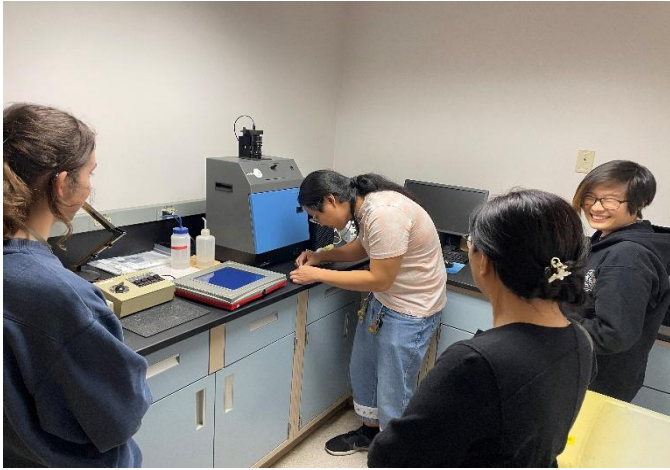
拜訪位於馬里蘭州貝爾茨維爾 (Beltsville) 之 USDA-ARS 總部。（圖左至右為 Dr. Justin、馮雅智博士與林如玲博士）



馮雅智博士（右）與 Ms. Kristi（左）討論菌質體的鑑定及分類 *iPhyClassifier* 平臺之應用。



林如玲博士（右）與 Dr. Justin（左）討論利用 CRISPR/Cas12 系統植物基因組編輯檢測 *Spiroplasma citri* 技術。



上圖: Dr. Justin (左 2) 操作 CRISPR/Cas12 植物基因組編輯系統檢測 *Spiroplasma citri* 試驗 (右 2 為林如玲博士)。下圖: 將反應管置於 UV 下看檢測結果, 有螢光訊號即為感染 *S. citri*。



於 APHIS 之 PPCDL 交流討論後合影。(左至右為 Ms. Bomin、PPCDL 安全協調員 Dr. Muhammad Ilyas、Dr. Stefano Costanzo、PPCDL 實驗室副主任 Dr. Vessela Mavrodieva、馮雅智博士與林如玲博士)。



種子前處理拍打機。



左圖為自動化核酸萃取儀；右圖為 PCR 操作平台。



Dr. Wei Wei (右) 分享最近收集的近百個不同聖誕紅品種，欲分析探討在聖誕紅中的不同菌質體相。左為馮雅智博士。



馮雅智博士(右)與 Ms. Kristi (左) 討論菌質體於日日春試驗株之病害流行病學。



植物菌質體核酸萃取流程討論



參訪於 ARS 溫室之柑橘黃龍病及其他柑橘病害試驗株。馮雅智博士（左）與林如玲博士（右）討論病株之病徵。