

出國報告（出國類別：考察）

赴美國國家植物種原系統(NPGS)進行 種原保存技術交流

服務機關：農業部農業試驗所

姓名職稱：林延諭 助理研究員、曾馨儀 副研究員

派赴國家/地區：美國

出國期間：113 年 8 月 17 日至 113 年 8 月 30 日

報告日期：113 年 11 月 12 日

摘要

本次赴美主要目的是參訪美國國家植物種原系統（National Plant Germplasm System, NPGS）的營運模式與技術，藉此深入了解並交流種原保存與繁殖技術，深化臺美雙方在種原管理上的合作。NPGS 作為全球領先的植物遺傳資源保存系統，下轄全美 22 個種原保存與繁殖中心，擁有完善的基礎設施、明確的分工及穩定的資源支持，充分保障其植物種原保存、繁殖及研究功能。本次參訪的重點包括位於科羅拉多州的國家遺傳資源保存實驗室（National Laboratory for Genetic Resource Preservation, NLGRP）及位於喬治亞州的植物遺傳資源保存單位（Plant Genetic Resources Conservation Unit, PGRCU）。

在本次參訪中，我們了解到 NLGRP 為 NPGS 的所有種原庫提供了穩定的安全備份服務，保存超過 50 萬份種原。除傳統的種子庫 (-18°C) 保存外，NLGRP 也發展了液態氮超低溫保存技術，以確保難以低溫低濕保存的植物遺傳資源可長期保存。我們觀摩其種子發芽率檢測的流程，檢測方法及標準均依據種子分析協會（AOSA）規定，發芽率較低的種子使用四唑檢定法（TZ 法）進行染色測試，若種子仍具有活力將測試不同打破種子休眠的方法。在 PGRCU，我們參訪其種原保存、繁殖、分贈及種子營養成分分析等主要作業流程，並與花生為主的各項豆類、蔬菜、雜糧、草類及組織培養甘藷等多樣化遺傳資源的研究與管理人員一一交流。本次參訪所獲得的技術經驗對提升我國國家作物種原的管理具有積極的意義。

種原是農業研究與育種的基礎，要妥善保存龐大的種原是艱鉅而細緻的工作，且往往不會即時顯現出令人矚目的成果，但其價值最終將在未來農業的長期發展中展現，為人類應對氣候變遷、糧食安全、營養、健康及文化傳承等多層次需求提供重要支柱。藉由本次參訪，我們了解到，美國國家種原系統藉由充足的基礎經費配置及完善的分工體系，確保各項種原保存業務穩定運作，並使研究人員能專注於種原保存的技術研發。同時，也讓我們有機會與其建立寶貴的合作關係，並在深入的討論中逐步達成共識。未來期望透過持續的國際合作，共同分享經驗與資源，攜手守護這些珍貴的希望種子，為農業的可持續發展提供堅實的支持。

目次

壹、	參訪目的.....	4
貳、	參訪行程.....	5
參、	參訪內容.....	6
肆、	心得及建議.....	11

壹、參訪目的

植物遺傳資源保存是國家農業發展的基石，對育種及各項植物研究的成功至關重要。自 20 世紀中期以來，各國逐漸植物遺傳資源保存視為攸關國家安全的基礎工作，臺灣亦於 1993 年成立了國家作物種原庫，至今已運作 30 年，保存超過 10 萬份種原，隨著營運週期與庫藏量的增加，無可避免的需面對種子活力下降、龐大數量的種原更新及特性調查、人力資源減少與經驗傳承等問題。面對氣候變遷、病蟲害及糧食安全等多重因素的影響，臺灣亟需加速進行種原的評估與研究，以提升作物對氣候變遷的適應能力並滿足不同市場的需求。此外，國家作物種原庫亦保存了大量無性繁殖作物，這些作物保存更容易受到外在環境的影響而消失，種種挑戰對種原庫的永續發展構成了嚴峻考驗。

然而，這些挑戰並非臺灣所獨有，全球各地的種原庫也面臨相似的問題。因此，我們必須透過國際合作，共同分享經驗與技術，以攜手保護珍貴的作物遺傳資源。此次訪問美國國家植物種原系統 (USDA-ARS National Plant Germplasm System, NPGS) 的目標，是建立雙邊穩固的合作關係，學習和交流種原保存的技術與經驗，確保植物遺傳資源的長期保存與可持續利用。

美國國家植物種原系統由 22 個保種單位組成，保存有 1 萬 6 千個物種，近 60 萬份種原，具備明確的分工與完善的設施，並擁有廣泛的全球合作網絡。本次參訪單位包括位於科羅拉多州 Fort Collins 的國家遺傳資源保存實驗室 (National Laboratory for Genetic Resource Preservation, NLGRP) 及位於喬治亞州 Griffin 的植物遺傳資源保存單位 (Plant Genetic Resources Conservation Unit, PGRCU)。通過實地參訪，我們深入了解其現行的標準作業流程與保存技術，涵蓋超低溫保存技術、種子發芽力檢測、資料庫管理系統及 GRIN-U 平臺等，以強化臺灣作物種原庫的營運管理並擴大種原的利用價值。

貳、參訪行程

日期	行程內容	主要參訪單位與接洽人員
8月17日 (星期六)	路程：台北-舊金山-丹佛-科林斯堡	
8月18日 (星期日)		
8月19日 (星期一)	NPGS 介紹、種子分析、活力測定、異儲型種子保存、拜訪中心主任、CSU 校園導覽	單位： 國家遺傳資源保護研究室 科羅拉多州立大學 人員： Dr. Gayle Volk Dr. Chris Richards Dr. Maria Jenderek Dr. Shaimaa Ibrahim Dr. Lisa Hill Dr. Daren Harmel Prof. Pat Byrne Dr. Hannah Tetrealt Dr. Marty Reisinger Amy Gurza Andy Hagan Ashley Shepherd Bobbie Ambruzs
8月20日 (星期二)	ARDEC 參訪、臺灣種原庫介紹專題討論 TTZ 種子活力檢測、種子壽命	
8月21日 (星期三)	種子入庫、線上 GRIN 系統介紹、花粉及休眠芽超低溫保存、馬鈴薯微體繁殖	
8月22日 (星期四)	應用超低溫保存、族群遺傳分析、意見交流	
8月23日 (星期五)	野生物種採集介紹	
8月24日 (星期六)	CSU 花卉試驗園參訪	
8月25日 (星期日)	路程：科林斯堡-丹佛-亞特蘭大-格里芬	
8月26日 (星期一)	花生、豆類、蔬菜種原保存繁殖、種原庫介紹、甘藷組織培養保存、種原成分分析	
8月27日 (星期二)	草類作物種原保存、Byron 繁殖園參訪	單位： 植物遺傳資源保存單位 喬治亞大學 人員： Dr. Shyam Tallury Dr. Bob Jarret Dr. Melanie Harrison Dr. Ming Li Wang Dr. Brad Morris Brandon Tonnis Prof. Chung-Jan Chang
8月28日 (星期三)	拜訪喬治亞大學榮譽教授 Prof. Chung-Jan Chang	
8月29日 (星期四)	路程：格里芬-亞特蘭大-舊金山-台北	
8月30日 (星期五)		

參、參訪內容

一、美國農部國家植物種原系統簡介

美國農業部 (United States Department of Agriculture, USDA) 農業研究署 (The Agricultural Research Service, ARS) 國家植物種原系統 (National Plant Germplasm System, NPGS) 是美國植物遺傳資源收集、保存、評估及分贈的核心機構。NPGS 的主要目標是支持農業研究及推動農業持續發展，保護並確保植物遺傳資源的可持續利用。NPGS 收集保存 60 萬份以上的植物遺傳資源，涵蓋 16,300 多個物種，根據植物生長環境需求，分佈保存於全美 22 個保存單位，每年分贈超過 20 萬份種原供研究、育種及教育使用。本次參訪地點包括位於科羅拉多州 Fort Collins 的國家遺傳資源保存實驗室 (National Laboratory for Genetic Resource Preservation, NLGRP) 及喬治亞州 Griffin 的植物遺傳資源保存單位 (Plant Genetic Resources Conservation Unit, PGRCU)。

NLGRP 位於科羅拉多州立大學 (Colorado State University, CSU) 內，該校創立於 1870 年，為一所研究型公立大學，系所涵蓋科學、工程、人文、商業、社會科學、農業及公共衛生等領域。NLGRP 座落於校園鄰近鐵路之一隅，比鄰園藝系、生物學系及作物科學系，地利之便有助維持學術合作關係與創造人才交流機會，鄰近鐵路，對於如液態氮等重要物資的運輸具有優勢。此外，科林斯堡位處美國地理的中心位置，有利於全國性的種原備份，並且於面臨災害時也能快速調度；而乾燥的氣候更有助於種原長期保存，這些地理條件優勢皆是 NLGRP 選址於此的原因。

NLGRP 是美國農業部 (USDA) 設立的高安全性長期保存設施，保存植物、動物和部分微生物遺傳資源。NLGRP 擁有世界上最大的遺傳資源收藏，動物部分保存涵蓋 36 種家畜的 167 個品種，植物部分則保存超過 50 萬個品系，包括栽培種、野生種及瀕危植物。NLGRP 所保存的遺傳資源型態包括植物的種子、花粉、無性繁殖體以及動物的精子、胚胎和組織樣本。

本次參訪主要針對植物遺傳資源保存的部分，在這方面，NLGRP 的主要任務是為 NPGS 所有保存單位提供種原的安全備份 (safety duplication)，目前 NPGS 保存的種原中，約有 80% 已於 NLGRP 完成備份。除此之外，NLGRP 也為非屬 NPGS (如大學、其他機構、外國種原庫、CGIAR 及美國境內保種組織等) 提供種原安全備份。NLGRP 保存方式有：(1) 種子庫 (-18°C)：用於保存大多數正儲型植物種子，約佔總保存量的 82%、(2) 超低溫液態氮保存設施 (-135°C--196°C)：保存包含莖頂 (shoot tips)、休眠芽 (dormant buds) 及花粉，約佔

總保存量的12%，其中數量最多的是蘋果的休眠芽，保存約2,400個品系。

PGRCU 保存著多樣化的植物遺傳資源，數量近10萬份，約1,600個物種，主要包含豆類、蔬菜、野生近緣種、牧草、藥用植物、果樹和園藝作物等，主要工作包含種原收集、保存、特性調查與評估、種原分贈等，保存方式包含種子庫(-18°C)、組織培養、田間保存等。其參與之 S-009計畫與美國南部多個州合作，於收集和保存南部地區特有的植物遺傳資源，包括野生近原種、地方品種以及具有農業或園藝價值的作物，並進行種原的特性調查與評估。

二、種子活力檢測

Dr. Shaimaa Ibrahim 向我們說了發芽試驗及種子處理的過程，在接收種子之後，需要測量總重與百粒種，並推算種子粒數。接收到種子後會暫存於5°C、相對溼度24%的冷藏庫中，並依序進行登記、測重、包裝及發芽率檢測等，檢測完成的種子包裝於鋁箔袋中存放於-18°C 冷藏庫保存。種子發芽率測試依據美國官方種子分析協會（Association of Official Seed Analyst, AOSA）出版的指引(AOSA rules for testing seeds)進行，該指引提供了一套全面的種子測試標準和程序，以確保種子的質量、純度與活力。發芽率檢測主要包含不同 species 發芽的方法、條件與正常苗的判斷標準。NLGRP 有3間不同溫度的生長室20/30°C、20°C與15/25°C，日照8小時，對於硬殼的種子需要使用刀片割傷，使種子可以吸收水分，並依照 AOSA 評估標準分類為發芽種子或不正常種子，因檢測植物種類繁多，實務上需藉由經驗累積輔助結果判定。部分發芽率差的種子可能是休眠、活力不佳、未成熟或硬殼等原因所導致，需採用不同方法進一步釐清，包括四唑檢定法(Tetrazolium test, T.T.C.法或 TZ 法)染色，並依據 AOSA 指引判定結果，TZ 法可有效區分休眠種子與失去活力的種子。許多野生近緣種種子常處於休眠狀態，必須打破休眠以檢測種子發芽率，常用的方法為低溫、GA、KNO₃等。新的物種需要搜尋文獻並進行測試，若常見的方法皆無法打破休眠，可嘗試模擬種子蒐集的環境條件，試驗過程中通常使用顯微鏡輔助觀察，檢測結果將登錄在資料庫中並進行必要的備註。除了起始發芽率外，也會進行保存中種子發芽率的監測，種子在保存15-20年後會檢測發芽率，種子於-18°C 冷藏庫取出後置於5°C、相對溼度24%的冷藏庫24小時後進行發芽率檢測，若發芽率下降會通知負責該項作物的保存單位提供更新的種子作為備份，並確認其庫存種子品質與數量，以即加入待繁殖清單，以確保種原永續保存與持續的可獲得性。

三、種子庫保存

種子庫保存溫度為-18°C，NLGRP 保存的種原中，約82%保存於種子庫。NLGRP 種子庫中的種子以 NPGS 其他種原庫的安全備份為大宗，同時也提供其他國家、機構的種子備份保存。值得一提的是，NLGRP 亦為具有植物品種保護法 (plant variety protection, PVP)的種子提供保存服務，必須包含 3,000 顆未經處理且發芽率達到 85% 或更高的種子，在20年品種權保護期間是以“black box”方式保存，以維護品種持有者的權利，然於其保護失效後，便會納入 NPGS 公開收藏的一部分，並提供分贈。每一份種子會有一張手寫的紀錄卡，記錄其相關基本資料(日期、發芽率等)，也會將資料記錄在資料庫中，種子以鋁箔袋包裝，袋上之標籤貼紙包含 barcode 條碼、學名、PI number 等資訊。種原庫的機械設備維護有專門技術人員負責，也設有發電機設備提供備援。

四、超低溫保存

對於無法以傳統低溫低濕種子庫保存的作物，如果樹、營養繁殖作物等，以液態氮冷凍保存(-196°C)是一種安全且可長期保存的策略，可減少田間保存所花費的空間與人力，但門檻較高，需要相關的技術與設備。NLGRP 保存的種原中，有約12%採超低溫，保存的型態為種子、花粉、休眠芽、莖頂分生組織及其他組織培養體。

一些果樹若在不同地區或開花期不同，可藉由保存之花粉進行授粉，花粉保存較種子或分生組織容易，能耐乾燥的花粉可以用超低溫保存的方式保存，但某些自交作物，如小麥其花粉無法忍受乾燥環境則無法超低溫保存。目前 NLGRP 保存花粉的作物有山核桃(pecan)、棗樹(date palm)、李屬(Prunus tree)。花粉採集含苞的花並將花粉從中分離及乾燥，樣品盡可能在3天內處理完成以保持活力，超低溫保存的花粉最適含水量則因物種而異，將花粉裝入試管中進行超低溫保存。花粉活力檢測可在培養基中進行，從液態氮取出之花粉在相對濕度98%-100%環境中放置4小時，再將花粉移至培養基中以鋁箔紙包覆，放置室溫一夜，隔日以顯微鏡觀察花粉管生長情形。

休眠芽保存數量以蘋果最多，枝條採集的時間點為冬季，由田間種植的樹木剪下休眠的枝條，將其切分成約3.5公分的小段，並乾燥至含水量 25-30%後，將之包裝到聚烯烴管(polyolefin tubes)中，以每小時降1°C的速度由-5°C冷卻降至 -30°C，並在-30°C 下保持 24小時。最後將含有休眠芽的試管轉移至超低溫保存設施中長期儲存。活力評估的過程為將芽從液態氮移至 -5°C的冰箱 24小時後，放入潮濕的泥炭苔中 14 至 21 天，再將它們嫁接到砧木上，以進

行活力評估和恢復。需保存的品系數量多時可搭配 DNA 遺傳分析，保存歧異度高的種原，提升保存的效率。

中間型種子(*intermediate seeds*)及異儲型種子(*recalcitrant seeds*)種子無法忍受足夠的乾燥，壽命較短，無法在傳統的種子庫中存活。中間型種子如木瓜、咖啡，對乾燥中等敏感性，對低溫相對不敏感，而異儲型種子如荔枝、酪梨，則種子無法忍受乾燥。NLGRP 發展了保存中間型及異儲型種子的方法，包含以乾燥胚胎、組織培養、及種子等方式於超低溫液態氮中保存，此過程需要預處理，如緩慢冷卻或使用抗凍劑，以防止冰晶在細胞內形成。

五、GRIN-Global 資料庫系統與 GRIN-U 線上學習網站

種原資源資訊網絡(The Germplasm Resources Information Network, GRIN)(<https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/search>)是 NPGS 主要的種原資料庫系統，提供種原資料查詢，包含基本資料、分類學、特性資料、照片及其他資料等，查詢的資料可下載成 Excel 檔，同時也可進行種原分贈申請或產製統計報表資料。GRIN-Global 是 GRIN 的全球擴展版本，是由全球作物多樣性信託基金(Global Crop Diversity Trust)、國際生物多樣性組織(Biodiversity International)和美國農業部農業研究局(USDA-ARS)共同開發，免費開放提供給其他種原庫使用，使用 Windows 環境，編輯資料時使用者無需額外寫程式碼，除了外部查詢系統外也包含內部的庫存管理，方便內部人員管理種原庫存狀態及資料登錄，並有豐富的教育訓練資料提供使用者參考，是功能完善且被廣泛使用的種原資料庫管理工具，未來可評估使用 GRIN-Global 系統，與國際化接軌。

種原的保存與管理牽涉許多專業知識及長期累積之經驗，在人員更替時，需有效的將這些專業知識與經驗傳遞給接任者，以維繫種原庫長期穩定運作。為此，NPGS 開發了 GRIN-U (<https://grin-u.org/>) 線上學習平臺，提供世界各地的種原庫管理人員免費線上學習資源。其教育內容包含文章、影片、電子書、手冊和線上課程等，內容包括種原保存、種子品質檢測、超低溫保存技術、作物學、病蟲害管理、氣候變遷、育種等主題，為專業的種原保存人才培育提供系統性的教育學習平臺。

六、農業研究發展與教育中心田區參訪

在科羅拉多州立大學農業研究發展與教育中心(Agricultural Research, Development and Education Center)的田間展示區，土壤與作物科學系的名譽教授 Patrick Byrne 為我們介紹作物種原的多樣性，包括茄科、十字花科、豆科

等，如草豆(Grasspea)、指穀(Finger Millet)、篋麻、蠶豆、茄子及番茄，詳細說明不同品系特色及演化關係。田間展示玉米的祖先-大芻草(teosinte)馴化為栽培種玉米的過程，藉由其 F₁到 BC₄族群田間表現，我們可以直觀的看到馴化的過程中發生的改變，例如減少的分支，使能量集中於單一主莖的果穗，因而產生更多的可食用種子，花序、種子排列與種子大小等性狀亦發生改變。此外，Prof. Byrne 也介紹了“美國三姊妹”（Three Sisters）的栽培方式，它是美洲原住民開創的一種傳統農作法，由玉米、豆類與南瓜三種主要作物組成，三者間協同生長形成了可持續的互利共生系統。最後 Prof. Byrne 也提到氣候變遷帶來的挑戰，包括氣溫上升、收穫期延後及更加匱乏的水資源，因此，更適應極端氣候的野生種、野生近緣種或地方種是未來值得探索開發的重要植物遺傳資源。

七、檢測 RNA 的完整性來監測種子壽命

Dr. Hannah Tetreault 為我們介紹藉由檢測 RNA 的完整性來監測種子活力的試驗。其研究結果顯示，RNA 完整性的下降可能種子在乾燥儲存期間壽命縮短的早期指標，隨著種子的老化，其 RNA 完整性會顯著下降，透過計算 RNA 完整性數（RIN），可精確監測種子在儲存過程中的老化狀態。與傳統的發芽檢測相比，RIN 具有更高的敏感性，可更早偵測到儲存種子的變化，且所需的種子數量較少，因此，RIN 檢測為預測種子壽命並提高種子庫管理效率的一種科學方法，特別適合用於珍稀或難以獲得的植物遺傳資源。

八、人員交流與專題討論

本次參訪中，由林延諭助理研究員詳細報告臺灣種原庫保存現況及相關研究，並與與會人員積極交換意見。報告中特別分享了臺灣小米從 NPGS 引種回臺並返回部落的故事，展現種原保存的重要性及其在育種上的應用價值，這次報告引起與會者的熱烈迴響，不僅讓美方更深刻地理解他們的工作對全球種質資源保存的貢獻，也喚起了他們對種原管理共同挑戰的共鳴。

專題討論後，我們拜訪了中心主任 Dr. Daren Harmel，表達了此行的目標並感謝 NLGRP 同仁的協助，同時探討了未來更多合作的可能性。全球的種原庫普遍面臨相似的挑戰，例如種質資源的老化（包括種子、設備、人力等）、低度的種原評估和繁殖人力的不足，這些都影響到種原保存的效率。未來，我們期望透過更密切的合作，共同分享經驗並推動技術研發，以強化遺傳資源保存的實力，並在未來的農業發展中創造更多的價值。

九、PGRCU 種原保存與繁殖系統

本此參訪另一個單位為 PGRCU，主要負責美國南部的種原保存，業務包含種原收集、保存、繁殖、分贈、特性調查、發芽率檢測、種子精選及乾燥等(乾燥室的條件為5°C，相對濕度25%)，種原保存設施包含種子儲存設施、組織培養實驗室、發芽實驗室與特性調查實驗室，並參觀田間種原繁殖項目，包含豆科、茄科、葫蘆科等，平均每年繁殖的數量約2,700品系。田間介紹豇豆與綠豆的間隔繁殖，藉由生長勢的差異，可避免豇豆蔓性造成雜交或混種。該地區地質為紅土砂質，適合花生的種植，繁殖的地點主要在 Byron，而野生種較蔓性則種植在溫室大型盆栽中，以避免混雜，田間繁殖難度較高的種原也會被移到溫室種植。特性評估方面，PGRCU 建立了種子成分分析系統，可檢測種子的蛋白質、醣類、油份等，通過花生成分分析，已發現多個高油酸含量的品系，這些來自不同來源的高油酸花生提供了育種的多元選擇。在草類種原的保存中，PGRCU 主要使用盆栽方法來保存各品系，以避免彼此間的雜交。此外，該單位還建立了垂直水耕系統，專門用於蔬菜種原的繁殖。對於甘藷，則主要採用組織培養技術進行保存，確保該作物的基因多樣性在長期保存中不受影響。

肆、心得及建議

透過本次參訪，我們深入研習交流 NPGS 的種原保存方式與技術，對未來提升我國國家作物種原的管理具有積極的意義，以下是參訪之心得與建議：

- 一、GRIN-U 線上平臺：GRIN-U 提供了免費且豐富的學習資源，為全球種原保存人才的培育提供了優質教材。我國種原庫近年也將面臨人員退休的情況，亦可開發相關技術教材，如拍攝影片、製作手冊等，以減緩人員流動的衝擊，並推廣種原保存的必要性與價值。
- 二、超低溫保存技術：對於無法以種子保存的作物，超低溫保存技術提供了一種有效的解決方案。然而，由於此技術涉及專業設備與技術需求，不同作物及不同栽培環境可能需要獨立開發保存與評估技術。目前我國種原庫於人力、技術、經費及經驗不足的情況下尚無法獨立維持。建議未來加強與 NLGRP 合作，學習並引入相關技術，應用於重要果樹種原之長期保存。
- 三、經費與人力資源管理：此次參訪中，我們發現許多在臺灣面臨的基礎營運挑戰，美方也認知到這些問題的存在，但由於資源配置充足，這些問題並未對其日常運營造造成實質困擾。例如，種原老化以及電費和人事費用上升等問題，在美國並不顯著。作為農業基礎設施的一部分，美國政府為 NPGS 各單

位配置充足的基礎運營經費，能夠充分支應種原保存所需的各項資源，包括電費、人力、繁殖及研發等。美國政府不僅確保這些基礎需求的資金充足，還會隨著人事費用、電費及物價上升而適時調整經費，以維持穩定的運作。各業務均有專人負責，分工明確且行政流程簡化，使得研究人員能將約 80% 的時間投入於研究工作，從而有效提升管理及科研成效。充足的經費保障使美國的研究人員能專注於其專業工作，無需分心於行政或額外的經費籌措。建議逐步增加種原庫的基礎經費配置，以確保穩定營運並聚焦於核心任務，從而有效提升植物遺傳資源的保存品質及永續保存的目標。

四、可應用於種原保存管理的改善建議：

1. 短期：增加 TZ 法於種子品質檢測，並利用掃描器建立種子影像資料，以減少光線干擾提高影像檢測準確性。
2. 中期：設立實體展示苗圃園並建立種子成分分析技術。
3. 長期：導入 GRIN-Global 資料庫作為種原數據管理系統、建立超低溫保存技術。

五、合作與資源共享：種原保存是一項艱鉅而細緻的工作，雖然往往不會即時顯現出令人矚目的成果，但它的價值最終將在未來農業的長期發展中展現，為人類應對氣候變遷、糧食安全、營養、健康及文化傳承等多層次需求提供重要支柱。本次訪問讓我們有機會建立寶貴的人脈，並在深入的討論中逐步產生合作共識。種原庫在全球範圍內普遍面臨資源、技術及人力上的挑戰，特別是隨著種子老化及庫存的增加，使這些問題更為嚴峻。因此，通過強化跨國合作，共享經驗和技術資源，不僅能提升種原保存的效率，還能共同致力於確保這些希望種子，為未來的農業發展和糧食安全提供長久的支持。

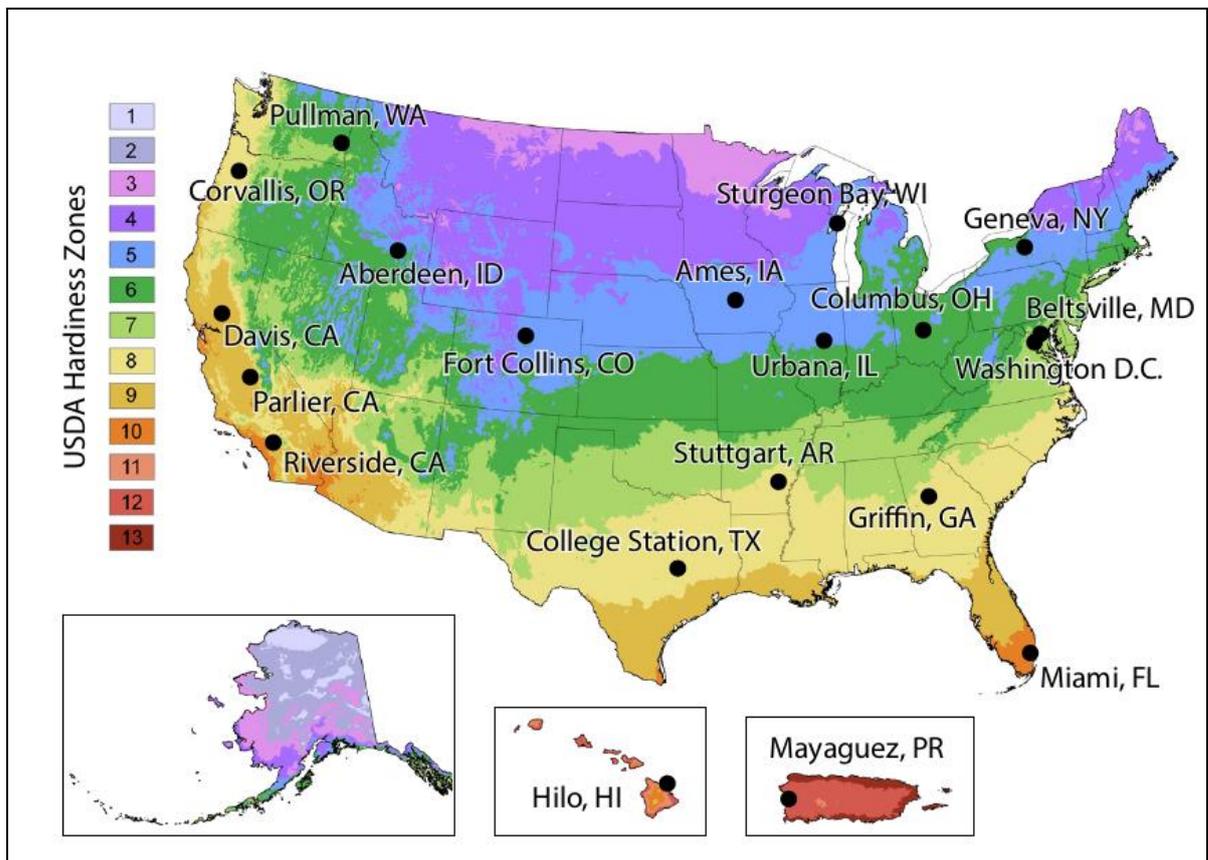


圖 1、NPGS 的研究及保存地點分布地圖。(<https://www.ars-grin.gov/Pages/NPGS>)



圖 2、拜訪 NLGRP 暨 CARR(Center for Agricultural Resources Research)主任 Dr. Daren Harmel



圖說 3 Dr. Gayle Volk 介紹美國國家植物資源系統(NPGS)下的 22 個種原保存與繁殖單位



圖 4、位於 NLGRP 的種原保存庫(-18°C)，保存正儲型種子。



圖說 5、液態氮超低溫保存設備(-196°C)，保存休眠芽、花粉、種子、莖頂組織等。



圖說 6、林延諭助理研究員向 NLGRP 人員介紹臺灣的種原庫。



圖 7、科羅拉多州立大學土壤與作物科學系的名譽教授 Dr. Patrick Byrne(左一)在田間展示區向我們介紹種原的多樣性。



Monitors (Cold and LN2)		New Accessions	
500+	50	2000+	4 x 50
300-499	25	1000-1999	2 x 50
200-299	10	500-999	50
200 or less	No test	425-499	25
		301-424	10
		300 or less	No test

圖 8、Dr. Shaimaa Ibrahim 示範種子活力檢測使用四唑檢定法(Tetrazolium test)染色(左)與發芽率檢所需的種子量(右)。

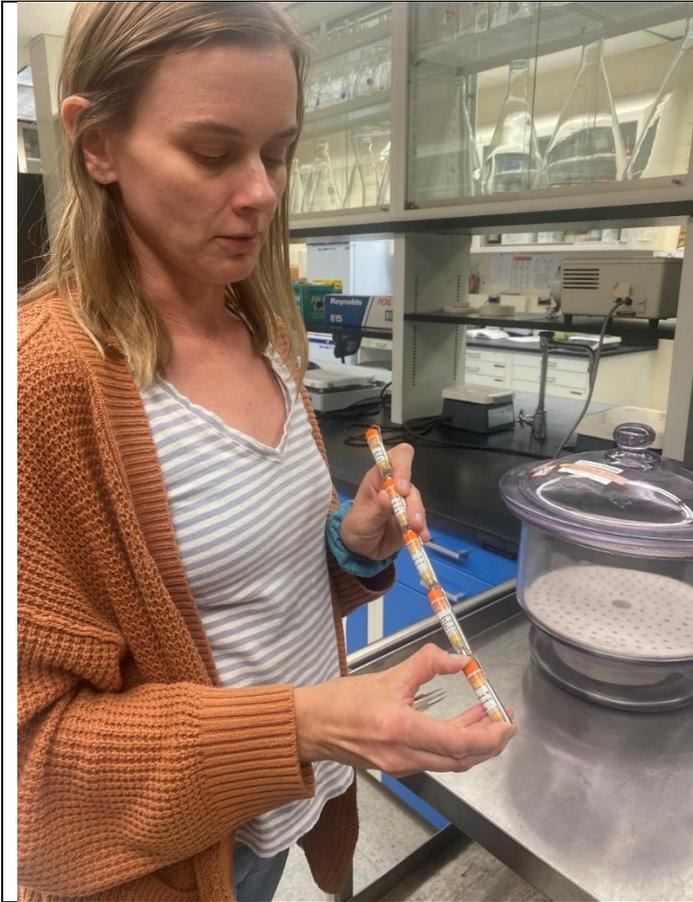


圖 9、 Ashley Shepherd 介紹花粉超低溫保存技術。



圖 10、 Dr. Maria Jenderek 介紹莖頂組織培養與超低溫保存技術。



圖 11、Dr. Hannah.Tetreault 介紹檢測 RNA 的完整性的技術，應用於種子壽命與活力的評估。



圖 12、Dr. Lisa Hill 介紹中間型種子(intermediate seeds)及異儲型種子(recalcitrant seeds)的超低溫保存技術。

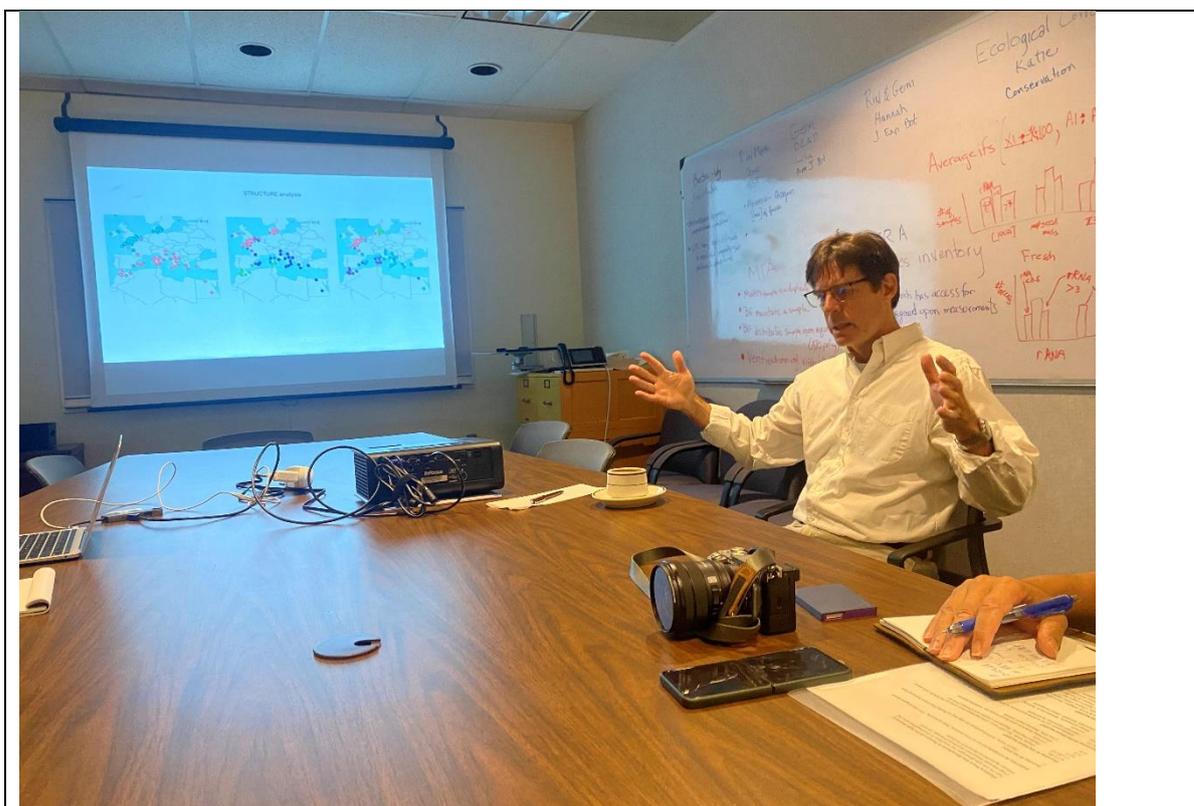


圖 13、Dr. Richards Christopher 介紹族群遺傳分析。

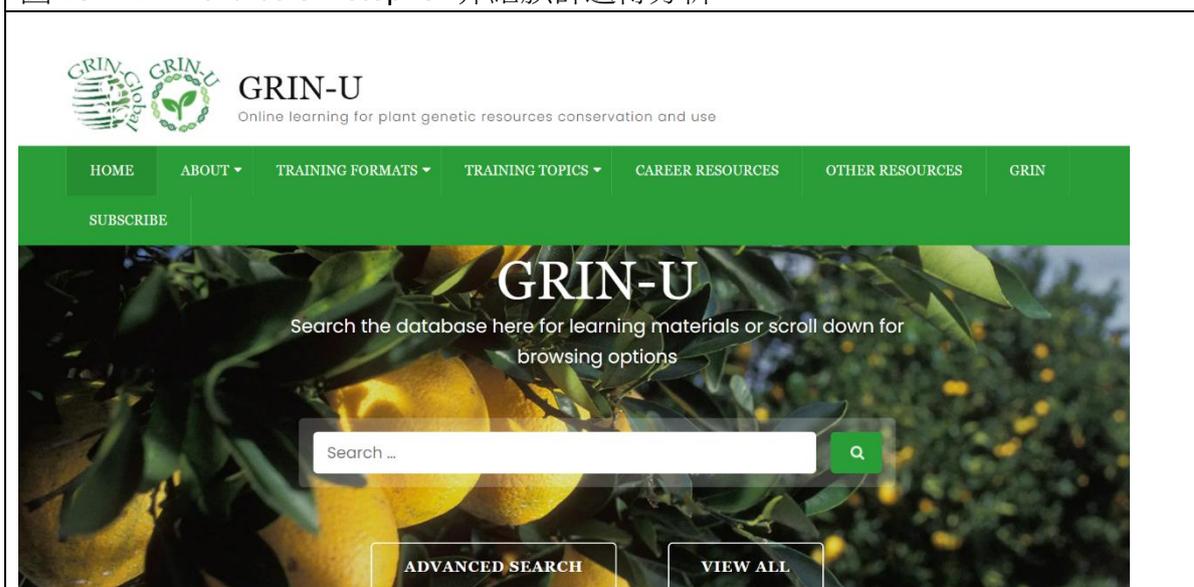


圖 14、GRIN-U 植物遺傳資源保護與利用線上學習網站



圖 15、Dr. Melanie Harrison 介紹 PGRCU 種原保存設施



圖 16、Dr. Shyam Tallury 介紹花生種原保存



圖說 17、Dr. Brandon Tonnis 介紹種子化學成分分析技術



圖 18、Dr. Ming Li Wang 介紹甘藷種原保存與組織培養



圖 19、豇豆與綠豆繁殖時同時種於田間並間隔種植，以避免豇豆蔓延及雜交。



圖 20、Dr. Brad Morris 介紹草類的種原保存



圖 21、PGRCU 的種子庫(-18°C)。



圖 22、垂直型水耕系統。



圖 23、蓖麻種原繁殖，旁邊種有太陽麻進行隔離。



圖 24、Dr. Melanie Harrison 介紹竹子種原保存



圖 25、CSU 的花卉試驗花園，每年舉辦展示不同公司的花卉品種，並提供票選。



圖 26、本所人員與 PGRCU 人員合照。