

出國報告（出國類別：開會）

參加「2025 年國際種子檢查協會 年會」出國報告

服務機關：農業部種苗改良繁殖場

姓名職稱：

邱燕欣 副研究員兼科長

劉明宗 研究員兼副場長

派赴國家：

紐西蘭 基督城 (Christchurch, NZ)

報告日期：

民國 114 年 7月15日

出國時間：

民國 114 年 5 月 3 日至 5 月 11 日

公務出國報告摘要

目的：

參與 ISTA 主辦之「種子品質對全球糧食安全與生物多樣性的重要性（Seed Quality for Global Food Security and Biodiversity）」種子研討會（Seed Symposium）及各項技術委員之工作會報（ISTA Technical Committees Open Meeting），掌握種子檢測領域最新學術研究與實務應用趨勢。會議期間與 ISTA 秘書處及各國技術代表進行交流，強化國際合作網絡，並尋求我國種子檢查室實務執行及產業檢測問題之解決方案。由本場劉明宗副場長代表我國出席 ISTA 常務會議（ISTA Ordinary General Meeting, OGM），積極維護我國參與國際組織之權益與能見度。

年會過程：

本次國際種子檢驗協會（International Seed Testing Association, ISTA）年會於紐西蘭基督城（Christchurch, New Zealand）舉行，農業部共派員兩名全程參與此次活動。年會於 5 月 5 日正式開幕，並於同日舉辦以「種子品質對全球糧食安全與生物多樣性的重要性（Seed Quality for Global Food Security and Biodiversity）」為主題的種子研討會（Seed Symposium）。

研討會內容主題分為三大場次，涵蓋以下議題：

1. 種子活力與休眠的基本原理（Fundamental Principles of Seed Vigour and Dormancy）、原生種子的復育應用（Native Seeds for Restoration）、種子與微生物的交互作用（Seed Microbial Interactions）。
2. 種子檢測的新工具與新技術（New Tools and Technologies）。
3. 新品種與新作物（New Varieties and Crops）、健康種子（Seed Health）。

此外，大會也舉辦以「新育種技術論壇（Discussion Forum on New Breeding Techniques）」為主題的討論會，深入探討近年快速發展的生物技術與其對種子產業的潛在影響與應用。現場另設有海報展示區（Poster Session），共展出 21 張研究與應用主題的海報，涵蓋種子檢測、品質評估、病害防治及技術創新等多元領域，為與會者提供豐富的交流與學習資源，顯現國際種子科學技術跨域發展趨勢。

技術委員會：ISTA 現有 20 個技術委員會，本次工作報告安排於 5 月 7 日（三）至 5 月 8 日（四），計有 20 個技術委員會及 2 個工作小組報告近一年之工作進度。在 5 月 8 日下午為國家授權代表（designated members）之閉門會議（close meeting）預先討論於 ISTA 常會（Ordinary General Meeting）之議題。

本年度 ISTA 常會於 5 月 9 日（五）舉行，計有 24 個會員國之國家授權代表與會，所有議案表接獲同意通過。今年為 Keshavulu Kunusoth（印

度籍)主席最後一年任期,2026-2028年由原副主席 Ernest Allen(美籍)接任,今年度選出 Sergio Pasquini(Italy)擔任副主席,以及8位執行委員。

心得及建議事項:

- (一) 年會活動核心除邀請種子科學領域專家專題演講外,每個技術委員會(TCOM)更針對外部公開及內部重要議題,在活動期舉行公開(Open Meeting)及閉門會議(Close Meeting),今年新增野生種子技術委員(Wild Species Committee)後共計有20個TCOM。今年我國仍維持有5位學者專家加入不同ISTA技術委員會成員,於技術面實質參與,個別委員會因參與技術人員退休等原因,也於公開會議積極招募人員參與,建議我國相關領域專家或研究人員主動參與活動,積極於每三年的大會(Congress)研討會中發表相關研究成果,以增加貢獻度或曝光度,將有利於未來加入TCOM的優先可能性。
- (二) 本次本國技術委員除本場陳易徵助理研究員因於美國就讀博士學位爭取ISTA-Young的經費可到現場參與外,其餘技術委員皆無實地參加,本場與會同仁特別於會議前收集本國委員意見,並於會期時,加強與各技術委員互動,並代未能到場委員與技術委員會主席致意,針對關鍵議題提出本國技術委員參與各項試驗活動的意願,未來也積極爭取技術委員之經費參與年會。
- (三) 今年ISTA TCOM新增Wild Species TCOM(野生種技術委員會),始於2014年原為「Wild Species Working Group」,2016年由Gil Wagle擔任主席。2025年正式升格為委員會(Committee),並擁有正式經費與網站資源。其工作目標與範圍(Scope):開發針對野生植物種的種子檢測方法,聚焦於「單一物種為單位」的protocol建立。包含:純度檢查(purity)、發芽(germination)、活力(tetrazolium, TZ)等章節。並且協助種子分析師訓練,彌補目前缺乏教材的問題。該委員會現在進行虛擬訓練(virtual training)平台,提供實驗室訓練用資料。後續將發展實體訓練工作坊(hands-on workshops),但當前重心仍在protocol與網站(<https://wild-seeds.net/>)架構完成,本場亦可利用該網頁資料設計教育訓練教材。
- (四) 建議年會前統整本場種子檢查室技術分析人員意見,可於現場與各組技術委員或其他認證實驗室充分請教與討論。
- (五) 年會時各技術委員會於Open meeting時充分討論編修章節異動之條文,建議返國後整理相關文件與本場種子檢查室部門充分理解與討論,以利於年度改版各技術部門快速確實改版。

關鍵詞: 國際種子檢查協會(International Seed Testing Association, ISTA)、紐西蘭(New Zealand)、年會(Annual Meeting)

目次

壹、前言	4
貳、目的	4
參、會議內容	4
出國期間	4
出國人員	4
會議行程	5
肆、會議紀要	6
開幕	6
第一節次	9
第二節次	16
第三節次	26
新育種技術論壇	33
技術委員會工作報告 及開放會議	38
2025 年 ISTA 常會	42
伍、心得與建議	43
陸、會議圖片	45

壹、前言

國際種子檢查協會 (International Seed Testing Association, ISTA) 為專司種子檢查之國際性組織，我國自 1962 年加入該組織後成為正式會員並持續參與該組織活動。截至 2024 年，ISTA 的成員由 83 個國家或經濟體所組成，共計有 159 個受驗證之會員實驗室(Accredited Laboratory Member)、49 個協會會員(Associate Member)、90 個非驗證會員實驗室(Non-Accredited Laboratory Member)及 253 位個人會員(Personal Member)，本場種子檢查室亦屬 159 個認證會員實驗室之一，於 2025 年 7 月接受 ISTA 第 9 次稽核認證，以維持核發 ISTA 國際種子檢驗證之權利。

貳、目的

參與 ISTA 主辦之「種子品質對全球糧食安全與生物多樣性的重要性 (Seed Quality for Global Food Security and Biodiversity)」種子研討會 (Seed Symposium) 及各項技術委員之工作會報 (ISTA Technical Committees Open Meeting)，掌握種子檢測領域最新學術研究與實務應用趨勢。會議期間與 ISTA 秘書處及各國技術代表進行交流，強化國際合作網絡，並尋求我國種子檢查室實務執行及產業檢測問題之解決方案。由本場劉明宗副場長代表我國出席 ISTA 常務會議 (ISTA Ordinary General Meeting)，積極維護我國參與國際組織之權益與能見度。

參、會議內容

一、出國期間：

中華民國 114 年 5 月 3 日至 5 月 11 日，含路程共計 9 日。

二、出國人員：

姓 名	職 稱	服 務 單 位
劉明宗	研究員兼副場長	農業部種苗改良繁殖場
邱燕欣	副研究員兼科長	農業部種苗改良繁殖場

三、會議行程：

日 期	活 動 行 程
5 月 03 日（六）	晚間自臺灣國際機場桃園搭機前往紐西蘭基督城
5 月 04 日（日）	於晚間抵達紐西蘭基督城國際機場
5 月 05 日（一）	年會開幕式 種子研討會（Seed Symposium）：「種子品質對全球糧食安全與生物多樣性的重要性（Seed Quality for Global Food Security and Biodiversity）」 第一節次：種子品質（Seed Quality）、發芽（Germination）、休眠（Dormancy）及環境因子（Environment） 第二節次：新工具與技術（New Tool and Technology）
5 月 06 日（二）	第三節次：作物健康（Plant Healthy）、微生物（Micro-organism）以及污染（Contamination）。 「新育種技術論壇（Discussion Forum on New Breeding Techniques）」以及討論會（Discussion Table） 參加正式晚宴(Gala Dinner)
5 月 07 日（三）	技術委員會工作報告(ISTA Technical Committee meetings)
5 月 08 日（四）	技術委員會工作報告(ISTA Technical Committee meetings) 國家授權代表(designated members)之閉門會議(close meeting)
5 月 09 日（五）	2025 年度 ISTA 常會（Ordinary General Meeting, OGM）
5 月 10 日（六）	前往紐西蘭基督城國際機場搭乘返國班機
5 月 11 日（日）	抵達臺灣桃園國際機場

肆、會議紀要

第 34 屆國際種子檢驗協會 (ISTA) 年會暨 2025 年 ISTA 種子研討會在紐西蘭基督城正式開幕，開幕大會(Opening Congress)主題為「全球糧食安全與生物多樣性的種子品質」。

開幕首先由主辦方之一地主紐西蘭官方代表及 ISTA 執委會主席 Keshavulu Kunusoth 致詞，立即展開為期兩天主題報告 共劃分為三大主題節次，包括

主題一：「新技術 (SESSION 1: NEW TECHNOLOGY)」，

主題二：「種子品質、發芽、休眠與環境 (SESSION 2: SEED QUALITY, GERMINATION, DORMANCY & ENVIRONMENT)」

主題三：「植物健康、微生物與污染因子 (SESSION 3: PLANT HEALTH, MICROORGANISMS AND CONTAMINANTS)」

共計 20 篇專題演講，來自 11 個不同國家的講者。15 位講者來自於學術單位（如大學及國家研究機構）為主，4 位來自官方檢測或國家植物保護機構（如 GEVES、CFIA 等），及 1 位來自民間產業（Bayer Crop Science），突顯產學合作於種子品質管理與應用研究的潛力與發展趨勢。三大主題內容亦涵蓋從種子檢測新技術、種子生理與環境適應機制、到植物健康與微生物相互作用等廣泛面向，反映當前種子科學重點議題與全球永續農業需求的緊密連結。

（一）開幕：

1. 紐西蘭官方代表致詞與紐西蘭產業說明-初級產業部（MPI）資深主管 Andrew Spelman(Commissioner, Biosecurity Intelligence and Systems, Biosecurity New Zealand)：

Andrew Spelman 先生負責生物安全情報與資訊回應工作，他在演講中指出，紐西蘭的種子產業規模約為 8 億紐幣，並提供 4,500 個全職工作機會。農業與食品產業占紐西蘭 GDP 的超過 10%，並佔商品出口總額的 80%。紐西蘭向 60 多個國家出口種子，於良好的氣候條件、低病害風險以及新品種技術的應用下，紐西蘭蔬菜種子預計到 2025 年成長 27%，至 2026 年產值達 3.7 億紐幣，黑麥草與苜蓿種子的成長幅度可各達 30% 至 90%。儘管產業呈現成長勢頭，仍面臨供應鏈干擾、進出口成本上升及氣候變遷等挑戰。為應對這些挑戰，紐西蘭初級產業部（Ministry for Primary Industries, MPI）已進行**農藥與食品添加物審查制度改革**，並重新檢討**進口健康標準（Import Health Standards, IHS）**及相關立法，此外，MPI 也推動新的作物品種研究，以提升畜牧效率並減少碳排放。

由於現有的檢疫實驗室服務量能已達飽和，MPI 預計在奧克蘭設立新的植物健康單位，進一步強化病蟲害檢測能力與新品種進口服務。MPI 作為紐西蘭的植物防疫機關（National Plant Protection Organization, NPPO），支持國際種子檢測協會（International Seed Testing Association, ISTA）檢測方法，以保證種子品質，此外，MPI 也負責管理及執行經濟合作與發展組織（Organization for Economic Co-operation and Development, OECD）驗證制度。



圖 1. 紐西蘭官方代表-初級產業部（MPI）資深主管 Andrew Spelman(Commissioner, Biosecurity Intelligence and Systems, Biosecurity New Zealand)致詞並介紹紐西蘭產業

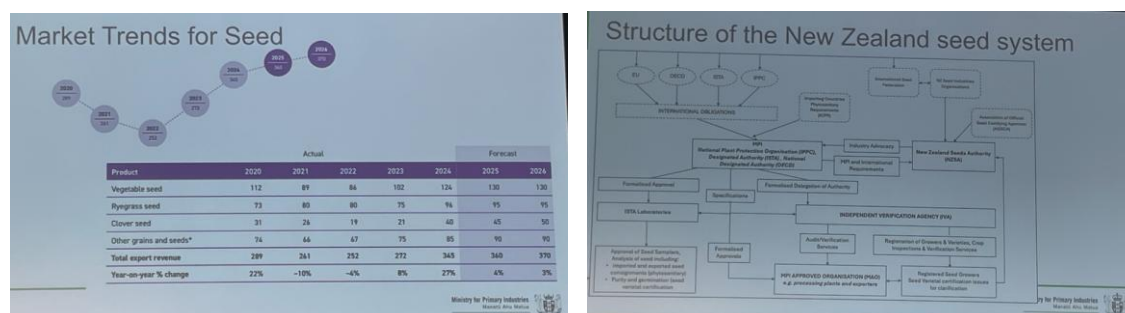


圖 2. 紐西蘭種子市場趨勢與紐西蘭種子生產管理架構

Reference:

<https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/65736-2023-24-MPI-annual-report>

2. ISTA 執委會主席 Keshavulu Kunusoth 開幕致詞：

執委會主席 Keshavulu Kunusoth 先生在開幕致詞中，特別感謝紐西蘭初級產業部（Ministry for Primary Industries | NZ Government, MPI）共同辦理此次盛會，並肯定該部門對種子產業的承諾，包括向 60 個國家出口種子，並以 2034 年前將出口價值倍增為目標。此次大會自 2019 年開始規劃，原訂於 2022 年舉辦，惟因 COVID-19 疫情而延期，得以順利舉行，感謝 MPI、紐西蘭穀物與種子協會（Grain and Seed New Zealand）、ISTA 會員實驗室、種子生產

業者及研究機構組成的多元化國家籌備委員會的密切合作。本次活動回應全球面臨的嚴峻挑戰，如氣候變遷、生物多樣性喪失、土地劣化，以及滿足日益成長人口糧食需求的迫切任務。**種子品質被強調為永續農業與糧食安全的基石**，支撐著生產力強、具韌性且永續的農業系統。此次研討會也提供平台，重申植物健康、法規制度與全球合作，以確保農民能取得具**活力、健康**且具**遺傳純度**之作物種子的重要角色。

自 1924 年成立以來，ISTA 一直扮演促進種子檢驗一致性與制定國際標準的核心角色，目前服務範圍已涵蓋超過八十多個國家。ISTA 的使命涵蓋種子取樣、檢驗與實驗室實施，這些對於保護生物多樣性、促進國際種子貿易與建立種子生產者、農民及各國政府間的信任。ISTA 持續的創新與合作，也支持聯合國永續發展目標 2（2030 年實現零飢餓），透過確保優質種子供應及保存遺傳多樣性，強化農業韌性。

第 34 屆年會將展開多場豐富的技術報告及討論，包括專家演講、技術委員會會議，以及有關新植物育種技術的論壇。來自全球領先大學、研究機構及種子實驗室的 17 位專家，與來自 32 國的 42 位與會代表，共同參與這場全球種子科學界的盛會。研討會中亦包含口頭及海報報告，聚焦於種子品質保證。

2025 年 5 月 7 日至 8 日，ISTA 技術委員會將展示各工作成果，並提供與會者深入交流、回饋與參與的機會。各技術委員會將個別報告進展與推動工作計畫。鼓勵與會者積極參與、踴躍提問並提供意見。大會將於 2025 年 5 月 9 日（星期五）以 ISTA 2025 常會（OGM）作結，屆時會員將討論並表決 ISTA 規章修正案、會員費用、提案事項，並選出 2025 至 2028 年任期的新執行委員會。新任執委會將由美國 Ernest Allen 領導，並於 2025 年 5 月 10 日召開首次會議，聚焦於 ISTA 2025-2028 年三年期的策略目標。主席特別致謝籌備團隊，包括 ISTA 秘書 Olga Stoeckli、會議策劃單位 Conference Innovators 的 KT Clark 在簽證協助方面的貢獻，以及所有代表、來賓、演講者與參與者的寶貴貢獻。主席鼓勵與會者善用此次大會的實地對話與合作機會，攜手強化全球種子社群，並祝福此次年會圓滿成功、成果豐碩。

(二) 第一節次：「新技術 (SESSION 1: NEW TECHNOLOGY)」

1. Seeing the future – Harnessing machine learning for advanced seed testing through computer vision (David Rousseau, Université d'Angers, France)

David Rousseau 教授介紹「**機器學習與電腦視覺技術**」在種子測試中的應用。從 2022 年以來，隨著像 ChatGPT、Midjourney(AI Image Generator)、SORA(OpenAI's video generation model)等應用程序的推出，生成型 AI 技術引起了人們的關注，在這些技術中，機器學習通過數據進行學習，並用來總結、解釋數據，並從中獲得有用的知識。這些技術從 2012 年起已經廣泛應用於各種領域，包括人類、環境的監測，以及種子測試等。

相關技術包括 1. RGB 攝影機：用於進行外觀分析，評估種子的顏色和 2D 紋理。2. 光譜影像：通過增加額外的光譜維度，能夠獲取種子的化學成分以及其可行性。3. X 射線：用於查看種子的內部結構。4. 高解析度 3D 光學雷達((3D light detection and ranging, 3D LiDAR) 影像：用於測量種子的體積和三維紋理，以及 5. 熱成像：用來檢測真菌存在或種子的活性。這些技術能模擬人類大腦的工作原理，通過大量數據來訓練機器學習算法，類似於狗在接受訓練後能區分有無物品的情況。

上述機器應用可以在短時間內高效處理大量種子樣本，並且準確度逐漸接近人類專家。儘管如此，他也強調，機器學習的應用需要足夠複雜的問題來發揮其效能。對於較為簡單的問題，機器學習可能無法提供更好的解決方案。

機器學習在種子測試中的應用，尤其是在不同物種的種子測試中，機器能夠以更高的速度和準確性超越人類專家，特別是在處理大量樣本的情況下。他提到，這些機器學習模型也可以**協助培訓年輕專家，幫助他們提升技能，並且在未來可能成為協作的工具，而不是完全替代人類專家的工作**。其應用實例，包括：

- (1) 超光譜影像：通過這種技術，即便我們肉眼看不到的微小差異，機器也能有效區分種子活力，尤其是在人工催芽後的觀察。
- (2) RGB 深度影像：結合 RGB 影像與距離數據，這項技術可以用於監測苗期的種子萌發過程，精確追蹤每個苗床的狀況，並自動檢測萌芽階段。

這些技術雖然應用於不同的測試，但從資訊處理的角度來看，它們的核心任務是一致的：**分類**。無論是檢測種子是否有缺陷、是否具備發芽活力，還是種子的萌發階段，最終都是將影像與**分類**類別進行配對。David Rousseau 教授指出，國際社會已經共享了大量這些算法，這使得各種企業可以利用這些現成的工具進行訓練和部署，從而減少開發成本。

目前所面臨的挑戰，主要是在種子測試過程中的**數據標註**瓶頸。他們利用人工生成數據來解決這一問題，並開發了“X-Robustifierr”模塊，此一

人工資料擴增技術能顯著提升深度學習模型的穩健性，使其能因應影像參數之變動，並有效補足缺陷資料的稀缺性，提高模型的穩健性（robustness）。其團隊開發的研究設施成本約 5,000 歐元，並且已經建立了公開的數據集，可供全球使用。

未來的發展方向將是機器與人類專家的協作，而不是單純的替代。機器學習技術，尤其是電腦視覺的發展，為種子測試帶來了革命性的進展。這些技術不僅可以加速種子的檢測過程，還能在提高準確性的同時，幫助專家更好地理解種子測試中的複雜問題。

2. Seed respiration control as a tool in seed priming

Bert van Duijn, Leiden University & Fytagoras, The Netherlands

種子處理看似是一個傳統且技術成熟的作法，但當牽涉到呼吸作用的調控時，便牽涉到更多精細的生理與環境互動機制。對種子而言，發芽過程中需要氧氣以啟動能量代謝與一連串的生化反應，因此氧氣的供應對於發芽能否成功極為關鍵。

種子發芽所需的氧氣濃度具有一定門檻，實驗結果指出，當氧氣濃度降低至約 50% 以下時，種子的呼吸速率便會下降，進而影響其發芽能力。進一步地，當氧氣濃度降至某一臨界值時，種子將無法維持正常的代謝活動，此一臨界氧氣壓力即稱為 COP 值（Critical Oxygen Pressure）。COP 值代表種子維持最低代謝活動所需的最低氧氣壓力，若低於此值，發芽將完全停止。值得注意的是，COP 值會受到多項因素影響，例如不同作物種類、種子批次間的差異、水分含量等。Bert 團隊使用創新的單顆種子呼吸速率量測系統，以一種簡便且具成本效益的方法進行實驗。他們使用含有螢光染劑的透明試管，並利用藍光照射下的螢光衰減速率，間接推算種子呼吸所消耗的氧氣濃度，進而評估其 COP 值。這套裝置不僅可自動化量測，還能在種子處理前快速判斷其生理活性與潛在品質。

進一步分析顯示，COP 值與種子品質具有高度關聯性。以甜菜種子為例，高品質種子在低氧環境下仍能維持穩定的呼吸速率，顯示其代謝能力強；反之，低品質種子則在低氧環境下呼吸速率迅速下降，顯示其活性與耐受性較差。這項結果表明，COP 值可能成為未來種子品質篩選的潛在指標之一。此外，水分狀態亦對 COP 值與呼吸過程造成重大影響。當水分過高時，氧氣在種子周圍的擴散速率將降低，限制氧氣進入；而若水分過低，種子則無法吸收足夠水分啟動發芽代謝。研究顯示，水分控制在約 15 – 25 微升的範圍內可使 COP 值表現最佳，使種子即使處於較低氧環境下，仍具有良好的發芽潛力。傳統的種子處理主要透過水分控制，讓種子吸水但不完全發芽，進而於後續播種時能迅速啟動發芽機制。而本研究則進一步提出新的策略：以氧氣限制作為處理手段。實驗中，研究團隊讓甜菜種子在僅含 3% 或 1%

氧氣的環境中吸水，結果顯示，在 COP 值以下的低氧環境中，發芽被暫時抑制，但種子內部已啟動部分發芽相關代謝，待恢復正常氧氣後可快速完成發芽，且發芽速率與均一性均有所提升。

Bert 總結表示，控制氧氣濃度作為種子處理手段雖尚未成熟，但已展現可觀潛力。尤其當與傳統的水分調控技術結合時，有可能針對特定作物或種子批次達到更佳的处理效果。未來若能進一步釐清 COP 值的分子與生理基礎，將有助於發展更具針對性的種子品質提升技術。

3. High-throughput 4D phenotyping from seeds to seedlings using 3D X-ray CT

Johannes Wolff, phenolytics, Germany

種子和幼苗相關的檢測與流程，核心都依賴於「表型真實資料（phenotypic ground truth）」。無論是：純度檢測（Purity testing）、發芽測試（Germination testing）、種子處理流程中的篩選等，都必須有對「好種子與壞種子」的形態學基準認知。從種子到幼苗的高通量 4D 表型分析，展現了 3D X-ray CT 技術在現代種子產業中的應用潛力。種子純度、發芽能力與加工處理等流程皆仰賴準確的表型數據作為真實基準（ground truth），但傳統方法難以非破壞性地觀察種子內部結構。3D X-ray CT 提供高解析度的內外部影像，能有效擷取種子與幼苗的真實生物質資訊。

PhenoTest 系統即是一套結合高通量掃描與 AI 分析的創新工具，從種子掃描開始，將種子垂直置於濾紙容器中，於乾燥狀態下進行 3D 掃描，兩分鐘內可分析超過 5,000 顆種子。之後透過標準化條件進行發芽實驗，並在多個時間點進行連續 3D 掃描，AI 可分離並量測每株幼苗的體積、尺寸、成長方向等參數，建立完整的時間序列數據。PhenoTest 所應用的 AI 模型更可自動進行 ISTA（國際種子檢測協會）分類：正常幼苗準確率達 99%，異常幼苗達 95%，即使是人眼難以分辨的邊界案例也能識別，並可清楚區分未發芽與初始發芽種子。其應用涵蓋種子生產與加工流程的即時品質評估，可快速偵測壞死、真菌感染與機械損傷，替代需耗時數日的發芽測試；也可依胚體積、比重進行品質分級，提升種子的一致性與活力。此外，系統亦可用於育種與環境壓力模擬試驗，評估種子在鹽分、乾旱等條件下的表現，並可與基因組學資料整合分析。PhenoTest 的技術特點包括全天候自動化、高通量處理、非破壞性連續分析，並已成功應用於超過 100 種植物，從微小草種到林木種子皆可涵蓋。其提供的可重現 3D 表型數據有助於建立跨實驗室標準化的分析平台，為全球種子科學研究與產業應用開啟新局。

Reference:

The phenoTest: Xray-based 4D phenotyping of seeds and seedlings at high-throughput

<https://www.youtube.com/watch?v=UsYnyUXyQJM>

4. Seed identification using machine deep learning – comparison of RGB and multi-spectrum imaging (Ruoqing Wang, Canadian Food Inspection Agency, Canada)

過去百年來種子鑑定仍主要依賴人工目視辨識，直到人工智慧（AI）技術興起後才顯現出應用的潛力。現階段在種子檢測上應用 AI 仍量資料，而資料的取得又深受影像擷取設備影響。即使使用同樣類型的影像系統，成像條件不同也會導致資料的差異，因此資料的品質與影像技術緊密相關。在本研究中，Dr. Wang 選擇了兩種市面上常見的影像設備進行比較，並無推廣特定品牌或機型之意，目的是評估其在實務中的效能差異。一種是數位顯微鏡（使用可見光，RGB—紅、綠、藍三色成像），另一種是多光譜影像設備（multi-spectrum imaging），其涵蓋光譜範圍較廣，波長從約 370 奈米到 970 奈米。這樣的比較除了針對成像性能，也納入硬體成本考量，多光譜設備價格約為 RGB 設備的十倍。此外，應用 AI 不僅需投資硬體，後續還需投入資料整理與模型訓練資源，因此在初期選擇硬體時就必須謹慎評估整體成本與效能。

本次實驗的目的是進行植物種別鑑定，所選樣本包含來十字花科、菊科、禾本科及茄科等（Brassicaceae、Asteraceae、Poaceae、Solanaceae）的 15 種植物，這些種類常見於種子檢測工作中，部分因形態相近而難以辨識，亦可能具有法規上的限制（如禁止進口或應剔除雜質種子）。因此實驗的設計兼顧學理與實務需求。

資料訓練部分，針對主要作物品種（crop kind）每種提供 400 顆種子作為訓練樣本，而野生或雜草型樣本（wild/weedy species）則因取得困難，每種限制為 100 顆，並額外提供 50 或 100 顆樣本作為驗證使用，驗證資料來自不同批次的種子，以測試模型的泛化能力。訓練模型時也需考慮種子形狀與大小的多樣性。例如 Poaceae 的種子具有雙面不對稱的構造，影像取得時容易產生差異；而 Asteraceae 種子則有極大形態差異，不同種類所需的訓練資料量不一定相同，視物種特性而定。

面臨許多挑戰。電腦視覺的研究已進行逾二十年，但實際落地應用仍相當有限，原因在於種子鑑定需考量植物的生理特性、分類學原則與各國檢測規範，使得建模過程複雜。

針對 RGB 成像：需手動拍攝種子影像，因此設計上採用「視野 80% 被種子佔據」的原則，以確保不同大小的種子可在同一放大倍率基準下比較，並避免種子間接觸。團隊設計了三種訓練影像資料格式：單顆種子、一張影像內放置兩顆種子，以及六顆種子，以評估不同數量種子對模型訓練之影響。在原本假說設定下：人類認知上認為單顆種子會呈現較多形態細節，可能有助於模型學習，但實驗結果則顯示這一假設不一定正確。

多光譜影像設備部分：影像擷取為自動化，但仍需依不同種子調整分布速度，避免種子重疊。此外成像方式有兩種：一為透過輸送帶(conveyor belt)讓種子自動分布，另一為將種子置於培養皿中於顯微鏡下靜態成像。對人類而言兩種方式影響不大，但對機器學習而言，成像方式不同可能導致學習結果差異，故需謹慎設計。

在模型訓練與測試結果顯示：針對 RGB 成像，在單顆種子訓練下，有 12 個物種達到 95% 的鑑定準確率，另有 3 個物種低於 85%，這 3 種皆為雀麥屬(學名：Bromus)植物，屬於形態上較難辨識的類群。改用每張影像六顆種子的方式訓練模型後，13 種植物達到 95% 的準確率，僅有兩種低於 90%，分別為 *Ambrosia artemisiifolia* 與 *Solanum carolinense*，顯示六顆種子訓練下的整體表現更佳。她指出這與人類直覺相反，因我們認為單一種子影像資訊較多，但實際上六顆種子資料或許能提供模型更多變異範本，使其學習更全面。為了進一步驗證這個觀察，加拿大團隊以六顆種子資料訓練的模型，改用單顆種子影像進行測試，發現模型表現明顯下降，有些結果甚至令人失望，顯示即便成像方式只有放大倍率稍作改變，仍可能對模型準確性產生重大影響。這個結果也凸顯深度學習模型本質如黑箱(black box)，分析邏輯是無法完全掌握其學習過程與偏好。因此在設計 AI 訓練流程時，務必維持資料一致性並審慎規劃樣本量與成像條件。

5. Adoption of new technologies in other seed determination analyses

Didier Demilly, GEVES-SNES, France

在近年的種子檢查技術發展中，法國 GEVES-SNES(國家種子檢定站)積極投入「其他種子分析」(Other Seed Determination, OSD)流程的自動化與智慧化。該機構每年約執行 5,000 件 OSD 測試，其中許多作物對於種子純度要求極高，因此 OSD 成為品質管制中的關鍵一環。然而，傳統 OSD 作業高度依賴人工，需由經驗豐富的技術員以目視判別方式逐粒檢視，效率與準確性皆受到人力與主觀因素限制。

為改善此一問題，GEVES 曾評估市面上多種自動化方案，包括瑞典開發的 in-text 掃描儀器，但該設備在處理能力與作物適用性方面未能滿足需求。因此，自 1997 年起，GEVES 開始發展自有的影像辨識系統，採用機器學習方法(如概率神經網路 PNN)訓練分類模型，最終導入一套以商用光學分選機為核心的全新檢測流程。

光學分選機架構與運作模式：GEVES 所採用的設備具備以下組件：振動送料器將種子均勻分散到傳送帶上，種子通過配置 RGB 線掃描相機(解析度為 13 像素/mm)後被拍攝成像；相機後方配置有 81 組氣壓閥門，每組相隔 2 mm。當系統辨識出目標種子圖像後，可在 2 毫秒內觸發對應閥門，以氣流方式將種子分流。此設備主要將種子樣本分為兩大類：「良品分

群 (good fraction) 」為預期不含其他種子的部分，可直接視為合格；而「混合分群 (duplicated fraction) 」則含有疑似其他種子的成分，需進一步人工辨識。透過此方式，整體人工負擔可有效減輕，並大幅提升初篩效率。

機器學習模型訓練方式：為達成穩定準確的自動辨識效果，GEVES 使用 1,500 粒目標純種子與約 100 – 150 粒其他種子作為訓練樣本，進行影像模型建立。系統分析種子的色彩分布與形狀特徵，建構三維色彩空間 (color cube)，以利後續分類。若系統辨識效果未達 100%，則可手動補充色彩區塊分類規則，或新增訓練樣本以強化模型。

工具驗證與操作標準：為確保此工具可實際應用於 OSD，GEVES 訂定一套驗證準則，包括：

- (1) 所有目標異物種子必須進入 duplicated fraction；
- (2) Duplicated fraction 的重量不得超過整體樣本的 10%；
- (3) 進行實際模擬測試，如在 10 組樣本中刻意添加 90 粒 Sclerotia(菌核)，評估其辨識與分流能力；
- (4) 平均處理每個樣本所需時間為 6 – 10 分鐘。

實務應用成果：目前該設備已正式應用於 GEVES 的日常檢測中，針對如 *Avena fatua* (野燕麥)、*Rumex* sp. (酸模屬)、*Cuscuta* sp. (菟絲子) 等具辨識需求的雜草種子皆已有良好辨識成果。此外，系統亦能自動剔除部分未設定的非目標種子 (如 *Galium* sp.、*Raphanus sativus*)，具備未來進一步擴充為全自動 OSD 系統的潛力。

5. Utilizing hyperspectral imaging for timely identification of wild carrot in hybrid carrot production

Dhanesha Nanayakkara, Massey University, New Zealand

紐西蘭地處南半球，在全球種子市場中佔有獨特地位，不僅能向北半球供應額外來源的種子，亦以優質有機肥料與高度純度的種子聞名。2023 年，紐西蘭種子出口總額達 2.81 億美元，較前一年成長 27%。該國的種子銷往超過 60 個國家，其中包括全球 60% 的蘿蔔種子、50% 的白三葉種子與 50% 的胡蘿蔔種子均來自紐西蘭。

儘管種子產業在紐西蘭屬於較小的初級產業，其對國內生產總值 (GDP) 的貢獻卻超過 3.3 億美元，且在全球市場需求不斷上升的背景下，其耕地出口收入亦超越預期。紐西蘭目前生產超過 80 種作物種子，涵蓋超過 40 種蔬菜類型，廣泛供應本國價值超過 70 億美元的農業產業。然而，高品質與高純度的種子生產，面臨諸多挑戰，包括：

- (1) 遺傳純度下降 (cross-pollination 雜交授粉)
- (2) 機械與物理性污染
- (3) 環境與田間管理變異

(4) 認證及檢查系統的失效

本研究聚焦於「遺傳純度的降低」，特別是雜交胡蘿蔔種子生產過程中，來自野胡蘿蔔 (*Daucus carota* subsp. *carota*) 的污染問題。野胡蘿蔔與馴化胡蘿蔔 (*D. carota* subsp. *sativus*) 屬於同種不同亞種，基因相近，且可自然發生雜交。

野胡蘿蔔具有白色、纖維化且味苦的根部，不具食用價值。雖然其葉片及花朵外觀與馴化胡蘿蔔相似，在某些個體中花序中心有紫色小花，但此一特徵並不一致，導致難以依靠形態特徵進行早期區辨。特別在開花後才辨識，已無法阻止雜交授粉之發生。

此問題隨著種植區域擴張更為嚴重。目前野胡蘿蔔已在紐西蘭全境，尤其北島廣泛出現，常見於道路兩側與農地邊緣。由於自然授粉支持兩者雜交，導致生產田中的雜交種子純度受損。雖設有 2 - 3 公里的隔離距離，然而根據風力與環境條件，實際傳播距離可達 15 公里以上，進一步增加管理困難。因此，野胡蘿蔔的早期偵測與辨識成為雜交胡蘿蔔種子純度管理的關鍵策略。

在傳統方法中，需拔除植物以觀察根部色澤或待其開花觀察花形，然而這些方法不僅耗工耗時，亦無法實現即時與大面積監測。因此，本研究團隊轉向**植物化學與結構組成差異**，並透過高光譜影像技術 (hyper-spectral imaging) 進行辨識。

高光譜影像可捕捉植物在可見光與近紅外光譜中的反射率，從而區分物種。與多光譜影像 (僅覆蓋 3 - 10 個波段) 相比，高光譜影像可覆蓋上百個波段，提供更高的光譜解析度，有利於識別微小差異。研究設計包括：

感測平台：高光譜感測器架設於固定翼無人機進行空中拍攝

參考數據：比較三種影像資料：RGB 影像、多光譜影像與高光譜影像
光譜區段分析：

第一區段：葉綠素等色素吸收差異

第二區段：細胞結構差異

第三區段：化學組成差異

但由於光譜圖形變化有時過於細微，因此該研究進一步引入機器學習 (Machine Learning) 技術，建立模型以提高辨識準確率。

研究第一階段著重於在胡蘿蔔種子生產區 (Hawke's Bay) 進行樣本蒐集。從田間採集雜交胡蘿蔔與野胡蘿蔔葉片，使用 ASD FieldSpec 4 高光譜儀進行反射率數據記錄。未來研究將拓展至空中感測平台實測，進一步實現早期、大範圍的野胡蘿蔔監測與自動辨識。

(三) 第二節次：「種子品質、發芽、休眠與環境 (SESSION 2: SEED QUALITY, GERMINATION, DORMANCY & ENVIRONMENT)」

1. To germinate or not to germinate – Translational regulation and the role of RNA binding proteins in inhibiting germination

Leonie Bentsink, Wageningen University and Research, The Netherlands=

種子是否萌發？探討種子萌發過程中的轉譯調控與 RNA 結合蛋白的角色

種子萌發是一個極為重要的發育轉換過程，其決定了植物從休眠狀態進入活躍生長的起點。特別是在農業生產中，種子是否能夠成功且同步萌發，直接影響作物的整齊度與產量。因此，解開控制種子萌發的分子機制，對基礎與應用植物科學皆具有重大意義。針對「轉錄調控 Transcriptional regulation」在種子萌發中扮演的角色，以及 RNA 結合蛋白(RNA-binding proteins, RBPs)的功能，提出系統性研究成果與深入見解。研究以模式植物阿拉伯芥 (*Arabidopsis thaliana*) 為材料，透過時間分點採樣、多核糖體分析 (polysome profiling) 與 RNA 結合蛋白鑑定等技術，描繪出轉譯活性在萌發過程中的動態變化。

阿拉伯芥種子的萌發歷經三個主要階段：

- (1) 吸水期 (Imbibition)：乾燥的種子開始吸收水分，代謝反應啟動。
- (2) 平台期 (Lag phase)：雖然外觀無明顯變化，但內部啟動信號整合與準備行動。
- (3) 胚根穿出 (Radicule protrusion)：先由種皮 (testa) 破裂，隨後胚根突破胚乳 (endosperm) 層而伸出，標誌萌發完成。

阿拉伯芥胚乳為單層細胞構造，種子中的胚占絕大部分，是進行組織切片與定點採樣的理想材料，有利於後續分子層級分析。

轉譯作用為萌發的必要條件：在了解轉譯的功能前，研究團隊參考經典文獻中的一項關鍵實驗：當種子萌發過程中加入**轉錄抑制劑**時，雖然胚根可突破種皮，但無法形成正常幼苗，顯示**新轉錄**對後續發育至關重要，但對於「萌發是否發生」則非必須。反之，若加入**轉譯抑制劑**，則萌發完全停止，種子不會有胚根穿出。此結果證明：

- (1) 種子萌發不需新轉錄 (de novo transcription)。
- (2) 但需要即時的蛋白質合成，也就是啟動大量轉譯作用 (translation)。

因為乾燥狀態下的種子早已儲存了大量 mRNA，萌發時靠的是「轉譯啟動」而非「轉錄啟動」，能快速對環境刺激做出反應。

多核糖體分析揭示的轉譯調控動態：研究團隊接著利用「多核糖體分析 (polysome profiling)」技術，進一步追蹤轉譯活性變化。基本原理如下：

多個核糖體附著於同一 mRNA，代表該訊息正被高度轉譯。

僅單一核糖體或無核糖體結合的 mRNA，代表轉譯活性低。

藉由蔗糖梯度超高速離心法，可將不同核糖體結合狀態的 mRNA 分離，藉此推估轉譯活性與其對應基因。

實驗設計：本研究挑選阿拉伯芥種子在五個時間點進行採樣：

- (1) 0 小時：乾燥種子 (Dry seed)
- (2) 6 小時：吸水早期 (Imbibition early phase)
- (3) 26 小時：吸水晚期，尚未萌發 (Late imbibition, pre-germination)
- (4) 48 小時：85% 種子已完成胚根伸出 (Active germination)
- (5) 綠色幼苗階段 (Post-germination seedling)

分析結果顯示：

- (1) 乾種子幾乎無多核糖體形成，代表處於轉譯抑制狀態。
- (2) 吸水 6 小時後即出現明顯多核糖體訊號，顯示轉譯開始。
- (3) 26 至 48 小時的轉譯活性亦有劇烈變化，尤其與胚根伸出高度相關。

關鍵時點的轉譯調控：從全實驗資料中歸納出兩個轉譯調控最明顯的時點：『0 小時 → 6 小時：由乾燥轉為活化的過程』，以及『26 小時 → 48 小時：萌發決策臨界點』。這兩個時點分別對應：對環境條件的感知與轉譯啟動，與萌發「是否進行」的決策點。相較於轉錄層級需較長時間反應，轉譯控制更能提供快速的生理反應調節途徑。這解釋了種子如何在短時間內根據環境因素（如溫度、水分）做出生死決策。

RNA 結合蛋白的鑑定與功能探索：RNA 結合蛋白 (RBPs) 可與特定 mRNA 序列或結構結合，調控其穩定性、局部化與轉譯效率，是細胞層級轉譯控制的關鍵因子。然而，在「種子」這類天然防禦性高、具強紫外抗性的材料中，欲進行 RNA-蛋白交聯 (UV crosslinking) 以鑑定 RBPs，技術挑戰甚大。

團隊的技術突破：本研究歷經多年努力，成功開發可應用於阿拉伯芥種子的 RBPs 分離技術，包含：優化 UV 交聯條件於乾種子組織中進行。建立後續免疫沈澱與 RNA 分析流程。結合轉譯活性與 RBP 結合模式，預測其調控目標與機制。

這些技術的開發，為後續種子生理研究，特別是乾燥組織中的蛋白質-核酸互作開啟新的可能。本研究明確指出：種子萌發的轉譯層級調控是極為關鍵的生理過程。RNA 結合蛋白可能是掌控是否進行萌發的重要分子開關。轉譯分析技術與 RBPs 鑑定平台的建立，將為後續深入機制研究奠定基礎。未來將持續進行 RBPs 的功能驗證，結合基因突變體與標靶 mRNA 分析，

以建構完整的萌發轉譯調控網絡，期望找出可應用於種子品質管理與氣候適應調控的分子標誌物。

2. How seed moisture varies depending on the environment and the consequences for seed quality and germination

Fiona Hay, Aarhus University, Denmark

近年來，種子庫藏與儲藏壽命的研究受到廣泛關注，特別是在氣候變化與全球作物遺傳資源保護需求日益增加的背景下。Fiona Hay 博士分享其研究團隊針對種子在自然環境中吸濕與脫濕過程的深入探討，特別關注這些濕度波動如何影響種子的老化速率與壽命潛能。

種子發育與老化潛能之起始階段：研究起初聚焦於一個關鍵問題：當種子在母株上成熟、乾燥並最終自然散佈時，是否會因環境中的水氣變化而受到影響，進而加速其老化進程？為解答此一問題，研究團隊以毛地黃（*Digitalis purpurea*）為模式植物，系統性記錄花序開花時間，並分批採樣以分析種子在不同成熟階段的水分含量、乾重變化、發芽能力、乾燥耐受性與貯藏壽命。

研究發現，種子在所謂「質量成熟（mass maturity）」達成後，雖然發芽能力已穩定，但種子仍會繼續脫水並進入所謂的「後熟乾燥期（maturation drying phase）」。此階段的水分下降對種子未來的壽命具有關鍵影響。特別地，若種子於此階段受到反覆濕潤與乾燥（即含水量變化）的干擾，其老化速率將明顯上升。

非脫落性特性與晝夜濕度波動的隱憂：現代作物品種多經人為選育，普遍具備「非脫落性（non-shattering）」的性狀，使得種子在成熟後不易自然脫落，而是長時間懸掛於母株上。這樣的特性雖便於採收，但在野外環境中卻可能使種子長時間暴露於晝夜濕度交替的條件下。

研究指出，夜間濕度上升將導致種子重新吸濕，含水量短暫升高，進而啟動老化反應；日間乾燥雖可稍微逆轉，但老化造成的傷害卻不可逆。此一循環式的水分變動對貯藏壽命影響甚鉅，尤其在氣候不穩定或多雨地區更為顯著。

等溫線與吸脫濕歷程中的遲滯效應（Hysteresis 效應）：為進一步量化種子在吸濕與脫濕過程中的水分動態，研究團隊利用等溫線（isotherms）描繪種子含水量與水活性（water activity, a_w ）之間的關係。透過完整的吸濕與脫濕等溫線繪製，可觀察到種子並非單一曲線地回應濕度變化，而是呈現出明顯的「遲滯現象（hysteresis）」：在相同的水活性下，吸濕歷程中的含水量會高於脫濕歷程。此一現象代表種子在環境濕度交替的自然情況下，其水分含量並非穩定，且容易造成潛在的老化壓力。

多作物之濕度循環試驗與結果分析：為驗證此遲滯現象與老化風險是否普遍存在，研究團隊以七種經濟作物作為樣本，包括油菜 (*Brassica napus*)、黃芥 (*Sinapis alba*)、羽扇豆 (*Lupinus spp.*)、大麥 (*Hordeum vulgare*)、小麥 (*Triticum aestivum*)、蕎麥 (*Fagopyrum esculentum*) 與豌豆 (*Pisum sativum*)。透過實驗室設置的濕度控制裝置，分別進行脫濕與吸濕等溫線的建立，並施以模擬自然環境的濕度循環處理。結果發現，多數物種在歷經吸濕-脫濕反覆循環後，其含水量與等溫線關係並不穩定，顯示濕度波動對種子品質造成潛在影響。更進一步的分析顯示，種子在經歷重複濕潤 (尤其夜間高濕條件) 後，容易產生不可逆的品質劣化，即使乾燥後水分含量恢復，儲藏壽命與發芽率仍無法回復至初始狀態。

種子在自然成熟與後續環境暴露期間，含水量變動對其老化速率具有關鍵性影響。晝夜濕度波動、吸脫濕歷程中的 hysteresis 效應，均應納入種子生理研究與保存策略之中。因此更須對種子採收期具備多因子協助判斷，掌握儲藏環境的濕度控制、以及野外採種時間的調整。

3. Chlorophyll fluorescence, oxygen consumption rates and germination of green soybean seeds produced under heat-drought stress conditions

Mailen Ariela Martinez, National Institute of Agricultural Technology,
Argentina

阿根廷國家農業技術研究所 (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA) 長期致力於植物生理與種子品質研究。近年因氣候變遷，阿根廷與巴西地區綠色大豆種子的發生頻率顯著上升，對於種子貿易與商品品質造成嚴重影響。為此，本研究針對大豆於高溫乾旱逆境下產生的綠色種子進行探討，評估其葉綠素螢光表現、耗氧速率與發芽能力，並嘗試應用非破壞式快速檢測技術，以建立綠色種子的品質識別指標。

綠色種子形成與品質影響：綠色種子係指種皮或子葉保留葉綠素及其衍生物之種子，通常發生於種子成熟期間葉綠素分解不完全的情況。其形成與乾旱、高溫等環境逆境密切相關，會導致油品品質下降、油脂萃取困難，進而影響商業價值與貯藏壽命。文獻指出，當種子中綠色種子比例超過 16% 時，整體發芽率與儲藏穩定性會明顯降低，顯示葉綠素殘留為種子活力與品質下降的關鍵因子。

生理成熟與逆境影響：大豆種子的成熟過程自 R5 至 R8 階段，約歷時 15 至 20 天。在 R6 期間，種子含有大量葉綠素 (約 500 mg/kg)，隨後進入脫水與葉綠素分解階段。在正常條件下，葉綠素於 R7 期前後完成分解，並於 R8 達到商業成熟。然在高溫乾旱環境下，脫水過快與代謝酵素活性受限，導致葉綠素分解中斷，形成綠色種子。其形成率與基因型、生理狀態、種子呼吸能力及代謝活性密切相關。

本研究使用具綠色種子易感性的品種進行溫室試驗。處理組自 R5.5 起進入高溫乾旱逆境條件，其餘為對照組。種子於 R8 採收後分類為三組：綠色種子（明顯葉綠素殘留，82%）、黃色種子（來自逆境處理，無葉綠素殘留，18%）、正常對照組（無逆境處理）。

各組種子分別進行以下評估：生活力測定：以 TTC 還原測試觀察呼吸活性。葉綠素含量測量：光譜儀量測葉綠素 A、B 與總葉綠素。葉綠素螢光偵測：以螢光感測器對單粒種子進行 10 次測量。單粒耗氧速率分析：使用種子呼吸分析儀，於 90 小時內每 30 分鐘測量一次耗氧量。

發芽與幼苗發育觀察：記錄是否發芽（根突破）與胚軸長度。

發芽能力與活力：綠色種子發芽率顯著低於黃色種子與正常對照組，活力測定亦顯示其呼吸活性顯著較差，推測與其葉綠素殘留及代謝受限有關。

葉綠素與螢光表現：綠色種子之總葉綠素濃度約為 27 mg/L，明顯高於其他組別。葉綠素螢光數值也有顯著差異，支持螢光感測技術可應用於綠色種子識別。

耗氧速率：單粒耗氧速率分析顯示，綠色種子耗氧延遲，且整體代謝活性偏低，顯示呼吸作用受阻，與發芽力下降一致。

幼苗發育表現：綠色種子發芽後之胚軸長度與根長均顯著低於其他組，說明其生長潛能亦受葉綠素殘留與逆境影響限制。

研究結果顯示：綠色大豆種子主要由高溫與乾旱等逆境條件導致；葉綠素螢光與耗氧速率可作為識別綠色種子之潛在工具；結合光學螢光感測與單粒呼吸量測，有望發展出快速篩選與分級綠色種子的非破壞性技術。此類技術對種子企業具有實務價值，可於收成後進行品質分級與篩選，提升不利生產季節下的種子利用效率。

4. Turnip germination study for climate adaptation led to discovery of two types of seed dormancy in *Brassica rapa*

Marie-Hélène Wagner, GEVES - SNES, France

由 Marie-Hélène Wagner 博士領導的研究項目，目的是研究十字花科植物（如蘿蔔和甘藍）在其原生地區的適應性特徵，特別是針對這些植物如何應對氣候變遷的挑戰。該項目獲得了歐洲 Prima 計畫的資助，並涉及來自地中海區的 11 個合作夥伴，包括阿爾及利亞、突尼西亞、斯洛維尼亞、意大利、西班牙和法國等國家。研究的核心目的是探索這些植物的種子發芽行為，特別是在面對不同環境條件下的表現。該合作項目的目標是了解來自地中海地區的蘿蔔（*Brassica rapa*）和甘藍（*Brassica oleracea*）這兩種蔬菜的多樣性。GEVES 農業實驗室的主要貢獻是對種子的發芽進行表型分析，並運用了現代化的自動化數字工具進行種子的測定，以探討這些植物對當地環境條件的適應性。

研究小組收集了來自地中海地區的 60 種蘿蔔地方品種和 72 個野生種群，並在法國 Rennes 進行了為期兩年的種子生產工作。在此過程中，他們遇到了花期延遲和某些來自其他地區的種群不適應當地氣候條件等挑戰。在發芽測試中，研究人員面臨不同野生種群的發芽率問題，因此他們使用了傳統的發芽測試方法，如激素處理和種子破壞處理，並且應用了葉綠素螢光法來檢測種子的成熟度。

研究結果顯示，不同種群在發芽表現上存在顯著差異。地方品種的發芽率通常較高，而野生種群則表現出根據溫度條件而異的發芽率，特別是來自西西里島的某些野生種群，儘管在較高溫度下發芽率較高，但整體發芽率仍然較低。研究也顯示種子大小與發芽率之間並無直接關係，儘管某些野生種群的種子較小，但它們的發芽時間卻可能較慢或較快。研究小組使用了平均發芽時間來衡量發芽速率。

為了打破種子的休眠，研究小組嘗試了包括**激勃素(gibberellin)**在內的激素處理和化學破壞處理。來自阿爾及利亞和西西里島的某些野生種群對這些處理有所回應，顯示其發芽率有所提高。此外，研究人員發現不同地區的種群具有不同類型的休眠性，且種子外層對休眠的影響較大。

研究小組發現，實驗室的發芽測試結果與田間的發芽情況具有較好的相關性，這表明實驗室測試可以有效預測種子在田間條件下的發芽表現。對於未來的育種工作，研究小組對地中海地區的野生種群充滿信心，認為這些種群是未來改良蘿蔔品種的潛在遺傳資源。在研究的基礎上，研究小組提出了一項創新的倡議，通過發布一本食譜書來推廣當地品種的使用。這本食譜書包含來自阿爾及利亞、法國、意大利和斯洛維尼亞的 30 個食譜，促進蘿蔔和甘藍地方品種的應用，並保護這些寶貴的遺傳資源。這項研究不僅揭示了地中海地區蘿蔔和甘藍的種群發芽特徵，還為處理種子休眠問題提供了寶貴的經驗。

5. Impact of maternal environment on barley seed germination revealed by multi-omics approach

Manuela Nagel, Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Germany)

Manuela Nagel 來自德國萊布尼茲植物遺傳與作物植物研究所（Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research）。該機構擁有超過 150,000 個物種的種子樣本，其中包括大麥。該研究所有約 23,700 個大麥樣本，除了關注物種的利用及多樣性研究外，還對種子的存活性、儲藏性及萌發性質進行了深入研究。

Nagel 針對種子存活期的研究中，對 1976 年所生產大麥的種子進行了分析，研究了種子在冷藏環境中的半存活期（ P_{50} ），即當種子的發芽率降至

50%時的存活年限。結果顯示，1976 年的種子樣本的 P_{50} 為 115 年，顯示出較高的存活性。然而，1975 年所生產的種子樣本，經過相同的萌發測試後， P_{50} 僅為 70 年，而 1974 年最老的樣本的 P_{50} 則只有 52 年。這表明**不同環境條件會影響種子的存活性**。

為了更深入了解這些差異的原因，研究者選擇了兩個大麥樣本進行比較：Hoare 4710（長壽命大麥）和 Hoare 2110（短壽命大麥）。Hoare 4710 來自德國，是一種矮生型品種；而 Hoare 2110 則來自奧地利，是一種用於啤酒釀造的大麥品種。這兩個品種的生理特徵有所不同，因此研究者希望探討在乾旱壓力和高溫條件下，這些不同的大麥品種是否會表現出相似的行為。

這些樣本首先在控制條件下（溫室內）進行栽培，以 15% 的田間水分（模擬乾旱壓力）和適度的高溫。研究發現，原本較短壽命的 Hoare 2110（啤酒大麥）在高溫條件下的初期發芽率反而較高，而原本較長壽命的 Hoare 4710（矮生型）則更容易受到這些溫室條件的影響。隨著乾旱壓力的施加，這兩個品種的萌發率均有所下降，但在高溫條件下，兩者都表現得較為耐受。

接著，研究者對種子的水分吸收速率進行了表型分析，並觀察不同環境條件對種子萌發的影響。結果顯示，在高溫環境下，Hoare 4710 的水分吸收速率較低，而在乾旱環境下，水分吸收速率略有增加，但這一差異並不顯著。儘管如此，這些環境條件對種子的萌發速度產生了顯著影響，高溫環境下，種子的萌發速度反而加快，而乾旱處理的種子萌發速度則居中。

為了進一步了解這些反應機制，Nagel 及其團隊採用了基因組學、蛋白質組學和代謝組學等多組學方法，對種子在不同環境條件下的基因表達、蛋白質表達和代謝物進行了深入分析。結果顯示，種子在乾旱和高溫條件下的基因表達和代謝物變化表現出顯著差異，特別是與抗逆性、DNA 修復和碳水化合物代謝相關的基因表達水平發生了變化。這些發現表明，大麥種子對環境壓力的反應極具塑性，並且不同的環境因素（如乾旱與高溫）可能觸發不同的生理反應路徑。此研究表明，**母體環境對種子的萌發性質有著重要影響，特別是在種子的老化、萌發及熱休眠等方面**。雖然目前基於多組學的分析仍難以完全揭示具體的分子機制，但從初步結果來看，乾旱處理對種子的逆境調控有顯著影響，而高溫對種子的影響相對較小。

6. Population restoration of the endangered *Cytisus aeolicus* Guss. in the island of Vulcano (Aeolian Islands, Italy)

Sergio Pasquini, National Center Carabinieri Biodiversity, Italy)

Sergio Pasquini 博士代表義大利卡賓槍騎兵生物多樣性中心，分享其團隊於義大利南部埃奧利群島 (Aeolian Islands) 執行的瀕危植物 *Cytisus aeolicus*（埃奧利金雀花）復育行動。此植物為豆科灌木，原生於地中海區的火山島

嶼。根據 Pasquini 說明，該區因鄰近北非，其氣候條件具有類似乾熱特性，使得該植物的生存與復育面臨極大挑戰。

瀕危現況與保種目標：埃奧利群島由七個火山島組成，目前 *Cytisus aeolicus* 僅存於其中的 Alicudi 島，野外僅有約 30 株個體，Vulcano 島上則已完全消失。研究團隊的主要目標是透過「LIFE SEED FORCE」項目，強化在 Alicudi 與 Vulcano 兩地的野外族群，使用的是源自 Stromboli 島現存約 3,000 株植物所採集的種子。

野外採種與挑戰：Stromboli 島的地形崎嶇，靠近火山活動區，種子採集工作極具困難，加上採種期（春季）土壤與空氣溫度常超過 40 至 50°C，操作環境極為嚴峻。此外，由於自然族群稀少，必須向當地居民請求進入私人花園採集種子，過程繁瑣。

繁殖與苗圃育成技術：Pasquini 團隊與卡塔尼亞種子庫及維羅納的國家中心合作，共同建立標準化種子處理與萌發流程，保留了所有採得的 30,000 粒種子。他們測試不同基質與溫度條件後發現，於濾紙上進行的 20/10°C 日夜溫差培育條件為最適，其發芽率與正常幼苗比例最高。然而，即便順利育成幼苗，苗木在苗圃內發育為小植株後仍常因不適應環境而死亡。Pasquini 特別指出，將苗木帶回北義維羅納後，所有植株皆未存活，證明該物種只能在當地特定環境中生存。

移植與定植技術的改進：研究團隊進行田間種植時，發現直接播種的存活率極低，最佳方式是育苗後再移植。然而，初期定植後的成活率僅有約 30%，原因包括土壤乾旱與野生山羊的啃食行為。團隊透過更換特殊空氣剪根容器，顯著提升移植成活率至近 100%。2025 年 2 月，團隊展開第一次在 Vulcano 島的復育行動，4 月的初次監測顯示所有植株均存活並開始長新芽，然而仍有多數植株遭山羊啃食，儘管已架設柵欄防護。因此，他們決定加強每株個體的獨立網罩防護。

微生物互利共生與土壤分析：*Cytisus aeolicus* 屬豆科植物，仰賴根瘤菌進行固氮作用。為評估移地後能否成功與當地微生物建立共生關係，團隊採集了多點土壤樣本，包括來自 Vulcano 島栽培個體附近、移植區域及其他 Fabaceae 分布地點，進行微生物 DNA 分析。樣本重複取樣達 16 個位置，並使用 5 種分子標記進行定量 PCR，分析與氮循環相關之功能性基因豐度，分析結果顯示：Vulcano 島的歷史族群地點與現今移植區，其微生物社群與 Stromboli 島自然族群土壤極為相似。固氮功能菌群存在，意味著土壤環境具備支持 *C. aeolicus* 存活與生長的潛力。

潛在威脅因素包括：棲地破碎化與族群隔離、極端氣候與野火、野山羊干擾、棲地土壤微生物結構喪失

對應策略建議如下：域外保育（ex situ）：利用種子庫、植物園持續保存遺傳資源。原地保育（in situ）：野外移植試驗結合圍籬與土壤移植，並加強對抗山羊干擾。

微生物接種策略：未來可考慮自 Stromboli 島引入微生物活性土壤至移植地，以促進植株定殖與共生菌建立。

本計畫由多個單位協力推動：義大利帕多瓦大學、杜林大學、卡塔尼亞大學、西西里地方政府、種子保存機構、國家環保單位等。目前團隊成員約 20 人，分工從田野調查到分子分析，涵蓋保育生物學、生態學、植物生理與微生物學等領域。未來將持續進行：Vulcano 與 Alicudi 島上的小規模移植擴增、土壤微生物移轉與接種技術測試、與當地社群合作，兼顧文化保存與自然復育、建立中長期追蹤監測機制。

C. aeolicus 不僅是一種植物，它代表著整個地中海火山島嶼生態系的連結、脆弱性與再生潛力。透過跨領域科學技術與社群參與，本計畫期望為瀕危植物保育與微生物生態修復提供一個範例，並在不遠的將來，讓這些金黃色的花朵再次在風中盛放於島嶼之巔。

7. Role of phosphorus in seed vigor in mustard (*Brassica juncea*): implications from radicle emergence and cell cycle activity

Takashi Shinohara, Tokyo University of Agriculture, Japan

介紹「種子活力」(Seed Vigor)的定義與測試方法，並透過兩項針對芥菜(*Brassica juncea*)的實驗，探討種子發芽表現與母株磷含量之間的關係。

種子活力的定義與意義：種子活力是指「高發芽率種子群中，種子生理老化程度的品質指標」，可預測種子在多變環境（如高溫、低溫、濕或乾燥）的播種條件下之表現。現行共有五種測試法適用於 13 種作物。其中「胚根突出試驗 (Radicle Emergence Test)」可有效區分種子群中快發芽與慢發芽個體，該方法已於 2015 年通過應用於油菜 (*Brassica napus*)，但尚未正式應用於其他十字花科作物。

測試方法與實驗設計：胚根突出試驗以胚根突出的時間點為評估基準，反映種子內部細胞修復與分裂的速度（理論依據為退化修復假說，即老化種子需修復 DNA 後才能分裂）。目前多數實驗室以 20°C 播種後 48 小時手動記錄為標準觀測時間。儘管已有自動化設備，多數單位因資源限制仍以人工方式執行。

實驗一：胚根突出與細胞分裂速率、田間出苗的關聯性。材料與處理：選用 10 組 *Brassica juncea* 種子批次，播種後第 7 天記錄標準發芽率，使用 KNOC3(硝酸鉀)去除休眠。第 48 小時以流式細胞儀分析細胞 4C/2C DNA 比值（作為細胞分裂速率指標）。田間測試條件：在東京 8 月盛夏下進行田間出苗觀察，地溫達種子最佳發芽溫度以上。主要發現：雖所有批次標準發芽率皆高（最低 89%），但胚根突出率差異極大（17%~94%）。田間出苗率於播後第 6 天為 50%~80%。胚根突出率與田間出苗率呈高度正相關，亦與細胞分裂指標（4C/2C 比）相關。證實胚根突出可作為有效的種子活力指標。

實驗二：母株磷施用對種子磷含量與活力的影響：實驗設計：單一芥菜品種（具自交授粉能力）於 5,000R 盆栽中進行五種磷施用處理：T2（標準 1/2）、T3（標準）、T4（標準 2 倍）、T5（標準 10 倍）。氮與鉀以相同基肥施用，僅變動磷用量。

觀察結果：千粒重在各處理間差異不大。標準發芽率隨磷施用量降低而下降，但非因死亡或未萌發種子造成。胚根突出率隨種子磷含量升高而提升，即使在高發芽率的種子群中也可觀察到差異。種子與葉片磷含量隨施肥量增加而上升。單次施磷足量可提升種子活力，改善早期出苗表現。磷促進 ATP 合成與細胞分裂，是關鍵的生理基礎。

8. Seed and seed quality: ensuring quality along the journey of seed from production field to farmer's field

Ganesh Kumar, Bayer Crop Science, USA

Ganesh Kumar 博士在演講開場即指出**種子品質為全球糧食安全的關鍵基石**，今日多場專題演講從 AI 應用、激素、生理代謝等面向切入種子品質與種子發展議題，而他此次演講的重點則放在整體生產鏈上：「我們究竟該如何確保農民最終獲得高品質種子？」。他強調，無論是科研投入還是產業技術發展，其終極目標都是提升糧食產量，因應日益成長的全球人口需求。根據目前的資料預估，到了 2050 年，全球糧食需求將增加約 70%，甚至接近倍增；同時，可耕地面積卻因工業化與人口成長而日漸縮小，這形成嚴峻挑戰，也突顯農業科技的重要性。

創新品種與精準育種，擴展農業生產潛力：學術機構與種子產業在推動農業創新方面扮演關鍵角色。例如 Bayer 所推出的矮化玉米（short-statured corn）新品種「Priscian」，其株高比傳統品種矮約 2 英尺，有效提升了操作效率與抗倒伏能力。尤其針對中西部與沙質壤土區域常見的倒伏問題，此品種具有顯著優勢。這類新品系結合了傳統育種與基因編輯技術，有助於提升單位面積生產效率。他也提到植物與微生物之間的互作研究日益受到重視，透過掌握作物與原生微生物之間的自然互動，有機會開發出能促進土壤肥力與作物產能的生物技術工具，例如肽類或新型小分子物質作為種子處理劑等。

技術加值推升成本，種子品質成為關鍵門檻：在高度技術化的農業體系中，每一顆種子的生產成本也隨之上升。以番茄種子為例指出，目前每顆種子在市場上的售價可高達一美元，因此若種子無法順利發芽即代表農民的直接損失。他強調：「**種子從研發到田間，每個環節的技術都代表成本，唯有確保種子品質，才能確保種植成功與回報。**」如今的種子包含了多重特性，如除草劑耐受性、高產性、氮素利用率等，加上種子處理技術，使得農民對於田間出苗率（stand establishment）要求極高，品質標準幾乎是 99% 起跳。

種子從生產田到農民田間的整體品質管理：從種子生產、處理、儲存、檢測、到物流配送，每一階段皆會影響最終的田間表現。舉例來說，種子母株的生長條件將直接影響其子代種子的活力與品質。過程中包含的因素有：種子生產與田間管理（maternal environment）、後處理流程（conditioning）、儲存條件與倉儲管理、檢測技術與品質標準、物流通路與種子移動效率。種子科學家與業界必須從全流程思考品質控管，並積極導入新科技工具與數據支持，確保種子從田間到田間的每一步都能維持品質一致與穩定。

應對環境變遷與市場規模擴張的挑戰：在氣候變遷、農業規模擴大、科學進展加速的背景下，ISTA 等國際種子組織的角色也應不斷調整與強化。他提倡種子品質標準應更具彈性並與新技術接軌，協助全球農業在技術與規模擴張中持續維持品質與永續性。需要「種子品質」為主軸，從全球糧食挑戰出發，深入解析種子價值鏈上各環節的品質控管、創新育種成果，以及面對科技與成本同步升高的雙重壓力時，如何以科學與產業合作維持種子價值與農民利益。他的觀點提醒產業界：種子不只是農作物的起點，更是整體糧食系統的關鍵命脈。

(三) 第三節次：「植物健康、微生物與污染因子(SESSION 3: PLANT HEALTH, MICROORGANISMS AND CONTAMINANTS)」

1. The plant microbiome -From rhizosphere to seeds and applications to improve crop performance

Stéphane Compant

Austrian Institute of Technology, Austria

當代農業生技領域快速發展，植物與微生物之間的交互作用也成為研究熱點之一。來自澳洲的 Stéphane Compant 博士在其演講中，分享了一系列關於微生物如何應用於植物種子、促進植物生長與健康的重要研究成果。他首先以「新鮮沙拉種子」作為概念驗證模型，強調此研究並非針對消費端的食用目的，而是為了深入探索微生物在植物種子中定殖的潛力，進一步釐清微生物於農業與食品科學中的功能與價值。

接續的研究聚焦於十字花科（Brassicaceae）與裸子植物的種子，透過微生物群落分析，觀察這些微生物如何在植物發芽階段扮演重要角色。在微生物檢測技術方面，他採用原位雌激化探針技術來觀察細菌在種子中的分布情形，發現細菌主要聚集於種皮與胚胎部位，並在如哈密瓜與番茄等作物中顯示，這些細菌可能參與種子萌芽的關鍵生理過程。

此外，Compant 博士也以道格拉斯樹（Douglas-fir）為例，指出其種子中微生物群落具高度變異性，特別是那些具有抗菌特性的細菌群落，可能促進樹木的健康生長。藉由顯微觀察，細菌可從植物的不同部位如根部與花朵

進入植物體內，並最終定殖於種子中，揭示出一條從植株至種子的微生物傳遞路徑。這樣的發現也促成了後續對微生物的分離、培養與建立菌庫的工作，進一步評估這些菌株是否具備促進植物生長與抵抗逆境的能力。

許多從實驗中獲得的微生物菌株已經成功授權給業界進行商品化，應用於提升作物的產量、促進生長與提高抗性，並能有效降低病害發生率。特別值得一提的是，Compant 博士與美國 Indigo 公司合作，開發了一項專利技術，透過花期噴灑微生物，將其成功引入種子中，此技術可顯著改善發芽與植株健康，提升對病原菌的防禦能力。

演講中也提及了在玉米、小麥與番茄等多種作物上進行的田間與溫室試驗，驗證微生物能夠穩定地定殖在種子中，即使在惡劣環境下，仍能顯著提升作物的發芽率與生長表現。微生物的定殖被證實可提前開花、增加產量，同時增強作物對乾旱、鹽害等非生物逆境的適應能力。然而，儘管已有諸多突破，並非所有微生物都能成功定殖，這仍受限於宿主植物、菌株本身與外部環境條件等多重因素，是當前技術應用需面對的重要挑戰。

在技術創新方面，介紹了 Ensemo 微生物注入技術，能夠大幅提升處理效率，實現大規模應用，對於農業現場極具實用價值。同時也發展出 SEEDJECTION 技術，應用於大豆等豆科作物的根瘤菌接種，結果顯示顯著促進發芽與早期生長。這些經過處理的包衣種子在田間表現超越對照組，產量提升達 126%，並具有延長的保質期，為農民帶來更高的成本效益。Ensemo 技術的另一項優勢在於，其所使用的微生物多為市售產品，不需額外註冊為生物防治劑，簡化了監管流程，加速其商業推廣的腳步。

Compant 博士也分享了多項研究合作與技術授權案例，說明微生物技術的發展正快速由基礎研究推進至商業應用，並持續推動植物與微生物交互作用的科學進展。此外，他還提出了對病原菌能否在特定宿主條件下轉化為有益微生物的假設，這為植物病理學與微生物應用研究提供新的視角。面對氣候變遷的挑戰，微生物群落亦展現出提高植物在逆境中存活的潛能，對於未來永續農業發展具有高度價值。

ENSEMO 方法目前已廣泛應用於大豆與玉米等主要糧食作物，對十字花科植物的應用則仍在開發階段。這些持續進行的研究與技術探索，展現了植物微生物學在農業生產系統中嶄新的可能性，也預示著微生物導向農業技術將在未來扮演更關鍵的角色。

2. Seed contamination in imported seed lots entering New Zealand

Jesse M. Rubenstein, Lincoln University, New Zealand

本篇研究重點是分析進口至紐西蘭的種子批次，並探討雜草種子如何通過這些批次進入紐西蘭。紐西蘭的作物種子繁殖產業在全球具有重要地位，主要出口胡蘿蔔、蘿蔔和白三葉草種子，並是全球第四大黑麥草種子的出口國。2023 年，該產業為國內生產總值貢獻了 3.29 億美元，並且在冬季為北

半球提供額外的生長季。雜草種子的污染問題可能會引入非本地植物物種，成為入侵物種，這些雜草會對環境和農業造成負面影響，甚至導致作物損失。

研究發現，種子批次大小、種子形狀、批發價值以及農業實踐等因素會影響種子批次的污染。較大的種子批次通常污染較多，且清理成本會增加。某些作物如蘿蔔較適合機械除草，但抗藥性問題仍然存在，且除草劑的可用性逐漸減少。紐西蘭的生物安全政策要求對進口的每批種子進行嚴格檢查，並維護一個包含 1700 個物種的檢疫雜草名單。進口數據儲存在「關島貨物數據庫」，並用於分析哪些作物和種子類型的污染率較高。

研究分析了 2014 至 2018 年間的近 42,000 個種子批次，總體污染率不到 2%，主要是非管制的雜草。**牧草類作物**污染率較高，達 12.5%，而農作物污染率較低，僅為 0.5%。最常見的污染物為大頭草，特別是在三葉草種子批次中。受管制的檢疫雜草污染的情況相對少見，僅占 0.06%。如果檢測到受管制的雜草，該批種子將被禁止進口並需進行退回或銷毀處理，這對出口方可能造成重大經濟損失。

3. Seed vigour and heat stress: could a bioinoculant offer a mitigation strategy?

高溫對種子活力的影響與緩解策略研究報告

Zivana King, Lincoln University, New Zealand

在氣候變遷加劇的當下，熱應力成為全球作物生產的一大挑戰。種子作為農作物生產的起點，其品質與活力直接決定發芽率與後續植株健全生長。然而，種子在成熟與收穫期間暴露於高溫條件，可能導致活力顯著下降，進而影響最終產量與品質。

尤其在熱帶與亞熱帶地區，作物面臨更頻繁與劇烈的熱浪衝擊，育種與種子處理策略的調整已成為迫切需求。本研究針對熱應力對種子活力的影響進行生理與生化層面的探討，並透過兩個代表性物種——豌豆與菠菜——進行案例分析，以發展具體的緩解策略。

本研究選用豌豆與菠菜作為模式物種，前者屬於冷涼作物，後者具有一定熱耐性。透過模擬田間熱累積條件下的種子發育過程，發現兩者在熱敏感性表現上有明顯差異：

豌豆 (Pea)：屬於對熱應力極為敏感的物種。當種子發育期間的熱累積（以 60°C hour 為單位）略高於正常範圍時，即出現導電性（electrical conductivity, EC）顯著上升，代表細胞膜損傷，活力下降。

菠菜 (Spinach)：為中等敏感程度物種。雖然熱累積達更高數值（超過 150 – 200°C hour）後才明顯影響活力，但在氣溫與種子發育時機交錯時，仍有顯著風險。

熱應力造成的種子品質劣化機制：活力評估指標——電解質滲漏與導電性：熱會破壞細胞膜結構，造成電解質外滲，導致導電性升高。與傳統以

發芽率為主的評估方法相比，EC 數值在檢測種子熱傷害方面更為敏感與穩定：發芽率測試可能因為某些樣品仍能萌發而低估熱傷程度。EC 測試則能準確反映細胞膜完整性，對於早期熱損傷的檢測特別有價值。

高溫與氧化壓力(ROS)累積：熱會促進細胞內活性氧(ROS)的生成，如過氧化氫與超氧自由基，這些分子會造成下列損傷：氧化膜脂，導致膜破裂。攻擊蛋白質與 DNA，造成代謝失調。干擾抗氧化防禦系統（如 catalase、SOD 活性下降）。在過量熱累積下，植物細胞的抗氧化能力無法對抗 ROS 造成的破壞，導致活力顯著下降。

潛在熱傷害指標——空心(Hollow Heart)：在豌豆田間試驗中觀察到一項有趣的現象：部分種子內部出現空心或未填滿的情況，即所謂「空心(hollow heart)」。此現象可能與高溫影響種子澱粉合成與發育有關。目前尚未完全釐清其成因，但根據初步觀察，其出現頻率與高溫時段吻合，可能成為另一項熱傷害的指標，亦值得進一步深入研究與生理探討。

因應高溫的策略建議包括：

(1) 調整播種時間以避開高溫成熟期：對熱敏感作物（如豌豆），若能將開花及種子發育期避開盛夏高溫，有助於確保種子活力。例如一項田間試驗中將播種時間延後三週，有效降低了 60°C hour 累積值，導致 EC 數值顯著下降，活力顯著提升。

(2) 選育耐熱品種：透過篩選發育期間對熱傷害較不敏感之遺傳材料，開發具熱耐性的栽培品種。可藉由種子成熟期的 ROS 清除能力、膜穩定性作為選拔指標。

(3) 應用有益微生物——*Trichoderma* spp. 菌株已被證實可促進植物抗逆境能力，包括耐熱性。初步研究顯示其產生的揮發性化合物可能影響種子內部 ROS 含量或誘導抗氧化酵素活性。雖然機制尚未完全明朗，但作為種子處理的潛力策略之一，具有應用前景。

為進一步強化高溫對種子活力影響的了解與調適措施，建議重點包括：建立與熱傷害直接關聯的活力指標：如 EC、膜脂過氧化程度、CAT 或 SOD 活性等。探索不同作物與遺傳背景的熱敏感閾值，建立作物特定的「熱累積傷害曲線」。擴大微生物處理機制研究，包括非揮發物質誘導效應、種子內外 ROS 動態追蹤。進行空心現象的機制性研究，釐清其與熱傷害的關聯及是否能作為早期指標。

4. When regulation rules! Extension of the ISTA method 7-007 for detecting five different fungi on flax seeds

Isabelle Sérandat, GEVES - SNES, France ISTA validation process for flax seed pathogens - GLS 實驗室經驗分享

Elisabeth Sanda (GLS 的種子健康測試負責人) 代表 Justine Couchet 與 Claire Gragon 報告法國作為 ISTA 國家參考實驗室在亞麻籽病原檢測方法驗證上的經驗。她指出, 目前 ISTA 的規則僅涵蓋三種病原(*Phoma exigua* var. *linicola*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum lini*) , 但歐盟法規要求檢測五種病原, 另外兩種為 *Boeremia linicola* 與 *Fusarium spp.*。因此 GLS 主動提出欲擴增驗證流程, 將這兩種病原納入 ISTA 的標準檢測中。

她指出, 原本的驗證資料距今已超過十年, 當時尚無現行 ISTA 的驗證指引, 部分性能指標未經完整評估, 例如樣本數量僅有 12 粒種子, 對於代表性與統計效力不足。此外, 有些關鍵性能指標(如分析靈敏度與特異性) 甚至完全未被評估。

為符合現行 ISTA 標準, GLS 計畫重新驗證所有病原。重新設計的驗證方案包含以下三項核心評估:

- (1) 分析靈敏度 (Analytical sensitivity) : 計畫以每 400 粒種子進行驗證, 模擬單一污染種子的檢出率, 污染比例設定為 0.25%, 每個病原設置一粒污染種子。
- (2) 分析特異性 (Analytical specificity) : 需建構一套涵蓋目標與非目標菌株的完整菌株資料庫。目前已有 21 株非目標菌株, 但目標病原如 *Boeremia linicola* 與 *Colletotrichum lini* 的菌株尚不足, GLS 呼籲其他實驗室若有可提供的菌株, 歡迎加入合作。
- (3) 診斷性能 (Diagnostic performance) : 透過 inter-lab comparative test (city) 評估診斷靈敏度與特異性, 包含三個污染梯度(低、中、高感染樣品), 預計邀請 3 - 8 間實驗室參與, 先進行預測試 (pre-CT) 以確保實驗室熟悉檢測流程。

驗證流程預計使用 Malt agar 為基礎培養基, 在 20°C 暗處培養。雖然 PDA 培養基已獲得初步驗證, 但為保持方法一致性, 目前以 malt agar 為主。因自然感染樣品難以取得, 實驗將使用人為製造的污染樣品, 方法為將病原溶液處理種子後乾燥保存, 但仍需評估污染的穩定性及避免交叉污染。目前, GLS 進行中的前期研究包括: 每種病原製備 9 份樣品 (共計 6 種樣品, 兩種病原各自製備)。進行保存穩定性試驗 (觀察保存一週、一個月與三個月後是否仍可檢出)。建構完整菌株庫與驗證污染種子製備技術是否能達到穩定、可預測的污染比例 (100% 污染)。目前進度為規劃撰寫驗證計畫 (validation plan)、準備試驗材料與規格, 並同步設計 CT 的分發與執行流程。驗證完成後, 最終目標是向 ISTA 提交驗證報告, 申請正式將兩種新增病原納入 ISTA 的檢測規範中。

5. Impact of bag type on *Epichloë* endophyte survival and perennial ryegrass seed quality in three different storage environments

本研究由紐西蘭海洋產業研究中心與農業基金會共同進行，旨在探討紐西蘭海洋產業在可持續發展目標下的種子包裝材料選擇。紐西蘭海洋產業每年生產約 85,000 噸海洋產品，並對國家 GDP 作出了顯著貢獻。然而，該行業在面臨氣候變遷、環境保護需求以及國際市場對可持續商業運作的壓力時，亟需尋求更環保的包裝材料替代方案。塑料包裝在種子包裝中的廣泛使用已成為一個主要的環境問題，尤其是在全球關注微塑料污染的背景下，因此探索替代材料對於達成可持續發展目標至關重要。

在包裝材料選擇過程中，需要考量的不僅是環境影響，還必須考慮如何在運輸過程中有效保護種子，防止種子受損或受到潮濕影響，從而維持種子質量。特別是對於紐西蘭出口的種子，許多需要在高溫、高濕環境中經過長時間運輸，這對包裝材料提出了更高的要求。此外，某些農業產品（如感染真菌病害的種子）需要特定的儲存條件，以保證其在運輸過程中的生存能力。

本研究選擇了六種不同的包裝材料進行比較，主要包括塑料和紙質包裝袋。選擇這些材料時，考慮了成本效益、實用性以及紐西蘭市場的可用性。所選材料包括聚丙烯編織袋（BOPP 袋）和低密度聚乙烯袋（LDBP 袋），這些材料在市場上已有一定的應用，而紙袋和帶有阻隔功能的膜袋則作為對比選項進行測試。

在儲存條件方面，研究設置了三種不同的儲存環境：常溫儲存、冷藏儲存和暖儲存。常溫儲存模擬紐西蘭的典型儲存條件，冷藏儲存用於敏感種子的保存，而暖儲存則模擬出口種子經過熱帶地區運輸的條件。研究中的種子樣本每三個月進行一次質量檢測，並使用溫濕度感測器監測每種包裝袋內部的環境變化。

結果顯示，在常溫和冷藏儲存條件下，BOPP 袋和 LDBP 袋相較於其他包裝材料能更好地保持種子濕度、發芽率和種子活力。尤其在暖儲存環境下，BOPP 袋和 LDBP 袋顯示出優越的性能，能夠有效防止種子受潮，從而延長種子的保存期。冷藏儲存中，所有包裝材料均能較好地維持種子的質量，但在常溫和暖儲存中，BOPP 袋和 LDBP 袋的表現顯著優於其他包裝材料。

本研究結果表明，BOPP 袋和 LDBP 袋在種子儲存和長期運輸過程中能夠更好地保護種子的質量，特別是對於需要長時間運輸的出口種子，這些塑料包裝材料仍然是首選方案。然而，鑒於環境保護的迫切需求，未來需進一步開發更多可持續且能有效保護種子的替代包裝材料，以實現環境保護與商業需求之間的平衡。

6. Implementation of sustainable control strategies against the field bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.) to safeguard seed quality

Nina Prinz, Bavarian State Research Center for Agriculture, Germany)

Bruchus rufimanus, 通稱為 Fieldbeam needle，是一種專一性極高的蠶豆（*Vicia faba*）害蟲。該昆蟲過去僅被視為偶發性問題，但近年已成為歐洲及北美地區蠶豆生產中的常見且持續威脅。其危害機制為雌蟲將卵產於莢果上，幼蟲孵化後穿透莢壁並進入種子內部發育。成蟲發育完成後由種皮鑽出，形成圓形破孔，導致種子結構脆弱，進一步在採收過程中造成機械損傷。此外，這些破損增加真菌等二次感染的風險，顯著降低種子發芽率，對種子產業構成重大挑戰。

在某些國家（如德國），若檢出樣本中存在存活甲蟲或發芽率過低，將導致該種子批次無法通過官方種子認證，進而影響整體育種與銷售體系。為解決此問題，本研究透過干擾甲蟲對寄主植物的化學辨識機制，達成蟲害顯著抑制，並提升蠶豆種子的發芽率與市場價值。

B. rufimanus 尋找寄主的行為與植物所釋放之揮發性有機化合物（Volatile Organic Compounds, VOCs）密切相關。這些 VOCs 不僅存在於蠶豆，也普遍存在於其他植物器官與人造香氣中。因此，其辨識能力並非依賴單一化合物，而是基於特定比例與組成所形成的「化學指紋」。已有文獻指出，蠶豆釋放的特定 11 種 VOCs 在吸引甲蟲過程中扮演重要角色。本研究假設：透過改變蠶豆田間的 VOCs 組成與比例，可打亂或遮蔽甲蟲對蠶豆之辨識機制，進而降低其寄主定位成功率，甚至造成忌避效應。該策略可作為一種生物學為本的標靶防治方法，取代傳統廣效性殺蟲劑。

實驗地點以 6 公尺 × 6 公尺之區塊為單位，於每一處設置 18 個 VOCs 釋放裝置（dispenser），以進行緩釋操作。此外，亦評估另一種應用方式：將含有 VOCs 的顆粒（granules）每週施用於田間，尤其集中於甲蟲活躍的六月期間。

為驗證空氣中 VOCs 實際濃度，於田間設置吸附裝置（Twisters），作為被動收集揮發性物質的工具。Twisters 懸掛 4 小時後回收，並送交合作實驗室進行氣相層析-質譜聯用分析（GC-MS），確認田間實際揮發化合物種類與濃度。另設有蟲害評估指標，包括：莢果單位面積上的產卵數、感染率（infestation rate）、整體產量變化。

初步結果與發現：本研究係延續前期研究成果，進一步優化施用策略。初步觀察指出，應用效果受多重因素影響，其中以 VOCs 施用量（application rate）與揮發速率（evaporation rate）為最主要變因。驗中發現：顆粒劑在 3 日內即完全揮發，不符每週施用策略預期，造成空氣中 VOCs 濃度不足。Dispenser 裝置能維持穩定釋放，較具應用潛力。在施用量偏低的情況下，並未觀察到顯著降低蟲害率或減少卵數之效果。後續研究將針對以下方向進行：

（1）提升施用效率：包含提升 VOCs 釋放裝置密度與劑量，以及發展包覆型顆粒（如微膠囊化）以延長釋放時間。

(2) 實驗室測試驗證：已規劃以嗅覺行為測試 (olfactometer assays) 進行甲蟲對 VOCs 的反應評估，進一步篩選具吸引或忌避效果的關鍵化合物。

(3) 應用策略微調：開發適用於不同地區氣候與栽培環境的防治模式。

(三) 新育種技術論壇 DISCUSSION FORUM: "NEW BREEDING TECHNIQUES"(五月六日)

1. What is gene editing and how to integrate it into government policy and regulation

Revel Drummond, Scientist, The New Zealand Institute for Plant and Food Research Limited

探討了基因改造技術與基因編輯的區別，但兩者都可以成為未來農業發展的工具包之一，尤其是在應對氣候變化和提高作物生產力方面。Drummond 進一步介紹了紐西蘭在農業生產上的核心使命，並解釋了未來作物需要比現有作物更為優越的原因，這些作物可能會利用基因改造、基因編輯以及合成生物學來提升生產力。

Drummond 參與的一個名為「未來農業」的計劃，其中包括「城市園藝計劃」及其兩個子項目，分別關於植物形狀控制和植物發育控制。他解釋了基因編輯在水果品種改良中的應用，例如 Indie 蘋果、Jazz 蘋果和金奇異果等，這些作物的改良皆源於基因編輯技術。Drummond 還討論了室內種植環境下昆蟲授粉的挑戰，並提出了對此問題的解決方案。

基因改造技術的全球監管現狀，顯示轉基因作物在不同國家和地區的政策及實踐情況。美國、加拿大、阿根廷和巴西等國家處於綠色區域，表示它們對轉基因作物有較為開放的監管政策，而紐西蘭、歐洲等地則處於紅色區域，顯示它們對轉基因作物的監管較為嚴格。儘管政策不斷變化，但全球轉基因作物的發展已經顯示出一定的趨勢。

轉基因作物的市場情況：美國農民對轉基因作物的接受度非常高，市場滲透率達到 85%到 95%。同時，Drummond 也介紹了幾個更具創新性的基因改造作物，例如不會變色的蘋果、大西洋鮭魚、以及用於拯救夏威夷木瓜產業的技術。他提到，這些作物不僅具備生產上的優勢，還能夠吸引消費者的興趣，尤其是那些具備營養優勢或美觀的改良作物，如富含抗氧化劑的紫色番茄和富含番茄紅素的粉紅菠蘿。

轉基因作物的技術細節：以牽牛花為例，詳細闡述了轉基因技術如何將外源基因插入植物基因組，以改變植物的特徵。這一過程涉及到利用基因載體(如質粒)將目標基因轉移到植物中，需要精確的操作與時間上的投入。

雖然基因編輯技術日新月異，但仍有一些挑戰需要克服，尤其是在市場需求方面。例如，雖然基因編輯技術成功創造出了不會變褐的蘑菇，但由

於消費者對此產品的需求較低，因此這項創新並未推向市場。Drummond 預測，隨著基因編輯技術的進步，未來將會有更多具有消費者吸引力的作物問世，這些作物可能會因為營養價值或環保優勢而受到市場青睞。

2. Policy Development in Asia for New Breeding Technologies

**S. K. Pattanayak, Chief of Staff and Adviser to the Governor
Government of West-Bengal, Kolkata, India**

隨著全球人口的增長，農業生產面臨的挑戰也日益嚴峻，尤其是在如何提高農業產量和應對糧食需求方面。印度作為世界上人口最多的國家之一，正積極尋找提升農業生產的方案，並探索可持續的發展模式。

綠色革命與植物育種技術的發展：自 1960 年代以來，傳統植物育種技術已經大幅提高了作物的產量，為農業生產帶來了顯著的突破。然而，這些技術雖然成功提升了農業產出，但同時也對自然環境造成了一些負面影響，特別是在生物資源的過度使用方面。當今農業發展亟須尋求更可持續的技術來應對這些挑戰。

新植物育種技術的潛力：新植物育種技術（New Plant Breeding Technologies, NPBT）是未來農業發展的關鍵之一。這些技術不僅能提高作物的產量，還能提升作物對病害和害蟲的抗性，並促進農業的可持續發展。例如，某些改良過的番茄品種富含更多的 GABA，有助於降低血壓並改善健康，這顯示了 NPBT 技術在改善作物品質方面的巨大潛力。

基因編輯與基因改造：CRISPR-Cas9 技術自 2012 年以來已廣泛應用於植物育種。這項技術使得基因修改變得更加精確，並能快速實現所需的基因變化。與傳統的轉基因作物相比，基因編輯技術能夠在不引入外來 DNA 的情況下進行基因修改，這使得基因編輯作物具有更高的靈活性和精確性。

基因編輯與基因改造的區別：基因編輯和基因改造之間有本質的區別。基因改造作物（GMO）是指通過將外來基因引入作物基因組來改良作物性狀，而基因編輯技術則是在不引入外來基因的情況下，對作物的基因進行修改。他認為，基因編輯技術提供了更高的精確度和更少的環境風險，是未來植物育種的發展方向。

法規挑戰與政策改革：儘管基因編輯技術在科學上取得了顯著進展，但許多國家仍對其進行嚴格的法規限制。特別是在歐洲，2018 年法院裁定基因編輯作物應該受到與基因改造作物相同的法規約束，這一裁定引發了不少爭議。Pattanayak 指出，基因編輯作物不應該與轉基因作物混為一談，因為它們並不包含外來基因。因此，許多國家在制定相關法規時，應該更加明確區分基因編輯與基因改造作物，並根據科學證據來推動政策改革。

亞洲的監管現狀：在亞洲，對新植物育種技術的監管狀況存在較大差異。雖然部分國家如日本和中國在這方面已經取得了領先地位，但大多數國家對基因編輯技術仍持觀望態度。亞洲國家的政策制定者應該基於科學數據

來制定更加靈活法規，促進基因編輯技術的應用，同時確保農業生物安全。

印度的法規挑戰：印度目前對基因改造作物仍有嚴格的監管措施，這對基因編輯技術的發展構成了挑戰。印度政府需要加強科學研究，並根據實際情況調整法規，為基因編輯技術的應用創造更有利的環境。他相信，隨著科學的進步，數據的不斷積累和政策改革的推進，基因編輯技術將有望改變未來農業的面貌，並推動可持續農業發展。

3. EU Regulations on new breeding techniques – regulatory environment and policies

Garlich von Essen, Secretary General, EuroSeeds

EuroSeeds 的秘書長 Garlich von Essen，在此次演講中分享了關於歐盟對新型育種技術（New Genomic Techniques, NGTs）政策和規範的最新發展。透過此次分享，讓大家了解歐盟在新基因技術方面的政策進展。

首先回顧了當前全球範圍內的新基因技術的發展情況，指出截至 2025 年，僅僅在 CRISPR-Cas 技術獲得獎項的 11 年後，許多國家已經積極採用這項技術，並開始制定相應的規範來推動新型基因技術的發展。在這些國家中，歐盟仍處於審議過程當中。

那些已經採用新基因技術的國家普遍遵循一個基本原則，即利用這些技術開發的植物品種不應受到傳統基因工程（GMO）的限制，這些品種應該歸類於更為靈活的分類。這樣的做法促使這些國家加速植物品種的發展，並應對氣候變遷以及新害蟲和病害帶來的挑戰。

儘管歐盟的政策方向基本符合這些國家的做法，但在一些細節上，歐盟的規範仍有所不同。例如，歐盟委員會提出的提案中包含了對這些新技術產品的標籤要求，這與一些國家的做法不完全一致。這些政治性的考量，是歐盟委員會在尋求達成內部共識時所做出的妥協。

歐盟委員會在 2023 年 7 月發布的提案為具體的立法進程，這一提案經過了將近四年的內部反思和多方利益相關者的諮詢。與此相比，歐洲議會在處理這一提案時的進展速度非常快，僅用了九個多月便通過了該提案的各項討論和協商。

歐洲議會的快速通過並不意味著立法過程的結束。歐盟各成員國需要更多的時間來達成一致，並於 2025 年 4 月達成了所謂的“共同立場”。接下來，歐盟委員會、歐洲議會和理事會將進行三方協商，尋求在各自立場之間達成妥協，最終通過正式的投票程序完成立法。

目前在歐洲議會與理事會之間，存在一些根本性的分歧，這些分歧可能會影響最終協商的結果。其中最具爭議的問題之一是透明度和標籤要求。歐洲議會要求對這些新技術開發的植物品種進行全面的追溯和標籤，類似於

傳統基因工程作物的標籤要求。然而，理事會則持不同意見，認為應該減少對這些新技術產品的規範要求，從而鼓勵創新。

另一個爭議點是知識產權問題。歐洲議會認為這些新技術所開發的品種不應該享有專利保護，而歐盟委員會和理事會則認為需要平衡不同的利益，並提出可能的強制授權條款，促使技術的廣泛應用。歐洲議會的立場並不像表面上看起來那樣統一，議會內部存在著各種政治力量的博弈。即便在一些政治集團內部，也有對新技術持保守態度的成員，因此在推動政策方面面臨很大的挑戰。

4. Argentina new breeding techniques normative approach

Florencia Goberna, Coordinación de Innovación y Biotecnología, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina

Florencia Goberna 介紹了阿根廷在新育種技術（NBT）領域的規範性方法。**阿根廷的規範性方法發展歷程：**阿根廷的規範性方法始於 2013 年，當時，阿根廷政府的部門進行了一項調查，以了解各大學、研究機構、政府單位、中小型企業及大型公司在育種技術開發過程中的做法。隨著時間的推進，阿根廷逐步完善這些規範，並在 2015 年首次發表了針對植物的新育種技術的規範，這是該國規範性方法的開端。到了 2019 年，阿根廷開始對動物和微生物的新育種技術進行規範，並更新了植物領域的相關規範。2020 年，阿根廷面臨了統一與調整規範的挑戰，尤其是因為這些技術最初與基因改造（GMO）技術混合在一起。為了釐清這些不同技術之間的界限，阿根廷努力將新育種技術的規範與基因改造技術的規範分開，並進行了更新，以便開發者能夠更方便地填寫 PCI 表格。2021 年，這些規範性方法正式成為法律規定，並編號為 21/21。至今，阿根廷已經評估了 172 份 PCI 表格，涵蓋了各種不同的生物體，並且持續在更新 NBT 的監管框架。

阿根廷在新育種技術規範中的創新：阿根廷在新育種技術的法規創立上成為了全球的先驅，特別是在針對機器編輯產品創建了專門的規範。這一規範框架的一大亮點是，能夠根據卡塔赫納議定書來確定一種產品是否屬於基因改造規範範疇。每個案例都會進行個別分析，且不會僅限於特定技術清單。這樣的做法也讓開發者能在設計階段進行諮詢，以針對某些假設性產品進行預評估。根據新規範，開發者必須提交一份 PCI 表格，提供所使用方法、產品的新特徵、臨時刪除的證據以及基因變化的相關證據。此表格將根據不同類型的生物體進行評估，包括動物、微生物及植物。

規範性框架的運作流程：這些規範的實施過程由阿根廷的創新與生物技術協調處負責。開發者需要提交 PCI 表格，無論是針對已上市的产品還是正在開發中的產品。此表格由專業技術人員進行審核，並確認該產品是否存在新的基因組合。如果該產品不含有新的基因組合，則被認定為非基因改造（non-GMO）；反之，如果存在新的基因組合，則該產品將被視為基因改造

產品，並需遵循基因改造相關的規範。截至目前，阿根廷已收到 65% 的實際產品申請，25% 為開發中產品，8% 為正在評估中的產品。這些產品來自不同的機構，其中約有 20% 的申請者來自公共機構，剩餘的來自私營機構。大約 40% 的申請者來自本國，6% 的申請者來自國外。

規範的優勢及國際合作：阿根廷強調規範的一致性帶來了多方面的好處，包括促進國際貿易、降低成本與延遲時間、提高市場准入等。此外，這些規範還能夠支持小型及中型開發商，並通過基於科學的規則減少法律上的不確定性，這對開發者和投資者具有積極意義。例如，阿根廷與巴西達成了名為 ABREVIO 的協議，旨在建立兩國監管機構之間的合作關係，協調農業及生物技術產品的審核與許可，以避免可能影響貿易的分歧。阿根廷目前正在擴展這一合作，並計劃將更多的南方共同市場（Mercosur）國家納入合作框架。

新育種技術分析的機會與前景：阿根廷的新育種技術分析提供了多項機會，包括能夠在不同作物和生物體中實現表型的多樣性、預測產品從開發到最終階段的成本與時間、以及相比基因改造技術更快的創新速度。這樣的分析方法不僅提高了創新的精準度，還促進了開發者更快速地將產品推向市場。阿根廷在新育種技術的監管方面已經取得顯著成就，其規範的逐步建立與更新為全球生物技術領域提供了寶貴的參考。

(四) 技術委員會工作報告及開放會議 (05/07-08)：

由非洲種子系統卓越中心 (The Center of Excellence for Seed Systems in Africa, CESSA) 主任 George Bigirwa (PhD) 開場致詞，並介紹專題演講人來自烏干達的 Dr. George Bigwa，題目為『非洲種子系統強化的實證導向策略』 (Evidence-based Approach Towards Strengthening Seed Systems in Africa)。Dr. George Bigwa 擁有植物病理學博士學位，在非洲種子產業已有超過三十年的實務經驗，目前擔任非洲綠色革命聯盟 (AGRA, Alliance for a Green Revolution in Africa) 的高級技術顧問，並負責領導非洲種子系統卓越中心 (Center of Excellence for Seed Systems in Africa)。Dr. Bigwa 長年協助非洲各國建立本地種子公司，至今已促成超過百間公司成立，也參與 (International Union for the Protection of New Varieties of Plants, UPOV)、Economic Community of West African States (ECOWAS)、Common Market for Eastern and Southern Africa (COMESA) 等國際及區域組織的相關事務，對非洲種子制度的政策、法規與科學建設具有深厚影響力。

他在演講中指出，AGRA 的目標是建立一個完整且可持續的非洲種子系統，涵蓋從新品種育成、種子生產與品質控管、儲存與行銷、到農民教育與法規制度建構等所有環節。AGRA 努力推動的是一種系統性思維：不只是強化某單一功能，而是要讓整個價值鏈都能協同發展。他特別強調農民生產行為應與市場需求相連結，讓優質種子具有實際的採用誘因，進一步推動農民對良種的接納與應用。此外，資金永續亦是關鍵挑戰之一，因此 AGRA 協助地方組織發展自我資源籌措的能力，使整個生態系統具備長期穩定運作的可能。他也呼籲建立一個讓多方利害關係人 (如政府、企業、農民組織等) 參與的政策與法規環境，並因應跨領域的挑戰，例如氣候變遷與農業永續發展的壓力。

Dr. Bigwa 回顧非洲種子系統的發展歷史，從過去完全依賴公營機構、缺乏私營部門參與的單一模式，逐步轉向在結構性調整政策推動下，私營公司大量出現、品種供應活絡、農民對優良種子的取得性明顯提升。雖然整體環境已有顯著改善，但他指出當前系統仍面臨兩大挑戰：其一是缺乏可依據的資訊與系統性資料，導致難以掌握哪些功能薄弱、資源應如何分配，也難以提出具體的政策建議或吸引有效投資；其二是各功能間發展不均，有些國家可能育種能力強，但缺乏行銷通路；有些則質量保證制度完備，卻推廣與農民教育薄弱，造成整體效能受限。

針對這些問題，Dr. Bigwa 所屬的卓越中心發展出「非洲種子系統評估工具」 (Seed System Assessment Tool)，目的在全面盤點一國的種子系統現況，涵蓋育種、初代種子生產、品質管制、種子增量、行銷與通路、政策法規、農民教育推廣、以及整體規劃與整合等八大核心模組。透過這樣的工具，可以協助各國政府、研究機構與投資方掌握系統瓶頸，建立事實基礎作為策

略決策依據，不但能促進能力建置與資源分配優化，也有助於建立跨國或區域間的經驗交流與技術合作。

他在結語中強調，非洲必須從「系統性思維」出發，讓種子系統成為一個具備韌性、效率與永續性的運作體系。唯有如此，才能因應氣候變遷、病蟲害壓力與糧食安全等未來挑戰。他提醒，非洲不能只仰賴進口制度或外援技術，而應逐步建構自主且完整的種子系統功能，這將是推動非洲農業現代化與經濟發展的根基。

ISTA 技術委員會議（Open Meetings and Close Meetings）

TCOM Open Meetings
Bulking and Sampling TCOM（採樣與混樣技術委員會）
Storage TCOM（儲藏技術委員會）
Advanced Technologies TCOM（先進技術技術委員會）
Variety TCOM（品種技術委員會）
Statistics TCOM（統計技術委員會）
Flower Seed Testing TCOM（花卉種子檢測委員會）
Wild Species TCOM（野生種技術委員會）
Germination TCOM（發芽技術委員會）
Moisture TCOM（水分技術委員會）
Proficiency Tests TCOM（能力試驗技術委員會）
Purity TCOM（純度技術委員會）
ISTA Project 20-2（ISTA 專案 20-2）
Tetrazolium TCOM（四唑鹽檢測技術委員會）
Vigour TCOM（種子活力技術委員會）
Seed Health TCOM（種子健康技術委員會）
GMO TCOM（基因改造技術委員會）
Seed Science and Technology（種子科學與技術）
Mathematical Modelling（數學建模應用於種子領域）
Forest Tree and Shrub Seed TCOM（森林與灌木種子技術委員會）
Rules TCOM（檢測規則技術委員會）
Nomenclature TCOM（命名技術委員會）
Advanced Imaging in Seed Testing: experiences from industry and ISTA（種子檢測影像技術經驗分享）
ATC-SH TCOMs. Insects in the ISTA Environment：Interactive Forum（ISTA 環境中昆蟲主題互動論壇）
TCOM Close Meetings
Wild Species TCOM（野生種技術委員會）今年成為正式委員會
Flower Seed Testing TCOM（花卉種子檢測）
Moisture TCOM（水分）
Purity TCOM（純度）
Bulking and Sampling TCOM（混樣與採樣）
GMO TCOM（基因改造技術委員會）
Auditors Meeting（審查員會議）
Wild Species TCOM（野生種）
Advanced Technologies TCOM

Proficiency Tests TCOM
Germination TCOM
Seed Health TCOM （蘇士閔助理研究員線上參與）
ISTA Designated Members Meeting（劉明宗研究員副場長代表參加）

(五) 2025 年 ISTA 常會：

本年度 ISTA 常會 (Ordinary General Meeting) 於 5 月 9 日舉行，會議內容包含 2024 年 ISTA 大會會議紀錄追認、執委會 2024 年度工作報告、秘書處報告、2026 年度規費確認、國際種子檢查規範修訂，本年度 ISTA 常會於 5 月 9 日 (五) 舉行，計有 24 個會員國之國家授權代表與會，所有議案表接獲同意通過，2025 年 ISTA 章程修訂：針對 ISTA 章程提出並通過的變更，內容包括新增「國家 (national)」一詞、一項新的會員類別，以及對終身榮譽會員資格程序的說明與明確化。ISTA 獎項與終身榮譽會員表揚：表揚對 ISTA 有卓越且長期貢獻的個人，包括授予終身榮譽會員的標準與審查程序。

提出對 2025 年 ISTA 章程的修訂建議，首先是新增「national」用語，說明 ISTA 規則可作為國內與國際的檢測標準。該策略文件自六年前起便明示推廣 ISTA 於國內與國際應用。有會員擔心此用語會被某些國家誤解為強制使用。另新增「組織會員」類別，允許支持 ISTA 但非實驗室者加入。最後，釐清榮譽終身會員的授予由執委會決定，而非選舉產生。全案已經會員投票通過。

有關 ISTA rules 相關文件修表決訂議案，除與十字花科學名有關乙案爭議外討論熱烈 (Table 15B) 長達半小時外獲同意通過，經確認後在今年年底排版完成，並於明年正式改版發行。今年為 Keshavulu Kunusoth 主席最後一年任期，2026-2028 年將由原副主席 Ernest Allen 接任，今年度選出 Sergio Pasquini (Italy) 擔任副主席，以及 8 位執行委員 (2026-2028)。

未來三年的一項關鍵優先事項，是進一步擴展 ISTA 在非洲與拉丁美洲的影響力，同時維持在亞洲已建立的發展動能。公告 2026 年大會之開會地點為加拿大-加利 (Calgary Welstin Hotel)，預定日期為 6/22~6/25，由主辦方代表 Dr. Wang 說明：預計規劃三場工作坊：包括純度分類工作坊、種子工廠參訪工作坊、以及位於六小時車程外的國家種子實驗室舉行的進階品質保證工作坊。主辦單位將選擇場地與飯店同地點以減少交通不便，並與政府與民間單位 (如 SGS 與 2020) 合作。2027 年年會之開會地點為法國 France Angers (由 GEVES 主辦)。2028 年 ISTA Congress 年會之開會地點 Kigali, Rwanda。

伍、心得與建議：

本年度國際種子檢驗協會（International Seed Testing Association, ISTA）年會於 2024 年 5 月 5 日至 10 日假紐西蘭基督城(Christchurch, New Zealand)隆重舉行，來自全球各國的種子檢驗機構代表與研究人員共襄盛舉。本次會議農業部共派遣兩名代表全程與會，除參與年會核心議程外，亦出席相關技術報告及討論會，吸收第一手資訊以供我國後續政策與技術調整之參考。

ISTA 組織內部運作於 5 月 7 日至 8 日舉行為期兩天的技術委員會工作報告會議，共計 20 個技術委員會（Technical Committees, TCOM）及 2 個工作小組報告過去一年的成果與規劃。其中，新增一項重要進展為原「野生種工作小組」正式升格為「野生種技術委員會」，並自 2025 年起編列獨立預算與網站資源，專責推動針對野生植物種子的檢測方法建立與訓練課程發展，涵蓋虛擬與實體教學，顯示 ISTA 對自然資源與生物多樣性保育的高度重視。

今年會議順利完成所有議案表決，並辦理組織幹部改選。原任主席 Keshavulu Kunusoth（印度籍）任期屆滿，由原副主席 Ernest Allen（美籍）接任 2026 – 2028 年任期主席，新任副主席由 Sergio Pasquini（義大利籍）當選，另選出 8 位執行委員。原訂於 5 月 10 日辦理紐西蘭種子企業參訪活動，惟因出國計畫經費與返國時程限制，我國代表未克參加。儘管如此，本次年會參與成果豐碩，以下就與會心得與建議進行說明：

- (一) 年會活動核心除邀請種子科學領域專家專題演講外，每個技術委員會 (TCOM) 更針對外部公開及內部重要議題，在活動期舉行公開 (Open Meeting) 及閉門會議 (Close Meeting)，今年新增野生種子技術委員 (Wild Species Committee) 後共計有 20 個 TCOM。今年我國仍維持有 5 位學者專家加入不同 ISTA 技術委員會成員，於技術面實質參與，個別委員會因參與技術人員退休等原因，也於公開會議積極招募人員參與，建議我國相關領域專家或研究人員主動參與活動，積極於每三年的大會 (congress) 研討會中發表相關研究成果，以增加貢獻度或曝光度，將有利於未來加入 TCOM 的優先可能性。
- (二) 本次本國技術委員除本場陳易徵助理研究員因於美國就讀博士學位爭取 ISTA-Young 的經費可到現場參與外，其餘技術委員皆無法實地參加，本場與會同仁特別於會議前收集本國委員意見，並於會期時，加強與各技術委員互動，並代未能到場委員與技術委員會主席致意，針對關鍵議題提出本國技術委員參與各項試驗活動的意願，未來也積極爭取技術委員之經費參與年會。
- (三) 今年 ISTA TCOM 新增 Wild Species TCOM（野生種技術委員會），原為「Wild Species Working Group」，始於 2014 年，2016 年由 Gil Wagle 擔任主席。2025 年正式升格為委員會 (Committee)，並擁有正式經費與

網站資源。其工作目標與範圍（Scope）：開發針對野生植物種的種子檢測方法，聚焦於「單一物種為單位」的 protocol 建立。包含：純度檢查（purity）、發芽（germination）、活力（tetrazolium, TZ）等章節。並且協助種子分析師訓練，彌補目前缺乏教材的問題。現在進行虛擬訓練（virtual training）平台，提供實驗室訓練用資料。後續將發展實體訓練工作坊（hands-on workshops），但當前重心仍在 protocol 與網站 (<https://wild-seeds.net/>) 架構完成。

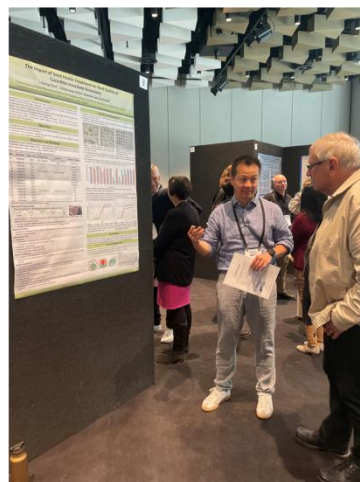
- (四) 年會時各技術委員會於 open meeting 時充分討論編修章節異動之條文，建議返國後整理相關文件與本場種子檢查室部門充分理解與討論，以利於年度改版確實。

本次年會顯示出 ISTA 在推動國際種子品質檢測技術標準方面的持續努力與更新節奏。建議我國可持續培育更多具國際視野與專業能力之種子技術人才，積極參與國際平台，提升我國在全球種子檢測體系中的技術地位與影響力，並將先進經驗與技術導入本土應用，強化我國種子產業的品質與競爭力。

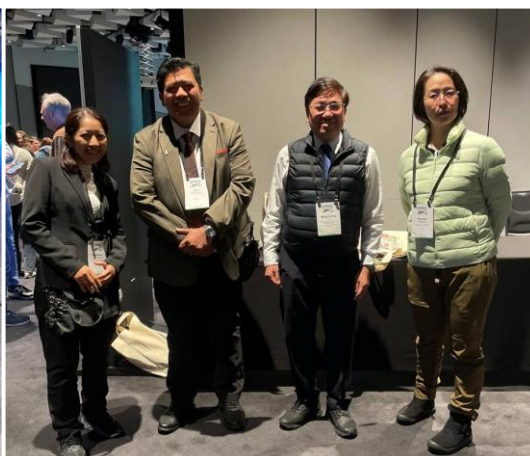
陸、會議圖片：



ISTA 執委會主席 Keshavulu Kunusoth 開幕致詞



本場陳易徵助理研究員進行海報張貼，說明研發成果並與現場會員互動



劉明宗研究員兼副場長與會場研究人員互動



劉明宗研究員兼副場長與會場研究人員互動



劉明宗研究員兼副場長與 Ernest Allen 主席(2025-2028)現場互動



劉明宗研究員兼副場長代表 2025 年 ISTA 出席常會進行會務投票



ISTA 2025 年年會意象



ISTA 2025 年年會與會人員合照

ISTA 官網資料

<https://www.seedtest.org/en/events/ista-congress-2025.html#gallery-4>