

## 出國報告(出國類別：研究)

# 自南非進行豆科牧草種原引種與交換

服務機關：行政院農業委員會畜產試驗所

姓名職稱：張世融 副研究員

派赴國家：南非共和國

出國期間：105 年 10 月 18 日-105 年 11 月 7 日

報告日期：106 年 2 月 6 日

## 目次

|                   |    |
|-------------------|----|
| 一、 摘要-----        | 2  |
| 二、 緒言及目的-----     | 3  |
| 三、 出國行程-----      | 6  |
| 四、 研習過程及具體成果----- | 7  |
| 五、 心得與建議-----     | 27 |
| 六、 致謝-----        | 28 |
| 七、 參考文獻-----      | 28 |

## 一、摘要

本報告為赴南非共和國執行出國計畫「自南非進行豆科牧草種原引種與交換（105 農科-4.4.1-畜-L1）」之出國報告，本出國計畫為期 3 週，赴南非動物生產研究所（Animal Production Institute）進行牧草種原保存及育種技術研習。南非共和國畜牧業相當發達，飼養型態則以放牧為主，故其草原農業之研究發展頗為興盛，尤其在草原禾豆科牧草之種原蒐集、研究調查及保存等方面，有相當的成果，相當具有觀摩研習的價值。計畫執行期間，除了至南非最主要的牧草相關研究機構之相關參訪與研習行程之外，並參與對方特別舉辦的三場小型學術座談會，進行雙方資訊與經驗之技術交流：包括分享目前兩國在禾豆科牧草之種原蒐集保存及栽培利用情形與試驗成果與未來發展方向；研議台斐雙邊種原交換與合作進行相關禾豆科牧草試驗之可能議題及方式，以及日後雙方研究人員持續進行交流互訪之相關事宜。此次赴南非的出國研習，出國人員與南非動物生產研究所研究人員充分溝通，分享目前兩國飼料作物種原研究成果，建立未來雙方進行飼料作物種原交換與合作研究發展的可能性。本報告建議，南非在飼料作物種原研究與豆科牧草選育及生產方面，累積相當豐富可觀的成果，值得我國參考觀摩以及進一步交流與合作。

## 二、緒言及目的

南非共和國，簡稱「南非」、「斐」，是一個位於南部非洲的非洲國家，原為英國殖民地，1961 年才成為獨立共和國。南非是世界上獨一無二的擁有三個首都的國家：行政首都（中央政府所在地）為普勒托利亞（Pretoria），司法首都（最高法院所在地）為布隆泉（Bloemfontein），立法首都（國會所在地）為開普敦（Cape town）。

南非位於非洲大陸最南端，東、西、南三面分別瀕臨印度洋、大西洋和南冰洋，海岸線 3,000 公里。南非緯度自南緯 22 至 35，經度從東經 17 至 33。南非地處非洲高原的最南端，南、東、西三面之邊緣地區為沿海低地，北面則有重山環抱。北部內陸區屬喀拉哈里沙漠、多為灌叢草地或乾旱沙漠。南非年平均降雨量約為 400 mm 但其幅員廣，地形變化大而氣候多樣：西部沿海乾燥少雨，而北部的沙漠地區年降雨量不足 30 mm；東部屬副熱帶濕潤氣候，植被繁茂，年平均降雨量 1,100 mm；西南部屬於地中海型氣候，冬季溫暖濕潤，年平均降雨量為 500 mm。

南非共和國的面積約 122 萬平方公里，為全球第 25 名；人口約 5 千 5 百萬人（2015 年統計），也是全球第 25 名。南非是非洲經濟最發達與現代化程度最高的國家，其資源豐富，素有「黃金王國」之稱，也有「世界礦庫」之稱，其黃金儲量、鉑族金屬、錳、鈮、鈦、矽酸鹽等礦產的儲量均居世界第一位。礦業、製造業和農業是南非經濟的三大支柱。在採礦技術、黃金開採、鑽井設備、鐵軌製造、汽車裝配等方面，南非都位居世界先進行列，另外，鋼鐵、機械、電力、化工、食品等工業部門已具有很大的規模，因此其國民生產總值約排在全球第 30 位，但南非屬於中低等收入的發展中國家，平均國民所得約 6,000 美元，為全球第 90 名（2015 年統計），相較我國的平均國民所得約 21,000 美元，南非在經濟發展方面，仍落後我國一段差距。尤其南非國內貧富極為不均，大部分的產業企業是人口為少數的白人所掌控經營，財勢雄厚，而多數人民（絕大部分為黑人）的收入微薄，僅勉強糊口，因此南非的社會秩序不佳，犯罪率居高不下，也因而阻礙了其經貿發展。

在農業發展方面，南非由於雨水較少，地多乾旱，故全國耕地僅佔總面積 15% 以下，農業生產毛額約只占全國生產毛額的 10% 以下。過去南非的農業以畜牧業為主，尤以綿羊

為重，其羊毛出口值曾佔第二位（次於金礦）；因蚊蠅等病蟲害的干擾，南非的牧牛較少，但仍有相當的乳、肉牛業以維持都市人口的消費需求。近來，南非農業結構已改變，農業改轉以蔬菜水果等農耕業為主。南非並大量引進國外農業新知、人才及技術，積極地注重農業試驗研究，開發水利等農工設施，實施農業機械化，再加上其自然資源豐富、土地及人力成本較低，使南非的農業水準已經大幅提升，其在草食動物牧業與牧草等草原農業，尤有專長。

臺灣畜牧業日漸發達，對於高品質及高產量之豆科牧草需求殷切。然而臺灣氣候雨季集中，不利國產豆科牧草如苜蓿全年性生長，亦限制乾草調製作業進行，使酪農大多仰賴進口。尋找替代性的豆科牧草持續進行著，可是國內荒野雖然普遍生長了許多種熱帶豆科牧草，可是能實際用於餵飼動物的本土豆科牧草草種卻不到 10 個屬，而且大部分無法大規模種植生產。因此，我國至目前為止仍未有專供大面積栽培且有經濟效益生產的豆科牧草品種，也因此自國外引進新的豆科牧草種原進行篩選，供育種人員選育適合我國栽培生產之豆科牧草品種是我國牧草研究發展的一項重要的課題。自氣候環境與臺灣相似的國家引進豆科植物，篩選做為適合臺灣栽培的豆科牧草品種，可能是較為省時而效率較高的方法。南非共和國的土地面積為我國的 30 倍，地大物博、資源豐富。南非畜牧業相當發達，草食動物產業以羊為最大宗，乳牛次之，而餵養型態則以放牧為主，故其草原農業之研究發展頗為興盛，尤其在草原禾豆科牧草之種原蒐集、研究調查及保存等方面，有相當的成果。此外，南非的氣候穩定，終年溫和乾燥，在適當灌溉下，適合生產豆科牧草，故其苜蓿乾草產量豐足。相較之下，我國的牧草研究發展，雖然在栽培生產及調製利用等方面較具優勢，但在牧草種原的相關研究方面、豆科牧草生產方面，以及牧草選育方面，南非則具有相當的觀摩研習價值。

1990 年我國曾與南非共和國農業部簽訂植物品種交換協定，而且 1990 年我國曾自南非引進尼羅草品系約 30 個，繁殖在畜產試驗所的飼料作物種原圃加以觀察利用及評估。經過這 20 餘年的評估及選育，畜產試驗所利用這些尼羅草遺傳資源，育成了尼羅草台畜草 1、2 及 3 號等 3 個優質牧草品種，並在我國已成功推廣成為重要的牧草栽培品種。

位於南非共和國首都普勒托利亞之農業研究委員會（Agricultural Research Council, ARC）是一個支持及主導農業研究發展與合作，鼓勵農業創新，開發農業人力和資本的部門。ARC 其下的動物生產研究所（Animal Production Institute, API），角色與我國農委會之畜產試驗所相當，API 的「草原與營養（Rangelands and Nutrition）」研究團隊負責牧草與飼料生產管理之試驗研究，包含牧草育種、植物遺傳資源保存利用和草原永續經營。API 透過收集國內本地種、國外引種與交流的方式，進行種質資源基因庫的保存與選育飼料作物品種，已成功推出多個品種，命名登記並授予植物育種者權利。此外，動物生產研究所也針對各種豆科作物進行區域比較試驗，探討一年生和多年生豆科植物栽培於冬季降雨及夏季降雨的地區，所表現的固氮能力，以提供建議予品種使用者改善生產管理方式，南非共和國在豆科牧草種原方面所累積的資訊與經驗，相當值得我國觀摩參考和技術交流。

本計畫為期 3 週，赴南非農業研究委員會之動物生產研究所進行牧草種原保存及育種技術研習。計畫執行期間，出國人員共參訪南非四個牧草相關研究機構，分別是位於南非普勒托利亞市 Irene 區的動物生產研究所總所、普勒托利亞 Roodeplaat 區的動物生產研究所分所暨種原中心以及夸祖魯-納塔爾省德班市 Cedara 區的動物生產研究所 Cedara 分所。出國人員在動物生產研究所除相關參訪與研習行程之外，並參與對方特別在動物生產研究所 Irene 總所、Roodeplaat 分所及 Cedara 分所舉辦之三場小型座談會，進行雙方資訊與經驗之技術交流：包括飼料作物試驗和種原蒐集保存研討會，雙方進行相關簡報，分享目前兩國在禾豆科牧草之種原蒐集保存及栽培利用情形與試驗成果，以及未來發展方向；同時，研議台斐雙邊種原交換與合作進行相關禾豆科牧草試驗之可能議題及方式，以及日後雙方研究人員持續進行交流互訪之相關事宜。本計畫也將實地觀察南非共和國所蒐集保存之豆科牧草種原，汲取該國研究人員的意見及建議，對於具有台灣栽培潛力之優良豆科牧草種原，也可能進行種原的引進或交換。

### 三、出國行程

#### 自南非進行豆科牧草種原引種與交換（105 農科-4.4.1-畜-L1(1)）

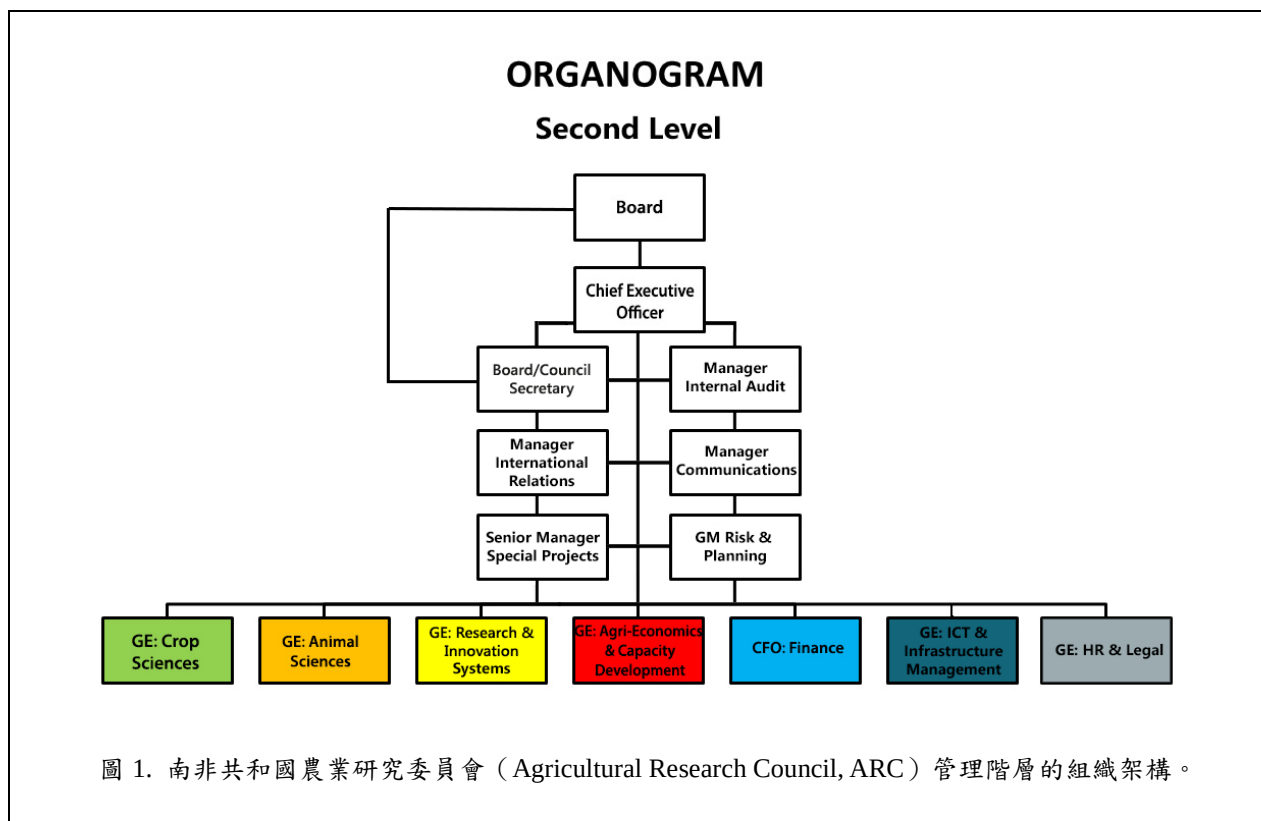
##### 出國行程表

| 日期                                | 地點                | 工作內容                                                                          | 航班及旅館                                       |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 10 月 18 日（二）                      | 台灣-香港-南非          | 去程（高雄－約翰尼斯堡－普勒托利亞）                                                            | 國泰航空 CX749                                  |
| 10 月 19 日（三）                      | 抵達豪登省約翰尼斯堡市與普勒托利亞 | 抵達南非豪登省約翰尼斯堡市，前往位於普勒托利亞市的南非共和國農業研究委員會 (ARC, Agricultural Research Council) 拜會 | Jansen House<br>Boutique Manor,<br>Pretoria |
| 10 月 20 日（四）<br>至<br>10 月 25 日（二） | 豪登省<br>普勒托利亞市     | 擔任 ARC 之動物生產研究所 (API, Animal Production Institute) 訪問學者                       | Jansen House<br>Boutique Manor,<br>Pretoria |
| 10 月 26 日（三）<br>至<br>10 月 28 日（五） | 夸祖魯納塔爾省<br>德班市    | 參訪 ARC 之夸祖魯納塔爾省分所                                                             | Redlands Hotel,<br>Durban                   |
| 10 月 29 日（六）<br>至<br>10 月 31 日（一） | 豪登省<br>普勒托利亞市     | 擔任 ARC 之動物生產研究所 (API, Animal Production Institute) 訪問學者                       | Faircity Grosvenor<br>Gardens, Pretoria     |
| 11 月 1 日（二）<br>至<br>11 月 5 日（六）   | 豪登省<br>普勒托利亞市     | 擔任 ARC 之動物生產研究所 (API, Animal Production Institute) 訪問學者                       | Radisson Blu Hotel,<br>Johannesburg,        |
| 11 月 6 日（日）                       | 南非(12:30)-香港      | 返程                                                                            | 國泰航空 CX748                                  |
| 11 月 7 日（一）                       | 香港-台灣             | 返抵                                                                            |                                             |

## 四、研習過程及具體成果

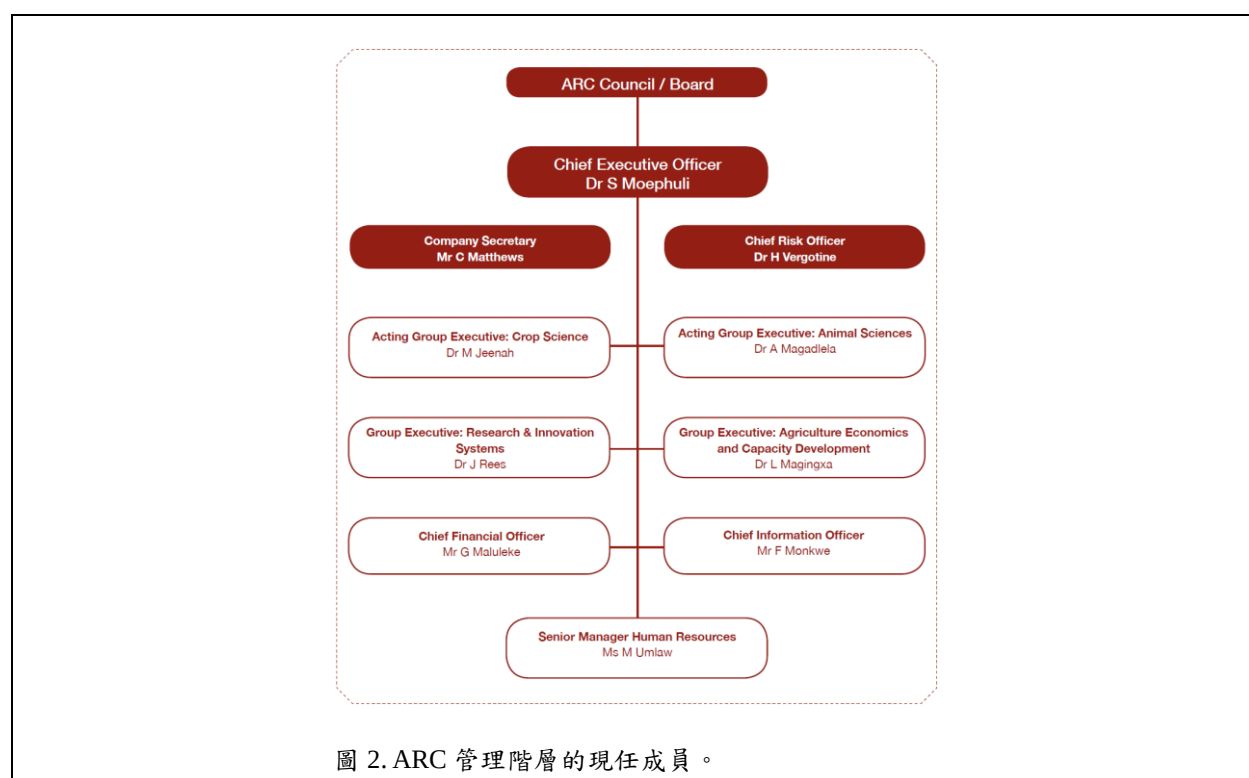
### （一）農業研究委員會 (Agricultural Research Council, ARC)

南非共和國的農業研究委員會 (Agricultural Research Council, 以下簡稱 ARC) 為國家級公法人機構，職掌南非的農業試驗研究相關業務事宜，其組織架構為委員會制，委員來自政府各相關部會、學術界及產業界，南非全國各地之農業試驗研究機構均在其轄下（圖 1 及圖 2）。南非共和國於 1990 年通過農業研究法，明定成立 ARC 作為農業研究之專責管理機構，該法案規定 ARC 的核心任務是進行農業研究、推動研究成果和開發技術之推廣與技術移轉、促進南非農業及相關產業的進步、促進及確保自然資源之保護，以及提高農村生活質量並解決貧困問題。ARC 成立的目的是運用有限的經費進行農業科技的研究開發，改善南非的農業技術，提升農民知識及技術水準，進而落實農業科技的產業化，促進南非的農業經濟發展，解決農村貧窮及生活品質落後的迫切難題。其核心業務有四大項，分別為作物科學 (Crop Science)、動物科學 (Animal Science)、農業經濟發展 (Agricultural Economics and Capacity Development) 以及創新研發系統 (Research and Innovation System)。



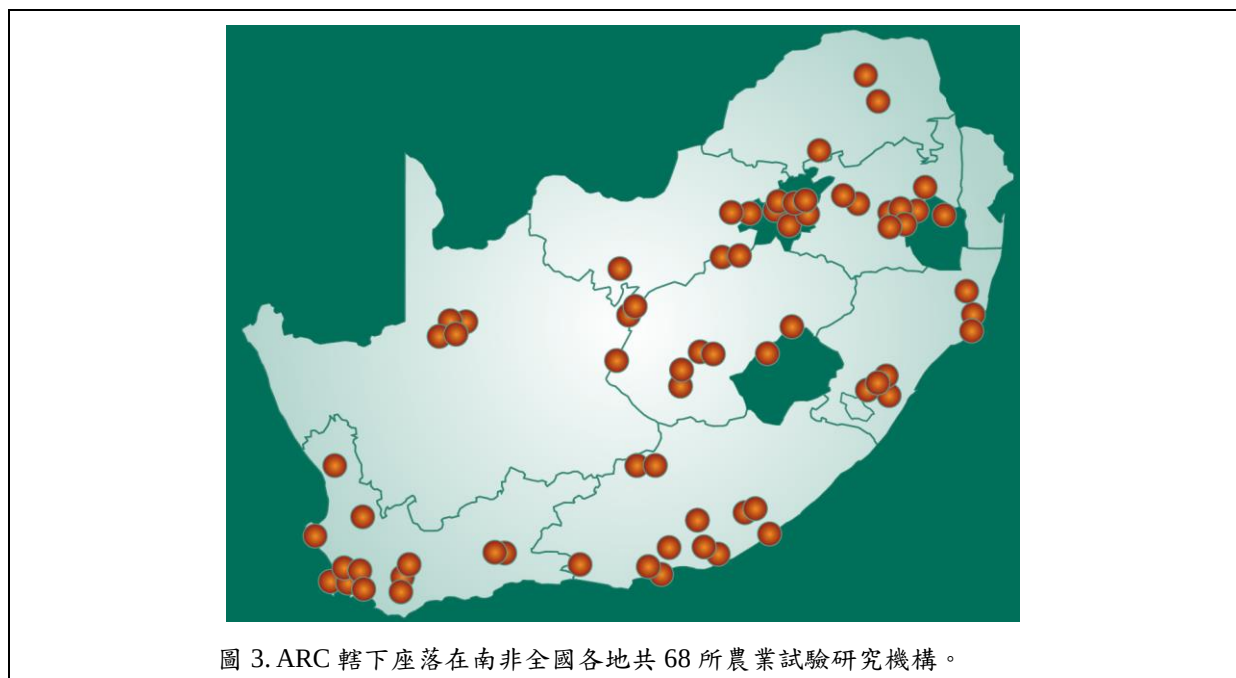


ARC 遴聘執行長組成管理辦公室，負責各項業務執行，最重要的是擬定南非農業試驗研究的短中長期方向、籌措經費並提供經費給予轄下農業研究機構與學術界進行試驗研究計畫，以及監控管理各農業試驗研究機構的研究發展及財務，定期或不定期督導審議研究計畫之執行進度與成果績效。其組織架構與組成目的相當類似日本國家農業暨食品總研究機構（National Agriculture and Food Research Organization, NARO）。這類國家級公法人體制的農業試驗研究機構，與我國完全隸屬政府公部門的農業試驗研究機構相比較下，其具有事權統一、指揮調度靈活、任務及績效導向與人事管理精簡而彈性等優點；不過公法人的經費財源籌措問題則可能使農業試驗研究易於偏重急功近利，流於短線發展，造成基礎研究不足，農業試驗研究無法全面均衡發展。



ARC 總辦公室位於南非共和國行政首都普勒托利亞（Pretoria），全國各地共 68 農業試驗研究場所均在其轄下（圖 3），南非 ARC 轄下主要的農業試驗研究機構包括動物生產研究所（Animal Production Institute, API，其總所位於 Irene）、蔬菜及園藝作物試驗所（Vegetable and Ornamental Plant Institute，其總所位於 Pretoria 的 Roodeplaat）、農業工程試驗所（Institute for Agricultural Engineering，其總所位於 Pretoria 的 Weavindpark）、獸醫

研究所 (Institute for Animal Health and Veterinary Institute, 其總所位於 Pretoria 的 Onderstepoort)、水果及酒類試驗所 (Institute for Fruit and Wine, 其總所位於 Pretoria 的 Roodeplaar)、穀物試驗所 (Grain Crops Institute, 其總所位於 Potchefstroom City)、麥類試驗所 (Small Grain Institute, 其總所位於 Bethlehem city)、植物保護試驗所 (Plant Protection Research Institute, 其總所位於 Pretoria 的 Roodeplaar)、特用作物試驗所 (Institute for the Industrial Crops, 其總所位於 Rustenburg City)、農業環境資源試驗所 (Institute for the Soil, Climate and Water, 其總所位於 Pretoria 的 Arcadia)、熱帶及亞熱帶作物試驗所 (Institute for the Tropical and Subtropical Crops, 其總所位於 Mbombela city) 等。由以上這些農業試驗研究機構的名稱可以大致明瞭, 南非共和國的農業試驗研究由 ARC 專責, 針對國家農業發展需求, 依據任務及績效導向重新整編組織各研究機構, 進行各類農業試驗研究。



## (二) 動物生產研究所 (Animal Production Institute)

南非共和國的動物生產研究所 (Animal Production Institute, 以下簡稱 API), 其成立宗旨在提高南非畜牧業的產值生產力及競爭力, 加強南非自然資源的生產利用和保育以達到畜牧業的永續性, 並將研究成果轉化實際生產應用以支持南非的農業轉型, 以及南非農業部門之效率和競爭力提升。 API 與獸醫研究所 (Institute for Animal Health and Veterinary)

合作，協助南非政府的科技部（Department of Science and Technology）與農林水產部（Department of Agriculture, Forestry and Fisheries）管理國家的動物資產，從事動物生產及動物保健的服務業務，肩負重要的國家自然資產保育任務。

API 執行的研究計劃和提供的服務內容是以 ARC 根據南非國家農業重大優先發展事項所整合而研擬的策略目標為方向，這些農業重大優先發展事項包括「南非農業發展計劃」、「國家畜牧業發展策略」、「土地和農業改革計劃」，以及「國家研究與發展策略」等。API 的目前研究重點領域在家禽家畜的育種和改良、遺傳資源收集利用、牧場生產經營、飼料營養與牧草等動物生產相關的研究和技術開發，並且積極推動研究成果的技術移轉，以改進南非畜牧產業之生產力和畜牧資源的永續利用。



圖 4. (1) API 總所位於首都 Pretoria 的 Irene，面積廣闊（圖右上與圖左上）(2) 草原與營養（Rangelands and Nutrition）組的建築物外觀（圖右中與圖左中）及入口玄關（圖左下）(3) 草原與營養組提供的訪問學者研究室（圖右下）

API 總所位於首都 Pretoria 的 Irene 園區，其面積非常廣闊，約有 2000 公頃。進入 API 之後，放眼望去除了稀落的建物之外，盡是一望無際的放牧地、牧草地及原野（圖 4）。

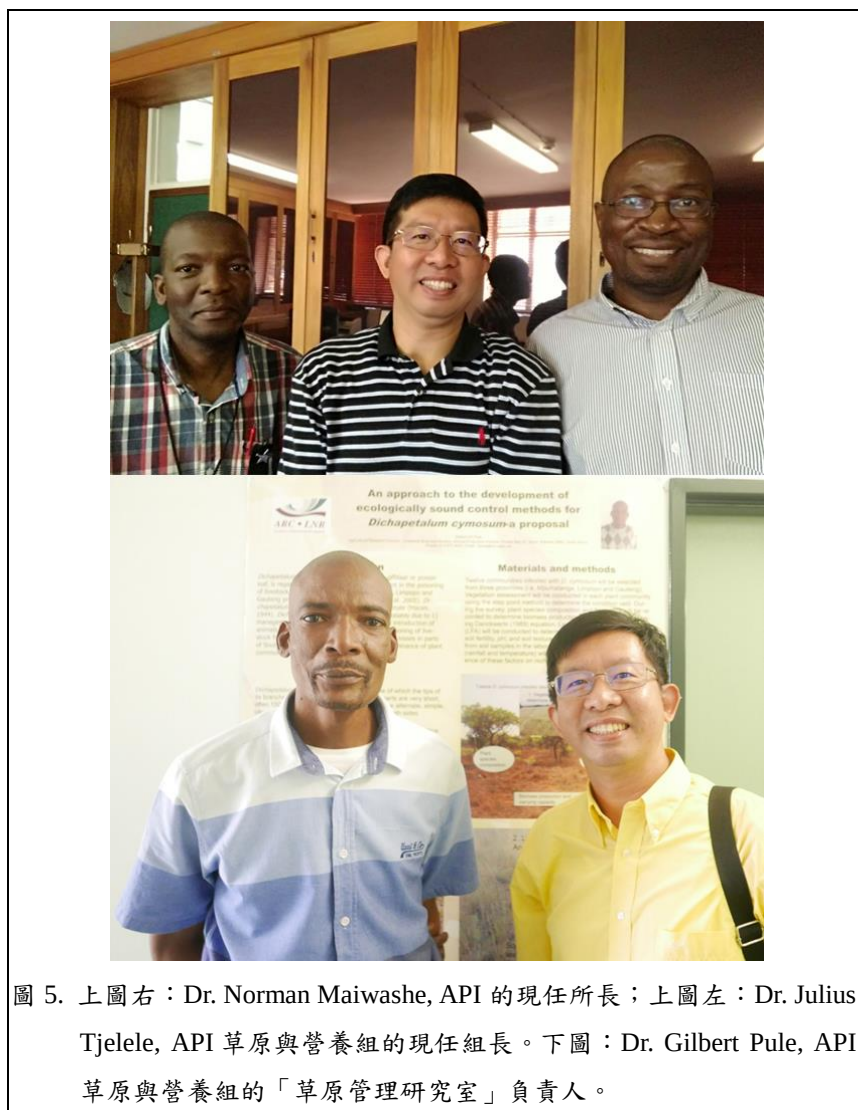
基於疫病防治、研發成果保護及防範犯罪等原因，API 的門禁十分森嚴，人員進出 API 均須出示證件過卡登記，車輛則須經檢查始能放行通過，API 所區內的每一棟建物也同樣地門禁森嚴，都必須過卡辨識後才能開門進出。API 在南非全國各省均設有分場所，大部分的分場所都是設置於 ARC 各省的試驗園區內，例如 API 的牧草育種中心就是設在夸祖魯-納塔爾省 KwaZulu-Natal Province 德班市的 Cedara 試驗園區，園區內還有 ARC 其它機構，如蕈菇類試驗所、農業學校等；API 的種原中心即設置於 ARC 位於 Pretoria 的 Roodeplaat 試驗園區，該園區尚有水果及酒類試驗所、植物保護試驗所。

API 的編制為所長 (General Manager)，與其下領導的人力資源辦公室 (Office of Human Resource)、財務管理辦公室 (Office of Financial Management) 及總務行政辦公室 (Office General Administration) 等幕僚部門與 3 個研究團隊 (或「組」) (Research Team)。

API 的現任所長為 Dr. Norman Maiwashe (圖 5)，Dr. Maiwashe 的專長領域為草食動物育種，他對於肉牛選育及生產 (Beef cattle breeding and production) 有多年試驗研究經驗，其致力於協助小規模肉牛牧場的農民調整肉牛飼育環境及生產模式，以解決小農遭遇到有關肉牛養殖的相關問題，提升農村收益與改善經濟。

API 的 3 個研究團隊分別為「動物記錄與改良 (Animal Recording and Improvement)」、「草原與營養 (Rangelands and Nutrition)」以及「食品科技 (Food Science and Technology)」。

各個研究團隊由所長指派資深研究員擔任「組長」(Research team manager)，負責指揮該組業務的分派調度及試驗研究執行情形的掌控。這 3 個研究團隊的組成與位階，相當於我國畜產試驗所內跨研究單位所組成的團隊，例如「芻料作物組」、「草食動物組」等。相異之處在於：API 研究團隊的組長具有實權，可以直接指揮並管理 API 總所及 API 在南非全國各分場所的研究團隊成員；而我國畜產試驗所內跨單位的研究團隊則不具調度管理之實權，其地位類似科技計畫各領域之統籌計畫召集人。



API 各研究團隊中，再規劃分成數個研究室執行各項試驗計畫與業務，以草原與營養這個研究團隊為例，其編置的研究室包括「草原生態 (Rangeland Ecology)」、「草原管理 (Rangeland Management)」、「牧草生產管理 (Forage Production and Management)」、「牧草育種 (Forage Breeding)」，以及「牧草種原評估與國家牧草基因庫 (Forage Germplasm Evaluation and National Forage Genebank)」。除了以上 5 個牧草相關的研究室之外，草原與營養研究團隊還有「單胃動物營養 (Monogastric Nutrition)」及「瘤胃動物營養 (Ruminant Nutrition)」兩個動物相關的研究室。API 將植物、植物生態、遺傳育種等農藝專家與飼料、動物營養等畜牧專家整合在草原與營養研究團隊，共同研提、討論及執行試驗計畫與業



務，彼此相互支援而相輔相成，使牧草與營養方面的研究能更全面而完整，研究成果更具產業利用價值。

### （三）草原與營養（**Rangelands and Nutrition**）研究團隊

此次研習的主要對象與地點即 API 的「草原與營養」研究團隊，此團隊的負責人是 Dr. Julius Tjelele，他同時也擔任「草原生態研究室」的負責人。Dr. Tjelele 的專長領域為草原植物生態及生理，以及草原植物之芻料利用。Dr. Tjelele 是一位充滿活力幹勁的年輕學者，積極致力於芻料作物的開發以推廣應用於南非普遍乾旱的放牧地區（圖 5）。「草原與營養」研究團隊主要試驗場所在的 ARC 的 Irene 園區（Pretoria）、Roodeplaat 試驗園區（Pretoria），以及 Cedara 試驗園區（Durban, KwaZulu-Natal Province）

#### 1.「草原生態研究室」(**Rangeland Ecology**)與「草原管理研究室」(**Rangeland Management**)

「草原生態研究室」針對南非乾旱地區草原之生態及調查、植被收集及資料庫建立與管理進行研究。草原生態研究室的負責人是 Dr. Julius Tjelele。「草原管理研究室」的研究重點是放牧草地的監測管理；放牧草地的復育和更新，以及草原有毒植物的防治管理。

「草原管理研究室」的負責人是 Dr. Gilbert Pule，他的專長領域為草原有毒植物的防治管理（圖 5）。「草原生態研究室」與「草原管理研究室」目前正在合作執行一項大型計畫，名為「國家植物資源整合資料庫（Integrated National Vegetation Resource Data Bases）」，該計畫基於對自然植被的評估是農業資源永續管理的先決條件，也是影響自然資源管理選項的要件。該計畫實施內容包括南非草原植物種類數量與庫存量的調查，草原植被變化的監測和解釋，以及草原植物生產的模式化。

## 2. 「牧草育種研究室」(Forage Breeding)

「牧草育種研究室」主要任務是持續進行南非各種主要牧草的選育，其目的在不斷地育成牧草新品種，以因應產業需求及氣候變遷，提高草食動物的產能，實現永續農業。牧草育種研究室的負責人是 Dr. Ntuthuko Mkhize，他的專長領域為禾本科牧草育種。Dr. Mkhize 的牧草育種團隊，即 API 的牧草育種中心，就設在夸祖魯-納塔爾省 KwaZulu-Natal Province 德班市的 Cedara 試驗園區，此園區面積廣達 2000 餘公頃，其中牧草育種試區即有將近 800 公頃（圖 6）。



圖 6. 設在夸祖魯-納塔爾省 KwaZulu-Natal Province 德班市的 Cedara 試驗園區的 API 牧草育種中心。

牧草育種團隊的田間試驗工作目前是由年逾 72 歲，退而不休的資深育種家 Dr. Dave Goodenough 領軍，帶領著一群約 10 位資淺的牧草育種學者，陣容相當堅強，其一方面協助負責人 Dr. Ntuthuko Mkhize，分攤大部分繁瑣的現場育種工作，從雜交、栽培、觀察評估到收穫調查，進行各種牧草育種對象的田間試驗工作，持續不斷地推出牧草新品種，成果斐然；另一方面 Dr. Goodenough 正將一身牧草育種的好武藝及豐富寶貴的經驗積極地傳授給年輕的牧草育種學者（圖 7-9）。



圖 7. Dr. Goodenough（左下圖與右下圖）與年輕的牧草育種學者 Dr. Khutso（右上圖與的左下圖）一起解說芻料用蘿蔔的選育情形。

由於南非經歷了長達 40 年的「種族隔離」政策，南非白人同胞雖然因此掌握了絕大部分的學問及技術，但白人畢竟是少數民族，許多重要可貴的學術資源經過多年的封閉，普遍正面臨著因人力斷層，乏人傳承而流失的嚴重問題。「種族隔離」政策廢止後，南非黑人同胞開始享有平等受教育的學習以及獲得技術性工作的機會，目前正是南非白人同胞將其過去所努力累積的學問及技術經驗進行交接傳承的關鍵時刻，求才若渴的南非，唯有努力積極地提升黑人同胞的教育水準，才得以加速現代化，擺脫落後及貧富不均。ARC 這幾年來也積極引進黑人新血補充其長期不足的試驗研究人力，所以白人同仁經驗、學問及技術的交接傳承非常重要。

Dr. Goodenough 在 30 年前曾參與尼羅草（Nilegrass, *Acroceras macrum*）及狼尾草（Napiergrass, *Pennisetum alopecuroides*）的育種及栽培試驗，對於我國畜試所當年自南非引種 20 餘個尼羅草品系，以及交換狼尾草種原的事略，仍然還有記憶。昔時因尚未發展電子期刊，尼羅草及狼尾草的國際研究文獻相當稀少，難以互相交流研究成果，我國畜試所的牧草育種團隊僅能自品系評估工作從頭做起，憑藉前輩們不斷辛苦嘗試才得以成功進行雜交育種，開啟我國牧草育種的新扉頁。與 Dr. Goodenough 經此交流討論，體會到兩地



的牧草育種進展竟曾受限於資訊科技的發展，Dr. Goodenough 立即找出發表在南非國內期刊的數篇尼羅草及狼尾草研究文獻相贈，提供我國充實禾本科牧草育種之基礎。



圖 8. Dr. Mkhize（右下圖的左二）與 Dr. Goodenough（右下圖的右二）引領參觀牧草育種試區，由年輕的牧草育種學者 Dr. Khutso（左下圖）進行解說。



圖 9. Dr. Goodenough（右下圖）解說黑麥草抗銹病育種的品系選育情形。

API 牧草育種的對象，包括豆科牧草的苜蓿、芻料用豇豆（Cow pea, *Vigna unguiculata*）及白花三葉草（White clover, *Trifolium repens*）等，禾本科牧草則包括多年生黑麥草（Perennial ryegrass, *Lolium perenne*）、義大利黑麥草（Italian ryegrass, *Lolium multiflorum*）、

黑麥 (Rye, *Secale cereale*)、燕麥 (Oat, *Avena sativa*)、高狐草 (Tall fescue, *Festuca arundinacea*)、垂愛草 (Lovegrass, *Eragrostis curvula*)、畫眉草 (Teff, *Eragrostis tef*)、指草 (Finger grass, *Digitaria eriantha*) 以及我國相當熟悉的尼羅草等。除此之外，因應氣候變遷及全球能源危機可能造成的芻料短缺問題，多元開發新芻料也是 API 牧草育種團隊的重要即刻任務，例如芻料用蘿蔔 (Radish, *Raphanus sativus*) 及芻料用仙人掌 (Cactaceae)，如 *Opuntia* spp. 的 *Opuntia biogas*、*Opuntia ellisiana*、*Opuntia ficus* 等 (圖 10)。



圖 10. API 牧草育種團隊多元開發新芻料的選育計畫：芻料用蘿蔔 (左) 及芻料用仙人掌(右)。

### 3. 「牧草生產管理研究室」(Forage Production and Management)

「牧草生產管理研究室」主要研究南非牧草的生產模式，其目的在整合農業土地利用開發系統，期能建立南非廣大草原農業的牧草生產模式，並提高管理效能。牧草生產管理研究室主要試驗場所在 Pretoria 的 Roodeplaat 試驗園區，其負責人是 Dr. Gerrie Trytsman，



他的專長領域為苜蓿等豆科牧草的生產管理，Dr. Gerrie Trytsman 的牧草生產模式試驗主要在 Pretoria 的 Roodeplaat 試驗園區進行（圖 11）。



圖 11. API 的「牧草生產管理研究室」位於 Roodeplaat 試驗園區（上圖），中及下圖為 Dr. Gerrie Trytsman 與其苜蓿栽培試驗田。

#### 4.「牧草種原評估與國家牧草基因庫」(Forage Germplasm Evaluation and National Forage Genebank)

API 的「牧草種原評估與國家牧草基因庫」主要試驗場所也在 Pretoria 的 Roodeplaat 試驗園區，其主要任務為飼料作物及草原植物的種原蒐集保存與評估開發利用等研究，其目的在草原植物資源保育以多元永續經營草原農業，並協助牧草新品種選育、多元開發新芻料，以及建立南非草原農業的牧草生產模式。「牧草種原評估與國家牧草基因庫」研究室的負責人是 Dr. Marike Trytsman，她的專長領域為植物種原蒐集保存與評估（圖 12）。



圖 12. 「牧草種原評估與國家牧草基因庫」研究室的負責人 Dr. Marike Trytsman 與「牧草生產管理研究室」的負責人 Dr. Gerrie Trytsman（兩位為夫妻）。

「牧草種原評估與國家牧草基因庫」在 Roodeplaat 試驗園區建立了一座牧草基因庫(圖 13 及 14) 及一座牧草種原區(圖 15)，牧草基因庫蒐集了非洲南半部多達 8000 種具有牧草開發利用潛力的草原植物，以種子或營養繁殖植體進行常溫乾燥、低溫或超低溫保存(圖 13 及 14)。其牧草種原區則栽培保存了 800 餘個牧草品系、品種等蒐集自南非國內外的牧草種原，其中包括數個在 80 年代交換自我國的狼尾草品系(圖 15)。



圖 13. Dr. Marike Trytsman 引導參觀國家牧草基因庫。



圖 14. 國家牧草基因庫之種子低溫冷藏庫。



圖 15. Dr. Marike Trytsman 引領參觀 API 國家牧草基因庫之「牧草種原區」，圖中及圖下為交換自我國的狼尾草品系。

「牧草種原評估與國家牧草基因庫」研究人員所蒐集的植物，必須先不厭其瑣地經過背景資料調查、記錄及建檔等步驟，隨即將部分植株費時耗工製作成全株植物標本（圖



16)，妥善保存在「植物種原標本庫」(圖 17)，再將完成建檔及標本製作之植物種原以種子或營養繁殖植體的形式進行保存。



圖 16. 「植物種原標本庫」研究人員示範全株植物標本之製作及植物種原背景資料之調查與建檔。

雖然南非 ARC 之國家牧草種原及基因庫的設備及設施較我國簡陋且老舊，不過其運用該國擁有的較多而低薪的人力，將草原植物的基本資料與遺傳資源鉅細靡遺地妥善保存，非常不容易，對於 API 的牧草育種及牧草生產團隊的幫助很大，甚至於 API 已大致建立了非洲南半部草原植物資源的檔案資料，對於其發展國際農業合作相當有利。



圖 17. 參觀國家牧草基因庫之「植物種原標本庫」。

南非擁有遼闊的草原，草食動物的畜牧產業盛行放牧，所以草原農業的相關研究很蓬勃發達，其 ARC 之國家牧草種原及基因庫的庫藏牧草種原因此絕大多數屬於適合放牧利用的草原植物，我國可茲引進利用的牧草種原可能並不多，不過其牧草基因庫庫藏了非洲南半部多達 8,000 種草原植物，其牧草種原區也保存了 800 餘個南非國內外的牧草品系品種，實為牧草遺傳資源的一大寶山。API「牧草種原評估與國家牧草基因庫」的研究人員對於所蒐集的植物及牧草種原，抱持著審慎仔細、一步一腳印的專業態度，詳實調查紀錄，謹慎妥善保存，足堪為我國相關研究人員之借鏡。種原遺傳資源為育種的基礎，南非在牧草種原與遺傳資源保育方面的研究發展，相當值得我國相關研究單位保持彼此密切聯繫，並思考積極交流，取長補短的可能性。

## 5. 「瘤胃動物營養研究室」(Ruminant Nutrition)

南非共和國地大物博、資源豐富，其發達的畜牧業屬於飼育成本低廉的草原農牧，餵養型態以為主，草食動物產業以羊（包括山羊及綿羊）為最大宗，牛次之。大部分的牛羊供應作為肉用，乳用較少，酪農業多集中在城市郊區，技術水平及收益較佳。API 的「瘤胃動物營養研究室」長期與「草原生態研究室」與「草原管理研究室」合作，針對南非乾旱地區草原放牧之瘤胃動物的營養供需、消化吸收及芻料養分進行研究，並積極進行推廣



教育訓練，改善南非農村普遍盛行的放牧牛羊之飼料營養及消化吸收，致力於提升放牧技術水準，增加農民收入。另一方面，瘤胃動物營養研究室對於酪農之芻料調製與飼糧配方也很重視，近年來也開始投入瘤胃微生物的研究。瘤胃動物營養研究室的負責人是 Dr. Klaas-Jan Leeuw 他的專長領域為肉牛瘤胃營養學（Ruminant nutrition of beef cattle）（圖 18）。



由於 ARC 為公法人機構，其試驗研究的部分經費來源必須自行籌措，除了政府農業部門委辦的試驗研究之外，其規劃了多項收費進行試驗研究，協助民間畜牧業者解決問題、建立經營與管理的模式。瘤胃動物營養研究室對於「草原與營養」研究團隊在經費籌措方面有蠻多貢獻，其提供了幾個動物營養及飼糧配方的委託試驗，包括青貯料調製及利用模式之建立、協助種牛公司篩選高消化吸收性能的種公牛、肉牛及肉羊飼糧配方及餵飼模式等委託計畫，為團隊挹注可觀的經費，足以支應其他基礎研究，例如生態、種原及基因庫方面的試驗計畫（圖 19）。

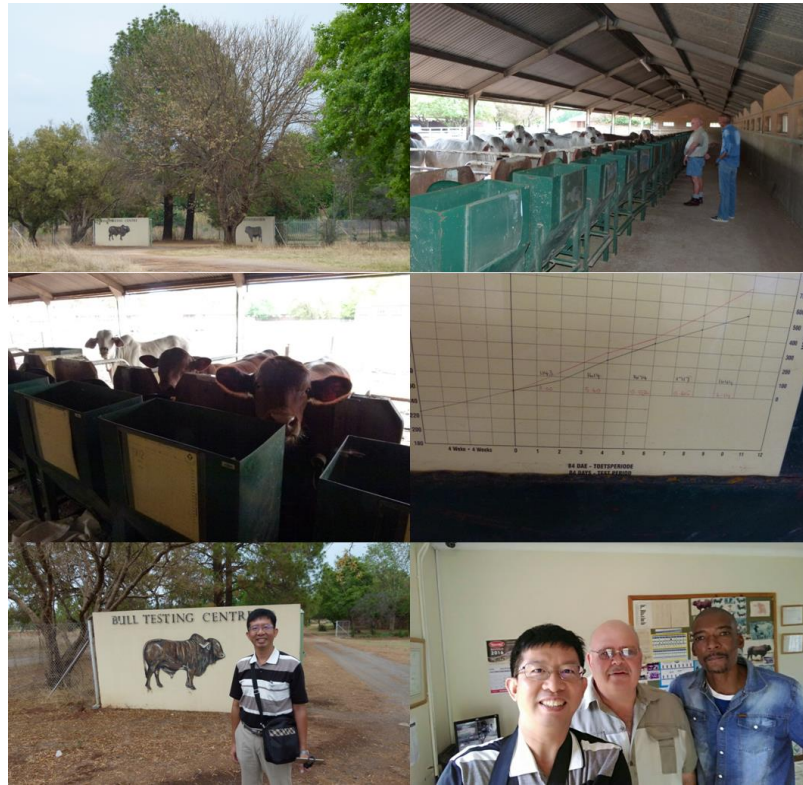


圖 19. Dr. Gilbert Pule 引領參觀肉牛試驗中心，由計畫主持人 Dr. Siviwe Magidigidi（右下圖中間）導覽及講解該試驗中心目前正在進行的種公牛篩選委託試驗。

#### （四）學術座談暨討論會

「草原與營養」組組長 Dr. Tjelele 特地安排了三場小型的學術座談暨討論會，分別在 ARC 的 Irene 試驗園區、Roodeplaar 試驗園區及 Cedara 試驗園區，由與各研究室主持人各進行一場學術報告，並於報告之後與 API 研究團隊的專家們討論交流。於 Irene 試驗園區草原與營養組組本部的報告題目為「Situation and Research of Forage Crops in Taiwan」（圖 20），筆者大略簡介我國畜產試驗所，並簡述我國牧草產業及試驗研究現況、未來展望與面臨的挑戰。API「草原與營養」組的組長 Dr. Tjelele 則報告「Recent projects and results of API in Rangelands and Nutrition」，概述 API「草原與營養」組的試驗計畫與成果。



圖 20. 在 ARC 的 Irene 試驗園區舉辦的學術座談會。

筆者在 Roodeplaat 試驗園區的報告題目為「Forage crop germplasm in Taiwan」，筆者簡介我國牧草種原蒐集、保存、評估及利用的現況，以及我國畜產試驗所近來在牧草種原方面的相關試驗研究成果；API「牧草種原評估與」研究室負責人 Dr. Marike Trytsman 則簡報「The forage Genebank of ARC-API」，簡述 ARC-API 創設國家牧草基因庫的筆路藍縷。筆者在 Cedara 試驗園區「牧草育種」研究室的報告題目為「Major forage crops cultivated in Taiwan and the evaluation of manure crops for forage use in Taiwan」(圖 21)，筆者簡介我國主要的牧草栽培種、我國牧草產業現況，以及多年來育成的各牧草品種，另外也簡述我國



畜產試驗所面對豆科牧草的缺乏，為了改善國產芻料品質，積極進行豆科綠肥作物供作芻料利用的相關試驗研究成果；「牧草育種」研究室負責人 Dr. Mkhize 則簡報「What is the forage breeding and evaluation unit about?」介紹「牧草育種」研究室的育種試驗計畫與重大育種成果。另外 Dr. Dave Goodenough 則以「Breeding objectives and selection traits of forage breeding in API」為報告題目，概述 ARC-API 牧草育種研究室因應的南非畜牧產業目前對於芻料的需求面，其主要的育種目標與選種策略。



圖 21. 在 ARC 的 Cedara 試驗園區舉辦的學術座談會。

這次南非的參訪研習，在 ARC-API「草原與營養」組熱心的安排下，筆者參訪了三處 ARC-API 牧草研究的重鎮，觀察學習對方的優點長處，比較雙方的差異處作自我檢討，大開眼界而獲益匪淺；而參與分別在 ARC 的 Irene 試驗園區、Roodeplaat 試驗園區及 Cedara 試驗園區舉辦的三場小型學術座談暨討論會，與 ARC-API「草原與營養」研究團隊的專家們充分討論交流，體驗遙遠國度不同民族的熱忱彼此釋疑並且建立情誼，更是一大收穫。ARC-API「草原與營養」的組長 Dr. Tjelele 在每一場座談會中，都很誠摯地要求其研究同仁們與筆者，務必充分交流溝通，希望找到雙方能進一步合作的契機與方向，包括牧草種



原交換、贈與提供及相關研究技術與成果之，也包括研究同仁互訪研習、相互協助審閱研究論文等，冀求兩國在牧草研究領域，能夠跨出交流合作的腳步。

## 五、心得與建議

- (一) 我國的禾本科牧草（如盤固草、青割玉米、狼尾草等）栽培生產技術，以及芻料調製利用與芻料品質檢測分析等技術已有相當的進展，此外在牧草種原鑑定及保存相關研究技術及設備方面，也達不錯的水準，相較之下，南非共和國之芻料研究在這些領域方面均較為落後。不過，南非在牧草育種方面，尤其在病害及環境逆境方面的耐性育種，其技術水準毫不遜色，成果豐碩。南非對於草原管理、土壤肥力的重視及努力鑽研，也非常值得我國參考學習。
- (二) 關於牧草種原，台斐雙方各有所長：我國自西元 21 世紀起，開始發展牧草種原親緣鑑定技術，積極充實相關分子生物分析設備及人員訓練。同時，我國的牧草育種研究人員將分子生物親緣鑑定技術應用於牧草種原分析，並佐以芻料品質分析技術評估牧草種原。在相關技術、研究成果及設備的輔助下，我國近年來在牧草育種方面，成績斐然。南非共和國在牧草種原評估及其應用於牧草育種的相關研究及技術，尚在起步發展階段，然而，南非的牧草育種研究人員利用其豐富的牧草種原，憑藉著經驗、認真仔細的選拔眼光以及人力與土地優勢，牧草育種也有很好的成績表現。
- (三) 我國芻料產業的研究發展，受限於天然環境，不易突破：因為地狹人稠，農地面積不足，飼料作物的栽培生產及育種研究，因糧食作物的競爭，而受到限制；因為天候因素，除了禾本科牧草，我國幾乎無法生產豆科牧草。這些不利的限制因素，使我國每年耗費鉅額外匯進口芻料，而使得我國草食動物產業的生產成本難以降低。因應環境的限制及變遷，強化飼料作物的開發與育種，增加國產芻料的多樣性與多元化利用，是我國未來芻料產業研究的一大重要方向及課題，而飼料作物種原蒐集保存、開發利用等試驗研究之技術經驗與結果資訊的交流，則正是首要積極進行的工作。
- (四) 此次赴南非的出國研習，出國人員與參訪的南非動物生產研究所充分溝通，分享目前兩國飼料作物種原研究成果，建立未來雙方進行飼料作物種原交換與合作研究發展的可能性。本報告建議，南非在飼料作物種原研究與牧草選育及豆科牧草生產方面，累積相當豐富可觀的成果，值得我國參考觀摩以及進一步交流與合作。

## 六、致謝

承蒙台斐雙方很多的大力襄助，此次為期三星期的研習才能順利的完成。感謝農委會的經費支持，感謝農委會國際處朱研究員世文協助居中聯繫協調參訪事宜；感謝駐南非代表處王秘書依琦熱心協助安排南非期間的生活起居，並協助處理突發事件；感謝畜試所長官們的支持與協助，也感謝畜試所飼作組同仁們的體諒與辛苦代勞，這個研習計畫得以如期執行！由衷地感謝南非共和國 ARC-API 諸多同仁對此行的幫忙：API 所長 Dr. Maiwashe 的充分授權，並提供公務車等設備資源；「草原與營養」組組長 Dr. Julius Tjelele 不吝撥冗，提供參訪研習機會並安排參訪及討論行程，每日親自接送筆者往返 API 與旅館，而且親自陪同參訪 API 各分所，並且熱心安排機場接送，減輕舟車勞頓的負擔；Dr. Gilbert Pule 與 Mr. Lucas Letsoalo 協助引領參訪 API 總所及 Roodeplaat 分所各單位，Dr. Ntuthuko Mkhize 協助安排 Cedara 分所的參訪及討論行程。ARC-API 同仁們的幫忙，讓筆者能在短時間內充分體驗學習，對南非共和國在飼料作物種原研究與牧草選育及牧草生產的研究成果及未來的方向，能有完整的了解，也學習到南非研究同仁在牧草選育、栽培及生產利用的技術與經驗。於此報告最末節，再次對以上人士致上最誠懇之謝忱。

## 七、參考文獻

1. Agricultural Research Council. 2016. ARC 2014-15 Annual Report.
2. Rhind J.M.L.C. and D.C.W. Goodenough. 1976. The assessment of *Acroceras macrum*. Proc. Grassld. Soc. Sth. Afr. 11:115-117..
3. Rhind J.M.L.C. and D.C.W. Goodenough. 1979. *Acroceras macrum* (Nile grass)- A review. Proc. Grassld. Soc. Sth. Afr. 14:27-36.
4. Tjelele J., D. Ward, and L. Dziba. 2014. Diet Quality Modifies Germination of *Dichrostachys cinerea* and *Acacia nilotica* Seeds Fed to Ruminants. Rangeland Ecol. Manage. 67:423-428.