

出國報告

出國類別：考察、研究

「紐西蘭鹿茸產業現況與基因鑑定選育技術發展」
出國報告

服務機關：農業部 畜產試驗所

農業部 畜產試驗所 南區分所

姓名職稱：朱家德 助理研究員

梁筱梅 助理研究員

派赴國家：紐西蘭（New Zealand）

出國期間：113年09月25日至113年10月08日

報告日期：113年12月2日

摘要

紐西蘭是全球鹿茸產業的領導者，超過 98%鹿茸產品出口至中國和韓國等北亞市場。2023 年紐西蘭鹿茸出口總額已達 1 億 2,400 萬紐幣，較 2022 年的 9,600 萬紐幣增長了 2,800 萬紐幣（約 1,710 萬美元）。目前，紐西蘭擁有近 2,000 家鹿場飼養超過 80 萬頭鹿，養鹿產業每年為紐西蘭創造了 2.75 億紐幣（約 1.68 億美元）出口收入，紐西蘭養鹿產業已成為國家外銷農業產品的重要經濟支柱。紐西蘭農業研究院（New Zealand Pastoral Agriculture Research Institute Limited, AgResearch）轄下的 Invermay 農業中心（Invermay Agricultural Centre）深耕養鹿研究 50 多年，在鹿隻基因選育與技術創新領域取得顯著的成就。

Invermay 農業中心自 2010 年完成紐西蘭紅鹿全基因體定序，並依據定序結果設計商用 SNP 晶片，幫助種鹿業者進行基因遺傳標記分析，將影響經濟性狀表現的遺傳標記納入 DEERSelect 育種選拔系統，歷經 14 年鹿隻全基因資料庫建置與育種選拔模式技術精進，使鹿隻生長與繁殖等經濟性狀產能獲得了顯著提升。此外，Invermay 農業中心更運用電腦斷層掃描（computed tomography scanning, CT scanning）技術來建置鹿隻不同週齡生長性能表現資料庫，在不屠宰鹿隻的情況下獲取精確瘦肉、脂肪及骨骼比例。30 年持續累積的 CT scanning 生長性狀資料庫，已成為種鹿育種選拔不可或缺的重要依據。為了避免鹿隻受到體內寄生蟲的侵害，Invermay 農業中心採集鹿隻唾液樣本（saliva test），使用碳水化合物幼蟲抗體反應（carbohydrate larval surface antigen, CarLA）技術進行寄生蟲檢測，以保護鹿隻的健康、繁殖力及生長性能。紐西蘭鹿茸產業亦高度重視動物福利，特別針對鹿茸採集過程中的操作標準開發一系列設備與技術，確保鹿茸採集過程安全無害，並符合國際動物福利標準。這些措施不僅保障動物健康，也確保鹿茸的產品品質，更進一步提升紐西蘭鹿茸在國際市場的競爭力。

此次考察研習增進了我們對紐西蘭鹿茸產業的理解，並為臺灣未來在鹿茸生產及基因技術應用提供了寶貴經驗。建議未來可加強臺灣與紐西蘭在基因選育技術上的研究交流，並借鑒紐西蘭在動物福利和產業管理方面的成功經驗，進一步提升臺灣鹿茸產業的國際競爭力。

目次

壹、目的.....	4
貳、過程.....	5
參、心得.....	6
一、鹿茸產業現況與 Invermay 農業中心簡介	6
二、鹿隻性狀紀錄與遺傳選育研究發展	12
三、鹿隻全基因體序列鑑定技術發展	16
四、養鹿場參訪	19
肆、建議事項	21
伍、附錄.....	22

壹、目的

本次擬透過考察紐西蘭鹿茸產業現況及參訪紐西蘭AgResearch 的Invermay 農業中心，了解紐西蘭鹿茸產業運作模式、鹿隻基因鑑定技術發展、性狀資料收集及鹿基因篩選遺傳選拔模式應用等技術討論，作為臺灣養鹿產業精進的學習典範，提升臺灣養鹿產業的國際競爭力。

貳、過程

日期	起迄地點	活動記要
9月25日至26日 (星期三至星期四)	臺灣桃園國際機場(TPE) → 香港國際機場(HKG) → 紐西蘭奧克蘭國際機場(LIU) → 紐西蘭但尼丁機場(DUD)	<u>去程</u> 9月25日下午班機離開臺灣桃園國際機場 → 香港國際機場轉機 → 紐西蘭奧克蘭國際機場 9月26日上午抵達紐西蘭奧克蘭國際機場轉機 → 下午抵達紐西蘭但尼丁機場
9月27日(星期五)	參訪 Invermay 農業中心	與 Dr. Jamie Ward 討論並了解 Invermay 農業中心業務
9月28日(星期六)	資料彙整	
9月29日(星期日)	資料彙整	
9月30日(星期一)	與 Invermay 農業中心學者進行遺傳標誌技術交流	與 Dr. John McEwan 及 Dr. Ken Dodds 討論遺傳標記技術
10月01日(星期二)	與 Invennay 農業中心學者進行 Illumina SNP chips 技術交流	與 Dr. John McEwan 及 Dr. Ken Dodds 討論 Illumina SNP chips
10月02日(星期三)	與 Invennay 農業中心學者進行基因分型測序(Genotyping by sequencing) 技術交流	與 Dr. John McEwan 及 Dr. Ken Dodds 討論 Genotyping by sequencing
10月03日(星期四)	參訪 Invermay 農業中心所屬鹿場，瞭解鹿隻飼養及繁殖作業	與 Dr. Jamie Ward 討論並紐西蘭養鹿產業運用現況
10月04日(星期五)	參訪 Invermay 農業中心電腦斷層掃描系統	與 Dr. Jamie Ward 討論並實地參與種鹿電腦斷層掃描作業，瞭解紐西蘭種鹿生長性能紀錄
10月05日(星期六)	資料彙整	
10月06日(星期日)	資料彙整	
10月07日(星期一)	參訪民間鹿場，了解紐西商鹿其採收情形	與 Dr. Jamie Ward 一同參訪 Benio Farm 民間鹿場，了解紐西蘭 VelTrak 產地溯源系統運作
10月08日(星期二)	紐西蘭但尼丁機場(DUD) → 紐西蘭奧克蘭國際機場(LIU) → 臺灣桃園國際機場(TPE)	<u>返程</u> 10月8日搭乘上午班機離開紐西蘭但尼丁機場 → 紐西蘭奧克蘭國際機場轉機 → 下午返回臺灣桃園國際機場

參、心得

一、鹿茸產業現況與 Invermay 農業中心簡介

鹿茸是一種珍貴的傳統醫藥材料，許多的研究證實鹿茸萃取物對於抗發炎和免疫力提升具有顯著功效，讓鹿茸相關健康產品的需求迅速增長。

紐西蘭生產的鹿茸超過 98% 出口到中國和韓國等北亞地區。根據紐西蘭統計局（Statistics NZ）最新數據顯示，出口至所有市場的鹿茸自 2022 年 12 月的 5,760 萬紐幣上升至 2023 年 12 月的 7,440 萬紐幣，相較去年增加了 1,680 萬紐幣，其中大部分歸因於 2023 年 12 月對中國的鹿茸出口，當月出口量增加了三倍。

鹿茸是紐西蘭養鹿產業重要且不斷增長的出口收入來源。紐西蘭養鹿產業自 1960 年代開始發展，至 2020 年紐西蘭飼養的鹿隻頭數已達到 830,000 頭。最新資料顯示，紐西蘭共有 2,000 家養鹿場飼養 1,000,000 頭鹿，紐西蘭鹿產業為出口收入貢獻了約 2.75 億紐幣，換算成美元約為 1.7 億美元。為了對鹿茸的組成、功效和安全性等不同領域進行研究分析，紐西蘭農業研究院（New Zealand Pastoral Agriculture Research Institute Limited, AgResearch）轄下的 Invermay 農業中心（Invermay Agricultural Centre）在過去 50 年間投入大量人力與經費進行了養鹿產業研究，現已成為紐西蘭鹿研究的首要專責機構（圖 1）。



圖 1. AgResearch 轄下的 Invermay 農業中心（Invermay Agricultural Centre）。
（資料來源：<https://www.tansleyelectrical.co.nz/projects/invermay-agricultural-centre>）

AgResearch 是紐西蘭的七個皇家研究機構（Crown Research Institutes）之一，總收入約為 1 億紐幣。AgResearch 在紐西蘭全國擁有 424 名科學家，有帕默斯頓北（Palmerston North）和林肯（Lincoln）等 2 個國家級農業中心，以及漢密爾頓（Hamilton）與莫斯吉爾（Mosgiel）等兩個地區農業中心，專注於與大學及其他研究機構的合作共同推動農業研究（圖 2）。AgResearch 主要研究領域包括動植物科學、食品科學、環境永續及農業技術等。在動植物科學研究方面，聚焦於農作物和經濟動物的基因改良、生長模式分析、病蟲害管理等；在食品科學研濟方面，聚焦於食品安全、食品加工技術和新產品開發，以提升紐西蘭食品的國際競爭力。在環境永續研究方面，聚焦於可再生資源的管理、環境影響評估以及農業生態系統的永續發展，推動環境友好的農業實踐。在農業技術研究方面，聚焦探索新的技術應用，如數據分析、遠程感測和自動化，以提升農業生產的效率和智能化水平。AgResearch 致力於提供應對氣候變化的解決方案，幫助乳業、綿羊、牛肉及養鹿產業實現環境和經濟的永續發展，並專注於新興食品、植物與動物科學、數位農業等跨領域合作研究，除了提供具有價值的研究和創新服務外，更進一步研究替代蛋白質和技術驅動的食品生產系統，推動新興食品的創新與發展。



圖 2. AgResearch 轄下的 4 個農業中心。

（資料來源：<https://www.agresearch.co.nz/about-us/about-agresearch/>）

Invermay 農業中心正在幫助「紐西蘭的養鹿產業」成為一個價值 10 億美元的利基產業。Invermay 農業中心位於紐西蘭南島東南海岸奧塔哥地區 (Otago Region) 主要城市但尼丁 (Dunedin) 鄰近的莫斯吉爾 (Mosgiel)，隸屬於 AgResearch 的地區農業中心，主要研究領域包括進行牧場系統、動物健康、遺傳學和育種等領域的研究，特別是在鹿養殖方面有領先地位。

50 年前，Invermay 農業中心認為將科學研究導入新興的養鹿產業是能提升產業競爭力的好方法。在早期產業參與者的強大支持和研究員的共同努力下，Invermay 農業中心成為紐西蘭養鹿產業發展的代名詞，並因其科學和研究成果而獲得國際聲譽。

Dr. Jamie Ward 是 Invermay 農業中心的知名科學家，致力於紐西蘭鹿產業的相關研究 (圖 3)。他的研究涵蓋了遺傳學、行為科學、動物營養、健康與福利等多個領域，這些研究對紐西蘭鹿產業的發展產生了深遠影響。在他的領導下，AgResearch 不僅專注於提升鹿產品的質量，如鹿茸和鹿肉，還關注動物福利和環境可持續性問題。Dr. Ward 通過基因組學技術，幫助農民優化鹿群的遺傳特徵，提升鹿茸的品質和產量，並通過改進育種和營養策略，提高鹿的健康與生產力。他的研究團隊為農民提供了應對氣候變化、水質管理和生態保護等挑戰的實際解決方案。此外，Dr. Ward 積極與農民和行業專家合作，為紐西蘭鹿養殖產業提供科學依據和戰略指導，確保該產業的長期可持續發展。這些研究成果不僅提升了紐西蘭鹿茸在國際市場上的競爭力，還推動了全球對鹿產品健康價值的認識，進一步確立了紐西蘭在鹿產業科學研究中的領先地位。



圖 3. 任職於 Invermay 農業中心的 Dr. Jamie Ward。

(資料來源：<https://www.agresearch.co.nz/about-us/our-people/james-ward/>)

在參訪 Invermay 農業中心的行程中，發現農業中心把自動化科技實際應用於訪客接待登錄系統（圖 4 及圖 5）。每個訪客在走入農業中心的接待大廳時，左手邊就有訪客所使用的平板，在登錄相關個人資料與預約訪談的中心研究人員後，即會印製出黏貼式訪客資訊的 barcode，上方標註姓名、機構、詳細日期時間，最後並給予中心的訪客編碼，跟您聯繫的研究人員則經由系統通知來到大廳，並提供給您訪客證，用來進入中心的不同樓層使用。最後於離開中心時，由訪客隨身攜帶 barcode 掃描讀卡機完成離開紀錄。此一訪客接待系統無疑是將農業溯源科技完善應用於人與動物間，取得精準且高效率的動態流程記錄。



圖 4. 訪客接待登錄系統。



圖 5. 訪客資訊確認 barcode。

Dr. Ward 邀請我們進入辦公區的討論室，並與我們講述紐西蘭養鹿產業的運作現況。由上至政府制定遵循規範開始，下至養鹿農民的飼養調控等各個環節做通盤陳述並繪製說明圖（圖 6）。



圖 6. Dr. Ward 講述紐西蘭養鹿產業運作現況。

首先，在養鹿業者飼養現況方面，因紐西蘭乳牛、綿羊及肉牛屬於經濟產值相對較高的產業，所以養鹿業者可在其放牧飼養的土地中依據不同季節市場的供需情況，輪流飼養乳牛、綿羊、肉牛及紅鹿等畜產動物，以提高養鹿場飼養的動物後出售收益，降低營運風險。

Deer Industry New Zealand (DINZ) 是紐西蘭鹿產業的重要管理機構，負責促進鹿產業的發展，並在多個關鍵領域扮演著領導角色。首先，DINZ 代表紐西蘭鹿農，與政府、研究機構和國際市場進行合作，推動有利於鹿產業的政策和法規，尤其在動物福利和環境保護方面。它還專注於推廣紐西蘭鹿產品，特別是鹿茸和鹿肉，積極開拓全球市場，尤其是亞洲市場，提升紐西蘭鹿產品的知名度和需求。此外，DINZ 與 AgResearch 等研究機構合作，資助與鹿養殖相關的科學研究和創新，致力於提升鹿產品的品質和養鹿技術。它也提供農民教育與培訓，幫助他們掌握先進的養技術、遺傳改良和市場推廣方法。DINZ 還推動可持續的養殖方式，強調環境管理和動物福利，確保養鹿產業的長期發展。總的來說，DINZ 在紐西蘭鹿產業的管理、創新和國際推廣中發揮了不可或缺的作用。

紐西蘭的養鹿業者需支付給 DINZ 稅款 (levy)，這筆資金用於支持養鹿產業的發展、研究、市場行銷和推廣活動。其主要目的是促進鹿產業的整體發展，並確保紐西蘭鹿產品在國際市場中的競爭力。稅款的用途包括：一方面將部分資金投入於研究與發展 (R&D)，支持與鹿相關的科學研究和創新技術，例如遺傳選育、動物健康和營養管理等，以提升鹿產品的質量和產量。另一方面將徵費用於市場推廣，旨在提升紐西蘭鹿肉和鹿茸的國際知名度，尤其是在亞洲高端市場如中國和韓國。此外，稅款還支持產業的可持續發展，確保環境友好性和動物福利標準，保護紐西蘭鹿產業的國際聲譽。稅款的徵收是基於鹿產品的銷售額或出口量，業者需按交易價值支付一定比例的費用，這些資金由 DINZ 管理和調整，依據行業需求和年度計劃進行使用。稅款的重要性在於推動整個行業的共同發展，並持續為研究、創新和市場推廣提供資金支持，確保產業的長期穩定發展和全球競爭力。

食品加工公司 (Food processors or companies) 在紐西蘭的養鹿產業中扮演著關鍵的角色，負責將鹿產品從農場轉化為高品質的食品，並推動其在國內外市場的銷售與推廣。這些公司不僅處理和包裝鹿肉及鹿茸，還負責確保產品符合國際食品安全標準和品質要求，進而提升紐西蘭鹿產品在全球市場的競爭力。如 Silver Fern Farms 是紐西蘭最大的肉類出口商之一，在鹿產品的加工和出口方面擁有豐富的經驗。作為一個垂直整合的公司，Silver Fern Farms 從農場到餐桌全

程參與，確保產品質量和可追溯性。公司與養鹿農戶密切合作，確保以人道的方式進行養殖和處理，同時提高動物福利和可持續性。這不僅提升了鹿肉的品質，還確保符合國際市場的高標準，尤其是在歐洲、亞洲等對鹿肉需求較大的地區(圖7)。

然而，目前養鹿場的業者仍需要跟食品公司簽訂銷售鹿茸或鹿肉契約價格，讓養鹿業者可以毋須煩惱農場輸出產品的銷售價格，可以專注聚焦於養鹿場的飼養反芻動物的調控及成本的控管，但卻也讓養鹿業者失去對於消費市場價格變動的敏感度。有些養鹿場為了不讓自己的飼養心血都被商用大公司掌控，索性進行產銷垂直整合開創屬於自己的公司品牌，如。First Light 和 Mountain Red 等品牌公司(圖8與圖9)。

First Light 是紐西蘭一家專注於生產高品質牧草飼養肉類的公司，特別以其鹿肉和和牛聞名。他們採用垂直整合的模式，從農場到餐桌全程控制產品的生產過程，確保肉類產品符合國際高端市場的需求。First Light 強調動物福利和可持續的飼養方式，所有動物都在自然牧草環境中成長，不使用抗生素和激素。這種天然養殖方式使得 First Light 的鹿肉具有獨特的風味和高營養價值，特別受到美國、歐洲和亞洲高端消費者的青睞。該公司還注重產品的可追溯性，確保每一塊肉都有清晰的來源和加工記錄。

Mountain Red 是紐西蘭一家專門生產高品質鹿茸產品的公司，致力於推廣天然、健康的鹿茸補品。該公司採用垂直整合模式，從鹿群的養殖到鹿茸的收割、加工和包裝，所有環節都受到嚴格控制。Mountain Red 特別注重動物福利，確保鹿茸的採集符合道德和人道標準，並且強調其產品的可追溯性。鹿茸是傳統中醫藥中的珍貴成分，Mountain Red 的產品主要出口到亞洲市場，特別是中國和韓國，這些市場對高品質鹿茸的需求很高。Mountain Red 將其產品定位於健康食品和補品市場，強調其鹿茸在增強免疫力、促進恢復和提升體力方面的功效。該品牌以其高品質和天然純淨的形象贏得了國際市場的認可。



圖 7. Silver Fern Farms 產品。



圖 8. First Light 產品。



圖 9. Mountain Red 產品。

二、鹿隻性狀紀錄與遺傳選育研究發展

有關鹿隻性狀紀錄研究方面，因為每隻鹿身上都有低頻 RFID 的耳標可以追蹤其行蹤，所以當收集性狀資料的時間點時，現場人員會使用摩托車和牧羊犬等協力合作驅趕的方式，將鹿群移至檢定農舍內。農舍內有許多的隔間方便作業人員依據不同的鹿群作區隔。在進行性狀量測記錄的時候，會先進行耳標得掃描取得鹿隻個體資料，並引導進入體重量測區域（圖 10），量測體重得時期包括 3 月齡、6 月齡及 12 月齡。在 3 月齡左右，紅鹿通常完成斷奶，因此量測體重有助於評估從母乳轉向飼料後的生長情況。6 月齡：這是鹿隻在冬季進入飼養階段之前的重要時期，體重數據可以顯示牠們在這段時間的營養吸收及健康狀況。12 月齡：這是鹿隻進行年終體重評估的時間，通常用來判斷牠們是否達到市場規格或繁殖需求。

在性狀記錄期間，鹿隻在 10~12 月齡會進行唾液檢測（saliva test），將每隻鹿的唾液樣本進行寄生蟲的檢測（圖 11）。因為鹿隻經常受到體內寄生蟲的侵害，這會對牠們的健康、繁殖能力和生產力造成負面影響。為了有效管理寄生蟲感染，研究人員使用碳水化合物幼蟲抗體反應（carbohydrate larval surface antigen, CarLA）。這種檢測技術基於動物對寄生蟲感染的自然免疫反應，特別是對寄生蟲幼蟲的抗體反應。CLAR 測試可以用來檢測鹿隻是否暴露於特定的寄生蟲，特別是那些以碳水化合物結構為主要抗原的寄生蟲種類。這些抗體由鹿隻在感染寄生蟲幼蟲後生成，因此，CarLA 能夠通過檢測鹿隻血清中的特定抗體濃度來評估感染程度。該技術相對非侵入性，且能夠在早期階段檢測到感染，有助於在寄生蟲感染造成重大損害之前進行干預。這項技術對紐西蘭鹿農業具有重大意義，因為它提供了一種精確且經濟的寄生蟲監測方法，有助於減少抗寄生蟲藥物的過度使用，延緩耐藥性問題的出現，並且提升鹿隻的健康與經濟效益。



圖 10. 鹿隻秤重系統量測作業。



圖 11. 寄生蟲檢測的唾液採集。

在紐西蘭鹿隻的遺傳選拔研究方面，自 1997 年開始，將以性狀資料為依據的最佳線性無偏預測 (best linear unbiased prediction, BLUP) 納入種鹿的遺傳選拔，並成功開發出專門為紐西蘭紅鹿遺傳選育的 DEERSelect 系統，旨在幫助農民透過遺傳改進來提升鹿群的生產力和經濟效益。該系統是 DINZ 支持並與遺傳學家合作開發，並且是世界上少數針對鹿隻進行遺傳選擇的專用工具之一。

DEERSelect 運用 BLUP 來進行遺傳評估，能夠考量遺傳和環境因素，精確地預測動物的育種價值，並將其與特定的生產性狀（如體重增長率、鹿茸生產、繁殖性能等）聯繫起來。這意味著 DEERSelect 不僅適用於基因改良，還能幫助農民識別那些在某些生產特徵上具有更高遺傳潛力的動物，從而做出更精確的育種決策。納入 DEERSelect 的表型體性狀包括生長速度與體重，特別是在關鍵生長階段（如 3 月齡、6 月齡、12 月齡）的體重，以提升肉鹿生產效益；鹿茸質量與產量：這是針對茸鹿品系，選育出高品質、高產量的鹿隻；繁殖效率：提高母鹿的繁殖能力，包括更早達到性成熟和更高的產仔率；健康與抗病力：針對對抗寄生蟲和其他疾病的基因進行選擇，以改善鹿群的整體健康和存活率。BLUP 方法在 DEERSelect 系統中被廣泛應用，因為它可以有效整合來自不同來源的數據，如家族譜系、個體表現、環境因素等，從而給出更準確的育種值預測。BLUP 還能夠處理數據中的不完整性，並根據遺傳相關性預測後代的表現。這使得育種決策更加科學且可靠，從而加速遺傳進展。

除了如上述客觀量測的性能資料的分析外，主觀的鹿隻情緒也有建立評核標準。從鹿隻進入體重量測站後，在每個分欄隔間中，都會有人紀錄鹿的行為表現，在鹿隻處於壅擠的情況下，將跑、跳、躁動及吼叫的行為計算出一個情緒計分指數，讓情緒計分指數納入種鹿的選拔標準之一。情緒穩定的鹿群除了對鹿場工作的員工提供一定的工作保障，可以減少人員因為鹿隻的衝撞所造成的職業傷害，更可以避免鹿隻因為躁動衝撞而傷到鹿茸或者身體受傷，避免鹿隻不必要的損傷。從紐西蘭量測的性能資料中，不難看出研究人員對養鹿從業人員及鹿隻動物福利的努力及用心，實在值得我們好好學習。

在鹿茸採集作業方面，紐西蘭的鹿茸採集設備以動物福利為核心，通過先進的固定設備、局部麻醉 (anaesthetic) 以及冷凍和儲存技術，確保鹿茸的去除過程既安全又符合國際標準。這些設備不僅保護動物的健康，還能保持鹿茸產品的高品質，進而提升紐西蘭鹿茸在國際市場上的競爭力。現場操作人員會運用可活動式帆布夾來固定鹿的頸部及肩部，這是用來安全固定鹿隻的設備，避免鹿在去除鹿茸過程中受傷。該設備能讓鹿保持平穩的姿勢，減少動物的壓力，同時確保獸

醫或訓練有素的操作員能順利完成鹿茸的採集作業（圖 12）。



圖 12. Dr. Ward 解說鹿茸採集設備操作。

在提升鹿隻性能紀錄精準與效率方面，鹿隻電腦斷層掃描（computed tomography scanning, CT scanning）技術已被紐西蘭使用近 30 年，主要用於預測種鹿活體內脂肪、瘦肉和骨骼的相對含量（圖 13）。CT scanning 能夠準確地預測屠宰前的瘦肉重量，使得育種者可以在不屠宰的情況下對鹿隻進行選拔。Invermay 農業中心採用了新的 CT scanning 儀器與技術，使得即將一歲的鹿隻可以以不同的方式進行掃描，並在體重更重、年齡更大的情況下進行掃描。以前 CT scanning 通常在約 6 個月齡（冬季前）進行，但現在可以在接近屠宰時間的 10 個月齡進行，此時鹿隻的體重更接近屠宰時的重量。該技術每 30 釐米進行一次切片掃描，提供了更詳細的解剖圖像。10 個月齡時進行 CT scanning 還提供了選拔上的優勢，因為此時的體重預估育種價（estimated breeding value, EBV）更為準確，並且可以先使用超音波測量腰眼肌肉面積的性能表現進行第一輪選拔，來決定哪隻雄鹿適合進行 CT scanning。研究結果顯示，CT scanning 預測的瘦肉產量與實際屠宰後的瘦肉產量之間的相關性極高，達到了 0.95 - 0.98。肩部、腰部和後腿的單獨瘦肉產量預測相關性分別為 0.88、0.65 和 0.95，顯示了 CT scanning 在預測肉類產量上的高準確性。研究還發現，選擇合適的解剖點進行 CT scanning 可以進一步提高預測準確性，並且通過減少掃描點可以降低成本。



圖 13. 種鹿 CT scanning 分析作業。

AgResearch 共有 3 台 CT scanning 設備，分別位於林肯（Lincoln）、漢密爾頓（Hamilton）與莫斯吉爾（Mosgiel）等 3 個農業中心，針對綿羊、鹿及馬等物種進行生長與肉質性狀的資料收集。CT scanning 技術對養鹿產業具有重要的影響和應用價值。首先，CT scanning 技術能夠在不需屠宰鹿隻的情況下，精確地測量鹿隻的瘦肉、脂肪和骨骼比例，這對於育種決策至關重要。再者，經 CT scanning 獲取每頭種鹿的體組成資料僅需 3 分鐘的時間，即可獲得精準的性能資料，所以 Invermay 農業中心一天可進行近 50 頭種鹿的 CT scanning 分析，大大提升工作效率與數據精準度。傳統的育種方式依賴於屠宰後才能獲取的數據，而 CT scanning 能夠讓養殖者在活體動物上進行肉質產量的預測，這不僅提高了育種效率，還保留了具有高遺傳價值的鹿隻以便未來繁殖。Dr. Jamie Ward 更說明，目前已有紐西蘭 3 家種鹿場跟 Invermay 農業中心持續合作精進種鹿瘦肉量及肉質成分的分析，每頭鹿做 CT scanning 的費用為 400 紐幣（相當於 8,000 新臺幣），而經分析選育的種鹿可以替種鹿場帶來的價值平均超過 4,000 紐幣，相當於有 10 倍的經濟效益，所以種鹿業者都很樂意跟 Invermay 農業中心持續合作共創雙贏。

三、鹿隻全基因體序列鑑定技術發展

Dr. John McEwan 是紐西蘭家畜遺傳學領域的傑出人物，主要專注於羊類基因組學（圖 14）。他作為紐西蘭 AgResearch Invermay 農業中心的資深科學家，對紐西蘭羊產業的遺傳改良做出了重大貢獻。他在許多關鍵研究項目中發揮了領導作用，包括開發 MyoMAX 和 LoinMAX 等基因檢測工具，這些工具廣泛應用於提升羊隻的產肉性狀。此外，他也是 WormFEC 育種計劃的推動者，該計劃幫助農民選擇更具寄生蟲抗性的羊隻。Dr. McEwan 擁有豐富的研究成果，發表了超過 280 篇科學論文，並參與了多個國際聯盟，致力於不僅在紐西蘭，還包括全球範圍內改善家畜遺傳學。他的研究還涵蓋了羊基因組的全基因組定序工作，並開發了基因檢測平臺，包括 SNP 晶片和全基因體測序技術。近期，Dr. McEwan 參與「低甲烷排放羊育種計畫」，該計畫旨在通過育種降低牲畜對溫室氣體的全局暖化環境影響，選育出排放更少甲烷的羊隻。Dr. McEwan 工作獲得了多項殊榮，包括備受尊崇的紐西蘭科學終身成就獎（Science NZ Lifetime Achievement Award），以表彰他數十年來的貢獻。他在遺傳選拔和農業永續實踐方面產生深遠影響。



圖 14. 任職於 Invermay 農業中心的 Dr. John McEwan。

（資料來源：<https://www.agresearch.co.nz/about-us/our-people/john-mcewan/>）

Dr. Ken Dodds 是紐西蘭 AgResearch Invermay 農業中心的資深科學家，專業領域是統計遺傳學（圖 15）。他擁有超過 35 年的經驗，致力於利用統計方法分析基因數據，幫助提高家畜和其他物種的遺傳潛力。Dr. Dodds 的學術背景十分出色，獲得了奧塔哥大學統計學學士學位以及美國北卡羅來納州立大學的統計學博士學位，並輔修遺傳學。在他職業生涯中，Dr. Dodds 開發了多種遺傳分析工具，包括基於部分基因型資訊的低成本 DNA 測序技術，這些技術廣泛應用於植物和動物育種、生態學及保育領域。他的研究工作幫助繪製了多種家畜基因的圖譜，並為牛、羊、鹿和魚類等物種提供了基因改良方法，極大地提升了家畜的生產力和品質。Dr. Dodds 的傑出貢獻使他於 2022 年獲得了紐西蘭皇家學會的 Jones Medal 獎，表彰他在遺傳數據分析領域的終身成就。他的研究不僅幫助牲畜業實現了顯著的生產性改良，還推動了基因組學的應用，特別是在基於低成本基因型分析技術的應用方面。他的工作不僅對紐西蘭的羊隻基因組學有重要影響，也對國際動物育種領域產生了深遠的影響。



圖 15. 任職於 Invermay 農業中心的 Dr. Ken Dodds。

（資料來源：<https://www.agresearch.co.nz/about-us/our-people/kenneth-dodds/>）

與 Dr. McEwan 與 Dr. Dodds 在家畜基因遺傳育種討論中，兩位專家大方提供紐西蘭有關基因選種納入育種決策模式的經驗。從 2006 年開始，Invermay 農業中心開始運用次世代定序技術分析乳牛（2006 年）、綿羊（2009 年）及鹿（2010 年）的全基因序列，並依據定序的結果設計乳牛、綿羊及鹿的商用 600K SNP 晶片與 50K SNP 晶片（圖 16）。因紐西蘭致力於運用基因體選種提升家畜性能的國際競爭力，鼓勵農民廣泛參與 Invermay 農業中心基因選育工作，成功讓每個樣本 SNP 晶片或全基因體定序的檢測費用能壓低至 26 紐幣，相當於 524 新臺幣，大大降低基因資料獲取的門檻。紐西蘭綿羊的基因遺傳育種計畫經全基因體關聯性分析（genome-wide association study, GWAS）後，將所找到的候選遺傳標記納入基因組最佳線性無偏預測（genomic best linear unbiased prediction, GBLUP）進行種畜遺傳選拔，結果發現經過 GBLUP 選育的種畜其性能表現較最佳線性無偏預測（best linear unbiased prediction, BLUP）方法提升 50 ~ 100% 的性能改進。

鹿基因體研究方面，Invermay 農業中心自 1970 年開始進行紐西蘭紅鹿的基因體 DNA（genomic DNA, gDNA）資料庫建置，經歷 53 年紅鹿基因體與性狀資料的收集，現在的紐西蘭養鹿業者藉由全基因體定序資料，可明確知曉每頭出生小鹿的父母畜，並用 RFID 耳標作明確區分，達到避免近親繁殖並提升性能表現的重要育種策略。朱家德助理研究員於討論過程中，分享在臺灣紅羽土雞、商用肉豬及臺灣鹿種等基因體檢測技術，Dr. McEwan 對於臺灣梅花鹿的全基因體序列很有興趣，因在紐西蘭北部區域發現有野生鹿種的基因序列中有梅花鹿的血緣存在，但 Dr. McEwan 很想要知道此梅花鹿的血緣使否來自中國、日本或臺灣等不同地區，所以對於臺灣梅花鹿生物遺傳資源的分享很有興趣，當然，Dr. McEwan 也很願意分享紐西蘭鹿種資料庫的基因資訊給臺灣，期待未來有機會能有臺灣-紐西蘭兩國間遺傳資源及選育技術相互交流的國際合作（圖 17）。



圖 16. 600 K SNP 晶片（左）與 50K SNP 晶片（右）。



圖 17. Dr. McEwan 說明紐西蘭鹿生物遺傳資源種原庫。

四、養鹿場參訪

在紐西蘭鹿場參訪方面，Dr. Ward 熱心地為我們介紹 Benio Farm 養鹿場。Benio Farm 的主人彼得和莎倫·麥金泰爾（Peter & Sharon McIntyre）是擁有五代傳承的農場家族，他們的農場位於紐西蘭南島美麗的自然環境中。農場坐落於寧靜、未受污染的風景中，鹿群飲用泉水，並在廣闊的田野中自由漫遊。一年四季，這些鹿都受到細心呵護，從而生產出世界上最為獨特和珍貴的鹿奶。2022 年，在法國拉瓦爾舉辦的世界乳製品創新大賽（World Dairy Innovation Awards in Laval, France）中贏得了兩個獎項。該鹿奶以 Doe Nutrition 食品補充劑產品贏得了最佳乳製品成分獎，並在最佳功能性乳製品類別中獲得高度讚揚（圖 18）。



圖 18. Benio Farm 榮獲 2022 年世界乳製品創新大賽獲獎合影。

（資料來源：<https://www.rnz.co.nz/national/programmes/ninetonoon/audio/2018665852/deer-milk-luxury-desserts-high-fat-high-protein-low-lactose>）

Pamu 公司的首席執行官馬克·萊斯利 (Mark Leslie) 表示，這些獎項證明了創造新產品所付出的辛勤努力。鹿奶產品在高端廚師間逐漸受歡迎，並且作為一種新穎的化妝品成分，僅在韓國的 Yuhan New Origin 商店獨家銷售。鹿奶更供應於奧克蘭和惠靈頓的餐廳，因其獨特的脂肪和蛋白質成分，常用於製作奢華甜點，消費者對於用鹿奶製作的產品給予非常正面的評價 (圖 19)。

鹿奶在多種營養成分方面展現出較牛奶更高的營養價值。鹿奶的乳鐵蛋白 (lactoferrin) 含量每公升達 2.6 克，較牛乳每公升 0.5 克高出 5 倍。高乳鐵蛋白含量能更有效地促進免疫功能、提高鐵吸收、提供抗氧化保護和支持腸道健康。鹿奶的 β -酪蛋白 (β -Casein) 含量每公升達 32.9 克，較牛乳每公升 9.3 克高出 3 倍， β -酪蛋白在消化過程中能夠緩慢釋放氨基酸，這不僅有助於延長飽足感，還能對腸胃產生較低的刺激，適合消化系統敏感的人群。每 100 克鹿奶中有 3 克的 Omega-3 脂肪酸含量，相較於每 100 克牛乳中的 1 克 Omega-3 脂肪酸含量，高出 3 倍，鹿奶可作為一種含有較高 omega-3 含量的健康產品進行市場推廣。鹿奶中的鈣 (Ca)、磷 (P)、鎂 (Mg) 及鋅 (Zn) 等礦物質含量亦顯著優於牛乳。

克里斯·麥金泰爾 (Chris McIntyre) 是 Benio Farm 第六代接班人，現已全心投入農場工作，並表示現在每頭母鹿平均每次擠奶可產出一公升奶，去年總產量達到 12,000 公升。鹿奶在農場中被冷凍儲存，之後每隔幾週送往漢密爾頓的 Pamu 乾燥工廠進行處理。Benio Farm 運用 Invermay 農業中心開發的 DEERSelect 育種決策系統，藉由系統進行乳量育種價的選拔，挑選性能優良的種鹿進行系統繁殖，以確保鹿乳量與品質等同步穩定提升 (圖 20)。



圖 19. Benio Farm 所生產的鹿乳相關產品。



圖 20. Benio Farm 運用 DEERSelect 育種決策系統進行種鹿選育。

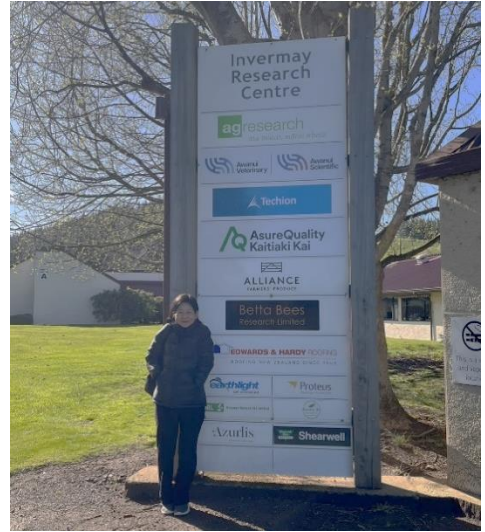
肆、建議事項

- 一、 紐西蘭鹿茸產業雖已成功行銷全球，但仍積極拓展鹿肉（venison）與鹿奶（deer milk）等不同的鹿業相關商品，提升不同來源的經濟收入，其不斷求精進的動力著實讓人欽佩與學習。
- 二、 紐西蘭 AgResearch 的 Invermay 農業中心歷經 50 多年專注投入養鹿產業相關研究，結合政府與民間的資源挹注創新研發，30 年的鹿隻活體電腦斷層掃描紀錄，14 年的鹿全基因體序列分析與遺傳選拔模式進行種鹿篩選，堅持不間斷的研究，才能達到目前站穩全球養鹿產業的領先地位，此份堅持值得我們效仿。
- 三、 此次考察增進了我們對紐西蘭鹿茸產業的理解，並為臺灣未來在鹿茸生產及基因技術應用提供了寶貴經驗。建議未來可加強臺灣與紐西蘭在基因選育技術上的研究交流，並借鑒紐西蘭在動物福利和產業管理方面的成功經驗，進一步提升臺灣鹿茸產業的國際競爭力。

伍、附錄



梁筱梅博士將謝禮送給 Dr. Ward。



AgResearch 的 Invermay 農業中心。



Dr. Ward 講解紐西蘭養鹿產業產銷體系。



朱家德助理研究員（左）、Dr. Ward（中）及梁筱梅博士（右）在 Invermay 農業中心的牧場合影。



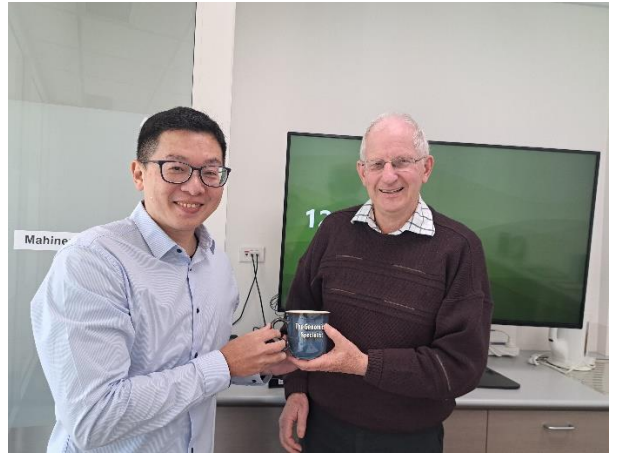
梁筱梅博士與 Dr. McEwan 研究團隊合影。



朱家德助理研究員與 Dr. McEwan 研究團隊合影。



朱家德助理研究員(右)將謝禮送給 Dr. McEwan (左)。



朱家德助理研究員(左)將謝禮送給 Dr. Dodds (右)。



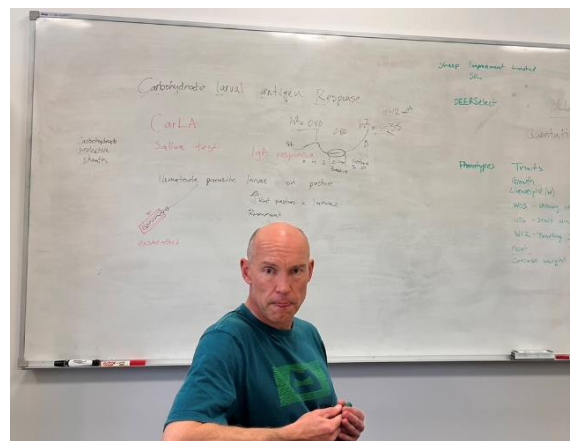
梁筱梅博士(左)與 Dr. Dodds (右)討論鹿隻育種選拔模式。



朱家德助理研究員(右)將目前執行的臺灣種畜禽育種計畫與 Dr. Dodds (左)及 Dr. McEwan (中)討論。



梁筱梅博士(右)、朱家德助理研究員(左)及鹿隻性能檢定站工作人員合影。



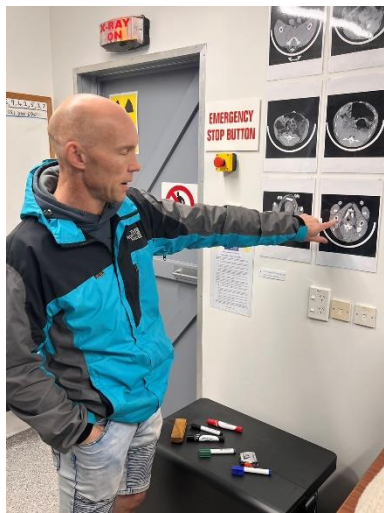
Dr. Ward 講述鹿隻遺傳選育 DEERSelect 系統。



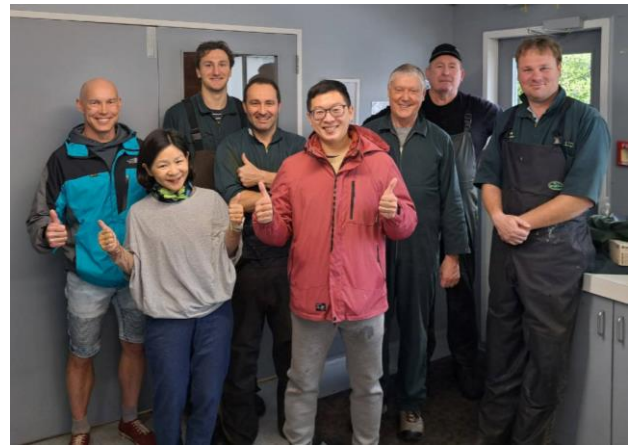
協助鹿群性能檢定作業的牧羊犬（左）與 Dr. Ward（右）合影。



朱家德助理研究員（右）與 Invermay 農業中心的生物資訊研究人員合影。



Dr. Ward 解釋種鹿生長性狀電腦斷層掃描作業流程。



梁筱梅博士（左）、朱家德助理研究員（中）與種鹿電腦斷層掃描團隊合影。



Benio Farm 的第 6 代接班人 Chris McIntyre（左）與牧場飼養的紅鹿合影。



紐西蘭使用的鹿茸溯源 RFID 條碼貼紙。