



國內
郵資已付

新營郵局新化支局
可證
新營字第84號
新營雜字第18號

雜誌

畜產專訊

129 期
2024/09月號

本期提要：
智慧科技應用在乳牛產業



農業部畜產試驗所

Taiwan Livestock Research Institute, Ministry of Agriculture

行政院新聞局登記證局版台省誌字第678號

中華郵政新營字第18號執照登記為新聞紙類交寄





封面說明：

智慧科技應用在乳牛產業—
智慧化飼餵設備

發行人／黃振芳

總編輯／陳翠妙

主編／李秀蘭

編輯委員／李宗育 李欣蓉 郭廷雍

郭曉芸 葉瑞涵 蔡立中

蔡銘洋

發行所／農業部畜產試驗所

地址／臺南市新化區牧場112號

電話／06-5911211~9

網址／<http://www.tlri.gov.tw>

E-mail／rainbow@mail.tlri.gov.tw

印刷／寶慶身心障礙福利協會

電話／07-3877006

地址／高雄市三民區義華路270號



畜產專訊

目錄

129期

專題報導

01 智慧科技應用在乳牛產業之現況與未來展望

畜產新知

05 應用基因體分析工具控索山羊胎仔數候選基因

07 利用海藻作為降低反芻動物甲烷排放的飼料添加物

09 淺談白肉雞之產品碳足跡

14 淺談國外應用乳清蛋白複合膜於延長食物保鮮之潛力

歷史回顧

16 臺灣水牛與東部畜牧發展史



智慧科技應用在乳牛產業之現況與未來展望

◎北區分所／李佳馨、廖曉涵、王思涵

前言

臺灣乳牛場導入智慧協作設備進行牧場管理已是趨勢。政府多年來為協助酪農解決缺工、工時過長問題，除引進農業外勞，更積極導入智慧協作設備於示範牧場，為酪農展示智慧化設備之優勢與效率，同時推動補助與輔導措施，加速酪農導入智慧協作設備，朝智慧化管理與監控之營運模式發展。

臺灣牧場自動化設備導入現況

自民國 107 年 1 月 16 日農業部推動機器人科技導入乳牛場建置會議開始，以「乳牛場使用機器人聯盟」智農聯盟模式，發展「生乳產業五大動線技術」，包含：每日擠乳動線、每日餵養牛隻動線、每日清理牛隻糞尿及環境整潔動線、週期監測牛隻健康動線及週期管理母牛分娩及仔牛飼養動線，引導乳牛場使用智慧化科技轉型為智慧型乳牛場，讓年輕酪農成為智農。由上述五大動線技術，畜產試驗所（以下簡稱畜試所）這幾年投入智慧化設備研發或引進相關輔助設備，包含擠乳機器人、推料機器人、乳牛吸糞機器人、仔牛哺育機器人、熱影像 AI 疾病判讀系統等，能有效地進行精緻飼養來提升產量與規模並降低成本，並透過數據分析與監測牧場進行智慧管理，期能建立異於國外設備之競爭優勢。截至目前全臺乳牛智慧化

生產設備推廣數量如下：推料機器人 73 台，擠乳機器人 16 台及吸糞機器人 7 台。在經濟效益評估方面，擠乳機器人能有效紀錄個別牛隻泌乳性能，並取代現場擠乳人力，且泌乳牛隻不需要定時擠乳，只要牛隻乳房腫脹不適，能自由進出擠乳系統，除了符合動物福利外，尚能提升牛隻 10 - 15% 泌乳量，換言之，同時提升酪農收益，與傳統擠乳設備相較能節省 20 - 30% 人力。推料機器人，研發目的主要是配合牛隻挑料行為，因此牛隻採食時會不停的將草料往外推，在牧場一般會安排人力每 2 - 3 小時進行掃料或推料，一日下來需花費不少時間，若有自動推料機器人能取代每日推料的時間與人力，同時可提升牛隻 6 - 10% 採食量，當牛隻採食量增加也能提升 3 - 8% 牛隻泌乳量。吸糞機器人，可維持牛舍地面乾燥及減少微生物病原傳染，提升乳牛健康。仔牛哺育機器人，有效節省仔牛飼養的人力時間（含泡奶、餵養及清洗乳桶時間），每日節省 3 - 4 小時照顧小牛的人力時間。乳牛熱影像 AI 疾病判讀系統，設置於牛隻擠乳走道，有效減少人員觀察時間，藉由熱影像系統即時監測牛隻因腳蹄及乳房發炎，引起的紅腫熱疼，減少獸醫治療成本與牛隻因疾病淘汰情況發生。

智慧科技在乳牛產業之應用

農業部為解決農業缺工與氣候變遷調適等問題，協助臺灣農業轉型升級與提高產業國際競爭力，於民國 108 年起與經濟部合作，以國內農業具有扎實基礎技術之領域，搭配國內資通訊科技快速發展之優勢，由農業部所屬試驗改良場所與工業技術研究院（以下簡稱工研院）共同合作，加快傳統產業升級轉型，提升生產環境管理與農產品之安全性。有鑑於「智慧農業」綱要計畫（106 - 111 年）已引進相當多國外智慧產品於乳牛產業應用，包括擠乳機器人、推料機器人、吸糞機機器人及自動配料機等普受好評，惟價格偏高無法普及於各畜牧場，畜試所爰透過畜牧場域智慧仿生作業機械的開發，結合工研院自動機械開發之優勢及畜試所在芻料生產與乳牛飼養之研發量能，規劃研發國產化之智慧化飼餵自動化設備清糞機器人、乳牛分娩聲紋辨識系統及乳牛 3D 體型感測系統，以人機協作的方式創造高效率之乳牛產業鏈，開發省時、省工、質優且價格具競爭力之智動設備，透過充分普及化應用，達到科研成果落地生根之目標。

1. 智慧化飼餵自動化設備（圖 1）

飼糧調製是乳牛獲得穩定營養來源的關鍵，而調製的流程須依據不同飼糧組成彈性調整包括下料順序、細切或攪拌時間甚至加水量等。飼糧調製可能因為配製人員不同而有所差異，造成牛隻採食量受影響甚至引起瘤胃微生物不穩定，需要建立自動化設備取代勞力，以資訊智慧科技進行關鍵產業知識傳承。而智慧化飼餵自動化設備主要以「智慧供推

料機械電動自走車系統、智慧飼料混料供應系統、智慧管控資訊化整合系統、測試場域環境建構與系統測試」等四大類研發項目，解決牛舍間之機械自動化設備相互支援問題，預期可達到建立智慧供推料自動化系統控制與國產化設備開發目標。

2. 乳牛畜舍清糞機器人（圖 2）

畜舍清潔度與牛群健康息息相關，其中畜舍內走道之糞尿清理工作不僅須耗費大量水資源，甚至占了畜牧場多數之勞動力支出。國內乳牛場常見以鋼索拖動刮刀刮糞，並以人工持高壓水柱進行地面沖刷糞尿方式進行畜舍清潔，鋼索刮刀時常有絆倒牛隻的問題外，也常會夾傷臥姿狀態乳牛的肢體。荷蘭製之吸糞機器人已由代理商引進國內使用，應用於國內乳牛場之經驗發現，地面材質、吸糞頻率、吸糞動線等都必須考量才能達到穩定清潔糞尿之效果，且其價格昂貴（>120 萬新臺幣）及養護維修不便也是造成酪農購買意願不高之原因。本所開發之清糞機器人以國內乳牛場常見之溝紋橡膠材質鋪設地面設計清糞機器人，此款設備新增刷洗模組可有效移除溝紋地面之糞便，以達穩定之清潔功能。同時針對國內慣行開放式畜舍，採用混合慣性導航與近接感應方式，進行路徑規劃與地圖構建。此清糞機器人採用模組化底盤概念進行設計，開發出底盤、清潔集糞模組、室內導航、自動充電、載具動力為一體且臺灣自主生產的模組，期更符合國內乳牛場應用需求及降低維護成本。

3. 乳牛聲紋辨識系統（圖3）

母牛分娩時間大多集中於清晨與半夜，現行酪農業倚靠人力進行夜間定時巡檢，密集的巡檢頻率易造成夜間值勤人員的壓力，過低的巡檢頻率則無法掌握母牛分娩時程。在母牛分娩時，適時的給予協助，可提高分娩成功率、加強仔牛照護、降低仔牛死亡率，進而減少牧場的經濟損失。本系統主要以乳牛反芻偵測系統中之反芻聲紋感測器，安裝於分娩牛舍，進行牛隻分娩前預測，利用牛鳴聲特徵擷取、梅爾倒頻譜參數（Mel-frequency cepstral coefficients, MFCC）和特徵向量分析，找出一般牛鳴聲與生產牛鳴聲特徵差異，並將聲紋資料傳於雲端平台上，並及時給予飼主警報提醒。

4. 乳牛 3D 體型感測系統（圖4）

牛隻的健康，可透過採食量、乳房狀態、走路姿態、活動力及體態變化等項目進行判斷。牛隻體態評分是判斷乳牛健康之重要指標，目前全臺有超過 8 成的乳牛場，仰賴酪農肉眼長時間觀察與過去經驗判斷，雖然體態評分可以由專家來進行評分，當由不同的專家執行時耗時且經常不一致，使得此項技術效益無法發揮。缺工問題讓牧場沒有多餘的人力來觀察與紀錄牛隻健康狀況，無法預先發現並篩選出可能異常牛隻，容易錯失黃金治療期。近年東南亞、日本、韓國等國，朝向開發乳牛自動化機器或系統，協助酪農長期進行牛隻健康監測，除能解決現場人力短缺問題，並輔助酪農找出問題牛隻，節省獸醫治療成

本，減少牛隻淘汰率。為維護牧場的經濟效益，擬導入 3D 體型感測系統，結合專家經驗融合 AI 分析，建立牛隻肥胖度分類判斷機制，提升即時性與準確性，體態監測 100% 建置 3D 視覺感測器，可隨時取得牛隻 2D + 3D 即時影像，結合 3D 量測與體型分類分析技術，量測牛隻的體型並進行科學化的分析後分級，取代耗時多工的目視巡檢作業，使酪農節省人工並可聚焦於有異常風險的牛隻，大幅提升即時性與準確性，體態監測落實率由 0% 提升至 100%。

結論

畜牧業長期以來工時過長，缺工嚴重，引進國外的設備輔具雖然可解決牧場勞動力缺乏之問題，但價格昂貴且維修不易，使得普及率無法提升。畜試所與工研院跨域合作，開發所使用的零組件全部為國內廠商生產的規格品，初估售價相較於舶來品低廉許多，不僅對於農民而言門檻低又可解決缺工問題，且機器人維修零件取得快速，價格業不再高不可攀，智慧科技應用在乳牛產業將正式朝自主開發之國產化邁進，實質助益解決金錢及人工問題，此外機器人不僅未來維修方便，也能提升國內農機業水準，再創新的前景。

參考文獻

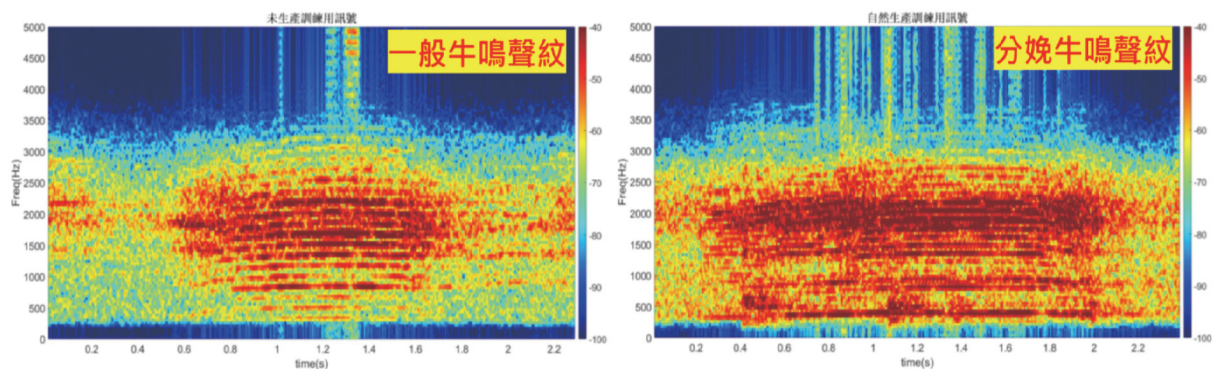
吳明哲。2020。智慧機器人應用於乳牛肉牛豬羊鹿等五大產業策進圖規劃。台灣種原資訊網。



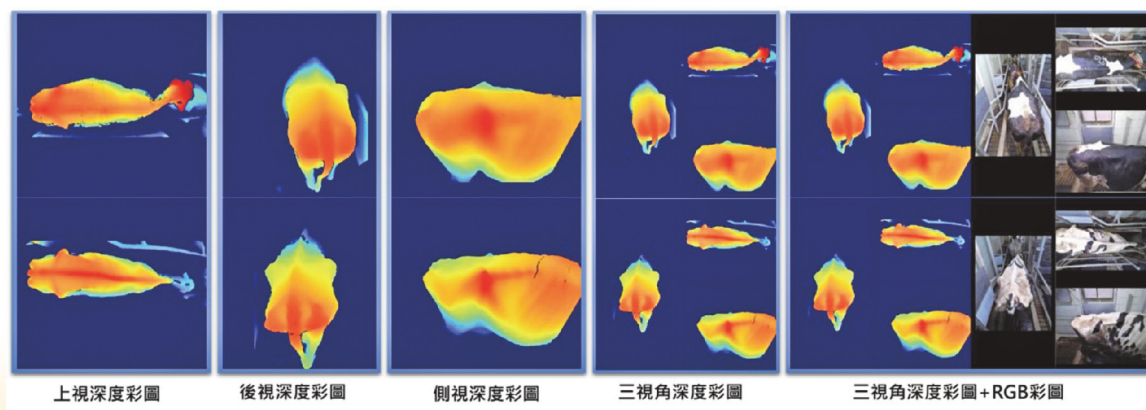
▲圖1. 智慧化飼餵設備



▲圖2. 乳牛畜舍清糞機器人



▲圖3. 乳牛聲紋辨識系統



▲圖4. 乳牛 3D 體型感測系統

應用基因體分析工具探索 山羊胎仔數候選基因

◎遺傳生理組／謝佳容、楊鎮榮

前言

山羊不僅以肉品和乳製品為人類提供豐富的動物蛋白質，還因其對粗食的耐受性和強大的環境適應能力，成為全球畜牧業者普遍飼養的家畜。全球大約有超過1,000種不同的山羊品種。2022年全球山羊在養數量比例如圖1。在山羊生產鏈中，如何提升繁殖效率是一個十分關鍵的問題，如何能生下較多仔羊尤其重要。增加山羊的胎仔數不僅可以直接增加養殖收益，還能提高選種時的選拔強度，因此改善山羊胎仔數的表現也可連帶加速其他重要經濟性狀的改良。科學家已經證明，山羊的胎仔數受到遺傳和環境等多種因素的影響，其中遺傳所造成的影響包括多基因效應、品種間的互補效應、雜交優勢，以及主要基因的遺傳力。山羊的平均胎仔數從1.40至2.37頭（表1），由於胎仔數性狀受限於性別及低遺傳率的特性，利用傳統的選拔育種方式對其進行改進是困難的。

基因體工具在山羊遺傳育種研究上之應用

從2013年完成山羊全基因組的解序以來，分子生物技術的應用讓我們得以在DNA層面上分析遺傳變異，從而篩選出影響特定經濟性狀的個別基因。如今，全基因關聯性分析（genome wide association study, GWAS）、選擇標記檢測（selection signature detection）以及連續性純合型片段分析（runs of homozygosity, ROH）等先進的基因組工具相繼出現，有力地推進了如胎仔數候選基因的發現和性能改良的進程。隨著全基因定序成本的降低，獲取個體完整的基

因體資訊已並非難事。全基因關聯性分析因此在動植物育種和人類遺傳疾病研究領域得到了廣泛應用。在家畜育種研究中，透過在全基因組範圍內尋找基因型與表型之間的相關性，可揭示影響特定經濟性狀的基因，其最大的優勢在於無需父母或後代的遺傳資訊，就能直接找到關鍵的候選基因（Lai et al., 2016）。例如在探究山羊繁殖相關性狀時，*LRRTM4*（leucine rich repeat transmembrane neuronal 4）基因就被證實與胎仔數的多寡有關。

選擇標記檢測是另一種強有力的遺傳分析工具，它專門用來識別基因組中受到自然或人工選擇壓力的痕跡。這些痕跡可能反映在特定基因頻率變化上，幫助我們找到候選基因。先前研究通過此一技術，找到了與生殖相關的多個基因，如*FecB*基因在提升綿羊繁殖性能方面已被廣泛證實，而其他如*CDC25A*（cell division cycle 25A）及*CFAP54*（cilia and flagella associated protein 54），其於調控山羊胎仔數中所扮演的角色有待進一步驗證（Tao et al., 2020）。

而連續性純合型片段分析則用於檢查基因組中的連續純合片段，這通常是近親繁殖或遺傳漂變的結果。此項技術能夠幫助我們從純合型片段的長度、頻率和分布來識別影響特定性狀的遺傳區域，尤其是那些受到高強度人工選拔的性狀。近年來，利用連續性純合型片段分析已成功地鑑別影響山羊胎仔數的候選基因如*ANGPT4*（angiopoietin-4）、*PIBF1*（progesterone immunomodulatory

binding factor 1) 及 *TSHR* (thyrotropin receptor)，這些純合型片段內包含的基因藉由影響卵巢功能、胚胎發育及季節性生殖來調控山羊的繁殖能力 (Sun et al., 2023)。

山羊遺傳育種未來展望及趨勢

傳統上，山羊的選育有賴於系譜和表型選拔，既耗時又難以精確掌控。如今面對氣候變遷和疫病挑戰，為求畜牧業的永續發展，如何更精準且有效率的改良家畜禽性能是迫在眉睫的議題。導入基因組分析工具已成為當前提高選種效率和改良家畜禽性能的重要趨勢，其不僅能幫助我們更快速地鑑定出影響經濟性狀的候選基因，還能在保持基因多樣性的同時，提升畜禽的生產效率，對於促進畜牧產業的永續發展具有關鍵性的影響。

參考文獻

de Lima, L. G., N. O. B. de Souza, R. R. Rios, B. A. de Melo, L. T. A. dos Santos, K. de Moraes Silva, T. W. Murphy, and A. B. Fraga. 2020. Advances in molecular genetic techniques applied to selection for litter size in goats (*Capra hircus*): A review. *J. Appl. Anim. Res.* 48: 38-44.

FAOSTAT. 2022. Food Agriculture

Organization of the United Nations Statistics Divisions.

<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.

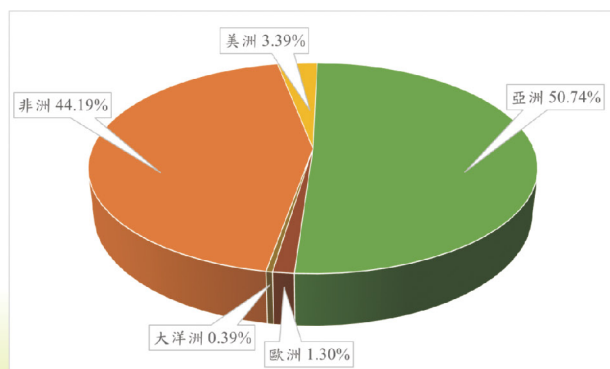
Lai, F. N., H. L. Zhai, M. Cheng, J. Y. Ma, S. F. Cheng, W. Ge, G. L. Zhang, J. J. Wang, R. Q. Zhang, X. Wang, L. J. Min, J. Z. Song and W. Shen. 2016. Whole-genome scanning for the litter size trait associated genes and SNPs under selection in dairy goat (*Capra hircus*). *Sci. Rep.* 6: 38096. <https://doi.org/10.1038/srep38096>

Sun, X. Y., Q. H. Niu, J. Jiang, G. f. Wang, P. Zhou, J. Li, C. C. Chen, L. J. Liu, L. Y. Xu, H. X. Ren. 2023. Identifying candidate genes for litter size and three morphological traits in Youzhou dark goats based on genome-wide SNP markers. *Genes* 14: 1183.

<https://doi.org/10.3390/genes14061183>

Tao, L., X. Y. He, Y. T. Jiang, R. Lan, M. Li, Z. M. Li, W. F. Yang, Q. H. Hong and M. X. Chu. 2020. Combined approaches to reveal genes associated with litter size in Yunshang black goats. *Anim. Genet.* 51(6):924-934.

<https://doi.org/10.1111/age.12999>



▲圖1. 全球山羊在養數量比例。
引用自FAOSTAT, 2022年統計資料

表1. 各國山羊品種之平均胎仔數

Breed	Country	Litter size	Authors
Alpina	Itália	1.60	Gonçalves et al. (2008)
Anglo-Nubiana	Brasil	1.90	Cardoso et al. (2018)
Black Bengal	Índia	1.75	Haldar et al. (2014)
Creole	Franch	2.10	Gunia et al. (2010)
Jining Grey	China	2.37	Feng et al. (2011)
Laoshan	China	1.70	Lai et al. (2016)
Crossbreed (Pardo Alpino × Gurgueia)	Brasil	1.49	Sarmiento et al. (2010)
		1.40	Santos et al. (2013)
Saanem	Brasil	1.50	Leal et al. (2018)
Toggenburg	Brasil	1.75	Leal et al. (2018)
Zaraibi	Egito	1.60	Hamed et al. (2009)

▲引用自de Lima et al., 2020.

利用海藻作為降低反芻動物甲烷排放的飼料添加物

◎動物營養組／謝怡慧

反芻動物消化過程中會產生甲烷，屬於溫室氣體之一。而溫室氣體有吸收紅外線的功能，所以當溫室氣體太多，吸收過多紅外線就會使得地球氣溫上升，這個現象稱之溫室效應。因此降低反芻動物甲烷排放，可減緩溫室效應。目前已有相關研究證實，日糧添加海藻的確具有降低反芻動物甲烷排放的效果。

海藻簡介及營養價值

藻類可依細胞多寡區分成單細胞藻及多細胞藻，多細胞藻類又被稱為巨藻，而海藻皆為巨型藻類，是原始的非開花光合大型藻類植物。海藻依色素的不同，又可分成綠藻、褐藻及紅藻。海藻廣泛分佈於地球，且廣泛使用在食品加工、醫藥及飼料等方面，據2018年統計全球透過水產養殖的海藻產量每年超過3,000萬噸，而臺灣2022年生產量約為500公噸。

海藻富含許多營養物質，例如蛋白質、脂質、多醣、碘及多酚等。藻類的營養成分依Min *et al.* (2021) 文獻整理出，粗蛋白在紅藻含量較高，平均約在17-18%；綠藻次之平均在15-18%；褐藻最低，平均在6-16%，故海藻有作為動物飼料來源的潛力。粗蛋白受到品種及採收季節影響，故仍需更多研究來確定適當的海藻種類和餵飼量。海藻多醣含量以紅藻最多，褐藻次之，綠藻最低。動物如果缺碘會降

低甲狀腺激素分泌，導致甲狀腺功能減退、甲狀腺腫、新陳代謝抑制、生長下降和高死胎率等現象。而海藻富含碘，可以防止碘缺乏，促進高性能表現。某些紅藻及褐藻碘的含量可以高達3.7 mg/kg，甚至有些高達5.6 mg/kg，但是各國的營養標準如NRC，碘的推薦量為0.15-0.8 mg/kg，故使用上限應為飼糧10%內。海藻中脂質含量以褐藻較高，通常包括長鏈脂肪酸，特別是具有多元不飽和脂肪酸（Polyunsaturated Fatty Acids, PUFA）。近年多項研究證實，PUFA是人類和動物必不可少的營養成分，在改善動物健康方面具有著重要功能。海藻其餘營養物質如多酚含量以褐藻較高。從以上資料可以得出，海藻富含營養，且具有改善動物健康的功效，的確具有開發作為動物飼料的潛力。

海藻降低甲烷的研究

依據多篇研究報告整理出，具有降甲烷排放潛力的海藻如表一。表一所列的眾多海藻品種中，以*Asparagopsis taxiformis*、*Asparagopsis armata*這兩品種降甲烷的效果較被大家所知。這兩個品種是屬紅藻海門冬屬的海藻。*Asparagopsis taxiformis*生長在熱帶及亞熱帶環境，*Asparagopsis armata*則生長在溫帶的環境下。臺灣也有零星分布，但是數量不多且受到季節影響

產量。而表一所列出的具有降甲烷效果大多是以體外偵測試驗的結果，目前只有海門冬（*Asparagopsis taxiformis*, *Asparagopsis armata*）及 *Gracilaria* 有進行動物試驗。依據前人研究，於肉牛飼糧中添加0.5%海門冬（*Asparagopsis taxiformis*）可降低65-68%甲烷的排放量。在泌乳牛飼糧中添加0.5%海門冬（*Asparagopsis taxiformis*, *Asparagopsis armata*），亦有降低26%甲烷的效果。但因為海門冬的特殊氣味，如果添加太多，會導致採食量下降，進而造成體增重下降及產乳量下降的問題，目前文獻皆建議添加量在0.5%以下，可兼顧降低甲烷排放以及生產性能。而目前添加1% *Gracilaria*（龍鬚菜）於泌乳牛飼糧的研究結果，則沒有降甲烷的效果。

表 1. 具有降甲烷排放潛力之藻類

紅藻	綠藻	褐藻
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	<i>Cladophora patentiramea</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
<i>Asparagopsis armata</i>	<i>Ulva sp.</i>	<i>Ecklonia maxima</i>
<i>Gracilaria</i>		<i>Dictyota</i>
<i>Gigartina sp.</i>		<i>Laminaria sp.</i>
		<i>Saccharina latissimi</i>



▲圖1. 臺灣周遭海域海門冬
(https://www.tfrin.gov.tw/News_Content.aspx?n=4087&s=242010)

未來研究方向

目前海藻降低甲烷產量的研究中，大多都為體外試驗階段，實際經動物試驗驗證具有良好效果僅有海門冬。但是礙於目前海門冬無法養殖需靠人工採集，以及為了要保存海門冬降甲烷的主要成分-溴化物，需要冷凍乾燥，導致作為飼料添加劑的成本過高。但為了減緩溫室氣體排放，開發可降低甲烷排放的飼料添加劑，勢在必行。因此，本所在開發海藻作為可降低甲烷的飼料添加物的研究上，已利用體外模擬系統，驗證益生菌與海藻的組合物具有降甲烷的效果，同時減少海藻的用量，提升海藻作為飼料添加物之可行性。未來將持續進行動物試驗，探討實際降甲烷效果外，亦會評估對動物生產性能的影響。除此之外，也會持續與水產試驗所合作探討其餘海藻品種降低甲烷的效果。



▲圖2. *Gracilaria*
(<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B1%9F%E8%93%A0%E5%B1%9E#/media/File:Gracilaria2.JPG>)

淺談白肉雞之產品碳足跡

◎畜產經營組／賴京佑

前言

因應全球暖化和極端氣候問題加劇，我國農業部以2040農業淨零碳排為主要目標，畜牧部門三大目標中的「落實淨零務實扎根」，更以「建立主要畜牧產業碳排資訊」為主要措施，讓主動盤查並揭露的企業能夠了解自身產品製造過程中的排放熱區，進一步制定減碳策略，也協助消費者選擇執行減碳行動之企業所生產的產品，推動綠色消費的滾輪。而在眾多家畜禽肉品中，禽肉從2018年開始超越豬肉成為我國每人每年的消費量冠軍，近幾年每人每年的禽肉消費量皆超過40公斤，因此本文將以白肉雞為主角，介紹家畜禽肉產品碳足跡，並分享國內外現有的白肉雞產品碳足跡資訊。

產品碳足跡

- 一、什麼是碳足跡 (carbon footprint, CFP) ?
用一句話簡單說明碳足跡，就是產品或服務在整個生命週期過程中所產生的溫室氣體排放量總和，並以二氧化碳當量表示。而產品的生命週期 (life cycle)，則包含原料取得、工廠製造、配送銷售、消費者使用和廢棄處理五個階段。收集每個階段的活動數據，乘上該數據對應的排放係數，並將不同階段的結果相加即可得到產品碳足跡資料。
- 二、碳足跡產品類別規則 (product category rule, PCR)
計算碳足跡時的依據，內容包含適用之產品資訊、計算範疇、各項名詞定義、

各階段數據蒐集方法和最終的宣告資訊等，白肉雞目前適用之PCR為登錄編號22-010「家畜禽肉及食用雜碎 (meat and offal)」第3.0版。企業在根據PCR的計算要求完成碳足跡計算之後，需再通過第三方查證公司或環境部的關鍵性審查，取得查證證書或說明書，向環境部申請碳標籤。

三、碳足跡標籤 (carbon footprint label)

又稱碳標籤 (carbon label) 或碳排放標籤 (carbon emission label)，是一種用以顯示公司、生產製程、產品 (含服務) 及個人碳排放量之標示方式。我國碳標籤 (圖1) 由綠色心形及綠葉組成腳印，搭配二氧化碳「CO₂」字樣，並在愛心中揭露產品碳足跡數字，若是企業達成減碳承諾且通過審查，還可額外獲得減碳標籤 (圖2) 的使用權，主要差異是英文字母O中以向下的箭頭呈現。

「家畜禽肉及食用雜碎 (meat and offal)」第3.0版產品類別規則

一、適用產品類別

產品適用範圍係供家畜禽經養殖、屠宰、分切、調味、運輸，並在適當溫度儲運販售的家畜禽肉及食用雜碎 (生鮮、冷藏或冷凍)，包含家禽肉、牛肉、豬肉、山羊肉、馬肉及食用雜碎 (家禽、牛、豬、山羊、馬)。

二、生命週期範圍

家畜禽肉及食用雜碎之生命週期涵蓋原料取得階段、製造階段、配送銷售階段、使用階段與廢棄處理階段，如圖3。

三、生命週期各階段之數據蒐集

產品數據蒐集期間以一年為基準。相關數據進行分配時可依質量、進料量、重量、工時等物理性質作為分配基礎，若引用其他參數得說明採用之依據。對於不具實質性貢獻排放源之加總，不得超過產品預期生命週期內 GHG 總排放量 5%。

國內外實際案例資訊

從圖3的PCR流程圖可以得知，計算碳足跡時會先把各階段所涵蓋的項目區分清楚，而每個案例蒐集資料的完整性不盡相同，因此參閱文獻時必須了解該案例實際的系統邊界是包含生命週期中的那些階段，同時注意案例參考的排放係數和最終的功能單位，才能較全面性了解案例的計算結果，以利後續計算時選擇正確的資料作為參考，表1、表2、表3和表4針對不同系統邊界和功能單位分別整理，列出案例的碳排放數據。

一、系統邊界：搖籃到牧場大門（cradle to farm gate）

計算包含圖3中的原料取得和製造階段，又可細分成雛雞取得、飼料生產、能源利用、糞便處理等過程，以最終在牧場飼育完成售出的活體白肉雞為功能單位（表1和表2）。原料取得階段中，美國（Putman *et al.* 2017）和荷蘭（Mostert *et al.*, 2022）的研究針對雛雞取得有較為深入的探討，計算了從種雞

飼養、種蛋運輸和孵化等的碳排放資料，國內的相關數據（洪等，2023）則是把重點放在白肉雞生產的計算，因此分開表列使資料容易判讀。

二、系統邊界：搖籃到屠宰廠大門（cradle to slaughterhouse gate）

比起從搖籃到牧場大門，多出了牧場到屠宰場的運輸和屠宰場的能資源利用之碳排放資料，使在製造階段的計算更加的完整，通常以屠宰完成售出的禽肉產品作為功能單位（表3）。Cesari *et al.* (2017) 提及國際上每公斤白肉雞屠體重的數值介於2.5~4.4 kg CO₂ eq.，而其研究所收集的資料涵蓋不同上市體重的資料，因此平均起來才会有較高的碳排放量（5.52 CO₂ eq./kg 屠體重）。

三、系統邊界：搖籃到零售賣場大門（cradle to retailer gate）

包含了圖3中從原料取得到配送銷售階段的碳排放資料，比起搖籃到屠宰場大門，多出產品配送運輸和冷鏈儲存等待銷售的能資源利用，以包裝好的白肉雞產品作為功能單位（表4）。

結語

藉由上述各國的資料可以得知，計算產品碳足跡時需在一開始決定功能單位和系統邊界，才能有效地分別從不同階段收集相關資料，並在最後將各階段加總來得到產品的碳排放量。而白肉雞飼養過程中碳排放比例最高的就是飼料原料的利用，這項數據與雞隻生長息息相關，因此不同年代、不同飼養方式、不同上市體重等都會影響最終的計算結果，例如經過育種改良後的飼料效率增加，飼料被更有效的利用進而減少了浪費導

致的碳排放，或是傳統飼養與放牧飼養也會因為土地使用、能資源使用不同而有數字上的差異。目前國內畜牧相關的碳足跡產品類別規則已涵蓋大部分的蛋肉乳製品，碳標籤的申請，除了能為企業帶來碳排放減量的機會與強化公司品牌的聲譽，也能提升消費者對於碳標籤產品的購買意識，達成低碳經濟的永續消費與生產模式。國內畜牧部門亦刻正研擬《禽畜產品碳足跡指引》供業界參考，在此之前可先在環境部的產品碳足跡資訊網查詢到更多詳細資訊，期待能在貨架上看到更多有碳標籤的畜產品，讓綠色消費成為國人的新生活模式

參考文獻

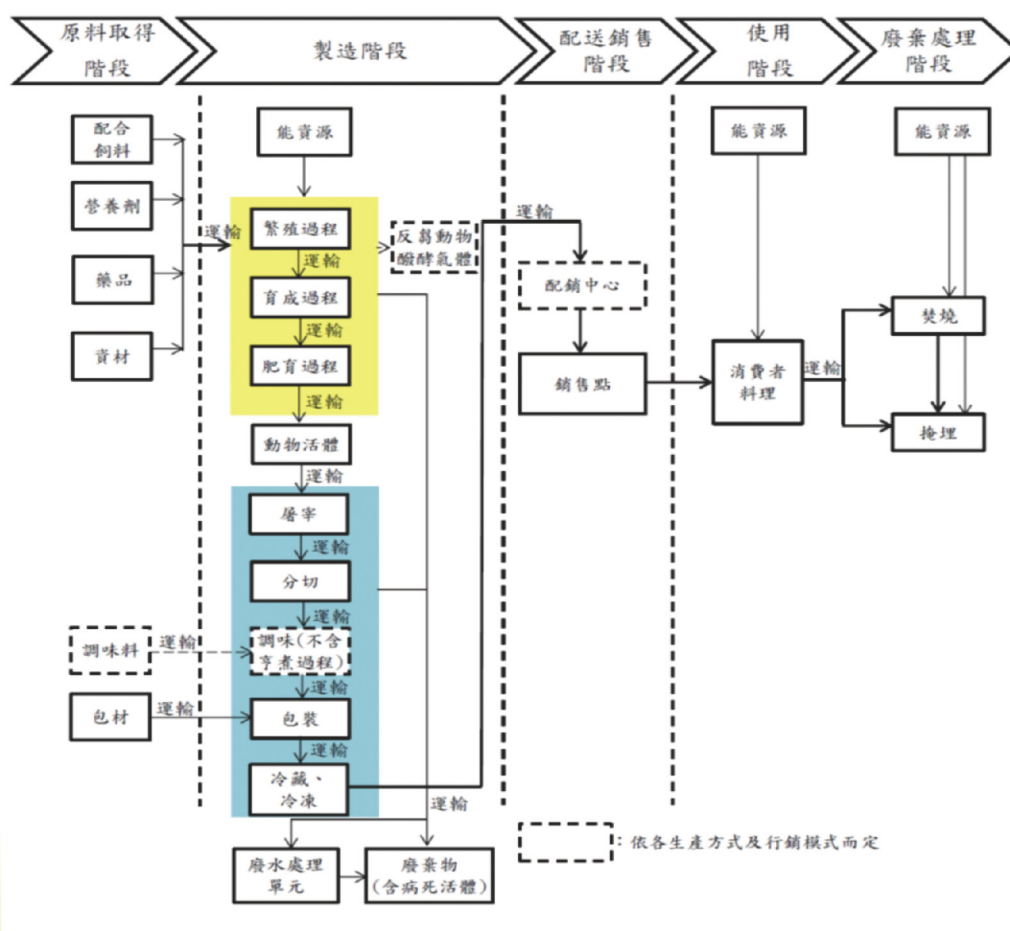
- 洪哲明、蔡和滢、蔡銘洋、林正鏞、程梅萍。2023。國產白肉雞生產之生命週期碳足跡案例初步評估結果。中畜會誌 52 (增刊) : 231。
- 陳薏婷、馮一鉞、顏婉庭、何昊軒。2023。強化輔導，加速畜牧低碳轉型。農政與農情377 : 48-55。
- 農業部。2022。糧食供需年報。
<https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- 環境部。2022。碳足跡產品類別規則 22-010 家畜禽肉及食用雜碎第 3.0 版。
https://cfp-calculate.tw/cfpc/Carbon/WebPage/PCR_FileDownload.ashx?fid=9c550ce4-b4bf-40dc-9e8b-8f5d6336df00&sid=f。
- Bengtsson, J., and J. Seddon. 2013. Cradle to retailer or quick service restaurant gate life cycle assessment of chicken products in Australia. *J. Clean. Prod.* 41:291-300.
- Cesari, V., M. Zucali, A. Sandrucci, A. Tamburini, L. Bava, and I. Toschi. 2017. Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a Life Cycle approach. *J. Clean. Prod.* 143:904-911.
- Copley, M. A., and S. G. Wiedemann. 2023. Corrigendum to: Environmental impacts of the Australian poultry industry. 1. Chicken meat production. *Anim. Prod. Sci.* 63:522-522.
- Nielsen, N. I., M. Jørgensen, and S. Bahrndorff. 2011. Greenhouse gas emission from the Danish broiler production estimated via LCA methodology. Knowledge Centre for Agriculture. Aarhus.
- Mostert, P. F., A. P. Bos, J. Van Harn, P. Van Horne, and I. C. De Jong. 2022. Environmental impacts of broiler production systems in the Netherlands (No. 1397). Wageningen Livestock Research. Wageningen.
- Putman, B., G. Thoma, J. Burek, and M. Matlock. 2017. A retrospective analysis of the United States poultry industry: 1965 compared with 2010. *Agric. Syst.* 157:107-117.
- Thévenot, A., J. Aubin, E. Tillard, and J. Vayssières. 2013. Accounting for farm diversity in Life Cycle Assessment studies—the case of poultry production in a tropical island. *J. Clean. Prod.* 57:280-292.



▲圖1. 碳標籤圖示說明



▲圖2. 減碳標籤圖示說明



▲圖3. 家畜禽肉及食用雜碎生命週期流程圖

表 1. 不同國家在系統邊界為搖籃到牧場大門的白肉雞碳排放量

國家（年份）	種雞生產（%）	白肉雞生產（%）	排放量（kg CO ₂ eq）
美國（1965）	7.26	92.74	1.99/ kg 活體重
美國（2010）	4.19	95.81	1.28/ kg 活體重
荷蘭（2022）	15.50	84.50	1.29/ kg 活體重

（資料來源：Putman *et al.*, 2017; Mostert *et al.*, 2022）

表 2. 臺灣在系統邊界為搖籃到牧場大門的白肉雞碳排放量

國家（年份）	原料取得（%）	製造（%）	排放量（kg CO ₂ eq）
臺灣（2023）	93.47	6.53	2.124/ kg 活體重

（資料來源：洪等，2023）

表 3. 不同國家在系統邊界為搖籃到屠宰廠大門的白肉雞碳排放量

國家（年份）	種雞生產（%）	白肉雞生產（%）	屠宰（%）	排放量（kg CO ₂ eq）
荷蘭（2022）	14.49	78.99	6.52	1.38 / kg 屠體重
丹麥（2011）	13.5	76.4	10.1	2.31 / kg 屠體重
義大利（2017）	4.56	93	2.82	5.52 / kg 屠體重
澳洲（2023）	4	86~91	7~8	2.1 / kg 無骨雞肉重
法屬留尼旺島（2013）	8.08	81.59	10.33	2.49 / kg 包裝全雞重

（資料來源：Nielsen *et al.*, 2011; Thévenot *et al.*, 2013; Cesari *et al.*, 2017; Mostert *et al.*, 2022; Copley and Wiedemann, 2023）

表 4. 不同國家在系統邊界為搖籃到零售賣場大門的白肉雞碳排放量

國家（年份）	種雞生產（%）	白肉雞生產（%）	屠宰（%）	配送銷售（%）	排放量（kg CO ₂ eq）
澳洲（2013）	6.58	75.40	16.87	1.15	5.59 / kg 包裝全雞重

（資料來源：Bengtsson and Seddon, 2013）

淺談乳清生物複合膜 於延長食物保鮮之潛力

◎畜產加工組／黃寂槐、吳鈴彩、葉瑞涵、郭卿雲

前言

乳清是牛奶加工過程中產生的副產物。在製作起司、優格等乳製品時，牛奶凝結成固體形成凝乳，剩餘半透明黃色的液體為乳清。以牛奶製作起司為例，生產過程中約90%會轉換為乳清。乳清中約93%為水，其餘成分為蛋白質、乳糖及水溶性維生素等營養物質。為了提升乳清的利用價值，各國專家及業者對此進行大量研究，使乳清得以轉化為其他可利用的產品，例如乳清粉、濃縮乳清蛋白及乳清調味飲品等。

在這些研究中，乳清蛋白在相對低濕度下可形成透明的薄膜或塗層，帶有香氣特性，並已經被研製為乳清生物複合薄膜（Whey Biocomposite Films），具有優異的氣體阻隔性和親水性等特性。此外，利用添加澱粉、幾丁聚醣、纖維素、精油或奈米粒子等，可進一步改善蛋白薄膜的功能特性。乳清生物複合薄膜之技術及研究成果簡介如下：

乳清生物複合薄膜技術

- 一、製備膜溶液：以乳清/幾丁聚醣生物複合薄膜為例，首先製備含有0.8% w/v的幾丁聚醣溶液，接著製備2.4% w/v的乳清蛋白溶液，而後混合攪拌成幾丁聚醣-乳清蛋白複合膜溶液。接著，以0.1 N的鹽酸將幾丁聚醣-乳清蛋白複合膜溶液的pH值調整至5.0後，進行過濾滅菌。
- 二、脫氣處理：將幾丁聚醣-乳清蛋白複合膜溶液倒入容器中並於真空環境下將溶

液脫氣，以避免塑型時，氣泡造成膜孔洞。

- 三、乾燥成形：將脫氣後的幾丁聚醣-乳清蛋白複合膜溶液於50°C下進行空氣循環乾燥。乾燥完畢後剝離即完成乳清生物複合薄膜。

乳清生物複合薄膜之應用研究成果

- 一、提升新鮮分切火雞肉塊之抗菌性質

利用幾丁聚醣、乳清蛋白、蔓越莓或椴梓汁（別名木梨汁），開發出乳清生物複合薄膜，將此薄膜應用於接種了沙門氏菌（*Salmonella typhimurium*）、大腸桿菌（*Escherichia coli*）和彎曲桿菌（*Campylobacter jejuni*）的新鮮分切火雞肉塊，研究結果顯示，相較於未包裹的新鮮火雞肉塊，使用乳清生物複合薄膜能阻止上述病原微生物的增生，抑菌有效期至少6天。

- 二、延長Ricotta起司的保質期

利用幾丁聚醣與乳清蛋白製作出乳清生物複合薄膜，將Ricotta起司以此薄膜包覆後於4°C下冷藏保存，結果顯示，與單獨使用幾丁聚醣的薄膜相較，降低氧氣和二氧化碳通透性約14%，並提升約3倍水蒸氣通透性。未包裹複合膜的對照組之滴定酸度在最初兩週內線性增加，而包覆乳清生物複合薄膜之Ricotta起司在最初21天內酸度變化不顯著，此顯示乳清生物複合薄膜具有延長Ricotta起司保質期之潛力。

三、改善香腸的保質期和品質

將含有奧勒岡精油的乳清蛋白活性塗層塗在兩種香腸（páinhos和alheiras）的表面，並監測4個月內的理化特性和總微生物含量。結果發現，páinhos的酸度提升並有防止褪色的效果，而alheiras方面則顯著減少脂質過氧化。感官品評方面，塗層的處理對感官評估沒有顯著差異（圖1），皆有良好的接受度，約70%品評員對塗層香腸的每個參數評分都高於可接受水準。與未塗層樣品相比，塗層樣品中原料的香氣（Aroma raw）是差異較大的參數，主要原因是這類產品有不熟悉且強烈的奧勒岡香味。這些結果顯示出奧勒岡精油的乳清蛋白活性塗層具有延長加工肉製品保值其之潛力。

結語

乳清生物複合薄膜具生物可降解、環保及成膜等特性，對氧氣、芳香化合物和油脂具有良好的阻隔性能，且其功能特性可以透過結合不同的生物聚合物來進行調整。在上述研究結果中，乳清生物複合薄膜技術展現出對鮮肉、起司及肉製品之保鮮的極大潛力，未來可進一步探討此技術之原料取得成本及對風味接受性之影響，以供產業參考應用。

參考資料

Brink, I., Šipailienė, A., and Leskauskaitė, D. 2019. Antimicrobial properties of chitosan

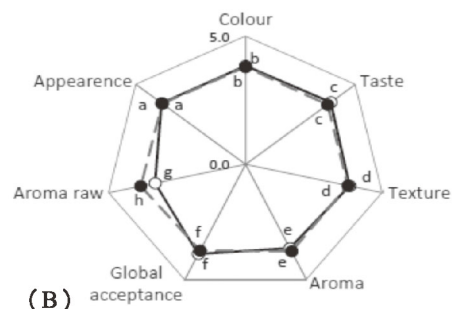
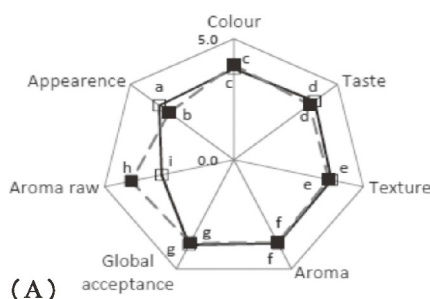
and whey protein films applied on fresh cut turkey pieces. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130.

Catarino, M. D., Alves-Silva, J. M., Fernandes, R. P., Gonçalves, M. J., Salgueiro, L. R., Henriques, M. F., and Cardoso, S. M. 2017. Development and performance of whey protein active coatings with *Origanum virens* essential oils in the quality and shelf life improvement of processed meat products. *Food Control*, 80, 273-280.

Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., and Porta, R. 2011. Chitosan / whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10).

Ferreira, C. O., Nunes, C. A., Delgadillo, I., and Lopes-da-Silva, J. A. 2009. Characterization of chitosan-whey protein films at acid pH. *Food Research International*, 42(7).

Rasool, N., Baba, W. N., Rafiq, S., Mirza, U., and Maqsood, S. 2024. Macro and nano level intervention of reinforcing agents for production of novel edible whey composite films and their applications in food systems: A review. *Food Chemistry*, 437, Part 1.



▲圖1. 精油乳清蛋白塗層於香腸之感官分析：

(A) páinhos（塗層-□及未塗層-■）(B) alheiras（塗層-○及未塗層-●）

（資料來源：Catarino *et al.*, 2017）

臺灣水牛與東部畜牧發展史

◎東區分所／戴秉榮、陳沛君、莊璧華、張經緯

◎國立暨南國際大學／范雅鈞

前言

每當遊客造訪花東時，大家是否會不經意的在河流兩岸、田野或林間瞥見水牛的蹤跡呢？這些沉靜的生物，成為這片土地上最熟悉的印象。目前花蓮縣豐濱鄉是全國飼養水牛最多的鄉鎮，全臺灣唯一的水牛產銷班也位居於此。為何花蓮地區水牛的數量最多呢？農業部畜產試驗所為了解水牛在臺灣東部的歷史發展，向臺灣歷史學者范雅鈞博士請益，也走訪豐濱鄉磯崎部落的飼養戶及當地耆老詢問並記錄口說歷史，透過探討臺灣水牛產業的發展歷程，特別是對花東地區的影響，來重拾這段逐漸被遺忘的重要歷史。我們希望透過這些回顧，激發更多人關注並參與到水牛產業的永續發展中，共同守護這項珍貴的文化資產。

花東開墾初期

史載水牛輸入臺灣的時間約在西元17世紀從華南一帶引進，自荷蘭殖民時期即大量推廣臺灣水牛作為勞動獸力（等同現代農用耕耘機），並供給西部漢人移民作為大面積拓墾稻米、甘蔗、菸草等作物之役用。但在臺灣的拓墾史中，花東地區屬於最晚開墾，也是最具挑戰性的地區。談及開發的代表性，無法忽略日治時期的「賀田組」。「賀田組」為日資企業，以賀田金三郎為首，在取得花東地區綿亙數萬公頃土地的農業經營權後，便大量展開拓墾活動(鍾淑敏，2004；

范雅鈞，2022)。日本移民清水半平先生《官營移民吉野村回顧錄》(斎藤光，2020)描繪開墾初期的情景：「雜草比人高，密生的樹林如竹叢，水牛隨便安頓在雨林中，大多數人唉聲嘆氣不知道從何著手，就此回國的人也有。有時正在開墾，指導所響起鐘聲告知原住民出草，趕快用茅草掩蓋躲起來。對於未馴服的水牛，移民感到有點害怕，但只要看到耕地一點一點開拓成功，未來有所希望，也就不那麼害怕了。」這段記載生動地展現了水牛在開墾過程中的重要角色，同時也顯示位於副熱帶地區的臺灣，高溫及潮濕氣候對日本移民是一大挑戰。

日治時期花東畜牧業發展

除了農作物的栽種外，「賀田組」也非常重視畜牧業的發展，在企業資金的挹注下，於花東地區大量設置畜牧場，並為現代畜牧業奠下基礎。當時所飼養的水牛，主要用途即出售至全臺各地供食用或役用(鍾淑敏，2004；范雅鈞，2022)。雖然「賀田組」最後破產了，但養牛竟是當年「農業經營部門」唯一賺錢的項目。水牛成為家家戶戶必備的役用動物，更在之後臺灣農業經濟的起飛佔有舉足輕重的地位。這樣的人文歷史，讓我們更深刻地體會到水牛在臺灣農業開發史中，實屬「領頭牛」的角色。此外，我們透過閱讀《吉野村概況》(中島長雄，1936)（圖1）及《吉野庄管內概況書》(吉野庄役

場，1939）（圖2）等日治時期的文獻，得知花蓮縣吉安鄉（當時稱吉野村）總計飼養水牛高達3,500頭，其中吉野牧場即有400頭，是當時全臺最大的牧場（即為畜試所東區分所花蓮場區的前身）。1934年後，為供應日軍大東亞戰爭所需，受到軍方委託繁殖軍用馬，重心才開始轉向養馬。

深入豐濱，了解臺灣水牛的現況

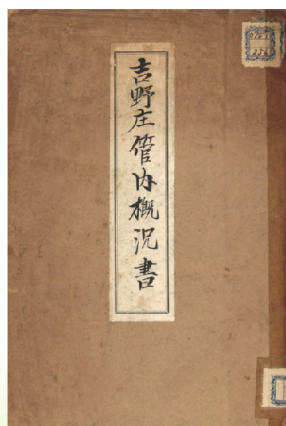
除了翻閱文獻外，紀錄口說歷史及實地走訪飼養戶，更能體會水牛產業發展的歷程。我們拜訪豐濱鄉水牛產銷班班長及班員，他們將水牛放牧於林間，並利用簡易的電圍籬裝置，進行林間分區管理，確保牛群擁有足夠的食物來源並健康成長。此種裝置不僅安裝方便，更能有效管理放牧在山林中的水牛（圖3）。然而人口老化、圍籬裝置屢遭破壞竊盜、水牛頻遭盜獵和價格持續低迷等問題成為多數水牛飼養戶無意願再畜養水牛的主因。如何延續水牛產業，除了努力擴大水牛族群外，找到提升水牛價值的多元加工產品和暢通銷售管道，是目前最迫切的問題。

結語

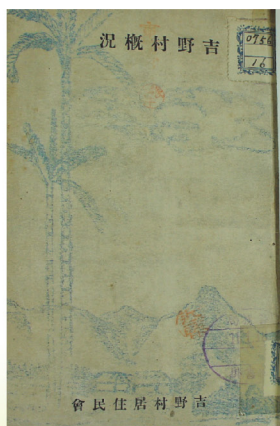
隨著現代農耕以機械取代獸力，肉用需求也漸轉向口感更佳之肉牛品種，水牛畜養不再盛行，產業凋零落寞，但對老一輩農民而言，水牛不僅維繫全家人的生計，更是兒時珍貴的回憶與牽絆。期望臺灣水牛產業能在產、官、學、研共同維護這項珍貴的文化資產下，繼往開來、永續發展。

參考資料

- 中島長雄。1936。吉野村概況。花蓮港廳吉野區吉野村。
- 吉野庄役場。1939。吉野庄管內概況書。花蓮港廳吉野區吉野村。
- 范雅鈞。2022。吉野1號米。行政院農業委員會花蓮區農業改良場，花蓮。
- 齋藤光。2020。官營移民：吉野村回顧錄（原作者：清水半平）。蔚藍文化，臺北市。
- 鍾淑敏。2004。政商與日治時期東臺灣的開發-以賀田金三郎為中心的考察。臺灣史研究11(1)：79-117。



▲圖1. 吉野庄管內概況書



▲圖2. 吉野村概況



▲圖3. 台灣水牛



農業部畜產試驗所

Taiwan Livestock Research Institute,
Ministry of Agriculture

TSAA

SDG 13 畜牧氣候變遷調適行動

★★★
金獎

2024台灣永續行動獎 頒獎典禮

Taiwan Sustainability Action Awards Ceremony
TAISE 台灣永續能源研究基金會



▲本所獲得2024亞太暨台灣永續行動獎-金獎



▲恭喜金門洪銘志及陳弘銘先生
榮獲第七屆百大青農



▲113年畜牧類第7屆百大青農座談會

畜產專訊展售處

- 國家書店松江門市
- 五南文化廣場台中總店
- 國家網路書店 (<http://www.govbooks.com.tw>)

ISSN 1021-3082



9771021308000

每本定價20元