

出國報告（出國類別：訪問）

「發展熱帶地區新型生物性飼料添加物作為精準減抗策略以提高動物生產效率」及「動物生理與行為研究應用於動物福利評估」

服務機關：農業部畜產試驗所

計畫來源：112 年度科發基金「農業科技研發成果之國際交流與擴散策略研究」

子計畫「畜產國際交流合作與研發成果技術擴散」（編號：MSTC
112-3111-Y-055-001）」

姓名職稱：李宗育副研究員、李恒夫副研究員

派赴國家：美國

出國期間：112 年 12 月 10 日至 112 年 12 月 21 日

報告日期：113 年 3 月 21 日

摘要

本次參訪目的為執行國內畜牧業發展熱帶地區新型生物性飼料添加物作為精準減抗策略以提高動物生產效率暨動物生理與行為研究應用於動物福利評估，透過參訪與實質討論瞭解美國目前自家禽腸道內容物獲得支配者菌種以作為飼料添加物之策略，為飼料添加物生產獲得新技術，以提升畜禽生產性能外，同時與美方研究人員探討經濟動物福利之研究主題與應用，期能兼顧動物保護與產業效益。

本研習參訪美國中西部農業州重要之綜合大學—奧克拉荷馬州立大學（Oklahoma State University, OSU）之動物及食品科學系（Department of Animal and Food Sciences），由該系 Regent Professor Glenn Zhang 協助安排參訪行程，先後分別拜訪 Dr. Adel Pezeshiki、系主任 Professor Richard Coffey、Dr. Scott Carter 及 Dr. Janeen Johnson；並參訪該系飼料廠、密閉式試驗雞舍與 Professor Zhang 的實驗室設備，另基於防疫考量，僅參觀試驗豬場及肉牛場外圍環境，未進入場區內部。

Dr. Pezeshiki 身具多個專業學會成員，包含美國營養學會，並擔任《Gut Endocrinology》編輯委員會的副主編，以及《Nutrients》的審查委員會成員。Dr. Pezeshiki 介紹其研究主要在於降低飼料粗蛋白質濃度及添加支鏈胺基酸對豬隻生長性能及環境負荷之影響，此點與農業部推動調降臺灣豬隻及雞隻飼料國家標準中粗蛋白含量不謀而合。另外主題在探討飼料中胜肽如何調節血糖濃度及影響生長性能。

Professor Coffey 擔任OSU動物及食品科學系系主任之前，曾在肯塔基大學擔任豬隻推廣專家（1994—2015年）、肯塔基大學研究和教育中心主任（2012—2015年），以及肯塔基大學動物和食品科學系主任（2015—2022年），對於畜產農業推廣具有豐富經驗，曾多次到臺灣、中國及東南亞國家訪問，因此對臺灣畜產業狀況提出廣泛問題，特別在動物性蛋白質生產的成本及售價方面，臺美方面的差異比較。

Dr. Carter 主要研究豬隻營養，透過營養調配以提升母豬生產性能，並減少餵飼量以降低廢棄物對環境之衝擊，另外應用螯合礦物質於種豬及仔豬飼糧以提高生產力。

Dr. Johnson 為該系主要研究豬隻動物福利之專家，其研究主題於緊迫對豬隻之免疫反應，特別在支配豬隻（dominant pigs）及從屬豬隻（subdominant pigs）的反應差異，其結果可應用於豬隻混養時之管理；另一主題在於飼養空間對於懷孕母豬的影響，特別是對皮膚受損、

腳蹄及體型分數的影響，以及運用光照的長短對豬隻行為及生長效益的影響。Dr. Johnson 認為動物福利須考慮環境因素，並主張以群體動物的福利為考量，此觀點對於懷孕母豬群養時的管理對動物福利的影響具有正反兩方的觀察。

該系飼料廠主要供應實驗農場動物及系上教師之試驗研究動物所需之飼料，其角色與本所飼料廠類似。該廠歷史悠久，設備老舊，已規劃未來三年內整廠更新。本所現行飼料廠落成約 9 年，故與美方研究人員交換飼料製造設備設置之經驗以及現場操作作業須留意之安全作業規範。

Professor Zhang 的實驗室主要研究家禽腸道微生物的篩選、鑑定與擴殖，設備新穎齊全，再透過動物試驗證明確效。在微生物基因定序結果分析方面則與該校電腦中心合作，藉由其超級電腦協助快速運算，此點頗值得借鏡。除了參訪實驗室設備，另與 Professor Zhang 研究室的碩、博士研究生座談，交換彼此研究主題與結果。

本次參訪除了與各別研究人員交流之外，另安排三場演講，由李恒夫副研究員介紹本所動物營養組研發概況與未來研究主軸、分享臺灣畜牧業現況，以及母豬狹欄應用與改進方式之研究成果；並由李宗育副研究員報告利用 *Bacillus amyloliquefaciens* 羽毛及大豆粕發酵產物如何改善白肉雞生長性能之研究，雙方皆對後續合作與交流有更進一步的共識。

此次參訪除了學習新型生物性飼料添加物及生理與行為研究應用於動物福利外，亦學習 OSU 研究精神，研究人員於每次實驗後皆詳細記錄實驗過程，即便只是操作簡易步驟，讓我們瞭解，操作過程有任何問題或未見過的小狀況亦詳細記錄並進一步尋求原因，實驗過程充分展現細心與耐心。在開發新技術同時，亦考量過程中所需處理之成本，為提高試驗準度及時效在動物試驗階段，儘量以較高規格畜禽舍、設備及飼糧進行餵飼，以避免增加過多不可控因素，導致試驗再現性失敗，如雞舍直接使用內循環通風換氣，避免外在環境因素干擾，會考量採用較貴及較安全飼料，以降低雞隻取樣後萃取藥品及篩菌之成本，相關菌群利用 16S rRNA 基因解序，因機臺及人員維護成本過高，均外送由廠商進行分析後，再由試驗室人員以 QIIME2 軟體比對腸道菌株分佈。本計畫後續將嘗試高產或高產蛋週齡蛋雞中腸道菌株進行篩選，並以分析數據資料進行線上討論，再應用此次所學之飼料添加發展技術應用於家禽產業，以提高國內產蛋雞及種雞使用年限，持續未來與美國技術交流與合作效益。

目錄

壹、	目的.....	5
一、	申請背景與目的.....	5
二、	前往機構與研究計畫之相關性.....	5
三、	經費來源.....	5
貳、	過程.....	6
一、	美國奧克拉荷馬州立大學 (Oklahoma State University, OSU)	7
二、	訪見 Dr. Adel Pezeshiki	7
三、	訪見系主任 Professor Richard Coffey.....	9
四、	訪見 Dr. Scott Carter	10
五、	訪見 Professor Glenn Zhang's lac members.....	11
六、	專題演講及簡介本所.....	16
七、	訪見 Dr. Janeen Johnson	17
八、	參訪飼料廠、動物研究中心及試驗牧場.....	20
參、	心得與建議.....	24

7

壹、目的

一、申請背景與目的

為發展熱地區生物性飼料添加物，以達到精準營養及減抗飼糧策略，延續農業部臺美合作議題，本次與美國奧克拉荷馬州立大學—動物及食品科學系（Oklahoma State University - Animal & Food Sciences）的 Professor Glenn Zhang 取得聯繫，透過實質瞭解美國畜牧飼料添加物研究及之應用情形，同時為提高動物生產效率暨評估動物生理與行為研究應用於動物福利評估，期望可改善源頭減量及提升飼料利用率，亦希望創造新經濟價值及動物福利模式。

二、前往機構與研究計畫之相關性

美國奧克拉荷馬州立大學（Oklahoma State University，以下簡稱為 OSU）靜水校區位於奧克拉荷馬州 Stillwater 的公立研究型大學（大學城）。OSU 於 1890 年成立，其最初稱為奧克拉荷馬州農業與機械學院（Oklahoma A&M），是奧克拉荷馬州立大學系統的旗艦機構，有五個校區及超過 35,000 名學生。

農業科學和自然資源學院—動物與食品科學系擁有超過 15 個畜牧及研究設施，佔地超過 13,000 英畝，擁有自己的飼料廠。農場主要飼養用於教學、研究和推廣目的之肉牛、乳牛、豬及家禽。

OSU 的乳牛研究著眼於以飼料添加物和泡飲添加劑提高產乳量；使用 GPS 項圈管理放牧牛，評估其成功率和成本效益；肉牛與乳牛雜交計畫，評估其生長效率及屠體品質；對懷孕母豬於懷孕期的不同階段進行研究，以了解生產更強壯後代的機制；家禽之研究則致力於識別與抵抗雞病壞死性腸炎相關的特定微生物和代謝物。

三、經費來源

本次計畫經費係由 112 年度科發基金「農產業生產技術優化與擴散」子計畫「推廣研發成果及橋接國際畜產業」（編號：MOST 111-3111-Y-067E-001）經費支應，參訪人數共計 2 名，於 112 年 12 月 10 日至 21 日，由本所動物營養組飼料微生物添加劑及動物福利 2 位研究人員—李宗育副研究員與李恒夫副研究員前往美國執行。

貳、過程

本次計畫之參觀研習行程如下表：

時間		地點	活動事項	
臺灣	12月10~12日	臺灣臺北→美國奧克拉荷馬州靜水市	去程	
美國	12月12日	美國奧克拉荷馬州立大學—動物及食品科學系 (Department of Animal and Food Sciences, Oklahoma State University)	上午會見 Dr. Adel Pezeshiki (207 ANSI)	
	12月13日		上午會見系主任 Professor Richard Coffey (101 ANSI) 下午會見 Dr. Scott Carter (207 ANSI)、參訪 Professor Zhang 研究室，與研究室成員座談 (102 ANSI)	
	12月14日		上午李宗育副研究員及李恒夫副研究員演講三場專題報告 (102 ANSI) 下午與 Dr. Johnson 討論有關動物保護及動物行為方面研究 (102 ANSI)	
	12月15日		會見 Janeen Johnson 博士 (207 ANSI)	
	12月16~17日		假日	
	12月18日		動物及食品科學系	參觀飼料廠、動物研究中心及試驗牧場
臺灣	12月19~21日	美國奧克拉荷馬州靜水市→臺灣臺北	回程	

一、美國奧克拉荷馬州立大學 (Oklahoma State University)

本研習參訪美國中西部農業州重要之綜合大學—奧克拉荷馬州立大學 (Oklahoma State University, OSU) 之動物及食品科學系 (Department of Animal and Food Sciences)，由該系 Regent Professor Glenn Zhang 協助安排參訪行程，先後分別拜訪 Dr. Adel Pezeshiki、系主任 Professor Richard Coffey、Dr. Scott Carter 及 Dr. Janeen Johnson；並參訪該系飼料廠、密閉式試驗雞舍與 Professor Zhang 的研究室設備，另基於防疫考量，僅參觀試驗豬場及肉牛場外圍環境，未進入場區內部。

OSU 動物與食品科學系在動物生產和健康方面的研究重點是針對牲畜健康和福利的生產方法，以創造更健康的肉類產品並提高生產者的經濟活力。在教學、研究和推廣方面擁有傑出的計畫。



二、訪見 Dr. Adel Pezeshiki (207 ANSI)

Dr. Pezeshiki 為多個專業學會成員，包含美國營養學會，並擔任《Gut Endocrinology》編輯委員會的副主編，以及《Nutrients》的審查委員會成員。Dr. Pezeshiki 介紹其研究主要在飼料低粗蛋白質濃度 (Low protein, LP) 及添加支鏈胺基酸 (Branched chain amino acids, BCAA) 對豬隻生長性能及環境負荷之影響。

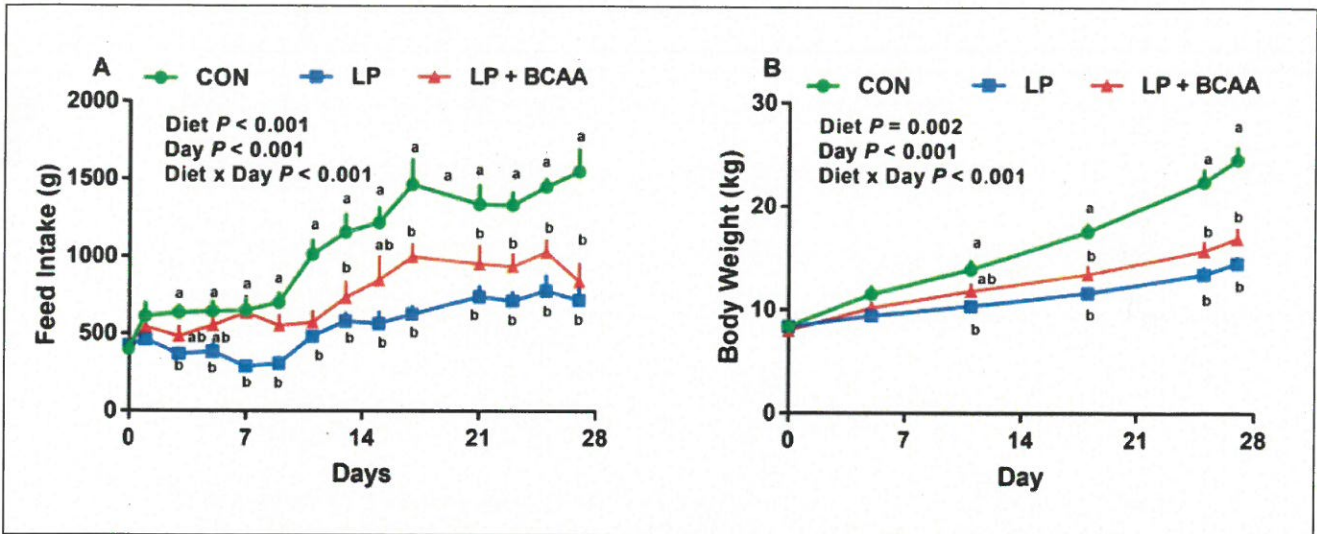
其以保育豬分配至對照組 (CON)、低粗蛋白質 (LP) 和 LP + BCAA 組，為期 4 週。結

果顯示，飼餵 LP 的豬的採食量和體重較低，但飼餵 LP + BCAA 的豬隻 4 週的總體 FI 傾向於增加整體平均日增重，並延遲了 FI 和 BW 下降約 2 週。在 LP 飼料中添加 BCAA 可以暫時消除 LP 飼料對生長的不利影響。雖然以 LP 日糧飼養豬隻，同時補充限制性胺基酸會無法達到與對照組相同的生長性能，但是單純 LP 飼糧導致生長速度下降的情形可透過添加 BCAA 而延緩。以 LP + BCAA 餵食豬會影響苯丙胺酸和蛋白質代謝以及脂肪酸合成途徑。同時 LP + BCAA 組糞便中菌相 *Paludibacteraceae* 和 *Synergistaceae* 豐度較高，*Streptococcaceae*、*Oxyphotobacteria_unclassified*、*Pseudomonadaceae* 和 *Shewanellaceae* 數量減少。

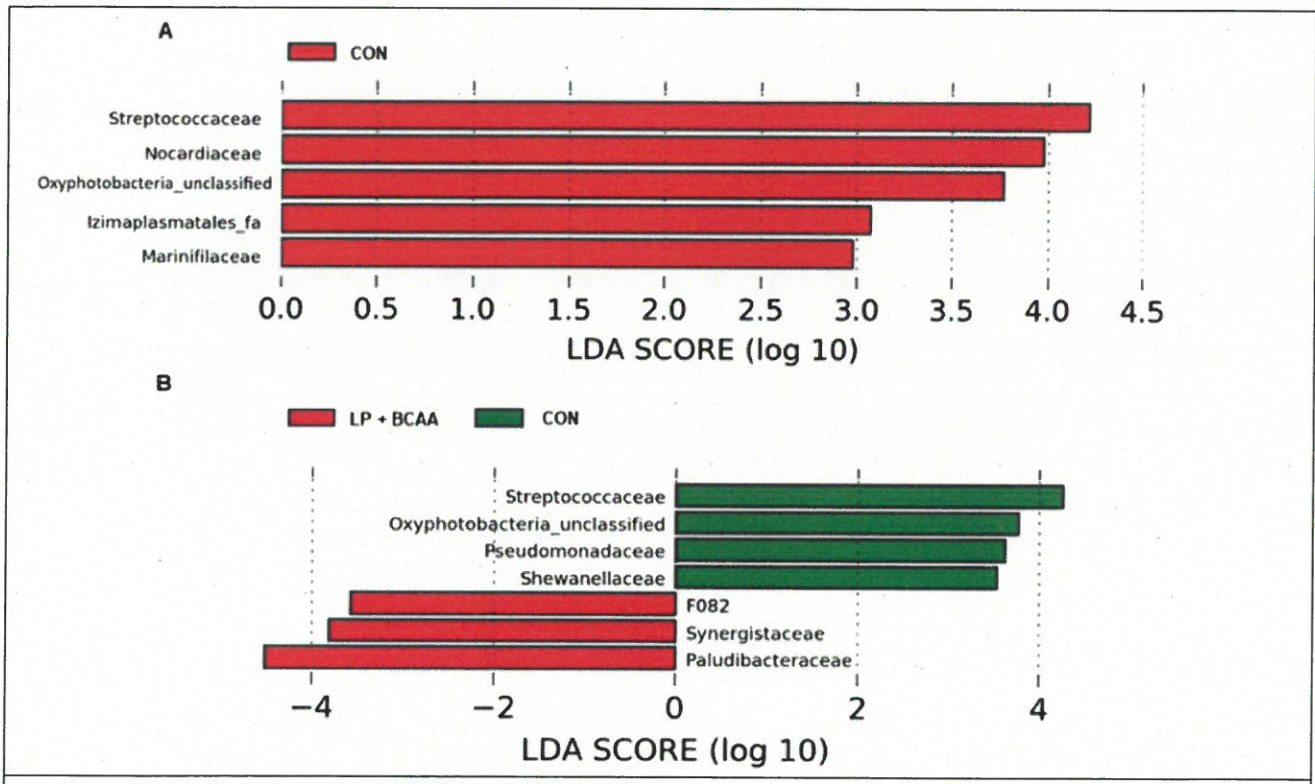
Dr. Pezeshiki 分享之內容與國內現正推動調降臺灣豬隻及雞隻飼料國家標準中粗蛋白含量不謀而合。另外分享之主題在探討飼料中胜肽如何調節血糖濃度及影響生長性能。

Dr. Pezeshiki 分享之 LP 及 BCAA 飼糧中一般成分組成

Chemical composition	CON	LP	LP + BCAA
Calculated crude protein, %	24.59	13.52	14.82
Analyzed crude protein, %	22.10	13.30	14.30
SID Lysine, %	1.32	1.32	1.32
SID Threonine, %	0.83	0.83	0.83
SID Methionine, %	0.38	0.38	0.38
SID Tryptophan, %	0.27	0.27	0.27
SID Leucine, %	1.87	1.08	1.88
SID Isoleucine, %	0.94	0.40	0.94
SID Valine, %	1.04	0.50	1.04
Calculated crude fat, %	3.61	3.60	3.59
Analyzed crude fat, %	2.20	2.50	2.80
ME, Mcal/kg	3.32	3.36	3.34



由 LP + BCAA (紅線)可延緩飼料採食量低下及體增重慢的現象，但仍低於對照組。



LP 添加 BCAA 飼糧可顯著改善豬隻糞便菌相。

三、 訪見系主任 Professor Richard Coffey (101 ANSI)

Professor Coffey 擔任 OSU 動物及食品科學系系主任之前，曾在肯塔基大學擔任豬隻推廣專家 (1994–2015 年)、肯塔基大學研究和教育中心主任 (2012–2015 年)，以及肯塔基大學動物和食品科學系主任 (2015–2022 年)，對於畜產農業推廣具有豐富經驗，曾多次到臺灣、中國及東南亞國家訪問，因此對臺灣畜產業狀況略有印象。雙方對產業結構提出廣泛討論，特

12

別在動物性蛋白質生產的成本及售價方面，比較臺美方面的差異。美國幅員廣大，農場特性各地略有差異，雖然也有小型的農場或有機農場等差異化的小型農場，但基本上農地面積廣大，高度仰賴機械化有效率的耕作，因此有很高的單位產量。例如在中部和五大湖區域的大平原地區玉米帶，每英畝玉米粒產量可達 160 蒲式耳以上，價廉豐富的飼料原料同時也造就發達的畜牧業，從 OSU 靜水校區當地超市中的豬肉、牛肉及牛奶價格均較臺灣產品為低，足見美國得天獨厚之處。但是 Professor Coffey 也提到產業常受大環境的影響，例如過去生質酒精排擠玉米的利用、近期氣候變遷變得更久的熱季，OSU 放牧的肉牛偶時面臨長期乾旱水源不足，造成牧草地不夠豐盛的狀況。Professor Coffey 認為氣候變遷將是產業未來發展的最大挑戰。



與 Dr. Adel Pezeshiki 合影。



與系主任 Professor Richard Coffey 合影。

四、訪見 Dr. Scott Carter (207 ANSI)

Dr. Carter 主要研究豬隻營養，透過營養調配以提升母豬生產性能，並減少餵飼量以降低廢棄物對環境之衝擊，應用螯合礦物質於種豬及仔豬飼糧以提高生產力。

- (一) 懷孕經產母豬含 0.50% 離胺酸的玉米大豆粕飼糧中添加 0.50% 噴霧乾燥豬血漿 (SDPP) (飼糧離胺酸 0.90% 和 3,414 kcal/kg ME) 可增加離乳仔豬頭數 (9.6 vs. 10.3)、存活率 (86 vs. 91%)、離乳時窩重 (64.5 vs. 70.3 kg) 以及每窩每頭仔豬重量 (2.20 vs. 2.47 kg)。雖然 SDPP 作為動物性蛋白質來源可顯著提升仔豬生產性能，但也回饋 Dr. Carter 應用 SDPP 時的風險，因 SDPP 來源為豬產品，臺灣基於防範特定疫病的風險 (例如非洲豬瘟)，

因此，禁止從非洲豬瘟疫區進口 SDPP。

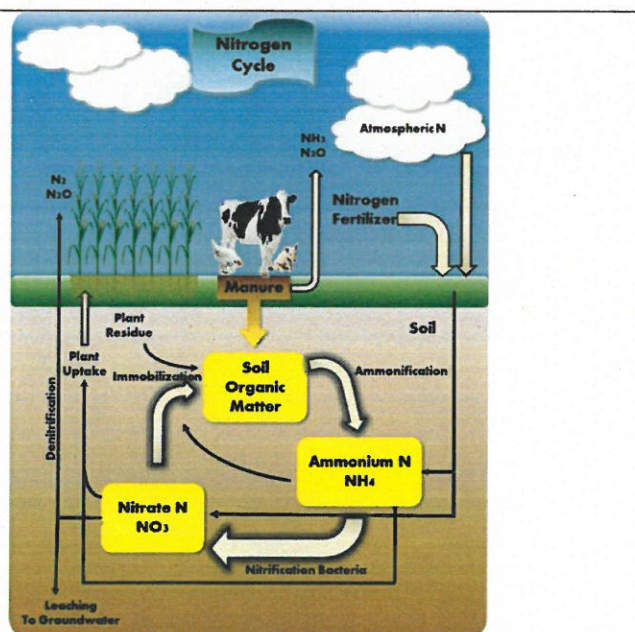
(二)減少與飼養相關的動物廢棄物對環境衝擊的技術，以達到最大生產力

由於動物需要正確數量和比例的特定營養，以最大限度地提高生產力。其中 N 和 P 常超出需求。將日糧中的營養成分與動物所需的營養成分相匹配，並透過酵素或使用高度易消化的飼料成分提高消化率，可以顯著減少排泄和潛在的環境影響。提高飼料效率的技術意味著減少單位產量的排泄量。豬和家禽使用非傳統飼料原料可能增加糞便產量和排泄量，因此亟需提高這些成分消化率的技術。現有的飼餵策略可以減少排泄，從而改善農場養分輸入和輸出之間的平衡。平衡動物生產力與營養輸出對於滿足未來幾十年對動物性蛋白質的需求至關重要。

Dr. Scott Carter 與 Dr. Pezeshiki 的研究及國內現正推動調降臺灣豬隻及雞隻飼料國家標準中粗蛋白含量的規範，顯示畜牧生產須考量營養分投入與產出之間的衡平性，以達到友善環境的生產模式。



與 Dr. Scott Carter 合影。



動物排出之氮與環境之關聯性，其衝擊包含地下水及空氣品質。

五、訪見 Professor Glenn Zhang's lab members (102 ANSI)

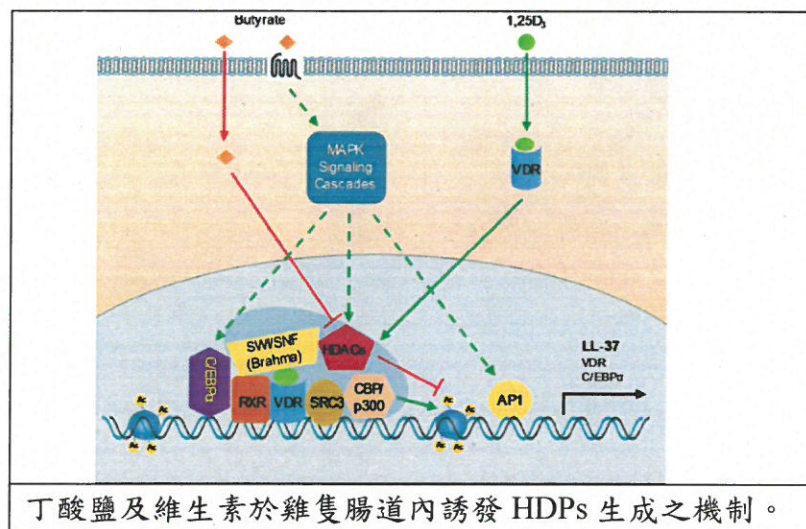
Professor Zhang 的研究室主要研究家禽飼料添加物之研發及應用，同時由腸道微生物篩選、鑑定與擴殖，獲得作為飼料添加物之潛在益生菌，並衍生為新型態飼料添加物。其研究室

設備新穎齊全，再透過動物試驗證明確效。在微生物基因定序結果分析方面則與該校電腦中心合作，藉由其超級電腦協助快速運算。此行除了參訪研究室設備，並與Professor Zhang研究室的碩、博士研究生座談，交換彼此研究主題與結果。

該研究室主要研究壞死性腸炎（NE）的防治，NE為家禽的一種主要腸道疾病，但有效的緩解策略仍然有待突破。而宿主防禦肽（HDP）也稱為抗菌肽，可引發強大的抗菌活性並調節免疫反應以防止感染，同時最大限度地減少動物發炎。因直接提供HDP之成本高，且缺乏體內功效，因此，如果能夠刺激內源性HDP自我合成的小分子化合物，可能會提供一種經濟有效的抗生素替代方法來預防及治療感染。分享內容有：

(一) 內源性宿主防禦肽合成的飼糧調節作為飼料抗生素的替代方法

傳統上，抗生素是以亞治療水準添加在動物飼料中，以促進生長和預防疾病。宿主防禦肽（HDP）是動物先天免疫系統的重要組成部分，具有直接抗菌和免疫調節活性。透過飼糧調節內源性宿主防禦肽的合成以達到疾病控制和預防，可為經濟有效的抗生素替代方法。丁酸鹽和維生素 D 是最有效的促進 HDP 合成添加物。此外，丁酸鹽和維生素 D 在增強 HDP 合成方面具相互協同作用。



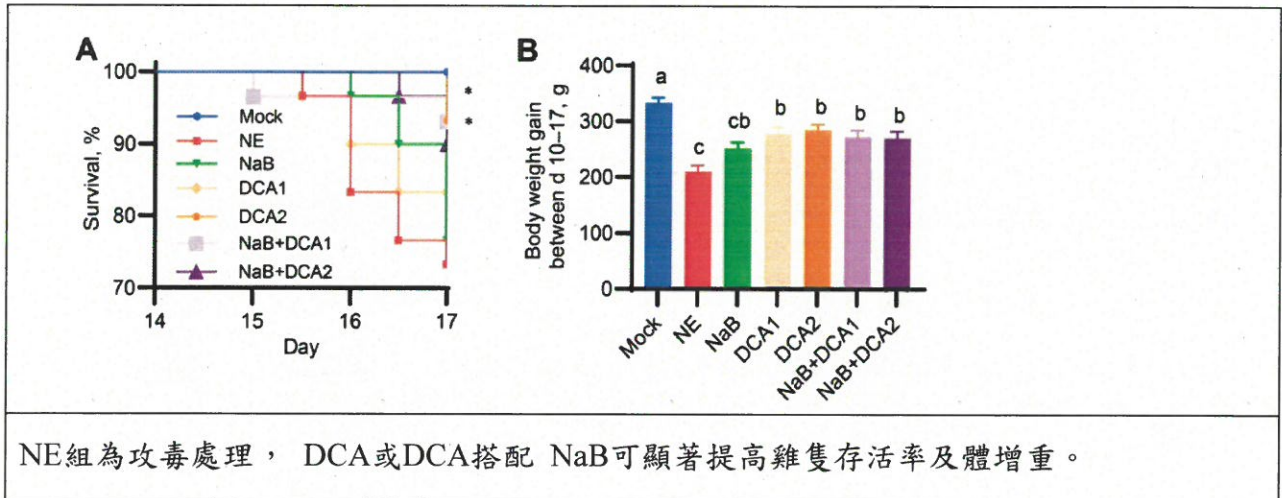
(二) 脫氧膽酸 (DCA) 與丁酸鹽 (NaB) 合併添加可誘導 HDP 和 claudin-1 表現並增強 NE 抗藥性，為具有成本效益的抗生素替代品

丁酸鹽是一種主要的代謝物。DCA 是由初級膽汁酸（如膽酸）透過特殊細菌代謝產生的次級膽汁酸。一旦產生，丁酸鹽和 DCA 就會對宿主發揮多種有益作用。丁酸鹽具抗發

75

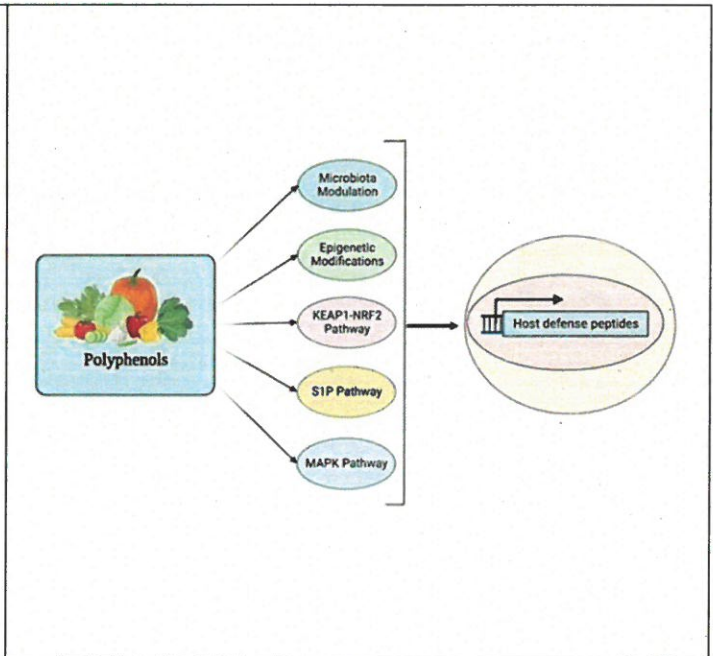
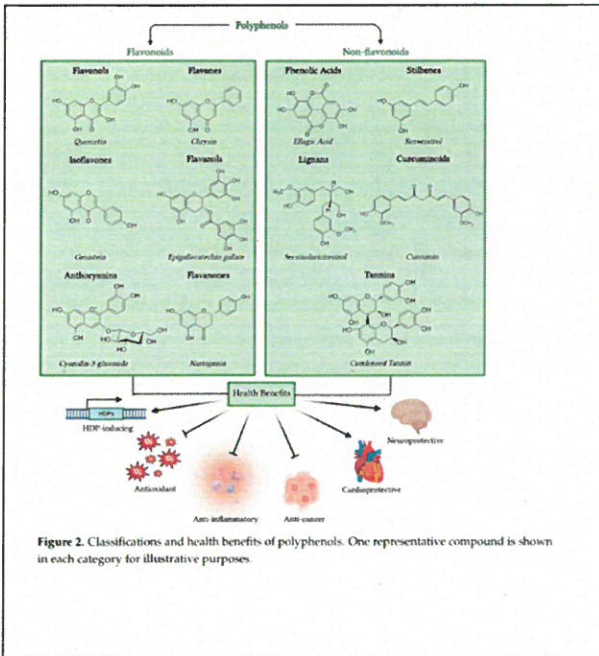
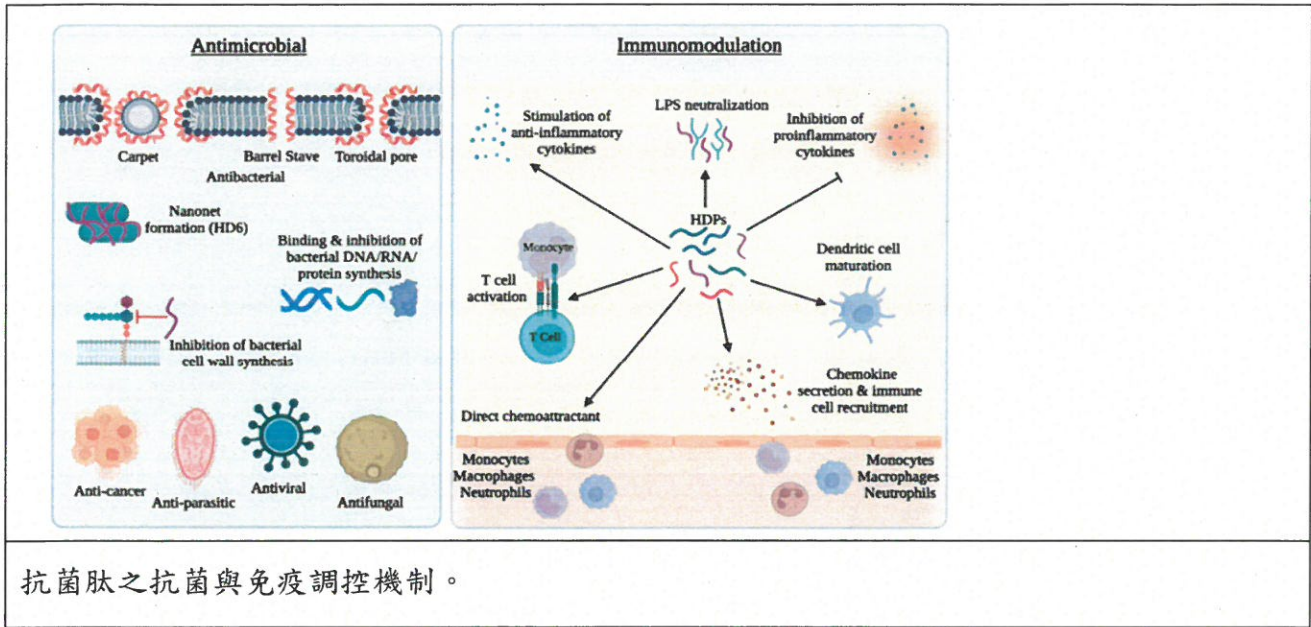
炎、屏障保護和免疫調節特性，而次級膽汁酸則具有抗菌和抗發炎活性。丁酸和膽汁酸也能夠透過誘導 HDP 的合成來增強宿主先天免疫。此外，丁酸和 DCA 已被證明可分別有效緩解雞隻的 NE。

當飼糧添加0.75 g/kg DCA和1 g/kg NaB可顯著提高雞隻存活率並減少腸道損傷。感染 NE的雞隻的盲腸微生物群顯示，產生短鏈脂肪酸細菌（如擬桿菌、糞桿菌和楔桿菌）顯著減少，其中乳酸桿菌成為最主要的菌種。DCA和NaB的組合在雞HD11細胞和空腸外質體中協同誘導多個HDP基因。此外，claudin-1（一種主要的緊密連接蛋白）基因也表現出對DCA和NaB的協同誘導作用。飼料中DCA與丁酸鹽可協同，增強HDP誘導和NE抵抗，表明這兩類主要腸道微生物群衍生的代謝物對宿主防禦具有協同作用。



(三)多酚對宿主防禦肽合成的調節

多酚已知為合成誘導HDP的多種化合物之一，為天然植物中的次級代謝物，其存在多個苯酚。除了抗氧化和抗發炎活性外，多種多酚已被證明可以刺激動物物種的HDP合成。天然多酚推薦作為控制和預防傳染病的潛在抗生素替代品。



多酚可誘導生成 HDPs 之路徑及方式。

(四) 丁酸鹽與毛喉素 (Forskolin, FSK) 合併使用可緩解壞死性腸炎、提高飼料效率並改善肉雞的酮體成分

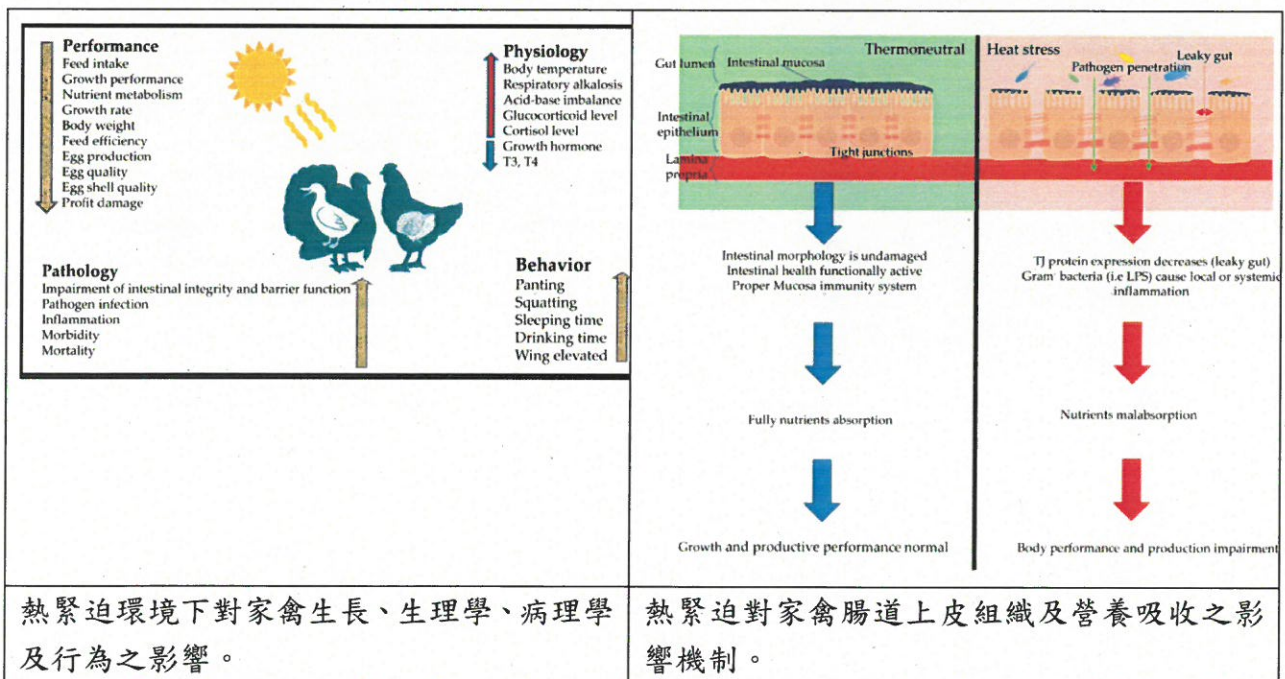
FSK 是印度植物毛喉錦紫蘇 (CF) 根中分離出的拉丹烷二萜，可刺激 HDP 合成。FSK 可促進脂肪分解和產熱、食慾調節和抗炎。丁酸鹽和毛喉素合併添加於飼糧中可顯著減少產氣菌膜梭菌所造成的雞隻腸道損傷，但會降低採食量，並可能影響飼料效率。另外上述兩者可減少

腹部脂肪沉積，且不影響雞屠體、胸肉色澤及滴水損失等。丁酸鹽和 FSK 有潛力被開發為新型抗生素替代品，以提高肉雞的抗病性。

(五)熱緊迫對家禽生長性能、腸道發炎和免疫功能的影响以及益生菌的潛在緩解作用

由於氣候變遷，地球每年熱季越來越長，熱緊迫對畜牧生產造成重大損失。熱緊迫不僅造成動物生理負擔，也會導致腸道型態受損、發炎，而影響營養分消化吸收，進而造成生長性能下降。因此，Professor Zhang 利用氣候室，針對熱逆境下從雞隻腸道篩選可耐熱環境之潛在益生菌，進一步作為飼料添加物，以改善熱環境下雞隻的生產。

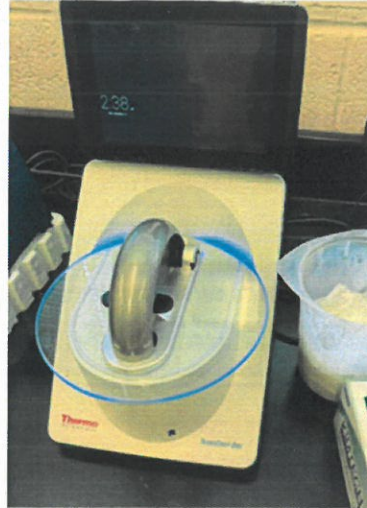
基於 Professor Zhang 的研究，此行也分享本所過去動物保健計畫益生菌、植生素及抗菌肽方面的研發經驗。大自然中的微生物的確是無窮的寶藏，值得投入研發。雖然目前 Professor Zhang 從雞隻腸道篩取益生菌，應用於同物種雞隻的飼養，但未來也不排除跨種應用，例如應用在同為單胃動物的豬隻。在植生素的開發中，Professor Zhang 認為研發單位須先以實驗室及先導型試驗確認標的植生素確效後，再推動原料端的生產比較能水到渠成。至於誘發抗菌肽產出方面，可透過不同技術產出，如果是以 GMO 方式，的確應考慮不同國家的法令要求。



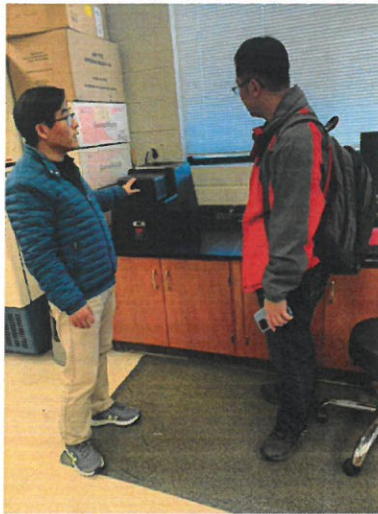
18



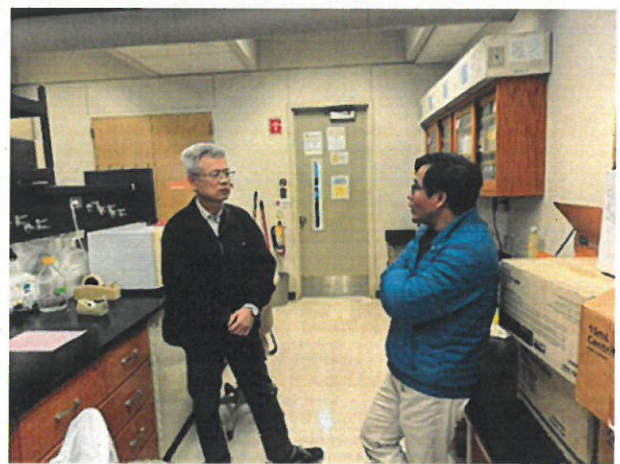
Professor Zhang 研究室一隅。



超微量分光光度計快速檢測微生物核酸濃度。



Professor Zhang 介紹儀器功能與操作。



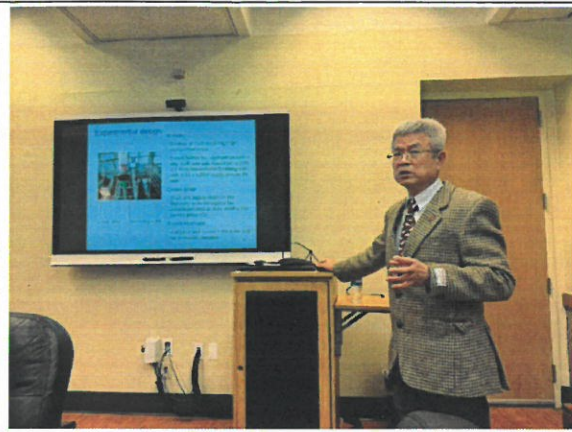
討論飼料添加物研發原則。

六、專題演講及簡介本所

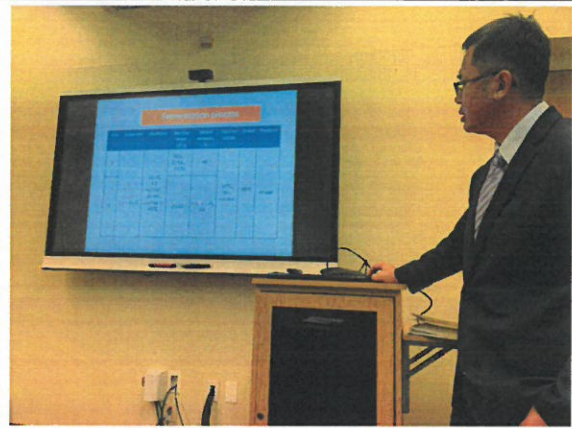
本次參訪除了與各別研究人員交流之外，另安排三場專題演講，由李恒夫副研究員介紹本所動物營養組研究人員的專業背景及研究領域概況與未來研究主軸（演講題目：Introduction of Animal Nutrition Research and Feed Analysis Center, Taiwan Livestock Research Institute, Ministry of Agriculture）；分享臺灣畜牧業現況以及應用母豬狹欄及其改進方式之研究成果（演講題目：Should we loosen more space for the lactating sows to move around）；聽眾對試驗動物畜試黑豬甚感興趣，也詢問臺灣養豬業種豬傳統狹欄的狀況。另由李宗育副研究員報告利用 *Bacillus amyloliquefaciens* 羽毛及大豆粕發酵產物如何改善白肉雞生長性能之研究（演講題目：*Bacillus amyloliquefaciens* CU33 fermented feather meal-soybean meal product improves the intestinal

19

morphology to promote the growth performance of broilers), 聽眾對試驗原料發酵的條件(時間、溫度)等詳加提問。雙方皆對後續合作與交流有更進一步的共識。



李恒夫副研究員介紹母豬使用狹欄及其改善方法之研發結果。



李宗育副研究員演講羽毛及大豆粕發酵產物於肉雞之應用。



演講會聽眾。



與 Professor Zhang 研究室成員於系館前合影。

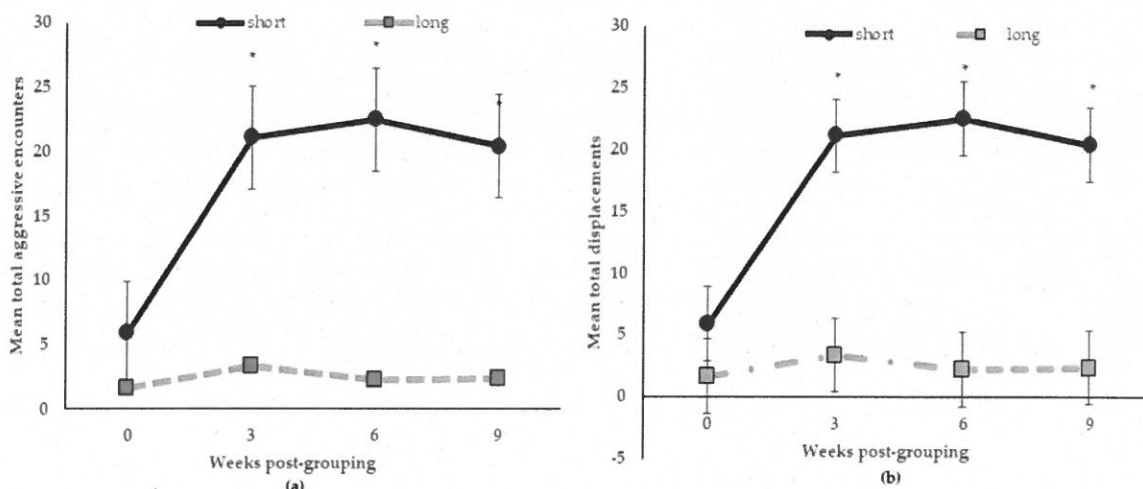
七、訪見 Dr. Janeen Johnson (207 ANSI)

Dr. Johnson為該系主要研究豬隻動物福利之專家，其研究主題於緊迫對豬隻之免疫反應，特別在支配豬隻 (dominant pigs) 及從屬豬隻 (subdominant pigs) 的反應差異，其結果可應用於豬隻混養時之管理；另一主題在於飼養空間對於懷孕母豬的影響，特別是對皮膚受損、腳蹄及體型分數的影響，以及運用光照的長短對豬隻行為及生長效益的影響。Dr. Johnson認為動物福利須考慮環境因素，並主張以群體動物的福利為考量，此觀點對於懷孕母豬群養時的管理對動物福利的影響具有正反兩方的觀察。

(一) 群養母豬會導致社會位序，故需有較大之欄位，如不足將影響從屬豬群的動物福利。

試驗採2×2複因子設計，主效應由短（58.4 厘米）或長（203.2 厘米）屏障製成的單獨圍欄（Short and Long）以及不同纖維長度的飼糧（MIDD-SY and DDGS-GM）。測試飼餵競爭以確定每組中排名最高（主導）和最低（從屬）的母豬。結果顯示，在圍欄效應方面，母豬混養後第3、6、9週，長圍欄顯著降低母豬之間的打鬥及取代行為（replacement）。在有長圍欄的欄位內的從屬豬與短圍欄內的從屬豬相比，長圍欄內的從屬者受到的攻擊減少了21%，無法穩定採食及躺下休息減少了73%。從屬豬受益於被安置在具有長屏障的豬欄內，長膳食纖維增加母豬採食行為，對其他行為類別組成的特徵有不同的影響。相較之下，圍欄較短的欄圈內的從屬者福利較差。

研究顯示，透過適當阻隔設施可提供從屬母豬順從的機會而降低混養後的打鬥行為，而懷孕母豬常採限食，具長纖維的飼糧可增加母採食行為及降低母豬空嚼行為（Sham-chewing）。因此，透過管理及營養調整有利於母豬福利。



在短欄中母豬爭鬥及爭食次數明顯高於長欄中母豬

Behavior, %	Diet ¹			Length ¹		
	MIDD-SY	DDGS-GM	p-Value	Short	Long	p-Value
Lying	11.1 ± 1.8	10.8 ± 1.7	0.73	11.4 ± 1.1 ^a	6.7 ± 1.1 ^b	0.0002
Sitting	2.4 ± 1.0 ^a	6.1 ± 1.0 ^b	0.01	3.3 ± 0.6	3.2 ± 0.6	0.39
Standing	34.4 ± 2.5	33.8 ± 2.6	0.80	32.4 ± 1.5 ^a	26.2 ± 1.5 ^b	0.0002
Eating	11.7 ± 1.4 ^a	7.3 ± 1.4 ^b	0.02	5.1 ± 0.8 ^d	11.1 ± 0.8 ^c	<0.0001
Drinking	3.7 ± 1.0	3.9 ± 1.0	0.92	4.2 ± 0.6	3.5 ± 0.7	0.70
Oral-nasal-facial	20.7 ± 2.5	20.7 ± 2.6	0.90	26.2 ± 1.5 ^b	30.5 ± 1.5 ^a	<0.0001
Sham-chewing	15.5 ± 2.1	17.7 ± 2.1	0.41	17.1 ± 1.2	18.7 ± 1.2	0.39
Walking	0.16 ± 0.3	0.00 ± 0.3	0.37	0.28 ± 0.2	0.26 ± 0.2	0.46

飼糧種類及豬欄面積對於群飼母豬行為之影響

(二) 社會位序對自由出入欄舍環境中乾母豬福利和空間利用的影響

具有主導位序的母豬會影響從屬母豬在豬舍中的行為和停留地點。試驗以配種後第 30 天，將 32 頭經產母豬以 4 頭為一組，分配到欄舍環境中。在懷孕第 30 天（混合前）和第 31 天（混合後 24 小時）採集血樣，然後在第 89 和 110 天再次採集；在懷孕 30、66、87 和 102 天時記錄母豬的行為。社會等級是根據攻擊性遭遇、打鬥勝負以及配種後 48 小時母豬之間的位移予以評估。在第 31 天（混合後），無論社會階級如何，白血球總數均下降，淋巴球數增加，但從屬者中的百分比變化比支配者更顯著。同樣的趨勢出現在從屬者中性粒細胞趨化性增加更多，但在支配者者中 ConA 誘導的淋巴細胞增殖增加更多，而在支配者者中 LPS 誘導的淋巴細胞增殖減少。母豬的行為受到社會等級和不同時段或懷孕期的影響，從屬者花更多時間採坐姿、飲水。支配者母豬在懷孕中期表現出更多的口鼻面部行為。社會位階也影響母豬在欄位或欄位區域花費的時間百分比。

研究顯示，社會位階對乾母豬自由出入欄環境中的生理和行為有不同的影響。在乾母豬採群養餵飼系統者，預先訓練母豬習慣餵飼站，可減緩社會位序影響母豬之採食。

(三) 懷孕期間將懷孕母豬飼養在迴轉欄（Turnaround Stall）內會影響其行為、免疫和健康

試驗母豬從懷孕第 6 天到第 110 天，母豬被隨機分配到迴轉欄（Turnaround Stall, TAS）或常規標準狹欄（STS）。在懷孕第 6、30、45、65、90 和 110 天記錄行為以及第 30 天和第 90 天測定免疫和皮質醇。測量飼養在 TAS 的母豬社會位階和母豬頭部方向（向前或向後）。在懷孕第 6 天和第 30 天，與 STS 中的母豬相比，TAS 中母豬的站立持續時間和口鼻面部行為更長。無論懷孕期如何，TAS 中的母豬都比 STS 中的母豬花費更多的站立和進食時間。TAS 母豬的血漿皮質醇和 B 細胞誘導的增殖指數和嗜中性球趨化性較高，而 STS 母豬的自然殺手細胞毒性和淋巴球較高。與 STS 組相比，TAS 組母豬的皮膚損傷評分更嚴重，背脂深度較小。此外，TAS 中的母豬在第 6 天和第 110 天有 70% 的時間面向前方。在社交方面，與從屬者的母豬相比，TAS 中占主導位序的母豬更具攻擊性，贏得更多的挑戰，更頻繁地推門，並且產仔數更多。

研究顯示，在懷孕期將母豬圈養在迴轉欄內會對行為和免疫功能在內的健康指標產生正面和負面的影響，而且母豬的社會位階可能會影響結果。母豬狹欄的應用一直面臨正反兩方的辯論，雖經多年研發，替代分娩期及哺乳期狹欄的替代方案仍未臻實用，後續研發種豬自由欄，特別是群養時，須考量母豬反應及群體福利。Dr. Jhonson 分享參觀歐洲養豬場的經驗，雖然母豬採群養，地面鋪設乾草墊料，然而也發現部分個體身體狀態（body condition）不盡理想，甚

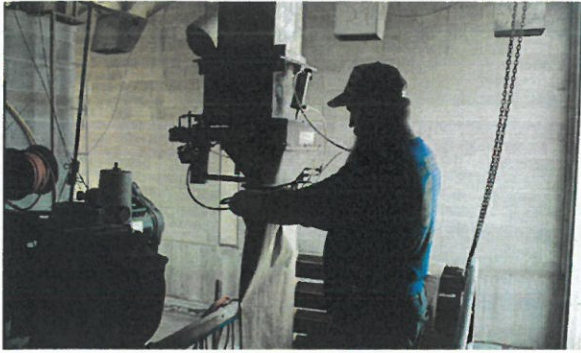
至有皮膚損傷狀況。Dr. Jhonson 推測與墊料是否勤於更換有關，換言之，現場管理的良壞攸關動物群體的福利，任何措施也要因地制宜，以乾草墊料為例，操作得當，可提供母豬群良好的豐富化資材，但是在部分國家－例如高溫多濕的臺灣，應用乾草當墊料，現行飼養及廢棄物處理系統仍須調整方能應用。



八、參訪飼料廠、動物研究中心及試驗牧場

(一) 飼料廠

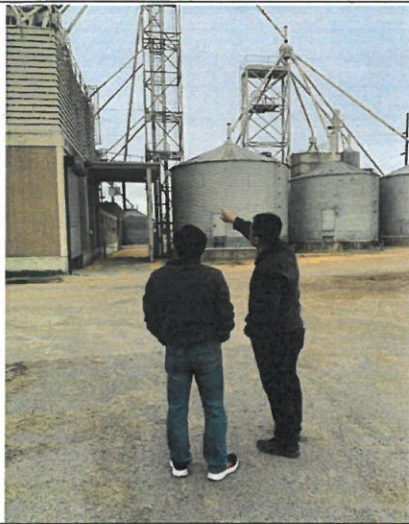
該系飼料廠建於1969年，僱用3名人力生產飼料，年產約2,270噸（500萬磅）飼料，主要供應試驗牧場動物及試驗研究動物所需，其角色與本所飼料廠類似。該廠歷史悠久，因此設備老舊，已規劃未來三年內整廠更新。雖然參訪飼料廠不是此次參訪中最重要行程，但飼料廠肩負供應動物糧食之外，也擔綱新型態飼料添加物應用於畜禽飼糧配製的重要角色。本所現行飼料廠更新落成後已運轉9年，李宗育副研究員身兼本所飼料廠廠長及職業安全委員，故渾身解數與美方人員交換飼料製造設備設置之經驗以及現場操作作業須留意之安全作業規範。



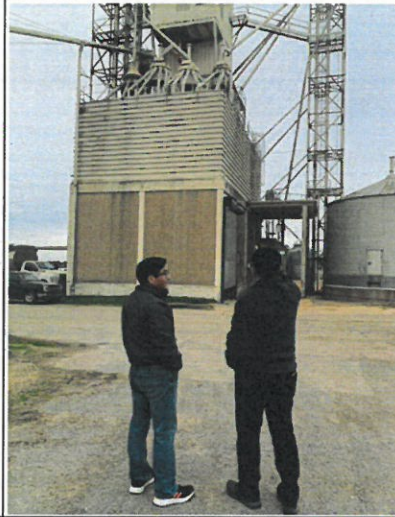
飼料廠內部操作成品裝袋作業。



微量物料儲存室一隅。



李宗育副研究員解說倉儲塔設計要點(1)。



李宗育副研究員解說倉儲塔設計要點(2)。



李宗育副研究員爬上高處檢視飼料車。



奧克拉荷馬州屬高地內陸型氣候，全年降雨量少，僅使用帆布覆蓋飼料貨車料槽。

(二) 動物研究中心

Ferguson 動物營養和生理學研究中心距離靜水校區約 10 公里路程，為 OSU 先進之動物研究設施，目前進行氣候變遷、生產效率和產業永續性等相關的動物試驗研究，這些動物研究中再細分為針對遺傳學、生長性能、營養再利用及動物福利之議題。

該動物試驗中心特色有：

- (1) 獨立欄和群飼欄可容納各種體型的家禽。
- (2) 可進行代謝試驗。
- (3) 具牛、羊及豬之手術室。
- (4) 可控制試驗區環境溫濕度。
- (5) 可進行魚類試驗。
- (6) 具 2 級生物安全條件之家禽隔離室。



動物研究中心外觀。



取樣之無菌操作室。



反芻動物試驗欄舍。



組合式白肉雞飼養欄。

26

(三)試驗牧場

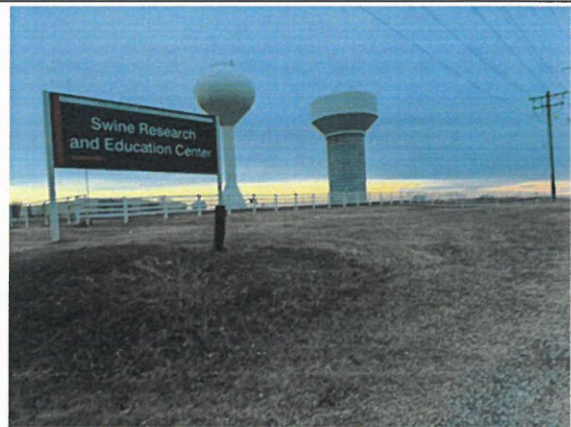
Bluestem 試驗牧場佔地 900 英畝 (360 公頃)，距離靜水校區約 20 分鐘路程，其包括約 100 公頃牧草地及 280 公頃的原生草地。Bluestem 試驗場的研究重點是牧場肉牛的营养和管理。目前正致力於研發整合提高放牧牛隻的精準管理技術，配合學校的研究計畫包括個別飼餵、牛群表現、飼料採食量和利用率、日糧品質、纖維降解、精確補充添加物和放牧系統研究。

乳牛中心 (Ferguson Family Dairy Center) 佔地約 300 英畝 (120 公頃) 牧場，飼養約 60 頭荷蘭乳牛和 40 頭紐澤西乳牛，牛群主要飼養於自由欄穀倉 (freestall barn)，牛欄鋪設沙床、機器人擠乳機、產房區和犢牛管理區。廢棄物管理系統採用彈出式沖洗系統，配有固體分離機和沙子沉澱通道，可將沙子回收。乳牛飼餵含有苜蓿乾草、全棉籽和精料 (包括玉米粒) 的全混合日糧。

豬隻研發及教育中心距離靜水校區僅約 3 公里，於 2004 年全場更新，是一個全新的全面密閉式豬舍，配備現代廢棄物和臭味管理技術，以及可用於豬隻試驗的密閉室內豬舍。該中心飼養優良的約克夏母豬和雜交母豬以及商業肉豬，用於教學及營養研究。可惜因防疫考量，無法進入試驗豬舍及牛舍內部參觀設施。



肉牛放牧場區一隅。



豬研究場及教育中心入口。



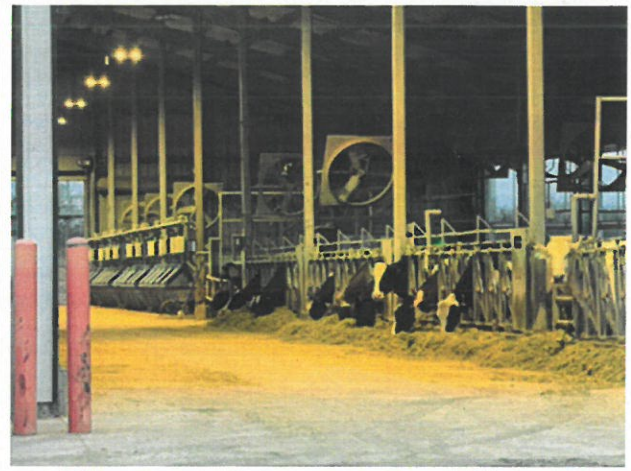
密閉式豬舍。



於試驗豬場入口合影。



乳牛場外觀。



乳牛場內部遠觀。

參、心得與建議

- 一、此次參訪除了學習新型生物性飼料添加物及生理與行為研究應用於動物福利外，亦學習 OSU 研究精神，研究人員於每次實驗後皆詳細記錄實驗過程，即便只是操作簡易步驟，讓我們瞭解，操作過程有任何問題或未見過的小狀況亦詳細記錄並進一步尋求原因，實驗過程充分展現細心與耐心。
- 二、在開發新技術同時，亦考量過程中所需處理之成本，為提高試驗準度及時效在動物試驗階段，儘量以較高規格畜禽舍、設備及飼糧進行餵飼，以避免增加過多不可控因素，導致試驗再現性失敗，如雞舍直接使用內循環通風換氣，避免外在環境因素干擾，會考量採用較貴及較安全飼料，以降低雞隻取樣後萃取藥品及篩菌之成本，相關菌群利用 16S rRNA 基因解序，因機臺及人員維護成本過高，均外送由廠商進行分析後，再由試驗室人員以 QIIME2 軟體比對腸道菌株分佈。本計畫後續將嘗試高產或高產蛋週齡蛋雞中腸道菌株進行篩選，並以分析數據資料進行線上討論，再應用此次所學之飼料添加發展技術應用於家禽產業，以提高國內產蛋雞及種雞使用年限，持續未來與美國技術交流與合作效益。
- 三、國際交流增廣研究視野，持續提升英文能力，加速知識獲取並降低溝通障礙，此次國際交流除了學習國外技術外，透過汲取國外學者的經驗分享，可以避免錯誤的研究方向，並較錯個人錯誤知識的稜角。