

出國報告（出國類別：研究）

赴美國研究環境條件對家畜生長效率之影響及改進方法

服務機關：行政院農業委員會畜產試驗所

姓名職稱：研究員 廖宗文

派赴國家：美國

出國期間：97年10月13日至10月24日

報告日期：97年12月

摘要

本計畫派遣本所研究人員於本（97）年10月13日至24日赴美國亞利桑那大學、密蘇里大學、農業部肉用動物研究中心及內布拉斯加大學等學術研究機構參訪環境研究各相關研究人員以及環境控制室等設施，訪問交流，擷取其研究成果，引用借鏡作為我國參考，並發展合作計畫。其心得為（一）、環境條件之影響，因各國環境特殊性而不同，各國需自行發展適宜地區性環境之研究計畫，解決本地區之所遭遇之問題。（二）、環控問題對畜禽之影響評估，涵蓋面有動物生理，畜舍設計，機械動力及熱力學研究，已非畜牧研究人員獨立能克竟其功，需結合農業工程人員共同進行設計建造。（三）、我國獨特之亞熱帶地區高溫高濕環境對畜禽生產效率之影響評估相關研究，確已引起溫帶地區研究專家之興趣，對發展雙邊合作計畫，表示強烈意願，隨著我國環控研究成果之累積，將可在世界上畜產環境科學領域佔一席之地。

目 次

摘要

	頁碼
目次-----	1
壹， 前言-----	2
貳， 目的-----	2
參， 行程-----	2
肆， 過程-----	3
伍， 心得-----	19
陸， 建議事項-----	19

壹· 前言

近期環控豬舍已廣被採用，在降低溫度方面有其效果，平均可將舍內溫度降低3-4°C左右，達到涼爽目標，但藉助於空氣穿透水簾板所造成的冷涼空氣，也同時富含水分，造成水簾舍內部濕度的上升，溫度加上濕度的相乘效果，某些水簾舍內，動物似乎未能受益於水簾降溫之益處，顯示這和水簾舍內的換氣速率有關係，環控豬舍之溫度、濕度、換氣諸環境因子的整體效應，確有探討之需，然數種因素同時探討，亦使終極效應趨向複雜，我國環控畜舍應用在畜禽之相關研究尚屬起步，有需要藉助於國外環控科學研究的經驗，作為借鏡，以減少嘗試摸索階段之耗時耗力。

貳· 目的

本計畫派遣本所研究人員赴美國參訪各大學及研究機構等之環境研究室各相關研究人員，訪談交流，擷取其研究成果，引用借鏡作為我國參考，並發展合作計畫。

參· 行程

97 年		起 訖 地 點	工 作 記 要
月	日		
10	13	本所-高雄小港—美國洛杉磯	啟程
10	14	亞利桑那州土桑	研究環控技術使用於肉牛生產
10	15	土桑	研究環控技術使用於肉牛生產， 舉辦研討會
10	16	土桑至密蘇里州哥倫比亞市	赴程
10	17	哥倫比亞	研究環控技術使用於豬隻生產， 舉辦研討會
10	18	哥倫比亞	訪視環控豬場以及替代性飼料之 使用研究

10	19	哥倫比亞至堪薩斯市	行程
10	20	堪薩斯市	拜訪美國農業部肉用動物研究中心 參觀環控豬舍及討論環境研究計畫
10	21	林肯市	參訪內州大學研討環控豬舍設計 以及拜訪內州養豬協會，參觀隧道 式通風豬舍
10	22	堪薩斯市-洛杉磯	返程
10	23	洛杉磯-台北	返程
10	24	台北-高雄-本所	返程

肆·過程

一、訪問 William Parker 農業研究中心—美國亞利桑納大學

(一) 美國亞利桑納大學 William Parker 農業研究中心，有佔地 55000 平方英尺的環控設施，研究半乾燥地區之氣候環境對於家畜之代謝，內泌素功能，以及基因表現之影響。研究範圍涵蓋功能性基因體學，代謝，營養需要量，生理學及分子生物學。設施包括大及小動物之手術房，動物環控室、微生物學及細胞培養試驗室。其環控室可模擬沙漠地帶之外部環境，包括溫度，濕度、陽光輻射以及模擬每日或每月之環境條件變化週期。每間環控室佔地 674 平方英尺，可容納六頭泌乳牛、羊、肉牛，可追蹤每頭動物之飼料攝食量，飲水量以及泌乳量，這間環控室之陽光輻射量約等於陽光輻射總量（包括紅外線及紫外線）之 99%，每平方

英尺之最大陽光熱能高達 1000 瓦特，美國西南地區之光照長度以及每日日夜溫度變化，皆可在此環控室中模擬，用來評估該地區環境因子對家畜基因表現，代謝和營養重分配之影響，以證明和動物對熱緊迫耐受性或敏感性有關之基因。

(二) 中心工作

1. 評估環境對家畜基因表現之影響。
2. 評估特定之環境因子對動物性能之影響—如太陽輻射，溫度，濕度和風速等。
3. 訓練新一代之科學家如何改善動物在惡劣環境下之生產能力。
4. 證明和動物對熱緊迫耐性有關之基因及改善策略。
5. 環境因子影響之遺傳變異率—評估遺傳選拔改進之機會。
6. 研究如何將熱之獲取減至最小及將熱之散發增至最大—研究調控皮膚及被毛之基因。
7. 改變動物對熱適應性之控制—研究調節持衡作用之基因。
8. 改善細胞對熱緊迫反應—調控熱休克反應之基因研究。

(三) Dr. R. Collier 研究領域：Dr. R. Collier 係一資深的牛隻環境及泌乳牛生理學專家，其目前經費有 3 個農業部競爭型計

畫，每個 US\$500,000。

研究重點如下：

- 1.重新評估溫濕度指標
- 2.牛乳腺上皮細胞熱休克反應所造成基因表現之改變
- 3.牛蒸發性失熱功能之調控
- 4.菸鹼酸在對抗熱緊迫之角色研究

二、訪問密蘇里大學哥倫比亞分校

(一) 和環境生理學教授 Dr. Don Spiers 交談

美國和台灣雙方，每年皆因環境熱緊迫，蒙受很大的農業經濟損失，這個問題可以涵蓋各種家畜禽、包括家禽，兔子，豬，乳牛和肉牛等，暴露在環境高溫是造成動物熱緊迫之主因，其他之重要因子是環境高濕度，要解決這個因子，對許多國家包括台灣來說，是頗具挑戰性的，台美雙方有著互補性獨特環境，以發展合作研究工作，此研究當急之務是減少動物生產上之損失，另一方面之意義是減輕全球暖化所加重動物生產之負面影響。

抒解熱緊迫之研究方法可朝多方面研究，然而，可專注在於三方面

1. 環境：是第一個研究部分，也是傳統上研究領域，這部

分藉助於新的科技，以及環境條件之改變，已獲得改善。環境條件之改變，以及其對動物之影響大小，端視運用準確及精確的量測技術，所遭遇的問題是，如何將此嶄新之量測結果帶給農民，並且教導他們如何使用這些資訊，網際網路是一項選項。第二個問題是，由於利用新科技每週可收集幾千個數據，如何篩選數據讓農民可運用以調整環境因子，減少熱緊迫之影響，是探討重點。對兩個國家而言，減少環境緊迫，是研究之重要領域。

2. 動物體熱之狀況：是第二個同等重要之研究領域，使用便宜且現場可使用之技術去持續地量測動物體溫，將是非常重要的，第一時間收集相關資料，探討資料分析之方法，以減少資料之數量，可應用於多種產業。這個領域之初始研究是，集中探討環境和動物體熱狀況之相關性，這個研究必須集中在各種動物身上（諸如乳牛，豬，家禽），由於每種動物面對熱緊迫時之生理學反應互異，此生理學反應之目的係減低熱緊迫對動物身體持衡作用之影響幅度，在短時間內維持身體生理學功能之恆定。
3. 生產能力：是第三個也是最具挑戰性，包括生長，發育，乳生產，產蛋等生產力。這些指標都會受到熱緊迫之影

響（例如環境高溫或高環境濕度），造成全球每年數十億美元之損失。有關生產能力之研究，不僅是檢視操控生產力之程序，同時也檢視環境以及動物體熱狀況之相關性，這部分之研究是證明生產力之回饋系統以及可快速地量測並加以數量化，這項目需要整合型之研究，包括基礎及應用性研究。

4. 可共同研究之部分

- (1) 有關動物受熱緊迫程度以及對生產力之影響，其表示指標需要改進，傳統上，這包括溫度及濕度，目前已建立溫濕度指標，可參考使用，然而幾乎所有的指標都是五十年前所建立，而且是針對遺傳組成迥異於今日之畜禽者，相同者，其預測之生產能力（如乳產量，瘦肉生產能力等）也不同。對新品種之家畜，需要有新的研究，此外，不同之品種，生產水準（即泌乳或是非泌乳動物）等。某些新的研究已經被設計來發展生理學緊迫指數（Physiological strain index），這個指數結合環境溫度以及動物受緊迫程度（諸如體中心溫度）。這個指數可作更準確的預測，且其預測能力更強，在過去，這是不容易做到的。現代由於科技進步，使這個指數之建立變為

可能。

(2) 特殊的研究—可進行三個基礎的領域研究，以減輕台灣地區動物之熱緊迫狀況

a. 動物處理：

(a) 飼糧成分—使用傳統之飼料添加物，以增加動物散熱量或減少熱負荷以減少因環境高溫所導致之體中心溫度之上升。如：

海草：已知可以短暫減低體中心溫度

氧化氮氣：可增加微血管舒張程度以增加身體散熱

b. 環境之改善：這是第二個傳統之方法，可以測試新的技術以增加動物之熱量發散（如夜間冷卻）和/或發展可以增加環境因子之測試設備，以建立溫濕度指標，讓生產者可以利用此經改進之策略以減輕熱緊迫。

c. 動物之改變：這個新的領域，集中研究如何透過新的方法以增加動物對熱的適應能力，亦即改善動物對熱緊迫的反應，或透過遺傳方法以增加動物對熱緊迫環境之適應能力。

(a) 適應性：使用新的日常飼養管理方式，諸如在動物年幼時暴露在高熱的環境下，可增加成長時生存在

高熱的環境下之生長性能。

- (b) 遺傳型/外表型改變：可由許多不同領域進行研究，其中之一是證實對熱緊迫敏感度之外表型或遺傳型指標，並使用這些指標去選種或育成新種，以增加動物對熱緊迫之抵抗能力。第二個以及更複雜之方法係改變動物之遺傳組成，以增加其對熱之耐性。

- (二) 拜訪美國密蘇里大學農工系主任 Dr. Joe Zulovich，討論為何蒸發性冷卻方法足以減低熱緊迫

蒸發性冷卻方法是用來減輕豬隻熱緊迫之一項作法，在豬舍內使用兩種蒸發性散熱方式，第一種是噴水使豬體濕潤，它是一種直接蒸發性冷卻方式，第二種形式，是使用冷卻板，是間接式蒸發性冷卻，由於它減低進入豬舍內空氣之溫度，產生冷卻效果。兩種冷卻方式都可有效地減低豬隻熱緊迫，可是必須適當地操作，以獲得抒解熱緊迫效果。

無論直接蒸發性冷卻方式或是間接蒸發性冷卻方式，都是利用水的蒸發以達到降溫目的。使水由液態變成氣態，需要吸收能量，水由一個物體之溫暖表面蒸發，將帶走熱量，使該物體獲得冷卻效果，這個程序叫做直接蒸發

性冷卻。而間接蒸發性冷卻是藉由將水分蒸發至空氣中，已達到減低空氣溫度之效果，在間接蒸發性冷卻，空氣中之能階是相同的，可是能量之儲存方式已改變，空氣中之能量是以可感的熱能量以及潛熱能方式組成，實際的空氣溫度是指可感的熱能量，而空氣中之水分含量是顯示潛熱能含量之多寡，間接冷卻是藉由將可感之熱能量轉換成潛熱能，藉由將水分蒸發至空氣中，可感熱能之減少造成空氣溫度之下降。然而，潛熱能含量增加，導致空氣中之水分含量增加。假如使用噴水，讓體表已經濕潤之豬隻轉為乾燥，可獲得直接之蒸發性冷卻，由於自豬體移除熱量以蒸發水分，因此由豬皮膚上水之蒸發，以冷卻豬隻，由豬體表，每蒸發 1 磅水會移除 1050 BTU 熱量，因此，如果由豬體表水分之蒸發作用能夠有效地進行，則將帶給豬隻可觀之冷卻效果，同時減低熱緊迫之影響。而為了使蒸發作用能夠有效地進行，因此通過豬體周圍之空氣流動，就很重要，而且豬舍之通風要良好，以移除這些被蒸發之水分。

間接式冷卻是藉由減低進入豬舍空氣之溫度，以達成冷卻目的，它在豬舍內使用蒸發性冷卻水簾板。當空氣被驅動通過濕的水簾板時，水分被蒸發至空氣中，引起溫度

降低，且使得空氣中水分增加。空氣中增加之水分最終會限制間接式冷卻之效果。測量空氣水分含量多寡之一個方法是測定空氣之相對濕度，相對濕度之定義是指在某一特定溫度之空氣中水分之飽和度，換句話說，相對濕度是量測某一特定溫度下，空氣中水分之飽和程度，在使用水簾板之間接式冷卻作法，空氣會降低溫度，直到相對濕度達到約 85%，離開水簾板之空氣溫度將會比進入之外界空氣溫度為低，而其相對濕度約 85%，由於空氣中之水分含量會限制間接式冷卻效率，因此最初進入水簾舍之空氣水分含量，將直接影響空氣溫度可減低之程度，當外界空氣濕度一開始就很濕（相對濕度大於 70%），藉由間接冷卻之空氣溫度減少的量，將十分有限（少於 5 至 10 °F），而當外界空氣相當乾燥（即相對濕度低於 55%），則藉由間接冷卻之空氣溫度減少的量，將十分可觀（至少 15 °F），當外界空氣之相對濕度介於 55 至 70% 時，使用間接冷卻之效果不錯，因為進入空氣溫度會降得很多。而真正可降低之溫度會因實際狀況而異。

如果處於潮濕地區（如台灣夏季），可能認為間接冷卻方法是無益處的，然而，依然是有益處的，在穩定天氣下，

外界濕度，如以露點作衡量，基本上整天是保持恆定的，而空氣溫度在日間是增加而在夜間下降，依定義，相對濕度在一整日中不會也不應該保持恆定的，當空氣溫度在日間增加時，相對濕度下降，即使空氣中之真實水含量保持恆定，因此，在一日中最熱的時段，外界之相對濕度會下降至 60%(下午時分)，這使得使用間接降溫(水簾冷卻板)來減少豬隻熱緊迫，變得有益處，假如您所在的位置其相對濕度都是很高時，使用直接式降溫(豬體噴水並使它乾燥)，也一樣可以減低豬隻熱緊迫。

表 1 提供不同體重或年齡之最終空氣溫度，幫助您瞭解是否已提供豬隻足夠之降溫，增加豬隻周圍之空氣流速，使得豬隻覺得舒適些。在豬隻周圍使用 90 ft/min 之風速，會將空氣溫度下降 10⁰F，增加空氣流速至 300 ft/min，使得空氣溫度下降 15-20⁰F，由於空氣移動所帶來之冷涼效果，當使用噴水後又增加空氣流速，不只使豬隻感覺舒服，並且確保在豬隻所在位置周圍有足夠之通風，以驅除由豬皮膚所蒸發出來之水氣，使豬隻覺得涼爽。

表 1.生長豬或大豬之最適溫度範圍

體重	最適溫 (°F)	溫度範圍 (°F)
出生	95	90-100
3 週齡	80	75-85
10-30 磅	80	75-85
30-50 磅	75	70-80
50-75 磅	65	60-70
75-180 磅	60	55-70
180 磅-成長	60	50-70

直接噴水冷卻方式之原則

- 1.使用足夠水讓豬體濕潤即可。
- 2.在下一次噴水前讓豬體上之水乾燥。
- 3.當空氣溫度高於 18/19°C 時，使用風扇隨時使空氣流經豬體。風扇裝置恆溫控制器。
- 4.使用 24 小時之時間控制器，使在夜間某些時段不要噴水。
 - (1) 5、6、7、8 月份，每日夜間關閉 2-4 小時，其他時間開著。
 - (2) 3、4、9、10 月份，每日夜間關閉 4-8 小時，其他時間開著。
 - (3) 11、12、1、2 月份，每日夜間關閉 12 小時，其他時間

開著。

5.當空氣溫度高於 21/23 °C，啟動噴水裝置以降溫。

三、拜訪美國農業部肉用動物研究中心之 Tami Brown-Brandl 博士

Tami Brown-Brandl 博士係肯塔基大學畢業，主要研究為環境條件對豬隻及肉牛熱產量之影響，在不同溫度及濕度對閹公豬生理影響研究發現如下：

(一) 閹公豬之熱產量 (heat production) 和其體重及外界溫度有關，當外界溫度升高時，由 16°C 至 32°C，其熱產量，蒸發性失熱，飼料攝食量以及呼吸商數，皆有變化，其中熱產量及飼料攝食量，隨著溫度升高而減低，蒸發性失熱隨著溫度升高而增加，呼吸商數則於熱中間溫度帶 (20°C -24°C) 稍高，而較高及較低溫度則無差異，熱產量於熱中間溫度帶 (20°C -24°C) 保持最低，而於較高及較低溫度時，則熱產量增加，則顯示閹公豬在溫度升高狀況下減少熱量產生以及增加呼吸道之蒸發作用以加速散熱，減少飼料攝食量以減少熱增值 (以維持之能量需求量之倍數作評估)，這些生理反應目的係在於減低熱緊迫之影響，以維持生理機能之正常。豬體熱產量在下午時分增加 (即光照切斷) 前，

而在晚間減低，當天亮後，則又逐漸增加，顯見豬體熱產量有日夜節律之變化，亦和其基礎新陳代謝率有關。

(二) 肉用動物中心之肉牛熱緊迫之研究發現，決定熱緊迫之指標當中最重要之指標，依據三個試驗發現，係以動物個體之呼吸速率是最佳緊迫指標。

表 2. 肉牛之熱緊迫指標 (下午三時)

	正常	警告	危險	緊急處理
呼吸次數，次/分	80	100	110	125
體中心溫度， ⁰ C	38.3	38.6	39	39.4
溫濕度指標 (THI)	<74	≥74	≥79	≥84

$$\text{溫濕度指數} = t_{db}^{\circ}\text{C} + (0.36 * t_{dp}^{\circ}\text{C}) + 41.2$$

採用 Eigenberg et al., 2005 之公式 (如下)。以預測動物之呼吸速率來預測緊迫程度

$$RR = 2.8 \times t_{db} + 2.4 \times t_{dp} - 1.5 \times v_w + 0.038 \times r_s - 52.8$$

發展一個預測熱緊迫之網站，使用 Eigenberg et al., 2005 之呼吸速率預測式以及使用國家氣象局之氣候預測資料，發展一個網站，可以隨時保持資料之更新，以預測未來五日之熱緊迫程度，生產者可以安排工作或是動物之運輸作業，以減低熱緊迫所造成

之損失。另探討減低熱緊迫之方法中，以架設蔭棚的功能主要在減少陽光輻射，其優點是：

1. 減少動物熱緊迫。
2. 改善極端環境下（極度高溫）之動物性能以及維護生命。

其缺點是：

1. 價昂。
2. 需要維護。

（1）架設蔭棚對肉牛生理學指標之影響

	正常		警告		危險		緊急處理	
	無蔭棚	有蔭棚	無蔭棚	有蔭棚	無蔭棚	有蔭棚	無蔭棚	有蔭棚
呼吸 次數	80	73	92	80	104	83	125	90
體中心 溫度, °C	38.1	37.7	38.5	38.2	38.8	38.4	39.3	38.5

（2）精準之動物管理

終極目標：發展一個工具供生產者使用，幫助農民在牧場及早識別高危險動物群，並且將高危險群動物，放置在蔭棚下，以免損失。

危險因子之評估：

1. 健康狀況：先前有經過呼吸性肺炎處理之牛隻，當溫度高於 25

°C 後，平均呼吸次數增加，健康度會影響每日增重等性能。

2.性情容易激動緊張之動物造成生產能力降低 (Burrow et al., 2003)，當溫度高於 25 °C，牛隻之性情指數高於 1.5 者（較暴躁），比性情指數低於 1.5 者（較溫馴），其呼吸速率高 3%。個性溫馴之牛隻，比個性容易激動之牛隻，其每日增重較大 (P=0.0251)。

3.深色皮膚：深色皮膚牛隻，在環境高溫下其呼吸速率較快。Charolais（白色）之呼吸速率比 Gelbvieh（褐色）低 10.3%，而比 Angus（深黑色）低 25.4%。

4.身體狀況或肥瘦度：氣溫高於 25°C，體況每升高一級（較肥胖者），平均增加呼吸速率約 10%。

結語：在熱季時，深色膚色、體況良好（較肥胖）、有肺炎病史並治療者、容易緊張激動者，受熱緊迫影響較大，因此當熱緊迫現象出現時，需特別考慮啟動冷卻降溫措施。

四、訪問內布拉斯加大學農工系教授 Dr. Rick Stowell.

談話內容主要針對近期使用之隧道式通風系統之降溫效率，傳統使用之一邊風扇抽風，另一邊裝設水簾板之設置豬舍，其距離不要超過 80 公尺。但縱然換氣能力足夠，亦不可避免遭遇抽風

扇端之空氣溫度濕度都已升高，後端飼養之動物，無法獲得冷涼降溫之益處，且有冷卻死角空間之出現，此時可建議將風扇設施裝設於豬舍一側面，而由另一側面進氣，如此縮短空氣流動之距離，可改善上述之缺點，另一選項是將風扇裝置於畜舍之中間段兩側，而將水簾板裝置於兩端，亦可獲改善。上述所提到之缺點係由於豬舍距離過長，因此，有冷卻效果不均勻，前冷後熱之現象，建議如果新建隧道式通風系統豬舍時，考慮多棟短距並排之佈置，即將每棟長度設定在 80 公尺長，26 公尺寬，兩棟並排，距離約 13 公尺，中間設置走道貫穿兩棟，將風扇設置在豬舍內側面，兩排風扇彼此相向，如此抽風距離縮短，避免冷卻效果不均勻，前冷後熱之現象，雖然新建豬舍造價較貴，但是冷卻效率較佳。此外實際參觀內布拉斯加州養豬協會理事主席 Mr.Terry O'Neel 之隧道式通風系統豬舍，由於該地區夏季之相對濕度較低（30-40%），因此風扇之啟動是以溫度高低控制，隨著溫度升高，其啟動之變頻風扇數目增加，且是側邊抽風裝置，效果良好，豬舍邊牆之下半部外側，堆置木屑之生物濾床，以吸收豬舍抽出空氣之臭味，達到潔淨之效果。

五、舉辦學術討會

出國人員於美國亞利桑那大學及密蘇里大學，分別舉辦學術

研討會，發表題目為「Application of water pad cooling in Taiwan for reduction of heat stress」，此演講主題介紹本所在水簾式泌乳牛舍及母豬舍的研究成果，引起與會研究人員之興趣，討論，對我國畜禽環控研究有進一步之認識瞭解，建議加強環控室之溫濕度條件之控制面版，以模擬實際日夜溫濕度變化，並添購動物生理反應值（parameter）測定裝置，以求週延。

伍·心得

- 一、環境條件之影響，因各國環境特殊性而不同，各國需自行發展適宜地區性環境之研究計畫，解決本地區所遭遇之問題。
- 二、環控問題對畜禽之影響評估，涵蓋面有動物生理，畜舍設計，熱力學研究等，已非畜牧研究人員獨立能克竟其功，需結合農業工程人員共同進行設計建造。
- 三、我國獨特之亞熱帶地區高溫高濕環境對畜禽生產效率之影響評估，確已引起溫帶地區研究專家之興趣，對發展雙邊合作計畫，已表示強烈意願，隨著研究成果之累積，我國將可在世界上環境科學領域佔一席之地。

陸·建議事項

- 一、我國亞熱帶地區環控研究已引起國外研究人員之興趣，加強

跨國之學術交流，確可收彼此研究成果及心得交換之效果，瞭解彼此之問題所在，並研討可能之研究主題，解決我國本地之問題，以及加強國際學術交流。

二、本所環控設施之建造，係由公共工程經費支持，其中尚有需加強之項目，諸如日夜溫濕度之控制模式，動物生理反應之測試設備，皆須再加強，以齊備研究設施。

三、環控科學之研究，固然可瞭解環境條件影響畜禽之基本原理，並因此研發相關應用之畜舍，然而近期地球暖化現象逐漸明顯，且能源之供應日漸緊迫，因而除了環控畜舍之開發研究外，傳統之畜舍降溫設施研究，亦應持續進行，諸如畜舍屋頂之高度，材質，風扇配合噴水之應用以降溫，豬舍通風乾燥之保持，以及飼料營養之研究，皆須進行。