

出國報告（出國類別：研習）

## 紓解乳牛及豬之夏季熱緊迫

服務機關：行政院農業委員會畜產試驗所

姓名職稱：蕭宗法 研究員、李恒夫 助理研究員

派赴國家：美國

出國期間：97年11月8日至97年11月22日

報告日期：98年1月22日

## 摘要

臺灣地處亞熱帶，每年五月到十月為炎熱潮濕的氣候，造成畜禽的熱緊迫現象，嚴重影響動物健康及生產性能。過去紓解熱緊迫大都從畜舍設計以及降溫設備著手，近年來引進的水簾式畜舍則為新型紓解熱緊迫畜舍，利用環境控制之密閉畜舍飼養畜禽，提供涼爽的畜舍環境，可減緩熱緊迫的負面影響。為了加速改善熱緊迫的負面影響，縮短研究期程，以加速發揮紓解熱緊迫最佳效果。因此本研習派遣畜產試驗所蕭宗法副研究員及李恒夫助理研究員，赴美國佛羅里達州及加州實地參訪相關機構及畜牧場，探討其紓解夏季熱緊迫之實際應用情形，以作為調整台灣夏季紓解熱緊迫的飼養管理參考。在研習行程中，先赴佛羅里達州立大學與動物科學系(Department of Animal Science)多位教授討論熱緊迫的原因及各種紓解夏季熱緊迫之方法，包括畜舍設計及營養調配等；並實際參訪該校實驗乳牛場(Dairy Research Unit)及豬場(Swine Research Unit)。透過佛羅里達大學安排，參訪了 North Florida Holstein、Shenandoah Dairy 及 Larson #3 Dairy Farm 等三家商業牧場，訪視商業牧場實際紓解夏季熱緊迫的作法。之後轉往加州，拜訪加州州立大學之郡乳業指導員 Carol 小姐討論乳業問題，並拜訪該校獸醫系推廣中心；另透過環球精液公司(World Wide Sires)協助，參訪 J. D. Heiskell Feed Mill 公司，討論飼料資源及調配相關問題以及參訪 Airoso Dairy 牧場，並與乳牛顧問 Jeff Kearnan 討論乳業問題。藉此次參訪，了解美國牧場利用熱傳播原理運用「水」、「風扇」及「蔭棚」作為紓解熱緊迫的基本功，同時針對其自然環境氣候特性及自有天然資源的特性，善用其本身的優勢發展紓解夏季熱緊迫的畜舍設計，以改善整體生產效率。這種「因地制宜」的彈性務實作法，值得台灣重新省思運用現有資材並設計適合台灣環境的畜舍。

## 目 次

	頁次
壹、目的	3
貳、行程	4
參、心得	8
肆、結論	18
伍、建議事項	18

## 「赴美研習紓解乳牛及豬之夏季熱緊迫」出國報告




### 壹、目的

臺灣地處亞熱帶，每年五月到十月為炎熱潮濕的氣候，造成畜禽的熱緊迫現象，嚴重影響動物健康及生產性能。例如熱緊迫降低荷蘭乳牛隻採食量，其降幅可高達 25%，泌乳量明顯下降，伴隨瘤胃液過酸、泌乳、與繁殖生理的問題，損害牛隻健康，縮短使用年限。母豬於懷孕 30 日內之早期胚胎死亡及懷孕末期(102~114 日)胚胎死亡，熱緊迫亦為重大因素之一。酷熱使哺乳母豬食慾下降，無法彌補產乳能量耗損，造成體重過度流失，導致延遲發情。公豬受熱緊迫會造成產精性能下降，精子濃度、活力顯著下降。除了傳統的風扇、滴水、噴霧等降溫措施外，我國近年來引進水簾式畜舍以紓解動物熱緊迫，利用環境控制之密閉畜舍飼養畜禽，不僅可減緩熱緊迫的負面影響，更能阻絕惡性重大傳染病(如高病原性禽流感)的風險，是一種生產衛生安全畜禽產品之生產模式。然而台灣引進水簾式畜舍飼養，在各動物間之效果不一。本研習之目的為研習紓解乳牛及豬之夏季熱緊迫，派員赴美國參訪佛羅里達及加州兩地學術機構進行研討，在研習行程中，先赴佛羅里達州立大學與 Hansen、Bray、Dahl、Bucklin、Brendemuhl、Staples、Santos 及 Adesogan 等教授討論各種紓解夏季熱緊迫之方法，包括畜舍設計及營養調配等；並實際參訪佛羅里達州立大學實驗乳牛場(Dairy Research Unit)及豬場(Swine Research Unit)以及 North Florida Holstein、Shenandoah Dairy 及 Larson #3 Dairy Farmn 三家商業牧場，實際了解商業牧場紓解夏季熱緊迫的實際作法。之後轉往加州，拜訪加州州立大學之郡乳業指導員 Carol 小姐討論乳業問題，並拜訪該校獸醫系推廣中心；另參訪了 J. D. Heiskell Feed Mill 公司，討論飼料資源及調配相關問題以及參訪 Airoso Dairy 牧場，並與乳牛顧問 Jeff Kearnan 討論乳業問題。冀望藉由實地參訪，學習美國紓解夏季熱緊迫之實際應用情形，作為調整台灣畜舍設計參考，加速改善台灣熱緊迫的負面影響。

## 貳、 行程

為研習紓解乳牛及豬之夏季熱緊迫，赴美國參訪佛羅里達及加州兩地學術機構進行研討，並實地參訪商業牧場以了解其實際操作情形。出國行程為期 15 天(11 月 8 日至 11 月 22 日)，詳細行程如下。

日期	研習機構	研習內容
11/08		啟程赴美國
11/10	佛羅里達大學乳牛研究場 (Dairy Research Unit, DRU)	抵達佛羅里達大學，由 Hansen 教授接待參訪該大學乳牛研究場(Dairy Research Unit)與 UFLDRU 人工氣候室；   參與 Seminar，拜訪 Bray 教授及 Dahl 教授。
11/11	整理資料與規劃研習內容	該日為美國國定假日，整理 Hansen 教授提

		供之資料及研讀熱緊迫文獻。
11/12	佛羅里達京斯維爾	<p>拜訪 Bucklin 教授並參訪 North Florida Holstein 及 Shenandoah Dairy 兩牧場。</p>  
11/13	佛羅里達京斯維爾 - Okeechobee	<p>拜訪 Brendemuhl 教授並參訪佛羅里達大學養豬研究場(Swine Research Unit)。</p>  <p>拜訪佛羅里達大學動物科學系(Department of Animal Science)；拜訪 Staples 教授、</p>

		<p>Santos 助理教授及 Adesogan 教授。</p> 
11/14	<p>佛羅里達 Okeechobee 參訪 Larson #3 Dairy Farm -邁阿密</p>	<p>參訪 Larson #3 Dairy Farm。</p> 
11/15	邁阿密-加州洛杉磯	由美東佛羅里達州轉移參訪美西加州。
11/16	加州洛杉磯	整理研習資料。
11/17	加州洛杉磯-維莎利亞	與 Miss Melisa Augusto 確認參訪細節。
11/18	加州維莎利亞	<p>參訪 J. D. Heiskell Feed Mill，</p>  <p>並與 Pat Mckenna 討論飼料資源與調配。</p>

11/19	加州維莎利亞	<p>參訪 Airoso Dairy</p>  <p>與環球精液公司 WWS 乳牛顧問 Jeff Kearnan 討論乳業問題。</p> 
11/20	加州維莎利亞-洛杉磯	<p>拜訪郡乳業指導員 Miss Carol Collar 討論乳業問題，並拜訪 UC-Davis 獸醫系推廣中心。</p> 



		
11/21	加州洛杉磯-桃園	返程
11/22	加州洛杉磯-桃園	抵台

### 參、心得

本研習主要研習熱緊迫產生的原因以及各種紓解熱緊迫的可行方法，整理如下：

#### 一、熱緊迫

不同動物有不同的最適溫帶(optimal temperature zone)，家畜處於最適溫帶將有最大生產效能，當環境溫度低於家畜適溫帶的低溫(即 lower critical temperature)，家畜將耗能以禦寒而影響生產；相反的，當環境溫度超出家畜適溫帶的高溫(即 upper critical temperature)，家畜即面臨熱緊迫的風險。尤其當家畜自己產生的熱，加上環境因素，例如溫度、濕度、空氣流動以及太陽輻射熱等熱負載超過家畜熱散失的量就會產生熱緊迫。

#### 二、動物生理

在正常環境狀況下，乳牛及豬和一般哺乳動物一樣具有調節體溫的功能，家畜的熱源有來自體外及體內代謝者。熱的傳播方式有三，即傳導、對流和輻射。太陽光藉由熱的輻射將熱能傳播至地球，再透過大氣層中空氣與水的作用，產生傳導及對流，使地球具有溫度變化，促成植物生長，提供動物熱源。家畜等哺乳動物屬恆溫動物，其熱的平衡為一種動態平衡，當家畜面臨環境溫度時，藉由蒸

發、對流、傳導和輻射以調節體溫(圖 1)。

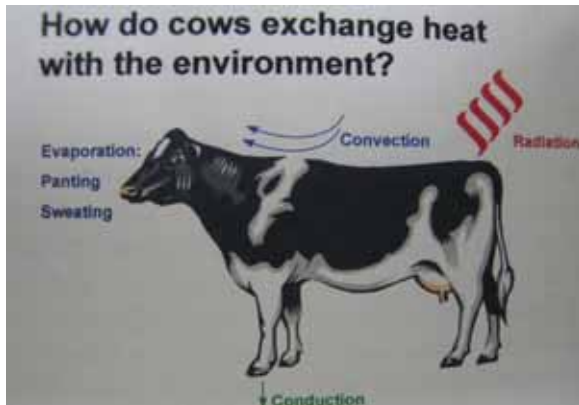


圖 1. 動物與環境之間熱的交換。

### (一) 蒸發

家畜的蒸發作用包含流汗和喘息。液態水變成水蒸氣的過程即蒸發，蒸發是有效的冷卻方法，因為水的汽化熱值高，達 540 cal/g，當其蒸發時須吸收大量的熱。據估計，達到地球表面的太陽能，約有三分之一由各水體所吸收而引起蒸發。乳牛也是靠皮膚上汗水的蒸發，來排除代謝所產生多餘的熱以保持體溫。當皮膚上的汗水蒸發時，同時也降低皮膚的溫度。乳牛和豬隻的汗腺並不發達，在外觀上看不出類似人類出現汗珠的情況。

喘息是短促的呼吸，能幫助家畜呼吸道空氣流經量達到最大化，此種持續性的水氣蒸發作用能幫助家畜降溫。一般而言，乳牛有喘息現象代表牛隻正面臨熱緊迫。

### (二) 對流

對流為藉由空氣流動而交換熱。此種方式只有當空氣的溫度低於家畜體表溫度時，對流作用才能產生效果；風速愈快，對流效果愈好，風冷效應(wind chill)即是例子之一。不過，對流作用並不被考慮作為冷卻家畜主要的自然方法。

### (三) 傳導

傳導為藉由兩物體表面的接觸使熱由高處傳至低處的。家畜如果躺臥在較冷

的表面或者身體表面浸潤比體溫更冷的水分，傳導才有作用。家畜身體表面噴灑水能顯著地提高傳導作用的效果。不過有時候，使用水會使現場管理變得較不理想(例如廢水處理)，對管理動物而言，也變成更具挑戰性(例如乳牛乳房炎問題)。

#### (四) 輻射

輻射作用指太陽輻射能傳遞至地球的現象。輻射熱會造成動物熱負載，當家畜直接曝曬於陽光下，輻射熱會急遽地對家畜「加熱」，挑戰其他冷卻家畜的方法。利用蔭棚以降低太陽光的曝曬為減少輻射能負面效應的最有效方法。

#### (五) 其它

除了上述四種基本作用外，家畜也會利用其它方法降低熱負載，當家畜受到熱緊迫時，會降低採食量以降低代謝產生的熱增值、降低乳產量、增加飲水量、增加血流量至皮膚，降低血流至深層臟器以及降低活動力等都是有效的方法。

### 三、紓解熱緊迫的管理技術

透過家畜調節體溫的機制，我們可以應用此機制管理以紓解家畜熱緊迫。

#### (一) 水

水是動物最關鍵的資源之一。牛隻受到熱緊迫時，首先靠水分的蒸發，來排除代謝所產生多餘的熱，以保持體溫，身體水分的喪失會增加 58%，經由流汗增加 176%，經由呼吸增加 54%，可見牛隻需要的水量有多龐大！在嚴重熱緊迫下，乳牛的飲水量可增加至 50%，因此必須增加牛隻飲水槽及乾淨飲水，每欄至少要有三具以上的飲水槽。牛隻從擠乳房回到欄舍後必須馬上有飲水供應。在不增加太多成本下，利用塑膠管，切除塑膠管上方三分之一，塑膠管兩端封住，再加上浮球控制就是一種簡便的方法可以提供良好的飲水來源(圖 2)。

除了動物維持生命所需外，水也是重要的紓解熱緊迫因子之一，相關作用於後敘述。

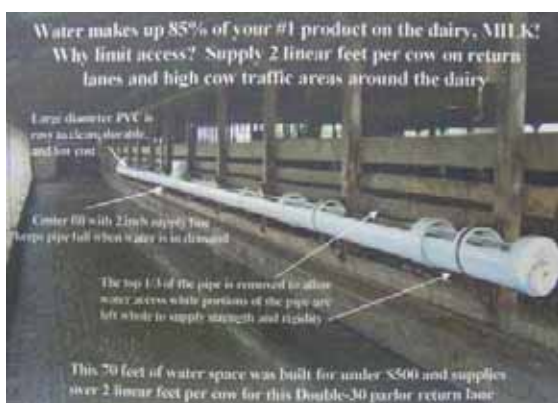


圖 2. 低成本簡易飲水器。

## (二) 風扇

風可以帶走動物體表溫度，正確地裝設風扇將是降低牛隻溫度的一種簡便方法。風扇位置、風速以及牛隻先濕潤是風扇系統成功的三大關鍵。風扇也可以裝設在待擠乳區或沿著採食區或在擠乳房或走道以及自由進出欄(free stall)和夾欄區(圖 3)或蔭棚(圖 4)。如果空氣溫度超過體溫，單獨使用風扇的效果有限，如果在動物體表面有水分，流動的暖風才能提升蒸發的冷卻效果。

待擠乳區是第一個須考慮裝設風扇的地區(圖 5)，因為牛隻擁擠在一區域內，經過一段時間後，牛隻的熱產生會變成很嚴重而無法很快地散熱。建議從擠乳室往外的方向每 30 至 40 呎裝設一具俯角 30 度的風扇。



圖 3. 自由進出欄裝設風扇。



圖 4. 蔭棚處加設風扇。

在採食區上方裝設風扇是另一個考慮的方案。裝設時須考慮風扇的數量及產生的風速，常用方法為每 30 呎裝設一具俯角 30 度的 36 英吋風扇，如果是 48 英吋的風扇，則每 40 呎裝設一具。理想狀況下，應搭配使用灑水噴濕系統(soaker system)。以提昇降溫效率。圖 6 顯示加壓噴嘴頭(sprinkler nozzles)間歇性噴濕牛隻。



圖 5. 待擠乳區裝設風扇。



圖 6. 灑水噴濕系統噴濕牛。

在自由進出欄頸夾區或牛床區(bedder pack)也可以裝設相似的風扇，如果風扇數量有限，裝設位置就會有不同選擇。有些人選擇裝在採食區，當牛隻採食時可降低牛隻體溫而提高乾物質採食量(尤其熱緊迫時，採食量嚴重受到影響)，而且不會使欄舍變濕。有些人則喜歡裝設在欄舍區，因為牛隻大約花 70% 時間停留在欄舍區。最理想的方式是兩區域都裝設風扇。

隧道式通風系統(圖 7)是一種利用風扇紓解熱緊迫。隧道式通風系統的設計類似台灣所使用的水簾式畜舍，就是利用畜舍一端的風扇的拉力，使空氣從畜舍另一端移動，經由整個畜舍從風扇出口處排出，造成一種隧道效應。然而，台灣的水簾式畜舍為密閉畜舍，風扇的另一端為水簾片組；因區域環境的差異，佛羅里達 North Florida Holstein 牧場所使用的隧道式通風系統並未使用水簾片組，也就是風扇的另一端為開放式，畜舍兩側以帆布遮蓋，而加州 Airosa Dairy 牧場畜舍兩側則採開放式。

典型的隧道式通風系統的風速應該達到 220 fpm (5 mph)。使用者需注意當「隧道內」空氣被移動越多，從畜舍內以及動物身上所帶走的水分及熱就越多，因而使隧道內更遠的地方效果愈差，因此畜舍內部長寬大小需經過精密計算。



圖 7. North Florida Holstein 牧場所使用的隧道式通風系統。此系統須精密計算才能發揮最佳效能。

North Florida Holstein 牧場牛舍一棟可飼養 900 頭牛，畜舍長度約 250 公尺，寬度約 35 公尺，內部地板離天花板約 3.3 公尺，以中央走道為界，風扇端左右各有 27 具 52 英吋風扇，畜舍側邊近風扇端左右各有 3 具風扇，合計共 60 具風扇。搭配採食區上方的噴霧系統，強大的風力將畜舍內的熱氣帶走。

### (三) 噴水器(Sprinklers)、灑水淋浴器(Soakers)、噴霧器(Misters)及高壓噴霧器(Foggers)

噴水器(Sprinklers) 以及灑水淋浴器(Soakers)是一種用來濕潤牛隻、降低牛隻體溫，且非常低成本的方法，只需要很低的初期成本、很容易裝設及操作，同時維護成本很低。大部份的灑水淋浴器(Soakers)連結風扇合併使用，在溫度超過華氏 78 度時啟動風扇運轉，為防止在牛舍內形成高濕，噴霧時應採間歇方式，接著風扇以每 10 至 15 分鐘為一週期運轉 2 至 5 分鐘，休息 2 至 5 分鐘。

灑水系統的限制為水的可利用性，事實上灑水會增加濕度，有賴空氣的流動產生灑水及蒸發冷卻作用。

如果水分沒有完整地灑在牛隻皮膚上，水珠會懸掛在毛髮上而造成熱負載，有時候噴霧器(Misters)及高壓噴霧器(Foggers)操作不良會變成嚴重問題，飼養者應避免此種狀況，否則會產生熱緊迫。

滴水系統是用來濕潤牛隻，但噴霧器(Misters)及高壓噴霧器(Foggers)則用來濕潤空氣，並且在不必要濕潤牛隻及其所在附近區域的狀況下有效地冷卻空氣。水分

從噴霧器(Misters)及高壓噴霧器(Foggers)噴嘴出來時，水滴將變得很小，而很容易在空氣中蒸發。和灑水系統相比，其好處為用水量較少，不會使牛隻及其周圍區域濕潤；缺點是必須花費較多的維護，需要較多的初期投資，同時需要較精密的濾水系統才能正常操作運轉。當濕度增加時，噴霧器(Misters)及高壓噴霧器(Foggers)的效果不佳，因此在極端乾熱的地方才考慮使用此系統。



圖 8. 使用簡易蓮蓬頭噴灑通過的牛隻以降溫。

另一種改良方法為在擠乳室的外頭，牛隻要回去牛舍的通道上裝上灑水淋浴系統，當牛隻通過時就能以噴水器或蓮蓬頭的水噴灑牛隻。噴灑的動作可利用簡單的感應器感應通過的牛隻而啟動(圖 8)。

#### (四) 蔭棚

太陽光提供溫暖的熱源，同樣的也是造成熱緊迫的根本來源。太陽光藉由輻射作用傳遞熱至地球時，同時抵達動物體，正常生理狀況下，恆溫動物會自我調節體溫，一旦熱負荷超出動物的調節，就會產生熱緊迫現象。阻隔太陽光熱源的傳遞即為第一步驟，因此，蔭棚可以說是紓解熱緊迫的最基本設施。由於太陽輻射熱可顯著地增加牛隻熱負載，有無蔭棚設施，牛隻體表的溫度差距可達華氏 40 度之多，因此飼養者應提供人工的或天然的遮蔭物使動物能躲避太陽的輻射熱(圖 9；圖 10)，在牧草地可使用活動式人工蔭棚，並且在欄與欄之間輪流使用。



圖 9. 運動場上的蔭棚(左), 牛隻位置未受到蔭棚遮蔽致產生流涎熱緊迫現象(右)。



圖 10. 參訪佛羅里達 Okeechobee Larson #3 牧場。

#### (五) 其他

除了上述運用「水」、「蔭棚」及「風扇」紓解熱緊迫之外，參訪中亦觀察到相關的牛床設計，除了考量腳蹄問題外，設計時亦納入和紓解熱緊迫有關的牛床。

##### (1) 水床(The Dual Chamber Waterbed)

此類床面鋪設具有彈性雙層的橡膠軟墊，床面設計適當傾斜度，避免尿液及滲漏乳汁的污染，因此能提供牛隻休息時乾爽舒適的躺臥區，減少乳房炎發生及體細胞數。冬天時，橡膠墊及中間的水能保留牛隻的體溫；夏天時，橡膠墊中間的水能將牛隻的傳遞至底層的水泥地而降低牛隻體溫(圖 10)。





圖 10. 佛羅里達大學試驗牧場所使用的 Dual Chamber 水床。

## (2)沙床及其他材質床墊

佛羅里達沙石非常豐富，因此當地牧場(例如 North Florida Holstein 牧場)使用的細沙充當牛床墊料(圖 11)，細沙不僅可提供緩衝效果，減輕牛蹄壓力，同時砂子可提供良好的熱傳導作用，有助於降低牛隻體溫。牛舍內的沙子可視減少的狀況機動增加，走道上被沖洗移出的沙子經處理池以物理比重方法分離出，經曝曬後可以重複使用，或者直接灌溉於牧草地。沙子也可以和前述的水床合併使用。



圖 11. North Florida Holstein 牧場使用細沙墊料牛床。

牛床墊料除了沙子外，也可以使用稻殼，甚至乾燥後的牛隻排泄物，其效果和沙床相當。而這些材質經廢水處理池貯存、過濾後，液肥部份可以直接灌溉牧草地，固體部份，經曝曬後可以重複使用(圖 12)。由於加州雨量甚少，因此沙子或廢棄物固體能夠很輕易地曝曬。



圖 12. Miss Carol Collar 接待參訪加州 Airoso Dairy 牧場(左)及該牧場使用乾燥廢棄物作為牛床墊料。

#### (六) 豬隻部分

由於衛生防疫的顧慮，且佛羅里達州飼養豬隻甚少，無大規模商業養豬場，本次參訪僅安排參訪佛羅里達大學養豬研究場(Swine Research Unit)，由 Brendemuhl 教授接待解說近幾年的研究概況(圖 13)。紓解豬隻熱緊迫的方法基本上和牛隻的原理相同，利用「風扇」為主，如果豬隻飼養於戶外，也要提供蔭蓬遮陽。對於豬隻而言，佛羅里達州熱季不長，足夠的風扇通風即能減緩熱緊迫。圖 14 顯示利用風扇將畜舍內空氣抽出，達到換氣效果；或者畜欄上方裝設塑膠風管，風管下方鑿洞，當涼風由送風源頭送進時，即能透過小洞提供較大壓力的風速。



圖 13. Brendemuhl 教授接待參訪佛羅里達大學養豬研究場。



圖 14. 利用風扇達到畜舍換氣效果；或者以塑膠風管下的小洞，提供涼風。

#### 肆、結論

從熱傳播的原理來看，「水」、「蔭棚」及「風扇」為紓解熱緊迫的基本功，因此，佛羅里達大學助理教授 Santos 認為解決熱緊迫的三要素為「水」、「蔭棚」及「風扇」，雖然簡單，卻是不變的真理。到目前為止，紓解家畜熱緊迫的研發，包括近年台灣引進的水簾式畜舍，都是基於這些觀念的設計。當我們引進發展水簾式畜舍時，也要加強基本功的研發，結合自有有利的資材，對於紓解夏季熱緊迫，才有相輔相成之效。

#### 伍、建議事項

1. 此次實地參訪美國佛羅里達州及加州相關機構及畜牧場，了解美國牧場針對其自然環境氣候特性及自然資源的特性，善用其本身的優勢發展紓解夏季熱緊迫的畜舍設計，以改善整體生產效率。這種「因地制宜」的彈性務實作法，值得台灣借鏡。當全球石油蘊藏量日益枯竭，各種能源價格日益高漲，電費也愈來愈昂貴之際，非常耗電的水簾式畜舍是否經濟？值得我們重新省思畜舍設計以適合台灣的環境需求。
2. 台灣為典型海島型氣候，尤其夏天氣候高溫多溼氣，和美國氣候雖不盡相同，但是，動物對熱的反應都相同，美國紓解夏季熱緊迫的作法相當具有彈性，從飼料原料、飼養管理、畜舍設計等，都有值得學習之處。但是台灣夏季多雨、

且有嚴格的環保法規、畜牧場須有廢水處理設施，利用「水」紓解夏季熱緊迫時亦要考量廢水處理問題。因此，實際上，很難有單一方法就可以解決所有熱緊迫問題，必須針對每一牧場不同的特性及需求，發展其特有的方法，才是務實之道。

3. 紓解夏季熱緊迫牽涉許多不同領域的方法，單一方法不足以有效達到最佳效果。本次參訪中了解不論在佛羅里達州或加州大學及相關機構，在紓解夏季熱緊迫研究工作上，均結合生物機電與畜產等方面的專家，形成研發畜舍建築、環控、資源再利用等專業知識互補的跨領域合作團隊，互相支援解決問題。反觀台灣在紓解夏季熱緊迫這方面的研究，可能因學校或機關研究屬性差異或預算科目的限制，各大學或研究機構間共享資源或相互支援專業智能較為欠缺，須要再加強相關跨領域的整合研究工作。