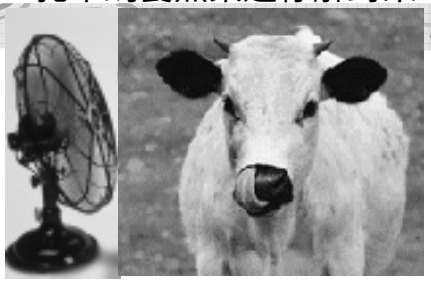
乳牛飼養熱緊迫紓解對策



國立台灣大學生物產業機電工程學系　方煒教授

酪農產業迫切待解決的問題 --- 如何增加夏季產乳量!

- 夏季生乳消費量高；冬季則有剩餘
- 生乳收購量採配額制，冬季收乳量以夏季產乳量計算
  - 超量在 5% 內：乳款自 15元/kg 降到 5 元!!
  - 超量 5% 以上：拒收!!
- 牛隻需要在四到六月配種懷孕，明年二到四月分娩，以增加夏季乳量

熱緊迫 --- 懷孕率可能低到 10%

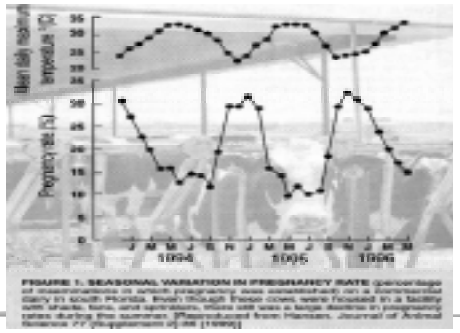
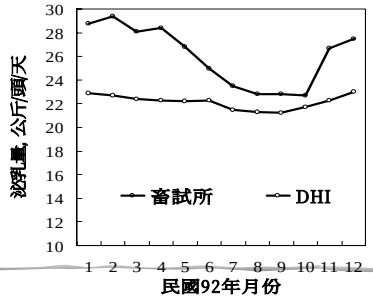
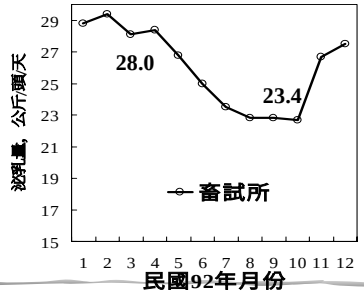


FIGURE 1. SEASONAL VARIATION IN PREGNANCY RATE (percentage of inseminations in which pregnancy was established) on a commercial dairy in south Florida. Even though these cows were housed in a facility with shade, fans, and sprinklers, there was a large decline in pregnancy rates during the summer. [Reproduced from Hansen, Journal of Animal Science 72 (Supplement 1):48 (1994)]

畜試所乳牛群 共約 220 頭，泌乳牛約 80 頭，全年乳量平均約 26 kg/頭/日



熱緊迫降低牛隻採食量與泌乳量達 15% 以上



畜舍降溫為關鍵技術

本省夏季高溫、多濕，乳牛舍之設計多以開放型為主，卻常通風不良。

悶、**熱**與**濕**直接影響乳牛生理，更影響其泌乳量、飼養效率與繁殖效率。

紓解熱緊迫的方法

- 牛舍環控 --- 最直接有效
  - 遮蔭、噴水、吹風等組合
- 營養與飼養調整
- 引入耐熱品種

大綱

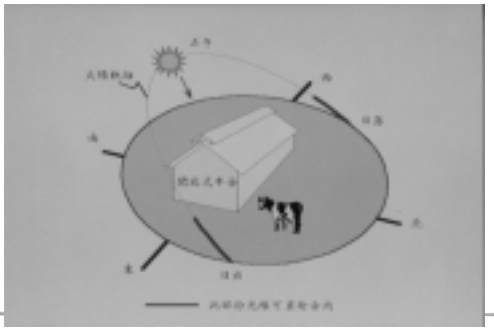
- 環境因子對乳牛熱緊迫的影響
- 已完成之研發成果

- 環控水簾舍相關細節
- 高壓噴霧系統全方位應用

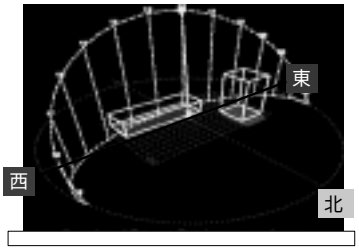
已完成之研發成果

- 研發系統
  - 西面與南面適度遮蔭
  - 間歇式淋浴吹風降溫
  - 間歇式高壓噴霧降溫
  - 自走風機
  - 正壓式涼/冷風機
  - 正壓式多層網式水簾
  - 白色遮熱漆塗料

東西走向，西、南遮蔭

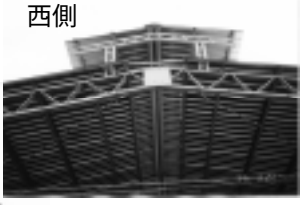


太陽的高度與軌跡



遮蔭前 (統一畜牧試驗場)

西側



南側

西側遮蔭

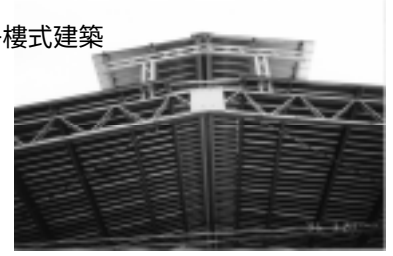
南側遮蔭

西側、南側遮蔭

其他常見遮蔭方式

屋頂開口1

- 太子樓式建築



屋頂開口2

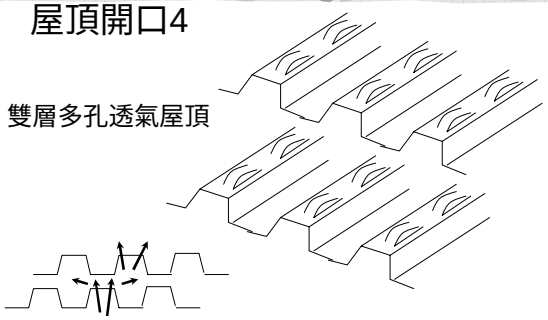
自然排風器

屋頂開口3

- 單層鋼板加PU泡棉
- 雙層透氣鋼板

屋頂開口4

雙層多孔透氣屋頂



間歇式高壓噴霧與自走風機

設計

- 間歇式高壓噴霧
  - 降低牛舍上方空氣溫度
  - 降低向下的熱輻射
  - 避免風扇吹熱風
  - 促進空氣流動
  - 必須配合風扇使用
  - 以不提高同乳牛高度範圍內溼度為原則
- 自走風機
  - 提供自然風
  - 吹向牛頸部
  - 吹向飼料

噴霧風扇會提高牛區溼度

間歇式洒水吹風優於噴霧風扇

測試的各種灑水吹風降溫處理控制策略

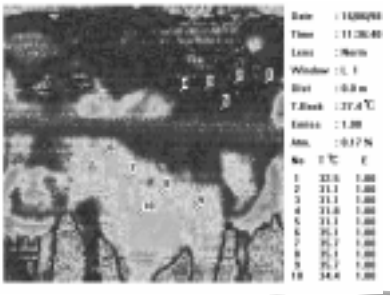
控制策略	灑水5分，同時吹風10分，3次	灑水5分，吹風10分，3次	灑水3分，吹風12分，3次	灑水30秒，吹風4分半，10次	灑水1分，吹風9分，5次
總灑水時間	15分	15分	12分	5分	5分
總吹風時間	30分	30分	36分	45分	45分
灑水吹風時間比	1：2	1：2	1：4	1：9	1：9
總降溫處理時間	30分	45分	45分	50分	50分

試驗結果

	5,10 x3	5+10 x3	3+12 x3	0.5+4.5 x10	1+9 x5
80分內(含降溫處理期間）肛溫總下降度數	0.4 ºC	0.4 ºC	0.4 ºC	1.2 ºC	1.2 ºC
開始體溫 洒水1分後 * 吹風1分後**				35 ºC * ** 31.5 ºC	35 ºC * 31 ºC **29 ºC
降溫效果 用水量 用電量	最差 3 1	差 3 1	佳 2.4 1.2	佳 1 1.5	佳 1 1.5

洒水吹風前平均體溫36.8度C

洒水吹風後 平均體溫31.5度C



間歇淋浴吹風建議作法

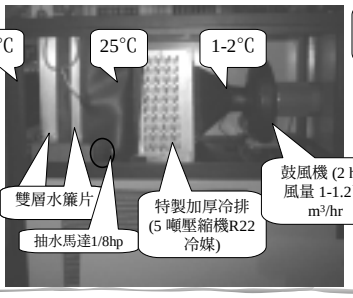
- 灑水一分鐘充份淋濕之後
- 吹風九分鐘，
- 來回五次，
- 體溫可望降低5-6℃，
- 肛溫則可降低1.2℃。

間歇淋浴吹風比較

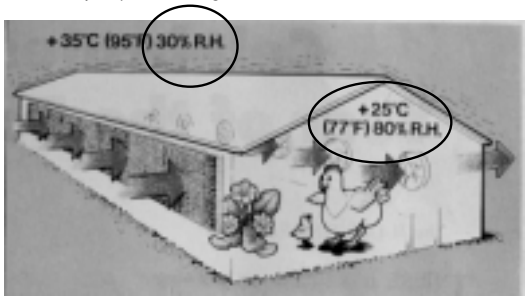
灑水吹風系統	以色列 Berman系統	美國 Bucklin系統	本研究
灑水時間	1分鐘	30秒	1分鐘
吹風時間	5分鐘	4分30秒	9分鐘
灑水吹風時間比	1：5	1：9	1：9
重複次數	5次	3次	5次
一循環時間	30分鐘	15分鐘	50分鐘
每循環間隔	1-2小時	45分鐘	1-2小時
灑水吹風地點	牛舍內	牛舍內及等待區	等待區

正壓式涼/冷風機

正壓式涼/冷風機

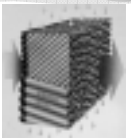


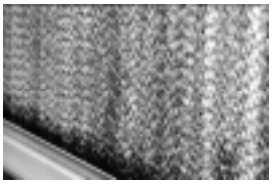
負壓式水簾降溫系統

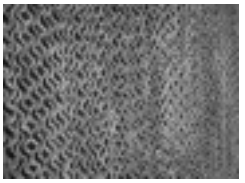


水簾的缺點

- 仰賴進口，單價高
- 青苔與積垢
- 負壓式設計，畜舍必須氣密性佳

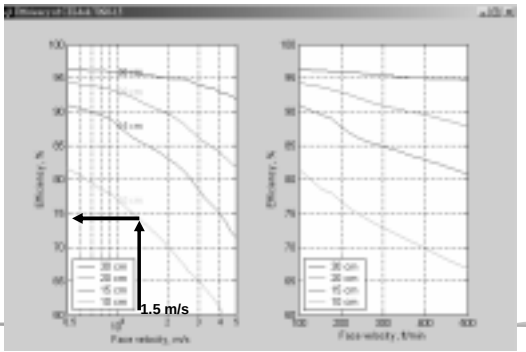






糟糕透頂的施工

在不同風速下水簾片之效率



替代水簾的方案1,2,3

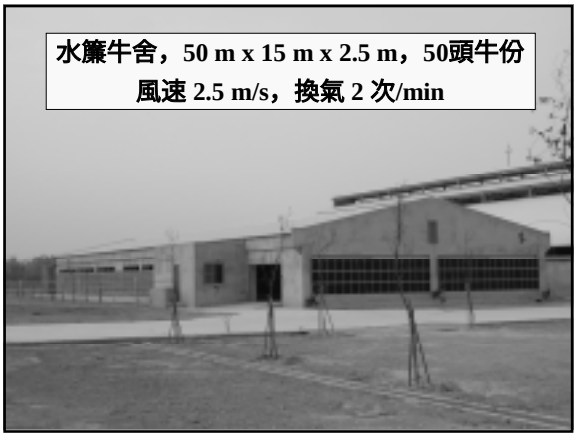
替代水簾的方案4：多層網

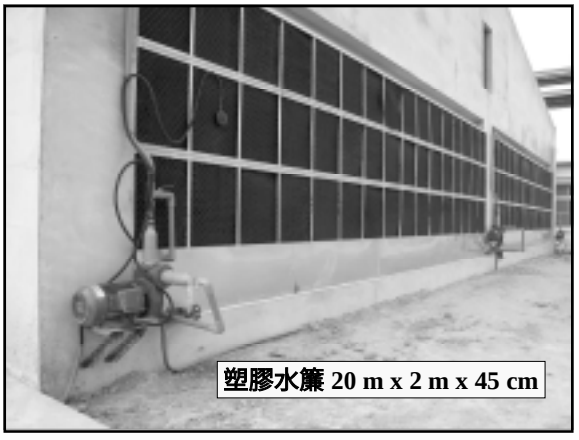
負壓式

畜試所 93 年公共工程建設

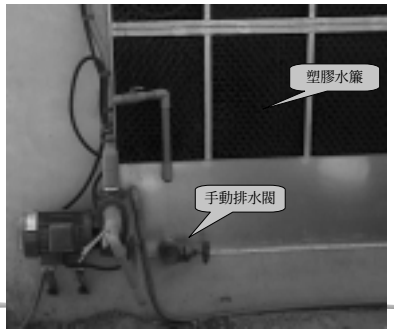
- **兩棟開放式牛舍：**
  - **屋頂太子樓：自然通風**
  - **屋頂鍍鋅鋼板+鋁箔：屋頂隔熱**
- **一棟水簾牛舍：強制通風與蒸發冷卻**

白色外牆加強反射

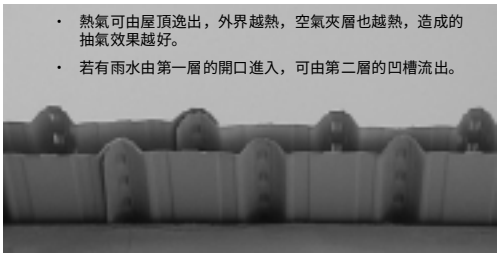




畜產試驗所新牛舍之水簾與排水設計



- 熱氣可由屋頂逸出，外界越熱，空氣夾層也越熱，造成的抽氣效果越好。
- 若有雨水由第一層的開口進入，可由第二層的凹槽流出。

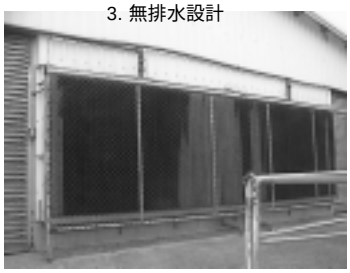


雙層隔熱環保鍍鋅鋼板

平頂 PVC 隔熱天花板，八臺 1.5 Hp 風扇，側面帆布捲簾，溫濕度感應控制

過去水簾牛舍

1. 內外均外加鐵絲網，避免牛隻破壞
2. 水槽容易阻塞造成水簾不能均勻潤濕
3. 無排水設計



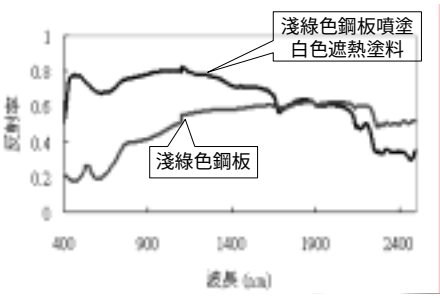
水簾牛舍的比較

	過去的水簾牛舍	畜試所新建水簾牛舍
屋頂材質	使用單層鋼板加PU泡棉或鋁箔，其缺點為無法回收，不環保，PU易燃，隔熱效果差，熱空氣聚集室內上方。	使用雙層透氣鋼板，其優點為可回收，環保，防火，利用空氣層進行隔熱，利用自然對流進行散熱，熱空氣可由上方散出。
水簾材質	白楊木(紙)質，優點：較便宜，缺點：使用壽命較短，高風量時效率低，易長藻類或結垢，怕老鼠或乳牛嚙咬。	塑膠材質，缺點：成本較高，優點：耐用，使用壽命長，單年折舊較低，沒有左列的缺點。
排水設計	無排水設計，水槽積垢或灰塵累積問題無解，造成回抽使用時，容易造成導水槽阻塞。一旦導水槽阻塞，水簾無法均勻潤濕，局部區域會失去降溫效果。	允許局部排水，水槽積垢或灰塵累積問題可輕易排除。
鐵絲網	水簾片安裝後，水牆內外均外加鐵絲網，避免牛隻破壞。	塑膠材質，較不怕牛隻破壞。不需安裝鐵絲網。
屋頂與外牆顏色	雜色	白色

白色外牆加強反射

工廠與住宅

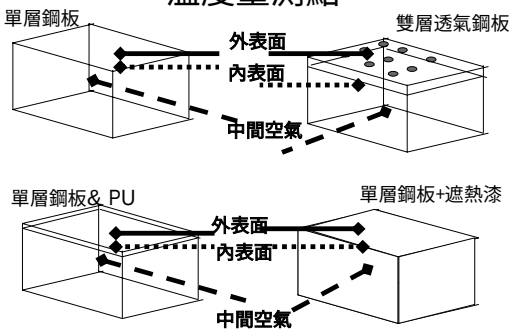
高反射率白色遮熱塗料



試驗設備

單層鋼板
單層鋼板+PU
雙層透氣鋼板
單層鋼板+遮熱漆

溫度量測點



10:00-14:00平均溫度之比較

	中間空氣T	外表面T	內表面T
單層鋼板	37.00	53.91	48.97
單層鋼板+PU	37.13	64.25	46.36
雙層透氣鋼板	32.42	52.23	36.71
單層鋼板+遮熱漆	33.32	49.66	35.25
	△T = 5 ºC	△T = 15 ºC	△T = 13 ºC

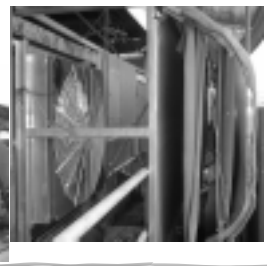
高反射率白色遮熱塗料

- 就0-2500nm波段範圍而言，當地表輻射能量為500 W/m²時，隔熱漆可減少約115 W/m²被吸收。
- 18 坪面積房間，假設高度為3 m，屋頂及四壁之總表面積為100 m²。
- 18 坪面積，一般建議使用一台7100 kcal/hr(約470 W)的冷氣機。
- 進入室內的熱量，需要11台7100 kcal/hr的冷氣機同時操作，才能做到等同於遮熱塗料達到的遮熱／隔熱功能。

環控水簾舍相關細節

正壓式多層網式水簾

噴霧效果優於灑水



氣密性不佳的牛舍一樣適用正壓式系統

多層網式與傳統水簾片之比較

外溫32度C 相對溼度55%	通過水簾後氣溫	風速 m/s	降溫效率
傳統10cm厚水簾片	26.37 度C	1.5-2.5	75 %
	28.25 度C	8 - 10	50 %
6層網式水簾（本研究）	25.0 度C	**8-10** (3 AC/分)	**92.5%**

推廣：多層網噴霧降溫系統

- 台大畜產系
- 日昇公司蝴蝶蘭溫室，彩色海芋溫室
- 統一公司官田試驗場
- 神通公司番茄溫室
- 南投縣中寮鄉肉雞舍
- 彰化芬園鄉肉雞舍
- 埔里木耳舍等
- 其他:彰化和美紡織廠（加濕 80% RH)
- 其他:中壢工業區高力熱處理公司

正壓式多層網式噴霧降溫

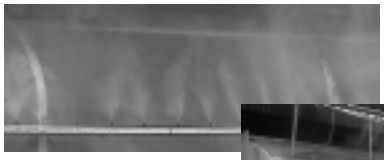
台大畜產系試驗牛舍

負壓式多層網式灑水降溫

噴霧優於灑水
後續
均改為噴霧

正壓式多層網式噴霧降溫

多層網式噴霧降溫系統 操作中



負壓式多層網式噴霧降溫

高壓噴霧系統的全方位應用

結論： 熱緊迫紓解對策

- 多管齊下的環控對策
  - 少用能源的優先選擇
    - 方位
    - 屋頂開口
    - 遮蔭，白色外牆
  - 便宜的、高效率的優先選擇
    - 間歇洒水吹風
    - 多層網式水簾

多管齊下的降溫

降溫方法	安裝成本
西面與南面適度遮蔭 間歇式淋浴吹風降溫 正壓式多層網式水簾 (洒水) 間歇式噴霧降溫 正壓式多層網式水簾 (噴霧) 自走風機 正壓式涼／冷風機	小 ↓ 大

結論： 熱緊迫紓解對策

- 環控策略需與動物生理結合
- 環控策略需與飼養管理結合
- 環控之外的兩大重點
  - 營養與飼養調整
  - 引入耐熱品種

謝謝聆聽！敬請指正！