

不同季節牛舍溫濕度指數與乳牛生產性狀之關係⁽¹⁾

陳志毅⁽²⁾ 葉家舟⁽³⁾ 李國華⁽²⁾ 張菊犁⁽²⁾ 蕭宗法⁽⁴⁾
謝昭賢⁽⁴⁾ 江欣蓉⁽²⁾ 姜延年⁽⁵⁾⁽⁶⁾

收件日期：97年2月21日；接受日期：97年5月20日

摘要

本研究之目的在探討台灣北、中、南三區暖熱季乳所佔比例超過乳牛群性能改良計畫 (Dairy Herd Improvement, DHI) 平均值 67.3% (2005 年) 之 6 戶績優酪農戶，涼季 (12 月至 3 月)、暖季 (4、5、10 與 11 月) 及熱季 (6 月至 9 月) 等不同季節，牛舍溫度 (temperature)、相對濕度 (relative humidity) 及溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI) 對台灣荷蘭乳牛乳產量、乳成分與繁殖等性狀之影響。每一試驗戶裝置二組溫濕度監測儀，設定每 15 分鐘紀錄一筆牛舍之溫度及相對濕度，試驗為期三年，資料收集經編輯後再對應至同期之 DHI 當月測乳紀錄進行資料合併與分析。結果顯示溫濕度指數於涼、暖與熱季分別為 66.3、75.7 與 79.8 差異顯著 ($P < 0.05$)，產乳性狀除 305-2X-ME 乳量與 305 天全期蛋白質量 (305d protein yield) 以涼季較高 ($P < 0.05$) 外，包括泌乳天數 (days in milk)、平均乳量 (milk yield) 與 305 天全期乳脂量 (305d fat yield) 等性狀均無顯著差異；生乳成分中，乳蛋白質率 (protein %) 與無脂固形物率 (solid non fat %) 兩性狀有明顯之季節效應 ($P < 0.05$)，其它乳成分性狀則無顯著性差異；在繁殖性狀方面，熱季乳牛的平均胎數為 2.09 ± 0.07 胎，明顯較涼季之 2.33 ± 0.02 胎為短 ($P < 0.05$)，暖季之分娩牛空胎日數與分娩間距分別為 128.7 ± 3.8 日、 423.1 ± 3.9 日，熱季者分別為 120.1 ± 3.7 日、 425.5 ± 4.5 日，均較涼季之 137.8 ± 2.0 日、 438.7 ± 3.6 日為低 ($P < 0.05$)。綜上所述，在台灣熱季時節，各試驗戶牛舍之 THI 偏高，牛群係處於熱緊迫之狀況，惟試驗戶酪農仍積極進行各項產期調節措施，俾拉近牛群各項生產性狀與冬期乳之表現水準。

關鍵詞：溫濕度指數、生產性狀、乳牛。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1461 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 佛教大林慈濟綜合醫院中醫系。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所。

(5) 台灣大學動物科學技術學系。

(6) 通訊作者，E-mail：ynjiang@ntu.edu.tw。

緒言

熱緊迫 (heat stress) 是結合各種環境因子 (如溫度、相對濕度、輻射熱、空氣對流等) 而產生的一種綜合現象, 在畜產領域對熱緊迫的研究則著重於溫度和相對濕度之研究 (Igono *et al.*, 1985; Igono and Johnson, 1990; Ravagnolo and Misztal, 2000; Bouraoui *et al.*, 2002; St-Pierre *et al.*, 2003; West, 2003; Correa-Calderon *et al.*, 2004), 雖動物體之輻射熱並無法極精準地量測, 惟在畜舍內之環境溫度與相對濕度卻可經由儀器的檢測與紀錄而取得。與熱緊迫關連最大的就是溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI), 它代表空氣中的溫度與相對濕度兩相結合的一種數值, 亦是一種天氣安全指數, 來監測和降低熱緊迫的相關損失。人類與各不同種別之動物對大氣環境中的溫度與相對濕度各有不同的感受性, 例如在較低之相對濕度下, 牛比豬更能忍受較高之環境溫度, 這是由於牛能藉由體表排汗, 有效率地排除過多的體熱, 而豬則否 (體表沒有汗腺) (Bohmanova *et al.*, 2007)。當 THI 值大於 72 時, 牛隻即處於熱緊迫的狀態, 且 THI 每超過 72 一個單位, 乳產量平均降低 0.2 kg/d (Ravagnolo and Misztal, 2000)。

乳牛乳產量會因季節的變化而受到影響, 直接因素是因為乾物採食量 (dry matter intake, DMI) 的降低而影響乳產量; 間接因素則是攝取飼糧的質與量影響乳產量 (Bohmanova *et al.*, 2007)。夏季熱緊迫早就已確認會降低乳牛的繁殖效率, 文獻指出熱緊迫會改變發情週期 (Gangwar *et al.*, 1965)、初乳品質 (Nardone *et al.*, 1997)、受胎率 (Ingraham *et al.*, 1976)、子宮功能 (Collier *et al.*, 1982)、內分泌系統 (Howell *et al.*, 1994)、濾泡生長與發育 (Wilson *et al.*, 1998) 與黃體分解機制 (Willson *et al.*, 1998), 早期胚發育 (Biggers *et al.*, 1987) 和胎牛生長 (Wolfenson *et al.*, 1988) 等。

台灣地處亞熱帶, 夏季為高熱高濕之氣候型態, 因此台灣乳牛常處於熱緊迫的狀態下, 導致乳牛生產與繁殖效率之降低, 加上生乳價格又採用涼、暖、熱三季計價, 其中以熱季的乳價最優, 所以要在熱季下提高牛乳產量, 對酪農來說是一種嚴苛的技術考驗, 然而經乳牛場評鑑之績優酪農戶, 其暖熱季乳佔全年產量比例仍有高於 70% 者, 故本研究之目的即選取這些績優牧場為試驗戶, 收集牛舍環境氣候 (溫度、相對濕度與溫濕度指數) 測定值, 並與乳牛各項生產 (泌乳與繁殖) 性狀進行比對分析, 期能將所得結果作為全國酪農戶暖熱季牛乳產期調節之參考。

材料與方法

I. 篩選試驗戶

(i) DHI 資料擷取: DHI 計畫自 1977 年起開始實施, 自 1993 年起即以數位記錄方式建置 DHI 資料庫; 為配合本研究之需求, 擷取 2003 年 12 月至 2004 年 11 月之牛隻測乳資料, 經程式編輯後, 前置建立計 319 戶, 43,589 頭泌乳牛之泌乳資料, 主要包含三類資料, 第一類為酪農及牛隻基本資料, 包括測乳採樣年月、酪農代號、牛隻場內編號、出生日期、酪農姓名、牛隻統一編號等項; 第二類為牛隻性狀資料包括胎次、泌乳天數、當日乳量、乳脂肪率、乳蛋白質率、乳糖率、體細胞數、蛋白質量、乳脂肪量、乳糖量、總固形物率、無脂固形物率與體細胞數分數等項; 第三類為牛隻系譜資料, 包括雄親牛號、雌親牛號等項。根據資料編輯分析後所產生之各項生產性狀, 茲定義如下 (1) 305-2X-ME 乳量 (305-2X-ME milk yield): 牛隻產乳量調整為 305 天、2 次擠乳、體成熟之矯正值, 俾便比較不同胎次、分娩月份、月齡之牛隻產乳性能; (2) 305 天全期蛋白質 (脂肪) 量

(305d protein or fat yield)：一頭泌乳牛依據蛋白質率(乳脂率)與日測乳量，於當胎次調整換算自分娩至泌乳 305 日之累積蛋白質(脂肪)產量；(3) 無脂固形物率：乳蛋白質率，乳糖率，及礦物質率約 0.7 之總和；(4) 體細胞數分數(Somatic cell score, SCS)由下列公式計算： $\log_2(\text{SCC} / 10^5) + 3$ (SCC為體細胞數，單位 cell / mL)；(5) 胎數平均：泌乳牛群中各牛隻胎次之加權平均值；(6) 月齡(month age)：牛隻自出生至測乳日之月齡；(7) 分娩至配種之間距(Interval from calving to bred)：牛隻分娩後至第一次配種之平均日距；(8) 空胎日數：牛隻分娩後至配種懷孕時之平均日距(9) 胎距(calving interval)：牛隻本胎次分娩至下次分娩之日距。

(ii) 暖熱季乳資料編輯：依據「2005 年乳牛牧場評鑑五朵梅花酪農戶」之評鑑資料撰寫篩選程式，配合前述所擷取之資料集進行編輯，共篩選 37 戶獲得五朵梅花獎酪農戶之測乳記錄，依序計算各戶之全年產乳量、4 至 11 月份暖熱季產乳量(4 至 11 月期間之月平均乳量與該戶泌乳頭數乘積之累計)與暖熱季乳佔全年產乳量之比率等各項資料。

(iii) 篩選績優試驗戶：此 37 戶酪農戶其 2004 年整場全年產乳量平均為 $690.8 \pm 109.0 \times 10^3$ kg，4 至 11 月整場暖熱季產乳量平均為 $466.1 \pm 77.0 \times 10^3$ kg，暖熱季乳佔整場全年產乳量之平均比率為 $67.5 \pm 4.0\%$ ，並依此資料選擇包含北、中、南三區共 6 戶之酪農試驗戶，此 6 戶之暖熱季乳比率平均為 71.1%，其 DHI 酪農代號與所在地區分別為 5055 (桃園)、10771 (彰化)、12309 (雲林)、14152 (臺南)、16052 (高雄) 及 18072 (屏東)。試驗戶依其場址劃分為含彰化之北區與南區，北南兩區各有 3 戶。

II. 裝置溫濕度監控儀收集資料：

自 2004 年 12 月起，分別於此 6 試驗戶之牛舍內裝置溫濕度監測儀(Onset Computer Corporation, HOBO)進行試驗，其量測溫度與相對濕度之準確度為 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 和 $\pm 3\%$ ，並使用溫濕度監控軟體(BoxCar® Pro software starter kit, Onset Computer Corporation)進行儀器之設定、讀取、繪圖與資料輸出之工作。平均每戶裝置 2 組監控儀於泌乳牛舍內，距牛舍地面平均高度為 2.5 ± 0.5 m，將記錄周期設定為每 15 分鐘紀錄 1 筆資料，記錄內容為牛舍之溫度及相對濕度兩項目，試驗為期三年(2004 年 12 月至 2007 年 11 月)。

III. 資料編輯與分析

試驗期間由監測儀所紀錄之資料先經溫濕度監測儀處理軟體讀出後，再利用 $(1.8 \times \text{Tdb} + 32) - (0.55 - 0.0055 \times \text{RH}) \times (1.8 \times \text{Tdb} - 26)$ 公式(Tdb 為乾球溫度 $^\circ\text{C}$ ，RH 為相對濕度 %) (Bohmanova *et al.*, 2007) 計算每筆溫濕度指數 THI 值，當月各筆 THI 數值經計算月份平均後，再將對應於各戶當月之 DHI 測乳紀錄進行資料合併，最後以 SAS 軟體(SAS, 1988)之一般線性模式 general linear model (GLM) 進行變方分析，各組平均值之差異性比較則採 Student-Newman-Keuls (SNK) 測驗，顯著水準訂為 5%，觀測值統計模式為 $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ ， τ_i 為季節效應，即探討在涼季(12 至 3 月)、暖季(4、5、10 與 11 月)及熱季(6 至 9 月)等不同季節下，對試驗戶牛舍內溫度、相對濕度、THI 與台灣荷蘭乳牛泌乳、乳成分與繁殖等性狀之影響。

結果與討論

六試驗戶自 2005 至 2007 年間之涼季(12 月至 3 月)、暖季(4、5、10 與 11 月)及熱季(6 至 9 月)等季節中，牛舍環境因子與產乳性狀之變化結果見表 1。在牛舍環境因子方面，平均溫度與

THI 則以熱季為最高，分別為 $28.0 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 與 79.8 ± 0.4 ，且與涼、暖兩季間均有顯著之差異 ($P < 0.05$)。此 6 試驗戶於暖、熱兩季時期，雖有進行牛舍內噴霧吹風或噴水吹風等環境降溫措施，惟在不同氣候環境下仍有季節效應存在，如暖季與熱季之平均溫度各為 $25.4 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 與 $28.0 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。然牛舍相對濕度無季節之顯著差異，其相對濕度範圍介於 $91.5 \pm 2.0\%$ 與 $92.9 \pm 1.7\%$ 之間，推論可能與圈飼牛舍之環境形態及經常性之噴水噴霧措施等因素有關。試驗戶牛舍之 THI 於暖、熱兩季皆高於 75，尤於熱季時節，平均 THI 更接近 80，顯示在此時期即使牛舍實施灑水、噴霧、吹風等降溫方法，牛隻仍有處於熱緊迫之虞 ($\text{THI} > 72$) (Ravagnolo and Misztal, 2000)。

表 1. 試驗戶牛於 2005 至 2007 年間各季節之牛舍環境因子測定值與產乳性狀

Table 1. The dairy barn climate measurements and milk production traits of six experimental farms at different seasons from 2005 to 2007

Item	Season								
	Cool			Warm			Hot		
	(n=6796) [*]			(n=7826)			(n=8129)		
Environmental measurements in barn									
Temperature (°C)	19.8 ^{c**}	±	0.3	25.4 ^b	±	0.3	28.0 ^a	±	0.2
Relative humidity (%)	91.6	±	1.2	92.9	±	1.7	91.5	±	2.0
THI	66.3 ^c	±	0.3	75.7 ^b	±	0.6	79.8 ^a	±	0.4
Milk production traits									
Days in milk (days)	194.1 ^a	±	4.8	172.3 ^b	±	5.2	160.8 ^b	±	4.6
Average daily Milk yield (kg/d)	27.3	±	0.5	27.3	±	0.3	27.0	±	0.3
305-2X-ME milk yield (kg)	8664 ^a	±	68	8459 ^{ab}	±	79	8347 ^b	±	114
305d fat yield (kg)	323.0	±	5.0	315.9	±	6.0	312.4	±	5.0
305d protein yield (kg)	284.0 ^a	±	2.2	273.2 ^b	±	3.0	265.2 ^b	±	3.7

* Number of cows.

** Means \pm SE and means with the different letters in the same row are significantly different at 5% level.

泌乳牛群之平均泌乳天數於熱季時較涼季少 30 天以上 ($P < 0.05$)，顯示試驗戶為因應熱季鮮乳消費需求量大而生產更多的生乳，牛群之配種高峰期有向 6 至 9 月之熱季集中的現象，故翌年分娩之牛隻多數落於春季 3 至 5 月份之間，使多數泌乳牛之泌乳高峰集中於夏季，足見試驗戶進行產期調節策略乃是以暖熱季乳為生產主力之目標。

在產乳方面，平均乳量與 305 天全期乳脂量於不同季節，並無顯著差異，雖暖夏時節的乳產量雖仍稍低於涼季，惟已相當接近，相較在美國鳳凰城所作之研究報告指出，3、4、5 月（涼季）之平均乳產量是全年最高的，其 THI 為 67，然而從 6 到 8 月（熱季），THI 則從 76 爬升到 81，乳量亦隨之從 6 到 8 月急遽下滑，一直要等到 THI < 72 時之 10 月乳產量才開始回復 (Bohmanova *et al.*, 2007)。305 天全期蛋白質量涼季要比暖熱兩季高 ($P < 0.05$) 之現象，可能反應涼季因氣溫較低，試驗戶之牛隻採食量上升，有利瘤胃 pH 值提高，提供一個較穩定的瘤胃消化環境，同時促進能量與蛋白質同期化分解與供應，使瘤胃微生物蛋白質合成相對較熱季為多，而表現在促進乳蛋白的合成效率 (李等, 2003)，因此試驗戶在熱季時節對於如何提升牛隻採食量以營造有利促進蛋白質合成的瘤胃環境 (如加強熱季夜間餵飼)，仍有進步改善之空間。305-2X-ME 矯正乳量係代表牛隻

每胎次之估計乳量，其矯正係數考量分娩月份、月齡、泌乳期長短與擠乳次數等調整因子，由本研究之產乳與繁殖性狀資料顯示包括泌乳天數、分娩月份與月齡都存在有季節效應，相對於計算每日平均乳量而言，這些影響因素可能造成 305-2X-ME 矯正乳量於涼熱兩季的表現差異，此性狀之表現以涼季牛群較佳；不論如何，試驗戶於夏季之 305-2X-ME 矯正乳量平均亦達 8,000 kg 以上之水準，顯示試驗酪農戶面對熱季時仍積極加強乳牛群之飼養管理，以提升其夏季產乳量比例。

不同季節對試驗戶牛乳成分與乳品質之影響見表2，除蛋白質率與無脂固形物率兩項乳成分性狀外，包括代表牛乳品質之體細胞數與體細胞數分數之平均值間皆無顯著性差異，乳中蛋白率及無脂固形物率皆以涼季較佳 ($P < 0.05$)，因無脂固形物率之計算涵蓋蛋白質率，造成季節上之差異如前述蛋白質者。牛乳體細胞數平均值全年度在 30 萬/毫升以下，體細胞數分數於熱季為 1.05 與涼、暖兩季均無差異。

表 2. 自 2005 至 2007 年間在不同季節之試驗戶牛乳成分與乳品質之變化

Table 2. The milk composition and milk quality variables of six experimental farms at different seasons from 2005 to 2007

Variable	Season							
	Cool (n=6796)*		Warm (n=7826)		Hot (n=8129)			
Fat percentage (%)	3.73 **	± 0.06	3.74	± 0.07	3.75	± 0.09		
Protein percentage (%)	3.28 ^a	± 0.01	3.23 ^b	± 0.02	3.18 ^c	± 0.02		
Lactose percentage (%)	4.89	± 0.02	4.86	± 0.01	4.88	± 0.01		
Solid non fat (%)	8.87 ^a	± 0.02	8.79 ^b	± 0.02	8.76 ^b	± 0.03		
Total solid percentage (%)	12.60	± 0.07	12.53	± 0.08	12.51	± 0.11		
Somatic cell count (10 ³ /mL)	24.7	± 1.7	27.1	± 2.0	27.3	± 2.3		
Somatic cell count score	0.85	± 0.09	1.04	± 0.11	1.05	± 0.12		

* Number of cows.

** Means with the different letters in the same row are significantly different at 5% level.

各項繁殖性狀之季節變化見表3，熱季乳牛的平均胎數為 2.09 ± 0.07 胎，明顯較涼季之 2.33 ± 0.02 為短，顯示乳牛異動在熱季較為快速。由於熱季時節是牛乳需求之旺季，酪農傾向以保留高生產效率牛隻作為經營策略，以維持熱季產乳量，因此在此季節無法提供高生產效率的牛隻即易遭到淘汰，故牛隻平均胎數較涼季明顯縮短，而在平均年齡之性狀上亦有相同現象。試驗戶在牛隻分娩後第一次配種間距的表現上，熱季較涼季大約晚 4 天，然並無季節上之差異，但熱季分娩牛之空胎日數與分娩間距等兩性狀則分別較涼季短 17 與 13 天，為 120.1 ± 3.7 與 425.5 ± 4.5 ($P < 0.05$)，顯示試驗戶於熱季，雖然夏季熱緊迫會造成牛隻繁殖效率低下，但是此六戶試驗酪農戶則採用更積極的方法去克服此困難，根據調查，試驗戶在 6 至 9 月熱季時期，最主要採取之繁殖調節措施包括：1. 加強夜間 (20-22時) 發情觀察。2. 施打外源內泌素：前列腺素 (prostaglandin) (Estromil Injection[®], Troy Laboratories PTY Limited, Australia) 或激性腺素釋放素 (gonadotrophin releasing hormone, GnRH) (Cystrorelin[®], Merial Limited, U.S.A)。3. 全場實施人工授精。

表 3. 自 2005 至 2007 年間在不同季節之試驗戶牛群之繁殖性狀表現

Table 3. The reproduction performance of six experimental farms at different seasons from 2005 to 2007

Variable	Season					
	Cool (n=6796)*		Warm (n=7826)		Hot (n=8129)	
Parity	2.33**	± 0.02	2.20 ^b	± 0.05	2.09 ^c	± 0.07
Age (months)	56.0 ^a	± 0.3	53.3 ^b	± 0.6	51.1 ^c	± 0.9
Interval from calving to bred(days)	78.4	± 1.2	78.6	± 2.0	82.7	± 2.3
Days open (days)	137.8 ^a	± 2.0	128.7 ^b	± 3.8	120.1 ^b	± 3.7
Calving interval (days)	438.7 ^a	± 3.6	423.1 ^b	± 3.9	425.5 ^b	± 4.5

* Number of cows.

** Means with the different letters in the same row are significantly different at 5% level.

各試驗戶自 2005 至 2007 年共計有 1508 頭母牛分娩，其各月份平均分娩頭數百分比見圖 1，分娩頻度最高峰為 3 月份之 18.6%，4 至 7 月份平均分娩頻度亦有 13.8%，自 8 月份起分娩頻度即急速下降，於 9 月起至翌年 1 月共 5 個月之頻度月平均值僅 2.1%，由此趨勢很明顯的看出，試驗戶進行牛群產期調節之成效，此結果與吳 (2006) 之報告相符，即分娩高峰期已由 2001 年的 10 月份轉變為 2006 年之 3 月份。分娩高峰落於 3 月份，泌乳高峰即可在夏季時節發揮功效，對於以夏季乳為生產導向，以及擬達一年一胎為目標的乳牛場甚有助益。

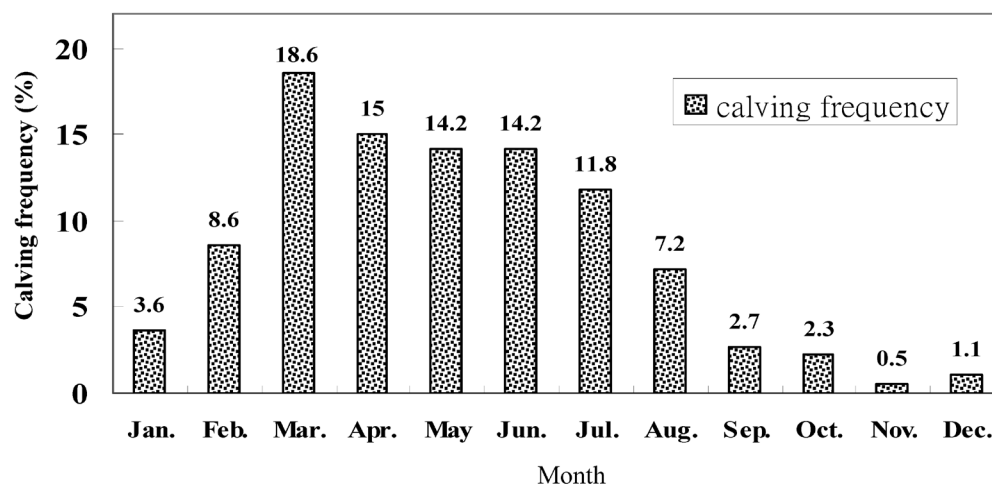


圖 1. 試驗戶牛舍於 2005 至 2007 年間各月份平均分娩頻度 (總分娩頭數：1508 頭)。

Fig. 1. The monthly calving frequency of six experimental farms from 2005 to 2007 (1508 cows in total).

不同地區試驗戶與各季節之 THI 變化見圖 2，分析結果顯示，在相同季節下，不同地區之 THI 測量值均以南區試驗戶稍高，在涼、暖與熱季節下，中南部試驗戶分別較中北部試驗戶高 3、2.1 與 0.7，此差異有隨氣候溫度升高而逐漸縮小之狀況，顯示熱季時節各地區試驗戶牛隻所遭受

熱緊迫的情況同樣嚴重。不同季節間之 THI 則以熱季最高，平均達 79.8，較涼季之差異達 13.5，其中涼、熱兩季之平均相對濕度差異為 -0.1% (表 1)，惟平均溫度則差 8.2℃，可見 THI 於不同季節上的差異主要是溫度效應所致。

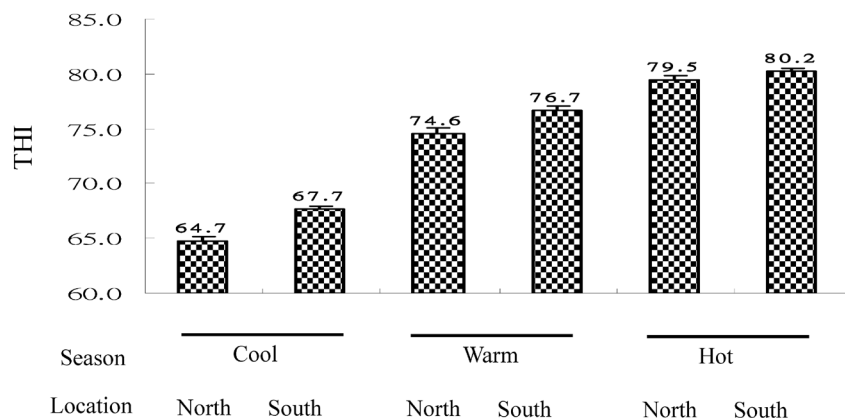


圖 2. 自 2005 至 2007 年間試驗戶牛舍內於不同季節與地區之平均溫濕度指數。

Fig. 2. The average THI at different seasons and areas for six experimental farms from 2005 to 2007. THI : Temperature Humidity Index.

試驗戶各月份 THI 指數之變化見圖 3，自 4 至 10 月份止之 7 個月期間 THI 指數高於 72 以上，尤其是 6 至 9 月份，THI 指數範圍在 79.2 至 80.7 之間，高溫多濕的環境對牛隻造成的緊迫程度達到最高，對照試驗戶鄰近氣象站 (桃園農業改良場、台南農業改良場雲林分場、新化畜產試驗所與高雄農業改良場) 之資料，顯示涼季時節鄰近地區平均 THI 低於試驗牛舍 2.25，為 64.1，但自 3 月份起此差距逐漸縮小，至 6 至 9 月份期間，鄰近地區平均 THI 與試驗牛舍者相近，但從 10 月份起，鄰近地區平均 THI 又低於試驗牛舍，由此趨勢變化推測熱季時節試驗酪農戶為紓解牛隻熱緊迫，應已採取多項措施，讓畜舍之溫度下降，因而使牛舍內 THI 低於外在環境之 THI 有關。

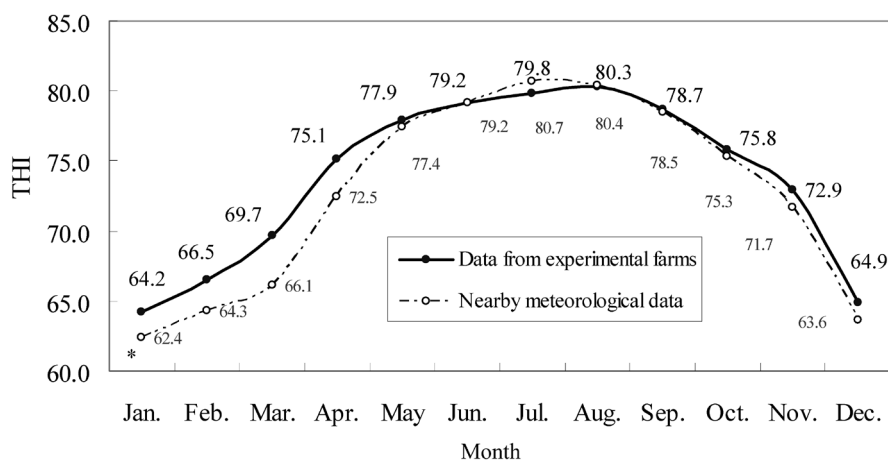


圖 3. 試驗戶牛舍於 2005 至 2007 年間各月份平均溫濕度指數之變化。

Fig. 3. The monthly change of THI for six experimental farms from 2005 to 2007. Data are collected from four meteorological stands including Taoyang, Yulin and Kaohsiung Agricultural Research and Extensions station and Livestock Research Institute.

經調查結果顯示，六酪農戶自 4 月份起（暖季之初）即啟動牛舍內降溫系統，其中採用噴霧加上大型電扇吹風之系統有二戶，採用噴水加上大型電扇吹風之系統有四戶，送風時間 24h 未間斷，噴霧或噴水大多以每 15 min 噴送 1 次再間斷 10 min 的頻率進行。在熱季連續使用噴霧（水）和風扇降溫系統，每頭牛每天增加 1 到 5 kg 牛乳 (Armstrong, 1994; Berman and Wolfenson, 1992; Strickland *et al.*, 1989)，主要效果是恢復因熱緊迫而降低約 10% 採食量 (Chen *et al.*, 1993; Igono *et al.*, 1987)。Flamenbaum *et al.* (1995) 之研究報告指出，夏季使用降溫系統之試驗牛群比不使用者，每頭牛可增 1.9 kg/d 的乳產量，乳脂肪及乳蛋白質的產量亦增加。

表 4. 試驗戶與同期 DHI 戶於 2005 至 2007 各年度之暖熱季乳比率之表現

Table 4. The percentage of non-cool season to annual milk yield for six experimental farms and DHI farms from 2005 to 2007

Farm ID	2005			2006			2007		
	No. of cows	AMY (10 ³ kg)	NCY (%)	No. of cows	AMY (10 ³ kg)	NCY (%)	No. of cows	AMY (10 ³ kg)	NCY (%)
5055	79	815.0	69.9	82	792.0	73.6	96	1008.5	68.9
10771	105	1062.1	73.1	93	886.4	72.4	99	926.1	72.7
12309	111	1009.6	71.5	114	1096.7	71.3	120	1174.6	72.1
14152	47	441.8	70.2	54	529.8	72.1	57	565.0	68.9
16052	130	1225.2	71.5	144	1438.8	69.7	149	1487.4	68.4
18072	175	1545.3	70.1	123	1281.0	67.3	122	1278.4	69.2
Mean for 6 farms	108	1021.5	71.1	102	1004.1	70.9	107	1073.3	69.9
Mean for DHI	67	591.8	67.3	76	635.6	67.4	78	651.5	67.1

2005 : from December, 2004 to November, 2005.

AMY: the estimated annual milk yield.

NCY : the mean ratio of non-cool seasons to annual milk yield.

自 2005 至 2007 年止，六試驗酪農戶之暖熱季乳占全年產乳量比例及預估全年產乳量與同期 DHI 測乳戶之表現見表 4，試驗戶於此三年之平均暖熱季乳量比例為 70.6% 較 DHI 戶之平均 67.3% 為優，平均暖熱季乳產量則為 729.5×10^3 kg 亦較 DHI 戶之平均 421.3×10^3 kg 為佳，可說明本試驗所篩選之試驗牧場是以暖熱季乳為生產導向之績優牧場，其優異之產期調節技術，可作為其他酪農戶之參考。

綜上所述，各試驗戶於暖、熱兩季牛群面臨高度熱緊迫的環境下，皆積極進行產期調節策略，包括畜舍降溫系統（噴霧灑水與風扇吹送）、加強夜間發情觀察、發情同期化等措施，不論在乳產量、乳成分、乳品質以及繁殖效率等，已拉近與冬期乳各項生產性能之表現水準。

誌謝

本試驗承蒙行政院農業委員會科技計畫經費之支持，且如期完成試驗亦有賴劉昌仁牧場、歐陽申助牧場、林時楨牧場、陳新助牧場、李全弘牧場、顏木喜牧場、江志琪先生、本分所陳朝宜獸醫師及全體員工之鼎力支持與協助，特此誌謝。

參考文獻

- 李春芳、陳吉斌、吳奇儒、蕭宗法。2003。加強熱季夜間飼養對荷蘭乳牛泌乳性能及瘤胃消化之影響。中畜會誌 32(2):99-110。
- 吳明哲、張菊犁。2006。台灣乳牛分娩旺季由秋轉春。酪農天地 73:32。
- Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interactions with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044–2050.
- Berman, A. and D. Wolfenson. 1992. Environmental modifications to improve production and fertility. Page 126. In : *Large Dairy Herd Management*. H. H. Van Horn and C. J. Wilcox, ed. Am. Dairy Sci. Assoc., Champaign, IL, USA.
- Biggers, B. G., R. D. Geisert, R. P. Wetteman and D. S. Buchanan. 1987. Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 64:1512–1518.
- Bohmanova, J., I. Misztal and J. B. Cole. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947–1956.
- Bouraoui, R., M. Lahmar, A. Majdoub, M. Djemali and R. Belyea. 2002. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res.* 51:479–491.
- Chen, K. H., T. J. Huber, C. B. Theurer, D. V. Armstrong, R. C. Wanderley, J. M. Simas, S. C. Chan and J. L. Sullivan. 1993. Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. *J. Dairy Sci.* 76:2319–2325.
- Collier, R. J., D. K. Beede, W. W. Thatcher, L. A. Israel and C. J. Wilcox. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65:2213–2227.
- Correa-Calderon, A., D. Armstrong, D. Ray, S. DeNise, M. Enns and C. Howison. 2004. Thermoregulatory responses of Holstein and Brown Swiss heat-stressed dairy cows to two different cooling systems. *Int. J. Biometeorol.* 48:142–148.
- Flamenbaum, I., D. Wolfenson, P. L. Kunz, M. Maman and A. Berman. 1995. Interactions between body condition at calving and cooling of dairy cows during lactation in summer. *J. Dairy Sci.* 78:2221–2229.
- Gangwar, P. C., C. C. Branton and D. L. Evans. 1965. Reproductive and physiological responses of Holstein heifers to controlled and natural climatic conditions. *J. Dairy Sci.* 48:222–227.
- Howell, J. L., J. W. Fuquay and A. E. Smith. 1994. Corpus luteum growth and function in lactating Holstein cows during spring and summer. *J. Dairy Sci.* 77:735–739.
- Igono, M. O. and H. D. Johnson. 1990. Physiological stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. *J. Interdiscip. Cycle Res.* 21:303–320.
- Igono, M. O., B. J. Steevens, M. D. Shanklin and H. D. Johnson. 1985. Spray cooling effects on milk production, milk, and rectal temperatures of cows during a moderate temperate summer season. *J. Dairy Sci.* 68:979–985.
- Igono, M. O., H. D. Johnson, B. J. Steevens, G. F. Hue and M. D. Shanklin. 1987. Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray and fan systems versus shade for Holstein cows during summer heat. *J. Dairy Sci.* 70:1069–1076.
- Ingraham, R. H., R. W. Stanley and W. C. Wagner. 1976. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in Hawaii. *J. Dairy Sci.* 59:2086–2090.
- Nardone, A., N. Lacetera, U. Bernabucci and B. Ronchi. 1997. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J. Dairy Sci.*

- 80:838–844.
- Ravagnolo, O. and I. Misztal. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *J. Dairy Sci.* 83:2126–2130.
- SAS. 1988. SAS User's Guide : Statistics. SAS Inst., Cary, NC.
- Strickland, J. T., R. A. Bucklin, R. A. Nordstedt, D. K. Beede and D. R. Bray. 1989. Sprinkler and fan cooling system for dairy cows in hot, humid climates. *Appl. Eng. Agric.* 5:231-236.
- St-Pierre, N. R., B. Cobanov and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86 (E Suppl.) :E52–E77.
- West, J. W. 2003. Effects of heat stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131–2144.
- Wilson, S. J., R. S. Marion, J. N. Spain, D. E. Spiers, D. H. Keisler and M. C. Lucy. 1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81:2124–2131.
- Wolfenson, D., I. Flamenbaum and A. Berman. 1988. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 71:809–818.

The relationship between temperature-humidity index in barn and the performances of dairy cows in different seasons ⁽¹⁾

Jih-Yih Chen⁽²⁾ Chia-Chou Yeh⁽³⁾ Kuo-Hua Lee⁽²⁾
Chu-Li Chang⁽²⁾ Tzong-Faa Shiao⁽⁴⁾ Chao-Hsien Hsieh⁽⁴⁾
Chiang-Hsin Jung⁽²⁾ and Yan-Nian Jiang⁽⁵⁾⁽⁶⁾

Received : Feb. 21, 2008 ; Accepted : May 20, 2008

Abstract

Meteorological data (2005 to 2007) from 6 experimental farms in Taiwan, were analyzed with data of test day milk yield, milk compositions and reproduction traits from dairy herd improvement (DHI) to study the effect of temperature-humidity index (THI) in cool, warm and hot seasons on milk production and reproduction traits. Each experimental farm was installed with 2 computerized data recorders (HOBO) in the barn to record the temperature and humidity once every fifteen-minutes from December 2004 to November 2007. The results showed that the THI were 66.3, 75.7 and 79.8 ($P < 0.05$) in the cool, warm and hot seasons, respectively. The average daily milk yield and 305 d fat yield were not significantly different among the seasons except for 305-2X-ME milk yield and 305 protein yield. The milk composition and somatic cell count score were not significantly different but protein percentage and solid non fat percentage were significantly different. Finally, the average parity was 2.09 ± 0.07 in hot season and 2.33 ± 0.02 in cool season. The averages of days open and calving interval were 128.7 ± 3.8 d and 120.1 ± 3.7 d in the warm season and 423.1 ± 3.9 d, 425.5 ± 4.5 d in the hot season, and those averages in either season were lower ($p < 0.05$) in cool season than those of 137.8 ± 2.0 d and 438.7 ± 3.6 d. The dairy cows suffered from heat stress during warm and hot seasons in Taiwan. However, the involved farmers had adopted some production-associated adjustment practices in warm and hot seasons so that the performance of cows were close to the level of cool season.

Key words : Temperature-humidity index, Production traits, Dairy cows.

-
- (1) Contribution No. 1461 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.
 - (2) Hsinchu Branch, COA-LRI, Hsinchu, Taiwan 30039, R.O.C.
 - (3) Department of Chinese Medicine, Buddhist DaLin Tzu Chi General Hospital, ChiaYi, Taiwan, R.O.C.
 - (4) Animal Industry Division, COA-LRI, HsinHua, Taiwan 71246, R.O.C.
 - (5) Department of Animal Science and Technology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan 10617, R.O.C.
 - (6) Corresponding Author, E-mail: ynjjiang@ntu.edu.tw