

應用冷水紓解乳牛熱緊迫之研究

李國華⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ 郭桑硯⁽¹⁾⁽²⁾ 王思涵⁽¹⁾ 陳志毅⁽¹⁾ 藍蔚文⁽¹⁾ 江俊杰⁽¹⁾
蕭方君⁽¹⁾ 趙俊炫⁽¹⁾ 張菊犁⁽¹⁾

摘要：本試驗目的在探討應用冷水對泌乳牛紓解熱緊迫之影響。試驗採用交叉設計，8 頭平均乳量 21.2 kg 的荷蘭泌乳牛逢機分成二組，對照組 (n = 4) 給予常溫 (28°C) 飲水和淋浴，試驗組 (n = 4) 則給予比常溫水溫為低 (23°C) 之飲水和淋浴，分為兩期進行試驗，每期 14 天，牛隻飼養在同一牛舍且提供相同的飼養管理。試驗期間每日記錄環境之溫濕度及牛隻之乾物質採食量、產乳量，分析乳成分與體細胞數，測量牛隻血清中之三碘甲狀腺素 (triiodothyronine, T3) 及甲狀腺素 (thyroxine, T4)、肛溫 (上午 8 點、下午 2 點及下午 8 點) 及呼吸速率 (下午 2 點) 之變化。結果顯示，試驗組牛隻之平均呼吸速率下降量比對照組為低 (-14.4 ± 3.2 vs -2.8 ± 2.7 次/min, $P < 0.05$)，另在牛隻全天空平均肛溫下降量方面，試驗組較對照組為低 (-0.22 vs -0.08°C , $P < 0.05$)，但是在乾物質採食量、產乳量、乳成分及體細胞數、T3 及 T4 則無顯著差異。

(關鍵語：冷水、乳牛、熱緊迫)

緒 言

乳牛生產性能受體內代謝熱之生成及散失之動態平衡而定，台灣夏季屬於高溫高濕的氣候型態，平均溫度可達 30°C 以上 (謝等，2007；陳等，2009)，故原本生長於溫帶地區之荷蘭牛，往往造成其極大之熱緊迫而導致生產性能的降低，例如牛隻產乳量及受胎率的下降 (Hansen *et al.*, 2001)，尤以高產乳牛所受的影響更為明顯，故如能適當地紓緩牛隻夏季熱緊迫，將可減少牧場的經濟損失。因此，降低體內熱負荷或增加體熱之散失，則為降低牛隻熱緊迫之不二法門。牛體中含水量約為 55-65%，牛乳中的含水分也高達 87.5%，水是維持生命的一種重要營養物質，當乳牛處於熱緊迫時又更顯重要，因為水可藉由體表和呼吸道的蒸發來消除體內過多的熱 (Looper and Waldner, 2007)。Baker *et al.* (1988) 亦指出，連續 48 小時給予牛隻 9.5°C (試驗組) 及 27.5°C 的飲用水 (對照組)，試驗組牛隻較對照組在呼吸速率及體溫有較低之趨勢。Pratt and Wettemann (1986) 指出在較熱的環境下甲狀腺分泌三碘甲狀腺素 (triiodothyronine, T3) 及甲狀腺素

⁽¹⁾ 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所，36848 苗栗縣西湖鄉五湖村埤頭面 207-5 號。

⁽²⁾ 貢獻相同。

⁽³⁾ 通訊作者，E-mail: khlee@mail.tlri.gov.tw。

(thyroxine, T4) 之濃度較低。另外在熱環境中如飲用較低溫之飲水比常溫水有較高濃度之 T4、T3, 甲狀腺可能去嘗試降低體熱之產生, 也因此能夠讓動物去適應更大的環境熱承載。李等 (1999) 於台灣熱季應用噴水及吹風循環涼爽法可有效紓解熱緊迫, 對乳牛隻直腸溫度 (涼前減涼後) 平均下降 0.2°C , 呼吸速率下降 3.3 次/min, 而且試驗組牛隻之平均採食量較對照組高 2.79 kg/d。為進一步探討紓解乳牛熱緊迫的方法, 因此本試驗的目的在探討夏季給予牛隻低於室溫 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 的飲用冷水, 期望喝下的冷水可降低牛隻體內之代謝生成熱, 另同時在牛隻採食期間佐以冷水淋浴, 再驅動風扇吹風, 使牛隻體表溫度能更有效率地被水蒸氣帶走, 藉應用冷水於此兩種方法之結合使用, 評估是否比單獨使用噴水及吹風循環涼爽法更能紓緩牛隻之熱緊迫的可行性。

材料與方法

本研究涉及之動物試驗於行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所執行, 動物之使用、飼養及實驗內容係依據行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所實驗動物管理委員會批准之試驗準則進行。

一、牛舍與試驗區

牛舍為傳統開放式自由牛舍設計, 參試牛隻試驗區面積 96 m^2 ($12\text{ m}\times 8\text{ m}$), 每一區面積 48 m^2 ($6\text{ m}\times 8\text{ m}$), 二排並列各一大座牛床。中間屋頂高度 12.5 m, 兩側屋簷高度 9 m, 屋頂厚度為 鋁鋅鋼板加上隔熱層。牛舍試驗區內懸掛 4 臺風扇由人工控制, 試驗期間全日開啓, 餵飼道及牛床上方各 2 支, 風扇之規格為 2.0 Hp, 直徑 36 吋, 3 葉片, 排氣量 $26,300\text{ m}^3/\text{h}$ 。於採食區上方設噴水淋浴降溫設施, 噴水淋浴系統於 07:00~08:00、14:30~15:30、19:00~20:00 時, 一日共三次定時啓動, 每次進行連續六次循環, 每一循環為噴水一分鐘停止四分鐘, 噴水器的水量約每分鐘 2.4 L 水 (李等, 1999)。牛舍內設置 $1.5\times 0.5\times 0.5\text{ m}^3$ 之不銹鋼自動水槽 2 座, 牛舍內走道設置自動刮糞機, 每日除採食期間及夜間 10 時至隔日早上 3 時不刮糞外, 每 3 h 刮糞一次。

二、試驗設計

本試驗以交叉設計 (cross-over design) 為主架構, 試驗期間自 99 年 7 月至 8 月進行, 為期 56 天, 包括第一期 14 天 (7 月 21 日至 8 月 3 日) 及第二期 14 天 (8 月 18 日至 8 月 31 日), 每期前 14 日為適應期, 後 14 日為資料收集期。試驗處理為供水溫度, 分別為處理組之牛隻給予比常溫為低之冷水 (23.0°C) 提供做為飲水和淋浴與對照組之牛隻給予常溫 (28.0°C) 飲水和淋浴, 23°C 冷水的製造為以氣冷式冰水主機直接對飲水槽做熱交換, 飲用水在主機和飲水槽之間循環, 且所有水路之配管均採用 PU 保溫管保溫, 藉此維持飲水槽水溫之恆定。試驗期間以溫濕度紀錄器 (HOBO Pro V2, Onset Computer, Bourne, MA) 每分鐘紀錄兩組末端飲水槽之飲用水溫度, 結果平均水溫對照組為 $28.0\pm 2.1^{\circ}\text{C}$, 對照組為 $23.0\pm 1.9^{\circ}\text{C}$ 。第一期結束時將兩組牛群互相移換各自之飼養區。

三、試驗牛群之飼養管理

(一) 試驗牛群

選擇乳量 20 kg 以上的荷蘭泌乳牛 8 頭, 依照牛隻乳量、胎次、泌乳天數與體重等逢機分為兩組, 分別飼養於冷水 (23.0°C) 區與常溫水 (28.0°C) 區。原始參試 8 頭泌乳牛之平均泌乳天數為

152 ± 23 天 (Mean ± SD, 下同)、胎次 2.8 ± 1.2 胎、體重 615 ± 58 kg 及泌乳量 21.2 ± 2.1 kg。

(二) 牛群管理

泌乳牛每日擠乳兩次，分別為早上 5:00 與下午 5:00，逐日電腦紀錄個別牛隻的乳量。兩區設置在同一側牛舍，有相同之頸夾及餵飼走道、牛床及不銹鋼水槽、刮糞機。

(三) 牛群飼養

兩組 TMR 配方相同，配方包括青貯玉米料、百慕達乾草、苜蓿乾草、脫水苜蓿粒及精料等，依 NRC (2001) 乳牛營養需要推薦提供乳量 25 kg 之營養需求，飼糧精料比例 45%，並含有粗蛋白質 15% 與中洗纖維 33.5% (乾基)。每日於清晨 05:30 及下午 14:30 各配製及餵飼一次，紀錄給料及剩餘料量以計算全日每組牛隻之平均採食量。

四、環境資料收集

(一) 溫濕度之測定

在牛舍試驗區吊掛溫濕度測定器 (HOBO Pro V2)，位置為將牛舍試驗區長度分成 2 等份，分別在牛頸夾及牛床上離地 2 m 高度處各設置一溫濕度測定器，共計 2 個。設定測定器連續每 15 min 測定溫濕度乙次，每週讀取資料一次，統計牛舍試驗區每日平均溫度及相對濕度、記錄最高與最低數值，並依下述公式計算 THI。

(二) THI 之計算公式為：

$$THI = 9/5 * T + 32 - 0.55 * (1 - RH) * (9/5 * T - 26)$$

式中 T = 溫度，℃

RH = 相對濕度 (relative humidity)，以小數點方式表示 (NOAA, 1976)

(三) 熱緊迫程度之定義

採用 $THI \leq 72$ 、 $72 < THI \leq 78$ 、 $78 < THI \leq 84$ 及 $THI > 84$ 的區分方式來表示舒適、輕度熱緊迫、中度熱緊迫與嚴重熱緊迫。

五、牛隻熱緊迫生理反應測定項目

(一) 乾物質採食量、直腸溫度和呼吸次數

兩組牛隻均採任飼的方式給予含粗蛋白質 15% 之完全混合日糧，每日 05:30 及 14:30 各餵飼一次，紀錄給料及剩餘料量以計算全日每組牛隻之平均採食量。另於採樣期之第 3、5、7、10、12、14 天測量個別牛隻之直腸溫度及呼吸次數，每天分為三階段淋浴，分別為 07:00~08:00、14:30~15:30、19:00~20:00 時，紀錄比較淋浴前後之直腸溫度及呼吸次數的變化，並於第二期時交換兩組牛隻。呼吸次數測定由二位工作人員執行，在保持安靜不干擾牛隻狀況下，每人以碼錶量測 2 次牛隻 30 sec 中腹部起伏次數，二人平均所得為個別牛呼吸次數。直腸溫度以 2 支經同步校正之軟式溫度探針，藉由導管置入牛隻直腸內約 30 cm 處 30 sec 後，以數字溫度計 (YSI scientific division digital-thermometer, 49TA, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA) 讀取體溫數值。

(二) 乳量與乳成份

牛群每日上午 5 時與下午 5 時各擠乳一次，每頭牛四個分房乳集中至流量計，擠乳完成後直接從流量計之刻度判定乳產量並紀錄之。再將流量計之生乳混合均勻後，收集 20 mL 的生乳至 DHI 採樣瓶中，再放入冰桶 (內有冰條)，送至新竹分所牛乳檢驗室進行乳成分及生乳體細胞數分析，

以 Milk Scan 4000 分析儀進行乳成分分析，項目包括：脂肪、蛋白質、乳糖等，以 Fossmatic 5000 體細胞計數儀進行體細胞數分析。

(三) 血清中之三碘甲狀腺素 (T3) 及甲狀腺素 (T4) 之濃度

從牛隻的頸靜脈處經 75%酒精棉擦拭消毒後，以 18 號針頭及無菌之採血管進行採血，採 9 mL 血液後靜置 30 min，離心 $1,200 \times g$ 、15 min，分離血清於血清瓶中，並保存至 -20°C 的冰箱，直到要進 T3 及 T4 分析時才解凍使用。以全自動免疫分析儀 (Abbott AxSYM Plus Immunology Analyzer, Abbott Labs, Alameda, FL) 分析 (根據使用說明方法操作) T3 及 T4 的濃度。

六、統計分析

依試驗所得之數據，以統計分析系統套裝軟體 SAS (2003) 進行一般線性模式 (general linear model, GLM) 分析。呼吸次數與直腸溫度採用交叉設計統計模式分析。試驗差異顯著水準設定為 $P < 0.05$ 。

結果與討論

一、環境溫濕度

試驗期間每日環境溫濕度變化如圖 1 所示。由 10:00 至 17:00 的環境溫度均高於 30°C ，正午 12:00 至 13:00 的溫度則可達 31.0°C ，為每日最高溫之時段，而最低的環境溫度則發生於清晨 (05:00 至 06:00 間)，為 25.6°C 。最高的環境相對濕度則發生在環境溫度最低時，反之亦然。將環境溫濕度換算為溫濕度指數 (THI)： $\text{THI} = (1.8 \times \text{Tdb} + 32) - (0.5 - 0.0055 \times \text{RH}) \times (1.8 \times \text{Tdb} - 26)$ ，如圖 2 所示，試驗期間 THI 指數介於 76.6 至 83.4 間，顯示牛隻全天均處於熱緊迫之狀態，更於 13:00 至 15:00 (THI 指數大於 82) 有中度熱緊迫發生 (Armstrong, 1994)。與陳等 (2009) 於台灣芳苑地區酪農戶 6 至 8 月份所測得之牛舍環境溫濕度結果相近，其日平均溫度為 $27.4 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ ，最高溫度出現在 13:00 的 30.6°C ，最低溫度則發生於早上 5:00 至 5:45 的 26.5°C ，日平均 THI 為 80.1 ± 1.5 ，最高 THI 為 13:00 至 14:00 的 83.3。可見長期以來台灣夏季皆處於高溫高溼之氣候型態。

二、乾物質採食量

如表一結果顯示，飲水溫度及噴水水溫對牛隻乾物質採食量兩組並無顯著之差異，對照組平均為 $20.6 \pm 1.7 \text{ kg}$ ，試驗組平均為 $20.5 \pm 1.5 \text{ kg}$ ($P > 0.05$)。李等 (1999) 於台灣熱季採用噴水及吹風循環涼爽法於試驗組牛隻比未使用此法之對照組牛隻得到較高之平均乾物質採食量，而本試驗之對照組與試驗組亦採同樣之方法，僅差異於試驗組採用溫度較低之冷水，雖然 Milam *et al.* (1986) 及 Baker *et al.* (1988) 認為降低飲水溫度 (10°C 左右) 確能顯著提升牛隻之乾物質採食量，但是從試驗結果顯示在乾物質採食量方面，使用冷水組未能優於常溫水組，推測可能與本試驗提供之冷水溫度 (23°C 左右) 有關，未來可嘗試更低溫度之冷水來進行試驗。

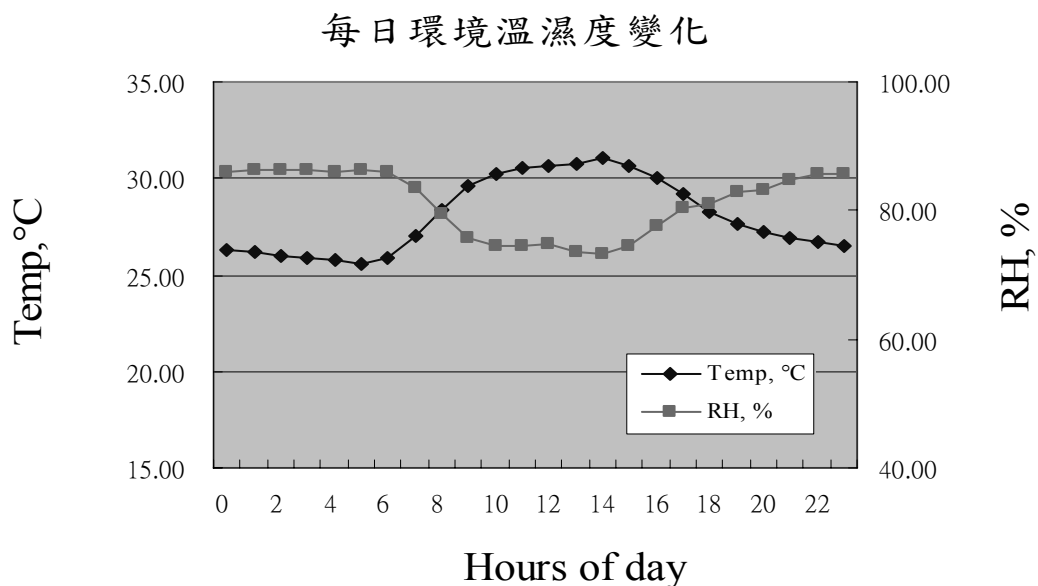


圖 1 試驗期間平均每日牛舍溫濕度之變化。
 Figure 1 The changes of average daily ambient temperature (°C) and relative humidity (%) in barn for trial periods.

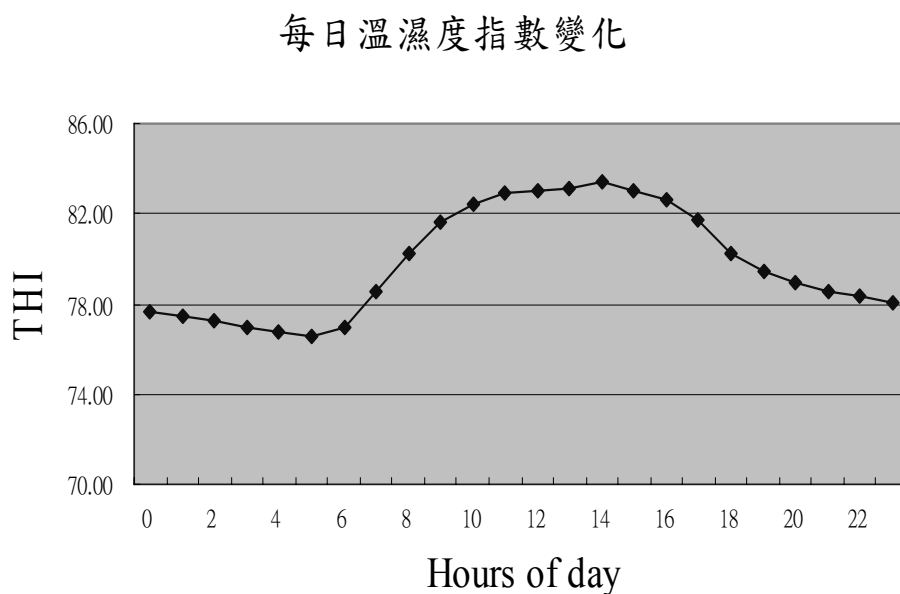


圖 2 試驗期間平均每日牛舍溫濕度指數之變化。
 Figure 2 The changes of average daily temperature-humidity index(THI, %)in barn for trial periods.

三、肛溫 and 呼吸速率

於本試驗中，牛隻於全時自由飲用不同溫度之飲水，並於固定時間淋浴前後測量兩組牛隻之肛溫及呼吸速率，以了解飲用及噴灑冷水後對牛隻產生之效應，結果如表二所示，對照組牛隻淋浴前後全天之平均肛溫下降為 $0.08 \pm 0.18^\circ\text{C}$ ，而試驗組之平均肛溫下降為 $0.22 \pm 0.20^\circ\text{C}$ ，兩組間有顯著差異 ($P < 0.05$)，此顯著差異亦表現在早上與下午時段，試驗組較對照組平均肛溫下降為多 (-0.26 vs -0.10°C , a.m., $P < 0.05$; -0.24 vs -0.08°C , p.m., $P < 0.05$)。說明飲用及噴灑冷水、吹風可將牛隻體表之熱傳導出來，而使牛體降溫。在呼吸速率方面，本試驗之對照組牛隻平均下降 3.2 ± 5.4 次/min，而試驗組牛隻平均下降 10.0 ± 7.6 次/min，兩組間有顯著差異 ($P < 0.05$)。其中對照組牛隻涼後平均呼吸速率自 55.0 次/min 降至 51.8 次/min 顯示與李等 (1999) 所得到之結果 (自 55.2 次/min 降至 51.9 次/min) 頗似，顯示於畜舍內噴水吹風確實有降低牛呼吸速率之效果，如加採用本試驗之冷水處理則更能降低牛呼吸速率之效果。Lanham *et al.* (1986) 指出，牛隻在飲用冷水後呼吸速率會快速下降，且飲水溫度越低其下降程度越大，但在供水約 40 min 後則見恢復。本試驗牛隻除飲用冷水外再增加冷水之噴灑於牛體及吹風循環涼爽法，結果顯示有較佳之肛溫與呼吸速率下降效果，亦說明環境之變化會改變乳牛之生理反應。

表 1 不同飲水及噴水溫度對泌乳牛乾物質採食量之影響

Table 1 Effect of drinking water temperature and sprinkler water temperature on dry matter intake of lactating Holstein cows for trial periods

Item	Control (n = 8)	Treatment (n = 8)
Drinking water temperature ($^\circ\text{C}$)	28.0 ± 2.1	23.0 ± 1.9
Sprinkler water temperature ($^\circ\text{C}$)	28.7 ± 2.4	22.9 ± 2.1
Dry matter intake, kg/d per cow (kg) ⁽¹⁾	20.6 ± 1.7	20.5 ± 1.5

⁽¹⁾ Mean values between the control and the treatment differ nonsignificantly ($P > 0.05$).

表 2 不同飲水及噴水溫度處理前後對泌乳牛的呼吸速率及直腸溫度之影響

Table 2 The effect of drinking water temperature and sprinkler water temperature on respiration rates and rectal temperatures for lactating Holstein cows before and after treatment

Measurements	Control (n = 8)			Treatment (n = 8)			P value
	Before	After	Difference	Before	After	Difference	
a.m. RT, $^\circ\text{C}$	38.64 ± 0.22	38.54 ± 0.16	-0.10 ± 0.19	38.72 ± 0.31	38.46 ± 0.22	-0.26 ± 0.24	<0.05
p.m. RT, $^\circ\text{C}$	39.39 ± 0.39	39.34 ± 0.36	-0.08 ± 0.16	39.36 ± 0.29	39.12 ± 0.33	-0.24 ± 0.26	<0.05
Night RT, $^\circ\text{C}$	38.95 ± 0.34	38.89 ± 0.35	-0.06 ± 0.14	38.90 ± 0.20	38.73 ± 0.22	-0.17 ± 0.20	>0.05
Average RT, $^\circ\text{C}$	38.99 ± 0.38	38.92 ± 0.34	-0.08 ± 0.18	38.99 ± 0.32	38.77 ± 0.32	-0.22 ± 0.20	<0.05
p.m. RR, breaths/min ⁽¹⁾	55.0 ± 7.7	51.8 ± 7.0	-3.2 ± 5.4	55.7 ± 7.7	45.7 ± 7.9	-10.0 ± 7.6	<0.05

⁽¹⁾ RR: respiration rate.

四、產乳量和乳成份

結果如表三與表四，顯示冷水之處理並不影響對照組與試驗組牛隻之產乳量 (20.6 ± 0.3 vs. 20.2 ± 0.4 kg/d, $P > 0.05$)、體細胞分數 (1.2 ± 0.3 vs 1.4 ± 0.5 kg/d, $P > 0.05$) 及各種乳成分如乳脂率、乳蛋白率、乳糖率及總固形的物率 ($P > 0.05$)。Stermer *et al.* (1986) 將 16 頭泌乳牛分配至四種處理水溫中 (10、16、22 及 28°C)，每日 08:00 至 13:30 限水，並於 14:00 提供不同水溫之飲水任其飲用 10 分鐘，對產乳量亦無顯著之影響。但許多報告指出，給予牛隻冷的飲用水確能顯著增加其產乳量 (Lanham *et al.*, 1986; Milam *et al.*, 1986; Wilks *et al.*, 1990)，尤以 Milam *et al.* (1986) 每天每頭增加 2.4 公斤的乳量效果最好 (10°C vs 28°C 水溫)。但本試驗未顯現此結果，推測可能是因為本試驗組之平均水溫為 $23.2 \pm 1.9^\circ\text{C}$ 與對照組之 $28.0 \pm 2.1^\circ\text{C}$ 僅差距約 5°C 左右不若 Milam *et al.* 之差距 14°C，致未能顯現兩組牛隻在產乳量方面差異。

表 3 不同飲水及噴水溫度於試驗期前後對泌乳牛的乳產量與體細胞分數之影響

Table 3 The effect of drinking water temperature and sprinkler water temperature on milk yield and somatic cell count score for lactating Holstein cows before and after trial.

Item	Control (n = 8)			Treatment (n = 8)		
	Before	After	Difference	Before	After	Difference
Milk yield (kg/d)	21.2 ± 2.3	20.4 ± 2.0	-0.84 ± 2.31	21.9 ± 1.5	21.1 ± 1.9	-0.78 ± 1.9
Somatic cell count score	1.30 ± 0.89	1.64 ± 1.41	0.34 ± 1.36	0.87 ± 0.56	1.18 ± 0.92	0.31 ± 0.87

All measured items between the control and the treatment differ nonsignificantly ($P > 0.05$).

表 4 不同飲水及噴水溫度於試驗期間對泌乳牛乳成分之影響

Table 4 Effect of drinking water temperature and sprinkler water temperature on milk components of lactating Holstein cows for trial periods

Item	Control (n = 8)	Treatment (n = 8)
Fat (%)	3.68 ± 0.38	3.65 ± 0.28
Protein (%)	3.39 ± 0.22	3.35 ± 0.22
Lactose (%)	4.78 ± 0.13	4.89 ± 0.17
Total solids (%)	12.29 ± 0.76	12.58 ± 0.45

All measured items between the control and the treatment differ nonsignificantly ($P > 0.05$).

五、乳牛血清中三碘甲狀腺素 (T3) 及甲狀腺素 (T4) 濃度之變化

試驗期間採集牛隻的血清檢測內泌素 T3 及 T4 之濃度變化，結果如表五所示，試驗期前後平均 T3 濃度差，對照組與試驗組分別為 9.6 ± 2.3 與 3.0 ± 1.9 ，兩組無顯著差異；另試驗期前後平均 T4 濃度差，對照組與試驗組分別為 -0.2 ± 1.3 與 -0.1 ± 0.8 ，亦無顯著差異存在。故試驗期間 23.2°C 冷水處理，對牛隻之內泌素 T3 及 T4 之濃度變化無顯著影響。然而，文獻指出全天給予泌乳牛 10.6°C 及 27.0°C 之飲水 (Wilks *et al.*, 1990)，其血漿中之 T3 濃度 10.6°C 組比 27.0°C 組高 ($P < 0.05$)，而 T4 濃度亦有較高之趨勢。兩組試驗溫差比 (10.6 vs 27.0°C；23 vs 28°C) 大亦可能為差異產生原因。

表 5 不同飲水及噴水溫度於試驗期前後對泌乳牛三碘甲狀腺素及甲狀腺素之影響

Table 5 Effect of drinking water temperature and sprinkler water temperature on net amounts of triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) of lactating Holstein cows

Item	Control (n = 8)			Treatment (n = 8)			Normal range
	Before	After	Net amount	Before	After	Net amount	
T3 (U/dL)	40.8 ± 14.5	50.4 ± 19.1	9.6 ± 2.3	36.3 ± 10.0	39.3 ± 11.5	3.0 ± 1.9	21 - 94
T4 (mg/dL)	8.5 ± 1.8	8.3 ± 1.7	-0.2 ± 1.3	8.4 ± 0.7	8.3 ± 1.3	-0.1 ± 0.8	2.9 - 8.9

Net amounts of T3 and T4 between the control and the treatment differ nonsignificantly ($P > 0.05$).

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會之科技計畫經費之支持、本分所畜產經營系之員工與乳牛健康實驗室江欣蓉小姐之協助，讓試驗能如期完成，特此誌謝。

參考文獻

- 王家宇、呂水淵、胡淵欽、楊德威。1993。夏季冷卻處理對荷蘭母牛泌乳及生殖性狀之影響。中畜會誌 22(2):163-174。
- 李善男、劉振發、許義明、楊德威、陳得財、古兆和、梁宗寶。1999。熱季應用噴水及吹風循環涼爽法對乳牛生理與繁殖之效應。畜產研究 32(2)：137-146。
- 陳志毅、葉家舟、李國華、張菊犁、蕭宗法、謝昭賢、江欣蓉、姜延年。2009。不同季節牛舍溫濕度指數與乳牛生產性狀之關係。畜產研究 42(1):1-12。
- 謝昭賢、蕭宗法、楊德威、陳志成。2007。臺灣地區溫濕度指數之分布。畜產研究 40(4):269-278。
- Baker, C. C., C. E. Coppock, J. K. Lanham, D. H. Nave, J. M. Labore, C. F. Brasington, and R. A. Stermer. 1988. Chilled drinking water effects on lactating Holstein cows in summer. *J. Dairy Sci.* 71 : 2699-2708.
- Hansen, P. J., M. Drost, R. M. Rivera, F. F. Paula-Lopes, Y. M. al-Katanani, C. E. Krininger 3rd, and C. C. Chase, Jr. 2001. Adverse impact of heat stress on embryo production: Causes and strategies for mitigation. *Theriogenology* 55:91-103.
- Lanham, J. K., C. E. Coppock, K. Z. Milam, J. M. LaBore, and D. H. Nave. 1986. Effect of drinking water temperature on physiological responses of lactating Holstein cows in summer. *J. Dairy Sci.* 69 : 1004-1012.
- Looper, M. L., Waldner, D. N. 2007. Water for dairy cattle: Guide D-107. Cooperative extension service, college of agriculture and home economics, New Mexico State University. Available: http://aces.nmsu.edu/pubs/_d/D-107.pdf. Accessed Feb., 2007.
- Milam, K. Z., C. E. Coppock, J. W. West, J. K. Lanham, D. H. Nave, J. M. Labore, R. A. Stermer, and C. F. Brasington. 1986. Effect of drinking water temperature on production responses in lactating

- Holstein cows in summer. *J. Dairy Sci.* 69 : 1013-1019.
- Pratt, B. R., and R. P. Wettemann. 1986. The effect of environmental temperature on concentrations of thyroxine and triiodothyronine after thyrotropin releasing hormone in steers. *J. Anim. Sci.* 62:1346-1353.
- SAS Institute. 2003. *Statistics User Guide. Version 9.1.* SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Stermer, R. A., C. F. Brasington, C. E. Coppock, J. K. Lanham, and K. Z. Milam. 1986. Effect of drinking water temperature on heat stress of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69 : 546-551.
- Wilks, D. L., C. E. Coppock, J. K. Lanham, K. N. Brooks, C. C. Baker, and W. L. Bryson, R. G. Elmore, R. A. Stermer. 1990. Responses of lactating Holstein cows to chilled drinking water in high ambient temperature. *J. Dairy Sci.* 73 : 1091-1099.

Application of chilled water for alleviating heat stress in dairy cows

Kuo-Hua Lee⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾, Seng-Yen Kuo⁽¹⁾⁽²⁾, Si-Han Wang⁽¹⁾, Jih-Yih Chen⁽¹⁾,
Wei-Wen Lan⁽¹⁾, Chun-Chieh Chiang⁽¹⁾, Fang-Chun Shiao⁽¹⁾,
Jun-Xuan Zhao⁽¹⁾, and Chu-Li Chang⁽¹⁾

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate chilled water for alleviating heat stress on cows in lactation. A cross-over design with an experimental period of 28 days and same feeding management were conducted with 8 cows whose milk yield averaged 21.2 kg per day. Eight cows were divided into the treatment (n = 4) group and the control (n = 4) group. Cows were provided with chilled water (23°C, the treatment group) and ambient water (28°C, the control group) through drinking and sprinkler. During trial period, the dry matter intake, milk production, milk components and somatic cell count as well as triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) of cows were measured. Respiration rate (at the 2 p.m.) and rectal temperature (at the 8 a.m., 2 p.m., and 8 p.m.) were measured from 4 cows per group. The results showed that mean values of dry matter intake, milk production, milk components and somatic cell count of the treatment group were not different from those of the control group. Yet the treatment group had a significant decline in respiration rate (-14.4 ± 3.2 vs -2.8 ± 2.7 breaths/min, $P < 0.05$) and rectal temperature (-0.22 vs -0.08°C , $P < 0.05$) than the control group. In serum assay, the concentrations of T3 and T4 showed no significant difference between the treatment group and the control group.

(Key Words: Chilled water, Dairy cow, Heat stress)

⁽¹⁾ Hsin-Chu Branch, Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, 207-5, Bi-tou-mian, Wu-hoo village, Si-hoo, Miao-li 36848, Taiwan, R.O.C.

⁽²⁾ These authors contributed equally.

⁽³⁾ Corresponding Author, E-mail: khlee@mail.tlri.gov.tw