

# 飼糧中補充鋅、銅與錳對高溫濕度指數期間 荷蘭泌乳牛行動分數與性能表現之影響<sup>(1)</sup>

張俊達<sup>(2)</sup> 蕭宗法<sup>(2)</sup> 王思涵<sup>(4)</sup> 吳鈴彩<sup>(2)(5)</sup> 蔡銘洋<sup>(2)</sup> 李春芳<sup>(3)</sup> 林義福<sup>(2)</sup>

收件日期：107 年 1 月 19 日；接受日期：107 年 2 月 14 日

## 摘 要

本試驗旨在探討於高溫溼度指數 (temperature-humidity index, THI) 下 (大於 72) 飼糧中補充有機鋅、銅與錳對荷蘭泌乳牛之行動分數、乾物質採食量、體重及產乳量之影響。試驗期間為 2017 年 4 月至 7 月份，將 24 頭泌乳中期荷蘭乳牛依體重、乳量、胎次與泌乳天數逢機分成兩組，分別於基礎日糧中補充 0 (對照組) 及每天每頭補充鋅 360 mg、銅 125 mg 及錳 200 mg (試驗組)。試驗期間每月調查包括畜舍環境參數 (包括溫度、濕度) 與計算溫溼度指數、牛隻乾物質採食量、牛隻行動分數 (5 分制)、體重與產乳量，試驗進行 4 個月。試驗結果顯示，試驗期間 (4 至 7 月份) 牛舍平均溫溼度指數分別為  $73.9 \pm 6.2$ 、 $79.2 \pm 3.9$ 、 $82.0 \pm 3.9$  及  $81.5 \pm 3.4$  單位。飼糧補充有機鋅、銅與錳有降低牛隻餵飼後第 30、60、90 及 120 天之行動分數，且牛隻乾物質採食量也隨著連續補充有機鋅、銅與錳 30、60、90 及 120 天有增加之趨勢。產乳量與體重並未受到飼糧補充有機鋅銅錳產生影響。由上述結果得知，在高溫濕度指數下，於飼糧中補充鋅、銅與錳可能有助改善牛隻乾物質採食量與腳蹄健康之現象。

關鍵詞：荷蘭泌乳牛、行動分數、有機銅、有機錳、有機鋅、溫濕度指數。

## 緒 言

溫濕度指數為利用氣溫及相對濕度結合之計算值，可用來警示家畜生產業及運輸業者家畜受熱緊迫之狀況 (Harrington and Bowles, 2004)。當氣候在高溫及高濕結合時，限制牛隻散去過多之體熱，此對家畜形成熱緊迫 (Hahn *et al.*, 2001; Mader, 2003)。臺灣每年自 3 至 5 月份為梅雨季節天氣常陰雨連綿，且張等 (2017a; 2017b) 於 2016 年梅雨期間 (4 至 5 月份) 及熱季期間 (6 至 7 月份) 測得畜舍溫溼度指數皆已超過 72 以上。然而在溫溼度指數大於 72 情況下，泌乳牛易產生緊迫，致使採食量與產乳量下降 (Chase, 2006)。然而相較於較涼爽的季節，泌乳牛在熱季或較溫暖的季節期間，其發生跛腳 (lameness) 的比例較高 (Sanders *et al.*, 2009; Madadzadeh *et al.*, 2013)。牛隻跛腳造成酪農經濟損失是僅次於繁殖障礙與乳房炎，且也是許多酪農所要面臨牛隻重要的健康問題 (Bruijn *et al.*, 2010; Huxley *et al.*, 2013)。牛隻跛腳會造成產乳量降低、降低繁殖表現、高淘汰 (culling) 速率及增加獸醫治療成本 (Cha *et al.*, 2010)，對酪農來說可是一項重大經濟損失。

微量元素 Zn、Cu 及 Mn 為泌乳牛維持健康重要元素 (NRC, 2001)，且在蛋白質合成、身體代謝、免疫系統及抗氧化過程扮演者重要角色 (Griffiths *et al.*, 2007; Nazirolu and Yürekli, 2013)。同時這些微量礦物質的供應會影響牛隻的生長表現和健康，包括牛腳蹄的完整性，生育力及泌乳功能 (Miller *et al.*, 1988; NRC, 2001)。

因此，本試驗探討於高溫濕度指數 (大於 72) 下，於飼糧中補充鋅、銅與錳對泌乳牛隻行動分數、乾物質採食量、體重及產乳量之影響。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2588 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(5) 通訊作者，E-mail：wlt@mail.tlri.gov.tw。

## 材料與方法

### I. 試驗動物飼養環境

本試驗期間為 2017 年 4 月 1 日至 2017 年 7 月 30 日，使用荷蘭泌乳牛，飼養在行政院農業委員會畜產試驗所產業組傳統牛舍，使用之動物均通過行政院農業委員會畜產試驗所實驗動物照護與使用小組之審核。試驗區域為長與寬分別為 24 m 與 10 m，每頭牛可活動空間為 8.6 m<sup>2</sup>，試驗期間提供降溫設施包括全日開啟的四臺風扇 (36 吋，2 馬力，3 葉片，風量 26,300 m<sup>3</sup>/hr)，風扇置於採食走道及牛床上方各兩支，而噴水降溫系統則設置在採食區頸部上方，且依據牛隻每日採食行為於每日 8:00 – 8:30、9:00 – 9:30、10:00 – 10:30、15:50 – 16:20、16:50 – 17:20、17:50 – 18:20、22:00 – 22:30 與 23:00 – 23:30 共 8 次進行，每次 6 循環，每循環 5 分鐘 (包括噴水 1 分鐘，停 4 分鐘)。

### II. 試驗動物及飼養管理

選擇每日產乳量平均為 26.62 ± 5.71 kg 的荷蘭泌乳牛 24 頭，依照乳量、胎次、泌乳天數與體重均分為兩組，於完全混合日糧 (total mixed ration, TMR) 車配製飼糧，配製期間每天每頭分別補充 0 (對照組) 及 360 mg Zn、125 mg Cu 及 200 mg Mn (有機螯合胺基酸物質) (試驗組)。對照組與處理組之乳量、胎次、泌乳天數及體重分別為 26.69 ± 4.70 與 26.54 ± 6.99 kg、1.83 ± 0.94 與 2.18 ± 1.17 胎、159 ± 55 與 158 ± 57 天及 621 ± 71.4 與 609 ± 97.6 kg。試驗設計採完全逢機試驗為期約 120 天 (106 年 4 月 1 日至 106 年 7 月 30 日)。泌乳牛飼糧依 NRC (2001) 泌乳牛營養標準配製之完全混合日糧 (total mixed ration, TMR)，組成包括盤固乾草、苜蓿乾草、青貯玉米、大豆殼粒、高粱酒粕、啤酒粕及以玉米與大豆粕為主之精料，每日配製兩次，分別於上午 7:00 配製 1/3 量及下午 2:30 配製 2/3 量，其飼糧組成如表 1。另以自動給水槽供乾淨飲水及礦鹽任食。

表 1. 乳牛完全混合日糧之組成及營養成分

Table 1. Ingredients and nutrient composition of the total mixed ration of lactating cows

Ingredient	Percentage, % DM
Corn silage	24.71
Pangolagrass hay	3.44
Alfalfa hay	6.52
Brewer's grain, wet	6.77
Sorghum distillers' grains, wet	4.45
Soybean hull	15.40
Wheat bran	4.40
Corn	19.55
Soybean meal, 44% CP	10.03
Fish meal	1.13
Molasses	0.73
Salt	0.40
Limestone	0.74
Potassium carbonate	0.40
Sodium bicarbonate	0.59
Urea	0.40
Premix <sup>1</sup>	0.19
Total	100
<b>Analyzed value</b>	
DM, %	49.1
CP, %	17.2
NDF, %	41.3
ADF, %	25.6
Ca, %	0.7
P, %	0.4
NEI <sup>2</sup> , Mcal/kg	1.57

<sup>1</sup> Each kilogram of premix contains: Vit. A, 10,000,000 IU; Vit. E, 70,000 IU; Vit. D<sub>3</sub>, 1,600,000 IU; Fe, 50 g; Cu, 10 g; Zn, 40 g; I, 0.5 g; Se, 0.1 g; Co, 0.1 g.

<sup>2</sup> NEI value is in accordance with NRC (2001).

### III. 測定項目

- (i) 牛舍環境參數：包括溫度、濕度以及溫溼度指數。牛舍裝置六組溫溼度感應器 (HOBO pro RH/Temp, Onset Computer Corporation, MA, USA) 進行溫度與濕度測定，於試驗期間連續每隔 0.5 小時測定及記錄溫溼度一次，每週將資料轉錄至電腦中以進行牛舍環境參數的累計與分析，THI 值以 National Oceanic and Atmospheric Administration (1976) 法計算。其公式  $THI = 9/5T + 32 - 0.55 \times (1 - RH) \times (9/5T - 26)$ ，其中 THI 為溫濕度指數；T 為氣溫 (單位 $^{\circ}C$ )；RH 為相對濕度。
- (ii) 牛隻性能表現
  1. 體重變化：試驗開始及試驗後第 30、60、90 及 120 天，分別連續兩日上午 8:30 分過磅。
  2. 採食量：每日記錄兩組採食量，包括 TMR 提供量與剩餘量，於採樣期期間 (為試驗後第 21 至 30 天、第 51 至 60 天、第 81 至 90 天及第 111 至 120 天)，每日採樣 TMR 料與兩組剩料。所有樣品先保存在  $-20^{\circ}C$ ，再以  $55^{\circ}C$  烘乾 48 小時，稱得乾物質後計算兩組牛隻採樣期 10 天的每日每頭乾物質採食量 (dry matter intake, DMI)。另外每日採集 TMR 料依 A.O.A.C. (1990) 法進行 DM 與 CP 的分析，依據 van Soest *et al.* (1991) 方法分析 ADF 及 NDF。
  3. 產乳量：每日擠乳兩次，分別為清晨 5:00 與下午 3:30，由電腦記錄個別牛隻泌乳量。
  4. 牛行動分數：依據 (Sprechter *et al.*, 1997) 採五分制，1 分是正常的腳蹄與步態，站立與行走時背脊保持水平一直線，四腳起落有致；2 分是輕微蹄病，站立時背脊保持水平一直線，但是行走時背脊線呈現彎曲弧線，步伐稍有異常；3 分是中等的蹄病，站立及行走時背脊線呈現彎曲弧線，一條或多條腿行走時步伐變小，正常蹄部的懸蹄高度可能略為低於對側患有牛蹄病者；4 分是典型蹄病，站立 (重心前傾) 及行走時背脊線呈現彎曲弧線，偏愛使用一條或多條腿，正常蹄部的懸蹄高度顯著低於對側患有牛蹄病者；5 分是嚴重蹄病 (跛腳)，站立 (痛腳不敢著地狀) 及行走時 (步伐蹣跚) 背脊線呈現彎曲弧線，拒絕移動且不願將大部分的重量施於該腿。

### IV. 統計分析

試驗所得資料以統計分析系統套裝軟體 (SAS, 2002) 進行統計分析，並使用一般線性模式 (general linear model, GLM) 進行有 / 無變積校正的 CRD (completely randomized design) 統計分析，再以 stderr pdiff 法比較各組平均值間差異之顯著性。

## 結果與討論

圖 1 為試驗期間 4 月份至 7 月份之平均 THI，其分別為：4 月份平均  $73.9 \pm 6.2$ 、5 月份  $79.2 \pm 3.9$ 、6 月份平均  $82.0 \pm 3.9$  及 7 月份  $81.5 \pm 3.4$ 。其結果與張等 (2017a) 及 (2017b) 所測得 4 至 7 月份之溫濕度指數相似。對泌乳牛來說，當 THI 大於 72 時，即表示動物處於熱緊迫狀態，而當 THI 值介於 80 至 89，牛隻處於中度熱緊迫狀態 (West, 1995; Chase, 2006)，其症狀包括增加牛隻流涎量、呼吸速率、飲水量及體溫，同時降低採食量、乳量及繁殖效率等。臺灣每年自 3 至 5 月份為梅雨季節天氣常陰雨連綿，且 7 至 8 月份常有颱風以及雷陣雨 (俗稱西北雨)，使畜舍潮濕再加上此段期間的畜舍溫度平均皆高於  $25^{\circ}C$ 。因此從本試驗顯示，臺灣南部每年 4 至 7 月份，牛隻可能皆處於輕度緊迫 ( $72 \leq THI < 79$ ) 至中度熱緊迫 ( $80 \leq THI < 89$ ) 的狀態。研究報告也指出，高溫多濕下畜舍即使使用降溫設備，牛隻仍遭受熱緊迫狀態 (Du *et al.*, 2007; Shiao *et al.*, 2011)。因此，此段飼養期間也可能是臺灣南部酪農業者需要面臨如何降低泌乳牛熱緊迫的重要時刻。

飼糧補充有機鋅、銅與錳對泌乳牛於高溫濕度指數下行動分數的結果，如圖 2。結果顯示，飼糧補充鋅、銅及錳對餵飼後 30、60、90 及 120 天之牛行動分數較對照組可分別減少 0.47、0.50、0.60 及 0.60 單位，顯示飼糧補充有機鋅、銅及錳可能有助改善牛隻腳蹄健康。牛隻行動分數 (locomotion score) 是一種分級方式，主要是用來判定牛隻行走時的跛腳嚴重程度。根據正在使用的行動分數評分方法，評估者必須評估多達 7 個特徵。但是大多數行動分數評分方法使用 3 到 5 個性狀，包括不對稱的步態 (asymmetric gait)、不願承擔重量 (reluctance to bear weight)、背部拱起 (arched back)、頭部擺動 (head bobbing) 和前後腳追蹤點 (tracking up) (Schlageter-Tello *et al.*, 2014)。因此行動分數的評分在飼養管理上可被用來作為牛隻腳蹄是否健康重要紀錄之一 (Whay, 2002; Flower and Weary, 2006)。鋅主要參與腳蹄真皮的健康與促進傷口的癒合 (Underwood, 1977)。且鋅在角質化 (keratinisation) 過程中，特別是催化 (catalytic)、結構 (structural) 和調節 (regulatory) 功能中扮演三個關鍵角色 (Cousins, 1996)。銅 (copper) 參與許多酶的活化。角質化角細胞中最重要的是硫醇氧化酶 (thioloxidase)。這種酶負責形成角蛋白絲半胱氨酸殘基之間的雙硫

鍵 (O'Dell, 1990)，為角化細胞基質提供了結構強度和剛性 (rigidity)。銅是細胞色素 C 氧化酶參與細胞有氧呼吸的活化所必需的，如果缺乏，可能限制分化角質形成細胞的能量供應 (Linder, 1996)，並產生角蹄病變。錳 (manganese) 在角質化中起間接作用，主要作為丙酮酸羧化酶 (pyruvate carboxylase) 關鍵酶系統的活化劑 (Tomlinson *et al.*, 2004)，此酵素主要是參與能量的產生。因此，鋅、銅及錳可能在腳蹄健康上面扮演者相互協同的重要角色。

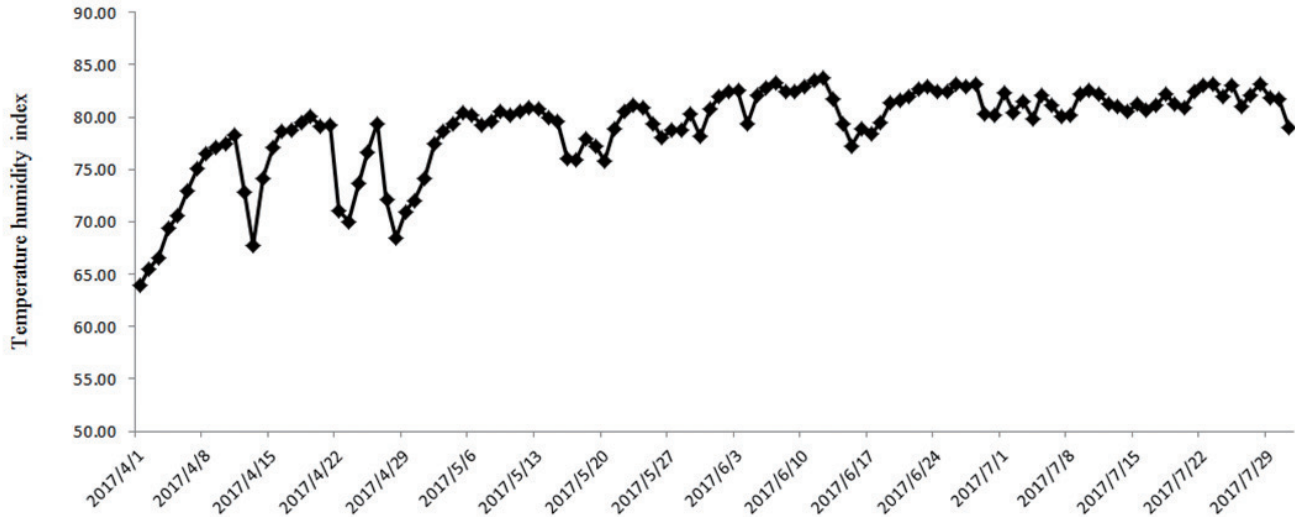


圖 1. 2017 年 4 至 7 月份牛舍室內溫溼度指數圖之變化 (平均值  $\pm$  SD)。

Fig. 1. Daily barn average temperature-humidity index from April to July in 2017 (means  $\pm$  SD).

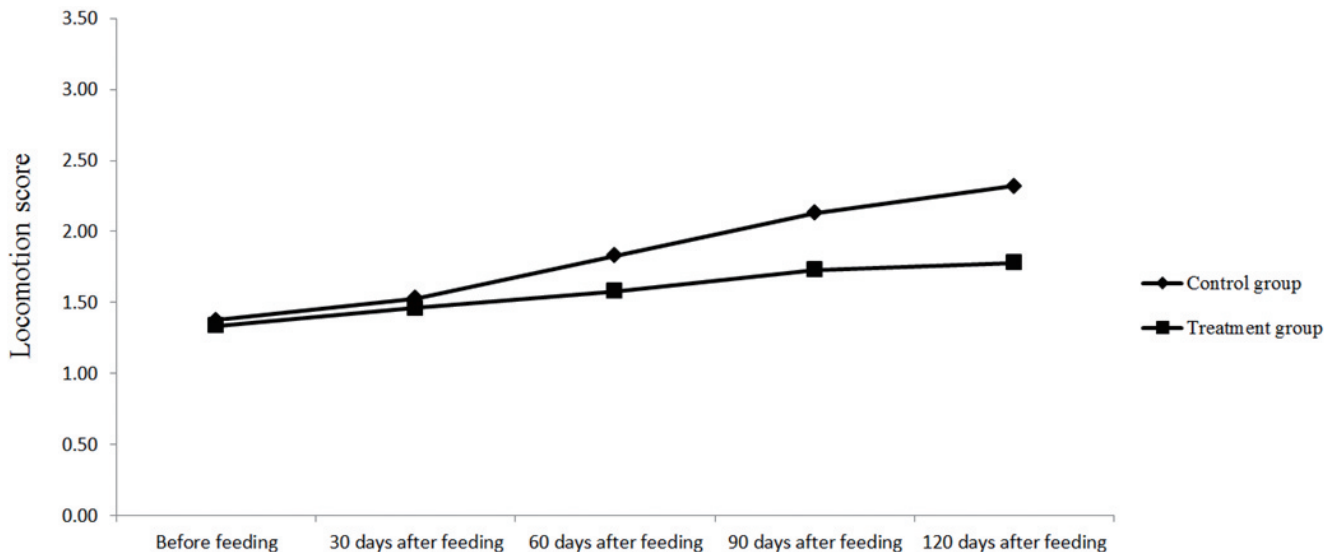


圖 2. 飼糧中補充鋅銅錳對高溫溼度指數下 (> 72) 荷蘭泌乳牛行動分數之影響 (平均值  $\pm$  SD)。

Fig. 2. Effect of Zn, Cu, and Mn supplementation on locomotion score of Holstein dairy cows under THI above 72 (means  $\pm$  SD).

乾物質採食量部份 (圖 3)，顯示不論是對照組或試驗組均隨著飼養天數增加，即溫濕度指數增加 (圖 1)，其牛隻乾物質採食量有下降之趨勢。但於每一階段試驗組 (補充鋅、銅及錳) 的乾物質採食量則有較對照組為高的趨勢。此部分可能是因為飼糧中補充鋅銅錳有助於泌乳牛隻行動分數，即改善腳蹄健康，進而提高牛隻乾物質採食量。但是對牛隻產乳量 (圖 4) 及體重 (圖 5) 無明顯差異。Ballantine *et al.* (2002) 於經產泌乳牛飼糧中每天每頭補充有機型式 (鋅銅錳以胺基酸螯合，而鈣以葡萄糖酸鹽螯合) 或無機型式 (以硫酸鹽螯合) 的鋅 360 mg、125 mg 銅、錳 200 mg 及鈣 12 mg，發現補充有機型式的鋅、銅、錳與鈣，有提升產乳量及改善腳蹄硬度，且以有機形式補充較以無機形式補充有增加乾物質採食量的趨勢。其螯合型式相同的產品應用在分娩前 3 週開始補充至分娩後 35 週

(Siciliano-Jones *et al.*, 2008), 發現也並未對產乳量產生影響, 但是補充有機鋅、銅與錳也具有改善牛隻腳蹄的完整性 (claw integrity)。Bach *et al.* (2015) 比較有機型式與無機型式的鋅、銅、錳與鈷對泌乳牛隻行動分數與乳產量之影響, 結果指出添加以有機型式的鋅、銅、錳與鈷有較少的牛隻跛腳 (lameness) 比例, 進而改善牛隻腳蹄健康, 但是試驗處理對產乳量無明顯影響。不過該試驗結果發現試驗處理與泌乳期期間有顯著的交感效應, 即添加有機型式的鋅、銅與錳於泌乳期第一個月有高的產乳量。因此, 該作者也指出增加泌乳早期牛隻的比例, 並部分使用有機型式的鋅、銅與錳進行取代對乳產量的潛在反應將更加明顯。不過有許多研究顯示, 當飼糧補充有機礦物質能改善產犢後 240 天的乳產量 (Ballantine *et al.*, 2002; Griffiths *et al.*, 2007)。Zhao *et al.* (2015) 於泌乳早期之健康牛群 (行動分數為 1 及 2 分) 或跛腳 (lameness, 行動分數為 3、4 及 5 分) 的泌乳牛群飼糧中補充 180 天的有機或無機型式的鋅 (50 mg/kg 乾物質)、銅 (12 mg/kg 乾物質) 及的錳 (20 mg/kg 乾物質), 發現乾物質採食量未受到有無跛腳或補充型式產生影響, 但是補充有機鋅、銅與錳有提高產乳量之趨勢, 且跛腳牛隻的腳蹄硬度 (hoof hardness) 也隨飼糧中補充有機鋅、銅與錳使試驗第 90 及 180 天有明顯的增加, 該作者也指出飼糧中補充有機鋅、銅與錳可有助改善泌乳牛群的腳蹄健康。

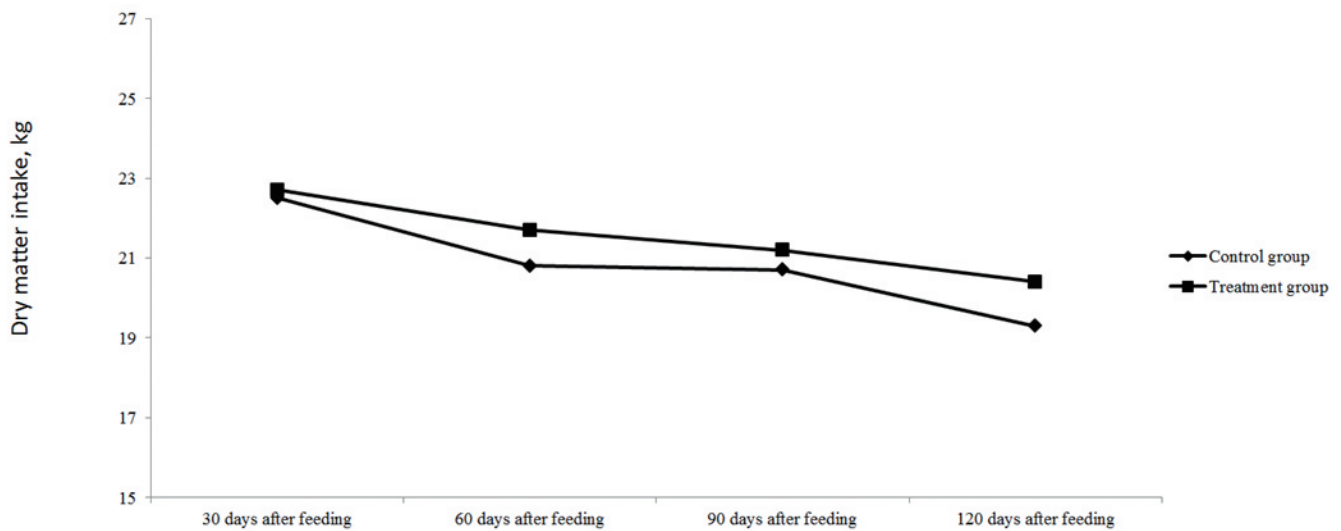


圖 3. 飼糧中補充鋅銅錳對高溫溼度指數下 (> 72) 荷蘭泌乳牛乾物質採食量之影響 (平均值  $\pm$  SD)。

Fig. 3. Effect of Zn, Cu, and Mn supplementation on dry matter intake of Holstein dairy cows under THI above 72 (means  $\pm$  SD).

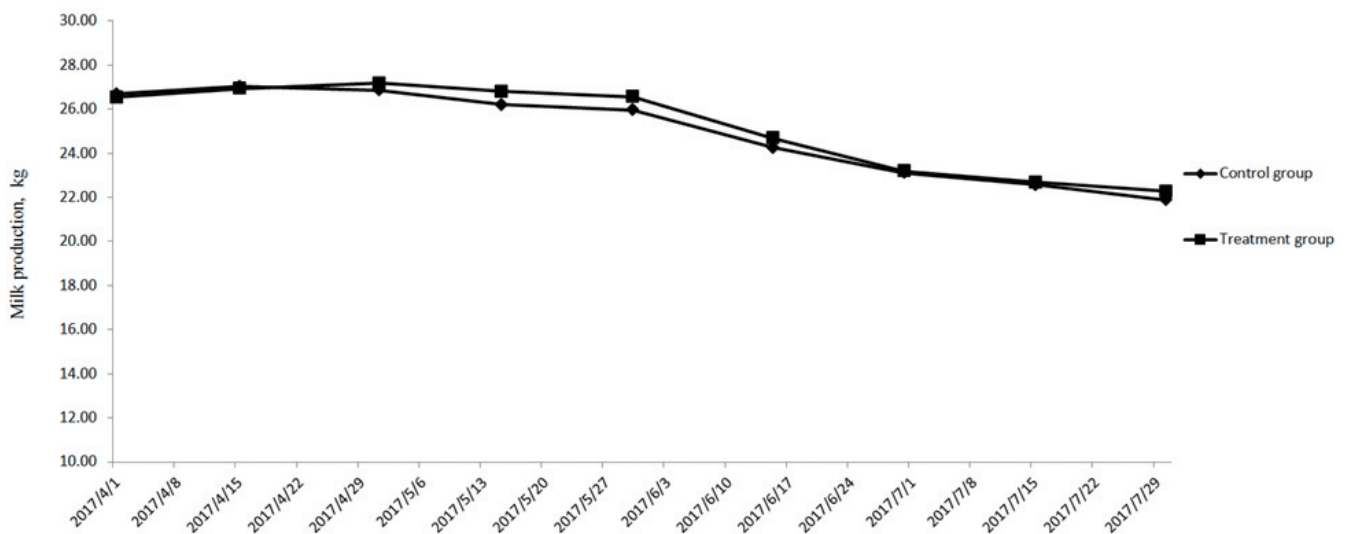


圖 4. 飼糧中補充鋅銅錳對高溫溼度指數下 (> 72) 荷蘭泌乳牛乳產量之影響 (平均值  $\pm$  SD)。

Fig. 4. Effect of Zn, Cu, and Mn supplementation on milk production of Holstein dairy cows under THI above 72 (means  $\pm$  SD).

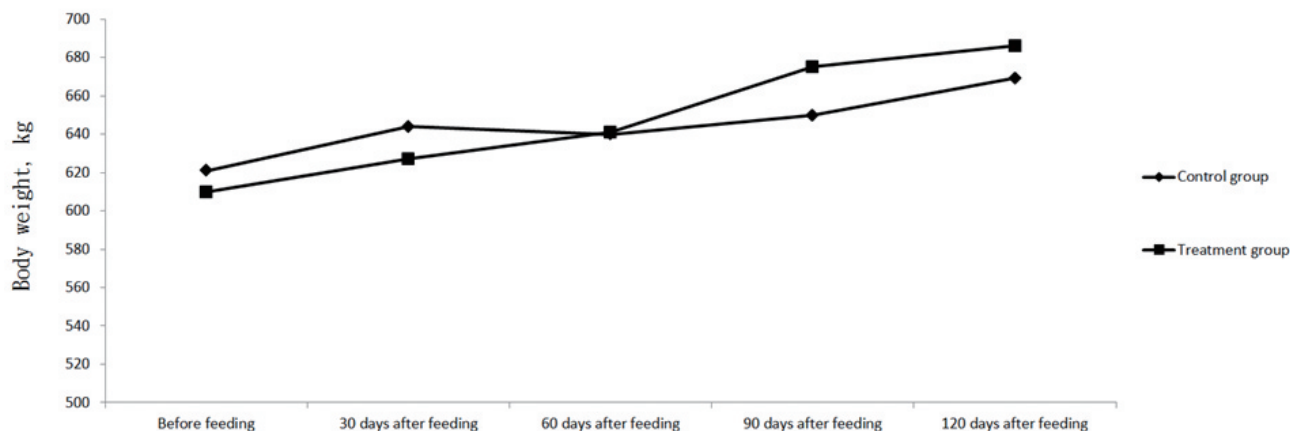


圖 5. 飼糧中補充鋅銅錳對高溫溼度指數下 (> 72) 荷蘭泌乳牛體重之影響 (平均值 ± SD)。

Fig. 5. Effect of Zn, Cu, and Mn supplementation on body weight of Holstein dairy cows under THI above 72 (means ± SD).

## 結 論

高溫多濕指數環境下 (大於 72)，飼糧補充有機鋅、銅及錳可能有助提高牛隻乾物質採食量的現象，同時也降低牛隻行動分數，即改善牛隻腳蹄健康。本試驗之結果可提供酪農於高溫濕度指數期間 (大於 72)，牛隻飼養管理之改善與牛隻營養補充之參考依據。

## 誌 謝

本試驗承行政院農業委員會經費補助 106 農科 -2.1.1- 畜 -L2(1)，試驗期間承畜產試驗所產業組同仁的現場飼養管理及營養組的飼料化驗分析，謹致謝忱。

## 參考文獻

- 張俊達、蕭宗法、楊德威、歐修汶、林義福、李春芳、蔡銘洋、王思涵。2017a。飼糧中添加維生素 C 與鐵對梅兩期間荷蘭泌乳牛泌乳與血液性狀之影響。臺灣農學會報 18(1)：30-42。
- 張俊達、蕭宗法、楊德威、歐修汶、林義福、李春芳、蔡銘洋、王思涵。2017b。飼糧中添加維生素 C 與鐵對熱季期間荷蘭泌乳牛泌乳與血液性狀之影響。臺灣農學會報 18(2)：97-111。
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- Bach, A., A. Pinto and M. Blanch. 2015. Association between chelated trace mineral supplementation and milk yield, reproductive performance, and lameness in dairy cattle. *Livest. Sci.* 182: 69-75.
- Ballantine, H. T., M. T. Socha, D. J. Tomlinson, A. B. Johnson, A. S. Fielding, J. K. Shearer and S. R. Van Amstel. 2002. Effects of feeding complexed zinc, manganese, copper, and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction, and lactation performance. *Prof. Anim. Sci.* 18: 211-218.
- Bruijnis, M. R., H. Hogeveen and E. N. Stassen. 2010. Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *J. Dairy Sci.* 93: 2419-2432.
- Cha, E., J. A. Hert, D. Bar and Y. T. Gröhn. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev. Vet. Med.* 97: 1-8.
- Chase, L. E. 2006. Climate change impacts on dairy science. In: *Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses*, Baltimore, MD, USA. pp. 17-23.
- Cousins, R. J. 1996. Zinc. In: Ziegler, E. E., Filer Jr., L. J. (Eds.), *Present Knowledge in Nutrition Seventh ed.*, Washington, DC, USA. pp. 293-306.
- Du, H. F., A. L. Dou, and W. Yang. 2007. Physiological variation of heat-stressed dairy cow and alleviating measures. *Chin. J. Hus.* 43: 59-62.

- Griffiths, L. M., S. H. Loeffler, M. T. Socha, D. J. Tomlinson and A. B. Johnson. 2007. Effects of supplementing complexed zinc, manganese, copper and cobalt on lactation and reproductive performance of intensively grazed lactating dairy cattle on the South Island of New Zealand. *Anim. Feed Sci. Technol.* 137: 69-83.
- Hahn, G. L., T. Mader, D. Spiers, J. Gaughan, J. Nienaber, R. Eigenberg, T. Brown-Brandl, Q. Hu, D. Griffin, L. Hungerford, A. Parkhurst, M. Leonard, W. Adams and L. Adams. 2001. Heat wave impacts on feedlot cattle: Considerations for improved environmental management. in Proc. 6th International Livestock Environment Symposium., American Society of Agricultural and Engineering, St. Joseph, MI, USA. pp. 129-130.
- Harrington, J. A. and E. Bowles. Jr. 2004. A climatology of hourly THI values for livestock producers. 14<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology. Poster Session 1-12, The 84<sup>th</sup> AMS Annual Meeting. Seattle, WA. USA.
- Huxley, J. N. 2013. Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livest. Sci.* 156: 64-70.
- Linder, M. C. 1996. In: Copper, E. E., Ziegler, Filer Jr., L. J. (Eds.), Present Knowledge in Nutrition Seventhed., ILSI Press, Washington, DC. USA. pp. 307-319.
- Madadzadeh, T., M. Nouri and I. Nowrouzian. 2013. Breed and season effects on the claw lesions of dairy cows in Ardebil, Iran. *Anim. Vet. Sci.* 1: 46-50.
- Mader, T. L. 2003. Environmental stress in confined beef cattle. *J. Anim. Sci.* 81: E110-E119.
- Miller, J. K., N. Ramserm and F. C. Madsen. 1988. The trace elements. *The Ruminant Animal*. D. C. Church, ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. USA. pp. 342-400.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 1976. Livestock hot weather stress. Regional Operations Manual Letter C-31-76. US Dep. Commerce, Natl. Oceanic and Atmospheric Admin., Natl. Weather Service Central Region, Kansas City, Missouri, USA.
- Nazirolu, M. and V. A. Yürekli. 2013. Effects of antiepileptic drugs on antioxidant and oxidant molecular pathways: Focus on trace elements. *Cell Mol. Neurobiol.* 33: 589-599.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th eded. Washington, D. C. National Academy Press.
- O'Dell, B. L. 1990. Copper. In: Brown, M. L. (Ed.), Present Knowledge in Nutrition sixthed., ILSI Press, Washington, DC. USA. pp. 261-267.
- Sanders, A. H., J. K. Shearer, and A. De Vries. 2009. Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 92: 3165-3174.
- SAS. 2002. SAS User's guide: basics, 2002 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Schlageter-Tello, A., E. A. M. Bokkers, P. W. G. G. Koerkamp, T. Van Hertem, S. Viazzi, C. E. B. Romanini, I. Halachmi, C. Bahr, D. Berckmans and K. Lokhorst. 2014. Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: A review. *Prev. Vet. Med.*, 116: 12-25.
- Shiao, T. F., J. C. Chen, D. W. Yang, S. N. Lee, C. F. Lee and T. K. Cheng. 2011. Feasibility assessment of a tunnel-ventilated, water-padded barn on alleviation of heat stress for lactating Holstein cows in a humid area. *J. Dairy Sci.* 94: 5393-5404.
- Siciliano-Jones, J. L., M. T. Socha, D. J. Tomlinson and J. M. DeFrain. 2008. Effect of trace mineral source on lactation performance, claw integrity, and fertility of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91: 1985-1995.
- Sprecher, D. J., D. E. Hostetler and J. B. Kaneene. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47: 1178-1187.
- Tomlinson, D. J., C. H. Mülling and T. M. Fakler. 2004. Invited review: Formation of keratins in the bovine claw: Roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *J. Dairy Sci.* 87: 797-809.
- Underwood, E. J. 1977. Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Fourth ed. Academic Press, NY. USA.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- West, J. W. 1995. Managing and feeding lactating dairy cows in hot weather. Bulletin 956/1995. The University of Georgia and Ft. Valley State College, the U.S.D.A. and Counties of the State Cooperating, USA.
- Whay, H. 2014. Locomotion scoring and lameness detection in dairy cattle. *In Pract.* 24: 444-449.
- Zhao, X. J., Z. P. Li, J. H. Wang, X. M. Xing, Z. Y. Wang, L. Wang and Z. H. Wang. 2015. Effects of chelated Zn/Cu/Mn on redox status, immune responses and hoof health in lactating Holstein cows. *J. Vet. Sci.* 16(4): 439-446.

# Effect of Zn and Cu and Mn supplementation on locomotion score and performance of Holstein cows under high temperature-humidity index <sup>(1)</sup>

Chun-Ta Chang <sup>(2)</sup> Tzong-Faa Shiao <sup>(2)</sup> Szu-Han Wang <sup>(4)</sup> Ling-Tsai Wu <sup>(2)(5)</sup>  
Ming-Yang Tsai <sup>(2)</sup> Churng-Faung Lee <sup>(3)</sup> and Yih-Fwu Lin <sup>(2)</sup>

Received: Jan. 19, 2018; Accepted: Feb. 14, 2018

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of dietary supplementation of organic form of Zn, Cu and Mn on locomotion score, dry matter intake, milk yield, and body weight of Holstein lactating cows under high Temperature-Humidity Index (THI) above 72. From April to July, a total of 24 Holstein lactating cows were randomly divided into two groups according to their body weight, milk yield, parity and days in milk. Cows received diets with adding 0 (control) and 360 mg zinc, 125 mg copper, and 200 mg manganese (head/day) respectively. The barn environmental parameters (including temperature, humidity and calculated THI), feed intake of cattle dry matter, locomotion score (5 points), body weight and milk yield were collected monthly for 4 months. The results showed that the THI in barn from April to July were  $73.9 \pm 6.2$ ,  $79.2 \pm 3.9$ ,  $82.0 \pm 3.9$  and  $81.5 \pm 3.4$ , respectively. Diet with organic zinc, copper and manganese supplementation decreased locomotion score while dry matter intake was increased with the continuous supplementation of organic zinc, copper and manganese for 30 and 60, 90 and 120 days. Milk yield and body weight were not affected by adding organic zinc, copper and manganese. In conclusion, Diets with organic zinc, copper and manganese supplementation might improve dry matter intake and hoof health of Holstein dairy cows under high THI.

Key words: Holstein lactating cows, Locomotion score, Organic copper, Organic manganese, Organic Zinc, Temperature-humidity index.

---

(1) Contribution No. 2588 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Animal Industry Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Nutrition Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Hsinchu Branch, COA-LRI, Miaoli 36841, Taiwan, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: wlt@mail.tlri.gov.tw.