

# 高溫濕度指數下補充維生素 E、硒與 $\beta$ -胡蘿蔔素對亞臨床性乳房炎荷蘭泌乳牛之泌乳性能與血液性狀之影響<sup>(1)</sup>

張俊達<sup>(2)</sup> 范耕榛<sup>(2)</sup> 王思涵<sup>(3)</sup> 吳鈴彩<sup>(4)(5)</sup>

收件日期：114 年 2 月 19 日；接受日期：114 年 5 月 23 日

## 摘 要

本試驗探討高溫濕度指數下 (temperature-humidity index, THI；大於 72) 額外補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素對荷蘭乳牛泌乳性能與血液性狀之影響。使用 21 頭亞臨床性乳房炎的荷蘭泌乳牛逢機分成三組，包括對照組 (不補充)、處理 1 組 (每天每頭額外補充 500 IU 維生素 E 與 6 mg 硒)、以及處理 2 組 (每天每頭額外補充 500 IU 維生素 E、6 mg 硒與 600 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素)，試驗期為 30 天包括第 1 至 20 天為適應期與第 21 天至 30 天為採樣期。結果顯示，試驗期間 THI 平均為  $74.6 \pm 2.8$ 。高 THI 下補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素並不影響採食量、產乳量與泌乳效率。乳成分部分，補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素較對照組增加乳脂率 ( $P = 0.19$ ，增加 2.5%) 及減少體細胞之趨勢 ( $P = 0.15$ ，減少 8.1%)。血液性狀部分，補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素組較對照組增加麩胱甘肽過氧化物酶 ( $P = 0.15$ ) 與總抗氧化能力 ( $P = 0.13$ ) 之趨勢。綜上所述，高 THI 下補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素降低牛乳體細胞數可能與提升抗氧化能力有關，因此可作為酪農在熱季期間營養補充之參考。

關鍵詞：荷蘭泌乳牛、亞臨床性乳房炎、高溫濕度指數。

## 緒 言

根據交通部中央氣象署農業氣象觀測網監測系統之歷史資料顯示，臺灣南部地區近三年每年 6 至 9 月份常發生高溫 (平均大於  $28^{\circ}\text{C}$ ) 且高相對濕度 (平均大於 RH 80%) 之現象。在這樣的氣候條件下，容易引起畜舍環境產生高 THI 造成牛隻熱緊迫，且每年這段時間對酪農戶都是需要去面臨的一項挑戰。Chase (2006) 的研究證實，當畜舍溫度超過  $25^{\circ}\text{C}$  或 THI 大於 72 時牛隻易產生熱緊迫的現象。Loven (1988) 與 Ganaie *et al.* (2013) 均指出，暴露在高溫下緊迫會產生自由基造成氧化緊迫 (oxidative stress)，主要是因為動物暴露在熱環境下會提高活性氧類 (reactive oxygen species, ROS) 與誘發氧化緊迫而導致細胞毒性 (cytotoxicity) (Bernabucci *et al.*, 2002)。因此，動物在熱環境下也會造成內源性抗氧化物質 (endogenous antioxidants) 的減少 (Pandey *et al.*, 2012)，因此補充抗氧化物質可能是減少氧化緊迫最適方法。維生素 E 可被視為脂質過氧化抑制者的阻斷 (chain blocker)，而硒是一種微量營養素且也是穀胱甘肽過氧化物酶 (Glutathione peroxidase, GSH-PX) 正常功能所必需的元素。穀胱甘肽過氧化物酶是一種預防性抗氧化劑，因為它可催化過氧化物為化為穩定的非自由基產物，從而抑制自由基的產生。 $\beta$ -胡蘿蔔素既可以作為預防性抗氧化劑，也可以作為鏈斷裂 (chain-breaking) 抗氧化劑，因為它可以有效清除單線態氧和其他活性氧，以防止氧化的引發，並捕獲自由基以阻止鏈式反應的傳播 (Krinsky, 1989)。維生素 E 與  $\beta$ -胡蘿蔔素對抵抗脂質過氧化反應產生協同作用，其中維生素 E 為破壞脂肪酸過氧化物鏈的反應，而  $\beta$ -胡蘿蔔素則是預防脂肪酸過氧化物鏈的開始 (Weiss, 2005)。因此本試驗目的在探討熱季高 THI 期間維生素 E、硒或  $\beta$ -胡蘿蔔素探討對荷蘭泌乳牛隻乾物質採食量、產乳量、乳成分以及血液生化反應之影響。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2829 號。  
(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。  
(3) 農業部畜產試驗所北區分所。  
(4) 農業部畜產試驗所畜產加工組。  
(5) 通訊作者，E-mail: wlt@mail.tlri.gov.tw。

## 材料與方法

本試驗動物之使用、飼養及實驗之內容皆依據農業部畜產試驗所實驗動物照護與使用小組之審查同意文件 (同意書編號: 113-20) 及試驗準則進行。

### I. 動物試驗環境

使用 21 頭荷蘭泌乳牛飼養在農業部畜產試驗所畜產經營組牛舍, 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 11.4 m<sup>2</sup>, 試驗期間提供降溫設施包括全日開起的 8 臺風扇 (36 吋, 2 馬力, 3 葉片, 風量 26,300 m<sup>3</sup>/h), 風扇置於採食走道及牛床上方所測得的風速介於 4 – 5 m/s, 而灑水降溫系統則設置在採食區頸部上方, 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 分鐘與停止噴水 4 分鐘。

### II. 試驗動物及飼養管理

自乳牛群性能改良計畫 (Dairy Herd Improvement, DHI) 的測乳結果, 挑選 21 頭亞臨床性乳房炎之荷蘭種泌乳牛, 其體細胞數持續維持在 200,000 cells/mL 以上, 且無任何臨床症狀 (乳房之紅、腫、熱、痛與乳質異常等) 分 3 組每組 7 頭, 各組皆包含 4 頭非懷孕牛隻與 3 頭懷孕牛隻, 其中對照組則依據 NRC (2021) 推薦給予因應熱緊迫調整飼糧 (Staples, 2007; Das *et al.*, 2016) 以滿足預期之蛋白質、礦物質與維生素需要量。而處理組為在對照組的相同基礎上, 再針對亞臨床性乳房炎額外補充, 包括處理 1 組則是每天每頭額外補充 500 IU 維生素 E (50% dl- $\alpha$ -tocopherol acetate, Sigma-Aldrich Production GmbH, Switzerland) 與 6 mg 硒 (商用甲硫胺酸螯合硒, 硒含量為 0.1%, Zinpro<sup>®</sup> Availa<sup>®</sup> Zn, zinpro corporation, US) (處理 1 組)、以及處理 2 組為每天每頭額外補充 500 IU 維生素 E、6 mg 硒與 600 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素 (Rovimix<sup>®</sup>  $\beta$ -Carotene containing 10%  $\beta$ -carotene; DSM Nutrition Products France, Village-Neuf, France)。對照組、處理 1 組與處理 2 組之牛隻乳量分別為 25.9  $\pm$  6.5、26.2  $\pm$  6.8 與 25.6  $\pm$  8.7kg; 胎次則分別為 1.9  $\pm$  0.9、2.0  $\pm$  0.8 及 1.8  $\pm$  1.1 胎; 泌乳天數分別為 204  $\pm$  24、194  $\pm$  30 與 210  $\pm$  26 天。試驗期為 30 天, 其中前 21 天為適應期, 第 22 至 30 天為採樣期。完全混合日糧 (total mixed ration, TMR) 組成包括百慕達乾草、苜蓿乾草、青貯玉米、麩皮、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. 試驗牛群之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 for lactating cows in trial

Ingredients	Percentage, % DM
Corn silage	15.49
Bermuda hay	16.38
Alfalfa hay	14.15
Brewer's grain, wet	5.44
Wheat bran	4.78
Corn, ground	23.92
Soybean meal, 43% CP	8.68
Soybean oil	2.47
Fish meal, 60% CP	3.91
Salt	0.27
Calcium phosphate	1.18
Limestone	1.18
Sodium bicarbonate	1.45
Premix <sup>1</sup>	0.30
Total	100.00
Composition, % of DM	
Crude protein, %	17.1

表 1. 試驗牛群之完全混合日糧之組成及營養成分 (續)

Table 1. Ingredients and nutrient composition of the total mixed ration for lactating cows in trial (continued)

Ingredients	Percentage, % DM
Neutral detergent fiber, %	33.2
Acid detergent fiber, %	18.0
Calcium, %	1.3
Phosphorus, %	0.7
Net energy of lactation <sup>2</sup> , Mcal/kg	1.69

<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> Net energy of lactation value is calculated according to NRC (2001).

### III. 測定項目

#### (i) 牛舍環境參數

牛舍內分別放置各 3 組溫濕度感應器 (HOBO pro RH/Temp, Onset Computer Corporation, MA, USA)。於試驗期間連續每隔 1 小時測定及記錄溫濕度一次，每週將資料轉錄至電腦中以進行牛舍與運動場環境參數的累計與分析並計算 THI 值，THI 值以 National Oceanic and Atmospheric Administration (1976) 法計算，其公式  $THI = 9/5 \times T + 32 - 0.55 \times (1 - RH) \times (9/5 \times T - 26)$ ，T 為氣溫 (°C)；RH 為相對濕度 (%)，風速則是依據中央氣象局畜產試驗所分站所測量。

#### (ii) 牛隻性能表現

- 牛隻乾物質採食量：每日記錄各組牛群的 TMR 下午上午提供量、隔日下午剩餘量及實際各組牛頭數，並依牛隻採食情形適當增減 TMR 提供量，調整各組剩料量為其配製量的 5 至 10%。每日採集各組 TMR 與各組剩料，密封於 -20°C 凍存，或即開始 55°C 的烘乾 48 hr 秤重，以計算每組每日乾物質採食量。
- 乳量及乳成分：每日擠乳兩次，分別為清晨 4：30 與下午 3：45，由電腦記錄個別牛隻泌乳量。於試驗開始時與第 29 與 30 天採集個別牛隻乳樣兩天，混合個別牛各日上、下午乳樣後，送至農業部畜產試驗所北區分所 DHI 乳樣檢驗中心，以多功能快速乳製品成分分析儀 (MilkoScan™ FT+, Denmark)，分析乳脂率、乳糖率、乳蛋白質率、無脂固形物率、總固形物率、尿素氮以及體細胞數。另於試驗開始後若發現體細胞數大於 50 萬 /mL，則進行加州乳房炎試驗 (California mastitis test, CMT) 來檢驗牛乳，若 CMT 呈現陽性反應，則判定為乳房炎牛隻。
- 血液生化值分析測定：於試驗開始後第 30 天，試驗牛隻於上午餵食後 3 小時進行以不含抗凝劑之採集管經尾靜脈採集血液 10 mL，靜置後以 3,000 × g 離心 15 分鐘 4°C (Cheng *et al.*, 2016) 取得血清後並以 -40°C 下保存，以血液生化分析儀 (Hitachi 7070, Japan) 分析超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD)、穀胱甘肽過氧化酶 (glutathione peroxidase, GSH-Px)、總抗氧化能力 (total antioxidant capacity, TAC)、麩胺酸草乙酸轉胺酶 (glutamic oxaloacetic transaminase, GOT)、麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamic pyruvate transaminase, GPT)、肌酸磷酸激酶 (creatine phosphokinase, CPK)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH) 及鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP) 等分析。

### IV. 統計分析

溫濕度指數、產乳量、乾物質採食量、乳成分及血液性狀以平均值表示。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。當  $P < 0.05$ ，代表各組間有顯著差異，再以最小平方均值 (least squares mean) 測定法比較各組平均值間差異之顯著性。

## 結果與討論

試驗期間牛舍內 (24 小時) 之平均 THI 變化如圖 1。牛舍整天的平均 THI 為  $74.6 \pm 2.8$ ，試驗期間平均每日整點時間所測得的 THI 皆大於 72，特別是上午 5 點之後 THI 就逐漸上升至下午 2 點，然後逐漸下降至隔天早上 4 點。其測定的結果與張及范 (2024) 所測得的 THI ( $76.4 \pm 2.8$ ) 結果相似，牛隻皆屬於輕度熱緊迫環境 (THI 介於 72

至 78)。當 THI 大於 72 時，牛隻易產生熱緊迫現象，進而影響到牛隻採食量下降與生乳體細胞數之增加 (Chase, 2006)。顯示臺灣南部在每年熱季可能容易造成畜舍多處於高溫多濕的環境，Shiao *et al.* (2011) 指出畜舍內增加降溫設施可以舒緩，但是高溫多濕的環境仍會造成牛隻產生熱緊迫狀態。因此酪農每年 6 至 10 月皆需要去面臨與克服的問題。

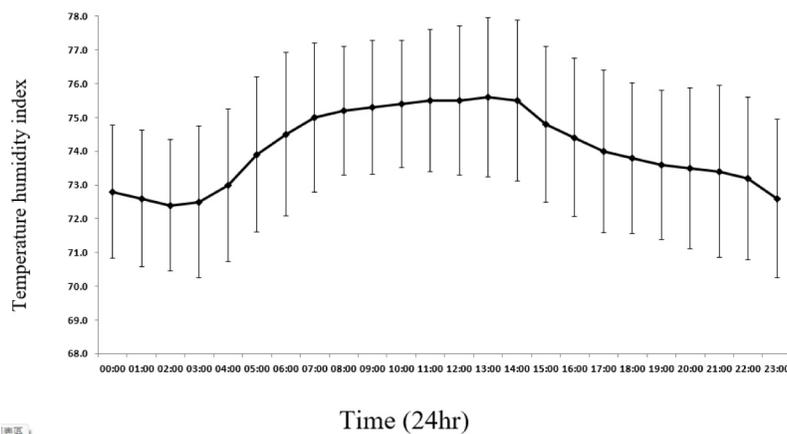


圖 1. 試驗期間 (2024 年 6 至 7 月份) 牛舍環境之溫濕度指數變化。

Fig. 1. Daily temperature and humidity index changes in cowshed during June-July in 2024 (means  $\pm$  SD).

高 THI 下補充微量元素對荷蘭泌乳牛泌乳表現的影響如表 2。結果顯示，雖然乾物質採食量、產乳量與泌乳效率 (產乳量 / 乾物質採食量) 皆未受試驗處理呈顯著影響，但是補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素較對照組可分別增加 2% 乾物質採食量與 2.1% 產乳量。張等 (2016) 在熱季期間 (THI 平均為  $81.95 \pm 3.3$ ) 於荷蘭泌乳牛飼糧中補充維生素 E 與硒，結果發現也並未對採食量、產乳量與泌乳效率產生顯著差異。Guerra *et al.* (2012) 則是使用 20 頭艾爾夏 (Ayrshire) 泌乳牛分 2 組進行試驗，分別為對照組 (不補充) 與處理組為補充 300 IU 維生素 E 與 0.3 ppm 硒，結果指出雖然採食量未受到影響，但是補充維生素 E 與硒有顯著提升產乳量。de Ondarza *et al.* (2009) 使用荷蘭泌乳牛於每天每頭補充 425 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素發現並未影響產乳量，但是 Arechiga *et al.* (1998) 發現於熱緊迫下荷蘭泌乳牛每天每頭補充 400 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素則有顯著增加產乳量，該作者指出增加產乳量可能是因為  $\beta$ -胡蘿蔔素可以提高乳腺的抗氧化狀態從而維持乳腺泡上皮細胞 (alveolar epithelial cells) 的功能。

表 2. 熱季期間補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素對荷蘭泌乳牛泌乳表現之影響

Table 2. Effect of vitamin E, selenium, and  $\beta$ -carotene supplementation on lactation performance of Holstein lactating cows during the hot season

Items	Dietary treatments*			P-value
	Control	Vit E + Se	Vit E + Se + $\beta$ -Caroten	
Dry matter intake, kg	18.9	19.2	19.3	0.65
Body weight, kg	634	648	639	0.53
Milk production, kg	23.7	23.9	24.2	0.64
Milk efficiency (milk/intake)	1.25	1.24	1.25	0.58
Milk composition				
Fat, %	3.60	3.63	3.69	0.19
Protein, %	3.23	3.22	3.26	0.92
Lactose, %	4.84	4.84	4.89	0.67
Solid of non-fat, %	8.87	8.91	8.96	0.68
Somatic cell counts, 10,000/mL	28.4	26.9	26.1	0.15
Mastitis, %	42% (3/7)	28% (2/7)	14% (1/7)	

\* Dietary treatments were no trace element included with top dress (Control), 500 IU Vitamin E and 6 mg Selenium included with top dress (Vit E + Se) or 500 IU Vitamin E, 6 mg Selenium and 600 mg  $\beta$ -Carotene included with top dress (Vit E + Se +  $\beta$ -Carotene).

乳成分部分，試驗補充維生素 E 與硒並未影響乳成分，此結果與張等 (2016) 於熱季期間補充維生素 E 與硒結果相似，但是本試驗補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素較對照組增加乳脂率 ( $P = 0.19$ ，增加 2.5%) 及減少體細胞數之趨勢 ( $P = 0.15$ ，減少 8.1%) 之趨勢，且本試驗補充維生素 E 與硒或補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素可分別減少 14% 及 28% (每組 7 頭其中對照組發生 3 頭、維生素 E 與硒組發生 2 頭以及維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素組發生 1 頭) 的乳房炎發生。de Ondarza *et al.* (2009) 每天每頭補充 425 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素有增加荷蘭泌乳牛隻 (泌乳天數 0 至 200 天) 乳脂率的趨勢，該作者推測並指出可能是因為補充  $\beta$ -胡蘿蔔素改變瘤胃生物氫化作用 (rumen biohydrogenation) 並減少瘤胃中反式 10 異構體 (trans-10 isomers) 的形成，進而減少乳脂的抑制作用，或者也有可能是因為補充  $\beta$ -胡蘿蔔素對瘤胃纖維素分解菌有正面效應 (Hino *et al.*, 1993)。Kumar *et al.* (2020) 使用 12 頭雜交泌乳牛分成 2 組包括對照組 (不補充) 與試驗組為每天每頭補充 500 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素且試驗持續 30 天，結果發現補充  $\beta$ -胡蘿蔔素補充到第三週有減少生乳體細胞數之趨勢 ( $P = 0.17$ )，到了第四週有顯著降低生乳體細胞數 ( $P < 0.05$ )，作者表明在牛群飼糧中添加  $\beta$ -胡蘿蔔素，可透過降低體細胞數來改善生乳品質。Oliveira *et al.* (2015) 於經產泌乳牛每天每頭補充 1.2 g  $\beta$ -胡蘿蔔素，結果指出有降低大於 20 萬體細胞之比例的趨勢，作者指出此部分可能是因為  $\beta$ -胡蘿蔔素可作為抗氧化劑有關。然而補充  $\beta$ -胡蘿蔔素也可能與提升免疫能力有關，Michal *et al.* (1994) 發現每天每頭補充 300 mg 或 600 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素可提高血中  $\beta$ -胡蘿蔔素濃度，但是補充 600 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素可增加淋巴球的增殖 (lymphocyte proliferation)，作者指出  $\beta$ -胡蘿蔔素可能透過提高淋巴細胞與吞噬細胞的功能來增強宿主的防禦機制進而降低某些生殖疾病的發生率。本試驗在試驗期間每組各有 4 頭未懷孕的泌乳牛，其中對照組於試驗後第 11 天經觸診發生 1 頭懷孕、維生素 E 與硒組則是於試驗後 18 天發生 1 頭，而維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素組則分別於試驗後第 18 天與第 25 天經觸診各發現 1 頭懷孕共計 2 頭。但是本試驗的試驗天數為 30 天且試驗牛隻並未進行同期化，因此本試驗的繁殖結果是否是因為補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素所造成的影響仍有待評估，未來可能需要有較長的試驗時間以及同期化處理來進一步探討。Figueiredo *et al.* (2024) 指出子宮內膜炎容易造成人工授精後受精作用的損害及早期胚胎死亡率增加，進而降低受胎率。Arechiga *et al.* (1998) 的研究報告指出每天每頭補充 400 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素可提高牛隻的懷孕率。Lotthammer (1979) 指出補充  $\beta$ -胡蘿蔔素可以提高子宮復舊與排卵，並降低卵巢囊腫與早期胚胎死亡率的發生率。泌乳牛每天補充  $\beta$ -胡蘿蔔素可能有利於  $\beta$ -胡蘿蔔素在子宮與卵巢轉化為維生素 A (Schweigert, 2003)。細胞培養研究 (Young *et al.*, 1995) 指出， $\beta$ -胡蘿蔔素在黃體細胞中可防止側鏈裂解酶 (side-chain cleavage enzymes) 失去活性，而側鏈裂解酶可能與類固醇合成過程中透過非二硫鍵 (nondisulfide) 與皮質鐵氧還蛋白 (adrenodoxin) 提供的電子以共價鍵交聯。這可能意味著  $\beta$ -胡蘿蔔素可以保護膽固醇側鏈裂解酶免受氧自由基的傷害。

熱季期間補充維生素 E 與硒或補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素對血中酵素與抗氧化狀態的影響如表 3 所示。結果顯示，不管是補充維生素 E 與硒或補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素皆未對 GOT、GPT、AP、CPK 及 LDH 產生顯著影響。張等 (2016) 在熱季期間 (THI 平均為  $81.95 \pm 3.3$ ) 於荷蘭泌乳牛飼糧中補充維生素 E 與硒也未對 GOT、AP、LDH 及 CPK 產生顯著影響，但是 GPT 有受到維生素 E 與硒的補充有減少的趨勢 (減少 17%， $P = 0.18$ )，而本試驗補充維生素 E 與硒或補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素則分別減少 7 及 5%。GPT 存在於血漿及多種身體組織中，最常與肝臟關聯，而 GPT 濃度含量的增加往往與肝損傷等疾病存在 (Kauppinen, 1984)。然而健康泌乳牛隻 (泌乳期 90 天至泌乳期結束) 之血中 GOT 與 GPT 數值分別為  $44.91 \pm 6.93$  與  $20.08 \pm 3.74$  IU/L，而本試驗三組牛隻的 GOT 及 GPT 數值分別 64.6 至 66.4 及 24.4 至 26.3 IU/L 皆較 Stojevi *et al.* (2005) 所述的牛隻為高，顯示可能有受熱緊迫現象。抗氧化狀態部分，補充維生素 E 與硒或補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素並未增加 SOD 含量，但是補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素較對照組有提高 GSH-Px ( $P = 0.15$ ) 趨勢。酵素型抗氧化系統 (enzymatic antioxidants) 可透過其額外電子消除氧化分子的不成對價電子，並在控制氧化平衡中發揮至關重要的作用 (Suresh *et al.*, 2009)。先前的研究顯示，熱緊迫下會使乳牛血中的 TAC 和 SOD 水平降低導致氧化壓力的增加 (Megahed *et al.*, 2008; Safa *et al.*, 2008)。本試驗的結果顯示維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素等各元素之間可能產生協同作用，使得 TAC 有增加的傾向 ( $P = 0.13$ )。因此，本試驗牛乳體細胞數的減少可能是受到補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素使得體內的抗氧化能力提升有關。

表 4 熱季期間補充微量元素對荷蘭泌乳牛之經濟效益評估。本試驗額外補充維生素 E、有機硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素之每天每頭成本分別為 0.6 元、0.03 元以及 2.16 元，因此補充維生素 E 與有機硒之額外補充成本約新臺幣 0.63 元，而補充維生素 E、有機硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素之額外補充成本為約新臺幣 2.79 元。每日每頭飼料費分別為新臺幣 298.6 元、303.4 元及 304.9 元。每日乳款收入扣除飼料費後之粗收益，額外補充維生素 E、有機硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素組較對照組增加 1.5% 之粗收益。

表 3. 熱季期間補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素對荷蘭泌乳牛血液生化值之影響Table 3. Effect of vitamin E, selenium, and  $\beta$ -carotene supplementation on blood biochemical values of Holstein lactating cows during the hot season

Items	Dietary treatments*			P-value
	Control	Vit E + Se	Vit E + Se + $\beta$ -Caroten	
Glutamic-oxal actaic transminase (IU/L)	66.4	65.2	64.6	0.54
Glutamate-pyruvate transiniase (IU/L)	26.3	24.4	24.9	0.42
Alkaline phosphatase (IU/L)	30.5	29.0	28.6	0.45
Lactate dehydrogenase (IU/L)	667	658	629	0.35
Creatine phosphokinase (IU/L)	165	149	150	0.52
Superoxide dismutase (U/mL)	45.4	45.1	44.5	0.35
Glutathione peroxidase (U/L)	294	312	325	0.15
Total antioxidant capacity ( $\mu$ M)	643	669	690	0.13

\* Dietary treatments were no element included with top dress (Control), 500 IU Vitamin E and 6 mg Selenium included with top dress (Vit E + Se) or 500 IU Vitamin E, 6 mg Selenium and 600 mg  $\beta$ -Carotene included with top dress (Vit E + Se +  $\beta$ -Carotene). Top dress vehicle was 300 g of dried concentrate.

表 4. 熱季期間補充維生素 E、硒與  $\beta$ -胡蘿蔔素對荷蘭泌乳牛之經濟效益評估Table 4. Evaluation of economic benefit of dietary additional supplementation vitamin E, selenium, and  $\beta$ -carotene for Holstein lactating cows

Items	Dietary treatments*		
	Control	Vit E + Se	Vit E + Se + $\beta$ -Caroten
Diet price, NT\$/kg DM	15.8	15.8	15.8
Diet fee, NT\$/cow/day	298.6	303.4	304.9
Milk price, NT\$/kg	30.6	30.6	30.6
Milk income, NT\$/cow/day	725.2	731.3	740.5
IOFC, NT\$/cow/day <sup>1</sup>	426.6	427.9	435.4
IOFC, %	(100%)	(100%)	(102.0%)

\* Dietary treatments were no element included with top dress (Control), 500 IU Vitamin E and 6 mg Selenium included with top dress (Vit E + Se) or 500 IU Vitamin E, 6 mg Selenium and 600 mg  $\beta$ -Carotene included with top dress (Vit E + Se +  $\beta$ -Carotene). Top dress vehicle was 300 g of dried concentrate.

<sup>1</sup> IOFC: income over feed cost.

## 結 論

熱季期間 (THI 為  $74.6 \pm 2.8$ ) 泌乳牛隻額外補充 500 IU 維生素 E、6 mg 硒與 600 mg  $\beta$ -胡蘿蔔素並不影響牛隻乾物質採食量、產乳量與泌乳效率，但是有提升抗氧化狀態與減少乳體細胞之趨勢。本試驗之結果可提供酪農於熱季期間牛隻營養補充之參考。

## 參考文獻

張俊達、蕭宗法、楊德威、歐修汶、林義福、李春芳、王思涵。2016。飼糧中添加維生素 E 與硒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 17: 318-329。  
張俊達、范耕榛。2024。高溫多濕指數下提供夜間運動場對泌乳早期荷蘭泌乳牛行動分數、泌乳性能與血液生化值

之影響。臺灣農學會報 23 : 135-145。

- Arechiga, C., S. Charles, L. R. McDowell, and P. J. Hansen. 1998. Effects of timed insemination and supplemental  $\beta$ -carotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. *J. Dairy Sci.* 81: 390-402.
- Bernabucci, U, B. Ronchi, N. Lacetera, and A. Nardone. 2002. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. *J. Dairy Sci.* 85: 2173-2179.
- Chase, L. E. 2006. Climate change impacts on dairy science. In: *Climate change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses*, held at March 7th, Baltimore, MD, USA.
- Cheng, J., N. Zheng, X. Sun, S. Li, J. Wang, and Y. Zhang. 2016. Feeding rumen-protected gamma-aminobutyric acid enhances the immune response and antioxidant status of heat-stressed lactating dairy cows. *J. Therm. Biol.* 60: 103-108.
- Das, R., L. Sailo, N. Verma, P. Bharti, J. Saikia, Imtiwati, and R. Kumar. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Vet. World* 9: 260-268.
- de Ondarza, M. B., J. W. Wilson, and M. Engstrom. 2009. Case study: Effect of supplemental beta-carotene on yield of milk and milk components and reproduction of dairy cows. *Prof. Anim. Sci.* 25: 510-516.
- Figueiredo, C. C., H. F. Monteiro, F. Cunha, D. Z. Bisinotto, A. R. Ruiz, G. A. Duarte, Y. Ge, F. S. Lima, M. Mohamadzadeh, K. N. Galvão, and R. S. Bisinotto. 2024. Shifts in uterine microbiome associated with pregnancy outcomes at first insemination and clinical cure in dairy cows with metritis. *Sci. Rep.* 14: 11864.
- Ganaie, A. H., G. Shanker, N. A. Bumla, R. S. Ghasura, and N. A. Mir. 2013. Biochemical and physiological changes during thermal stress in bovines. *Iran J. Appl. Amin. Sci.* 4: 423-430.
- Guerra, L. J. E., O. J. A. Saltijeral, V. H. Castaneda, N. A. Cervantes, A. Cordova-Izquierdo, and Q. J. Moreno. 2012. Effects of the selenium and vitamin e in the production, physicochemical composition and somatic cell count in milk of Ayrshire Cows. *J. Anim. Veter. Adv.* 11: 687-691.
- Hino, T., N. Andoh, and H. Ohgi. 1993. Effects of  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol on rumen bacteria in the utilization of long chain fatty acids and cellulose. *J. Dairy Sci.* 76: 600-605.
- Kauppinen, K. 1984. ALAT, AP, ASAT, GGT, OCT, activities and urea and total bilirubin concentrations in plasma of normal and ketotic dairy cows. *Zbl. Vet. Med.* 31: 567-576.
- Krinsky, N. I. 1989. Antioxidant functions of carotenoids. *Free Radic. Biol. Med.* 7: 617-635.
- Kumar, V., V. K. Paswan, D. Kumar, T. R. Bhosale, B. Jakhar, and R. Kumar. 2020. Effect of  $\beta$ -carotene on somatic cells count in cow milk. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 11: 2297-3002.
- Lotthammer, K. H. 1979. Importance of beta-carotene for the fertility of dairy cattle. *Feedstuffs.* 51: 37-38
- Loven, D. P. 1988. A role for reduced oxygen species in heat induced cell killing and the induction of thermo tolerance. *Med Hypotheses* 26: 39-50.
- Megahed, G., M. Anwar, S. Wasfy, and M. Hammad. 2008. Influence of heat stress on the cortisol and oxidant-antioxidants balance during oestrous phase in buffalo-cows (*Bubalus bubalis*): thermo-protective role of antioxidant treatment. *Reprod. Domest. Anim.* 43: 672-677.
- Michal, J. J., L. R. Heirman, T. S. Wong, B. P. Chew, M. Frigg, and L. Volker. 1994. Modulatory effects of dietary  $\beta$ -carotene on blood and mammary leukocyte function in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 1408-1421.
- 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.
- National Research Council. 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* 8th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Oliveira, R. C., B. M. Guerreiro, N. N. Morais, R. L. Araujo, and R. A. Pereira. 2015. Supplementation of parturient dairy cows with beta-carotene. *J. Dairy Sci.* 98: 6304-6314.
- Pandey, N., N. Kataria, A. K. Kumar, A. Joshi, and S. L. Narayan. 2012. Extreme ambiances vis-a-vis endogenous antioxidants of Marwari goat from arid tracts in India. *ELBA Bioflux.* 4: 29-33.
- Safa, S., S. Kargar, G. A. Moghaddam, M. G. Ciliberti, and M. Caroprese. 2019. Heat stress abatement during the postpartum period: effects on whole lactation milk yield, indicators of metabolic status, inflammatory cytokines, and biomarkers of the oxidative stress. *J Anim. Sci.* 97: 122-132.
- SAS. 2002. *SAS User's guide: basics, 2002 edition.* SAS institute Inc., Cary, NC.
- Schweigert, F. J. 2003. Changes in the concentration of  $\beta$ -carotene, alpha-tocopherol and retinal in the bovine corpus luteum

- during the ovarian cycle. *Archives of Anim. Nutri.* 57: 307-310.
- Shiao, T. F., J. C. Chen, D. W. Yang, S. N. Lee, C. F. Lee, and W. 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.
- Staples, C. R. 2007. Nutrient and feeding strategies to enable cows to cope with heat stress conditions. Pages 93-108 in 22nd Annu. Southwest Nutr. Manage. Conf., Tempe, AZ. Univ. Arizona, Tempe.
- Stojevi, Z., J. Piršljn, S. Milinkovi-Tur, M. Zdelar-Tuk, and B. B. Ljubi. 2005. Activities of AST, ALT and GGT in clinically healthy dairy cows during lactation and in the dry period. *Vet. Arh.* 75: 67-73.
- Suresh, D. R., V. Annam, K. Pratibha, and B. M. Prasad. 2009. Total antioxidant capacity - a novel early bio-chemical marker of oxidative stress in HIV infected individuals. *J. Biomed. Sci.* 16: 61-65.
- Weiss, W. P. 2005. Antioxidants nutrients, cow health and milk quality. p.11-18. Dairy Cattle Nutrition Workshop, Department of Dairy and Animal Sciences, Penn State.
- Young, F. M., W. B. Luderer, and R. J. Rodgers. 1995. The antioxidant  $\beta$ -carotene prevents covalent cross-linking between cholesterol sidechain cleavage cytochrome P450 and its electron donor, adrenodoxin, in bovine luteal cells. *Mol. Cell. Endocrinol.* 109: 113-118.

# Effects of vitamin E, selenium and $\beta$ -carotene supplementation on lactation performance and blood parameters of Holstein lactating cows with subclinical mastitis under high temperature humidity index <sup>(1)</sup>

Chun-Ta Chang <sup>(2)</sup> Geng-Jen Fan <sup>(2)</sup> Szu-Han Wang <sup>(3)</sup> and Ling-Tsai Wu <sup>(4)(5)</sup>

Received: Feb. 19, 2025; Accepted: May 23, 2025

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of dietary supplementation of vitamin E, selenium and  $\beta$ -carotene on milking performance and blood biochemical response of Holstein lactating cows with subclinical mastitis under high temperature-humidity index (THI greater than 72). A total of 21 Holstein lactating cows were assigned into three groups according to their body weight, milk yield, parity and days in milk. Cows received diets containing 0 (control), and 500 IU vitamin E, 0.3 ppm selenium, and 500 IU vitamin E, 0.3 ppm selenium and 600 mg  $\beta$ -carotene daily for 30 days. The average THI during the hot season was  $74.2 \pm 1.2$ . Dry matter intake, milk yield, and lactation efficiency were not affected among treatments under high THI. Compared to the control, milk fat increased by 2.5% ( $p = 0.19$ ) and decreased milk somatic cell count (SCC) by 8.1% ( $P = 0.15$ ) with vitamin E, Se, and  $\beta$ -carotene supplementation. Compared to the control group, blood glutathione peroxidase ( $p = 0.15$ ) and total antioxidant capacity ( $p = 0.13$ ) were trendily increased by vitamin E, Se, and  $\beta$ -carotene supplementation. In summary, adding vitamin E, Se and  $\beta$ -carotene to dairy cows tended to increase antioxidant capacity, resulting in a decrease in SCC under high THI. Therefore, dairy farmers can use it as a reference to supplement nutrition during the hot season.

Key words: Holstein lactating cow, Subclinical mastitis, Temperature humidity index.

---

(1) Contribution No. 2829 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Northern Region Branch, MOA-TLRI, Xihu, Miaoli 368003, Taiwan, R. O. C.

(4) Animal Products Processing Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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