



國立臺灣大學獸醫專業學院臨床動物醫學研究所

碩士論文

Institute of Veterinary Clinical Science

School of Veterinary Medicine

National Taiwan University

Master's Thesis

γ -胺基丁酸做為飼料添加劑於改善亞熱帶乳牛之熱緊迫試驗

The Effect of γ -Aminobutyric Acid as a Feed Additive on Heat Stress
in Subtropical Dairy Cows

段雲傑

Tuan, Yun-Chieh

指導教授：季昭華 教授

Advisor: Professor Chi, Chau-Hwa

中華民國一十四年七月

July 2025

國立臺灣大學碩(博)士學位論文
口試委員會審定書

MASTER'S THESIS (DOCTORAL DISSERTATION) ACCEPTANCE CERTIFICATE
NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY

γ -胺基丁酸做為飼料添加劑於改善亞熱帶乳牛之熱緊迫試驗

The Effect of γ -Aminobutyric Acid as a Feed Additive on Heat Stress in Subtropical Dairy Cows

本論文係 段雲傑 R11643005 在國立臺灣大學 臨床動物醫學研究所 (系/所/學位學程)
完成之碩(博)士學位論文，於民國 114 年 7 月 8 日承下列考試委員審查通過及口試及
格，特此證明。

The undersigned, appointed by the Department / Graduate Institute of Veterinary Clinical Sciences on 08/07/2025 (date/month/year) have examined a Master's Thesis (Doctoral Dissertation) entitled above presented by Tuan Yun-Chieh R11643005 candidate and hereby certify that it is worthy of acceptance.

口試委員 Oral examination committee:

李昭華

余品安

李國華

(指導教授 Advisor)

系(所、學位學程)主管 Director:

林中天

致謝

三年說長不長說短不短，三年也終於走到最後，感謝一路上大家的幫忙，雖然論文題目換了很多次，從黑熊變成乳牛，野生動物做到大動物，但不管哪個題目，也從中學到很多東西，也不會是白費。也要感謝在論文研究上給予幫助的人們，最初美秀老師在黑熊研究上的討論與合作，雖然最後換了題目與黑熊無緣，但有機會與老師合作已機會難得。也謝謝主要幫助我題目選擇的國華學長，在研究的討論以及各種結果的討論，都不遺餘力幫助，也時常在牧場現場給予指導及開討論會。牧場的凱程大學長，讓我有機會可以接觸到大動物的臨床，以及一直想踏入卻無門可入的大動物醫療世界，重新認識草食動物以及大動物世界與其他動物醫療的不同，當然最重要是感謝季昭華跟余品煥老師給我實際去現場做大動物的機會，從臨床上再到研究上對大動物都多了更深的認識。

在臨床上，學習了很多特寵醫療，也學習了各種野生動物及大動物的醫療，雖然可能都只學了皮毛，還是要感謝研究室有這些機會讓我有許多碰多學，當然還是很謝謝研究室大家的包容，包容我很任性的跑去牧場做大動物，包容我長時間不在研究室，給大家多分擔研究室的事情，各種造成大家的困擾，真的很抱歉，更感謝同學巧紋的罩我，謝謝各位軒睿、皓茶、奕蓁在我一年級時給我的指導鞭策，看劇夥伴瑋貞、運動夥伴明熹、一直叫我唸書的大鼻、從收容中心來跟我一起胡鬧的莞宜、跟我一起接手黑熊的冠儒、以及我好像沒有教過什麼給一年級的亞樺、許甯跟會飛，謝謝跟我各種聊天或是抱怨事情。謝謝爸媽在我突然說要在念一次研究所時給予支持，然後在我說想要休學時叫我不准休，叫我撐下去，謝謝家裡兩隻大狗狗旺旺跟妞妞讓我每次回家可以一直嚕狗嚕不停，讓我覺得動物還是很可愛的，還有那六隻不太理我的貓咪。

還有很多在這研究所幫助過的人，這段時間感謝大家，不管是大事小事，一路上感謝大家才有辦法順利畢業，感謝各位。

段雲傑 謹誌

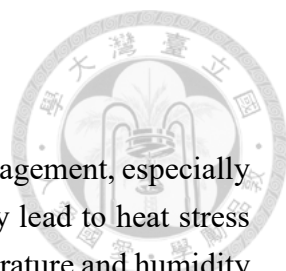
國立臺灣大學 獸醫專業學院 臨床動物醫學研究所

中華民國一〇四年七月二十日

中文摘要

環境因子對乳牛的飼養影響深遠，特別是在高溫高濕的條件下，容易導致乳牛出現熱緊迫及免疫功能受損等問題。當環境溫度與濕度升高時，乳牛會經歷不同程度的熱緊迫，表現出尋找遮蔭、增加飲水量、體溫升高與喘氣等明顯行為，同時其懷孕率、採食量及泌乳量也會下降。在多數國家中，溫濕度指數（Temperature Humidity Index, THI）達 68-74 被視為熱緊迫的臨界點。然而，臺灣屬於熱帶及亞熱帶氣候，夏季氣溫常超過 30°C，且相對濕度高達 75% 以上，臺灣每年約有 8 個月的 THI 超過熱緊迫臨界值。本研究旨在評估透過添加 γ -胺基丁酸（Gamma-aminobutyric acid, GABA）來緩解乳牛熱緊迫的影響。試驗於 THI 大於 72 時進行，將 20 頭泌乳牛分為兩組：試驗組（餵食 3 公克 GABA 每頭牛）與對照組（未添加 GABA），試驗為期 2 個月。結果顯示，試驗組乳牛的活動量在第 8 週顯著低於對照組，且雖然泌乳量無顯著差異，但試驗組在試驗末期泌乳增加量有呈現上升趨勢。此外，試驗組乳品質中的體細胞分數差值在第 2 週及第 3 週顯著低於對照組，且於試驗後段時期乳房炎累計發生率，試驗組（3/40）低於對照組（12/40），而於血液學、血清學及糞便評分則無明顯變化皆在正常生理範圍內。綜合而言，作為飼料添加劑，GABA 可能具有鎮靜效果，使乳牛活動量穩定，並顯示降低乳品質中體細胞數的潛力。此外，GABA 在反芻時間、乳品質檢測及血液學指標上，未見不良影響。因此，在臺灣等高溫高濕地區，GABA 可作為有效減緩乳牛熱緊迫深具潛力的飼料添加劑，以減輕熱緊迫對乳牛的影響。

關鍵字：荷仕登乳牛、溫濕度指數、熱緊迫、 γ -胺基丁酸、泌乳量



Abstract

Environmental factors have a profound impact on dairy cow management, especially under conditions of high temperature and humidity, which can easily lead to heat stress and compromised immune function in cows. As environmental temperature and humidity rise, cows experience varying degrees of heat stress, exhibiting obvious behaviors such as seeking shade, increased water intake, elevated body temperature, and panting. At the same time, their conception rate, feed intake, and milk yield tend to decrease. In most countries, a Temperature-Humidity Index (THI) between 68 and 74 is considered the threshold for heat stress. However, Taiwan's tropical and subtropical climate often features summer temperatures exceeding 30°C and relative humidity above 75%, resulting in over eight months each year with THI values surpassing the heat stress threshold.

This study aims to evaluate the effects of supplementing feed with gamma-aminobutyric acid (GABA) in alleviating heat stress in dairy cows. The experiment was conducted when the THI exceeded 72. Twenty lactating cows were divided into two groups: a treatment group (fed 3 grams of GABA per cow) and a control group (no GABA supplementation). The trial lasted for two months. Results showed that the activity level of cows in the treatment group was significantly lower than that of the control group in the eighth week. Although there was no significant difference in milk yield, the treatment group showed an increasing trend in milk production toward the end of the trial.

In addition, the somatic cell count (SCC) difference in milk was significantly lower in the treatment group during the second and third weeks compared to the control group. Moreover, during the later stage of the experiment, the cumulative incidence of mastitis was lower in the treatment group (3/40) than in the control group (12/40). Hematological, serum, and fecal score assessments showed no significant changes and remained within normal physiological ranges.

In summary, as a feed additive, GABA may exert a calming effect that helps stabilize cow activity levels and shows potential for reducing somatic cell counts in milk. Furthermore, GABA did not negatively affect rumination time, milk quality, or hematological parameters. Therefore, in hot and humid regions such as Taiwan, GABA can be considered an effective feed additive to mitigate the adverse effects of heat stress in dairy cows.

Keywords: Holstein dairy cows, Temperature-Humidity Index (THI), Heat stress, Gamma-aminobutyric acid (GABA), Milk production

目 次



論文口試委員審定書	i
致謝	ii
中文摘要	iii
Abstract	iv
目 次	v
圖 次	vi
表 次	viii
第一章 前言	1
第二章 文獻探討：	3
第一節 γ -胺基丁酸（Gamma-aminobutyric acid; GABA）	3
第二節 泌乳生理學	8
第三節 牛隻行為表現	11
第三章 試驗目的與試驗流程	13
第一節 試驗目的	13
第二節 試驗流程	13
第四章 材料與方法	14
第一節 試驗材料與動物分組	14
第二節 試驗方法	15
第五章 結果	17
第六章 討論	36
第七章 結論	40
第八章 參考文獻	41
第九章 附件	43
碩士學位口試-委員提問 Q&A	61

圖 次

圖 1、 γ -氨基丁酸 (GABA) 抑制神經元的衝動傳遞。.....	4
圖 2、實驗流程圖及血液及乳品採樣時間。.....	13
圖 3、田間試驗場地為桃園合作之乳牛場。.....	14
圖 4、瘤胃保護性 γ -胺基丁酸飼料添加劑。.....	14
圖 5、試驗場域溫濕度指數 (THI) 及試驗期間之變化。.....	22
圖 6、試驗期間對照組及試驗組之牛隻活動量 (分/日) 變化。.....	23
圖 7、試驗期間對照組及試驗組之牛隻反芻時間 (分/日) 變化。.....	23
圖 8、試驗期間對照組及試驗組之牛隻原始泌乳量 (公升) 變化。.....	26
圖 9、試驗期間對照組及試驗組之牛隻原始泌乳量週次與第 0 天之差值百分比 (%)。.....	26
圖 10、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 4%乳脂肪校正乳量 (公斤) 變化。.....	26
圖 11、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 4%乳脂肪校正乳量週次與第 0 天之差值百分比 (%)。.....	26
圖 12、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪蛋白質校正乳量 (公斤) 變化。.....	26
圖 13、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪蛋白質校正乳量週次與第 0 天之差值百分比 (%)。.....	26
圖 14、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪蛋白質乳糖校正乳量 (公斤) 變化。.....	27
圖 15、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪蛋白質乳糖校正乳量週次與第 0 天之差值百分比 (%)。.....	27
圖 16、試驗期間對照組及試驗組之牛隻國際酪農比較網路校正乳量 (公斤) 變化。.....	27
圖 17、試驗期間對照組及試驗組之牛隻國際酪農比較網路校正乳量週次與第 0 天之差值百分比 (%)。.....	27
圖 18、試驗初始及結束時對照組及試驗組之牛隻各校正乳量之泌乳增加比例 (%)。.....	27
圖 19、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪 (%) 變化。.....	29
圖 20、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳蛋白質 (%) 變化。.....	29
圖 21、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳糖 (%) 變化。.....	29
圖 22、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳無脂固形物 (%) 變化。.....	29
圖 23、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳尿素氮 (mg/dL) 變化。.....	29
圖 24、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳體細胞分數 (SCS) 變化。.....	29
圖 25、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳體細胞分數變化。.....	30
圖 26、試驗期間對照組及試驗組之牛隻白蛋白 (g/dL) 變化。.....	33
圖 27、試驗期間對照組及試驗組之牛隻葡萄糖 (mg/dL) 變化。.....	33
圖 28、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 AST (U/L) 變化。.....	33

圖 29、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 GGT (U/L) 變化。	33
圖 30、試驗期間對照組及試驗組之牛隻血清尿素氮 (mg/dL) 變化。	33
圖 31、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 NEFA (mmol/L) 變化。	33



表 次

表 1、試驗期間使用之牛隻狀態，包含胎次及泌乳天數（試驗第 0 天）。	20
表 2、試驗期間使用之牛隻狀態，包含發情次數及醫療紀錄。（續）	20
表 3、試驗期間使用之全混合日糧（TMR）營養成分分析。	21
表 4、試驗期間使用之全混合日糧（TMR）原料。	21
表 5、試驗期間之試驗場域溫、濕度及溫濕度指數 (THI)紀錄統計表。	22
表 6、試驗期間試驗組及對照組牛隻之每週及每月反芻時間及活動量。	23
表 7、試驗期間試驗組及對照組牛隻之每週及每月平均日泌乳量及各校正乳量比較。	24
表 8、試驗期間試驗組及對照組每週平均泌乳增加量及各校正乳增加量比較。 .	25
表 9、試驗期間試驗組及對照組牛隻之每週及每月乳品分析檢驗。	28
表 10、試驗期間試驗組及對照組牛隻之生乳體細胞數及體細胞分數。	30
表 11、試驗期間試驗組及對照組牛隻之血液學分析。	31
表 12、試驗期間試驗組及對照組牛隻之第 0、2、4、6 及 8 週及第 1 及 2 月之血清生化學檢驗。	32
表 13、試驗期間試驗組及對照組牛隻之糞便性狀評估。	34
表 14、試驗期間試驗組及對照組熱緊迫範圍下之整體生理變化表。	35

第一章 前言

環境因子對於飼養乳牛有很大的影響，如大氣溫度、濕度等若過高容易造成乳牛出現熱緊迫（Heat stress）及免疫功能受損等現象，熱緊迫的發生不僅會使免疫力下降如誘使小牛免疫球蛋白的減少，還會增加自身的氧化壓力，如泌乳中期的乳牛會因熱緊迫發生出現抗氧化活性降低等。（Cheng JB *et al.*, 2016）

在臺灣，常見的乳牛為荷仕登乳牛（Holstein Friesian），屬於溫帶地區的牛種，一般所適應溫度約在攝氏-0.5-20 °C 之間，在此溫度間乳牛的泌乳及繁殖性能表現可以維持在 95%水準以上，直腸溫度也可以維持在 38.4 到 39.3 °C 範圍。但當環境溫度與濕度開始升高時，溫度高於 25 °C，牛隻會開始處於不同程度的熱緊迫，此時牛隻會開始尋找遮蔭處、增加飲水量、體溫升高、喘氣等明顯行為出現，同時懷孕率、採食量及泌乳量也會降低。（Hsieh CH *et al.*, 2007）

當溫濕度持續上升造成熱緊迫發生時，產生的乳汁會發生變化，包括乳量下降、乳成分改變、泌乳期縮短、乳房炎好發率上升及體細胞數上升等跡象，在繁殖性能方面、包括會造成繁殖障礙、配種失敗及卵子品質變差等。乳牛為了去應付熱緊迫，需要花費更多能量來平衡熱量，使得身體能量減少，造成瘤胃蠕動下降、反芻時間降低及採食量下降，總體上採食量可能降低 8 至 20%、泌乳量降低 10 至 30%，而受孕率可能降低到只有 10%或甚至 0%。

在熱緊迫時，會導致乳牛賀爾蒙紊亂而使繁殖性能下降，正常時由大腦下視丘所分泌促性腺素釋放素（Gonadotropin-Releasing Hormone; GnRH）刺激腦下垂體分泌濾泡刺激素（Follicle-stimulating hormone; FSH）及黃體成長激素（Luteinizing hormone; LH）去促使卵巢濾泡的排卵以及黃體的成形，分別刺激雌激素（Estrogen）及黃體素（Progesterone; P4），使牛隻有發情行為以及促使胚胎發育及支持懷孕狀態等。而熱緊迫發生時，FSH 會因為抑制激素（Inhibin）的下降而使得分泌上升，高濃度的 FSH 會使中間體型的濾泡排卵，而大型的優勢濾泡排卵下降，卵子品質變差導致雌激素分泌下降。優勢濾泡的下降及中體型濾泡的排卵，這也造成了雙排卵現象的好發，容易導致乳牛懷上雙胞胎，而當雙胞胎中胎兒為龍鳳胎（一公一母）時，便會出現生物學上的馬丁效應（Freemartin），使得雙胞胎中的女牛發展無生育能力。同時熱緊迫使得 LH 分泌下降，黃體功能受影響，黃體素也下降，乳牛發情行為變少，甚至卵母細胞破壞及胚胎發育能力受損，最終導致繁殖率下降，繁殖障礙中濾泡囊腫的機率也會上升，便造成酪農很大的經濟損失。

熱緊迫的界定，可以藉由動物的臨床表徵觀察，例如牛會尋覓遮蔽物，增加飲水量，體溫上升（39°C以上），喘氣等，另一種方式以客觀的數值呈現，使用溫度及相對濕度去計算一個數值，稱為溫濕度指數（Temperature-humidity index; THI）（ $THI = (1.8 \times \text{攝氏溫度} + 32) - 0.55 (1 - \text{相對濕度} \%) \times (1.8 \times T - 26)$ ），大部分國家中以此指數介於 68-74 時為熱緊迫發生之臨界點（critical value），當指數介於 72-79 時為輕度熱緊迫，80-89 為中度熱緊迫，90-99 時為嚴重熱緊迫。（Guo WJ *et al.*, 2017）

乳牛對熱的敏感性使得熱帶與亞熱帶地區的酪農業面臨挑戰，臺灣為一個熱

帶及亞熱帶的國家，夏天溫度時常為 30°C 以上，海島國家相對濕度又達 75% 以上，根據統計臺灣至少有 8.55 個月指數是超過熱緊迫臨界點的。而應對熱緊迫的策略大致有以下幾點，(1) 改善牛舍的環境及建築，(2) 飼料成分的調整，(3) 飲水量的品質增加，(4) 飼料添加物的給予（維生素 AED、益生菌等），而本次的試驗目的便是藉由在飼料中添加 γ -氨基丁酸（Gamma-aminobutyric acid; GABA）來做為減緩牛隻熱緊迫的影響。（Hsieh CH *et al.*, 2007）

γ -氨基丁酸為一種脊椎動物中的抑制性神經傳導物質，在昆蟲中的 GABA 受體則有抑制性及興奮性的作用，因此也作為節肢動物的殺蟲劑使用，例如芬普尼（Fipronil）的使用便是這種藥物。 γ -氨基丁酸主要存在在成年的哺乳動物之中，包括中樞神經系統、周邊神經系統及非神經組織中，可以在中樞神經系統中發揮作用，抑制交感神經，活化副交感神經，而使得動物增加採食量及減少緊迫帶來的影響，是具有調節體溫之功能及在緊迫反應中扮演調節的角色，目前有許多飼料添加劑在經濟動物的應用，例如：白蝦、雞、豬、小鼠、乳牛等，小動物犬貓中則常用作抗痙攣藥物、寧神劑及食慾促進劑等使用。（Chand N *et al.*, 2016）（Zhang M *et al.*, 2012）（Xie WY *et al.*, 2013）（Wang DM *et al.*, 2013ab）（Cheng JB *et al.*, 2014）

第二章 文獻探討：

第一節 γ -氨基丁酸 (Gamma-aminobutyric acid; GABA)

γ -氨基丁酸 (GABA) 抑制神經元的衝動傳遞。可以大致區分為兩種 GABA 受體 (圖 1)，包括 (1) GABA_A 受體，它具有氯離子 (Cl^-) 孔道，若 GABA 與該受體結合時，氯離子 (Cl^-) 會進入細胞內，導致膜電位超極化而抑制神經元的興奮；(2) GABA_B 受體，可以與 G 蛋白偶聯的受體，GABA 與該受體結合時，抑制 cAMP 的產生及增加鉀離子 (K^+) 通過 (超極化)，並減少鈣離子 (Ca^{2+}) 的通透性，來減少神經傳遞物質的釋放 (圖 1)。GABA 通過抑制交感神經和促進副交感神經活動，降低動物的緊迫反應 (如心率升高和血壓升高)，進而改善動物的行為和生理狀態。

釋放出的 GABA 會迅速被突觸間隙回收。在脊髓中，GABA 的回收部分會被氨基酸甘氨酸 (Glycine) 取代。破傷風毒素 (Tetanus toxin) 的作用和番木鱉鹼 (Strychnine) 的抽搐作用便是由於這系統的干擾。GABA_A 受體對藥物治療非常重要，苯二氮平類藥物 (Benzodiazepines, BZD) 特別影響這些受體，使 GABA 作用變為異位增強劑 (allosteric reinforcers)，增強抑制性中間神經元的作用，從而減少增加的肌肉張力。GABA_B 受體則會被巴克洛芬 (Baclofen，一種肌肉鬆弛劑) 所激發，這類物質統稱為中樞肌肉鬆弛劑。(Luellmann H *et al.*, 2017)

GABA 於身體中是由幾個週邊系統產生，其量與中樞神經系統 (CNS) 濃度相當，因此存在於體循環中，其中被記錄的周邊 GABA 來源的兩種組織分別為卵巢和胰臟組織。在胰臟中，GABA 由 β 細胞所分泌，並且與胰島素的分泌是獨立且分開的，通過 GABA_A 受體以旁分泌的方式刺激胰島素的產生。此作用與 GABA 在中樞神經系統中的抑制作用形成對比，並且是由於在兩種組織中氯離子 (Cl^-) 協同轉運蛋白表達的差異所致。 γ -氨基丁酸還通過 GABA_A 受體對胰腺 α 細胞的升糖素 (Glucagon) 分泌產生抑制作用，而胰島素則以旁分泌方式作用於向上調控這些受體在 α 細胞表面的表達。當需要增加血糖的情況下，升糖素通過刺激糖質新生途徑來抗衡胰島素的作用。

(1) Gabapentin：

Gabapentin 是一種合成的 GABA 類似物，能夠穿過血腦屏障發揮抗癲癇作用，其作用為增加神經元中的 GABA 含量來發揮效用，通過抑制電壓依賴型鈣離子 (Ca^{2+}) 通道來降低神經元的鈣離子水平，從而抑制興奮性神經遞質的釋放 (如 glutamate 谷氨酸)，為目前犬貓小動物中最常使用之 GABA 類藥物。(Hsu WH, 2011)

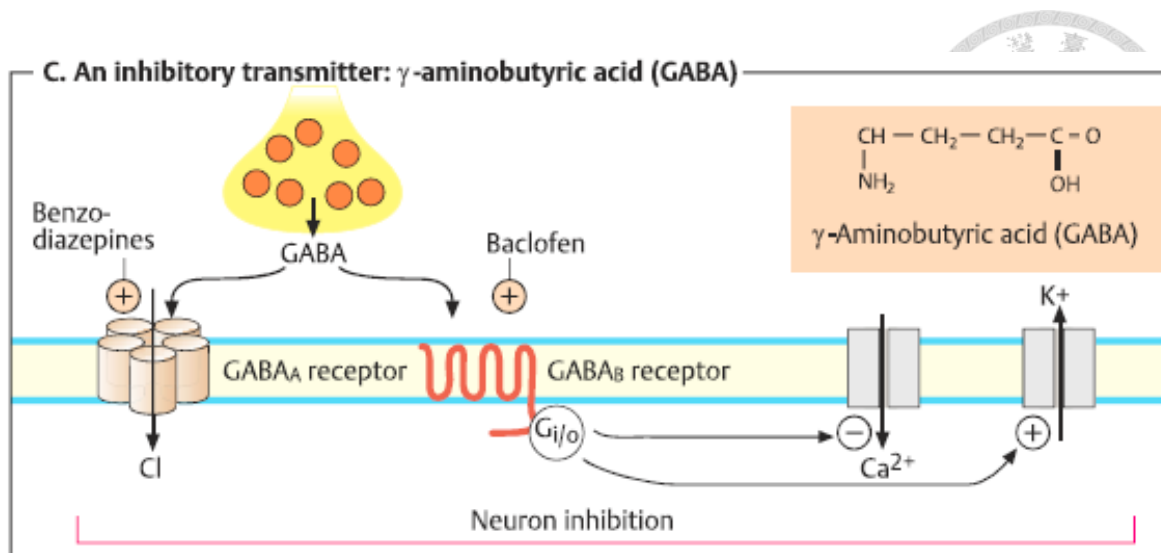


圖 1、 γ -氨基丁酸 (GABA) 抑制神經元的衝動傳遞。

可以大致區分為兩種 GABA 受體 (1) GABA_A 受體, (2) GABA_B 受體。
(Luellmann H *et al.*, 2017)

(2) GABA 於乳牛熱緊迫：

GABA 的分泌和作用可能對有熱緊迫的泌乳牛有幫助，乳牛的繁殖表現在夏季會因熱緊迫而受到阻礙，現場上最容易觀察到的是受孕率的下降，當呼吸頻率超過 60 次/分鐘且直腸溫度超過攝氏 38.9 度時，表示泌乳牛已經有嚴重熱緊迫的影響。暴露於熱緊迫下會影響許多生理現象，包括卵泡發育和動態、動情週期長度和黃體素的產生。(Cheng JB *et al.*, 2016)

GABA 參與熱緊迫反應的證據是泌乳牛在熱緊迫期間通常表現出高胰島素血症狀態 (Hyperinsulinemia)，特別是循環系統中胰島素的增加，因為它與乾物質攝取量減少和低血糖同時存在。目前尚不清楚這種改變的血糖狀態是如何建立或調節的，以及它可能具有什麼生理目的。循環胰島素和葡萄糖的擾動可能與熱緊迫期間生殖狀態的受損有關，因為兩者對生育能力都很重要，已知胰島素對產後濾泡 (Follicular) 發育有正面影響，但會損害卵母細胞 (Oocyte) 的品質，在攝食上面改變去增加母牛和女牛體內循環胰島素濃度會降低體外囊胚 (Blastocyte) 的發育速度。GABA 已被證明在調節循環胰島素濃度方面發揮作用，並與哺乳動物的生殖功能有關，GABA 和黃體素 (Progesterone) 之間的相互作用是雙向且高度依賴性的，與正常生殖過程有關，例如 LH 的分泌調節和精子過度活躍，也與許多疾病有關，包括經前煩躁症、圍產期憂鬱症、月經性癲癇和多囊性卵巢症候群等，也有發現 GABA 與黃體素具有協同作用，增強輸卵管纖毛活動，此對於精子或卵子的運送非常重要。(Arneson AG *et al.*, 2024)

大多數有關泌乳牛 GABA 的研究都是基於向熱緊迫牛補充瘤胃保護形式的 GABA。泌乳牛日糧中添加 GABA 會使得乾物質採食量增加、直腸溫度降低、泌乳量 (4% 脂肪校正乳、能量校正乳) 適度增加、改善乳成分 (乳脂、乳蛋白、乳糖、乳尿素氮、總固形物) 以及免疫分子濃度的各種變化，以緩解熱緊迫。(Arneson

AG *et al.*, 2024) (Cheng JB *et al.*, 2014)

熱緊迫會刺激乳牛的下視丘-垂下垂體-腎上腺軸 (HPA 軸)，這種神經內分泌反應目的在減少熱緊迫的負面影響。在熱緊迫下視丘的旁室核 (Paraventricular nucleus) 會產生促腎上腺皮質激素釋放激素 (Corticotropin-releasing hormone; CRH)，CRH 作用於腦下垂體促腎上腺皮質激素 (Adrenocorticotrophic hormone, ACTH) 的分泌，ACTH 透過影響皮質醇 (Cortisol) 來調節乳牛的熱緊迫。除腎上腺外，甲狀腺對溫度也高度敏感，並會受到高環境溫度造成熱緊迫的影響。在血清學中可使用七種指標來評估乳牛的熱緊迫狀態，包括肌酸磷化酶 (Creatine kinase, CK)、乳酸去氫酶 (Lactate dehydrogenase, LDH)、促腎上腺皮質激素 (ACTH)、糖皮質素 (Glucocorticoids, GC)、IL-2、IL-6、熱休克蛋白 (Heat shock protein 70, HSP70)，CK 及 LDH 是參與系統反應的重要酵素，CK 存在於動物的腦、心臟及肌肉中，與能量運輸及肌肉收縮有關，LDH 則存在組織細胞的細胞質中，可將丙酮酸轉化為乳酸，當熱緊迫發生時會增加 CK 活性及活性氧 (Reactive oxygen species, ROS) 的產生，使細胞膜的完整性被破壞，細胞膜通透性增加後，使 CK 及 LDH 滲出至血液中；ACTH 及 GC 為熱緊迫重要的荷爾蒙指標，GC 對壓力敏感，在維持內環境上非常重要；IL-2 的合成與免疫細胞上 ACTH 受體表現所調節，IL-2 的濃度可以反映 T 細胞的活性，且 IL-2 為一種吸熱因子，可作用於下視丘來提高體溫；HSP70 是乳牛細胞在熱緊迫下維持基本功能的分子伴侶 (Molecular chaperone；種協助細胞內分子組裝和協助蛋白質摺疊的蛋白質)；在 Guo 的試驗中，給予乳牛含 GABA 的瘤胃保護膠囊，LDH 下降可能具有抗細胞損傷的功能，ACTH、GC、IL-2 及 IL-6 下降，表示可以減緩熱緊迫及發炎反應。(Su Y *et al.*, 2023) (Guo WJ *et al.*, 2017)

而在 Su 研究中，GABA 並沒有改變熱緊迫乳牛血液中的相關神經內分泌激素，例如 CRH、ACTH、甲狀腺刺激激素 (thyroid-stimulating hormone, TSH) 和皮質醇 (Cortisol)，及血清中的氧化代謝物如超氧化物歧化酶 (Superoxide dismutase, SOD)、麩胱甘肽過氧化物酶 (Glutathione peroxidase, GSH-PX) 和總抗氧化能力 (Total antioxidant capacity, T-AOC) 的濃度，對其他性能改善、熱壓力緩解、免疫功能或抗氧化能力沒有影響，另外發現給予 10 g/d 的瘤胃保護型 GABA 可以增加牛乳中的蛋白質產量，表示 GABA 具有潛在改善牛奶蛋白質的功效。而在 Cheng 的研究中給予瘤胃保護型式 GABA 可以加強體液免疫 (Humoral immunity) 提高 IgA 及 IgG 的濃度，可能可以藉由抑制生長抑制激素 (Somatostatin) 及腎上腺皮質素來增強免疫球蛋白的產生，淋巴球方面還會增加 CD⁴⁺ 及 CD⁸⁺ 淋巴球強化細胞免疫反應，同時降低 IL-2、IL-4、IL-6 及 TNF- α 的濃度，表示可以減緩熱緊迫引發的發炎反應具有抗發炎效果，抗氧化能力上則可見 MDA 下降，SOD、GSH-Px 及 T-AOC 上升，表示抗氧化狀態增強及氧化壓力的減少。(Su Y *et al.*, 2023) (Cheng JB *et al.*, 2016)

(3) GABA 於雞熱緊迫及剪喙壓力：

蛋雞在高溫高濕環境下會因為血管血流的變化及呼吸頻率的增加來應對環境溫度變化，熱緊迫下造成新陳代謝下降使得採食量、產蛋率、蛋重及飼料利用率都下降，因產蛋鈣化過程緊迫及營養不良也易造成產蛋畸形率上升。於羅曼(Roman)蛋雞中給予 50 mg/kg GABA 的組別其產蛋量、平均蛋重及蛋殼強度皆有顯著上升，改善雞蛋品質，而給予 GABA 的雞隻其血清中氧化代謝物(SOD、GSH-Px)上升提高雞隻的抗氧化能力，來減少熱緊迫下因皮質酮及兒茶酚胺(Catecholamines)的釋放引發細胞膜(白血球)的脂質過氧化；於海蘭褐殼蛋雞(Hy-Line Brown Hens)飼料中添加 GABA 生產型乳酸桿菌，於母雞血清中鈣、磷、葡萄糖、總蛋白和白蛋白均顯著上升，及蛋品質改善，使用可以產生 GABA 的乳酸桿菌作為益生菌添加來緩解炎熱夏天所造成的雞隻熱緊迫問題，已成為現在畜牧飼養的策略之一；GABA 也會調節賀爾蒙的分泌包括 FSH、LH、E₂、胰島素及甲狀腺素等，透過口服 GABA 增強增加總蛋白濃度和調節電解質平衡來改善產蛋性能(產蛋量及蛋品質)及身體狀態；當熱緊迫發生時，會使得 FSH、LH 及 E₂ 的分泌受到抑制，胰島素則用來刺激胺基酸的吸收及蛋白質的合成，而給予 GABA 則能提高這些賀爾蒙及內分泌的濃度水平及調節碳水化合物、蛋白質及脂肪的代謝。(Zhang M *et al.*, 2012) (Zhu YZ *et al.*, 2015)

肉雞(Broiler)於飼養期間給予 100 mg/kg GABA 可以有效在熱緊迫期間改善生長性能、抗氧化能力及免疫反應，GABA 可以減少 HPA 軸分泌 ACTH 來減少體內脂肪、肝醣和蛋白質的分解代謝使體重增加，同時 GABA 也是中樞神經系統中主要的抑制性神經傳導物質，可抑制交感神經系統並興奮副交感系統，並調節採食中樞，促進胃酸分泌，抑制膽囊收縮素(Cholecystokinin)分泌，抑制胃飽足中樞，提高動物飼料的採食、利用和吸收，從而增強採食量。在研究熱緊迫下免疫力的反應中，使用新城病(Newcastle disease, ND)做肉雞抗體力價測定，經過 GABA 投與的雞隻其 IgA、IgG 抗體力價顯著提高，可以維持雞之腸道黏膜免疫功能。(Chand N *et al.*, 2016)

剪喙在雞上是一種常見的飼養程序，目的為減少同類相啄及啄羽的發生率及減少死亡率的飼養策略，但剪喙同時也會造成組織受損而有急性或是慢性的疼痛出現，這種疼痛會導致喙周邊敏感性增加持續數週，疼痛造成的壓力會增加感染的風險及動物福利的問題。在一項試驗中，給予剪喙後的雞 80 mg/kg GABA 後，顯著降低了脾臟中的三種細胞因子介白素(Interleukin, IL)-1 β 、IL-6、脂多醣誘導腫瘤壞死 α 因子(Lipopolysaccharide-induced tumor necrosis factor- α factor, LITAF)，推測 GABA 可以透過抑制脾臟分泌細胞因子來緩解壓力，因壓力會促使發炎組織中的免疫細胞分泌細胞因子；另外在給予 GABA 的組別中血清中的 ACTH 下降，表示壓力造成 HPA 軸的刺激有被減緩下來，ACTH 是一種常在家禽上用來表示家禽的急性壓力指標賀爾蒙，表明給予 GABA 是可以有效提高剪喙後雞的免疫力；一篇研究於一日齡熱緊迫的文倉雞(Wenchang chicken)口服給予 0.2ml GABA 溶液(劑量約 50mg/kg)，可見雞免疫系統中 IL-2、IgA、IgG、IgM、T 淋巴球及 B 淋巴球與未接受 GABA 為時的組別相比都有顯著性改善，另外於組織學中當經過

熱緊迫雞胸腺髓質組織會有擴張、胸腺體積、皮質及小葉數量會有明顯下降，而熱緊迫對淋巴組織中的華氏囊（Bursa of Fabricius）的影響為淋巴濾泡數量及面積的減少，造成髓質/皮質比率下降，而經過口服給與 GABA 的組別可見以上組織的傷害有明顯的減輕。（Xie WY *et al.*, 2013）（Tang J & Chen Z, 2015）

(4) GABA 於小鼠慢性緊迫：

一篇小鼠（c57BL/6J）口服 GABA 的實驗中，誘導小鼠於保定壓力下造成代謝症候群（Metabolic syndrome），因壓力造成 HPA 軸的刺激使得皮質醇及皮質酮（Corticosterone）增加，造成代謝症候群的發生包括肥胖、胰島素阻抗、血脂異常、高血糖及出現低脂聯素血症（Hypoadiponectinemia）出現，脂聯素（Adiponectin）是一種脂肪的細胞因子，其與胰島素敏感性呈正相關，脂聯素降低可能是出現代謝症候群的相關風險因子，而再試驗壓力誘導出現低脂聯素血症的小鼠中投與口服 GABA 後可以使得脂聯素水平恢復，有助於改善慢性壓力下造成的代謝症候群，口服 GABA 可能是透過迷走神經系統來調節脂聯素水平，因 GABA 受體也存在於脂肪細胞中，可能直接影響脂肪組織中的交感及副交感神經來調控脂聯素的分泌，但目前對其調控的詳細方式還未清楚。（Ohara K *et al.*, 2011）

(5) GABA 於水產養殖：

在中南美白對蝦（*Litopenaeus vannamei*）的飼料中給予 GABA 後可以提高白蝦的生長性能及抗氧化能力。現今水產養殖多運用魚粉做為替代飼料，因其胺基酸組合與植物蛋白相比更為均衡，在其中添加必要胺基酸以及 GABA 等調節劑可以增加動物的生長、飼料攝取、營養利用、免疫、繁殖等效能，在水產養殖中，氨（NH₃）在水中會形成非離子氨具有滲透性，而已有研究指出急性氨中毒對水生動物非常嚴重，對甲殼類動物的生長、免疫系統及存活率都有影響。在白蝦試驗中給予 GABA 後血中的神經肽（Neuropeptide Y, NPY）何以島素濃度會隨著 GABA 濃度增加而上升，使得白蝦體重及採食量上升，肌肉中的脂質及蛋白質也與 GABA 濃度增加而上升，不過同時發現若 GABA 濃度過高也會使的生長性能下降；而在抗氨能力下，給予 GABA 後可以提高經過氨壓力下的存活率，可能 GABA 可透過釋放 NPY 來調節免疫反應，加強白蝦的生長性能及存活率。（Xie SW *et al.*, 2017）

另一則研究中同樣對中南美白對蝦飼料中添加 GABA 評估自體抗菌能力的試驗，結果發現 GABA 能夠抑制副溶血性弧菌（*Vibrio alginolyticus*）的活性，其作用機制可能為 GABA 可抑制多巴胺的能力，集約式養殖會導致緊迫增加而使蝦對疾病的易感性上升並導致多巴胺濃度升高，現已有文獻證實多巴胺濃度上升會增加草蝦（*Penaeus monodon*）對美人魚發光桿菌（*Photobacterium damsela*）的易感性。同樣給予 GABA 做飼料補充劑也在幼年草魚（*Ctenopharyngodon idella*）、幼年扁口魚（*Paralichthys olivaceus*）及幼年尼羅吳郭魚（*Oreochromis niloticus*）中得到同樣的觀察結果，可以增強自身免疫反應及加強抗菌能力包括遲鈍愛德華氏菌（*Edwardsiella tarda*）及魚型鏈球菌（*Streptococcus iniae*）。（Bae J *et al.*, 2022）

第二節 泌乳生理學



(a) 乳汁的分泌：

牛的乳房由四個完全分開的乳腺所組成或稱之為分房 (Quarter)，每個分房都有自己的一套分泌細胞、管道及貯存乳汁的腺窩，除非受到重創不然分房間不會相通。分泌乳汁的細胞圍繞在微小的乳泡 (Alveoli) 周邊，乳泡將乳汁排入小管道，再進入較大的管道，最終儲存在乳腺窩中，並透過乳腺窩的括約肌將乳汁保留在乳管中。當小牛吮乳或人工擠乳時，只有儲存在乳腺窩中的乳汁會被排出，小牛的吮吸、震動或擠乳過程中，可以促進泌乳反射使母牛分泌催產素，進而使圍繞乳腺泡的肌上皮細胞收縮，將乳汁排入乳管中。(Webster J, 2020)

(b) 乳汁的成分：

乳汁的主要成分是水，水分在娟珊牛 (Jersey) 的牛乳為 850 克/公斤，在荷仕登乳牛 (Holstein Friesian) 的牛乳為 870 克/公斤。初乳中的水分含量約為 780 克/公斤，與泌乳後期乳汁相比，初乳的蛋白質濃度較高 (150 克/公斤)，因含有免疫球蛋白，乳糖含量較低，脂肪濃度則正常。健康乳房中的乳汁滲透濃度主要由乳糖決定，乳糖完全由葡萄糖在乳腺細胞中合成，乳汁的滲透濃度與血漿的滲透濃度相同。(Webster J, 2020)

乳汁中的主要蛋白質是酪蛋白 (Casein)，是由乳腺中的氨基酸合成。酪蛋白通常描述了幾種不同的蛋白質 (α -s1、 α -s2、 β 和 K 酪蛋白)，各種酪蛋白聚集成微顆粒， α -s1、 α -s2 和 β 酪蛋白位於中心，K 酪蛋白則構成最外層，這些 K 酪蛋白帶有負電荷，電荷之間的排斥力使微顆粒保持分離。酪蛋白微顆粒會在小牛的瘤胃中或在有胃蛋白酶 (Pepsin) 和凝乳酶 (Rennin) 等酵素的地方凝固，將乳汁分為凝乳 (Curds) 和乳清 (Whey)。(Webster J, 2020)

免疫球蛋白是含有對抗感染因子和其他抗原抗體的免疫蛋白，這些免疫球蛋白由乳腺和特別的漿細胞合成，並以血漿運輸至乳汁，尤其是初乳中。在代謝上乳蛋白的合成與乳糖的合成相關，與水分的分泌密切相關，表示如果希望產生更多的乳蛋白，更多的乳糖和水則是不可避免的伴隨物。(Webster J, 2020)

乳脂含量主要由真正的脂肪三酸甘油脂 (Triglycerides) 組成，三酸甘油脂主要由兩種脂肪酸組成，一種是棕櫚酸 (Palmitic acid; $C_{15}H_{31}COOH$)，為完全飽和脂肪酸，以及第二種油酸 (Oleic acid; $C_{17}H_{33}COOH$)，為一種單不飽和脂肪酸，多不飽和脂肪酸如亞油酸 (Linoleic acid; $C_{17}H_{31}COOH$) 的濃度成分較低。乳脂可以從揮發性脂肪酸 (Volatile fatty acid, VFA) 合成，尤其是由瘤胃發酵產生的醋酸，或是來自飲食中或體內脂肪儲存的較長鏈脂肪酸。乳腺中的脂肪合成及其分泌到乳汁中，是獨立於乳糖、蛋白質和水合成分泌的過程，因此乳汁中「奶油脂 (Butterfat)」的濃度會反映其給予的飲食。(Webster J, 2020)

(c) 泌乳量：

泌乳量由乳腺上皮中分泌細胞數量決定，而數量則受基因控制，並且受到飲食和體內營養的提供影響，營養供應由激素控制，營養則會在乳腺與其他組織如脂肪之間進行分配。基因則控制不同品種間對荷爾蒙的表現在泌乳產量的差異，如荷仕登乳牛（Holstein）與赫裡福德牛（Herefords）。(Webster J, 2020)

在英國，乳牛的平均總泌乳量從約 6500 公升增至 7500 公升（2000-2017 年）；在北美，荷仕登乳牛（Holstein）的平均總泌乳量約為 10000 公升。北美荷仕登乳牛的較高平均產量反映了對產量選擇的加強以及大多數牛在整個泌乳期內都被圈養並餵以高比例的澱粉和可消化纖維的飼料（通常是牛能夠承受的最高比例，而不引發嚴重消化問題）。英國 7500 公升的數字，反映約 50% 的營養來自新鮮和保存的牧草。在紐西蘭，泌乳系統主要以牧草為基礎，目前的平均總泌乳量約為 6500 公升。(Webster J, 2020)

乳產量在泌乳的第五週會達到高峰，並持續 3-4 週，然後開始緩慢下降。在基於牧草的飲食系統中，泌乳曲線的形狀會根據分娩季節有所不同，於秋季分娩的牛群，當牛隻放牧春季牧草時，泌乳曲線會受到營養和荷爾蒙的雙重影響而下降。若母牛成功受精，懷孕進程中的荷爾蒙變化會加速泌乳量的下降，直到牛隻乾乳後以準備下一次分娩。集約式牧場通常目標是在 12 個月間隔內可生育小牛，標準的泌乳周期則為 305 天（表示著需在 90 天時受精成功），有最後須有 60 天乾乳期。泌乳高峰期的日產量約占總產量的 0.5-0.6%。因此對於總泌乳量為 7500 公升的牛，高峰期日產量應在 38-45 公升之間。泌乳 90 天後的產量下降率應為每週 1.5-2.0%，若下降速率大於這個範圍，且總泌乳量未達到預期的高峰產量，便可能是營養問題，若 80 天後的下降率低於 1%，可能表示母牛未懷孕，或者高峰產量沒有達到預期。(Webster J, 2020)

乳成分在整個泌乳期內相對穩定，當牛隻為放牧至春季牧草時，乳脂濃度可能會下降，因為春季牧草中的可消化纖維較少，而當乳產量低且接近乾乳期時，乳脂（或較少乳蛋白）濃度通常會增加。(Webster J, 2020)

(d) 荷爾蒙控制：

確保乳腺發育與泌乳的正常運作，需要所有內分泌系統保持良好狀態，並無單一或簡單的調控機制，乳腺與其他身體組織（如肌肉與脂肪）之間存在營養競爭，而這過程受荷爾蒙調控。在控制乳腺與其他身體組織間營養分配的主要荷爾蒙中，胰島素與生長激素扮演關鍵角色，胰島素促進肌肉與脂肪等組織進行營養吸收，生長激素則促進體內儲備的營養釋放進血液循環。泌乳初期，乳牛分泌大量生長激素，而胰島素分泌較少，這促使體內儲備的能量被動員並運送至乳腺泡內的泌乳細胞，讓乳牛能夠順利泌乳。(Webster J, 2020)

(e) 乳量校正：

酪農業中牛奶交易與泌乳表現記錄主要以重量為基礎，但單純衡量重量無法反映牛奶的營養與經濟價值。牛奶的脂肪、蛋白質和乳糖含量各異，影響其能量輸

出與市場價值，使不同成分的牛奶難以直接比較。然而所有牛奶成分皆具有總能量值，可透過統一能量標準，更準確地評估牛奶品質與乳牛的生產效率。(Hall MB, 2023)

乳量校正方程式的開發旨在標準化牛乳重量，透過校正其成分與能量含量，使數據更具可比性。此方法整合不同成分的能量供給，並以農場與市面常見的重量表示方式呈現，廣泛應用於飼料效率評估、泌乳表現分析、全球牛乳產量統計及生命週期評估。(Hall MB, 2023)

隨著牛乳成分分析技術的進步，能量方程式不斷演變。相比僅考慮脂肪含量，包含蛋白質、脂肪與乳糖三大成分的方程式能更準確預測牛乳能量，並推導更可靠的乳量校正方程式。因此，建議使用整合三大成分及其總能量係數的方程式，以提升預測準確性。在研究中，直接報告牛乳能量數據可提供最原始且未經處理的資訊，但提供校正乳量數據並附上成分資訊，有助於轉換為業界熟悉的標準化形式。報告校正乳量時，應明確說明所使用的校正乳量方程式、能量方程式來源，以及校正後的成分與能量含量，以確保數據透明度與可解釋性。(Hall MB, 2023)

以下為常用之乳量校正公式：(Hall MB, 2023)

- (1) Gaines Equation (Gaines WL & Davidson FA, 1923)

$$4\% \text{ Fat-corrected milk (FCM)} = 0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$$

- (2) Tyrrell and Reid Equations (Tyrrel HF & Ried JT, 1965)

$$3.5\% \text{ FPCM} = 0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$$

(FPCM = Fat & Protein-corrected milk; M = Milk; F = Fat; P = Crude protein)

- (3) Perrin Equations (Perrin DR, 1958)

$$\begin{aligned} \text{kcal/100 g Milk} = & 9.11 \times \text{F}\% + 37.4 \times (\text{Total nitrogen}\% - \text{Nonprotein nitrogen}\%) \\ & + 3.95 \times \text{L}\% \quad (\text{L} = \text{Lactose}) \end{aligned}$$

- (4) Sjaunja et al. Equations (Sjaunja LO, 1990)

$$\text{FPCLM} = 9.15 \times \text{F g/kg} + 5.78 \times \text{CP g/kg} + 3.95 \times \text{L g/kg} + 4.95$$

(FPCLM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk; M = Milk; F = Fat; P = Crude protein; L = Lactose)

- (5) IFCN Equations (Hall MB, 2023)

$$\begin{aligned} \text{Milk (4\% fat, 3.3\% protein basis)} = & [\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + \\ & 0.7832)/3.1138] \end{aligned}$$

- (6) NASEM Equations (NASEM, 2021)

$$\text{Milk (CP basis)} = 9.29 \times \text{kg F/kg M} + 5.5 \times \text{kg CP/kg M} + 3.95 \times \text{kg L/kg M}$$

第三節 牛隻行為表現

牛隻行為表現的觀察，首先，需要了解當動物擁有完全選擇自由的環境中，牠會如何去分配時間，透過這樣的觀察及研究，才能評估當動物在不同的非自然環境中（高密度飼養設施或是限制性空間）的行為，是否有影響動物表現其自然行為的能力。（Webster J, 2020）

(a) 採食量：

預測乳牛的採食量，首先是預測能量密度（乾物質中的代謝能量），來滿足營養需求並考慮到食物攝取量的限制。這一計算為對乾物質攝取量的預估，然而在乾物質攝取量的預測問題在於已發表的估算數據差異極大較不準確，預測公式如下：DMI（Dry matter intake）、FCM（Fat-corrected milk）

$$(1993 \text{ 年}) \text{ DMI (kg / day)} = 0.025 \times W \text{ (kg)} + 0.1 \times \text{milk yield (kg)}$$

$$(2001 \text{ 年}) \text{ DMI (kg / day)} = 0.1 \times W^{0.75} \text{ (kg)} + 0.38 \times \text{FCM (kg)}$$

1993 年的公式基於體重（W）而非代謝體重（ $W^{0.75}$ ），未考慮從 350 公斤的娟珊牛到 700 公斤的荷蘭牛體重差異極大的牛群，且該公式隨乳量增加的乾物質攝取量僅為 0.1 公斤，此估算對實際情況的反映較為不足；2001 年的公式以脂肪校正乳量為參數，並根據代謝體重（ $W^{0.75}$ ）計算維持需求，乾物質攝取量估算隨脂肪校正乳量的增加而增長 0.38 乾物質公斤/乳量公斤，這樣的預測可能較符合實際情況，但也可能估算略高。

預測乳牛的乾物質攝取量是一個挑戰，因不同的公式給的估算值差異較大，在實際操作中，牧場應該專注於提供一種能夠支持高產量並維持良好消化的全混合飼料（TMR），確保乳牛健康及維持較高的食慾。（Webster J, 2020）

(b) 活動量：

現今牧場使用精準化電腦管理設備，透過生物遙測設備可以應用於動物行為研究，給予乳牛配戴具有感測器之項圈，精確的行為監測系統能提供個體與群體行為的變化資訊，進而作為健康、福利和繁殖狀態的指標。藉由感測器中偵測動物的行為資訊例如位置感測器、加速度計等，可以將乳牛行為進行區別例如躺臥、站立、進食行為，將牛之一日活動量數據化表現並視覺化給牧場，從而從活動量的變化可以了解動物的健康問題。精準畜牧管理此種方法可用於自動化健康與福祉監測，透過行為變化檢測疾病或生理狀態的變化，例如發情或即將分娩的跡象，達到即時監測的目標。（Vázquez Diosdado JA *et al.*, 2015）

(c) 反芻時間：

反芻動物的反芻過程非常複雜且優雅，涉及四個主要步驟，（1）食團混合瘤胃內容物，（2）食團由蜂巢重瓣胃口流出，（3）返流食物至口腔進行反芻，（4）噯氣或打嗝，當食團進入瘤胃後，會刺激蜂巢胃的收縮，將其內容物推送至瘤胃的前背

袋 (Anterior dorsal sac)，在接下來的收縮中，部分物質藉由蜂巢重瓣胃口返回蜂巢胃，部分則進入重瓣胃 (Omasum) 和皺胃 (Abomasum)。反芻時，反向的收縮有助於將氣體排出，並將食物推回口中進行再次咀嚼。

泌乳牛在完全放鬆時也會進行反芻，甚至有研究顯示，牠們在深度睡眠時也會繼續反芻，反芻時間為食物被充分咀嚼至可消化的程度所需的時間來決定。例如乾乳牛如果以長乾草為主食，可能每天需反芻 8-10 小時；而以穀物和粉碎或顆粒料為主的肥育肉牛，可能反芻時間僅需 30 分鐘；泌乳牛的飼料中若含足夠的長纖維，那牠每天需反芻 8-10 小時 (480-600 分鐘/天)。(Webster J, 2020)

(d) 躺臥時間：

於一項研究中，研究人員讓女牛連續 6 或 9 小時不受干擾地躺下休息，並觀察牠們在剩下時間內對進食、社交接觸或繼續躺下休息的偏好程度。結果發現，儘管有其他活動可選擇，但女牛仍表現出強烈的躺臥需求，24 小時內共需要 12-13 小時 (720-780 分鐘/天) 的躺臥時間。這一發現對於高泌乳牛的福祉顯得重要，因為泌乳牛往往需要長時間站立進食以滿足其代謝需求，且每天還需 2-3 次擠乳的時間。

對乳牛而言，最重要的身體舒適度來源就是合適的床鋪。乳牛每天平均躺臥約 10 小時 (600 分鐘/天)，而相對較年輕、勞動負擔較輕的女牛則可躺臥 12-13 小時，這顯示大多數哺乳期乳牛仍期望更長時間的舒適躺臥。(Webster J, 2020)

(e) 熱表現：

當乳牛感覺溫暖或炎熱時，主要的體溫調節機制是蒸發散熱，主要透過流汗 (Sweating) 與熱喘 (Thermal panting) 來完成。第一道防線「流汗」，乳牛會優先透過流汗來散熱，但真正產生冷卻作用的非汗水的產生，而是汗水的蒸發，當空氣濕度高或是汗水被厚毛髮困住時，這種散熱機制的效率會降低，有些牛種的毛髮短且光滑，不容易困住汗水，使其擁有更好的耐熱能力。牛與人的不同之處在於，人類長時間流汗後會出現鈉流失，但乳牛能夠調節汗腺內鈉與鉀的比例，且反芻動物的植物性飼料中鉀含量豐富，因此讓乳牛能夠長時間流汗，不會導致礦物質缺乏。第二道防線「熱喘」，當流汗仍不足以降溫時，乳牛會開始熱喘，即呼吸頻率增加但呼吸深度降低，來調節加強鼻腔內鼻甲骨 (Turbinates) 的氣流交換，增加熱量散失，同時不影響肺部的氧氣 (O₂) 與二氧化碳 (CO₂) 交換。且呼吸頻率也可以做為熱緊迫的一項指標，當呼吸頻率為 18-20 次/分鐘，為涼爽且寒冷的狀態 (呼吸深且慢)；呼吸頻率在 30-60 次/分鐘，為熱中性區 (Thermal neutrality) 表示牛感覺舒適；呼吸頻率超過 60 次/分鐘，為牛隻開始感覺炎熱，而超過 189 次/分鐘，表示為極端熱緊迫狀態。(Webster J, 2020)



第三章 試驗目的與試驗流程

第一節 試驗目的

本次為田野試驗，旨在評估於臺灣夏季期間，對泌乳乳牛補充 GABA 是否能有效緩解亞熱帶地區高溫高濕環境所引發的熱緊迫問題。當試驗期間溫濕度指數達到設定標準後，開始補充試驗物質，並於商業牧場內進行觀察與數據收集。

該試驗物質在其他國家已作為飼料添加劑使用於乳牛，但尚缺乏在亞熱帶或熱帶地區的應用經驗。因此，本研究目的是於實際泌乳場環境中進行初步應用評估，觀察乳牛的生理指標與泌乳量變化，以驗證其是否具備降低熱緊迫的效果。

第二節 試驗流程

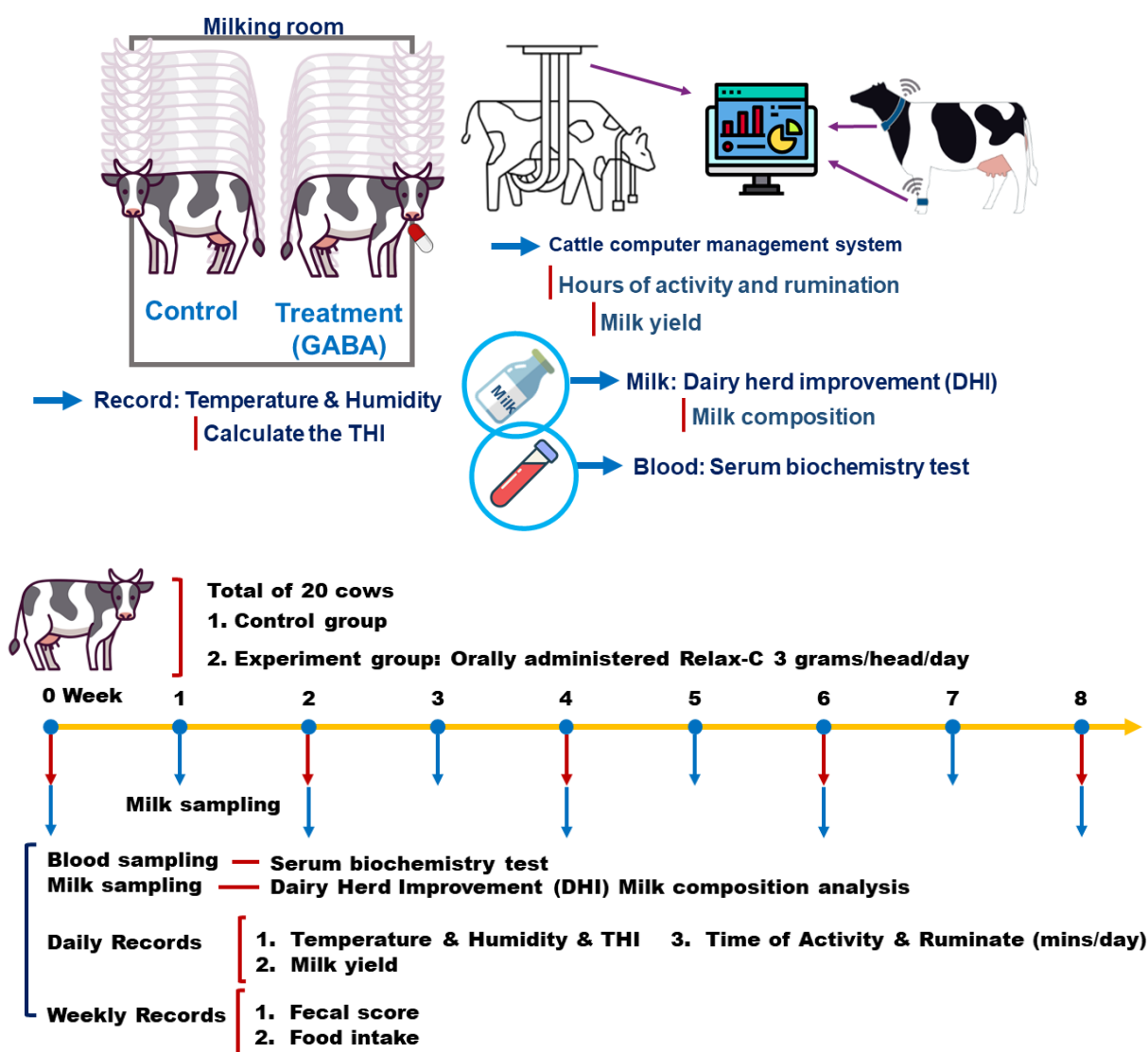


圖 2，實驗流程圖及血液及乳品採樣時間。

第四章 材料與方法

第一節 試驗材料與動物分組



1. 試驗材料：

試驗組使用瘤胃保護性 γ -氨基丁酸飼料添加劑 (Relax-C, MILAE Bioresources Co., Ltd., Korean) (圖 4) 3 公克/每頭/每日，試驗時間為夏季 (須達到 THI 大於 72) 共 56 天 (8 週)，每日於早上擠乳時段時，試驗時間為 9-11 月，予試驗組投與試驗材料作為飼料添加劑。

2. 試驗動物：

田間試驗場地為桃園合作之乳牛場 (日發畜牧場，泌乳牛共 150-160 隻)，試驗牛隻由無乳房炎之泌乳牛隻中隨機挑選 20 隻，共分為兩組 (試驗組及對照組)，每組 10 泌乳牛，試驗組為使用 GABA 之飼料添加劑組別，對照組為未添加飼料添加劑之組別。牛隻飼養在圈飼環境，分 2 座欄舍各 70 隻乳牛 (各座欄舍隨機挑選 10 隻進行試驗)，欄舍皆為機械通風之牛舍，具乾淨水源自由攝取 (圖 3)。



圖 3，田間試驗場地為桃園合作之乳牛場。



圖 4，瘤胃保護性 γ -氨基丁酸飼料添加劑。

第二節 試驗方法



1. 檢體採樣：

乳品採樣於每週（第 0、7、14、21、28、35、42、49、56 天）早上擠乳（AM 0500-0600）時進行個別採樣，3°C 冷藏保存至檢驗單位。

血液採樣於每二週（第 0、14、28、42、56 天）早上餵食飼料前進行，由尾根靜脈（Coccygeal (Tail) Vein）進行採樣，4°C 冷藏保存至檢驗單位。

2. 紀錄事項：

每日記錄兩次溫濕度指數（THI）分別在 0500 及 1500，以電子項圈（SCR, Israel）及牛隻智能管理系統（SCR Heatime®, Allflex, NJ, USA）紀錄個別牛隻之每日反芻時長（Rumination time; RT）及活動量（Activity time），以計步器（GEA, German）及牛隻管理系統 Dairy Plan C21（GEA, German）紀錄個別牛隻之泌乳量。

每週（第 0、7、14、21、28、35、42、49、56 天）記錄試驗牛隻糞便性狀分數評估（Fecal score），分數共分為 1、2、3 分，紀錄者主觀判斷其糞便軟硬程度，分數 1 分表示糞便為下痢便掉落地板噴濺不成形（腹瀉樣），分數 2 分表示糞便屬正常掉落地板完整成形不分散，分數 3 分表示糞便為硬實塊狀有稜角，雖成形但水分量少。

3. 樣品檢測：

乳品樣品送至農業部畜產試驗所北區分所（Northern Region Branch of Taiwan Livestock Research Institute, Ministry of Agriculture）進行乳牛群性能改良（Dairy Herd Improvement; DHI）中乳品質檢驗，檢測乳脂肪（Milk fat）、乳蛋白質（Milk protein）、乳糖（Milk lactose）、總固形物（Solid not fat）、乳中尿素氮（Milk urea nitrogen; MUN）及體細胞數（Somatic cell count, SCC）。體細胞數（SCC）將大於 20 萬/毫升定義為乳房炎個體，計算乳房炎個體數及好發率，並將 SCC 轉換為體細胞分數（Somatic cell score, SCS）進行統計，SCS 公式參考轉換如： $SCS = \log_2[SCC \text{ (cells per mL)} / 100,000] + 3$ （Shook GE, 2006），再以 SCS 分數扣除最初的 SCS 數值得到差值如下， $SCS_{\text{Difference}} = SCS_{\text{Day } n} - SCS_{\text{Day } 0}$ ；乳量校正分別為 4% 脂肪校正乳（4% fat-corrected milk, FCM）、脂肪蛋白質校正乳（Fat & Protein-corrected milk, FPCM）、脂肪蛋白質乳糖校正乳（Fat & Protein & Lactose-corrected milk, FPLCM）及國際酪農比較網路（International Farm Comparison Network, IFCN）校正乳公式分別如下：4% FCM = $0.4 \times \text{乳量 (kg)} + 15 \times \text{乳脂 (kg)}$ ；FPCM = $0.327 \times \text{乳量 (kg)} + 12.95 \times \text{乳脂 (kg)} + 7.20 \times \text{乳蛋白 (kg)}$ （Tyrrel HF & Ried JT, 1965）；FPLCM = $9.15 \times \text{乳脂 (kg)} + 5.78 \times \text{乳蛋白 (kg)} + 3.95 \times \text{乳糖 (kg)} + 4.95$ （Sjaunja LO, 1990）；IFCM = 乳量 (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{乳量 (kg)} \times (0.383 \times \text{乳脂 (\%)} +$

$0.242 \times \text{乳蛋白} (\%) + 0.7832) / 3.1138]$ 。

血液經尾根靜脈採集全血放入含 EDTA 抗凝血劑試管 (K3 EDTA syringes, Vacutainer, NJ, USA) 進行白血球計數及將血液分裝入血清分離管 (Vacutainer, Franklin Lakes, NJ, USA)，樣品送至財團法人農業科技研究院以血清生化儀分析血清酵素分析，檢驗項目包括白蛋白 (Albumin)、血糖 (Glucose)、天門冬胺酸胺基轉移酶 (Aspartate transaminase; AST)、 γ -穀氨醯轉胺酶 (Gamma-glutamyl transferase; GGT)、血清尿素氮 (Blood urea nitroge; BUN)、非酯化脂肪酸 (Nonesterified fatty acids; NEFA)。

4. 統計分析：

試驗期間各組之牛隻活動量、反芻時間、泌乳量、乳品成分檢測、血液學、血液生化學檢測變化，依分鐘 (mines) 或重量 (kg) 及各項數值變化，以統計分析軟體 Microsoft Excel 進行 Student's t-test，進行組間比較分析，其組間顯著差異水準為 $p < 0.05$ 。

第五章 結果



1. 試驗動物：

試驗牛隻隨機挑 20 隻，試驗組 10 隻（添加 Relax-C 補充劑）及對照組（未添加 Relax-C 補充劑），乳牛分娩胎次於試驗組及對照組分別為 1.6 ± 0.7 胎及 1.5 ± 0.7 胎，平均泌乳天數於試驗組及對照組為 122.7 ± 44.1 及 78.7 ± 22.0 天（表 1）。

試驗組牛隻狀態中，試驗期間發情次數 2 及 1 次分別為 4 及 1 隻，期間人工授精配種懷孕上隻數為 3 隻，其中醫療紀錄中包括有反芻下降及急性乳房炎治療；對照組牛隻試驗期間發情次數 3、2 及 1 次分別為 5、1 及 3 隻，期間人工授精配種懷孕上隻數為 2 隻，其中醫療紀錄中包括有卵巢囊腫、乳房炎及高體細胞治療（表 2）。

2. 飼糧及試驗物質：

試驗中使用全混合日糧（Total Mixed Ration; TMR）之飼料成分及營養成分如表 3、4 所示，全混合日糧每日使用約 33.39 公斤，其乾物質比例 52.67%，牛隻每日平均採食乾物質為 17.58 公斤/日/頭，每公克可提供熱量 4363.62 Cal。每日上午餵食試驗物質 Relax-C 補充劑，劑量為 3 克/頭/天。

3. 溫濕度指數：

試驗時間為試驗場之溫濕度指數 (THI) 達到 72 以上進行，試驗期間溫度平均為 $28.7 \pm 3.2^{\circ}\text{C}$ ，濕度平均為 $60.4 \pm 8.9\%$ ，溫濕度指數平均為 78.1 ± 4.2 ，試驗初期（第 1、2 週）溫濕度指數指數皆有超過 80 以上，隨後開始下降，試驗最後一週（第 8 週）THI 平均為 71.7 ± 3.2 ，試驗期間 THI 最高有至 87，最低至 67（表 5）（圖 5）。

4. 牛隻之每日反芻時長及活動量：

試驗期間牛隻反芻時間於試驗組平均為 538.3 ± 42.9 分鐘/日，於對照組為 568.2 ± 34.1 分鐘/日，牛隻反芻時間於試驗各週及試驗各月進行比較，試驗組在第 0、1、2、3、4、5、6、7 及 8 週與對照組相比均無明顯差異，在第 1 及 2 月與對照組相比均無明顯差異（圖 7）。

試驗期間牛隻活動量於試驗組平均為 464.1 ± 42.9 分鐘/日，於對照組為 491.7 ± 50.7 分鐘/日，牛隻活動量於試驗各週及試驗各月進行比較，試驗組與對照組在第 0、1、2、3、4、5、6 及 7 週與對照組相比均無明顯差異，在第 1 及 2 月與對照組相比均無明顯差異，牛隻活動量於第 8 週試驗組（ 454.9 ± 48.6 ）與對照組（ 520.2 ± 102.5 ）相比於統計學上有顯著性減少（ $p < 0.05$ ）（表 6）（圖 6）。

5. 泌乳量：

試驗期間牛隻平均日泌乳量於試驗組為 25.7 ± 4.6 公升/日，於對照組為 26.4 ± 2.6 公升/日（圖 8、9）；校正乳量中 4%FCM 於試驗組為 23.0 ± 4.9 公斤/日，於對照組為 23.8 ± 3.7 公升/日（圖 10、11）；FPCM 於試驗組為 25.1 ± 5.3 公斤/日，於對照組為 25.7 ± 3.9 公升/日（圖 12、13）；FPLCM 於試驗組為 22.1 ± 3.6 公斤/日，於對照組為 22.5 ± 2.6 公升/日（圖 14、15）；IFCN 於試驗組為 23.0 ± 4.8 公斤/日，於對照組為 23.6 ± 3.6 公升/日（圖 16、17），牛隻平均日泌乳量與校正乳量於試驗各週及試驗各月進行比較，試驗組在第 0、1、2、3、4、5、6、7 及 8 週與對照組相比均無明顯差異，在第 1 及 2 月與對照組相比均無明顯差異；泌乳增加比率在原始乳量、4%FCM、FPCM、FPLCM 及 IFCN 中於試驗組分別為 15.7 %、15.8 %、18.1 %、13.6 %及 18.5 %，於對照組分別為 6.7 %、8.3 %、11.5 %、8.4 %及 12.2 %（表 7、8）（圖 18）。

6. 乳品檢驗：

試驗期間牛隻乳品檢驗乳脂肪(Milk fat, %)(圖 19)、乳蛋白質(Milk protein, %)(圖 20)、乳糖(Milk lactose, %)(圖 21)、乳中尿素氮(Milk urea nitrogen; MUN, mg/dL)(圖 23)、體細胞分數(Somatic cell Score; SCS)(圖 24)及體細胞分數差值(Somatic cell Score Difference; SCS_D)於試驗各週及試驗各月進行比較，試驗組在第 0、1、2、3、4、5、6、7 及 8 週與對照組相比均無明顯差異，在第 1 及 2 月與對照組相比均無明顯差異。乳無脂固形物(Solid not fat; SNF, %)(圖 22)在第 1 週於試驗組(8.2 ± 0.3)與對照組(8.6 ± 0.2)相比於統計學上有顯著性減少($p < 0.05$)；在第 3、7 週於試驗組(8.7 ± 0.2)(8.9 ± 0.2)與對照組(8.3 ± 0.2)(8.6 ± 0.2)相比於統計學上有顯著性增加($p < 0.05$)，其餘各週及各月與對照組比較均無明顯差異(表 9)(圖十-十四)；體細胞數(SCC)大於 20 萬/ml 則為乳房炎個體，於試驗組第 5、6 及 7 週乳房炎發生率皆為 0/10，對照組於第 1、2、3、4、5、6、7 及 8 週乳房炎發生率分別為 2/10、3/10、3/10、3/10、3/10、4/10、3/10 及 2/10，而第 1 及 2 月乳房炎的累積發生率於試驗組分別為 0/40、3/40 及對照組 11/40、12/40；而在體細胞分數(SCS)在第 1 月於試驗組(1.4 ± 1.1)與對照組(2.3 ± 1.9)相比有顯著性下降($p < 0.05$)；體細胞分數差值(SCS_D)在第 2 及 3 週於試驗組(-0.46 ± 0.84 、 -0.05 ± 0.48)與對照組(0.4 ± 0.71 、 0.84 ± 1.03)相比顯著性下降($p < 0.05$)，其餘各週及各月與對照組比較均無明顯差異(表 10)(圖 25)。

7. 血液學檢驗：

試驗期間牛隻血液學白血球總數(WBC, $10^3/\text{ul}$)於試驗各週及試驗各月進行比較，試驗組在第 0、2、4、6 及 8 週與對照組相比均無明顯差異，在第 1 及 2 月與對照組相比均無明顯差異(表 11)。

8. 血清生化學檢驗：

試驗期間牛隻乳品檢驗天門冬胺酸胺基轉移酶 (Aspartate transaminase; AST, U/L) (圖 28)、 γ -穀氨醯轉胺酶 (Gamma-glutamyl transferase; GGT, U/L) (圖 29)、血清尿素氮 (Blood urea nitroge; BUN, mg/dL) (圖 30) 及非酯化脂肪酸 (Nonesterified fatty acids; NEFA, mmol/L) (圖 31) 於試驗各週及試驗各月進行比較，試驗組在第 0、2、4、6 及 8 週與對照組相比均無明顯差異，在第 1 及 2 月與對照組相比均無明顯差異。白蛋白 (Albumin, g/dL) (圖 26) 在第 6 週於試驗組 (3.1 ± 0.2) 與對照組 (2.9 ± 0.1) 相比於統計學上有顯著性增加 ($p < 0.05$)，其餘各週及各月與對照組比較均無明顯差異。血糖 (Glucose, mg/dL) (圖 27) 在第 2 週於試驗組 (44.1 ± 6.3) 與對照組 (49.8 ± 2.3) 相比於統計學上有顯著性減少 ($p < 0.05$)，其餘各週及各月與對照組比較均無明顯差異 (表 12)。

9. 糞便分數：

試驗期間牛隻糞便性狀評估 (Fecal score) 於試驗各週進行比較，試驗組在第 0、1、2、3、4、5、6、7 及 8 週與對照組相比均無明顯差異 (表 13)。

表 1、試驗期間使用之牛隻狀態，包含胎次及泌乳天數（試驗第 0 天）。

第 0 天 試驗開始前			試驗組 (Experiment)		對照組 (Control)	
牛號	胎次	泌乳天數 (天)	胎次	泌乳天數 (天)		
1	2	96	3	59		
2	1	162	2	75		
3	2	49	1	72		
4	2	179	1	72		
5	3	139	1	113		
6	1	113	2	67		
7	1	185	2	92		
8	1	77	1	97		
9	1	121	1	40		
10	2	106	1	97		
平均	1.6 ± 0.7	122.7 ± 44.1	1.5 ± 0.7	78.7 ± 22.0		

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day .

表 2、試驗期間使用之牛隻狀態，包含發情次數及醫療紀錄。（續）

第 0-56 天					試驗組 (Experiment)				對照組 (Control)			
牛號	發情 次數	配種 次數	期間 配上	醫療紀錄	發情 次數	配種 次數	期間 配上	醫療紀錄	發情 次數	配種 次數	期間 配上	醫療紀錄
1	2	2		反芻下降 ²	3	1		卵巢囊腫 ⁶				
2	0	0			2	2	P					
3	2	2	P ¹	反芻下降	1	2	P					
4	2	2	P		1	2		乳房炎 ⁴				
5	1	1	P		0	1		乳房炎				
6	0	0			1	2		高體細胞 ⁵				
7	0	0			3	2		高體細胞				
8	2	3		反芻下降	3	2						
9	0	0			3	1						
10	0	0		急性乳房炎 ³	3	2						

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day .

¹ P: Ultrasound pregnancy diagnosis confirmed pregnancy (P) 35 days after artificial insemination.

² 反芻下降：由智能頸圈監測 24 小時反芻時間，若反芻時間小於 400 分鐘/天則需進行醫療處置。

³ 急性乳房炎：乳房及乳頭呈現冰冷、無乳汁且反芻監測顯示急速下降。

⁴ 乳房炎：乳汁出現塊狀凝乳塊，但未出現反芻下降等不舒服臨床症狀。

⁵ 高體細胞：乳汁作加州乳房炎測試呈現陽性，或乳樣檢測體細胞數大於 20 萬每毫升。

⁶ 卵巢囊腫：由直腸超音波或直腸觸診下發現卵巢有超過 20mm 直徑之囊腫。

表 3、試驗期間使用之全混合日糧（TMR）營養成分分析。

TMR	營養成分		比例
項目			%
乾物質	Dry matter	DM	52.67
粗蛋白	Crude protein	CP	13.04
中洗纖維	Nautral detergent fiber	NDF	24.29
酸洗纖維	Acid detergent fiber	ADF	15.97
粗灰粉	Crude Ash	Ash	4.21
鈣	Calcium	Ca	1.25
磷	Phosphorous	P	0.23
熱能	General energy	GE	4363.62 (Cal/g)

TMR = Total Mixed Ration.

表 4、試驗期間使用之全混合日糧（TMR）原料。

TMR 原料	Ingredient	公斤
苜蓿	Alfalfa	3.5
甜燕麥	Sweet oats	2.5
青割玉米	Silage corn	15
飼料	Feed	5
玉米粉	Corn meal	2.5
豆殼		2.5
麩皮	Wheat bran	1
全脂豆粉	Full cream soybean flour	1
粗鹽	Crude salt	0.08
小蘇打	Baking soda	0.1
脂肪粉	Fat powder	0.1
碳酸鈣	Calcium carbonate	0.05
活性碳	Active carbon	0.01
微量礦物	Micromineral	0.05
乾物質總重	Dry matter	33.39
水	water	6.3

TMR = Total Mixed Ration.

表 5、試驗期間之試驗場域溫、濕度及溫濕度指數 (THI)紀錄統計表。

溫度 (°C)					濕度 (%)			溫濕度指數 (THI)		
週	日	早上	下午	平均	早上	下午	平均	早上	下午	平均
0	0	30.5	31.00	30.8 ± 0.4	66	63	64.5 ± 2.1	81	82	81.6 ± 0.2
1	1-7	33.5	32.7	33.1 ± 2.0	61	57	59.0 ± 9.9	85	83	84.0 ± 1.9
2	8-14	32.4	31.6	32.0 ± 3.0	57	56	56.6 ± 8.0	83	81	82.0 ± 3.2
3	15-21	27.1	28.1	27.6 ± 1.3	77	70	73.1 ± 7.0	78	79	78.2 ± 1.4
4	22-28	27.7	29.6	28.6 ± 1.2	56	48	52.1 ± 7.7	76	77	76.8 ± 1.4
5	29-35	27.4	27.8	27.6 ± 1.8	64	59	61.4 ± 5.8	77	77	76.7 ± 2.3
6	36-42	26.3	27.7	27.0 ± 1.6	63	56	59.4 ± 4.6	75	76	75.5 ± 1.8
7	43-49	26.7	28.4	27.6 ± 1.1	61	55	57.9 ± 7.5	75	77	76.1 ± 1.6
8	50-56	24.1	24.3	24.2 ± 2.3	61	58	59.4 ± 4.1	72	72	71.7 ± 3.2
平均	1-56	28.4	29.0	28.7 ± 3.2	63	58	60.4 ± 8.9	77.9	78.2	78.1 ± 4.2

THI = Temperature-humidity index = $(1.8 \times T + 32) - 0.55 (1 - RH) \times (1.8 \times T - 26)$; T = Temperature (°C) ; RH = Relative humidity (%) .

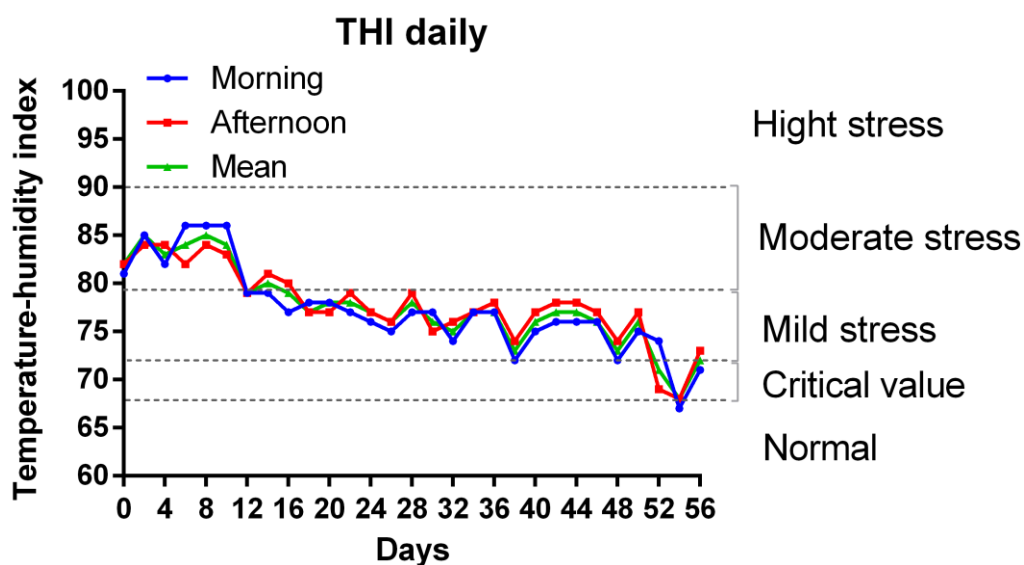


圖 5、試驗場域溫濕度指數 (THI) 及試驗期間之變化。

當 THI 值介於 68-74 時為熱緊迫發生臨界點，介於 72-79 時為輕度熱緊迫，80-89 為中度熱緊迫，90-99 時為嚴重熱緊迫。

表 6、試驗期間試驗組及對照組牛隻之每週及每月反芻時間及活動量。

試驗組 (Experiment)				對照組 (Control)	
週	日	反芻時間 (分/日)	活動量 (分/日)	反芻時間 (分/日)	活動量 (分/日)
0	0	528.1 ± 151.5	468.5 ± 55.7	587.2 ± 82.9	492.3 ± 58.1
1	1-7	519.9 ± 98.7	459.4 ± 49.3	569.4 ± 62.2	488.1 ± 54.1
2	8-14	513.8 ± 122.2	471.3 ± 82.6	559.9 ± 74.4	483.6 ± 67.6
3	15-21	522.3 ± 137.3	455.4 ± 55.2	575.8 ± 74.6	482.5 ± 77.1
4	22-28	533.8 ± 80.3	467.1 ± 45.6	576.9 ± 60.3	481.1 ± 57.0
5	29-35	556.6 ± 64.2	483.4 ± 78.6	578.8 ± 56.2	498.1 ± 79.2
6	36-42	548.8 ± 56.5	462.5 ± 61.8	552.1 ± 86.9	491.3 ± 89.1
7	43-49	560.2 ± 52.6	458.9 ± 49.2	555.0 ± 80.7	488.8 ± 99.5
8	50-56	551.3 ± 58.7	454.9 ± 48.6*	577.3 ± 63.2	520.2 ± 102.5
月	日				
1	1-28	522.4 ± 111.4	463.3 ± 60.0	571.6 ± 68.0	486.9 ± 64.0
2	29-56	554.2 ± 58.0	465.0 ± 61.5	562.8 ± 73.4	499.4 ± 93.8
平均	1-56	538.3 ± 42.9	464.1 ± 42.9	568.2 ± 34.1	491.7 ± 50.7

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

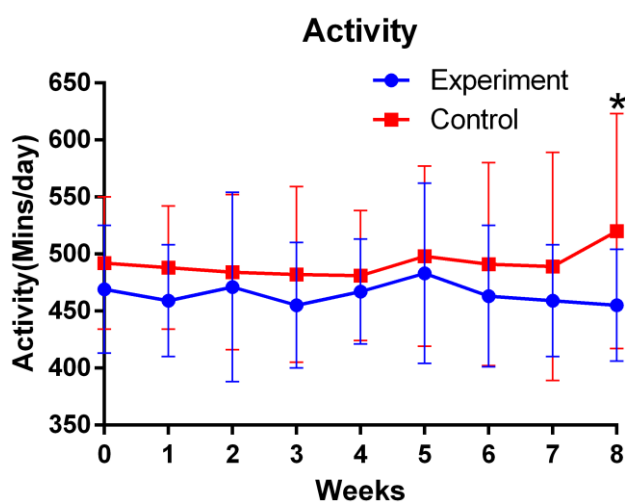


圖 6、試驗期間對照組及試驗組之牛隻活動量(分/日)變化。

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

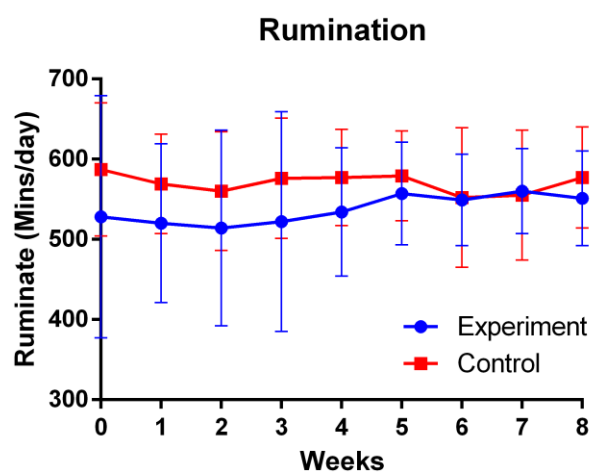


圖 7、試驗期間對照組及試驗組之牛隻反芻時間(分/日)變化。

表 7、試驗期間試驗組及對照組牛隻之每週及每月平均日泌乳量及各校正乳量比較。

試驗組 (Experiment)						
週	日	平均日泌乳量 (公升)	4% FCM ¹ (Kg)	FPCM ² (Kg)	FPLCM ³ (Kg)	IFCN ⁴ (Kg)
0	0	22.7 ± 5.8	20.8 ± 5.6	22.4 ± 5.8	20.3 ± 3.8	20.5 ± 5.3
1	1-7	23.4 ± 4.0	21.4 ± 3.1	23.0 ± 3.1	20.7 ± 2.0	21.1 ± 2.8
2	8-14	22.6 ± 4.9	20.0 ± 4.9	21.7 ± 5.1	19.7 ± 3.5	20.0 ± 4.7
3	15-21	25.7 ± 5.2	23.0 ± 4.5	24.5 ± 4.7	21.6 ± 3.0	22.5 ± 4.3
4	22-28	26.3 ± 5.4	23.3 ± 4.4	25.4 ± 4.6	22.4 ± 3.2	23.4 ± 4.2
5	29-35	29.0 ± 6.8	25.6 ± 4.5	27.9 ± 5.1	23.8 ± 3.5	25.6 ± 4.6
6	36-42	26.7 ± 6.1	23.8 ± 5.0	26.0 ± 5.4	22.8 ± 3.7	23.9 ± 5.0
7	43-49	25.6 ± 6.4	23.2 ± 5.6	25.6 ± 6.1	22.6 ± 4.2	23.5 ± 5.6
8	50-56	26.3 ± 7.0	24.1 ± 6.1	26.4 ± 6.5	23.1 ± 4.4	24.3 ± 5.9
對照組 (Control)						
0	0	26.6 ± 5.4	24.0 ± 5.6	25.5 ± 5.7	22.3 ± 3.8	23.3 ± 5.2
1	1-7	25.0 ± 3.8	22.5 ± 3.9	24.0 ± 3.9	21.3 ± 2.6	22.0 ± 3.6
2	8-14	26.2 ± 4.4	23.1 ± 4.1	25.2 ± 4.3	22.1 ± 2.8	23.1 ± 3.9
3	15-21	27.7 ± 3.8	24.4 ± 3.3	26.3 ± 3.5	22.9 ± 2.3	24.1 ± 3.2
4	22-28	27.3 ± 3.3	24.1 ± 2.5	26.2 ± 2.7	22.9 ± 1.8	24.1 ± 2.5
5	29-35	28.0 ± 3.0	25.7 ± 2.8	27.5 ± 3.0	23.5 ± 2.0	25.3 ± 2.7
6	36-42	26.7 ± 5.2	24.5 ± 5.0	26.5 ± 5.3	23.1 ± 3.6	24.3 ± 4.9
7	43-49	23.5 ± 4.3	21.0 ± 3.6	23.1 ± 4.0	20.7 ± 2.7	21.2 ± 3.6
8	50-56	27.6 ± 2.9	25.4 ± 2.3	27.7 ± 2.5	23.9 ± 1.7	25.5 ± 2.4
試驗組 (Experiment)						
月	日	平均日泌乳量 (公升)	4% FCM ¹ (Kg)	FPCM ² (Kg)	FPLCM ³ (Kg)	IFCN ⁴ (Kg)
0	0	22.7 ± 5.8	20.8 ± 5.6	22.4 ± 5.8	20.3 ± 3.8	20.5 ± 5.3
1	1-28	24.5 ± 5.0	21.9 ± 4.3	23.7 ± 4.5	21.1 ± 3.0	21.7 ± 4.1
2	29-56	26.9 ± 6.4	24.2 ± 5.4	26.5 ± 5.8	23.1 ± 4.0	24.3 ± 5.3
平均	1-56	25.7 ± 5.9	23.0 ± 4.9	25.1 ± 5.3	22.1 ± 3.6	23.0 ± 4.8
對照組 (Control)						
0	0	26.6 ± 5.4	24.0 ± 5.6	25.5 ± 5.7	22.3 ± 3.8	23.3 ± 5.2
1	1-28	26.5 ± 3.9	23.5 ± 3.5	25.4 ± 3.6	22.3 ± 2.4	23.3 ± 3.4
2	29-56	26.3 ± 4.2	24.0 ± 4.0	26.0 ± 4.2	22.7 ± 2.8	23.9 ± 3.8
平均	1-56	26.4 ± 4.0	23.8 ± 3.7	25.7 ± 3.9	22.5 ± 2.6	23.6 ± 3.6

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

⁵泌乳增加比例 = $(\text{Week 8 乳量} - \text{Week 0 乳量}) / \text{Week 0 乳量} \times 100\%$

表 8、試驗期間試驗組及對照組每週平均泌乳增加量及各校正乳增加量比較。

試驗組 (Experiment)						
週	日	平均日泌乳 增加量 (%)	4% FCM ¹ (%)	FPCM ² (%)	FPLCM ³ (%)	IFCN ⁴ (%)
1	1-7	3.0	2.5	2.7	1.8	2.7
2	8-14	-0.7	-3.9	-2.8	-3.0	-2.8
3	15-21	13.3	10.4	9.7	6.4	9.4
4	22-28	15.9	11.8	13.8	10.4	13.9
5	29-35	27.9	23.1	24.7	17.2	24.6
6	36-42	17.4	14.4	16.3	12.2	16.5
7	43-49	12.7	11.4	14.2	11.3	14.7
8	50-56	15.7	15.8	18.1	13.6	18.5
試驗結束時 泌乳增加比例 ⁵		15.7 %	15.8 %	18.1 %	13.6 %	18.5 %
對照組 (Control)						
1	1-7	-6.1	-6.4	-5.7	-3.9	-5.6
2	8-14	-1.6	-3.8	-1.1	-0.7	-0.8
3	15-21	4.2	1.4	3.3	2.5	3.4
4	22-28	2.6	0.2	2.9	2.5	3.2
5	29-35	5.4	6.8	8.0	4.8	8.3
6	36-42	0.4	2.0	3.9	3.2	4.3
7	43-49	-11.7	-12.5	-9.5	-6.1	-9.0
8	50-56	6.7	8.3	11.5	8.4	12.2
試驗結束時 泌乳增加比例 ⁵		6.7 %	8.3 %	11.5 %	8.4 %	12.2 %

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)]/3.1138$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

⁵泌乳增加比例 = (Week 8 乳量 - Week 0 乳量) / Week 0 乳量 $\times 100\%$

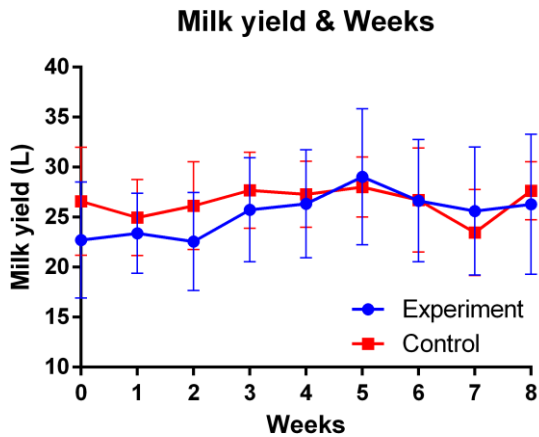


圖 8、試驗期間對照組及試驗組之牛隻原始泌乳量 (公升) 變化。

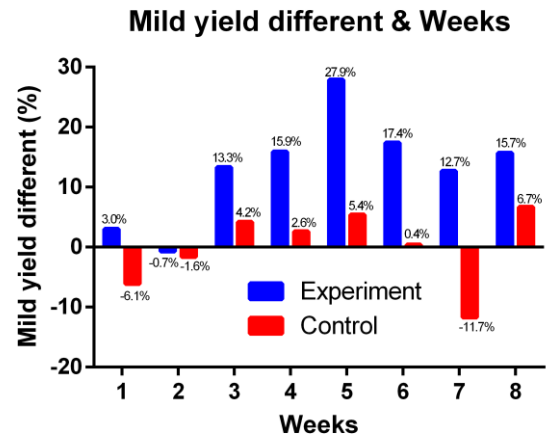


圖 9、試驗期間對照組及試驗組之牛隻原始泌乳量週次與第 0 天之差值百分比 (%)。

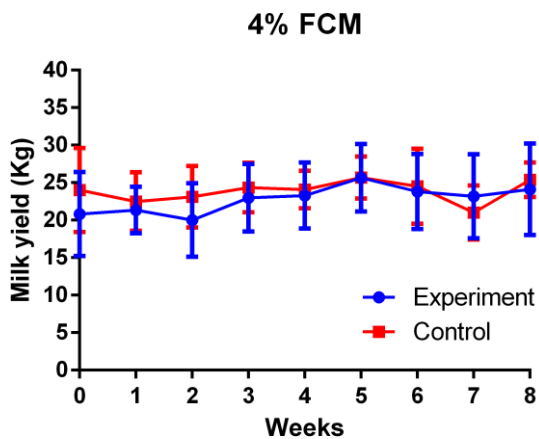


圖 10、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 4%乳脂肪校正乳量 (公斤) 變化。

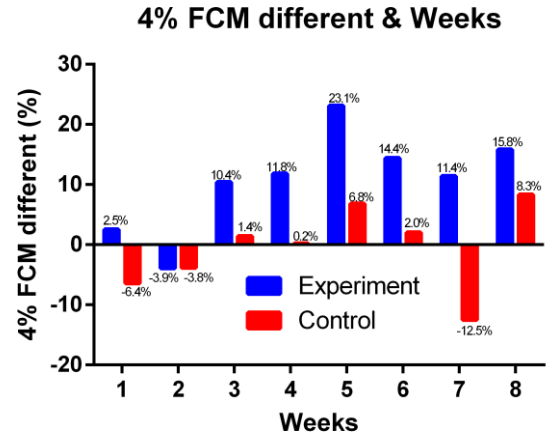


圖 11、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 4%乳脂肪校正乳量週次與第 0 天之差值百分比 (%)。

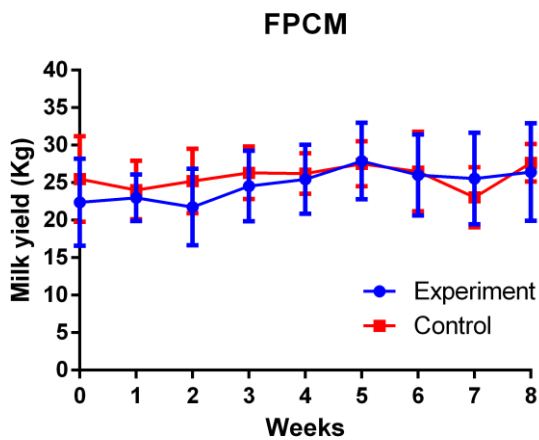


圖 12、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪蛋白質校正乳量 (公斤) 變化。

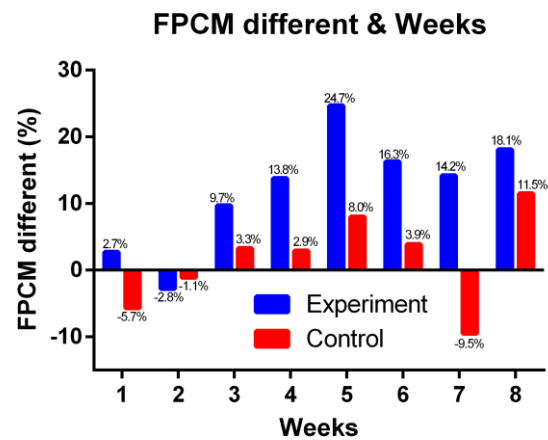


圖 13、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪蛋白質校正乳量週次與第 0 天之差值百分比 (%)。

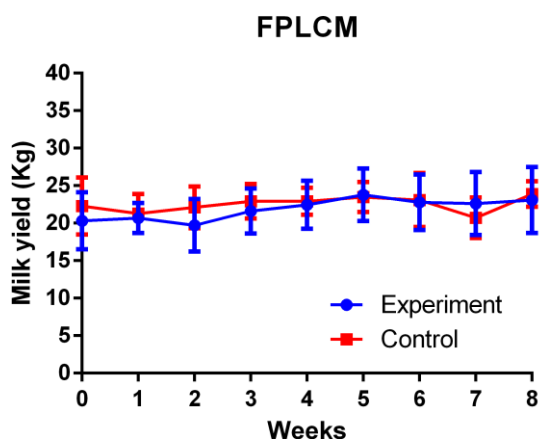


圖 14、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪蛋白質乳糖校正乳量（公斤）變化。

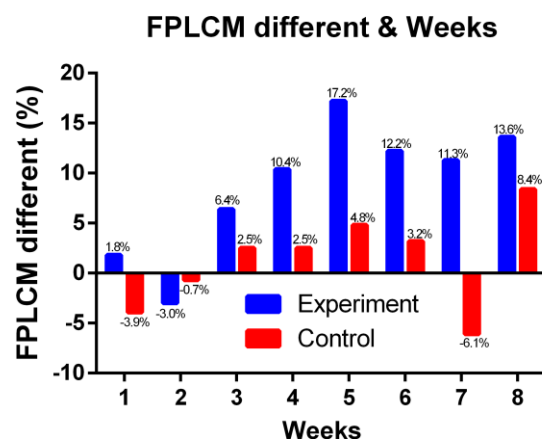


圖 15、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪蛋白質乳糖校正乳量週次與第 0 天之差值百分比（%）。

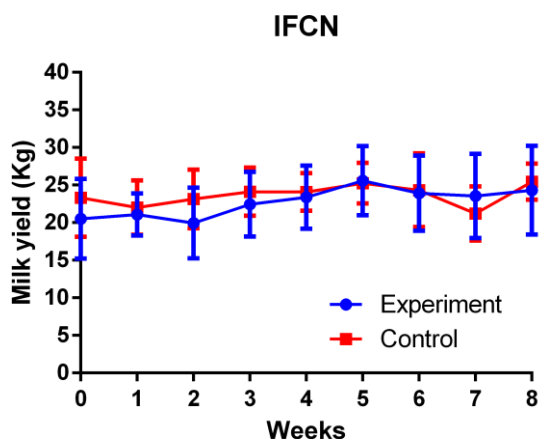


圖 16、試驗期間對照組及試驗組之牛隻國際酪農比較網路校正乳量（公斤）變化。

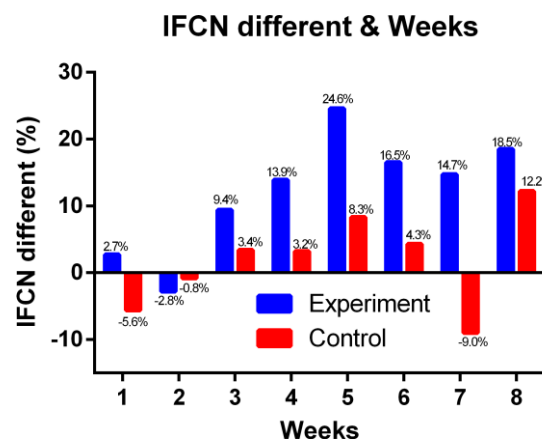


圖 17、試驗期間對照組及試驗組之牛隻國際酪農比較網路校正乳量週次與第 0 天之差值百分比（%）。

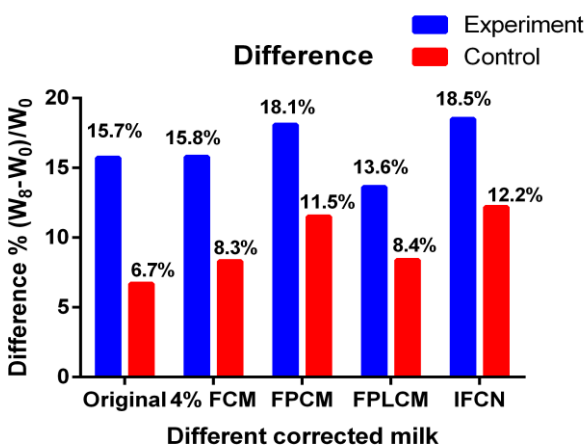


圖 18、試驗初始及結束時對照組及試驗組之牛隻各校正乳量之泌乳增加比例（%）。

表 9、試驗期間試驗組及對照組牛隻之每週及每月乳品分析檢驗。

試驗組 (Experiment)								
週	日	乳脂肪 (%)	乳蛋白質 (%)	乳糖 (%)	乳無脂固形物 (%)	乳尿素氮 (mg/dL)	體細胞分數 (SCS) ¹	乳房炎發生率 ²
量測範圍		0-15%	0-10%	0-10%	0-15%	4.67-46.7		
0	0	3.5 ± 0.5	3.0 ± 0.3	4.9 ± 0.2	8.6 ± 0.3	5.9 ± 1.2	1.5 ± 1.2	0/10
1	1-7	3.5 ± 0.6	3.0 ± 0.3	4.8 ± 0.2	8.2 ± 0.3*	5.7 ± 1.3	1.9 ± 1.1	0/10
2	8-14	3.3 ± 0.7	3.0 ± 0.2	4.7 ± 0.3	8.7 ± 0.3	5.9 ± 1.3	1.1 ± 0.9	0/10
3	15-21	3.3 ± 0.7	2.8 ± 0.2	4.7 ± 0.3	8.7 ± 0.2*	5.8 ± 1.4	1.5 ± 1.1	0/10
4	22-28	3.3 ± 0.7	3.1 ± 0.1	4.8 ± 0.2	8.6 ± 0.3	5.9 ± 1.5	1.2 ± 1.1	0/10
5	29-35	3.3 ± 0.7	3.0 ± 0.1	4.6 ± 0.3	8.3 ± 0.3	5.7 ± 1.5	1.5 ± 1.8	1/10
6	36-42	3.3 ± 0.7	3.1 ± 0.1	4.8 ± 0.2	8.7 ± 0.3	5.9 ± 1.6	1.8 ± 1.6	1/10
7	43-49	3.4 ± 0.6	3.3 ± 0.2	4.9 ± 0.2	8.9 ± 0.2*	6.6 ± 1.9	1.6 ± 1.1	1/10
8	50-56	3.5 ± 0.6	3.3 ± 0.3	4.8 ± 0.2	8.8 ± 0.2	5.8 ± 1.9	1.3 ± 1.2	0/10
對照組 (Control)								
0	0	3.3 ± 0.5	2.7 ± 0.2	4.7 ± 0.2	8.6 ± 0.2	5.6 ± 2.4	1.8 ± 1.5	0/10
1	1-7	3.3 ± 0.5	2.8 ± 0.1	4.7 ± 0.2	8.6 ± 0.2	5.7 ± 2.1	2.1 ± 1.6	2/10
2	8-14	3.2 ± 0.6	3.0 ± 0.1	4.7 ± 0.3	8.6 ± 0.2	5.7 ± 2.1	2.2 ± 2.0	3/10
3	15-21	3.2 ± 0.5	2.9 ± 0.2	4.8 ± 0.2	8.3 ± 0.2	5.3 ± 1.9	2.6 ± 2.2	3/10
4	22-28	3.2 ± 0.5	3.0 ± 0.1	4.8 ± 0.3	8.5 ± 0.3	5.3 ± 2.0	2.5 ± 2.1	3/10
5	29-35	3.5 ± 0.4	2.9 ± 0.1	4.5 ± 0.3	8.1 ± 0.2	5.6 ± 1.7	2.3 ± 2.1	3/10
6	36-42	3.5 ± 0.4	3.0 ± 0.1	4.8 ± 0.2	8.6 ± 0.2	6.0 ± 1.2	2.4 ± 2.2	4/10
7	43-49	3.3 ± 0.5	3.2 ± 0.1	4.7 ± 0.3	8.6 ± 0.2	6.8 ± 1.4	2.2 ± 2.2	3/10
8	50-56	3.5 ± 0.5	3.2 ± 0.1	4.8 ± 0.3	8.6 ± 0.2	6.0 ± 1.4	1.9 ± 2.2	2/10
試驗組 (Experiment)								
月	日	乳脂肪 (%)	乳蛋白質 (%)	乳糖 (%)	乳無脂固形物 (%)	乳尿素氮 (mg/dL)	體細胞分數 (SCS) ¹	乳房炎發生率 ²
0	0	3.5 ± 0.5	3.0 ± 0.3	4.9 ± 0.2	8.6 ± 0.3	5.9 ± 1.2	1.5 ± 1.2	0/10
1	1-28	3.3 ± 0.7	3.0 ± 0.2	4.8 ± 0.3	8.5 ± 0.3	5.8 ± 1.3	1.4 ± 1.1*	0/40
2	29-56	3.4 ± 0.6	3.2 ± 0.2	4.8 ± 0.3	8.7 ± 0.3	6.0 ± 1.7	1.6 ± 1.4	3/40
對照組 (Control)								
0	0	3.3 ± 0.5	2.7 ± 0.2	4.7 ± 0.2	8.6 ± 0.2	5.6 ± 2.4	1.8 ± 1.5	0/10
1	1-28	3.3 ± 0.5	2.9 ± 0.2	4.7 ± 0.2	8.5 ± 0.2	5.5 ± 1.9	2.3 ± 1.9	11/40
2	29-56	3.4 ± 0.4	3.1 ± 0.1	4.7 ± 0.3	8.5 ± 0.3	6.1 ± 1.4	2.2 ± 2.1	12/40

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹Somatic cell Score (SCS) = log₂[SCC (cells per mL)/100,000] + 3 (Shook GE, 2006) .

²SCC > 200,000/ml will be defined as mastitis individuals.

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

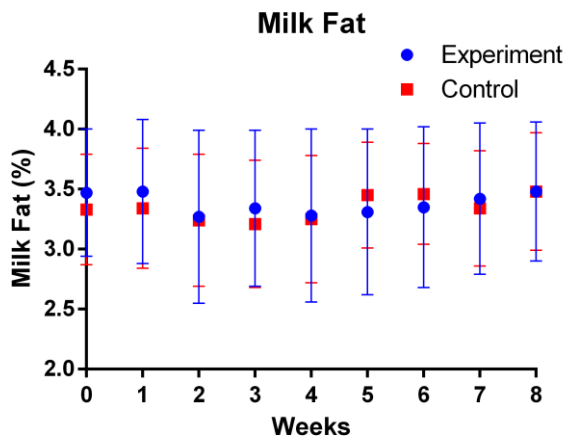


圖 19、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳脂肪 (%) 變化。

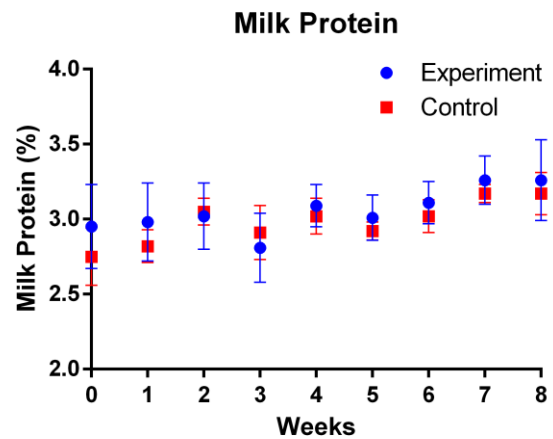


圖 20、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳蛋白質 (%) 變化。

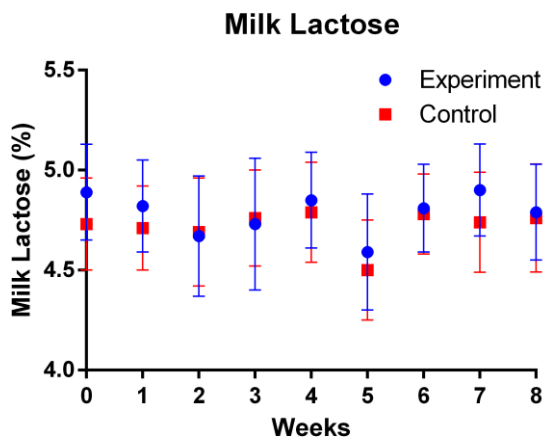


圖 21、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳糖 (%) 變化。

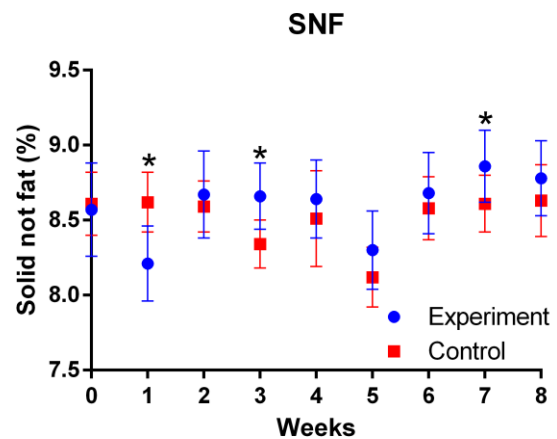


圖 22、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳無脂固形物 (%) 變化。

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

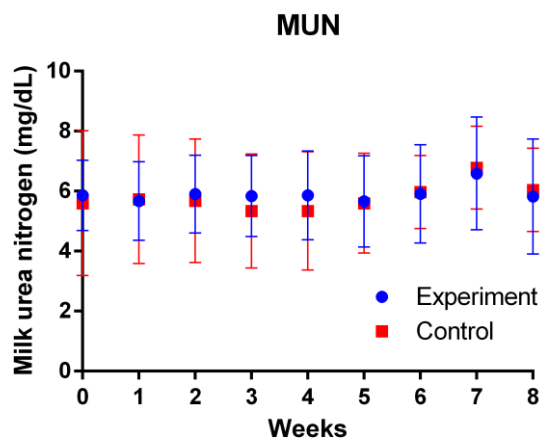


圖 23、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳尿素氮 (mg/dL) 變化。

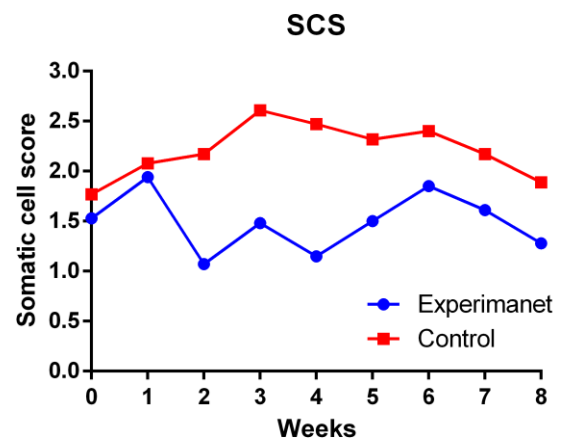


圖 24、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳體細胞分數 (SCS) 變化。

表 10、試驗期間試驗組及對照組牛隻之生乳體細胞數及體細胞分數。

試驗組 (Experiment)			
週 日	乳體細胞數 (SCC, $10^4/\text{mL}$)	乳體細胞分數 (SCS) ¹	乳體細胞數差值 ($\text{SCS}_D = \text{SCS} - \text{SCS}_{\text{Day0}}$)
0 0	4.81 ± 3.62	1.53 ± 1.21	
1 7	6.24 ± 4.73	1.94 ± 1.14	0.41 ± 0.26
2 14	3.16 ± 2.19	1.07 ± 0.91	$-0.46 \pm 0.84^*$
3 21	4.58 ± 4.06	1.48 ± 1.08	$-0.05 \pm 0.48^*$
4 28	4.13 ± 5.43	1.15 ± 1.15	-0.37 ± 1.22
5 35	9.96 ± 21.75	1.50 ± 1.76	-0.02 ± 1.28
6 42	11.30 ± 24.51	1.85 ± 1.58	0.32 ± 1.17
7 49	5.70 ± 7.55	1.61 ± 1.15	0.09 ± 1.26
8 56	4.31 ± 4.58	1.28 ± 1.15	-0.25 ± 1.60
對照組 (Control)			
0 0	6.82 ± 6.59	1.77 ± 1.49	
1 7	8.91 ± 9.05	2.08 ± 1.57	0.31 ± 0.30
2 14	12.80 ± 16.64	2.17 ± 1.98	0.40 ± 0.71
3 21	24.30 ± 41.37	2.61 ± 2.23	0.84 ± 1.03
4 28	19.76 ± 28.37	2.47 ± 2.14	0.70 ± 1.23
5 35	17.24 ± 25.30	2.32 ± 2.12	0.55 ± 0.95
6 42	16.70 ± 21.66	2.40 ± 2.17	0.62 ± 0.91
7 49	16.09 ± 23.27	2.17 ± 2.22	0.40 ± 1.14
8 56	15.56 ± 26.90	1.89 ± 2.24	0.11 ± 1.48

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹Somatic cell Score (SCS) = $\log_2[\text{SCC (cells per mL)} / 100,000] + 3$ (Shook GE, 2006) .

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

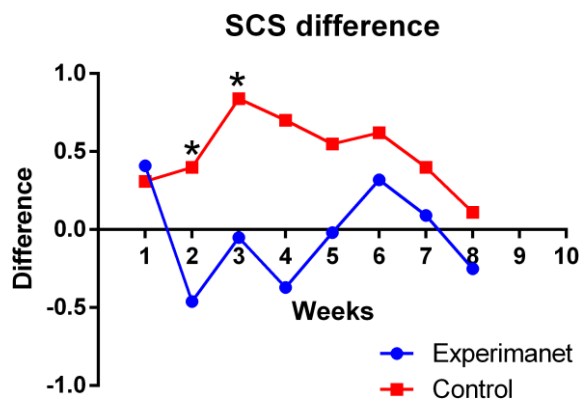


圖 25、試驗期間對照組及試驗組之牛隻乳體細胞分數變化。

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

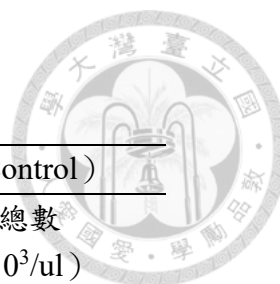


表 11、試驗期間試驗組及對照組牛隻之血液學分析。

試驗組 (Experiment)		對照組 (Control)
週	日	白血球總數 (WBC, $10^3/\text{ul}$)
參考範圍 ¹		4.0-12.0
0	0	10.8 ± 2.7
2	8-14	10.0 ± 2.4
4	22-28	10.2 ± 1.8
6	36-42	10.3 ± 2.4
8	50-56	8.5 ± 1.6
月		4.0-12.0
1	1-28	10.1 ± 2.1
2	29-56	9.4 ± 2.2
		10.9 ± 2.7
		9.9 ± 3.1

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹ Cockcroft PD. Bovine Medicine 3rd. Wiley Blackwell. 2016

表 12、試驗期間試驗組及對照組牛隻之第 0、2、4、6 及 8 週及第 1 及 2 月之血清生化學檢驗。

試驗組 (Experiment)							
週	日	白蛋白 (g/dL)	葡萄糖 (mg/dL)	AST (U/L)	GGT (U/L)	血清尿素氮 (mg/dL)	NEFA (mmol/L)
參考範圍 ¹		2.2-3.6	41-74	60-150	<36	4.49-20.54	<0.7
0	0	3.2 ± 0.1	51.0 ± 5.9	88.6 ± 23.6	27.6 ± 9.9	8.5 ± 1.8	0.3 ± 0.3
2	8-14	3.2 ± 0.1	44.1 ± 6.3*	92.4 ± 32.6	28.1 ± 8.7	9.6 ± 2.0	0.3 ± 0.2
4	22-28	3.0 ± 0.3	39.6 ± 8.5	77.9 ± 18.9	25.8 ± 9.1	10.3 ± 2.0	0.3 ± 0.3
6	36-42	3.1 ± 0.2*	36.1 ± 6.0	81.0 ± 28.4	27.5 ± 8.5	10.8 ± 1.7	0.2 ± 0.2
8	50-56	2.6 ± 0.3	37.8 ± 4.8	76.7 ± 27.7	23.5 ± 7.2	7.3 ± 1.8	0.1 ± 0.0
對照組 (Control)							
0	0	3.2 ± 0.2	45.3 ± 7.0	78.6 ± 30.1	29.9 ± 11.5	8.0 ± 1.9	0.2 ± 0.1
2	8-14	3.3 ± 0.2	49.8 ± 2.3	88.4 ± 43.5	30.5 ± 13.5	9.0 ± 1.7	0.3 ± 0.2
4	22-28	3.1 ± 0.2	43.6 ± 3.8	74.3 ± 16.5	29.7 ± 11.2	10.0 ± 1.6	0.3 ± 0.1
6	36-42	2.9 ± 0.1	31.5 ± 5.0	78.2 ± 30.3	28.3 ± 11.5	10.7 ± 1.4	0.1 ± 0.0
8	50-56	2.4 ± 0.3	35.8 ± 4.6	79.5 ± 47.4	24.4 ± 13.8	6.7 ± 1.2	0.1 ± 0.0
試驗組 (Experiment)							
月	日	白蛋白 (g/dL)	葡萄糖 (mg/dL)	AST (U/L)	GGT (U/L)	血清尿素氮 (mg/dL)	NEFA (mmol/L)
0	0	3.2 ± 0.1	51.0 ± 5.9	88.6 ± 23.6	27.6 ± 9.9	8.5 ± 1.8	0.3 ± 0.3
1	1-28	3.1 ± 0.2	41.8 ± 7.6	85.2 ± 27.0	26.9 ± 8.7	10.0 ± 2.0	0.3 ± 0.3
2	29-56	2.8 ± 0.3	36.9 ± 5.4	78.9 ± 27.4	25.5 ± 7.9	9.1 ± 2.4	0.2 ± 0.1
對照組 (Control)							
0	0	3.2 ± 0.2	45.3 ± 7.0	78.6 ± 30.1	29.9 ± 11.5	8.0 ± 1.9	0.2 ± 0.1
1	1-28	3.2 ± 0.2	46.7 ± 4.4	81.3 ± 32.9	30.1 ± 12.1	9.5 ± 1.7	0.3 ± 0.1
2	29-56	2.7 ± 0.3	33.7 ± 5.1	78.8 ± 38.2	26.3 ± 12.4	8.7 ± 2.4	0.1 ± 0.0

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹ Cockcroft PD. Bovine Medicine 3rd. Wiley Blackwell. 2016

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

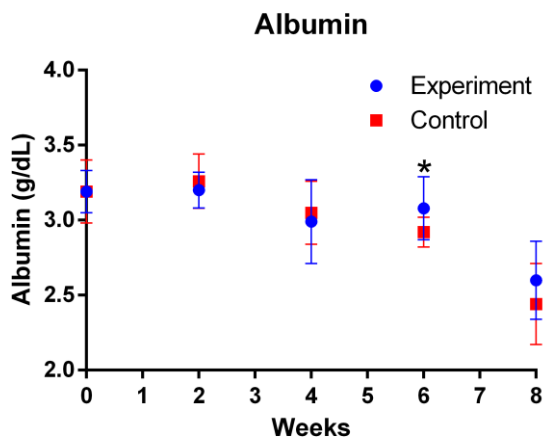


圖 26、試驗期間對照組及試驗組之牛隻白蛋白 (g/dL) 變化。

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

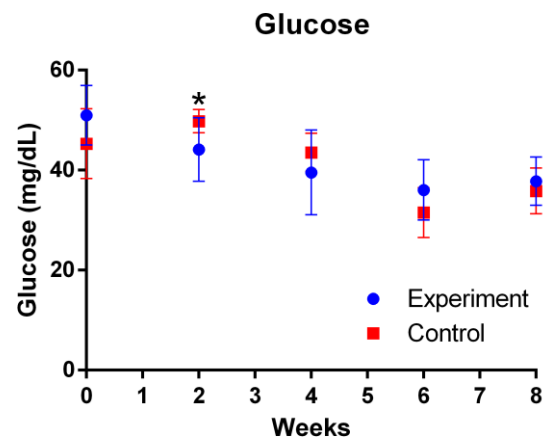


圖 27、試驗期間對照組及試驗組之牛隻葡萄糖 (mg/dL) 變化。

*Significant difference between the control and experiment groups at $p < 0.05$.

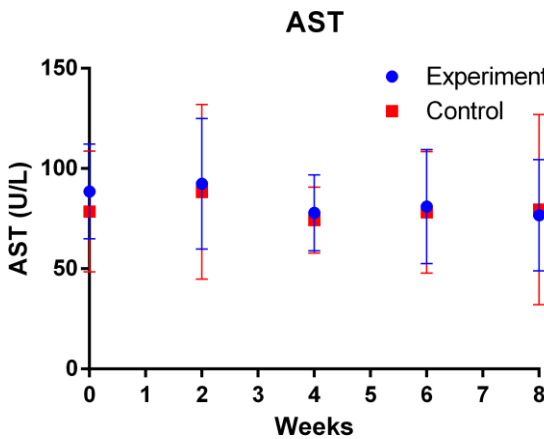


圖 28、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 AST (U/L) 變化。

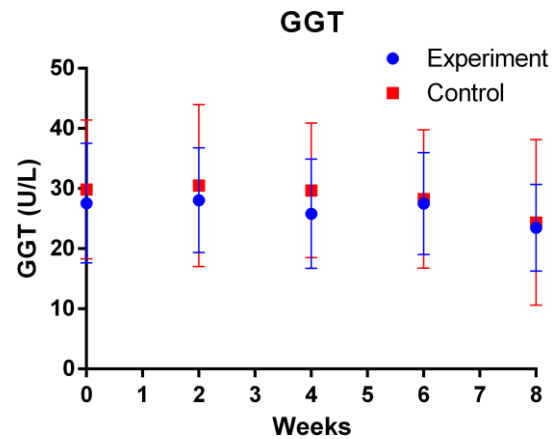


圖 29、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 GGT (U/L) 變化。

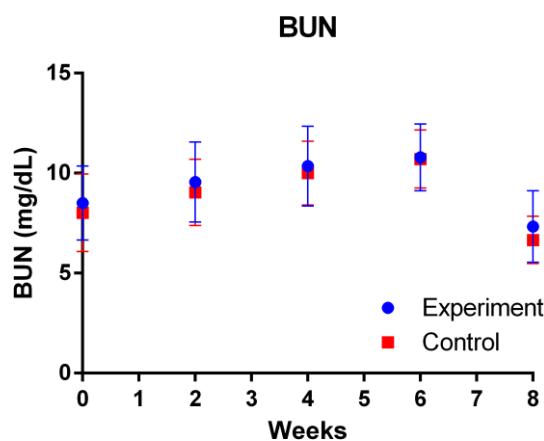


圖 30、試驗期間對照組及試驗組之牛隻血清尿素氮 (mg/dL) 變化。

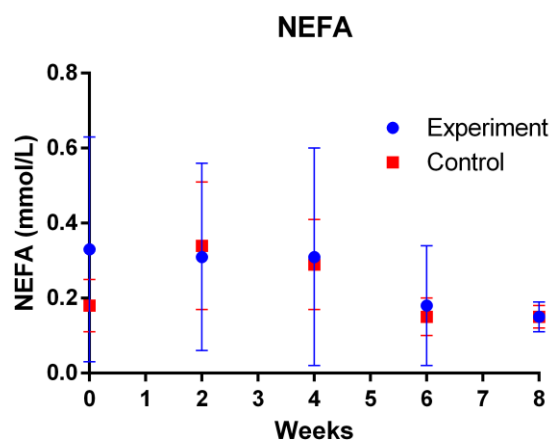


圖 31、試驗期間對照組及試驗組之牛隻 NEFA (mmol/L) 變化。

表 13、試驗期間試驗組及對照組牛隻之糞便性狀評估。

試驗組 (Experiment)			對照組 (Control)
週	日	糞便性狀分數 (Fecal score) ¹	糞便性狀分數 (Fecal score)
0	0	2	2
1	1-7	2	2
2	8-14	2	2
3	15-21	2	2
4	22-28	2	2
5	29-35	2	2
6	36-42	2	2
7	43-49	2	2
8	50-56	2	2

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹Fecal score : Diarrhea 1 point 、Normal 2 point 、Hard 3 point.

表 14、試驗期間試驗組及對照組熱緊迫範圍下之整體生理變化表。

週	0	1	2	3	4	5	6	7	8
溫度	30.8	33.1	32.0	27.6	28.6	27.6	27.0	27.6	24.2
相對濕度	64.5	59.0	56.6	73.1	52.1	61.4	59.4	57.9	59.4
溫濕度指數	81.6	84.0	82.0	78.2	76.8	76.7	75.5	76.1	71.7
熱緊迫範圍				輕度熱緊迫					臨界點
活動 試驗	468.5	459.4	471.3	455.4	467.1	483.4	462.5	458.9	454.9 ↓
時間 對照	492.3	488.1	483.6	482.5	481.1	498.1	491.3	488.8	520.2
原始 試驗	22.7	23.4	22.6	25.7	26.3	29.0	26.7	25.6	26.3
乳量 對照	26.6	25.0	26.2	27.7	27.3	28.0	26.7	23.5	27.6
校正 試驗	20.8	21.4	2.0	23.0	23.3	25.6	23.8	23.2	24.1
乳量 對照	24.0	22.5	23.1	24.4	24.1	25.7	24.5	21.0	25.4
原乳 試驗		3.0	-0.7	13.3 ↑	15.9 ↑	27.9 ↑	17.4 ↑	12.7 ↑	15.7 ↑
增率 對照		-6.1	-1.6	4.2	2.6	5.4	0.4	-11.7	6.7
校乳 試驗		2.5	-3.9	10.4 ↑	11.8 ↑	23.1 ↑	14.4 ↑	11.4 ↑	15.8 ↑
增率 對照		-6.4	-3.8	1.4	0.2	6.8	2.0	-12.5	8.3
SCC 試驗	4.81	6.24	3.16	4.58	4.13	9.96	11.30	5.70	4.31
對照	6.82	8.91	12.8	24.30	19.76	17.24	16.70	16.09	15.56
SCS 試驗	1.53	1.94	1.07	1.48	1.15	1.50	1.85	1.61	1.28
對照	1.77	2.08	2.17	2.61	2.47	2.32	2.40	2.17	1.89
SCS _D 試驗		0.41	-0.46 ↓	-0.05 ↓	-0.37	-0.02	0.32	0.09	-0.25
對照		0.31	0.4	0.84	0.7	0.55	0.62	0.40	0.11
乳房 試驗	0/10	0/10 ↓	0/10 ↓	0/10 ↓	0/10 ↓	1/10 ↓	1/10 ↓	1/10 ↓	0/10 ↓
炎率 對照	0/10	2/10 ↑	3/10 ↑	3/10 ↑	3/10 ↑	3/10 ↑	4/10 ↑	3/10 ↑	2/10 ↑
SNF 試驗	8.6	8.2 ↓	8.7	8.7 ↑	8.6	8.3	8.7	8.9 ↑	8.8
對照	8.6	8.6	8.6	8.3	8.5	8.1	8.6	8.6	8.6
白蛋 試驗	3.2		3.2		3.0		3.1 ↑		2.6
白 對照	3.2		3.3		3.1		2.9		2.4
葡萄 試驗	5.1		44.1 ↓		39.6		36.1		37.8
糖 對照	45.3		49.8		43.6		31.5		35.8

單位：溫度 (°C)、相對濕度 (%)、活動時間 (分/日)、乳量 (公升)、乳增率 (%)、SCC (10⁴/mL)、SNF (%)、白蛋白 (g/dL)、葡萄糖 (mg/dL)

校正乳量：4%乳脂肪校正乳量

註：SCC = 乳體細胞數；SCS = 乳體細胞分數；SCS_D = 乳體細胞分數差值；SNF = 乳無脂固形物

第六章 討論

本次試驗以 γ -氨基丁酸 (GABA) 作為飼料添加劑，評估其改善亞熱帶地區乳牛熱緊迫的效果。試驗條件設定為溫濕度指數 (THI) 達 72 以上，因乳牛在 THI 超過 72 時即開始出現熱緊迫反應。試驗期間場域環境 (位於臺灣北部，9 月至 11 月) 溫度高達 28.7°C，相對濕度約 60%，THI 最高達 87，顯示當地環境已對牛隻產生顯著熱緊迫壓力。雖然試驗期間 THI 指數有所波動，但整體皆處於會影響乳牛生理反應的範圍內。(Cheng JB *et al.*, 2016)

臺灣位處熱帶與亞熱帶交界，氣候特徵為高溫高濕，導致全年溫濕度指數 (THI) 偏高。根據中央氣象局 1971 至 2000 年間之氣象資料顯示，臺灣低海拔地區的熱季時間自每年 4 月至 10 月，其中高溫時段造成中度熱緊迫 (THI 79 - 89) 的時間長達約六個月，另有約兩個半月為輕度熱緊迫 (THI 72 - 79)。因此，乳牛一年中約有八個半月處於熱緊迫狀態，僅有約一個月的期間可達到最佳生理狀態 (受精率最佳之 THI 需小於 68)。THI 值與海拔高度呈負相關，高海拔地區如日月潭 (一千公尺以上)，全年平均 THI 皆低於 72，熱緊迫情況相對緩和。然而，多數臺灣酪農場分布於海拔 100 公尺以下，面臨的熱緊迫問題更為嚴峻。熱緊迫會顯著抑制乳牛的生產性能。在泌乳過程中，乳牛體內會產生大量代謝熱，若再加上外界高溫與輻射熱，將不利於體熱散失，進而導致食慾下降及產奶量降低。當氣溫升高至攝氏 27 度以上，乳牛的動情週期延長，發情徵兆變得不明顯，動情期縮短，導致受胎率下降與胚胎早期死亡。此外，高溫亦促進病媒蚊及害蟲孳生，增加傳染病風險，間接進一步影響乳牛健康與生產效率。(Hsieh CH *et al.*, 2007)

在試驗期間，試驗組與對照組在反芻時間與活動量方面差異不大，反芻時間於兩組間未達顯著差異。然而在第 8 週，試驗組的活動量顯著低於對照組 ($p < 0.05$)。這顯示，雖然 GABA (Relax-C) 補充劑對乳牛的反芻行為可能無顯著影響，但對其日常活動量可能具有調節效果，有助於維持穩定的活動水準，減少過度波動的行為表現，進而可能對乳牛的行為模式或能量消耗產生一定影響。

在採食量方面，已有文獻指出，在飼糧中添加 GABA 可增加離乳豬與保育豬的採食量及日增重。GABA 在動物下視丘中具有調節攝食行為的功能。有研究顯示，將 GABA 注射至已飽食的綿羊側腦室後，其採食量會顯著增加，顯示神經元對 GABA 的敏感性可能與反芻動物的攝食行為控制有關。在大鼠的實驗中也觀察到 GABA 可促進其採食行為。此外，經由飲食攝取 GABA 也會促進腦中神經肽 Y (Neuropeptide Y, NPY) 的表現，而 NPY 被認為是哺乳動物中調控食慾的重要神經物質。在 Wang 等人的研究中，泌乳早期牛隻補充 GABA 後，其血清中 NPY 呈現增加趨勢，且採食量亦有上升現象。在轉換期乳牛，尤其產犢後階段，GABA 的補充能提高採食量，增加乳蛋白產量，並降低血清中非酯化脂肪酸 (NEFA) 的濃度。NEFA 濃度的升高常被視為採食量不足以滿足泌乳需求的指標，因此 GABA 的補充對產後乳牛具有潛在益處。然而，在本次試驗中，並未進行血中 NPY 濃度的測定，因此無法得知是否有類似的上升趨勢。血液中 NEFA 濃度則於試驗期間維

持穩定，無明顯上升。由於本試驗為田野試驗，無法對每頭試驗牛的採食量進行精確計算，因此目前尚無法確認是否確實增加採食量。未來建議可進一步設計相關試驗，以觀察 GABA 是否能有效提升乳牛的採食量。(Wang DM *et al.*, 2013ab)

在泌乳量及乳品品質的檢測結果中顯示，試驗組與對照組在泌乳量方面並無顯著差異。試驗期間，兩組牛隻的平均日泌乳量分別為 25.7 公斤及 26.4 公斤，在不同乳量校正下也均落在 23 至 25 公斤之間，且於試驗各週次與月份中，泌乳量及各項校正乳量均未達統計上的顯著差異，顯示 GABA (Relax-C) 補充劑可能未對泌乳量產生顯著提升效果。然而，儘管統計上無顯著性差異 ($p>0.05$)，泌乳增加的幅度仍呈現組間差異。試驗組 (補充 GABA) 泌乳增加率為 13-18%，對照組則為 4-9%，前者提升幅度約為 15%，顯示 GABA 補充組在泌乳表現上仍有上升趨勢。雖然此上升幅度較為平緩，但相較對照組已有明顯上揚，若試驗時間延長，泌乳量的差異可能在統計上達到顯著水準。

而 GABA 提升泌乳量的原因，根據 Cheng 與 Wang 的研究，主要可能來自以下幾個機制：(1) GABA 具調節中樞神經的功能，能抑制交感神經、活化副交感神經，有助於降低乳牛熱緊迫，進而降低皮質醇 (Cortisol) 濃度、提升免疫力與抗氧化能力，進一步維持生理穩定並促進泌乳表現；(2) GABA 可能調節食慾中樞，增加乾物質攝取，同時影響瘤胃微生物活性，提升飼料的消化與利用效率，有助於泌乳量的提升；(3) 泌乳期乳牛常處於負能量平衡，GABA 可改善此狀況，減少脂肪動員對乳脂合成的干擾，進而改善乳腺健康並提升乳合成效率。以上幾個推論可能為泌乳量上升之原因。(Cheng JB *et al.*, 2016) (Wang DM *et al.*, 2013ab)

乳品檢驗結果顯示，試驗組與對照組在乳脂肪、乳蛋白等指標上皆無顯著差異，顯示 GABA 補充劑對乳脂含量無明顯影響，此結果亦與 Wang 與 Cheng 等人之研究相符。根據 Bernabucci 的研究，熱緊迫對乳蛋白的影響與飼料組成密切相關，特別是精料比例及溫度變化均會影響乳蛋白含量。夏季若草料攝取量下降，將導致蛋白質攝取不足，進而影響乳蛋白濃度；若能補充精料，則有助於提升蛋白含量。此外，在夏季熱緊迫情況下，泌乳量下降可能導致乳成分濃縮，其中酪蛋白 ($\alpha\beta$ -casein) 合成也可能隨之下降。本研究中乳脂含量未見顯著差異，可能與兩組飼糧中的粗精料比例及草料組成一致有關，因此未產生組間變異。Wang 等人觀察到牛奶中的蛋白質含量不受 GABA 補充劑影響，與 Cheng 等人研究結果略有不同。後者指出 GABA 劑量與乳蛋白濃度間呈現二次拋物線關係，當 GABA 劑量為 40 mg/kg 時，乳蛋白濃度達到最高。Wang 等人亦指出，在高溫熱緊迫條件下補充 GABA，乳脂與乳蛋白比例皆未出現顯著變化，顯示 GABA 對乳品質的穩定性未造成負面影響。(Wang DM *et al.*, 2013ab) (Bernabucci U *et al.*, 2002) (Cheng JB *et al.*, 2014)

當泌乳牛體內蛋白質與碳水化合物供應失衡時，體內產生的氨會進入牛乳或血液中。因此，可透過分析乳中尿素氮 (MUN) 濃度，評估泌乳牛蛋白質與能量的供應是否充足。本試驗中，試驗組與對照組在 MUN 濃度上無顯著差異。乳糖具有調節作用，並可影響泌乳量，本研究中兩組乳牛的乳糖含量也未呈現顯著差異。

GABA (Relax-C) 補充劑對上述常規乳品質指標並未產生顯著影響。然而，在部分週次中，乳無脂固形物 (SNF) 顯示出統計上的顯著差異。例如，第 1 週試驗組的 SNF 含量為 8.2%，顯著低於對照組的 8.6%；但在第 3 週與第 7 週，試驗組的 SNF 分別為 8.7% 與 8.9%，顯著高於對照組的 8.3% 與 8.6%。SNF 含量通常與乳牛體內能量狀況相關，當能量供應不足時，SNF 含量往往下降，反映出可能存在的採食量不足或營養不良狀況。在熱緊迫情形下，牛隻的採食意願與反芻行為會下降，進而影響營養吸收與能量供應。因此，第 1 週試驗組 SNF 的下降可能與初期熱緊迫造成的採食減少有關，而第 3 週與第 7 週 SNF 的顯著上升，則可能與 GABA (Relax-C) 補充劑對熱緊迫的緩解作用及能量代謝的調節有關。雖然其他週次未顯示顯著差異，但這些變化趨勢可能反映出 GABA (Relax-C) 補充劑在改善乳牛代謝與熱緊迫調節方面的潛在影響。

體細胞數 (SCC) 與乳腺發炎呈正相關。當乳中 SCC 升高，可能代表乳牛乳腺發炎，且在嚴重情況下甚至可能導致死亡。雖本試驗中試驗組與對照組在 SCC 上無顯著性差異，但從趨勢上觀察，試驗組 SCC 整體維持在較低水準，而對照組則偏高，顯示 GABA (Relax-C) 補充劑可能藉由降低熱緊迫，進而減緩發炎反應，使乳中體細胞數相對穩定。乳房炎的判定標準之一為乳中 SCC 超過每毫升 20 萬細胞，顯示乳牛可能正處於乳房炎狀態。試驗中累計乳房炎發生率顯示，第一個月試驗組與對照組分別為 0/40 與 11/40，第二個月為 3/40 與 12/40，試驗組乳房炎發生率明顯低於對照組，顯示補充 GABA 可有效降低乳房炎的發生風險。

體細胞分數 (SCS) 評分制度自 1994 年於美國開始使用，主要因 SCC 數值分布偏態，不利於統計分析。將 SCC 轉換為 SCS 後，可使數據符合常態分布，並與細菌培養結果及泌乳量具相關性，其中每增加 1 分 SCS，相當於 SCC 增加一倍，其分數範圍介於 1 至 10 分。本試驗中將體細胞分數的變化量 ($SCS_D = SCS - SCS_{Day0}$) 進行比較時，發現試驗組在第 2 週與第 3 週出現顯著下降，顯示 GABA 補充劑在初期對乳房炎症反應的調節具正面效果。雖後續週次無顯著差異，但從折線圖趨勢可見，試驗組 SCS 整體維持較低，顯示 GABA 補充劑有助於穩定乳房健康，減少體細胞數上升的風險。(Shook GE, 2006)

試驗結果顯示，試驗組的乳體細胞數 (SCC) 顯著低於對照組，乳房炎的累計發生率亦明顯較低，顯示 GABA 補充劑可能有效減少乳房炎的發生。其作用機制如下：(1) 降低緊迫對免疫功能的抑制：緊迫是導致乳體細胞數上升及乳房炎發生的主要原因之一，會使血漿中皮質醇濃度升高，進而抑制免疫功能。GABA 可調節神經內分泌系統，降低皮質醇水平，進而改善免疫機能，提高乳腺對病原微生物的防禦能力；(2) 增強抗氧化能力，減少乳腺組織損傷：乳腺炎的發生常伴隨氧化壓力上升，進而導致乳腺細胞受損及炎症反應。GABA 具抗氧化特性，可提升抗氧化酶 (如 SOD 與 GSH-Px) 的活性，減少活性氧 (ROS) 累積，有助於保護乳腺細胞免於損傷；(3) 增強免疫細胞功能：GABA 可直接作用於免疫細胞，如巨噬細胞與嗜中性球，提高其吞噬能力與活性氧生成能力，加速病原體的清除，進而降低乳腺感染的風險；(4) 調節乳腺局部炎症反應：乳房炎的嚴重性多與過度炎症反應有關，

過強的炎症會破壞乳腺組織，導致體細胞數上升。GABA 具抗發炎作用，可抑制促發炎細胞因子（如 $\text{TNF-}\alpha$ 、 IL-6 、 $\text{IL-1}\beta$ ）的表達，調控乳腺局部免疫反應，減少組織損傷；(5) 提升營養利用與代謝效率：GABA 可促進乳牛對飼料的消化與利用效率，提升能量代謝，從而減緩產後常見的能量負平衡現象，降低免疫系統壓力與乳腺感染風險。

血液學檢查結果顯示，試驗組與對照組在白血球總數（WBC）方面無顯著差異，無論是在各週或各月份的比較中皆未觀察到明顯變化，顯示 GABA (Relax-C) 補充劑對牛隻免疫系統的影響並不顯著。根據 Cheng 的研究，添加 GABA 可提升血液中淋巴球的比例，顯示其具有緩解熱緊迫所引發發炎反應、並增強免疫功能的潛力。然而，本次試驗並未進行白血球分類分析，因此無法確認淋巴球比例是否有增加，亦無法進一步推論其是否對免疫反應產生正面調節作用。（Cheng JB *et al.*, 2014）

血清生化檢測結果顯示，試驗組與對照組在多數生化指標上，包含天門冬氨酸胺基轉移酶（AST）、 γ -穀氨醯轉胺酶（GGT）、血清尿素氮（BUN）及非酯化脂肪酸（NEFA）等，皆無顯著差異，表示 GABA (Relax-C) 補充劑對乳牛的肝功能、腎功能及脂肪代謝並未產生明顯影響。然而，部分指標出現輕微變化，如第 6 週試驗組之白蛋白（Albumin）濃度為 3.1 g/dL，顯著高於對照組的 2.9 g/dL ($p < 0.05$)，顯示 GABA (Relax-C) 可能對白蛋白表現具有一定調節作用。白蛋白濃度常用以評估泌乳牛蛋白質或能量攝取是否充足，與健康與免疫功能息息相關。然而，此差異僅出現在第 6 週，其餘週次未達顯著水準，推測 GABA 對血清白蛋白的影響有限。第 6 週白蛋白之顯著差異可能與對照組該週乳房炎牛隻增加有關，乳房炎可能導致採食量下降，進而使白蛋白濃度降低，使得試驗組與對照組之間的差異更為明顯，實際上可能為對照組數值下降所致。另外，在第 2 週試驗組的血糖（Glucose）濃度為 44.1 mg/dL，顯著低於對照組 49.8 mg/dL ($p < 0.05$)，可能與熱緊迫情況下能量代謝改變有關，但兩組數值皆在正常牛隻生理範圍內，惟其他週次可見血糖值有低於正常範圍，此可能與熱緊迫有關，有文獻指出當乳牛在熱緊迫下會造成低血糖（血糖值小於 45 mg/dl）的發生，低血糖會使牛隻中熱休克蛋白減少，使牛隻更容易出現熱緊迫症狀。試驗初期前三週溫濕度指數（THI）皆超過 80，顯示牛隻可能處於熱緊迫狀態，GABA (Relax-C) 可能藉由調節緊迫反應而影響血糖代謝。然而，當 THI 降至 80 以下後，組間血糖濃度差異亦不再顯著。儘管白蛋白與血糖在特定週次呈現顯著性差異，兩組檢測值皆維持於乳牛正常生理範圍內，顯示對健康無不良影響。（Atikin AS *et al.*, 2022）

在糞便性狀評估方面，所有評分均落在正常範圍內。由於試驗場地的限制，試驗牛隻與非試驗牛隻混群飼養，因此無法針對每一隻試驗個體進行糞便分數的單獨記錄，僅能透過代表性觀察整體群體狀況來進行評分。此限制可能導致糞便評分無法準確反映個體健康狀況，為本項目的一項侷限。然而，整體觀察並未發現牛隻在補充 GABA (Relax-C) 後出現下痢或便秘等異常現象，顯示該補充劑並未對腸胃道功能或營養吸收造成明顯影響。

第七章 結論

本試驗旨在評估如臺灣亞熱帶高溫高濕環境下， γ -氨基丁酸（GABA，商品名 Relax-C）作為飼料添加劑對乳牛熱緊迫緩解及泌乳表現的潛在影響。試驗期間 THI 最高達 87，顯示乳牛處於中度至嚴重熱緊迫狀態。結果顯示，GABA 對日常活動量與行為表現亦有一定調節效果，雖反芻時間無顯著差異，但活動量變異性較低，有助穩定行為模式。GABA 補充劑雖未顯著提升泌乳量、乳成分（如乳脂、乳蛋白與乳糖）及多數血液生化指標，但泌乳增加量在趨勢上呈現上升，且體細胞數（SCC）與乳房炎發生率明顯低於對照組，顯示其在改善乳腺健康與減緩炎症反應方面具有潛力。此外，SNF 含量在部分週次呈現顯著提升，顯示 GABA 可能有助於調節能量代謝。整體而言，GABA 補充劑對乳牛生理與泌乳上雖無全面顯著功效，但在熱緊迫條件下，仍展現部分積極效果，特別是在乳腺健康與行為活動穩定方面，未來建議可進一步進行長期與控制變因進行更嚴謹的試驗，如不同劑量下使用 GABA 的影響等，以探討其對採食量、NPY 表現、免疫細胞變化及泌乳效率的全面影響。而 GABA 作為飼料添加劑在不影響生理上及有助於改善乳腺組織潛能上，仍是一款適合應用於亞熱帶國家的乳牛飼養上，以減緩泌乳牛熱緊迫的發生。

第八章 參考文獻

- Arneson AG, Stewart JW, Byrd MKH, Perry GA and Rhoads ML. Plasma γ -Aminobutyric Acid (GABA) Concentrations in Lactating Holstein Cows during Thermoneutral and Heat Stress Conditions and Their Relationships with Circulating Glucose, Insulin and Progesterone Levels. *Veterinary Science* 11: 137, 2014.
- Atkin SA, Md Moin AS, Atkin SL and Butler AE. Hypoglycemia Impairs the Heat Shock Protein Response: A Risk for Heat Shock in Cattle. *Frontiers in Veterinary Science* 9:822310, 2022.
- Bae J, Hamidoghli A, Farris NW, Olowe OS, Choi W, Lee S, Won S, Ohh M, Lee S and Bai SC. Dietary γ -Aminobutyric Acid (GABA) Promotes Growth and Resistance to *Vibrio alginolyticus* in Whiteleg Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, Article ID 9105068, 9 pages, 2022.
- Bernabucci U, Laceter N, Ronchi B and Nardone A. Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows. *Animal Research* 51: 25-33, 2002.
- Chand N, Muhammad S, Khan RU, Alhidary IA, Rehman Z. Ameliorative effect of synthetic γ -aminobutyric acid (GABA) on performance traits, antioxidant status and immune response in broiler exposed to cyclic heat stress. *Environ Sci Pollut Res* 23: 23930-23935, 2016.
- Cheng JB, Bu DP, Wang JQ, Sun XZ, Pan L, Zhou LY, Liu W. Effects of rumen-protected γ -aminobutyric acid on performance and nutrient digestibility in heat-stressed dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97: 5599-5607, 2014.
- Cheng JB, Zheng N, Sun XZ, Li SL, Wang JQ, Zhang YD. Feeding rumen-protected gamma-aminobutyric acid enhances the immune response and antioxidant status of heat-stressed lactating dairy cows. *Journal of Thermal Biology* 60: 103-108, 2016.
- Cockcroft PD. *Bovine Medicine* 3rd. Wiley Blackwell. 2016
- Gaines WL and Davidson FA. Relation between percentage fat content and yield of milk. Correction of milk yield for fat content. University of Illinois Agricultural Experiment Station 245: 577-621, 1923.
- Guo WJ, Zhen L, Zhang JX, Lian S, Si HF, Guo JR, Yang HM. Effect of feeding Rumen-protected capsule containing niacin, K₂SO₄, vitamin C, and gamma-aminobutyric acid on heat stress and performance of dairy. *Journal of Thermal Biology* 69: 249-253, 2017.
- Hsieh CH, Shiao TF, Yang DW, Chen JH. The distribution of temperature and humidity index (THI) in Taiwan. *畜產研究* 40(4): 269-278, 2007.
- Hsu WH. *Handbook of Veterinary Pharmacology*. Wiley-Blackwell, 2011.
- Luellmann H, Nohr K and Hein L. *Color Atlas of Pharmacology* 5th. Thieme, 2017.
- NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 8th rev. ed. National Academies Press. 2021.
- Ohara K, Kiyotan Y, Uchida A, Nagasaka R, Maehara H, Kanemoto S, Hori M and Ushio H. Oral administration of γ -aminobutyric acid and γ -oryzanol prevents stress-induced hypoadiponectinemia. *Phytomedicine*. 18: 655-660, 2011.
- Perrin DR. The calorific value of milk of different species. *Journal of Dairy Science* 25: 215-220, 1958.
- Shook GE. Major advances in determining appropriate selection goals. *Journal of Dairy*

- Science 89: 1349-1361, 2006.
- Sjaunja LO, Baevre L, Junkkarinen L, Pedersen J and Setälä J. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. 27th Biennial Session of Intl. Comm. For Anim. Recording (ICAR), Paris, France, July 2–6, 1990. Pudoc. Pages 156–157 in Proc. 1990.
- Su Y, Cheng Z, Liu W, Wu T, Wang W and Lin M. Effects of rumen-protective γ -aminobutyric acid additive on lactation performance and serum biochemistry in heat-stressed cows. *Frontiers in Veterinary Science*. 10:1228155. doi: 10.3389/fvets.2023.1228155, 2023.
- Tang J, Chen Z. The protective effect of c-aminobutyric acid on the development of immune function in chickens under heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100: 768-777, 2016.
- Tyrrell HF and Reid JT. Prediction of the energy value of cow's milk. *Journal of Dairy Science* 48(9): 1215-1223, 1965.
- Wang DM, Wang C, Liu HY, Liu JX, Ferguson JD. Effects of rumen-protected γ -aminobutyric acid on feed intake, lactation performance, and antioxidative status in early lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96: 3222-3227, 2013a.
- Wang DM, Liu HY, Wang C, Liu JX, Ferguson JD. Effects of rumen-protected gamma-aminobutyric acid on feed intake, performance and antioxidative status in transition cows. *Livestock Science* 153: 66-72, 2013b.
- Vázquez Diosdado JA, Barker ZE, Hodges HR, Amory JR, Croft DP, Bell NJ and Codling EA. Classification of behaviour in housed dairy cows using an accelerometer-based activity monitoring system. *Animal Biotelemetry* 3: 15, DOI 10.1186/s40317-015-0045-8, 2015.
- Webster J. *Understanding the dairy cow* 3rd. Wiley-Blackwell, 2020.
- Xie WY, Hou XY, Yan FB, Sun GR, Han RL, Hang XT. Effect of g-aminobutyric acid on growth performance and immune function in chicks under beak trimming stress. *Animal Science Journal* 84: 121-129, 2013.
- Xie SW, Li YT, Zhou WW, Tian LX, Li YM, Zeng SL, Liu YJ. Effect of gamma-aminobutyric acid supplementation on growth performance, endocrine hormone and stress tolerance of juvenile pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed low fishmeal diet. *Aquaculture Nutrition* 23: 54-62, 2017.
- Zhang M, Zou XT, Li H, Dong XY, Zhao W. Effect of dietary g-aminobutyric acid on laying performance, egg quality, immune activity and endocrine hormone in heat-stressed Roman hens. *Animal Science Journal* 83: 141-147, 2012.
- Zhu YZ, Cheng LJ, Ren M, Yin L, Piao XS. Effect of γ -Aminobutyric Acid-producing *Lactobacillus* Strain on Laying Performance, Egg Quality and Serum Enzyme Activity in Hy-Line Brown Hens under Heat Stress. *Journal of Animal Science* 28(7): 1006-1013, 2015.

第九章 附件

附件 1、試驗期間之試驗場域溫、濕度及溫濕度指數 (THI)紀錄表。

Week	Day	溫度			濕度			溫濕度指數 (THI)		
		AM	PM	平均	AM	PM	平均	AM	PM	平均
0	0	30.5	31.0	30.8	66	63	64.5	81	82	82
1	1	30.0	31.5	30.8	69	60	64.5	81	82	82
	2	31.5	32.0	31.8	81	69	75.0	85	84	85
	3	33.2	31.9	32.6	61	67	64.0	85	84	84
	4	30.9	33.3	32.1	63	56	59.5	82	84	83
	5	36.9	33.4	35.2	50	52	51.0	87	83	85
	6	36.0	33.5	34.8	51	48	49.5	86	82	84
	7	36.1	33.5	34.8	49	50	49.5	86	83	84
2	8	35.7	33.5	34.6	52	54	53.0	86	84	85
	9	35.9	33.8	34.9	56	49	52.5	87	83	85
	10	35.6	33.5	34.6	51	49	50.0	86	83	84
	11	33.8	32.3	33.1	49	56	52.5	83	82	83
	12	29.3	29.9	29.6	61	55	58.0	79	79	79
	13	28.8	28.5	28.7	55	59	57.0	77	78	78
	14	27.7	29.4	28.6	75	72	73.5	79	81	80
3	15	27.0	29.8	28.4	77	71	74.0	78	81	79
	16	27.4	29.9	28.7	70	63	66.5	77	80	79
	17	27.6	28.8	28.2	76	69	72.5	79	79	79
	18	27.1	27.0	27.1	74	72	73.0	78	77	77
	19	26.0	25.7	25.9	82	79	80.5	77	76	76
	20	27.3	26.6	27.0	79	77	78.0	78	77	78
	21	27.4	29.1	28.3	78	56	67.0	78	78	78
4	22	27.8	29.5	28.7	65	56	60.5	77	79	78
	23	28.0	29.9	29.0	58	53	55.5	77	79	78
	24	26.8	28.7	27.8	63	56	59.5	76	77	77
	25	27.1	28.7	27.9	53	46	49.5	75	76	75
	26	27.9	29.6	28.8	49	38	43.5	75	76	76
	27	27.5	29.8	28.7	48	41	44.5	75	77	76
	28	28.7	30.7	29.7	55	48	51.5	77	79	78
5	29	29.6	29.2	29.4	59	50	54.5	79	77	78
	30	27.0	25.8	26.4	72	69	70.5	77	75	76
	31	24.8	24.9	24.9	61	59	60.0	73	73	73
	32	25.6	27.5	26.6	62	58	60.0	74	76	75
	33	29.3	29.5	29.4	59	58	58.5	79	79	79
	34	27.6	28.2	27.9	66	59	62.5	77	77	77
	35	27.6	29.8	28.7	69	59	64.0	78	79	79
6	36	27.6	29.4	28.5	65	52	58.5	77	78	77
	37	26.6	27.3	27.0	64	59	61.5	76	76	76
	38	24.2	25.6	24.9	62	59	60.5	72	74	73
	39	25.0	25.7	25.4	66	58	62.0	73	74	74
	40	26.2	28.2	27.2	61	56	58.5	75	77	76
	41	26.5	28.0	27.3	64	56	60.0	75	76	76
	42	27.7	29.5	28.6	59	51	55.0	76	78	77
7	43	27.4	28.1	27.7	62	55	58.5	76	76	76
	44	26.6	29.0	27.8	68	59	63.5	76	78	77
	45	26.8	28.4	27.6	68	59	63.5	76	77	77
	46	26.3	27.9	27.1	68	61	64.5	76	77	76
	47	27.4	29.6	28.5	59	54	56.5	76	78	77
	48	25.8	27.2	26.5	47	45	46.0	72	74	73
	49	26.5	28.8	27.7	56	49	52.5	74	77	76
8	50	26.8	28.5	27.7	60	58	59.0	75	77	76
	51	26.7	25.4	26.1	57	61	59.0	75	73	74
	52	25.5	22.0	23.8	62	59	60.5	74	69	71
	53	23.6	25.2	24.4	67	59	63.0	71	73	72
	54	21.2	21.8	21.5	58	52	55.0	67	68	68
	55	21.7	21.9	21.8	61	65	63.0	68	69	69
	56	23.5	25.6	24.6	60	52	56.0	71	73	72

附件 2-1、試驗期間之試驗組及對照組之活動量（分鐘）紀錄表。

		試驗組牛隻編號										
週	日	932	9108	178	843	169	894	9122	939	899	9123	平均
0	0	392	452	533	469	482	381	492	522	426	536	469
1	1-7	431	458	493	458	445	404	467	490	403	544	459
2	8-14	399	443	560	503	513	429	478	502	393	494	471
3	15-21	423	430	503	445	466	409	460	528	402	488	455
4	22-28	459	443	523	453	500	427	473	513	409	471	467
5	29-35	443	463	595	515	498	439	483	494	399	505	483
6	36-42	414	456	521	445	482	420	461	560	393	473	463
7	43-49	433	445	534	437	483	425	459	521	377	475	459
8	50-56	419	438	548	437	471	433	451	500	379	473	455

		對照組牛隻編號										
週	日	748	933	170	9121	890	943	947	155	158	153	平均
0	0	435	408		488	578	467	506	524	570	455	492
1	1-7	426	417		484	564	456	501	520	562	462	488
2	8-14	433	406		468	510	450	522	510	593	461	484
3	15-21	442	414		471		505	453	530	573	472	482
4	22-28	437	398		514		473	475	527	577	449	481
5	29-35	475	418		484		461	514	571	596	467	498
6	36-42	436	417		492		456	472	548	637	473	491
7	43-49	411	410	504	480		494	517	527	614	441	489
8	50-56	425	503	479	558		498	550	559	595	516	520

		試驗組牛隻編號										
月	日	932	9108	178	843	169	894	9122	939	899	9123	平均
1	1-28	428	443	520	465	481	417	470	508	402	499	463
2	29-56	427	451	549	459	484	429	464	519	387	481	465

		對照組牛隻編號										
月	日	748	933	170	9121	890	943	947	155	158	153	平均
1	1-28	434	409		484	537	471	488	521	576	461	487
2	29-56	437	437	492	504		477	513	551	611	474	499

附件 2-2、試驗期間之試驗組及對照組之反芻時間（分鐘）紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	932	9108	178	843	169	894	9122	939	899	9123	平均
0	0	130	461	660	572	567	592	551	585	514	649	528
1	1-7	393	499	541	506	456	607	518	573	508	597	520
2	8-14	222	522	545	510	539	567	513	583	563	574	514
3	15-21	148	534	587	594	535	540	537	549	605	594	522
4	22-28	403	522	554	554	556	530	484	571	586	578	534
5	29-35	564	529	534	520	541	550	521	591	592	626	557
6	36-42	562	555	559	523	553	538	520	551	565	562	549
7	43-49	578	509	605	543	566	533	559	560	534	615	560
8	50-56	571	499	586	586	557	532	538	564	561	519	551

對照組牛隻編號												
週	日	748	933	170	9121	890	943	947	155	158	153	平均
0	0	590	601		588	733	433	531	575	569	665	587
1	1-7	605	626		557	616	507	495	548	561	609	569
2	8-14	583	565		594	577	555	471	554	543	598	560
3	15-21	616	570		569		631	581	570	523	547	576
4	22-28	604	637		571		625	551	540	500	588	577
5	29-35	580	601		597		613	543	577	537	583	579
6	36-42	585	574		605		593	417	578	519	545	552
7	43-49	587	550	468	602		581	472	594	538	603	555
8	50-56	595	558	556	613		624	554	556	561	579	577

試驗組牛隻編號												
月	日	932	9108	178	843	169	894	9122	939	899	9123	平均
1	1-28	292	519	557	541	521	561	513	569	565	586	522
2	29-56	568	523	571	543	554	538	535	566	563	581	554

對照組牛隻編號												
月	日	748	933	170	9121	890	943	947	155	158	153	平均
1	1-28	602	599		573	597	579	524	553	532	586	572
2	29-56	587	571	512	604		603	496	576	539	577	563

附件 3-1、試驗期間之試驗組及對照組之原始平均泌乳量（公升）紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	21.21	28.47	22.07	31.30	11.28	24.31	24.95	25.79	15.63	22.07	22.71
1	1-7	22.94	21.98	22.29	29.13	15.05	21.83	24.02	22.02	26.55	28.08	23.39
2	8-14	23.13	18.65	24.80	30.35	14.69	28.93	18.36	20.56	20.99	25.10	22.56
3	15-21	26.19	21.61	25.10	31.53	15.69	27.14	24.08	23.93	27.36	34.66	25.73
4	22-28	23.35	21.25	21.41	33.50	21.10	26.36	26.26	22.74	33.25	34.09	26.33
5	29-35	31.42	18.38	24.55	30.10	24.88	25.94	44.08	27.15	30.15	33.79	29.04
6	36-42	29.74	15.23	17.77	33.59	24.52	25.23	28.07	29.33	29.31	33.72	26.65
7	43-49	26.46	13.91	16.26	35.71	26.22	23.22	28.31	26.87	29.35	29.66	25.60
8	50-56	27.15	11.75	21.68	31.99	22.98	27.42	22.53	27.88	33.26	36.16	26.28

對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	27.96	23.41	28.20	14.34	25.91	24.20	28.54	33.17	26.85	33.23	26.58
1	1-7	22.50	23.72	21.57	18.44	24.23	27.64	23.80	29.73	30.38	27.69	24.97
2	8-14	22.30	24.01	24.09	20.45	23.86	25.46	26.66	30.17	35.80	28.70	26.15
3	15-21	25.99	26.43	27.99	24.44	26.02	28.33	23.72	29.23	37.40	27.38	27.69
4	22-28	27.62	22.65	28.16	24.01	28.28	26.05	27.10	27.18	35.15	26.63	27.28
5	29-35	26.19	24.76	30.19	27.04	26.96	26.42	28.09	26.84	35.61	28.09	28.02
6	36-42	34.56	23.54	31.44	27.73	31.91	22.51	17.60	28.59	25.79	23.29	26.70
7	43-49	28.64	15.90	25.64	27.86	24.67	22.41	22.11	25.36	25.55	16.44	23.46
8	50-56	30.94	23.13	27.66	29.04	27.87	26.16	23.48	29.76	30.63		27.63

試驗組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	23.90	20.87	23.40	31.13	16.63	26.06	23.18	22.31	27.04	30.48	24.50
2	29-56	28.69	14.82	20.07	32.85	24.65	25.45	30.75	27.81	30.52	33.33	26.89

對照組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	24.60	24.20	25.45	21.84	25.60	26.87	25.32	29.08	34.68	27.60	26.52
2	29-56	30.08	21.83	28.73	27.91	27.85	24.37	22.82	27.64	29.39	22.61	26.33

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = 0.4 × kg Milk + 15 × kg Fat.

² FPCM = Fat & Protein-corrected milk = 0.327 × kg M + 12.95 × kg F + 7.20 × kg CP.

³ FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = 9.15 × kg F + 5.78 × kg CP + 3.95 × kg L + 4.95.

⁴ IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = [kg M × (0.383 × F% + 0.242 × CP% + 0.7832)/3.1138].

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

附件 3-2、試驗期間之試驗組及對照組之 4%乳脂肪校正乳量平均泌乳量（公斤）紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	19.24	24.97	20.35	30.31	11.67	25.22	19.94	24.36	14.06	18.13	20.82
1	1-7	20.91	19.54	20.48	27.60	16.59	22.41	18.90	19.78	23.84	23.44	21.35
2	8-14	20.94	16.61	22.53	26.39	16.25	29.28	13.71	16.52	18.69	19.26	20.02
3	15-21	23.60	19.34	22.77	27.37	17.32	27.38	18.12	19.19	23.99	30.76	22.98
4	22-28	21.21	18.92	19.45	29.13	23.41	26.68	19.72	18.27	29.61	26.42	23.28
5	29-35	28.31	16.54	22.41	26.40	27.49	26.37	33.17	21.90	26.94	26.85	25.64
6	36-42	26.98	13.84	16.39	29.16	27.02	25.80	21.59	24.36	26.36	26.69	23.82
7	43-49	23.92	12.78	14.97	30.89	28.81	24.34	22.49	22.52	26.44	24.72	23.19
8	50-56	24.66	10.76	20.06	28.39	24.91	29.27	18.78	24.20	30.07	30.03	24.11
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	22.72	23.06	28.45	11.93	23.31	20.90	25.89	32.08	22.06	29.84	24.02
1	1-7	18.05	23.54	21.70	15.29	22.05	23.41	21.66	29.28	25.00	24.95	22.49
2	8-14	17.08	24.22	23.08	17.51	21.75	21.30	22.70	29.85	27.96	25.69	23.11
3	15-21	20.06	26.47	26.69	21.10	23.76	23.61	20.02	28.75	29.10	24.05	24.36
4	22-28	21.41	22.79	26.89	20.45	25.90	21.76	23.52	26.81	27.50	23.75	24.08
5	29-35	21.71	24.57	30.37	23.47	25.42	22.94	25.90	26.92	30.05	25.31	25.67
6	36-42	28.96	23.47	31.49	23.98	30.00	19.57	16.31	28.51	21.96	20.88	24.51
7	43-49	23.40	15.78	25.56	23.05	22.52	18.98	20.12	24.98	20.87	14.81	21.01
8	50-56	25.04	24.24	25.42	25.07	26.03	25.17	21.26	30.21	25.90		25.37
試驗組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	21.67	18.60	21.31	27.62	18.39	26.44	17.61	18.44	24.03	24.97	21.91
2	29-56	25.97	13.48	18.46	28.71	27.06	26.44	24.01	23.24	27.45	27.07	24.19
對照組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	19.15	24.25	24.59	18.59	23.36	22.52	21.97	28.67	27.39	24.61	23.51
2	29-56	24.78	22.02	28.21	23.89	25.99	21.67	20.90	27.65	24.70	20.34	24.01

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

² FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³ FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴ IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

附件 3-3、試驗期間之試驗組及對照組之乳脂肪蛋白質校正乳量平均泌乳量（公斤）紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	21.37	27.37	21.80	31.46	12.47	26.86	22.41	25.44	14.79	19.70	22.37
1	1-7	23.22	21.41	22.01	28.94	17.53	23.96	21.26	21.08	25.13	25.16	22.97
2	8-14	23.29	18.43	24.32	28.78	17.19	30.83	15.42	18.16	19.85	21.16	21.74
3	15-21	25.57	21.07	23.97	29.18	18.27	28.91	19.85	20.66	25.06	32.91	24.54
4	22-28	23.45	20.81	21.00	32.10	24.72	28.54	22.40	20.18	31.80	29.45	25.45
5	29-35	31.19	18.17	24.24	28.76	28.87	27.82	37.38	23.94	28.74	29.71	27.88
6	36-42	29.81	15.24	17.71	31.96	28.64	27.53	24.59	26.78	28.30	29.63	26.02
7	43-49	27.03	14.09	16.25	34.34	30.72	26.09	25.69	25.19	28.65	27.46	25.55
8	50-56	27.29	12.14	22.08	31.02	26.89	31.88	21.17	26.69	32.08	32.89	26.41
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	24.80	23.81	29.69	13.15	24.59	22.28	27.64	32.77	23.87	32.26	25.49
1	1-7	19.80	24.58	22.70	16.79	23.22	25.09	23.14	30.92	27.04	26.95	24.02
2	8-14	19.04	25.80	24.70	19.45	23.65	23.40	25.06	32.09	30.98	27.85	25.20
3	15-21	22.06	27.36	28.05	23.33	25.39	25.54	21.92	30.98	32.38	26.18	26.32
4	22-28	23.62	24.12	28.74	22.76	27.97	23.86	25.45	28.72	30.97	26.05	26.23
5	29-35	23.50	26.04	32.06	25.49	27.20	24.80	27.64	28.56	32.70	27.31	27.53
6	36-42	31.39	24.93	33.42	26.59	32.25	21.23	17.45	30.43	24.20	22.82	26.47
7	43-49	25.99	17.00	27.47	25.97	24.67	21.04	21.95	26.80	23.35	16.33	23.06
8	50-56	27.83	25.95	27.73	27.91	28.51	26.90	22.86	32.48	28.81		27.66
試驗組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	23.88	20.43	22.82	29.75	19.43	28.06	19.73	20.02	25.46	27.17	23.68
2	29-56	28.83	14.91	20.07	31.52	28.78	28.33	27.21	25.65	29.44	29.92	26.47
對照組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	21.13	25.46	26.05	20.58	25.06	24.47	23.89	30.68	30.34	26.76	25.44
2	29-56	27.18	23.48	30.17	26.49	28.16	23.49	22.48	29.57	27.27	22.15	26.04

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

附件 3-4、試驗期間之試驗組及對照組之乳脂肪蛋白質乳糖校正乳量平均泌乳量（公斤）紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	19.74	23.75	20.07	26.29	13.73	23.40	20.38	21.95	15.13	18.73	20.32
1	1-7	21.03	19.62	20.18	24.51	17.35	21.36	19.55	19.08	22.20	21.99	20.69
2	8-14	20.98	17.63	21.83	24.47	17.00	25.92	15.47	17.00	18.09	18.77	19.72
3	15-21	22.66	19.47	21.53	24.71	17.81	24.71	18.50	18.64	21.48	26.62	21.61
4	22-28	20.99	19.23	19.49	27.11	22.45	24.67	20.42	18.48	26.91	24.64	22.44
5	29-35	26.12	17.36	21.46	23.88	25.17	23.94	30.60	20.79	24.13	24.59	23.80
6	36-42	25.46	15.48	17.16	26.71	25.23	23.87	21.91	22.99	24.06	25.02	22.79
7	43-49	23.78	14.75	16.28	28.57	26.62	22.75	22.76	21.85	24.78	24.00	22.61
8	50-56	23.81	13.36	20.34	26.08	23.83	26.86	19.50	22.62	26.90	27.55	23.09
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	22.11	21.11	25.45	13.99	21.35	20.13	23.86	26.61	21.03	27.09	22.27
1	1-7	18.61	21.66	20.57	16.43	20.43	22.01	20.85	25.60	23.11	23.43	21.27
2	8-14	18.04	22.68	21.89	18.27	20.73	20.84	22.25	26.23	25.88	24.23	22.10
3	15-21	19.99	23.75	24.16	21.13	22.00	22.34	20.02	25.57	27.16	23.00	22.91
4	22-28	21.27	21.53	24.80	20.78	23.70	21.22	22.48	24.14	26.17	23.03	22.91
5	29-35	20.94	22.46	26.85	22.44	22.89	21.46	23.46	23.86	27.05	23.45	23.49
6	36-42	26.71	22.07	28.05	23.30	26.84	19.55	16.90	25.33	21.61	20.51	23.09
7	43-49	22.99	16.58	23.99	22.87	21.55	19.41	19.74	22.87	21.04	16.27	20.73
8	50-56	24.32	23.02	24.08	24.05	24.03	23.33	20.41	26.82	24.94		23.89
試驗組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	21.41	18.99	20.76	25.20	18.65	24.16	18.48	18.30	22.17	23.00	21.11
2	29-56	24.79	15.24	18.81	26.31	25.21	24.35	23.69	22.06	24.97	25.29	23.07
對照組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	19.48	22.40	22.85	19.15	21.71	21.60	21.40	25.38	25.58	23.42	22.30
2	29-56	23.74	21.03	25.74	23.16	23.83	20.94	20.13	24.72	23.66	20.08	22.70

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

附件 3-5、試驗期間之試驗組及對照組之國際酪農比較網路校正乳量平均泌乳量（公斤）紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	19.71	25.13	20.01	28.79	11.51	24.79	20.55	23.27	13.50	17.98	20.52
1	1-7	21.42	19.67	20.20	26.49	16.22	22.12	19.47	19.29	22.95	22.95	21.08
2	8-14	21.48	16.98	22.32	26.39	15.90	28.36	14.07	16.59	18.14	19.26	19.95
3	15-21	23.47	19.35	21.90	26.65	16.89	26.60	18.03	18.80	22.81	30.12	22.46
4	22-28	21.62	19.14	19.27	29.50	22.87	26.33	20.49	18.45	29.13	26.90	23.37
5	29-35	28.72	16.73	22.26	26.38	26.67	25.60	34.14	21.85	26.30	27.15	25.58
6	36-42	27.47	14.04	16.28	29.33	26.50	25.40	22.54	24.52	25.94	27.09	23.91
7	43-49	25.00	13.00	14.95	31.59	28.45	24.12	23.61	23.15	26.30	25.19	23.54
8	50-56	25.15	11.23	20.36	28.49	24.93	29.58	19.47	24.52	29.37	30.09	24.32
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	22.64	21.79	27.27	12.04	22.47	20.34	25.32	29.90	21.77	29.60	23.31
1	1-7	18.08	22.56	20.85	15.37	21.22	22.90	21.21	28.42	24.67	24.73	22.00
2	8-14	17.38	23.77	22.72	17.88	21.74	21.44	23.00	29.58	28.29	25.56	23.14
3	15-21	20.10	25.07	25.70	21.44	23.28	23.32	20.08	28.56	29.58	24.01	24.11
4	22-28	21.54	22.20	26.42	20.92	25.69	21.84	23.30	26.46	28.36	23.96	24.07
5	29-35	21.46	23.95	29.50	23.35	24.98	22.70	25.35	26.30	29.92	25.05	25.26
6	36-42	28.68	22.95	30.77	24.44	29.65	19.45	16.01	28.03	22.21	20.97	24.32
7	43-49	23.81	15.68	25.34	23.87	22.71	19.32	20.19	24.69	21.42	15.04	21.21
8	50-56	25.48	23.99	25.52	25.67	26.28	24.74	20.97	29.99	26.46		25.46
試驗組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	22.00	18.79	20.92	27.26	17.97	25.86	18.02	18.28	23.26	24.80	21.72
2	29-56	26.59	13.75	18.46	28.95	26.64	26.18	24.94	23.51	26.98	27.38	24.34
對照組牛隻編號												
月	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
1	1-28	19.27	23.40	23.92	18.90	22.98	22.37	21.90	28.25	27.72	24.57	23.33
2	29-56	24.86	21.64	27.78	24.34	25.91	21.55	20.63	27.25	25.00	20.35	23.93

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

附件 4-1、試驗期間之試驗組及對照組之原始平均泌乳量（公斤）差值紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	21.21	28.47	22.07	31.30	11.28	24.31	24.95	25.79	15.63	22.07	22.71
1	1-7	1.73	-6.49	0.22	-2.17	3.77	-2.49	-0.93	-3.77	10.92	6.01	0.68
2	8-14	1.92	-9.82	2.73	-0.95	3.41	4.62	-6.59	-5.23	5.36	3.03	-0.15
3	15-21	4.98	-6.86	3.03	0.23	4.41	2.83	-0.87	-1.86	11.73	12.59	3.02
4	22-28	2.14	-7.22	-0.66	2.20	9.82	2.05	1.31	-3.06	17.62	12.02	3.62
5	29-35	10.21	-10.09	2.48	-1.20	13.60	1.63	19.13	1.36	14.52	11.72	6.34
6	36-42	8.53	-13.24	-4.30	2.29	13.24	0.92	3.12	3.54	13.68	11.65	3.94
7	43-49	5.25	-14.56	-5.81	4.41	14.94	-1.09	3.36	1.08	13.72	7.59	2.89
8	50-56	5.94	-16.72	-0.39	0.69	11.70	3.11	-2.42	2.09	17.63	14.09	3.57
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	27.96	23.41	28.20	14.34	25.91	24.20	28.54	33.17	26.85	33.23	26.58
1	1-7	-5.46	0.31	-6.63	4.10	-1.68	3.44	-4.74	-3.44	3.53	-5.54	-1.61
2	8-14	-5.66	0.60	-4.11	6.11	-2.05	1.26	-1.88	-3.00	8.95	-4.53	-0.43
3	15-21	-1.97	3.02	-0.21	10.10	0.11	4.13	-4.82	-3.94	10.55	-5.85	1.11
4	22-28	-0.34	-0.76	-0.04	9.67	2.37	1.85	-1.44	-5.99	8.30	-6.60	0.70
5	29-35	-1.77	1.35	1.99	12.70	1.05	2.22	-0.45	-6.33	8.76	-5.14	1.44
6	36-42	6.60	0.13	3.24	13.39	6.00	-1.69	-10.94	-4.58	-1.06	-9.94	0.11
7	43-49	0.68	-7.51	-2.56	13.52	-1.25	-1.79	-6.43	-7.81	-1.30	-16.79	-3.12
8	50-56	2.98	-0.28	-0.54	14.70	1.96	1.96	-5.06	-3.41	3.78		1.79

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

⁵泌乳量差值 = Day n 乳量 - Day 0 乳量

附件 4-2、試驗期間之試驗組及對照組之 4%乳脂肪校正乳量（公斤）差值紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	19.24	24.97	20.35	30.31	11.67	25.22	19.94	24.36	14.06	18.13	20.82
1	1-7	1.68	-5.43	0.13	-2.71	4.92	-2.81	-1.03	-4.58	9.78	5.31	0.53
2	8-14	1.71	-8.36	2.18	-3.92	4.59	4.06	-6.23	-7.84	4.63	1.13	-0.81
3	15-21	4.36	-5.62	2.42	-2.94	5.65	2.16	-1.82	-5.16	9.93	12.63	2.16
4	22-28	1.98	-6.05	-0.89	-1.19	11.74	1.45	-0.22	-6.09	15.55	8.29	2.46
5	29-35	9.07	-8.43	2.07	-3.92	15.82	1.14	13.24	-2.46	12.88	8.72	4.81
6	36-42	7.74	-11.13	-3.96	-1.15	15.35	0.58	1.65	0.00	12.30	8.56	2.99
7	43-49	4.69	-12.19	-5.38	0.58	17.14	-0.89	2.56	-1.84	12.38	6.59	2.36
8	50-56	5.43	-14.20	-0.29	-1.92	13.24	4.05	-1.16	-0.16	16.01	11.90	3.29
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	22.72	23.06	28.45	11.93	23.31	20.90	25.89	32.08	22.06	29.84	24.02
1	1-7	-4.67	0.48	-6.76	3.36	-1.26	2.51	-4.23	-2.79	2.94	-4.89	-1.53
2	8-14	-5.64	1.16	-5.38	5.57	-1.56	0.40	-3.18	-2.22	5.90	-4.15	-0.91
3	15-21	-2.66	3.41	-1.77	9.17	0.45	2.72	-5.86	-3.33	7.04	-5.79	0.34
4	22-28	-1.31	-0.27	-1.57	8.52	2.60	0.86	-2.37	-5.26	5.44	-6.09	0.05
5	29-35	-1.01	1.51	1.92	11.54	2.11	2.04	0.01	-5.16	8.00	-4.53	1.64
6	36-42	6.24	0.41	3.03	12.05	6.69	-1.33	-9.58	-3.57	-0.10	-8.96	0.49
7	43-49	0.68	-7.28	-2.89	11.12	-0.79	-1.91	-5.76	-7.10	-1.18	-15.03	-3.01
8	50-56	2.33	1.18	-3.03	13.14	2.73	4.28	-4.62	-1.87	3.84		2.00

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

⁵泌乳量差值 = Day n 乳量 - Day 0 乳量

附件 4-3、試驗期間之試驗組及對照組之乳脂肪蛋白質校正乳量（公斤）差值紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	21.37	27.37	21.80	31.46	12.47	26.86	22.41	25.44	14.79	19.70	22.37
1	1-7	1.85	-5.96	0.20	-2.52	5.07	-2.90	-1.15	-4.36	10.34	5.47	0.60
2	8-14	1.92	-8.94	2.51	-2.67	4.72	3.97	-6.99	-7.28	5.06	1.46	-0.62
3	15-21	4.20	-6.30	2.16	-2.27	5.80	2.05	-2.57	-4.78	10.27	13.21	2.18
4	22-28	2.09	-6.56	-0.81	0.65	12.25	1.68	-0.01	-5.26	17.01	9.75	3.08
5	29-35	9.83	-9.19	2.44	-2.70	16.40	0.96	14.97	-1.50	13.95	10.01	5.52
6	36-42	8.44	-12.12	-4.09	0.50	16.17	0.67	2.18	1.34	13.51	9.93	3.65
7	43-49	5.66	-13.27	-5.55	2.89	18.25	-0.77	3.28	-0.25	13.86	7.76	3.19
8	50-56	5.92	-15.23	0.28	-0.44	14.42	5.02	-1.24	1.25	17.29	13.19	4.05
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	24.80	23.81	29.69	13.15	24.59	22.28	27.64	32.77	23.87	32.26	25.49
1	1-7	-5.00	0.77	-6.99	3.65	-1.37	2.81	-4.50	-1.85	3.18	-5.31	-1.46
2	8-14	-5.75	1.99	-4.99	6.30	-0.94	1.12	-2.58	-0.68	7.12	-4.41	-0.28
3	15-21	-2.73	3.54	-1.65	10.19	0.80	3.25	-5.72	-1.79	8.51	-6.08	0.83
4	22-28	-1.18	0.31	-0.95	9.62	3.38	1.57	-2.19	-4.05	7.10	-6.20	0.74
5	29-35	-1.29	2.23	2.37	12.34	2.61	2.51	0.00	-4.20	8.84	-4.95	2.04
6	36-42	6.59	1.12	3.73	13.44	7.66	-1.05	-	-2.34	0.34	-9.44	0.98
								10.19				
7	43-49	1.19	-6.81	-2.22	12.83	0.08	-1.24	-5.69	-5.97	-0.52	-15.93	-2.43
8	50-56	3.03	2.14	-1.96	14.76	3.92	4.62	-4.78	-0.29	4.94		2.93

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

⁵泌乳量差值 = Day n 乳量 - Day 0 乳量

附件 4-4、試驗期間之試驗組及對照組之乳脂肪蛋白質乳糖校正乳量（公斤）差值紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	19.74	23.75	20.07	26.29	13.73	23.40	20.38	21.95	15.13	18.73	20.32
1	1-7	1.29	-4.13	0.11	-1.78	3.62	-2.03	-0.84	-2.87	7.07	3.26	0.37
2	8-14	1.24	-6.12	1.76	-1.83	3.27	2.52	-4.91	-4.95	2.96	0.04	-0.60
3	15-21	2.92	-4.28	1.46	-1.58	4.08	1.31	-1.89	-3.31	6.35	7.89	1.30
4	22-28	1.25	-4.52	-0.58	0.81	8.71	1.27	0.04	-3.47	11.78	5.91	2.12
5	29-35	6.38	-6.39	1.39	-2.42	11.44	0.54	10.21	-1.16	9.00	5.86	3.48
6	36-42	5.72	-8.27	-2.91	0.41	11.50	0.47	1.52	1.04	8.93	6.29	2.47
7	43-49	4.04	-9.00	-3.79	2.27	12.89	-0.65	2.37	-0.10	9.64	5.27	2.29
8	50-56	4.08	-10.39	0.27	-0.21	10.09	3.46	-0.88	0.67	11.76	8.82	2.77
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	24.80	23.81	29.69	13.15	24.59	22.28	27.64	32.77	23.87	32.26	25.49
1	1-7	-3.50	0.55	-4.88	2.43	-0.92	1.88	-3.01	-1.01	2.08	-3.66	-1.00
2	8-14	-4.08	1.58	-3.56	4.27	-0.62	0.70	-1.61	-0.37	4.85	-2.86	-0.17
3	15-21	-2.12	2.64	-1.29	7.14	0.65	2.21	-3.84	-1.04	6.13	-4.09	0.64
4	22-28	-0.85	0.42	-0.65	6.79	2.35	1.09	-1.38	-2.47	5.14	-4.06	0.64
5	29-35	-1.18	1.35	1.40	8.45	1.54	1.33	-0.40	-2.75	6.02	-3.64	1.21
6	36-42	4.60	0.96	2.60	9.30	5.49	-0.59	-6.95	-1.27	0.58	-6.58	0.81
7	43-49	0.88	-4.53	-1.46	8.87	0.20	-0.72	-4.11	-3.74	0.00	-10.82	-1.54
8	50-56	2.21	1.91	-1.37	10.06	2.68	3.19	-3.45	0.21	3.91		2.15

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

⁵泌乳量差值 = Day n 乳量 - Day 0 乳量

附件 4-5、試驗期間之試驗組及對照組之國際酪農比較網路校正乳量（公斤）差值紀錄表。

試驗組牛隻編號												
週	日	843	894	9122	939	932	9108	9123	169	178	899	平均
0	0	19.71	25.13	20.01	28.79	11.51	24.79	20.55	23.27	13.50	17.98	20.52
1	1-7	1.71	-5.46	0.19	-2.30	4.71	-2.67	-1.08	-3.98	9.44	4.96	0.55
2	8-14	1.77	-8.15	2.31	-2.39	4.39	3.57	-6.47	-6.69	4.64	1.28	-0.57
3	15-21	3.77	-5.78	1.89	-2.14	5.38	1.81	-2.52	-4.47	9.31	12.14	1.94
4	22-28	1.91	-5.99	-0.73	0.71	11.36	1.54	-0.06	-4.82	15.62	8.91	2.84
5	29-35	9.01	-8.41	2.26	-2.40	15.16	0.81	13.60	-1.42	12.79	9.17	5.06
6	36-42	7.77	-11.09	-3.73	0.54	14.98	0.61	1.99	1.25	12.43	9.11	3.39
7	43-49	5.29	-12.14	-5.06	2.80	16.94	-0.68	3.06	-0.12	12.80	7.21	3.01
8	50-56	5.45	-13.90	0.36	-0.30	13.42	4.79	-1.07	1.24	15.87	12.11	3.80
對照組牛隻編號												
週	日	158	170	933	943	155	153	947	9121	748	890	平均
0	0	22.64	21.79	27.27	12.04	22.47	20.34	25.32	29.90	21.77	29.60	23.31
1	1-7	-4.56	0.76	-6.42	3.33	-1.25	2.56	-4.11	-1.49	2.90	-4.87	-1.31
2	8-14	-5.26	1.98	-4.55	5.84	-0.73	1.09	-2.32	-0.32	6.51	-4.04	-0.18
3	15-21	-2.54	3.27	-1.57	9.40	0.81	2.97	-5.24	-1.34	7.80	-5.58	0.80
4	22-28	-1.10	0.40	-0.85	8.88	3.23	1.50	-2.02	-3.44	6.59	-5.64	0.75
5	29-35	-1.18	2.16	2.23	11.31	2.52	2.36	0.03	-3.60	8.15	-4.55	1.94
6	36-42	6.04	1.16	3.50	12.40	7.18	-0.89	-9.31	-1.87	0.44	-8.63	1.00
7	43-49	1.17	-6.11	-1.93	11.83	0.25	-1.02	-5.13	-5.21	-0.35	-14.56	-2.11
8	50-56	2.84	2.20	-1.74	13.63	3.81	4.40	-4.35	0.09	4.69		2.84

Experiment group: Orally administered Relax-C 3 grams/head/day.

¹4% FCM = 4% Fat-corrected milk, 4% FCM (Kg) = $0.4 \times \text{kg Milk} + 15 \times \text{kg Fat}$.

²FPCM = Fat & Protein-corrected milk = $0.327 \times \text{kg M} + 12.95 \times \text{kg F} + 7.20 \times \text{kg CP}$.

³FPLCM = Fat & Protein & Lactose-corrected milk = $9.15 \times \text{kg F} + 5.78 \times \text{kg CP} + 3.95 \times \text{kg L} + 4.95$.

⁴IFCN = Milk (4% fat, 3.3% protein basis) = $[\text{kg M} \times (0.383 \times \text{F}\% + 0.242 \times \text{CP}\% + 0.7832)/3.1138]$.

M = Milk, F = Fat, CP = Crude Protein, L = Lactose.

⁵泌乳量差值 = Day n 乳量 - Day 0 乳量

附件 5、試驗期間之試驗組及對照組之乳品質檢驗結果紀錄表。

乳脂肪 (%)		試驗組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	3.38	3.18	3.48	3.79	4.23	4.25	2.66	3.63	3.33	2.81	3.47
1	7	3.41	3.26	3.46	3.65	4.68	4.18	2.58	3.32	3.32	2.90	3.48
2	14	3.37	3.27	3.39	3.13	4.71	4.08	2.31	2.69	3.27	2.45	3.27
3	21	3.34	3.30	3.38	3.12	4.69	4.06	2.35	2.68	3.18	3.25	3.34
4	28	3.39	3.27	3.39	3.13	4.73	4.08	2.34	2.69	3.27	2.50	3.28
5	35	3.34	3.33	3.42	3.18	4.70	4.11	2.35	2.71	3.29	2.63	3.31
6	42	3.38	3.39	3.48	3.12	4.68	4.15	2.46	2.87	3.33	2.61	3.35
7	49	3.36	3.46	3.47	3.10	4.66	4.32	2.63	2.92	3.34	2.89	3.42
8	56	3.39	3.44	3.50	3.25	4.56	4.45	2.89	3.12	3.36	2.87	3.48

乳脂肪 (%)		對照組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	2.75	3.90	4.06	2.88	3.33	3.09	3.38	3.78	2.81	3.32	3.33
1	7	2.68	3.95	4.04	2.86	3.40	2.98	3.40	3.90	2.82	3.34	3.34
2	14	2.44	4.06	3.72	3.04	3.41	2.91	3.01	3.93	2.54	3.30	3.24
3	21	2.48	4.01	3.69	3.09	3.42	2.89	2.96	3.89	2.52	3.19	3.21
4	28	2.50	4.04	3.70	3.01	3.44	2.90	3.12	3.91	2.55	3.28	3.25
5	35	2.86	3.95	4.04	3.12	3.62	3.12	3.48	4.02	2.96	3.34	3.45
6	42	2.92	3.98	4.01	3.10	3.60	3.13	3.51	3.98	3.01	3.31	3.46
7	49	2.78	3.95	3.98	2.85	3.42	2.98	3.40	3.90	2.78	3.34	3.34
8	56	2.73	4.32	3.46	3.09	3.56	3.75	3.37	4.10	2.97	3.42	3.48

乳蛋白質 (%)		試驗組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	3.37	3.09	2.92	2.60	3.20	3.16	3.15	2.63	2.61	2.80	2.95
1	7	3.38	3.12	2.95	2.69	3.22	3.19	3.11	2.78	2.63	2.69	2.98
2	14	3.38	3.30	2.98	3.00	3.24	2.92	2.97	2.89	2.71	2.76	3.02
3	21	3.01	3.06	2.64	2.70	3.19	2.95	2.68	2.63	2.46	2.80	2.81
4	28	3.31	3.18	2.98	3.14	3.22	3.16	3.10	2.95	2.86	2.96	3.09
5	35	3.24	3.20	3.02	3.01	3.12	2.96	3.01	2.83	2.78	2.94	3.01
6	42	3.30	3.26	3.04	3.06	3.26	3.15	3.20	2.98	2.88	2.97	3.11
7	49	3.60	3.31	3.10	3.24	3.35	3.29	3.33	3.23	3.01	3.12	3.26
8	56	3.32	3.62	3.31	3.08	3.51	3.60	3.31	3.14	2.81	2.93	3.26

乳蛋白質 (%)		對照組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	2.83	2.57	2.78	3.01	2.65	2.69	2.83	2.38	2.75	2.97	2.75
1	7	2.86	2.75	2.81	2.96	2.65	2.71	2.85	2.89	2.75	2.97	2.82
2	14	2.93	3.08	3.01	3.20	3.09	2.99	3.10	3.16	2.91	3.00	3.05
3	21	2.79	2.62	2.74	3.16	2.86	2.78	2.97	3.18	2.95	3.00	2.91
4	28	2.84	2.98	2.98	3.21	3.01	2.96	2.89	3.10	3.11	3.15	3.02
5	35	2.78	2.96	2.94	2.94	2.96	2.88	2.87	3.01	2.89	2.95	2.92
6	42	2.82	3.01	3.01	3.20	3.02	2.93	2.91	3.08	3.08	3.11	3.02
7	49	3.06	3.20	3.18	3.28	3.20	3.14	3.13	3.12	3.15	3.25	3.17
8	56	3.04	3.27	3.16	3.25	3.26	3.00	2.92	3.24	3.18	3.38	3.17

附件 5、試驗期間之試驗組及對照組之乳品質檢驗結果紀錄表。(續)

乳尿素氮 (mg/dL)		試驗組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	5.30	7.10	4.60	6.30	6.80	6.30	6.50	5.70	6.70	3.30	5.86
1	7	5.40	6.80	4.10	6.40	6.90	6.10	6.40	4.70	6.80	3.10	5.67
2	14	5.20	7.00	4.80	6.90	7.20	6.20	6.70	4.80	6.90	3.30	5.90
3	21	5.10	6.80	4.50	6.80	7.50	6.20	6.20	5.20	7.00	3.10	5.84
4	28	6.70	6.60	4.10	7.20	7.60	5.80	4.30	5.90	7.10	3.30	5.86
5	35	6.10	6.40	4.20	6.90	7.60	5.20	3.90	5.90	7.30	3.10	5.66
6	42	6.20	7.20	4.30	6.90	7.90	5.90	3.90	5.80	7.80	3.20	5.91
7	49	7.10	8.50	6.20	7.60	8.30	6.80	3.90	5.20	8.80	3.50	6.59
8	56	6.40	7.70	4.50	5.80	7.90	6.50	3.70	3.90	8.60	3.20	5.82
乳尿素氮 (mg/dL)		對照組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	3.70	2.10	5.10	6.10	10.10	7.20	6.90	5.10	2.60	7.10	5.60
1	7	3.80	3.20	5.00	5.60	9.70	7.40	7.80	5.20	3.10	6.50	5.73
2	14	3.20	3.20	5.20	5.40	9.60	7.50	6.90	5.30	3.70	6.80	5.68
3	21	3.60	3.20	4.80	3.30	8.70	7.20	6.30	5.60	3.80	6.90	5.34
4	28	5.00	2.50	5.80	3.20	8.00	7.80	6.30	3.20	4.60	7.00	5.34
5	35	4.80	4.50	6.00	3.50	7.90	7.90	6.20	3.20	5.20	6.80	5.60
6	42	5.10	5.10	6.50	3.60	7.60	7.70	6.30	6.20	5.50	6.10	5.97
7	49	5.60	6.90	7.60	3.80	8.30	8.60	6.40	7.40	6.70	6.50	6.78
8	56	5.20	7.30	7.10	3.60	4.50	8.00	6.00	7.30	5.80	5.60	6.04
乳體細胞數 (10 ⁴ /mL)		試驗組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	5.50	1.30	6.30	1.70	1.10	1.90	12.50	7.50	3.70	6.60	4.81
1	7	5.80	2.20	8.80	3.20	1.30	2.60	16.90	9.30	4.10	8.20	6.24
2	14	5.20	1.40	3.60	1.90	1.50	1.80	8.20	3.70	3.10	1.20	3.16
3	21	6.20	1.30	6.20	1.80	1.80	2.10	14.90	5.10	3.20	3.20	4.58
4	28	2.50	1.60	1.50	1.50	3.30	3.70	19.30	4.40	1.40	2.10	4.13
5	35	2.60	2.10	3.20	1.10	1.70	3.90	71.50	9.20	1.20	3.10	9.96
6	42	4.20	1.80	2.70	3.20	2.30	4.10	80.90	7.60	2.30	3.90	11.30
7	49	3.60	3.50	1.70	2.50	2.60	5.60	26.80	6.10	2.20	2.40	5.70
8	56	1.70	5.40	1.50	2.20	1.90	8.50	15.70	2.40	1.90	1.90	4.31
乳體細胞數 (10 ⁴ /mL)		對照組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	19.10	1.70	3.10	15.30	1.40	3.20	1.80	12.10	1.50	9.00	6.82
1	7	23.60	1.80	3.50	22.10	1.60	3.60	3.40	19.00	1.60	8.90	8.91
2	14	22.80	1.90	4.80	48.50	1.20	3.20	2.80	33.90	1.10	7.80	12.80
3	21	30.20	3.10	4.20	130.80	1.50	3.30	3.20	56.20	1.70	8.80	24.30
4	28	39.20	2.90	3.80	69.60	2.50	3.40	3.50	68.60	1.80	2.30	19.76
5	35	36.50	1.90	3.40	39.50	2.30	2.10	2.40	75.90	1.60	6.80	17.24
6	42	21.80	1.50	3.90	33.50	1.60	3.10	2.90	66.40	1.20	31.10	16.70
7	49	20.10	1.90	2.80	12.80	1.30	1.80	2.30	64.30	1.30	52.30	16.09
8	56	19.80	1.30	2.10	2.70	1.20	2.00	2.60	83.80	1.50	38.60	15.56

附件 5、試驗期間之試驗組及對照組之乳品質檢驗結果紀錄表。(續)

乳體細胞分數		試驗組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	2.1	0.1	2.3	0.4	-0.2	0.6	3.3	2.6	1.6	2.4	1.5
1	7	2.2	0.8	2.8	1.4	0.1	1.1	3.8	2.9	1.7	2.7	1.9
2	14	2.1	0.2	1.5	0.6	0.3	0.5	2.7	1.6	1.3	-0.1	1.1
3	21	2.3	0.1	2.3	0.5	0.5	0.7	3.6	2.0	1.4	1.4	1.5
4	28	1.0	0.4	0.3	0.3	1.4	1.6	3.9	1.8	0.2	0.7	1.2
5	35	1.1	0.7	1.4	-0.2	0.4	1.6	5.8	2.9	-0.1	1.3	1.5
6	42	1.7	0.5	1.1	1.4	0.9	1.7	6.0	2.6	0.9	1.6	1.8
7	49	1.5	1.5	0.4	1.0	1.1	2.2	4.4	2.3	0.8	0.9	1.6
8	56	0.4	2.1	0.3	0.8	0.6	2.8	3.7	0.9	0.6	0.6	1.3
乳體細胞分數		對照組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	3.9	0.4	1.3	3.6	0.2	1.4	0.5	3.3	0.3	2.8	1.8
1	7	4.2	0.5	1.5	4.1	0.4	1.5	1.4	3.9	0.4	2.8	2.1
2	14	4.2	0.6	1.9	5.3	-0.1	1.4	1.2	4.8	-0.2	2.6	2.2
3	21	4.6	1.3	1.7	6.7	0.3	1.4	1.4	5.5	0.4	2.8	2.6
4	28	5.0	1.2	1.6	5.8	1.0	1.4	1.5	5.8	0.5	0.9	2.5
5	35	4.9	0.6	1.4	5.0	0.9	0.7	0.9	5.9	0.4	2.4	2.3
6	42	4.1	0.3	1.6	4.7	0.4	1.3	1.2	5.7	-0.1	4.6	2.4
7	49	4.0	0.6	1.2	3.4	0.1	0.5	0.9	5.7	0.1	5.4	2.2
8	56	4.0	0.1	0.7	1.1	-0.1	0.7	1.1	6.1	0.3	4.9	1.9
乳體細胞分數 差值		試驗組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	7	0.1	0.8	0.5	0.9	0.2	0.5	0.4	0.3	0.1	0.3	0.4
2	14	-0.1	0.1	-0.8	0.2	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-0.3	-2.5	-0.5
3	21	0.2	0.0	0.0	0.1	0.7	0.1	0.3	-0.6	-0.2	-1.0	0.0
4	28	-1.1	0.3	-2.1	-0.2	1.6	1.0	0.6	-0.8	-1.4	-1.7	-0.4
5	35	-1.1	0.7	-1.0	-0.6	0.6	1.0	2.5	0.3	-1.6	-1.1	0.0
6	42	-0.4	0.5	-1.2	0.9	1.1	1.1	2.7	0.0	-0.7	-0.8	0.3
7	49	-0.6	1.4	-1.9	0.6	1.2	1.6	1.1	-0.3	-0.8	-1.5	0.1
8	56	-1.7	2.1	-2.1	0.4	0.8	2.2	0.3	-1.6	-1.0	-1.8	-0.2
乳體細胞分數 差值		對照組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	7	0.3	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0.9	0.7	0.1	0.0	0.3
2	14	0.3	0.2	0.6	1.7	-0.2	0.0	0.6	1.5	-0.4	-0.2	0.4
3	21	0.7	0.9	0.4	3.1	0.1	0.0	0.8	2.2	0.2	0.0	0.8
4	28	1.0	0.8	0.3	2.2	0.8	0.1	1.0	2.5	0.3	-2.0	0.7
5	35	0.9	0.2	0.1	1.4	0.7	-0.6	0.4	2.6	0.1	-0.4	0.5
6	42	0.2	-0.2	0.3	1.1	0.2	0.0	0.7	2.5	-0.3	1.8	0.6
7	49	0.1	0.2	-0.1	-0.3	-0.1	-0.8	0.4	2.4	-0.2	2.5	0.4
8	56	0.1	-0.4	-0.6	-2.5	-0.2	-0.7	0.5	2.8	0.0	2.1	0.1

附件 6、試驗期間之試驗組及對照組之血液學檢驗結果紀錄表。

白血球總數 ($10^3/\mu\text{L}$)		試驗組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	9.90	8.05	10.90	14.25	13.55	11.45	10.20	8.15	7.00	15.00	10.85
2	14	9.53	7.87	8.33	10.93	13.07	12.13	7.07	9.67	7.37	13.90	9.99
4	28	9.50	8.73	9.95	10.00	13.10	10.65	9.05	13.05	8.05	25.50	11.76
6	42	9.90	7.85	9.15	12.40	10.20	9.90	9.15	12.50	7.30	15.10	10.35
8	56	8.60	6.85	7.30	9.30	9.65	10.75	6.95	10.45	6.90		8.53
白血球總數 ($10^3/\mu\text{L}$)		對照組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	24.65	7.50	10.75	13.25	9.00	5.90	10.80	11.55	11.55	8.00	11.30
2	14	24.70	14.37	9.13	11.33	14.40	7.37	9.33	12.70	12.00	6.40	12.17
4	28	26.85	14.85	9.75	15.70	10.90	9.30	9.50	9.85	11.83	7.60	12.61
6	42	26.13		8.80	16.07	8.45	9.85	9.50	9.00	9.90	6.30	11.56
8	56	28.80	13.50	8.37	14.55	128.45	7.25	4.95	12.60	9.70		25.35
白蛋白 (g/dL)		試驗組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	3.50	3.33	3.13	3.27	3.17	3.00	3.10	3.07	3.17	3.20	3.19
2	7	3.33	3.27	3.20	3.23	3.07	3.10	3.27	3.00	3.17	3.37	3.20
4	14	3.40	3.35	3.20	2.75	2.80	2.60	3.05	2.75	2.80	3.15	2.99
6	21	3.30	3.10	3.10	3.20	3.15	3.10	3.25	2.60	3.10	2.85	3.08
8	28	2.75	2.50	2.65	3.05	2.85	2.20	2.30	2.60	2.40	2.65	2.60
白蛋白 (g/dL)		對照組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	3.27	3.13	2.97	2.97	3.10	2.93	3.20	3.57	3.40	3.40	3.19
2	7	3.37	3.17	3.10	3.00	3.30	3.13	3.17	3.53	3.40	3.47	3.26
4	14	3.00	2.70	3.20	2.70	3.10	3.05	3.00	3.20	3.30	3.25	3.05
6	21	2.95	3.00	3.00	2.80	3.05	3.00	2.95	2.80	2.80	2.80	2.92
8	28	2.25	2.15	2.40	2.10	2.45	2.40	2.90	2.70	2.65		2.44
葡萄糖 (mg/dL)		試驗組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	59.67	46.67	55.33	45.33	58.00	46.33	56.33	42.67	49.33	50.00	50.97
2	7	40.00	50.00	53.33	39.33	33.00	51.33	42.67	40.00	45.00	46.67	44.13
4	14	46.00	51.50	44.50	24.50	43.00	34.00	48.50	36.00	32.00	35.50	39.55
6	21	28.00	43.00	36.50	35.00	36.00	44.50	40.00	40.00	30.00	27.50	36.05
8	28	32.00	42.00	40.00	36.00	37.50	31.50	48.00	36.00	38.50	36.50	37.80
葡萄糖 (mg/dL)		對照組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	49.00	56.67	47.67	36.33	33.33	41.33	45.33	52.33	46.67	44.33	45.30
2	7	51.67	54.33	48.67	49.00	47.67	50.00	46.33	49.33	49.00	52.00	49.80
4	14	45.00	45.50	47.50	41.00	36.50	44.00	39.50	49.50	42.50	44.50	43.55
6	21	26.50	42.50	31.50	28.00	26.50	34.00	31.50	36.00	30.00	28.50	31.50
8	28	32.00	42.00	36.50	26.50	35.50	35.00	40.50	37.50	37.00		35.83
天門冬胺酸 (U/L)		試驗組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	76.67	77.67	65.00	133.67	79.33	74.67	113.67	76.00	117.33	71.67	88.57
2	7	92.67	70.67	67.67	142.67	70.67	72.67	159.33	79.67	96.00	72.00	92.40
4	14	89.00	73.00	72.00	127.00	64.50	62.50	66.00	73.50	80.50	71.00	77.90
6	21	77.00	61.50	61.00	147.00	65.00	87.50	107.50	64.00	86.50	53.00	81.00
8	28	67.50	52.50	60.00	149.50	67.00	56.50	81.00	69.50	77.50	86.00	76.70
天門冬胺酸 (U/L)		對照組牛隻編號										平均
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	72.67	62.00	158.33	70.33	70.67	61.00	93.67	81.00	57.33	59.00	78.60
2	7	98.67	72.00	62.33	67.00	75.67	71.00	208.67	80.00	65.67	82.67	88.37
4	14	75.50	70.50	68.00	58.00	80.00	88.50	112.50	68.50	63.50	57.50	74.25
6	21	77.00	63.00	60.50	62.00	74.50	146.0	120.00	66.00	58.00	54.50	78.15
8	28	64.50	49.50	60.50	61.50	69.00	73.50	204.50	72.50	60.00		79.50

附件 6、試驗期間之試驗組及對照組之血液學檢驗結果紀錄表。(續)

γ -麩胺醯轉化酶 (U/L)		試驗組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	51.33	31.33	17.33	29.67	21.33	24.33	34.67	21.00	23.33	21.33	27.57
2	14	48.00	29.67	17.00	30.00	25.00	25.00	36.00	21.00	24.33	24.67	28.07
4	28	48.10	29.60	17.30	28.55	21.30	20.35	29.35	17.85	20.70	24.90	25.80
6	42	42.50	28.55	16.80	38.65	24.65	28.30	31.50	16.50	25.45	22.10	27.50
8	56	34.70	23.25	13.55	36.25	21.60	21.35	18.75	17.10	22.15	26.10	23.48
γ -麩胺醯轉化酶 (U/L)		對照組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	23.67	20.00	30.67	29.67	40.33	20.33	57.67	22.00	24.67	29.67	29.87
2	14	24.33	19.00	28.67	31.00	34.67	20.00	66.00	25.33	24.00	32.00	30.50
4	28	27.50	17.05	30.40	27.60	40.40	20.00	55.85	22.70	25.75	29.65	29.69
6	42	27.25	18.40	29.15	30.00	32.40	19.60	58.15	20.95	23.20	23.60	28.27
8	56	22.20	13.05	22.60	21.95	20.95	16.00	60.00	19.70	22.75		24.36
血清尿素氮 (mg/dL)		試驗組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	8.80	8.57	8.87	8.37	9.93	9.57	9.80	8.97	8.63	3.47	8.50
2	7	9.53	8.53	9.77	11.03	9.93	9.30	13.07	9.57	9.83	5.07	9.56
4	14	13.75	10.90	9.85	11.40	11.15	8.95	8.20	11.00	11.55	6.70	10.35
6	21	11.20	11.90	10.60	10.40	11.80	11.05	10.60	9.15	13.70	7.45	10.79
8	28	7.70	10.15	8.65	8.60	7.35	6.70	4.90	7.55	7.65	4.00	7.33
血清尿素氮 (mg/dL)		對照組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	7.23	8.40	6.63	7.13	11.23	7.40	6.20	6.50	7.67	11.77	8.02
2	7	8.63	9.20	6.40	8.63	12.73	8.67	8.70	8.07	8.77	10.60	9.04
4	14	8.40	9.05	7.95	11.50	13.00	10.95	9.45	8.55	10.60	10.55	10.00
6	21	10.65	10.15	11.95	9.45	11.80	10.95	10.15	8.10	13.35	10.55	10.71
8	28	5.80	6.45	5.15	6.00	6.70	8.50	8.20	5.60	7.50		6.66
非酯化脂肪酸 (mmo/L)		試驗組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	0.12	0.21	0.16	0.12	0.83	0.18	0.10	0.34	0.34	0.94	0.33
2	7	0.13	0.18	0.15	0.19	0.27	0.13	0.33	0.37	0.42	0.95	0.31
4	14	0.11	0.19	0.20	0.17	0.10	0.39	0.24	0.31	0.33	1.10	0.31
6	21	0.09	0.15	0.12	0.18	0.16	0.02	0.25	0.12	0.14	0.61	0.18
8	28	0.11	0.14	0.14	0.20	0.10	0.12	0.12	0.19	0.15	0.21	0.15
非酯化脂肪酸 (mmo/L)		對照組牛隻編號										
週	日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0	0	0.13	0.09	0.25	0.21	0.11	0.21	0.19	0.32	0.20	0.13	0.18
2	7	0.22	0.15	0.45	0.40	0.20	0.44	0.22	0.46	0.68	0.15	0.34
4	14	0.36	0.37	0.09	0.33	0.21	0.49	0.21	0.15	0.41	0.31	0.29
6	21	0.14	0.12	0.20	0.13	0.15	0.16	0.26	0.12	0.09	0.13	0.15
8	28	0.14	0.13	0.18	0.15	0.19	0.16	0.16	0.14	0.09		0.15

碩士學位口試-委員提問 Q&A

學生：段雲傑

口試委員：李國華老師、余品奐老師、李昭華老師

時間：中華民國一一四年七月八日星期二 上午 10:30-12:00

地點：臺灣大學生物資源暨農學院附設動物醫院七樓 711 室

記錄：鍾亞樺



提問：

李國華老師：

1. 臨床試驗不簡單，論文中試驗組及對照組，有泌乳天數的影響，且組間差異較大，未來希望能用不同泌乳天數作組別區分，兩組先拉平對等，再作實驗可以使試驗背景更一致。
2. 在體細胞數有研究上突破，無法直接使用是因為其變異性大，其分佈上部呈現常態分佈，因此需要將其轉換成分數才能進行比較，這也是在分析時需要特別注意的事。
3. 未來若有延續的試驗應能作細胞激素 (IL-6...) 的測驗，可以增加實驗分析的深度，更能多探討生理機制上的變化。
4. THI 在實驗末期時已經小於 72，雖然已經有電扇及水浴等等措施，但在臺灣還是容易使牛隻達到熱緊迫，若是拉長觀察時間，或許可以看到更多不一樣的結果。
5. 如何抓反芻時間和活動量時間？

A：牛隻上皆頸圈配戴，頸圈中配有三向陀螺儀可以偵測牛隻的活動狀態，可以偵測牛隻是否在休息還是進食或是運動中，經過電腦計算可以記錄 24 小時內的活動量，並且可以藉由反芻的頸部震動，計算出 24 小時內的反芻時間，幫助我們有校紀錄牛隻一天的活動狀態。

6. 在牛隻使用頸圈偵測活動時間及反芻時間，試驗兩個月中是否可以看到若發情時會有活動量上升及反芻下降的情況出現，組監會不會因為發情的關係而要成誤差，而非 GABA 所造成？

A：在作數據分析時的確有想到這點發情因素的考量，經過去比對兩組的活動時間及反芻時間，但未發現有發情相關性出現，可能為我們的樣本數太少，及試驗期間太短，試驗期間牛隻發情次數約 2-3 次，但也未能看出活動跟反芻時間有發情相關性，可能要把時間拉長或樣本數提高才能看出是否有發情的影響在。

余品奐老師：

1. 如何回答 GABA 效果為針對熱緊迫的效果，因為其生理機制及效果多樣，需如何去證實？

A：實際上要真的直接證明 GABA 的效果比較難，可能需要做更精確的細胞激素的分析後才能有證據證實其效果存在，例如神經肽 Y 的分析，這樣實驗較能增加信心，因為使用 GABA 在乳品質變好上，其角色可能較間接，主要是透過減少乳牛的躁動來去提升乳品質、減少乳房炎，因此較難直接說 GABA 是有改變乳品質減少乳房炎的功能。

2. 在分組上 THI 後期小於 72 或 75 時，比較 GABA 的效果，GABA 若效果較不明顯，是不是可能跟高溫有關？
- A：THI 小於 72 或 75 的研究，在牛隻上已有其他溫帶地區國家已經進行過實驗，也證實可讓牛隻較為穩定，因此才有此題目的發想，即想證明熱帶地區上使用 GABA 也能有減緩熱緊迫的功能及效果存在。
3. 在中高溫及高溫的時間軸內，GABA 皆有其效果存在，如何認為跟熱緊迫有相關，建議可以將 THI 進行分組作比較，也許能看出影響熱緊迫的差異存在。
4. 是否有透過直腸觸診來觀察卵巢濾泡生成或繁殖障礙的出現嗎？
- A：有做直腸觸診去觀察牛隻卵巢狀態，但因為整體試驗時間內僅有一隻乳牛出現卵巢囊腫且為試驗組，難比較兩組間的配種率、懷胎率在短期（兩個月）內的變化，加上夏天本身就會是容易出現配種率下降及早期流產等繁殖障礙，若要進行繁殖性能的試驗可能需要拉長試驗觀察期，較能觀察出差異性。
5. 寫作建議上可以將熱緊迫病理機制跟 GABA 作用機制作連結，另外數據分析項目多，可以一起統整在一個時間軸圖表中，使讀者可以更容易觀看成果。

季昭華老師：

1. 建議整合 THI 趨勢跟後面項目的曲線變化，更能凸顯此次結果的呈現。
2. 在乳牛病歷中寫到急性乳房炎，如何去診斷出是急性乳房炎而非其他型態的乳房炎？
- A：急性乳房炎的診斷為當下擠乳時發現乳房開始變冷且出現無乳、虛弱、反芻下降等臨床症狀，因此判定為急性乳房炎發生，且迅速介入進行輸液治療，若只有寫乳房炎時表示為乳汁有凝塊的產生但無臨床症狀的出現，而亞臨床性乳房炎則表示當乳品送驗時，出現體細胞總數>20 萬每毫升時，定義其已有潛在乳房炎發生，但當下擠乳時並無異常。