

不同離乳策略對荷蘭種母仔牛週齡體重 及血液參數值變化之影響⁽¹⁾

王思涵⁽²⁾⁽⁴⁾ 張俊達⁽³⁾ 蕭振文⁽²⁾

收件日期：109 年 2 月 14 日；接受日期：109 年 8 月 24 日

摘 要

本研究旨在探討代用乳餵飼量及離乳時間對荷蘭種母仔牛各週齡平均體重及血液參數值變化之影響。30 頭母仔牛依出生序分成三組，依序對照組為每日餵飼 4 公升代用乳，39 日齡起逐漸減少乳量至 7 週齡離乳；處理組 1 為每日餵飼 8 公升代用乳，39 日齡起逐漸減少乳量至 7 週齡離乳；處理組 2 為每日餵飼 8 公升代用乳，60 日齡起逐漸減少乳量至 10 週齡離乳。試驗結果顯示，處理組 2 母仔牛於第 8、9 及 10 週齡之平均體重皆顯著高於對照組與處理組 1 ($P < 0.05$)，但其餘週齡三組母仔牛體重則無顯著差異。三組母仔牛血液參數值，葡萄糖與三酸甘油酯濃度皆隨母仔牛週齡增加而逐漸下降後趨於穩定；尿素氮濃度則隨母仔牛代用乳餵飼量的減少而逐漸上升；鈉、鉀及氯離子濃度穩定且皆於正常範圍值內；血中麩胺酸草乙酸轉胺酶 (glutamic oxaloacetic transaminase, GOT) 及麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamic pyruvic transaminase, GPT) 濃度隨母仔牛週齡增加略微上升。不同離乳策略對照組、處理組 1 及處理組 2 母仔牛離乳前之平均日增重分別為 0.77、0.78 及 0.95 公斤；代用乳成本分別為新臺幣 3,583、6,566 及 9,380 元。綜上所述，代用乳餵飼量及離乳時間對母仔牛於各週齡間之血液參數值影響並不大，但卻會造成母仔牛離乳時之平均體重、離乳前平均日增重與代用乳成本之差異。

關鍵詞：離乳策略、母仔牛、體重、血液參數值。

緒 言

仔牛出生時胃容量很小只有 2 – 3 公升，但乳牛已被改良成為高乳量家畜，若採自然哺乳可能會引起仔牛過飽引起消化不良或甚至下痢致死的問題，因此現今仔牛之飼養多採人工哺乳。人工哺乳一般以水桶餵乳，左手固定水桶而右手食指與中指兩指併攏插入仔牛口中，仔牛自然會藉由指頭吸吮乳汁，約 3 日後便學會自行吸吮。育成仔牛需花費頗多乳量，對以生乳作為收入的酪農來說是一項損失。代替母乳之飼料稱為代用乳 (milk replacer)，使用接近牛乳成分原料並添加維生素與礦物質等補給牛乳不足部份。代用乳一般以乳粉狀態出售，有易保存與易搬運之優點，適當的使用代用乳節省生乳之使用，育成健康仔牛並增加生乳收益 (宋等, 2006)。

自新生仔牛出生後 5 日齡以人工哺乳開始餵予代用乳，代用乳為仔牛所有之營養來源，代用乳量以仔牛體重之十分之一為準，每日供應量約為 4 公升。仔牛離乳一般在六週齡，可採一次性離乳方式，若仔牛健康情形較差或採食精料的量仍不夠 1 公斤，可在預定離乳後以每日供應 2 公升代用乳的方式，持續至仔牛採食精料每日達 1 公斤後再行離乳。仔牛出生後只有第四胃即真胃可以正常作用，其他第一、二、三胃等由食道演化成的前胃均未發達，出生後 2 週齡提供仔牛幼嫩牧草或與飼料自由採食，可刺激其既有之發酵作用產生短鏈脂肪酸 (short-chain fatty acids, SCFAs)，有助於仔牛前胃的發育 (李等, 1980)。仔牛在哺乳期間提供給水，在熱季可顯著改善仔牛 4 至 8 週齡期間的生長與精料採食量，其日增重及精料採食量分別為每日 0.99 公斤及 1.06 公斤 (李等, 2000)。

仔牛自出生、離乳至轉為採食精料與草料，生理及代謝經歷重大的轉變。因此，國外關於仔牛在飼養管理的部分仍持續被研究並提出新觀點。1970 至 1980 年代，為兼顧仔牛飼養成本及減緩仔牛離乳不適問題，以限制仔牛餵飼乳量 (全乳或代用乳) 為主；1990 年起，以促進瘤胃發育為仔牛飼養管理研究主軸，除減少仔牛餵飼乳量外，更建

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2649 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

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

議提高教槽料攝食量 (Kertz *et al.*, 2017)。但近年來基於動物福祉的要求，建議仔牛餵飼乳量增加至體重之 20%，不充足之餵飼乳量會導致仔牛前往自動餵飼系統之頻率增加且活動力下降，這些動物行為表示仔牛處於飢餓狀態 (Borderas *et al.*, 2009)。高乳量之餵飼方式使仔牛日增重明顯 (Jasper and Weary, 2002; Drackley, 2008)，但卻可能造成仔牛於離乳時對固體飼糧適應問題導致生長停滯，尤其以一次性離乳方式最易出現此現象 (Sweeney *et al.*, 2010)。

本研究目標期探討不同離乳策略對於荷蘭種母仔牛各週齡體重及血液參數值變化之影響，比較不同代用乳餵飼量及離乳時間對母仔牛生長及健康的影響，供國內酪農參考。

材料與方法

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所試驗牛舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容，均經畜產試驗所新竹分所實驗動物管理小組以畜試竹字 107-1 號申請核准在案。

I. 試驗動物及飼養管理

本試驗動物為 2018 年 6 月至 2019 年 6 月間出生之荷蘭種母仔牛共計 30 頭。母仔牛群飼養以代用乳搭配百慕達乾草及教槽料任食為主；餵飼時間分別於上午 8 時 30 分及下午 3 時 30 分。

II. 試驗方法與測定項目

- (i) 新生母仔牛飼養管理及體重記錄：母仔牛於出生後 12 小時內，以人工哺乳給予母親牛之初乳約 4 公升，並飼養於不銹鋼個別欄架內至少 7 日，確認母仔牛健康無虞後，自第 8 日起移至仔牛舍進行不同離乳策略之試驗。
- (ii) 試驗分組：母仔牛依其出生日期依序分成三組並參考 Khan *et al.* (2007a) 離乳策略設計，分別為對照組 (control)：每日餵飼 4 公升代用乳，39 日齡起以每日減少 10% 乳量至 7 週齡離乳。處理組 1 (T1)：每日餵飼 8 公升代用乳，39 日齡起以每日減少 10% 乳量至 7 週齡離乳。處理組 2 (T2)：每日餵飼 8 公升代用乳，60 日齡起以每日減少 10% 乳量至 10 週齡離乳；上下午各餵飼每日代用乳量之 50%。代用乳配製方式為秤取 125 克乳粉，調勻溶解至 1 公升溫水中，以水桶進行人工哺乳。試驗期間教槽料、乾草及水皆任食。母仔牛採個別欄架飼養，並以自動水碗供水。每週進行磅重，同時採集血液至 10 週齡為止。
- (iii) 百慕達乾草、代用乳及教槽料採樣分析：每三個月進行各項原物料樣品採集，並暫存於 -20℃；待均勻混合連續 3 次樣品後，以 55℃ 烘乾 48 小時，熱秤得乾物質率後，依 AOAC (2000) 法進行乾物質、粗蛋白質、粗脂肪等分析。乳糖分析依據 CNS 3445 乳品檢測法—乳糖之測定進行。依據 van Soest *et al.* (1991) 方法分析酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 及中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF)。分析結果顯示，百慕達乾草乾基粗蛋白質為 13.67%、粗脂肪為 2.54%、酸洗纖維 24.51% 及中洗纖維 52.90%；代用乳乾基 (maxmilk CMR 26, New Zealand) 粗蛋白質為 25.40%、粗脂肪為 23.80% 及乳糖為 41.80%，每公斤代用乳粉售價為新臺幣 134 元；教槽料乾基 (宜成農產加工廠，苗栗後龍) 粗蛋白質為 19.90%、粗脂肪為 5.90% 及碳水化合物為 58.80% (表 1)。

表 1. 不同離乳策略試驗使用之飼料原料營養成分

Table 1. Analyzed nutrition compositions used in different weaning strategy

Analyzed items	Milk replacer	Bermuda grass hay	Starter
DM, %	99.00	88.00	90.00
Crude protein, %	25.40	13.67	19.90
Crude fat, %	23.80	2.54	5.90
ADF, %	—	24.51	—
NDF, %	—	52.90	—
Carbohydrate ¹ , %	49.52	—	58.80
Lactose, %	41.80	—	—
GE ² , Mcal/kg	5.28	—	4.13

¹ Carbohydrate (%) = 100 % – moisture % – ash % – fat % – protein %.

² GE: gross energy.

- (iv) 母仔牛血液樣品採集：於上午約 7:30 時進行血液樣品採集，此時母仔牛已至少空腹 12 小時以上，自仔牛頸靜脈採血約 5 毫升，採集時間自出生至 10 週齡為止，每週採 1 次。血液樣品採集後，以離心機 (Hettich® Universal 320R) 在 $1,500 \times g$ 、 4°C 、15 分鐘離心，取上層血清存放於 -20°C 。以血液生化分析儀 (Fuji NX-500, Japan) 檢測葡萄糖 (glucose, GLU, mg/dL)、麩胺酸草乙酸轉胺酶 (glutamic oxaloacetic transaminase, GOT, U/L)、麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamic pyruvic transaminase, GPT, U/L)、三酸甘油酯 (triglycerides, TG, mg/dL)、尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN, mg/dL)、鈉 (sodium, Na, mg/dL)、鉀 (potassium, K, mg/dL) 及氯 (chloride, Cl, mg/dL) 等。

III. 統計分析

試驗所得數值資料，利用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2002)，以一般線性模式程序 (general linear model, GLM) 分析，若達 5% 顯著差異水準，再以最小平方均值 (least square means) 比較各週齡處理組間的差異性。

結果與討論

以北美而言，仔牛餵飼乳量在離乳前約為體重之 8% – 15% (Vasseur *et al.*, 2010)。仔牛 3 週齡前之能量主要來自於牛乳，且教槽料的攝取量會受到餵飼乳量多寡而影響，高牛乳餵飼量會增加仔牛生長但卻會減少教槽料的攝取量，因此採用 10 日作為漸進式離乳方式可獲得最佳體增重 (Sweeney *et al.*, 2010)。一次性離乳方式會導致仔牛出現饑餓或互相吸吮乳頭的行為發生 (Nielsen *et al.*, 2008)，漸進式的離乳方式不僅可減少離乳緊迫，也可促進教槽料的攝食量，改善生長停滯 (Khan *et al.*, 2007a)。本試驗對照組母仔牛餵飼代乳量約為體重之 10%，而處理組 1 及處理組 2 則約為體重之 20%；離乳時間則分為 7 週齡及 10 週齡，採離乳日齡前 10 日開始進行漸進式離乳方式。試驗過程中母仔牛之體重變化，如圖 1 所示。三組母仔牛出生平均體重為 36.3 公斤，且三組母仔牛之平均體重皆隨週齡增加而顯著上升 ($P < 0.05$)。其中，8 – 10 週齡時處理組 2 之母仔牛平均體重顯著高於對照組及處理組 1 ($P < 0.05$)，說明延後離乳至 10 週齡其母仔牛體重表現會最佳。王 (2011) 以全乳進行公母各 8 頭荷蘭種仔牛生長試驗結果顯示，全乳營養成分為乳脂肪平均 3.81%、乳蛋白質平均 3.17% 及乳糖平均 4.69%，仔牛出生平均體重為 40.4 公斤，且平均體重隨週齡增加而逐漸上升，於 4 週齡離乳後至 8 週齡之平均體重為 65.1 公斤。本試驗之母仔牛出生平均體重略較王 (2011) 試驗使用之仔牛群低，主要由於仔牛性別的差異所造成，但本試驗母仔牛 8 週齡平均體重卻較高，可能與本試驗代用乳所含之營養成分及餵飼量較高有關。本試驗對照組與處理組 1 之母仔牛，於 8 週齡離乳後體重分別為 73.3 公斤與 74.8 公斤，兩組間並無顯著差異，但未離乳之處理組 2 母仔牛於 8 週齡時體重則為 82.6 公斤顯著高於其他兩組 ($P < 0.05$)，說明即使採漸進式離乳方式，母仔牛在離乳時仍會受到緊迫而造成體重下降 (表 2)。相關研究也指出，高牛乳餵飼量在離乳時相較於低牛乳餵飼量，其仔牛離乳緊迫較大 (Miller-Cushon and DeVries, 2015)。Khan *et al.* (2007a) 試驗使用牛乳，此牛乳中脂肪、蛋白質及乳糖含量分別為 3.80%、3.39% 及 4.70%，母仔牛出生後每日餵飼體重 20% 牛乳，至 30 日齡起採體重 10% 餵飼量之母仔牛，其平均體重顯著高於全期每日餵飼體重 10% 牛乳之母仔牛，且於 7 週齡離乳時，兩處理組間之母仔牛平均體重差異 14.5 公斤。本試驗雖然參考上述離乳策略，但對照組與處理組 1 間的代用乳餵飼量不同，卻未造成兩組母仔牛於 7 週齡離乳時體重之差異 (67.9 vs. 68.3 kg)，可能與本試驗使用營養成分較高，且將漸進式離乳時間延後至 39 日齡開始有關。其中，對照組與處理組 1 母仔牛於 7 週齡完全離乳起之體重變化，可以發現處理組 1 相較於對照組其母仔牛體重之標準偏差較大，是否可能與上述文獻提到之高牛乳餵飼量在離乳時相較於低牛乳餵飼量，其仔牛離乳緊迫較大有關，需在進一步了解。

依據 NRC (2001) 資料顯示，仔牛離乳前平均日增重達 0.7 公斤以上即表示其營養符合生長需求；又根據 Soberon *et al.* (2012) 研究報告，調查美國商業牧場內 623 頭仔牛離乳前平均日增重為 0.66 公斤，且每增加 1 公斤離乳前平均日增重，可提高其未來在第一胎次產乳量約 1,114 公斤。本試驗三組母仔牛離乳前之平均日增重分別為 0.77、0.78 及 0.95 公斤 (表 3)，優於上述試驗結果，說明三組母仔牛雖以不同離乳策略進行試驗，但離乳前之營養供應量符合其生長需求。其中，對照組與處理組 1 母仔牛每日分別餵飼 4 及 8 公升代用乳，離乳前之代用乳成本分別為新臺幣 3,283 及 6,566 元，但 7 週齡離乳時之平均體重 (67.9 vs. 68.3 kg) 與日增重 (0.77 vs. 0.78 kg) 卻相近，說明以 39 日齡起採漸進式離乳方式至 7 週齡完全離乳，餵飼 4 公升代用乳之母仔牛相較於 8 公升花費較低。處理組 1 及處理組 2 母仔牛每日餵飼相同代用乳量，但離乳時間分別為 7 與 10 週齡，離乳前代用乳成本分別為新臺幣 6,566 及 9,380 元。整體來說，10 週齡離乳之母仔牛代用乳成本較高，但比較 10 週齡時三組之體重可以觀察到處理組 2 母仔牛平均體重為 104 公斤，顯著高於對照組與處理組 1 母仔牛平均體重 ($P < 0.05$) (表 2)。若以增加離乳前

日增重為首要考量，給予母仔牛每日 8 公升代用乳餵飼量並於 10 週齡離乳，可獲得較佳之平均離乳體重 (104 kg) 及離乳前日增重 (0.95 kg)。每增加 1 公斤離乳前平均日增重，可提高其未來在第一胎次產乳量約 1,114 公斤 (Soberon *et al.*, 2012)。處理組 2 相較於處理組 1 在代用乳成本部分，增加新臺幣 2,814 元，但以上述研究做為公式計算處理組 2 之母仔牛於第一胎次產乳量將較處理組 1 提高約 189 公斤，換算約新臺幣 4,914 元 (乳價平均以新臺幣 26 元計算)，本試驗雖未將教槽料、百慕達乾草及勞動力成本考量進去，但略可說明母仔牛離乳前的策略優劣攸關酪農未來收益。

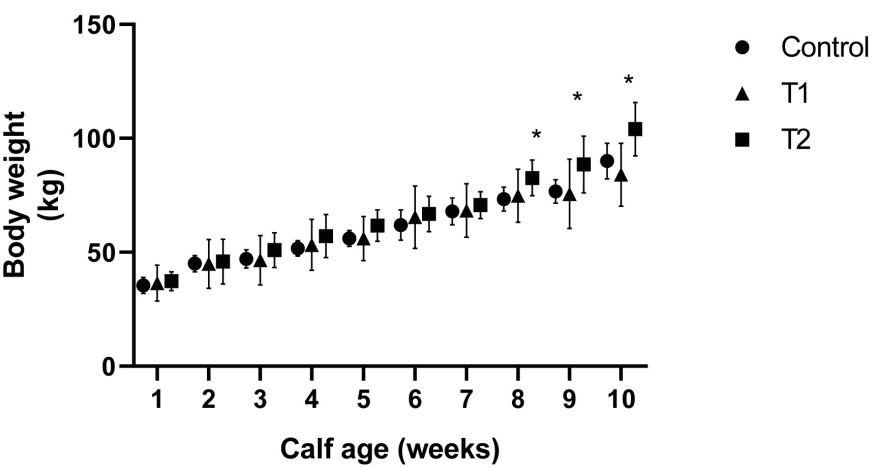


圖 1. 不同離乳策略試驗三組母仔牛每週平均體重之變化（平均值±標準差）。
Fig. 1. Average body weight for three group female calves at every weeks of the experiment (mean ± SD).

表 2. 不同離乳策略試驗三組母仔牛出生、離乳時及離乳後平均體重及血中葡萄糖濃度變化
Table 2. Average body weight and blood glucose concentration for three group female calves at birth, weaning and post-weaning of the experiment

Item	Treatment			SEM	P
	Control	T1	T2		
Milk replacer, (L/day/cow)	4	8	8		
Weaning days	49	49	70		
Body weight (kg)					
At birth	35.4	36.4	37.3	5.5	0.73
At 8 weeks	73.3 ^b	74.8 ^b	82.6 ^a	8.57	0.04
At 10 weeks	90.0 ^b	84.0 ^b	104.0 ^a	10.3	0.01
Glucose, mg/dL					
At birth	162	193	163	58	0.36
At 7 weeks	95.6	95.4	112.3	22.7	0.15
At 10 weeks+	97.7	93.3	96.1	18.8	0.95

^{a, b} Means with different superscripts within rows differ (P < 0.05).

表 3. 不同離乳策略試驗三組母仔牛離乳前平均日增重與代用乳成本
Table 3. Average daily weight gain and milk replacer cost for three group female calves before weaning of the experiment

Item	Treatment		
	Control	T1	T2
Daily weight gain (kg/d)	0.77	0.78	0.95
Milk replacer cost (NTD)	3,583	6,566	9,380

血液成分之變化可反映出生物體之代謝情況，血液成分會因為家畜罹患疾病或營養失衡時產生明顯變化，因此

常被用來作為臨床上疾病診斷或健康評估之參考 (白等, 1996)。仔牛出生至離乳前以牛乳為營養來源, 血中 GLU 及 TG 之濃度會較離乳後高, 但隨著仔牛瘤胃功能發育逐漸成熟, 其會增加揮發性脂肪酸的產生及吸收, 轉為以此作為能量利用之主要來源 (Stanley *et al.*, 2002)。三組母仔牛每週血中平均 GLU 濃度如圖 2 所示, 三組之間並無顯著差異, 另三組母仔牛血中 GLU 濃度皆隨著週齡的增加而有下降且持穩的趨勢, 且各週齡間有顯著差異 ($P < 0.05$)。Khan *et al.* (2007a) 試驗結果顯示, 血中 GLU 濃度隨仔牛年齡增加而顯著下降 ($P < 0.01$), 而 1 週齡時每日餵飼 8 公升與 4 公升牛乳之仔牛血中 GLU 濃度分別為 87.3 與 82.4 mg/dL; 離乳後 7 週齡時每日餵飼 8 公升與 4 公升牛乳之仔牛血中 GLU 濃度分別為 69.5 與 79.2 mg/dL, 且有顯著差異。本試驗對照組、處理組 1 及處理組 2 之母仔牛於 1 週齡時之平均血中 GLU 濃度分別為 156、172 及 135 mg/dL; 對照組及處理組 1 之母仔牛於離乳後 7 週齡時之血中 GLU 濃度分別為 100 及 107 mg/dL, 處理組 2 之母仔牛於離乳後 10 週齡之血中 GLU 濃度則為 106 mg/dL (表 2)。整體而言, 本試驗三組之母仔牛各週齡平均血中 GLU 濃度皆高於上述之試驗結果, 可能與試驗選擇之營養來源以代乳取代牛乳有關。

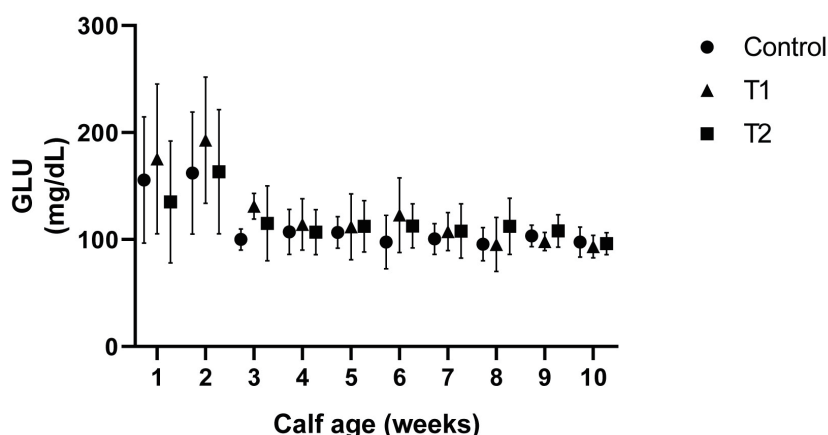


圖 2. 不同離乳策略試驗三組母仔牛每週血中平均葡萄糖濃度之變化 (平均值 \pm 標準差)。

Fig. 2. Average glucose concentrate for three group female calves at every weeks of the experiment (mean \pm SD).

三組母仔牛各週齡血液參數值濃度之變化, 如表 4 所示。三組母仔牛各週齡血中 BUN 濃度間並無差異, 各組血中 BUN 濃度隨母仔牛週齡增加有上升趨勢, 且不同週齡各組血中 BUN 濃度間有顯著差異 ($P < 0.01$), 但處理組與週齡間並無交互作用。7 週齡時, 對照組、處理組 1 及處理組 2 母仔牛血中 BUN 濃度分別為 11.0 mg/dL、10.5 mg/dL 及 8.6 mg/dL, 三組間並無差異, 但對照組與處理組 1 之血中 BUN 濃度略高於處理組 2。仔牛於涼熱兩季之週平均精料採食量 (風乾基), 於 3 週齡時平均每日每頭精料採食量約為 0.27 公斤, 5 週齡時平均每日每頭精料採食量約為 0.67 公斤 (李等, 2000)。仔牛 10 日齡時教槽料採食量幾乎為零, 至 30 日齡時為 0.35 公斤, 仔牛對於教槽料及乾草的採食量自 3 週齡後才有明顯增加。隨著仔牛對牛乳攝取量減少與教槽料及乾草的攝食量增加, 使其初期營養代謝開始轉換, 此時血中之 β - 羥基丁酸 (β -ketone) 及 BUN 濃度會逐漸增加, 而 GLU 及游離脂肪酸濃度則會逐漸下降 (Khan *et al.*, 2007b)。本試驗對照組與處理組 1 母仔牛自 39 日齡起, 逐漸減少代乳餵飼量並於 7 週齡離乳, 過程中雖未記錄教槽料及乾草採食量, 但推測與上述試驗結果相似, 由於代乳餵飼量的減少, 教槽料及乾草採食量增加, 因此相較處理組 2 仍維持 8 公升代乳餵飼量之母仔牛血中 BUN 濃度較高。

能量充裕的狀況之下, TG 貯存於肝臟、乳腺與脂肪細胞中, 但當能量供應為負平衡時, 如饑餓狀態時貯存之 TG 則會被分解成為脂肪酸及甘油, 供組織所需使用 (白等, 1996)。三組母仔牛各週齡血中 TG 濃度間並無差異, 不同週齡各組血中 TG 濃度間有顯著差異 ($P < 0.01$), 但處理組與週齡間並無交互作用。Khan *et al.* (2007a) 試驗結果指出, 30 日齡前餵飼母仔牛兩倍牛乳量之處理組, 其血中 TG 濃度會顯著較對照組高 ($P < 0.05$)。30 日齡時每日餵飼 8 公升與 4 公升牛乳之母仔牛血中 TG 濃度分別為 34.6 與 31.6 mg/dL; 離乳後 50 日齡時每日餵飼 8 公升與 4 公升牛乳之母仔牛血中 TG 濃度分別為 27.7 與 28.8 mg/dL。本試驗各組母仔牛於 7 週齡離乳時其血中 TG 濃度皆較上述結果低。王 (2011) 試驗結果顯示, 仔牛出生時血中 TG 濃度為 14.2 mg/dL 為最低, 其後至 3 日齡呈現遞增趨勢至 79.1 mg/dL 最高值後遞減。仔牛出生至 8 週齡間, 血中 TG 濃度範圍為 14.2 – 79.1 mg/dL。1 週齡、2 週齡、4 週齡、6 週齡與 8 週齡時, 仔牛血中平均 TG 濃度分別為 65.8、53.7、20.9、12.6 及 16.3 mg/dL。上述試驗結果中除離乳後之 6 週齡與 8 週齡濃度與本試驗對照組與處理組 1 數值接近外, 其餘離乳前血中 TG 濃度皆較本試驗高, 是否與不同離乳策略試驗設計有關, 還需要進一步探討。而隨著仔牛瘤胃功能逐漸成熟, 其會增加揮發性脂肪酸的產生及吸收, 並以此作為能量之主要來源, 因此整體而言血中 TG 之濃度會較離乳前低 (Stanley *et al.*, 2002)。

表 4. 不同離乳策略試驗三組母仔牛每週血液參數值之變化
Table 4. Average blood parameters for three group female calves at every weeks of the experiment

Item	Treatment	Calf age, weeks										Fixed value, P			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SEM	Treatment	Time	Treatment × time
GLU,mg/dL	Control	156	162	100	107	107	97	100	96	103	113	9.04	0.12	0.01	0.35
	T1	175	193	131	114	112	123	107	95	98	93				
	T2	135	163	115	107	112	112	107	112	108	106				
TG, mg/dL	Control	38.6	14.5	10.2	11.6	14.6	19.2	20.5	15.8	24.2	19.7	3.27	0.76	< 0.01	0.06
	T1	34.3	18.5	24.5	19.1	14.8	13.2	19.8	14.3	11.5	19.5				
	T2	34.3	18.2	9.80	13.1	14.4	8.78	8.91	13.2	11.5	13.7				
BUN, mg/dL	Control	4.8	8.2	7.9	5.8	8.4	9.5	11.0	12.7	11.4	13.7	1.17	0.11	< 0.01	0.87
	T1	5.6	8.4	8.2	8.7	9.9	15.9	10.5	11.6	10.3	10.6				
	T2	5.6	7.2	7.7	8.2	8.8	7.8	8.6	9.3	16.3	12.3				
GOT, U/L	Control	34.9	40.3	43.7	47.0	53.6	53.0	56.8	53.3	61.4	64.2	4.89	0.30	< 0.01	0.45
	T1	32.6	76.1	44.8	45.2	48.9	55.3	57.7	63.9	83.0	57.3				
	T2	39.8	41.7	44.9	42.9	47.8	49.2	56.3	59.6	58.3	58.1				
Normal range		78-132													
GPT, U/L	Control	10.2	11.2	9.70	11.0	12.9	13.8	15.2	17.3	18.4	19.0	0.99	0.99	< 0.01	0.35
	T1	9.30	15.2	10.1	10.8	11.0	11.8	13.9	15.4	23.8	16.0				
	T2	14.7	11.8	9.9	9.8	11.8	11.2	13.2	13.3	15.1	16.1				
Normal range		11-40													

GLU (glucose), GOT (glutamic oxaloacetic transaminase), GPT (glutamic pyruvic transaminase), TG (triglycerides), BUN (blood urea nitrogen).

牛之血中 GOT 及 GPT 濃度範圍分別介於 78 – 132 U/L 及 11 – 40 U/L；GPT 之活性以肝臟中最高，腎臟及肌肉次之，當動物罹患疾病時血液中之 GPT 活性會增加，但不同動物間差異大 (Kaneko *et al.*, 1997)。仔牛血中 GOT 濃度自第 1 週齡為 26.9 U/L 增加至第 6 週齡為 57.38 U/L；GPT 濃度在第 1 週齡至第 6 週齡則介於 6.13 – 13.13 U/L 間 (王, 2011)。GOT 及 GPT 濃度在仔牛出生 6 日齡內，會隨著日齡增加而上升 (Kurz *et al.*, 1991)。本試驗母仔牛血中 GOT 及 GPT 濃度，如表 4 所示。三組母仔牛各週齡血中 GOT 及 GPT 濃度之間並無差異，且各週齡間有顯著差異 ($P < 0.01$)，但處理組與週齡間並無交互作用。對照組、處理組 1 及處理組 2 母仔牛於 10 週齡內之 GOT 濃度範圍分別為 34.9 – 64.2 U/L、32.6 – 83.0 U/L 及 39.8 – 59.6 U/L；且 GPT 濃度範圍分別為 10.2 – 19.0 U/L、9.3 – 23.8 U/L 及 11.2 – 16.1 U/L。由三組母仔牛每週血中 GOT 及 GPT 濃度結果可得知，試驗過程中母仔牛的健康無虞，且母仔牛並不會因為代用乳餵飼量多寡或離乳日齡之差異造成血中 GOT 及 GPT 濃度異常。

母仔牛血中鈉、鉀及氯離子濃度，如表 5 所示。三組母仔牛各週齡血中鈉、鉀及氯離子濃度之間並無差異，但鈉及氯離子濃度有略隨週齡增加而上升的趨勢，而鉀離子則在第 1 週齡及第 2 週齡間略有變化，其他週齡則趨於穩定。依據白等 (1996) 分析國內家畜血液生化值資料顯示，牛之血中鈉離子濃度範圍介於 134 – 148 mg/dL；鉀離子濃度範圍介於 3.4 – 5.7 mg/dL；氯離子濃度範圍介於 91 – 114 mg/dL。Kaneko *et al.* (1997) 調查美、日及澳等地區家畜血液生化值結果顯示，牛之血中鈉離子濃度範圍介於 132 – 152 mg/dL；鉀離子濃度範圍介於 3.9 – 5.8 mg/dL；氯離子濃度範圍介於 97 – 111 mg/dL。本試驗三組母仔牛各週齡血中鈉、鉀及氯離子濃度與國內外試驗之數值結果範圍相近，說明不同離乳策略對母仔牛血中電解質平衡並無影響，且皆於正常範圍數值之間。鈉離子為血中含量最多的陽離子，具有中和尿液及維持血中 pH 值之功能。鉀離子為細胞內含量最豐富之陽離子，多數動物細胞內外之鉀離子濃度相似；血及組織液等細胞外液中之鉀離子與神經及肌肉之功能有關。氯離子為細胞外液的主要離子之一，其濃度常隨其他電解質濃度之變化而改變，以維持體液中電解質之電荷平衡。仔牛血中鈉、鉀及氯離子濃度與仔牛餵飼之牛乳量差異間並無顯著相關 (Garthwaite *et al.*, 1994)，與本試驗結果相似。

結 論

不同代用乳餵飼量及離乳時間對母仔牛各週齡間血液中之 GLU、BUN、TG、GOT 及 GPT 濃度並無影響，但不同週齡時各組血中 GLU、BUN、TG、GOT 及 GPT 濃度間有顯著差異 ($P < 0.01$)，說明母仔牛在離乳前後其能量利用來源轉換，且會造成酵素活性的改變。而各處理組母仔牛血液中鈉、鉀及氯離子濃度則呈現穩定。以 7 週齡離乳作為策略時，以 4 公升代用乳餵飼量較符合經濟效益，且可達到相同之平均離乳體重及日增重；但給予母仔牛每日 8 公升代用乳餵飼量並於 10 週齡離乳，可獲得較佳之平均離乳體重及離乳前日增重。

誌 謝

試驗期間感謝畜產試驗所新竹分所賴潘有恩小姐與湯盛光先生協助母仔牛飼養管理及宋春蓮與邱怡萍小姐協助樣品分析及資料整理。

參考文獻

- 王傑典。2011。荷蘭犢牛自出生至 8 週齡期間之體重與血液參數變化。國立中興大學動物科學系碩士論文，臺中市。
- 白火城、黃森源、林仁壽。1996。家畜臨床血液生化學。立宇出版社，臺南市。
- 李春芳、蘇安國、陳茂墻。1980。乳牛平衡日糧手冊第一章第五節。行政院農業委員會，臺北市。
- 李國華、陳志毅、陳茂墻。2000。哺乳期荷蘭仔牛補充水分效益之評估。畜產研究 33：292-302。
- 宋永義。2006。新編乳牛學。華香園出版社，臺北市，第 574-582 頁。
- Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. AOAC, Arlington, VA. USA.
- Borderas, T. F., A. M. B. de Passillé and J. Rushen. 2009. Feeding behavior of calves fed small or large amounts of milk. J. Dairy Sci. 92: 2843-2852.
- Drackley, J. K. 2008. Calf nutrition from birth to breeding. Vet. Clin. N. Amer. Food Anim. 24: 55-86.

- Garthwaite, B. D., J. K. Drackley, G. C. McCoy and E. H. Jaster. 1994. Whole milk and oral rehydration solution for calves with diarrhea of spontaneous origin. *J. Dairy Sci.* 77: 835-843.
- Jasper, J. and D. M. Weary. 2002. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *J. Dairy Sci.* 85: 3054-3058.
- Kurz, M. M. and L. B. Willett. 1991. Carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 74: 2109-2118.
- Kaneko, J. J., J. W. Harvey and M. L. Bruss. 1997. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5th ed. Academic Press. San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo and Toronto.
- Khan, M. A., H. J. Lee, W. S. Lee, H. S. Kim, S. B. Kim, K. S. Ki, J. K. Ha, H. G. Lee and Y. J. Choi. 2007a. Pre- and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. *J. Dairy Sci.* 90: 876-885.
- Khan, M. A., H. J. Lee, W. S. Lee, H. S. Kim, K. S. Ki, T. Y. Hur, G. H. Suh, S. J. Kang and Y. J. Choi. 2007b. Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. *J. Dairy Sci.* 90: 3376-3387.
- Kertz, A. F., T. M. Hill, J. D. Quigley III, A. J. Heinrichs, J. G. Linn and J. K. Drackley. 2017. A 100 -Year Review: Calf nutrition and management. *J. Dairy Sci.* 100: 10151-10172.
- Miller-Cushon, E. K. and T. J. DeVries. 2015. Invited review: Development and expression of dairy calf feeding behaviour. *Can. J. Anim. Sci.* 95: 1-10.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academies Press, Washington, DC. USA. 5: 43-85.
- Nielsen, P. P., M. B. Jensen and L. Lidfors. 2008. Milk allowance and weaning method affect the use of a computer controlled milk feeder and the development of cross-sucking in dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109: 223-237.
- SAS. 2002. *SAS User's guide: Basics*, 2002 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.
- Stanley, C. C., C. C. Williams, B. F. Jenny, J. M. Fernandez, H. G. Bateman, II, W. Nipper, J. C. Lovejoy, D. T. Gnatt and G. E. Goodlier. 2002. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 85: 2335-2343.
- Sweeney, B. C., J. Rushen, D. M. Weary and A. M. de Passillé. 2010. Duration of weaning, starter intake, and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk. *J. Dairy Sci.* 93: 148-152.
- Soberon, F., E. Raffrenato, R. W. Everett and M. E. Van Amburgh. 2012. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95: 783-793.
- van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Vasseur, E., F. Borderas, R. I. Cue, D. Lefebvre, D. Pellerin, J. Rushen, K. M. Wade and A. M. de Passillé. 2010. A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. *J. Dairy Sci.* 93: 1307-1315.

Effects of different weaning strategies on the body weight and blood parameters of Holstein female calves ⁽¹⁾

Szu-Han Wang ^{(2) (4)} Chun-Ta Chang ⁽³⁾ and Jen-wen Shiau ⁽²⁾

Received: Feb.14, 2020; Accepted: Aug. 24, 2020

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of different weaning strategies on the body weight and blood parameters of Holstein female calves. The 30 female calves were divided into three treatment groups, the control (milk replacer 4 L per day from birth to 39 d and gradually reduced until weaning on 49 d), T1 (milk replacer 8 L per day from birth to 39 d and gradually reduced until weaning on 49 d), and T2 (milk replacer 8 L per day from birth to 60 d and gradually reduced until weaning on 70 d). The average weight of calves in the T2 on 8, 9 and 10 weeks were significantly ($P < 0.05$) higher than that of control and T1. Nonetheless, the weight of female calves in the three groups at other weekly age did not show significant difference. The concentrations of GLU and TG in blood decreased gradually as the calves aged. In contrast, the concentrations of BUN, GOT and GPT in blood were increased as the calves aged. Blood Na, K, and Cl in the blood were all in normal concentration ranges regardless the treatment groups between three groups. The average daily weight gain was 0.77, 0.78 and 0.95 kg and the cost of milk replacer until weaning was 3,583, 6,566 and 9,380 NTD for the control, T1, and T2, respectively. The daily intake of milk replacer and the time of weaning have influences on average body weight at weaning and cost of milk replacer until weaning, but not on biochemical parameters in the blood.

Key words: Weaning strategy, Female calf, Body weight, Blood parameters.

(1) Contribution No. 2649 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

(4) Corresponding author, E-mail: shwang@mail.tlri.gov.tw.