

台灣乳牛分娩前飼糧原料陽陰離子差值之探討⁽¹⁾

黃森源⁽²⁾ 李美珠⁽³⁾

收件日期：89 年 11 月 14 日；接受日期：90 年 2 月 22 日

摘 要

本研究的目的係調查台灣乳牛分娩前的日糧原料中，包括精料和粗料的陽陰離子差（cation-anion difference, CAD）值，並印證國外所建議的適當 CAD 值（ $-10 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ），冀期供作酪農、推廣人員和飼料配製廠商參考。本文共採集 17 個精料和 15 個粗料樣品，進行水份、粗蛋白質、鈣、磷和鈉、鉀、氯、硫等含量的分析，進而利用後四種電解質離子以 $[(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})]$ 方式計算 CAD 值，並以毫當量/100 克表示之。台灣乳牛分娩前所採食的 17 種精料（除 2 種為廠商標示乾乳牛專用外，其餘大都為泌乳牛料），其 CAD 值除啤酒粕（ $-3.04 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ）外，其餘皆為正值，範圍是 $-3.04 \sim +39.97 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ；而其中 6 種精料的 CAD 值高於 $25 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 的原因為鈉（平均 0.59%）和鉀（平均 1.18%）含量皆較高。至於 15 個粗料的 CAD 值皆為正值，範圍為 $+6.48 \sim +46.63 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ；而其中 7 種粗料的 CAD 值高於 $25 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 的原因為鉀含量（平均 2.07%）較高，且比精料者（平均 1.18%）高，然而玉米青貯料則是低硫含量（0.080%）所致。雖然乾乳牛所採食的精料之 CAD 值皆不符合乾乳牛的理想值，但除完全混合日糧、生長牛料和乾乳牛專用料外，大部分精料的 CAD 值皆符合泌乳牛的理想值（ $+17.5 \sim +37.5 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ）。

關鍵詞：乾乳牛、飼糧陽陰離子差、乳熱。

緒 言

乳熱（milk fever）是乳牛在分娩後，開始泌乳所發生的一種綜合性代謝障礙。這個疾病的臨床症狀包括食慾不振、痙攣、排尿和排糞困難、側臥；假如沒有治療，可能引起昏迷或死亡（Horst *et al.*, 1997）。乳熱通常伴隨低鈣血症發生，因此又稱為低鈣血性分娩麻痺（hypocalcemic parturient paresis）。乳熱是一種經濟上重要的疾病，會減少生產壽命 3.4 歲，也會比不曾罹患乳熱的牛隻增加酮症和乳房炎（特別是大腸桿菌性乳房炎）的罹患率達 8 倍；同時，也增加發生難產、胎衣滯留、第四胃異位、起立困難症候群和子宮脫垂（Horst *et al.*, 1997）。另外，乳熱也會減少 14% 的乳量（Block, 1984），或在分娩後 4~6 週減少 $1.1 \sim 2.9 \text{ kg/d}$ 的乳量（Rajala-Schultz *et al.*, 1999）。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1038號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所家畜生理系。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所家畜營養系。

根據 1990 年的調查，美國有超過 82% 的牧場有過乳熱的病例，而其中超過 8% 的牛隻患有乳熱 (Hoard's Dairyman, 1993)。台灣雖未有調查報告，但是乳牛分娩後罹患類似低鈣血症候群的病例時有所聞，而且牛隻產後死亡佔總淘汰牛隻的第一位 (19.7%)。然而，要預防乳牛罹患乳熱，最進步的方法是飼糧管理 (Horst *et al.*, 1997)；亦即分娩前乳牛飼餵負的陽陰離子差 (cation-anion difference, CAD) 值以取代正的 CAD 值的飼糧，則可以減少罹患乳熱 (Block, 1984; Gaynor *et al.*, 1989; Goff and Horst, 1997; Oetzel *et al.*, 1988)。

NRC (1989) 有關粗料的電解質成分並不齊全，同時台灣酪農雖然知道乾乳牛應避免飼餵鈣含量高的豆科牧草，但絕大部份還是對乾乳牛飼餵泌乳牛料，亦即正的陽陰離子差值的日糧。因此，本調查的目的，係為瞭解台灣乳牛分娩前的日糧中，包括精料和粗料的陽陰離子差值，並印證國外所建議的適當 CAD 值 ($-10 \text{ meq}/100 \text{ g}$)，冀期供作酪農、推廣人員和飼料配製廠商參考。

材料與方法

I. 樣品來源和數量

樣品分為精料和粗料二種。精料樣品共有 17 個，皆是台灣乾乳牛所採食的日糧，有 13 個為飼料廠的市售飼料，其中有 2 家標示乾乳牛專用料；有 3 個為自配料；另外有一個為市售的完全混合日糧 (total mixed ration, TMR)。粗料樣品共有 15 個，收集自嘉義、台南、高雄和屏東地區乳牛場乾乳牛所採用的禾本科牧草，另外也收集豆科粗料如苜蓿草、花生藤，以及副產物如啤酒粕。

II. 樣品分析

精料和粗料樣品在烘乾和完全粉碎後平均取樣，測定粗蛋白質、鈣、總磷、鈉、鉀、氯和硫的含量。

(i) 粗蛋白質測定

利用 Kjeldahl 氏氮測定法 (A.O.A.C., 1980) 分析，係以濃硫酸加入約 2 g 的樣品，將在蛋白質內的氮完全分解轉為硫酸銨，再以 NaOH 溶液游離出銨，然後以硼酸溶液將銨吸著，滴定測定銨量，並計算出其氮含量，最後以氮量 $\times 6.25$ 換算成粗蛋白質含量。

(ii) 鈣測定

稱樣品重 1.0~2.0 g 置於已烘乾的坩堝，以 600°C 灰化。冷卻後，加 1 ml 6N HCl 至坩堝先行溶解，再加 10 ml 6N HCl。將坩堝放置加熱板加熱至溶液剩下 0.5~1.0 ml；避免溶液乾掉或濺出。以二次蒸餾水沖洗坩堝周圍，再加熱 1 分鐘，待冷卻。再用二次蒸餾水洗淨坩堝 4~5 次，以 5B 濾紙過濾，並稀釋至 100 ml。最後用原子吸收光譜儀 (Hitachi Co., Z-8100, Japan) 在鈣陰極燈管 (422.7 nm) 下測定。

(iii) 總磷測定

樣品前處理的步驟同鈣的測定方法，最後用分光光度計 (Hitachi Co., U-2001, Japan) 以 1 cm 石英管測定。

(iv) 鈉和鉀測定

樣品前處理的步驟同鈣的測定方法，最後用原子吸收光譜儀 (Hitachi Co., Z-8100, Japan) 分別在鈉陰極燈管 (589.0 nm) 和鉀陰極燈管 (766.5 nm) 下測定。

(v) 氯測定

稱樣品重約 1 g 置於已烘乾的坩堝，以 600°C 灰化，並移置燒杯。加入 20 ml 去離子熱水和 0.2 N 硝酸 2.5 ml，稍煮沸，攪拌後靜置 20 分鐘，並移置 100 ml 量筒。以 20 ml 去離子熱

水洗用過的濾紙、燒杯和坩堝；再以 60 ml 去離子冷水洗用過的濾紙、燒杯和坩堝。最後以分析試驗套組 (Merck Co., #114755, Germany)，用光度計 (photometer) (Merck Co., SQ-200, Germany) 在 520 nm 下測定。

(vi) 硫測定

以乾淨坩堝稱取樣品約 1.5 g，先於電熱板焦化後，再移入高溫爐內，於 550°C 灰化至無炭黑。待冷卻後，取出坩堝，加入 20 ml 6N HCl，於電熱板上溫和加熱 30 分鐘（避免過於沸騰致溶液濺出），以溶出所有可溶性鹽類。再過濾，並洗滌至 50 ml 量瓶中，冷卻至室溫後，加蒸餾水至刻線，最後用混濁度計 (Turbidimeter; H. F. Instruments Division, Shaban Manufacturing Inc., U.S.A.) 測定 (本田, 1949)。

III. 飼糧陽陰離子差 (DCAD) 值計算

精料和粗料樣品的陽陰離子差值，其單位以每 100 公克的乾物含有的毫當量 (milliequivalent, meq) (meq/100g DM) 表示，其計算公式如下：

$$\text{DCAD (meq/100g DM)} = \left(\frac{\text{Na \% DM}}{0.023} + \frac{\text{K \% DM}}{0.039} \right) - \left(\frac{\text{Cl \% DM}}{0.035} + \frac{\text{S \% DM}}{0.016} \right)$$

結果與討論

I. 電解質平衡的名稱、計算項目與理想值

在乳牛分娩前日糧的電解質平衡，大多數的研究報告係採用陽陰離子差 (cation-anion difference, CAD) 或飼糧陽陰離子差 (dietary cation-anion difference, DCAD) (Block, 1994; Delaquis and Block, 1995a; Delaquis and Block, 1995b; Goff and Horst, 1997; Goff *et al.*, 1991; Goff *et al.*, 1995; Horst *et al.*, 1997; Oetzel and Barmore, 1993; Pehrson *et al.*, 1999; Sanchez *et al.*, 1994a; Sanchez *et al.*, 1994b; Schonewille *et al.*, 1999; Vagnoni and Oetzel, 1998)，也有採用飼糧陽陰離子平衡 (dietary cation-anion balance, DCAB) 或陽陰離子平衡 (cation-anion balance, CAB)，或陰陽離子平衡 (anion-cation balance, ACB) (Block, 1984; Gaynor *et al.*, 1989; Horst *et al.*, 1997; Jackson and Hemken, 1994; Oetzel, 1991; Oetzel *et al.*, 1988; Tucker *et al.*, 1988; West *et al.*, 1991; West *et al.*, 1992)；另外還有其他的稱呼 (范, 1998)，如鹼－鹼度 (alkali-alkalinity)、固定陽陰離子平衡 (fixed cation-anion balance)、飼糧固定離子平衡 (dietary fixed ion balance) (Fredeen *et al.*, 1988)、飼糧電解質平衡 (dietary electrolyte balance, DEB) 或強離子差 (strong ion difference) (Stewart, 1983)。

由於計算電解質平衡的計算公式是陽離子減去陰離子，也就是陽離子和陰離子的差值，因此本文為明確定義而採用 DCAD 或 CAD 表示電解質平衡的情形。

雖然有些研究報告 DCAD 的計算公式採用 (Na+K-Cl) (Fredeen *et al.*, 1988; Gaynor *et al.*, 1989; Sanchez *et al.*, 1994a; Tucker *et al.*, 1988; West *et al.*, 1991; West *et al.*, 1992)；但是由於飼糧中含有較高量的硫會有較低的乳熱罹患率，且飼糧的硫含量和罹患乳熱有高的負相關 ($r = -0.425$)，因此 S 和 Na、K、Cl 要一起計算，而且 (Na+K) - (Cl+S) 比 (Na+K) - Cl 或 (Na+K+Ca+Mg) - (Cl+S+P) 的計算方式，對罹患乳熱有顯著的 ($P < 0.01$) 正相關 (Oetzel, 1991)，因此大多數的報告皆用 (Na+K) - (Cl+S) 來表示 (Block, 1984; Block, 1994; Davidson *et al.*, 1995; Delaquis and Block, 1995a; Delaquis and Block, 1995b)。

; Franck, 1994; Goff and Horst, 1997; Goff *et al.*, 1995; Horst *et al.*, 1997; Jackson and Hemken, 1994; Oetzel, 1991; Oetzel and Barmore, 1993; Oetzel *et al.*, 1988; Pehrson *et al.*, 1999; Schonewille *et al.*, 1999; Vagnoni and Oetzel, 1998)。有鑒於此，本文的計算方式採用 $(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})$ ，至於單位則為毫當量/100 克乾物 (meq/100g DM)。

Block (1984) 應用陰離子日糧 $[(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S}) = -12.85 \text{ meq}/100 \text{ g}]$ 餵飼，沒有牛隻罹患乳熱（即低鈣血性分娩麻痺），但陽離子日糧為 $+33.05 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 時，有 47.4% 牛隻罹患乳熱。又 Goff *et al.* (1991) 以陰離子日糧 $[(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S}) = -22.8 \text{ meq}/100 \text{ g}]$ 餵飼，有 4.2% (1/24) 的乳牛罹患乳熱；但陽離子日糧 $(+97.8 \text{ meq}/100 \text{ g})$ 則有 26.1% (6/23) 的乳牛罹患乳熱。再者，Oetzel *et al.* (1988) 添加鉍鹽的日糧 $[(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S}) = -7.5 \text{ meq}/100 \text{ g}]$ 則有 4% 的乳熱罹患率，但沒有添加鉍鹽的日糧 $(+18.9 \text{ meq}/100 \text{ g})$ 則有 17% 的罹患率。另外，Horst *et al.* (1997) 整理多篇文獻，認為預防乳熱的理想 DCAD 值為 $-5 \sim -10 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ；又 Franck (1994)、Davidson (1995) 和 Acre (1998) 皆認為乾乳牛理想的 DCAD 值是 $-10 \sim -15 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 。然而，計算 NRC (1988) 所推荐的乾乳牛日糧（鈉 0.10%、鉀 0.65%、氯 0.20% 和硫 0.16%）的 CAD 值為 $+5.37 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ，並非負值。

II. 精料樣品的電解質成分和 DCAD 值

所採集的 17 種精料樣品的一般成分和 DCAD 值如表 1 所示，其 CAD 值的範圍為 $-3.04 \sim +39.97 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ，其中以啤酒粕（代號 A）最低為 $-3.04 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ，但因其為單味原料，所以不適合和其他 16 種精料比較。同為精料，CAD 值最低的是 $+10.63 \text{ meq}/100 \text{ g}$ （代號 B），其次是 $+13.50 \text{ meq}/100 \text{ g}$ （代號 C），這二種都是廠商標示為乾乳牛專用料，但都不是負值，仍是正值。另外，有 37.5% (6/16) 的精料的 CAD 值 $> 25.0 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ，係高鈉（平均 0.59%）和高鉀（平均 1.18%）含量所致。如果要添加一般的陰離子鹽類來降低日糧的 CAD 值會有嗜口性的問題 (Oetzel and Barmore, 1993)；因此 Horst *et al.* (1997) 認為假如飼糧的 CAD 值 $> 25.0 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 的話，要添加足夠量的陰離子鹽類，以降低 CAD 值達到推薦的 $-10 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ，而期望避免嗜口性不佳的問題，則實際上有其困難。

綜觀 CAD 值 $> 25.0 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 的 6 種精料，係鈉或鉀的成分較高所致；但是，Goff and Horst (1997) 指出，餵飼低含量的鉀或鈉比高含量者可減少罹患乳熱；另外，飼糧的鈣含量並不會顯著的影響牛隻罹患乳熱或低鈣血症，而其並非造成乳熱的主要風險因子 (Beede *et al.*, 1991; Beede, 1992, 1994)。又 Horst *et al.* (1997) 表示，除非牛隻採食極為低量的鈣 (8~10 克/天)，否則沒有預防乳熱的效果，由表 1 所示的鈣含量最低者為 0.70%，以乾乳牛精料給予量 2~3 公斤計算，則每日由精料提供的鈣就高達 14~21 克，因此並不容易降低鈣的供應量。至於粗蛋白質含量也和鈣含量一樣，對罹患乳熱沒有線性相關 (Oetzel, 1991)。因此，鈣和粗蛋白質含量不在本文討論之列。

Sanchez *et al.* (1994a) 基於回歸模式、最高的 3.5% 脂肪校正乳量和最高的乾物採食量，認為以 $(\text{Na} + \text{K}) - \text{Cl}$ 計算的泌乳牛理想的 CAD 值是 $+30 \sim +50 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ；因為泌乳牛的硫需要量為日糧乾物的 0.20% (NRC, 1989)，亦即為 $12.5 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ；因此如果將 Sanchez *et al.* (1994a) 的泌乳牛理想的 CAD 值以 $(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})$ 計算，應該是 $+17.5 \sim +37.5 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 。同理，NRC (1989) 推荐以 $(\text{Na} + \text{K}) - \text{Cl}$ 計算的泌乳牛 CAD 值為 $+25 \text{ meq}/100 \text{ g}$ ，換算以 $(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})$ 計算則為 $+12.5 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 。如前所述，17 種精料樣品中，除 TMR（不易比較）、生長牛料和乾乳牛專用料外，其餘皆為泌乳牛料；在這 13 種泌乳牛料中，除代號 F ($+14.60 \text{ meq}/100 \text{ g}$) 和 G ($+16.69 \text{ meq}/100 \text{ g}$) 稍低，以及 P ($+38.37 \text{ meq}/100 \text{ g}$) 和 Q ($+39.97 \text{ meq}/100 \text{ g}$) 稍高外，大致上都符合泌乳牛理想的 CAD 值 ($+17.5 \sim +37.5$

Q (+39.97 meq/100 g) 稍高外，大致上都符合泌乳牛理想的 CAD 值 (+17.5~+37.5 meq/100 g)。

表 1. 乳牛分娩前精料的成分(乾基)和 DCAD 值

Table 1. The compositions (DM basis) and DCAD value of concentrates for preparturient dairy cows

Concentrate ¹	Moisture	Crude protein	Ca	P	Na	K	Cl	S	DCAD ²
					%		meq/100g		
A	77.61	27.53	0.29	0.59	0.01	0.11	0.01	0.101	-3.04
B	11.77	15.83	2.66	1.24	0.39	0.75	0.68	0.098	+10.63
C	14.30	13.47	1.32	0.67	0.32	0.85	0.55	0.104	+13.50
D	12.32	17.09	0.83	0.76	0.33	1.06	0.65	0.140	+14.19
E	13.33	15.93	0.91	0.67	0.38	0.75	0.64	0.050	+14.37
F	12.65	16.90	0.97	0.62	0.14	0.69	0.23	0.042	+14.60
G	12.23	16.60	0.70	0.43	0.48	0.76	0.65	0.082	+16.69
H	13.15	16.48	1.11	0.68	0.32	0.90	0.51	0.082	+17.31
I	12.95	17.17	1.24	0.51	0.28	0.90	0.23	0.165	+18.37
J	11.24	18.27	0.90	0.58	0.27	0.82	0.36	0.060	+18.75
K	11.16	18.87	1.43	0.79	0.34	0.92	0.50	0.084	+18.81
L	12.57	18.43	1.27	0.68	0.52	1.04	0.49	0.150	+25.88
M	11.71	19.44	1.24	0.61	0.44	0.99	0.33	0.123	+27.41
N	12.61	18.96	1.03	0.78	0.65	1.11	0.65	0.105	+31.61
O	11.55	19.07	0.80	0.85	0.55	1.40	0.66	0.149	+31.63
P	12.88	18.80	0.90	0.57	0.63	0.99	0.36	0.066	+38.37
Q	12.67	19.52	1.07	0.77	0.74	1.55	0.76	0.164	+39.97

¹ A was brewer's grains. E, F, and H were farm-mixed feeds. Excepting B and C were for dry cow use only, and E was a growing heifer diet, all concentrates were lactating cow diets.

² DCAD=Dietary cation-anion difference, calculated as milliequivalents of (Na+K)-(Cl+S).

III. 粗料樣品的電解質成分和 DCAD 值

所採集的 15 個粗料樣品的一般成分和 DCAD 值如表 2 所示，其 CAD 值的範圍為 +6.48~+44.51 meq/100 g。由於 NRC (1989) 飼糧成分分析表所列的資料，除苜蓿以外，其餘粗料的成分並不完全，因此僅以此種作為比較和說明。Martin and Matocha (1973) 認為理想的苜蓿生長時，鉀含量為 1.7~2.0%，但往往偏高很多；又 Lanyon (1980) 指出苜蓿的鉀含量平均為 3.1%，範圍為 1.42~4.05%。為因應高泌乳牛的營養需要，近年來使用未成熟苜蓿以改善飼料品質；但未成熟植物乾基的電解質離子成分比成熟者高，因此在生長早期採收的苜蓿比生長晚期者有較高的鉀含量。基於 CAD 的觀念，由於苜蓿有很高的鉀含量，在分娩前乳牛日糧使用苜蓿有其限制；若要在分娩前使用苜蓿，則其鉀含量要儘可能的低；若為降低鉀含量而使用成熟苜蓿，也要顧慮到較高含量的中洗纖維會抑制乾物採食量的問題 (Horst *et al.*, 1997)。Horst *et al.* (1997) 指出，苜蓿

的鉀含量一般為 2.5~4.0%，玉米青貯料為低於 1.7%，而禾本科乾草則低於 2.5%，表 2 所示者符合這些數據。

玉米青貯料通常含硫較低（佔乾基的 0.05~0.10%）（NRC, 1989），所以大量餵飼時可能會造成硫缺乏（Hill, 1985）；又玉米青貯料的鉀含量平均為 1.0%（NRC, 1989），表 2 所示者亦符合這些數據。綜觀表 2 所示，12 種粗料的鈉含量範圍是 0.08~0.56 %較精料者（0.01~0.76%）（表 1）低，但是鉀含量平均為 1.54%（範圍為 0.68~2.83%）則較精料者平均為 0.92%（範圍為 0.11~1.55%）高；尤其同樣是 CAD 值高於 25.0 meq/100 g，7 種粗料的鉀含量平均是 2.07%，除了玉米青貯料是硫含量低（0.080%）外，其餘 6 種皆是鉀含量高於 1.95% 所致。可見粗料的 CAD 值高，除玉米青貯料是低硫外，其餘皆是高鉀；但在精料（CAD>25 meq/100 g）則是高鈉（平均 0.59%）和高鉀（平均 1.18%）含量所致；然而高 CAD 值精料的鉀含量（平均 1.18%）尚低於粗料者（平均 2.07%）。

表 2. 乳牛分娩前粗料的成分（乾基）和 DCAD 值

Table 2. The compositions (DM basis) and DCAD value of roughages for preparturient dairy cows

Roughage ¹	Moisture	Crude protein	Ca	P	Na	K	Cl	S	DCAD ²
				%					meq/100g
Agrostis hay	6.56	5.76	0.34	0.15	0.11	1.98	0.19	0.145	+41.06
Alfalfa hay	6.92	18.48	1.50	0.23	0.25	2.83	0.89	0.216	+44.51
Bermuda hay A	7.31	7.68	0.55	0.10	0.35	1.23	0.57	0.366	+ 7.61
Bermuda hay B	6.32	6.74	0.50	0.22	0.16	1.42	0.37	0.295	+14.35
Bermuda hay C	5.59	9.55	0.54	0.15	0.22	2.02	0.56	0.456	+16.86
Corn silage	66.73	16.32	1.47	0.80	0.27	1.01	0.20	0.080	+26.91
Napiergrass A	82.51	6.58	0.30	0.12	0.10	0.85	0.50	0.086	+ 6.48
Napiergrass B	85.28	10.67	0.60	0.27	0.24	2.01	0.83	0.100	+31.99
Oat hay	12.99	15.5	1.10	0.67	0.56	0.72	0.86	0.098	+12.13
Pangola hay	8.14	5.72	0.72	0.14	0.40	0.74	0.21	0.146	+21.22
Peanut vine	7.84	9.02	1.81	0.09	0.23	2.69	0.92	0.220	+38.92
Rye hay	7.02	7.82	0.45	0.16	0.11	1.95	0.39	0.153	+34.10
Sweet oat hay	7.51	4.66	0.12	0.13	0.08	0.96	0.29	0.054	+16.46
Timothy hay	7.05	7.23	0.39	0.24	0.09	1.99	0.08	0.096	+46.63
Total mixed ration	53.13	15.65	1.33	0.48	0.32	0.68	0.37	0.206	+ 7.92

¹ Dung was to manure Napiergrass B. Excepting corn silage, Napiergrass and total mixed ration, all roughages were hay.

² DCAD=Dietary cation-anion difference, calculated as milliequivalents of (Na+K)-(Cl+S).

牧草的成分主要受到土壤、生長期和施肥（含肥料的成分、數量）的影響；同樣是進口的百慕達草，主要因為鉀含量的不同而使得 CAD 值有所不同；高鉀含量的百慕達草 C，其 CAD 值也較高；這可能是百慕達草 C 較為不成熟，使得粗蛋白質含量較高，而鉀含量也較高。另外，狼尾草 B 施用糞肥，其各種成分皆較狼尾草 A 者高；可能亦係較為不成熟，又施用糞肥，以致於鈉和鉀含量皆 2 倍高於狼尾草 A 者，最後使得 CAD 值高達 31.99 meq/100 g。至於乳牛分娩前不宜使用豆科牧草（黃，1999），就表 2 所示的花生藤和苜蓿草來說，一部份原因係其鈣的含量較禾本科者高；但是，最主要的原因則是高鉀含量（分別為 2.69 和 2.83%），使得 CAD 值偏高（分別為 +

38.92 和 +44.51 meq/100 g)。此外，啤酒粕的 CAD 值為 -3.04 meq/100 g，係因低含量的鈉 (0.01%) 和鉀 (0.11%)。就 CAD 的觀點，啤酒粕適合作為乳牛分娩前日糧的原料；但苜蓿草、小糠草、玉米青貯料、狼尾草 (施用糞肥)、花生藤、黑麥草和梯牧草則不適宜餵飼乾乳牛，因為 CAD 值高於 25 meq/100 g。

總之，為降低乾乳牛日糧的 CAD 值使符合 -10 meq/100 g 的理想值，以有效預防乳熱，只有把握減少鈉、鉀含量或／和增加氯、硫含量的原則；在實際運用上則是額外添加陰離子 (Cl^{-} 和 SO_4^{-2}) 鹽類，但為了避免造成嗜口性的問題而影響採食量，應選用 DCAD 低於 25 meq/100 g 的精料和粗料，特別是鈉和鉀含量皆低的精料，尤其是鉀；以及鉀含量低或是硫含量高的粗料。另外，也要避免使用以糞尿過度施肥的粗料，因為鉀含量偏高的原故。Oetzel and Barmore (1993) 指出，有效預防乳牛罹患低鈣血性分娩麻痺 (即乳熱) 的方法是在乳牛分娩前 10 日每頭每天餵飼硫酸鎂 ($\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 約 100 g，會比餵飼其他陰離子鹽類，如 NH_4Cl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 或 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 採食較完整的日糧。又同一種芻料，會因採收期、土壤成分和施肥有別，而其電解質含量也不同，以致其 CAD 值亦有所差別，如本文的百慕達草 (分別為 +7.61、+14.35 和 +16.86 meq/100 g) 和狼尾草 (分別為 +6.48 和 +31.99 meq/100 g) 的例子；因此，為預防乳牛分娩後罹患乳熱，乾乳牛使用的精料和粗料，有必要分析 Na、K、Cl 和 S 的含量。

誌 謝

本報告惠蒙台灣糖業股份有限公司研究所薛信義先生協助飼糧成分測定、新安星儀器行呂炳輝先生慨借儀器，以及國立中興大學畜產系邱文石博士指導，謹致以十二萬分之謝忱。

參考文獻

- 范揚廣。1998。飼糧陰陽離子平衡：以乳牛之飼養為例。八十七年度飼料製造技術研習會專輯。國立中興大學。台中。pp. 133~140。
- 黃森源。1999。泌乳牛的營養管理。中華民國酪農協會。台南。pp. 10~12。
- 本田雅健。1949。硫酸鹽之比濁分析。日本化學雜誌 70(3)：55-57。
- Acre, K. 1998. Monitoring transition cows. *Hoard's Dairyman*. June：451.
- Association of Official Analytical Chemists. 1980. *Official Methods of Analysis*. 13th ed. AOAC, Washington, DC.
- Beede, D. K. 1992. The DCAD concept：Transition rations for dry pregnant cows. *Feedstuffs*. Dec. 28：12~15.
- Beede, D. K. 1994. Dietary cation-anion difference：Preventing milk fever. *Feed International* 15(7)：16~24.
- Beede, D. K., C. A. Risco, G. A. Donovan, C. Wang, L. F. Archbald and W. K. Sanchez. 1991. Nutritional management of the late pregnant dry cow with particular reference to dietary cation-anion difference and calcium supplementation. *Proc. 24th Annual Convention Am. Assoc. Bovine Practitioners*. Orlando, Fl., pp. 1~9.

- Block, E. 1984. Manipulation dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J. Dairy Sci.* 67 : 2939~2948.
- Block, E. 1994. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production disease, productivity, and metabolic responses of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77 : 1437~1450.
- Davidson, J., L. Rodriguez, T. Pilbean and D. Beede. 1995. Urine pH check helps avoid milk fever. *Hoard's Dairyman*. Sep. 25 : 634.
- Delaquis, A. M. and E. Block. 1995a. Acid-base status, renal function, water, and macromineral metabolism of dry cows fed diets differing in cation-anion difference. *J. Dairy Sci.* 78 : 604~619.
- Delaquis, A. M. and E. Block. 1995b. Dietary cation-anion difference, acid-base status, mineral metabolism, renal function, and milk production of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 78 : 2259~2284.
- Franck, R. 1994. Diverting metabolic disorders. *Dairy Herd Management*. April : 34, 36.
- Fredeen, A. H., E. J. DePeters and R. L. Baldwin. 1988. Effects of acid-base disturbances caused by differences in dietary fixed ion balance on kinetics of calcium metabolism in ruminants with high calcium demand. *J. Anim. Sci.* 66 : 174~184.
- Gaynor, P. J., F. J. Mueller, J. K. Miller, N. Ramsey, J. P. Goff and R. L. Horst. 1989. Parturient hypocalcemia in Jersey cows fed alfalfa haylage-based diets with different cation to anion ratios. *J. Dairy Sci.* 72 : 2525~2531.
- Goff, J. P. and R. L. Horst. 1997. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80 : 176~186.
- Goff, J. P., R. L. Horst, F. J. Mueller, J. K. Miller, G. A. Kiess and H. H. Dowlen. 1991. Addition of chloride to a prepartal diet high in cations increases 1, 25-dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever. *J. Dairy Sci.* 74 : 3863~3871.
- Goff, J. P., T. A. Reinhardt and R. L. Horst. 1995. Milk fever and dietary cation-anion balance effects on concentration of vitamin D receptor in tissue of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78 : 2388~2394.
- Hill, G. M. 1985. The relationship between dietary sulfur and nitrogen metabolism in the ruminant. In: *Proc. Ga. Nutr. Conf. Athens, University of Georgia*. p. 37.
- Hoard's Dairyman. 1993. Fresh cow problems-How to control them? W. D. Hoard & Sons Company U. S. A. p. 11.
- Horst, R. L., J. P. Goff, T. A. Reinhardt and D. R. Buxton. 1997. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80 : 1269~1280.
- Jackson, J. A. and R. W. Hemken. 1994. Calcium and cation-anion balance effects on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 77 : 1430~1436.
- Joyce, P. W. and W. K. Sanchez. 1994. Dietary cation-anion difference and forage type during the metabolic disorders of cows and health of calves. *J. Dairy Sci.* 77 (Suppl. 1) : 97 (abstract).

- Lanyon, L. E. 1980. Pennsylvania alfalfa growers program alfalfa mineral relationships. Proc. 46th Anniv. Conf. Penn Forage and Grassland Council, Nov. 24 ~ 25. Hershey-Pennsylvania Agric. Exp. Stn., University Park.
- Martin, W. E. and J. E. Matocha. 1973. Plant analysis as an aid in the fertilization of forage crops. In: Soil Testing and Plant Analysis. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. p. 393.
- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cows. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.
- Oetzel, G. R. 1991. Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74 : 3900~3912.
- Oetzel, G. R. and J. A. Barmore. 1993. Intake of a concentrate mixture containing various anionic salts fed to pregnant, nonlactating dairy cows. J. Dairy Sci. 76 : 1617~1623.
- Oetzel, G. R., J. D. Olson, C. R. Curtis and M. J. Fettman. 1988. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. J. Dairy Sci. 71 : 3302~3309.
- Pehrson, B., C. Svensson, I. Gruvaeus and M. Virkki. 1999. The influence of acidic diets on the acid-base balance of dry cows and the effect of fertilization on the mineral content of grass. J. Dairy Sci. 82 : 1310~1316.
- Rajala-Schultz, P. J., Y. T. Grohn and C. E. McCulloch. 1999. Effects of milk fever, ketosis, and lameness on milk yield in dairy cows. J. Dairy Sci. 82 : 288~294.
- Sanchez, W. K., D. K. Beede and J. A. Cornell. 1994a. Interactions of sodium, potassium, and chloride on lactation, acid-base status, and mineral concentrations. J. Dairy Sci. 77 : 1661~1675.
- Sanchez, W. K., M. A. McGuire and D. K. Beede. 1994b. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle : Review and original research. J. Dairy Sci. 77 : 2051~2079.
- Schonewille, J. T., A. T. Van't Klooster, H. Wouterse and A. C. Beynen. 1999. Hypocalcemia induced by intravenous administration of disodium ethylenediaminetetracetate and its effects on excretion of calcium in urine of cows fed a high chloride diet. J. Dairy Sci. 82 : 1317~1324.
- Stewart, P. A. 1983. Modern quantitative acid-base chemistry. Can. J. Physiol. Pharm. 61 : 1444~1461.
- Tucker, W. B., G. A. Harrison and R. W. Hemken. 1988. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 71 : 346~354.
- Vagnoni, D. B. and G. R. Oetzel. 1998. Effects of dietary cation-anion difference on the acid-base status of dry cows. J. Dairy Sci. 81 : 1643~1652.
- West, J. W., B. G. Mullinix and T. G. Sandifer. 1991. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. J. Dairy Sci. 74 : 1662~1674.
- West, J. W., K. D. Haydon, B. G. Mullinix and T. G. Sandifer. 1992. Dietary cation-anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat-stressed cows. J. Dairy Sci. 75 : 2776~2786.

Investigation of Dietary Cation-Anion Difference of Preparturient Dairy Cows in Taiwan⁽¹⁾

Sen-Yuan Hwang⁽²⁾ and Mei-Ju Lee⁽³⁾

Received Nov. 14, 2000 ; Accepted Feb. 22, 2001

Abstract

The objective of the study was to survey the dietary cation-anion difference (DCAD) in the concentrates and roughages of preparturient dairy ration in Taiwan. Seventeen concentrates and 15 roughages were collected. The analyzed values of electrolytes (including Na, K, Cl and S) were used to calculate the DCAD value $[(Na + K) - (Cl + S)]$ in milliequivalents per 100 gram of dry matter (meq/100 g). Results showed that CAD values were positive in concentrates, except brewer's grains which contained -3.04 meq/100g and ranged from -3.04 to 39.97 meq/100g. Six concentrates contained high CAD value (> 25 meq/100 g) which was attributed to high Na (0.59%) and high K (1.18%) concentration. All of the roughages contained positive CAD values and ranged from 6.48 to 46.63 meq/100 g. High CAD values (> 25 meq/100 g) of 7 roughage samples were due to high K concentration (2.07%) which was higher than that of the average concentrates (1.18%). The high CAD value of corn silage was attributed to the low S concentration (0.080%). Although most of the concentrate samples did not contain optimal DCAD (-10 meq/100g) for preparturient dry cows, they contained optimal DCAD (17.5-37.5 meq/100g) for lactating cows with exception of samples from the commercial TMR, growing heifer diet and dry cow diet.

Key words : Dry cow, Dietary cation-anion difference (DCAD), Milk fever.

(1) Contribution No. 1038 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Dept. of Animal Physiology, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(3) Dept. of Animal Nutrition, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.