

管理模式、品種及天候對育成期肉牛公牛血液生化值之影響⁽¹⁾

林郁芳⁽²⁾⁽³⁾ 許佳憲⁽²⁾ 康定傑⁽²⁾ 李光復⁽²⁾

收件日期：113 年 6 月 14 日；接受日期：114 年 4 月 21 日

摘 要

本篇研究旨在管理模式、品種及天候對育成期肉牛公牛血液生化值產生之影響進行綜合探討。數據來源於 2008-2009 年間，針對 22 頭育成期公牛進行例行性健康檢查之血液檢測資料，品種為純種臺灣黃牛 (TY) 及其與普通牛之雜交種 (YX)。藉由主成分分析，可以發現本批血液生化值之變異來源非常多，因此第一和二主成分沒有辦法解釋的變異高達 57.2%，但能得知三個因子之中主要之變異來源為管理模式。透過將變異數分析結果比對超過標準範圍比例，結果顯示在天候造成的效應中，12 項有季節間顯著差異 ($P < 0.05$)。但隨溫溼度變化較明顯的為葡萄糖 (Glucose, Glu)、鈣 (Calcium, Ca)、乳酸脫氫酶 (Lactate Dehydrogenase, LDH)、鹼性磷酸酶 (Alkaline Phosphatase, ALP)；在品種效應中，顯著較高的 5 個血液生化指標證實雜交牛攝取較多營養且有較快的生長速度的特性；在球蛋白 (Globulin, Glo) 一項中，純種臺灣黃牛比其雜交種低於標準值較少應驗其相對有更好的免疫能力，可能為環境適應性較佳的原因；關於管理模式，分別在血液學及血清中有 2 項及 11 項參數有顯著差異。透過文獻探查及論證，幾乎所有顯著差異之結果均可歸因於放牧過程因草相變化無法全年度提供足夠的蛋白質和能量，而圈飼不僅有穩定芻料供應且補充精料，反映採食來源之差異對育成期公牛之影響大於品種的效應。而肉牛的生長及繁殖性能皆與血液生化值息息相關，從血液生化值推論調整日糧組成比引進普通牛 (*Bos taurus*) 血統之牛種對肉牛生理機能有更大的影響。

關鍵詞：臺灣黃牛、血液生化值、放牧、圈飼。

緒 言

肉牛的管理模式依據飼養環境有圈飼及放牧之分，兩種模式各有利弊，就初始資本及管理所需之人力成本及土地利用效率而言，圈飼較高 (Bazer *et al.*, 2019)；若加入動物福利及碳中和之考量，放牧會因為肉牛表現自然行為的機會提高 (Cooke *et al.*, 2023) 以及飼養過程產生之排泄物可被牧草利用而優於圈飼模式。然而，使用放牧模式經營的牛群營養來源為放牧地之植被，會顯著受到季節性波動影響 (Howden *et al.*, 2008)，無法全年度提供足夠的蛋白質和能量 (McIvor *et al.*, 2011)，導致達到上市體重的時間延長 (Dixon *et al.*, 2011)。臺灣黃牛為臺灣唯一本土肉牛品種，隨先民自中國大陸引入臺灣已四百餘年，牛種分類上屬於中國南方型黃牛，兼具瘤牛 (*Bos indicus*)、普通牛 (*Bos taurus*) 及斑騰牛 (*Bos banteng*) 之血緣 (Cai *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2007)。於臺灣高溫多濕的氣候下飼養，具備良好的環境適應性，不僅耐熱、耐壁蝨 (張, 1997)、也耐粗 (許等, 2009)。其耐熱性於細胞層級也可見，研究指出其耐熱調控主要位於卵細胞質 (Kesornet *et al.*, 2017)。然而相較於國際上常用之溫帶肉牛品種，其體型較小 (Yao and Peng, 2020)、增重也較慢，所以達上市體重時間較久。普通牛種因其不耐壁蝨及不耐熱，在熱帶地區之環境適應性較差 (Ibelliet *et al.*, 2012; Ayres *et al.*, 2015)，若與臺灣黃牛進行雜交，可為臺灣肉牛產業提供一條有效的商業生產途徑。血液生化值是反應生理變化的一項偵測指標，可用來了解動物體內外變化之關聯性 (Yang *et al.*, 2022)，因此醫學上廣泛用於疾病之預防與治療期間之觀察 (Mateiet *et al.*, 2010; Qayyum *et al.*, 2016)，在許多動物實驗也被用於了解藥物、添加物 (Kim *et al.*, 2012; Xuan *et al.*, 2018) 或其他處理對動物生理的影響 (Mirzardet *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2021)。目前關於臺灣在地肉牛血液生化值之文獻極少，國際間也少有研究報告同時探討不同管理模式、品種、天候

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2821 號。

(2) 農業部畜產試驗所南區分所。

(3) 通訊作者，E-mail: f0979193091@tlri.gov.tw。

對肉牛血液生化值的影響。因此本篇研究旨在探討管理模式、品種、季節對育成期公牛血液生化值產生之影響，作為日後飼養管理參考之基礎數據、乃至於生產模式之擬定。

材料與方法

本篇研究數據採用 2008 – 2009 年間，於前行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所進行肉牛例行性健康檢查之血液檢測資料。

I. 試驗動物及飼糧處理

1 – 2 歲之育成公牛 22 頭，圈飼 14 頭：2 頭臺灣黃牛 (TY)，其餘為臺灣黃牛與普通牛之雜交牛 (YX)，放牧 8 頭：3 頭 TY，其餘為 YX。圈飼牛隻每頭牛空間約 5.3 平方公尺。每頭每日飼糧 (按體重與月齡分段調整食量) 約由 40% 精飼料 (粗蛋白含量約 14%)、28% 濕高粱酒粕、16% 盤固乾草及 16% 百慕達乾草組成。放牧牛隻放養於主要生長盤固乾草之牧地，間有銀合歡及其他灌木雜草，放牧地面積約每公頃 2 – 3 頭牛。放牧區全日自由採食，牛隻採食種類以盤固乾草為主。

II. 測定項目

牛群於 2008 年 7 月至 2009 年 5 月間，每月採血 1 次，圈飼與放牧牛隻需分別驅趕 2 及 1 公里路程至作業欄 (含繫留欄、油壓式固定夾及地磅室)，該欄供水不供料，於休息約 30 分鐘後進行採血。採血結束後即放入冷藏 4℃ 空間儲存等待分析，血液學 (i) 之各項目利用全自動血液血球分析儀 (Medonic CA530) 進行分析；血清各項參數 (ii – v) 用全自動血液生化檢驗儀 (Auto Dry Chemistry Analyzer, SPOTCHEM SP-4410) 分析，檢測項目如下：

(i) 血液學

紅血球 (red blood cell, RBC)、平均血球容積 (mean corpuscular volume, MCV)、分布寬度 (red blood cell volume distribution width, RDW)、血球容積 (hematocrit, HCT)、血小板 (thrombocyte)、血小板容積 (mean platelet volume, MPV)、白血球 (white blood cell, WBC)、血紅素 (hemoglobin, Hb)、平均紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin, MCH)、平均紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)、淋巴球 (lymphocytes, LYM)、顆粒球 (granulocyte, G)。

(ii) 血液中常見酵素及總膽紅素

丙酮酸轉氨酶 (Alanine aminotransferase, ALT)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、草酸轉氨酶 (Aspartate aminotransferase, AST)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH)、總膽紅素 (total bilirubin, T-Bil)。

(iii) 醣類及脂質

血糖 (glucose, Glu)、總膽固醇 (total cholesterol, T-Chol)。

(iv) 含氮物質

尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、總蛋白 (total protein, T-Pro)、白蛋白 (albumin, Alb)、球蛋白 (globulin, Glo)、白球比 (concentration of albumin / concentration of globin, A/G)、肌酸酐 (creatinine, Cre)、尿酸 (uric acid, UA)。

(v) 巨量礦物質

鈣 (calcium, Ca)、磷 (inorganic phosphorus, IP)、鎂 (Magnesium, Mg)。

III. 計算超出正常範圍的樣本數所占的比例

各檢測項目會計算在不同品種中或管理模式中超出或低於正常範圍的樣本數所占的比例，並以百分比表示，公式如下：

$$\text{該管理模式超出或低於正常範圍百分比} = \frac{\text{該管理模式超出或低於範圍的樣本數}}{\text{該管理模式總樣本數}}$$

$$\text{該品種超出或低於正常範圍百分比} = \frac{\text{該品種超出或低於範圍的樣本數}}{\text{該品種總樣本數}}$$

IV. 統計分析

試驗收集之各項資料，利用 R 統計軟體，進行主成分分析 (Principal components analysis, PCA) 以了解不同因子對整體血液生化值變異的貢獻程度，並進行變異數分析 (ANOVA)，比較季節、管理模式及品種在各測定項

目之差異是否具顯著性，當 $P < 0.05$ 表差異顯著，而 $P < 0.01$ 表差異極顯著。此外，透過比對國際血液生化標準範圍 (Hosh *et al.*, 1994; Cornell University College of Veterinary Medicine, 2017) 計算異常值佔總樣本數及其在不同處理組的比例。

結果與討論

I. 綜合效應

主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 結果顯示第一 (23.5%) 和第二 (19.2%) 主成分之累積解釋方差為 42.8%，(如圖 1 – 3) 顯示，管理模式可明顯被主成分 2 所區隔，品種的效應則不明顯，將涼季的血液生化值藉由主成分 1 和 2 之數學模型計算後的數值均會聚集於正負 ± 2 之間，熱季則均分散於 $-5 - 6$ ，可明顯看出季節對血液生化值造成一定量的變異，但兩個數學模型均無法將季節區隔於 0 的兩側。由此分析可知，本批血液生化值之變異來源非常多，因此第一和二主成分無法解釋的變異高達 57.2%，但是可以看出主要造成變異的因子為管理模式，因此會對於管理模式造成的效應做較為仔細的分析。

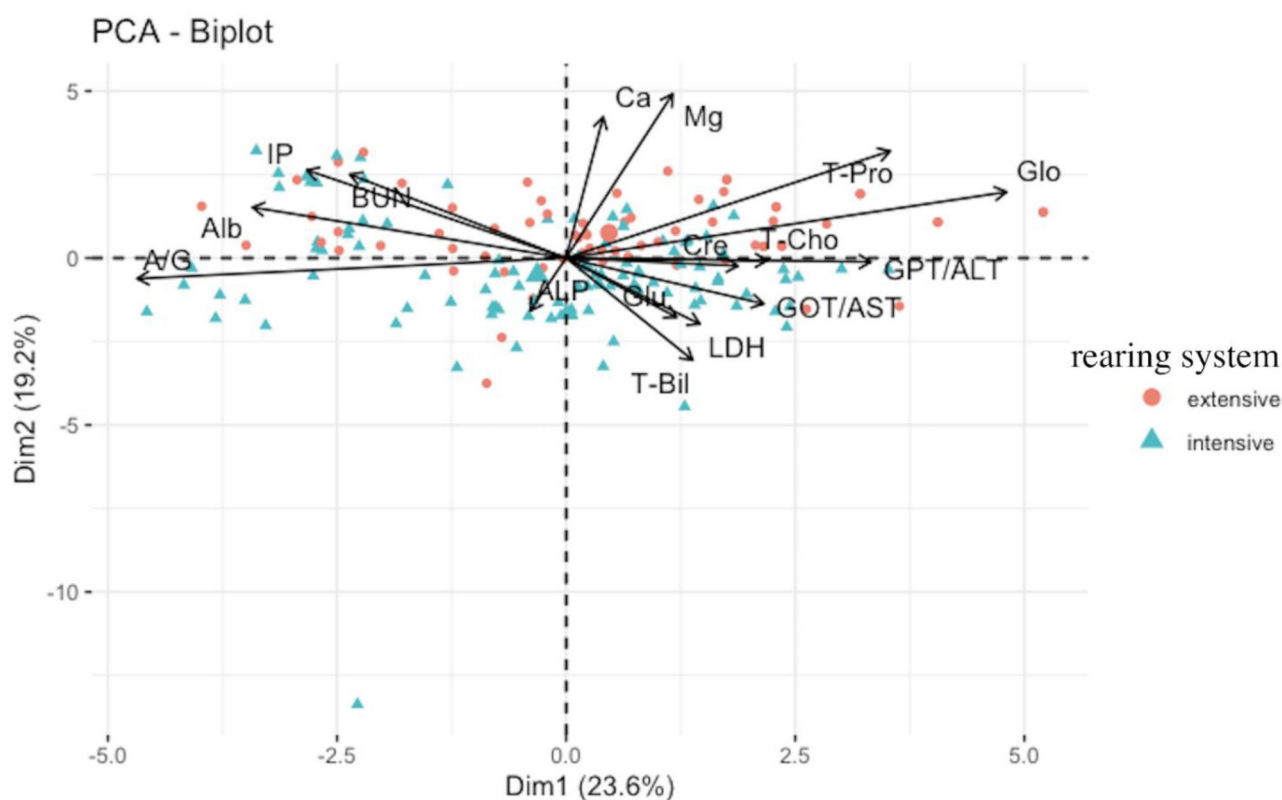


圖 1. 管理模式對血液生化值之影響之主成分分析圖。

Fig. 1. Principal component analysis (PCA) biplot of the targeted blood parameters of beef rearing system for the first two principal components.

若比對國際血液生化標準範圍 (Hosh *et al.*, 1994; Cornell University College of Veterinary Medicine, 2017) (如表 1)，整體數值過高的項目有 Glu、ALP、Cre、IP、LDH、T-Bil，其中將前五項的數據與 Doornenbal 等 (1988) 的報告比對後，發現除了 LDH 還是高出甚多以外，其餘四項數值範圍與此文獻類似，牛的完全成熟期約在 2 歲後，因此推測 1 – 2 歲公牛的骨骼與肌肉仍在快速發育中，而血中與肌肉活動相關的酵素 (如 LDH、CK) 基礎值通常高於成年牛 (Radostits *et al.* 2007. 2008; Kaneko *et al.*)。若再加上公牛打鬥或其他應激行為，則差異更容易顯著升高 (Smith 2015)。總膽紅素是肝功能指標之一，在本研究中管理模式及品種間均無顯著差異，但是總體超過正常值者有 38.05%。此測定機臺是利用 550 nm 吸光值來推算濃度，但這同時也是血紅素之吸光值，且此機臺膽紅素之測定值與標準值的相關係數 (0.90) 低於其餘之血液生化參數 (> 0.96)，說明準確度略遜一籌 (Hoshi *et al.*, 1994)。而根據前人研究，膽紅素升高會使膽固醇和 ALP 下降 (Lorenz *et al.*, 2001)，但以本研究之膽紅素測定數值進行分析，對此二者之相關係數分別為 0.10 和 0.14，因此排除實際膽紅素過高之情形，推測此數值過高之

原因是受血紅素影響。

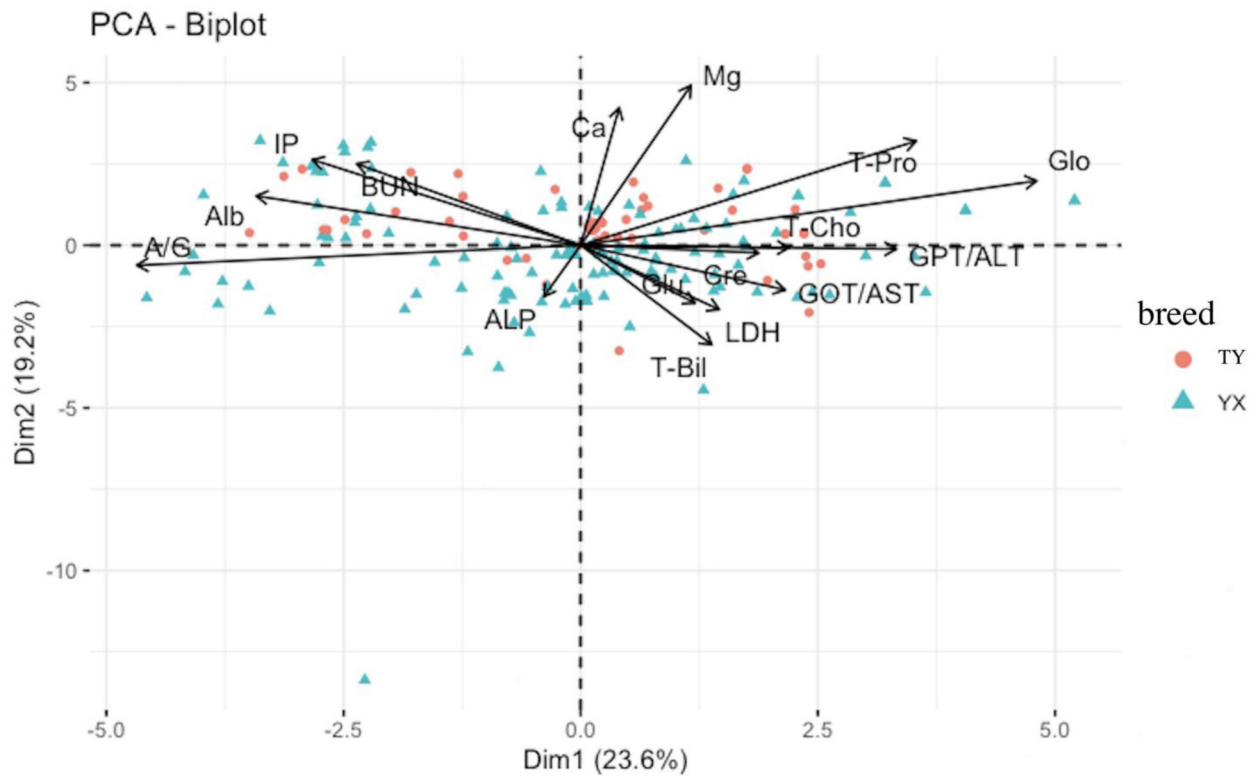


圖 2. 品種對血液生化值之影響之主成分分析圖。

Fig. 2. Principal component analysis (PCA) biplot of the targeted blood parameters of breed for the first two principal components.

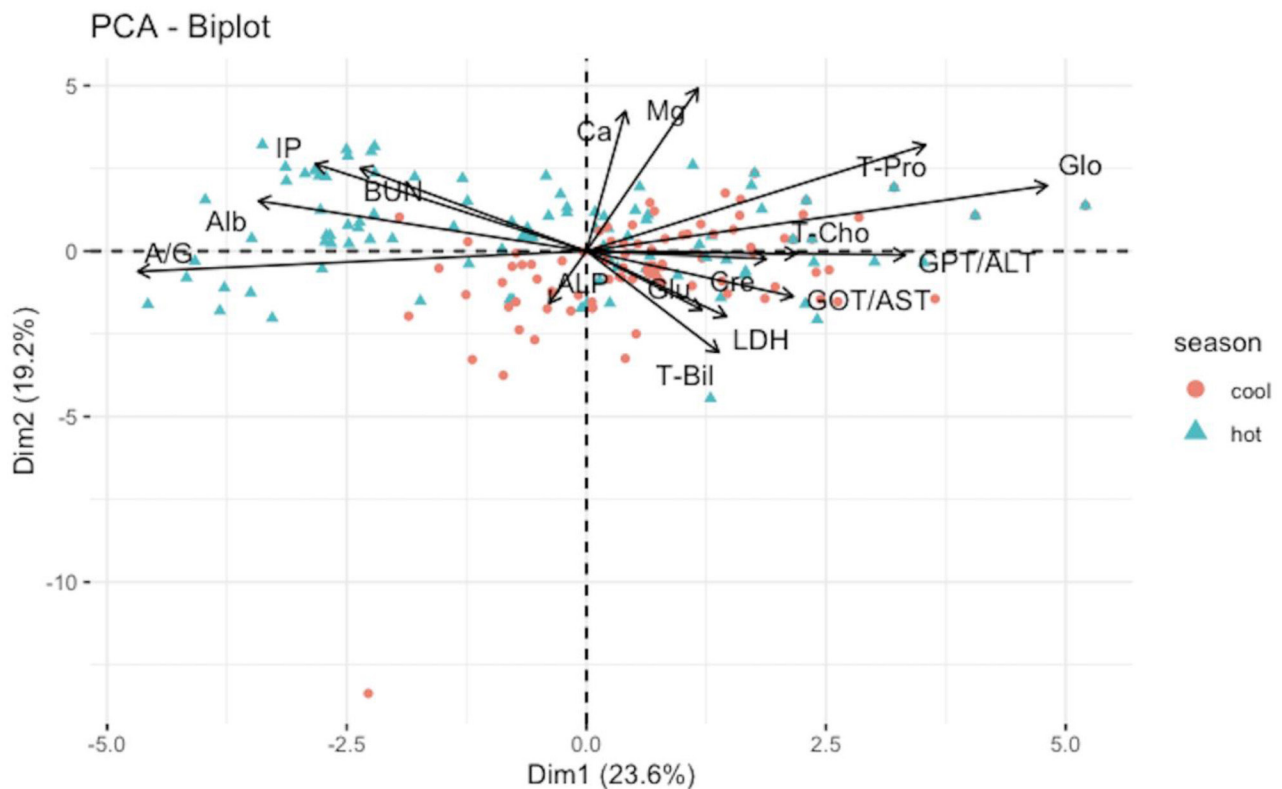


圖 3. 季節對血液生化值之影響之主成分分析圖。

Fig. 3. Principal component analysis (PCA) biplot of the targeted blood parameters of season for the first two principal components.

表 1. 超出正常範圍的樣本數及在不同管理模式中所占的比例

Table 1. The amount of value beyond the Standard range and the percentage of it in each system

Serum component	Standard range ¹	Exceed, %			Below, %		
		total	Feedlot	Grazing	total	Feedlot	Grazing
AST, IU/L	54 – 135	9 (4.00)	7 (5.11)	2 (2.28)	20 (8.89)	15 (8.76)	8 (9.1)
ALT, IU/L	16 – 59	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	27 (12.00)	18 (12.41)	10 (11.37)
ALP, IU/L	45.6 – 121.4	183 (81.34)	113 (82.49)	70 (79.55)	1 (0.45)	1 (0.73)	0 (0.00)
LDH, IU/L	725 – 1,122	204 (90.67)	116 (84.68)	88 (100.00)	1 (0.45)	1 (0.73)	0 (0.00)
T-Bil, mg/dl	0.29 – 0.47	72 (33.97)	38 (28.79)	34 (42.50)	35 (16.51)	22 (17.43)	12 (15.00)
Glu, mg/dl	57 – 79	116 (54.72)	84 (63.64)	32 (40.00)	13 (6.14)	11 (2.28)	11 (12.50)
T-Cho, mg/dl	74.9 – 212.2	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	43 (19.12)	21 (15.33)	22 (25.00)
BUN, mg/dl	7 – 19	32 (14.23)	16 (11.68)	16 (18.19)	2 (0.89)	2 (1.46)	0 (0.00)
Cre, mg/dl	0.4 – 0.9	203 (90.23)	116 (84.68)	87 (98.87)	2 (0.89)	1 (0.73)	1 (1.14)
T-Pro, g/dl	6.7 – 8.8	1 (0.45)	1 (0.73)	0 (0.00)	19 (8.45)	18 (13.14)	1 (1.14)
Alb, g/dl	3.3 – 4.3	5 (2.23)	4 (2.92)	1 (1.14)	54 (24.00)	20 (14.60)	34 (38.64)
Glo, g/dl	2.8 – 5.4	3 (1.34)	0 (0.00)	3 (4.55)	14 (1.78)	13 (27.01)	1 (10.23)
A/G	0.6 – 1.6	6 (2.67)	6 (4.38)	0 (0.00)	5 (2.23)	0 (0.00)	5 (5.69)
Ca, mg/dl	8.9 – 10.9	39 (17.34)	16 (11.68)	23 (26.14)	7 (3.12)	6 (3.65)	2 (2.28)
IP, mg/dl	4.1 – 7.3	96 (42.67)	66 (48.18)	30 (34.10)	1 (0.45)	0 (0.73)	0 (0.00)
Mg, mg/dl	1.6 – 2.5	17 (7.56)	7 (5.11)	10 (11.37)	3 (1.34)	2 (0.73)	2 (2.28)

AST = glutamate oxaloacetate transaminase; ALT = glutamate pyruvate transaminase; ALP = alkaline phosphatase; LDH = lactate dehydrogenase; T-Bil = total bilirubin; Glu = glucose; T-Cho = total cho-lesterol; BUN = blood urea nitrogen; Cre = creatinine; T-Pro = total protein; Alb = albumin; Glo = globulin; A/G = albumin/globulin ratio; Ca = calcium; IP = inorganic phosphorus; Mg = magnesium.

Standard range¹: the stand range of ALP and T-Bil are from Kitasato University, the others are from Cornell university (2017). Values outside parentheses indicate the number of animals exceeding (or below) the standard range; values in parentheses indicate the corresponding percentage within each group. For example, in the “Exceed – total” column, IP is shown as 96 (42.67), meaning that 96 animals exceeded the normal range of IP, accounting for 42.67% of the total. In the “Exceed – Feedlot” column, 66 (48.18) indicates that 61 YX animals exceeded the normal range, corresponding to 41.5% of the Feedlot group.

II. 季節及時間序列效應

血液學資料僅搜集 2008 年 7 – 10 月，故不做變異數分析 (ANOVA)。而在血清各項參數中，涼季 (11 – 4 月) 顯著較高者有 Glu、T-Cho、T-Bil、ALP、BUN、Glo 和 LDH，熱季 (5 – 10 月) 顯著較高者有 ALP、BUN、Alb、A/G、Ca、IP 及 Mg (如表 2)。在時間序列效應的部分，隨著時間推移而產生的情況大約可分為 4 類：

- (i) 隨時間推移而上升：T-Cho、T-Bil、T-pro、Glo
- (ii) 隨時間推移而下降：Alb、A/G、IP
- (iii) 不太變動：AST、ALT、ALP、Cre
- (iv) 其它：Glu、Mg、BUN、Ca、LDH

III. 品種效應

在血液學之各檢測項目中均無顯著差異，顯示各種血球的數量及比例與品種無關。YX 顯著大於 TY 者有 AST、Cre、Alb、A/G 和 LDH；顯著較低者有 Glo 和 Ca，其餘無顯著差異，如表 3 所示。AST 為肝功能指標之一，不過若是肝損傷或其他臟器損傷會使 ACT 一起升高 (Saber *et al.*, 2008; Ganguly *et al.*, 2015)，若是有天氣或疾病等緊迫，則會和 ACT 及 Glo 一起升高，因此 AST 單獨於正常範圍內偏高之情形無法代表其有上述損傷 (Berian, 2019)；LDH 是參與糖解反應的主要酵素 (Liao *et al.*, 2018)；Alb、A/G 同時提高代表攝取之蛋白質提高；Cre 是動物體內肌肉和磷酸鹽代謝的產物，濃度主要與骨骼肌含量、肌肉代謝活動有關 (Yang *et al.*, 2022)。值得注意的是 Ca 超出正常範圍的比例 (表 4)，TY (28.9%) 是 YX (13.6%) 兩倍；過低比例分別為 0 及 4%，然而兩者的 IP 含量無顯著差異，過高比例分別為 50% 及 41.5%，顯示品種會影響血中鈣磷的濃度。

表 2. 季節對季節血液生化值之影響

Table 2. Effects of season on blood biochemical values

Serum component	season	
	cool n = 83	hot n = 91
AST, IU/L	79.25 ± 26.19	75.15 ± 23.87
ALT, IU/L	21.83 ± 6.66	21.29 ± 7.03
ALP, IU/L	203.35 ± 54.38 ^b	233.49 ± 101.08 ^a
LDH, IU/L	2,329.10 ± 521.03 ^a	2,151.85 ± 527.47 ^b
T-Bil, mg/dl	0.52 ± 0.23 ^a	0.35 ± 0.21 ^b
Glu, mg/dl	90.30 ± 21.75 ^a	82.39 ± 22.97 ^b
T-Cho, mg/dl	96.42 ± 20.6 ^a	82.58 ± 18.21 ^b
BUN, mg/dl	13.59 ± 2.93 ^b	18.08 ± 8.74 ^a
Cre, mg/dl	2.09 ± 0.54	1.97 ± 0.41
T-Pro, g/dl	7.43 ± 0.8	7.36 ± 0.59
Alb, g/dl	3.37 ± 0.39 ^b	3.64 ± 0.41 ^a
Glo, g/dl	4.06 ± 0.73 ^a	3.72 ± 0.85 ^b
A/G	0.86 ± 0.19 ^b	1.06 ± 0.37 ^a
Ca, mg/dl	10.22 ± 1.09 ^b	10.59 ± 0.58 ^a
IP, mg/dl	7.07 ± 1.01 ^b	7.86 ± 1.07 ^a
Mg, mg/dl	2.09 ± 0.37 ^b	2.52 ± 0.22 ^a

AST = glutamate oxaloacetate transaminase; ALT = glutamate pyruvate transaminase; ALP = alkaline phosphatase; LDH = lactate dehydrogenase; T-Bil = total bilirubin; Glu = glucose; T-Cho = total cho-lesterol; BUN = blood urea nitrogen; Cre = creatinine; T-Pro = total protein; Alb = albumin; Glo = globulin; A/G = albumin/globulin ratio; Ca = calcium; IP = inorganic phosphorus; Mg = magnesium.

Mean ± SD.

^{a, b} Means with the different superscript in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

IV. 管理模式效應

(i) 血液學

在血液學之各檢測項目中，放牧在 LYM 顯著較高，而圈飼在顆粒球顯著較高，其餘無顯著差異（如表 3），進一步分析其超過標準範圍的值，發現半數以上牛隻的白血球過高，而圈飼及放牧比例分別為 66 及 62%，在 LYM 超標比例圈飼及放牧分別為 59 及 75%；在顆粒球超標比例圈飼及放牧分別為 14 及 3%，顯示 2 種管理模式均有許多牛出現發炎反應，但僅從這些資料無法判斷發炎原因。

(ii) 血液中常見酵素及總膽紅素

血液中常見酵素一般用於檢測肝功能。其中，丙酮酸轉氨酶和草酸轉氨酶為蛋白質合成所需酵素，因此在生長效率較快的牛 (He *et al.*, 2018) 或是有肝損傷或肌肉損傷而需修復者較高，LDH 參與糖解反應，用以提供能量，因此心肌及骨骼肌損傷或是提高飼糧精粗比均會導致其提高 (Kaneko *et al.*, 2008)。鹼性磷酸酶在成熟個體主要存於肝臟；而成長牛則位於骨組織，含量高者代表快速生長 (Doornenbalet *et al.*, 1988)。因此根據上述資訊，本研究中圈飼牛在 AST 及 ALP 均顯著較高且超出範圍比例也較多是因為有穩定供應芻料及精料而生長較快，其肝臟也因需處理較多養分代謝而負擔較大。圈飼牛之 LDH 顯著較高，且呈極顯著 ($P < 0.001$)，但超過康乃爾大學所表列之標準範圍比例（高標為 1122 IU/L），圈飼牛稍少（圈飼 84%；放牧 100%）。為究其因逐步提高上限值，發現以超過 2,500 計算，圈飼 (40.15%) 遠大於放牧 (6.82%)，顯然圈飼牛極端高出標準值者遠高於放牧牛，此情形與品種效應相同；若提高至 2,500 IU/L，則 YX 和 TY 之超出比例分別為 34 及 7.7%，與標準為 1,122 IU/L 時所得結果 (88 vs. 94%) 相反。此外，根據 Doornenbal 等 (1988) 的數據顯示週歲牛之 LDH 值為 $1,369.1 \pm 144.5$ IU/L，本批數據超過 1,369 IU/L 者佔總體比例為 89.78%，在大量採食的情況下雖然快速生長卻有程度不一的肝損傷，而 TY 和放牧牛群較少前述情形。

表 3. 管理模式及品種對血液生化值之影響

Table 3. Effects of beef management system and breed on blood biochemical value

Serum component	Beef management system		Breed	
	Feedlot n = 104	Grazing n = 70	TY n = 45	YX n = 123
AST, IU/L	82.40 ± 28.61 ^a	69.87 ± 16.58 ^b	69.91 ± 22.13 ^b	79.84 ± 25.61 ^a
ALT, IU/L	20.79 ± 5.88	22.64 ± 7.91	20.6 ± 5.78	21.91 ± 7.17
ALP, IU/L	232.1 ± 85.19 ^a	199.7 ± 75.37 ^b	225.84 ± 82.6	215.95 ± 82.75
LDH, IU/L	2,422.62 ± 604.57 ^a	1,982.93 ± 228.50 ^b	2,027.22 ± 421.05 ^b	2,317.05 ± 546.10 ^a
T-Bil, mg/dl	0.43 ± 0.28	0.45 ± 0.16	0.44 ± 0.15	0.44 ± 0.26
Glu, mg/dl	93.33 ± 23.09 ^a	76.46 ± 18.03 ^b	82.42 ± 26.40	87.72 ± 21.07
T-Cho, mg/dl	91.48 ± 20.76	86.53 ± 20.11	89.36 ± 17.94	89.44 ± 21.53
BUN, mg/dl	15.31 ± 7.21	16.64 ± 6.44	16.2 ± 6.45	15.74 ± 7.09
Cre, mg/dl	2.09 ± 0.53	1.95 ± 0.40	1.79 ± 0.33 ^b	2.12 ± 0.50 ^a
T-Pro, g/dl	7.20 ± 0.73 ^b	7.67 ± 0.55 ^a	7.56 ± 0.46	7.33 ± 0.76
Alb, g/dl	3.58 ± 0.45 ^a	3.41 ± 0.35 ^b	3.4 ± 0.36 ^b	3.55 ± 0.43 ^a
Glo, g/dl	3.62 ± 0.74 ^b	4.26 ± 0.75 ^a	4.16 ± 0.65 ^a	3.79 ± 0.84 ^b
A/G	1.05 ± 0.32 ^a	0.84 ± 0.25 ^b	0.86 ± 0.24 ^b	1 ± 0.33 ^a
Ca, mg/dl	10.22 ± 0.97 ^b	10.71 ± 0.63 ^a	10.71 ± 0.5 ^a	10.3 ± 0.97 ^b
IP, mg/dl	7.65 ± 1.09 ^a	7.22 ± 1.10 ^b	7.67 ± 1.11	7.39 ± 1.10
Mg, mg/dl	2.13 ± 0.38 ^b	2.31 ± 0.37 ^a	2.24 ± 0.29	2.2 ± 0.42

AST = glutamate oxaloacetate transaminase; ALT = glutamate pyruvate transaminase; ALP = alkaline phosphatase; LDH = lactate dehydrogenase; T-Bil = total bilirubin; Glu = glucose; T-Cho = total cho-lesterol; BUN = blood urea nitrogen; Cre = creatinine; T-Pro = total protein; Alb = albumin; Glo = globulin; A/G = albumin/globulin ratio; Ca = calcium; IP = inorganic phosphorus; Mg = magnesium.

Mean ± SD.

^{a, b} Means with the different superscript in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

(iii) 醣類及脂質

在反芻動物的瘤胃中，微生物發酵所產生之乙酸及丙酸均為能量來源，前者合成三酸甘油脂及其他脂質，後者合成葡萄糖，攝入高量澱粉可使微生物產生大量丙酸進而提高葡萄糖產量，而後進入血液形成血糖 (Kaneko *et al.*, 2008)。此外，草飼會使牛肉中非膽固醇合成來源的硬脂酸 (C18:0) 比例較高，而導致膽固醇升高的肉豆蔻酸 (C14:0) 和棕櫚酸 (C16:0) 的比例較低 (Daley *et al.*, 2010)。

本研究中，圈飼牛血糖顯著較高而超標比例也較多，其差異極顯著 ($P < 0.001$)；而總膽固醇雖差異不顯著，低於標準值的比例較放牧少 (圈飼：15.33%；放牧：25%)，顯示圈飼提高澱粉攝取量而加強之前述效應確實反應在數據上。

(iv) 含氮物質

疾病及其導致之發炎反應會提高 BUN (Hammond, 1997)、T-Pro (Zaitsev *et al.*, 2020)、Glo，降低 A/G (Kaneko *et al.*, 2008)，不過健康範圍內較高的 Glo 意味著具有更好的肝功能、穩定的免疫力 (Garcia-Martinez *et al.*, 2013)，低氮飼糧及降低精料占比會提高 BUN (Mirzardet *et al.*, 2018)、和 T-Pro (Zaitsev *et al.*, 2020) 但降低 Alb (Xuan *et al.*, 2018)，因反芻動物主要通過 BUN 循環增加氮沉積以滿足所需，且 Kim *et al.* (2012) 提及 Alb 為肌肉的合成材料，供應肌肉快速生長，血清中之 Alb 也會隨之提升，但是過高或過低都代表有發炎反應 (Smuts *et al.*, 2019)。如表 3 所示，圈飼牛在 Alb、A/G 比顯著較高，而放牧牛之 T-Pro、Glo 顯著較高。至於圈飼及放牧超出或低於正常範圍的比例 (如表 1)，整體而言，BUN 超標者高於 10% 且放牧牛超標者較多，其他項目超標者均不超過 3%，但是放牧牛之白蛋白低於標準比例達 (38.6%) 遠高於圈飼牛 (14.6%)；推測原因為放牧區域缺乏豆科等粗蛋白含量較高的飼糧，導致其蛋白質攝取不足，因此提高體內蛋白質分解作用所以 BUN 超標者較高。另外，在球蛋白方面，放牧與圈飼低於標準的比例分別為 1 及 27%，在 27% 的異常值中過半數為 2008 年 8 月的所採樣本，這幾筆數據在其他檢測項目沒有找到其他共通性，所以原因

無法判斷。

表 4. 超出正常範圍的樣本數及在不同品種中所占的比例

Table 4. The amount of value beyond the Standard range and the percentage of it in each breed

Serum component	Standard range ¹	Exceed, %			Below, %		
		total	YX	TY	total	YX	TY
AST, IU/L	54 – 135	9 (4.00)	7 (4.77)	1 (1.93)	20 (9.14)	14 (9.53)	5 (9.62)
ALT, IU/L	16 – 59	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	27 (12.33)	18 (12.25)	8 (15.39)
ALP, IU/L	45.6 – 121.4	183 (81.34)	120 (81.64)	47 (90.39)	1 (0.46)	1 (0.69)	0 (0.00)
LDH, IU/L	725 – 1,122	202 (89.78)	129 (87.76)	48 (92.31)	1 (0.46)	1 (0.00)	0 (0.00)
T-Bil, mg/dl	0.29 – 0.47	72 (33.97)	44 (31.66)	17 (35.42)	35 (17.00)	25 (17.99)	6 (12.50)
Glu, mg/dl	57 – 79	116 (54.72)	79 (56.84)	19 (39.59)	13 (6.32)	5 (3.60)	8 (14.59)
T-Cho, mg/dl	74.9 – 212.2	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	43 (19.64)	31 (21.09)	9 (17.31)
BUN, mg/dl	7 – 19	32 (14.23)	21 (14.29)	10 (19.24)	2 (0.92)	1 (0.69)	0 (0.00)
Cre, mg/dl	0.4 – 0.9	203 (90.23)	130 (88.44)	48 (92.31)	2 (0.92)	1 (0.69)	1 (1.93)
T-Pro, g/dl	6.7 – 8.8	1 (0.45)	0 (0.00)	1 (1.93)	19 (8.68)	16 (10.89)	0 (0.00)
Alb, g/dl	3.3 – 4.3	5 (2.23)	5 (3.41)	0 (0.00)	54 (24.66)	27 (18.37)	18 (34.62)
Glo, g/dl	2.8 – 5.4	3 (1.34)	3 (2.05)	0 (1.93)	12 (5.48)	9 (6.13)	1 (1.93)
A/G	0.6 – 1.6	6 (2.67)	6 (4.09)	0 (0.00)	5 (2.29)	5 (3.41)	0 (0.00)
Ca, mg/dl	8.9 – 10.9	39 (17.34)	20 (13.61)	15 (28.85)	7 (3.20)	6 (4.09)	0 (0.00)
IP, mg/dl	4.1 – 7.3	96 (42.67)	61 (41.5)	26 (50.00)	1 (0.46)	1 (0.69)	0 (0.00)
Mg, mg/dl	1.6 – 2.5	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	16 (7.31)	9 (7.49)	4 (7.70)

AST = glutamate oxaloacetate transaminase; ALT = glutamate pyruvate transaminase; ALP = alkaline phosphatase; LDH = lactate dehydrogenase; T-Bil = total bilirubin; Glu = glucose; T-Cho = total cholesterol; BUN = blood urea nitrogen; Cre = creatinine; T-Pro = total protein; Alb = albumin; Glo = globulin; A/G = albumin/globulin ratio; Ca = calcium; IP = inorganic phosphorus; Mg = magnesium.

Standard range¹: the standard range of ALP and T-Bil are from Kitasato University, the others are from Cornell university (2017). Values outside parentheses indicate the number of animals exceeding (or below) the standard range; values in parentheses indicate the corresponding percentage within each group. For example, in the “Exceed – total” column, IP is shown as 96 (42.67), meaning that 96 animals exceeded the normal range of IP, accounting for 42.67% of the total. In the “Exceed – YX” column, 61 (41.5) indicates that 61 YX animals exceeded the normal range, corresponding to 41.5% of the YX group.

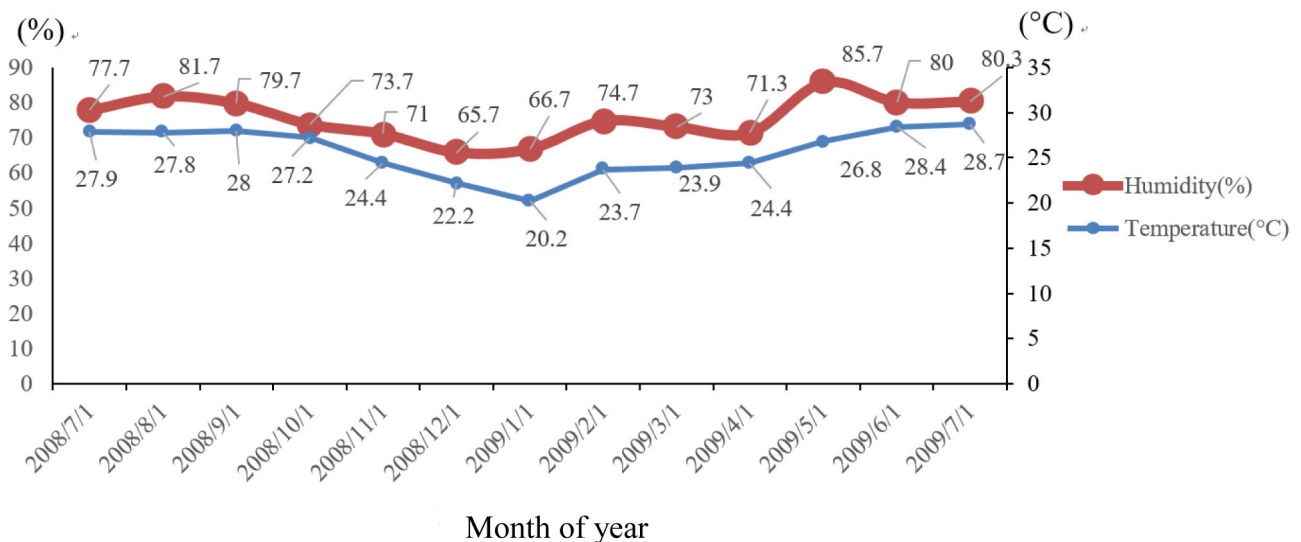


圖 4. 採樣期間溫濕度變化折線圖。

Fig. 4. Line chart of temperature and humidity changes during sampling period.

表 5. 管理模式及品種對血液學之影響

Table 5. Effects of beef management system and breed on hematology values

	Beef management system		Breed	
	Feedlot n = 56	Grazing n = 32	TY n = 20	YX n = 60
RBC, 10 ⁶ /ul	7.28 ± 1.41	7.31 ± 1.28	7.51 ± 1.37	7.09 ± 1.39
MCV, fl	41.61 ± 2.87	42.04 ± 3.27	40.65 ± 2.06	42.28 ± 3.28
RDW, %	16.67 ± 5.76	16.24 ± 5.52	15.01 ± 5.20	16.64 ± 5.89
HCT, %	30.29 ± 6.24	30.56 ± 4.97	30.58 ± 5.99	107.56 ± 603.35
PLT, 10 ³ /ul	312.50 ± 96.11	314.00 ± 98.22	1,227.63 ± 2,221.33	1,141.05 ± 1,897.35
MPV, fl	9.94 ± 5.55	9.56 ± 5.56	10.32 ± 5.88	9.92 ± 5.83
WBC, 10 ³ /ul	15.38 ± 2.42	15.19 ± 2.31	16.09 ± 2.23	15.03 ± 2.39
HGB, g/dl	11.97 ± 1.3	11.79 ± 1.25	12.23 ± 1.18	11.73 ± 1.34
MCH, pg	17.02 ± 3.21	16.58 ± 2.88	16.77 ± 3.19	17.09 ± 3.21
MCHC, g/dl	41.08 ± 8.38	39.55 ± 6.96	41.35 ± 8.00	40.62 ± 8.36
LYM, 10 ³ /ul	7.95 ± 1.79 ^b	8.53 ± 1.29 ^a	8.1 ± 1.31	7.9 ± 1.24
Granulocyte, 10 ³ /ul	5.26 ± 1.82 ^a	4.49 ± 1.36 ^b	5.69 ± 1.71	4.96 ± 1.61
LYM, %	52.06 ± 8.81	54.73 ± 11.35	49.23 ± 10.40	52.58 ± 8.19
Seg, %	34.06 ± 8.93 ^a	29.34 ± 5.78 ^b	35.23 ± 7.56	32.79 ± 7.63

RBC = red blood cell; MCV = mean corpuscular volume; RDW = red blood cell distribution width; HCT = hematocrit; PLT = platelet; MPV = mean platelet volume; WBC = white blood cell; HGB = hemoglobin; MCH = mean corpuscular hemoglobin; MCHC = mean corpuscular hemoglobin concentration; LYM = lymphocyte; Granulocyte = granulocyte; Seg = segmented neutrophil.

Mean ± SD.

^{a, b} Means with the different superscript in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

肌酸酐是動物體內肌肉和磷酸鹽代謝的產物，濃度主要受骨骼肌含量、運動能力和腎功能的影響 (Yang *et al.*, 2022)。一般而言，數值高代表運動能力和肌肉代謝能力強，不過在本研究之分析結果顯示，管理模式並未對此產生顯著差異。

(v) 巨量礦物質

穀物的磷含量很高，但芻料則反之，而磷和鈣拮抗 (De Boer *et al.*, 1981)，鎂則和鈣、磷、鉀拮抗 (Stewart *et al.*, 2017)，因此解釋了圈飼牛的磷顯著高於放牧牛，而鈣則反之的結果。而本研究中放牧牛血液中的鎂含量較高，可能是因為放牧區快速生長且鉀含量高的幼嫩青草比例較少，所以未出現放牧牛的低鎂情形，但是圈飼牛可能因為攝取的磷過高而抑制鎂的吸收。

結 論

透過主成分分析可知三個因子之中，主要造成變異的因子為管理模式。關於三種因子造成的效應，透過將 ANOVA 分析結果比對超過標準範圍比例，結果顯示在天候造成的效應中，涼季顯著較高者有 Glu、T-Cho、T-Bil、ALP、BUN、Glo 和 LDH ($P < 0.05$)，熱季顯著較高者有 ALP、BUN、Alb、A/G、Ca、IP 及 Mg ($P < 0.05$)。但隨溫溼度變化較明顯的為 Glu、Ca、LDH、ALP；在品種效應中，YX 的五個血液生化指標 (AST、Cre、Alb、A/G 和 LDH ($P < 0.05$)) 顯著較高；TY 之 Glo 低於標準值的情形少於 YX，也應證 Y 相對有更好的免疫能力，可能為較佳環境適應性的原因；最後，管理模式對血清中多項參數均有顯著差異，其原因多半來自圈飼牛有攝取精料，而放牧牛則否，代表對本批試驗公牛而言，營養因素對這些基本血液檢測項目的影響較 50% 普通牛種血緣廣泛。

參考文獻

張傳貴。中國黃牛。1997。生物學通報 32(1)：18-19。

- 許榮成、蕭宗法和李春芳。荷蘭牛、臺灣水牛及臺灣黃牛之瘤胃纖維分解能力比較。2009。中國畜牧學會會誌 38(1)：53-62。
- Ayres, D. R., R. J. Pereira, A. A. Boligon, F. Baldi, V. M. Roso, and L. G. Albuquerque. 2015. Ge-netic parameters and investigation of genotype $\times$ environment interactions in Nellore $\times$ Hereford crossbred for resistance to cattle ticks in different regions of Brazil. *J. Appl. Genet.* 56: 107-113.
- Bazer, F. W., G. C. Lamb, and G. Wu (eds.). 2019. *Animal agriculture: Sustainability, challenges and innovations*. Academic Press, College Station, TX, USA.
- Berian, S. 2019. Effect of heat stress on physiological and hemato-biochemical profile of crossbred dairy cattle. 9: 95-101.
- Cai, X., H. Chen, C.-Z. Lei, S. Wang, Z.-Q. Zhang, K. Xue, and X.-Z. Wang. 2006. Phylogenetic Re-lationship of Ten cattle breeds in China based on DNA sequences of Cytochrome b gene. *Chin. J. Biochem. Mol. Biol.* 22(2): 168-171.
- Cooke, A. S., S. Mullan, C. Morten, J. Hockenhull, P. Le-Grice, K. L. Cocq, M. R. F. Lee, L. M. Car-denas, and M. J. Rivero. 2023. Comparison of the welfare of beef cattle in housed and grazing systems: hormones, health and behaviour. *J. Agric. Sci.* 1-14.
- Cornell University College of Veterinary Medicine. 2017. Chemistry (Cobas). Available online: <https://www.vet.cornell.edu/animal-health-diagnostic-center/laboratories/clinical-pathology/reference-intervals/chemistry>.
- Daley, C. A., A. Abbott, P. S. Doyle, G. A. Nader, and S. Larson. 2010. A review of fatty acid pro-files and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutr. J.* 9: 10.
- De Boer, G., J. G. Buchanan-Smith, G. K. Macleod, and J. S. Walton. 1981. Responses of dairy cows fed alfalfa silage supplemented with phosphorus, copper, zinc, and manganese. *J. Dairy Sci.* 64: 2370-2377.
- Dixon, R. M., C. Playford, and D. Coates. 2011. Nutrition of beef breeder cows in the dry tropics. 2. Effects of time of weaning and diet quality on breeder performance. *Anim. Prod. Sci.* 51: 529-540.
- Doornenbal, H., A. K. Tong, and N. L. Murray. 1988. Reference values of blood parameters in beef cattle of different ages and stages of lactation. *Can. J. Vet. Res.* 52: 99-105.
- Garcia-Martinez, R., P. Caraceni, M. Bernardi, P. Gines, V. Arroyo, and R. Jalan. 2013. Albumin: pathophysiologic basis of its role in the treatment of cirrhosis and its complications. *Hepatol. Bal-tim. Md.* 58: 1836-1846.
- Ganguly, A., V. Bhanot, R. S. Bisla, I. Ganguly, H. Singh, and S. S. Chaudhri. 2015. Hematobio-chemical alterations and direct blood polymerase chain reaction detection of *Theileria annulata* in naturally infected crossbred cows. *Vet. World.* 8: 24-28.
- Hammond, A. C. 1997. Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle. *Proceedings of the 8th Florida Ruminant Nutrition Symposium.* pp. 43-52. Florida, USA.
- He, L., H. Wu, Q. Meng, and Z. Zhou. 2018. Growth performance, carcass traits, blood parameters, rumen enzymes, and fattening earnings of cattle fed corn silage/corn stalk silage based finishing diets. *Czech J. Anim. Sci.* 63: 483-491.
- Hoshi, F., M. Satho, S. Koyama, K. Nakadaka, M. Chiba, N. Ikeda, R. Hakamada, S. Higuchi, and S. Kawamura. 1994. Application to cows and horses of Spotchem, a dry-chemistry blood analyzer for use in veterinary clinics. *Zentralbl. Veterinarmed. A.* 41: 22-30.
- Howden, S. M., S. J. Crimp, C. J. Stokes, S. M. Howden, S. J. Crimp, and C. J. Stokes. 2008. Climate change and Australian livestock systems: impacts, research and policy issues. *Aust. J. Exp. Agric.* 48: 780-788.
- Ibelli, A. M. G., A. R. B. Ribeiro, R. Giglioti, L. C. A. Regitano, M. M. Alencar, A. C. S. Chagas, A. L. Paço, H. N. Oliveira, J. M. S. Duarte, and M. C. S. Oliveira. 2012. Resistance of cattle of var-ious genetic groups to the tick *Rhipicephalus microplus* and the relationship with coat traits. *Vet. Parasitol.* 186: 425-430.
- Kaneko, J. J., J. W. Harvey, and M. L. Bruss. 2008. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Aca-demic Press.
- Kesorn, P., J. W. Lee, H. Y. Wu, J. C. Ju, S. Y. Peng, S. S. Liu, H. H. Wu, and P. C. Shen. 2017. Cellular thermotolerance is inheritable from Holstein cattle cloned with ooplasts of Taiwan native yellow cattle. *Theriogenology* 88: 244-253.
- Kim, D. H., K. H. Kim, I. S. Nam, W. Y. Kim, J. M. Yeo, S. S. Lee, J. C. Ju, and Y. K. Oh. 2012. Comparison of blood metabolites and enzyme activities at different slaughter ages of Hanwoo cattle. *J. Anim. Sci. Technol.* 54: 443-448.
- Li, G. F., J. S. Wu and Y. K. Cheng. 2007. Study of the origin of Taiwan Yellow cattle and blood protein polymorphism. *Taiwan Livestock Res.* 40: 77-85.
- Liao, Y., R. Hu, Z. Wang, Q. Peng, X. Dong, X. Zhang, H. Zou, Q. Pu, B. Xue, and L. Wang. 2018. Metabolomics profiling of serum and urine in three beef cattle breeds revealed different levels of tolerance to heat stress. *J. Agric. Food Chem.*

66(26): 6926-6935.

- Lorenz, I., M. Aigner, and W. Klee. 2001. Investigations on the usefulness of the dry chemistry blood analysis system SPOTCHEM SP-4410 in laboratory diagnosis of cattle. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 114: 51-56.
- Matei, S. T., I. Groza, S. Andrei and L. Bogdan. 2010. Serum Metabolic Parameters in Healthy and Subclinical Mastitis Cows. *Vet Med.* 67: 110-114.
- McIvor, J. G., C. Guppy, and M. E. Probert. 2011. Phosphorus requirements of tropical grazing systems: the northern Australian experience. *Plant Soil.* 349: 55-67.
- Mirzard, A. N., T. Tada, H. Ano, I. Kobayashi, T. Yauchi, and H. Katamoto. 2018. Seasonal changes in serum oxidative stress biomarkers in dairy and beef cows in a daytime grazing system. *J. Vet. Med. Sci.* 80: 20-27.
- Qayyum, A., J. A. Khan, R. Hussain, M. Avais, N. Ahmad, and M. S. Khan. 2016. Investigation of milk and blood serum biochemical profile as an indicator of sub-clinical mastitis in Cholistani cattle. *Pak Vet J.* 36(3): 275-279.
- Radostits, O. M., C. C. Gay, K. W. Hinchcliff, and P. D. Constable. 2007. *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats*, 10th ed. Saunders, Philadelphia, PA, USA, pp. 412-414.
- Saber, P., M. Khorrami, and M. Nouri. 2008. Evaluation of Haematochemical Parameters in Crossbred Cattle Naturally Infected with *Theileria annulata* in Iran. *Int. J. Dairy Sci.* 3: 205-209.
- Smith, B. P. 2015. *Large Animal Internal Medicine*, 5th ed. Mosby Elsevier, St. Louis, MO, USA, pp. 25-28.
- Smuts, M. P., S. de Bruyn, P. N. Thompson, and D. E. Holm. 2019. Serum albumin concentration of donor cows as an indicator of developmental competence of oocytes. *Theriogenology* 125: 184-192.
- Stewart, L. 2017. Mineral Supplements for Beef Cattle. <https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B895&title=mineral-supplements-for-beef-cattle>.
- Xuan, N. H., H. T. Loc, and N. T. Ngu. 2018. Blood biochemical profiles of Brahman crossbred cattle supplemented with different protein and energy sources. *Vet. World* 11: 1021-1024.
- Yang, Y., S. Yang, J. Tang, G. Ren, J. Shen, B. Huang, C. Lei, H. Chen, and K. Qu. 2022. Comparisons of hematological and biochemical profiles in Brahman and Yunling cattle. *Animals* 12: 1813.
- Yao, J., and D. Peng. 2020. Protection and Utilization of Yellow Cattle Breed Resources in China. *Asian Agric. Res.* 12. Available from: <https://ideas.repec.org/a/ags/asagre/309991.html>.
- Zaitsev, S. Y., N. V. Bogolyubova, X. Zhang, and B. Brenig. 2020. Biochemical parameters, dynamic tensiometry and circulating nucleic acids for cattle blood analysis: a review. *PeerJ* 8: e8997.
- Zhang, X., H. Wang, and X. Guo. 2021. Effects of total mixed ration with various silage on growth performance, serum parameters, ruminal fermentation, and bacteria community profile in beef cattle. *Food Sci. Nutr.* 9: 5959-5970.

Effects of Rearing System, Breed, and Weather on the Blood Biochemical Parameters in Stocker Cattle ⁽¹⁾

Yu-Fang Lin ⁽²⁾⁽³⁾ Jia-Shian Shiu ⁽²⁾ Ting-Chieh Kang ⁽²⁾ and Guang-Fuh Li ⁽²⁾

Received: Jun. 14, 2024; Accepted: Apr. 21, 2024

Abstract

This study analyzed the effects of rearing system, breed, and weather conditions on the blood biochemical values of 22 stocker cattle—purebred Taiwanese yellow cattle (TY) and crossbreeds with *Bos taurus* lineage (YX). Data were obtained from routine health assessments conducted between 2008 and 2009. Principal component analysis indicated that substantial variation (57.2%) was unexplained by the first two components, implying multiple sources of variability. Nevertheless, rearing system was identified as the primary variable from the three factors affecting blood biochemical values. Analysis of variance revealed significant ($p < 0.05$) seasonal differences in the 12 blood biochemical parameters, with glucose (Glu), calcium (Ca), lactate dehydrogenase (LDH), and alkaline phosphatase levels (ALP) being sensitive to temperature and humidity. Crossbred cattle had significantly higher levels of five blood biochemical parameters, highlighting traits typical of temperate breeds with more nutrients from intake and faster growth speed. Additionally, the lower frequency of substandard globulin (Glo) values in TY explained their enhanced immune capacity, and likely the reason for better environmental adaptation. Significant differences between rearing systems were found in 13 blood parameters of hematology (2 parameters) and serum (11 parameters), attributable to inadequate nutrient availability in grazing systems and stable supplies of forage and concentrate feeds in housing systems throughout the year, according to literature review and arguments, reflecting the difference of sources of intake had more effect on the stocker cattle than the breed. In summary, the growth and breeding performance of cattle are closely related to the blood biochemical parameters. Moreover, adjustments in feed composition could influence the physiological functions of beef cattle more significantly than the introduction of temperate breeds (*Bos Taurus*).

Key words: Taiwanese yellow cattle, Blood biochemical parameters, Grazing housing, Rearing system.

(1) Contribution No. 2821 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: f0979193091@tlri.gov.tw.