

暑熱が泌乳牛の血液成分値に及ぼす影響

生田健太郎^{1)†} 岡田啓司²⁾ 佐藤 繁²⁾ 安田 準²⁾

- 1) 兵庫県立農林水産技術総合センター 淡路農業技術センター (〒656-0442 兵庫県南あわじ市八木養宜中560-1)
 2) 岩手大学農学部

(2010年11月16日受付・2010年12月10日受理)

要 約 泌乳牛が暑熱ストレスを受けた場合、どの血液成分が、どのように変化するかを明らかにすると共に、飼料摂取状況や乳生産性との関連性を検討するため、乳牛45頭を分離給与または完全混合飼料 (TMR) 給与で飼養管理し、1年間に渡って毎月代謝プロファイルテストを実施した。得られた延べ277頭のデータを給与法毎に適温期と暑熱期 (6~9月) に分け、各調査項目を比較した。分離給与では適温期に延べ81頭、暑熱期に延べ43頭のデータが得られた。これらを比較した結果、乾物摂取量 (DMI, $p<0.05$), 代謝エネルギー摂取量 ($p<0.01$), 乳量 ($p<0.01$), 乳脂率 ($p<0.05$), 乳蛋白質率 ($p<0.001$), ヘマトクリット (Ht, $p<0.001$), 血糖 ($p<0.001$), 血清総コレステロール ($p<0.01$), リン脂質 ($p<0.001$), 総蛋白質 ($p<0.05$), カルシウム ($p<0.01$) およびアスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (AST, $p<0.05$) が暑熱期に有意な低値を示し、血清 β -リポ蛋白 (BL, $p<0.001$) が有意な高値を示した。一方、TMR給与では適温期に延べ110頭、暑熱期に延べ43頭のデータが得られた。これらを比較した結果、飼料摂取状況と乳量に差はなかったが、乳脂率 ($p<0.05$) と乳蛋白質率 ($p<0.01$), Ht ($p<0.001$) および血清AST ($p<0.01$) が暑熱期に有意な低値を示し、血清BL ($p<0.001$) とアルブミン ($p<0.01$) が有意な高値を示した。以上のように、分離給与では暑熱期にDMIと乳量が低下し、血液成分は13項目中8項目に変化がみられた。一方、TMR給与では暑熱期でもDMIと乳量が低下せず、血液成分は4項目にのみ変化がみられた。従って、暑熱による泌乳牛の血液成分の変化は飼料摂取状況や乳生産性が受けた影響によって異なることが示唆された。

——キーワード：血液成分, 乳牛, 暑熱ストレス, 分離給与法, 完全混合飼料 (TMR) 給与法
産業動物臨床医誌 1(4): 190-196, 2010

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響で夏季の気温は上昇傾向にあり、これまで西南暖地特有の問題であった乳牛の暑熱ストレスによる事故や生産性低下 [1] が北海道や東北地域でも起こりつつある。

血液検査を中心とした代謝プロファイルテスト (MPT) は、乳用牛群における生産性阻害要因の解明や防除のための有効な手段として以前から実施されている [2, 3]。通常は暑熱期を避けて実施されることが多いが、暑熱期に実施すれば暑熱の影響を評価することもできる [3]。暑熱による血液成分の変化に関してはこれまでも多数の報告がある。しかし、これらには血液成分が限定的であるもの [4-7]、調査が暑熱前後の短期間であるもの

[8]、飼料摂取状況や乳生産性との関連性が不明確なもの [9] などもあり、MPTとして十分な項目を通年で調査し、暑熱の影響を検討した報告 [10-12] は少ない。

そこで、泌乳牛が暑熱ストレスを受けた場合、どの血液成分が、どのように変化するかを明らかにすると共に、飼料摂取状況や乳生産性との関連性を検討するため、分離給与と完全混合飼料 (TMR) 給与のそれぞれで1年間に渡って毎月MPTを実施し、適温期と暑熱期で各調査項目を比較検討した。

2. 材料および方法

供試牛と飼養管理：ホルスタイン種泌乳牛45頭 (初産牛12頭, 経産牛33頭) を供試した。供試牛は淡路農業技

† 連絡責任者：生田健太郎 (兵庫県立農林水産技術総合センター 淡路農業技術センター)
 〒656-0442 兵庫県南あわじ市八木養宜中560-1 ☎ 0799-42-4883 FAX 0799-42-2990
 E-mail: Kentarou_ikuta@pref.hyogo.lg.jp

術センター内の隣接した2棟の鉄骨スレート造りタイストール牛舎に分けて飼養管理した。一方の牛舎では泌乳前期や高乳量の牛を対象にTMRを給与した。他方の牛舎では泌乳中期以降の牛を対象に分離給与法で飼料を給与した。給餌は両牛舎とも8時30分と16時から行い、水と固形塩は自由摂取とした。搾乳は、朝は両牛舎とも8時30分から、夕方は分離給与法の牛舎が16時から、TMR給与の牛舎が17時30分から行った。暑熱対策として、両牛舎とも天井から吊した大型ファンによる直接送風を行った。

給与飼料：分離給与法では日本飼養標準 [13] の養分要求量を概ね充足するように設計した飼料構成（給与メニュー）を基に、各個体の摂取状況や嗜好性に応じて各飼料の給与量を適宜増減した。粗飼料としてイタリアンライグラスまたはコーン・ソルガム混播のサイレージを7~10kg、3種類の輸入乾草（クレイン、オーツ、アルファルファ）を組合せて2~7kgおよびビートパルプを3kg給与した。また、濃厚飼料として泌乳牛用配合飼料を8~10kg、ミネラル・ビタミン類のプレミックスを50~100g給与し、高乳量の牛や暑熱期には脂肪酸カルシウムを含む高泌乳牛用サプリメントを2~4kg追加した。これらの乾物中養分含量は可消化養分総量（TDN）が69.0~74.5%、代謝エネルギー（ME）が2.55~2.79Mcal/kg、粗蛋白質（CP）が12.7~16.8%および中性デタージェント繊維（NDF）が34.9~42.8%の範囲であった。

TMR給与では粗飼料としてイタリアンライグラスまたはコーン・ソルガム混播のサイレージ、3種類の輸入乾草（クレイン、チモシー、アルファルファ）およびビートパルプを用いて乾物中45%を構成し、濃厚飼料として圧片トウモロコシ、大麦、大豆粕、綿実、加熱大豆、コーングルテンミール、脂肪酸カルシウム主体のエネルギーサプリメントおよびミネラル・ビタミン類のプレミックスを用いて乾物中55%を構成した。エネルギーサプリメントは適温期には約1%、暑熱期には約2%添加した。TMRの乾物率が60%になるよう調製時に加水した。乾物中養分含量がME2.90Mcal/kg、TDN75%となるよう飼料構成を調整した。MEとTDN（分析値から推定）およびCPとNDF（分析値）は、イタリアンライグラスサイレージ使用時でME：2.92 Mcal/kg、TDN：75.6%、CP：15.2%、NDF：35.7%、コーン・ソルガム混播サイレージ使用時でME：2.90 Mcal/kg、TDN：75.3%、CP：15.5%、NDF：28.7%、サイレージ不使用時（輸入乾草のみ）でME：2.89 Mcal/kg、TDN：75.0%、CP：17.9%、NDF：41.4%であった。TMR給与は自由採食が原則であるが、摂取量を把握する必要から日本飼養標準 [13] の養分要求量を概ね充足できる原物給与量を基本

に、各個体の摂取量に応じて計量給与した。

調査項目：2001年4月から2002年3月にかけて毎月1回の間隔で飼料摂取状況、乳生産性および血液成分を調査した。

飼料摂取状況は毎月の調査日に給与されていた飼料名と摂取量を個体ごとに記録し、乾物摂取量（DMI）および代謝エネルギー摂取量（MEI）を算出した。さらに、調査日における体重、乳量、乳脂率、産次および分娩後日数に基づいて日本飼養標準 [13] のME要求量を求め、これでMEIを除いてME充足率を算出した。

乳生産性は乳量をミルクサーに装着したミルクメーター（Fシリーズ：ツルーテスト・ディストリビューター、ニュージーランド）で計量し、そのサンプラーを介して成分分析用試料を朝夕の搾乳ごとに採取した。一般乳成分と体細胞数を赤外線多成分自動分析装置（Sys4000、フォス、デンマーク）で測定し、乳量による加重平均から乳成分率を算出した。

血液は朝の飼料給与から4時間後に血清分離剤加真空採血管とフッ化ナトリウム加真空採血管を用いて頸静脈より採取した。採血後直ちに、フッ化ナトリウム加血液はヘマトクリット（Ht）値を計測し、冷却遠心（1660g、5分間）により血漿を分離して、乾式血液自動分析装置（ドライケム3030、富士写真フィルム、東京）にて血糖（Glu）を測定した。血清分離剤加血液は37℃で10分間静置後、冷却遠心（1660g、15分間）により血清を分離し、総蛋白質（TP）は屈折法、アルブミン（Alb）、尿素窒素（BUN）、総コレステロール（TC）、カルシウム（Ca）、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（AST）およびγ-グルタミルトランスフェラーゼ（GGT）は乾式血液自動分析装置（同上）にて当日中に測定した。遊離脂肪酸（FFA）、β-ヒドロキシ酪酸（BHB）、β-リポ蛋白（BL）およびリン脂質（PL）は-30℃で冷凍保存後、湿式自動分析装置（HITACHI-7060型、日立製作所、東京）にて後日測定した。

期間区分：泌乳牛の生産適温域は平均温度で-5~20℃とされていること [14] から、調査期間中における所在地の日平均気温の月平均値（洲本測候所データ）が20℃を上回った6~9月を暑熱期、それら以外（1~5月、10~12月）を適温期とした。暑熱期4カ月間の日平均気温は24.7±2.5℃、適温期8カ月間の日平均気温は11.6±5.2℃であり、両期間に有意差（ $p < 0.001$ ）が認められた。

統計処理：調査によって得られた延べ277頭のデータを分離給与の124頭とTMR給与の153頭に分け、それぞれの給与法ごとに各調査項目における適温期と暑熱期の平均値と標準偏差を求め、平均値の差をStudent-t検定により検討した。

3. 結果

分離給与における比較：分離給与では適温期に延べ81頭、暑熱期に延べ43頭のデータが得られた。両期間で飼料摂取状況と乳生産性に関する項目の比較を表1に、血液成分値の比較を表2に示した。

分娩後日数に差はなかった。

飼料摂取状況ではDMI ($p<0.05$) とMEI ($p<0.01$) が暑熱期に有意な低値を示した。ME充足率に差はなかった。

乳生産性では乳量 ($p<0.01$)、乳脂率 ($p<0.05$) および乳蛋白質率 ($p<0.001$) が暑熱期に有意な低値を示した。乳糖率と体細胞数に差はなかった。

血液成分では血漿Glu ($p<0.001$)、血清TC ($p<0.01$)、PL ($p<0.001$)、Ht ($p<0.001$)、TP ($p<0.05$)、Ca ($p<0.01$) およびAST ($p<0.05$) が暑熱期に有意な低値を示し、血清BL ($p<0.001$) が有意な高値を示した。血清BHB、FFA、Aib、BUNおよびGGTに差はなかった。

TMR給与における比較：TMR給与では適温期に延べ

表1. 分離給与における飼料摂取状況および乳生産性の適温期と暑熱期の比較¹⁾

	適温期 ²⁾ (n=81)	暑熱期 ³⁾ (n=43)	有意水準 ⁴⁾
分娩後日数	233 ± 156	258 ± 114	NS
飼料摂取状況			
乾物摂取量 (kg/日)	19.6 ± 2.4	18.5 ± 2.1	$p<0.05$
代謝エネルギー摂取量 (Mcal/日)	52.7 ± 7.6	48.6 ± 6.3	$p<0.01$
代謝エネルギー充足率 (%)	108.2 ± 12.7	107.3 ± 11.8	NS
乳生産性			
乳量 (kg/日)	24.0 ± 5.9	21.2 ± 4.5	$p<0.01$
乳脂率 (%)	4.21 ± 0.60	3.94 ± 0.62	$p<0.05$
乳蛋白質率 (%)	3.53 ± 0.34	3.30 ± 0.25	$p<0.001$
乳糖率 (%)	4.50 ± 0.19	4.47 ± 0.19	NS
体細胞数 (万個/ml)	12.2 ± 15.4	13.8 ± 21.1	NS

1) 平均±標準偏差

2) 1～5月, 10～12月：日平均気温11.6±5.2℃

3) 6～9月：日平均気温24.7±2.5℃

4) NS：有意差なし

表2. 分離給与における血液成分値の適温期と暑熱期の比較¹⁾

	適温期 ²⁾ (n=81)	暑熱期 ³⁾ (n=43)	有意水準 ⁴⁾
血糖 (mg/dl)	71.1 ± 5.4	66.3 ± 7.9	$p<0.001$
β -ヒドロキシ酪酸 ($\mu\text{mol/l}$)	625 ± 145	629 ± 165	NS
総コレステロール (mg/dl)	198 ± 54.0	167 ± 47.0	$p<0.01$
遊離脂肪酸 ($\mu\text{Eq/l}$)	92 ± 64	95 ± 47	NS
β -リポ蛋白 (mg/dl)	25.5 ± 11.3	33.5 ± 12.5	$p<0.001$
リン脂質 (mg/dl)	260 ± 75	212 ± 64	$p<0.001$
ヘマトクリット (%)	28.7 ± 1.7	27.1 ± 2.5	$p<0.001$
総蛋白質 (g/dl)	7.42 ± 0.50	7.19 ± 0.40	$p<0.05$
アルブミン (g/dl)	3.67 ± 0.30	3.73 ± 0.21	NS
尿素窒素 (mg/dl)	15.0 ± 3.3	14.2 ± 3.2	NS
カルシウム (mg/dl)	9.70 ± 0.47	9.44 ± 0.47	$p<0.01$
AST ⁵⁾ (IU/l)	65 ± 20	56 ± 14	$p<0.05$
GGT ⁶⁾ (IU/l)	25 ± 10	28 ± 13	NS

1) 平均±標準偏差

2) 1～5月, 10～12月：日平均気温11.6±5.2℃

3) 6～9月：日平均気温24.7±2.5℃

4) NS：有意差なし

5) アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ

6) γ -グルタミールトランスフェラーゼ

110頭、暑熱期に延べ43頭のデータが得られた。両期間で飼料摂取状況と乳生産性に関する項目の比較を表3に、血液成分値の比較を表4に示した。

分娩後日数および飼料摂取状況に差はなかった。

乳生産性では乳脂率 ($p<0.05$) と乳蛋白質率 ($p<0.01$) が暑熱期に有意な低値を示した。乳量、乳糖率および体細胞数に差はなかった。

血液成分ではHt ($p<0.001$) と血清AST ($p<0.01$) が暑熱期に有意な低値を示し、血清BL ($p<0.001$) とAlb

($p<0.01$) が有意な高値を示した。

4. 考 察

分娩後日数は両給与法とも適温期と暑熱期で差がなかったことから、飼料摂取状況や乳生産性に大きな影響を及ぼす泌乳期の条件は飼料給与法内では同一と見なせる。

分離給与では暑熱期にDMIの低下に伴ってMEIが低下し、その結果、乳量が低下したと考えられた。反芻家

表3. 完全混合飼料 (TMR) 給与における飼料摂取状況および乳生産性の通常期と暑熱期の比較¹⁾

	適温期 ²⁾ (n=110)	暑熱期 ³⁾ (n=43)	有意水準 ⁴⁾
分娩後日数	134 ± 107	134 ± 96	NS
飼料摂取状況			
乾物摂取量 (kg/日)	22.2 ± 4.2	21.2 ± 4.1	NS
代謝エネルギー摂取量 (Mcal/日)	67.4 ± 12.3	60.9 ± 11.6	NS
代謝エネルギー充足率 (%)	103.1 ± 14.1	99.9 ± 16.3	NS
乳生産性			
乳量 (kg/日)	35.8 ± 8.3	34.1 ± 7.1	NS
乳脂率 (%)	3.98 ± 0.66	3.74 ± 0.60	$p<0.05$
乳蛋白質率 (%)	3.25 ± 0.34	3.06 ± 0.25	$p<0.01$
乳糖率 (%)	4.54 ± 0.14	4.51 ± 0.11	NS
体細胞数 (万個/ml)	8.7 ± 12.0	13.5 ± 18.5	NS

1) 平均 ± 標準偏差

2) 1～5月, 10～12月: 日平均気温11.6 ± 5.2℃

3) 6～9月: 日平均気温24.7 ± 2.5℃

4) NS: 有意差なし

表4. 完全混合飼料 (TMR) 給与における血液成分値の適温期と暑熱期の比較¹⁾

	適温期 ²⁾ (n=110)	暑熱期 ³⁾ (n=43)	有意水準 ⁴⁾
血糖 (mg/dl)	67.9 ± 6.4	65.8 ± 4.6	NS
β-ヒドロキシ酪酸 (μmol/l)	566 ± 190	547 ± 110	NS
総コレステロール (mg/dl)	240 ± 57.0	236 ± 43.0	NS
遊離脂肪酸 (μEq/l)	131 ± 106	140 ± 75	NS
β-リポ蛋白 (mg/dl)	22.3 ± 13.6	33.7 ± 11.4	$p<0.001$
リン脂質 (mg/dl)	323 ± 81	305 ± 78	NS
ヘマトクリット (%)	27.8 ± 1.8	26.0 ± 2.3	$p<0.001$
総蛋白質 (g/dl)	7.58 ± 0.45	7.62 ± 0.35	NS
アルブミン (g/dl)	3.72 ± 0.23	3.82 ± 0.21	$p<0.01$
尿素窒素 (mg/dl)	12.8 ± 3.0	13.9 ± 3.6	NS
カルシウム (mg/dl)	9.67 ± 0.58	9.73 ± 0.49	NS
AST ⁵⁾ (IU/l)	78 ± 30	65 ± 13	$p<0.01$
GGT ⁶⁾ (IU/l)	26 ± 9	27 ± 8	NS

1) 平均 ± 標準偏差

2) 1～5月, 10～12月: 日平均気温11.6 ± 5.2℃

3) 6～9月: 日平均気温24.7 ± 2.5℃

4) NS: 有意差なし

5) アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ

6) γ-グルタミールトランスフェラーゼ

畜は体温上昇を抑制するため、暑熱期にDMIを減らし、ルーメン発酵に伴う熱産生量を低下させる [15]. このような暑熱期のDMI低下に伴う乳量低下はよく知られた現象である [16]. しかし、制限給餌で上昇するFFAが暑熱ストレスだけでは上昇しないことから、乳量低下にDMI低下が関与するのは35%程度で、残りはソマトトロピン軸の変化によるものとする報告 [17] もある. 本調査においても血清FFAに差はなかったことから、乳量低下には栄養摂取量以外の要因が関与している可能性もある. また、乳成分では乳脂率と乳蛋白質率が暑熱期に低下した. このような乳成分の低下は暑熱ストレスが泌乳牛の体内代謝に影響を及ぼし、乳腺における前駆物質の取込量を減少させたためとされている [18]. 以上のように、乳量と乳脂率の低下によってME要求量が低下したため、ME充足率に関しては差がなかったと考えられた.

分離給与では暑熱期に血液成分のうち血漿Glu、血清TC、PL、Ht、TP、CaおよびASTが低下し、血清BLが上昇した. 血漿Gluについては暑熱期に上昇するという報告 [7] と低下するという報告 [10,17]、影響を受けないという報告 [8,9] がある. また、血清TCやPLなど脂質成分については上昇するという報告 [8] と低下するという報告 [10] がある. 血漿Glu、血清TCおよびPLは摂取エネルギーと正の相関にある [3] ことから、本調査での低下は暑熱期におけるDMIやMEIの低下を反映したものと考えられた. Htについては脱水が原因で上昇するという報告 [9] と、低下するという報告 [10] がある. 本調査での低下はDMI低下に伴って蛋白質摂取量が減少したことによる長期的な蛋白不足 [19] と考えられた. 血清TPとAlbについては共に上昇する [8,10] という報告、TPは上昇しAlbは低下するという報告 [5]、TPは影響を受けずAlbは上昇するという報告 [9] があり、グロブリンについては上昇すると報告 [5,10] されている. 本調査では血清TPの低下に対し血清Albは影響を受けなかったことから、子牛で報告 [20] があるように暑熱ストレスでグロブリンが低下した可能性が考えられた. 血清Caについては恒常性が強く、飼料要因に対して反応し難い [21] ことから暑熱に影響されないという報告 [8-10] があるが、上昇するという報告 [7] や無機リンなどの他の血中ミネラルとともに低下するという報告 [6] もある. 本調査での低下は分離給与のみで認められたことから、DMI低下によるものと考えられた. 血清ASTについては暑熱期に上昇するという報告 [8] と低下するという報告 [7,10] がある. 血清ASTは肝臓障害の指標である [2] が、飼料が過剰に給与された場合にも増加する [3]. 本調査での低下は適温期における飼料の過剰給与はなかったが、DMI低下により

相対的に肝への負担が軽減されたためと考えられた. 血清BLについては暑熱ストレスによる影響の報告は見当たらないが、BLは脂質の体組織への転送系の指標であり、脂質の添加で増加する [22]. 本調査でも暑熱期には脂肪酸カルシウムを含むエネルギーサプリメントが適温期よりも多めに給与されていたことから、血清BLの高値は脂質給与の影響と考えられた.

一方、TMR給与では暑熱期においてもDMIの低下など飼料摂取状況への影響は認められなかった. そのため乳量についても低下しなかったと考えられた. 暑熱がDMIや乳量に及ぼす影響は給与飼料中の繊維含量によって異なり、繊維含量が低い方が悪影響は小さいとされている [23]. しかし、本調査ではTMRの繊維含量が暑熱期に分離給与より低かったわけではない. TMRでは粗飼料を切断しながら濃厚飼料と混合することによって粗濃比のバランスを崩すことなく摂取させることが可能である. これによってルーメン発酵状態が分離給与よりも良好であった [24] ため、暑熱期でもDMIが低下しなかったと考えられた. しかし、乳成分については分離給与と同様に乳脂率と乳蛋白質率が低下しており、暑熱はDMIや乳量に影響しなくても、乳成分合成に係る体内代謝には影響 [18] している可能性が示唆された.

TMR給与では暑熱期に血液成分のうちHtと血清ASTが低下し、血清BLとAlbが上昇した. これらのうちHt、血清ASTおよびBLについては分離給与においても同様の結果が認められた. 血清Albについては分離給与では差がなく血清TPのみ低下したが、TMR給与ではAlbが上昇してもTPには差がなかった. 従って、分離給与ではグロブリンが絶対的に低下したのに対し、TMR給与ではグロブリン低下によるAlbの相対的な増加と推察された.

以上のように、分離給与では暑熱期にDMIと乳量が低下し、血液成分は13項目中8項目に変化がみられた. 一方、TMR給与では暑熱期でもDMIと乳量が低下せず、血液成分は4項目にのみ変化がみられた. 従って、暑熱による泌乳牛の血液成分の変化は飼料摂取状況や乳生産性が受けた影響によって異なることが示唆された.

本調査では分離給与とTMR給与で分娩後日数すなわち泌乳期と飼料構成（養分含量）が異なるため、暑熱ストレスの影響を給与法間で単純に比較することはできない. しかし、野外調査では乳量が多い牛ほど乳量低下が多く、暑熱ストレスを強く受ける [25] とされているのに対し、本調査では分離給与に比べ乳量の多いTMR給与で乳量低下が認められず、血液成分でも影響が認められた項目が分離給与より少なかった. これらのことから、TMR給与は分離給与に比べて暑熱ストレスを受けにくい給与シテムである可能性が推察された.

今後はMPTによって暑熱ストレスを評価するため、野外データの集積と解析による基準値の策定が必要である。

5. 引用文献

1. West JW : Effects of heat-stress on production in dairy cattle, *J. Dairy Sci*, 86, 2131-2144 (2003)
2. Payne JM, Payne S : プロファイルテストの構成成分, 代謝病のプロファイルテスト, 臼井和哉監修, 本好茂一 他共訳, 17-129, 学窓社, 東京 (1992)
3. 岡田啓司 : 代謝病プロファイルテストを基本とした栄養管理, 生産獣医療システム 乳牛編3, 全国家畜畜産物衛生指導協会, 7-65, 農山漁村文化協会, 東京 (2001)
4. Boots LR, et al. : Plasma glutamic-oxaloacetic and glutamic-pyruvic transaminase activities in lactating Holstein cattle. II. Some effects of environmental temperature, season, body weight, and age, *J. Dairy Sci*, 53, 1587-1591 (1970)
5. Roussel JD, et al. : Relationship of blood serum protein and protein fractions to milk constituents and temperature-season, *J. Dairy Sci*, 55, 1093-1096 (1972)
6. 久米新一, 他 : 乳牛の血清および牛乳中の主要ミネラル含量に及ぼす高温環境の影響, *日畜会報*, 60, 885-887 (1989)
7. Srikanthakumar A, Johnson EH : Effect of heat stress on milk production, rectal temperature, respiratory rate and blood chemistry in Holstein, Jersey and Australianmilking Zebu cows, *Tropical Animal Health and Production*, 36, 685-692 (2004)
8. 渡辺裕恭, 他 : 乳牛夏バテ症候群の実用的早期発見技術の開発と効果的対応技術の実証 1 暑熱環境への移行時期における泌乳牛の血液成分の変動, *徳島畜研報*, 1, 15-22 (2001)
9. Rowlands GJ, et al. : The effect of season on the composition of the blood of lactating and non-lactating cows as revealed from repeated metabolic profile tests on 24 dairy herds, *J. Agric. Sci. Camb*, 83, 27-35 (1974)
10. Shaffer L, et al. : Effects of age, temperature-season, and breed on blood characteristics of dairy cattle, *J. Dairy Sci*, 64, 62-70 (1981)
11. Abeni F, et al. : Metabolic condition of lactating Friesian cows during the hot season in the Po valley. 1. Blood indicators of heat stress, *Int Biometeorol*, 52, 87-96 (2007)
12. Calamari L, et al. : Metabolic condition of lactating Friesian cows during the hot season in the Po valley. 2. Blood mineral and acid-base chemistry, *Int Biometeorol*, 52, 97-107 (2007)
13. 農林水産省農林水産技術会議事務局 : 養分要求量 (I), 日本飼養標準 乳牛, 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 1999年版, 23-29, 中央畜産会, 東京 (1999)
14. Hahn GL : Dynamic responses of cattle to thermal heat loads, *J. Anim. Sci*, 77 (Suppl.2), 10-20 (1999)
15. Achmadi J, et al. : Metabolic heat production response to feeding and feed intake in heat-exposed sheep given a concentrate or roughage diet, *Anim. Sci. Technol. (Jan.)*, 65, 251-257 (1994)
16. West JW, et al. : Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows, *J. Dairy Sci*, 86, 232-242 (2003)
17. Rhoads ML, et al. : Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin, *J. Dairy Sci*, 92, 1986-1997 (2008)
18. 久米新一 : 泌乳牛のCaとP代謝に及ぼす高温環境の影響, *栄養生理研究会報*, 35, 37-51 (1991)
19. Manston R, et al. : The influence of dietary protein upon blood composition in dairy cows, *Vet. Rec*, 96, 497-502 (1975)
20. Kelley K, et al. : Effects of chronic heat and cold stressors on plasma immunoglobulin and mitogen-induced blastogenesis in calves, *J. Dairy Sci*, 65, 1514-1528 (1982)
21. Lee AJ, et al. : Blood metabolic profiles : Their use and relation to nutritional status of dairy cows, *J. Dairy Sci*, 61, 1652-1670 (1978)
22. Yang YT, et al. : Dietary lipid metabolism in lactating dairy cows, *J. Dairy Sci*, 61, 1400-1406 (1978)
23. West JW, et al. : Effects of dietary fiber on intake, milk yield, and digestion by lactating dairy cows during cool or hot, humid weather, *J. Dairy Sci*, 82, 2455-2465 (1999)
24. 生田健太郎, 他 : 泌乳牛における飼料給与法別および採取部位別第一胃液性状の経時的比較, *家畜臨床誌*, 26, 47-52 (2003)
25. 高田 修 : 乳牛にみられる暑熱ストレスの影響, *畜産の研究*, 44, 843-844 (1990)

Effects of heat stress on blood chemistry and hematological profiles in lactating dairy cows

K. Ikuta^{1)†}, K. Okada²⁾, S. Sato²⁾, J. Yasuda²⁾

1) *Awaji Agricultural Institute, Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Yagi Yougi-naka 560-1, Minamiawaji, Hyogo, 656-0442, Japan*

2) *Department of Clinical Veterinary Medicine, Faculty of Agriculture, Iwate University*

ABSTRACT Effects of heat stress on blood profiles, feed intake and lactation performance during the hot season were examined in 45 dairy cows, which were either on separate feeding or on total mixed rations (TMR). Feed intake, lactation performance and blood profiles were examined once a month over a year. Accumulated 277 data sets were analyzed separately for separate feeding and TMR feeding and compared between the hot season (June to September) and optimum temperature period. In the separate feeding group, 43 data sets were obtained during the hot season, and 81 during the optimum period. During the hot season, dry matter intake (DMI, $p<0.05$), metabolizable energy intake ($p<0.01$), milk yield ($p<0.01$), % milk fat ($p<0.05$), % milk protein ($p<0.001$), blood glucose ($p<0.001$), total cholesterol ($p<0.01$), phospholipids ($p<0.001$), hematocrit (Ht, $p<0.001$), total protein ($p<0.05$), calcium ($p<0.01$) and aspartate aminotransferase (AST, $p<0.05$) were significantly lower, and beta-lipoprotein (BL, $p<0.001$) was significantly higher compared to those during the optimum period. In the TMR group, 43 data sets were obtained during the hot season, and 110 during the optimum period. Although DMI and milk yield did not differ between the two seasons, % milk fat ($p<0.05$), % milk protein ($p<0.01$), Ht ($p<0.001$) and AST ($p<0.01$) were significantly lower, and BL ($p<0.001$) and albumin ($p<0.01$) were significantly higher during the hot season compared to those during the optimum period. Thus, changes in blood profiles were more frequently observed in cows on separate feeding than in those on TMR feeding. As the separate feeding system resulted in decreased DMI and milk yield during the hot season and TMR feeding did not, the effects of heat stress observed in blood profiles seem to be the results of altered feed intake and lactation performance.

—Key Words : blood profiles, cow, heat stress, separate feeding, total mixed rations

† Correspondence to : Kentaro Ikuta (Awaji Agricultural Institute, Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries)
Yagi Yougi-naka 560-1, Minamiawaji, Hyogo, 656-0442, Japan
TEL 0799-42-4880. FAX 0799-42-2990 E-mail : Kentarou_Ikuta@pref.hyogo.lg.jp

.....Jpn. J. Large Anim. Clin. 1(4): 190-196, 2010