

タイストール牛舎における完全混合飼料 (TMR) 給与法の 違いが生産効率に及ぼす影響

生田健太郎*・福尾憲久**・廣崎里麻*・篠倉和己*・小嶋 睦*・高田 修*

要 約

タイストール牛舎における効率的な完全混合飼料 (TMR) 給与法を検討するために、泌乳牛29頭 (初産14頭, 経産15頭) を供試し, 分娩後305日間の飼養試験を行った。供試 TMR は高 (H)・中 (M)・低 (L) 濃度の3水準とし, 試験区は泌乳期や乳量に応じて, H-TMR の自由採食から M-TMR の自由採食へ切り替える HM 区, M-TMR の自由採食から制限給飼, さらに乾草追給へと切り替える M 区, M-TMR の自由採食から L-TMR の制限給飼へ切り替える ML 区, L-TMR への補助濃厚飼料追給から L-TMR の制限給飼へ切り替える L 区の4区とした。

- (1) 乾物摂取量は4区とも20kg/日程度で有意差はなかった。
- (2) 試験期間中の実乳量と305日補正乳量に有意差はなかったが, 4%脂肪補正乳量/日 (HM区: 32.6kg, M区28.1kg, ML区30.4kg, L区27.9kg) ではHM区とM区またはL区との間に有意差が認められた。
- (3) 乳脂率に有意差はなかったが, 乳蛋白質率 (HM区3.22%, M区3.27%, ML区3.15%, L区3.33%) ではML区とL区との間に有意差が認められ, 無脂固形分率 (HM区8.82%, M区8.86%, ML区8.74%, L区8.96%) ではL区とHM区またはML区との間に有意差が認められた。
- (4) 乳生産1kg当たりの飼料費はM区 (36.0円) が他の3区 (33.6~34.7円) に比べやや高くなったが, 有意差は認められなかった。
- (5) 分娩後における体重とBCSの減少度はHM区が最も大きく, 回復も著しく遅れた。
- (6) 空胎日数 (HM区297日, M区125日, ML区110日, L区162日) ではHM区と他の3区との間に有意差が認められた。

産乳成績・飼料費・繁殖成績を総合的に考慮するとタイストール牛舎では, 中濃度と低濃度のTMRを乳量や泌乳期に応じて給与する方法 (ML区) が最も効率がよいと考えられた。

Effects of Feeding Methods Total Mixed Rations on the Production Efficiency of Dairy Cows in Tie Stall System

Kentarou IKUTA, Norihisa FUKUO, Rima HIROSAKI,
Kazumi SASAKURA, Mutumu KOKAMO and Osamu TAKATA

Summary

The effects of the strategy of feeding total mixed rations (TMR) on the production efficiency of dairy cows in tie stall system were examined. Fifteen multiparous and 14 primiparous cows were assigned randomly to one of four treatment groups with different feeding methods: HM offered high nutrient concentration TMR (H-TMR) from early to middle lactation, and medium nutrient concentration TMR (M-TMR) from middle to late lactation. M offered M-TMR in early lactation, restricted amount of M-TMR and added oat hay to M-TMR when the milk yield becomes lower than the basal line after middle lactation. ML offered M-TMR in early lactation and switching from M-TMR to low nutrient concentration TMR (L-TMR) when the milk yield becomes lower than the basal line. L added supplemental concentration to L-TMR in early lactation and stopped the addition of supplemental concentration when the milk yield became lower than the basal line.

after middle lactation.

The following results were obtained :

- (1) Dry matter intake and milk yield were almost the same for the four groups.
- (2) Milk fat percentage were not different between the treatment groups. Daily 4% fat corrected milk yield were higher at HM than the M or L treatment groups. Milk protein percentage was higher at L (3.33%) than ML (3.15%).
- (3) The cost of feed per milk production was highest at M, with mean values of : 33.6, 36.0, 33.6 and 34.7 (¥ /kg of milk) for respective treatment groups.
- (4) Reduction of body weight and body condition score in postpartum was greatest at HM group.
- (5) Open days were greatest at HM with mean values of : 297, 125, 110 and 162 for the respective treatment groups.

The sets of results suggest that the feeding method of the ML group is the best in tie stall system.

キーワード：タイストール牛舎, TMR, 養分調節, 泌乳期, 生産効率

緒 言

完全混合飼料 (Total mixed ration, 以下 TMR と呼ぶ) はルーメン発酵の安定性, 給飼作業の省力化等, 多くの利点を有し, ほとんどのフリーストール牛舎で取り入れられている¹⁾。現在, フリーストール牛舎では泌乳牛を一種類の TMR で飼養する一群 TMR が主流となっているが, 単一養分含量の飼料を自由採食させるため, 個体レベルでは高泌乳牛や初産牛での栄養不足と, 低泌乳牛や泌乳後期牛での栄養過多といったように, 乳量や泌乳期によって栄養の過不足が生じることは避けられない。

一方, タイストール牛舎でも TMR は普及しつつあり, 今後, 高泌乳牛群の飼養管理には不可欠な技術として定着していくものと考えられる。特に, タイストール牛舎では個体別給与であるため, 給与法を工夫することにより, 一群 TMR の欠点を補完した効率的な TMR による飼養管理が実現できる可能性がある。

そこで, タイストール牛舎で TMR を給与する場合の養分含量と乳量や泌乳期に応じた養分調節法について, 一乳期を通じた飼養試験により検討した。

材料及び方法

1 供試牛, 供試飼料および試験区分

各試験区の供試頭数と給与法を Table 1 に示した。

試験にはホルスタイン種雌牛29頭 (初産牛14頭, 経産牛15頭) を供試し, 各試験区に7~8頭配置した。

各供試牛の試験期間は分娩後305日間とした。試験区を設定するにあたり, 分娩後日数により, 泌乳期を3期に区分した。すなわち, 分娩後100日までを前期, 101~200日を中期, 201~305日を後期とした。

供試飼料の飼料構成と養分含量および飼料単価を Table 2 に示した。供試 TMR は養分含量により高・中

・低の3水準 (以下順に H-TMR・M-TMR・L-TMR と呼ぶ) とした。この他に追給飼料として, 自家配合の補助濃厚飼料 (以下サプリメントと呼ぶ) とエンバク乾草 (以下乾草と呼ぶ) を用いた。

試験区は泌乳期に応じて, 給与する TMR, 制限給飼の有無, サプリメントや乾草の追給の組み合わせにより4区設定した (Table 1)。すなわち, HM 区は前期から中期にかけて H-TMR を, 中期から後期にかけて M-TMR をそれぞれ自由採食させた。M 区は前期は M-TMR を自由採食させ, 中期以降 M-TMR を制限給飼し, 基準乳量 (初産25kg/日, 経産35kg/日) を下回った時点で乾草を追給した。ML 区は前期に M-TMR を自由採食させ, 中期以降 M-TMR を制限給飼し, 基準乳量 (前述) を下回った時点で L-TMR を制限給飼した。L 区は前期に L-TMR にサプリメントを追給し, 中期以降基準乳量 (初産30kg/日, 経産35kg/日) を下回った時点でサプリメントの追給を中止し, L-TMR を制限給飼した。

2 飼養管理状況

供試牛はニューヨーク式タイストール牛舎にて繋養し, 朝は8時30分から給飼と搾乳を行い, 夕方は16時に給飼し, 17時30分から搾乳した。

水と鉱塩 (全薬工業 KK) は自由摂取させた。

3 調査の項目と方法

(1) 飼料摂取状況

供試飼料は各単品毎に DHIA ラボ (NEW YORK, USA) または全国酪農協同組合関西飼料工場に分析を依頼し, その分析値に基づいて飼料設計を行った。

なお, 自給粗飼料 (トウモロコシまたはイタリアンライグラスのサイレージ) と購入乾草については種類やロット等の変更がある度に分析を依頼した。

飼料費は試験期間中における各飼料の平均価格で計

Table 1. Experimental design of feeding trial.

	Treatment groups			
	HM	M	ML	L
Number of cows				
Primiparous	4	2	4	4
Multiparous	4	5	3	3
TMR offered and methods of nutritional control in each lactation stage				
Early	H-TMR <i>a.l.</i>	M-TMR <i>a.l.</i>	M-TMR <i>a.l.</i>	L-TMR R + C (all cows)
Mid	H or M-TMR <i>a.l.</i>	M-TMR R + Hay ¹⁾	M-TMR R	L-TMR R + C ²⁾
Late	M-TMR <i>a.l.</i>	M-TMR R + Hay ¹⁾	L-TMR R	L-TMR R + C ²⁾

a.l. : *ad libitum*, R : Restriction

1) + Hay: Supplementation of oats hay to the cows which yield under 25kg/day milk for primiparous and 35kg/day milk for multiparous

2) + C: Supplementation of energy supplement custom mix to the cows which yield above 30kg/day milk for primiparous and 35kg/day milk for multiparous

Table 2. Ingredient and nutrient composition of experimental diets.

Ingredient (% of DM)	TMR			Energy Supplement	
	H-TMR	M-TMR	L-TMR	Custom mix	Oats hay
Corn silage	11.1	18.7	21.3		
Beet pulp	11.4	12.5	14.2		
Alfalfa hay cube	10.8	11.9	13.4		
Timothy hay	13.3	8.3	9.5		
Corn grain mix ¹⁾	29.1	23.5	22.2		
Barley grain		8.9	9.1	13.9	
Soybean meal	9.3	7.3	5.5	28.0	
Corn gluten feed	5.4				
Cottonseed whole lint	3.8	4.1	2.4	17.0	
Energy supplement ²⁾		0.9		26.8	
Extruded soybean	1.9			14.2	
Corn gluten meal		1.2	0.5		
Fish meal		1.3	0.5		
Limestone	0.4	0.5	0.5		
Ca/P	0.3	0.4	0.4		
Salt	0.2	0.3	0.3		
Vitamin mineral premix ³⁾	0.2	0.3	0.3		
Nutrient					
DM (%)	60	60	60	90	88-90
TDN (% DM)	74	73	72	90	54-60
CP (% DM)	18	16	14	33	3-6
NDF (% DM)	31	33	35	18	62-70
Cost/DM kg (¥)	48	48	46	71	42 (37-47)
Cost/As-fed kg (¥)	29	29	28	63	47 (41-52)

(1) Consisted of 43% flaked corn, 43% ground corn, 4% hominy feed, 4% barley bran, 3% rapeseed meal, 2% molasses, 1% limestone as fed based.

(2) Contained, 144% TDN, 7.6% CP, and 11.9% NDF

(3) Composition/kg: 5,000,000IU vitamin A, 1,000,000IU vitamin D3, 1,500IU vitamin E, 2,000mg vitamin B1, 300mg vitamin B2, 3,000mg vitamin B6, 1 mg vitamin B12, 10,000mg Calcium pantothenate, 100,000mg niacin, 30,000mg choline chloride, 3,000mg Fe, 3,600mg Cu, 12,000mg Zn, 14,400mg Mn, 36mg Co, 216mg I, 1 mg biotin

DM : Dry matter; TDN : Total digestible nutrients, CP : Crude protein, NDF : Neutral detergent fiber

算し、自給飼料については当所の試算により、原物kg当たり40円とした。

飼料摂取量は毎週3日間調査した。この値と飼料成分値を基に、分娩から1か月単位で各個体毎の平均乳量・乳脂率・体重から算出される日本飼養標準¹⁹⁾の養分要求量に対する充足率を計算し、泌乳期毎に平均した。

(2) 産乳成績と飼料費

乳量は毎日朝夕2回の搾乳毎にミルクメーター(TRU-TEST)で計測した。

乳成分率は毎月の牛群検定時に兵庫県酪農農業協同組合連合会淡路生乳検査所の多成分赤外線分析装置(SYS-4000:Foss)で分析した。また、4%脂肪補正乳量は牛群検定日の乳量から月毎に算出した後、泌乳期毎に平均した。

乳生産1kg当たりの飼料費は、各試験区の給与方針に基づき、各個体に対して実際に給与した原物量に平均原物単価を乗じ、試験期間全体で総計した金額を試験期間中の実乳量で除した。また、乳代に占める飼料費の割合は平均乳価を90円/kgとして計算した。

(3) 繁殖成績

分娩後初回授精までの日数、空胎日数および授精回数等を調査した。

(4) 体重とボディコンディションスコア

体重とボディコンディションスコア(以下BCSと呼ぶ)は毎月1回調査した。体重は牛衡器で実測し、BCSはEdmonsonら²⁰⁾の方法に基づいて評価した。

(5) ルーメン液と血液の性状

ルーメン液と血液は分娩後50日目(前期)、150日目(中期)及び250日目(後期)の採食から4時間後に採材した。

ルーメン液は経口カテーテル(ルミナー:富士平工業KK)を用いて300ml以上採取し、直ちにpHを測定した。アンモニア態窒素濃度は四重ガーゼで濾過した胃液を凍結保存し、水蒸気蒸留法(ケルテック:アクタック)にて測定した。揮発性脂肪酸(以下VFAと呼ぶ)は、濾過胃液2.5mlを24%メタリン酸0.5mlと混和、1晩放置し、冷却遠心(3000rpm,30分)によって得られた上清液を検体とした。検体は凍結保存し、ガスクロマトグラフ(HITACHI163:日立製作所)で測定した。

血液は頸静脈からプレイン真空採血管で採血し、ヘマトクリット(以下Htと呼ぶ)管に一部吸引後、冷却遠心にて血清を分離し、総蛋白質(以下TPと呼ぶ)を屈折計で測定後、当日中に血液自動分析装置(富士

ドライケム:富士写真フイルムKK)にて尿素態窒素、血糖、総コレステロール(以下順にBUN, Glu, Tchoと呼ぶ)を測定した。

4 統計処理の方法

分散分析により試験区間における平均値の差を検定し、有意差が認められた場合は、Scheffeの方法²¹⁾で多重比較を行った。

但し、ルーメン液と血液は異なる試験区であっても泌乳期によっては同一のTMRが給与されている場合があるため、給与パターンによって区分し、比較した。

結 果

1 飼料摂取状況

乾物摂取量と日本飼養標準¹⁹⁾に対する可消化養分総量(以下TDNと呼ぶ)および粗蛋白質(以下CPと呼ぶ)の充足率を泌乳期別にTable3に示した。

HM区の乾物摂取量は全泌乳期を通じて約20kg/日程度であった。一方、M区・ML区・L区の前・中期における乾物摂取量も約20kg/日程度であったが、後期は制限給飼の影響で19kg/日以下に低下した。しかし、いずれの泌乳期においても試験区間に有意差はなかった。

TDN充足率では各区の平均値において80%以下の著しい不足はないものの、HM区の後期を除いて100%以上になることはなかった。前期ではM区とL区がHM区とML区に比べ高い傾向を示し、M区とHM区またはML区との間に有意差が認められた。中期でも前期と同様の傾向を示したが試験区間に有意差は認められなかった。後期では逆にHM区とML区がM区とL区に比べ高い傾向を示し、HM区と他の3区との間にそれぞれ有意差が認められた。試験期間全体の平均ではHM区が他の3区に比べやや高かったが有意差は認められなかった。

CP充足率ではM区の後期を除いて90%以上であり、HM区は全泌乳期を通じて100%以下にならなかった。前期ではM区が最も高く、ML区との間に有意差が認められた。中期ではHM区が最も高く、ML区との間に有意差が認められた。後期でもHM区が最も高く、他の3区との間にそれぞれ有意差が認められた他、ML区と最も低かったM区との間にも有意差が認められた。試験期間全体の平均でもHM区が最も高く、他の3区との間にそれぞれ有意差が認められた。

2 産乳成績と飼料費

産乳成績と飼料費をTable4に示した。

各区とも試験期間である分娩後305日以前に乾乳せざるを得ない個体があったため、平均搾乳日数は300日程

Table 3. Dry matter intake and nutritional sufficiency rate of each lactation stage¹⁾.

Item	Treatment groups				Significant ²⁾
	HM	M	ML	L	
Dry matter intake (kg/day)					
Early	21.2± 2.2	20.8± 3.4	19.7±4.7	20.3± 4.9	
Mid	19.7± 2.4	20.8± 3.2	19.2±4.0	20.2± 5.3	
Late	21.3± 3.3	17.0± 3.8	18.6±3.7	17.3± 2.9	
Total of 305 d	20.7± 2.4	19.5± 3.3	19.2±3.8	19.2± 4.2	
TDN sufficiency rate (%)					
Early	84.4±10.5	96.5± 8.6	85.5±13.9	93.2±10.8	HM vs M: **, M vs ML: *
Mid	88.8± 6.5	91.2± 8.1	86.0± 8.9	92.2±12.5	
Late	108.7±19.6	86.0±11.8	96.6±16.9	88.2± 9.2	HM vs (M, L): **, HM vs ML: *
Total of 305 d	95.2±17.7	90.8±10.6	89.9±14.4	91.0±10.9	
CP sufficiency rate (%)					
Early	101.7±14.0	106.0±10.5	93.3±15.1	97.3±11.4	M vs ML: *
Mid	102.2± 9.1	96.0±11.2	92.7± 9.8	93.2±13.2	HM vs ML: *
Late	122.8±22.9	84.8±15.4	101.3±16.2	90.0± 9.0	HM vs (M, ML, L): **, M vs ML: **
Total of 305 d	110.1±19.7	94.7±15.4	96.2±14.5	93.4±11.5	HM vs (M, ML, L): **

(1) Means±Standard deviation

(2) * : P<0.05, ** : P<0.01

TDN : total digestible nutrients, CP : crude protein, Sufficiency rate = intake/requirement×100.

度となったが、試験区間に有意差はなかった。

試験期間中の実乳量と305日補正乳量ではHM区が最も多く、M区とML区がこれに続き、L区が最も少ない傾向を示したが有意差はなかった。平均日乳量は泌乳期によって試験区の順位が入れ替わったが有意差はなかった。4%脂肪補正乳量/日は泌乳期毎の比較では有意差はなかったが、

試験期間全体の平均ではHM区が最も多く、M区またはL区との間に有意差が認められた。

乳脂率は、いずれの泌乳期においても試験区間に有意差はなかった。乳蛋白質率は、前期では各区間に大差なかったが、中期ではM区とL区がそれぞれHM区とML区に対して有意に高く、後期と試験期間全体の平均ではL区がML区に対して有意に高かった。無脂固形分率は、中期と試験期間全体の平均で乳蛋白質率の場合とほぼ同様の有意差が認められた。

乳生産1kg当たりの飼料費と乳代に占める飼料費の割合は、HM区とML区はほぼ等しく、L区はこれらよりわずかに高く、M区が最も高かったが、試験区間に有意差はなかった。

3 体重およびBCSの推移

分娩時を基準(ゼロ点)とした体重とBCSの推移をFig. 1とFig. 2に示した。

体重とBCSともにほぼ類似した推移を示し、分娩後の低下度はHM区>ML区>L区>M区の順に大きく、逆に、回復はM区>L区>ML区>HM区の順に早かった。

4 繁殖成績

分娩後初回授精までの日数、空胎日数および受胎までに要した授精回数をTable 5に示した。

分娩後初回授精までの日数では、試験区間に有意差はないものの、HM区で126日と他の3区が100日以内であったのに比べ遅れた。

授精回数もHM区が最も多く、M区またはML区との間に有意差が認められた。

空胎日数もHM区が最も多く、他の3区との間にそれぞれ有意差が認められた。

5 ルーメン液と血液の性状

給与パターン別のルーメン液と血液の性状をTable 6に示した。

(1) ルーメン液

pHと総VFA濃度では各給与パターン間に有意差はなく、いずれも正常範囲内であった。

アンモニア態窒素濃度はH-TMR単独が最も高く、M-TMR+乾草との間に有意差が認められた。

酢酸モル比率では、M-TMR+乾草が最も高く、H-

Table 4. Performance of milk production and feed cost of milk production 1)

Item	Treatment groups							
	HM		M		ML		L	
Days of milking (day)	302	± 9.2	297	± 14.4	289	± 18.7	300	± 8.3
Milk yield								
Total of experimental period (kg)	9888	± 1948	8801	± 2214	9078	± 2352	8707	± 2275
305 d corrected from DHI test (kg)	11004	± 1493	9768	± 2052	10292	± 2303	9621	± 1445
Days average (kg/day)								
Early	40.3	± 9.1	34.5	± 9.3	36.1	± 9.3	33.6	± 9.1
Mid	31.8	± 5.7	31.0	± 8.5	32.2	± 9.1	29.5	± 8.9
Late	26.1	± 4.6	23.2	± 5.6	25.2	± 7.2	23.9	± 5.1
Total	32.7	± 6.2	29.7	± 7.7	31.6	± 8.5	29.0	± 7.4
Fat corrected milk yield (kg/day)								
Early	40.4	± 10.8	32.2	± 7.7	35.8	± 9.7	32.5	± 8.6
Mid	31.6	± 7.5	30.6	± 7.1	30.8	± 7.4	28.3	± 6.2
Late	26.8	± 5.6	23.1	± 6.3	25.5	± 7.1	23.5	± 4.4
Total	32.6 a	± 9.9	28.1 b	± 8.0	30.4	± 9.0	27.9 b	± 7.4
Milk composition (%)								
Fat								
Early	3.82	± 0.72	3.63	± 0.65	3.71	± 0.39	3.68	± 0.73
Mid	3.67	± 0.41	3.93	± 0.73	3.75	± 0.39	4.10	± 0.83
Late	3.95	± 0.54	4.14	± 0.56	3.97	± 0.47	4.21	± 0.87
Total	3.83	± 0.57	3.93	± 0.67	3.81	± 0.43	4.01	± 0.83
Protein								
Early	3.04	± 0.19	3.03	± 0.24	3.04	± 0.16	3.06	± 0.20
Mid	3.09 c	± 0.19	3.33 d	± 0.14	3.10 c	± 0.16	3.35 d	± 0.23
Late	3.48	± 0.30	3.40	± 0.14	3.31 a	± 0.23	3.55 b	± 0.27
Total	3.22	± 0.31	3.27	± 0.23	3.15 c	± 0.22	3.33 d	± 0.31
Solids not fat (SNF)								
Early	8.69	± 0.20	8.70	± 0.31	8.67	± 0.15	8.77	± 0.33
Mid	8.71 ac	± 0.22	8.94 b	± 0.18	8.70 ac	± 0.21	8.99 d	± 0.26
Late	9.00	± 0.31	8.92	± 0.19	8.83	± 0.43	9.10	± 0.38
Total	8.82 a	± 0.29	8.86	± 0.25	8.74 c	± 0.30	8.96 bd	± 0.36
Feed cost of milk production (¥/as fed kg)	33.6	± 0.8	36.0	± 2.9	33.6	± 1.1	34.7	± 0.6
Ratio of feed cost in milk profit ²⁾ (%)	37.3	± 0.9	40.0	± 3.2	37.4	± 1.3	38.6	± 0.6

(1) Means ± Standard deviation, ab: P<0.05, cd: P<0.01

(2) The milk profit was estimated at ¥90/kg.

Table 5. Reproductive performance¹⁾

Item	Treatment groups							
	HM		M		ML		L	
Days to first AI	126	± 55	78	± 30	90	± 30	95	± 34
Times of AI	4.9 ac	± 2.3	2.0 d	± 1.2	1.3 b	± 0.5	2.4	± 1.7
Open days	297	ac ± 100	125	b ± 54	110	b ± 59	162	d ± 92

(1) Means ± Standard deviation, ab : P<0.05, cd : P<0.01

AI : artificial insemination

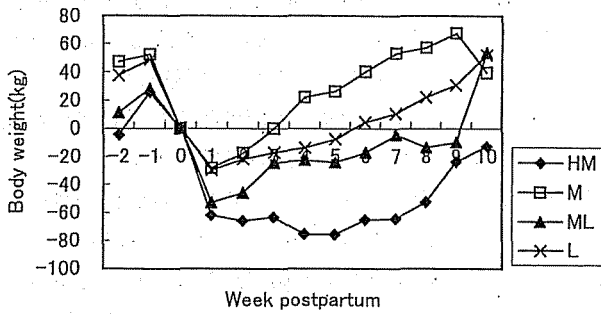


Fig. 1. The difference in body weight between at the parturition and the another week of postpartum.

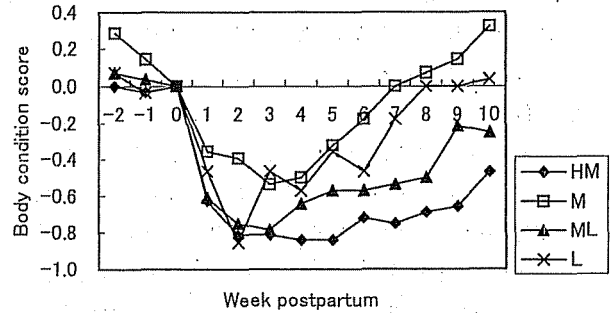


Fig. 2. The difference in body condition score(BCS) between at the parturition and the another week of postpartum..

Table 6. Characteristic of rumen fluid and blood metabolites¹⁾

Item	Pattern of feeding control ²⁾					Significant ³⁾
	H	M	M+Hay	L+S	L	
Number of sample	10	42	7	10	18	
Characteristic of rumen fluid						
pH	6.33± 0.21	6.45± 0.10	6.53± 0.12	6.37± 0.13	6.34±0.25	
Ammonium N (mg/dl)	9.08± 2.27	6.77± 2.05	5.49± 1.54	7.12± 2.56	6.86±2.78	H vs M+Hay: *
Total VFA (mmol/dl)	9.22± 1.16	9.79± 1.20	8.99± 1.26	9.79± 1.56	10.06±2.21	
Rate of mole (%)						
Acetic acid	61.7 ± 3.4	64.9 ± 3.1	71.5 ± 1.4	66.1 ± 3.3	69.2 ±2.7	H vs (L+S,L): * M vs L: ** M+Hay vs (H,M): ** M+Hay vs L+S: *
Propionic acid	25.2 ± 3.8	22.4 ± 3.0	16.7 ± 1.3	22.2 ± 3.6	17.9 ±1.6	M+Hay vs (H,M,L+S): ** L vs (H,M,L+S): **
Butyric acid	10.6 ± 1.3	10.6 ± 1.4	10.2 ± 0.5	9.9 ± 1.9	11.0 ±1.6	
A/P ratio	2.52± 0.57	2.97 ±0.53	4.29± 0.40	3.07± 0.60	3.19±0.47	M+Hay vs (H,M,L+S): ** L vs (H,M,L+S): **
Blood Metabolites						
Ht (%)	31.2 ± 2.4	30.6 ± 2.7	33.0 ± 1.2	29.9 ± 2.8	28.7 ±1.9	(H,M+Hay) vs L: *
TP (g/dl)	7.82± 0.32	7.65± 0.37	7.54± 0.24	7.57± 0.46	7.32 ±0.30	(H,M) vs L: *
BUN (mg/dl)	17.4 ± 2.9	13.8 ± 3.1	13.6 ± 3.71	4.3 ± 3.6	12.0 ±2.6	H vs (M,L): *
Glu (mg/dl)	63.8 ± 5.5	64.4 ± 8.0	59.9 ± 5.2	59.7 ± 4.7	62.2 ±5.3	
Tcho (mg/dl)	228 ±38.4	234 ±51.2	201 ±32.3	207 ±60.1	193 ±62.4	

(1) Means±Standard deviation

(2) H : Offered H-TMR alone, M : Offered M-TMR alone, M+Hay : Offered M-TMR with oats Hay, L+S : Offered L-TMR with supplemental concentration mix, L : Offered L-TMR alone

(3) * : P<0.05, ** : P<0.01

VFA : Volatile fatty acid, Ht : Hematocrit, TP : Total protein, BUN : Blood urea nitrogen, Glu : Glucose, Tcho : Total cholesterol

TMR 単独, M-TMR 単独, L-TMR+サプリメントとの間にそれぞれ有意差が認められた。また, H-TMR 単独と L-TMR+サプリメントとの間にも有意差が認められた。プロピオン酸モル比率では H-TMR 単独が最も高く, M-TMR+乾草, L-TMR 単独との

間にそれぞれ有意差が認められた。また, M-TMR 単独と M-TMR+乾草または L-TMR 単独との間にそれぞれ有意差が認められた。さらに, L-TMR+サプリメントと M-TMR+乾草または L-TMR との間にも有意差が認められた。酪酸モル比率では給与パターン間

に有意差は認められなかった。酢酸/プロピオン酸比ではプロピオン酸モル比率の場合と同様の試験区間で有意差が認められた。

(2) 血液

Ht 値は L-TMR 単独が最も低く、H-TMR 単独または M-TMR + 乾草との間に有意差が認められた。

TP 値も L-TMR 単独が最も低く、H-TMR 単独または M-TMR 単独との間に有意差が認められた。

BUN 値は H-TMR が最も高く、M-TMR 単独または L-TMR 単独との間に有意差が認められた。Glu 値と Tcho 値は各給与パターン間に有意差はなかった。

考 察

わが国における TMR の研究は1980年代に始まり^{6, 7)}、その乾物摂取量や養分含量および乳生産性についてはこれまでに多くの報告^{1, 6-12, 18, 20)}がある。しかし、TMR に関する試験をタイストール牛舎で実施したものがあっても、個別給与に対応した TMR 給与法という観点から検討した報告はない。

TMR は本来、フリーストール牛舎のような群管理を目的とした飼養技術であり、「家畜の要求するすべての飼料成分をバランスよく配合したもので、家畜がそれらの構成成分をより分けて摂取できないほど十分混合され、目的とする栄養水準に合わせて作られ、不断給飼されるものである」という定義¹⁹⁾からすると制限給飼や TMR 以外の飼料を追給するといったことは TMR の利点を損なうため、正しくないとされている。

しかし、一群 TMR 飼養では高泌乳牛や泌乳前期牛の栄養不足が避けがたい問題であり、逆に休息場所と採食場所が同じであるタイストール牛舎で TMR を不断給飼(自由採食)した場合、牛は伏臥した状態でも採食可能であるため低泌乳牛や泌乳後期牛では栄養過多となり易い。また、不断給飼に伴って残飼が多くなると飼槽清掃の手間や飼料費のロスといった問題も生じる。従って、タイストール牛舎ではフリーストール牛舎とは異なった TMR 給与法を確立する必要がある。

通常、泌乳牛では分娩後の乳量増加に遅れて乾物摂取量が増加するため、泌乳前期では養分不足を来しやすく、逆に中期以降になると乳量が下降していくため、養分過剰になりやすい。そのため、フリーストール牛舎においても飼養効率面からは2水準の TMR を調製し、それらを給与するための泌乳能力による群分け方法や切り替え時期等が検討されている^{14, 20)}。本試験ではタイストール牛舎における個別給与の利点を活かし、泌乳期の進行に伴う養分収支の変化に適切に対応できる給与方法を

TMR の養分含量(高・中・低濃度)と給与量(自由採食または制限給飼)および追給飼料(乾草またはサプリメント)の組み合わせから考案し、4試験区とした。

乾物摂取量は本来は初産牛と経産牛とに分けて比較検討すべき²⁰⁾であるが、今回は供試頭数が少ないため、分けて各区の平均で比較した。さらに、HM 区以外の区では泌乳中後期に制限給飼を行ったため、既報^{1, 9-11)}における経産牛の値よりやや低値(約20kg/日)であったが、Maltz ら¹⁰⁾の報告にある牛群全体の値とは一致した。また、TMR の給与量自体が乾物摂取量にも影響することが報告¹¹⁾されていることから、制限給飼においても各個体への給与量は体重当たり乳量¹⁰⁾や BCS²⁰⁾も考慮して決定するシステムが今後必要と考えられる。

養分充足率は全体的に蛋白質(CP)に比べエネルギー(TDN)が低かった。これは今回調製した3水準の TMR では TDN 含量の差が小さかったこと、制限給飼における給与量の決定基準として、蛋白質過剰防止を優先的に考慮し、当該乳量に対する CP 要求量の100%充足を上限としたためと考えられる。さらに、牛床への引き込みや飲水による浸漬の影響で制限給飼下でも残飼が生じたため、自由採食状態であった HM 区と M 区の前期以外では ML 区の後期を除いて CP 充足率も100%以上にならなかったと考えられる。

乳量は TMR のみを給与した HM 区と ML 区が TMR 以外の飼料を追給した M 区と L 区に比べ高い傾向を示したが、統計的には有意な差ではなかった。これは供試 TMR の TDN 含量の差が小さく、乾物摂取量にも有意な差がなかったためと考えられる。しかし、高 CP 含量の TMR を自由採食させた HM 区では、最高乳量が経産牛で60kg/日、初産牛で45kg/日を越える個体がそれぞれ2頭ずつ存在した。これらの個体では仮に H-TMR を可食限界まで摂取したとしてもエネルギーを充足できない。実際、乾物摂取量には差がなく、前述のように TDN 含量の差も小さかったため、HM 区の前期における TDN 充足率が有意に低下したと考えられる。このような負のエネルギーバランスを反映^{13, 20)}して HM 区の分娩後における体重と BCS は大きく低下し、回復も著しく遅れたと考えられる。さらに、HM 区のルーメン液アンモニア態窒素濃度や BUN 値が有意に高かったことから、ルーメンに供給されたエネルギーに対し、相対的な蛋白質過剰状態にあり、ルーメン内で発生した余剰アンモニア処理のためエネルギーロスと肝機能への負担^{16, 20, 21)}が増大したと考えられる。これらの状況はいずれも繁殖性に悪影響を及ぼす^{2, 4, 5, 13, 15)}とされており、最終的に空胎日数の著しい延長につながったものと考えられる。

逆にL区では、蛋白質代謝関連の血液成分値が有意に低値を示しており、低蛋白飼養によって乳量が他の区より低下した可能性がある。Spahrら²⁰⁾によると低泌乳牛は早い時期に泌乳よりも増体へと養分配分をシフトするため、中濃度TMRへ切り替えても乳生産には影響しないが、高能力牛では早い時期に中濃度へ切り替えると乳量が低下するとしている。

乳脂率はM区とL区がやや高い傾向を示した。これは、M区では中期以降の乾草追給により、L区ではTMR自体の飼料構成により、それぞれ繊維含量が多く、ルーメン液中の酢酸濃度が有意に高まったことによると考えられる。また、L区では乳蛋白質率や無脂固形分率も有意に高かったが、低蛋白飼養によって、乳量が低かったことに加え、BUN値も泌乳牛としては下限値に近いことから、余剰アンモニア処理のためのエネルギーロスが少なく^{16, 20)}、乳蛋白質合成へまわるエネルギーが多かったことが影響していると考えられる。

飼料費は有意ではないがTMRに乾草や濃厚飼料の追給を行ったM区とL区で高くなる傾向が認められた。粗飼料や単味飼料の単価は、ある程度の品質以上のものであれば、むしろ市販配合飼料よりも高くなる。従って、乾草や高濃度の自家配合飼料を追給して、乾物給与量や養分含量の調整を図った場合、必然的に飼料費は上昇するものと考えられる。

以上の結果から、タイストール牛舎で泌乳期を通して高～中濃度のTMRを自由採食させた場合(HM区)、乳量は高くなるが、繁殖成績が低下する。中濃度のTMRに乾草を追給した場合(M区)、飼料費がやや高くなる。低濃度のTMRにサプリメントを追給した場合(L区)、乳成分率は高くなるが乳量は低くなる。従って、乳生産性、飼料費、繁殖性を総合的に考慮するとタイストール牛舎では、中濃度と低濃度のTMRを乳量や泌乳期に応じて給与する方法(ML区)が最も効率がよいと考えられる。しかし、この方法はTMR調製や給飼作業が煩雑になるため、省力化に重点をおく場合は、乾草やサプリメント追給の手間を最小限とするため、泌乳能力が比較的高い牛群ではM区、低い牛群ではL区の方法も選択すればよいと考えられる。

TMRは高泌乳化と大規模化を可能にする給与システムではあるが、本試験のHM区のように養分バランスが悪かったり、養分含量が牛群能力とマッチしていないとマイナス面もみられる。従って、実際のTMR飼養においては、まず、牛群検定等を活用し、牛群能力の現状を正確に把握し、それに応じた適正な養分含量と養分バランスでTMRを設計し、さらに、乳成分・繁殖状況・

BCS等から栄養状態をモニターしながら、臨機応変に修正を加えていくシステムの確立が必要であると考えられる。

引用文献

- (1) 東井滋能・戸川博行・椿 昇(1995)：分娩前後同一TMRによる高泌乳牛の飼養技術の検討：京都畜研試験研究成績 35, 14-25
- (2) Butler W. R. and Smith R.D. (1989)：Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle：J. Dairy Sci. 72, 767-783
- (3) Edmonson, A. D., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farver and G. Webster (1989)：A body condition scoring chart for Holstein dairy cows：J. Dairy Sci. 72, 68-78
- (4) Ferguson J. D. and W. Chalupa (1989)：Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows：J. Dairy Sci. 72, 746-766
- (5) Gaines J. (1989)：The relationship between nutrition and fertility in dairy herds：Vet. Med., 997-1002
- (6) 原田英雄・直江俊郎・神谷勝則・小林 又(1982)：乳牛の自由採食飼養法に関する研究(第1報)：愛知農総試研報 14, 328-333
- (7) 原田英雄・直江俊郎・神谷勝則・小林 又(1982)：乳牛の自由採食飼養法に関する研究(第2報)：愛知農総試研報 14, 328-333
- (8) 早坂貴代史・宮谷内留行・宮本 進・荒井輝男・鷹取雅仁・田中 慧・佐々木久仁雄・三浦祐輔(1988)：夏と冬場における混合飼料給与による高泌乳牛(泌乳前期)の乾物・養分摂取量とみかけの消化率：日畜会報 59, 763-772
- (9) 早坂貴代史・宮谷内留行・宮本 進・荒井輝男・鷹取雅仁・田中 慧・佐々木久仁雄・三浦祐輔(1988)：混合飼料給与による泌乳前期のホルスタイン種乳牛の乾物摂取量：日畜会報 60, 419-426
- (10) 早坂貴代史・田鎖直澄・山岸規昭(1989)：混合飼料給与時における泌乳前期牛の乾物摂取量推定式の検証：日畜会報 61, 366-367
- (11) 早坂貴代史・田鎖直澄・山岸規昭(1990)：混合飼料給与量が泌乳牛の採食に及ぼす影響：日畜会報 61, 1070-1076
- (12) 早坂貴代史・田鎖直澄・山岸規昭(1990)：混合飼料(TMR)の給与回数が泌乳牛の採食行動に及ぼす影響：日畜会報 62, 692-694

- (13) 檜垣繁光 抄訳(1989): 乳牛におけるボディコンディションによる乳量および繁殖への影響: 家畜診療 307, 49-57
- (14) Maltz E., S. de Vir, O. Kroll, B. Zur, S. L. Spahr and R. D. Sanks: Comparativeresponses of lactating cows to total mixed rations or computerized individual concentrates feeding: J. Dairy Sci. 75, 1588-1603
- (15) 森 一司・西出 修・谷 文明・内田嘉彦・出馬昇(1988): ボディコンディションと受胎成績について: 家畜診療, 300, 33-38
- (16) 中村良一・米村寿男・須藤恒二(1973): 牛の臨床検査法(農山漁村文化協会)
- (17) 農林水産省農林水産技術会議事務局(1999): 日本飼養標準乳牛(中央畜産会)
- (18) 佐藤正三(1998): TMRの応用と牛群管理(酪農総合研究所) 23, 25-30, 43
- (19) 新出昭吾・山木康嗣・藤川修治(1999): 粗濃比の異なるTMRの給与下におけるTMR構成飼料原料の第一胃内粗蛋白質分解速度: 広島県畜産技術センター研報 12, 6-14
- (20) 新出昭吾・荒尾義隆・藤川修治(1999): 粗濃比の異なるTMR給与が乳蛋白質率に及ぼす影響: 広島県畜産技術センター研報 12, 25-35
- (21) Spahr, S. L., R. D. Shanks, and G. C. McCoy, E. Maltz, O. Kroll(1993): Lactation potential as a criterion for strategy of feeding total mixed rations to dairy cows: J. Dairy Sci. 76, 2723-2735
- (22) 山田恭嗣・中尾敏彦・園中 篤・南 繁・宮乃正章・中尾 茂・森好政晴・河田啓一郎(1994): 乳牛の栄養状態と周産期疾病および受胎成績: 日獣会誌 47, 322-326
- (23) 柳井久江(1998): 4 Steps エクセル統計(星雲社) 154-155
- (24) 全国家畜畜産物衛生指導協会(1998): 生産獣医療システム乳牛編2(農山漁村文化協会) 17-31