

物理性を高めた完全混合飼料の非繊維性炭水化物含量が乳牛の第一胃液性状、血液成分及び乳生産に及ぼす影響

生田 健太郎*・石川 翔*・山口悦司**

要 約

高泌乳牛のエネルギー要求量を安全かつ効率的に充足するため、完全混合飼料に混合する乾草には粗剛なものを用い、切断長を長めに調製したうえで、非繊維性炭水化物含量を対照区の乾物中37.8%に対し、試験区は44.2%に高めた。泌乳前期の乳牛10頭を供試し、一期14日間のクロスオーバー法による飼養試験で栄養生理状態や乳生産に及ぼす影響を検討したところ、以下に示す結果が得られた。

- 1 乾物摂取量、体重及び日増体量は両区間に差はなかった。
- 2 第一胃液性状では、pHと総揮発性脂肪酸濃度は飼料給与の前後とも両区間に差はなかった。飼料給与前における試験区の酢酸割合が有意に低く、酪酸割合が高い傾向を示した。飼料給与後における試験区のアンモニア態窒素濃度、酢酸割合及び酢酸/プロピオン酸比が有意に低く、プロピオン酸割合と酪酸割合が高い傾向を示した。
- 3 血液成分は試験区の尿素窒素が有意に低かった。
- 4 乳生産成績は、乳量では試験区が多い傾向を示し、乳成分では試験区の乳中尿素窒素が有意に低く、乳糖率が高い傾向を示した。

以上の結果より、物理性を高めたうえで、非繊維性炭水化物含量を高めた完全混合飼料を乳牛に給与することにより、第一胃液pHを低下させずに第一胃内発酵パターンがエネルギー効率の高いプロピオン酸型となり、乳生産が向上する可能性が示唆された。

Effects of the Non-fibrous Carbohydrate Content of Total Mixed Rations with Higher Physical characteristics on Rumen Fermentation, Blood Metabolites, and Milk Production in Dairy Cows

Kentaro IKUTA, Sho ISHIKAWA and Etsuji YAMAGUCHI

Summary

This experiment was conducted to determine the effects of the non-fibrous carbohydrate (NFC) content of total mixed rations (TMR) with higher physical characteristics on rumen fermentation, blood metabolites and milk production in dairy cows. Three primiparous and 7 multiparous in early lactation cows were divided into two experimental groups: cows fed 1) a control diet that included 37.8% NFC (group C; n=5) and 2) a test diet that included 44.2% NFC (group T; n=5) in a crossover design. Each period of crossover lasted for 14 days. The following results were obtained:

- (1) There was no significant difference in dry matter intake, body weight, or dairy gain between the two groups.
- (2) There was no significant difference in the ruminal pH, or the total volatile fatty acid concentration between

the two groups. Molar percentage of acetate was significantly lower and butyrate was significantly higher in group T than in group C at pre-feeding. The ruminal ammonia-N concentration, the molar percentage of acetate, and the ratio of acetate/propionate were significantly lower, and the molar percentage of propionate and butyrate was slightly higher in group T than in group C at post-feeding (after 2 h).

- (3) The blood urea nitrogen level was significantly higher in group T than in group C.
 (4) The milk yield was slightly higher in group T than in group C. The milk urea nitrogen level was significantly lower in group T than in group C. The milk lactose percentage was slightly higher in group T than in group C.

In conclusion, feeding of the TMR with high levels of NFC and physical characteristics increased milk production, most likely because it enhanced the propionic acid fermentation with high energy efficiency in the rumen without lowering of ruminal pH.

キーワード：乳牛，完全混合飼料，切断長，非繊維性炭水化物

緒 言

高泌乳牛では摂取可能な乾物摂取量（以下DMIと呼ぶ）の範囲内で養分要求量を充足できない⁹⁾。そのため、飼料中のエネルギー含量を高める必要があるが、エネルギー価の高い穀類は第一胃内での発酵速度が速く、給与割合を高めすぎると亜急性ルーメンアシドーシス（以下SARAと呼ぶ）を誘発し、逆に食欲不振や種々の疾患の素因となる⁵⁾。

このような矛盾を克服するため、近年、乳牛用飼料の評価において、養分含量に加え飼料の粒度分布や平均粒子サイズ（以下切断長と呼ぶ）といった物理性が考慮されつつある。具体的にはペンシルバニア大学が開発したパーティクルセパレーター（以下PSPSと呼ぶ）⁶⁾を用いて完全混合飼料（以下TMRと呼ぶ）などを篩分けし、1.18mm（新型4段）もしくは8mm（旧型3段）の篩上重量割合に中性デタージェント繊維（以下NDFと呼ぶ）の乾物中含量を乗じた値を物理的有効繊維（以下peNDFと呼ぶ）とし、種々の飼料構成においてpeNDFと第一胃液性状、消化率および乳生産への影響が検討されている。^{14,15,19)} 一方、著者らは新たに開発された無線伝送式pHメーター（ルーメンpHセンサー；山形東亜DKK社製、新庄市）でルーメン液pHを連続測定している泌乳牛に対し、乾草の粗剛さ（硬い・柔い）×切断長（長い・中間・

短い）や非繊維性炭水化物（以下NFCと呼ぶ）含量（高・低）×切断長（長い・中間・短い）の組み合わせで調製したTMRを給与してルーメン液pHの変動を比較した。その結果、乾草は硬いものの方がpH変動は安定すること、NFC含量を高めても切断長が長ければpH変動は安定することを確認している（執筆中）。これらのことから、硬い乾草を用い、切断長を長めに調製することで、NFC含量の高いTMRを安全に給与できるのではないかという仮説を検証すべく、以下の飼養試験を行い、第一胃液性状、血液成分及び乳生産等に及ぼす影響から給与効果を検討した。

材料及び方法

1 供試牛と飼養管理

当所で繋養するホルスタイン種雌牛10頭（初産3頭、2産以上7頭）を供試した（表1）。

供試牛はコンフォート型タイストール牛舎に繋養し、給餌は9時と15時30分から、搾乳は8時と16時30分からそれぞれ1日2回行った。各供試牛には馴致期の体重、乳量及び乳脂率より求めた日本飼養標準の養分要求量⁸⁾を充足するようにTMRの給与量を決定し、その40%を朝、60%を夕方にそれぞれ給与した。

2 供試飼料と処理区分

供試TMRの飼料構成と養分含量を示す（表2）。試験区は穀類（圧片トウモロコシと皮付圧片大麦）の混合割合を高めてNFC含量が40%以上になるよう設計した。両区ともTMRに混合する乾草は入手可能なものの中から相対的に茎が太く、手触りが硬いトールフェスクとスーダンの2品目を選択した。また、TMRの切断長は新型PSPSの上段篩上重量割合が15%以上（長め）になるようカッピングミキサーの攪拌

表1. 試験開始時における供試牛の状況

	初産	2産以上
頭数	3	7
分娩後日数	80.7±26.6	84.3±30.9
乳量 (kg)	25.6±3.1	39.6±6.1
体重 (kg)	552±13	653±80

平均値±標準偏差

表2. 供試TMRの飼料構成と養分含量

	対照区	試験区
飼料構成 (乾物中%)		
混播サイレージ ¹⁾	27.6	22.3
ビートパルプ	6.9	6.2
圧片トウモロコシ	20.4	29.9
皮付圧片大麦	3.5	6.3
大豆粕	12.0	11.7
綿実	1.8	1.6
アルファルファ乾草	9.8	8.8
トールフェスク乾草	7.0	4.7
スーダン乾草	7.0	4.7
コーングルテンミール	0.4	0.3
ソイプラス ²⁾	0.3	0.3
エネルギーサプリメント	1.8	1.6
ミネラルプレミックス ³⁾	1.5	1.6
養分含量 ⁴⁾ (乾物以外は乾物中%)		
乾物 (DM)	53.4	53.8
粗蛋白質 (CP)	16.4	15.8
中性デタージェント繊維 (NDF)	35.2	30.4
非繊維性炭水化物 (NFC)	37.8	44.2
可消化養分総量 (TDN)	74.6	76.1
物理性 ⁵⁾		
上段篩上割合 (原物中%)	17.9	16.2
下段 (1.18mm) 篩以上割合 (原物中%)	90.5	89.9
平均粒子サイズ (mm)	6.79	6.18
物理的有効繊維割合 (peNDF) ⁶⁾ (乾物中%)	31.9	27.3

- 1) デントコーン40%、ソルガム60%
- 2) 加熱大豆粕 (TDN=88.2%, CP=48.6%, UIP=61.8%, NDF=21.9%)
- 3) 第2リン酸カルシウム：炭酸カルシウム：
重炭酸ナトリウム：並塩=2:1:3:1
- 4) 分析値
- 5) 新型4段のパーティクルセパレーターで評価
- 6) 1.18mm 篩上の重量割合×NDF含量

時間を調節した。

飼養試験は2014年1月から2月にかけて、一期14日間 (予備期11日、本試験期3日) のクロスオーバー法で実施した。本試験期に乳汁、第一胃液及び血液の採材を行った。

3 調査項目と測定方法

(1) 乾物摂取量と体重

給与量と残飼量を朝夕の給与ごとに計量した。残飼量が多い場合はサンプルを採取し、100℃18時間の熱風乾燥により残飼の乾物率を測定した。

供試開始時と終了時の体重を牛衡器で計測した。

(2) 第一胃液性状

第一胃液を発酵がピークに達する朝の飼料給与後2時間 (飼料給与後) と前回の飼料給与から最も時間が経過した朝の飼料給与直前 (飼料給与前) に、経口式胃汁採取器 (ルミナー：富士平工業、東京) を用いて採取した。採取後、直ちにガラス電極法 (YUSB-01PH：山形東亜DKK、新庄) でpHを測定した。

アンモニア態窒素 (以下NH₃Nと呼ぶ) 濃度については、二重ガーゼで濾過した胃液を凍結保存し、水蒸気蒸留法によって測定した。

揮発性脂肪酸 (以下VFAと呼ぶ) については、濾過胃液2.5 mlを24%メタリン酸0.5mlと混和、18時間室温放置し、冷却遠心 (4℃、3000回転/分、30分間) によって得られた上清液を凍結保存し、融解後、水系0.45 μmのディスクフィルター (GLクロマトディスク25A：ジーエルサイエンス、東京) で濾過し、ガスクロマトグラフ (GC-2014：島津製作所、京都) で測定した。

(3) 血液成分

採血は本試験期1日目の朝の飼料給与4時間後に頸静脈よりブレイン及びフッ化ナトリウム加真空採血管を用いて行った。採血後直ちに、フッ化ナトリウム加血液についてはヘマトクリット値を計測し、冷却遠心 (4℃、3000回転/分、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：富士写真フイルム、東京) で血糖を測定した。

また、ブレイン真空採血管については37℃で10分間静置後、冷却遠心 (4℃、3000回転/分、15分間) により血清を分離し、総蛋白質を屈折法、アルブミン、尿素窒素、総コレステロール、カルシウム、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ及びγグルタミルトランスペプチターゼを乾式血液自動分析装置で当日中に測定した。

(4) 乳生産成績

乳量をミルクメーター (Fシリーズ：TRU-TEST Distributors、ニュージーランド) で朝夕の搾乳ごとに計測・記録した。

分析用乳汁を本試験期2日間の搾乳ごとに採取し、一般乳成分を近畿生乳販売農業協同組合連合会生乳検査所の多成分赤外線分析装置 (コンビフォス™FC、Foss、デンマーク) で分析した。各成分率を朝夕の乳量比によって加重平均により算出した。

5 統計処理

データの統計処理はSAS¹¹⁾ のGLMプロシジャーを用い、次のモデルで行った。

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + e_1 + \beta_j + \gamma_k + e_2$$

Y_{ijk} : 測定値

μ : 総平均

a_i : 群iの効果

β_j : 飼料jの効果

γ_k : 試験期kの効果

e₁ e₂ : 1次誤差及び2次誤差

また、飼料効果は2次誤差を用いたF検定により、危険率5%未満の場合に有意差ありとし、5%以上10%未満の場合に傾向ありとした。

結 果

1 DMIと体重

DMI, 体重及び日増体量を示す(表3)。いずれも両区間に差はなかった。

表3. 乾物摂取量および体重

項目 (単位)	対照区 ¹⁾	試験区 ¹⁾	標準誤差	有意水準 ²⁾
乾物摂取量 (kg/日)	21.4	21.3	0.21	ns
体重 (kg)	616	613	2.60	ns
日増体量 (kg/日)	0.04	-0.50	0.31	ns

1) 最小二乗平均

2) ns: 有意差なし

表4. 第一胃液性状

項目 (単位)	対照区 ¹⁾	試験区 ¹⁾	標準誤差	有意水準 ²⁾
pH	21.4	21.3	0.21	ns
飼料給与前 ³⁾	7.15	7.12	0.03	ns
飼料給与後 ⁴⁾	6.98	6.93	0.04	ns
アンモニア態窒素濃度 (mg/dL)				
飼料給与前	8.6	8.8	0.31	ns
飼料給与後	12.8	11.6	0.31	P<0.05
総VFA ⁵⁾ 濃度 (mmol/OE)				
飼料給与前	11.1	10.6	0.29	ns
飼料給与後	12.7	12.5	0.33	ns
酢酸比率 (%)				
飼料給与前	71.0	69.7	0.37	P<0.05
飼料給与後	67.6	66.0	0.20	P<0.01
プロピオン酸比率 (%)				
飼料給与前	17.9	18.5	0.41	ns
飼料給与後	20.8	21.7	0.34	P<0.10
酪酸比率 (%)				
飼料給与前	9.0	9.6	0.21	P<0.10
飼料給与後	9.5	10.1	0.19	P<0.10

A/P比⁶⁾

項目 (単位)	対照区 ¹⁾	試験区 ¹⁾	標準誤差	有意水準 ²⁾
飼料給与前	4.00	3.85	0.10	ns
飼料給与後	3.26	3.06	0.05	P<0.05

1) 最小二乗平均

2) ns: 有意差なし

3) 朝の飼料給与直前

4) 朝の飼料給与から2時間後

5) Volatil fatty acid(揮発性脂肪酸)

6) 酢酸/プロピオン酸比

2 第一胃液性状

第一胃液性状を示す(表4)。飼料給与前ではpH, NH₃-N濃度, 総VFA濃度, VFA中のプロピオン酸比率及び酢酸/プロピオン酸比(以下AP比と呼ぶ)は両区間に差がなかったが, 試験区ではVFA中の酢酸比率が有意(P<0.05)に低く, 酪酸比率が高い傾向(P<0.10)を示した。

一方, 飼料給与後(2時間後)ではpH, 総VFA濃度は両区間に差がなかったが, 試験区ではNH₃-N濃度が有意(P<0.05)に低く, VFA中の酢酸比率とAP比が有意(P<0.05)に低かった。さらに, 試験区ではプロピオン酸比率と酪酸比率が高い傾向(P<0.10)を示した。

3 血液成分

血液成分を示す(表5)。測定した10項目は両区とも正常範囲内の値であったが, BUNのみ試験区が有意(P<0.001)に低かった。

表5. 血液成分

項目 (単位)	対照区 ¹⁾	試験区 ¹⁾	標準誤差	有意水準 ²⁾
ヘマトクリット (%)	26.9	27.4	0.42	ns
血清総蛋白質 (g/dL)	7.94	7.92	0.06	ns
アルブミン (g/dL)	3.70	3.70	0.03	ns
尿素窒素 (mg/dL)	17.2	14.7	0.25	P<0.001
血糖 (mg/dL)	69.4	72.8	1.42	ns
総コレステロール (mg/dL)	243	239	5.60	ns
カルシウム (mg/dL)	9.43	9.29	0.14	ns
無機リン (mg/dL)	5.24	5.20	0.15	ns
A S T ³⁾ (IU)	76.4	74.3	1.31	ns
G G T ⁴⁾ (IU)	35.8	36.1	0.72	ns

1) 最小二乗平均

2) ns: 有意差なし

3) AST: アスパラギン酸トランスフェラーゼ

4) GGT: γグルタミールトランスペプチダーゼ

表6. 乳生産成績

項目 (単位)	対照区 ¹⁾	試験区 ¹⁾	標準誤差	有意水準 ²⁾
乳量 (kg/日)	30.9	32.3	0.52	P<0.10
脂肪補正乳量 (kg/日)	29.2	31.9	1.08	ns
乳脂率 (%)	3.90	3.93	0.06	ns
乳蛋白質率 (%)	3.11	3.13	0.02	ns
無脂固形分率 (%)	8.66	8.73	0.03	ns
乳糖率 (%)	4.56	4.60	0.02	P<0.10
乳中尿素窒素 (mg/dL)	13.2	12.2	0.25	P<0.05

1) 最小二乗平均

2) ns:有意差なし

4 乳生産成績

乳生産成績を示す(表6)。乳量は試験区が多い傾向(P<0.10)であった。脂肪補正乳量、乳脂率、乳蛋白質率及び無脂固形分率は両区間に差がなかったが、試験区では乳糖率が高い傾向(P<0.10)で、乳中尿素窒素が有意(P<0.05)に低かった。

考 察

本試験ではTMRの物理性を高めることにより、NFC含量を高めても第一胃液性状をはじめとする乳牛の栄養生理状態に悪影響を及ぼすことなく、乳生産を向上できるかを検証した。日本飼養標準では、高泌乳時のNFC%として35~40%を推奨している⁹⁾。本試験のNFC含量は対照区が推奨値範囲内であったのに対し、試験区は44.2%と上限を上回った。一方、物理性に関しては両区ともできるだけ粗剛な乾草を用い、切断長を長めに調製した。

DMIに関してNFC含量の増加(24%~42%)によって直線的に増加したという報告²⁾と、29%と39%の比較で差はなかったという報告⁴⁾があり、本試験でも両区間に差がなかったことから、推奨値の上限を若干上回ってもDMIが低下するといった悪影響はないと考えられた。そのため、体重と日増体量にも差はなかったと考えられた。

多数の飼養試験から導き出された推定式ではNFC分画の大部分を構成する穀類デンプン摂取量と第一胃液pHは負の相関、VFA濃度は正の相関を示すとされている¹⁹⁾。しかし、本試験ではpHとVFA濃度は飼料給与の前後とも両区間に差はなかった。Allen¹⁾は飼料中のNFCと繊維のルーメン発酵性はともに変化に富んでおり、その差はNFC含量とは関連しないので、乳牛の飼料を評価・設計する場合は、NFCとpeNDFの相互作用を考慮すべきであると解説している。また、切断長を長くすることでpeNDF摂取量を増やせば、咀嚼時間が増

加するのでSARAのリスクを低減できる¹⁶⁾。これらのことから、本試験の試験区ではNFC含量は高いものの、乾草の種類や切断長によってTMRのpeNDF摂取量が高かったため、第一胃内発酵性については対照区と変わらなかったと考えられた。しかしながら、試験区では穀類多給時に見られるプロピオン酸型の発酵パターンが認められた。長い粗飼料の混合割合が極端に低い場合や消化の速い(柔らかい)粗飼料ではpHと酢酸割合が低く、プロピオン酸や酪酸の割合が増え、A/P比が低下すると報告されている^{4,13)}。本試験では試験区も粗飼料が比較的長く、硬かったため、pHの低下を伴うことなく、NFC含量が高い飼料の給与によってプロピオン酸型の発酵パターンになったものと考えられた。

また、試験区では第一胃液中のNH₃N濃度の低下とその代謝産物であるBUNやMUNの低下も認められた。Loyksら⁷⁾は非構造化炭水化物(以下NSCと呼ぶ)のルーメン内分解率を高めると微生物による窒素からの体蛋白合成が促進され、第一胃液中のNH₃N濃度が低下し、BUNやMUNが低下することを報告している。NSC分画とNFC分画は類似しており、いずれも易発酵性炭水化物であることと、両区の飼料中粗蛋白質含量に大きな違いはないことから、本試験における第一胃液NH₃N、BUN及びMUN濃度への影響も試験区のNFC摂取量増加によってルーメン内発酵エネルギーが増えたためと考えられた。

乳生産では、試験区の乳量と乳糖率が高い傾向を示した。Cherneyら³⁾の試験でもNFC含量が乳生産に及ぼす影響は本試験と同様であった。一方、酪農家のTMRを対象とした調査では平均乳量が10,000kg以上の農家でNFC含量が高かったという報告¹⁸⁾と、必ずしも高いわけではないという報告¹⁰⁾があったが、これら高泌乳農家のNFC含量はほとんどが日本飼養標準の推奨値⁹⁾以下で、切断長が本試験よりも短かった。従って、生産現場ではNFC含量と切断長の相互作用¹⁾がルーメン発酵を介して乳生産にも影響している可能性が考えられた。

以上のように、物理性を高めたうえで、NFC含量の高いTMRを乳牛に給与することにより、第一胃液pHを低下させずに第一胃内発酵パターンがエネルギー効率の高いプロピオン酸型となり、乳生産が向上したのと考えられた。

なお、TMRの切断長について本試験では両区とも同じであったが、切断長を長くするとpeNDF摂取量が増えることで、ルーメン発酵が改善され、繊維消化率が向上するので生産効率も向上するとされている^{14,15,17)}。一方、切断長を長くすると選り食いによる養分バランス、

特に粗濃比の崩れ¹²⁾が懸念される。本試験では個別給与で残飼も一部の個体を除き少なかったため、選り食いの影響はなかったと考えられた。しかし、群飼の場合や飼料構成が異なれば、選り食いを防ぐ適切な切断長は異なる可能性もあるので、PSPSなどを用いた現場でのモニタリングは不可欠である。

引用文献

- (1) Allen M.S. (1997) : Relationship between fermentation acid production in the rumen and their requirement for physically effective fiber : J. Dairy Sci. 80, 1447-1462
- (2) Batajoo K.K and R.D. Shaver (1994) : Impact of non-fiber carbohydrate on intake digestion, and milk production by dairy cows : J. Dairy Sci. 77, 1580-1588
- (3) Cherney D.J.R., J.H. Cherney, L.E. Chase (2003) : Influence of dietary nonfiber carbohydrate concentration and supplementation of sucrose on lactation performance of cows fed fescue silage : J. Dairy Sci. 86, 3983-3991
- (4) Feng P., W.H. Hoover, T.K. Miller, R. Blauwiel (1993) : Interactions of fiber and nonstructural carbohydrates on lactation and ruminal function : J. Dairy Sci. 76, 1324-1333
- (5) Gozho G.N., J.C. Plaizier, D.O. Krause, A.D. Kennedy, K.M. Wittenberg (2005) : Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response : J. Dairy Sci. 88, 1399-1403
- (6) Lammers B.P., D.R. Buckmaster, A.J. Heinrich (1996) : A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations : J. Dairy Sci. 79, 922-928
- (7) Lykos, T., G.A. Varga, D. Casper (1997) : Varying degradation rates of total non-structural carbohydrates; Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing holstein cows : J Dairy Sci 80, 3341-3355
- (8) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (2006) : 日本飼養標準 乳牛 (中央畜産会), 23-32
- (9) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (2006) : 日本飼養標準 乳牛 (中央畜産会), 57-60
- (10) 大石理恵・岡村由香 (2012) : 酪農経営の生産性に関する諸要因の解明 : 山口県農林総合技術センター研究報告 3号, 67-74
- (11) SAS® User's Guide: Statistics, Version 6, edition 4 (1989) : SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- (12) 佐藤 精・浅田尚登・石井憲一 (2004) : TMRの物理性と乳牛の選り食い及び乳生産 : 愛知県農業総合試験場研究報告 36, 81-86
- (13) Woodford J.A., N.A. Jorgensen, G.P. Barrington (1986) : Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows : J Dairy Sci 69, 1035-1047
- (14) Yang W.Z., K.A. Beauchemin (2005) : Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage : J Dairy Sci 88, 1090-1098
- (15) Yang W.Z., K.A. Beauchemin (2006) : Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows : J. Dairy Sci. 89, 2618-2633
- (16) Yang W.Z., K.A. Beauchemin (2006) : Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use : J. Dairy Sci. 89, 2694-2704
- (17) Yang W.Z., K.A. Beauchemin (2007) : Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: digestion and milk production : J. Dairy Sci. 90 : 3410-3421
- (18) 吉岡 勉・河村康雄 (2005) : 鳥取県における適正なTMR調製技術についての検証 (第一報) : 鳥取県畜産試験場研究報告 33, 37-41
- (19) Zebeli Q., M. Tafaj, H. Steingass, B. Metzler, W. Drochner (2006) : Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations : J. Dairy Sci. 89 : 651-668