

飼料中のエネルギー水準が泌乳最盛期の乳牛の乳生産に及ぼす影響

山口悦司*・香川裕一*・生田健太郎**・高田 修**・福尾憲久**

要 約

泌乳最盛期の9頭のホルスタイン種搾乳牛を供試し、エネルギー水準として日本飼養標準に対してTDN充足率が100%、105%、110%の3区を設定し、1期間14日で3期のラテン方格法により、飼料中のエネルギー水準が泌乳最盛期の乳牛の乳生産、特に乳蛋白質生産に及ぼす影響を検討した。

- 1 TDN充足率が高くなるにつれて、乳脂肪率は低下し、乳蛋白質率は増加する傾向にあったが、有意差は見られなかった。
- 2 血中尿素態窒素及び乳中尿素態窒素は、TDN充足率が高くなるにつれて低下し、ともに100%区は110%区に比較してそれぞれ1%及び5%水準で有意に高かった。
- 3 第一胃液中の酢酸モル比は、TDN充足率が高くなるにつれて低下し、100%区は110%区に比較して5%水準で有意に高く、同様に酢酸プロピオン酸比は100%区は110%区より5%水準で有意に高かった。

以上のことから、TDN充足率を高めることにより乳蛋白質率は向上するが、乳脂肪率は低下する傾向にあったので、泌乳最盛期の乳牛の飼養管理ではTDN充足率は100%から105%が適当と考えられた。

Effects of Dietary Energy on Milk Production of Peak Lactating Dairy Cows

Etsuji YAMAGUCHI, Yuichi KAGAWA, Kentarou IKUTA, Osamu TAKATA and Norihisa FUKUO

Summary

Nine holstein cows fed total digestible nutrients (TDN) at 100%, 105% and 110% were used in this study.

- (1) Milk yield and components were virtually the same in all cases. Milk fat decreased and milk protein increased at higher TDN.
- (2) Blood urea nitrogen (BUN) in 100% groups was significantly higher than in 110% groups ($p < 0.01$). Milk urea nitrogen (MUN) in 100% groups was significantly higher than in 110% groups ($p < 0.05$).
- (3) The molar percentage of ruminal acetate in 100% groups was significantly higher than in 110% groups ($p < 0.05$). The molar ratio of acetate to propionate in 100% groups was significantly higher than in 110% groups ($p < 0.05$).

Milk protein is shown by the present study to increase TDN at higher, but while milk fat to decrease. TDN at 100-105% appears greatest in peak lactating dairy cow.

キーワード：乳牛，泌乳最盛期，TDN充足率，乳生産，乳蛋白質

緒 言

近年、乳牛の高泌乳化が急速に進行しているが、乳牛は泌乳初期には産乳に必要な栄養分を十分に摂取出来な

いことが多く、乳成分率や繁殖成績の低下をまねく。特に高泌乳牛では乳成分率の低下が大きな問題となっている。一方、消費者は生乳に対し、ますます安全性と高品質を求めており、成分的には乳脂肪率よりも牛乳のおいしさに関与する¹⁾といわれている無脂固形分率や乳蛋白質率の向上が求められており、これを向上させることが

1997年8月29日受理

* 現洲本家畜保健衛生所 ** 淡路農業技術センター

乳質改善の課題となっている。そこで、標準的な乳脂肪率を維持した上で、乳蛋白質率や無脂固形分率を向上させる飼養管理を行う必要がある。

無脂固形分率や乳蛋白質率を飼料給与面から向上させるためには、バイパス蛋白の利用^{1, 2, 3, 9)}等の飼料中蛋白質の利用効率を上げるか、エネルギー水準を上げる^{4, 11, 12)}ことが必要であるといわれる。筆者らは、前報⁵⁾で泌乳最盛期の乳牛を使って、飼料中蛋白質のバイパス率が乳成分に及ぼす影響を検討したが、給与飼料の栄養水準が充足された状態では、蛋白質のバイパス率は乳量や乳質にあまり影響を及ぼさなかった。そこで今回は、飼料中の蛋白質の充足率やバイパス率を一定とし、TDN充足率のみを変えて、飼料中のエネルギー水準が泌乳最盛期の乳牛の産乳に及ぼす影響について検討した。

材料及び方法

1 試験区分

試験区は、日本飼養標準⁷⁾に対するTDN充足率がそれぞれ100%、105%、110%の3区を設定し、1期間を14日(予備期7日、本期7日)で3期のラテン方格法により実施した。供試牛は当時繁養の泌乳最盛期ホルスタイン種9頭で、産次は2~5産(平均3.3産)で、試験開始時点における分娩後日数は平均70.9日であった。

2 供試飼料及び給与方法

飼料の構成を表1に示した。飼料は各区ともビートパルプと濃厚飼料を混合したものを1つの混合飼料とし、ヘイキューブ、乾草類との分離給与とした。飼料の給与は、朝は8時30分より、夕は16時より行い、朝夕の給与量比率を4対6とした。給与量は各試験期に入る前の乳量、乳脂肪率及び体重をもとに日本飼養標準から、TDN充足率をそれぞれの区で100%、105%、110%とし、CP充足率及びバイパス蛋白質率は全ての区で115%及び39%となるように設定した。

3 飼料摂取量

14日間の試験期の後半の7日間について残飼量を計り、飼料摂取量を調査した。

4 乳量及び乳成分

乳量は13日目と試験最終日の2日間の平均とした。乳成分は13日目と試験最終日の朝夕4回の生乳を、ミルコスキャンで乳脂肪率、乳蛋白質率、乳糖率及び無脂固形分率を測定し、それぞれ2日間の平均値とした。乳中尿素態窒素(以下MUNと呼ぶ)は、13日目の朝の生乳を3000rpm、5分間、2回の遠心分離により脱脂処理を行い、その後血液自動分析装置(以下富士ドライケムと呼ぶ)で測定した。

表1. 試験飼料構成

飼料名	配合割合(現物%)				
	100%区	105%区	110%区		
チモシー	22.7	22.2	21.7		
アルファルファ	8.7	8.5	8.4		
ヘイキューブ	7.0	6.8	6.7		
ビートパルプ	11.2	10.9	10.7		
市販配合飼料	17.4	13.7	10.0		
ルーメンパス	4.2	4.1	4.0		
大豆粕	2.4	4.1	5.7		
米ぬか	13.9	6.8	1.7		
綿実	1.7	1.7	1.7		
トウモロコシ	9.1	12.3	17.7		
大麦	1.7	7.9	8.4		
コーンスターチ	0.0	1.0	3.3		
乾物中割合(%)					
C	P	17.2	16.8	16.5	
T	D	N	73.1	75.1	77.2
U	I	P	38.8	38.5	38.8
N	D	F	37.5	35.7	33.9
N	F	C	34.2	37.4	40.4
でんぷん		19.0	23.7	28.1	

5 第一胃液検査

第一胃液は、試験最終日の午前の飼料給与から約5時間後にKHI式胃汁採取器(FHK)で採取した。pHは採取直後にpHメーター(HORIBA)F-8Lで測定した。揮発性脂肪酸(以下VFAと呼ぶ)は、第一胃液を2重ガーゼで濾過した液を24%メタリン酸で処理し、一晚静置後の上清を凍結保存したものを検体として、水素イオン化検出器付きガスクロマトグラフ(HITACHI163型)で測定した。また、アンモニア態窒素(以下NH₃-Nと呼ぶ)は、同様に濾過した液を凍結保存し、オートケルダ-

表2. 飼料摂取状況

項目	100%区	105%区	110%区
平均体重(kg)	647.3	639.6	639.2
乾物摂取量(kg/d)	23.6	23.2	22.6
乾物/体重(%)	3.67	3.64	3.55
CP摂取量(kg)	4.09	3.92	3.77
TDN摂取量(kg)	16.68	16.99	17.37
CP充足率(%)	122.5	118.8	118.5
TDN充足率(%)	101.7	104.9	111.0

表3. 乳量及び乳成分

項 目	100%区	105%区	110%区
乳 量 (kg/d)	37.0±5.5	38.0±6.3	36.1±4.2
乳 脂 肪 率 (%)	3.50±0.33	3.33±0.13	3.27±0.29
乳 蛋 白 質 率 (%)	3.09±0.26	3.12±0.33	3.14±0.18
無 脂 乳 固 形 分 率 (%)	8.58±0.47	8.56±0.52	8.78±0.23
乳 脂 肪 量 (kg/d)	1.28±0.11	1.26±0.20	1.20±0.15
乳 蛋 白 質 量 (kg/d)	1.13±0.09	1.17±0.13	1.13±0.10
無 脂 乳 固 形 分 量 (kg/d)	3.16±0.33	3.24±0.45	3.17±0.33
乳 中 尿 素 態 窒 素 (mg/dl)	16.4±2.7 ^a	14.9±2.7	13.5±2.4 ^b

注) 異符号間に有意差あり (a, b ; P<0.05)

ルで測定した。

6 血液性状

血液は試験最終日の午前の飼料給与から約5時間後に頸静脈から真空採血管により採取した。採血後直ちに血清を分離し、血清蛋白は屈折計、血中尿素態窒素(以下BUNと呼ぶ)、血糖、総コレステロール、GOT、 γ -GTP、Ca、iPについては、富士ドライケムで測定した。

7 統計処理

統計処理は、分散分析の後、Tukeyの方法で区間の有意差を検定した。

結 果

1 試料摂取量

飼料の摂取状況を表2に示した。CPの充足率は118.5から122.5%で、各区とも設定よりも高い値となった。TDN充足率は100%区、110%区が設定よりもやや高くなった。

2 乳量及び乳成分

乳量及び乳成分を表3に示した。乳量は有意差が見られなかったが、105%区が38.0kgと最も多く、110%区が36.1kgと最も少なかった。乳成分率では有意差は見られなかったが、TDN充足率が高くなるにつれて乳脂肪率は低下し、乳蛋白質率は高くなる傾向にあった。乳成分量では有意差は見られず、やや乳脂肪量が減少する傾向が見られた。MUNはTDN充足率が高くなるにつれて低下し、100%区と110%区の間に5%水準で有意差が見られた。

3 第一胃液性状

第一胃液性状を表4に示した。総VFAはTDN充足率が高くなるにつれて増加する傾向にあった。VFAモル比では、TDN充足率が高くなるにつれて、酢酸モル比が低下し、プロピオン酸モル比が増加した。特に酢酸モル比は、100%区が110%区よりも5%水準で有意に高かった。酢酸プロピオン酸比(以下A/P比と呼ぶ)は、TDN充足率が高くなるにつれて低下し、100%区は110

表4. 第一胃液性状

項 目	100%区	105%区	110%区
pH	6.42±0.24	6.52±0.17	6.47±0.10
総 V F A (mol)	7.39±1.35	7.62±1.25	7.95±0.83
V F A モ ル 比			
酢 酸 (%)	69.34±5.20 ^a	66.74±4.97	64.26±3.95 ^b
プロピオン酸 (%)	18.84±4.27	20.86±5.25	23.13±5.46
酪 酸 (%)	10.45±2.47	10.77±2.21	10.60±1.87
吉 草 酸 (%)	1.37±0.66	1.63±0.78	2.01±0.64
A / P 比	3.97±1.06 ^a	3.31±0.89	2.92±0.88 ^b
N H ₃ - N (mg/dl)	5.97±2.74	6.51±1.60	4.99±1.45

注) 異符号間に有意差あり (a, b ; P<0.05)

表5. 血液性状

項 目	100%区	105%区	110%区
TP (g/dl)	8.0±0.5	8.1±0.3	7.9±0.5
Ht (%)	32.6±2.5	32.4±1.9	32.9±3.0
BUN (mg/dl)	17.7±2.0 ^a	15.6±3.7	13.0±2.1 ^b
Glucose (mg/dl)	72.4±7.8	76.0±6.0	72.0±9.0
TCHO (mg/dl)	252.3±41.0	242.7±47.9	228.4±28.2
GOT (U/l)	76.4±12.6	77.8±10.4	72.0±13.9
γ-GTP (U/l)	32.7±4.6	32.4±6.2	33.3±6.2
Ca (mg/dl)	9.5±0.4	9.4±0.7	9.5±0.5
iP (mg/dl)	6.7±1.1	5.8±0.9	5.0±0.8

注) 異符号間に有意差あり (a, b; P<0.01)

%区よりも5%水準で有意に高かった。NH₃-Nは一定の傾向は見られなかった。

4 血液性状

血液性状を表5に示した。供試牛が泌乳最盛期のためかGOTやγ-GTPがやや高かったが、血液性状に異常値は見られなかった。BUNはTDN充足率が高くなるにつれて低下し、100%区と110%区の間に1%水準で有意な差が見られた。その他の項目には有意差は見られなかった。

考 察

乳量に有意な差は見られなかったが、105%区が38.0kgで最大となり、110%区が36.1kgで最低となった。津吉ら¹⁰⁾は、TDN水準の産乳、増体等に及ぼす影響は、高産乳能力牛と低産乳能力牛では異なり、高産乳能力牛では高TDN水準に良く反応し代謝系の失調を伴うことなく産乳を増すが、低産乳能力牛ではTDN水準の引き上げによって過肥となるのみで、産乳増を期待することはできなかったと述べている。藤城ら¹¹⁾は、飼料中の澱粉濃度が泌乳初期の乳生産に及ぼす影響を検討し、澱粉濃度を高めた場合、乳量、乳蛋白質率及び無脂固形分率は向上したが、疾病発生率も多くなり、乳量や乳脂肪率への悪影響が懸念されるとしている。本試験の供試牛は、泌乳最盛期の高泌乳群を供試したにもかかわらず、乳量は105%区で増加したが、110%区では低下が見られた。本試験の110%区の澱粉濃度は28%と高く、これが悪影響を及ぼしたのではないかと推察された。

乳成分に有意な差は見られなかったが、TDN充足率が高くなるに従い、乳脂肪率が低下し、乳蛋白質率が向上する傾向にあった。乳蛋白質率とTDN充足率との間には、有意な正の相関関係が認められたとする報告が多

く^{4, 11, 12)}、乳蛋白質率が向上した点についてはこれらの報告と一致した。しかし、今回の試験では無脂固形分率は一定の傾向は見られなかった。

エネルギー量が豊富な条件では微生物体蛋白質の生成量が多く、その消化吸収により乳蛋白質生成のためのアミノ酸が豊富に供給されることになる。また、このような条件では第一胃内におけるプロピオン酸の生成量が多く、プロピオン酸が糖新生の材料として利用される結果、糖新生に利用されるアミノ酸が節約され、乳蛋白質の原料として利用できるアミノ酸量は増加すると考えられている。本試験でVFAは、TDN充足率が高くなるにつれて酢酸モル比が低下し、100%区と110%区では有意な差が見られた。一方プロピオン酸モル比は増加する傾向にあり、A/P比も100%区が110%区に比較して有意に低下した。この結果、TDN充足率が高くなるにつれて乳脂肪率は低下し、乳蛋白質率がやや向上したと推測される。また、体内での蛋白代謝の指標となるBUNやMUNは、100%区と110%区で有意な差が見られ、TDN充足率が高くなるにつれて、第一胃内で分解された蛋白質が効率的に利用されていることが伺われた。しかし、NH₃-Nは一定の傾向は見られなかった。

今回の試験では各区ともCP充足率が約120%でTDN充足率も100%以上に設定し、日本飼養標準で設定された養分要求量は充足された状態での試験としたので、乳量や乳成分率に有意差は見られなかったが、実際の農家の飼養管理では、高蛋白質、低エネルギーの飼養管理が多く見受けられ、室井ら⁶⁾のようにTDN充足率が100%未満の条件では、乳蛋白質率や無脂固形分率に低下が見られるのではないかと考えられた。

以上のように、飼料中のCP充足率及びバイパス蛋白質率を一定として、飼料中のTDN充足率の違いが泌乳

最盛期の乳牛の乳生産，特に乳蛋白質生産に及ぼす影響を検討した結果，TDN充足率を高くすることにより，乳蛋白質率は向上する傾向にあったが，同時に乳脂肪率の低下する傾向が明らかに見られた。そこで泌乳最盛期の乳牛に対する飼料のTDN充足率は，牛群の乳脂肪率が取引基準以下にならないようにしなければならないため，TDN充足率が100%から105%の飼養管理が適当と考えられた。

引用文献

- (1) D.K.Roseler, J.D.Ferguson, C.J.Sniffen and J. Herrema (1993): Dietary Protein Degradability Effects on Plasma and Milk Urea Nitrogen and Milk Nonprotein Nitrogen in Holstein Cows: J.Dairy Sci 76, 525-534
- (2) D.Sklan and M.Tinsky (1993): Production and Reproduction Responses by Dairy Cows Fed Varying Undegradable Protein Coated with Rumen Bypass Fat: J.Dairy Sci 76, 216-223
- (3) 藤城清司・新城恒二・玉江俊嗣・石崎重信他 (1987): 高泌乳牛飼養給与技術の体系化に関する研究：千葉畜セ特研報 1
- (4) 藤城清司・新城恒二・玉江俊嗣・石崎重信他 (1991): 乳牛における繊維・澱粉質飼料の効率的給与技術の確立に関する研究：千葉畜セ特研報 2
- (5) 香川裕一・生田健太郎・山口悦司・高田 修 (1996): 飼料蛋白質のルーメンバイパス率が泌乳最盛期の乳牛の乳生産に及ぼす影響：兵庫農技研報 32, 49-52
- (6) 室井幸一他 (1997): 高エネルギー飼料による牛乳生産性向上と生産病防止技術の開発に関する試験：栃木畜試成績及び業務の概要 3-5
- (7) 農林水産省農林水産技術会議事務局 (1994): 日本飼養標準・乳牛1994年版 (中央畜産会)
- (8) 高田 修・大川浩一・加登岳史・久米 治 (1991): 乳成分率からみた牛乳のおいしさ指数の試み：兵庫淡路農技研報 3, 68-71
- (9) 津田恒之・柴田章夫, (1987): 新乳牛の科学 (農文協)
- (10) 津吉 炯・後藤幸夫・阿部正夫・前之園孝光 (1979): 牛乳高位生産のための飼料給与基準に関する試験成績書飼養試験の部：栃木試特研報
- (11) 佐藤 博・花坂昭吾・松本光人 (1992): 乳牛における血漿成分，栄養摂取，牛乳尿素，乳脂肪率および乳蛋白質率の関係：日畜会報 63, 1075-1080
- (12) 佐藤 博・花坂昭吾・松本光人 (1994): 牛乳中の真の蛋白質割合と乳牛の栄養摂取状態との関係：日畜会報 65, 850-855