

牛乳の無脂固形分含量に及ぼす飼料給与の影響

誌名	草地試験場研究報告
ISSN	03850196
著者	増淵, 敏彦 竹沢, 武春 渡辺, 和雄 小川, 増弘 酒井, 義正 興津, 善徳
巻/号	27号
掲載ページ	p. 37-47
発行年月	1984年1月

牛乳の無脂固形分含量に及ぼす飼料給与の影響

I. 粗飼料の品質および給与水準の影響

増淵敏彦・竹沢武春¹・渡辺和雄

小川増弘・酒井義正²・興津善徳³

家畜部乳牛管理研究室

¹現農林水産技術会議事務局

²草地計画部業務第2科

³静岡県畜産試験場

(昭和58年8月15日受理)

要 約

増淵敏彦・竹沢武春・渡辺和雄・小川増弘・酒井義正・興津善徳 (1984) : 牛乳の無脂固形分含量に及ぼす飼料給与の影響. I. 粗飼料の品質および給与水準の影響. 草地試研報 27 : 37-47.

牛乳の無脂固形分 (SNF) 含量を低下させる要因を飼料給与の面から検討することを目的として, ① TDN 給与量を要求量の 90% に制限し, 良質乾草と劣質乾草を多給または少給した場合, ② TDN と DCP をそれぞれ要求量の 120% または 80% とした場合, ③ 同一牧草をサイレージと乾草にし, それにリン補給を組み合せた場合について, ホルスタイン種の搾乳牛を供試し, ラテン方格法によって 5 回の実験を行った。その結果, SNF 含量は乾草多給区が少給区よりも低く, 劣質乾草区が良質乾草区よりも低くなる傾向が認められた。しかし, 有意差ではなかった。養分給与水準では, 高蛋白質・高熱量区よりも低蛋白質・低熱量区, 高蛋白質・低熱量区および低蛋白質・高熱量区の SNF 含量が低かった。低蛋白質・高熱量区は飼料摂取量の低下が著しかった。同一牧草をサイレージと乾草にした場合に, 調製法による SNF 含量の差は認めなかった。その場合にリンを補給しても SNF 含量に対する有意な効果は認められなかった。

緒 言

近年, 牛乳に期待される栄養価は無脂固形分 (SNF) にあるという認識が世界的に広まり, 牛乳品質に対する消費者の評価も変化しつつある。我が国においても SNF 含量についての評価が高まり, それを受けて牛乳の取引にも, 従来の脂肪率に加えて SNF 含量も加味する気運が高まってきた。

ところで, 我が国の牛乳の SNF 含量は世界の水準を下回っている。また, 季節や地域によっては, 厚生省が定めた飲用牛乳の SNF 含量の下限を割る場合もあることが認められ, SNF 含量の向上を図る方策が強く要望されている。

牛乳の SNF 含量は乳牛の資質の問題の他に環境条件や疾病の問題も関与しているが, 飼料の問題も大きいとされている。従来の研究によるとエネルギー給与量の増加や濃厚飼料の給与量の増加に伴って SNF 含量が向上するとの報告が多い。しかし, 同様の条件でも SNF

含量が変化しないとする報告もある。また, 給与飼料中の粗繊維含量が増加すると SNF 含量が低下することを示唆する報告もある。これらの諸点を考慮し, 我が国の牛乳の SNF 含量を低下させている飼料給与上の要因を検討し, 乳牛飼養法の改善点を明らかにすることを目的として本研究を実施した。

なお, 本研究は昭和 52 年度より 5 カ年にわたり, 特別研究「牛乳品質, 特に無脂固形分含量向上技術の開発」の一環として実施した。

供試材料および方法

1 実験当りホルスタイン種搾乳牛 6—8 頭を供試し, 5 回の実験を実施した。供試牛は 2 産以上の牛で, 泌乳初期から中期にあたり, 乳房炎検査が陰性のものを用いた。供試した飼料の種類と主な組成を表 1 に示した。各実験における飼料の構成および養分給与計画の概要を表 2 に示した。

実験 1 および 2 では可消化養分総量 (TDN) の給与

Table 1. Chemical composition of the feed

Trial no. (year) Feed	Dry matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash
	%	% of DM				
Trial 1 (1977)						
Late cut grass hay ¹	88.35	15.05	3.86	33.66	41.88	5.55
Regrowth grass hay ²	88.21	16.66	4.13	35.27	38.10	5.84
Formula feed ⁵	89.19	14.93	2.62	70.70	5.15	6.60
Trial 2 (1978)						
Early cut grass hay ³	88.25	13.27	2.93	46.80	31.69	5.31
Late cut grass hay ¹	89.04	10.06	2.36	45.36	37.59	4.63
Formula feed ⁵	86.34	15.31	0.68	72.06	4.60	7.35
Trial 3 (1979)						
Grass hay ⁴	90.37	7.34	1.31	44.35	40.87	6.13
Formula feed ⁵	88.70	14.45	1.70	72.82	4.54	6.48
Beet pulp	90.32	8.60	0.59	64.80	18.49	7.52
Soybean meal	88.18	59.17	1.55	25.07	6.97	7.22
Shelled corn ⁶	86.98	9.20	1.25	85.84	2.36	1.35
Trial 4 (1980)						
Grass hay ⁴	90.94	8.15	1.80	44.13	41.38	4.54
Formula feed ⁵	88.43	14.33	2.77	72.22	4.83	5.85
Beet pulp	90.48	9.10	0.51	66.08	20.10	4.21
Shelled corn ⁶	87.79	8.95	2.80	84.34	2.69	1.22
Trial 5 (1981)						
Grass hay ⁴	90.48	7.79	1.79	45.11	40.61	4.70
Grass silage ⁴	30.66	10.24	3.88	43.74	37.44	4.70
Soybean meal	88.26	52.22	1.11	34.73	5.69	6.25
Beet pulp	88.43	7.90	0.58	64.92	22.37	4.23

1 : The late bloom to early seed stage. 2 : The vegetative stage. 3 : The boot stage. 4 : The late bloom stage. 5 : The feed was consisted of barley 20, corn 20, milo 30, wheat bran 10, defatted rice bran 10, soybean oil meal 6.5, calcium carbonate 1.8, dicalcium phosphate 0.5, common salt 1.0, mineral mixture 0.1, vitamin A, D and E mixture 0.1%⁶ 6 : The feed was mixed with about 5% barley.

量を要求量の90%に制限した条件下で、粗飼料の品質および濃厚飼料との給与割合の影響を検討した。実験3および4では、前2回の実験の結果を受け、可消化粗蛋白質(DCP)およびTDNの過不足の影響を検討し、実験5では同一牧草から調製した乾草とサイレージを用いて、調製方法の影響およびリン補給の効果について検討した。

供試牛は飼養試験用ストールで飼養し、1期を3週間として3—4期の試験を行った。1期のうち初めの2週間は予備試験期間とし、最後の1週間を本試験期間とした。本試験期間中は特定した2頭を自動糞尿分離装置を設置した消化試験用ストールに保留し、全糞採取法によって給与飼料全体の消化率を測定した。

供試飼料は1日の給与量を2分し、朝と夕に濃厚飼料、粗飼料の順に給与した。残飼がある場合は全量を採集、秤量し、風乾してから飼料摂取量を求めた。飼料給与量は各試験期直前の1週間の要求量を基準として計算

した。従って供試牛の体重は毎週定時に測定した。

搾乳はバケットミルクカーによって行い、乳量を秤量した。牛乳のサンプルは本試験期間中の搾乳ごとに採取し、朝夕のサンプルを合乳して分析に供した。牛乳のSNF含量は全固形分測定器(TMSチェッカー)で測定した全固形分(TMS)含量とミルコテスターで測定した脂肪率との差によって求めた。また、乳糖はSNF含量から蛋白質と灰分の含量を差し引いて求めた。牛乳の窒素分画の測定はRowlandの方法²³⁾によって行った。

粗飼料のTDN含量は、中性デタージェント・セルラーゼ連続処理法¹⁸⁾によって測定した。測定値は同時に測定した消化率既知の基準飼料の値を用いて補正した。泌乳のための正味エネルギー(NE_i)はNRC標準による式¹⁵⁾を用いて計算した。摂取TDNの泌乳に対する粗効率(以下粗効率)はBrody¹⁾の式によって求めた。

なお、本報告で単に配合飼料と記した場合は下記の配合割合(%)の配合飼料ペレットのことである。

Table 2. Composition of the experimental rations and feeding levels of nutritions as percentage of Japanese feeding standard requirements for dairy cattle

Trial	Composition and feeding level
T-1	A Regrowth hay:concentrate=30:70 ¹
	B Late cut hay:concentrate=50:50
	C Regrowth hay:concentrate=50:50
	D Late cut hay:concentrate=50:50
T-2	A Early cut hay:concentrate=30:70 ¹
	B Late cut hay:concentrate=30:70
	C Early cut hay:concentrate=60:40
	D Late cut hay:concentrate=60:40
T-3	LL 80% DCP and 80% TDN of requirements
	HL 120% DCP and 80% TDN of requirements
	LH' 80% DCP and 110% TDN of requirements
	HH 120% DCP and 120% TDN of requirements
T-4	LL 80% DCP and 80% TDN of requirements
	LH' 80% DCP and 110% TDN of requirements
	HH' 120% DCP and 110% TDN of requirements
T-5	SC Silage and concentrate
	SCP Silage, concentrate and calcium phosphate
	HC Hay and concentrate
	HCP Hay, concentrate and calcium phosphate

¹:The rations were controlled to 90% of TDN requirement.

大麦 20, トウモロコシ 20, マイロ 30, フスマ 10, 脱脂米ぬか 10, 大豆粕 6.5, 炭酸カルシウム 1.8, 第 2 リン酸カルシウム 0.5, 食塩 1.0, 牛用総合ミネラル 0.1, ビタミン A・D・E 剤 0.1。

実験 1

供試粗飼料はオーチャードグラス主体の 1 番草遅刈乾草（開花末期～結実期）と 2 番刈乾草（伸長期）を用い、濃厚飼料は配合飼料を用いた。

各試験区の TDN 給与量は日本飼養標準¹⁷⁾の 90% で、DCP は 100% 以上とし、その TDN 給与量の 30% または 50% を 2 番刈乾草で給与する区をそれぞれ A 区および C 区とした。同様に 1 番草遅刈乾草で 30% または 50% 給与する区をそれぞれ B 区および D 区とした。以上の 4 試験区に 1 区 2 頭ずつ計 8 頭の供試牛を配置し、4 × 4 ラテン方格法によって 1977 年 7 月 15 日より試験を行った。本試験期間の 5 日目と 7 日目に経鼻カテーテルでルーメン液を採取し、揮発性脂肪酸 (VFA) 濃度をガスクロマトグラフィによって測定した。

実験 2

基本的な実験計画は実験 1 と同様としたが、粗飼料の品質と給与水準について試験区間差の拡大のために、オーチャードグラスの 1 番草の早刈区を穂ばらみ期に、遅刈区を開花期から結実期に刈り取って乾草に調製して供試した。乾草の給与量は TDN 給与量の 30% と 60% に変更し、それぞれ早刈乾草区は A 区と C 区として、遅刈乾草区は B 区と D 区とした。各試験区に供試牛を 2 頭ずつ配置し、1978 年 8 月 4 日より試験を実施した。

実験 3

8 頭の供試牛を分娩時期により各 4 頭の 2 群に分け、1 群は 1979 年 5 月 15 日より、他の群は同年 9 月 20 日より供試した。実験計画は群間の差も検定できる方式にした反復ラテン方格法を用いた。

各区の DCP および TDN 給与水準は、日本飼養標準の要求量に対して、L を 80%, H を 120%, H' を 110% とし、DCP 水準と TDN 水準を組み合わせて LL 区、HL 区、LH' 区、HH 区の 4 区を設定した。そのうち LH' 区は飼料構成上の問題から H の 120% を 110% に低下させたものである。

各試験区の飼料はオーチャードグラスの 1 番草遅刈乾草（開花末期）10kg (LH' 区の 3・4 期は 6kg) を基礎飼料とし、それに配合飼料、ビートパルプ、大豆粕、トウモロコシ（二種混）によって、DCP および TDN の給与計画量を満たすように配合した。

実験 4

実験 3 の試験飼料のうちで、特に LH' 区は乾草とビートパルプだけで構成する飼料となり、ミネラル、特にリンの給与量が不足していた。さらに高熱量区を H から H' に変更したことも、LH' 区の飼料摂取量や SNF 含量が低下した原因の 1 部になったのではないかと考えられたので、今回の TDN をすべて H' に統一し、さらにリンとカルシウムは要求量を充足するように添加した。供試牛は当初 8 頭の搾乳牛を用いたが、乳乳房炎のために 6 頭とし、各区 2 頭の 3 × 3 ラテン方格法によって 1980 年 10 月 21 日より実験した。飼料は実験 3 の供試飼料と同様のものを用いて、L を 80%, H を 120%, H' を 110% とし、DCP と TDN の水準について LL 区、LH' 区、HH' 区の 3 区を設定した。

実験 5

粗飼料の調製法が乳質に及ぼす影響を検討するために、同一圃場のオーチャードグラス主体の 1 番草を開花後期の同一日に刈り取り、その半量を天日乾燥によって乾草に調製し、他の半量をビニール製スタック・バック・サイロに予乾なしで詰めてサイレージに調製した。

Table 3. Apparent digestibilities and nutrient contents of the rations (Trial 1 and 2)

Trial		Digestibility					Nutrient content (DM basis)		
		Dry matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	DCP	TDN	NE _t ¹
		%	%	%	%	%	%	Mcal/kg	
T-1	A	74.97	70.86	70.32	83.82	65.93	11.03	75.77	1.74
	B	68.69	67.40	66.31	79.42	48.71	10.10	68.90	1.57
	C	67.77	66.99	55.79	76.02	61.98	10.66	68.29	1.55
	D	65.22	73.22	63.52	70.00	58.83	10.98	65.69	1.49
T-2	A	73.19	83.69	36.99	77.62	62.27	12.19	71.22	1.62
	B	65.96	64.12	14.79	76.55	46.92	8.45	64.17	1.45
	C	67.43	78.27	46.89	71.79	59.04	10.92	66.25	1.50
	D	62.30	52.61	(-9.66)	66.06	49.98	5.71	56.62 ²	1.27

1: The NE_t was calculated from the equation of the NRC feeding standard for dairy cattle (1978).

2: The value of the crude fat was regarded as zero for calculation of TDN.

Table 4. Effects of quality and level of hay on nutrients intake, body weight, milk yield and gross efficiency of milk production by cows (Trial 1 and 2)

Trial		Daily intake			% of required ¹		Body weight	Milk yield	Gross efficiency
		DCP	TDN	NE _t	DCP	TDN			
		kg	kg	Mcal	%	%	kg	kg/day	%
T-1	A	1.37 ^b	9.40	20.60	137 ^b	102 ^{a,b}	568.4	16.03	28.7
	B	1.33 ^b	9.04	21.58	132 ^b	98 ^{b,c}	573.7	16.05	30.2
	C	1.39 ^{a,b}	8.91	21.36	140 ^b	97 ^c	581.0	15.74	30.2
	D	1.57 ^a	9.42	20.21	163 ^a	104 ^a	591.1	14.95	27.0
T-2	A	1.38 ^a	8.03	18.27	142 ^a	90	544.0	15.30 ^a	33.2 ^a
	B	1.06 ^b	8.09	18.27	113 ^b	92	564.8	14.64 ^b	30.9 ^{a,b}
	C	1.35 ^a	8.22	18.62	141 ^a	92	561.3	14.67 ^b	32.3 ^a
	D	0.82 ^c	8.14	18.25	89 ^c	93	589.4	13.53 ^b	29.1 ^b

1: The values are intake level as percentage of Japanese feeding standards.

^a, ^b and ^c: The values with different superscripts in the same group are significantly different.

試験区は DCP および TDN の給与量をいずれも要求量の90%に制限し、サイレージを給与した SC 区、乾草を給与した HC 区を設定した。サイレージおよび乾草の給与量は、1日1頭あたり乾物 (DM) として9.6 kg とし、不足する養分量をビートパルプと大豆粕で補給した。さらにこの2区をそれぞれ2分し、その一方にリンを要求量が充足されるように補給して、それぞれを SCP 区および HCP 区とした。今回のカルシウム含量は要求量に近かった。

以上の4試験区に各2頭の搾乳牛を割り付け、実験1と同様の実験計画によって1981年10月2日より実験を行った。

結 果

粗飼料の品質及び給与水準の影響

実験1および2における各区の試験飼料の消化率およ

び養分含量を表3に示した。実験1ではDM消化率についてA区とB区の間に差がみられたが、C区とD区は近似した消化率を示したので、C区とD区のDM中のTDNおよびNE_t含量は近似した値となった。これに対して実験2では、A区とB区の間およびC区とD区の間はTDNおよびNE_t含量の差は実験1の場合よりも大きくなった。ただし、実験2のD区の飼料については、粗脂肪の消化率が負の値を示したので、TDNはこの消化率をゼロとみなして算出した。また、実験2においてB区およびD区のDCP含量は粗飼料の影響で低くなった。

これらの消化率から求めた1日1頭あたりのDCPおよびTDN摂取量、日本飼養標準¹⁷⁾の要求量に対するDCPおよびTDNの摂取割合(摂取割合と略す)、ならびに体重、乳量、乳生産の粗効率についての成績を表4に示した。TDN摂取割合は実験1では97-104%と計画の90%よりも高い値を示し、実験2では計画に近い

Table 5. Effects of quality and feeding level of hay on composition of the milk (Trial 1 and 2)

Trial		Composition of milk					
		TMS	SNF	Fat	Protein	Lactose	Ash
		%	%	%	%	%	%
T-1	A	11.86	8.41	3.45	3.22	4.47	0.71
	B	11.85	8.42	3.44	3.22	4.47	0.73
	C	11.85	8.35	3.50	3.23	4.41	0.71
	D	11.98	8.36	3.47	3.20	4.45	0.72
T-2	A	12.09	8.49	3.60 ^{a,b}	3.29	4.47	0.71
	B	12.01	8.46	3.55 ^b	3.25	4.47	0.74
	C	12.45	8.52	3.93 ^a	3.39	4.40	0.74
	D	11.98	8.38	3.61 ^{a,b}	3.23	4.41	0.73

^a and ^b : See Table 4.

Table 6. Effects of underfeeding of TDN on milk yield and composition (Trial 1 and 2)

Trial	Experimental period	Milk yield	Composition of milk					
			TMS	SNF	Fat	Protein	Lactose	Ash
		kg	%	%	%	%	%	%
T-1	Period 1	18.65 ^a	11.41 ^b	8.19 ^b	3.21 ^b	2.98 ^c	4.50	0.72
	Period 2	16.31 ^{a,b}	11.86 ^{a,b}	8.37 ^{a,b}	3.49 ^{a,b}	3.15 ^b	4.49	0.73
	Period 3	14.51 ^b	11.80 ^b	8.37 ^{a,b}	3.44 ^{a,b}	3.24 ^b	4.42	0.71
	Period 4	13.30 ^b	12.33 ^a	8.61 ^a	3.71 ^a	3.49 ^a	4.39	0.73
T-2	Period 1	18.00 ^a	11.26 ^c	8.02 ^c	3.24 ^c	2.95 ^c	4.36	0.71 ^b
	Period 2	15.89 ^b	11.99 ^b	8.36 ^{b,c}	3.63 ^b	3.18 ^{b,c}	4.45	0.73 ^b
	Period 3	13.28 ^c	12.36 ^{a,b}	8.57 ^{a,b}	3.79 ^{a,b}	3.37 ^b	4.47	0.74 ^b
	Period 4	10.97 ^d	12.91 ^a	8.88 ^a	4.03 ^a	3.66 ^a	4.46	0.76 ^a

^a, ^b, ^c and ^d : See Table 4.

90—93%の値を示した。しかし、いずれの場合も試験区間に有意差は認められなかった。

各試験区の体重をみると、実験1、2ともに遅刈乾草を給与したB区とD区はA区とCより重い傾向を示している。また、乾草を多給したC区とD区は乾草を少給したA区とB区より重い傾向を示した。しかし、いずれの試験区間にも有意差は認められなかった。

乳量の変化をみると、実験1、2ともに乾草多給のC・D区を平均した乳量が、少給のA・B区を平均した乳量よりも低い傾向を示した。また、遅刈乾草を給与したB・D区を平均した乳量はA・C区を平均した乳量よりも低い傾向を示した。特に遅刈乾草を多給したD区は両実験とも最も低い乳量を示し、実験2のA区と他の3区との間には統計的に有意差が認められた。

乳生産の粗効率は実験2でA、C、B、Dの順に低くなり、A区とD区の間有意差が認められた。実験1ではD区が他の区よりも低い傾向がみられたが、各区間の差は小さかった。

これらの牛乳の組成は表5のようである。SNF含量は実験1では乾草多給のC、D区が少給のA、B区よりも低い傾向を示し、実験2ではD区が他の3区よりも低い傾向を示した。しかし、いずれも各区の間有意差は認められなかった。その他の成分では実験2のC区の脂肪率がB区よりも有意に高かった以外は、両実験のTMS、蛋白質、乳糖および灰分の各含量、ならびに実験1の脂肪率はいずれも各区間の差が小さく、有意差は認められなかった。

これらの牛乳組成を各試験期別に8頭の平均値で示すと表6のようである。本研究の計画に当ってはTDN給与量の制限に伴って乳量もSNF含量も低下するものと期待していたが、表6に示すとおり乳量は急速に低下したが、SNF含量は実験1では1期の8.19%が4期には8.61%に増加し、実験2でも1期の8.02%から4期には8.88%に増加した。これらの変化はいずれも有意差と認められた。その他、両実験のTMS、脂肪、蛋白質および実験2の灰分の各含量は、SNF含量と同様に試

Table 7. Apparent digestibilities and nutrient contents of the rations (Trial 3 and 4)

Trial		Digestibility					Nutrient content (DM basis)		
		Dry matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	DCP	TDN	NE _i ¹
T-3	LL	58.20 [%]	53.81 [%]	42.17 [%]	68.46 [%]	43.74 [%]	5.29 [%]	56.86 [%]	1.27 ^{Mcal/kg}
	HL	59.79	68.70	56.32	66.92	45.30	9.21	58.33	1.31
	LH'	62.12	47.20	(-20.02)	73.82	41.44	3.87	60.54 ²	1.36
	HH	60.75	52.60	32.18	71.59	46.29	4.94	59.99	1.35
T-4	LL	62.05	63.44	52.88	70.58	49.92	6.47	61.90	1.40
	LH'	64.27	48.86	(-10.00)	75.05	56.40	4.29	63.81 ²	1.44
	HH'	62.92	56.67	46.27	73.67	46.71	6.13	61.96	1.40

1: See Table 3.

2: See Table 3.

Table 8. Effects of DCP and TDN levels on nutrients intake, body weight, milk yield and gross efficiency of milk production (Trial 3 and 4)

Trial		Daily intake			% of required ¹		Body weight	Milk yield	Gross efficiency
		DCP	TDN	NE _i	DCP	TDN			
T-3	LL	0.75 ^{kg}	8.01 ^{kg}	17.90 ^{Mcal}	82 ^b	93 ^c	567.2 ^{kg}	14.75 ^{kg/day}	29.8 [%]
	HL	1.34 ^a	8.46 ^b	19.01 ^b	142 ^a	96 ^b	563.1 ^b	15.30 ^b	30.4
	LH'	0.55 ^d	8.60 ^b	19.32 ^b	59 ^c	98 ^b	574.1 ^{a,b}	15.03 ^b	29.5
	HH	0.89 ^b	10.82 ^a	24.35 ^a	85 ^b	113 ^a	578.6 ^a	17.84 ^a	28.0
T-4	LL	0.88 ^b	8.43 ^b	19.06 ^c	89 ^a	94 ^b	571.1	14.91	30.5
	LH'	0.59 ^c	8.79 ^b	19.83 ^b	62 ^b	101 ^a	571.0	14.07	27.6
	HH'	0.98 ^a	9.92 ^a	22.42 ^a	92 ^a	104 ^a	584.5	16.29	29.0

1: Table 4.

a, b and c: See Table 4.

験期の進行につれて増加し、その変化は有意であった。

各試験区の牛乳の窒素分布をカゼイン態、アルブミン態、グロブリン態、プロテオース・ペプトン態および非蛋白態に分画して測定したが、特記する傾向は認められなかった。また、ルーメント液のVFA含量についても各区の間に有意な差が認められなかった。

DCP および TDN の給与水準の影響

実験3および4で給与した試験飼料の消化率および養分含量を表7に示した。低蛋白質・高熱量の飼料構成とするために乾草の給与量を6kgに制限し、ビートパルプを多給したLH'区の消化率は、両実験とも乾物および可溶無窒素物が他の区よりも高く、一方、粗蛋白質、粗脂肪および粗繊維が他の区よりも低い傾向を示した。特に粗脂肪の消化率は負の値を示した。

各試験飼料の養分含量をみると、実験3のDCP含量はHL区を最高としLL区、HH区、LH'区の順に低く、実験4においてもLL区、HH'区、LH'区の順であった。TDN含量は両実験ともLH'区が最高値を示

したが、各試験飼料の値は近似していた。TDN含量から計算したNE_iの値もTDNと同様の傾向であった。

これらの消化率によって求めたDCPとTDNの摂取量および摂取割合、ならびに体重、乳量、乳生産の粗効率を表8に示した。実験3のDCP摂取量および要求量に対する摂取割合は、HL区を最高としHH区、LL区、LH'区の順に低くなった。これら各区間の差をみると、摂取量ではいずれの区間にも有意差が認められたが、摂取割合ではHH区とHL区の間には有意差が認められなかった。実験4においてもDCP摂取量はHH区、LL区、LH'区の間には有意差が認められたが、摂取割合はLH'区が他の2区よりも有意に低いと認められただけで、HH'区とLL区の間には有意差が認められなかった。

TDN摂取量について実験3はHH区、LH'区、HL区、LL区の順に低く、実験4でもHH'区、LH'区、LL区の順に低くなったが、両実験とも高蛋白質・高熱量区だけが他の区よりも有意に高かった。これに対して摂取

Table 9. Effects of feeding levels of DCP and TDN on the composition of the milk (Trial 3 and 4)

Trial		Composition of milk					
		TMS	SNF	Fat	Protein	Lactose	Ash
		%	%	%	%	%	%
T-3	LL	11.12	7.86 ^b	3.26	2.74 ^b	4.39 ^b	0.73
	HL	11.27	7.92 ^b	3.35	2.84 ^{a,b}	4.35 ^b	0.72
	LH'	11.19	7.97 ^b	3.22	2.78 ^b	4.47 ^{a,b}	0.72
	HH	11.39	9.26 ^a	3.14	2.93 ^a	4.60 ^a	0.73
T-4	LL	11.89	8.36 ^b	3.53	2.93 ^b	4.77	0.67 ^b
	LH'	12.10	8.57 ^a	3.53	3.03 ^{a,b}	4.84	0.70 ^{a,b}
	HH'	12.25	8.62 ^a	3.63	3.15 ^a	4.76	0.71 ^a

a and b : See Table 4.

Table 10. Effects of feeding levels of DCP and TDN on distribution of nitrogen in the milk (Trial 3)

Trial	Percentage of total nitrogen				
	Casein-N	Albumin-N	Globulin-N	Protease peptone-N	Non-protein-N
	%	%	%	%	%
LL	78.33 ^a	8.88	2.94	3.03 ^{a,d}	6.82 ^b
HL	77.03 ^b	8.59	2.56	3.38 ^a	8.44 ^a
LH'	78.93 ^a	9.30	2.61	2.48 ^b	6.68 ^b
HH	79.04 ^a	8.30	2.49	3.46 ^a	6.71 ^b

^a and ^b : See Table 4.

割合は摂取量と異なり、実験3ではLL区が他区よりも有意に低い値を示し、実験4ではHH'区とLH'区の間には有意差が認められなかった。また、実験3のLH'区、HL区、LL区および実験4のLL区の摂取割合はいずれも100%未満であった。

各試験区の体重をみると、実験3ではHH区が最も重く、最も軽いHL区との間に有意差が認められ、LH'区とLL区はその2区の間であった。実験4ではHH'区が最も重く、LH'区とLL区はほとんど同じ体重であったが、いずれの区間にも有意差は認められなかった。

乳量の実験3ではHH区が最も高く、次いでHL区、LH'区、LL区の順であったが、統計的にはHH区だけが他の3区と有意差があった。実験4ではHH'区が他の2区よりも多い傾向を示したが、いずれの区間にも有意差を認めなかった。また、試験期間の進行に伴う乳量の低下は、両実験とも実験1、2の成績に類似していた。

これらの試験区の牛乳の組成を示すと表9のようである。実験3のSNF含量は、HH区の8.26%に対して他の3区は7.86—7.97%と有意に低い値を示した。このSNFを構成する成分をみると、HH区に対して蛋白質はLH'区とLL区が低く、乳糖はHL区とLL区

が低い値を示し、これらの差はいずれも有意差であった。また、HL区はDCP摂取量がHH区よりも多いにも係らず、牛乳の蛋白質含量はHH区よりも低い傾向を示した。

実験4のSNF含量は、HH'区とLH'区がほぼ同じ値を示し、この2区に対してLL区は有意に低い値を示した。SNFを構成する成分のうちでLL区の蛋白質と灰分がHH'区よりも有意に低い値を示した。また、実験4のSNF含量は実験3のSNF含量よりも全般的に高い値を示していたが、この傾向は供試牛の個体差によるものか、あるいは飼料の影響かは明らかでない。

実験3の牛乳の窒素成分の分布についての成績を表10に示した。カゼイン態NはHH区、LH'区、LL区、HL区の順に低くなり、そのうちHL区は他の3区よりも有意に低かった。プロテオース・ペプトン態NはHH区およびHL区に比較してLH'区が有意に低い値を示した。また、非蛋白質態Nはカゼイン態Nとは逆に、HL区が他の3区よりも高い値を示した。アルブミン態Nとグロブリン態Nには試験区間に有意差は認められなかった。

牧草の調製法およびリン補給の影響

実験5で給与した各試験飼料の消化率および養分含量

Table 11. Apparent digestibilities and nutrient contents of the rations in Trial 5

Trial		Digestibility					Nutrient content (DM base)		
		Dry matter	Crude Protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	DCP	TDN	NE _t ¹
		%	%	%	%	%	%	Mcal/kg	
T-5	SC	64.95	61.52	55.08	71.70	62.28	7.99	64.52	1.46
	SCP	67.71	67.03	58.97	73.95	63.28	9.04	66.77	1.52
	HC	62.31	59.13	28.58	68.04	59.84	7.66	61.19	1.38
	HCP	63.65	59.15	35.91	70.61	62.01	8.09	63.37	1.43

1: See Table 3.

Table 12. Effects of silage and hay made from grasses of the same quality, and of phosphate addition on nutrients intake, body weight, milk yield and milk composition (Trial 5)

Trial	Daily intake			% of required ¹		Body weight	Milk yield	Milk composition	
	DCP	TDN	NE _t	DCP	TDN			TMS	SNF
	kg	kg	Mcal	%	%	kg	kg/day	%	%
SC	1.28 ^{b,c}	10.40 ^{a,b}	23.54 ^{a,b}	114 ^b	101 ^{a,b}	612.6	17.99	12.25	8.53
SCP	1.47 ^a	10.86 ^a	24.74 ^a	130 ^a	106 ^a	612.6	17.94	12.36	8.55
HC	1.18 ^c	9.49 ^b	21.41 ^b	112 ^b	96 ^b	622.5	16.45	12.32	8.45
HCP	1.34 ^{a,b}	10.51 ^{a,b}	23.73 ^{a,b}	123 ^{a,b}	104 ^{a,b}	622.9	17.43	12.22	8.54

1: See Table 4.

^a, ^b and ^c: See Table 4.

を表 11 に示した。試験飼料の消化率は乾草を給与した HC 区および HCP 区よりも、サイレージを給与した SC 区および SCP 区の方が高い傾向を示した。また、同じ粗飼料を給与した場合、リンを補給した区は補給しなかった区よりも消化率が高くなる傾向を示した。DCP, TDN および NE_t の含量についても消化率の場合に類似した傾向を示した。

これらの飼料を給与した各試験区の DCP と TDN の摂取量および摂取割合、ならびに体重、乳量、乳組成などの成績を表 12 に示した。DCP, TDN および NE_t の摂取量は、いずれも SCP 区が最も高い値を示し、HC 区が最低の値を示した。摂取割合も摂取量とほぼ同様の傾向を示したが、その値の範囲は DCP が 112—130% TDN が 96—106% となり、いずれも計画より高い摂取割合になった。

これらの飼料給与時の体重は、乾草給与区がサイレージ給与区よりも約 10 kg 重い体重であったが、その差は有意ではなかった。

また、乳量は HC 区が他の 3 区よりも低い傾向を示した。乾草とサイレージの比較では、乾草給与区の乳量はサイレージ給与区よりも低い傾向がみられた。しかし、試験区間に有意差は認められなかった。牛乳の組成で TMS 含量および SNF 含量は、いずれも各試験区の値が近似していた。その他の脂肪、蛋白質、乳糖および灰

分の各含量にも有意差を認めなかった。

考 察

実験 1 から 5 を通じて SNF 含量が他の試験区よりも有意に低下した試験区は、実験 3 の LL 区, HL 区, LH⁷ 区と実験 4 の LL 区の 4 試験区であった。これら各区の要求量に対する TDN の摂取割合は、それぞれ 93, 96, 98 および 94% で、いずれも 100% 未満であった。この場合の DCP の摂取割合は、それぞれ 82, 142, 59 および 87% で、要求量に対して不足の場合と過剰の場合が含まれている。

それに対して実験 1 の B 区, C 区, 実験 2 の A 区, B 区, C 区, D 区, 実験 5 の HC 区の 7 試験区は、TDN の摂取割合が 100% 未満でも SNF 含量の有意な低下が認められなかった。しかし実験 1 と 2 では粗飼料品質の低下および濃厚飼料に対する給与割合の増加によって SNF 含量が低下する傾向がみられた。また、実験 5 の HC 区の SNF 含量が他の区よりも低い傾向が認められた。

SNF 含量とエネルギー給与の関係について、Holmes et al.⁷⁾, Gordon & Forbes⁸⁾ および Rook & Line²⁰⁾ は、エネルギー給与水準が増加すると SNF 含量も増加することを示している。また、濃厚飼料の給与水準の影響について、Nelson et al.¹⁶⁾, Holmes et al.⁸⁾ およ

び増淵ら^{12,13)}は、濃厚飼料給与量の増加に伴って SNF 含量が増加すると報告している。乳量に対する濃厚飼料の給与割合の影響について Clifton et al.³⁾は、FCM 量の $\frac{1}{4}$ よりも $\frac{1}{2}$ 給与の方が SNF 含量が高かったとし、Murdock & Hodgson¹⁴⁾は 8.16 kg 以上の FCM 1 kg あたり 0.6kg の濃厚飼料を給与した時に SNF 含量が最も高かったとしている。

それに対して Johnson¹⁰⁾ および Qureshi et al.¹⁹⁾は、濃厚飼料の給与水準によって SNF 含量が変化する傾向はみられたが有意差ではなかったとしている。また、和泉・大橋⁹⁾は濃厚飼料を乳量の $\frac{1}{3}$ 給与した場合より $\frac{1}{3}$ 給与により乳量は増加したが SNF 含量は変化しなかったとしている。また、Broster et al.²⁾もエネルギー摂取量が多いと SNF 含量が向上する傾向はみられるが、有意差とは認められなかったとしている。

蛋白質摂取量と SNF 含量との関係について Broster et al.²⁾は、DCP を要求量の 85.4% から 108.9% の範囲で給与した試験で SNF 含量の変化を認めていない。同様に Thomas²²⁾は蛋白質含量が 10.7% と 12.6% の飼料を給与した場合に SNF 生産量には差があったが、SNF 含量には差がなかったとしている。Logan et al.¹¹⁾は DCP を要求量より 20—30% 多く給与した場合に牛乳の蛋白質含量は増加したが、SNF 含量の増加は有意ではなかったとしている。牛乳の蛋白質含量は粗蛋白質摂取量の増加によって向上すると Emery⁴⁾は既報の成績を総括している。

DCP と TDN の給与水準の組み合わせと SNF 含量との関係について、Gordon & Forbes⁵⁾は高蛋白質・高熱量区の SNF 含量が高蛋白質・低熱量区および低蛋白質・高熱量区よりも有意に高かったとしている。しかし、低蛋白質・低熱量区と高蛋白質・高熱量区の間には有意差を認めていない。

以上の報告を総合すると、SNF 含量とエネルギー摂取量との関係は深いとみるべきであると思う。しかし、エネルギー摂取量が低い場合でも SNF 含量が低下しない場合があるのは、本報の成績でも認められる。特に実験 1・2 で乳量の減少に伴って SNF 含量が増加したのは、急激な乳量減少が泌乳末期と同様の生理的变化を誘起したのではないかと思考されるが、今後の検討を要する。

また、DCP 摂取量と SNF 含量の関係は明確ではない。DCP 摂取量が多くとも TDN 摂取量が少ない場合には SNF 含量が増加しないという成績からみて、DCP の問題は摂取量自体よりも TDN とのバランスを重視すべきであると考えられる。

粗飼料の問題については、津吉ら²³⁾および Murdock & Hodgson¹⁴⁾のように粗飼料の給与量が SNF 含量に影響しなかったとする報告もあるが、粗繊維含量が高いと SNF 含量が低下するとした Gordon & Forbes⁵⁾の報告や、牛乳の蛋白質含量は粗繊維含量に影響されるとした Emery⁴⁾の報告からみて、低品質粗飼料の多給により SNF 含量が低下する傾向が認められたことは、実際の乳牛飼養にあたって考慮すべきであると考えられる。

謝辞

本研究を実施するにあたり御指導を戴いた畜産試験場 亀岡喧一栄養部長（現畜産試験場長）に深謝する。また、御指導と本稿の御校閲を戴いた当場の大森昭一郎家畜部長に深謝する。

引用文献

1. Brody, S (1945) : Bioenergetics and Growth. Reinhold Publishing Co. New York. 832—835.
2. Broster, W. H., Tuck, V. J., Smith, T. & Johnson, V. W. (1969) : Experiments on the nutrition of dairy heifer. VII. Observations on the effect of the energy intake on the utilization of protein in growth and in lactation. J. agric. Sci. Camb. 72 : 13—30.
3. Clifton, C. M., Miller, W. J. & Cameron, N. W. (1967) : Coastal Bermudagrass as pellets and silage compared to oats-ryegrass-crimson clover, sudangrass, and corn silages with high and low grain levels for lactating cows. J. Dairy Sci. 50 : 1798—1804.
4. Emery, R. S. (1978) : Feeding for increased milk protein. J. Dairy Sci. 61 : 825—828.
5. Gordon, F. J. & Forbes, T. J. (1970) : The associative effect of level of energy and protein intake in the dairy cow. J. Dairy Res. 37 : 481—491.
6. Gordon, F. J. & Forbes, T. J. (1971) : Effect of fibre level in the diet of the dairy cow on milk yield and composition. J. Dairy Res. 38 : 381—391.
7. Holmes, W., Arnold, G. W. & Provan, A. L. (1960) : Bulk feeds for milk production. I. The influence of level of concentrate feeding in addition to silage and hay on milk yield and milk composition. J. Dairy Res. 27 : 191—204.
9. Holmes, W., Reid, D., AacLusky, D. S., Waite, R. & Watson, J. N. (1957) : Winter feeding of dairy cows. IV. The influence of four levels of concentrate feeding in addition to basal ration of grass products on the production obtained from milking cows. J. Dairy Res. 24 : 1—10.
9. 和泉康史・大橋尚夫 (1972) : 泌乳初期における濃厚飼料の給与量が産乳量、血液性状並びに繁殖性に及ぼす影響。I. 飼料摂取量、乳量および乳組成について、新得畜試研報 3 : 13—18.
10. Johnson, C. L. (1977) : The effect of the plane

- and pattern of concentrate feeding on milk yield and composition in dairy cows. *J. Agr. Sci. UK*, 88: 79-94.
11. Logan, V. S., Miles, V. & Haskell, S. R. (1959): The effect of relative protein and energy content of dairy rations on production and composition of milk. *Canadian J. Animal Sci.* 39: 226-234.
 12. 増淵敏彦・渡辺和雄・小池袈裟美・小川美恵子 (1976): 乳牛における濃厚飼料給与量が牧草摂取量に及ぼす影響. 草地試研報 9: 41-48.
 13. 増淵敏彦・竹沢武春 (1978): 乳牛における濃厚飼料給与量がグラスキューブの摂取量に及ぼす影響. 草地試研報 13: 103-109.
 14. Murdock, F. R. & Hodgson, A. S. (1967): Milk production response of dairy cows fed high-moisture grass silage. I. Effect of varying levels of hay and concentrate. *J. Dairy Sci.* 50: 57-61.
 15. National Research Council (1978): Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy of Science, Washington, D. C. p. 4.
 16. Nelson, B. D., Ellzey, H. D., Morgan, E. B. & Allen, M. (1968): Effects of feeding lactating dairy cows varying forage-to-concentrate ratios. *J. Dairy Sci.* 51: 1796-1800.
 17. 農林省農林水産技術会議事務局 (1974): 日本飼養標準・乳牛 (1974年版). 中央畜産会. 東京.
 18. 農林省草地試験場 (1976): サイレージ試験法. 草地試資料 50-3: 72-73.
 19. Qureshi, S. R., Waldern, D. E., Blosser, T. H. & Wallenius, R. W. (1972): Effects of diet on proportions of blood plasma lipids and milk lipids of the lactating cow and their long-chain fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 55: 93-101.
 20. Rook, J. A. F. & Line, C. (1961): The effect of the plane of energy nutrition of the cow on the secretion in milk of the constituents of the solid-not-fat fraction and on the concentrations of certain blood-plasma constituents. *Brit. J. Nutr.* 15: 109-119.
 21. Thomas, J. W. (1971): Protein requirements of milking cows. *J. Dairy Sci.* 54: 1629-1636.
 22. 東京大学農芸化学教室 (1969): 実験 農芸化学 (下巻). 朝倉書店. 東京 643-647.
 23. 津吉 炯他 6 場所 (1975): 乳牛における濃厚飼料多給の生理限界究明に関する研究. 農林省農林水産技術会議研究成果 81.

SUMMARY

Feeding Factors on Solid-not-fat Content of Milk by Dairy Cattle

I. Effects of Quality and Feeding Level of Roughage

Toshihiko MASUBUCHI, Takeharu TAKEZAWA¹, Kazuo WATANABE,
Masuhiro OGAWA, Yoshimasa SAKAI² and Yoshinori OKITSU³

*Animal Science Division, National Grassland Research Institute,
Nishinasuno, Tochigi, 329-27, Japan*

¹*Present Address : Agriculture, Forestry & Fisheries Research Council,
1-2-1 Kasumigaseki, Tokyo, 100, Japan*

²*Grassland Planning Division, National Grassland Research Institute,
Nishinasuno, Tochigi, 329-27, Japan*

³*Shizuoka Prefectural Animal Husbandry Experimental Station,
Uchino, Fujinomiya, 418-02, Japan*

Received August 15, 1983

Five Latin square trials were conducted to study the effects of feeding lactating dairy cows varying quality of grasses, hay-to-concentrate ratios and the level of nutrients on solids-not-fat (SNF) production in milk.

In trial 1, 8 cows were fed 4 types of rations with combination of good or poor quality hay and two levels of hay-concentrate ratios for four 21-day periods.

In trial 2, a similar experiment to trial 1 excepting a change of hay-concentrate ratio was repeated.

In trial 3, 8 cows assigned to one of four rations of DCP 120:TDN 120 (HH), 120:80(HL), 80:110 (LH') and 80 : 80(LL) of requirements.

In trial 4, 6 cows were used in a 3x3 Latin square design and given three rations of LL, LH' and HH' of trial 3. The rations were supplemented phosphat and calcium.

In trial 5, four groups of 2 cows were given four rations : Silage, Silage+Phosphate, Hay and Hay+Phosphate. Each ration was adjusted to 90% of DCP and TDN of requirements by the addition of concentrate to 9.6 kg of hay or silage in DM. Silage and hay were made from grasses of the same quality.

Results obtained were as follows.

1. It was observed that increased hay feeding was associated with lower SNF contents.
2. It was considered that feeding the poor quality hay resulted in a small decrease in SNF content of milk.
3. The SNF contents of the groups of LL, HL and LH' were significantly lower than that of HH in trial 3, and the same result was obtained among LL, LH' and HH' in trial 4.
4. Differences in the SNF content of milk due to silage or hay fed were not significant.
5. There was no effect of the addition of calcium phosphate to the rations on SNF content.