

混合飼料中の粗飼料繊維の性質が乳牛における消化率と第一胃内発酵に及ぼす影響

誌名	北海道農業試験場研究報告 = Research bulletin of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station
ISSN	03675955
巻/号	154
掲載ページ	p. 93-102
発行年月	1990年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



混合飼料中の粗飼料繊維の性質が乳牛における 消化率と第一胃内発酵に及ぼす影響

篠田 満* 萬田富治**

1. 緒 言

NDF (中性デタージェント繊維)として表示される飼料中の総繊維含量は、飼料摂取量と密接に関係することから、泌乳牛が最大の飼料摂取量を示す最適 NDF 水準が提案されている (MERTENS, 1983, COLLENBRANDER, 1986)。しかし、飼料摂取量を高めることが出来たととしても、長期間にわたって高乳量を持続するためには第一胃内発酵が正常に維持されている必要がある。したがって、乳用牛飼料に含まれるべき維持の量については、飼料摂取量とあわせて第一胃内発酵との関係の解明、特に維持の性質との関係の解明が重要である。

これらの関係を明らかにするため、著者らは刈取りステージおよび草種の異なる粗飼料を供試して、混合飼料中の粗飼料の繊維の性質が混合飼料の飼料特性に及ぼす影響を検討した。その結果、アルファルファでは刈取りステージの違いにより給与水準増加に伴う混合飼料の消化率低下の傾向が異なることを報告した (篠田ら 1988, 篠田・萬田, 1988)。

本試験ではイネ科主体混播草を粗飼料基材として調製した混合飼料中に含まれる粗飼料繊維の量と消化率および混合飼料の給与量が乳牛における消化率、TDN 含量ならびに第一胃内発酵に及ぼす影響について検討した。

本試験を遂行するに当たり帯広畜産大学院生玉木琢男氏の協力を得た。ここに謝意を表する。

2. 方 法

1) 飼料の調製

粗飼料基材として造成後 2 年目のチモシー主体混播草地 (赤クローバ 30% を含む) から調製した 1 番草早刈サイレージおよび遅刈サイレージを供試した。草刈草および遅刈草の刈取り日はそれぞれ 6 月 8 日 (穂孕期)、7 月 5 日 (開花期) である。

この 2 種類のサイレージを粗飼料基材として大豆粕、市販蒸煮圧扁トウモロコシ (5% フスマを含む) を組み合わせて、4 種類の NDF 水準 (NDF 41%, 36%, 31%, 26%) の混合飼料を調製した。なお、全ての混合飼料の粗タンパク質 (CP) 含量はほぼ等しくなるように調整した。

2) 消化試験

1 区当たり、第一胃フィステル装着の成牛 4 頭 (開始時体重 570 ~ 620kg) および泌乳牛 4 頭 (開始時体重 570 ~ 650kg) を供試した。混合飼料の給与水準は体重当たり乾物でフィステル装着牛は 1%, 泌乳牛は 3% とした。消化試験は、予備期 8 日間、本期 6 日間の全糞採取法で実施した。遅刈草を基材とした NDF 26% 混合飼料の 3% 給与水準の消化試験は、濃厚飼料の給与量が過剰と考えて実施しなかった。混合飼料は 2 回に分けて、朝 8 時 30 分、夕方 4 時に半量ずつ給与し、飲水および固形塩摂取は自由とした。

サイレージの TDN 含量は、体重 60 ~ 80kg の去勢雄成めん羊を各サイレージ当たり 4 頭供試し、全糞採取法による消化試験で求めた。

サイレージのみを給与した場合の第一胃液性状の調査は早刈サイレージは乾乳牛 4 頭を、遅刈サイレージはフィステル装着牛 4 頭を供試して、それぞれ体重当たり乾物で 1% の給与水準で 2 週間の給与

平成 2 年 7 月 9 日受理

*草地区飼料調製研究室

**企画連絡室総合研究第 3 チーム

試験を実施した。

3) 第一胃液の採取と採血

第一胃液は消化試験最終日に給与前(Oh), 給与開始後1.5, 2, 5, 8時間目に第一胃フィステルまたは経ロカテーテルを用いて採取した。第一胃液は二重ガーゼで濾過後, pHを測定した。残りの濾過液は揮発性脂肪酸(VFA)およびアンモニア態窒素分析時まで凍結保存した。血液は給与開始後5時間目に、頸静脈より採血し、血漿を遠心分離し分析時まで凍結保存した。

なお、混合飼料の摂取状況は1%給与水準では給与後1時間以内で全量を採食したが、3%給与水準では5時間経過しても残食がみられた。

4) 分 析

飼料・糞の成分分析は前報(篠田ら, 1988)に従い、有機物(OM)からNDFを差し引いた分画をCC(細胞内容物), NDFからADF(酸性デタージェント繊維)を差し引いた分画をヘミセルロースとした。サイレージおよび第一胃液中のアンモニア態窒素濃度はコンウェイの微量拡散法で(森本, 1971), VFA濃度はガスクロマトグラフィーで測定した。

血漿中のグルコースはGOD-POD法で、尿素窒素(BUN)はウレアーゼ吸光度法で定量した。

なお、早刈サイレージは酪酸含量が多く、乳牛の代謝への悪影響が考えられたため、早刈サイレージ混合飼料給与牛については血中のケトン体濃度を酵素法で定量した。これらの血液分析は十勝臨床検査センターで行った。

3. 結 果

表1に供試サイレージの成分組成、消化率、TDN含量を示した。早刈と遅刈ではNDFおよびADFの消化率に、おおよそ10%の差が認められた。TDN含量は早刈サイレージが60.1%、遅刈サイレージは53.7%であった。

表2にサイレージの発酵品質を示した。両サイレージとも不良発酵の指標となる酪酸が多く含まれており、特に早刈サイレージでは0.87%と著しかった。良質発酵の指標となる乳酸含量(原物中)は早刈サイレージが0.15%と低く、遅刈サイレージは1.82%であった。

表3に混合飼料の配合割合と成分組成を示した。NDF41%混合飼料のサイレージ割合は早刈サイレージ混合飼料(以下早刈混合飼料)では69%を占めたのに対して、遅刈サイレージ混合飼料(以下遅刈混合飼料)では56%と低かった。同様にNDF26%混合飼料ではそれぞれ32%、24%であった。

ADF含量は同一NDF水準の場合、早刈および

Table 1 Chemical compositions, digestibilities and TDN values of silages

	CC	NDF	ADF	Hemi ¹⁾	CP	TDN ²⁾
Composition	% dry matter (DM)					
Early cut grass silage	35.5	54.3	38.6	15.7	13.8	
Late cut grass silage	29.7	62.0	44.2	17.8	12.0	
Digestibilities and TDN ²⁾	% DM					
Early cut grass silage	66.1	62.4	60.2	67.8	62.7	60.1
Late cut grass silage	61.4	53.8	50.4	62.2	54.0	53.7

¹⁾Hemicellulose ²⁾Obtained by sheep,

Table 2 Fermentative quality of silages

	Dry matter (%)	pH	NH ₃ -N T-N (%)	Organic acid % fresh matter			
				Lactic	Acetic	Propionic	Butyric
Early cut grass silage	26.5	5.39	22.3	0.15	0.62	0.12	0.87
Late cut grass silage	39.3	4.56	8.9	1.82	0.34	0.01	0.45

Table 3 Ingredients and chemical compositions of the total mixed rations (TMRs)

NDF level	Ingredient			Chemical composition				
	Silage	Corn	SBM ¹⁾	CC	NDF	ADF	CP	Starch
	%			%DM				
E-TMR³⁾								
NDF41%	69.2	24.0	6.8	50.3(45) ²⁾	41.8(89)	28.3(93)	15.0(60)	16.0
NDF36%	55.0	36.1	8.9	57.1(34)	36.2(83)	23.8(90)	15.5(50)	24.0
NDF31%	43.3	46.3	10.4	63.1(24)	31.2(75)	19.6(85)	15.5(39)	30.8
NDF26%	31.7	56.3	12.0	68.8(16)	26.4(65)	15.6(78)	15.6(28)	37.5
L-TMR⁴⁾								
NDF41%	55.6	31.4	13.0	53.5(31)	40.6(85)	27.2(90)	15.9(42)	21.0
NDF36%	45.8	40.4	13.8	59.0(23)	35.8(79)	23.1(87)	15.9(35)	26.9
NDF31%	35.7	49.5	14.8	64.5(18)	30.8(73)	19.2(83)	16.1(28)	32.2
NDF26%	23.9	60.8	15.3	71.1(10)	25.1(59)	14.5(73)	16.1(18)	40.5

¹⁾Soy bean meal ²⁾ Ratio of silage to total ration %

³⁾Roughage source was early cut grass silage.

⁴⁾Roughage source was late cut grass silage.

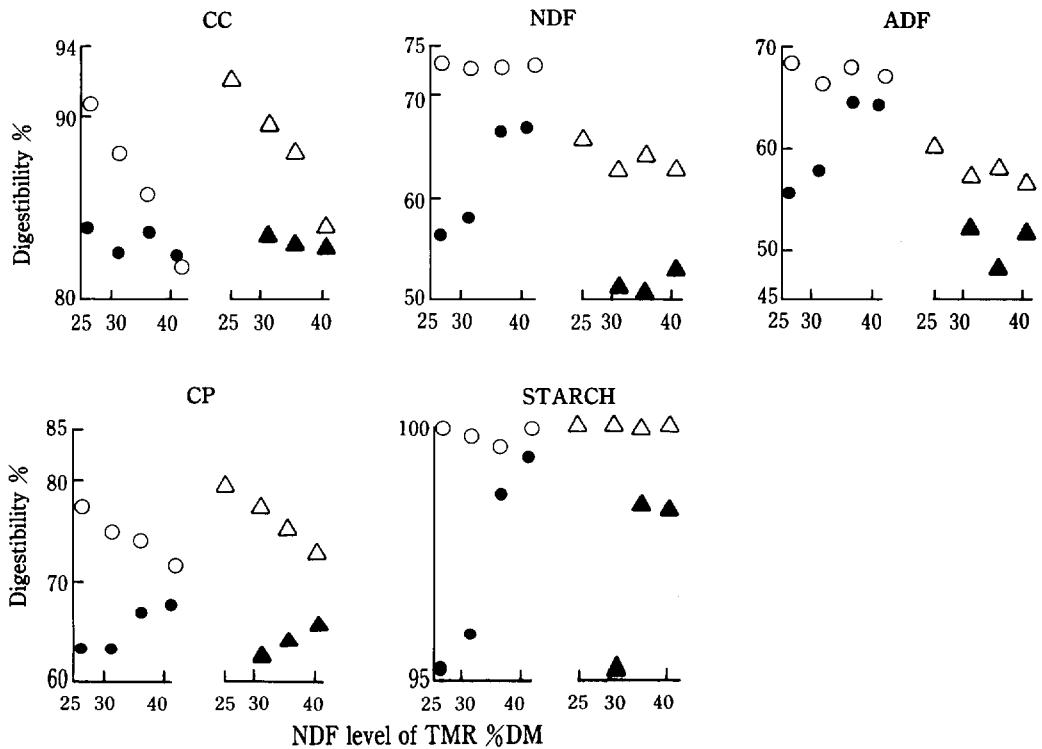


Fig. 1 Change in digestibilities of the TMR of different NDF contents with increasing dry matter intake from 1% to 3% of body weight

TMR of early cut grass silage. (1% feeding level : ○, 3% feeding level : ●)

TMR of late cut grass silage. (1% feeding level : △, 3% feeding level : ▲)

遅刈混合飼料の差はなく、ほぼ同量であった。

早刈混合飼料 NDF 36%区で4頭中3頭で給与量の平均5.7%の残食が認められたが、その他の区で

は全量摂取した。

各区の消化試験本期中の平均日乳量は、20kg (早刈 NDF 36%混合飼料区)から24kg (早刈 NDF 26%

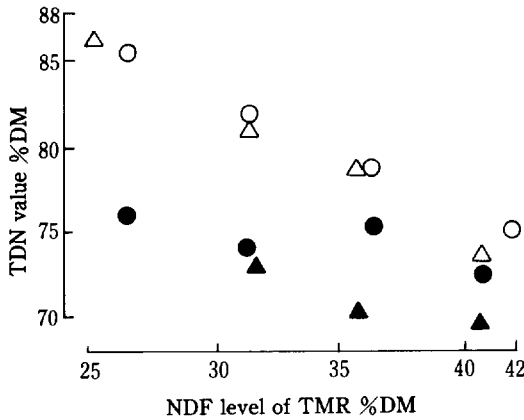


Fig. 2 Change in TDN values of the TMR of different NDF contents with increasing dry matter intake from 1% to 3% of body weight TMR of early cut grass silage. (1% feeding level: ○, 3% feeding level: ●) TMR of late cut grass silage. (1% feeding level: △, 3% feeding level: ▲)

混合飼料区)の範囲にあった。

混合飼料の各給与水準毎の消化率を図1に示した。1%給与水準ではCCの消化率は80%以上で、NDF水準の低い区ほど高い傾向にあった。CPの消化率もCCと同様にNDF水準の低い区ほど高い傾向にあった。繊維の消化率は混合飼料のNDF水準にかかわらずほぼ一定で、NDFの消化率は早刈混合飼料で72%前後、遅刈混合飼料で62～65%、ADFの消化率は早刈混合飼料が67%前後、遅刈混合飼料が55～60%であった。

3%給与水準の消化率は1%給与水準に比べて低かったが、その傾向は成分により異なっていた。CCの消化率は早刈混合飼料および遅刈混合飼料とも83%前後で、NDF水準の低い区ほど消化率の低下量(1%区の値と3%区の値の差)および相対的な低下率(1%区の値に対する低下量の比率)が大きかった。繊維の消化率は早刈混合飼料ではNDF水準の低い区ほど低かった。また、消化率の低下率も大きくなっていった。遅刈混合飼料では50%前後のほぼ同程度の値であった。

3%給与水準におけるCPの消化率は、1%給与水準と逆にNDF水準の低い区ほど消化率が低かった。したがって、3%区の消化率は1%区の消化率に対

しNDF 41%区で4～10%低下したのに対してNDF 31または26%区では20%低下した。

TDN含量の給与水準上昇による変化を図2に示した。

1%給与水準では混合飼料のTDN含量はサイレージ割合が高まるにつれて直線的に低下した。サイレージ割合をx(%DM)、TDN含量をy(%DM)とすると早刈混合飼料では $y = 93.9 - 0.303x$, $r = 0.998$, 遅刈混合飼料では $y = 95.5 - 0.409x$, $r = 0.994$ (r : 相関係数)の関係が認められた。x = 100として早刈および遅刈サイレージのTDN含量を推定するとそれぞれ63.6, 54.5%で、めん羊で測定した値に比べて早刈サイレージでは4%高く、遅刈サイレージではほぼ等しい値であった。また、TDN含量は同一のNDF水準ではほぼ同一の値を示し、NDF含量(X, %DM)とTDN含量の回帰式は早刈混合飼料で $y = 106.5 - 0.786x$, $r = 0.996$, 遅刈混合飼料では $y = 105.6 - 0.781x$, $r = 0.989$ であった。

3%給与水準では混合飼料のTDN含量は1%給与水準に比べて低下した。また、低下量および低下率はNDF水準の低い混合飼料の方が大きい傾向にあった。

各区のTDN充足率の平均は、乳脂肪率を3.5%と仮定して計算すると、早刈混合飼料区ではNDF 26%区が103%, 31%区が105%, 36%区が123%, 41%区が116%, 遅刈混合飼料区ではNDF 31%区が103%, 36%区が106%, 41%区が119%であった。

図3に混合飼料およびサイレージ単一給与後1.5, 5, 8時間目における第一胃液のpH, 総VFA濃度, アンモニア態窒素濃度および各VFAのモル比を示した。3%給与水準では混合飼料間で乳牛の採食速度に差があるため、1%給与水準に比べて混合飼料自体の第一胃内発酵に及ぼす影響が明確でなかった。

pHはNDF水準が高い区ほど高い数値で推移した。

酢酸のモル比は1%給与水準では給与直後の混合飼料間の差は小さく、時間が経過するにつれて差が拡大するという傾向を示した。また、一般にNDF水準の高い区の方が酢酸のモル比も高い傾向を示した。3%給与水準では混合飼料間のモル比の差は小さかった。また、遅刈混合飼料の方が早刈混合飼料

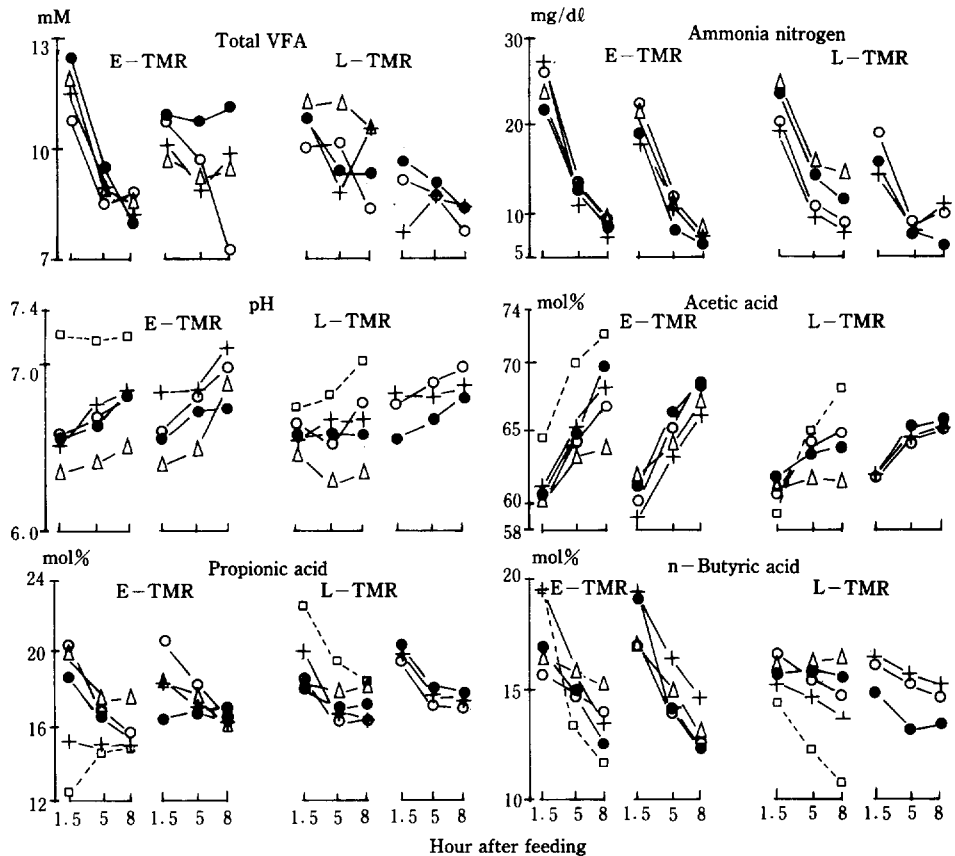


Fig. 3 Change in ruminal pH, total VFA and molar percentage of VFAs after feeding TMRs of different NDF sources and NDF contents.

Left side in each figure is 1% feeding level. Right side is 3% feeding level.

(silage : □, NDF 41% TMR : +, NDF 36% TMR : ○, NDF 31% TMR : ●, NDF 26% TMR : △)

よりも酢酸のモル比が低い傾向にあった。

早刈混合飼料の1%給与水準におけるプロピオン酸モル比は、サイレージ単一給与では給与直後、低下したのに対して、NDF 41%混合飼料では低下しなかった。また、NDF水準が低い混合飼料でプロピオン酸のモル比は高くなる傾向を示した。

遅刈混合飼料ではサイレージ単一給与及びNDF 41%区の方が26, 31, 36%区よりもプロピオン酸モル比が高い傾向にあった。NDF 26%混合飼料区では、給与8時間後でもプロピオン酸モル比は高く推移した。3%給与水準では各混合飼料間の差は小さかった。

1%給与水準の早刈混合飼料では、NDF水準の高い、すなわち、サイレージの割合の高い区ほど酪酸モル比が高い傾向を示した。しかし給与8時間後では

NDF 21%区が高かった。また、酪酸モル比の経時的変化は早刈混合飼料の方が遅刈混合飼料よりも大きかった。

アンモニア態窒素濃度は3%給与水準よりも1%給与水準がやや高い傾向にあった。1%給与水準の早刈混合飼料では、NDF水準、すなわち、サイレージの割合が高まるにつれアンモニア態窒素濃度は高まる傾向を示し、一方、遅刈混合飼料ではサイレージの割合の低い混合飼料の方が高い傾向にあった。

表4に給与開始5時間後の血液性状を示した。

早刈混合飼料区でみると、BUNは、1%給与水準ではサイレージ単一与区が、3%給与水準ではNDF 41%区が高かった。ケトン体濃度は、3%給与水準の方が1%給与水準よりも、また、サイレージ

Table 4 Plasma blood urea nitrogen, glucose and ketone bodies levels in cows fed on silage or TMRs containing different NDF

NDF level of ration	1% ¹⁾					3% ¹⁾			
	54% ²⁾	41%	36%	31%	26%	41%	36%	31%	26%
E-TMR ³⁾									
BUN ⁴⁾	20.4	16.9	16.8	16.1	15.4	21.5	17.8	17.0	16.3
Glucose	57	78	67	69	68	61	60	59	61
Ketone bodies	891	509	461	467	424	1095	673	709	680
L-TMR ³⁾									
BUN	— ⁵⁾	16.7	16.3	16.7	16.5	20.9	19.2	16.2	—
Glucose	— ⁵⁾	75	48	78	78	75	58	64	—

1) Feeding level(% body weight) 2) Only silage was fed to cows

3) Roughage source was early cut grass silage(E-TMR) or late cut grass silage(L-TMR).

4) Blood urea nitrogen, 5) Not analyzed.

の割合の高い方が、一般に高い傾向を示した。血糖値は1%給与水準が高い傾向にあった。

遅刈混合飼料でも、BUNは3%給与水準のNDF 41%区が高かった。血糖値は1%給与水準のNDF 36%区が低かった。

4. 考 察

1) 混合飼料の繊維水準と消化率・TDN含量

本試験の目的は混合飼料中に含まれる粗飼料繊維の消化率の違いが、混合飼料の摂取量を増した場合の消化率および第一胃内発酵に及ぼす影響を明らかにすることにあった。

デンプン質の割合が増加すると、デンプン減退がおこる。MOULDら(1983)は繊維消化率の低下は第一胃液のpHが6.0以下、すなわち、穀類の割合として50%以上、特に75%で顕著になるとしている。MILLERとMUNTIFERINGの試験(1985)でも60%以上の濃厚飼料割合で繊維の消化率が低下するとしている。

また、飼料摂取量が増すと、消化管内通過速度が速まるので消化率は低下するといわれている(BROWN, 1963, TYRRELL・MOE, 1975, COLUCCI, 1982)。粗飼料と濃厚飼料を混合給与した場合の摂取量増加による消化率の低下は、濃厚飼料の割合が高いほど大きいとする報告(TYRRELL・MOE, 1975, COLUCCI, 1982)に対して、反対に、飼料のNDF含量が高いほど、すなわち粗飼料割合が高いほど大きいとする報告(MERTENS, 1983)がなされている。

著者らの遅刈アルファルファサイレージを粗飼料

基材とした試験(篠田ら, 1988)では、給与量増加に伴うTDN含量の減少はサイレージ割合の高い方が大きかったのに対して、早刈アルファルファサイレージを供試した試験(篠田・萬田, 1989)では同程度であった。一方、本試験では粗飼料の割合が高い区ほどTDN含量の減少が小さいという結果であった。このように、TDN含量の減少傾向が粗飼料基材により異なっている。前報(篠田ら, 1989)では、圧扁トウモロコシと粉碎トウモロコシという濃厚飼料の処理形態が、低NDF水準でTDN含量の減少傾向が異なる原因の一つであることを確かめた。しかし、本試験も含めた一連の試験では圧扁トウモロコシを使用しているため、濃厚飼料の処理形態の影響は無い。混合飼料中のサイレージ、特に、繊維の消化率または物理性といった性質が摂取量増加による消化率低下に影響しているとみなされる。

1%給与水準では混合飼料のNDFおよびADFの消化率は濃厚飼料割合が高まっても低下せず、TDN含量にも相加性が認められる。同様な相加性はTYRRELLとMOE(1975)も報告しており、低給与水準ではサイレージ繊維の消化率にかかわらず濃厚飼料割合が繊維消化率に及ぼす影響は小さいことがわかる。

また、1%給与水準ではNDF含量はTDN含量と密接な関係を示したが、各種粗飼料基材を供試して調製した混合飼料においても(篠田ら, 1988)、また単味の飼料でも(MERTENS, 1983)、ADFの方がNDFよりもTDN含量または消化率と高い相関を示している。同一NDF水準の早刈混合飼料と遅刈

混合飼料では ADF 含量がほぼ同量であるので, これらのことから TDN との関係は NDF よりも ADF で説明するのが妥当であろう。

3% 給与水準では 1% 給与水準と比較して TDN 含量は減少している。3% 給与水準の早刈混合飼料区で, TDN 含量($y/\%DM$)とサイレージ割合($x/\%DM$)との間の回帰式を求めると $y = 77.7 - 0.063x$ ($r = -0.757$) が得られる。この式に $x = 0$ 及び $X = 100$ を代入して 3% 給与水準における濃厚飼料部分およびサイレージ部分の TDN 含量を試算すると, それぞれ 77.7% DM, 71.4% DM である。この TDN 試算値は, 1% 給与水準におけるそれぞれの試算値 93.9%, 63.6% と比べると, 各 NDF 水準で消化率が変動している可能性もあり, また, サイレージ部分の 3% 給与水準の値が 1% 給与水準の値より高くなるなど問題点があるが, おおよそ, 消化率の低下は濃厚飼料部分が著しいことがわかる。

このように, 濃厚飼料部分の消化率の大きな低下が想定されたが, しかし, 繊維はサイレージ由来が大部分を占めるため, 混合飼料の繊維消化率の変動についてはサイレージの繊維の性質が重要と考えられる。

3% 給与水準の早刈 NDF 41% 混合飼料では, サイレージの繊維消化率が高いために消化率低下に及ぼす通過速度の影響は小さく, 混合飼料の繊維消化率の低下が小さかったと考えられる。サイレージ割合の低い NDF 31, 26% 区では第一胃液の pH は 6.3 以上であり繊維の消化率が著しく低下する値ではないが, 繊維の消化率が大きく低下した原因は, 通過速度の上昇および濃厚飼料多給の両方の影響によるものと推測される。

遅刈混合飼料ではサイレージの繊維消化率が低いために, 3% 給与水準では通過速度上昇の影響が早刈混合飼料よりも大きく, NDF 41% 区で繊維の消化率が低下したものと考えられる。また, 3% 給与水準の 31% 区の消化率が NDF 41% 区とほぼ等しいことから, pH は早刈混合飼料と差は認められないものの, 遅刈の繊維の粗剛性でもたらされる第一胃の物理的刺激により濃厚飼料負荷の影響が小さかったと考えられる。低 NDF 水準では繊維の消化率は早刈混合飼料の方が濃厚飼料負荷の影響を大きく受けることが明らかである。

デンプン消化率は, 3% 給与水準ではデンプン含量が 30% 以上で 95% 程度に低下したが, アルファ

ルファを供試した前報(篠田・萬田, 1989)では 99% と高かった。本試験のイネ科草混合飼料の方がアルファルファを粗飼料基材とする場合(篠田・萬田, 1989)よりも, 同一デンプン含量であっても NDF 含量は 5% 程度高い。これらのことからデンプン消化率は混合する粗飼料基材により異なり, イネ科草混合飼料のように繊維含量が高い場合は粗飼料部分の通過速度上昇の影響を圧扁トウモロコシも受け消化率の低下が大きく, アルファルファ混合飼料のように繊維含量が低い場合は通過速度の影響が小さく消化率の低下も小さくなる可能性が考えられる。

1% 給与水準ではサイレージ割合の高い NDF 41% 区が CP 消化率が低いので, サイレージの方が濃厚飼料よりも CP 消化率が低いことがわかる。しかし, 3% 給与水準では逆に NDF 41% 区が消化率が高く, また, 血中 BUN 濃度も高い傾向を示している。3% 給与水準では濃厚飼料部分の方が粗飼料部分よりも通過速度が早いので(Colucci ら, 1982), CP の大半を占める濃厚飼料部分の未消化量が増加し消化率が低下したと推測される。

以上のように 3% 給与水準では濃厚飼料割合を高めても, 期待するほど TDN 含量は上昇しない。TYRRELL と MOE(1975)は総説で, 消化率は維持量の 3.2 倍の給与水準で 37.5% の穀類を含む飼料で最高に達するという試験例を紹介しているが, 本試験の早刈混合飼料でも NDF 36% 以下では TDN 含量の上昇は認められず, TDN 含量はほぼ上限に達している。一方, 遅刈混合飼料では NDF 31% の方が TDN 含量が高い。3% 給与水準における栄養価からみた最適繊維水準は, 粗飼料基材の繊維の消化率により異なることがわかる。

NDF と摂取量の関係については, NDF 含量に加えて第一胃内消化速度の面からも検討されているが(SHAVER ら, 1988, VARGA と HOOVER, 1983), 摂取量は必ずしも第一胃内消化速度と一致しないことも報告されている(VARGA ら, 1984)。

著者らの一連の試験で認められた粗飼料基材により TDN 含量の減少傾向が異なったことについても, 消化速度の面から解析する必要がある。

2) 繊維水準と第一胃液性状・血液性状

摂取量を高め高乳量を維持するための必要条件として第一胃内発酵の安定化が挙げられる。特に, 第

一胃内の pH は胃内の微生物相および発酵様式を規制する重要な要因である。Mould(1982)らは、ワラは乾草に比べて濃厚飼料と混合給与しても第一胃液の pH が低下しにくく、*in situ* 法で測定した繊維の消化率低下も小さいことを報告している。すなわち、低消化性繊維の方が濃厚飼料との混合給与において第一胃内を安定させる性質が強いと考えられる。

同一 NDF 水準の早刈混合飼料と遅刈混合飼料では、遅刈混合飼料の方が粗飼料由来の繊維は少ないが、繊維の消化率は低い。また、第一胃内 pH もほぼ同様な値を示している。しかし、NDF 26% 区の pH は NDF 31% 区よりも一段と低くなっており、NDF 26% と NDF 31% の間で混合飼料の物理性の低下もしくは易消化性炭水化物の給与量増加が大きく影響していることが認められる。

飼料中の粗飼料割合が高いほど第一胃液中の酢酸モル比が高まることが知られており、本試験でも、一般にその傾向が認められ、また、同一 NDF 水準の早刈混合飼料及び遅刈混合飼料では給与直後の酢酸は同様なモル比を示した。しかし、プロピオン酸および酪酸は大きく異なっていた。

酪酸発酵を呈したいわゆる不良発酵サイレージを給与した第一胃液中では、酪酸モル比の上昇およびプロピオン酸モル比の低下が認められている(篠田ら, 1989)。本試験においても不良発酵の早刈サイレージでは、単一給与はもちろん少量の濃厚飼料を給与した場合もプロピオン酸モル比は低い。遅刈サイレージも酪酸含量が原物中 0.4% 以上で高い部類にはいる。しかし、プロピオン酸モル比は 20% 以上の値を示し、早刈サイレージと異なっている。遅刈サイレージは乳酸含量が高く、また、酪酸含量も乾物中に換算すれば早刈サイレージの 3.3% に対して 1.1% と 3 分の 1 程度で低いことが原因であろう。また、濃厚飼料を 75% 含む飼料でもプロピオン酸の割合は 20% 以下であることは、濃厚飼料割合が高まるにつれプロピオン酸モル比が上昇すると言った関係がサイレージを粗飼料基材とした混合飼料の場合に一般的でない事を示している。

第一胃液中の VFA のうちプロピオン酸と酪酸はサイレージの発酵品質の影響を受け、酢酸は繊維水準の影響が大きいと言える。

不良発酵サイレージは酪酸を多量に含むため、家畜に給与した場合に血中ケトン体濃度が上昇することが知られている(Roffler ら, 1967, 篠田ら,

1989)。本試験でも不良発酵の早刈サイレージ給与量が多い試験区の方が一般に高い値を示している。泌乳牛の方が乾乳牛よりもケトン体の利用量が多いため(中村, 1977)、サイレージの給与量が多い 3% 給与水準の混合飼料でも、NDF 41% 区は例外として、ケトン体濃度が低かったと推察される。また、デンプン等の易消化性炭水化物の給与により体内のケトン体処理能力が高まったことも影響している可能性がある。逆に、NDF 41% 区の混合飼料およびサイレージのみの給与では、酪酸の給与量が多いことに加えて飼料からの易消化性炭水化物が少ないことが影響して、血中ケトン体レベルが高まったものと推測される。

早刈サイレージ給与牛の低血糖値は、第一胃液のプロピオン酸に由来する糖原性物質含量が低いことが考えられるが、泌乳量との関係もあり、さらに検討を要する。遅刈混合飼料の NDF 36% 区の血糖値が低かった原因は不明である。

本試験では混合飼料の給与水準を高めた場合、粗飼料基材繊維の消化率の違いにより消化率の低下傾向が異なることが示された。また、TDN 含量から判断すると、濃厚飼料を増すよりも高栄養粗飼料を用いて粗飼料割合を高める方が、飼料の効率的利用をはかる上で重要であると考えられた。

5. 要 約

イネ科主体混播草を粗飼料基材とした混合飼料の粗飼料繊維の特性を明らかにする目的で、混合飼料の繊維(NDF)水準および給与水準が乳牛における消化率および TDN 含量に及ぼす影響を検討した。

イネ科主体草早刈サイレージ(6月8日刈取り)または同遅刈サイレージ(7月5日)を粗飼料基材として大豆粕、圧扁トウモロコシと組み合わせそれぞれ NDF 26, 31, 36, 41% になるように設定した混合飼料を 8 種類調製して、フィステル装着成牛および泌乳牛を供試して消化試験を実施した。給与水準は乾物で体重の 1% (フィステル装着成牛) および 3% (泌乳牛) とした。消化試験最終日に第一胃液および血液を採取した。さらに、サイレージのみを給与した場合の第一胃液性状を調査した。

めん羊の消化試験で求めた早刈及び遅刈サイレージの TDN 含量はそれぞれ 60.1%, 53.7% であった。

1% 給与水準では混合飼料の粗飼料割合(x)と

TDN 含量(y)の間に, 早刈混合飼料では $y = 93.9 - 0.303x$, $r = 0.998$, 遅刈混合飼料では $y = 95.5 - 0.409x$, $r = 0.994$ の関係が認められた。混合飼料の給与量増加に伴い消化率および TDN 含量は低下した。混合飼料の CC(細胞内容物)消化率の低下は NDF 水準が低下するにつれて大きくなった。給与量増加による混合飼料の NDF・ADF の消化率低下の傾向は粗飼料基材の違いにより異なり, 消化率が高い早刈サイレージを粗飼料基材とした早刈混合飼料では, 粗飼料割合が低下するにつれ消化率の低下が大きくなるのに対して, 遅刈混合飼料では粗飼料割合が低下しても消化率は同程度の値を示した。

1%給与水準に対する3%給与水準 TDN 含量の減少は, 早刈混合飼料では, NDF 26%区が最も大きく, サイレージ割合が高い NDF 41%区は小さかった。遅刈混合飼料でも NDF 水準の低下に伴い TDN 含量の減少が大きくなったが, NDF 41%区の減少も比較的大きかった。

1%給与水準では混合飼料の NDF 水準が低下するにつれ, 第一胃液の pH および酢酸のモル比は低下, プロピオン酸および酪酸のモル比は上昇の傾向を示した。また, 同一 NDF 水準の早刈混合飼料と遅刈混合飼料では第一胃液の pH に大きな差は認められなかった。

引用文献

- 1) BROWN, L. D. (1966) : Influence of intake on feed utilization, *J. Dairy Sci.*, **49**, 223-230.
- 2) COLENBRANDER, V. F., HILL, D. L. EASTRIDGE, M. L. and MERTENS, D. R. (1986) : Formulating dairy rations with neutral detergent fiber. 1 Effect of silage source. *J. Dairy Sci.*, **69**, 2718-2722.
- 3) COLUCCI, P. E., CHASE, L. E. and VAN SOEST, P. J. (1982). Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **65**, 1445-1456.
- 4) MERTENS, D. R. (1983) : Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forage. Proc. Cornell Nutr. Conf., 60-68.
- 5) MILLER, B. G. and MUNTIFERING, R. B. (1985) : Effect of forage : concentrate of kinetics of forage

fiber digestion in vivo. *J. Dairy Sci.*, **68**, 40-44.

- 6) 森本 宏 (1971) : 動物栄養試験法. 第1版, 280-297. 養賢堂. 東京.
- 7) MOULD, F. L., ØRSKOV, E. R. and MANN, S. N. (1983) : Associative effect of mixed feed. 1. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **10**, 15-30.
- 8) 中村良八郎 (1977) : 新飼料学 下巻. チクサン出版社. 東京.
- 9) ROFFLER, R. E., NIEDERMEIER, R. P. and BAUMGARDT, B. R. (1967) : Evaluation of alfalfa-brom forage stored as wilted silage, low moisture silage and hay, *J. Dairy Sci.*, **50**, 1805-1813.
- 10) SHAVER, R. D., SATTER, L. D. and JORGENSEN, N. A. (1988) : Impact of forage fiber content on digestion and digesta passage in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **71**, 1556-1565.
- 11) 篠田 満, 杉原敏弘, 萬田富治 (1988) : 粗飼料原料が異なる各種混合飼料の消化率及び TDN 含量の比較. 北海道農試研報, **149**, 17-24.
- 12) 篠田 満, 杉原敏弘, 萬田富治 (1988) : 粗飼料原料が異なる各種混合飼料の給与水準が消化率及び TDN 含量に及ぼす影響. 北海道農試研報, **150**, 1-9.
- 13) 篠田 満, 萬田富治 (1989) : アルファルファサイレージを基材とした混合飼料の給与水準とトウモロコシの加工処理が乳牛の消化率および第一胃内発酵に及ぼす影響. 北海道農試研報, **153**, 17-25.
- 14) 篠田 満, 萬田富治 (1990) : サイレージの発酵品質および多湿乾草のアンモニア処理が子めん羊の成長および消化生理に及ぼす影響. 日草誌, **35**, 309-317.
- 15) TYRRELL, H. F. and MOE, P. W. (1975) : Effect of intake on digestive efficiency. *J. Dairy Sci.*, **58**, 1151-1163.
- 16) VARGA, G. A. and HOOVER, H. (1983) : Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs in situ. *J. Dairy Sci.*, **66**, 2109-2115.
- 17) VARGA, G. A., MEISTERLING, E. M. DAILEY, R. A. and HOOVER, H. (1984) : Effect of low and high fill diets on dry matter intake, milk production, and reproductive performance during early lactation (1984) : *J. Dairy Sci.*, **67**, 1240-1248.

Effect of Roughage Fiber in the Total Mixed Ration on the Digestibility and Rumen Fermentation in Cows

Mitsuru SHINODA and Tomiharu MANDA

Summary

The effect of neutral detergent fiber (NDF) content and feeding amounts in total mixed rations (TMR) containing different NDF sources on the digestibility and rumen fermentation in cows was studied. Diets with 26, 31, 36, or 41% NDF and 16% crude protein of early cut grass silage or late cut grass silage, steam flaked corn, and soy bean meal were designed. Feeding of dry matter were 3% and 1% of body weight. Digestion trials were conducted with four dry cows fitted with a ruminal fistel (1% feeding level) and four lactating cows (3% feeding level). Rumen fluid and blood plasma samples were collected on the last day of the digestion trials. Rumen fluid constituents of cows fed only silage were also observed. In sheep feeding trials, the TDN content with early cut grass silage (E-silage) was 60.1% DM and for late cut grass silage (L-silage) 53.4% DM. On a fresh matter basis the E-silage contained 0.87% butyric acid. TMRs with the same NDF content showed the same ADF content, whether roughage source was E-grass or L-grass. The TDN values (y/%DM) at the 1% feeding level were linearly depressed with increasing silage content (x/%DM). The regression equa-

tions were $y=93.9-0.303x(r=0.998)$ for TMRs containing E grass silage (E-TMR) and $y=95.5-0.409x(r=0.994)$ for TMRs containing L grass silage (L-TMR). At increasing level of intake, TDN value and digestibility of TMR were lowered. With lower NDF levels of E-TMR, NDF and ADF digestibilities were depressed more by higher intakes. The NDF and ADF digestibility for L-TMR were equally depressed. It was thought that ADF and NDF digestibility of the roughage source is responsible for the differences in digestibility depression of L-TMRs and E-TMRs. The depression in TDN values by higher intake was increased with decreasing NDF levels in TMR. The depression in TDN values of NDF41% L-TMR was larger than that of NDF41% E-TMR. With decreasing NDF levels of TMR, the ruminal pH and molar percentage of acetic acid were lowered, and the molar percentage of propionic acid and butyric acid became higher. Cows fed on E-TMR or L-TMR at the same NDF level produced rumen fluids with very similar pHs.