

原 著

アルファルファおよびコーンサイレージ給与割合の違いが 泌乳牛の窒素利用と乳生産に及ぼす影響

河合 正人・市川 雅賢・大谷 昌之・池滝 孝・松岡 栄
帯広畜産大学, 帯広市稲田町 080-8555

Effect of different proportion of alfalfa silage and corn silage on the nitrogen utilization and milk production of dairy cows

Masahito KAWAI, Masayoshi ICHIKAWA, Masayuki OTANI,
Takashi IKETAKI and Sakae MATSUOKA

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine,
Obihiro-shi 080-8555

キーワード：アルファルファサイレージ, コーンサイレージ, 分解性タンパク質, 窒素利用性, 乳生産
Key words : alfalfa silage, corn silage, degradable intake protein, nitrogen utilization, milk production

Abstract

The objective was to evaluate the effect of different proportion of alfalfa silage and corn silage on the nitrogen utilization and milk production of dairy cows. Eighteen lactating Holstein cows were divided into three treatment groups. The cows in the three treatment groups were fed mixture of alfalfa silage and corn silage, which were formulated (dry matter basis) at 1) 80:20 (AS80), 2) 60:40 (AS60) and 3) 40:60 (AS40) ratios, respectively. Grass hay and concentrate were fed also to adjust silage ratio (65% of total DM), roughage ratio (70% of total DM) and CP contents (15%DM) of the diets among AS80, AS60 and AS40. The ratio of degradable intake protein (DIP) to non-fibrous carbohydrate (NFC) in AS80, AS60 and AS40 were 0.27, 0.27 and 0.28, respectively. Milk yield and composition were not affected by the proportion of corn silage. FCM yield was 24.5~26.4 kg/d/cow, milk fat content was 3.73~3.99% and milk protein content was 3.10~3.30%. Dry matter intake of AS80 was lower than that of AS60 and AS40 ($P<0.05$), and the body fat was mobilized to keep milk production in cows fed AS80. The efficiency of nitrogen utilization for milk (milk protein / DIP intake) was decreased when cows were fed AS40 because of larger ratio of DIP intake to NFC intake. It is concluded that AS60 was the most effective diet in respect of dry matter intake and nitrogen utilization in middle and late lactation period.

要 約

アルファルファサイレージとコーンサイレージを異なる割合で泌乳牛に給与し、窒素利用と乳生産に及ぼす影響について検討した。ホルスタイン種泌乳牛18頭を供試し、6頭ずつ3群に分けた。アルファルファサイレージとコーンサイレージを乾物比で80:20(AS80区)、60:40(AS60区)、40:60(AS40区)

の割合で混合給与した。さらに粗濃比が7:3(サイレージ混合割合65%)でCP含量が各処理区間で同程度となるように乾草と濃厚飼料を給与した。給与飼料中の非繊維性炭水化物(NFC)に対する分解性タンパク質(DIP)の割合は、AS80、AS60およびAS40区でそれぞれ0.27、0.27および0.28であった。乳量および乳成分は各処理区間で差がなく、FCM生産量は24.5~26.4 kg/日/頭、乳脂率は3.73~3.99%、乳タンパク質率は3.10~3.30%の範囲であった。代謝体重あたりの乾物摂取量はAS80区でAS60区および

受理 2002年2月18日

AS 40 区より少なく ($P < 0.05$), AS 80 区では体脂肪動員がみられた。AS 40 区では NFC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合が高く, DIP 摂取量に対する乳タンパク質生産量の割合で示した乳への窒素利用効率が他の処理区より低かった ($P < 0.05$)。これらの結果から, 乾物摂取量や窒素利用の点からみて, 泌乳中後期においては AS 60 区がもっとも適当なサイレージ混合割合であったと考えられた。

緒 言

近年, 品種改良により北海道の気候および土壌条件にも適応したアルファルファの栽培が行われてきている。アルファルファは粗飼料の中でもタンパク質やカルシウムなどのミネラルを豊富に含んでおり, 飼料価値が高いとされている。したがって, アルファルファサイレージは今後の北海道酪農において重要な粗飼料になるものと考えられる。アルファルファは粗タンパク質含量が高いが, 反芻胃内で微生物によって分解される分解性タンパク質 (DIP) 含量が高いため, 反芻胃内ですみやかにアンモニアに分解され, 吸収される窒素量が多いとされている (PELTERKOVA and BRODERICK, 1996)。このため反芻胃内微生物はアルファルファサイレージの豊富な窒素を充分利用できず, 反芻家畜による窒素利用性は低いものと考えられる。

MABJEESH *et al.* (1997) は DIP 含量の高い粗飼料に非繊維性炭水化物 (NFC) 源として濃厚飼料を併給することにより, 反芻胃内での微生物態窒素合成量を高めることが可能であると報告している。また VALADARES FILHO *et al.* (2000) は, アルファルファサイレージに併給する濃厚飼料の割合を増加させるにしたがい, 乳量が直線的に増加すると報告している。DHIMAN and SATTER (1997) は粗濃比 50:50 の条件で, 粗飼料の中でも比較的 NFC 含量の高いコーンサイレージをアルファルファサイレージと 1:2~2:1 の範囲で泌乳牛に給与した場合, アルファルファサイレージのみの場合よりも乾物摂取量や窒素利用性が增加傾向を示すことを報告している。よってアルファルファサイレージ給与時に NFC 源としてコーンサイレージを併給することにより, 反芻胃内微生物態窒素合成量が高まり, アルファルファサイレージの窒素利用性を改善できると考えられる。一方で, アルファルファサイレージに対するコーンサイレージの併給割合が多くなりすぎると, 繊維成分消化率が低下する傾向にあることも指摘されている (川島ら, 2001)。

そこで本報告では, 粗飼料主体で飼養している泌乳中後期の乳牛にアルファルファサイレージとコーンサイレージを異なる割合で給与し, 窒素利用および乳生産に対する影響について検討した。

材料と方法

供試動物として 18 頭のホルスタイン種泌乳牛 (平均体重 609 kg, 乳量 27.9 kgFCM/日, 産次 2 産, 分娩後日数 162 日) を用い, 乳量および分娩後日数が同程度となるように 6 頭ずつの 3 群に分けた。供試したサイレージは帯広畜産大学附属農場で調製した 3 番草のアルファルファサイレージ (AS) と, 糊熟期に収穫し約 2 cm に切断して調製したコーンサイレージ (CS) であった。AS と CS の乾物比を 80:20 (AS 80 区), 60:40 (AS 60 区), 40:60 (AS 40 区) として各群に混合給与し, サイレージ給与割合が 65%, 粗濃比が 7:3 で粗タンパク質含量が同程度となるよう, さらにオーチャードグラス主体 2 番刈り乾草と乳牛用配合飼料, 加熱圧ぺんとうもろこしを給与した。各供試飼料の化学成分およびエネルギー含量を表 1 に, AS および CS の発酵品質を表 2 に示した。また, 供試飼料の飼料構成および化学成分含量を表 3 に示した。

試験期間は 27 日間とし, 供試牛をスタンション式牛舎内で飼養した。飼料給与は 0800 と 1900 の搾乳終了直後に行い, 残食量が 10% となるよう給与量を設定した。採食量は 21~24 日目に測定し, 給与飼料と残食を

Table 1. Chemical composition and energy content of feeds

	AS ¹	CS ²	Grass hay Formula feed Flaked corn		
			%		
DM	24.5	32.2	88.3	86.3	84.3
	-%DM				
OM	88.1	95.0	87.3	94.1	98.6
CP	19.6	8.7	11.8	24.5	8.9
DIP	16.3	7.3	6.0	21.3	6.8
NDF	41.9	35.8	63.5	16.2	9.6
NFC	25.5	48.3	14.5	53.4	77.9
	MJ/kgDM				
GE	18.3	19.0	18.4	19.1	19.0

¹Alfalfa silage

²Corn silage

Table 2. Fermentation characteristics of alfalfa silage (AS) and corn silage (CS)

	AS	CS
pH	5.1	3.9
	-%DM	
Total VFA	3.10	0.68
Acetate	2.79	0.68
Propionate	0.09	—
Butyrate	0.20	—
Others	0.02	—
Lactic acid	3.92	6.10
	-% of Total N	
NH ₃ -N	18.2	5.4

Table 3. Ingredient and chemical composition of experimental diets fed to dairy cows

Treatment ¹	AS80	AS60	AS40
Ingredient		%DM	
AS	49.5	40.7	27.9
CS	12.7	26.1	35.4
Grass hay	7.8	3.8	3.7
Formula feed	—	7.4	25.5
Flaked corn	29.6	21.6	7.1
Mineral premix	0.4	0.4	0.4
Chemical			
DM (%)	35.5	35.4	37.4
OM	92.1	92.7	92.8
CP	14.7	14.9	15.3
DIP	11.7	12.0	12.4
NDF	32.9	31.9	32.3
NFC	43.5	44.7	43.8
GE (MJ/kg of DM)	18.5	18.7	18.9
DIP/NFC	0.27	0.27	0.28

¹Diets contained a 7:3 forage to grain ratio. The silage ratio of the diet was alfalfa silage (AS): corn silage (CS)=80:20 (AS80), 60:40 (AS60) or 40:60 (AS40).

採取した。同時に全糞採取を行い、化学成分およびエネルギー消化率を測定した。21~27日目の7日間、朝夕の搾乳時に乳を採取し、乳量および乳成分を測定した。また24日目の朝の飼料給与前と給与3時間後に頸静脈血を採取し、38℃で30分間保温した後、4℃、3500 rpmで15分間遠心分離し、血清を採取して分析まで冷凍保存した。

AS, CSおよび残食の水分含量は前報(川島ら, 2001)と同様、凍結乾燥機を用いて測定し、その後1 mmの篩を通過するように粉碎して分析に供した。乾草および濃厚飼料は60℃で48時間、糞は72時間以上通風乾燥後、サイレージと同様に粉碎し、常法(A.O. A.C., 1980)により水分含量を測定した。有機物(OM)、粗タンパク質(CP)および粗脂肪(EE)は常法(A.O. A.C., 1980)により、中性デタージェント繊維(NDF)および中性デタージェント不溶性タンパク質(NDIP)はVAN SOEST *et al.* (1991)の方法によりそれぞれ分析した。総エネルギー(GE)は熱研式ボンブカロリメーター(CA-4型, 島津製作所製)を用いて測定した。NFCは以上の分析結果からSTERN *et al.* (1994)の方法を一部修正した下記の式を用いて算出した。また、DIPは飼料成分のCPからNDIPを差し引いて算出した(RUSSELL and HESPELL, 1981)。

$$NFC = OM - (CP + EE + NDF - NDIP)$$

$$DIP = CP - NDIP$$

血清中の尿素態窒素(BUN)はウレアーゼ・インドフェノール法(尿素窒素B-テストワコー, 和光純薬工業)、遊離脂肪酸(NEFA)はACS・ACOD法(NEFA C-テストワコー, 和光純薬工業)によりそれぞれ分析

を行った。

得られた結果はSNEDECOR and COCHRAN (1967)の方法に従い、分散分析およびスチューデントのt検定により統計処理を行った。

結果および考察

ASは水分含量75.5%と高水分であり(表1)、フリーク法(小林, 1999)による発酵品質の評価では50点で不良、V-SCORE(小林, 1999)は33点であった(表2)。CSは中水分サイレージであり、フリーク法による評価では50点で不良であったが、V-SCOREは99点であった。したがって、本試験に用いたサイレージの発酵品質はASが悪いものであり、CSは一般的なものと評価できる。

各処理区で給与飼料のCP含量が同程度になるように調整した結果、DIPおよびNSC含量がそれぞれ12および44%程度、NFC含量に対するDIP含量の割合も0.27~0.28と同程度となった(表3)。また、NDFおよびGE含量も各処理区で差はなかった。

代謝体重(MBS)あたりの化学成分およびエネルギー摂取量と、NFC摂取量に対するDIP摂取量の割合を表4に示した。ASの給与割合がもっとも多かったAS80区の乾物摂取量は144.1g/MBS/日であり、AS60区の165.9g/MBS/日およびAS40区の170.0g/MBS/日より低かった(P<0.05)。各処理区ともに濃厚飼料および乾草はほぼ全量採食し、残食はサイレージのみであった。この結果、CPおよびDIP摂取量もAS80区でAS60区およびAS40区より少なく(P<0.05)、またAS80区のNFC摂取量はAS60区より低くなった(P<0.05)。NFC摂取量に対するDIP摂取量の割合はAS80区、AS60区、AS40区でそれぞれ0.24、0.25、0.29となり、ASの給与割合がもっ

Table 4. Effect of different proportion of alfalfa silage and corn silage on intake of nutrients and DIP/NFC ratio in DM ingested

Treatment ¹	AS80	AS60	AS40
	g/MBS/d		
DM	144.1 ^b	165.9 ^a	170.0 ^a
OM	133.7 ^b	154.5 ^a	158.3 ^a
CP	20.1 ^b	24.0 ^a	27.0 ^a
DIP	16.2 ^b	19.7 ^a	22.6 ^a
NDF	43.9 ^b	49.8 ^a	52.4 ^a
NFC	67.3 ^b	78.0 ^a	77.0 ^{ab}
	MJ/MBS/d		
GE	2.64 ^b	3.07 ^a	3.20 ^a
DIP/NFC	0.24 ^b	0.25 ^b	0.29 ^a

¹Diets contained a 7:3 forage to grain ratio. The silage ratio of the diet was alfalfa silage (AS): corn silage (CS)=80:20 (AS80), 60:40 (AS60) or 40:60 (AS40).

a, b: Means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

とも少なかった AS 40 区で他の処理区より高くなった ($P < 0.05$).

アルファルファはイネ科牧草より摂取量が高いとされており(鳶野, 1975), また粗飼料源としてアルファルファを用いた場合の泌乳牛による摂取量は, コーンサイレージの場合より多いことも報告されている(MERTENS, 1983). しかし, 本試験ではアルファルファ混合割合のもっとも多い AS 80 区において, 他の処理区より乾物摂取量が少なかった. 大下ら (1992) は, アルファルファサイレージの水分含量が高く, 発酵品質が劣るほどめん羊による摂取量が少なかったと報告している. 本試験で用いた AS は高水分であり, また発酵品質も悪かったことから, AS 給与割合のもっとも多い AS 80 区で摂取量が少なかったものと考えられる.

一方, 反芻家畜の採食量に影響する要因として飼料の反芻胃内通過速度があげられ, これには飼料の繊維含量や反芻胃内分解速度などが関係している(BALCH and CAMPLING, 1962). 本試験における給与飼料の NDF 含量は各処理区間で同程度であったが, アルファルファは一般的に反芻胃内で分解されにくい酸性デタージェント繊維の割合が大きく(日本飼養標準, 1999), 繊維の消化率が低いことが報告されている(篠田ら, 1988). よって, 難分解性繊維分画が多い AS の給与割合が高い AS 80 区では, 飼料の反芻胃内通過速度が遅く, 摂取量が少なくなった可能性も考えられる. したがって, アルファルファおよびコーンサイレージを混合給与した泌乳牛の乾物摂取量については, それぞれのサイレージの反芻胃内分解速度や通過速度といった観点からも今後さらに検討する必要があるだろう.

化学成分およびエネルギーの消化率を表 5 に示した. 消化率は, すべての項目について, 処理区間に統計的な有意差はなかった. VALADARES FILHO *et al.* (2000) はアルファルファサイレージに併給する濃厚飼

料の乾物割合を 20% から 65% に増加するにしたがい, 乾物消化率は高くなるが, NDF 消化率は低下すると報告している. また, 川島ら(2001) はコーンサイレージの給与割合を 80% 以上に増加してアルファルファサイレージと混合給与した場合, DIP 含量が 10.2% DM 以下, また NFC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合が 0.21 以下となり, 反芻胃内微生物合成が抑制されるために NDF 消化率が低下することを示唆している. 本試験における DIP 摂取量, および NFC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合は, どの処理区においても川島ら (2001) の報告した値より大きく, 泌乳牛による繊維の消化率に対する影響はなかったと考えられる.

乳量および乳成分を表 6 に示した. 乳量および乳成分は各処理区間で有意な差はみられず, FCM 生産量は 24.5~26.4 kg/日/頭, 乳脂率は 3.73~3.99%, 乳タンパク質率は 3.10~3.30% の範囲であった. また, MUN 含量は適性範囲とされる 11~17 mg/dl (日本飼養標準, 1999) より低い傾向にあり, 各処理区間で有意な差はなかった. よって NFC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合が 0.24~0.29 であった本試験では, アルファルファとコーンサイレージ混合割合の違いが乳量や乳成分に及ぼす影響はなく, MUN 含量を指標とした場合には窒素利用に対する影響もみとめられなかった.

血液性状および試験期間中の体重変化を表 7 に示した. BUN 濃度は飼料給与前, 給与 3 時間後ともに処理区間で有意差はなかったが, DIP 摂取量が多く, NSC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合が高かった AS 40 区で高くなる傾向があった. NEFA 濃度は乾物摂取量の低かった AS 80 区において飼料給与 3 時間後に他の処理区より高く ($P < 0.05$), また試験期間中の体重の減少が 30 kg 以上と, 他の処理区に比べて非常に大きかった. したがって, 乾物摂取量の少なかった AS 80

Table 5. Effect of different proportion of alfalfa silage and corn silage on apparent digestibility of experimental diets

Treatment ¹	AS80	AS60	AS40
	%		
DM	68.6	69.4	67.8
OM	70.4	71.2	69.6
CP	61.5	62.9	64.1
EE	74.4	77.3	73.8
NDF	43.1	43.7	44.1
GE	66.2	67.6	66.6

¹Diets contained a 7:3 forage to grain ratio. The silage ratio of the diet was alfalfa silage (AS): corn silage (CS)=80:20 (AS80), 60:40 (AS60) or 40:60 (AS40).

Table 6. Effect of different proportion of alfalfa silage and corn silage on milk yield and milk composition

Treatment ¹	AS80	AS60	AS40
	kg/d/cow		
Milk yield	24.6	27.5	25.6
FCM yield	24.5	26.4	25.2
	%		
Fat	3.99	3.73	3.88
Protein	3.10	3.12	3.30
Lactose	4.59	4.55	4.65
SNF	8.69	8.67	8.95
	mg/dl		
MUN	9.28	7.84	8.26

¹Diets contained a 7:3 forage to grain ratio. The silage ratio of the diet was alfalfa silage (AS): corn silage (CS)=80:20 (AS80), 60:40 (AS60) or 40:60 (AS40).

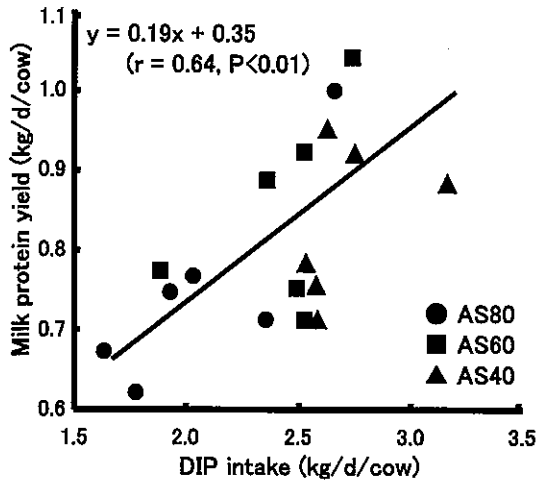


Figure 1. Relationship between DIP intake and milk protein yield
Diets contained a 7:3 forage to grain ratio. The silage ratio of the diet was alfalfa silage (AS): corn silage (CS)=80:20 (AS80), 60:40 (AS60) or 40:60 (AS40).

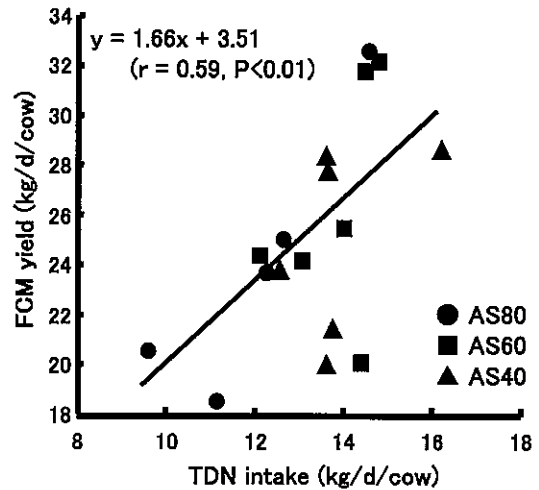


Figure 2. Relationship between TDN intake and FCM yield
Diets contained a 7:3 forage to grain ratio. The silage ratio of the diet was alfalfa silage (AS): corn silage (CS)=80:20 (AS80), 60:40 (AS60) or 40:60 (AS40).

Table 7. Effect of different proportion of alfalfa silage and corn silage on blood composition and body weight

Treatment ¹	AS80	AS60	AS40
	mg/dl		
BUN (Before feeding)	9.0	10.1	11.9
(After feeding)	14.7	15.8	16.1
	μEq/l		
NEFA (Before feeding)	308	220	204
(After feeding)	202 ^a	141 ^b	130 ^b
	kg		
Body weight (Initial)	632	606	589
(Final)	599	598	589

¹Diets contained a 7:3 forage to grain ratio. The silage ratio of the diet was alfalfa silage (AS): corn silage (CS)=80:20 (AS80), 60:40 (AS60) or 40:60 (AS40).
a, b: Means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

区では、体脂肪の動員によって乳生産を補ったものと考えられた。

DIP 摂取量と乳タンパク質生産量との関係を図1に、TDN 摂取量と FCM 生産量との関係を図2に示した。また、乳への DIP 利用効率を DIP 摂取量に対する乳タンパク質生産量、エネルギー利用効率を TDN 摂取量に対する FCM 生産量の割合として表8に示した。DIP 摂取量と乳タンパク質生産量との間には正の相関関係がみられ(r=0.64, P<0.01), DIP 摂取量が多いほど乳タンパク質生産量は増加した(図1)。一方、乳への DIP 利用効率は、DIP 摂取量が多く、NSC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合が高かった AS40 区で他の処理区よりも低かった(P<0.05) (表8)。摂取飼料中の CP 含量を算出すると、AS80, AS60, AS40 区

Table 8. Effect of different proportion of alfalfa silage and corn silage on efficiency of nitrogen and energy utilization

Treatment ¹	AS80	AS60	AS40
Milk protein yield/DIP intake	0.37 ^a	0.36 ^{ab}	0.31 ^b
FCM yield/TDN intake	2.03	1.92	1.83

¹Diets contained a 7:3 forage to grain ratio. The silage ratio of the diet was alfalfa silage (AS): corn silage (CS)=80:20 (AS80), 60:40 (AS60) or 40:60 (AS40).
a, b: Means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

でそれぞれ 13.9, 14.5 および 15.9%DM となり、AS40 区の CP 含量が他の処理区よりも高かった。また、CP 要求量(日本飼養標準, 1999)に対する充足率は AS80, AS60, AS40 区でそれぞれ 106, 117, 134% となることから、AS40 区では CP が過剰であったため、窒素利用効率が低くなったと考えられる。一方、ALDORICH *et al.*(1993)や HOOVER and STOKES(1991)は、NFC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合が 0.24~0.33 の範囲で十二指腸への微生物態タンパク質移行量が最大となり、窒素利用効率が向上すると報告している。本試験における NFC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合はすべての処理区でこの範囲内であったが、0.24~0.29 という比較的小さな違いでも、NFC 摂取量に対する DIP 摂取量の割合が大きくなると乳への窒素利用効率が低下する可能性が示唆された。

TDN 摂取量と FCM 生産量との間には正の相関関係がみられ(r=0.59, P<0.01), TDN 摂取量が多い

ほどFCM生産量は増加した(図2)。TDN摂取量に対するFCM生産量の割合は各処理区間で有意な差はみられず(表8)、本試験におけるTDN摂取量および乳量の範囲ではアルファルファとコーンサイレージ混合割合は乳へのエネルギー利用効率に影響しないものと考えられた。

以上より、アルファルファサイレージとコーンサイレージを乾物比80:20~40:60の混合割合で泌乳牛に給与した場合、乳生産量および乳成分には各処理区間で差はなかったが、アルファルファサイレージの給与割合が多いAS80区では乾物摂取量が少なく、体脂肪動員により乳生産を補っていた。また、乳へのエネルギー利用効率に差はみられなかったが、AS40区ではNFCに対するDIP摂取量の割合が高く、またCP摂取量も過剰であったため、乳への窒素利用効率が低下した。よって、粗飼料主体下で泌乳中後期の乳牛を飼養する場合、NFC摂取量に対するDIP摂取量の割合が0.24~0.29の範囲では、アルファルファサイレージとコーンサイレージを乾物比60:40の混合割合で給与したAS60区がもっとも適当であると考えられた。

文 献

- ALDORICH, J. M., L. D. MULLER and G. A. VARGA (1993) Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation nutrient flow and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **76**: 1091-1105.
- A. O. A. C. (1980) Official Methods of Analysis. 13th ed. Association of official agricultural chemists. Washington, D.C.
- BALCH, C. C. and R. C. CAMPLING (1962) Regulation of voluntary feed intake in ruminants. *Nutr. Abstr. Rev.*, **32**: 669-686.
- DHIMAN, T. R. and L. D. SATTER (1997) Yield response of dairy cows fed different proportions of alfalfa silage and corn silage. *J. Dairy Sci.*, **80**: 2069-2082.
- HOOVER, W. H. and S. R. STOKES (1991) Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.*, **74**: 3630-3644.
- 川島千帆・木村文香・花田正明・河合正人・岡本明治 (2001) アルファルファおよびコーンサイレージ給与割合の違いが去勢牛の十二指腸への窒素移行量に及ぼす影響。北畜会報, **43**: 57-62.
- 小林亮英 (1999) サイレージの品質判定。粗飼料の品質評価ガイドブック, 79-94。日本草地学会, 東京。
- MABJEESH, S. J., A. ARIELI, I. BRUCKENTAL, S. ZAMWELL and H. TAGARI (1997) Effect of ruminal degradability of crude protein and nonstructural carbohydrates on the efficiency of bacterial crude protein synthesis and amino acid flow to the abomasum of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **80**: 2939-2949.
- 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.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1999) 日本飼養標準乳牛 (1999年版)。中央畜産会, 東京。
- 大下友子・名久井忠・柁木茂彦 (1992) 原料草の水分含量がアルファルファサイレージの発酵品質及び飼料価値に及ぼす影響。東北農試研報, **84**: 159-171.
- PELTEKOVA, V. D. and G. A. BRODERICK (1996) In vitro ruminal degradation and synthesis of protein on fractions extracted from alfalfa hay and silage. *J. Dairy Sci.*, **79**: 612-619.
- RUSSELL, J. B. and R. B. HESPELL, (1981) Microbial rumen fermentation. *J. Dairy Sci.*, **64**: 1153-1169.
- 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。北農試研報, **150**: 1-9.
- SNEDECOR, G. W. and W. G. COCHRAN (1967) Statistical methods, 6th ed. The Iowa State University Press. Ames.
- STERN, M. D., G. A. VAGA, J. H. CLARK, J. L. FIRKINS, J. T. HUBER and D. L. PALMQUIST (1994) Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.*, **77**: 2762-2786.
- 鳶野 保 (1975) アルファルファの飼料成分と飼料的特性。北農試研資, **6**: 151-180.
- VALADARES FILHO, S. C., G. A. BRODERICK, R. F. D. VALADARES and M. K. CLAYTON (2000) Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. *J. Dairy Sci.*, **83**: 106-114.
- VAN SOEST, P. J., J. B. ROBERTSON and B. A. LEWIS (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, **74**: 3583.