

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 去勢牛の十二指腸への窒素移行量に及ぼす影響

川島 千帆・木村 文香・花田 正明・河合 正人・岡本 明治
帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

Effect of Replacing Alfalfa Silage with Corn Silage on the Duodenal Nitrogen Flows of Steers

Chiho KAWASHIMA, Ayaka KIMURA, Masaaki HANADA, Masahito KAWAI and Meiji OKAMOTO

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, 非構造化炭水化物, 十二指腸
への窒素移行量

Key words : alfalfa silage, corn silage, degradable intake protein, non-structural carbohydrate, duodenal
nitrogen flows

Abstract

The objective was to evaluate the effect of the ratio of degradable intake protein (DIP) to non-structural carbohydrate (NSC) on the nitrogen flows to duodenum of steers by replacement alfalfa silage with corn silage. Six Holstein steers fitted with ruminal and duodenal cannulae were divided into two 3 x 3 Latin squares with 20d periods. In the first Latin square, the steers were fed three diets contained (dry matter basis): 1) 100% alfalfa silage (AS100), 2) 80% alfalfa silage, 20% corn silage (AS80), or 3) 60% alfalfa silage, 40% corn silage (AS60). In the another Latin square, the steers were fed three diets contained (dry matter basis): 1) 40% alfalfa silage, 60% corn silage (AS40), 2) 20% alfalfa silage, 80% corn silage (AS20) or 100% corn silage (AS0). The ratio of DIP to NSC in the diet was ranged from 0.49 of AS100 to 0.16 of AS0. There were linear decreases of CP and DIP intake with the increase of the proportion of corn silage in the diet, but NSC intake was not affected by the replacement with corn silage. The decrease of the ratio of DIP intake to NSC intake by the replacement with corn silage caused the decrease of nitrogen absorption from the rumen and the improvement on the efficiency of microbial nitrogen synthesis from DIP. However, the total nitrogen flow to duodenum tended to be decreased and the microbial nitrogen flow to the duodenum was not improved by the replacement with corn silage. The ammonium nitrogen concentration in the ruminal fluid was lower than 5.0 mg/dl and the NDF digestibility in the rumen decreased when the steers fed AS20 and AS0. These results indicated that the replacement alfalfa silage with corn silage improved the efficiency of nitrogen utilization in the rumen, however, higher proportion of corn silage caused nitrogen deficiency for ruminal digestion.

要 約

アルファルファサイレージとコーンサイレージの給与割合を変え, 非構造化炭水化物 (NSC) 摂取量に対

する分解性タンパク質 (DIP) 摂取量の割合が, 去勢牛の十二指腸への窒素 (N) 移行量に及ぼす影響について検討した。反芻胃および十二指腸カニューレを装着したホルスタイン種去勢牛6頭を1期20日間の2つの3×3のラテン方格に割り当てた。1つめのラテン方格では, 3頭の去勢牛にアルファルファサイレージ

受理 2001年1月5日

とコーンサイレージを乾物混合比で1) 100:0 (AS 100区), 2) 80:20 (AS 80区), 3) 60:40 (AS 60区) の割合で, もう1つのラテン方格では, 1) 40:60 (AS 40区), 2) 20:80 (AS 20区), 3) 0:100 (AS 0区) の割合で給与した。飼料中のNSCに対するDIPの割合は, AS 100区の0.49からAS 0区の0.16の範囲であった。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給与割合を高めるとNおよびDIP摂取量は減少したが, NSC摂取量は飼料中のコーンサイレージの給与割合を高めても変わらなかった。NSC摂取量に対するDIP摂取量の割合の減少は, 反芻胃からのN吸収量の減少とDIPの微生物態Nへの転換効率を改善させた。しかし, 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給与割合を高めても, 十二指腸への全N移行量は減少する傾向がみられ, 十二指腸への微生物態N移行量は増加しなかった。AS 20区とAS 0区において, 反芻胃内容液中のアンモニア態N濃度は5.0 mg/dlよりも低くなり, 反芻胃内でのNDF消化率は他の処理区よりも低かった。これらの結果, 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給与割合を高めることは, 反芻胃内でのN利用効率を改善したが, コーンサイレージの給与割合を一定以上に高めると反芻胃内でのN不足を引き起こすと考えられた。

緒 言

近年, 品種改良により北海道に適應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, 粗飼料の中でも採食量が多く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いるおり, 飼料価値が高いといわれている。したがってアルファルファサイレージはこれからの北海道で重要な粗飼料になると考えられる。アルファルファは粗飼料の中でもタンパク質含量が多いが, 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)が高いため, 反芻胃から吸収されるN量が多いといわれている(Peltekova and Broderick, 1996)。DIP含量の高い粗飼料に非構造性炭水化物(NSC)源として濃厚飼料を給与することにより, 反芻胃内での微生物態N合成量を高めることが可能であることが報告されている(Mabjeesh *et al.*, 1997)。これらのことから, アルファルファサイレージ給与時においてNSCを供給することにより反芻胃内における微生物態N合成量が高まり, アルファルファサイレージのN利用性を改善できると考えられる。しかし, アルファルファサイレージにNSC源として粗飼料を用い, 微生物態N合成について調べた実験報告は少ない。

そこで本試験ではアルファルファサイレージにNSC源としてコーンサイレージを異なる割合で混合給与し, NSCに対するDIP割合と微生物態N合成量

および十二指腸へのN移行量との関係を検討した。

材料と方法

供試家畜は反芻胃および十二指腸カニューレ装着ホルスタイン種去勢牛6頭を用いた(平均体重321 kg)。十二指腸カニューレは直径19.5 mmのポリエチレン製T型カニューレを用いた。供試飼料は帯広畜産大学附属農場で生産された4番草のアルファルファを用いて調製したサイレージと, 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とした。給与飼料のアルファルファサイレージとコーンサイレージの給与割合は乾物混合比でAS 100区では100:0, AS 80区では80:20, AS 60区では60:40, AS 40区では40:60, AS 20区では20:80, AS 0区では0:100と設定し, AS 100区, AS 80区, AS 60区とAS 40区, AS 20区, AS 0区でそれぞれ3×3のラテン方格法に基づいて給与した。飼料の給与量は1995年日本飼養標準「肉牛」に示されている乳用去勢牛のTDN維持要求量とし, 飼料は1日2回に分け8:00と18:00に給与した。水およびミネラルブロックは自由摂取させた。また, 十二指腸への乾物移行量を推定するために, 乾物給与量の約0.1%の酸化クロムを1日2回に分け, 各飼料給与時に反芻胃へ投与した。

試験期間は1期20日間とした。14~17日目に給与飼料と残食を採取し, 十二指腸内容物は18日目の1000, 1400, 1800, 2200, 19日目の0200, 0600, 0800, 1200, 1600, 2000, 20日目の0000, 0400に十二指腸カニューレより採取した。各採取時間につき各個体から約200 mlの内容物を採取し, アンモニア態N分析用に20 g, その他の分析用は150 g取り分けてそれぞれ分析まで冷凍保存した。なお, アンモニア態N分析用に採取した試料には採取時に50%硫酸を2, 3滴添加した。反芻胃内容液は20日目の0800, 0930, 1100, 1230, 1400, 1800に吸引ポンプにより100 ml採取し, 4枚重ねのガーゼで濾し50%の硫酸を1 ml入れ, アンモニア態Nの分析まで冷凍保存した。このとき同時に静脈血を真空採血管を用いて採取し, 38°Cで30分間保温した後, 4°C, 3500 rpmで15分間遠心分離し, 血清を採取し分析まで冷凍保存した。

給与飼料および残食の化学成分はそれぞれ以下の方法で測定した。水分含量は乾物で約15 gの試料を一晩冷凍した後, 12時間凍結乾燥器で凍結乾燥させ, 再び一晩冷凍した後15時間凍結乾燥器で凍結乾燥させた後に重量を測定して求めた。粗灰分(ASH)および粗脂肪(CFAT)は常法(森本, 1971), Nはケルダール法(森本, 1971), 中性デタージェント繊維(NDF)および中性デタージェント液に不溶なN(NDIN)はVAN SOESTの方法(VAN SOEST *et al.*, 1991)によりそれぞれ分析した。NSC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。

$$NSC = OM - (CFAT + CP + NDF - NDIP)$$

DIP は飼料成分の CP から NDIP を差し引いて算出し (RUSSELL and HESPELL, 1981), これを DIP (*in vitro*) とした。

$$DIP (in vitro) = CP - NDIP$$

これに対し, 十二指腸への N 移行量などから下記の式より算出した DIP を DIP (*in vivo*) とした。

$$DIP (in vivo) \text{ 摂取量} = N \text{ 摂取量} - (\text{十二指腸への非アンモニア態 N (NAN) 移行量} - \text{十二指腸への微生物態 N 移行量})$$

十二指腸内容物は凍結乾燥後, 乾物, N を飼料の化学成分と同様の方法, 酸化クロムはリン酸カリ試薬法 (森本, 1971), プリンは比色法 (ZINN and OWENS, 1986) によって分析した。十二指腸内容物のアンモニア態 N は除タンパク直接比較法 (斎藤ら, 1979) により分析した。十二指腸への乾物移行量および微生物態 N 移行量は以下の式より算出した。

$$\text{十二指腸への乾物移行量} =$$

$$1 \text{ 日の酸化クロム投与量} \div \text{十二指腸内容物中の酸化クロム濃度}$$

$$\text{十二指腸への微生物 N 移行量} =$$

$$\text{反芻胃内微生物態 N 含量} \div \text{反芻胃内微生物プリン含量}$$

$$\times \text{十二指腸へのプリン移行量}$$

反芻胃内容液のアンモニア態 N は十二指腸内容物と同様の方法で分析し, 血清中の尿素態窒素はジアセチルモノオキシム法 (尿素 N-テストワコー, 278-04801, 和光純薬工業株式会社) により分析した。反芻胃内微生物は SMITH and McALLAN (1974) の方法により反芻胃内容液から遠心分離し, 凍結乾燥後, 微生物態 N と微生物中のプリンを十二指腸内容物と同様の方法で測定した。

結果および考察

供試飼料の化学成分含量および NSC 含量に対する DIP 含量の割合を表 1 に示した。供試飼料の N 含量は 3.5 から 1.5% の範囲であり, 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給与割合を増加させることにより低下した。飼料成分から算出した DIP (*in vitro*) も供試飼料の N 含量と同様に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給与割合を高めることで低下し, 19.2 から 7.9% の範囲であった。供試したアルファルファサイレージの原料草は 4 番草であり, 草丈 30 cm, 再生期間が 46 日間と短かったため, 一般的なアルファルファサイレージの NDF 含量よりもかなり低く, 供試したコーンサイレージよりも NDF 含量は少なかった。このため, 供試飼料の NDF 含量は AS 100 区の 25.3% から AS 0 区の 32.5% と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給与割合を高めることにより増加した。また, NSC 含量はコーンサイレージの給与割合を増やすことにより 39.1 から 50.8% と増加し, その結果, NSC 含量に対する DIP (*in vitro*) 含量の割合は, AS 100 区の 0.49 から AS 0 区の 0.16 と低下した。

代謝体重当たりの乾物, OM, N, DIP, NSC 摂取量および NSC 摂取量に対する DIP (*in vitro*) 摂取量の割合を表 2 に示した。飼料給与量を TDN 維持要求量でそろえたため, 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給与割合の増加に伴い乾物および OM 摂取量は低下した。N および DIP (*in vitro*) 摂取量は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給与割合を高めることで低下し, N 摂取量は AS 100 区の 2.7 g/MBS/日 から AS 0 区の 0.9 g/MBS/日, DIP (*in vitro*) 摂取量は AS 100 区の 14.4 g/MBS/日 から 4.9 g/MBS/日の値を示した。NDF および NSC 摂取量は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給与割合を高めても変わらない

Table 1 Chemical composition of experimental feed (%).

	Latin square 1				Latin square 2			Difference between squares
	AS100	AS80	AS60		AS40	AS20	AS0	
DM	41.0 ^a	39.2 ^b	37.4 ^c	%FM	35.1 ^x	33.2 ^y	31.2 ^z	P<0.05
OM	86.3 ^c	88.0 ^b	89.8 ^a	%DM	91.7 ^z	93.5 ^y	95.4 ^x	P<0.05
N	3.5 ^a	3.1 ^b	2.7 ^c		2.3 ^x	1.9 ^y	1.5 ^z	P<0.05
DIP (<i>in vitro</i>)	19.2 ^a	16.9 ^b	14.7 ^c		12.5 ^x	10.2 ^y	7.9 ^z	P<0.05
NDF	25.3 ^c	26.6 ^b	27.9 ^a		29.7 ^z	31.0 ^y	32.5 ^x	P<0.05
NSC	39.1 ^c	41.5 ^b	44.0 ^a		46.0 ^z	48.4 ^y	50.8 ^x	P<0.05
DIP (<i>in vitro</i>)/NSC	0.49 ^a	0.41 ^b	0.33 ^c	%/%	0.27 ^x	0.21 ^y	0.16 ^z	P<0.05

$$DIP (in vitro) = CP - NDIP$$

a, b, c: Means on the same line with different superscripts are significantly different (P<0.05)

x, y, z: Means on the same line with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table 2 DM, OM, N, DIP, NDF, NSC intake (g/MBS/d) and the ratio of DIP intake to NSC intake.

	Latin square 1			Latin square 2			Difference between squares
	AS100	AS80	AS60	AS40	AS20	AS0	
	g/MBS/d						
DM	75.2	72.6	70.1	65.7	64.9	61.6	P<0.05
OM	64.8	63.9	62.9	60.2	60.7	58.7	P<0.05
N	2.7 ^a	2.3 ^{ab}	1.9 ^b	1.5 ^x	1.2 ^{xy}	0.9 ^y	P<0.05
DIP (<i>in vitro</i>)	14.4 ^a	12.3 ^{ab}	10.3 ^b	8.2 ^x	6.6 ^{xy}	4.9 ^y	P<0.05
NDF	19.0	19.3	19.6	19.5	20.2	20.0	NS
NSC	29.4	30.2	30.9	30.2	31.4	31.3	NS
	g/g						
DIP (<i>in vitro</i>)/NSC	0.49 ^a	0.41 ^b	0.33 ^c	0.27 ^x	0.21 ^y	0.16 ^z	P<0.05

DIP (*in vitro*)=CP-NDIP

a, b, c: Means on the same line with different superscripts are significantly different (P<0.05)

x, y, z: Means on the same line with different superscripts are significantly different (P<0.05)

NS: no significance (P>0.05)

Table 3 DIP (*in vivo*) intake, the ratio of DIP (*in vivo*) intake to NSC intake and duodenal total nitrogen, non-ammonium nitrogen, microbial nitrogen flows.

	Latin square 1			Latin square 2			Difference between squares	
	AS100	AS80	AS60	AS40	AS20	AS0		
	g/MBS/d							
DIP (<i>in vivo</i>)	10.4	9.2	7.0	5.6	3.0	2.8	P<0.05	
	g/g							
DIP (<i>in vivo</i>)/NSC	0.35	0.31	0.23	0.19 ^x	0.10 ^y	0.09 ^y	P<0.05	
	g/MBS/d							
Doudeanal flows	total N	1.78	1.46	1.37	1.33	1.29	1.17	NS
	NAN	1.57	1.26	1.24	1.24	1.23	1.13	NS
	microbial N	0.58	0.46	0.45	0.63	0.48	0.67	NS

DIP (*in vivo*)=nitrogen intake-(duodenal non-ammonium nitrogen flow-duodenal microbial nitrogen flow)

x, y: Means on the same line with different superscripts are significantly different(P<0.05)

NS: no significance (P>0.05)

かった。その結果、NSC 摂取量に対する DIP (*in vitro*) 摂取量の割合は、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給与割合を高めることで低下した。

DIP (*in vivo*) 摂取量、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合および十二指腸への全 N、NAN、微生物態 N 移行量を表 3 に示した。飼料成分から算出した DIP (*in vitro*) と十二指腸への移行量から算出した DIP (*in vivo*) 摂取量を比較すると、DIP (*in vivo*) 摂取量は AS 100 区の 10.4 g/MBS/日から AS 0 区の 2.8 g/MBS/日と DIP (*in vitro*) 摂取量に比べかなり低い値を示し、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合も AS 100 区の 0.35 から AS 0 区の 0.09 と、NSC 摂取量に対する DIP (*in vitro*) 摂取量の割合との間に大きな差があった。このことから、RUSSELL and HESPELL (1981) の方法では DIP を過大評価する可能性が高く、今後 DIP 評価法についての再検討が必要であると考えられた。十二指腸への全 N および NAN 移行量は AS 100 区で最も多く、コーンサイレージを加えた他の区よりも高い傾向がみられ、アルファルファサイレージに対するコーンサイレージ

の給与割合を高めても全 N、NAN の十二指腸への移行量は増加しなかった。また、十二指腸への微生物態 N 移行量は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給与割合を高めても増加しなかった。

図 1 に NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量

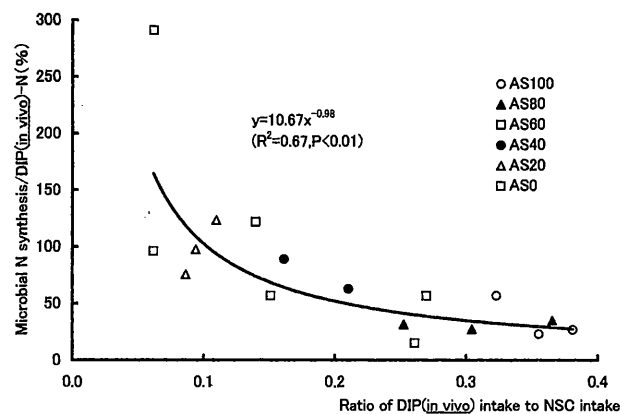


Figure. 1 Relationship between the ratio of DIP intake to NSC intake and the efficiency of microbial nitrogen synthesis from DIP (*in vivo*)-N.

の割合と DIP (*in vivo*)-N 摂取量の微生物態Nへの転換効率との関係を示した。DIP (*in vivo*) 摂取量に対する微生物態N合成量は、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合が小さくなるにつれ増加し、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給与割合を高めることにより、DIP の微生物態Nへの転換効率は高まり、DIP の利用性は改善すると考えられた。

これらのことから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給与割合を高めると、DIP の微生物態Nへの転換効率は高まり、反芻胃での DIP の利用性は改善されたが、十二指腸への微生物態N移行量は増加せず、期待どおりの結果とならなかった。

表4に反芻胃からのN吸収量、反芻胃内でのNDF消化率および反芻胃内と血液の性状を示した。反芻胃からのN吸収量は、AS100区で0.88 g/MBS/日であったが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給与割合を増加させることにより少なくなり、AS20区とAS0区でそれぞれ-0.06、-0.27 g/MBS/日と負の値を示した。反芻胃内容液中アンモニア態N濃度と血清中尿素態N濃度も、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給与割合を増加させることで低くなった。特にコーンサイレージの給与割合を高めたAS20区とAS0区では反芻胃内容液中のアンモニア態N濃度が2.5 mg/dl 付近の値を示し、微生物N合成が抑制されるといわれている5 mg/dl (SATTER and SLYTER, 1974) よりもかなり低い値となった。また、血清中尿素態N濃度も10 mg/dl 以下と低い値であった。これらのことから反芻胃内におけるNDF消化率が、AS20区とAS0区で他の処理区よりも低くなったのは、反芻胃内へのDIP供給の不足によるものと考えられた。

図2にNSC摂取量に対するDIP (*in vivo*) 摂取量

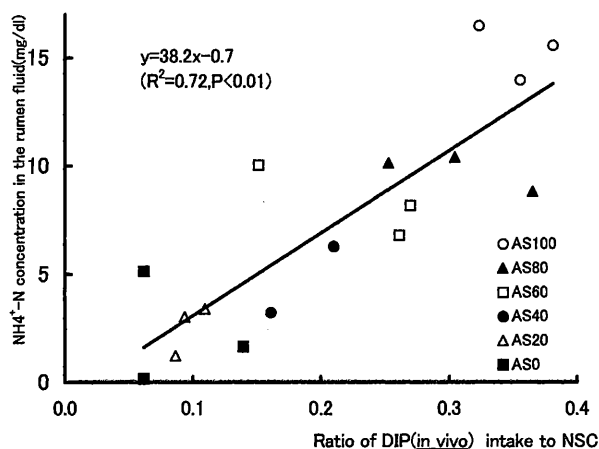


Figure. 2 Relationship between the ratio of DIP (*in vivo*) intake to NSC intake and ammonium nitrogen concentration in the rumen fluid.

の割合と反芻胃内容液中アンモニア態N濃度との関係を示した。反芻胃内容液中アンモニア態N濃度はNSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合を小さくすると低下し、その比を0.15より下げるとアンモニア態窒素濃度は5 mg/dl 以下となった。したがって、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合を0.15以下にすると反芻胃へのDIP供給不足を引き起こし、微生物態N合成に影響を及ぼすと考えられた。

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給与割合を高め、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合を小さくすると、DIP の微生物態Nへの転換効率は増加し、DIP の利用性は改善されると考えられたが、NSC 摂取量に対する DIP (*in vivo*) 摂取量の割合を小さくしても十二指腸への微生物態N移行量は増加しなかった。この原因として、十二指腸へのN移行量などから測定したDIP (*in vivo*) は RUSSELL and HESPELL (1981) の方法の飼料成分から算出したDIP (*in vitro*) よりも少なく、AS20区とAS0区では反芻胃へのDIP供給不足が生じたことが考えられた。これらのことからコーンサイレージの割合を高くするとDIPの微生物態Nへの転換効率は改善されるが、コーンサイレージの割合を高めすぎてNSCに対するDIP割合を0.15以下にすると反芻胃へのDIP供給不足を招き、その結果、反芻胃での微生物態N合成を妨げるため、微生物態N合成量の増加は期待できないと考えられた。

文 献

- MABJEESH, S. J., A. ARIELI, I. BRUCKENTAL, S. ZAMWELL and H. TAGARI (1997) Effect of Ruminant 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.
- 森本宏 (1971) 動物栄養試験法 第1版. 養賢堂. 東京. 283-297.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1995) 日本飼養標準肉牛用 (1995年版). 中央畜産会. 東京.
- PELTEKOVA, V. D. and G. A. BRODERICK (1996) In Vitro Ruminant 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.
- 斎藤正行・北村元仕・丹波正治 (1979) 臨床化学分析 II. 東京化学同人. 52-54.
- SATTER, L. D. and L. L. SLYTER (1974) Effect of Ammonia Concentration on Rumen Microbial Protein Production In Vitro. *Br. J. Nutr.*, **32**: 190

- SMITH, R. H and A. B. McALLAN (1974) Some Factors Influencing the Chemical Composition of Mixed Rumen Bacteria. *Br. J. Nutr.*, **31**: 27-34.
- STERN, M. D, G. A. VAGA, J. H. CLARK, J. L. FINKINS, 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.
- 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.
- ZINN, R. A and F. N. OWENS (1986) A Rapid Procedure for Purine Measurement and Its Use for Estimating Net Ruminal Protein Synthesis. *Can. J. Anim. Sci.*, **66**: 157-166.