

飼料へのポテトパルプの添加がめん羊の糞・尿への窒素排泄に及ぼす影響

岡 本 全 弘

Dietary Supplement of Dried Potato Pulp to Minimize Nitrogen Excretion in Feces and Urine in Sheep

Masahiro OKAMOTO
(June 2000)

緒 言

環境問題への関心の高まりから、糞尿問題は酪農産業の大きな問題となっている。糞尿は資源であり、肥料として土壤に還元・利用することは当然であるが、土壤還元も単位面積当たりの施用量と施用法が適正でなければ環境汚染源となる恐れがある。糞尿による環境問題を考えるとき、家畜の排泄物をいかに処理するかと考えるが、糞尿中に排泄される汚染物質を減らす工夫をすることも重要なアプローチの一つである。

糞尿中に含まれる汚染物質のうち、最も深刻な問題を起こしているのが窒素である。反芻動物に摂取された蛋白質などの窒素化合物のうち、不消化部分は糞中に排泄される。したがって窒素の糞中への排泄量を減少させるには窒素消化率の高い飼料を給与すればよい。一方、尿中へ排泄される窒素はルーメンで分解されるが微生物蛋白質への合成を免れ、吸収・代謝され尿素として排泄される部分と体蛋白質の新陳代謝による老廃窒素化合物とに大別される。このうち前者はルーメン内における微生物蛋白質への合成を向上させることにより減少させるものと考えられる。微生物蛋白質の合成を律速する要因は

窒素源とともに微生物によって発酵されやすい炭水化物(易発酵性炭水化物)の供給とされている^{3,4,6,7)}。

そこで、本研究では易発酵性炭水化物の給与によりルーメン内の窒素利用効率を高め、尿中へ排泄される窒素量を抑制する可能性を追究することとし、具体的には、易発酵性炭水化物に富むポテトパルプを飼料に添加することにより、ルーメン微生物の増殖を促進し、高い生産性を維持しつつ、排泄される窒素量を減少させる可能性を検討した。

材料および方法

サフォーク種去勢めん羊(平均体重:82±3kg)を3頭供試した。

給与飼料は基礎飼料としてチモシー乾草1,600g、濃厚飼料200g、尿素20gを給与した。乾燥ポテトパルプの添加量は無添加(対照区)、40g(40g区)および100g(100g区)の3水準とした。表1に供試した飼料の化学組成を示した。チモシー乾草は5cmほどに細切して給与した。これらの飼料の半量を8時および20時に給与し、飲水は自由に摂取させた。また、ポテトパルプの残飼を防止するため、はじめに濃厚飼料、尿素、ポテトパルプを混ぜ与え、全部食べ終えた後にチモシー乾草を給与するように

Table 1 Chemical compositions of timothy hay, concentrate mixture, and dried potato pulp (percent of dry matter)

	Timothy hay	Concentrate	Potato pulp
Dry matter, %	89.7	89.7	90.9
Organic matter	92.0	93.8	98.0
Nitrogen	1.3	3.0	1.3
Neutral detergent fiber	72.6	15.7	62.0
Acid detergent fiber	42.2	7.8	26.4
Nonstructural carbohydrate	8.9	56.8	27.8
Nitrogen free extract	—	—	71.9

した。

めん羊は代謝檻に収容し、全糞尿採取法による消化・窒素出納試験を予備試験 10 日間、本試験 5 日間を 1 期とする 3 × 3 ラテン方格法により行った⁸⁾。尿はアンモニアが揮散しないように、あらかじめ塩酸(濃度 50%)を 1 ml ほど尿取りバケツに垂らしておいた。糞は毎日塩酸(濃度 10%)を霧吹きで吹きかけた。本試験 6 日目の朝に糞尿を採取し、60°C で 48 時間風乾した後、粉碎し分析試料とした。化学分析は糞の乾物(DM)、有機物(OM)、中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)、窒素について行った。DM および OM は常法¹⁾で、NDF および ADF は Goering and Van Soest 法²⁾で、窒素はケルダール法¹⁾によりそれぞれ分析した。尿は窒素のみ測定した。これらの分析結果より消化率および窒素出納を測定した。

本試験 5 日目の飼料給与前、給与 2 時間後および給与 6 時間後に頸静脈より採血した。検査項目は尿素窒素(BUN)、血糖、血清蛋白、アルブミン、 γ -GTP、中性脂肪、NEFA であった。分析は臨床検査

業者に依頼した。

結 果

乾物採食量の各飼料の内訳および合計値を表 2 に示した。乾物採食量はポテトパルプの添加量が多くなるにつれてやや増加した($P < 0.10$)。ポテトパルプを基礎飼料に所定量加えることによりチモシー乾草の摂取量がわずかに低下したが、濃厚飼料の摂取量には差がなかった。

消化試験の成績を表 2 に示した。いずれの成分の消化率も各試験区間に大きな差異はなかったが($P > 0.10$)、全体的に 100 g 区が若干低い傾向にあった。窒素の消化率はポテトパルプの添加水準が高くなるにつれて低下する傾向が認められた。

窒素の出納成績を表 3 に示した。窒素の摂取量はわずかに 100 g 区が多かった。これはポテトパルプの添加量に応じて増加したものと思われる。糞中への窒素排泄量もポテトパルプの添加量が多くなるにつれてやや増加する傾向が認められた。尿中への窒素排泄量は 40 g 区でわずかに増加傾向が認められ

Table 2 Feed intake and digestibility in sheep fed a diet supplemented dried potato pulp at various levels

	Supplementation level (g/d)			SEM
	0	40	100	
Dry matter intake, g/d				
Timothy hay	1,378.4	1,358.2	1,366.8	8.65
Concentrate	173.2	173.4	175.2	—
Urea	19.0	19.0	19.0	—
potato pulp	0	33.0	82.4	—
Total dry matter	1,570.6	1,583.6	1,643.4	8.65
Digestibility, %				
Dry matter	65.5	65.5	64.4	1.09
Organic matter	66.3	66.2	65.3	1.07
Nitrogen	73.3	72.6	71.4	1.12
NDF	66.6	66.4	65.5	1.26
ADF	63.8	63.5	62.2	1.32

NDF: Neutral detergent fiber; ADF: Acid detergent fiber

Table 3 Nitrogen utilization in sheep fed a diet supplemented dried potato pulp at various levels

	Supplementation level (g/d)			SEM
	0	40	100	
Nitrogen inputs and outputs, g/d				
Intake N	32.2	32.5	33.2	0.12
Fecal N	8.6	8.9	9.5	0.28
Digested N	23.6	23.6	23.7	0.30
Urinary N	12.2	12.8	11.3	0.74
Retained N	11.4	10.7	12.4	0.83
Nitrogen partition, %				
Urinary/Digested	51.7	54.2	47.7	2.94
Retained/Digested	48.3	45.3	52.3	3.08

たが、100 g 区では逆に減少する傾向が認められた。こうした傾向は窒素蓄積量に反映し、40 g 区ではやや減少し、100 g 区ではやや増加する傾向が認められた。なお、処理区間の差はいずれも有意ではなかった。

摂取した窒素の糞中への窒素排泄割合は糞中への窒素排泄量と同様にポテトパルプの添加量の増大とともに高くなった。消化された窒素の尿中への排泄割合は40 g 区でやや高くなり、逆に100 g 区では低くなった。消化された窒素に対する窒素蓄積割合は40 g 区でやや低く、100 g 区で高い傾向にあった。これらの差は有意ではなかった。

血漿成分の値を表4に示した。BUN 濃度は飼料給与後に上昇し、6 時間後にも高水準を維持したが、100 g 区では他の処理より低い水準で推移した。血糖値は飼料給与2 時間後に一旦低下し、6 時間後には飼料給与前の水準より高い値となった。40 g 区の給与2 時間後の値が他の処理よりやや高かった以外に処理間の差は認められなかった。

蛋白質の栄養状態を反映する血清蛋白質濃度、血漿アルブミン濃度には処理間にほとんど差は認められなかった。肝機能を反映するγ-GTP では100 g 区が他の区にくらべやや高いが正常範囲であった。エネルギーの収支を反映する血漿中性脂肪およびNEFA 濃度には処理区間に目立った差は認められなかった。いずれの血液成分濃度にも処理間に有意な差は認められなかった。

考 察

本実験で供試した基礎飼料は1 日当たり、チモシー乾草1,600 g、濃厚飼料100 g、尿素20 g であっ

た。それぞれの飼料から摂取された窒素の量はそれぞれ約19 g、3 g および9 g であった。窒素化合物のうちイネ科牧草および濃厚飼料のルーメン分解性窒素化合物(RDP)の割合をそれぞれ70%および50%と仮定すると⁵⁾、飼料から摂取した窒素約32 gのうち、RDPに含まれるものは約77%を占めるとみなされる。すなわち、ルーメン内でのアンモニアの発生はかなり多かったものと想像される。このことはBUN 濃度が通常より高い水準であったことから裏づけられる。

本実験では、基礎飼料にポテトパルプを添加したため、乾物摂取量はポテトパルプの添加量の増加とともに増加した。ポテトパルプの非構造性炭水化物含量は約28%とあまり多くないが、消化性の高い細胞壁(NDF)を多く含む。可溶無窒素物(NFE)含量は約72%なので、40 g 区および100 g 区では1 日当たりそれぞれ約23 g および59 g 程度のNFEが補給されたことになる。

各成分の消化率はポテトパルプの添加量が多くなると(100 g 区)全般的にやや低下したが、これは、一般に認められているように、乾物摂取量が増加したことが一因と思われる。窒素の消化率の低下には、ポテトパルプに含まれる窒素化合物の消化率が低かった可能性もある。ポテトパルプは製造過程に火力乾燥を含むので、窒素化合物が熱変成を受けた可能性があるからである。また、NDF や ADF という繊維成分の消化率はルーメン内に大量のデンプンが取り込まれると低下することがある。これはデンプン減退といわれる現象である。本実験ではポテトパルプの添加によりデンプンがより多くルーメンに取り込まれたことは確かであるが、本結果がこれによ

Table 4 Plasma constituents in sheep fed a diet supplemented dried potato pulp at various levels

	Supplementation level (g/d)			SEM
	0	40	100	
Urea nitrogen, mg/dl				
0 h after feeding	19.8	20.8	18.7	0.54
2 h after feeding	24.1	24.8	22.0	1.45
6 h after feeding	24.0	23.3	22.1	1.37
Glucose, mg/dl				
0 h after feeding	53.0	56.0	52.7	2.59
2 h after feeding	44.3	51.3	45.3	2.60
6 h after feeding	56.7	58.7	55.0	2.50
Serum protein, g/dl*	7.3	7.2	7.1	0.067
Albumin, g/dl*	3.6	3.6	3.5	0.025
triglyceride, mg/dl*	21.8	20.7	20.8	2.30
NEFA, mEq/l*	0.18	0.19	0.18	0.006
r-GTP, IU/l*	64.7	65.0	70.2	7.21

*: Average value at 2 h and 6 h after feeding

るものかどうかは不明である。

窒素出納試験の結果についてみると、窒素摂取量は対照区と40g区との間にはほとんど差がなかったが、100g区ではやや増加した。これは主に添加したポテトパルプに含まれていた分である。糞中への窒素排泄量は摂取量と消化率を反映して、100g区でやや多くなり、結果的に可消化窒素の摂取量は処理間で等しくなった。

一方、尿中への窒素排泄量および可消化窒素に対する尿中窒素排泄割合は40g区で対照区よりわずかに高くなったのに対し、100g区では逆に減少した。採食後のBUN濃度は対照区と40g区は約24mg/dlであり、100g区では約22mg/dlとやや低かった。これらを考え合わせると、ルーメン内でアンモニアまで分解された窒素化合物はかなり多かったが、100g区では他の処理区よりルーメン壁から吸収された量が少なく、これが尿中への排泄量を減少させたものと解される。アンモニアのルーメン壁からの吸収が減少したのは、微生物によるアンモニアの微生物蛋白質への合成が活発化したためと考えられ、これはポテトパルプより供給された易発酵性炭水化物がエネルギー源として利用できたためであろう。窒素蓄積量は、以上を反映して、40g区で対照区よりわずかに少なく、100g区では逆にわずかに多くなった。

本研究では少量のポテトパルプ添加により窒素出納成績に大きな変化はなかった。しかし、ポテトパルプの添加量を増すことにより、糞中への窒素排泄量は抑制できないが、尿中への窒素排泄量は抑制できる可能性が示された。しかし、その効果は期待したほど大きくなかった。これは、実験条件の設定による影響の他に、火力乾燥を経たポテトパルプを供試したことも一因と思われるので、今後さらに様々な易発酵性炭水化物源について検討する必要がある。

要 約

易発酵性炭水化物に富むポテトパルプを飼料に添加することによりルーメン微生物の増殖を促進し、尿中に排泄される窒素量を減少させることの可能性を検討した。3頭の去勢めん羊を供試し、全糞尿採取法による消化試験および窒素出納試験を3×3ラテン方格法により実施した。飼料はチモシー乾草1,600g、濃厚飼料200g、尿素20gを基礎飼料とし、これにポテトパルプを0g(対照区)、40g(40g区)および100g(100g区)の3水準で添加した。

窒素摂取量はポテトパルプの添加量が多い処理区

(100g区)でわずかに増加したが、糞中への窒素排泄量はほぼ摂取量に比例し、可消化窒素の摂取量に差はなかった。尿中への窒素排泄量は100g区で抑制傾向が認められ、可消化窒素量に対する尿中排泄窒素量の割合は対照区より4ポイント低かった。窒素蓄積率は100g区で逆に高くなる傾向が認められた。いずれも処理区間に有意差は認められなかった。NDFおよびADFの消化率は100g区で若干低くなる傾向が認められた。血液成分では全ての項目に異常は認められなかったが、血漿尿素窒素濃度は通常値より高めであり、100g区では他の処理区より低い値であった。

以上より、ポテトパルプの添加水準を高めることにより尿中への窒素排泄量を抑制できる可能性が示唆された。

謝 辞

本研究の実施にあたり、多大な援助をいただいた三枝恭子さんに感謝いたします。

引用文献

- 1) A.O.A.C., 1980. Animal feed. Official methods of analysis. 13th ed. Association of official analytical chemists, pp 125-142. Washington, DC.
- 2) Goering, H.K. and P.J. Van Soest, 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA. Agr. Handbook, 379: 1-9.
- 3) Herrera-Saldana, R., R. Gomez-Alarcon, M. Torabi and J.T. Huber, 1990. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. J. Dairy Sci., 73: 142-148.
- 4) Hoover, W.H. and S.R. Stokes, 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. J. Dairy Sci., 74: 3630-3644.
- 5) 農林水産技術会議, 1999. 日本飼養標準, 乳牛. pp. 66-71. 東京.
- 6) Ørskov, E.R., 1992. Dynamics of nitrogen in the rumen. In Protein nutrition in ruminants. 2nd. ed. pp. 68-89, Academic press, London.
- 7) Schmidely, P., M. Lloret-Pujol, P. Bas, A. Rouzeau and D. Sauvant. 1998. Influence of

feed intake and source of dietary carbohydrate on milk yield and composition, nitrogen balance and plasma constituents of lactating goats. *J. Dairy Sci.*, 82: 747-755.

8) 鳥居敏雄・高橋暁正・土肥一郎, 1957. 医学・生物学のための推計学, 増訂版, pp. 289-303. 東京大学出版会, 東京.

Summary

Digestion and nitrogen balance trials in a 3×3 Latin square design were conducted with 3 Suffolk wether sheep. All wethers were fed 1,600g timothy hay, 200g concentrate-mixture and 20g urea per day; and the diets were supplemented with dried potato pulp at 0g (Control), 40g or 100g.

No significant difference on fecal and urinary excretion of nitrogen was noted among the treatments. Heavy supplementation (100g) of dried potato pulp resulted in somewhat high nitrogen intake, as reflected by the nitrogen excretion in feces, but the differences in digestive nitrogen intake were negligible.

Nitrogen excretion into the urine, however, tended to decrease and the percentage of urinary nitrogen per digested nitrogen was 4 points lower in the sheep fed 100g of potato pulp than in the control animal. The sheep fed 100g of potato pulp showed a tendency to retain more nitrogen, and the digestibility of neutral detergent fiber and acid detergent fiber was slightly compromised compared with that of the control sheep. Concentration of urea nitrogen in the blood (BUN) was around 24 mg/dl in the control, but 22mg/dl in the sheep fed 100g of potato pulp. Other blood constituents were within the normal range.

These results suggest that dietary supplement of potato pulp may reduce nitrogen excretion in the urine in sheep.