

反芻家畜における全粒綿実のエネルギー および蛋白質の利用率

趙 景陽¹・高橋潤一²・松岡 栄²・藤田 裕²

(受理: 1988年5月30日)

Efficiency of Energy and Protein Utilization of
Whole Cotton Seeds in Ruminants

Jingyang ZHAO¹, Jun-ichi TAKAHASHI², Sakae MATSUOKA² and Hiroshi FUJITA²

要 約

綿実を全粒のまま(WCS)あるいは破碎(CCS)して給与した場合の養分利用率を知る目的で、メン羊3頭による消化・窒素出納試験、エネルギー出納試験および第一胃内性状の検索を行った。基礎飼料としてオーチャードグラス主体2番乾草を用い、その単独給与(H-Basal区)および全乾物給与量の20%を破碎綿実(H-CCS区)と全粒綿実(H-WCS区)で代替給与した3つの給与区を設けた。得られた結果は次の通りである。1) 乾草と併給して実施した消化試験の結果からH-CCS区およびH-WCS区における単味の各飼料の消化率を比較すると、破碎綿実(CCS)より全粒綿実(WCS)の方が粗脂肪を除く他の成分では有意に高い値を示した($P<0.05$)。摂取Nおよび可消化Nに対する蓄積Nの割合もCCSよりWCSの方が高い値を示した。2) メタン(CH_4)産生量と熱発生量については個体変動が大きく有意な差は見られなかったが、いずれもH-WCS区はH-CCS区より低い傾向を示した。3) 第一胃液総VFA濃度については、H-CCS区よりH-WCS区の方がやや高く推移し、VFAモル比はH-WCS区におけるプロピオン酸比率がH-CCS区に比べやや高くなった。また、第一胃液アンモニア態窒素(NH_3-N)濃度はいずれも飼料給与後1時間目に最高値に達したが、相対的にH-CCS区が高く、H-WCS区が低い傾向を示した。4) 全粒綿実の乾物あたり養分含量は、DCP: 17.5, TDN: 90.5(%), DE: 3.98, ME: 3.67, NE: 2.92(kcal/g)となり、いずれも破碎綿実より高い数値が得られた。

キーワード: エネルギー出納, 消化率, 窒素出納, 全粒綿実, 破碎綿実。

¹九州大学農学部飼料学教室・福岡市 812

²Laboratory of Feed Science, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812

²帯広畜産大学家畜生産科学科家畜栄養学教室・帯広市 080

²Laboratory of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080

緒 言

全粒綿実(全粒綿)は蛋白質含量とともに脂肪含量が高い飼料であり、また、種子の外側に純粹のセルロースからなるリントを付着することから、易消化性の粗繊維の供給源としても有効な飼料とされている。この点から、近年、乳牛に対する配合飼料の原料として、あるいは養分補足のための単味濃厚飼料として、その利用量が増えており、実際に全粒綿実の給与によって乳量、乳脂率および無脂固形分が増加するという報告がいくつか見られる^{1, 2, 3, 4)}。本研究では、現在、市販単味飼料として流通している全粒綿実の飼料価値を明らかにする目的で、エネルギーおよび蛋白質の出納試験を行い、とくに全粒のままと破碎して給与した場合の養分利用率を比較検討した。

材料および方法

コリデール種去勢成メン羊3頭(平均体重64kg)を用いた。メン羊は室温 $17 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ に調節した環境調節室内に収容した。実験はオーチャードガラス主体2番乾草を単味で給与したH-Basal区、乾草を基礎飼料とし、これに破碎綿実(CCS)を添加給与したH-CCS区および全粒綿実(WCS)を添加給与したH-WCS区の3給与区を設け、 3×3 のラテン方格法で行った。CCSおよびWCSの添加給与量は飼料全体の乾物給与量の20%とした。飼料は午前8時と午後8時の1口2回、全体の乾物給与量は代謝体重当たり50gとした。また、CCSの破碎は4メッシュのふるいで45.6%が通過する程度とし、不

通過部分と通過部分を混合したものである。乾草および綿実の化学組成は表1に示した。試験期は、予備期7日間、本期9日間からなり、そのうち、消化・N出納試験を5日間、フード法⁵⁾による呼吸試験を2日間、さらに第一胃内容液性状の検査を2日間行った。第一胃内容液はフィステルを通して第一胃より約100mlを給餌前と給餌後1, 3, 5時間目に採取し、分析するまで糞尿と同様に -10°C の冷凍室に保存した。供試飼料、糞の一般成分および尿中窒素は常法で測定した。熱量計測には自動ボンパカロリメータ(島津CA-3)を用いた。第一胃内容液のアンモニア態窒素は微量拡散法⁶⁾で、揮発性脂肪酸は島津GC-3BF型によるガスクロマトグラフィーで測定した。試験成績の飼料区間における差はt検定により検定した。

結 果

綿実を乾草と合わせて給与した場合の消化試験成績を表2に示した。全体として基礎飼料給与区(H-Basal区)より綿実添加給与区(H-CCS区とH-WCS区)の方が高い消化率が示され、H-CCS区とH-WCS区を比較すると、いずれの成分の消化率もH-WCS区で高い値が得られた。基礎飼料である乾草の消化率と乾草+綿実の消化率から求めた綿実単味の消化率を比較すると、乾物消化率では約10%、粗蛋白質で約4%、粗繊維で約13%、全粒綿実(WCS)の方が破碎綿実(CCS)より高い値を示した。粗脂肪の消化率は95.2と95.7%で有意な差は認められなかったものの、いずれもかなり高い消化率を持つことが分かった。

Table 1. Chemical composition of experimental feeds

	Hay	Cotton seeds
Dry matter (%)	86.6	89.9
— (% DM basis) —		
Crude protein	11.0	21.4
Crude fat	2.5	16.8
Crude fiber	32.6	31.4
NFE	46.4	25.7
ADF	40.1	51.1
NDF	63.0	72.4
Crude ash	7.5	4.7
Energy (kcal/g DM)	4.48	5.30

Table 2. Apparent digestibilities of experimental rations

	H-Basal ¹⁾	H-CCS ²⁾	H-WCS ³⁾	CCS ⁴⁾	WCS ⁵⁾
	————— (%) —————				
Dry matter	55.7	56.9	59.1	61.1	72.0
Crude protein	55.2	62.7	64.2	77.9	82.0
Crude fat	49.0	78.0	78.5	95.2	95.7
Crude fiber	60.6	60.3	62.9	59.1	71.9
ADF	53.1	54.9	56.6	60.4	67.0
NDF	58.3	53.8	56.3	38.6	49.7
NFE	55.2	53.2	55.2	39.1	55.2
Energy	53.4	56.5	58.5	66.7	74.9

- 1) Hay used as a basal feed.
- 2) Hay + cracked cotton seeds.
- 3) Hay + whole cotton seeds.
- 4) Cracked cotton seeds.
- 5) Whole cotton seeds.

Table 3 Nitrogen and energy balances of sheep fed experimental rations

	H-Basal	H-CCS	H-WCS
Nitrogen balance:			
N intake (g/day)	19.2	24.2	23.4
Fecal N (g/day)	8.6	9.0	8.4
Urinary N (g/day)	10.5	12.9	12.2
N digested (g/day)	10.6	15.2	15.0
N retained (g/day)	0.1	2.3	2.7
N retention (% of N intake)	0.5	9.3	11.2
N retention (% of N digested)	0.9	14.8	17.6
Energy balance (kcal/kg ^{0.75} /day) :			
E intake	224.1	237.2	233.2
Fecal E	104.2	102.9	96.0
Urinary E	12.2	12.6	11.1
Methane E	13.6	13.3	12.7
Heat production	110.2	109.9	107.7
E retained	-16.0	-1.6	5.0

表3は窒素出納およびエネルギー出納試験の成績である。H-WCS区はH-CCS区に比べ糞中、尿中への窒素排泄がやや低く、その結果、蓄積Nおよび蓄積Nの可消化Nに対する割合はH-WCS区の方がやや高い値を示した。エネルギー出納については糞中、尿中、メタンエネルギーおよび熱発生量はいずれもH-WCS区の方がH-CCS区より低い値を示し、エネ

ルギー蓄積量はH-WCS区がH-CCS区より有意に高くなった ($P < 0.05$)。H-Basal区については窒素蓄積率およびエネルギー蓄積量のいずれも綿実添加給与区より有意に低かった ($P < 0.05$)。

消化試験およびエネルギー出納試験の結果から計算した各飼料単味の養分含量の値は表4に示した。H-CCSおよびH-WCSを比較すると、DCPでは大

Table 4. Nutritive value of experimental feeds

	H-Basal	CCS	WCS
DCP (% DM)	6.1	16.7	17.5
TDN (% DM)	54.2	81.3	90.5
DE (Mcal/kg DM)	2.39	3.58	3.98
ME (Mcal/kg DM)	1.87	3.05	3.67
NE (Mcal/kg DM)	0.87	2.13	2.92

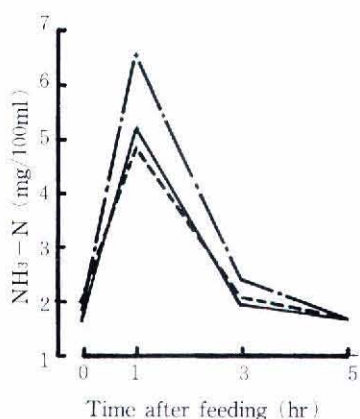


Fig. 1 Changes in rumen ammonia concentration of sheep fed different experimental rations:

H-Basal; —, H-CCS; - - - ,
H-WCS; ···· .

きな差は無かったが、熱量値においてはいずれもH-WCSが高い値を示した。

第一胃内性状については図1および図2に示すように、第一胃内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は3つの飼料給与区とも給餌後1時間目に最高値に達し、相対的にH-CCS区がやや高く推移したが他区にくらべ有意な差とはならなかった。VFAについては、総VFA濃度はH-Basal区で最も高く、つづいてH-WCS区、H-CCS区の順で低く推移した。最高値に達する時間はH-CCS区にくらべH-WCS区の方がやや遅くなった。各VFAモル比を見ると、酢酸ではH-CCS区およびH-WCS区がH-Basal区にくらべて低く、プロピオン酸ではH-WCS区が最も高く、酪酸ではH-CCS区がやや高い推移を示したが、いずれも個体間変動が大きく有意な差は見られなかった。

考 察

全粒綿実は蛋白質給源としての飼料価値とともに、エネルギー効果の高い油脂供給上の意義が大きい。飼料中へ脂肪を添加した際、エネルギー利用に関しては設定条件により相反する結果が報告されている。例えば、飼料中の脂肪含量が過度に高くなるとケトーシスが見られ、エネルギー利用に効果がなかったことが報告されている^{7, 8)}。しかし、過度の脂肪添加は飼料効率がよくなりケトーシスは観察されなかったという報告もある⁹⁾。本実験では綿実油脂にして飼料中約3.3%添加したことになるが、その結果、基礎飼料(H-Basal区)に比べ綿実添加給与(H-CCS区とH-WCS区)した場合、飼料成分の消化率(表2)、窒素の蓄積率(表3)が高く、さらにメタン産生量(表3)は低くなった。飼料成分消化率のうちでは特に粗蛋白質、粗脂肪およびエネルギーについての値が綿実添加給与区において有意に高くなった($P < 0.05$)。綿実給与にともなう粗蛋白質消化率の増加は主として綿実添加飼料のより高い粗蛋白質含量に基づくという報告がある¹⁰⁾が、粗脂肪消化率の増加については、VAN DER HONINGら¹¹⁾の報告に見られるように、一つには脂肪摂取量の増加および消化しやすい脂肪の添加によって糞中内因性脂質の割合が減少したためであろう。飼料への綿実添加量が増加すると、窒素、脂肪およびエネルギーの消化率が増加することはSMITHら¹²⁾によって報告された。一方、飼料に油脂を添加給与すると粗繊維の消化率が低下することが知られている¹³⁾が、本実験では繊維区分の消化率に給与飼料間の有意な差が見られなかった。MOODY¹⁴⁾によれば、WCSを低繊維含量の飼料に添加給与した場合はADF消化率が低下したが、高繊維含量の飼料に添加給与した場合はADF消化率の低下が見られなかったとしている。

本実験では綿実を基礎飼料に添加給与した結果、メ

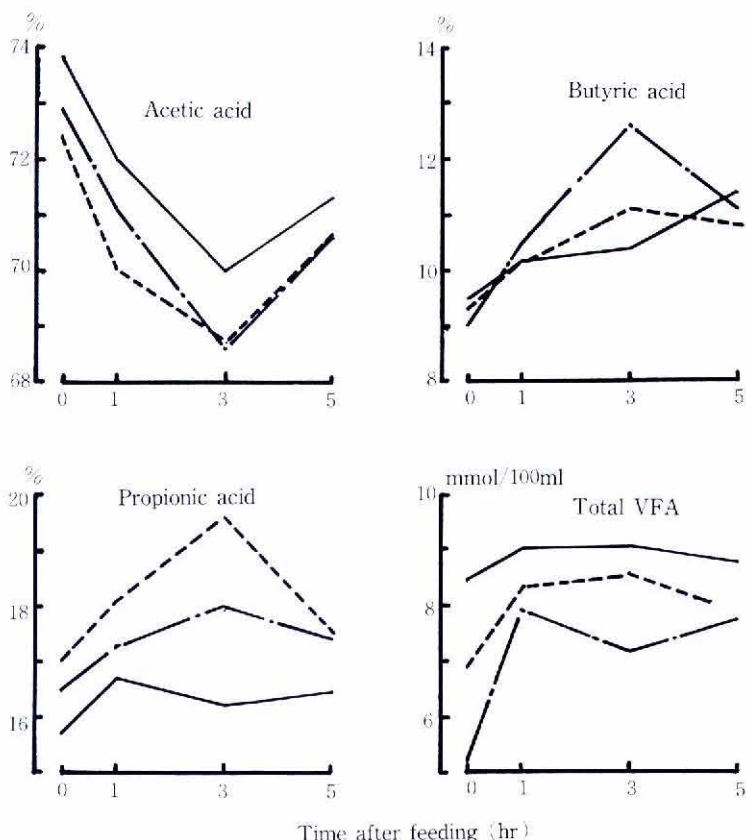


Fig. 2 Changes in molar proportions of individual VFAs and total VFA concentration in the rumen of sheep fed different experimental rations: II-Basal; —, H-CCS; - · - ·, H-WCS; · · · ·, Basal.

タン産生量が低くなる傾向が認められた。OZERKAWSKI¹⁴⁾はリノレン酸を多く含む亜麻仁油を飼料に添加給与した場合、メタン産生量が有意に低下したと報告し、この理由として、第一胃内における不飽和脂肪酸の水素添加に水素イオンが使われたためと考えている。PALMQUIST and JENKINS¹⁵⁾は第一胃において脂肪酸、特に不飽和脂肪酸がメタン産生菌およびセルロース分解菌を抑制する作用を持つと報告した。不飽和脂肪酸を多く含む綿実給与の場合も同様の可能性が考えられよう。

一方、破碎綿実の添加給与区 (H-CCS区) に比べて全粒綿実の添加給与区 (H-WCS区) の方が飼料各成分の消化率において高い値を示した。COPPOCK

ら¹⁶⁾の報告に見られるように、全粒綿実は第一胃内で層を成すため破碎綿実より容易に粗飼料と共に口腔にもどされ咀嚼されるなど、全体として消化管内滞留時間が長くなることが関与すると考えられる。

飼料中に脂肪を添加給与した場合、第一胃内で生産されるVFAの比率に及ぼす影響については研究者によって一様でない。しかしながら、一般に飼料に大豆油や綿実油などのような高度不飽和脂肪酸を多量に含有している脂肪を添加給与すると、第一胃内での発酵に変化を及ぼし、プロピオン酸およびバレイアン酸のモル比が増加し、酢酸、時には酪酸のモル比が減少する¹⁷⁾。本実験では、酪酸を除いて、綿実添加給与区 (H-WCS区およびH-CCS区) の方が基礎飼料

区 (H-Basal 区) より酢酸のモル比が低く、プロピオン酸のモル比が高い傾向を示した。DEMEYER and HENDERICKX¹⁰⁾はこの現象を次のように説明している。すなわち、第一胃に不飽和脂肪酸が存在するとメタンを生産するバクテリアに直接阻害的に作用し、メタン産生からプロピオン酸産生の方向に水素の利用形式が変化するためであろうとしている。

以上の結果から、全粒綿実はエネルギーおよび蛋白質の利用率の面からみてすぐれた飼料であり、単味サプリメントとして価値が大きいことが認められた。また、綿実を全粒のままと破碎した形で給与した場合を比較すると、破碎綿実よりむしろ全粒綿実の方が消化率、窒素蓄積率およびエネルギーの利用率が高いことが分かった。今後、蛋白質給源としての意義とともに、油脂および易利用性繊維 (リント) の給源としての価値を適正給与量との関係で明らかにする必要があると思われる。

文 献

- 1) RAMSEY, D. S. and J. T. MILES, *J. Dairy Sci.*, 36:1308-1312. 1953.
- 2) MOODY, E. G. and W. J. BARNES, *J. Dairy Sci.*, 49:719 (ABSTR.) 1966.
- 3) ANDERSON, M. J., D. C. ADAMS, R. C. LAMB and J. L. WARTERS, *J. Dairy Sci.*, 62:1098-1103. 1979.
- 4) SMITH, N. E., L. S. COLLAR, D. L. BATH, W. L. DUNKEEY and A. A. FRANKE, *J. Dairy Sci.*, 64:2209-2215. 1981
- 5) 藤田 裕・高橋潤一・松岡 榮・宗宮 学, 口畜会報, 59:123-129. 1988.
- 6) 森本 宏 (監修), 動物栄養試験法. 319. 養賢堂. 東京. 1971.
- 7) MAYES, P. A., *Biochem. J.*, 71:459-466. 1959.
- 8) KHANADE, J. M. and M. C. NATH, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 105:566-569. 1960.
- 9) KURYUJAL, M. S., J. P. BOWLAND and R. T. BERG, *Can. J. Anim. Sci.*, 42:23-32. 1962.
- 10) COPPOCK, C. E., J. W. WEST, J. R. MOYA, D. H. NAVE and J. M. LA BORE, *J. Dairy Sci.* 68:2248-2258. 1985.
- 11) VAN DER HONING, T., B. J. WIEMAN, A. STEG and B. VAN DONSELAAR, *Neth. J. Agric. Sci.*, 29:79-92. 1981.
- 12) DEVENDRA, C. and D. LEWIS, *Malaysian Agric. Res.*, 3:163-176. 1974.
- 13) MOODY, E. G., *Feedstuffs*, 50:20-21. 1978.
- 14) CZERKAWSKI, J. W., K. L. BLAXTER and F. W. WAINMAN, *Br. J. Nutr.*, 20:485-494. 1966.
- 15) PALMQUIST, D. L. and T. C. JENKINS, *J. Dairy Sci.*, 63:1-14. 1980.
- 16) COPPOCK, C. E., J. R. MOYA, J. W. WEST, D. H. NAVE, J. M. LABOKE and C. E. GATES, *J. Dairy Sci.*, 68:1198-1206. 1985.
- 17) TANAKA, K., I. NAKAJIMA and H. HAYASHI, *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 44:165-173. 1973.
- 18) DEMEYER, D. I. and H. K. HENDERICKX, *Biochim. Biophys. Acta*, 137:484. 1967.

SUMMARY

A series of energy and nitrogen balance trials, along with the determination of characteristics of fermentation in the rumen, was carried out to examine the nutritive value of whole cotton seeds using three wethers fitted with rumen fistulas. The wethers were fed on (1) hay alone as a basal diet (H-Basal), (2) hay plus whole cotton seeds (20% of DM, H-WCS) and (3) hay plus cracked cotton seeds (20% of DM, H-CCS).

The digestibility coefficients of feed component of the whole cotton seeds, except for crude fat, were significantly higher than those of cracked cotton seeds. The nitrogen retention, in terms of percentage of intake and digested N, was also greater for the H-WCS than H-CCS diet. There was a slight reduction in the methane and heat productions when animals were fed on the H-WCS diet as compared with those fed on the H-CCS diet, although the differences were not statistically significant.

On the H-WCS diet, total VFA concentration and the molar proportion of propionic acid of the rumen fluid tended to be higher

than on the H-CCS diet. The rumen ammonia levels were highest at 1 hour after feeding irrespective of the diet offered, but there was a trend for the level to be increased for animals given the H-CCS when compared with those given the H-WCS diet.

The nutrient contents of the whole cotton seeds used in this study were estimated as 17.5 and 90.5% for DCP and TDN, 3.98, 3.67 and 2.92 kcal/g for DE, ME and NE, on a dry matter basis, respectively.