

稲わらの栄養価に及ぼす解繊処理の影響

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	永西, 修 四十万谷, 吉郎
巻/号	42巻4号
掲載ページ	p. 360-363
発行年月	1997年1月

稲わらの栄養価に及ぼす解繊処理の影響

永西 修*・四十万谷吉郎**

北陸農業試験場 (945 新潟県柏崎市松波 4-7-18)

*現在 : 草地試験場 (945 新潟県柏崎市松波 4-7-18)

**現在 : 中国農業試験場 (694 島根県大田市市川合町)

Hokuriku National Agricultural Experiment Station, Kashiwazaki, Niigata, 945 Japan

* Present address : National Grassland Research Institute, Kashiwazaki, Niigata, 945 Japan

** Present address : Chugoku National Agricultural Experiment Station, Oda, Shimane, 694 Japan

受付日 : 1995 年 10 月 16 日 / 受理日 : 1996 年 10 月 16 日

Synopsis

Osamu ENISHI and Kichiro SHIJIMAYA (1997) : Effect of the Treatment of Split on the Nutritive Value of Rice (*Oryza sativa* L.) Straw. *Grassland Science* 42, 360-363.

Nutritive value, energy balance and rumen fluid characteristics in goats offered chopped (CR) or splited (SR) rice straw rations were measured. Both rice straw rations were added soybean meal in order to adjust to 12% of crude protein (CP) content. The CP and ether extract content of rice straw tended to be decreased by the treatment of split, but there were no apparent differences in other constituents between the chopped and splited rice straws. The digestibilities of organic cell wall and acid detergent fiber of SR ration tended to be higher than those of the CR ration, while the content of digestible crude protein of SR ration was significantly lower than CR ration. The gross energy intake, digestible energy intake, metabolizable energy intake and methane excretion in SR ration were significantly higher than in CR ration. There were no significant differences in heat production, energy retention and other energy measurements between CR and SR rations. In the rumen fluid characteristics, the ruminal pH value was lower and ammonia nitrogen and volatile fatty acid were higher at 4 hour after feeding than before feeding, but significant differences between CR and SR ration were not observed. It appeared that the treatment of split had an effect on feeding value of rice straw by increasing the energy intake more than by increasing the nutritive value.

Key words : Energy balance, Nutritive value, Rice straw, Rumen fluid characteristics, Split treatment.

緒 言

稲わらは構造性の炭水化物を多く含み、栄養的な価値が低いことから、セルロースの膨潤 (低結晶化)、リグニンやヘミセルロースの溶脱、繊維成分の分解を目的とした処理法 (物理的処理、化学的処理、生物的処理) が、稲わらの栄養価の改善のために効果的と考えられている³⁾。中でも物理的処理は比較的簡便であり、栄養価の改善効果が得られれば実用的

な方法となりうる可能性がある³⁾。また、粗飼料の物理的形質の変化は、粗飼料自体の構造ばかりではなく、家畜の生理機能に対しても重要な影響を与えることが知られている³⁾。菊池⁶⁾は、稲わらを縦割り (解繊) にすることで、細切の場合に生ずる金属刃が磨滅するという問題を解決でき、さらに稲わらの栄養価の改善にも効果があると報告している。このほか、蒸煮処理⁹⁾や爆砕処理¹³⁾をした稲わらの栄養価についての報告があるものの、その数は少ない。そこで、稲わらの栄養価に及ぼす解繊の効果を調べるために、消化率、エネルギー出納ならびに第一胃内容液性状について山羊を用いて検討した。

材料および方法

1. 供試飼料

供試飼料には細切稲わらと解繊稲わらに飼料中の粗蛋白質 (CP) 含量が 12% (給与飼料の 17.4%) となるように大豆粕を添加した飼料を用い、前者を CR 飼料、後者を SR 飼料とした。解繊処理は解繊機 (ヤマモト機械製作所) を用いて行い、細切稲わらはカッターで稲わらを約 3 cm の長さに切断した。なお、解繊処理とは、解繊機に付随するベルトコンベアーにより稲わらが解繊機本体の半径 37 cm のドラム内に運び込まれ、ドラム内部にあるハンマーが回転することによって、稲わらを縦状に細くほぐし、柔軟な形状とするものである。

2. 代謝試験

代謝試験に用いた家畜は日本在来種去勢山羊 8 頭 (平均体重 36.0 ± 5.6 kg) で、各飼料に 4 頭ずつを割り当て、ほぼ可消化養分総量 (TDN 維持量⁴⁾ に相当する量 (代謝体重 1 kg 当たり 44.2 g) を 1 日 1 回給与した。消化率の測定は予備期 7 日間、本試験期 7 日間の全糞採取法で行った。また、エネルギー出納は本試験期間中、山羊を解放式呼吸試験装置²⁾ に 3 日間収容して測定した。本試験期間終了後、飼料給与と前および飼料給与 4 時間目に、経口法にて第一胃内容液を採取し、分析に供試した。

3. 分析

飼料および糞の一般成分および繊維成分¹⁾を定量した。また、飼料、糞および尿のエネルギーは熱研式自動熱量計 (島

津 CA-4P) により測定した。第一胃内容液の pH はガラス電極 pH メーター、アンモニア態窒素は微量拡散法⁸⁾、揮発性脂肪酸はガスクロマトグラフ (島津 GC-12A, カラム充填剤 Thermon-1000 (5%)+H₃PO₄ (0.5%) on Chromosorb W (80-100 mesh) を用いて測定した。平均値間の有意差の検討は t-検定¹⁵⁾ によった。

結果および考察

供試した飼料の化学成分を表 1 に示した。解繊稲わらは細切稲わらに比べ、CP 含量とエーテル抽出物 (EE) 含量が低い傾向にあったが、その他の化学成分には明瞭な差は認められなかった。菊池と中嶋⁹⁾ は、稲わらに圧ぺん処理を行い、CP 含量の減少と繊維成分含量の増加を認めているが、この原因としては、圧ぺん処理時に CP 含量の高い葉部の飛散が生じることで稲わら中の CP 含量が減少し、相対的に繊維成分が増加することを指摘している。本研究においても解繊稲わらの CP 含量と EE 含量が細切稲わらより低い傾向が認められたが、解繊処理の過程で葉部の飛散が生じ、CP 含量と EE 含量が減少した可能性が考えられる。

供試した飼料の消化率と栄養価を表 2 に示した。CR 飼料に比べ、SR 飼料の乾物 (DM)、有機物 (OM)、細胞壁の有機物部分 (OCW) および酸性デタージェント繊維 (ADF) の消化率が高い傾向にあったものの有意な差ではなかった。また、栄養価では CR 飼料の可消化粗蛋白質含量が SR 飼料より有意に高かった。粗飼料の物理的処理に関するいくつかの報告がみられる。TOGAMURA ら¹³⁾ は、爆砕処理した稲わらの飼料価値を調べ、爆砕により稲わらの細胞壁構成成分含量が減少し、OM の消化率が 43% から 53% に高まるが、これは主にセルロースの消化率が改善されるためであると指摘している。寺田ら¹²⁾ は、シラカンバへの蒸煮解繊処理でリグニン含量が低下し、OM、粗繊維 (CF)、可溶性無窒素物 (NFE)、ADF 及びエネルギーの消化率は著しく向上することを示している。また、田辺と久米¹¹⁾ はバガスの飼料価値が蒸煮処理により改善されることを明らかにし、これはバガスのヘミセルロースの大部分が可溶化し、消化されやすくなったことに起因するものと推察している。これらの報告は粗飼料の消化率や栄養価の改善が物理的処理による繊維成分組成の変化に伴うものであることを示しているのに対し、菊池と中嶋⁹⁾ は、

解繊処理により稲わらの CP と CF の消化率や TDN 含量が改善されることを認め、解繊による稲わらの表面積の拡大に触れている。本研究と菊池と中嶋⁹⁾ の研究で用いた解繊機が異なることから、稲わらの解繊の程度が異なっている可能性はあるものの、統計的に有意な差ではないが、解繊処理により稲わらの OCW や ADF の消化率がわずかに高かった理由として考えられることは、解繊により稲わらが縦状に細くほぐれ、消化作用を受ける表面積が拡大したためであると推察された。

供試した飼料による山羊のエネルギー出納を表 3 に示した。給与飼料の残食は CR 飼料で 4 頭に、SR 飼料で 2 頭に認められ、代謝体重 1 kg 当たりの飼料摂取量は CR 飼料で 39.1 g, SR 飼料で 43.6 g となり、この結果、SR 飼料は CR 飼料より摂取エネルギー量が有意に多かった。さらに、代謝体重 1 kg 当たりの可消化エネルギー摂取量は CR 飼料が 369.9 KJ, SR 飼料が 417.2 KJ, 代謝エネルギー摂取量は CR 飼料

Table 2. Digestibility and nutritive values of CR and SR rations in goats.

	CR ¹⁾	SR ¹⁾	Significance ²⁾
Digestibility (%)			
Dry matter	51.6	53.0	NS
Organic matter	57.6	58.3	NS
Crude protein	76.3	74.4	NS
Ether extract	56.1	54.9	NS
Organic cell wall	46.6	49.2	NS
Acid detergent fiber	51.6	55.0	NS
Energy	56.0	56.7	NS
Nutritive values			
Total digestible nutrient ³⁾	51.0	51.0	NS
Digestible crude protein ³⁾	10.3	9.1	*
Digestible energy ⁴⁾	9.5	9.5	NS
Metabolizable energy ⁴⁾	7.9	7.9	NS

The mean values of the CR ration and SR rations were estimated using four goats.

¹⁾ See footnote to Tabl 1.

²⁾ NS : No significant difference, * : P < 0.05.

³⁾ It is calculated on the basis of DM(%).

⁴⁾ It is expressed as MJ/DM kg.

Table 1. Chemical composition of the basal rations¹⁾.

	C	S	SBM	CR	SR
Dry matter (%)	87.2	87.9	87.6	87.3	87.8
Organic matter (DM%)	83.5	83.4	93.4	85.2	85.2
Crude protein (DM%)	4.5	3.7	51.2	12.7	12.0
Ether extract (DM%)	2.2	1.6	3.7	2.4	2.0
Organic cell wall(DM%)	70.0	71.6	22.1	61.6	63.0
Acid detergent fiber (DM%)	42.8	44.5	9.8	37.0	38.5
Gross energy(MJ/DM kg)	16.1	15.1	20.3	16.9	16.8

¹⁾ C : Chopped rice straw, S : Splited rice straw, SBM : Soybean meal, CR : CR ration (chopped rice straw 82.6% : soybean meal 17.4%), SR : SR ration (splited rice straw 82.7% : soybean meal 17.3%).

Table 3. Energy balance in goats offered CR and SR rations.

	CR ¹⁾	SR ¹⁾	Significance ²⁾
	KJ/BW ^{0.75} kg		
Energy intake	661.1	736.1	*
Energy excretion			
In feces	291.2 (44.0) ³⁾	318.9 (43.3)	NS
In urine	32.0 (4.8)	32.1 (4.4)	NS
Methane	31.6 (4.8)	38.8 (5.3)	**
Heat production	372.9 (56.4)	408.0 (55.4)	NS
Energy retention	-66.7 (-10.1)	-61.7 (- 8.4)	NS
Digestible energy intake	369.9	417.2	*
Metabolizable energy intake	306.3	346.3	*

The mean values of the CR ration and SR rations were estimated using four goats.

¹⁾ See footnote to Table 1.

²⁾ NS : No significant difference, * : P < 0.05, ** : P < 0.01.

³⁾ Percentage (%) to energy intake.

Table 4. Ruminal pH, ammonia nitrogen and volatile fatty acid concentrations before feeding and 4 hours after feeding.

	Time ¹⁾ (h)	CR ²⁾	SR ²⁾
pH	0	7.31	7.21
	4	7.08	6.99
NH ₃ -N ³⁾ (mg/100 ml)	0	10.3	9.8
	4	12.8	12.3
Volatile fatty Acids ⁴⁾ (mmol/100 ml)			
Acetic	0	5.48	5.35
	4	8.45	8.38
Propionic	0	1.18	1.07
	4	2.68	2.61
Butyric	0	0.55	0.53
	4	0.90	0.92
Total	0	7.44	7.18
	4	12.54	12.36

The mean values of the CR ration and SR rations were estimated using four goats.

There was no significant difference between CR and SR rations.

¹⁾ 0 : before feeding, 4 : 4 hours after feeding.

²⁾ See footnote to Table 1.

が 306.3 KJ, SR 飼料が 346.3 KJ であり, エネルギー摂取面から解繊処理は効果があると考えられた。また, 排出メタンのエネルギー量も SR 飼料が CR 飼料より有意に多かったものの, 糞中のエネルギー量, 熱発生量とも飼料間に有意な差は認められなかった。摂取エネルギーに占める割合で見ると, SR 飼料, CR 飼料とも糞中のエネルギー量, 尿中のエネルギー, 排出メタンのエネルギー量, 熱発生量および蓄積するエネルギーに明瞭な差は認められなかった。SR 飼料は

CR 飼料より排出メタンのエネルギー量が有意に多かったが, メタンの発生量は乾物摂取量でほぼ推定できると報告されており¹⁰⁾, SR 飼料の摂取量が CR 飼料よりも多かったことが排出メタンのエネルギー量が多くなった一因であると思われる。また, 糞中のエネルギー量, 熱発生量も SR 飼料が CR 飼料より多い傾向にあったが, 供試した山羊の個体間の変動が大きかったために, 有意な差とはならなかった。

供試した飼料による山羊の第一胃内容液性状を表 4 に示した。第一胃内容液性状では SR 飼料, CR 飼料とも飼料給与開始前に比べ, 飼料給与 4 時間目で pH の低下, アンモニア態窒素と揮発性脂肪酸濃度の増加が認められたものの, 飼料間には有意な差は認められなかった。粗飼料の物理的性状は第一胃内容液の揮発性脂肪酸産生比率や緩衝能などに影響を与える⁷⁾とされているが, 解繊処理をした場合についての報告は見あたらない。たとえば, 粗飼料を粉碎した場合には第一胃内容液の pH の低下や揮発性脂肪酸の産生速度が高まる⁷⁾, 細切したわらでは第一胃内容液性状には変化は認められず¹⁴⁾, 粗飼料の物理的性状の違いにより第一胃内容液性状への影響は異なることが示されている。従って, 本研究での pH, 揮発性脂肪酸濃度およびその組成の結果から, 稲わらへの解繊処理は第一胃内発酵にはほとんど影響を及ぼさないものと推察された。

本研究で供試した解繊稲わらは, 縦状に細くほぐれ, 柔軟な形状を示していた。解繊稲わらでは細切稲わらより, DM, OM, OCW および ADF の消化率が統計的には有意ではないが, それぞれ数%上昇したものの, TDN, 可消化エネルギーおよび代謝エネルギーの上昇は認められなかった。しかし, 解繊稲わらの採食量は細切稲わらより多く, エネルギーの摂取量から検討した場合, 効果があると考えられた。粗飼料の物理的処理は化学処理と組み合わせて行われることも多いことや解繊処理は稲わらの表面積の拡大をもたらすことが想定

されることから⁶⁾、今後、解繊処理と化学処理の組合せによる栄養価への影響について、さらに明らかにする必要があると考えられる。

謝 辞

本研究を遂行に当たり、飼料や糞の分析にご協力いただきました当時須田宏技官に感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1) 阿部 亮 (1988) 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用. 畜産試験場研究資料 2, 1-75.
- 2) 永西 修・四十万谷吉郎 (1992) セスバニア (*Sesbania cannabina* PERS.) サイレージの化学成分と栄養価. 日草誌 38, 338-340.
- 3) 伊藤 宏 (1983) 低質粗飼料の利用性向上に関する最近の研究. 日畜会報 54, 487-496.
- 4) 伊藤 稔・針生程吉・田野良衛・岩崎和雄 (1978) 日本在来種去勢山羊の維持におけるエネルギーおよび粗蛋白質要求量. 畜試研報 33, 41-50.
- 5) 菊池修二・中嶋芳也 (1974) イナワラの圧べん調製飼料とその給与法. 畜産の研究 28, 536-540.
- 6) 菊池修二 (1981) 稲わら飼料化の研究. 日畜東北支部会報 30, 100-112.
- 7) MOORE, L. A. (1964) Symposium on forage utilization: Nutritive value of forage as affected by physical form. Part I. General principles involved with ruminants and effect of feeding pelleted or wafered forage to dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 23, 230-238.
- 8) 森本 宏 (1971) 動物栄養試験法. 養賢堂. 東京. pp. 321-322.
- 9) 岡本全弘・阿部英則 (1989) 稲わらのアンモニア処理, 蒸煮およびこれらの複合処理がめん羊の自由採食量と消化率に及ぼす影響. 日畜会報 60, 1117-1121.
- 10) SHIBATA, M., F. TERADA, T. NISHIDA and K. IWASAKI (1993) Methane production in ruminants. *Anim. Sci. Technol. (Jpn)*

64, 790-796.

- 11) 田辺 忍・久米新一 (1994) 蒸煮処理バガスの飼料価値. 畜試研報 54, 29-33.
- 12) 寺田文典・堀井 聡・滝川明宏・田野良衛・岩崎和雄・亀岡喧一・長沢定男・須藤賢一・松田敏誉・志水一允・棚橋光彦・樋口隆昌 (1986) 蒸煮解繊あるいは爆砕処理したシラカンバの山羊による消化率と栄養価. 畜試研報 44, 55-58.
- 13) THOMAS, D. B. and C. E. HINKS (1982) The effect of changing the physical form of roughage on the performance of the early-weaned calf. *Anim. Prod.* 35, 375-384.
- 14) TOGAMURA, Y., A. MIYAZAKI and R. KAWASHIMA (1987) Nutritive value of exploded rice straw for sheep. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 58, 505-510.
- 15) 吉田 実 (1992) 畜産を中心とする実験計画法. 養賢堂. 東京. pp. 68-86.

要 旨

永西 修・四十万谷吉郎 (1997) : 稲わらの栄養価に及ぼす解繊処理の影響. *Grassland Science* 42, 360-363.

細切稲わら飼料 (CR 飼料) と解繊稲わら飼料 (SR 飼料) を日本在来種去勢山羊に給与し、解繊処理による稲わらの栄養価改善効果を調べた。SR 飼料は CR 飼料より可消化の乾物、有機物、細胞壁有機物部分および酸性デタージェント繊維含量が高い傾向にあったものの有意な差ではなかった。また、CR 飼料の可消化粗蛋白質含量が SR 飼料より有意に高かった。SR 飼料は CR 飼料に比べ、給与飼料の摂取量が多く、その結果、摂取されるエネルギー量も有意に多かった。第一胃内容液性状では SR 飼料と CR 飼料に明瞭な差は認められなかった。

以上のことから、解繊処理による稲わらの栄養価の改善は明らかでなかったものの、エネルギー摂取量を高める点では効果的であると考えられた。

キーワード：稲わら、栄養価、エネルギー出納、解繊、第一胃内容液性状。