

稲発酵粗飼料と製造粕類を含む発酵 TMR の定量給与が泌乳牛の乳生産に及ぼす影響

太田 剛*・梅田剛利¹⁾・北崎宏平・馬場武志

現物あたり30%の稲発酵粗飼料（イネWCS）と製造粕類を含む発酵TMRを調製し、泌乳牛 6頭による給与試験を実施した。試験区はイネWCS 6kgを含む発酵TMR20kgに流通乾草と市販配合飼料を加えて給与した。対照区は流通乾草と市販配合飼料のみを給与した。その結果、乾物摂取量は試験区でやや少なかったが、飼料の消化率は試験区で高かったため、TDN含量が高くなり、TDN摂取量では差がなかった。4%脂肪補正乳量は両区の間には差は無く、乳脂肪率は試験区で高いが、それ以外の乳成分に差はなかった。試験牛は両区とも第一胃内容液、血液性状のどちらも正常で、体重減少も見られなかった。

以上のことから、1日1頭当たり6kgのイネWCSと製造粕類を含む発酵TMRは、泌乳牛の給与飼料のうち、流通乾草と市販配合飼料の4～6割程度と代替して利用することが十分可能であった。

[キーワード：稲発酵粗飼料，製造粕類，発酵 TMR，乳生産，泌乳牛]

Effects of the Provision of a Fixed Quantity of Fermented TMR Including Whole Crop Rice Silage and Food Processing By-products on the Production of Milk by Cows. OHTA Takeshi, Taketoshi UMEMA, Kouhei KITAZAKI and Takeshi BABA, (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka, 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 1: 33-37(2015)

An experiment was conducted in which fermented TMR including 30% (actual-matter-based) whole crop rice silage (WCS) and food processing by-products was prepared, and six cows were provided with it. Twenty kilograms of fermented TMR including 6 kg of WCS mixed with widely distributed hay and commercially available mixed feed were provided for cows in the experimental group. Control group cows were provided with only hay and mixed feed. Dry matter intake in the experimental group was slightly smaller. However, since feed digestibility in the experimental group was high, which increased the TDN, there was no difference in the total intake of digestible nutrients between the two groups. There was no difference in the production of 4.0%-fat-corrected milk between the two groups, and the milk fat rate was higher in the experimental group. No significant differences were noted in other milk constituents. The rumen fluid and blood properties of experimental animals in both groups were normal, and there was no weight loss. The results suggest that fermented TMR including 6kg of WCS and food processing by-products can replace approximately 40 to 60% of the daily amount of the widely distributed hay and commercially available mixed feed provided for a cow.

[Key words: whole crop rice silage, food processing by-products, fermented total mixed rations, production of milk, cows]

緒言

現在の酪農家では飼料原料の多くを輸入に依存しているが、近年は輸入飼料価格の高騰が経営を圧迫している。特に、自給飼料基盤を持たずに、購入飼料に依存した経営を行っている場合にはその影響は非常に大きい。

一方、福岡県では稲発酵粗飼料用稲（飼料イネ）の栽培面積が年々増加しており、平成25年には1,050haとなり、青刈り用飼料作物の全栽培面積3,031haの3分の1以上を占めるまでになっている（農林水産省 2014）。この飼料イネの多くは、酪農家ではなく耕種農家が栽培しているため、収穫された飼料イネはラップサイレージの形態で稲発酵粗飼料（イネWCS）に調製されて地域内で流通し、酪農家にとって安価で利用できる重要な粗飼料となっている。

また、安価で利用できる飼料としては製造粕類もあるが、高水分で保存性の悪いものが多いため、有効に利用するには、保存性の高い発酵TMRに混合する方法が適し

ている。

これらのことから、県内に増えてきたイネWCSに製造粕類等を加えて発酵TMRに調製して流通すれば、購入飼料に依存している酪農家においては、飼料コストの低減につながる。

しかし、飼料イネの粗は消化されずに糞中へ排泄され、給与した栄養成分が実際には消化吸収されずに乳牛にとって栄養不足になりやすいことや、飼料イネの繊維成分は消化性が低く、第一胃内での滞留により採食量低下を招くなどの問題点が指摘されている（新出 2010, 高橋ら 2007, 山本ら 2005）。

そこで、イネWCSと製造粕類を含む発酵TMRを調製し、購入飼料に依存している酪農家において、流通乾草と市販配合飼料の代替として利用することを目的に、イネWCSの給与量を一定量に制限してホルスタイン種泌乳牛に給与した時の乳生産性について検討した。

*連絡責任者（畜産部：oota-t2810@pref.fukuoka.lg.jp）

1) 現 資源活用研究センターバイオマス部

材料および方法

1 供試牛および飼養管理

供試牛は当場で飼養しているホルスタイン種の2産泌乳牛4頭と初産泌乳牛2頭の計6頭を用いた。試験開始時の平均体重±標準偏差は682±38kgで、平均分娩後日数±標準偏差は219±82日であった。

イネWCSと製造粕類を含む発酵TMRに流通乾草と市販配合飼料を加えて給与する試験区、流通乾草と市販配合飼料のみを給与する対照区の2区を設定した。試験牛はそれぞれの区に2産の泌乳牛2頭と初産の泌乳牛1頭の計3頭ずつを配置した。試験は1期21日間(馴致期7日間、予備期9日間、本試験期5日間)で行い、2期目には処理を反転するクロスオーバー法で実施した。

飼養形態はフリーストール方式、個体給餌はドアフィード飼槽により実施した。飼料給与は9:15と17:45の1日2回に分けて行い、ビタミン添加剤50gとミネラル調整剤150gは1日1回17:45に給与し、飲水および舐塩は自由とした。搾乳はミルクングパーラーで8:45と17:15からの1日2回行った。

なお、試験中の動物に対する取り扱い「産業動物の飼養および保管に関する基準」(総理府告示1987年10月)に従った。

2 試験用飼料の調製と給与方法

イネWCSは県内の生産者が飼料イネ「タチアオバ」を乳熟期から黄熟期に収穫し、ラップサイレージに調製したものを使用した。

試験区用のイネWCS入り発酵TMRは、イネWCSの割合を現物あたり30%となるようにして、オーツヘイ、アルファルファヘイキューブ、圧ぺんトウモロコシ、大豆粕、綿実、ビール粕、大麦焼酎粕、醤油粕、なたね粕、コーングルテンフィード、糖蜜を混合して、TDN69.0%、粗蛋白質12.9%、NDF43.3%に調製した。発酵TMRは飼料工場において、混合した原料をトランスバックに詰めこみ後密封して、30日程度発酵させてから試験に供した。

試験区はイネWCSを1日1頭当たり6kgに制限するため、イネWCS入り発酵TMRを1日1頭当たり20kgずつ給与した。

対照区用のTMRは、試験区用発酵TMRの成分値に合わせてTDN70.0%、粗蛋白質13.3%、NDF43.7%となるように市販の流通乾草(スーダングラス、オーツヘイ)7.6kgに市販配合飼料6.4kgの割合で混合し、イネWCS入り発酵TMR20kgのTDN量に相当する量として、1日1頭当たり14kgを給与した。

さらに、試験区、対照区とも、各試験牛ごとにTDN要求量の110%となるように、オーツヘイ、アルファルファヘイキューブ、市販配合飼料を追加給与した。その時の乾物は要求量の107~116%、粗蛋白質は要求量の113~122%であった。

飼料設計は日本標準飼料成分表(農業・食品産業技術総合研究機構2010)の成分値を用い、飼料の要求量は日

本飼養標準・乳牛(農業・食品産業技術総合研究機構2007)に基づいて計算した。

3 調査方法およびサンプル採取方法

飼料摂取量は16:00に残飼を回収して計量し、給与量から差し引いて計算した。残飼の分析用サンプルは本試験期間中最後の3日間採取し、60℃で48時間通風乾燥した。乾燥した3日分の残飼サンプルは各日の残飼量の割合で混合して当該試験期のサンプルとした。

乳量は1日2回、8:45と17:15から実施した搾乳時に測定し、体重は1日2回搾乳直後に測定した。分析用乳サンプルの採取は本試験期間中最後の3日間行い、採血は試験最終日の10:00に尾根部静脈から行った。第一胃内容液は試験最終日の13:00に経口カテーテルにより採取した。

糞サンプルは本試験期間中最後の3日間の10:00と18:00に直腸刺激によって排出されたものを60℃で48時間通風乾燥した。乾燥した糞サンプルは3日分を等量で混合して当該試験期のサンプルとした。

飼料の消化率は飼料と糞のリグニンを指示物質とする方法により求めた(自給飼料利用研究会2009)。

4 分析方法

発酵TMRの発酵品質は、試験開始時に採取したサンプルの抽出液を用いて、pHをガラス電極pHメーターで測定し、有機酸組成は高速液体クロマトグラフィを用いたBTBポストラベル法、揮発性塩基態窒素(VBN)含量は水蒸気蒸留法で測定した(自給飼料利用研究会2009)。

牛乳の乳脂肪、乳蛋白質、乳糖、無脂固形分、乳中尿素体窒素および体細胞数はMILKO-SCAN FT6000UWF(Foss Electric, Hillerød Denmark)を用いて測定した。

乾燥粉砕した飼料と残飼および糞のサンプルは乾物、粗灰分、粗蛋白質、粗脂肪、中性デタージェント繊維(aNDFom)を常法により測定した(自給飼料利用研究会2009)。

また、飼料と糞のリグニンは酸性デタージェント液による処理時間を6時間とした改良型酸性デタージェントリグニン(改良型ADL)を測定した(竹澤ら1992)。非繊維性炭水化物(NFC)含量は乾物含量から粗灰分、粗脂肪、粗蛋白質およびaNDFom含量を差し引くことにより算出した。

第一胃内容液は採取後ただちにpHを測定し、メチルグリーン・ホルマリン溶液を加えて原虫の計数に供した(小野寺2001)。また、遠心分離(3,000rpm, 20分, 4℃)した上清を用いて揮発性脂肪酸(VFA)を高速液体クロマトグラフィを用いたBTBポストラベル法で定量し、アンモニア態窒素を水蒸気蒸留法で定量した(全国農業共済協会2005)。

血液はヘマトクリット値と白血球数および赤血球数を多項目自動血球計数装置(Sysmex KX-21NV, シスメックス, 神戸)を用いて測定した。さらに、血漿中の総蛋白質、血糖、尿素態窒素、総コレステロールおよびゲルタミック・オキザロアセティック・トランスアミナーゼ

(GOT) を血液化学自動分析機 (スポットケムSP-4410, 第一科学, 京都) により測定した。

試験で得られた測定値は, 時期の効果をブロック因子, 飼料の効果を処理因子としたクロスオーバー分散分析により解析した。

結果および考察

1 イネWCSを含む発酵TMRの発酵品質

試験区用に調製したイネWCSと製造粕類を含む発酵TMRの発酵品質を第1表に示した。乳酸含量4.27%, pH4.0と十分に乳酸発酵しており, 不良発酵の指標である酪酸は検出されなかった。また, VBN/TNは2.5%と低く, Vスコアは95点と高得点であった。

サイレージの発酵品質について, McDonald評価法ではVBN/TNが12.5%以下で最も品質の良いものに分類され, Vスコア評価では80点以上で最も品質の良いものに分類される(自給飼料利用研究会2009)。今回の発酵TMRはトランスパックに詰め込んで密封し1カ月程度の貯蔵後に開封して使用したが, 開封時の発酵品質についてはどちらの評価においても良好なものであった。また, 飼槽内においても試験期間を通じてカビの発生や変敗などは見られなかった。

2 飼料成分と消化率

試験に用いた給与飼料の成分分析値を第2表に示した。

設計時に用いた飼料成分表の数値と比べ, スーダングラスの粗蛋白質が低く, 発酵TMR, アルファルファヘイキューブ, スーダングラスのNDFは高い値となった。その他はおおむね設計時の数値と同程度であった。

今回の試験は, 試験区用発酵TMR又は対照区用TMRの上に乾草と市販配合飼料を追加給与する方法で行った。そのため, 試験牛によっては残飼が発生し, 給与した飼料の成分がそのまま摂取されたわけではなく, 各試験牛ごとに摂取した飼料成分は異なる。そこで, 給与した飼料と残飼の量及び成分値から摂取飼料の量と成分を算出し, 第3表に示した。試験区の牛が摂取した飼料の成分値は, 粗蛋白質15.8%, NDF39.9%, 粗脂肪3.6%で対照区に対してやや高く, NFCは34.6%でやや低かった。

第1表 イネWCSと製造粕類を含む発酵TMRの発酵品質

pH	乳酸 FM%	酢酸+プロピオン酸 FM%	酪酸 FM%	VBN/TN %	Vスコア 点
4.0	4.27	0.83	ND	2.5	95

第2表 給与した飼料の成分値

飼料名	乾物 %	有機物 DM%	粗蛋白質 DM%	NDF DM%	粗脂肪 DM%	NFC DM%
発酵TMR	58.3	93.6	13.9	49.4	4.3	26.0
対照区TMR	90.9	94.7	12.5	45.0	2.5	34.7
市販配合飼料	89.1	94.0	21.6	20.2	3.4	48.8
ヘイキューブ	90.6	85.8	16.2	44.1	2.9	22.6
スーダングラス	91.1	92.4	5.4	73.1	1.6	12.3
オーツヘイ	91.0	95.7	5.8	61.0	1.2	27.7

摂取した飼料の推定消化率を第4表に示した。乾物, 有機物, 粗蛋白質の消化率は, 両区ともほぼ同程度で, NFCの消化率は1.4ポイント差と小さいものの, 試験区で有意に低かった。NDFの消化率は試験区が43.9%で, 対照区に対し6.7ポイント有意に高くなった。これらの消化率から算出した摂取飼料中のTDN含量は試験区が65.2%で, 対照区の62.9%に対し高くなった。

試験区と対照区の飼料構成をみると対照区のNDFの多くはスーダングラスとオーツヘイ由来であるが, 消化率が対照区で低くなったのは試験区では使用していないスーダングラスのNDF消化率が低かったのではないかと推察された。逆にNFC消化率が試験区で低かったのは, 飼料イネ由来のNFCの多くは不消化の粒に覆われていることから消化率が低下したものと考えられた。

第3表 摂取した飼料の成分値

区	有機物 DM%	粗蛋白質 DM%	NDF DM%	粗脂肪 DM%	NFC DM%
試験区	93.9	15.8	39.9	3.6	34.6
対照区	94.5	15.1	37.9	2.7	38.8

第4表 摂取した飼料の推定消化率とTDN含量

区	摂取飼料 TDN %	推定消化率				
		乾物 %	有機物 %	粗蛋白質 %	NFC %	NDF %
試験区	65.2	63.7	65.8	63.7	89.5*	43.9**
対照区	62.9	62.3	64.2	62.3	90.9	37.2

1) **: P < 0.01, * : P < 0.05

3 飼料摂取量

飼料の乾物摂取量, TDN摂取量を第5表に示した。試験区の乾物摂取量は23.4kgで, 対照区の25.1kgに対し1.7kg有意に低かった。

乾物摂取量は飼料中のNDF含量が高いほど低くなる(農業・食品産業技術総合研究機構編2007)ことが知られており, 試験区で乾物摂取量が低くなったのは, 摂取した飼料のNDF含量が高かったことが影響したと考えられる。また, 摂取したNDF量を計算すると試験区9.3kgに対し, 対照区9.5kgとほぼ同程度であり, 摂取の限界量だったと推察された。

一方, 摂取飼料の消化率は全体的に試験区の方が高く, その結果TDN含量も高くなったため, TDN摂取量では両区に差は見られなかった。イネWCSを給与する場合, 不消化粒が糞中に排泄されることや繊維の消化性が低く, 乾物摂取量が低下しやすいなどの問題点もある(新出2010, 高橋ら2007, 山本ら2005)。

しかし, 今回の試験では, イネWCSの給与量を1日1頭当たり6kgに制限しているため, イネWCSの消化性が低くても発酵TMRに使用したほかの原料の消化性が補って, 摂取飼料全体では試験区の方が消化率が高くなったと推察された。その結果, 乾物摂取量はやや低下したものの, TDN摂取量では両区に差は見られなかったと考えられた。

第5表 飼料摂取量

区	摂取量	
	乾物 kg	TDN kg
試験区	23.4	15.2
対照区	25.1*	15.7

1) *: P < 0.05

4 乳量及び乳成分

乳量及び乳成分を第6表に示した。乳量は試験区30.0 kg/日に対し、対照区30.8kg/日で対照区の方が高かった。逆に、乳脂肪率は試験区4.29%に対し、対照区4.02%で試験区の方が高かった。このため、4%脂肪補正乳量は両区に差は見られなかった。また、乳脂肪以外の乳成分である乳蛋白質、乳糖、無脂固形分、乳中尿素態窒素(MUN)は両区に差は見られなかった。

乳脂肪率は飼料中のNDFと深く関わりのある成分であるが、試験区の方がNDF含量は高く、その消化率も高い。さらに、飼料中の脂肪含量も高かったことが試験区の乳脂肪率を高めたと考えられる。

5 血液、第一胃内容液、体重変動

試験終了時の血液性状を第7表に示した。試験区、対照区ともに検査したいずれの成分値も正常値の範囲内であり(畜産技術協会2005, 全国家畜産物衛生指導協会

1999), 両区の値に差は認められなかった。

試験終了時の第一胃内容液の性状について第8表に示した。試験区、対照区ともにpH, 総酸含量, 酢酸/プロピオン酸比, 原虫数のいずれの値も正常値の範囲内であり(全国農業共済協会2005), 両区に差は見られなかった。しかし、アンモニア態窒素量は両区ともに正常値の範囲内にあるものの、試験区は対照区に対し有意に高い値を示した。

第一胃内でアンモニア態窒素濃度が上昇するのは、窒素源である分解性蛋白質が過剰な場合や微生物蛋白質の再合成に必要なエネルギーが不足した場合に起こる(松本2004)。今回の試験では、摂取した飼料中の粗蛋白質含量は試験区の方がやや高く、アンモニア態窒素を第一胃内微生物が利用する時に必要なNFC量は試験区の方がやや低かったことが影響したと推察される。

試験期間中の体重推移について第9表に示した。試験開始時と試験終了時の体重差は試験区2kg, 対照区3kgであり、680kgを超える体重に対しては両区ともほぼ変動がなかったとみることができる。

両区とも体重変動がなかったことは摂取したエネルギーと利用したエネルギーのバランスがとれていたことを示しており、このことは、TDN摂取量と4%脂肪補正乳量(FCM)に両区とも差がなかったこととも一致している。

第6表 乳量及び乳成分

区	乳量 kg/日	4%FCM kg/日	乳脂肪 %	乳蛋白 %	乳糖 %	無脂固形分 %	MUN Mg/dl	体細胞 万/ml
試験区	30.0	31.3	4.29*	3.62	4.42	9.05	11.5	7.5
対照区	30.8*	30.9	4.02	3.61	4.44	9.05	11.4	7.3

1) *: P < 0.05

第7表 血液性状

区	白血球 ×10 ² /μL	赤血球 ×10 ⁴ /μL	ヘマトクリット値 %	BUN mg/dl	血糖 mg/dl	GOT IU/L	総コレステロール Mg/dl	総蛋白質 g/dl
試験区	110	608	29.7	12.2	55.2	51.0	175.7	7.1
対照区	104	609	30.1	12.3	56.8	60.7	179.3	6.8

第8表 第一胃内容液性状

区	pH	総酸 mM/dl	A/P比	アンモニア態N mg/dl	原虫数 10 ⁴ 個/ml
試験区	6.6	11.1	3.3	10.8**	25.5
対照区	6.5	10.2	3.1	7.8	22.2

1) **: P < 0.01

第9表 体重の推移

区	開始時 kg	終了時 kg	増減 kg
試験区	682	684	2
対照区	691	694	3

総合考察

これまでに、イネWCSの給与で泌乳初期牛の乳生産に影響はないが、体重減少が大きくなる(須藤ら2006)ことや、

泌乳最盛期において乳量、無脂固形分が低下した(山本ら2005)等の報告もあるが、これらの試験に比べ、今回のイネWCSの給与量は非常に少ない。稲発酵粗飼料生産給与マニュアル(日本草地畜産種子協会2012)では、イネWCSの

給与量として、泌乳初期牛の乳量30~40kg及び40kg以上ではそれぞれ 6~ 8kg, 3~ 6kg程度、泌乳中後期牛の乳量35kg以上は 6~ 8kgが実用的であるとしている。

今回の試験では、酪農家が給与する場合の作業性を考え、発酵TMRの給与を一律20kgとし、これに含まれるイネWCSの量を実用的な水準と考えられる 1日 1頭当たり6kgに制限する形とした。このことは、試験用飼料の調製方法に示したとおり、泌乳牛の飼料のうち購入乾草 7.6kgと配合飼料 6.4kgをイネWCSと製造粕類を含む発酵TMRで置き換えたことになり、これに個体毎の泌乳量の多少に応じて乾草と市販配合飼料を追加給与した。結果として、置き換えた部分は全給与量の42~61%に相当した。

この置き換えによる飼料価格差は、当形態の発酵TMRが実際に製造・流通されていない現時点では明確ではないが、筆者らの試験時の試算では 1日 1頭当たり50~80円程度は縮減できる設計となっている。

今回、この試験飼料を給与した泌乳牛の 1日当たり乳量は23~40kg程度の範囲であったが、いずれの試験牛も血液や第一胃内容液は正常で、乳量低下や乳成分の違いも認められなかった。

また、試験区の方が飼料の消化性は高く、TDN摂取量に差が見られずに、体重の変動もなかったことから、流通乾草と市販配合飼料を給与する体系において、飼料の 4~ 6割程度をイネWCSと製造粕類を含む発酵TMRで代替することが十分可能であることが示唆された。

謝 辞

本研究に際し、試験用の飼料を提供していただいた、ふくおか県酪農業協同組合に深謝いたします。

引用文献

自給飼料利用研究会編 (2009) 三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会, 東京, p. 6-21, 64-68, 74-77, 79-80.
 松本光人 (2004) タンパク質の分解と微生物タンパク質の合成. 新ルーメンの世界 (小野寺良次監修. 板橋久雄編). 農文協, 東京, p. 271-279.

日本草地畜産種子協会 (2012) 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル. 日本草地畜産種子協会, 東京, p. 97-102
 農業・食品産業技術総合研究機構編 (2007) 日本飼養標準・乳牛 (2006年版). 中央畜産会, 東京, p. 4-32, 83-91.
 農業・食品産業技術総合研究機構編 (2010) 日本標準飼料成分表(2009年版). 中央畜産会, 東京, p. 26-103.
 農林水産省 (2014) 平成25年耕地及び作付面積統計(2014年6月3日閲覧) <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001118102>
 小野寺良次 (2001) ルーメン機能解析法. 新編動物栄養試験法(石橋晃監修). 養賢堂, 東京, p. 407-416.
 新出昭吾 (2010) 乳牛における飼料イネWCS給与と課題. 日草誌55:365-372.
 須藤慶子・都丸友久・黒沢 功・長坂輝義 (2006) 泌乳初期における稲発酵粗飼料のTMR給与が乳生産に及ぼす影響. 群馬畜試研報13: 8-12.
 高橋 強・前原麻奈美・張延利・本林隆・石井泰博・神田修平・板橋久雄 (2007) 稲発酵粗飼料の給与が乳牛の乳生産, ルーメン発酵, 血液性状および採食行動に及ぼす影響. 日畜会報78: 45-55.
 竹澤武春・滝沢静雄・宮重俊一 (1992) リグニンを指示物質とした消化率測定法の検討-改良型ADLの回収率-. 西日本畜産学会報35: 26-31.
 畜産技術協会 (2005) 血液検査. 家畜衛生マニュアル改訂増補版. 畜産技術協会, 東京, p.109-117
 山本泰也・水谷将也・乾 清人・浦川修司・平岡啓司・後藤正和 (2005) 乳牛におけるイネホールクロップサイレージを用いた混合飼料の飼料特性. 日草誌51:40-47.
 全国家畜畜産物衛生指導協会 (1999) 代謝プロファイルテスト. 生産獣医療システム乳牛編 2. 農山漁村文化協会, 東京, p. 157-158.
 全国農業共済協会 (2005) 第一胃内容液検査. 家畜共済における臨床病理検査要領. 平成17年改訂. 全国農業共済協会, 東京, p. 243-264.