

自給飼料多給による乳牛飼養管理技術に関する研究 飼料用米代替発酵TMR給与の効果

中井 文徳・澤口 和宏・田渕 雅彦・水野 一郎
鈴江 有里*・福井 弘之*・岸本 雅人・武内 徹郎

要 約

飼料自給率を向上させるため、トウモロコシサイレージを主体とした発酵TMRの原料として穀類の全量を飼料用米で代替した飼料用米区（乾物自給率51.9%）とトウモロコシ・大麦を用いたトウモロコシ区（同34.1%）を設定し、乾乳牛4頭、泌乳中後期牛4頭を用いたクロスオーバー法による消化試験を実施しその飼料特性を評価した。その結果、乾乳牛と泌乳牛のどちらの試験においても、有意差はないものの飼料用米区の消化率がやや低く、糞中への窒素排泄割合が高い傾向であった。また、ルーメン内有機酸産生量についても有意差はないもののトウモロコシ区が高い傾向にあり、乾乳牛ではプロピオン酸生成量、泌乳牛では酢酸生成量に有意差（ $P<0.05$ ）が認められた。この原因として、両区の粗蛋白質、TDNはともに同等水準であったもののトウモロコシ区の穀類配合割合が6%程度高く、NFC含量に差があったと推察され、このことが飼料の消化性、ルーメン内有機酸生成量に影響したものと考えられる。しかし、そのほかの飼養成績や産乳成績に差は認められなかったことから、飼料用米の配合割合や蛋白質飼料とのバランスを考慮することにより、飼料用米によってトウモロコシは代替可能であると判断された。

目 的

わが国においては飼料自給率の向上が喫緊の課題となっている。これまでエネルギー危機や飼料価格高騰期には未利用資源の飼料化に関する幾多の研究が実施されてきた。しかし、現在では高泌乳化した乳牛の能力を最大限発揮できる産乳飼料の開発が望まれている。

一方で近年、細断型ロールペール調製技術が開発されたことにより、様々な未利用資源が発酵TMRの原料として利用可能となった。

我々は、第I期試験¹⁻³⁾によりトウモロコシサイレージを主体とした発酵TMRの飼料特性を乾乳牛と泌乳牛を用い検討し、その栄養価は未発酵TMRと比較して遜色のないことを確認した。

また、わが国の水田基盤を活用した飼料用米生産も施策の後押しを受け増えつつあり、自給飼料原料としての特性解明も必要性を増してきた。

そこで、本試験では炭水化物源としての飼料用米に着目し、輸入穀物（トウモロコシ、大麦）を全量代替した発酵TMRの給与が乳牛に及ぼす影響について検討を行った。

材料および方法

1) 試験期間

試験1：2008年11月～12月

試験2：2009年11月～12月

2) 供試牛

試験1：乾乳牛4頭（平均産次数2.8産）

試験2：泌乳中後期牛4頭（平均産次数2.0産）

3) 供試飼料

試験1では、当場で栽培したデントコーンを2008年8月に収穫後サイレージ調製し、約2ヶ月後にTMRミキサー（MDS80-85D, SEKO, Italy）で他の飼料原料と混合攪拌した後、細断型ロールペーラー（MR-810, タカキタ, 名張市）で成形

し、ラッピングマシン (MWM1060W, スター, 千歳市) を用いてストレッチフィルムでラッピングした。試験 2 についても 2009 年 8 月に収穫したデントコーンを試験 1 と同様に調製し試験に供した。

給与飼料の組成は表 1 のとおりである。飼料用米は食用米の C ランクに格付けされた玄米を購入し、約 180℃ で 30 分間加熱蒸気圧片処理したものをを用いた。自給飼料のトウモロコシサイレージ, イタリアンサイレージ (計 29.1%/DM) を主たる粗飼料源とし, 飼料用米 (17.8%/DM) を主たる炭水化物源とした飼料用米区とトウモロコシと大麦 (計 23.9%/DM) を配合したトウモロコシ区を設定した。また, どちらの区も未利用資源として乾燥トウフ粕を乾物割合で 5% 配合した。このとき飼料用米区の乾物自給率は 51.9%, トウモロコシ区は 34.1% であった。

表 1 供試飼料構成と設計成分値

項 目	飼料用米区	トウモロコシ区
配合割合 (DM%)		
トウモロコシサイレージ	27.1	27.1
イタリアンサイレージ	2.0	2.0
アルファルファハイキューブ	11.0	11.0
飼料用米 (玄米圧パン)	17.8	—
トウモロコシ (圧)	—	13.7
大麦 (圧)	—	10.2
ビートパルプ	11.1	8.8
トウフ粕 (乾)	5.0	5.0
大豆粕	6.4	6.4
ふすま	17.5	13.7
糖蜜	0.8	0.8
ビタミン ADE 剤	0.2	0.2
炭酸カルシウム	0.9	0.9
食塩	0.2	0.2
設計成分値 (DM%)		
粗蛋白質	15.3	15.3
Cpu (CP 中%)	32.8	35.4
粗脂肪	3.4	3.6
NDF	34.2	34.5
NFC	38.4	39.6
TDN	73.9	73.9

Cpu: 非分解性タンパク質 NDF: 中性デタージェント繊維
NFC: 非繊維性炭水化物 TDN: 可消化養分総量

4) 試験方法

試験方法は試験 1, 試験 2 とも飼料用米区, トウモロコシ区に供試牛を各 2 頭配置し, 馴致期 7 日間の後 14 日間 (予備期 10 日, 本試験期 4 日) の試験を実施し, 2 期目には処理を反転するクロスオーバー法により実施した。

試験開始時刻は 13 時とし, 翌日 13 時までを試験 1 日間とした。

本試験期間は常法⁴⁾により全糞全尿採取による消化試験を行った。

体重は本試験開始直前と終了直後に測定し平均値で表した。

搾乳は 7 時 30 分, 16 時の 2 回, バケットミルクカーで行ない重量を測定した。乳量は, 当日夕方と翌日朝の乳量を合計し 1 日量とした。また, 本試験期 4 日間のうち 3 日間の個乳についてその一部をサンプリングし乳質検査に供した。

血液の採取およびルーメンカテーテルによるルーメン内容物の採取は, 本試験最終日の 11 時に行った。

飼料給与は試験 1 においては, 日本飼養標準⁵⁾に基づき TDN 充足率 140% を上限とした制限給餌を行った。試験 2 は原則不断給餌とし, 常に飼槽内に残飼のある状態で 8 時, 11 時, 13 時, 17 時に給与を行った。残飼は 13 時に回収し, 混合縮分した後乾物率を測定した。

5) 統計処理

試験 1, 2 の統計処理は次のモデルを用いて行った。

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + e_1 + \beta_j + \gamma_k + e_2$$

Y_{ijk} : 測定データ

μ : 総平均

α_i : 群 i の効果

β_j : 飼料 j の効果

γ_k : 試験期 k の効果

e_1, e_2 : 1 次誤差および 2 次誤差

飼料の効果については 2 次誤差を用いて F 検定を行った。

結 果

1) 試験1

①飼料の消化特性

消化試験の成績を表2に示した。全ての分析項目において飼料用米区の消化率がわずかに低かったため、TDNの実測値も低めに計算されたが統計的な有意差は認められなかった。

窒素出納については、トウモロコシ区の窒素摂取量が有意(P<0.01)に多くなった。摂取窒素の移行量、分配割合については、飼料用米区のほうがわずかにふん中への排泄割合が高く、尿中への排泄割合が低い傾向ではあったが、両区間に有意な差は認められなかった。

表2 消化試験成績 (試験1)

項 目	飼料用米区	トウモロコシ区	差
消化率(%)			n.s
粗タンパク質	72.3	74.7	n.s
粗繊維	67.6	67.8	n.s
粗脂肪	71.5	73.1	n.s
OM	74.3	76.7	n.s
NFE	78.3	80.4	n.s
aNDF	60.8	64.1	n.s
NFC	89.1	90.9	n.s
TDN (%)	72.2	74.0	n.s
窒素分配量(g)			
窒素摂取量	213.5	225.7	**
糞中	58.9	57.0	n.s
尿中	118.0	140.1	n.s
体蓄積	36.6	28.6	n.s
摂取窒素分配率(%)			n.s
ふん中	27.7	25.3	n.s
尿中	55.4	61.9	n.s
体蓄積	16.9	12.8	n.s

n.s: 統計的有意差なし ** : P<0.01

OM: 有機物 NFE: 可溶無窒素物

aNDF: アミラーゼ処理した中性デタージェント繊維

NFC: 非繊維性炭水化物

TDN = 可消化粗タンパク質 + 2.25 × 可消化粗脂肪
+ 可消化可溶無窒素物 + 可消化粗繊維

②飼養試験結果

飼養試験成績を表3に示した。体重、乾物摂取量、飲水量について両区間に差は認められなかった。

表3 飼養成績 (試験1)

項 目	飼料用米区	トウモロコシ区	差
飼養成績			
体重 (kg)	738.3	741.3	n.s
DMI (kg/日)	9.89	10.03	n.s
飲水量 (kg/日)	29.3	28.5	n.s

n.s: 統計的有意差なし

DMI: 乾物摂取量

③ルーメン内容液性状

ルーメン内容液性状を表4に示した。飼料給与を制限給餌としたため総有機酸産生量もそう多くはないが、トウモロコシ区のプロピオン酸生成量が多くなり両区間に有意な差 (P<0.05) が認められた。そのほかの有機酸生成量やルーメン内容液pHに差は認められなかった。

表4 ルーメン内容液性状 (試験1)

項 目	飼料用米区	トウモロコシ区	差
ルーメン内容液性状			
pH	7.12	7.15	n.s
酢酸 (mM/dl)	4.36	5.42	n.s
プロピオン酸 (mM/dl)	1.08	1.36	*
酪酸 (mM/dl)	0.64	0.83	n.s
A/P比	4.03	3.99	n.s

n.s: 統計的有意差なし * : P<0.05

A/P比: 酢酸/プロピオン酸比

④血液性状

血液性状を表5に示した。両区間の肝機能、エネルギー代謝、タンパク質代謝、ミネラル代謝などの測定項目においても有意な差は認められなかった。

表5 血液性状 (試験1)

項 目	飼料用米区	トウモロコシ区	差
血液性状			
ヘマトクリット	35.8	34.5	n.s
GOT (IU/l)	21.3	20.8	n.s
BUN (mg/dl)	12.5	12.8	n.s
血糖 (mg/dl)	72.5	69.0	n.s
TCHO (mg/dl)	89.5	87.0	n.s
Ca (mg/dl)	10.4	10.0	n.s
P (mg/dl)	5.4	5.4	n.s

n.s: 統計的有意差なし

BUN: 血中尿素窒素 TCHO: 総コレステロール

2) 試験 2

①飼料の消化特性

消化試験の結果を表6に示した。消化率については粗脂肪, NFCを除く項目でトウモロコシ区のほうがわずかに高い傾向であったものの, 統計的な有意差は認められなかった。

摂取窒素の分配率については飼料用米区の糞中への移行割合, トウモロコシ区の尿中への移行割合が多くなる傾向であったが, 統計的な有意差は認められなかった。

表6 消化試験成績と窒素出納 (試験2)

項目	飼料用米区	トウモロコシ区	差
消化率(%)			n.s
粗蛋白質	63.7	65.5	n.s
粗繊維	51.9	53.5	n.s
粗脂肪	71.4	68.4	n.s
OM	67.5	68.4	n.s
NFE	72.5	73.4	n.s
aNDF	53.3	54.5	n.s
NFC	85.8	85.4	n.s
TDN (%)	65.6	66.3	n.s
窒素分配量(g)			
窒素摂取量	576.4	567.4	n.s
糞中	209.1	194.7	n.s
尿中	210.3	215.1	n.s
乳中	148.5	148.0	n.s
体蓄積	8.5	9.5	n.s
摂取窒素分配率(%)			
ふん中	36.3	34.5	n.s
尿中	35.5	37.1	n.s
乳中	26.0	26.2	n.s
体蓄積	2.2	2.2	n.s

n.s: 統計的有意差なし

OM: 有機物 NFE: 可溶無窒素物

aNDF: アミラーゼ処理した中性デタージェント繊維

NFC: 非繊維性炭水化物

TDN = 可消化粗タンパク質 + 2.25 × 可消化粗脂肪 + 可消化可溶無窒素物 + 可消化粗繊維

②飼養試験結果

飼養試験成績を表7に示した。飼養成績については体重, 乾物摂取量, 乳量, 飲水量の全ての項目で両区間に差は認められなかった。

乳成分についても全ての項目で両区間に差は認められなかった。また, 各乳成分の1日あたり生産量についても両区間に差は認められなかった。

表7 飼養成績 (試験2)

項目	飼料用米区	トウモロコシ区	差
飼養成績 (kg)			
体重	717.0	717.8	n.s
DMI	23.0	23.5	n.s
乳量	24.0	24.4	n.s
FCM乳量	27.2	26.9	n.s
飲水量	98.9	95.4	n.s
乳成分 (%)			
乳脂肪	4.93	4.75	n.s
乳蛋白質	3.93	3.93	n.s
乳糖	4.39	4.37	n.s
無脂固形分	9.32	9.30	n.s
全固形分	14.29	14.05	n.s
生産量 (kg/日)			
乳脂肪生産量	1.187	1.130	n.s
乳蛋白質生産量	0.947	0.944	n.s
乳糖生産量	1.064	1.060	n.s
無脂固形分生産量	2.253	2.246	n.s
全固形分生産量	3.450	3.376	n.s

n.s: 統計的有意差なし

DMI: 乾物摂取量 FCM乳量: 4%乳脂補正乳量

③ルーメン内容液性状

ルーメン内容液性状を表8に示した。有機酸生成量はトウモロコシ区が高い傾向にあり, 酢酸において有意な差 (P<0.05) が認められた。有機酸生成量が高かったため, pH, 酢酸プロピオン酸比ともにトウモロコシ区が低い傾向であった。

表8 ルーメン内容液性状 (試験2)

項目	飼料用米区	トウモロコシ区	差
ルーメン内容液性状			
pH	6.67	6.35	n.s
酢酸 (mM/dl)	7.27	7.89	*
プロピオン酸 (mM/dl)	2.29	3.03	n.s
酪酸 (mM/dl)	1.36	1.58	n.s
A/P比	3.18	2.61	n.s

n.s: 統計的有意差なし *: P<0.05

A/P比: 酢酸/プロピオン酸比

④血液性状

血液性状を表9に示した。飼料用米区の血中尿素窒素がトウモロコシ区と比べ高い傾向を示したが統計的に有意な差は認められず, ほかの検査項目についても両区間に差は認められなかった。

表9 血液性状(試験2)

項目	飼料用米区	トウモロコシ区	差
血液性状			
ヘマトクリット	31.7	31.0	n.s
GOT (IU/l)	66.9	67.1	n.s
BUN (mg/dl)	20.0	18.6	n.s
血糖 (mg/dl)	60.7	59.2	n.s
TCHO (mg/dl)	193.8	196.3	n.s
Ca (mg/dl)	9.6	9.8	n.s
P (mg/dl)	5.9	5.3	n.s

n.s: 統計的有意差なし

BUN: 血中尿素窒素 TCHO: 総コレステロール

考 察

本試験では、穀類の全量を飼料用米で代替した発酵TMRと、トウモロコシと大麦を配合した発酵TMRの飼料特性を、乾乳牛および泌乳牛を使用した消化試験により評価した。

乾乳牛と泌乳牛のどちらの試験においても、統計的な有意差はないものの、トウモロコシ区の粗蛋白質消化率が高い傾向であり、ふん中への窒素排泄割合も低い傾向であった。

また、ルーメン内有機酸生産量もトウモロコシ区が高い傾向にあり、乾乳牛ではプロピオン酸生成量に、泌乳牛では酢酸生成量に統計的有意差($P<0.05$)が認められた。

本試験で用いた供試飼料はCP、TDN水準を同等とすることに重点を置き、飼料用米の配合割合の上限を濃厚飼料中の30%と設定したため、両区間の穀類配合割合には6%程度の差がある。そのため、NFC含量が飼料用米区よりもトウモロコシ区の方が高かったと判断される。NFC含量は40%程度が最適とされているが⁶⁾、デンプン含量を試算すると飼料用米区が21%、トウモロコシ区

が25%と4%程度の差があったものと考えられる。

しかし、窒素利用性やルーメン内有機酸生成量以外の飼養成績や泌乳成績に差が認められなかったことから、コーンサイレージを主体とし、飼料用米を乾物で18%程度配合した発酵TMRは産乳飼料として十分利用可能と考えられた。

本試験では穀類の配合割合の違いにより窒素の利用性に差があったと考えられたため、今後、飼料用米の添加水準の検討を行うとともに、蛋白質飼料のルーメン内分解特性も考慮した飼料設計を行う必要がある。

なお本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「粗飼料多給による日本型家畜飼養技術の開発」の予算で実施したものである。

文 献

- 1) 福井弘之・吉田雅規・鈴江有里・田淵雅彦・亀代高広・中井文徳・後藤充宏. 徳島農総七畜産研究所研究報告, 9:1-5. 2010.
- 2) 瀬山智博・福井弘之・岸本勇氣. 日草誌. 45(別). 182-183.2008.
- 3) 福井弘之・瀬山智博・岸本勇氣. 日草誌. 45(別). 184-185.2008.
- 4) 森本 宏監修. 動物栄養試験法 第1版. 養賢堂. 東京. 1971.
- 5) 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 日本飼養標準. 2006年版. 中央畜産会. 東京. 2006.
- 6) Nocek, J.E., and J. B. Russell. Journal of Dairy Science. 71:2070-2107. 1988.