

稲発酵粗飼料を泌乳牛に給与した場合の粗飼料としての評価

吉原由実子 澤田泰人 多久和 正

要約 稲発酵粗飼料を泌乳牛用粗飼料として給与した場合の粗飼料としての評価を輸入チモシー乾草と比較することによって検討した。

稲発酵粗飼料は、黄熟期に刈り取った「はまさり」をロールベールサイレージ調製した。給与試験は分娩後64~238日のホルスタイン種泌乳牛8頭を供試し、粗飼料によって2区（稲発酵粗飼料TMR区およびチモシー乾草TMR区）に分け、自由採食とした。

稲発酵粗飼料TMR区およびチモシー乾草TMR区それぞれの乾物摂取量、粗飼料の乾物摂取量、第一胃通過速度に差は認められなかった。同様に両区における乳量、乳成分生産量にも差は認められなかった。一方、乳中尿素態窒素、血中尿素態窒素は稲発酵粗飼料TMR区がそれぞれ 14.75 ± 0.85 mg/dl、 17.4 ± 3.1 mg/dl、チモシー乾草TMR区が 11.90 ± 1.27 mg/dl、 14.2 ± 1.1 mg/dlと稲発酵粗飼料TMR区がいずれも高い値（ $P < 0.01$ 、 $P < 0.05$ ）であった。NFCの消化率、推定可消化摂取量は稲発酵粗飼料TMR区がそれぞれ $66.7 \pm 2.6\%$ 、 7.48 ± 0.88 kg、チモシー乾草TMR区では $78.9 \pm 1.9\%$ 、 8.99 ± 1.45 kgであり、稲発酵粗飼料TMR区が明らかに（ $p < 0.01$ ）低い値であった。同様に、TDNの推定可消化摂取量および充足率は稲発酵粗飼料TMR区が 15.42 ± 1.93 kg、 $98.2 \pm 8.9\%$ 、チモシー乾草TMR区が 17.35 ± 2.70 kg、 $106.9 \pm 7.5\%$ であり、稲発酵粗飼料TMR区のほうが低い値であった（ $p < 0.01$ ）。

稲発酵粗飼料をTMRの粗飼料材料として利用する場合、乾物摂取量に対する影響はチモシー乾草と同等であり、その栄養価はチモシー乾草よりTDN含量で5%程度低いと考えられ、泌乳牛に給与する際にはNFC源を補給して用いる必要があると考えられた。

キーワード：稲発酵粗飼料 乾物摂取量 NDF摂取量 NFC消化率 TDN含量

飼料自給率の向上を図るため、転作田を有効に活用し、耐湿性飼料作物である飼料イネをホールクロップサイレージに調製し、家畜用飼料に利用しようという動きが進んでいる¹⁰⁾。飼料イネは、耕種農家にとっては既存の水稲栽培技術と機械を利用して栽培が可能であり、畜産農家にとっては生産されたものを家畜に給与でき、家畜糞尿の還元基盤をそれらの水田に広げることにも可能である。飼料イネの利用は稲作と畜産が連携し、地域全体の土地を高度に利用し、地域複合生産社会を構築しうる可能性を持っている。近年、飼料イネの利用が広まりつつあり、適正給与のための飼料評価が必要となってきた。

本試験では、泌乳牛飼料としての稲発酵粗飼料の評価を従来から用いられている飼料と比較することで検討した。

材料および方法

飼料イネは、品種「はまさり」を湛水散播（4kg/10a）様式で島根県簸川郡斐川町直江の大区画圃場で栽培した。平成13年6月11日播種、同年9月16日

出穂、10月15日（出穂後29日）黄熟期に収穫、ロールベールラップ処理した。収穫時における10aあたりの収量は全重が1,164kg、うちわら重が704kg、籾重が397kgであった。

供試粗飼料は稲発酵粗飼料（稲発酵粗飼料TMR区）あるいは輸入チモシー乾草（チモシー乾草TMR区）とした。TMRは乾物比で粗飼料：濃厚飼料 = 32：68の割合で濃厚飼料の配合を両区同一とし、乾物63%に加水、調整し、自由採食させた。供試飼料の一般化学成分分析は常法により分析し³⁾、各飼料の化学成分は表1に示し、それらの値に基づきTMRを調製した。供試飼料の配合割合は表3に、化学成分組成は表2に示した。

給与試験はホルスタイン種泌乳牛（分娩後64日~238日）を供試し、1区4頭、計8頭とした。試験は予備期9日間、試験期5日間を1期とする計3期42日間の反転試験法¹⁵⁾で実施した。

搾乳は1日2回（7時および16時）行った。乳量、乳成分、体重、飼料給与量および残餌量は試験期間中毎日測定した。乳中尿素態窒素（MUN）はウレアー

表1 給与飼料成分の化学分析値(DM%)

	DM ¹⁾	CP	EE	NDF	NFC ²⁾	Ash
稲発酵粗飼料	57.3	5.8	2.1	56.6	55.4	13.3
チモシー乾草	91.6	5.1	2.0	66.4	27.9	4.8
配合飼料	88.9	18.3	4.2	17.4	54.2	5.4
コーングルテンフィード	89.0	21.1	3.5	40.4	28.9	6.1
ルーサンデハイ	91.3	16.5	3.4	37.3	28.4	9.9
圧片大麦	92.6	10.0	3.2	17.4	67.3	2.0
脂肪酸カルシウム	92.4	0.0	90.5	0.0	0.0	15.5

1) %

2) $NFC(\%) = 100 - (NDF + CP + EE + ASH)$

表2 給与TMRの成分値(DM%)

	DM ¹⁾	CP	EE	NDF	NFC ²⁾	Ash
稲発酵粗飼料TMR	63.0	13.8	3.3	35.1	39.2	8.6
チモシー乾草TMR	63.0	13.6	3.3	38.3	38.8	6.0

1) %

2) $NFC(\%) = 100 - (NDF + CP + EE + ASH)$

表3 給与TMRの飼料混合割合

項目	配合割合 (DM%)
粗飼料	31.7
配合飼料	36.5
コーングルテンフィード	11.5
ルーサンデハイ	11.9
圧片大麦	8.0
脂肪酸カルシウム	0.4

ゼ・BCG指示薬法で測定し、乳脂肪率、乳タンパク質率、乳糖率、無脂固形分率は赤外線牛乳分析法(ミルコスキャンF4000:ホスエレクトリック社、デンマーク)で測定した。血液は試験期末日の14時に頸静脈より採取した。血清を分離後、遊離脂肪酸(NEFA)はACS・ACOD法(NEFA C-テスト和光キット)、グルコースはGOD・POD法、血中尿素窒素(BUN)はウレアーゼ・BCG指示薬法でアルブミンはBCG法、総コレステロールはCOD・BOD法、総タンパクはビュレット法、GOTはオキザロ酢酸デカルボキシラーゼ・POP・POD・ロイコ色素法でGGTは γ -グルタミル-p-ニトロアニリド基質法、カルシウムはクロロフォスフォナゾ法、無機リンはXOD・POD法、マグネシウムはグリセロールキナーゼ法で測定した。消化率の推定はインデックス法で行った⁷⁾。指示物質には塩化ランタン七水和物(LaCl₃・7H₂O)を使用し、予備期8、9日目および本試験期間中毎日の計7日間、16時にゼラチンカプセルで3g/日、経口投与した。本試験2日目の11時より5日目の17時までの74時間(延べ4日間)、19回(1日目:4時間毎に5回、2日目:3時間毎に8回、3日目:6時間毎に4回、4日目10時間毎に

2回)直腸糞を500gずつ採取した。

供試TMRの第一胃通過速度は粗飼料と濃厚飼料のそれぞれについて試験2期と3期に測定し、希土類はスプレー法(Mader et al)で標識した^{8, 12)}。粗飼料(稲発酵粗飼料あるいはチモシー乾草)は65 48時間通風乾燥後、150gに1.6% (w/v) 塩化サマリウム六水和物(SmCl₃・6H₂O)水溶液を200ml、濃厚飼料500gについては1.6% (w/v) 塩化ディスプロシウム六水和物(DyCl₃・6H₂O)水溶液を200mlスプレーで塗布した後、60 48時間通風乾燥した。標識した供試飼料は粗飼料と濃厚飼料を加水混合し、本試験2日目、11時に採食させた。直腸糞は標識飼料給与2、6、10、14、17、20、23、26、29、32、35、38、41、44、48、54、60、68および78時間後の計19回、500gずつ採取した。

採取した直腸糞は65 120時間通風乾燥後、0.5mmメッシュのウィリーミルで粉碎したものを分析用試料とし、テフロン製密閉容器に0.5g秤取し、1.42規定の硝酸を5ml加え、マイクロウェーブ(MDS-2000 CEM USA)で湿式灰化した。分解液を25mlにメスアップし、No5B濾紙で濾過したものを分析サンプルとし、ICP発光分光分析装置(SPS-7700、SEIKO電子工業、東京)により直腸糞中の希土類(La、Sm、Dy)含量を測定した。Sm、Dyの経時的減衰値をGrovmら^{1, 8, 13)}のモデルに当てはめ通過速度定数を算出した。

各試験成績を一元配置法で分散分析し、平均値の差の有意性を検定した。

表4 試験区別の乾物および粗飼料摂取量、体重ならびに泌乳成績

区分	稲発酵粗飼料TMR		チモシー乾草TMR	
	平均値 ± 標準誤差		平均値 ± 標準誤差	
乾物摂取量 (DMkg/日)	28.6 ± 3.1		29.4 ± 5.0	
粗飼料摂取量 (DMkg/日)	9.0 ± 2.7		9.3 ± 2.9	
体重 (kg)	614 ± 83		643 ± 98	
乳生産量 (kg/日)	乳量	29.2 ± 5.5	31.2 ± 6.2	
	FCM	30.5 ± 5.8	31.5 ± 6.3	
	乳脂量	1.25 ± 0.26	1.27 ± 0.28	
	タンパク質量	1.01 ± 0.18	1.10 ± 0.22	
	乳糖量	1.34 ± 0.28	1.44 ± 0.32	
	無脂固形分量	2.64 ± 0.51	2.86 ± 0.59	
	乳成分率 (%)	乳脂率	4.31 ± 0.49	4.08 ± 0.34
タンパク質率		3.46 ± 0.23	3.56 ± 0.21	
乳糖率		4.57 ± 0.11	4.63 ± 0.12	
無脂固形分率		9.03 ± 0.27	9.19 ± 0.27	*
尿素窒素 (mg/dl)	14.75 ± 0.85		11.90 ± 1.27	
				**

*記号は試験区間に有意差あり *;P<0.05 **;P<0.01

表5 血清生化学的検査成績

区分	稲発酵粗飼料TMR		チモシー乾草TMR	
	平均値 ± 標準誤差		平均値 ± 標準誤差	
グルコース (mg/dl)	62.6 ± 3.0		62.3 ± 4.4	
NEFA (μ Eq/l)	100.1 ± 34.7		84.9 ± 16.6	
尿素窒素 (mg/dl)	17.4 ± 3.1		14.2 ± 1.1	
アルブミン (g/dl)	4.0 ± 0.2		3.9 ± 0.3	
総コレステロール (mg/dl)	259 ± 54		227 ± 32	
総タンパク (g/dl)	8.2 ± 0.5		8.1 ± 0.7	
GOT (U/l)	87.9 ± 25.6		84.8 ± 25.1	
GGT (U/l)	43.1 ± 9.8		41.2 ± 9.6	
カルシウム (mg/dl)	9.64 ± 0.52		9.85 ± 0.47	
無機リン (mg/dl)	5.18 ± 1.15		5.02 ± 0.62	
マグネシウム (mg/dl)	2.38 ± 0.15		2.32 ± 0.10	

*記号は試験区間に有意差あり *;P<0.05

結 果

1日当りの乾物摂取量および粗飼料部分の乾物摂取量はそれぞれ稲発酵粗飼料TMR区では28.6 ± 3.1 (平均値 ± 標準誤差) kg、9.0 ± 2.7kg、チモシー乾草TMR区では29.4 ± 5.0kg、9.3 ± 2.9kgであり、同様な摂取量であった (表4)。1日当りの実乳量および4%脂肪補正乳量 (FCM) は稲発酵粗飼料TMR区が29.2 ± 5.5kg、30.5 ± 5.8kg、チモシーTMR区が31.2 ± 6.2kg、31.5 ± 6.3kgであり差は認められなかった (表4)。乳成分の一日あたりの生産量は乳脂肪量、乳タンパク質量、乳糖量、無脂固形分量がそれぞれ、稲発酵粗飼料TMR区が1.25 ± 0.26kg、1.01 ± 0.18kg、1.34 ± 0.28kg、2.64 ± 0.51kg、チモシー乾草TMR区が1.27 ± 0.28kg、1.10 ± 0.22kg、

1.44 ± 0.32、2.86 ± 0.59でありいずれも差は認められなかったが、稲発酵粗飼料TMR区が低い傾向であった (表4)。乳脂率が稲発酵粗飼料TMR区では4.31 ± 0.49%、チモシー乾草TMR区では4.08 ± 0.34%であり、稲発酵粗飼料TMR区の値が有意 (P<0.01) に高率であったが、無脂固形分率は稲発酵粗飼料TMR区では9.03 ± 0.27%、チモシー乾草TMR区では9.19 ± 0.27%であり稲発酵粗飼料TMR区の値が有意 (P<0.05) に低率であった (表4)。MUNは稲発酵粗飼料TMR区では14.75 ± 0.85mg/dl、チモシー乾草TMR区では11.90 ± 1.27mg/dlであり稲発酵粗飼料TMR区が有意 (P<0.01) に高い値であった (表4)。

血清生化学検査結果ではMUNと同じ様にBUNに

表6 給与TMR各成分の消化率と栄養価

区 分	稲発酵粗飼料TMR		チモシー乾草TMR	
		平均値 ± 標準誤差	平均値 ± 標準誤差	
消化率 (%)	DM	59.3 ± 2.7	62.2 ± 2.9	
	CP	63.1 ± 3.7	61.7 ± 3.9	
	EE	77.2 ± 5.0	72.7 ± 4.4	*
	NDF	38.5 ± 4.1	39.0 ± 5.7	
	NFC ¹⁾	66.7 ± 2.6	78.9 ± 1.9	**
栄養価 (%)	TDN ²⁾	53.9 ± 2.7	59.2 ± 3.1	**
	DCP	8.5 ± 0.5	8.2 ± 0.6	*

*記号は試験区間に有意差あり *;P<0.05 **;P<0.01

¹⁾ NFC(%)=100-(NDF+CP+EE+ASH)

²⁾ TDN=(CP×その消化率)+(NDF×その消化率)+(NFC×その消化率)+(EE×その消化率×2.25)

表7 給与 TMR 各成分の推定可消化摂取量と充足率

区 分	稲発酵粗飼料TMR		チモシー乾草TMR	
		平均値 ± 標準誤差	平均値 ± 標準誤差	
推定可消化摂取量 (kg)	CP	2.44 ± 0.32	2.42 ± 0.43	
	EE	0.73 ± 0.11	0.71 ± 0.13	
	NDF	3.86 ± 0.60	4.35 ± 0.73	**
	NFC	7.48 ± 0.88	8.99 ± 1.45	**
	TDN	15.42 ± 1.93	17.35 ± 2.70	**
充足率 (%)	TDN	98.2 ± 8.9	106.9 ± 7.5	**
	CP	124.2 ± 14.1	117.9 ± 7.9	*

*記号は試験区間に有意差あり *;P<0.05 **;P<0.01

表8 給与TMRの粗飼料および濃厚飼料の第一胃通過速度

区 分	稲発酵粗飼料TMR		チモシー乾草TMR	
		平均値 ± 標準誤差	平均値 ± 標準誤差	
第一胃通過速度 (%/hr.)	粗飼料	4.3 ± 0.9	4.2 ± 1.1	
	濃厚飼料	4.7 ± 1.4	5.5 ± 0.9	

において稲発酵粗飼料TMR区の値は17.4 ± 3.1 mg/dl、チモシー乾草TMR区のそれは14.2 ± 1.1mg/dlであり、稲発酵粗飼料TMR区の値が有意 (P<0.05) に高い値であった (表5)。

乾物消化率は稲発酵粗飼料TMR区では59.3 ± 2.7%、チモシー乾草TMR区では62.2 ± 2.9%であり、差は認められなかった (表6)。各試料成分のうちEEの消化率は稲発酵粗飼料TMR区では77.2 ± 5.0%、チモシー乾草TMR区では72.7 ± 4.4%であり、稲発酵粗飼料TMR区が有意 (P<0.05) に高率であった。NFC消化率は稲発酵粗飼料TMR区では66.7 ± 2.6%、チモシー乾草TMR区では78.9 ± 1.9%であり、稲発酵粗飼料TMR区が有意 (P<0.01) に低率であった (表6)。得られた消化率から算出した供試TMRのTDN含量は稲発酵粗飼料TMRが53.9 ± 2.7%、チモシー乾草TMRでは59.2 ± 3.1%であり、稲発酵粗飼料TMRの値がチモシー乾草TMRの値と比べ有意 (P<

0.01) に低率であった (表6)。同様に算出したD CP含量は稲発酵粗飼料TMR区では8.5 ± 0.5%、チモシー乾草TMR区では8.2 ± 0.6%と稲発酵粗飼料TMR区の値がチモシー乾草TMRの値と比べ有意 (P<0.05) に高率であった (表6)。

また、NDF、NFC、TDNの推定可消化摂取量は稲発酵粗飼料TMR区でそれぞれ3.86 ± 0.60kg、7.48 ± 0.88kg、15.42 ± 1.93kgであり、同様にチモシー乾草TMR区では4.35 ± 0.73kg、8.99 ± 1.45kg、17.35 ± 2.70kgであり、いずれの値においても稲発酵粗飼料TMR区がチモシー乾草TMR区の値に比べて有意 (P<0.01) に低値であった (表7)。推定可消化摂取量から日本飼養標準⁶⁾により算出した両区のTDNおよびCPの充足率は、稲発酵粗飼料TMR区、チモシー乾草TMR区のTDNおよび、CPの充足率はそれぞれ98.2%および124.2%、106.9%および117.9%であり、稲発酵粗飼料TMR区はチモシー

乾草TMR区と比較してTDN充足率は有意 ($P<0.01$) に低率であり、CP充足率は有意 ($P<0.05$) に高率であった (表7)。

第一胃通過速度は稲発酵粗飼料では $4.3\pm 0.9\%/h$ 、チモシー乾草では $4.2\pm 1.1\%/h$ と差は認められなかった (表8)。稲発酵粗飼料TMRの濃厚飼料の第一胃通過速度の値は $4.8\pm 1.4\%/h$ 、チモシー乾草TMR区のそれは $5.5\pm 0.9\%/h$ であり、差は認められなかった (表8)。

考 察

本試験では稲発酵粗飼料TMR区およびチモシー乾草TMR区の乾物摂取量、粗飼料の乾物摂取量は同様であり、また、粗飼料及び濃厚飼料の第一胃通過速度も同様の値であったが、粗飼料由来NDF摂取量は稲発酵粗飼料TMR区が5.1kg、チモシー乾草TMR区が6.2kgであり、稲発酵粗飼料TMR区のほうが1.1kg少なかった。

NDF含量の少ない飼料は消化率が高く、ルーメンからの流出や消化管内の通過が速いために、乾物摂取量を増加させる^{4, 6)}。しかし、稲発酵粗飼料TMR区のNDF摂取量はチモシー乾草TMR区のそれと比較すると少なかったが、乾物摂取量、NDFの消化率および飼料の第一胃通過速度が同様だったことは、稲発酵粗飼料にはNDF分画以外に消化率が低率で、消化速度の遅い分画が飼料成分中に存在することを示唆している。稲発酵粗飼料の飼料成分中でチモシー乾草と比較して消化率が低い項目はNFCである。稲発酵粗飼料のNFC分画の主体は子実と推察されることより、子実が乾物摂取量に負の影響を及ぼしたと考えられる。

泌乳成績より、乳量、FCM、各乳成分の生産量に差は認めなかったが、無脂固形分率は稲発酵粗飼料TMR区が有意に低率であり、また、MUNとBUNが稲発酵粗飼料TMR区で有意に高かった。

Valadares¹¹⁾らは飼料中可溶性炭水化物含量が高まると、第一胃内微生物へのエネルギー供給が増加するため、微生物活性を高め、微生物タンパク質の合成量が増加し、乳糖合成のためのプロピオン酸生成量を増やし、糖合成前駆物質供給量が増えることから、糖新生に必要な吸収アミノ酸の要求量を減らすことができ、乳タンパク質、乳糖、無脂固形分の乳中含量が増加すると報告している。また、Russell, J.B⁹⁾は微生物タンパク質合成に必要なエネルギー(炭水化物)が不足した場合、摂取した分解性タンパク質と非タンパク態窒素は微生物タンパク質に再

合成されず、アンモニアに変換され、肝臓で尿素に転換され、血液を介して尿および乳汁へ排泄されるため、血液中および乳中の尿素態窒素濃度が上昇すると報告している。

本試験において、稲発酵粗飼料TMR区の無脂固形分率がチモシー乾草TMR区と比較して低く、同様に乳糖率、乳タンパク質率が低い傾向にあり、MUN及びBUNが高い値であった結果は、稲発酵粗飼料TMR区のNFC消化率が、チモシー乾草区のそれより低率であったことから、NFCの可消化摂取量の差を反映したと考えられた。稲発酵粗飼料のNFC消化率が低率である原因は子実の未消化排泄によると考えられる。

稲発酵粗飼料の子実の未消化排泄がそのTDN含量を低下させることは他者によっても報告^{5, 14)}されており、牛を用いた消化試験により飼料イネWCS独自のTDN推定式²⁾が開発されつつあることから、今後はこの推定式を用いた飼料評価を行う必要がある。

以上のことから、黄熟期に調整した稲発酵粗飼料は開花期の輸入チモシー乾草と比較してNDF含量は低いが、NFC消化率が低いため、乾物摂取量に及ぼす影響は同等であり、また、栄養価はNFC消化率が低いため、チモシー乾草よりTDN含量で5%程度低率であった。稲発酵粗飼料のこのような飼料特性はNFCの消化率の低さ、つまり、子実の難消化性に起因すると考えられる。

従って、開花期チモシー乾草の代替として給与するのであれば黄熟期調整の稲発酵粗飼料1kg(乾物量)に対してNFC源、例えばトウモロコシ0.2kg程度補給することが必要であり、NFCを適正に補えばどの泌乳期においても給与可能であると考えられた。

謝 辞

本試験を実施するにあたり、希土類の測定にご協力頂いた、広島県立畜産技術センター新出昭吾氏をはじめとする飼養技術部の皆様に深甚な謝意を表します。

文 献

- 1) Grovum WL, et al. British Journal of Nutrition, 30:313-329. 1973.
- 2) 服部育夫. 平成13年度自給品質評価研究会資料, 7-12. 2001.
- 3) 自給飼料品質評価研究会編, 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック
- 4) National Research Council. 2001, National

- Academy Press. Washington, D.C.
- 5) 水谷将也ら. 日本草地学会誌, 47:250-251.2001.
 - 6) 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 1999. 日本飼養標準 (乳用牛). 畜産会. 東京
 - 7) 名古屋大学農学部畜産学教室編 畜産学実験養賢堂
 - 8) 大下友子. 平成13年度自給品質評価研究会資料, 43-49.2001.
 - 9) Russell, J.B, et al. Journal of Animal Science, 70:3551-3561.1992.
 - 10) 佐藤純一. 畜産の研究, 53:3-6.1999.
 - 11) S.C.Valadares Filoho, et al. Journal of Daily Science, 83:106-114.2000.
 - 12) T.L.Mader, et al. Journal of Animal Science, 58:208-212.1983.
 - 13) 津田恒之監修. 新乳牛の科学, 農文協
 - 14) 山本泰也ら. 日本草地学会誌, 47:248-249.2001.
 - 15) 吉田 実. 畜産を中心とする実験計画法, 養賢堂東京.1983.