

## 収穫熟期が異なるトウモロコシサイレージを用いた 泌乳牛用発酵TMRの給与効果

石崎重信・細谷 肇

Feeding Effect of Fermented Total Mixed Ration with Corn Silages  
Harvested at Different Stages for Lactating Dairy Cattle

Shigenobu ISHIZAKI and Hajime HOSOYA

### 要 約

乳熟期、黄熟期、完熟期のそれぞれに収穫調製したトウモロコシサイレージを飼料乾物中に約16%配合して、細断型ロールペーラで調製した3種類の発酵TMR（乳熟区、黄熟区、完熟区）を、1週間馴致のために給与後、1期2週間の3×3ラテン方格法により泌乳中期牛6頭に給与した。飼料乾物摂取量は乳熟区がやや多い傾向を示したが他の区との有意差はみられず（ $P=0.34$ ）、乳量（ $P=0.82$ ）、乳成分（ $P>0.59$ ）、第一胃内容液性状（ $P>0.12$ ）、血液性状（ $P>0.14$ ）にも試験区間に差がみられなかった。飼料の乾物消化率に差はみられなかった（ $P=0.23$ ）が、繊維成分の消化率は乳熟区が高く（ $P<0.05$ ）、デンプンの消化率は完熟区が低い値を示した（ $P=0.03$ ）。以上から、トウモロコシサイレージの収穫熟期の違いは、泌乳牛の生産性に影響しなかった。

発酵TMRと調製直後の當場慣行TMR（未発酵）の嗜好性を比較した。泌乳試験に供試した牛では明らかに慣行TMRを選択したが、少量の発酵TMRを数回給与された牛や初めて給与された牛での両TMRに対する嗜好性は同等であった。

夏季において問題となる飼槽でのTMRの好気的変敗については、調製直後の當場慣行TMRでは3時間後から変敗により温度が上昇したのに対して、発酵TMRでは3日間変敗がみられなかった。

### 緒 言

近年、配合飼料と輸入粗飼料の価格が高値安定で推移しているなか、地域で生産される自給飼料サイレージ、イネWCS、飼料用米等の利用による飼料自給率の向上や、安価な食品製造副産物類の活用による飼料コスト削減が緊急の課題となっている。

高水分食品製造副産物類の利用法として、これら副産物を粗飼料、濃厚飼料と共に混合しフレコンバックに密閉して乳酸発酵させる発酵TMRが1980年代から研究開発<sup>1,2)</sup>され実用に至っている。発酵TMRは、フレッシュTMRが毎日必要な量の調製を必要とするのに比べて作り置きができることから、1. 労働力を弾力的に運用、2. 腐敗しやすい材料の入手量に応じて大量一括調製、3. サイレージや高水分食品製造副産物などの利用が可

能であり、飼料コスト低減につながる。さらに、収穫時の悪天候等により品質が低下した自給飼料の嗜好性改善も期待できることなどの利点がある<sup>3)</sup>。

発酵TMRの調製法はポリ袋を内装したフレコンバックに密閉して行われていたが、近年トウモロコシ等の自給飼料サイレージ調製用に開発された細断型ロールペーラを利用した発酵TMRの調製が検討され<sup>4,5,6,7)</sup>、乳牛への給与試験<sup>7,8,9,10,11,12)</sup>が行われている。細断型ロールペーラを用いると調製作業が効率的であり、調製された発酵TMR（ロールペールサイレージ）は発酵品質が高く、フレコンバックの繰返し利用がなく衛生的であるため、県内の民間TMRセンターでも実用に供されている。

また、細断型ロールペーラによる飼料用トウモロコシのサイレージ調製作業は、地下型サイロやバンカーサイロ等の固定式サイロに比べて省力的で、サイレージの発酵品質も高い。さらにロールペールサイレージでは給与前に開封して利用するため、固定式サイロで発生する春以降における好気的変敗による廃棄ロスもほとんど生じない<sup>13)</sup>。このため、本県では酪農家を中心に、2011年

平成24年8月31日受付

までに細断型ロールペーラが約20台導入されている。細断型ロールペーラを導入した農家では、サイレージの通年給与を目指して自給飼料栽培面積を拡大する傾向があり、トウモロコシの収穫適期とされる黄熟期だけでなくその前後の熟期における収穫も行われているが、トウモロコシサイレージの収穫熟期の違いが乳生産に及ぼす影響を検討した試験は少ない<sup>1)</sup>。

そこで本試験では、乳熟期、黄熟期、完熟期に収穫調製したトウモロコシサイレージを乾物中に約16%配合した泌乳牛用発酵 TMR を細断型ロールペーラを用いて調製し、泌乳牛に対する給与効果、嗜好性、給与後の変敗状況等について検討した。

## 材料及び方法

### 1. 供試トウモロコシサイレージ

当場の圃場で2010年5月28日に播種し、8月10日(乳熟期)、8月26日(黄熟期)、9月8日(完熟期)

表2 トウモロコシサイレージの成分分析値

	水分 (%)	硝酸態N <sup>※2</sup> (ppm)	乾物中成分含量 (%) <sup>※1</sup>					
			CP	NDF	NFC	デンプン	リグニン	カリウム
乳熟期	79.0	617	8.5	55.7	26.3	9.5	4.4	1.9
黄熟期	74.3	368	7.8	48.0	34.5	18.3	3.6	1.8
完熟期	65.5	321	7.7	46.0	36.2	20.2	3.5	1.8

※1 CP:粗蛋白質、NDF:中性アタージェント繊維、NFC:非繊維炭水化物(デンプン・糖・有機酸)

※2 硝酸態Nは乾物中含量

表3 トウモロコシサイレージの発酵品質

	pH	新鮮物中有機酸割合 (%)					VBN/TN (%)	Vスコア
		乳酸	酢酸	酪酸	リンゴ酸	計		
乳熟期	3.64	3.8	0.9	--	0.4	4.7	6.8	91
黄熟期	3.78	3.1	0.6	--	0.2	3.7	7.0	93
完熟期	3.85	4.0	0.6	--	0.1	4.6	6.9	93

VBN/TN:全窒素に占める揮発性塩基態窒素の割合 12.5%以下は「優」

### 2. 供試牛

供試牛は初産牛4頭と2産牛2頭の計6頭を供試した(表4)。試験開始時における分娩後日数は81~216日(平均137日)、試験開始前1週間の乳量は26.1~33.9kg(平均29.3kg)であった。6頭を2頭ずつのペア3組(A, B, C)に割り振り、1期2週間・3期のラテン方格法により収穫熟期が異なるトウモロコシサイ

表4 供試牛の概要

組	牛番号	産次	分娩後日数(日)	乳量(kg)
A	87	2	173	31.7
A	89	2	216	27.5
B	18	1	118	33.9
B	21	1	91	24.3
C	22	1	81	26.1
C	14	1	144	32.2

分娩後日数と乳量は試験開始時の値

にコーンハーベスタで刈り取り、細断型ロールペーラ(タカキタ MR-810)で調製した3種類のトウモロコシサイレージを用いた。

各収穫時に実施した坪刈り調査による推定収量を表1、翌年1月に行った発酵 TMR 調製時に採材したサイレージの乾物中成分分析値を表2、トウモロコシサイレージの発酵品質を表3に示した。

表1 坪刈りによる推定収量

		茎葉	雌穂	全草	雌穂%
生収量 (t/10a)	乳熟期	6.38	2.66	9.04	29.5
	黄熟期	5.94	2.18	8.12	26.7
	完熟期	4.06	1.66	5.72	29.0
乾物収量 (t/10a)	乳熟期	1.05	0.68	1.73	39.5
	黄熟期	1.12	1.03	2.15	47.7
	完熟期	1.09	1.09	2.18	50.1
水分含量 (%)	乳熟期	83.6	74.4	80.9	
	黄熟期	81.2	52.8	73.5	
	完熟期	73.4	34.6	62.1	

レージを配合した3種類の発酵 TMR を順次給与した。

### 3. 試験の日程

全ての供試牛が発酵 TMR の採食経験がなかったため、試験開始に先立ち、1日2回当場慣行の未発酵の TMR (慣行 TMR) 給与後に、本試験とは別に細断型ロールペーラを用いて泌乳牛用に試作調製したトウモロコシサイレージを含む発酵 TMR 約5kgを1週間上乗せ給与した。

試験の日程を表5に示した。

本試験では、未発酵の TMR を給与する対照区を設定しなかったため、発酵 TMR の嗜好性・採食性は、ラテン方格法による泌乳試験の開始前と、嗜好性テスト終了後にそれぞれ約1週間、慣行 TMR (朝・夕2回調製給与)を給与して飼料乾物摂取量を測定し、泌乳試験期間における発酵 TMR 採食量と比較した。

ラテン方格法による泌乳試験の開始は、2011年7月

石崎ら:収穫熟期が異なるトウモロコシサイレージを用いた泌乳牛用発酵TMRの給与効果

9日からを予定し、給与飼料の全量を慣行 TMR から 3 種類の試験発酵 TMR に切り替えたが、2 頭で切り替え後の数日間に採食量が伸びなかったため、1 週間を馴致期間として試験日程を 1 週間繰り延べした。よって、ラテン方格法による泌乳試験は、2011年 7 月

16日から 8 月 26 日とした。

泌乳試験終了後には、供試牛を含めた泌乳牛 18 頭を用いて、嗜好性テストを行った。

なお、異なる飼料への切り替えに当たっては、馴致期間を設けずに 1 日で切り替えた。

表 5 試験の日程

慣行TMR 採食量調査	発酵TMR への馴致	泌乳試験 (ラテン方格法)			嗜好性テスト	慣行TMR 採食量調査
		1 期	2 期	3 期		
7/4~ 7/8	7/9~ 7/15	7/16~ 7/29	7/30~ 8/12	8/13~ 8/26	8/29~ 8/30	9/6~ 9/9

#### 4. 泌乳試験

##### (1) 試験区分と供試飼料

乳熟期、黄熟期、完熟期に収穫したそれぞれのトウモロコシサイレージを用いた 3 種類の発酵 TMR を調製した。試験区分はこれらを 3 区×3 期のラテン方格法で給与する乳熟区、黄熟区、完熟区とした。各区の発酵 TMR の配合割合と飼料成分の設計値<sup>15)</sup>を表 6 に示した (トウモロコシサイレージと乾草の粗蛋白質 (CP) と中性ダタージェント繊維 (NDF) は分析値を使用)。トウモロコシサイレージの配合割合は、飼料成分表<sup>15)</sup>に示された乾物割合に基づき、各区とも乾物換算で 17.7% となるよう設計したが、発酵 TMR 調製時に採材したサンプルの実測乾物割合で計算した混合割合は、乳熟区 15.3%、黄熟区 16.9%、完熟区 16.4% であった。乳熟期のサイレージでは粗蛋白質がやや高かったため、大豆粕を減らして粗蛋白質含量をほぼ等

しく設定した。また、乳酸発酵を促進する目的で、廃棄水飴 (糖度 50%) を水で 3 倍に薄めて添加した。市販配合飼料は、表示成分 (%) が<sup>5)</sup> TDN 72.0、粗蛋白質 16.0、粗脂肪 2.5、カルシウム 0.40、りん 0.30 以上、粗繊維 18.0、粗灰分 10.0 以下で、ペレットと圧ペントウモロコシにビートパルプ、アルファルファキューブ、綿実等が含まれる泌乳牛用を供試した。

発酵 TMR の調製作業は 2011 年 1 月中旬に実施した。カッティング刃の付いた TMR ミキサー (Mixtron SR50SE/400) を用い、1 回攪拌当たり約 700kg 分の各材料を秤量・投入攪拌混合後、細断型ロールベアラ (タカキタ MR-810) に投入してロールベールに成形、ポリエチレンフィルムにてラッピング後、屋外で保管した。

なお、消化試験で測定した供試飼料乾物中成分含量の実測値は、設計値に比べて粗蛋白質がやや高く、NDF とデンプンがやや低かった (表 6)。

表 6 発酵 TMR の配合割合と飼料成分 (乾物中)

		乳熟区		黄熟区		完熟区 <sup>*1</sup>	
		原物%	乾物%	原物%	乾物%	原物%	乾物%
配 合 割 合 (%)	泌乳牛用配合飼料	15.1	23.5	15.0	22.1	14.9	22.3
	粉碎トウモロコシ	7.9	12.2	8.2	11.9	8.1	12.0
	トウモロコシサイレージ	41.4	15.3	39.3	16.9	28.0	16.4
	アルファルファ乾草	12.0	18.7	12.4	18.3	12.3	18.4
	オーツ乾草	9.4	14.6	9.7	14.3	9.6	14.4
	大豆皮	3.8	6.1	4.0	6.0	3.9	6.0
	大豆粕	4.7	7.3	5.5	8.1	5.5	8.2
	水飴	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9
	炭カル製剤	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4
	水	3.4		3.6		15.3	
		設計値	実測値	設計値	実測値	設計値	実測値
成 分 (%)	乾物率	56.6	54.8	59.7	61.2	61.1	61.3
	TDN	71.2		71.8		71.8	
	粗蛋白質	16.0	16.5	16.1	16.6	16.1	16.7
	NDF	37.6	35.2	36.6	32.4	36.2	31.8
	粗脂肪	3.1		3.2		3.2	
	デンプン	18.4	13.2	20.8	16.1	19.7	16.1
	RVI 値 <sup>*3</sup>	31.9		32.2		32.1	

<sup>\*1</sup> 乳熟区は乳熟期、黄熟区は黄熟期、完熟区は完熟期に収穫したサイレージを使用

<sup>\*2</sup> 成分値は乾物中の値

<sup>\*3</sup> RVI 値: 飼料乾物 1 kg 摂取当たりの咀嚼時間 (分) で、飼料の反芻刺激性 (粗剛性) を表す

(2) 飼料の給与

ロールベールラップサイレージの上部フィルムを円形に切除して、朝・夕2回(9:00と15:00)ホーク等を用いて120L容メッシュカゴに取り出して秤量・給与した。給与量は翌朝に2~5 kg程度の食べ残しが出るように調整した。

(3) 牛の管理

供試牛はウォーターカップとミネラル固形塩を備えたストールに繋留し、1日2回ミルクングパーラーで搾乳した(搾乳間隔は日中11時間、夜間13時間)。

(4) 調査項目

各期の最後の4日間を採材期間とした。

ア. 発酵 TMR の発酵品質: 各期の最終日に発酵 TMR のサンプルを採取した。サイレージ発酵品質評価法<sup>16)</sup> に準じて、500ml容ポリビンに100 g を取り蒸留水450 g を加えて一晩冷蔵保存し、ガラス棒で押しつぶした後、ろ紙でろ過して得た抽出液について pH を測定後、等量の6%過塩素酸液を加えて密栓保存した。有機酸を第一胃内容液と同様に測定した。

イ. 飼料乾物摂取量: 給与原物量、残飼量を測定し、それぞれ70℃の通風乾燥機で乾燥し、乾物割合を求め乾物摂取量を算出した。

ウ. 乳量: 4日間の朝夕の乳量を毎搾乳時に記録した。

エ. 乳成分: 4日間の朝夕の乳サンプルを採取し防腐剤を添加後冷蔵し、千葉県酪農農業協同組合連合会南部事業所(南房総市)でCombiFoss6300(Foss社)を用いて乳成分を分析した。各乳成分の平均値は、乳量で加重平均して算出した。

オ. 第一胃内容液: 各期の最終日に、朝の飼料給与から約4時間後に経口カテーテルを用いて採取し、pHを測定後に遠心分離して得た上清に等量の6%過塩素酸液を加えて密栓保存し、有機酸(揮発性脂肪酸及び乳酸等)を液体クロマトグラフィ<sup>17)</sup>で分析した。アンモニア態窒素は血液自動分析装置を用いてインドフェノール青比色法によった。すなわち、第1試薬(0.005%ニトロプルシッドナトリウム二水和物を含む1%フェノール液)、第2試薬( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ :5.4%、 $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ :1.7%、アンチホルミン1%を含む0.5%NaOH液)を各250  $\mu\text{l}$  分注し、660nmで比色定量した。

カ. 血液: 各期の最終日に第一胃内容液の採取直前に、ヘパリンナトリウム入り真空採血管で頸静脈から採取し、遠心分離後血漿を凍結保存し、自動生化学分析装置(日立7020)を用いて血液の諸成分を分析した。

キ. 消化率: 各期の最後の4日間に毎日給与飼料サンプルを約2 kg採取し、糞は4日間1日4回排糞中の糞または直腸内の糞を採取して毎回500 gをアルミバットに秤量した。それぞれ70℃の通風乾燥機で乾燥後、1 mmスクリーンの粉碎機で粉碎した。飼料、糞とも、粗蛋白質、中性デタージェント繊維(NDF)、

酸性デタージェント繊維(ADF)、デンプン、酸性デタージェントリグニン(ADL)、粗ケイ酸(AIA、ADL及びADF中の灰分)を分析した<sup>16)</sup>。乾物消化率は、飼料中の不消化成分であるADLとAIAを指標物質として次式によって算出し<sup>18)</sup>、両者から求めた値の平均値を乾物消化率値とし、さらに飼料成分の消化率を算出した。

$$\text{乾物消化率}(\%) = (1 - \text{飼料中 ADL} \% \text{ または AIA} \% / \text{糞中 ADL} \% \text{ または AIA} \%) \times 100$$

$$\text{飼料成分消化率}(\%) = 100 - (100 - \text{乾物消化率}(\%)) \times \text{糞中成分} \% / \text{飼料中成分} \%$$

(5) 統計処理

ラテン方格法による分散分析を行い、有意な差が認められた場合はtukeyの多重検定により試験区間の有意差を検出した<sup>19)</sup>。

5. 発酵 TMR の嗜好性テスト

泌乳試験終了後に、供試牛の6頭に加えて、少量の発酵 TMR を数回給与された経験がある6頭と給与経験がない6頭の計18頭の泌乳牛を用いて嗜好性テストを行った。調製直後の慣行 TMR と黄熟区の発酵 TMR をそれぞれ10kgずつ85L容のメッシュカゴに入れ、朝の飼料給与前または慣行 TMR 10kg程度を採食後に、各牛の飼槽に2つのカゴを並べて30~60分間の採食量を測定した。なお、反復は行わなかった。

6. 発酵 TMR の変敗テスト

8月26日の朝に、一旦給与して牛が口を付けた慣行 TMR と黄熟区の発酵 TMR を回収し、85L容のメッシュカゴに約20kgを入れて牛舎内北側の通路に置き、表面下約15cmの温度変化を温度計測装置(TR-71Ui、TR-72Ui、(株)ティアンドデイ)で約3日間(70時間)計測した。

## 結果及び考察

1. 発酵 TMR の発酵品質

調製後約5.5ヵ月経過した7月9日から各区のロールベールサイレージを順次開封して給与したが、全てのロールで肉眼的にはカビや腐敗はみられなかった。開封後は1ロールを4日間程度で給与したが、その間における変敗やカビの発生もなかった。

各期に採取した発酵 TMR サンプルの発酵品質を表7に示した。各区とも乳酸主体の発酵で酪酸は0.01%と少なく、良好な発酵品質であった。また、酢酸とリンゴ酸も生成されていた。

表7 発酵 TMR の pH と有機酸含量

	乾物%	pH	有機酸含量(原物中%)				
			乳酸	酢酸	酪酸	リンゴ酸	総酸
乳熟区	54.8	4.20	3.05	1.39	0.01	0.44	4.93
黄熟区	61.2	4.39	2.41	1.10	0.01	0.76	4.32
完熟区	61.3	4.33	3.15	0.87	0.01	0.28	4.33

2. 発酵 TMR と慣行 TMR の採食量比較

供試牛別の試験開始前と試験終了後に測定した慣行 TMR の乾物摂取量、泌乳試験中の期毎の供試 TMR の乾物摂取量、および、摂取量測定時の最高気温を図 1 に示した。慣行 TMR から発酵 TMR へ切り替え直

後(馴致期)には2頭で採食を嫌がって採食量が1~2日間大きく低下したが、その後は順調に採食した。なお、14号牛は、馴致期間中に体調を崩した牛と入れ替えて供試したため、試験開始前の摂取量は未測定である。

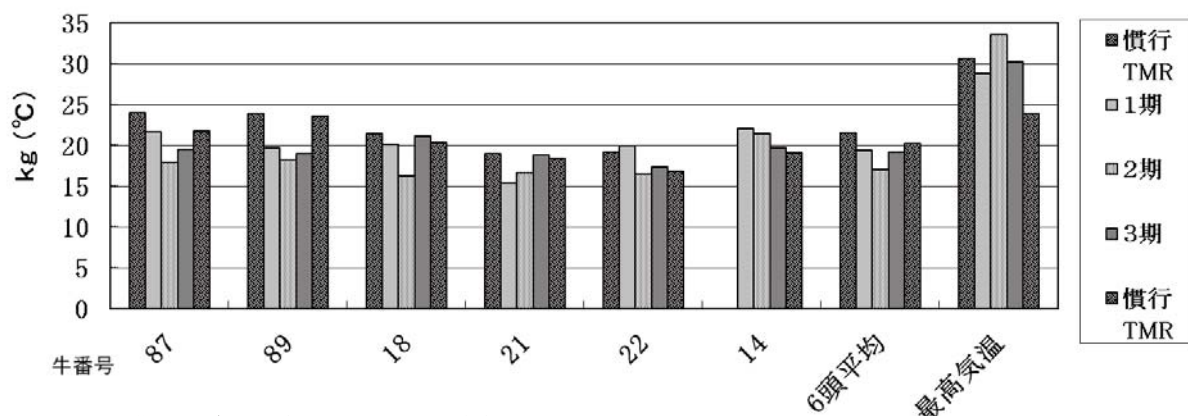


図1 試験期別の各牛の乾物摂取量と最高気温

泌乳試験期間中の乾物摂取量を期別にみると、第1期には3頭の牛で慣行 TMR に比べて摂取量が低かった。第2期には気温が上昇し、熱性多呼吸状態になって直腸温が41℃程度まで上昇する牛が散見され6頭中5頭で摂取量が第1期に比べ減少した。第3期には最高気温がやや低下し、第2期に摂取量が低下した5頭で摂取量が回復する傾向であった。本試験では、未発酵 TMR を給与する対照区を設定しなかったため、暑熱期における発酵 TMR の採食性の良否は明らかにできないが、最高気温が30℃を超える暑熱条件下では嗜好性が高いといわれる発酵 TMR 給与でも摂取量が低下することが確認された。なお、試験期間中に給与した発酵 TMR が飼槽で変敗することはなかった。

3. 泌乳試験

(1) 飼料乾物摂取量と泌乳成績

泌乳試験期間中の飼料乾物摂取量と泌乳成績を表 8 に示した。飼料乾物摂取量は18.1~19.9kgで各区間に差がみられなかった(P=0.34)が、乳熟区でやや多く摂取した。また、試験開始前と試験終了後の慣行 TMR の摂取量(それぞれ21.5kg、20.0kg)に比べるとやや低い値であった。

表8 飼料摂取量と泌乳成績

		乳熟区	黄熟区	完熟区	P値
乾物摂取量	kg/日	19.9	18.1	18.9	0.34
乳量	kg/日	24.3	24.9	25.4	0.88
乳脂率	%	3.66	3.44	3.67	0.80
乳蛋白率	%	2.96	3.02	3.03	0.76
乳糖率	%	4.48	4.48	4.48	1.00
SNF率	%	8.43	8.50	8.51	0.86
MUN	mg/dl	14.0	12.6	13.1	0.29
体細胞数	千/ml	34	37	49	0.68

MUN:乳中尿素態窒素

乳量は24.3~25.4kgで各区間に差がみられなかった(P=0.88)が、試験開始前の7月上旬の値(平均29.3kg)に比べて各区とも低かった。乳成分については、いずれも試験区間に差がみられなかった(P>0.76)が、夏季における牛群検定成績<sup>20)</sup>と比較すると乳蛋白質率と無脂固形分率(SNF率)がやや低い傾向であった。

BAL<sup>ら</sup><sup>14)</sup>は、糊熟前期、黄熟前期、黄熟後期、完熟期に収穫したトウモロコシサイレージをそれぞれ乾物中に33.5%含む配合内容が同じTMRを泌乳牛に給与したところ、飼料乾物摂取量には差がなく、糊熟前期では黄熟後期に比べて乳量は低かったが乳脂率が高く乳脂率4%補正乳量は同等であったと報告しており、今回の結果と合わせてトウモロコシサイレージの熟期の違いが飼料乾物摂取量や乳生産に及ぼす影響は少ないことが示唆された。

自給飼料を多く配合した発酵 TMR を給与した既報<sup>7,8,10,11,12)</sup>では、飼料摂取量、乳量、乳成分は同じ配合内容の未発酵のフレッシュ TMR と同等であり、発酵 TMR 給与によって乳生産が低下したという報告はないことから、本試験での乳量の低下は暑熱の影響と考えられた。

なお、試験期別にみると、気温が高かった第2期にはMUNが高かった(第1期13.0、第2期15.0、第3期11.7mg/dl、P=0.01)が、原因は明らかでない。

(2) 第一胃内容液性状

第一胃内容液に関する測定値を表 9 に示した。各区間に差はみられず、第一胃内容液 pH、乳脂率に影響するとされる酢酸/プロピオン酸比も3.0前後の適正な値<sup>21)</sup>を示し、トウモロコシサイレージの熟期の違いによる影響はみられなかった。乳酸は、第2期に87号牛で0.7mmol/dl検出されたが、その他の全ての検体では0.01mmol/dl以下と微量であった。

表9 第一胃内容液性状

		乳熟区	黄熟区	完熟区	P値
pH		6.61	6.50	6.38	0.66
総VFA濃度	mmol/dl	9.2	9.2	9.3	0.97
モル割合					
酢酸	%	61.8	60.0	60.1	0.45
プロピオン酸	%	20.0	22.2	20.8	0.15
n酪酸	%	13.4	13.6	15.3	0.12
酢酸/プロピオン酸比		3.11	2.81	2.91	0.36
アンモニア態窒素	mg/dl	15.7	13.5	13.3	0.25

同じ配合内容の発酵TMRとフレッシュTMRを泌乳牛に給与して比較した既報では、第一胃内容液性状には大きな差がなく<sup>7,8,12)</sup>、また発酵TMRに由来する多量の乳酸摂取による第一胃アシドーシスも見られない<sup>7,8)</sup>と報告されている。発酵TMRでは材料中の糖含量がトウモロコシ等の自給飼料に比べて高いため乳酸生成量が多くなるが、牛が摂取した乳酸は第一胃内微生物により主にプロピオン酸に変換される<sup>10)</sup>。本試験における1日当たり乳酸摂取量は0.7~1.1kg/日と推定されるが、第一胃内容液中に乳酸はごく微量しか検出されず、プロピオン酸等の揮発性脂肪酸に変換されたと考えられた。

試験期別の第一胃内容液中の酢酸割合(第1期60.0、第2期63.7、第3期58.2%、以下同順、P=0.01)、プロピオン酸割合(21.9、19.6、21.5%、P=0.10)、酢酸/プロピオン酸比(2.8、3.3、2.8、P=0.04)は、第2期に酢酸割合が高く、プロピオン酸割合が低かった。これは、第2期に気温が高かったために乾物摂取量が有意ではないが低くなった(19.8、17.8、19.3kg/日、P=0.24)ことが一因と考えられる。なお、pH(6.39、6.69、6.41、P=0.40)とアンモニア態窒素(13.7、13.6、15.2、P=0.47)には期による差はみられなかった。

### (3) 血液性状

血液成分の測定値を表10に示した。試験区間には差はみられず、いずれの値も正常値の範囲であり<sup>21,22,23,24)</sup>、発酵TMRを給与しても血液性状に影響が

表10 血液成分

		乳熟区	黄熟区	完熟区	P値
総蛋白	g/dl	8.5	8.3	8.2	0.48
アルブミン	g/dl	3.9	3.9	4.0	0.85
尿素窒素	mg/dl	18.7	17.9	18.3	0.89
グルコース	mg/dl	57.3	56.2	56.2	0.90
中性脂肪	mg/dl	6.2	6.2	5.7	0.77
総コレステロール	mg/dl	141	135	136	0.92
遊離脂肪酸	$\mu$ eq/L	70	60	58	0.56
GOT	IU/L	71	72	64	0.22
$\gamma$ GTP	IU/L	31	30	31	0.94
無機リン	mg/dl	5.1	5.0	6.1	0.14
カルシウム	mg/dl	9.8	10.1	10.0	0.29

なかったという報告<sup>8,9,12)</sup>と一致した。

なお、期別にみると、尿素窒素は、第1期:17.2、第2期:22.0、第3期:15.7mg/dlと気温が高かった第2期に上昇しており(P=0.01)、乳中尿素(MUN)と同様の動きであったが、給与飼料は各期とも同一であり、第一胃内容液中のアンモニア態窒素濃度も期による差がないことから、原因は明らかでない。

### (4) 飼料の消化率

飼料の乾物消化率およびそれから推定した飼料成分の消化率を表11に示した。飼料乾物の消化率には区間に差はみられなかった(P=0.23)が、トウモロコシの熟期が進むのに伴ってやや低下する傾向であった。繊維成分の消化率は、乳熟区が黄熟・完熟の両区に比べて高い値を示した(P=0.04~0.05)。デンプンの消化率は、完熟区が乳熟区に比べて低かった(P=0.03)。

表11 消化率(%)

	乳熟区	黄熟区	完熟区	P値
乾物	69.9	68.2	67.5	0.23
NDF	51.0 <sup>a</sup>	45.4 <sup>ab</sup>	44.9 <sup>b</sup>	0.04
ADF	52.0	46.7	45.3	0.05
ヘミセルロース	48.9 <sup>a</sup>	42.8 <sup>b</sup>	43.9 <sup>ab</sup>	0.04
デンプン	98.6 <sup>a</sup>	97.3 <sup>ab</sup>	93.7 <sup>b</sup>	0.03

異符号間に有意差有り P<0.05

ヘミセルロース=NDF-ADF

各区の乾物配合割合は、トウモロコシの熟期が異なる以外はほぼ同等に設定しており、消化率に見られた差はトウモロコシの熟期の違いを反映したものと考えられる。

トウモロコシの熟期と消化率の関係について、谷川ら<sup>25)</sup>は乳熟期、黄熟期、完熟期に収穫したトウモロコシサイレージに大豆粕を加えた飼料を乾乳牛に給与し、乾物と繊維の消化率は乳熟期で高く、デンプン消化率には差がなかったと報告している。BALら<sup>14)</sup>は糊熟前期から完熟までのトウモロコシサイレージを乾物中35%含む飼料を泌乳牛に給与し、熟期の進展に伴って繊維とデンプンの消化率が低下し、完熟期では乾物、有機物、CP、ADF、デンプンの消化率が他の区に比べて低かったと報告している。本試験の結果は、これらの報告と概ね一致する結果であった。

熟期の進展に伴う消化率の低下について、トウモロコシの子実以外の部位(茎・葉・穂軸・穂皮)のNDF含量が高まるためin vitro消化率が漸減する<sup>26)</sup>ことが報告されており、日本標準飼料成分表における粗繊維消化率でも、乳熟期に比べて黄熟期以降では10ポイント程度の低下が示されており、これらが乳熟区で繊維消化率が高かった原因と考えられる。

デンプン消化率については、登熟に伴い子実中デンプンの消化率が低下するが、これは第一胃内微生物の

消化を受けにくい角質化デンプンの割合が高くなるためである<sup>27)</sup>とされ、完熟区では未消化での排泄が増加した<sup>28)</sup>と考えられる。

なお、今回得られた各飼料成分の消化率の値は、泌乳前期の搾乳牛における値と概ね同等であった<sup>23)</sup>。

#### 4. 発酵 TMR の嗜好性テスト

表12に嗜好性テストにおける採食量を示した。泌乳試験に供試した6頭では全頭が明らかに慣行 TMR を選択し、時々発酵 TMR を食べるが慣行 TMR を好み、2頭は発酵 TMR に口を付けなかった。一方、発酵 TMR を初めて食べた6頭のうちの5頭では発酵 TMR の摂取量が多く、少量を数回採食した経験がある6頭では慣行 TMR と同等の嗜好性・採食量であった。発

酵 TMR の嗜好性について、同じ配合割合の未発酵 TMR と発酵 TMR を比較した嗜好性テストで発酵 TMR の嗜好性が高い<sup>10)</sup>、または同等であった<sup>8)</sup>との報告があり、泌乳試験供試牛以外の牛ではこれらの報告と一致する結果であった。しかし、これらの試験は少量の発酵 TMR を育成牛に数日間<sup>10)</sup>または乾乳牛に9日間給与<sup>8)</sup>した時の嗜好性評価結果である。本試験では1ヵ月間以上発酵 TMR だけを給与した後に嗜好テストを行った場合に慣行 TMR に比べて嗜好性が低くなる結果であり、発酵 TMR の有機酸含量が高く酸味が強いことなどが嗜好性を低下させる一要因と思われる。

一方、約1ヵ月間発酵させた自給飼料主体発酵

表12 嗜好性テストにおける採食量

	発酵を多く食べた牛	採食量 (原物kg)		P値
		発酵TMR	慣行TMR	
① 発酵TMR試験供試牛 (45分間)	0/6	0.63 <sup>A</sup>	6.99 <sup>B</sup>	<0.001
② 初めて食べる牛 (30分間)	5/6	3.25	1.49	0.11
③ 採食経験ある牛 (60分間)	3/6	3.97	4.28	0.72

黄熟区の発酵TMRと慣行TMR (生) を各10kg飼槽に並べ採食量を測定  
各6頭の泌乳牛の平均値  
異符号間に有意差有り

- ① 朝の飼料給与前に実施
- ② 慣行TMRを10kg程度食べた後に実施
- ③ 始め発酵TMRから与えて食いついてから慣行TMRを並置

TMR を1年間搾乳牛全頭に給与したところ、分離給与時と比べて高い乳生産を実現できたとの報告<sup>9)</sup>があり、適切に設計・調製された発酵 TMR は実用可能な飼料であると考えられる。

筆者らが別に実施した発酵 TMR の酪農家7戸での実証給与と試験では、トウモロコシサイレージや稲WCSなどを給与している農家6戸では数日の慣らし給与で発酵 TMR に全量置き換えることができたが、サイレージ類を給与していない農家1戸では発酵 TMR の摂取量が増えずに馴致が非常に難しかった例があること(未発表)から、発酵 TMR を利用する場合には、サイレージ等の発酵飼料への牛の馴致状況を考慮し、給与開始時には牛の採食量や個体毎の嗜好性などを十分に観察する必要があると考えられる。

#### 5. 発酵 TMR の変敗テスト

変敗テストにおける慣行 TMR と発酵 TMR の温度変化と気温を図2に示した。慣行 TMR では2時間半後から好気的変敗により温度が上昇し始め、13時間後には49.5℃に達した。発酵 TMR では約3日間温度上昇がみられず、夏季に於いても変敗が強く抑制されることが確認され、既報<sup>1,6,9,10,12)</sup>と一致する結果であった。発酵 TMR が好気的変敗しにくい理由として、西野<sup>29,30)</sup>は、変敗の原因となるカビや酵母に対する制菌作用が乳酸よりも強い酢酸が比較的多く生成されるこ

と、2ヵ月以上発酵期間を置くと変敗の原因となる酵母の菌数が激減すること、泌乳牛用 TMR に通常用いられるアルファルファ乾草を混合した発酵 TMR では変敗しにくいことなどを指摘している。

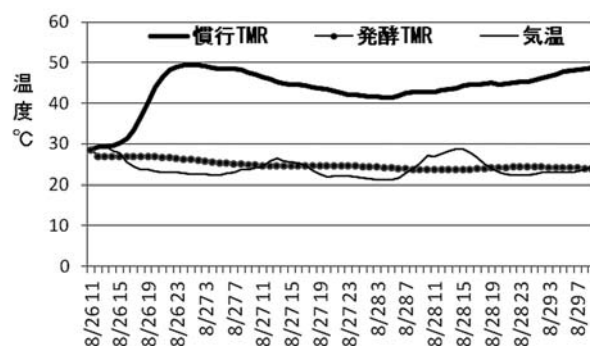


図2 発酵 TMR と慣行 TMR (生) の温度変化

以上から、乳熟期、黄熟期、完熟期に収穫したトウモロコシサイレージを飼料乾物中に約16%配合して細断型ロールベアラで調製した3種類の発酵 TMR を給与したところ、乳熟区では飼料乾物摂取量がやや多く繊維の消化率が高く、完熟区ではデンプン消化率が低かったが、飼料乾物摂取量、乳生産、第一胃内容液や血液性状に差がなく、トウモロコシの収穫熟期の違いは乳生産に影響しないことが明らかとなった。

未発酵 TMR と比べた場合の発酵 TMR の嗜好性は、発酵 TMR だけを7週間給与された泌乳試験供試牛では著しく低かったが、発酵 TMR を初めて食べた牛や少量を数回採食した経験がある牛では未発酵 TMR と同等以上の嗜好性であった。発酵 TMR を長期間給与する場合には有機酸含量と嗜好性の関連等についてさらに検討が必要と思われる。

## 引用文献

- 1) 野中和久 (2012)、安宅一夫監修、最新サイレージバイブル—サイレージと TMR の調製と給与—、酪農ジャーナル臨時増刊号、酪農学園大学エクステンションセンター:182-187
- 2) 吉田宣夫 (2006)、発酵 TMR への食品残さ・自給飼料の活用に向けて、牧草と園芸、雪印種苗54(4):7-11
- 3) 塩谷 繁 (2008)、自給飼料を活用した TMR センターの展望、日草誌54 (2):178-181
- 4) 浦川修司・山本泰也・吉村雄志・平岡啓司・乾 清人 (2004)、細断型ロールペーラを利用した稲 WCS の TMR ラップサイロの調製、平成15年度関東東海北陸農業試験研究推進会議畜産草地部会資料:167-168
- 5) 植村鉄矢・加藤真姫子・渡邊 潤・佐藤寛子 (2008)、細断型ロールペーラによる地域資源を活用した保存性の高い発酵 TMR 生産技術の開発と搾乳牛への給与試験 (第1報)、秋田畜試研報 22:1-7
- 6) 平岡啓司・山本泰也・乾 清人・浦川修司 (2007)、細断型ロールペーラを用いれば高品質発酵 TMR が調製できる、平成18年度関東東海北陸農業試験研究推進会議畜産草地部会資料:154-155
- 7) 山本泰也・乾 清人・浦川修司・平岡啓司・富田智明・田中浩二・西川周司・中西博司・前澤 卓 (2005)、稲発酵粗飼料 TMR ロールペーラサイレージの乳牛用飼料価値、平成16年度関東東海北陸農業試験研究推進会議畜産草地部会資料:46-47
- 8) 山本泰也・関 誠・乾 清人・平岡啓司・三宅健雄・島津是之・高橋英太・伊藤徹三 (2008)、稲発酵粗飼料が主な粗飼料源の発酵 TMR は泌乳牛用飼料として有用である、平成19年度関東東海北陸農業試験研究推進会議畜産草地部会資料:54-55
- 9) 乾 清人・山本泰也・三宅健雄・平岡啓司 (2008)、サイレージを主な粗飼料源とするロール発酵 TMR の通年給与による乳生産、平成19年度関東東海北陸農業試験研究推進会議畜産草地部会資料:56-57
- 10) 石田聡一 (2012)、板橋久雄監修、国産飼料の利用拡大に対応した乳牛の栄養管理、デーリイマン社:101-105
- 11) 増田隆晴 (2008)、阿部亮監修、飼料生産調製マニュアル、デーリイマン社:130
- 12) 都丸友久・平林晴飛 (2011)、自給飼料多給型発酵 TMR の泌乳牛への給与技術の開発、群馬畜試研報 18:1-8
- 13) 細断型ロールペーラ利用研究会 (2008)、細断型ロールペーラ利用マニュアル:7-30
- 14) BAL M. A., COORS J. G. and SHAVER R. D. (1997), Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. J. of Dairy Sci., 80: 2497-2503
- 15) 独立行政法人農業・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)、(社)中央畜産会
- 16) 自給飼料利用研究会編 (2009)、(社)日本草地畜産種子協会、三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック:9-26、65
- 17) 渡邊晴生 (1998)、サイレージへの乳酸菌接種に関する研究 Ⅲ. 乳酸菌接種がライ麦サイレージの乾物回収率と発酵品質に及ぼす影響、千葉畜セ研報 22:33-37
- 18) 森本宏監修、動物栄養試験法 (1971)、(株)養賢堂:208
- 19) 吉田 実 (1975)、畜産を中心とする実験計画法、(株)養賢堂:101-111
- 20) 乳用牛群検定全国協議会、平成22年度乳用牛群検定成績のまとめ:24-25
- 21) 川村清市・内藤善久・前出吉光監修 (2005)、獣医内科学 大家畜編、文永堂出版:333-334
- 22) 藤城清司ら (1991)、「乳牛における繊維・澱粉質飼料の効率的給与技術の確立」に関する研究、千葉畜セ特別研報 2:8-42
- 23) 藤城清司・江畑富夫ら (1998)、『低コスト高品質牛乳生産のための乳牛飼養管理技術の開発』に関する研究、千葉畜セ特別研報 3:4-105
- 24) 西山厚志・石崎重信 (2010)、泌乳牛への米ソフトグレインサイレージ給与の影響、千葉畜セ研報 10:1-5
- 25) 谷川珠子・大坂郁夫・川本 哲・原 悟志 (2008)、熟期の異なるとうもろこしサイレージの給与が乳牛の炭水化物および蛋白質利用性に及ぼす影響、日畜会報 79 (1):29-35
- 26) Weaver D. E., Coppock C. E., Lake G. B, and Everett R. W. (1978), Effect of maturation on composition and in vitro dry matter digestibility of corn plant parts. J. of Dairy Sci. 61:1782-1788
- 27) Philippeau C. and Michalet-Doreau B. (1997), Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. Animal Feed Sci. and Tech. 68:25-35
- 28) 名久井忠 (2012)、安宅一夫監修、最新サイレージバイブル—サイレージと TMR の調製と給与—、酪農学園大学エクステンションセンター:108
- 29) 西野直樹 (2006)、発酵 TMR はなぜ変敗しないの



石崎ら:収穫熟期が異なるトウモロコシサイレージを用いた泌乳牛用発酵TMRの給与効果

か?、デイリージャパン、51 (10):28-32

30) 西野直樹 (2012)、安宅一夫監修、最新サイレージ

バイブル—サイレージと TMR の調製と給与—、酪

農学園大学エクステンションセンター:20-22