

夏季の飼料摂取量向上のための

TMR 調製技術の検討

渡辺 裕恭・吉田 雅規・後藤 充宏^{*1}・片山 正敏

要 約

夏季の飼料摂取量の向上を目指して、完全混合飼料（TMR）の変敗を防止するための添加剤としてプロピオン酸アンモニウム、また、嗜好性の向上のための添加物としてグルタミン酸ナトリウムをそれぞれ取り上げ、TMR への添加が飼料摂取量および乳生産等に及ぼす影響について検討した。その結果、次のような知見が得られた。1)プロピオン酸アンモニウムを1%添加することにより、TMR の温度および水素イオン濃度（pH）の上昇が抑制された。2)プロピオン酸アンモニウムを1%添加した TMR は、無添加の TMR に比べ、乾物摂取量（DMI）には影響を及ぼさなかったものの、乳量は多くなる傾向が見られた。3)グルタミン酸ナトリウムを1%添加した TMR による DMI、乳量および乳成分への影響は見られなかった。

目 的

高泌乳牛は、高水準の乳量および乳成分を維持するため、高水準なエネルギー飼料をルーメン発酵を正常に維持しつつ、継続して給与する必要がある。その最も適した給与形態として、完全混合飼料（TMR）が注目され、本県酪農経営にも普及しつつある。

また、近年では、県内の農協連や飼料販売会社でも TMR を取り扱うようになり、TMR そのものを供給する体制も整いつつある。

TMR は原料となる粗飼料および濃厚飼料を混合し、均質化するために、水を加えて調製することとなる。

加水によって調製された TMR は、酵母や細菌の増殖に適度な水分となり、西南暖地に位置する本県の高湿多雨な気象条件とも重なり、夏季には好気的変敗と呼ばれる現象が起こりやすい状況にあると考えられる。

このような TMR の品質劣化は、採食性および生産性を大きく低下させることから、夏季には、暑熱

*1 ; 現 畜産課

環境の影響に加え，TMR の好気的変敗が乳生産の低下の要因の 1 つとなるものと考えられる。

本試験では，本県の気象条件に応じて好気的変敗を抑制するための基礎的知見を得ることとし，既に紹介されている好気的変敗抑制剤（プロピオン酸アンモニウム）の効果^{2,3)}について検討した。

また，併せて，粗飼料の品質に左右されず，嗜好性を維持する簡便な方法を見出すための基礎的知見を得ることとし，旨味成分であるグルタミン酸ナトリウムの効果¹⁾について検討した。

材料および方法

試験 1（プロピオン酸アンモニウムの添加が TMR の好気的変敗および採食性，乳生産に及ぼす影響）試験は，平成 13 年 7 月 2 日から平成 13 年 7 月 29 日まで実施した。

供試牛は，試験開始前 14 日間の平均乳量が 25.8kg / 日のホルスタイン種泌乳牛を 19 頭用い，フリーストール牛舎において，2 群の群飼により実施した。

供試飼料（TMR）は，原料として，市販配合飼料，トウモロコシ，大麦，大豆粕，綿実，ビートパルプ，スーダン乾草，アルファルファ乾草を用いた。さらに，本試験では，TMR を好気的変敗が起こりやすい状況とするため，pH4.38 のコーンサイレージについても原料として加えた。また，ミネラル剤，ビタミン剤も添加した。

各供試飼料の飼料構成と化学成分については，表 1 に示したとおりである。また，水および固形塩は自由摂取させた。

なお，TMR を均質するため，混合する際に水を加えたが，加水する量は，給与時の TMR 中の水分が 55% となるよう調製した。また，好気的変敗抑制剤の添加区には，プロピオン酸アンモニウムを 1% 添加して調製した。

表 1 供試飼料（TMR）の飼料構成と化学成分

飼 料	混合割合（%DM）
コーン・サイレージ	18.0
スーダン乾草	11.6
アルファルファ乾草	7.3
ビートパルプ	10.7
市販配合飼料	13.6
トウモロコシ	15.6
圧 べ ン 大 麦	11.4
大 豆 粕	9.3
綿 実	2.8
T D N（%DM）	72.5
C P（%DM）	14.9
E E（%DM）	2.8
N D F（%DM）	37.7

試験は、1期 14 日間とし、プロピオン酸アンモニウムの 1% 添加区および無添加区の 2 処理区を設け、クロスオーバー法による 2 期 28 日間の反転試験を実施した。

調査は、1 期 14 日間のうち、前半 7 日間を予備試験期間とし、後半 7 日間を本試験期間として、本試験期間に調査した。

調査項目および方法は次のとおりとした。

飼料摂取量、乳量、乳成分は本期 7 日間、毎日調査した。なお、飼料摂取量は、群飼のため各区とも 1 群 1 サンプルとし、1 頭当たりの飼料摂取量をもとめた。TMR の温度は、本期の 7 日間、毎日データロガーにより 1 時間毎に記録した。胃液性状は、本期の最終日に経口カテーテル法により採取し、pH を調査した。乾球温度 (DBT) ・相対湿度 (RH) は、牛舎内の柱に、塩化ビニル製の T 型ソケット (内径 200mm) を牛床より高さ 2.0m の位置に取り付け、この中にデータロガーを設置し、1 時間毎に記録した。牛舎内での設置は 2 カ所とした。

統計処理は、得られたデータを用いて、SAS (Statistical Analysis System) の GLM プロシージャにより処理した^{11, 12)}。

試験 2 (グルタミン酸ナトリウムの添加が TMR の採食性および乳生産に及ぼす影響)

試験は、平成 13 年 8 月 6 日から平成 13 年 9 月 2 日まで実施した。

供試牛は、試験開始前 14 日間の平均乳量が 22.9kg / 日のホルスタイン種泌乳牛を 19 頭用い、試験 1 と同様にフリーストール牛舎において、2 群の群飼により実施した。

供試飼料 (TMR) は、原料として、市販配合飼料、トウモロコシ、大麦、大豆粕、スーダン乾草、アルファルファ乾草を用いた。また、ミネラル剤、ビタミン剤も添加した。

各供試飼料の飼料構成と化学成分については、表 2 に示したとおりである。また、水および固形塩は自由摂取させた。なお、TMR を均質するための加水量は、試験 1 と同様に給与時の TMR 中の水分が 55% となるよう調製した。また、嗜好性を向上させるための添加物として、添加区には、グルタミン酸ナトリウムを 1% 添加して調製した。

表2 供試飼料（TMR）の飼料構成と化学成分

飼 料	混合割合 (%)
ス ー ダ ン 乾 草	33.5
アルファルファ乾草	8.1
市 販 配 合 飼 料	4.1
ト ウ モ ロ コ シ	27.9
庄 ペ ン 大 麦	12.2
大 豆 粕	14.2
M E (%DM)	2.7
T D N (%DM)	72.3
C P (%DM)	15.1
E E (%DM)	2.4
N D F (%DM)	35.8

試験は、試験1と同様に1期14日間とし、グルタミン酸ナトリウムの1%添加区および無添加区の2処理区を設け、クロスオーバー法により2期28日間の反転試験を実施した。

調査は、1期14日間のうち、前半7日間を予備試験期間とし、後半7日間を本試験期間として、本試験期間に調査した。

調査項目および方法は次のとおりとした。

体重、飼料摂取量、乳量、乳成分は、試験1と同様に本試験期間の7日間、毎日調査した。乾球温度（DBT）・相対湿度（RH）は、試験1と同一のものを用いて調査した。

統計処理は、試験1と同様に処理した。

結 果

試験1（プロピオン酸アンモニウムの添加がTMRの好気的変敗および採食性、乳生産に及ぼす影響）

(1) TMRの好気的変敗

プロピオン酸アンモニウムの添加割合を決定するため、事前にコーンサイレージを20%混合したTMRを用いて、プロピオン酸アンモニウムの添加割合と24時間後のTMRのpHの関係を図1に示した。

この結果、プロピオン酸アンモニウムを1%添加することで、24時間後でもpHが4付近に保たれた。得られた結果をもとに、本試験に用いたTMRには、プロピオン酸アンモニウムを1%添加することとした。

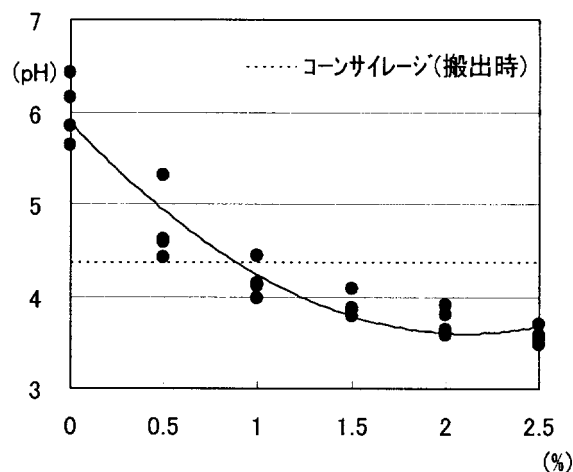


図1 添加割合とTMRのpHの関係(24h後)

次にプロピオン酸アンモニウムの1%添加したTMR(添加TMR区)と無添加のTMR(無添加TMR区)をそれぞれ28℃の恒温器内に放置し、経時的にpHを測定した結果を図2に示した。

その結果、添加TMR区では、調製後、96時間経過(4日後)してもpH5付近で推移した。一方、無添加TMR区では、24時間経過後(翌日)には、pH7付近まで上昇し、その後pH7付近で推移した。

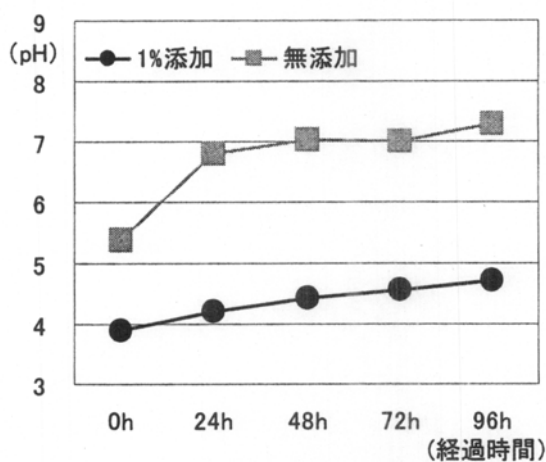


図2 TMRのpHの推移

次に本試験期間中、調製した添加TMR区と無添加TMR区からそれぞれTMRをサンプリングし、小型コンテナ内に堆積高30cmで堆積し、データロガーを用いて経時的にTMRの温度を記録し結果を図3に示した。

その結果、14時に調製して以後、いずれのTMRでも、温度の上昇が見られたが、添加TMR区では、約12時間(半日)で35℃程度まで緩やかに上昇し、その後は上昇することはなかった。一方、無添加TMR区では、約16時間で45℃程度まで上昇し、その後は緩やかに低下する様子が見られた。

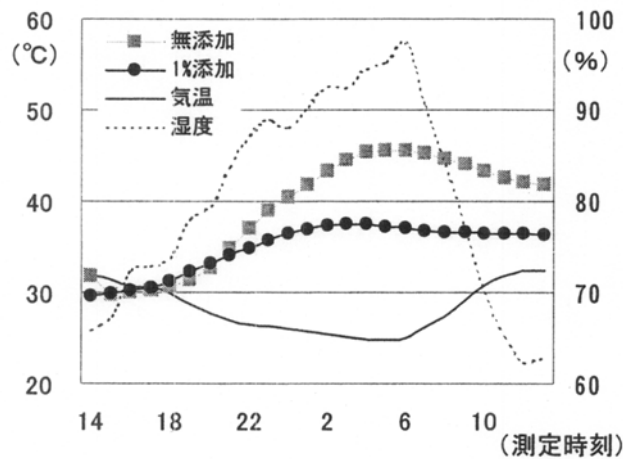


図3 TMRの温度推移

(2) プロピオン酸アンモニウムの添加が採食性および乳生産に及ぼす影響

本試験期間中の体重，乾物摂取量，胃液（pH）について，表3に示した。

体重および乾物摂取量には，差が認められなかった。なお，胃液（pH）は添加TMR区において有意に低下した。

表3 プロピオン酸アンモニウム添加が採食性に及ぼす影響

項目	添加(1%)	無添加
体重(kg)	644.7	641.8
乾物摂取量(kg/day)	24.9	24.4
胃液性状(pH)	6.48	6.77**

有意差有り (**:P<0.01)

次に本試験期間中の乳量，乳質について，表4に示した。

乳量は，添加TMR区において有意に高くなった。

また，乳成分のうち，乳脂率，乳蛋白質率，乳糖率，無脂固形分率，全固形分率については，いずれも有意な差が認められなかったものの，体細胞数において，添加TMR区が有意に高くなった。

表4 プロピオン酸アンモニウム添加が乳生産に及ぼす影響

項目	添加 (1%)	無添加
乳 量 (kg/day)	25.5**	21.7
乳 脂 率 (%)	3.82	3.82
乳蛋白質率 (%)	3.52	3.46
乳 糖 率 (%)	4.51	4.48
無脂固形分率 (%)	9.03	8.94
全固形分率 (%)	12.81	12.75
体細胞数 (万/ml)	6.93**	5.14

有意差有り (**:P<0.01)

試験2 (グルタミン酸ナトリウムの添加が TMR の採食性および乳生産に及ぼす影響)

本試験期間中の気温，湿度，体重，乾物摂取量を表5に示した。牛舎内の気象条件は，フリーストール牛舎の立地条件および構造条件から，牛舎を東西に2分し，さらに試験処理を同一場所で反転した結果，グルタミン酸ナトリウムを1%添加したTMRを給与した区（添加TMR区）において気温が有意に高くなったものの，湿度には，差は見られなかった。また，体重，乾物摂取量についても有意な差は見られなかった。

表5 グルタミン酸ナトリウム添加が採食性に及ぼす影響

項目	添加 (1%)	無添加
気 温 (°C)	28.7*	27.1
湿 度 (%)	78.1	77.3
体 重 (kg)	645.8	650.5
乾物摂取量 (kg/day)	23.0	23.9

有意差有り (*:P<0.05)

本試験期間中の乳量および乳成分について，表6に示した。

乳量および乳成分のいずれの項目においても，有意な差は見られなかった。

表 6 グルタミン酸ナトリウム添加が乳生産に及ぼす影響

項 目	添加 (1%)	無添加
乳 量 (kg/day)	23.3	23.6
乳 脂 率 (%)	4.03	3.86
乳蛋白質率 (%)	3.64	3.66
乳 糖 率 (%)	4.49	4.51
無脂固形分率 (%)	9.14	9.16
全固形分率 (%)	13.16	13.02
体細胞数 (万/ml)	5.37	5.43

考 察

試験 1 (プロピオン酸アンモニウムの添加が TMR の好気的変敗および採食性、乳生産に及ぼす影響)

本試験においては、古本の報告^{2,3)}のとおり、プロピオン酸アンモニウムを 1.0% 添加することで TMR の pH の上昇を抑制するとともに、TMR の温度上昇を抑制することができた。胃液 pH は、プロピオン酸アンモニウムの添加により、有意に低下したものの、正常なルーメン発酵に支障を来す性状にならなかったことから、1.0% 添加しても乳生産には影響を及ぼすことがないものと考えられる。

なお、飼料摂取量には、両区間に差が見られなかったにもかかわらず、乳量には有意な差が認められたことから、既に知られているとおり、プロピオン酸アンモニウムの無添加区においては、発酵による養分の損失があったものと考えられる^{2,3)}。

一方で、変敗が抑制されたにもかかわらず、飼料摂取量の向上効果が見られなかったことから、プロピオン酸アンモニウムの添加が嗜好性に影響を及ぼした可能性が示唆される。このことから、飼料摂取量が向上すれば、乳量の低下がさらに抑制されるものと考えられる。

プロピオン酸は、低い濃度でも拒絶反応を示したという報告⁵⁾もあることから、添加した飼料の嗜好性の面については検討する必要がある。

試験 2 (グルタミン酸ナトリウムの添加が TMR の採食性および乳生産に及ぼす影響)

グルタミン酸ナトリウムは、アミノ酸として飼料添加物に指定され、栄養効率を高めるために一部の配合飼料で添加されているとともに、嗜好性を改善する報告^{1,2,3,4)}もされている。

今回は、夏季の暑熱ストレスなどによる飼料摂取量の低下、および流通粗飼料のうち安価な品質の悪いものを利用した場合の嗜好性の向上に対応するため、グルタミン酸ナトリウムの有効性について、泌乳牛期用の TMR に添加して検討した。

本試験では、TMR にグルタミン酸ナトリウムを 1% 添加しても無添加の TMR とのあいだに飼料摂取量に差がみられなかった。

TMR への添加量の設定については、サイレージへの 1% 添加により、去勢牛に対する採食性が向上したという報告¹⁴⁾を踏まえて設定したものであったが、TMR は、サイレージのように単一飼料ではなく、多種多様な原料が組み合わせられた混合飼料であることから、様々な味物質と反応し、複合味を呈した可能性が考えられる¹⁰⁾。

一方、本試験では、構造条件から東西に 2 分割したフリーストール牛舎において、2 群に分割した。さらに、グルタミン酸ナトリウムの添加処理の位置を西側とし、2 牛群を入れ替えることで処理区を反転したことから、試験期間中の平均気温が、グルタミン酸ナトリウムの添加区が無添加区に比べ 1.7 も高くなった。これに対して飼料摂取量には両区間に差が見られなかった。

このことから、平均気温の高かったグルタミン酸ナトリウムの添加区により強い暑熱ストレスの影響が加わったことを考慮すれば、グルタミン酸ナトリウムの添加により、飼料摂取量の低下を抑制されたものとも考えられる。

混合飼料への添加量については、0.148% の添加では、採食性は改善されないとの報告¹³⁾もあり、TMR への適正な添加量は、1 頭当たりの飼料費を考慮しつつ、検討する必要がある。

なお、グルタミン酸ナトリウムともう一つの旨味成分であるイノシン酸ナトリウムとを混合することにより、旨味の強さがそれぞれの旨味の強さの和の数倍から数十倍増強されるとの報告¹⁰⁾もあることから、旨味成分の組み合わせによって添加量を抑制することが可能となるものと考えられる。

文 献

- 1) 土肥宏志．日本畜産学会報，67(3)：314-321．1996．
- 2) 古本史．畜産の研究．43(3)：29-32．1989．
- 3) 古本史・鳥山恭．広島県立畜産試験場研究報告．7：7-11．1989．
- 4) 萬田正治・浦田克博・野田鉄也・渡邊昭三．日本畜産学会報，65：362-367．1994．
- 5) 宮城県農業実践大学校．畜産部卒業論文第 18 号．1996．
- 6) 松岡栄・尾上富見男・加藤勝幸・藤田裕．日本畜産学会報，53：786-791．1982．
- 7) Nombekela SW・Murphy MR・Gonyou HW・Marden JI. J.Dairy Sci, 77:2393-2399. 1994.
- 8) 大下友子．酪農ジャーナル．14-16．2001.6．
- 9) (社)日本草地協会．これからの自給飼料戦略“サイレージ調製給与の理論と展開”．1984．
- 10) 佐藤昌康．味覚の化学，213-226．1981．
- 11) SAS；SAS/STAT ユーザーズガイド．6.04 版．SAS 出版社．東京．1996．
- 12) SAS；SAS/ETS ソフトウェアユーザーズガイド．SAS 出版社．東京．1996．
- 13) Walden DE・Van Dyk RD. J.Dairy Sci, 54:262-265. 1971.
- 14) Yamaguchi S. J.Food Sci, 32:473-479. 1967.