

高乾物率の混合飼料(TMR)における乾物率および 4-ギ酸アンモニウム(ATF)添加が調製後の発熱特性に及ぼす影響

磯崎良寛・柿原孝彦・原田美奈子・古賀康弘
(畜産研究所)

混合飼料 (TMR) の調製後の発熱対策のため、TMR の乾物率が60～80%の範囲で、乾物率の違いおよび4-ギ酸アンモニウム (ATF) 添加が、夏期における混合飼料の発熱に及ぼす影響について検討した。

- ① ATF無添加の場合、乾物率が60%および70%のTMRは調製32時間後までに45℃以上に温度が上昇したが、乾物率が80%のTMRは36.2℃ (調製48時間後) が最高到達温度であった。
 - ② 環境温度が高いほど、TMRの発熱開始が早かった。
 - ③ ATFを添加したTMRは調製25時間後まで発熱しなかったが、環境温度が高い場合には、乾物率が60%および70%と低いTMRが調製25時間後以降に発熱した。
 - ④ 発熱したTMRは、一定時間以上温度が高い状態で推移すると、乾乳牛による採食率が低下した。
- 以上の結果、乾物率を80%まで高めること、またはATFの添加により、TMRの調製後の発熱が抑制され、調製48時間後まで乳牛の採食率が低下しない給与が可能と考えられる。

[キーワード：混合飼料 (TMR)、発熱、乾物率、4-ギ酸アンモニウム (ATF)、採食率]

Effects of Dry Matter Content and ATF supplementation on Heat Generation in Total Mixed Rations after Mixing. ISOZAKI Yoshihiro, Takahiko KAKIHARA, Minako HARADA and Yasuhiro KOGA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 18:110-113 (1999)

During hot season, total mixed rations (TMR) after mixing tend to generate heat and decrease feed consumption in dairy cows. TMR were mixed with 60-80% dry matter content, and the heat generation after mixing was examined to develop heat inhibition methods.

- ① Heat in TMR was generated earlier after mixing, when the dry matter content decreased. TMR with 80% dry matter content generated no heat during 48hrs after mixing.
- ② Heat in TMR was generated earlier after mixing with higher environmental temperature.
- ③ TMR supplemented with ammonia tetra-formate (ATF) generated no heat during 25hrs after mixing. TMR with 60 and 70% dry matter content in high environmental temperature generated heat from 26hrs after mixing in spite of supplemented with ATF.
- ④ TMR with heat generation decreased feed consumption in dairy cows, when stored for 48hrs.

These results suggest that the TMR with 80% dry matter content or supplemented with ATF restrain heat generation after mixing, and feed consumption in dairy cows after 48 hrs storage does not decrease.

[Key words: total mixed rations, heat generation, dry matter content, ammonia tetra-formate, feed consumption]

結 言

牛の要求するすべての栄養成分が充足できるように粗飼料および濃厚飼料を混合する混合飼料 (TMR) は、牛の乾物摂取量を高める事が可能な省力的飼料給与法として県内酪農家に広く普及している。しかし、暑熱期においては、調製後のTMRが発熱して、変敗や牛の嗜好性の低下を招きやすい^{6,8,9)}。

TMRの発熱防止対策については、被覆・密封や4-ギ酸アンモニウム (ATF) の添加が有効であるという報告がある^{1,2,3,6)}。また、藤井ら¹⁾、苦米地ら^{8,9)}は、TMRの乾物率が高いほど発熱開始が遅くなると報告しているが、これらの報告はサイレージ等多汁質の飼料を利用した乾物率が30～60%のTMRの調査結果である。

最近、県内では乾物率の高い飼料構成によるTMRも利用されるようになってきているが、これまで乾物率の高いTMRにおける調製後の発熱および発熱に及ぼすATF添加

の影響に関する調査事例はなかった。そこで、今回乾物率が60～80%のTMRについて、調製後の温度変化を調査するとともに、一定時間が経過した後のTMR抽出液の性状変化および採食率を調査した。併せて、これらのTMRにATFを添加した場合の効果を調査した。

材料および方法

1 TMR飼料構成および試験区分

供試したTMRは、スーダン乾草：3kg、ビートパルプ：1kg、アルファルファヘイキューブ：1kg、乳牛用配合飼料：6kgに水を加えてチェーン式飼料混合機で5分間混合したものであり、乾物当たりの算出養分濃度はTDN：71.9%、CP：14.8%であった。

加える水の量を調整して乾物率が60%、70%、80%と3水準のTMRを調製し、それぞれの乾物率のTMRに70%ATFを現物重量当たり0.75%添加する(+)区および

び添加しない(-)区 (計6区, 以下60(+)-80(-)とする)を設定した。

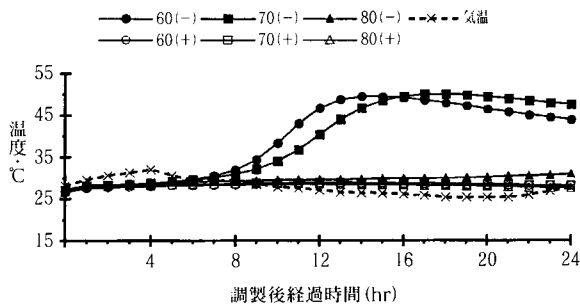
2 発熱状況調査

1997年8月21日から9月5日の間に, 各区TMRの調製後の発熱状況について3回の調査(調査Ⅰ～Ⅲ)を実施した。

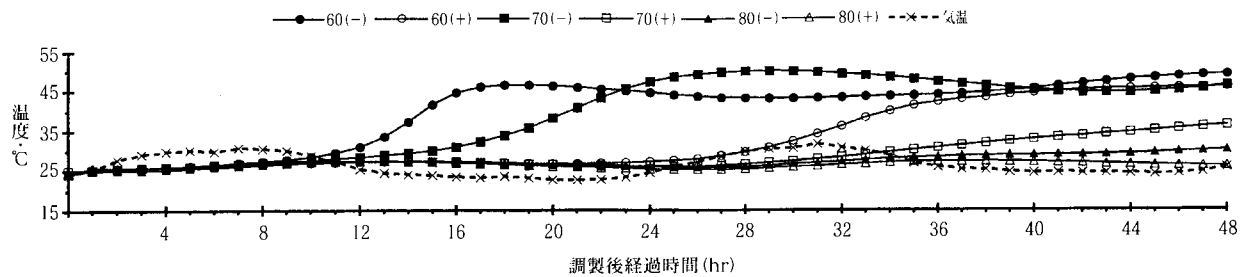
各調査の調査日時および調査時の気象条件を第1表に示した。調査Ⅰにおける平均室温は27.7℃と高く, 調製4時間後に最高室温(32.1℃)に達した。調査Ⅱにおける平均室温は26.3℃, 調製日の最高室温は調製7時間後の30.8℃, 翌日の最高室温は調製31時間後の31.7℃

第1表 調査日時および気象条件

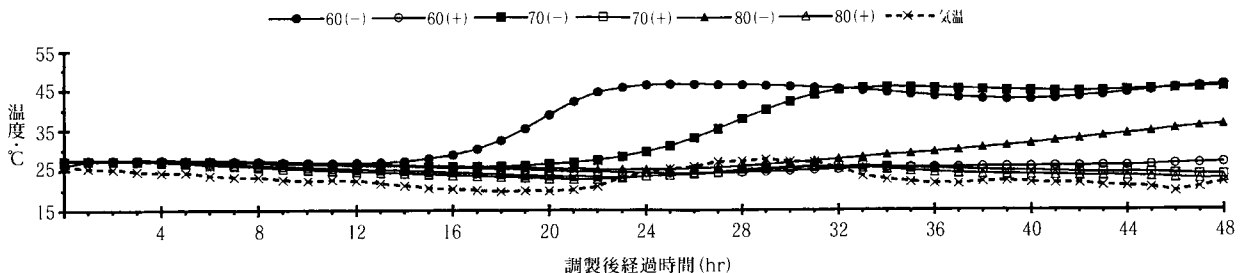
調査	調査開始日 時	調製後の調査時間	天候	牛舎内温度(℃)			湿度(%)	
				平均	最高	最低	最高	最低
I	8/21, 10:00	24時間	晴～曇	27.7	32.1	25.3	90	59
II	8/27, 8:00	48時間	晴	26.3	31.7	22.7	88	58
III	9/3, 10:00	"	雨～晴～雨	22.8	27.6	19.6	94	55



第1図 調査Ⅰにおける異なる6種のTMR温度および気温の推移



第2図 調査Ⅱにおける異なる6種のTMR温度および気温の推移



第3図 調査Ⅲにおける異なる6種のTMR温度および気温の推移

であった。調査Ⅲにおける平均室温は22.8℃, 調製日の最高室温は調製時の25.9℃, 翌日の最高室温は調製28時間後の27.6℃と他の調査よりかなり低い状況にあった。調製後のTMRを90ℓのプラスチック製コンテナに入れて熱電対を挿入し, 牛舎内で自記式温度記録計により牛舎内温度とともに1時間毎に温度を測定した。

3 TMR抽出液の性状

調査ⅡおよびⅢにおいて, 調製直後, 24時間後, 48時間後のTMRを数ヶ所から50gサンプリングし, 300mlの純水を加えて4℃で24時間放置後に搾汁して抽出液を調製し, 半導体電極pH計によりpH値を測定した。また, 水蒸気蒸留法⁴⁾により抽出液のVBN(揮発性塩基態窒素含量)を測定し, CP含量から求めたTN(総窒素含量)で除することにより, VBN/TN値を算出した。

4 調査後のTMRの採食率

発熱状況調査終了後のTMRを7頭の乾乳牛群にカフェテリア方式により給与し, 15分間の採食量から各区TMRの採食率を測定した。

結 果

1 TMRの発熱状況

調査Ⅰ～Ⅲにおける各区TMRの調製後の発熱状況をそれぞれ第1～3図に示した。発熱したTMRでは, 調製して一定時間が経過した後に温度が上昇し始め, 45～50℃に達した後にほぼ横這いで推移した。

ATF無添加の場合, 乾物率が60%および70%のTMRは, 3回の調査時の全てにおいて45℃以上まで温度が上昇したが, 乾物率が80%のTMRはほとんど温度が上昇せず, 調査Ⅲの調製48時間後における36.2℃が最高温

度であった。調査 I、II、III における 60(-) の TMR では、それぞれ調製 7~13, 10~17, 16~23 時間後にかけて、70(-) の TMR では、それぞれ調製 8~16, 16~25, 23~32 時間後にかけて、急激に (1℃/hr 以上) 温度が上昇した。

一方、ATF を添加した TMR においては、発熱がほぼ抑制され、温度が 45℃ 以上に達したのは調査 II の 60(+) の TMR のみであった。また、調査 II の 70(+) の TMR は、調製 26 間後以降に緩やかに温度が上昇して調製 48 時間後に 36.8℃ に達した。それ以外の ATF を添加した TMR では、ほとんど温度が上昇しなかった。

2 TMR 抽出液の性状

調査 II および III の各区 TMR の抽出液の pH 値および VBN/TN 値の推移を第 2 表および第 3 表に示した。

ATF を添加して調製した TMR の抽出液の調製時の pH 値は、添加しない場合に比べて 0.4~0.5 低かった。調査 II では 60(+) および 70(+) の調製 48 時間後の pH 値が調製時に比べて 0.8 および 0.7 増加し、調査 III では 60(+)

第2表 異なる6種のTMR抽出液pHの経時変化

調査	採取時	T M R の 種 類 ¹⁾					
		60(-)	70(-)	80(-)	60(+)	70(+)	80(+)
II	調製時	5.7	5.7	5.7	5.3	5.2	5.2
	24時間後	5.7	5.7	5.7	5.5	5.4	5.3
	48時間後	5.7	6.0	5.7	6.1	5.9	5.2
III	調製時	5.8	5.7	5.7	5.4	5.3	5.3
	24時間後	5.6	5.7	5.6	5.4	5.3	5.3
	48時間後	5.7	5.8	5.9	6.2	5.4	5.3

1) 数値はTMRの乾物率(%),カッコ内の-はATF無添加,+はATF添加を表す。

第3表 異なる6種のTMR抽出液のVBN/TN(%)の経時変化

調査	採取時	T M R の 種 類 ¹⁾					
		60(-)	70(+)	80(-)	60(+)	70(+)	80(+)
II	調製時	1.42	1.25	1.22	3.24	3.13	3.01
	24時間後	1.78	1.53	1.26	3.00	2.97	3.08
	48時間後	2.23	2.01	1.68	3.57	2.82	3.65
III	調製時	1.12	1.33	1.43	3.14	3.16	2.46
	24時間後	1.74	1.65	1.61	3.64	3.48	2.97
	48時間後	1.99	1.64	1.47	3.67	3.28	3.20

1) 第2表参照。

第4表 異なる6種のTMRの時間経過後の採食率

調査	調製後の経過時間	項目	T M R の 種 類 ¹⁾					
			60(-)	70(-)	80(-)	60(+)	70(+)	80(+)
I	24時間	給与量(Kg)	14.55	12.65	10.30	15.30	13.30	11.75
		採食量(Kg)	14.40	12.35	10.20	15.15	13.20	11.65
		採食率(%)	99.0	97.6	99.9	99.0	99.2	99.1
II	48時間	給与量(Kg)	14.60	13.06	11.92	15.56	13.62	12.18
		採食量(Kg)	9.52	9.18	11.92	15.56	13.62	12.18
		採食率(%)	34.8	70.3	100	100	100	100
III	48時間	給与量(Kg)	14.78	13.33	11.90	15.61	13.55	11.84
		採食量(Kg)	8.20	7.16	11.22	15.61	13.55	11.84
		採食率(%)	44.5	57.1	94.3	100	100	100

1) 第2表参照。

が0.8増加した。それ以外のTMRのpH値は、あまり変化しなかった。

ATFを添加して調製したTMRの抽出液のVBN/TN値は、添加しない場合に比べて1.0~2.0高かった。調査IIにおける70(+)のTMRを除き、調製48時間後のTMRは調製時に比べて抽出液のVBN/TN値が増加する傾向にあった。

3 調査後のTMRの採食率

発熱調査終了後の各区TMRの採食率を第4表に示した。

調査Iにおける調製24時間後のTMRは、試験区に関わらずほとんどが採食された。調査IIおよびIIIにおける調製48時間後のTMRの採食率は、60(-)で34.8%および44.5%, 70(-)で70.3%および57.1%と低下し、それ以外の区についてはほとんどが採食された。

考 察

TMRの調製後の発熱は、微生物が酸素の存在下でTMR中の養分をエネルギー源として増殖する好気的変敗の結果として起こると考えられている⁹⁾。

今回、60~80%と高い乾物率のATF無添加のTMRについて、調製後の発熱状況を調査した結果、60%および70%の乾物率では調製32時間後までに発熱が起こり、60(-)のTMRでは、70(-)のTMRより調製後早期に発熱が開始した。一方、乾物率が80%のTMRでは、発熱が抑制された。これは、乾物率が高いほど変敗を引き起こす微生物の増殖に不利な環境となるために、調製後のTMRの発熱開始が遅延したり、発熱が抑制されたものと推察される。藤井ら¹⁾の報告では、乾物率が30, 40, 50%のTMRは、それぞれ調製18, 21, 45時間後から発熱を開始している。また、苜米地ら⁸⁾は乾物率が40%および50%のTMRは調製10時間以降に発熱を開始して調製20時間後に50℃以上に達したが、乾物率が60%のTMRは30℃以下で推移したと報告している。本報告における乾物率60~80%のTMRについても、乾物率が低いほど調製後早期に発熱を開始する点については、前記報告と同様の関係が確認された。しかし、今回の調査においては、乾物率が60%のTMRにおいても調製7~16時間後に発熱を開始しており、前記報告よりもTMRの飼料構成や環境温度が発熱しやすい条件になっていたと推察される。

今回の調査では、調査I>II>IIIの順で牛舎内温度が高く、この異なる環境温度条件下におけるTMRの発熱状況には大きな差が認められた。調査I、II、IIIにおける60(-)のTMRの発熱開始時間はそれぞれ調製7, 10, 16時間後、70(-)の場合ではそれぞれ調製8, 16, 23時間後と、舎内温度が高いほど発熱が早くなっていた。大山⁷⁾は、環境温度が高いほど微生物の増殖に適しており、サイレージの取り出し後の好気的変敗が発生しやすかったと報告している。今回の調査結果においても、環境温度が高いほど調製後のTMRの好気的変敗を引き起こす微生物の増殖が早期に起こり、発熱を早く開始したものと推察される。

藤井ら^{1,2)}は、TMRに0.5~1%のATFを添加することにより、調製後の発熱が抑制できることを報告しているが、今回の調査結果においても、0.75%のATFを添加したTMRでは、乾物率にかかわらず調製25時間後までは全て発熱が抑制された。その後、環境温度が高かった調査IIにおいては、60(+)および70(+)のTMRは、発熱を開始して48時間後に45.9℃および36.3℃まで達したが、80(+)のTMRでは調製48時間後まで発熱が抑制された。また、環境温度が低かった調査IIIにおいては、乾物率にかかわらずATF添加によりTMRの発熱が抑制された。これらのことから、ATFの発熱抑制効果にも、TMRの乾物率や環境温度が影響することが判明した。

牧草サイレージでは、取り出し後の好気的変敗により抽出液のpH値が上昇し、VBN含量が増加することが報告されている⁵⁾。発熱したTMRについても、抽出液のpH値が上昇することが報告されている^{1,3,9)}が、今回の調査結果では発熱した60(-)および70(-)のTMRの抽出液のpH値は調製時に比べて上昇しておらず、発熱と抽出液のpH値に関連は認められなかった。ATFを添加するとTMR抽出液のpH値は低下したが、発熱した調査IIの60(+)および70(+)の調製48時間後のTMRの抽出液では、調製時に比べてpH値が0.7~0.8上昇していた。このことから、ATFを添加するとTMRのpH値が低下して好気的変敗を引き起こす微生物の増殖が抑制されるが、時間が経過するとATFの揮発によりpH値が上昇して、好気的変敗が開始するのではないかと推察される。一方VBN/TN値については、発熱した60(-)および70(-)の調製48時間後のTMR抽出液のVBN/TN値は増加していたが、発熱しなかったTMRについても増加している場合があり、発熱とVBN/TN値の間に一定の傾向は認められなかった。

発熱した60(-)および70(-)のTMRを調製24時間後に乾乳牛に給与した調査Iでは、採食率がほぼ100%であったが、調製48時間後に給与した調査IIおよびIIIでは採食率が低下した。このことから、TMRは調製後に発熱して一定時間以上温度が高い状態が持続すると、牛の嗜好性が低下するものと考えられる。また、乾物率が80%のTMRおよびATFを添加したTMRでは、調製後の発熱が抑制されるために、調製後48時間経過したものでほとんどが採食された。

以上の結果から、一般的にTMRは調製後24時間以内

に給与されているが、乾物率を80%まで高めること、またはATFを添加することにより、調製48時間後までの給与が可能となり、TMR調製回数の削減による省力化を図ることができるものと思われる。

しかし、今回の採食率は乾乳牛群に少量のTMRをカフェテリア方式で給与した調査結果であり、多量のTMRを毎日採食する泌乳牛においてはTMRの発熱が採食率により大きな影響を及ぼす可能性があるため、今後さらに検討が必要である。

引用文献

- 1) 藤井俊治・高見平吉・加藤義文 (1989) 泌乳能力向上のための飼養管理技術 (混合飼料給与) に関する試験. 第2報: 夏期における混合飼料の発熱とその抑制方法. 島根畜試研報 **24**: 18-20.
- 2) 藤井俊治・高見平吉・加藤義文 (1989) 泌乳能力向上のための飼養管理技術 (混合飼料給与) に関する試験. 第3報: 混合飼料の発熱抑制剤としてのATFの実用化試験. 島根畜試研報 **24**: 21-24.
- 3) 占本 史 (1989) 完全飼料 (TMR) 調製後の養分損失の問題—粗飼料と濃厚飼料の混合時における発熱抑制法の検討. 畜産の研究 **43(3)**: 379-382.
- 4) 自給飼料品質評価研究会編 (1994) 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地協会. 東京, 91-94p.
- 5) 松岡 栄・尾上富見男・加藤勝幸・藤田 裕 (1982) 好気的変敗の程度が異なるサイレージの飼料価値. 日畜会報 **53(12)**: 786-791.
- 6) 大串正明・奥 透・野口弥市 (1990) コンプリートフィード発熱抑制法の検討. 日草九支報 **20(2)**: 7-10.
- 7) 大山嘉信 (1981) サイレージの好気的変敗とその防止対策(1). 畜産の研究 **35(8)**: 997-1002.
- 8) 苔米地達生・生方高一・須藤平次郎・木暮君三郎・根岸 豊 (1984) 自由採食飼養法の実用化に関する試験. 第I報: 暑熱時における混合飼料の品質低下防止試験. 群馬農業研究C畜産第 **1号**: 12-17.
- 9) 苔米地達生・生方高一・須藤平次郎・斉藤 始・角田龍司 (1986) 自由採食飼養法の実用化に関する試験. 第II報: 混合飼料の暑熱時における品質保全試験. 群馬農業研究C畜産第 **3号**: 5-11.