

硬化油脂の給与が乳牛の産乳性に及ぼす影響

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者	川村, 悌志 加藤, 泰之 高橋, 昭彦 杉浦, 了
巻/号	20号
掲載ページ	p. 357-361
発行年月	1988年10月

硬化油脂の給与が乳牛の産乳性に及ぼす影響

川村悌志*・加藤泰之*・高橋昭彦*・杉浦 了*

緒 言

乳牛飼養技術は生産コストの低減を追求するなかで改良を重ね、1頭当りの泌乳量は著しく増加した。しかし、泌乳量の増加が、一方で生乳中固形分（脂肪、蛋白、糖、ミネラルなど）の減少を助長することは動物の生理上避けられない現象であり、これを飼養技術で補うことは容易でない。現在、酪農生産現場において、乳成分、特に乳脂率が乳期・季節の影響下で顕著に低下する事態が頻繁に発生している。

こうしたなか、昭和62年度から生乳取引規格が改定され、牛乳の質が見直されることになった。新しい規格では乳脂率の基準が3.3%から3.5%に変更され、乳脂率3.5%未満の牛乳にはペナルティーが科せられることになった。このことが酪農生産現場に与えたインパクトは大きく、乳質への関心は急激に高まった。このような背景から、遅れていた乳質改善への対策、特に乳脂率向上対策が緊急課題であると広く認識された。

さて、乳脂肪が合成される機構には主に3つあり、飼料中の繊維を材料とする経路、飼料中の脂肪を材料とする経路、体脂肪を材料とする経路が考えられている。従って、乳牛の飼料に油脂を添加する試みは乳脂率向上に有効であると推察でき、多数の試験が実施された。しかし、これらの報告を総説したものは、乳牛への油脂給与が、ルーメン微生物の繊維分解能を抑制する¹⁾など消化に対してマイナスの作用を及ぼし、結果的に乳脂率の低下を助長する、と結論した²⁾。

ところが、最近の油脂代謝の研究から、飽和脂肪酸は不飽和脂肪酸と比べてルーメン微生物への毒性が低く、また、融点が高く固形状を保つためルーメンバイパス率が高いことが明かになった。つまり、油脂の種類により産乳性に及ぼす影響が異なる、というのである。

そこで今回、低乳脂乳牛（乳脂率3.5%未満）に対する乳脂率向上戦略として飽和脂肪酸主体からなる硬化油脂を取り上げ、この油脂が産乳性に与える影響について検討した。

材料及び方法

1 供試牛

供試牛は、分娩後2ヶ月から6ヶ月で、日乳量30kg程度を維持する2産から6産のホルスタイン種6頭を用いた。

2 供試油脂

供試油脂は、牛脂に水素添加処理したフレーク状粉末で、約80%が飽和脂肪酸で構成される。具体的な脂肪酸組成は第1表に示した。融点が約50℃と高く、それ故、硬化油脂と呼ばれている。

3 試験区分

試験区は油脂無添加区・400g添加区・800g添加区の3水準を設定し、1期15日、予備期5日、本試験10日とする3×3ラテン方格法により45日間試験を実施した。

4 供試飼料及び給与方法

第2表で示したように、配合飼料・ヘイキューブ・細断乾草により全乾物中TDN75%、CP15.5%、粗繊維率14.0%、粗脂肪率2.6%に調整した基礎飼料に硬化油脂を試験区別に、それぞれ0g、400g、800g添加し、これを供試飼料とした。飼料は全量混合し1日2回（午前5：30、午後3：30）給与した。なお、試験開始前に2週間の飼料馴致（油脂無添加区飼料を使用）をおこなった。

5 調査項目

乳量は搾乳毎（午前6：00、午後4：00）に測定した。乳成分については、搾乳毎にサンプルを採取し、乳脂率・乳蛋白質率・乳糖率・SNF率をミルコスキャンで、体細胞数をソマチェック自動測定機で、それぞれ測定した。

体重は各試験期毎に本試験開始・終了の両日おこなった。また、残飼量は毎朝測定した。

血液はヘパリンナトリウム処理した真空管を用いて、各試験期の第14日目、午後2：00に採取した。採血後、毛細管法でヘマトクリット値を測定した後、血しょうを分離し分析に供するまで-80℃で凍結保存した。分析は

第1表 硬化油脂の脂肪酸組成

ミリスチン酸	C 14 : 0	4 %
パルミチン酸	C 16 : 0	28 %
ステアリン酸	C 18 : 0	45 %
オレイン酸	C 18 : 1	20 %
その他		3 %

第2表 供試飼料

	油脂無添加区	400g添加区	800g添加区
配合飼料	20 kg	20 kg	20 kg
ヘイキューブ	4 kg	4 kg	4 kg
乾草	3 kg	3 kg	3 kg
硬化油脂	0 g	400 g	800 g
T D N構成比	74.7 %	77.0 %	79.3 %
C P 構成比	15.5 %	15.3 %	15.0 %
C F i 構成比	14.0 %	13.8 %	13.6 %
C F a t 構成比	2.6 %	4.2 %	5.8 %

日立704型オートアナライザーによりおこなった。なお、試薬は和光化学のキッドを使用した。

結 果

1 乳量及び乳成分

乳量及び乳成分の比較を第3表に示した。

乳量については油脂添加区で多い傾向にあり、その平均値は、油脂無添加区28.7kg/日、400g添加区30.1kg/日、800g添加区29.8kg/日であった。

乳脂率は、油脂添加量に比例して増加する傾向にあり、油脂無添加区3.39%、400g添加区3.53%、800g添加区3.77%であった。乳脂量についても同様に、油脂添加量に比例して増加する傾向にあった。体細胞数は、油脂無添加区の成績を基準に考えると、油脂添加量に比例して増加する傾向にあった。また、乳蛋白質量も油脂添加量に比例して増加する傾向にあった。

乳蛋白質率、乳糖率、S N F率については、試験区間に傾向が認められなかった。

2 飼料摂取量、養分摂取量及び体重変化

飼料摂取状況、養分摂取量、体重変化を第4表に示した。

油脂を添加することにより飼料摂取量が減少する傾向はなく、今回の試験ではむしろ摂取量が増加した。

T D N摂取量及び充足率は油脂添加量に比例して増加

第3表 乳量及び乳成分

	油脂無添加区	400g添加区	800g添加区
乳量(kg)	28.7	30.1	29.8
乳脂率(%)	3.39	3.53	3.77
乳脂量(kg)	0.98	1.06	1.13
乳蛋白質率(%)	3.18	3.15	3.21
乳蛋白質量(kg)	0.91	0.95	0.96
乳糖率(%)	4.63	4.68	4.64
S N F率(%)	8.65	8.68	8.70
体細胞数比	1.00	1.03	1.15

第4表 飼料摂取量、養分摂取量及び体重変化

	油脂無添加区	400g添加区	800g添加区
残飼量(kg)	1.03	0.75	0.65
総摂取量(kg)	26.0	26.7	27.2
T D N摂取量(kg)	17.0	18.0	18.9
C P 摂取量(kg)	3.5	3.6	3.6
T D N充足率(%)	123	125	129
C P 充足率(%)	136	130	129
増体量(kg/day)	+0.48	+0.39	+0.25

した。C P摂取量ではほぼ同量であった。

1日当りの増体量は油脂添加量に反比例する傾向にあり、油脂無添加区で最も高く+0.48kgであり、400g添加区で+0.39kg、800g添加区で+0.25kgであった。

3 血液性状

血液性状の比較を第5表に示した。

血液成分のうち、脂質系の項目であるトリグリセライド・遊離脂肪酸・ β -リポ蛋白・総コレステロール・遊離コレステロールでは、油脂添加量に比例して数値が増加する傾向にあった。特に、トリグリセライドは、油脂無添加区で4.8mg/dl、400g添加区で7.0mg/ml、800g添加区で10.7mg/dlを示し、油脂無添加区と800g添加区との間に有意差($P < 0.05$)が認められた。

ヘマトクリット値・血糖値・総蛋白・B U N・Caについては、各試験区でほとんど差がなく、正常値内であった。

考 察

給与した油脂が乳脂肪生産に作用する過程には、プラスに働く面とマイナスに働く面があり、両者のバランスにより乳脂率の増減が決定する。

第5表 血液性状値

	油脂無添加区	400g添加区	800g添加区
日t値 (%)	35.2	34.0	35.6
グルコース(mg/dl)	70.7	72.3	70.8
総蛋白質(mg/dl)	8.6	8.4	8.4
尿素窒素(mg/dl)	11.1	11.4	11.4
トリグリセライド(mg/dl)	4.8 a	7.0	10.7 b
遊離脂肪酸(mEq/l)	0.48	0.65	0.87
β -リポ蛋白(mg/dl)	17.2	22.8	30.0
総コレステロール(mg/dl)	213	240	250
遊離コレステロール(mg/dl)	43	50	51
カルシウム(mg/dl)	9.4	9.0	9.4

注 異符間に有意差 ($P < 0.05$) あり

マイナス面として最も強く働くのは、ルーメンでの繊維の消化を油脂が阻害する作用である。DevendraとLewisはこのことに対する4つの理論を示している⁽⁴⁾。即ち、1) 微生物の作用を妨害するように油脂が繊維を物理的に被うこと、2) ある種の微生物に対する油脂の毒性作用によりルーメン内微生物相に変化を与えること、3) 細胞膜に対する脂肪酸の界面活性効果によって微生物の活性が阻害されること、4) 長鎖脂肪酸の不溶性物形成によりカチオンの利用が減少すること、である。さらに他のマイナス面として、油脂が乳腺における短鎖脂肪酸の新規合成(デノボ合成)を阻害する作用⁽⁶⁾、血中から乳腺への脂肪の取り込みに関与する酵素の活性を阻害する作用⁽⁶⁾などが報告されている。

一方、プラス面としては、摂取された油脂がそのまま乳脂肪へ利用されること⁽⁹⁾が第一に挙げられる。その他に、油脂を給与すると脂肪組織のインシュリンに対する感受性が低下するため、脂肪組織への脂肪の取り込みが減少し、間接的に乳腺への脂肪の取り込みが増加することなどが考えられる。

飽和脂肪酸は不飽和脂肪酸よりルーメン微生物に及ぼす影響が小さく、また、融点が高く第一胃での溶解性が低いため微生物による繊維の消化への影響が小さく、ルーメンバイパス率が高い。そのため、飽和脂肪酸主体で構成される硬化油脂は乳脂肪生産に対するマイナス作用が小さく⁽⁷⁾、乳脂率向上に有効であると予想され、今回の試験で実施した。

さて、乳牛に油脂を給与する場合よく問題になるのは油脂添加により飼料の嗜好性が著しく低下することである。それに関連してWilliamsは、不飽和脂肪酸含量の多い植物性油脂の給与により粗飼料摂取量が低下することを報告している⁽⁸⁾。しかし、硬化油脂では、飼料摂取量の減少もみられず順調であった。全量混合の形で給与するならば硬化油脂が嗜好性に与える影響はほとんどない

と考えている。

摂取された油脂の量に比例して血液中のトリグリセライドと遊離脂肪酸の濃度が上昇した。これら血液中脂肪酸の濃度の増加が、乳脂率・乳脂量の増加に作用したと考えられる。これについて、Mattosは、乳脂肪中の長鎖脂肪酸はその2/3がトリグリセライドに由来し、1/3が遊離脂肪酸に由来することを報告している⁽⁸⁾。また、油脂の給与により血液中コレステロールが上昇したことから、油脂が性ホルモン合成機能・繁殖機能に対して何らかの影響を及ぼす可能性が想定される。

続いて、硬化油脂が乳生産に与えた影響について検討する。

油脂の添加によりTDN摂取量が増加し、泌乳量が1kg以上増加した。この事実は、エネルギー源としての油脂の可能性を示唆している。しかし、油脂添加量を400gから800gに増加した場合、TDN摂取量は増加したが、それとは裏腹に泌乳量は僅かながら減少している。そのため、エネルギー源としての油脂の利用には量的な限界があり、一定量以上の油脂給与は乳生産に対して効率的でないと推察される。Depetersらは、動物性油脂を使った試験から同様のことを報告している⁽⁶⁾。

乳脂率は油脂の添加量に比例して増加した。また、乳脂量についても同様であった。このことから、硬化油脂が乳脂肪生産に対して相対的にプラスに働くことが実証された。

油脂給与による乳蛋白質率の低下が多数報告されているが、今回の試験では同様の傾向が認められなかった。なお、Astrupらは、乳蛋白質率低下の原因が不飽和脂肪酸にあると報告している⁽¹⁾。

油脂の添加量に比例して体細胞の割合が増加した。これは、今回の試験で注目すべき点である。この原因は定かでないが、著者は体細胞数比の増加を乳脂率の動きと結び付けて考えている。即ち、乳腺細胞からの乳汁分泌の過程で、細胞膜を透過できる粒子の細かい他の成分と異なり、粒子の大きい乳脂肪の放出が細胞に損傷を与えると仮定すると、分泌される乳脂肪の増加に従って脱落細胞が増加し必然的に体細胞数が増加することになる。

しかし、乳脂肪と体細胞は、ともに粒子が大きく、排出されにくいという性質を共有するため、前述の乳汁の分泌の段階とは区別される移動(排出)の段階で高い相関を示す。(粒子の細かい蛋白、糖は搾乳前半から多く排出されるが、粒子の大きい乳脂肪、体細胞は搾乳後半に偏って排出される。)そのため、実際に排出された段階で採取したサンプルから乳腺細胞での分泌レベルの問題を考えるのは困難であり、今後検討する必要がある。そうした問題も考慮し、今回の結果を単純に理解すべきではない。

次に体重についてであるが、T D N充足率とは相反して、硬化油脂の添加量に従い増体量が減少した。これは油脂が、組織のホルモン感受性に作用し、脂肪組織への脂肪の取り込みを抑制した可能性が考えられる。また、Cummins⁽²⁾らは、油脂給与によりルーメンでのプロピオン酸産出量が増加するため成長ホルモンが低下することを報告しているが、この影響があったのかもしれない。さらにこの結果を血液中遊離脂肪酸の増加と結び付けて考えることもできる。というのは、体脂肪が動員される場合遊離脂肪酸として血液中に流出するからである。

最後に硬化油脂の経済性について検討を加える。

今回の試験結果を用い、油脂の経済性を試算したのが第6表である。ペナルティーが科せられた油脂無添加の場合と比較して油脂を400g添加すると1頭当たり217円の増収、また800g添加すると1頭当たり113円の増収となっている。増収の最大の要因となったのは、油脂添加により乳脂率が取引基準の3.5%をクリアしたことである。ここで注目すべきことは、ペナルティーとは関係ない油脂400g添加の場合と比較してさらに400g添加(800g添加区)すると、計算上1頭当たり104円(217円-113円=104円)の減収となるという事実である。油脂が乳牛の繁殖性に影響を及ぼす可能性が明かでない現時点では、硬化油脂を使用する場合は、全ての乳牛を対象とするのではなく、乳脂率3.5%未満の乳牛のみを対象とすることが経済的であると言えよう。

摘 要

低乳脂乳牛に対する乳脂率向上対策として、飽和脂肪酸主体からなる硬化油脂が産乳性に及ぼす影響について検討した。

供試牛は、分娩後2ヶ月から5ヶ月で、日乳量30kg程度のホルスタイン種6頭を用いた。試験区として、油脂無添加区、400g添加区、800g添加区の3水準を設定し、3×3ラテン方格法により45日間試験を実施した。供試飼料は、T D N74.7%・C P15.5%・粗繊維率14.0%・粗脂肪率2.6%の基礎飼料に油脂を定量添加し、全量混合した後、定量給与した。

1 乳量は油脂無添加区の28.7kg/日に対して、400g添加区で30.1kg/日、800g添加区で29.8kg/日と増加する傾向にあった。乳脂率は、油脂無添加区で3.39%、400g添加区で3.53%、800g添加区で3.77%と、油脂添加量に比例して増加した。また、油脂添加量に比例して体細胞数が増加する傾向にあった。

2 飼料摂取量は油脂添加により減少しなかった。また、油脂を添加すると増体量が減少する傾向にあった。

3 血液性状については、トリグリセリド、β-リポ

蛋白、遊離脂肪酸、コレステロールで分析値が油脂添加量に比例して増加する傾向があった。特に、血液中トリグリセリドは、800gの油脂添加により有意に上昇した。

以上のことから、低乳脂乳牛に対する乳脂率向上対策として、硬化油脂は効果的であると推察された。

第6表 油脂添加による経済性の試算

	油脂無添加区	400g添加区	800g添加区
乳量(kg)	28.7	30.1	29.8
乳脂率(%)	3.39	3.53	3.77
ペナルティー(¥/kg)	6.6	0	-1.6
取引乳価(¥/kg)	98.4	105	106.6
1頭当り乳価(¥)	2824	3161	3177
硬化油脂費用(¥)	-	120	240
油脂添加による収支(¥)	0	+217	+113

注 基準取引乳価を1kg当り105円とした。
硬化油脂単価を1kg当り800円とした。

引用文献

1. ASTRUP, H. M., Vik-Mo, A. EKERN, and F. BAKKE. 1976. Feeding protected and unprotected oils to dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 59: 426.
2. CUMMINS, K. A., and J. L. SARTIN. 1987. Response of insulin, glucagon, and growth hormone to intravenous glucose challenge in cows fed high fat diets. *J. Dairy. Sci.* 70: 277
3. DEPETERS, E. J., S. J. TAYLOR, C. M. Finley and T. R. FAMUIA. 1987. dietary fat and nitrogen composition of milk from lactating cows. *J. Dairy. Sci.* 70: 1192.
4. DEVENDRA, C., and D. LEWIS. 1974. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. *Anim. Prod.* 19: 67.
5. DUNKLEY, W. L., N. E. SMITH, and A. A. FRANKE. 1977. Effects of feeding protected tallow on the composition of milk and milk fat. *J. Dairy. Sci.* 60: 1863.
6. EMERY, R. S. 1973. Biosynthesis of milk fat. *J. Dairy. Sci.* 56: 1187.
7. JENKINS, T. C. 1987. Effect of fats and fatty acid combinations on ruminal fermentation in semi-continuous in vitro cultures. *J. Anim. Sci.* 64: 1526.
8. MATTONS, W. 1976. Quantiation of linoleic acid biohydrogenation, absorption and availability for maintenance and milk production in dairy cows. Ph. D. dissertation, The Ohio State University, Columbus.

9. PALMQUIST, D. L. and W. MATTOS. 1978. Turnover of lipoproteins and transfer to milk fat dietary (1-carbon-14) linoleic acid in lactating cows. *J. Dairy. Sci.* 61: 561
10. STORRY, J. e., A. J. HALL, and V. W. JOHNSON. 1973. The effect of increasing amounts of dietary tallow on milk-fat secretion in the cow. *J. Dairy. Res.* 40: 293.
11. WARD, J. K., C. W. TEFFT, R. J. SIRNY, H. N. EDWARDS, and A. D. TILLMAN. 1957. Further studies concerning the effect of alfalfa ash upon the utilization of low-quality roughage by ruminant animals. *J. Anim. Sci.* 16: 633.
12. WARNER, R. G. 1960. The place of added fat in ruminant rations. Page 88 in *Proc. Cornell. Nurtr. Feed Manu.*
13. WILLIAMS, S. 1985. High-oil, high-protein diets and milk production by cows. *J. Dairy. Sci.* 68: 1409.

Effects of Hardened Oil Addition to the Feed on Milk Production and Milk Fat Content in the Cows

Naoyuki KAWAMURA, Yasuyuki KATO, Akihiko TAKAHASHI and Tohru SUGIURA

Summary

A hardened oil, composed mainly of saturated fatty acids, were added to the feed to increase the fat content of milk.

Five cows, from 2 to 5 months after calving and producing about 30kg daily milk, were used in the experiment with a 45-day period. The experiment was designed according to a 3×3 Latin square for two different levels of the oil in the feeds, 400g for the trial 1 and 800g for the trial 2. The basal feed contained 74.7% TDN, 15.5% CP, 14.0% crude fiber and 2.6% crude fat.

The feeds were restrictedly given.

The results were as follows:

1. There was no significant difference in the average daily milk amount among the treatments. The average milk fat percentage was 3.53 in the trial 1, 3.77 in the trial 2 and 3.39 in the controls.
2. Average feed intake did not differ among the treatments.
3. Analyzed data of serial blood samples indicated that the triglycerides of blood serum are significantly increased by increased addition of the hardened oil to the feed.