

泌乳牛へのナタネ油粕給与が乳生産性と栄養代謝に及ぼす影響

生田健太郎*・山口悦司*・片岡 敏*

要 約

ナタネ油粕給与が乳生産性や栄養代謝状態等に及ぼす影響を検討するため、泌乳牛10頭（初産4頭、2産6頭）を供試し、乾物中8.3%のナタネ油粕を給与する試験区と給与しない対照区を設け、1期14日間のクロスオーバー法で飼養試験を行なったところ、以下の結果が得られた。

- (1) 各試験期終了時の体重は対照区584kgに対し試験区573kgで、試験区が有意に少なかった(P<0.05)。
- (2) 乾物摂取量、日平均乳量、4%脂肪補正乳量は両区間に差はなかった。
- (3) 乳成分率では、乳蛋白質率は対照区3.12%に対し試験区3.06%、無脂固形分率は対照区8.63%に対し試験区8.57%で、いずれも試験区が有意に低かった(P<0.05)。乳脂率と乳糖率は両区間に差はなかった。
- (4) 第一胃液性状では、飼料給与の前、後ともに、pH、アンモニア態窒素濃度、総揮発性脂肪酸(VFA)濃度、VFA構成割合、第一胃内原虫総数およびその種類別構成比率は両区間に差はなかった。
- (5) 血液成分では、無機リンが対照区5.72mg/dlに対し試験区4.85mg/dlで、試験区が有意に低かった(P<0.05)が、ヘマトクリット、総蛋白質、アルブミン、尿素窒素、総コレステロール、カルシウム、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ及びγグルタミルトランスペプチターゼは両区間に差はなかった。

以上より、泌乳牛へのナタネ油粕給与は体重の減少、乳蛋白質率の低下およびミネラル代謝の低下などの影響が示唆された。

Influence of Rapeseed Meal on Milk Production and Nutritional Status in Dairy Cows

Kentarou IKUTA, Etsuji YAMAGUCHI, and Bin KATAOKA

Summary

This experiment evaluated whether feeding rapeseed meal to dairy cows would influence milk production and nutritional status. Four primiparous and 6 multiparous cows were randomly assigned to one of 2 diets: a total mixed ration (TMR) containing 8.3% rapeseed meal in dry matter (group T) and control diet without rapeseed meal (group C) in a crossover design. Each period of crossover lasted for 14 days. Ruminal fluid was sampled just before and 2 hours after morning feeding.

The following results were obtained:

- (1) Body weight was significantly lower for group T than for group C (C: 584 kg, T: 573 kg; P<0.05).
- (2) There was no significant difference in dry matter intake, average daily milk production, or 4% fat-corrected milk production between groups.
- (3) There was no significant difference in milk fat or lactose percentage between groups. However, milk protein and solids not fat (SNF) percentage were significantly lower for group T than for group C (C: 3.12%, T: 3.06% and C: 8.63%, T: 8.57%; P<0.05).

- (4) There was no significant difference in ruminal pH values, Ammonia-N concentration, total volatile fatty acids (VFA), the proportion of the molar VFA, ruminal protozoa counts or the constituent ratio both before and after feeding between groups.
- (5) Blood inorganic phosphorus concentration was significantly lower for group T than group C (C:5.72 mg/dl, T:4.85 mg/dl; $P<0.05$). There was no significant difference in the hematocrit level, total protein, albumin, urea nitrogen, glucose, total cholesterol, calcium, aspartate aminotransferase or γ -glutamyl transpeptidase in blood between groups.

In conclusion, the addition of 8.3% rapeseed meal and the feeding constituent rate in the present experiment reduced body weight, milk proteion percentage, and mineral metabolism.

キーワード：乳牛，エコフィード，ナタネ油粕，乳蛋白質率

緒 言

食料自給率向上のため、畜産分野では飼料自給率向上に取り組んでおり、濃厚飼料の確保対策として、食品製造残さなどいわゆるエコフィードが注目されている。反芻家畜に用いるエコフィードの条件として、植物性原料のみに由来し、地域で安定した量を確保できることなどが挙げられる。

兵庫県洲本市は県とともに2008年度から資源循環型社会構築の一環として「あわじ菜の花エコプロジェクト」に取り組んでいる。プロジェクトでは地域の農家が生産したナタネを買い上げ、市の搾油施設でナタネ油を生産・販売している。その製造残さとしてナタネ油粕が年間数トン排出されており、洲本市から飼料化の検討を依頼された。

ナタネはセイヨウアブラナの種子であり、品種改良されていないものではエルシン酸とグルコシノレートという有害物質を含む。カナダで品種改良されたカノーラ種はエルシン酸とグルコシノレートの両方を含まず、製品はカノーラ油、搾油粕はカノーラ粕と呼ばれ、海外では以前から蛋白源として利用が検討されている^{2,4,10,13}。一方、国内ではキャンドル種の搾油粕である低グルコシノレートナタネ粕の給与試験報告⁵はあるが、洲本市が栽培している無エルシン酸品種（キザキノナタネ）の搾油粕については報告がない。そこで、本試験では泌乳牛に国産ナタネ油粕を給与した場合の乳生産性や栄養代謝に及ぼす影響を検討した。

材料及び方法

1 供試牛，供試飼料，処理区分及び実施期間

(1) 供試牛

試験には当所のホルスタイン種雌牛10頭（初産4頭，2産6頭）を供試した。これらの供試開始時点における分娩後日数，乳量及び体重を示した(表1)。

(2) 供試飼料と処理区分

供試したナタネ油粕の分析に基づく養分含量を示す(表2)。ナタネ油粕は洲本市内で栽培された菜種を同市内の搾油施設で搾油後，ポリ袋に密封し当所へ搬入し，供試期間中毎日他の飼料原料と混合調製した。

供試TMRの飼料構成と養分含量を示す(表3)。対照区の完全混合飼料（TMR）の構成原料のうち，大豆粕の一部と綿実を置換し，ナタネ油粕を乾物中8.3%給与する試験区を設定した。

(3) 実施期間

給与試験は2008年7月から8月にかけて，1期14日間（予備期11日，本試験期3日）のクロスオーバー法で実施した。本試験期に乳汁，第一胃液及び血液の採材を行った。

2 飼養管理状況

コンフォート型繋ぎ牛舎にて供試牛を飼養した。9時と16時に飼料を給与し，8時と16時30分から搾乳を開始した。

各供試牛には馴致期の体重，乳量及び乳脂率より求めた日本飼養標準⁹の養分要求量を充足するようにTMRの給与量を決定し，その40%を朝，60%を夕方にそれぞれ給与した。

3 調査項目と測定方法

(1) 飼養成績

1) 飼料摂取状況と体重

給与量と残飼量を朝夕の給与ごとに計量した。100℃18時間の熱風乾燥により残飼の乾物率を測定した。

供試開始時と終了時の体重を牛衡器で計測した。

2) 産乳成績

乳量をミルクメーター（TRU-TEST）で朝夕の搾乳ごとに計測・記録した。

分析用乳汁を本試験期2日間の搾乳ごとに採取し，一般乳成分を多成分赤外線分析装置（コンビフォースTMFC，ジャパン Foss）で分析した。分析は近畿生乳販

売農業協同組合連合会生乳検査所に依頼した。各成分率を朝夕の乳量比によって加重平均により算出した。

(2)第一胃液性状

第一胃液を発酵がピークに達する朝の飼料給与後2時間（飼料給与後）と前回の飼料給与から最も時間が経過した朝の飼料給与直前（飼料給与前）に、経口式胃汁採取器（ルミナー：富士平工業，東京）を用いて採取した。採取後、直ちにガラス電極法（pHメーター F-8L型：堀場製作所，京都）でpHを測定した。

アンモニア態窒素濃度については、二重ガーゼで濾過した胃液を凍結保存し、水蒸気蒸留法によって測定した。

揮発性脂肪酸（VFA）については、濾過胃液2.5 mlを24%メタリン酸0.5mlと混和，18時間室温放置し，冷却遠心（4℃，3000回転／分，30分間）によって得られた上清液を凍結保存し，融解後，水系0.45 μmのディスクフィルター（GLクロマトディスク25A：ジーエルサイエンス，東京）で濾過し，ガスクロマトグラフ（HITACHI-163型：日立製作所，東京）で測定した。

原虫数は濾過胃液1容に対し4容のMHS液⁸⁾を加えて染色後，F UCHS-R OSENTHAL 計算板を用い鏡検下で計測した。

(3)血液成分

採血は本試験期1日目の朝の飼料給与4時間後に頸静脈よりプレイン及びフッ化ナトリウム加真空採血管を用いて行った。採血後直ちに，フッ化ナトリウム加血液についてはヘマトクリット値を計測し，冷却遠心（4℃，3000回転／分，5分間）により血漿を分離して，乾式血液自動分析装置（ドライケム3030：富士写真フィルム，東京）で血糖を測定した。また，プレイン真空採血管に

表1 試験開始時における供試牛の状況

	初産牛	2産牛
頭数	4	6
分娩後日数	136±17	204±107
乳量(kg)	27.7±3.8	28.8±5.3
体重(kg)	520±25	615±39

表2 ナタネ油粕の飼料成分

乾物	粗蛋白質	粗脂肪	NFE ¹⁾	粗繊維	粗灰分	カルシウム	リン	ADF ²⁾	NDF ³⁾	TDN ⁴⁾
原物中%			原物中%							
92.4	29.5	25.3	25.6	12.7	7.00	0.45	1.19	22.9	33.1	34.9

- 1)NFE：可溶性無窒素物
- 2)ADF：酸性デタージェント繊維
- 3)NDF：中性デタージェント繊維
- 4)TDN：寺田ら¹²⁾と永西³⁾の推定式より算出

表3 供試TMRの飼料構成と養分含量

	対照区	試験区
飼料構成(乾物中%)		
ソルガムサイレージ	11.4	11.0
ビートパルプ	12.4	12.0
圧片トウモロコシ	28.3	27.3
皮付圧片大麦	4.2	4.0
大豆粕	8.2	5.1
ナタネ油粕		8.3
綿実	2.1	
アルファルファ乾草	11.6	11.2
クレイン乾草	8.6	8.3
トールフェスク乾草	8.4	8.1
コーングルテンミール	0.9	0.8
ソイプラス ¹⁾	1.6	1.6
エネルギーサプリメント	1.3	1.3
ミネラルプレミックス ²⁾	0.9	0.9
養分含量 ³⁾ (乾物以外は乾物中%)		
乾物(DM)	58.2	57.1
粗蛋白質(CP)	14.3	14.4
中性デタージェント繊維(NDF)	44.1	41.8
非繊維性炭水化物(NFC)	33.5	34.7
可消化養分総量(TDN) ⁴⁾	70.2	71.6

1)加熱大豆粕(TDN=88.2%,CP=48.6%,UIP=61.8%,NDF=21.8%)

2)第2リン酸カルシウム：炭酸カルシウム：重炭酸ナトリウム：並塩=2:1:3:1

3)分析値

4)寺田ら¹²⁾の推定式より算出

ついては37℃で10分間静置後，冷却遠心（4℃，3000回転／分，15分間）により血清を分離し，総蛋白質を屈折法，アルブミン，尿素窒素，総コレステロール，カルシウム，アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ(AST)及びγグルタミルトランスペプチターゼ(GGT)を乾式血液自動分析装置で当日中に測定した。

4 統計処理

データの統計処理はSAS¹⁾のGLMプロシジャーを用い，次のモデルで行った。

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + e_1 + \beta_j + \gamma_k + e_2$$

Y_{ik} : 測定値

μ : 総平均

a_i : 群iの効果

β_j : 飼料jの効果

γ_k : 試験期kの効果

$e_1 e_2$: 1次誤差及び2次誤差

表4 体重、乾物摂取量および乳生産性

項目(単位)	対照区	試験区	標準誤差	有意水準
体重 ²⁾ (kg)	584	573	3.34	P<0.05
乾物摂取量(kg/日)	18.1	17.6	0.18	ns
日平均乳量(kg/日)	25.6	25.4	0.32	ns
4%脂肪補正乳量 ³⁾ (kg/日)	23.7	23.5	0.31	ns
乳脂率(%)	3.50	3.51	0.01	ns
乳蛋白質率(%)	3.12	3.06	0.01	P<0.05
乳糖率(%)	4.52	4.51	0.01	ns
無脂固形分率(%)	8.63	8.57	0.02	P<0.05

1)ns: 有意差なし

2)各試験期終了時に計測

3)乳成分測定時の乳量で算出

また、飼料効果は2次誤差を用いたF検定により、危険率5%未満の場合に有意差ありとし、5%以上10%未満の場合に傾向ありとした。

結 果

1 飼養成績

各試験期終了時の体重、乾物摂取量、乳量及び乳成分率を示す(表4)。

体重は対照区584kgに対し試験区573kgで試験区が有意に少なかった(P<0.05)。

乾物摂取量は両区間に差はなかった。

日平均乳量と4%脂肪補正乳量はいずれも両区間に差はなかった。

乳成分率では、乳脂率と乳糖率はいずれも両区間に差はなかった。一方、乳蛋白質率は対照区3.12%に対し試験区3.06%、無脂固形分率は対照区8.63%に対し試験区8.57%で、いずれも試験区が有意に低かった(P<0.05)。

2 第一胃液性状

第一胃液性状を示す(表5)。

表5 第一胃液性状

項目	(単位)	対照区	試験区	標準誤差	有意水準 ¹⁾
pH					
飼料給与前 ²⁾		6.40	6.38	0.081	ns
飼料給与後 ³⁾		6.18	6.14	0.062	ns
アンモニア態窒素濃度 (mg/d l)					
飼料給与前		6.19	6.65	0.386	ns
飼料給与後		7.95	9.01	0.433	ns
総VFA ⁴⁾ 濃度 (mmol/d l)					
飼料給与前		9.80	9.86	0.391	ns
飼料給与後		11.52	10.55	0.460	ns
酢酸比率 (%)					
飼料給与前		60.6	59.8	0.60	ns
飼料給与後		57.9	58.3	0.59	ns
プロピオン酸比率 (%)					
飼料給与前		24.6	25.2	0.64	ns
飼料給与後		23.8	24.3	0.63	ns
酪酸比率 (%)					
飼料給与前		12.5	12.7	0.38	ns
飼料給与後		14.3	13.4	0.43	ns
A/P比 ⁵⁾					
飼料給与前		2.58	2.52	0.087	ns
飼料給与後		2.38	2.35	0.083	ns

1)ns: 有意差なし

2)朝の飼料給与直前

3)朝の飼料給与から2時間後

4)Volatil fatty acid(揮発性脂肪酸)

5)酢酸:プロピオン酸比

表6 第一胃内原虫²⁾

項目(単位)	対照区	試験区	標準誤差	有意水準
原虫総数(万匹/ml)				
飼料給与前	9.67	8.47	2.445	ns
飼料給与後	9.83	5.66	2.070	ns
種別構成比率(%)				
Isotricha				
飼料給与前	2.02	1.23	0.643	ns
飼料給与後	0.91	1.69	0.441	ns
Dasytricha				
飼料給与前	1.93	1.40	0.825	ns
飼料給与後	0.58	1.43	0.303	ns
Entodinium				
飼料給与前	91.66	92.44	1.921	ns
飼料給与後	95.54	93.71	1.120	ns
Diplodinium				
飼料給与前	nd ²⁾	nd		
飼料給与後	nd	nd		
Epidinium				
飼料給与前	4.39	5.14	1.482	ns
飼料給与後	2.97	3.18	0.716	ns
Ophryoscolex				
飼料給与前	nd	nd		
飼料給与後	nd	nd		

1)ns: 有意差なし

2)nd: 見あたらず

表7 血液成分

項目(単位)	対照区	試験区	標準誤差	有意水準
ヘマトクリット(%)	23.8	23.4	0.34	ns
血清総蛋白質(g/dl)	7.30	7.31	0.08	ns
アルブミン(g/dl)	3.72	3.66	0.03	ns
尿素窒素(mg/dl)	12.8	13.5	0.50	ns
血糖(mg/dl)	56.7	58.7	1.06	ns
総コレステロール(mg/dl)	170	180	3.89	ns
カルシウム(mg/dl)	9.93	9.73	0.10	ns
無機リン(mg/dl)	5.72	4.85	0.20	P<0.05
AST ²⁾ (mg/dl)	75.4	72.4	1.86	ns
GGT ³⁾ (mg/dl)	42.5	44.2	1.20	ns

1)ns: 有意差なし

2)AST: アスパラギン酸トランスフェラーゼ

3)GGT: γグルタミルトランスアミノチラーゼ

飼料給与の前、後ともに、pH、アンモニア態窒素濃度、総VFA濃度およびVFA構成割合いずれも両区間に差はなかった。

3 第一胃内原虫

第一胃内原虫総数と種別構成比率を示す(表6)。

飼料給与の前、後ともに、原虫総数、種別構成比率い

ずれも両区間に差はなかった。

4 血液成分

血液成分を示す(表7)。

検査した10項目のうち、無機リンのみが対照区5.72mg/dlに対し試験区4.85mg/dlで、試験区が有意に低かった(P<0.05)。その他の検査項目はいずれも両区間に差はなかった。

考 察

本試験ではナタネ油粕給与によって体重の減少が認められた。搾油していないひき割りナタネを給与した報告³⁾では影響がなかったとしているが、国内の多給試験⁴⁾では健康状態に影響しないながらも減少傾向が認められている。

乾物摂取量についてはナタネ油粕給与の影響はなかった。既報^{2,5,7,10,13)}においても同様の結果であったが、カナラ油そのものを9%以上添加した場合、減少傾向が報告⁷⁾されている。

乳生産性に対する影響として、乳量に関してはナタネ油粕給与の影響はなかった。既報においては一部増加傾向が報告⁷⁾されているが、多く^{2,5,7,10,13)}は影響がなかったとし、本試験結果と一致した。一方、乳成分に関しては乳蛋白質率が低下し、その影響で無脂固形分率も低下した。既報においては乳蛋白質率を含め一般乳成分には影響がなかったとするもの^{2,7,10,13)}、逆に乳脂率や無脂固形分率に影響はなかったが、乳蛋白質率が有意に高かったとするもの⁵⁾があった。一方、カナラ油そのものを添加した試験⁶⁾では、添加量に応じて乳脂率には影響がなかったが、乳蛋白質率は有意に減少したとしており、ナタネ油粕に残存する油脂の量や原料品種によっては乳蛋白質率に影響する可能性が示唆された。また、ひき割りナタネを給与した試験⁷⁾では乳脂率、乳蛋白質率ともに減少したが、乳脂量、乳蛋白質量は変わらなかった。さらに、ナタネやナタネ油粕の給与によって、脂肪酸組成が変化することも報告^{1,13)}されている。

第一胃液性状に関してはナタネ油粕給与の影響はなかった。既報においては、ナタネ油粕給与では総VFA濃度に影響しない^{2,7)}、あるいは綿実粕に比べて総VFA濃度が増加¹⁰⁾するとしているが、ひき割りナタネを給与した場合はアンモニア態窒素濃度と総VFA濃度が低下傾向にあったとしている。

血液成分ではナタネ油粕給与によって無機リンの低下が認められたが、ミネラル代謝への影響についての報告はなく、原因は不明である。その他の検査項目については本試験同様、血清総蛋白質、尿素窒素、アルブミン、

アルブミン／グロブリン比に影響はなかったとするもの⁷⁾やエネルギー代謝関連の血糖，遊離脂肪酸，インシュリンに影響はなかったとするもの^{1,13)}が報告されている。一方，ひき割りなたねを給与した場合は¹⁾は尿素窒素が低下傾向で中性脂肪（トリグリセリド）が上昇した。

なたね油粕を給与する場合の配合割合として12%⁴⁾～14%¹³⁾が適当としているが，本試験ではこれらより低い割合で給与したにもかかわらず，体重や乳蛋白質率などエネルギー代謝への影響が認められた。従って，国産なたねの搾油粕を飼料として利用する場合，配合割合は8%よりさらに低いレベルとし，穀類などのエネルギー源が不足しないよう飼料構成を工夫する必要があると考えられた。

引用文献

- (1) Chichlowski M.W., J.W.Schroeder, C.S.Park, W.L.Keller, D.E.Schimek(2005) : Altering the fatty acids in milk fat by including canola seed in dairy cattle diets : J. Dairy Sci.88, 3084-3094
- (2) DePeters E. J., D. L. Bath(1986) : Canola meal versus cottonseed meal as the protein supplement in dairy diets : J. Dairy Sci. 69, 148-154
- (3) 永西 修(2002) : 泌乳牛用高脂肪飼料の栄養価の推定式の作成 : 畜産技術 2002年12月号, 44-46
- (4) Ha J.K., J.J.Kennelly(1984) : Effect of protein on nutrient digestion and milk production by Holstein cows : J. Dairy Sci. 67, 2302-2307
- (5) 池滝 孝・太田三郎・鈴木省三・熊瀬 登・遊佐啓一(1982) : キヤンドル種なたね粕の高水準配合飼料の乳牛に対する給与試験 : 帯大研報 13, 19-24
- (6) Khorasani G. R., P. H. Robinson, G. De Boer, J. J. Kennelly(1991) : Influence of canola fat on yield, fat percentage, fatty acid profile, and nitrogen fractions in Holstein milk : J. Dairy Sci. 74, 1904-1991
- (7) Laarveld B., D.A.Christensen(1976) : Rapeseed meal in complete feeds for dairy cows : J. Dairy Sci. 59, 1929-1935
- (8) 中村良一・米村寿男・須藤恒二(1973) : 牛の臨床検査法（農山漁村文化協会）第6章 14-17
- (9) 農林水産省農林水産技術会議事務局編(1999) : 日本飼養標準 乳牛(中央畜産会)
- (10) Sanchez J.M., D.W.Claypool(1983):Canola meal as a protein supplement in dairy rations : J. Dairy Sci. 66, 80-85
- (11) SAS® User's Guide:Statistics, Version 6, edition 4 (1989): SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- (12) 寺田文典・芹沢駿治・田野良衛・岩崎和雄・阿部亮 (1988) : 化学成分組成あるいは可消化成分含量による牛用飼料の代謝エネルギー含量の推定式について : 日畜会報 59, 490～495
- (13) Wiesen B., R. L. Kincaid, J. K. Hillers, J. H. Harrison(1990) : The use of rapeseed screenings in daiets for lactating cows and subsequent effects on milk yield and composition : J. Dairy Sci. 73, 3555-3562