

全粒綿実あるいは加熱圧片大豆給与が乳牛 の夏期乳量、乳成分に及ぼす影響

谷口 幸三・井上 浩一・山谷 洋二・大谷 勲

広島大学生物生産学部, 東広島市 724

1990年9月25日 受付

要 旨 全粒綿実と加熱圧片大豆の夏期泌乳牛に対する給与効果を比較するために、全粒綿実30%、全粒綿実15%+加熱圧片大豆15%あるいは加熱圧片大豆30%を添加した3種類の配合飼料を調製し、試験開始時平均乳量27kgの泌乳牛12頭を3群に分け、1期21日間の3×3ラテン方格法による試験を行なった。給与飼料は配合飼料をTDN比で65、イタリアンライグラスサイレージ25、アルファルファヘイキューブ10とし、各飼料区のTDN、粗蛋白質含量を同じにした。全TDN給与レベルは飼養標準の107%に設定した。

試験期間中の日平均気温は25.4°Cから30.8°Cの範囲にあり、平均28.5°Cであった。給与した配合飼料、ヘイキューブはほとんど採食されたが、サイレージに残食があり、特に加熱圧片大豆添加区で多かった。そのためTDN要求量に対する摂取割合は全粒綿実区で105%、全粒綿実+加熱圧片大豆区で100%、加熱圧片大豆区で101%であった。乳量、無脂固形分、乳蛋白質率は各飼料区間で差は認められなかった。しかし乳脂肪率は全粒綿実区が他の2区よりも高く($p < 0.05$)、そのためFCM量も高くなる傾向を示した。以上の結果から全粒綿実給与が加熱圧片大豆給与よりも有利であると考えられた。

緒 言

最近の乳牛の高能力化に対応して、多くの酪農家では飼料中の栄養素含量、特にエネルギーと粗蛋白質含量を高める傾向にあり、そのための飼料原料として脱脂前の油実類利用が増えている。西南暖地においては乳牛の栄養素要求量の高い泌乳最盛期に限らず、飼料摂取量の減少しやすい夏期にも油実類を補給給与する例が多い。この西南暖地で利用されている油実類の多くは綿実と大豆である。大豆は風乾物中TDN含量が83.0%、粗蛋白質含量39.2%と高く、家畜の制限アミノ酸になりやすいリジン含量も多い(NRC, 1982)。しかし生大豆は家畜にとって有害なトリプシンインヒビター、サポニン、エストロジェン活性化化合物などを含んでおり、それらを失活させるため、通常、加熱処理される。また大豆蛋白質の加熱処理は反芻家畜の蛋白質飼料としての価値を高めるとも言われている(Netmeyer *et al.*, 1982)。綿実はTDN 88.0%、粗蛋白質22.0%で、メチオニン含量が高く(NRC, 1982)、大豆と同様に反芻家畜の高エネルギー、高蛋白質飼料用原料になりうる。同時に綿実はリントと称する高品質セルロースの含量が高いのを特徴としており、その反芻家畜による消化率も高い(Copcock *et al.*, 1987)ので粗飼料の不足しがちな西南暖地のような地域では非常に好都合な飼料原料と考えられる。

しかしこうした栄養価の高い大豆と綿実の泌乳牛に対する飼料効果を直接比較した報告は少なく(Anderson *et al.*, 1984; Mohamed *et al.*, 1988)、また暑熱環境である夏期条件下でのものはほとんどない。本試験では夏期に乳牛に給与する配合飼料原料に綿実、大豆、あるいはそれらを組合わせ添加した場合の泌乳に及ぼす影響を比較検討した。

実 験 方 法

供試牛 広島大学生物生産学部附属農場(福山市御幸町)において開放放し飼いで繋養中のホルスタイン種泌乳牛の中から泌乳最盛期を過ぎた12頭を供試した。それらの試験供試直前の平均の産次数、分娩後日数、体重、乳量はそれぞれ3.3(1~7)産次、161(95~267)日、584(500~686)kg、27.6(20.4~35.5)

kg/日であった。個体ごとのこれらの数値を基に、3群に分け、特に分娩後日数、乳量が群間でなるべく等しくなるようにした。

給与飼料 配合飼料、イタリアンライグラス1番刈りサイレージ、アルファルファヘイキューブを給与した。配合飼料は風乾物当たり、全粒綿実30% (WC区)、全粒綿実15%と加熱圧片大豆15% (CS区)、加熱圧片大豆30% (HS区) を含有する3種類のを調製した。全粒綿実は殻付き (リントを含む)、無処理のものであり、加熱圧片大豆は70°C、40分間の蒸気加熱、圧片処理したものを用いた。これらの配合飼料の原料割合はTable 1に示した通りであり、綿実と大豆についてはカナダ・アメリカの飼料成分表 (NRC, 1982) を、その他の原料については1980年版日本標準飼料成分表を基に各飼料のTDN、粗蛋白質含量が一定になるようにした。飼料全体の給与割合はTDN比で、配合飼料65%、サイレージ25%、ヘイキューブ10%とした。各飼料の化学的組成とエネルギー含量はTable 2に示した。

試験期間と実験配置 試験は1985年7月4日から同年9月4日までの9週を3週間毎に分け、3×3のラテン方格法により実施した。

飼養管理 供試牛の管理は当農場慣行法に準じた。すなわち、飼料給与は1日2回、搾乳直後の朝9時と

Table 1. Formulation of concentrate mixtures.

Ingredients	Concentrates		
	WC	CS	HS
Whole cotton seed	30.0	15.0	—
Heat-flaked soybeans	—	15.0	30.0
Flaked corn	22.8	35.2	47.5
Corn gluten feed	18.0	9.0	—
Soybean meal	8.0	4.0	—
Rolled barley	6.0	6.0	6.0
Defatted rice bran	1.2	1.8	2.5
Wheat bran	5.0	5.0	5.0
Beet pulp	5.0	5.0	5.0
Tricalcium phosphate	1.0	1.0	1.0
Calcium carbonate	1.0	1.0	1.0
Sodium chloride	0.7	0.7	0.7
Magnesium sulfate	0.3	0.3	0.3
Vitamins and trace minerals	1.0	1.0	1.0

% of air dry matter

Table 2. Composition of concentrate mixtures, Italian ryegrass silage and alfalfa hay cube (dry matter basis).

Feed	Crude protein	Crude fat	NFE ¹	Crude fiber	Crude ash	NDF ²	ADF ³	ADL ⁴	Gross energy
Concentrate									
WC	20.2	7.9	54.4	10.8	6.7	34.2	18.6	4.1	4.8
CS	20.5	8.7	57.1	7.2	6.5	24.4	10.8	2.3	4.9
HS	20.5	9.4	58.5	4.6	7.0	19.5	7.5	0.9	5.0
Forage									
Silage	8.4	2.9	50.1	29.2	9.4	65.8	42.5	5.5	4.1
Haycube	18.4	2.4	39.5	23.9	15.8	41.4	31.4	7.7	4.2

¹Nitrogen free extracts. ²Neutral detergent fiber. ³Acid detergent fiber. ⁴Acid detergent lignin.

夕方5時に行い、配合飼料は日量分を朝2、夕1の割合で、サイレージは朝1、夕2、ヘイキューブは朝1、夕0の割合で与えた。水は自由摂取させた。なお試験牛は個体毎に Calan electric door によって飼料採食を管理した。飼料給与量は日本飼養標準(1974)による TDN 要求量の107%相当量とし、各期直前の体重と乳脂肪率ならびに各期前1週間の平均乳量を基に各期毎に調整した。

試料採取と分析 乳量は毎搾乳毎に、残飼料量は翌朝の給飼前に計量、記録したが、各期最後の1週間の数値を利用した。またその最終1週間の間、各区毎に給与飼料と残食の試料を少なくとも2回採取し、分析用試料とした。牛乳分析用試料は各期最終2日間、朝、夕の個乳を採取し、朝夕の乳量に応じて混合後、分析に供した。体重は各期最終2日間、朝の搾乳後、計測した。飼料の一般成分の分析は飼料分析法基準注解(1983)に基づき、繊維分画は GOERING and VAN SOEST (1970) の方法に依り、また総熱量はポンブカロリメーター(島津製作所, CA-3)を用いて分析した。牛乳成分は脂肪、蛋白質、乳糖、水分(日本薬学会, 1984)について実施した。

結果と考察

気温 本試験を実施した附属農場における舎外での試験期間中の平均気温は 25.4~30.8°C の範囲にあり、全期間を通して平均気温は 28.5°C であった。この平均気温は前年、前々年度の該当期間とほとんど変わらなかった。また日最低気温は期間平均 23.8°C、日最高気温は平均 33.3°C であった。試験期間中の最高気温は 37.0°C を記録しており、日最高気温が 30.0°C 以下の日数は63日中4日に過ぎなかった。また期間中の平均湿度は71.8%であった。なお、これらの数値は百葉箱内で計測したものである。

飼料摂取量 Table 3 に各飼料区における配合飼料、サイレージ、ヘイキューブならびにそれらの合計摂取量を乾物重で示すとともに日本標準飼料成分表(1980)と日本飼養標準(1974)から算出した TDN 摂取量、TDN 要求量を付記した。配合飼料、サイレージ、ヘイキューブ摂取量とも各区間でほとんど差がなかった。全乾物摂取量は有意ではないが、WC 区が他の区よりも約5%高かった。そのため TDN 摂取量も WC 区が CS 区、HS 区よりも少し高くなった。TDN 要求量に対する TDN 摂取割合は平均すると CS 区で100%であり、HS 区、WC 区ではそれぞれ、101%、105%と要求量を上回っていた。しかし個体による違いがあり、CS 区では全測定期間を通して、92~114%、HS 区で96~105%、WC 区で99~121%の範囲で変動し、CS 区では TDN 要求量を下回る個体が比較的多かった。

全粒綿実と全粒大豆を生あるいは加熱処理して乳牛に給与すると、それらの油実粕給与時に比べて全乾物摂取量が少なくなるとの報告(MOHAMED *et al.*, 1988)があり、また飼料中の全粒綿実割合を高めるに従い、乾物摂取量は直線的に減少するが、NE 摂取量には差がないことが指摘されている(COPPOCK *et al.*, 1985)。

Table 3. Dry matter consumption of concentrate mixtures, Italian ryegrass silage and alfalfa haycube, and TDN¹ intake.

Feed	Treatment		
	WC	CS	HS
	kg/d		
Concentrate	9.6±1.1 ²	9.4±1.0	9.6±1.3
Silage	4.7±0.6	4.2±0.6	4.1±0.9
Haycube	2.2±0.3	2.1±0.2	2.1±0.3
Total intake	16.5±1.8	15.6±2.0	15.7±1.9
TDN intake ³	12.8±2.1	12.0±1.4	12.1±1.7
TDN requirement ⁴	12.2±1.9	12.0±1.6	12.0±1.9

¹Total digestible nutrients. ²Mean value±standard deviation (n=12). ³Calculated from feed intake and published values (Standard Tables of Feed Composition in Japan, 1980). ⁴Calculated from milk production and live weight of cow and published values (Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle, 1974).

Table 4. Performance of cows during weeks of collection.

Item	WC	CS	HS
	kg/d		
Milk	20.7±2.7 ¹	21.5±3.4	19.8±2.7
Fat-corrected milk	21.2±3.0	20.4±1.0	19.6±4.8
	%		
Fat	4.15±0.17 ^a	3.69±0.21 ^b	3.67±0.34 ^b
Protein	2.87±0.06	2.97±0.12	2.91±0.19
Lactose ²	4.57±0.11	4.20±0.48	4.07±0.62
Solids-not-fat	7.96±0.34	8.08±0.21	8.07±0.42
	kg		
Live weight gain ³	0.8 ±13.7	-1.0 ±7.0	-9.0 ±24.5

^{a, b}Means in rows not sharing common superscript differ ($p < 0.05$).

¹Mean value±standard deviation ($n=12$). ²Anhydrous. ³Per 3 weeks.

本試験では給与飼料中の TDN 含量を各処理区間で同じに設定したために乾物摂取量の飼料間差が小さくなったと考えられる。

乳生産 各飼料区における乳量, FCM 量, 乳成分含量ならびに体重の増減を Table 4 に示した。

体重は HS 区で 1 期 (3 週間) 1 頭当たり 9 kg 減少したのに対し, WC 区, CS 区ではほとんど変化しなかった。

乳量は CS 区, WC 区, HS 区の順に高かったが, 飼料間に有意差はなかった ($p > 0.05$)。FCM 量は有意ではない ($p > 0.05$) が, WC 区が最も高く, 次いで CS 区, HS 区の順であった。これは, 乳脂肪率が WC 区で他の区よりも有意に高かった ($p < 0.05$) ためである。

乳脂肪率は飼料中の繊維含量とそれに関連しての第一胃内揮発性脂肪酸組成によって影響を受けることが広く知られている。今回の試験では全摂取飼料の乾物中粗繊維含量は WC 区 (17.8%) が CS 区 (15.4%), HS 区 (13.6%) よりも高く, ADF 含量 (WC 区: 27.1%, CS 区: 22.2%, HS 区: 19.9%) についても同様であった。本試験では全粒油実を用い, 飼料中の脂肪含量を高めたが, 飼料に脂肪を添加給与した場合, 繊維消化率が低下し (PALMQUIST and JENKINS, 1980), 第一胃内での揮発性脂肪酸のうち, 牛乳中の低, 中級脂肪酸合成原料となる酢酸や酪酸割合が減少し, 脂肪組織での脂質合成を活発にするプロピオン酸割合が増加する (MOHAMED *et al.*, 1988)。また乳腺での脂肪酸合成量も低下するため乳脂肪率も減少しやすい (PALMQUIST and JENKINS, 1980)。一方全粒綿実を飼料に添加給与しても繊維消化率は低下せず, 反って乳脂肪含量は増加することが報告されている (COPPOCK *et al.*, 1987)。SMITH *et al.* (1981) は全粒綿実を給与した時, その脂肪酸は第一胃内でかなり水素添加を受け, 牛乳中の trans oleic acid を増加させること, また乳腺での脂質合成量は減少するが, 綿実由来の脂肪が牛乳中に移行しやすいために正味の乳脂肪生産量が増加することを見いだした。しかし大豆の場合, 本試験と同様にひき割り加熱処理しても乳脂肪率は増加しないとする報告がある (MIELKE and SCHINGOETHE, 1981)。こうした処理法では第一胃内発酵はプロピオン酸産生に傾きやすいのかもしれない。

乳糖率は有意ではないが, WC 区, CS 区, HS 区の順に高くなる傾向にあった。しかし各飼料区とも通常の乳糖率よりも低い値であり, 暑熱環境が乳糖率を低下させた (大島ら, 1979) と推察される。乳糖率は給与飼料によってほとんど変化しないが, 泌乳期と連動しており (ROOK and THOMAS, 1983), 今回の綿実給与に伴う乳糖率増加の原因は不明である。アイソトープを用いた乳牛の出納試験で乳糖前駆物質はほとんどがグルコースであることが確認されている (BICKERSTAFFE *et al.*, 1974)。綿実給与は乳腺組織でのグルコースの取込みを抑制するが, 同時に乳腺組織でのグルコースの酸化と脂肪組織におけるグルコース取込みも抑制する (CUMMINS and RUSSELL, 1985) ために, 逆に乳糖合成基質となるグルコースが他の区に比べて有効に利用されたのかもしれない。

乳蛋白質率、無脂固形分率は各区间でほとんど差がなかった。他の綿実給与試験 (ANDERSON *et al.*, 1979; SMITH *et al.*, 1981; DePETERS *et al.*, 1981) や加熱処理大豆給与試験 (MIELKE and SCHINGOETHE, 1981) では乳蛋白質率が低下することが報告されており、PALMQUIST and MOSER (1981) は飼料に脂肪を補足給与すると乳腺組織へのアミノ酸取込みが減少する可能性を指摘している。本試験では低脂肪含量の飼料給与区を設けていないため、こうした効果は不明であるが、HAWKINS *et al.* (1985) の綿実給与試験結果でも今回と同様に乳蛋白質率は低下していない。当農場で通常飼料給与を行なった前年度、および前々年度の夏期における同程度の乳量牛各5頭の平均乳蛋白質率はそれぞれ、2.92%、2.82%と今回とほぼ同じであり、また無脂固形分はそれぞれ、8.03%、8.22%であった。これらの成績から、全体として当農場の夏期乳成分中の蛋白質率および無脂固形分率は低いと言えるが、一般的に夏期に乳蛋白質率、無脂固形分率は低下することが認められている (柴田, 1983)。したがって今回使用したような綿実や大豆ではこれらの成分を増加させるのは困難と考えられる。

以上の結果から全粒綿実を加熱圧片大豆に比べて、乳脂肪率、FCM 生産量の点で有効であると判断される。なお価格の上でも加熱大豆は kg 当たり64円であるのに対して全粒綿実は45円 (1990年8月現在) と有利であり、この価格差は過去数年間あまり変化していない。

乳牛への綿実給与 本試験では綿実を平均1日1頭当たり原物で3kg、個体によっては最大4kgを給与したが、外見上の異常は観察されなかった。綿実にはゴシポールというフェノール化合物が含まれており、単胃動物にとっては有害であるが、成熟反芻動物では第一胃内で無毒化されるためにゴシポールに対する耐毒性が強い (REISER and FU, 1962)。COPPOCK *et al.* (1985) は全飼料中に綿実を30%添加しても毒性が認められなかったと述べており、また SMITH *et al.* (1981) も実際に酪農家が綿実を乾物重で2.9kg以上給与しても分娩間隔、第四胃変位、乳熱、後産停滞、ケトシスなどに特に影響しなかったことを報告している。しかし綿実を3.3kg (乾物重) 程度の給与でも血清中にゴシポールを検出したとの報告 (HAWKINS *et al.*, 1985) もあり、長期間あるいは多量に給与する場合についての検討が必要である。

今回実施した試験では供試牛の泌乳量はあまり高いものでなく、また TDN 給与レベルは各試験期前の要求量に対して107%で、比較的粗飼料給与量が少なかったにもかかわらずサイレージに残食がみられ、実際の摂取量は当該試験期の TDN 要求量の100~105%であった。油実類の給与が果たして夏期の乳牛のエネルギー摂取に有効であるかどうかについては、エネルギー含量の低い飼料を対照として、さらにエネルギー要求量の高い乳牛を用いた検討もなされなければならない。

謝 辞

本研究を実施するに際して、三谷克之輔博士に飼料設計、購入の面で大変お世話になった。また附属農場の赤木英二業務係長、塩飽忠博技官、徳永三則技官、山下農己技官をはじめ、多くの技官の方々には乳牛の飼養管理作業をお手伝い戴いた。深謝の意を表します。

引用文献

- ANDERSON, M. J., ADAMS, D. C., LAMB, R. C. and WALTERS, J. L., 1979, Feeding whole cottonseed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 62:1098-1103.
- ANDERSON, M. J., OBADIAH, Y. E. M., BOMAN, R. L. and WALTERS, J. L., 1984, Comparison of whole cottonseed, extruded soybeans, or whole sunflower seeds for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 67: 569-573.
- BICKERTAFFE, R., ANNISON, E. F. and LINZELL, J. L., 1974, The metabolism of glucose, acetate, lipids and amino acids in lactating dairy cows. *J. Agric. Sci.*, 82:71-85.
- COPPOCK, C. E., WEST, J. W., MOYA, J. R., NAVE, D. H., LA BORE, J. M., THOMPSON, K. G., ROWE, L. D. JR. and GATES, C. E., 1985, Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility and physiological response of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 68:2248-2258.
- COPPOCK, C. E., LANHAM, J. K. and HORNER, J. I., 1987, A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. *Anim. Feed Sci.*

- Technol.*, 18:89-129.
- CUMMINS, K. A. and RUSSELL, R. W., 1985, Effects of feeding whole cottonseed to lactating dairy cows on glucose and palmitate metabolism. *J. Dairy Sci.*, 68:2009-2015.
- DEPTERS, E. J., TAYLOR, S. J., FRANK, A. A. and AGUIRE, A., 1985, Effects of feeding whole cottonseed on composition of milk. *J. Dairy Sci.*, 68:897-902.
- GOERING, H. K. and VAN SOEST, P. J., 1970, Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agriculture Handbook no. 379, USDA U. S. Government Printing Office, Washington, DC.
- HAWKINS, G. E., CUMMINS, K. A., SILVERIO, M. and JILEK, J. J., 1985, Physiological effects of whole cottonseed in the diet of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 68:2608-2614.
- MIELKE, C. D. and SCHINGOETHE, D. J., 1981, Heat-treated soybeans for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 64:1579-1585.
- MOHAMED, O. E., SATTER, L. D., GRUMMER, R. R. and EHLE, F. R., 1988, Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.*, 71:2677-2688.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 1982, United states-Canadian tables of feed composition. 3rd revision pp. 24-127. Nat. Acad. Sci., Washington, DC.
- NETEMEYER, D. T., BUSH, L. J., WARD, J. W. and JAFRI, S. A., 1982, Effect of heating soybean meal for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 65:235-241.
- 日本薬学会, 1984, 乳製品試験法注解. pp. 34-64. 金原出版, 東京.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局, 1974, 日本飼養標準乳牛. 中央畜産会, 東京.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局, 1980, 日本標準飼料成分表. 中央畜産会, 東京.
- 大島正尚・布施 洋・石井忠雄, 1979, 記録的に暑かった1978年夏の個体乳成分の変化について. 日畜会報, 50:666-669.
- PALMQUIST, D. L. and JENKINS, T. C., 1980, Fat in lactation rations; review. *J. Dairy Sci.*, 63:1-14.
- PALMQUIST, D. L. and MOSER, E. A., 1981, Dietary fat effects on blood insulin, glucose utilization, and milk protein content of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 64:1664-1670.
- REISER, R. and FU, H. C., 1962, The mechanism of gossypol detoxification by ruminant animals. *J. Nutr.*, 76:215-218.
- ROOK, J. A. F. and THOMAS, P. C., 1983, In "Nutritional physiology of farm animals" (ROOK, J. A. F. and THOMAS, P. C. ed.), pp. 314-367, Longman, London and New York.
- 柴田正貴, 1983, 高温環境下における乳牛の熱収支と乳生産. 日畜会報, 54:635-647.
- 飼料分析基準研究会, 1983, 飼料分析基準注解. 第2版, pp. 6-16, 日本飼料協会, 東京.
- SMITH, N. E., COLLAR, L. S., BATH, D. L., DUNKLEY, W. L. and FRANKE, A. A., 1981, Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 64:2209-2215.

**Comparison of Whole Cottonseed or Heat-Flaked Soybeans
for Production and Composition of Milk by
Dairy Cows under Summer Condition**

Kohzo TANIGUCHI, Koichi INOUE,
Yoji YAMATANI and Isao OTANI

*Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 724, Japan*

An experiment with 12 lactating cows in a 3×3 Latin square design determined effects of diets containing whole cottonseed, commercially available heat-flaked soybeans, or these two ingredients on milk production and composition, and total digestible nutrients (TDN) intake. Diet composition was 65% concentrate, 25% Italian ryegrass silage, and 10% alfalfa haycube on TDN basis. Concentrate contained either 30% whole cottonseed, 30% heat-flaked soybeans, or 15% whole cottonseed plus 15% heat-flaked soybeans. All diets were approximately isocaloric and isonitrogenous.

The air temperature and relative humidity averaged 28.5°C, ranged from 20.0°C to 36.8°C, and 71.8%. The TDN ratio of intake to requirement was highest for the 30% whole cottonseed, but there were no differences among diets for milk yield, solids not-fat %, or protein % of milk. Fat-corrected milk production for the 30% whole cottonseed tended to be higher than those of the other two diets because of the highest milk fat % ($p < 0.05$).