에너지 및 반추위 미분해단백질 수준을 달리한 사료급여가 비유종기 유우에 미치는 영향

박수범¹ · 임동현¹ · 박성민^{1,2} · 김태일¹ · 최순호¹ · 권응기¹ · 서자겸² · 서성원² · 기광석^{1*}

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²충남대학교 동물바이오시스템학과

Effects of different energy and rumen undegradable protein levels on dairy cow's production performance at mid-lactation period

Su Bum Park¹, Dong Hyun Lim¹, Seong Min Park^{1,2}, Tae Il Kim¹, Sun Ho Choi¹, Eung Gi Kwon¹, Jakyeom Seo², Seongwon Seo², Kwang Seok Ki^{1*}

¹National Institute of Animal Science, RDA, Korea

²Department of Animal Biosystem Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Received on 21 October 2013, revised on 6 December 2013, accepted on 10 December 2013

Abstract : Sources of energy and rumen undegradable protein (RUP) have been used to meet nutrient requirements for high producing dairy cows. However studies for manipulation the levels of energy and RUP in diets have been mainly achieved using dairy cows at early-lactation period. The objective of this study thus, was to investigate the effects of different energy and rumen undegradable protein (RUP) levels on dry matter intake and milk yield in Holstein cows at mid-lactation period. Basal diet was prepared as TMR to meet nutrient requirements for dairy cows at mid-lactation according to NRC recommendation. Cows of control group (Con) were fed only basal diets while ground corn (0.5 kg/d), heat-treated soybean meal (0.5 kg/d), and their mixture (0.25 kg of each supplements/d) were added to diets for cows of treatment groups (T1, T2, and T3 respectively) to modulate the level of energy and RUP contents in diets. Addition of energy or RUP source in basal TMR did not affect in total DMI while TMR intake tended to be higher in Con compared to T3. Cows fed T3 diets tended to show increased milk yield and MUN content than those of Con. Cows for T2 as well as T3 had lower ADG ($P<0.05$) compared with those of Con. We concluded that the addition of RUP source in diets for dairy cows on mid-lactation period might cause the decrement of DMI and ADG.

Key words : Dairy cows, RUP, DMI

I. 서 론

홀스타인 젖소가 국내에 도입된 이후 산유능력 개량을 위한 부단한 노력으로 인해 젖소의 유전적 산유능력은 비약적으로 향상되었다. 향상된 산유능력을 뒷받침하기 위해서는 개체의 유생산 능력에 맞는 높은 수준의 영양소를 공급하여야 하나, 섬유질 사료를 필수적으로 섭취해야하는 반추동물의 특성상 섬유소 사료 섭취에 의한 물리적 건물 섭취량 제한(Allen, 2000)은 피할 수 없는 실정이며 그에

따른 영양소 공급의 불균형 또한 해결되어야 할 과제중 하나이다. 특히 비유초기에는 유생산에 필요한 영양소 요구량과 건물섭취량의 증가가 일치하지 않아 많은 연구가 비유초기의 건물섭취량 증가에 집중되어 있다. 건물섭취량에는 동물적 요인, 사료적 요인, 환경적 요인 등 다양한 요인이 영향을 주는데 사료적 요인을 구체적으로 보면 사료의 화학적 특성, 사료의 통과속도 및 소화속도, 사료의 입자도, 기호성 등이 건물 섭취량에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(NIAS, 2012). 고능력우가 시기별 유생산에 필요로 하는 영양을 충분히 공급받기 위해서는 건물섭취량을 증가시킬 필요가 있는 것이다.

*Corresponding author: Tel: +82-41-580-3396

E-mail address: kiks386@korea.kr

Allen(2000)은 사료중의 NDF함량이 25 %이상일 경우 건물섭취량이 감소할 수 있다고 하였다. 사료에 지방산을 첨가하였을 경우 감소하는 경향을 보이지만(Allen, 2000) 건물섭취량이 증가한다는 보고도 있다(Pantoja et al., 1996; Skaar et al., 1989). 지방을 첨가하여 건물섭취량이 증가하는 경우는 체열증가가 낮아 더위스트레스가 경감되거나 곡류를 대체하여 지방을 사용함으로써 프로피온산의 건물섭취량 억제작용을 완화하기 때문으로 보인다(Allen, 2000). Oba 등(2003)은 젖소에 있어 단백질함량이 증가하면 섭취량도 증가한다고 하였는데, 이는 반추위 분해 단백질(Rumen degradable protein, RDP)의 증가가 건물소화를 및 섬유소 소화율에도 긍정적인 영향을 미쳤기 때문이라고 보고하고 있다. 젖소 사료중의 반추위 미분해 단백질(Rumen undegradable protein, RUP)의 첨가는 우군의 생산성 증가에 따른 미생물체단백의 부족을 보완하기 위해 사용되어 왔으며, 유생산 및 유단백의 함량을 증가시킨다고 보고되었다(Santos et al., 1998). 특히 젖소 사료중의 가소화 RUP의 함량이 낮을 경우, RUP의 공급이 더욱 중요하다 (NRC, 2001).

Cyriac 등(2008)은 비유 증기 젖소 사양 시, 사료 내 RUP의 함량을 동일하게 가져갈 경우, RDP의 함량을 NRC 요구량보다 낮춰주더라도 8.8 %건물 이상의 RDP를 급여해 준다면 유생산에 영향을 크게 미치지 않는다고 보고한 바 있다. 그러나 현재까지 RUP 급여에 관한 연구는 대사단백질이 부족한 비유초기에 집중되어 있으며 비유중후기에 있어 RUP 급여가 건물섭취량에 끼치는 영향에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 비유증기의 홀스타인 젖소를 이용하여 에너지 및 RUP 수준을 달리한 사료의 급여가 비유증기의 홀스타인 젖소의 사료섭취량 및 유성적에 미치는 영향을 조사하는 데 있다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 설계 및 공시 가축

공시 가축으로 축산과학원 축산자원개발부 시험농장에서 사육중인 비유증기 홀스타인 경산우 8두를 선발하였다. 반복 4×4 라틴방각법(Replicated Latin square design)으로 4가지 처리구에 임의로 2두씩 배치하여 각 시험기마다 9일의 예비기간과 5일의 시험기간으로 총 8주간 사양시험

을 수행하였다. 공시축의 시험개시 평균 산차는 2.4 산이며 평균 비유일수는 161.8일이다.

공시축에게는 기본 사료로 동일한 양의 젖소용 TMR을 40 kg 원물 급여하고 처리구별로 추가로 전분에너지와 RUP를 급여하였다. 전분에너지공급원으로는 분쇄 옥수수를 급여하였으며 RUP 원료로 열처리 대두박(Harstad 등, 2000)을 급여하였다.

4가지 처리구는 TMR 40 kg을 급여한 대조구, 분쇄 옥수수 0.5 kg 추가 공급한 처리구 1, 열처리 대두박 0.5 kg 추가 공급한 처리구 2, 분쇄 옥수수 0.25 kg와 열처리 대두박 0.25 kg를 추가 공급한 처리구 3으로 나누었다. 시험에 사용된 TMR은 체중 670 kg, 유량 35 kg, 유지방 3.4%를 기준으로 설계되었으며 배합비의 조성은 Table 1과 같고, 각 처리구별 일반성분 및 RDP, RUP, TDN 함량은 Table 2와 같다.

Table 1. Feed ingredients of basal TMR diet.

Item	% As-fed
Corn silage	16.7
Alfalfa baled	8.3
Oat straw	1.7
Tall fescue	6.0
Annual ryegrass	4.3
Colored guineagrass	1.7
Cotton seed	4.3
Corn flake	3.3
Corn	20.7
Cotton seed hull pelleted	3.0
Sugar cane molasses	4.3
Brewers grains (wet)	7.8
Beet pulp pellet	0.7
Wheat bran	0.7
Corn gluten feed	6.2
Soybean mill	6.7
Malt sprouts	2.0
Elvan	0.2
Sodium bicarbonate	0.2
Salt	0.7
Vitamins & mineral	0.25
Somatic cell reducer	0.15
Total	100.0

Table 2. Chemical composition of diets for treatments.

Items	Con	T1	T2	T3
Dry matter (% AF)	72.40	72.55	72.74	72.65
Crude protein (% DM)	15.95	15.83	16.47	16.15
RDP (% of CP)	72.88	72.82	70.83	71.80
RUP (% of CP)	27.12	27.18	29.17	28.20
Ether extract (% DM)	3.38	3.37	3.32	3.35
Crude fiber (% DM)	18.59	18.36	18.28	18.32
NDF (%DM)	37.91	37.55	37.29	37.42
ADF (%DM)	18.69	18.84	18.34	18.39
NFC (%DM)	34.68	35.22	34.96	35.09
Ash (% DM)	8.07	8.03	7.96	8.00
TDN 1X (%DM)	72.55	72.80	72.72	72.76

Table 3. Dry matter intake in all treatments.

DMI (kg/d)	Con	T1	T2	T3
TMR	25.47	24.56	25.64	24.02**
Ground corn	-	0.44	-	0.22
Heat treated soy bean meal	-	-	0.44	0.22
Total intake	25.47±3.49	25.00±3.62	26.08±2.83	24.46±3.67

**indicates significant difference with Con (P<0.05)

2. 조사 항목 및 방법

공시축에게 1일 1회 오전, 개체별로 에너지 및 RUP 사료를 먼저 급여시킨 후, TMR 원물 40 kg를 급여하여 충분히 사료를 섭취하게 하였으며 사료섭취량은 일일 사료 급여량에서 다음날 오전 사료 급여 전 잔량을 제하여 계산하였다. 급여된 사료의 일반성분분석은 AOAC (2007)에 따라 수행되었고, NDF와 ADF 함량 분석은 Van Soest 등(1991)에 준하였다. 하루 2회 착유(오전 6:00, 오후 5:00)하여 오전과 오후 유량을 합산하여 일일 유량으로 하였으며, 산유량은 각 시험기간의 마지막 6일 동안을 합산 및 평균하여 측정하였다.

유단백, 유지방, 유당 그리고 우유요소태질소(Milk urea nitrogen, MUN) 등 유성분 분석을 위한 우유 시료는 각 시험기간 마지막 이틀 동안 오전 및 오후 착유시간에 4회 채취되었고, 유성분은 각각의 우유를 50 ml tube에 옮긴 뒤, Milko-scan 4000 series (Foss Electric Co, Denmark)를 이용하여 분석되었다. 혈액은 실험개시 전일과 종료일에 목 부위의 경정맥으로부터 혈액을 채취되었고, 원심분리 후 분리된 혈청은 다음 분석을 위해 -20℃에서 보관되었다.

혈청 내 영양성분(Glucose, total protein, blood urea nitrogen)은 Blood Autoanalyzer (Hitachi, 7180, JP)를 이용하여 시약반응 후 340~800 nm에서 측정되었다.

3. 통계 분석

통계해석은 분산분석과 던넛(Dunnett)의 평균치 다중 비교검정을 이용하여 각 처리구를 대조구와 비교하였다. 통계적 유의 수준은 5%로 설정하였다(P<0.05).

III. 결과 및 고찰

1. 건물 섭취량

전분에너지와 열처리 대두박 급여 수준에 따른 각 처리구별 두당 평균 건물섭취량은 Table 3과 같다. 대조구, 처리구 1, 처리구 2의 TMR 섭취량은 각각 25.47 kg, 24.56 kg, 25.64 kg으로 유의적인 차이는 없었으나 처리구 3은 24.02 kg으로 대조구에 대비하여 유의적으로 (p<0.05) 섭취량이 감소하였다. 그러나 총 건물섭취량은 처리구 간

Table 4. Average daily milk yields in all treatments.

Items	Con	T1	T2	T3
Milk yield (kg/d)	34.26±3.63	33.93±2.72	33.19±4.75	34.21±2.36
4% FCM (kg/d) ¹	31.5	31.6	31.5	32.2

¹4% fat corrected milk yield = milk (kg/d)×(44.01×milk fat(%) + 163.56)/339.60

유의적인 차이가 없었다.

비유증기의 젖소에게 분쇄 옥수수과 열처리 대두박을 단독 급여하였을 경우 TMR 섭취량에 유의적인 변화가 없었지만 전분에너지가 추가된 처리구 1은 감소하는 경향을 보였으며 분쇄 옥수수과 열처리 대두박이 같이 급여된 처리구 3은 TMR 섭취량이 유의적으로($p < 0.05$) 감소하였는데 이것은 당의 섭취에 따른 반추위내 휘발성지방산의 농도와 삼투압이 증가하고 간에서 흡수되는 프로피온산이 증가하기 때문인 것으로 판단된다(Allen et al., 2000). 본시험에서는 조단백 중의 RUP 수준이 27.12 ~ 29.17% 이내일 경우 RUP의 단독 급여는 건물섭취량에 영향을 끼치지 않는 것으로 보이며, 28.20 % 이상에서 전분에너지가 함께 급여될 경우 일정한 수준의 영향을 미칠 수 있다고 판단되는 바 보다 높은 수준의 전분에너지 및 RUP 급여에 관한 연구가 필요하다.

2. 산유량

산유량(Table 4)은 처리구 간 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 4% FCM(kg/일)은 처리구3에서 증가하는 경향

을 보였다. 처리구에서 산유량의 유의적인 증가는 없었으나 분쇄 옥수수과 열처리 대두박을 동시 급여한 시험구에서 증가하는 경향을 보이고 있어 에너지 및 RUP 급여가 비유증기의 지속성을 유지하여 유량증가의 가능성을 기대할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 유성분

각 대조구와 처리구별 유성분은 유의적인 차이가 없었다. 그러나 유지율의 경우, 대조구에서 3.4±0.4%으로 가장 낮았고, 처리구 2에서 3.6±0.4%으로 가장 높은 경향을 나타내었다. 각 평균치는 Table 5에서 보는바와 같다.

분쇄 옥수수과 열처리 대두박이 각각 단독으로 급여된 처리구 1과 2에서는 유량 및 유성분에도 그 영향이 보이지 않아 급여된 첨가사료가 효율적으로 이용되지 못하거나 급여량이 영향을 끼치기에는 부족한 것으로 판단된다.

MUN 함량은 처리구 2, 3에서 대조구에 비해 높은 경향을 보였는데 일반적으로 RDP의 공급이 과잉이거나 에너지 부족일 경우에 증가(한국젖소사양표준 2012)함에 반하여, 본 시험에서는 RDP의 비율이 감소함에도 불구하고 증가하

Table 5. Milk composition in all treatments.

Items	Con	T1	T2	T3
Milk fat (%)	3.4±0.4	3.5±0.2	3.6±0.4	3.5±0.1
Milk protein (%)	3.1±0.1	3.2±0.1	3.1±0.1	3.2±0.1
Lactose (%)	4.7±0.1	4.7±0.2	4.7±0.1	4.8±0.2
Total solid (%)	10.9±0.6	10.9±0.3	11.2±0.2	11.0±0.1
Free fatty acid (%)	1.8±0.3	1.8±0.6	1.9±0.4	1.8±0.4
MUN (mg/L)	16.8±1.6	16.7±1.9	17.0±1.2	17.5±2.3

Table 6. Average of body weight gain in all treatments.

Items	Con	T1	T2	T3
Total body weight gain (kg)	17.6	52.4	-23.0	-22.8
ADG (kg/d)	1.33	3.98	-1.80**	-1.80**

** indicates significant difference with Con ($P < 0.05$)

Table 7. Profiles of blood metabolites in all treatments.

Items	Con	T1	T2	T3
Glucose	61.25	59.75	61.38	59.71
Total protein	9.89	9.81	10.04	9.96
BUN	20.33	20.83	20.99	19.94

는 경향을 보였다. 이는 RDP의 비율의 감소와 관계없이 총 조단백 급여량의 상승에 따른 대사단백질 발생의 증가 및 이를 이용하기 위한 에너지의 소모에 의한 것으로 판단된다. 또한 처리구 2, 3에서 발견된 유의적인 체중감소(Table 6)는 에너지 소모에 의한 것으로 유추해 볼 수 있다.

3. 증체량

시험기간 중 각 처리구의 일당증체량은 대조구 1.33 kg, 처리구 1은 3.98 kg, 처리구 3과 4는 -1.80 kg로 나타났으며 대조구와 처리구 1 간의 유의적인 차이는 보이지 않는 반면 처리구 3과 4는 유의적인 감소($P < 0.05$)를 보였다.

본 시험에 공시된 젖소는 비유증기의 소들로 비유초기에 감소한 체중의 회복이 필요하므로 증체량이 의미하는 바가 매우 크다. 본 시험에서는 분쇄옥수수를 급여한 우군과 대조구가 체중이 증가하는 경향을 보였으며 RUP을 추가로 급여한 처리구 2, 3에서는 유의적으로 체중이 감소하였는데 이는 TMR에 충분한 조단백 급여 상황에서 열처리 대두박의 추가급여는 단백질과잉현상을 초래하여 대사단백질의 증가에 동반한 단백질의 분해와 이용에 에너지가 사용되었기 때문으로 판단된다.

처리구 2, 3에서의 체중감소가 건물섭취량 감소의 영향도 고려해 볼 수 있으나 열처리 대두박의 단독 급여군인 처리구 2의 경우 건물섭취량이 증가하는 경향을 보이고 있고 혼합 급여군인 처리구 3의 경우 건물섭취량이 감소하는 경향을 보이기 때문에 건물섭취량이 체중에 직접적인 영향을 주었다고 판단하기는 어렵다.

혼합처리구인 처리구 3에서 분쇄옥수수가 추가 되었음에도 체중이 감소하는 것은 전분에너지와 RUP 간의 직접적인 관계가 적고 급여량이 적어 반추위 내에서 소량 증가한 RDP의 분해에 이용되는 것 이상으로 영향을 끼칠 수 없었던 것으로 판단된다.

3. 혈액 내 대사산물

혈액 내 대사산물의 변화양상은 Table 7에 나타내었다. 혈액 내 대사산물의 농도는 대조구와 비교하여 모든 처리구에서 유의적인 차이는 없었다. 에너지 대사를 나타내는 혈중 glucose 농도는 시험 전 전체 공시축의 평균은 62.50 mg/dl이었으며 시험 종료시에는 대조구, 처리구 1, 처리구 2 및 처리구 3에서 각각 61.25 mg/dl, 59.75 mg/dl, 61.38 mg/dl 및 59.71 mg/dl로 유의적인 차이는 없었다. 에너지 및 단백질 대사를 나타내는 혈중 BUN 농도는 시험 전 평균은 21.10 mg/dl 이며 대조구보다 처리구에서 낮았으나, 시험 종료 후 대조구, 처리구 1, 처리구 2 및 처리구 3에서 각각 20.33 mg/dl, 20.83 mg/dl, 20.99 mg/dl 및 19.94 mg/dl로 유의적인 차이가 없었다.

이상의 결과로 건물섭취량과 대사단백질의 수요가 낮아지는 홀스타인 젖소의 비유증기 이후의 RUP의 추가급여는 총 건물섭취량 및 유성분 변화에는 큰 영향을 주지 않으나 MUN 증가 및 체중을 감소시킬 수 있으므로 급여에 주의가 요구된다. 본 시험에서는 라이신과 메치오닌의 비율에 대해 언급하지 않았으나 열처리 대두박의 급여에 따른 라이신과 메치오닌의 비율을 검토할 필요가 있다고 사료된다.

IV. 결론

본 연구는 비유중후기 홀스타인 젖소에 있어 반추위미분해단백질의 급여가 건물섭취량 및 유생산에 끼치는 영향을 조사하였는데 영양요구량에 맞춘 TMR을 급여하는 대조구와 이 TMR에 분쇄 옥수수를 0.5 kg 추가한 처리구 1, 열처리 대두박을 0.5 kg 추가한 처리구 2, 분쇄 옥수수와 열처리 대두박을 각각 0.25 kg 추가 급여한 처리구 3으로 나누어 시험하였다. 총 건물섭취량에 있어 유의적인 차이는 없었으나 TMR의 섭취량은 처리구 3에서 24.03 kg으로 대조구의 25.47 kg에 비하여 유의적($P < 0.05$)으로 감소하였다. 산유량의 경우 유의적인 차이는 없었으나 처리구 3이

대조구에 비교하여 상승하는 경향을 나타내었다.

유성분에서도 유의적인 차이는 없었으나 MUN의 경우 처리구 2, 3에서 증가하는 경향을 보였다.

1일 증체량의 경우 대조구(1.33 kg)에 비하여 처리구 1(3.98 kg)은 증가하는 경향을 보였으며 처리구 2, 3에서는 -1.80 kg로 유의적($P < 0.05$)으로 감소하였다. 비유증 후기의 RUP의 추가급여는 건물섭취량과 체중의 감소를 발생시킬 수 있음에 따라 급여에 주의를 해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구과제(과제번호 : PJ907023)의 세부과제 수행결과이며, 국립축산과학원 박사후연수과정 지원사업에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- Allen MS. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83:1598-1624.
- AOAC. 2007. Official methods of analysis. 18th ed., revision 4. AOAC International.
- Cyriac, J, Rius, AG, McGilliard, ML, Pearson, RE, Bequette, BJ, Hanigan, MD. 2008. Lactation performance of mid-lactation dairy cows fed ruminally degradable protein at concentrations lower than national research council recommendations. *Journal of Dairy Science* 91:4704-4713.
- Harstad OM, Prestlokken E. 2000. Effective rumen degradability and intestinal indigestibility of individual amino acids in solvent-extracted soybean meal (SBM) and xylose-treated SBM (SoyPass(R)) determined in situ. *Animal Feed Science and Technology* 83:31-47.
- NIAS. 2012. Korean Feeding Standards: Dairy Cattle. Rural Development Administration. Korea.
- Oba M, Allen MS. 2003. Hypophagic effects of ammonium are greater when infused with propionate compared with acetate in lactating dairy cows. *Journal of Nutrition* 133:1100-1104.
- Pantoja J, Firkins JL, Eastridge ML. 1996. Fatty acid digestibility and lactation performance by dairy cows fed fats varying in degree of saturation. *Journal of Dairy Science* 79:429-437.
- Santos FAP, Santos JEP, Theurer CB, Huber JT. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. *Journal of Dairy Science* 81:3182-3213.
- Tylutki TP, Fox DG, Durbal VM, Tedeschi LO, Russell JB, Van Amburgh ME, Overton TR, Chase LE, Pell AN. 2008. Cornell net carbohydrate and protein system: a model for precision feeding of dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology* 143:174-202.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.