

## 홀스타인 착유우에서 중성세제불용섬유소의 수준과 조사료유래 중성세제불용섬유소의 수준이 사료섭취량 및 유생산성에 미치는 영향

이도형<sup>1</sup> · 권찬호<sup>2</sup> · 김은중<sup>3</sup> · 김현진<sup>4</sup> · 김겸현<sup>5</sup> · 김수기<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 동물자원학과, <sup>2</sup>경북대학교 말특수동물학과, <sup>3</sup>경북대학교 축산학과,

<sup>4</sup>서울대학교 농업생명과학연구원, <sup>5</sup>건국대학교 동물자원학과

### Effect of Levels of Total Neutral Detergent Fiber and Forage-derived Neutral Detergent Fiber on Feed Intake and Milk production in Holstein Dairy Cows

Do Hyung Lee<sup>1</sup>, Chan Ho Kwon<sup>2</sup>, Eun Joong Kim<sup>3</sup>, Hyun-Jin Kim<sup>4</sup>, Gyeom-Heon Kim<sup>5</sup> and Soo-Ki Kim<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, <sup>2</sup>Department of Horse, Companion and Wild Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 742-711, <sup>3</sup>Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 742-711, <sup>4</sup>Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, <sup>5</sup>Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 143-701

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of total neutral detergent fiber (NDF) and forage-derived NDF (fNDF) on nutrient intake and milk production in Holstein dairy cows. Thirty-six Holstein dairy cows at weeks 4 to 20 of lactation were included in this study. The cows were arranged in a randomized complete block design and assigned to one of six diets: 1) 38% NDF with 18% fNDF (HN-HF); 2) 38% NDF with 15% fNDF (HN-MF); 3) 38% with 12% fNDF (HN-LF); 4) 34% NDF with 18% fNDF (LN-HF); 5) 34% NDF with 15% fNDF (LN-MF); and 6) 34% with 12% fNDF (LN-LF). The cows were fed a total mixed ration twice daily (07:00 and 18:00 h) and given *ad libitum* access to feed and water throughout the experiment. Data on the intake of nutrients (DM, NEI, CP, NDF, fNDF, NFC), milk yield, composition, fat-corrected milk (FCM), fat and protein corrected milk (FPCM), and energy corrected milk (ECM) were analyzed. Lower dietary concentrations of total NDF or fNDF resulted in an increase in DM, NEI, and NFC intake ( $p < 0.01$ ), milk yield ( $p < 0.05$ ) and a lower milk fat concentration ( $p < 0.01$ ). The LN treatment showed no significant differences in milk fat concentration compared to the HN however, further reduction in fNDF decreased milk fat content ( $p < 0.01$ ). The lowest level of milk fat was observed in the LN-LF diet group. Changes in the dietary concentrations of NDF or fNDF did not affect the concentrations of milk protein or SNF (solid not fat), although the yield of milk protein and SNF increased with higher milk yield ( $p < 0.01$ ). The level of fNDF influenced the level of FCM ( $p = 0.07$ ), as well as FPCM and ECM yield ( $p < 0.05$ ). A highly positive correlation between fNDF intake and milk fat concentration was observed in animals with low NDF compared to those offered high NDF. A strong correlation was also observed between milk yield and low NDF intake compared to high NDF intake.

(**Key words** : Forage-NDF, Milk yield, Dairy cow)

#### I. 서 론

국내에서 착유우 사료 중 농후사료의 비율은 특히 고농도력에 있어서 우유생산에 필요한 적절한 에너지 공급을 목적으로 비싼 가격에도 불구하고 증가해왔다. 그러나 다량의 농후사료 급여는 여러 가지 대사성 질병을 야기하기

도 한다. 특히 급여사료 내 섬유소의 함량이 적을 경우 반추작용이 저해되고 이로 인해 섬유소의 소화율이 저하되며 결과적으로 유생산량이 저하되는 결과를 야기한다(Beauchemin, 1991). 또한 사료 중 섬유소의 양과 종류 그리고 그 물리적 특성은 비조사료유래 섬유소와 밀접한 관계가 있으며 이러한 관계는 착유우의 섬유소 소화율, 사료의 장관 내

\* Corresponding author : Soo-Ki Kim, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea, Tel: +82-2-450-3728, Fax: +82-2-455-1044, E-mail: sookikim@konkuk.ac.kr

이동속도 그리고 착유우의 생산성에 영향을 미친다 (Grant, 1997). 정상적인 반추위의 기능을 유지하고 유지율의 감소를 피하기 위해서는 총 중성세제불용섬유소 (neutral detergent fiber; NDF)의 약 75%가 조사료원료로부터 유래해야 한다고 National Research Council (NRC)은 제시하고 있다 (NRC, 1989). 그러나 양질 조사료의 생산이 부족하여 다량의 조사료를 수입에 의존하고 있는 국내 낙농산업의 경우, 유생산량을 높이기 위해서 또는 생산비의 절감을 위해 조사료의 급여가 충분하지 않은 경우가 현장에서 종종 보고되고 있으며, 따라서 양질의 조사료유래 중성세제불용섬유소원 (forage-NDF, fNDF)이 충분하지 않을 때 비조사료유래 섬유소원으로 대체, 급여하는 것이 현실이다. 일반적으로 비조사료유래 섬유소원 (non-forage-NDF, nfNDF)은 상대적으로 입자의 크기가 작고 반추위의 통과속도가 조사료유래 섬유소원보다 빠르다 (Kaske and Engelhardt, 1990). 이러한 이유로 TMR 사료배합 시 어떠한 조사료를 선택, 배합하여 어떤 수준에서 급여할 것인가 하는 문제는 착유우의 건강 유지 및 농장의 수익과 직결되는 매우 중요한 요소로 인식된다. 그럼에도 불구하고 착유우에 있어서 조사료의 급여 수준 및 생산성에 관한 연구가 매우 부족한 편이다. 따라서 본 연구는 급여 사료 중 NDF와 fNDF의 수준의 변화가 착유우의 사료섭취량과 유생산 성적에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시동물, 실험사료 및 실험설계

홀스타인 착유우 36두 (6 primiparous and 30 multiparous)를 분만시기 및 산차에 따라 그룹으로 나누어 난괴법에 따라 배치하였다. 총 실험사료의 수는 6개로서 완전배합사료 (Total Mixed Ration, TMR)의 형태로 각각 착유우에 급여하였다. 실험사료는 사료에 포함된 NDF와 fNDF의 급여 수준에 따라서 총 6개의 실험구로 구성되었다. 우선 NDF 수준에 따라서 2개로 나뉘었고, 각각 38% NDF 수준 (high NDF, HN)과 34% NDF 수준 (low NDF, LN)으로 구성하였다. 그리고 각 NDF 수준 내에 다시 조사료유래 NDF의 수준에 따라서 3개의 실험구로 나뉘어졌으며, 각각 18%, 15% 그리고 12%로서 HF (high fNDF), MF (medium fNDF) 그리고 LF (low fNDF)로 표기하였다. 그러므로 처리구 당 6두의 착유우를 공시하여 실험을 수행하였다. 실험사료의 영양성분은 Table 1에서 보는 것과 같다.

실험사료는 건초와 부산물, 농후사료 그리고 비타민과

미네랄 혼합제를 사용하여 배합하였다. 건초는 tall fescue straw, oat hay 그리고 bermuda grass hay를 사용하였다. 3종의 건초를 사용한 이유는 영양소 조성의 편차나 유효섬유소의 함량변화를 최소화시키기 위함이었다. 부산물 사료로는 corn bran, corn gluten feed 그리고 wet brewer's grain을 사용하였다. 사료배합은 NRC (1989)의 사양표준에 준하여 수행하였다. 실험사료에 포함된 비타민과 무기물 첨가제는 시판되고 있는 상업용 첨가제를 사용하였다. 각 실험사료의 총 건물량의 조절은 맥주박 혹은 물을 이용하여 조정하였고, 모든 실험사료의 건물량은  $74 \pm 1\%$ 로 조정하였다. 실험사료는 *ad libitum*으로 하루에 두 번 아침 7시와 저녁 6시에 급여하였으며 항상 신선한 물을 공급하였다.

### 2. 시료의 채취 및 분석

각 실험동물에게 제공된 사료의 양과 잔량은 일주일에 두 번씩 기록하였고 매 월 첫째 주에는 1주일 동안 사료섭취량을 연속적으로 기록하고 시료를 채취하였다. 수거된 실험사료와 잔량에 대하여 건물 (DM), 조단백질 (CP) 그리고 NDF 함량을 분석하여 영양소 섭취량을 계산하였다. 건물량과 조단백질 함량은 AOAC (1990)의 방법에 준하여 분석하였으며, NDF 함량은 Van Soest와 Robertson (1985)의 방법에 따라서 분석하였다. 다른 영양성분들은 NRC (1989)의 자료를 바탕으로 계산하였다. 건물량과 영양소 급여량은 Cornell Net Carbohydrate and Protein System을 이용하여 예측하였다 (Fox et al., 1992). 착유우들은 tie stall barn에서 사육하였으며 하루에 2번 아침 6시와 저녁 5시에 착유하였다. 유생산량은 매 착유 시에 측정하였으며 우유시료는 일주일에 한 번 아침 저녁으로 착유된 우유를 채취하여 사용하였다. 유성분은 Milko-Scan (Hillerd, model 300, Denmark)를 이용하여 분석하였다. 4% FCM (fat corrected milk)과 FPCM (fat and protein corrected milk) 그리고 ECM (energy corrected milk)은 각각 NRC (1989), AFRC (1993) 그리고 Reid et al. (1966)의 방법에 따라서 계산하였다.

### 3. 통계분석

얻어진 결과들의 통계분석은 SAS (2000)의 GLM (general linear model)을 이용하여 수행하였고 사료 내 NDF와 조사료유래 NDF 수준을 요인으로 정하여 분석하였다 (Steel and Torrie, 1980). 다중회귀분석은 Microsoft Excel (ver. 2010) 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 모든 분석결과의 유의성은 신뢰수준 95% 이상을 기준으로 판단하였다.

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets (% of dry matter unless otherwise stated)

Items	High NDF			Low NDF		
	HF <sup>1)</sup>	MF	LF	HF	MF	LF
<b>Ingredient</b>						
Corn cracked	17.99	15.86	16.14	26.57	23.39	22.41
Corn gluten feed	8.81	8.99	10.06	8.13	10.50	12.47
Beet pulp	5.94	6.36	6.47	0.91	0.48	2.10
Lupin hull	2.23	3.64	4.16	0.46	0.48	0.53
Corn bran	7.33	8.08	10.05	5.87	12.39	13.49
Soybean meal	7.26	7.11	5.43	6.70	4.25	4.62
Brewers grain	5.14	6.29	7.47	6.74	7.13	7.76
Sesame meal	3.83	3.76	3.82	5.47	5.48	4.88
Whole cotton seed	7.50	8.27	9.35	4.62	5.85	5.31
Grass hay <sup>2)</sup>	28.10	24.46	20.26	28.62	24.01	19.86
Molasses cane	2.73	3.34	3.40	3.36	3.55	3.86
Feed additives <sup>3)</sup>	3.13	3.84	3.40	2.56	2.49	2.71
<b>Chemical composition</b>						
Dry matter	73.52	73.12	73.08	73.56	73.62	73.51
Neutral detergent fiber	40.30	39.22	38.90	33.74	34.71	33.56
Forage NDF	18.74	15.51	11.65	17.54	14.82	12.28
NEI (Mcal/kg) <sup>4)</sup>	1.76	1.73	1.75	1.73	1.74	1.74
Crude protein	17.59	17.18	17.18	16.90	16.55	17.05
Rumen degradable protein <sup>5)</sup>	12.40	11.15	10.81	11.07	10.55	10.94
Non-fibrous carbohydrate	30.02	32.34	32.33	38.44	36.33	38.7
Ether extract	6.44	5.36	5.76	4.72	6.23	5.37
Crude ash	6.45	7.09	7.13	7.96	7.54	7.77
Calcium	0.72	0.65	0.73	0.71	0.73	0.69
Phosphorous	0.45	0.45	0.44	0.47	0.44	0.48

<sup>1)</sup> HF = 18% forage NDF, MF = 15% forage NDF, LF = 12% forage NDF.

<sup>2)</sup> Grass hay (fescue straw + oat hay + bermuda grass hay).

<sup>3)</sup> Contained 2.85% Ca, 1.31% P, 1.18% Na, 0.4% Mg, 2.63% K, 238,000 IU vitamin A, and 57,000 IU vitamin D.

<sup>4),5)</sup> Calculated using NRC (1989) values.

### III. 결과 및 고찰

본 연구는 수입조사료의 가격상승과 이에 따른 유사비의 증가 그리고 사료비용 절감을 위한 목적으로 비조사료유래 NDF의 활용이 생산비 절감뿐만 아니라 국내 부존자원의 활용과도 연관되므로 적은 양의 조사료를 이용하면서 섬유 성분산물의 활용이 유생산성에 영향을 주지 않는다면 사료의 이용효율을 유지 또는 증가가 가능할 것이라는 가설을 바탕으로 수행하였다. 따라서 NRC의 권장 fNDF의 수준보다 낮게 급여량을 설정하였으며 국내 여건상 많은 양의 조사료를 고능력우에게 급여할 수 없는 경우 어느 수준까지 급여가 가능한가에 관하여 고찰하였다.

실험 설계 시 NDF의 수준을 38%와 34%로 계산하여 사

료를 배합하고 급여하였으나 결과적으로 high NDF 처리구에서 평균적으로 39.5% NDF 함유 사료를 급여하였으며 실험 설계 시의 기대치(38%)보다 1.5% 높은 NDF 사료를 급여하였다. 이는 사료배합 시 원료사료의 선택 및 성분변화에 의한 차이에서 기인한 것으로 사료된다. 따라서 본 문에서는 high NDF, low NDF 처리구로 구분하여 결과 및 고찰을 전개하였다.

#### 1. 영양소 섭취량

건물, NEI (net energy lactation), NDF, fNDF, NFC (non-fibrous carbohydrates) 및 CP (crude protein) 등을 포함한 영양소 섭취량에 대한 효과는 Fig. 1에서 보는 것과 같다.

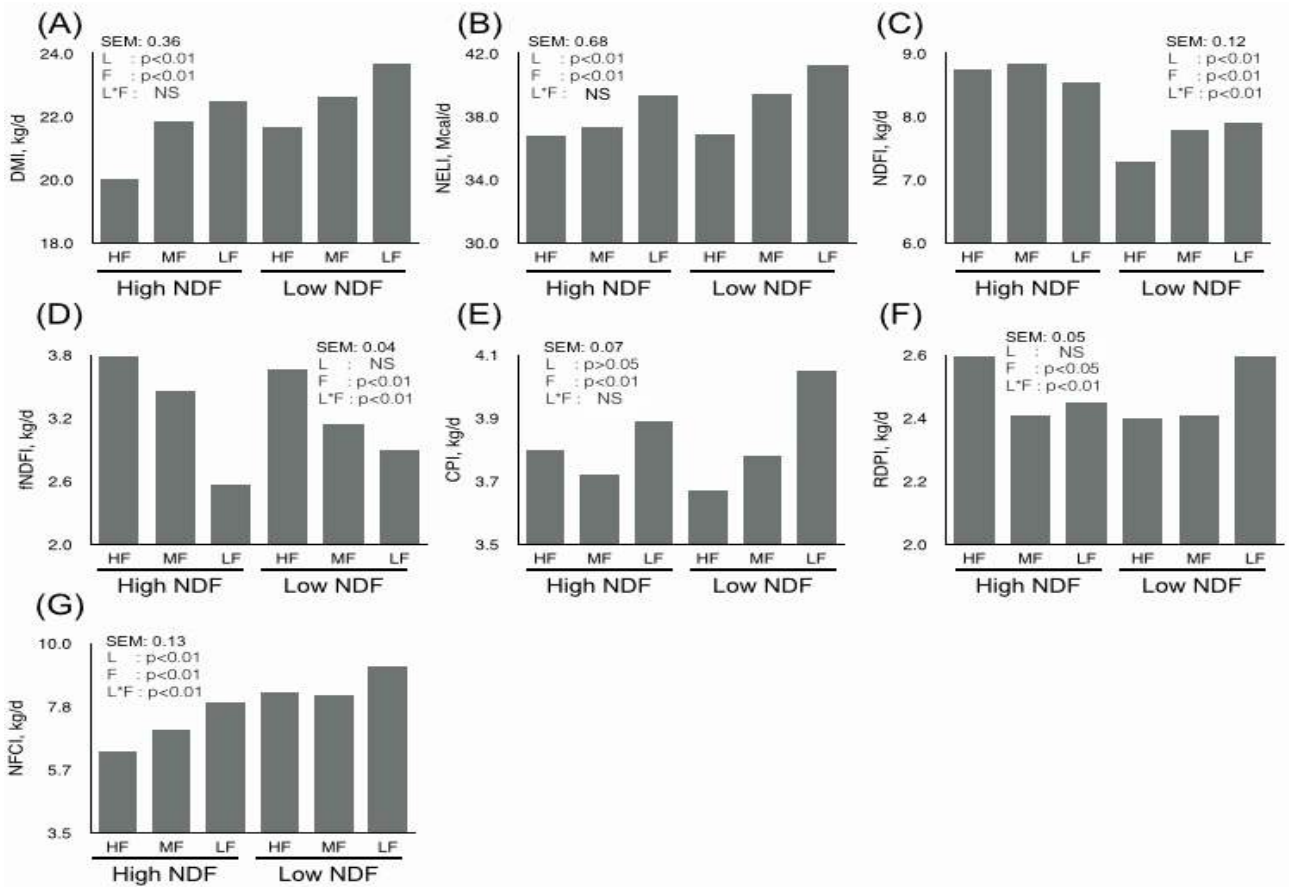


Fig. 1. Effect of levels of NDF and forage-NDF on nutrients intake in Holstein dairy cows. (A) DMI (dry matter intake), (B) NELI (net energy lactation intake), (C) NDFI (neutral detergent fiber intake), (D) fNDFI (forage-neutral detergent fiber intake), (E) CPI (crude protein intake), (F) RDPI (rumen degradable protein intake) and (G) NFCI (non-forage carbohydrates intake). HF, MF and LF mean high, medium and low levels of forage NDF. (L=Effect of NDF level; F=Effect of forage NDF level; L\*F=interaction between L and F; NS=not significant).

조사료 그리고 사료 내 총 NDF 수준에 따른 건물섭취량의 변화는 사료 내 NDF 수준이 낮을수록 ( $p < 0.01$ ) 그리고 fNDF 수준이 낮을수록 ( $p < 0.01$ ) 건물섭취량이 증가하였다 (Fig. 1A). 그러나 두 가지 요인들 간 상호작용의 유의성은 나타나지 않았다. 이는 사료 내 NDF 수준과 fNDF 수준이 건물섭취량에 미치는 영향이 서로 유사하기 때문인 것으로 사료된다. 착유우의 건물섭취량은 사료 내 NDF 함량에 의하여 부분적으로 예측이 가능하다. 왜냐하면 사료의 부피적 크기는 사료 내 NDF 수준과 연관성이 있기 때문이다 (Mertens, 1987). 착유우의 생산성 향상을 위하여서는 fNDF의 공급이 필수적이지만, 과도한 NDF 급여는 반추위 내 물리적인 용적의 한계에 의하여 사료섭취량을 제한 할 수 있다 (Oba and Allen, 1999). Waldo (1986)는 사료 중 NDF 함량이 건물섭취량 (DM intake)를 예측할 수 있는 가장 좋

은 영양성분이라고 제안한 바 있다. 이는 또한 착유우에서 비유기에 사료섭취량의 조절기전에 관해 총설을 발표한 Allen et al. (2009)의 연구에 잘 드러난 바 있는데 비유초기 체지방 및 체단백질의 분해로 인한 요인과 비유중기의 반추위 용적의 확장이 건물섭취량에 중요한 요인임을 밝히고 있다. 본 연구의 결과는 분만 후 4~20주 동안 수행한 실험의 결과로서 선행연구결과들을 뒷받침하고 있다. 한편 처리구별 총 NDF 및 fNDF의 함량 차이는 NFC의 함량에 차이를 야기할 수 있고 따라서 사료성분의 변화에 따른 소화율의 차이로 인해 영양소 섭취량이 달라진 것으로 사료된다.

NEII (Net energy lactation intake)의 경우, 건물섭취량과 동일한 형태의 결과를 나타내었다 (Fig. 1B). 그러나 NDFI의 경우 사료 내 NDF 수준에 따라서 서로 유의적으로 다른 ( $p < 0.01$ ) 결과를 나타내었다 (Fig. 1C). 즉, 사료 내 NDF

수준이 낮은 경우 fNDF 첨가수준이 감소할수록 섭취량이 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 또한 사료 내 NDF 수준의 효과와 fNDF 수준의 상호작용에서 유의적인 차이가 있었다 ( $p < 0.01$ ). fNDF 섭취량의 경우, 건물섭취량과 반대의 경향을 나타내었다 (Fig. 1D). 사료 내 NDF 수준과는 관계없이 fNDF 첨가 수준이 가장 낮을 때에 조단백질섭취량이 가장 높게 ( $p < 0.01$ ) 나타났었다 (Fig. 1E). 반추위분해단백질 섭취량 (Rumen degradable protein intake, RDPI)의 경우 사료 내 높은 NDF 수준 (high NDF)과 사료 내 낮은 NDF (low NDF) 수준의 결과에서 상반된 결과를 나타내었다 (Fig. 1F). 사료 내 NDF 수준이 높은 조건에서 fNDF 수준이 높을 경우 가장 높은 ( $p < 0.05$ ) RDPI를 나타낸 반면, 사료 내 NDF 수준이 낮을 경우 조사료 NDF 수준이 가장 낮을 때에 가장 높은 ( $p < 0.05$ ) RDPI를 나타내었다. NFCI (non-fibrous carbohydrate intake)의 경우 사료 내 fNDF 수준이 낮아질수록 NFCI가 증가하였다 (Fig. 1G).

작유우, 특히 고능력우에 있어서 적절한 양의 NDF를 급여해야 함은 앞서 서론에서 논의한 바, 매우 중요한 사양 관리의 방법이지만, 영양소 섭취량에 대한 총 NDF 및 fNDF의 효과를 검증하는 일은 쉽지 않다. 가장 중요한 원인 중의 한 가지는 이들 NDF 원료들 간의 상호작용, 특히 소화율의 차이인 것으로 사료된다. 조사료 원료에 따라 NDF 소화율은 25~75%에 이르는 변이를 보이는 것으로 알려져 있다 (Kendall et al., 2009). 예를 들어 사료 중 NDF의 함량에 상관없이 NDF의 *in vitro* 소화율이 증가함에 따라 비유초기 작유우의 건물섭취량과 유생산성이 증가한다고 보고 하였다 (Kendall et al., 2009). 본 연구에서 실험에 사용된 3종의 조사료 원료 (fescue straw, oat hay, Bermuda grass hay) 및 이를 대체하기 위해 배합에 이용된 부산물들 역시 소화율에 상당한 차이가 있을 것으로 판단되며 배합 비율에 따라서 이들 사료원료들이 반추위에서 얼마나 소화되었는가에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 2. 유생산과 유성분

유생산성과 유성분에 대한 사료 내 NDF 및 fNDF 수준의 효과는 Fig. 2에서 보는 것과 같다. 총 유생산량 (Fig. 2A)은 사료 내 NDF 수준에 따라서 낮을수록 높게 ( $p < 0.05$ ) 나타났으며, fNDF 수준이 낮아질수록 유의하게 높게 ( $p < 0.01$ ) 나타났었다. 그러나 이들 수준간의 상호작용은 유의성이 없었다. 유지방 함량에 대한 효과는 사료 내 NDF 수준별 차이에서는 유의성이 없었으나, 사료 내 fNDF 수준이 증가할수록 유지방 함량이 증가하였다 ( $p < 0.01$ , Fig.

2B). 반면 유지방 생산량 (Fig. 2C) 및 유단백질 함량 (Fig. 2D)은 사료 내 NDF 수준 및 fNDF 수준에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 유단백질 생산량의 경우 사료 내 NDF 수준이 낮을수록 유의적으로 높게 ( $p < 0.01$ ) 나타났으며, 또한 사료 내 fNDF 수준이 낮을수록 높게 ( $p < 0.01$ ) 나타났었다 (Fig. 2E). 비조사료성 NDF (non-forage-NDF)를 이용하여 NFC를 42%에서 36%로 낮출 경우에 NDF의 소화율이 향상된다고 하였다 (Batajoo and Shaver, 1994 Sievert and Shaver, 1993). 그러나 NFC의 함량이 24% 혹은 30%로 더 낮아지게 되면 그 효과는 나타나지 않는다 (Batajoo and Shaver, 1994). 이러한 이유는 fNDF를 nfNDF로 대체하는 비율의 증가는 NDF 소화율에 영향을 미치지 때문이다 (Firkins, 1997). 또한 Firkins (1997)에 의하면 유생산의 효율을 향상시키거나 유지하기 위하여서는 총 NDF의 함량은 25~35% 수준에 있어야 하며, fNDF는 15% 이상을 유지하여야 하고 NFC의 함량은 33에서 40% 사이로 유지되어야 한다고 보고하였다.

SNF (solid not fat)에 대한 실험결과는 Fig. 2F에서 보듯이 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 그러나 SNF 생산량은 사료 내 NDF ( $p < 0.05$ ) 및 fNDF ( $p < 0.01$ )가 감소할수록 유의적으로 생산량이 증가하였다 (Fig. 2G). 4% FCM 생산량의 경우, 사료 내 NDF 수준이 감소할수록 그리고 fNDF 수준이 낮을수록 증가하는 경향을 나타내었으나 통계적인 유의성은 나타나지 않았다 (Fig. 2H). FPCM (Fig. 2I)과 ECM (Fig. 2J)의 경우 서로 유사하게 모두 fNDF 수준에 따라서 유의적인 효과 ( $p < 0.05$ )를 나타내었다. 즉 사료 내 fNDF 수준이 낮을수록 모두 높은 성적을 나타내었다. 반면에 사료 내 NDF 수준에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. P to F ratio (protein to fat ratio)에 대한 결과는 사료 내 NDF 수준이 낮을수록 유의적으로 높게 ( $p < 0.01$ ) 나타났고, fNDF 수준이 낮을수록 유의적으로 높게 ( $p < 0.01$ ) 나타났었다 (Fig. 2K). McQueen and Robinson (1996)의 연구에서는 사료 내 NDF 함량 증가에 따른 유생산량의 감소율은 0.43 kg/%로 보고한 바 있다. Mertens (1987)은 사료 내 최적의 NDF 함량은 젖소의 유생산에 대한 유전적 능력에 의존적이라고 하였다.

## 3. 상관성 분석결과

요인들의 상관성 분석은 Table 2와 3에서 보는 것과 같다. fNDF의 섭취량은 유지방함량 (%)과 정적 (positive)인 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 이러한 상관성은 high NDF 수준 ( $p = 0.0745$ )에 비하여 low NDF 수준 ( $p = 0.0003$ )에

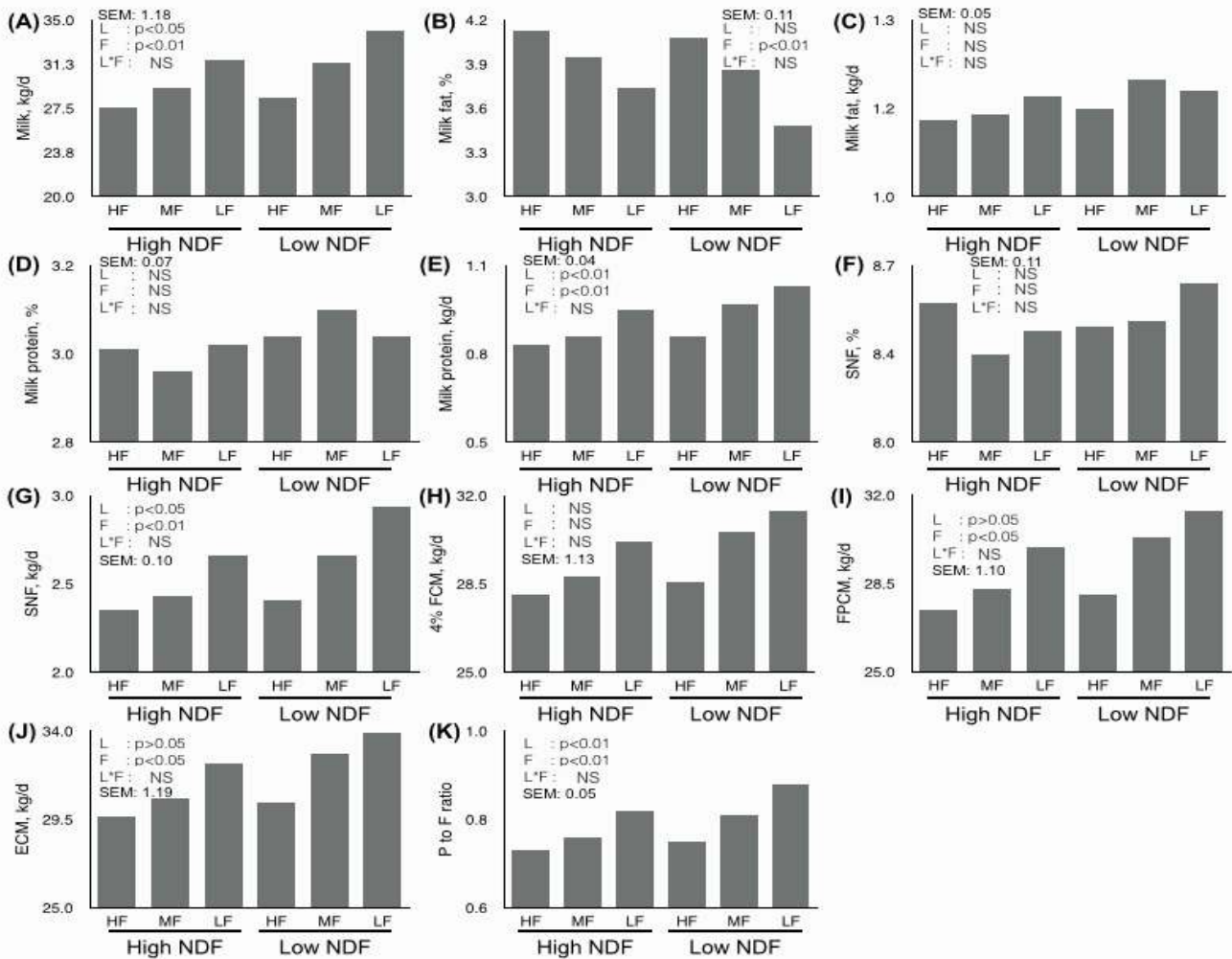


Fig. 2. Effect of levels of NDF and forage-NDF on milk production and milk composition in Holstein dairy cows. (A) milk yield, (B) milk fat content, (C) milk fat yield, (D) milk protein content, (E) milk protein yield, (F) SNF (solid-not-fat) content, (G) SNF yield, (H) 4% FCM (fat corrected milk) yield, (I) FPCM (fat and protein corrected milk) yield, (J) ECM (energy corrected milk) yield, and (K) P to F (protein to fat) ratio. HF, MF and LF mean high, medium and low levels of forage-NDF. (L=Effect of NDF level; F=Effect of forage NDF level; L\*F= interaction between L and F; NS=not significant).

서 두드러지게 나타났다. 또한 RDP 섭취량과 유단백질 생산량 (kg/d)에서도 이러한 상관성 (high NDF,  $p=0.0036$ ; low NDF  $p<0.0001$ )이 나타났으며, 유단백질 생산량은 DMI ( $p<0.0001$ ), CPI ( $p<0.0001$ ), NEII ( $p<0.0001$ ), NSCI ( $p<0.05$ ) 및 NDFI ( $p<0.05$ ) 등과도 상관성이 나타났다. 상관성에 대한 결과에서 유생산 또한 영양소의 섭취량과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 그러나 Briceno et al. (1987)의 연구에서는 NDF 수준과 건물섭취량간의 상관성이 없는 것으로 나타났다. 본 연구에서 이러한 경향은 fNDF 섭취량과 유생산량에서 발견되었다.

본 연구의 결과를 종합하면 사료 내의 총 NDF와 조사료

유래 NDF 수준의 감소는 건물섭취량, NEII 및 NFCI을 증가시키고, 결과적으로 유생산량을 증가시켰다. 유지방 함량은 사료 내 총 NDF 수준에 의하여 영향을 받지 않았고, fNDF 수준에만 영향을 받았다. 우유 내 단백질 함량은 사료 내 NDF 수준과 fNDF 수준에 영향을 받지 않았으나, 전체적인 유단백질 생산량은 NDF 및 fNDF 수준을 감소시킬수록 증가하였다. 무지고형물, 4% FCM, FPCM 및 ECM 생산량 모두 사료 내 NDF 수준보다는 fNDF 수준에 따라서 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 결과적으로 유생산량과 유단백질, 유지방의 생산을 위해서 사료 내 총 NDF의 함량이 40% 수준일 경우 최대 11%의 fNDF 그리고 총

Table 2. Correlation coefficients between nutrients intake and milk production in dairy cattle offered 38% NDF level

Items		Milk yield, kg/d	Fat, %	Fat yield, kg/d	Protein, %	Protein yield, kg/d	SNF, %	SNF yield, kg/d	4.0% FCM, kg/d	FPCM, kg/d	ECM, kg/d
DMI	Correlation	0.9382	-0.5305	0.8917	-0.3825	0.9142	-0.4689	0.8944	0.9558	0.9617	0.961
	p value	<0.0001	0.051	<0.0001	0.1770	<0.0001	0.0908	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
NEII	Correlation	0.9430	-0.5323	0.8964	-0.3646	0.9251	-0.4456	0.9097	0.9591	0.9672	0.9665
	p value	<0.0001	0.0501	<0.0001	0.2000	<0.0001	0.1103	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
NDFI	Correlation	0.7139	-0.1328	0.8776	-0.4436	0.6256	-0.4592	0.6389	0.8371	0.8044	0.8057
	p value	0.0041	0.6509	<0.0001	0.1121	0.0167	0.0986	0.0139	0.0002	0.0005	0.0005
fNDFI	Correlation	-0.2589	0.4912	0.0042	-0.1223	-0.3572	-0.0107	-0.3040	-0.1254	-0.1779	-0.1757
	p value	0.3714	0.0745	<0.0001	0.6772	0.2100	0.9710	0.2907	0.6694	0.5428	0.5480
CPI	Correlation	0.9166	-0.4255	0.9314	-0.4204	0.8652	-0.4603	0.8738	0.9645	0.9586	0.9581
	p value	<0.0001	0.1293	<0.0001	0.1345	<0.0001	0.0976	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
RDPI	Correlation	0.6498	-0.1157	0.7941	-0.3974	0.5630	-0.3645	0.6049	0.7563	0.7264	0.7272
	p value	0.0119	0.6936	0.0007	0.1594	0.0036	0.2001	0.0219	0.0017	0.0033	0.0032
NSCI	Correlation	0.7313	-0.622	0.5458	-0.1695	0.7732	-0.2894	0.7279	0.6622	0.6973	0.6954
	p value	0.0030	0.0175	0.0435	0.5623	0.0012	0.3156	0.0032	0.0099	0.0056	0.0058

DMI = dry matter intake; NEII = net energy lactation intake, NDFI = neutral detergent fiber intake; fNDFI = forage-derived neutral detergent fiber intake; CPI = crude protein intake; RDPI = rumen degradable protein intake; NSCI = non-structural carbohydrate intake. SNF = solid-not-fat; FCM = 4% fat corrected milk; FPCM = fat and protein corrected milk; ECM = energy corrected milk.

Table 3. Correlation coefficients between nutrients intake and milk production in dairy cattle offered 34% NDF level

Items		Milk yield, kg/d	Fat, %	Fat yield, kg/d	Protein, %	Protein yield, kg/d	SNF, %	SNF yield, kg/d	4.0% FCM, kg/d	FPCM, kg/d	ECM, kg/d
DMI	Correlation	0.9771	-0.3260	0.8962	0.2278	0.9583	0.2872	0.9849	0.9573	0.9658	0.9642
	p value	<0.0001	0.1867	<0.0001	0.3633	<0.0001	0.2478	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
NELI	Correlation	0.9719	-0.3670	0.8711	0.2358	0.9545	0.3019	0.9809	0.9401	0.9515	0.9496
	p value	<0.0001	0.1341	<0.0001	0.3463	<0.0001	0.2233	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
NDFI	Correlation	0.9182	-0.3156	0.8446	0.2377	0.9084	0.2487	0.9222	0.9014	0.9108	0.9094
	p value	<0.0001	0.2020	<0.0001	0.3422	<0.0001	0.3196	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
fNDFI	Correlation	-0.1947	0.7586	0.1537	0.0089	-0.1677	-0.2192	-0.2134	0.0042	-0.0377	-0.0322
	p value	0.4389	0.0003	0.5427	0.9720	0.5060	0.3822	0.3952	0.9867	0.8819	0.8990
CPI	Correlation	0.9733	-0.3558	0.8747	0.1992	0.9466	0.2953	0.9260	0.9430	0.9522	0.9502
	p value	<0.0001	0.1473	<0.0001	0.4281	<0.0001	0.2341	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
RDPI	Correlation	0.9563	-0.2884	0.8866	0.1923	0.9297	0.2868	0.9659	0.9425	0.9477	0.9461
	p value	<0.0001	0.2458	<0.0001	0.4447	<0.0001	0.2486	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
NSCI	Correlation	0.9084	-0.3479	0.8048	0.1601	0.8762	0.3260	0.9267	0.8735	0.8821	0.8799
	p value	<0.0001	0.1572	<0.0001	0.5256	<0.0001	0.1868	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

DMI = dry matter intake; NEII = net energy lactation intake, NDFI = neutral detergent fiber intake; fNDFI = forage-derived neutral detergent fiber intake; CPI = crude protein intake; RDPI = rumen degradable protein intake; NSCI = non-structural carbohydrate intake. SNF = solid-not-fat; FCM = 4% fat corrected milk; FPCM = fat and protein corrected milk; ECM = energy corrected milk.

NDF 수준이 34%일 경우에는 최대 15%의 fNDF 급여가 바람직한 급여수준으로 사료된다. 국내 유대산정의 기준이 유지방 함량 위주에서 유단백질 함량을 포함하는 것으로 변화하는 시점에서, 앞으로 조사료 원료 및 이들의 조합에 따른 소화율 등에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

#### IV. 요약

본 연구는 사료 내 총NDF 수준과 조사료에서 기인된 NDF 수준 (fNDF)이 착유우에서의 영양소 섭취량과 유생산성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. 분만우 36두를 대상으로 6개의 처리구를 나누어 2×3 요인실험으로 설계를 하였고, 각 처리구별 사료는 건물기준 NDF 38%에 1) fNDF 18%, 2) fNDF 15%, 3) fNDF 12% 와 건물기준 NDF 34%에 4) fNDF 18%, 5) fNDF 15%, 6) fNDF 12%로 구분하여 분만 후 3주부터 20주까지 급여하였으며 결과의 처리는 분만 4주부터 영양소 섭취량 및 산유성적을 분석하였다. 사료 내 총 NDF 함량과 fNDF 함량이 감소함에 따라 건물섭취량, NEI 섭취량 그리고 비구조탄수화물 섭취량이 유의적으로 ( $p<0.01$ ) 증가하였고, 통계적인 유의성은 없었으나 유생산량 또한 다소 증가하는 경향이었으며 유지방율은 감소하였다 ( $p<0.01$ ). 건물섭취량의 증가에 따른 NEI 섭취량의 증가가 유발되었고, NDF 섭취량은 감소하였음에도 불구하고 NDF 함량이 낮은 처리구와 높은 처리구간의 비교에서 유지방율에 대한 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 총 NDF와 조사료유래 NDF의 사료 내 함량변화는 유단백질율과 무지유고형분 함량에는 영향을 미치지 않았지만, 유단백질 함량과 무지유고형분 생산량에 있어서는 유량 증가에 의한 영향으로 증가하는 경향을 나타내었다. 조사료유래 NDF 섭취량과 유지방율 간의 상관관계는 저수준 NDF 함량에서 고수준 NDF 함량보다 높게 나타났으며 유량과 영양소 섭취량간의 상관관계 또한 저수준의 NDF 처리구에서 고수준 처리구보다 높게 나타났다.

#### V. 사 사

본 연구는 농림축산식품부, 농림수산식품기술기획평가원 (IPET)의 지원으로 수행하였으며 이에 감사드립니다.

#### VI. REFERENCES

AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on responses to Nutrients, CAB International Wallingford, UK.

Allen, M.S., Bradford, B.J. and Oba, M. 2009. BOARD-INVITED REVIEW: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science*. 87:3317-3334.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th. Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC.

Batajoo, K.K. and Shaver, R.D. 1994. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 77:1580-1588.

Beauchemin, K.A. 1991. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 74:3140-3151.

Briceno, J.V., Van Horn, H.H., Harris, B., Jr. and Wilcox, C.J. 1987. Effects of neutral detergent fiber and roughage source on dry matter intake and milk yield and composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 70:298-308.

Firkins, J.L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *Journal of Dairy Science*. 80:1426-1437.

Fox, D.G., Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Russell, J.B. and Van Soest, P.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of Animal Science*. 70:3578-3596.

Grant, R.J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *Journal of Dairy Science*. 80:1438-1446.

Kaske, M. and Engelhardt, W.V. 1990. The effect of size and density on mean retention time of particles in the gastrointestinal tract of sheep. *British Journal of Nutrition*. 63:457-465.

Kendall, C., Leonardi, C., Hoffman, P.C. and Combs, D.K. 2009. Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. *Journal of Dairy Science*. 92:313-323.

McQueen, R.E. and Robinson, R.H. 1996. Intake behavior, rumen fermentation and milk production of dairy cows as influenced by dietary levels of fermentable neutral detergent fiber. *Canadian Journal of Animal Science*. 76:357-365.

Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*. 64:1548-1558.

NRC. 1989. Nutrient requirement of dairy cattle. 6th revised ed. National Academic Science. Washington DC.



- Oba, M. and Allen, M.S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 82:589-596.
- Reid, J.T., Moe, P.W. and Tyrrell, H.F. 1966. Symposium: Re-evaluation of nutrient allowances for high-producing cows: Energy and protein requirements of milk production. *Journal of Dairy Science*. 49:215-223.
- SAS. 2000. User's Guide:Statistics, release. 8.1 version Edition. SAS Inst. Cary, NC. USA.
- Sievert, S.J. and Shaver, R.D. 1993. Carbohydrate and *Aspergillus oryzae* effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 76:245-254.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., Inc. New York. USA.
- Van Soest, P.J. and Robertson, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous foods A laboratory manual for animal science, Cornell University Ithaca, USA. pp. 613.
- Waldo, D.R. 1986. Effect of forage quality on intake and forage concentrate interactions. *Journal of Dairy Science*. 69:617-631.
- (Received December 7, 2013/Revised December 21, 2013/Accepted December 23, 2013)