

# Holstein 젖소에서 조사료 급여 수준이 유방크기, 호르몬 및 산유특성에 미치는 영향: 육성기부터 비유기까지

이병우<sup>1</sup> · 수비 수가탄<sup>2</sup> · 나레시 쿠마 싱<sup>2</sup> · 윤세형<sup>3</sup> · 윤병일<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 수의과대학 및 동물의학종합연구소, <sup>2</sup>강원대학교 동물생명과학대학, <sup>3</sup>국립축산과학원 초지사료과

## Effects of Forage Feeding Levels on the Udder Volume, Serum Hormone Level and Lactation Characteristics in Dairy Cows: From Growing to Lactating Phase

Byung-Woo Lee<sup>1</sup>, Subi Sugathan<sup>2</sup>, Naresh Kumar Singh<sup>2</sup>, Sei-Hyung Yoon<sup>3</sup> and Byung-Il Yoon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Colleges of Veterinary Medicine and Institute of Veterinary Science,

<sup>2</sup>Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea,

<sup>3</sup>Grassland & Forage Division, National Institute of Animal Science, Cheonan 331-801, Korea

### ABSTRACT

In the present study, we investigated the effects of high forage diets on the volume of udder, hormone level in blood, and lactation characteristics in the Holstein dairy cow. We divided into two groups; high forage diet [HF, concentrate: forage=4:6 n=41] and low forage diet [LF, 6:4 n=21]. Five cows were selected from each group based on their age for measuring the udder volume and the serum levels of estradiol and progesterone. Lactation characteristics were compared between HF and LF. The udder volume was 2.5 fold larger in HF at early gestation ( $p<0.01$ ), but no difference was noted afterward. For the hormone levels, no significant difference was found between the groups. In HF, milk yield was significantly increased and maintained high longer, while somatic cell count was approximately 50% lower. Meanwhile, the milk fat content was significantly lower in HF during early lactating phase ( $p<0.001$ ), but there was no difference thereafter. For milk protein and solid content, and MUN, no differences were found between the groups during lactation. Our results indicated that feeding high forage diets to dairy cows can increase milk yield and quality without notable changes in the udder volume and hormone level.

(**Key words** : Holstein dairy cow, High forage diet, Estradiol, Progesterone, Milk yield)

### I. 서 론

젖소를 포함한 반추동물은 영양생리학적 특성상 섬유질이 반드시 필요하며, 이에 따라 젖소의 사양에 있어, 매일 적정량의 조사료 급여는 매우 중요하다(Sudweeks et al., 1981). 또한 사료의 조사료:농후사료 비율(조농비)은 물리적, 화학적 기전을 통해 젖소의 사료 섭취와 소화의 영향을 준다(Voelker et al., 2002). 예를 들어, 낮은 조사료 함량의 사료 급여는 1위내 발효 속도를 증가시켜 1위내 pH를 더 낮게 만들어 섬유질의 소화능력을 감소시키고, 프로피오닉산의 증가로 체지방을 축적시키는 반면, 비유기의

젖소에서 높은 함량의 조사료 급여는 아세트산의 생성비율이 증가하여 유지방 함량을 높인다고 알려져 있다(Chalupa et al., 1970; Clark and Davis, 1983; Hoover, 1986; Spahr, 1977). 더불어 양질의 조사료 급여는 섭취량 및 에너지를 높여 아세트산, 프로피오닉산 및 뷰트릭산과 같은 휘발성 지방산 발효성상을 안정시킬 뿐 아니라, 젖소에서 흔히 발생하는 번식장애, 소화기 장애 등 대사질환을 감소시켜 젖소 농가의 생산비를 절감시킨다(Clark and Davis, 1983; Spahr, 1977; 축산과학원, 2007). 하지만 높은 조농비의 사료가 주는 여러 이점에도 불구하고, 우리나라 농가에서 젖소에 급여하는 조농비는 현재 45:55 수준이므로 이를

\* Corresponding author : Byung-Il Yoon, D.V.M, Ph.D., College of veterinary medicine, Kangwon national university, 192-1 Hyoja 2-dong, Chuncheon, Gangwon 200-701 Republic of Korea, Tel: +82-33-250-8679, Fax: +82-33-259-5625, E-mail: byoon@kangwon.ac.kr

60:40 수준으로 양질 조사료 비율을 증가시키는 것은 농가의 수익성 증대에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각된다(농림수산식품부, 2011).

한편, 이전의 많은 연구들은 양질의 높은 조사료 급여 수준은 젖소의 산유량을 증가시킨다고 보고하고 있다(Grant and Patel, 1980; Smith, 1976). 그리고 젖소의 산유량은 우유를 생산하는 유선 세포의 수, 유방 무게 혹은 유방의 크기와 비례한다(Knight CH, 2000). 유선은 성호르몬과 그들의 수용체, 성장인자와 그들의 수용체인 tyrosine kinase receptors 등이 복잡하게 연계되어 성장하고 분화하며, 특히 성호르몬들 중 estradiol과 progesterone이 유선의 성장과 분화에 밀접한 관련이 있다(Connor et al., 2007; Lee et al., 2012; McNally and Martin, 2011; Shyamala, 1997).

하지만 지금까지, 조농비가 다른 사료를 급여한 젖소에서 육성기부터 비유기에 걸쳐 유선발달에 관련된 성 호르몬과 유방의 크기, 산유량 등을 종합적으로 조사 평가한 보고는 없었다. 그러므로 본 연구는 조농비가 다른 사료를 급여한 즉, 낮은 조농비의 사료를 급여한 대조군(Low Forage Diet; LF군)과 높은 조농비의 사료를 급여한 처리군(High Forage Diet; HF군)에서 육성기, 임신기 및 비유기에 걸쳐 유방의 크기, 유방발육관련 성 호르몬, 산유량 및 우유 내 성분을 분석함으로써 높은 함량의 양질 조사료 급여가 젖소 유방의 발육과 산유량 및 산유특성에 미치는 효과를 종합적으로 비교 평가하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시젖소 및 사료급여

본 시험에 공시된 젖소는 사육환경, 시설 및 규모가 유사한 전라남도 나주의 두 농가에서 사육되고 있는 Holstein 종으로, 2009년 12월~2011년 5월경에 태어난 암컷 21마리(LF군)와 41마리(HF군)이며, 수의사의 건강검진결과 건강상에 문제가 없는 동물을 대상으로 하였다. 각 개체 별 정액코드번호는 LF군의 경우 [200HO00402, 200HO05663]이며, HF군의 경우 [29H013652, 208HO00317, 29HO11970, 208HO00313, 29HO10124, 208HO10124, 29HO13324, 29HO13325, 29HO013514, 208HO00308, 208HO00323, 208HO10263, 208HO10243] 이었다.

조농비가 다른 사료가 육성기, 임신기 및 비유기 동안 유방의 크기와 성 호르몬의 혈중 농도에 미치는 효과를 시기별로 보다 정확하게 평가하기 위하여 LF군과 HF군 중에서 각각 출생일이 2010년 9월~10월인 암컷 젖소 5마리를

선정하였다.

육성기(생후 4개월~분만 전)동안 LF군의 젖소는 톨페스 큐와 농후사료를, HF군의 젖소는 BIRG 사일리지(whole crop barley and italian ryegrass)와 농후사료를 혼합하여 각각 조농비 평균 62:38, 평균 72:28의 사료를 급여하였으며, 각 TMR 사료의 화학성분은 LF와 HF간 차이가 없었다(Lee et al., 2013). 이 시기에 평균조사료섭취량은 LF군  $6.4 \pm 2.3$  kg, HF군  $7.6 \pm 3.7$  kg로 HF군에서, 평균농후사료섭취량은 LF군  $3.7 \pm 0.1$  kg, HF군  $2.5 \pm 0.1$  kg로 LF군에서 유의적으로 높은 것을 제외하고, 조단백질 섭취량(CP), 가스화 영양소 총량(TDN) 섭취량은 두 군간 차이는 나타나지 않았다(Lee et al., 2013).

비유기(분만~비유 305일)동안 LF군(BIRG 사일리지와 혼합건초)은 조농비가 평균 48:52의 사료를, HF군(BIRG사일리지, 밀짚, 혼합건초)은 조농비가 평균 56:44의 사료를 각각 급여하였으며, 각 TMR 사료의 화학성분은 두 군간 차이가 없었다(Ji et al., 2013). 이 시기 동안 평균조사료섭취량은 LF군  $9.7 \pm 0.1$  kg, HF군  $11.2 \pm 1.3$  kg로 HF군에서, 평균농후사료섭취량은 LF군  $10.4 \pm 0.1$  kg, HF군  $9.0 \pm 1.1$  kg로 LF군에서 유의하게 높은 것을 제외하고, CP와 TDN 섭취량에서는 두 군간 차이가 나타나지 않았다. 또한, 평균 비유를 위한 정미에너지(NE<sub>L</sub>)은 LF군의 경우  $29.8 \pm 0.3$  (Mcal/d), HF군은  $30.5 \pm 3.5$  (Mcal/d)로 역시 두 군간 차이는 나타나지 않았다(Ji et al., 2013).

### 2. 유방 크기 측정

두 군의 유방크기 비교를 위하여 유방 크기 측정은 각 군에서 선정된 5마리의 젖소에서 이루어졌다. 유방 크기는 육안적으로 유방의 발달이 확인 가능한 시기인 임신 초기, 왕성히 발달하는 시기인 임신 중기, 비유 전기(분만 후 133~218일), 비유 후기(분만 후 274일~344일)에 걸쳐 측정하였다. 그 측정방법은 우선, 1개 분방의 부피를 구한 후, 4개의 분방으로 이루어진 전체 유방의 크기를 측정하였다. 1개 분방의 부피는 골반저에서 시작되는 유방보정장치(내측)의 길이를 디지털카메라(Powershot G11, Canon, Japan)와 이미지분석프로그램 IMT iSolution lite 버전 8.0(IMT Inc., Vancouver, Canada)를 이용하여 측정한 후, 산술식,  $Volume = 4/3 \pi r^3$ 에 따라 1개 분방의 부피를 결정하였고, 1개 분방의 부피에 분방의 개수(4)를 곱하여 전체 유방의 부피를 구한 후, LF군에 대한 상대값으로 표시하였다.

### 3. 혈중 호르몬 농도 평가

혈중 호르몬 농도 측정은 각 군에서 선정된 5마리의 젖소를 대상으로 하였으며, 사춘기 이전 (8~9개월령), 사춘기 (13~14개월령), 임신초기(임신 120일경), 임신중기(임신 200일경), 비유초기 그리고 비유후기에 걸쳐 시기에 따라 연속적으로 측정하였고, 호르몬 조사항목으로는 estradiol, progesterone을 포함하였다. 우선 젖소의 경정맥을 통해 혈액을 얻은 후, 13,000 rpm, 4℃의 조건하에 10분 동안 원심분리하여 혈청을 얻었다. 혈청 내 estradiol과 progesterone 농도는 각각 ECLIA (Modular E170, Roche Diagnostics, Germany), RIA (Wizard 1470, PerkinElmer, Finland)에 따라 측정하였으며, 호르몬 측정을 위한 시약(Estradiol, Roche Diagnostics; Progesterone, PerkinElmer)은 각 회사에서 제공한 표준시약을 사용하였다.

4. 산유량, 우유 내 체세포 수, 및 유성분 평가

산유량, 우유 내 체세포 수 및 유성분 평가는 2012년 9월부터 2013년 10월까지 젖소 개량사업소에서 농가에 제공한 결과로부터 본 시험에 공시된 LF군 21마리, HF군 41마리 중 1산의 젖소들의 결과를 이전에 보고된 방법에 따라 분만 후 50일 간격으로 즉, 분만일부터 건유(305일)까지 50일, 100일, 150일, 200일, 250일, 305일 단위로 그룹을 형성하여 두 군의 결과를 비교 평가 하였다(Cole et al, 2009). 산유량 비교에 있어서는 산유량을 4% FCM 값으로 환산하여 또한 평가하였다. 유성분 분석은 단백질을, 유지율, 고형물 그리고 milk urea nitrogen (MUN)을 포함하였고, 각 농장에서 생산된 우유의 유대를 비교 평가하기 위해 조사 기간 동안 생산된 우유는 모두 세균 수 기준 1등급 A로 동일하다고 가정하였으며, ‘원유의 위생등급기준’에 제시된 체세포 수 기준 우유 등급과 ‘유대조건표’를 이용하여 유대를 산정한 후, 각 비유 시기별 두 군의 평균 유대를 비교 평가 하였다(낙농진흥회, 2013).

5. 통계학적 분석

본 실험을 통해 얻은 자료는 평균±표준오차로 나타내었으며, 두 농장 간 젖소의 유방크기, 혈중 호르몬 농도, 우유 생산량, 우유 내 체세포 수, MUN, 유대를 평가하기 위해 student’s t test 분석방법을 이용하였으며, p 값은 0.05 이하 일 때, 유의차가 있는 것으로 판단하였다. 통계프로그램은 SAS version 9.3 (SAS Institute, Cary, NC, USA)을 사용하였다.

III. 결 과

1. 유방의 크기

선정된 모든 젖소의 유방은 임신 이후 발달이 시작되어, 비유기까지 지속되었으며, 유방의 크기는 비유 후기에 최정점을 이루었다. 각 개체의 시기별 유방 크기는 Table 1과 같다(Table 1). 임신 초기 유방의 크기는 LF군에 비하여 HF군에서 2.4배가량 유의하게 컸다(p<0.01). 임신 중기에서 유방의 크기는 LF군과 HF군간 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 또한 비유기 초기와 후기에 측정된 유방의 크기도 LF군과 HF군간에 유의한 차이는 나타나지 않았다.

2. 혈중 호르몬 농도

Estradiol의 혈중농도는 두 군 모두 사춘기부터 점차적으로 증가하여 임신기간 동안 사춘기 이전의 2.1~3.5배 정도를 유지하였다(Table 2). 하지만, 두 군 간의 비교에서 육성기(사춘기 전후 및 임신기간) 동안 estradiol의 혈중농도에 있어서 주목할 만한 차이는 확인되지 않았다(Table 2). 다만, 임신중기에 HF군에서 LF군에 비하여 estradiol의 평균 혈중농도가 높게 나타났는데, 이는 다른 공시된 젖소의 평균값보다 월등히 높은(약 2.73배) 한 개체에 의한 것이

Table 1. Comparison of udder volume between LF and HF dairy cattle during gestation and lactation

Group	Early Gestation		Mid Gestation		Lactation phase 1		Lactation phase 2	
	Day after pregnancy	Relative volume	Day after pregnancy	Relative volume	Day after parturition	Relative volume	Day after parturition	Relative volume
LF	111 ±23.01	1.00 ± 0.22	193 ±23.01	1.00 ± 0.31	145.75 ±8.5	1.00 ± 0.28	247.75 ±79.87	1.00 ± 0.16
HF	130.67 ±15.37	2.46 ± 0.24	207.75 ±15.95	1.69 ± 1.30	173 ±40.93	0.75 ± 0.32	244 ±117.90	1.01 ± 0.12

Each value is mean ± standard error (SEM).

\*\* , p<0.01 between LF and HF.

Table 2. Serum level of estradiol and progesterone during the developmental stages

Hormone	Group	Developmental stages					
		Prepuberty	Puberty	Early gestation	Mid gestation	Lactation phase-1	Lactation phase-2
Estradiol (pg/ml)	LF	25.42±2.81	55.58± 3.63	69.38±17.39	49.04± 8.52	10.97± 3.69	32.28±10.11
	HF	26.64±3.93	60.38±22.36	67.78±18.22	128.70±23.99	25.20±17.90	23.15± 3.42
Progesterone (ng/ml)	LF	0.19±0.06	3.23± 1.05	3.52± 0.78	3.69± 0.64	—	4.05± 1.37
	HF	0.47±0.12	2.19± 0.68	2.84± 0.56	2.26± 0.92	—	7.19± 0.87

Each value is mean ± standard error (SEM).

\*, p<0.05 between LF and HF.

었다. 그 이후, 비유 전기와 후기에서도 두 군간 차이는 관찰되지 않았다.

Progesterone의 혈중농도는 사춘기부터 증가하여 임신중기까지 두 군 모두 비슷한 농도로 유지되었다. 비유기의 progesterone 혈중 농도는 HF군이 LF군 보다 1.77배 높았지만, 통계적으로 유의하지 않았다 (Table 2).

### 3. 산유량, 우유 내 체세포 수 및 유성분

산유량은 두 군의 모든 젖소는 분만 후 증가하다 분만 후 150일을 기점으로 지속적으로 감소하여 건유기 직전에는 분만 후 산유량과 비슷한 수준을 나타냈다 (Table 3). LF군과 HF군을 비교하였을 때, 분만 초기부터 건유 전까지 전 기간에 걸쳐 조농비가 높은 사료를 급여한 HF군의 젖소가 LF군의 젖소보다 일관되게 많은 산유량을 나타냈으며, 분만 후 50일까지를 제외한 모든 비유기간 동안 유의한 차이를 나타냈다. 분만 후 100일, 150일, 200일 각 구간에서 HF의 평균 산유량은 LF군의 약 120% 정도로 유의하게 많았으며 (100일, 150일 p<0.05; 200일 p<0.01), 특히, 비유량이 감소하는 250일에서는 HF군의 평균 산유량이 LF군의 143% 수준으로, 두 군의 평균 산유량은 현격한 차이를 나타내었다 (p<0.001). 건유전 50일 구간에서도 이와 마찬가지로 HF군의 산유량이 LF군보다 유의하게 많았다 (p<0.05). 또한, HF군의 경우 분만 후 250일 (건유 50일 전)에 이르러 최고 산유량의 79%까지 떨어진 LF군과는 달리 최고의 산유량을 유지하였으며, 산유량이 가장 낮아지는 건유전 (분만 후 251~305일) HF군의 평균 산유량은 LF군에서 최고의 산유량을 나타내었던 150일 구간과 유사한 수준의 높은 산유량을 나타내었다. 또한 각 개체 별 비유기간 동안 유량 분포를 Fig. 1에 제시하였다.

평균 4% FCM은 LF군에서 분만 후 증가하다 분만 후 100일을 기점으로 감소하여 250일에 최저점에 도달하여 건유까지 지속되었다 (Table 3). 하지만, HF군은 분만 후 100일에 급격히 증가하고, 150일을 기점으로 지속적으로 감소

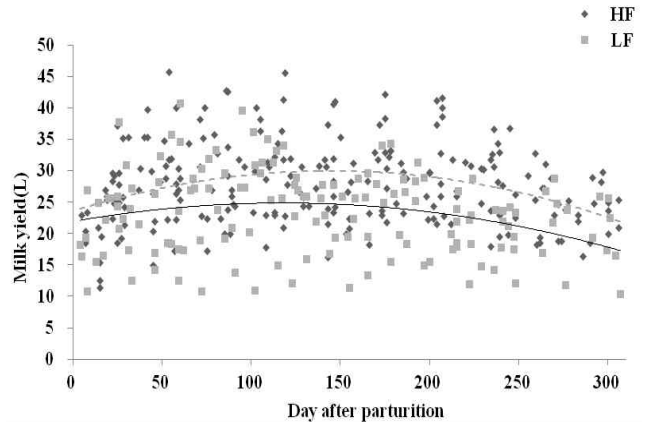


Fig. 1. Individual scatter plots of the milk yield during lactation in the low forage (LF) and high forage (HF) diet group. The spots represent individual milk yield of 21 and 41 dairy cattle of LF and HF group, respectively, and the dashed-line and solid line is the trend curve of the milk yield of LF and HF group, respectively.

하나 감소폭은 LF군에 비해 적게 나타났다. 두 군간 비교에서, 분만 후 50일에는 LF군이, 100일에는 HF군이 높게 나타났으나, 통계학적으로 유의하지 않았다. 하지만, 150일, 200일, 305일 구간에서 HF군이 LF군 보다 약 115% 정도로 유의하게 많았으며 (p<0.05), 250일 구간에서는 약 136% 정도로 현격한 차이를 나타냈다. 우유 내 체세포 수는 조농비가 낮은 사료를 급여한 LF군의 경우, 분만 후 50일 (16.7만 개/dL)과 150일 구간 (19만 개/dL)을 제외하고 전 비유기간 동안 체세포수 20만 개/dL (체세포 수 기준 2등급) 이상의 수준을 나타내었으며, 분만 후부터 건유전까지 점차적으로 증가하여 건유전 50일 구간에서 가장 높은 수준을 나타내었다 (Table 3). LF군과는 달리 HF군은 모든 비유기간 동안 우유 내 체세포 수가 20만 개/dL 미만 (체세포 수 기준 1등급)으로 적게는 평균 9만에서 많게는 평균 15만 개/dL로 나타났으며, 분만 후 200일 구간까지 서서히 감소하였다. 두 군간 우유 내 체세포 수의 차이는 분만 후 50일 구간과 건유전 50일 구간에서는 없었으나, 분만 후

Table 3. Comparison of milk yield and characteristics during lactation between low forage (LF) and high forage (HF) diet group

Items	Group	Days after parturition					
		50	100	150	200	250	305
Milk yield (L/d)	LF	22.4 ± 1.22	25.1 ± 1.54	25.5 ± 1.31	24.0 ± 1.24	20.2 ± 0.88	20.9 ± 1.51
	HF	25.3 ± 1.05	29.2 ± 1.10	29.6 ± 1.01	28.3 ± 0.97	28.9 ± 1.04	24.1 ± 0.81
4% FCM (L/d)	LF	23.69± 1.33	25.50± 1.52	24.27± 1.10	23.56± 1.13	20.39± 0.89	21.02± 1.44
	HF	20.73± 1.29	26.60± 0.97	28.08± 0.94	27.23± 0.85	27.81± 0.89	24.35± 0.72
SCC 10 <sup>3</sup> /dL <sup>1)</sup>	LF	167.89±29.14	206.44±41.85	189.67±33.54	210.35±34.01	227.58±34.98	268.00±61.44
	HF	155.28±23.30	109.38±23.88	110.30±19.17	91.12±14.44	100.47±13.15	137.55±31.65
Milk Fat (%)	LF	4.41± 0.17	4.18± 0.19	3.79± 0.13	3.96± 0.15	4.07± 0.11	4.12± 0.23
	HF	3.70± 0.11	3.45± 0.09	3.69± 0.10	3.80± 0.10	3.80± 0.08	4.13± 0.13
Milk protein (%)	LF	3.14± 0.06	3.17± 0.07	3.26± 0.05	3.31± 0.05	3.35± 0.05	3.41± 0.08
	HF	3.16± 0.05	3.11± 0.04	3.09± 0.03	3.23± 0.04	3.21± 0.03	3.26± 0.04
Milk solid (%)	LF	8.85± 0.13	8.72± 0.13	8.66± 0.08	8.78± 0.09	8.91± 0.10	8.95± 0.13
	HF	8.73± 0.08	8.55± 0.08	8.71± 0.05	8.84± 0.09	8.82± 0.07	8.87± 0.10
MUN (mg/dL)	LF	17.24± 0.75	18.39± 0.74	19.05± 0.65	18.70± 0.55	17.40± 0.65	19.32± 0.77
	HF	17.05± 0.44	17.39± 0.54	17.73± 0.48	18.25± 0.69	18.37± 0.51	17.50± 0.53
The price of milk (1,000 won)	LF	24.49± 1.39	26.40± 1.69	26.93± 1.30	25.49± 1.30	21.80± 0.91	21.76± 1.82
	HF	26.59± 1.05	29.80± 1.13	31.12± 1.03	30.08± 0.97	30.84± 1.04	25.77± 0.95

Each value is mean ± standard error (SEM).

<sup>1)</sup> SCC : somatic cell count.

\* p<0.05 between LF and HF.

\*\* p<0.01 between LF and HF.

\*\*\* p<0.001 between LF and HF.

100일과 150일에서는 HF군의 젖소가 생산한 우유 내 체세포 수는 LF군의 약 55% 정도로 유의하게 적었으며 (p<0.05), 200일과 250일 구간에서는 약 44%로 현격하게 낮은 수준을 나타내었다 (p<0.001).

유지율의 경우 분만 후 비유 초기에는 조농비가 높은 사료를 급여한 HF군이 LF군 보다 낮았으나, 분만 후 150일 이후에는 두 군간 주목할 만한 차이는 관찰되지 않았다 (Table 3). LF군의 유지율은 분만 후 건유기까지 3.8~4.4%의 수준으로 유지하였다. HF군의 경우 3.5~4.1%의 수준으로 나타났고, 분만 후 50일과 100일 구간에서 LF군의 약 83% 수준으로 낮게 나타났다. 그러나 그 이후 LF군의 93~100% 수준으로 유지율에 있어 두 군간 차이가 크지 않았다.

우유 내 단백질은 전 비유기간 동안 두 군 모두 평균 3.1~3.4%의 수준을 보였으며, 분만 후 150일과 250일 구간에서 조농비가 높은 사료를 급여한 HF군의 우유 내 단백질이 LF군 보다 유의하게 적게 나타났지만, 그 외 구간에서는

두 군간 통계학적 차이는 관찰되지 않았다 (Table 3).

그 외 우유 내 고형율은 전 비유기간 동안 두 군 모두 평균 8.6~9.0%으로 비슷한 수준을 보였다 (Table 3). MUN의 경우 두 군 모두 평균 17.1~19.1 mg/dL로 나타났으며, 비유기간 동안 분만 후 250일 구간을 제외하고 모든 구간에서 LF군이 HF군 보다 일관되게 높았으나, 통계학적인 유의성은 없는 것으로 나타났다.

유량, 체세포 등급, 유지율을 기준으로 산정한 1마리당 평균 유대는 산유량과 마찬가지로 두 군 모두 비유 150일 까지 점차적으로 증가하다가 이를 기점으로 건유 전까지 감소하였다 (Table 3). 비유시기별 각 군의 평균유대를 비교하면, 비유 전기부터 건유 전까지 전 기간에 걸쳐 일관되게 HF군의 평균 유대가 LF군 보다 높았다. 또한, 평균 유대가 감소하는 시점인 분만 후 150일부터 HF군의 평균 유대는 건유 50일 전까지 30,000원 이상을 유지하는 반면, LF군은 정점 (26,926원)의 85.5%의 수준으로 감소하여, 분만 후 150일, 200일, 건유 전에 생산된 HF군의 평균 유대

는 LF군에 비하여 각각 115.6%, 118.0%, 118.4% 정도로 (100일, 150일, 305일  $p<0.05$ ; 200일  $p<0.01$ ) 유의하게 높았으며, 특히 분만 후 250일에는 141.5%로 현격한 차이를 보였다 ( $p<0.001$ ).

#### IV. 고 찰

조직학적으로 유선상피, 유선 소관 및 유선조를 포함한 유선실질과, 이를 둘러싸는 지방패드 등으로 구성된 젖소의 유선은 우유를 생산하기 위하여 복잡한 성장과 분화를 일생 동안 거친다(Capuco et al., 2002; Connor et al., 2007; Sheffield, 1988). 이러한 유선 발달은 성 호르몬과 그들의 수용체, 성장 호르몬, insulin-like growth factor나 neuregulin 등과 같은 성장인자들과 이들의 수용체인 ErbB (Epidermal Growth factor receptor) family가 복합적으로 연계하여 복잡한 기전을 통해 조절된다(Lee et al., 2012; Sternlicht, 2006). 사춘기 전과 사춘기 동안 ErbB 수용체의 발현은 동물에 따라 다소 다르게 나타나는데, 젖소의 경우 설치류와 달리 ErbB-2와 ErbB-3 뿐 아니라 ErbB-3과 ErbB-4도 함께 발현되는 것으로 보고되었다(Lee et al., 2012).

사춘기 이전 젖소의 유선은 출생 당시의 모습으로 머무르다, 사춘기 이후부터 도관의 형태발생이 시작되지만, 이전의 보고에 따르면 육성기의 젖소에서 유선상피증식 정도에 있어 사춘기 전과 이후에 큰 차이가 없다고 보고되었다(Capuco et al., 2002; Lee et al., 2012) 하지만 젖소가 임신하면, 비유를 위해 유선은 분엽파리형태로 분화 증식을 시작하며, 유방의 크기는 임신 중기 이후 급격하게 커진다(Connor et al., 2007; Ferrell et al., 1976). 본 연구에서도 두 군 모두에서 임신중기 이후 유방의 크기가 현저히 증가하였다.

젖소의 유선의 발달에 있어 이전의 많은 연구들은 성 호르몬인 estradiol과 progesterone이 필수적이라고 보고하였다(Connor et al., 2007; Silberstein et al., 1994). Estradiol은 송과샘, 신장 등에서 성장인자들을 분비토록 자극하여 세포증식을 통한 유선발달을 촉진하는 반면, progesterone은 주로 임신기 동안 ductal side-branching과 분엽파리형태의 유선 분화에 중요한 역할을 한다(Lydon et al., 2000). 실제로, 사춘기 이전 시기에 난소 절제술을 실시한 젖소는 유선 발달이 저해되며, 사춘기 동안 estrogen의 기능을 억제하였을 때 유선상피의 증식과 도관형성이 저해된다(Shyamala, 1997). 이와 같은 결과는 estrogen receptor 결핍된 마우스의 결과에서 또한 확인되었다(Walker and Korach, 2004). 또

한, 임신기 동안 estrogen은 progesterone receptor의 표현을 유도하는 것으로도 알려져 있다(Bocchinfuso et al., 2000). 본 시험에서 임신 전과 임신기간, 그리고 비유기간 동안 estradiol과 progesterone의 혈중 농도를 측정하여 조농비가 다른 두 군을 비교하였을 때 전 기간에 걸쳐 estradiol과 progesterone의 혈중 농도는 차이가 나타나지 않았다. 임신 중기에 조농비가 높은 사료를 급여한 HF 군에서 estradiol의 농도가 한 개체에서 높게 나타났지만, 유방의 크기와 관련성은 없었다. 따라서, 본 연구에서 estradiol과 progesterone의 혈중 농도와 유방의 크기는 조농비의 차이에도 불구하고 모두 일반적인 범위 안에서 시기에 따라 큰 차이 없이 변화하고 있는 것으로 판단되었다.

본 연구에서 흥미로운 것은 육성기 동안 조농비가 다른 두 군 간에 유방의 크기나 혈중 호르몬의 농도에 있어 차이가 나타나지 않았음에도 불구하고, 조농비가 높은 HF군에서 산유량이 LF군에 비해 높게 나타난 것이다. 본 연구에서 두 군의 산유량과 4% FCM은 분만 후 점차 증가하여 각각 LF군의 경우 분만 후 100일, HF은 분만 후 150일에 최고조에 도달하여 건유까지 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 이전의 보고보다 최고비유기에 도달하는 기간과 산유지속성에 있어 현저히 길어진 것으로 축사의 환경개선과 사육기술의 발달과 관련이 있을 것이다(Macciotta et al., 2005; Pollott et al., 2000). 본 연구결과 양질 조사료 함량의 적절한 증가는 유지율에는 큰 변화가 없이, 산유량과 산유지속성을 유의하게 증가시킬 수 있는 것으로 나타났다. 즉, LF군과 HF군을 비교하였을 때, 분만 초기부터 건유 전까지 전 기간에 걸쳐 조농비가 높은 사료를 급여한 HF군의 젖소가 LF군의 젖소보다 일관되게 많은 산유량을 나타내었다. 특히, 비유량이 감소하는 분만 후 250일에 HF군의 평균 산유량은 LF군의 143% 수준으로 현저히 높았으며, 건유 50일 전에는 LF군이 최고 산유량의 79%까지 떨어진 반면 HF군은 최고의 산유량을 유지하고 있었다. 이와 같은 결과를 통하여 본 연구에서 양질 조사료의 함량을 높임으로써 산유량과 산유지속성을 크게 향상시킬 수 있었던 것으로 평가되었다. 일반적으로 젖소의 산유량은 유선의 발달 정도와 밀접하게 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Knight, 2000).

본 연구에서 양질 조사료 함량 증가에 따른 주목할 만한 또 다른 변화는 우유의 위생등급을 결정하는 주요 요소인 우유 내 체세포 수의 현격한 감소였다. 우유 내 체세포 수는 유방의 건강상태를 나타내는 간접적인 지표로서, 비유기 초기를 제외한 전 기간에 걸쳐 양질 조사료 농도가 높은 HF군에서 LF군에 비하여 유의하게 낮았다(축산과학원,

2007). 이것을 체세포 수 기준 등급으로 나타내면 LF군은 대부분의 비유 기간 동안의 우유가 2등급에 속하였지만, HF군의 경우 전 비유기간 동안 생산된 우유는 1등급의 범위에 포함되었다. 특히, 최고의 산유량 기간인 100일~250일 사이의 우유에서는 단지 10만 개/ml 정도로 매우 낮은 체세포 수를 나타내었다. 이러한 결과는 이전의 보고와 같은 결과이며, 조농비가 높은 사료를 급여로 인한 유선의 건강 상태를 개선시킨 효과라고 추측된다(Clark and Davis, 1983; Spahr, 1977; Whitlock et al., 2003; 축산과학원, 2007).

한편, 양질 조사료 함량의 적정한 수준으로의 증가는 우유에서 단백질, 고형분 및 MUN의 수치에는 크게 영향이 없는 것으로 나타났다. 또한, 단백질, 고형분 및 MUN의 수치는 2012년도 한국 유우군 능력검정사업보고서에 제시된, 1산차의 검정성적과 비교해보면, 두 군 모두 MUN을 제외한 유성분 수치가 유사하였으며, 정상수치 범위 내에 있는 것으로 나타났다. 하지만, MUN의 경우 정상수치(12~18 mg/dL)에 비해 LF군은 분만 후 100일, 150일, 200일, 305일에서, 그리고 HF군은 200일, 250일에 약간 높은 수준으로 나타났다(농협중앙회, 2013).

이상의 조농비를 높인 사료를 급여하였을 때 나타난 결과들은 유대의 증가로 반영되어 일반적인 조농비의 사료를 급여하였을 때 보다 비유기 전 기간 동안 대략 118~141% 정도의 유대증가효과가 있는 것으로 평가되었다.

결론적으로 본 연구를 통하여 양질 조사료 함량의 적정한 수준으로의 증가는 비유량의 증가와 체세포 수의 감소를 통하여 우유의 양과 질을 향상시킬 수 있는 것으로 평가되었다. 이는 양질 조사료 함량의 증가가, 본 연구에서는 유방의 크기와 관련 호르몬의 주목할 만한 변화를 확인할 수 없었지만, 유선의 발육과 우유 생산 능력을 증가시키는 것과 관련이 있을 것으로 판단된다.

## V. 요약

본 연구결과 조농비가 다른 사료를 각각 급여한 젖소에서 임신초기의 유방 크기는 HF군이 LF군 보다 2.4배 가량 유의하게 컸으나, 임신중기와 착유기 동안에는 두 군 간에 차이가 없었다. Estradiol의 혈중농도는 두 군 모두 사춘기부터 서서히 증가하여 임신기간 동안 사춘기의 2~3.5배가량이 되었으며, 두 군간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 착유기 전 기간에 걸쳐서도 estradiol의 농도는 두 군간 차이가 없었다. Progesterone의 혈중 농도는 사춘기부터 증가하기 시작하여 임신중기까지 두 군 모두 비슷한 농도로 유

지되었으며, 시험 전 기간에 걸쳐 두 군간 유의한 차이는 없었다. 산유량 4% FCM은 두 군 모두 분만 후 증가하다 LF군은 분만 100일, HF군은 150일을 기점으로 감소하였다. 그러나, 분만 후 50일까지를 제외하고 그 후 전 기간에 걸쳐 양질 조사료 함량이 높은 사료를 급여한 HF군의 젖소에서 산유량이 유의하게 높았으며, 분만 250일 까지도 높은 산유량을 유지하였다. 우유 내 체세포 수는 분만초기를 제외하고 착유기 전 기간 동안 HF군에서 유의하게 감소하였다. 유지율은 분만 후 비유 초기에 LF군에서 다소 높게 나타났으나, 그 이후부터는 두 군간 차이가 없었으며, 그 밖에 우유 내 단백질, 고형분, MUN 모두 두 군간 차이는 관찰되지 않았다. 산유량과 체세포 수 및 유지율을 기초로 계산한 유대에 있어 HF군이 LF군에 비하여 최고 141.5% 증대되었다. 본 연구결과로부터 젖소의 양질 조사료의 함량을 적당 수준으로 증가시킴으로써 유방의 크기나 관련 호르몬의 변화 없이 우유의 생산량을 증대시키고 우유의 질을 높일 수 있을 것으로 평가되었다.

## VI. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ907139052013)의 지원에 이루어진 것입니다. 본 연구를 위하여 협조해 주신 영주목장의 김형석/김갑재 사장님과 세바시은 목장의 나영수/나용재 사장님께 진심으로 감사드립니다.

## VII. REFERENCES

- Bocchinfuso, W.P., Lindzey, J.K., Hewitt, S.C., Clark, J.A., Myers, P.H., Cooper, R. and Korach, K.S. 2000. Induction of mammary gland development in estrogen receptor-alpha knockout mice. *Endocrinology*. 141:2982-2994.
- Capuco, A.V., Ellis, S., Wood, D.L., Akers, R.M. and Garrett, W. 2002. Postnatal mammary ductal growth: three-dimensional imaging of cell proliferation, effects of estrogen treatment, and expression of steroid receptors in prepubertal calves. *Tissue & Cell*. 34:143-154.
- Chalupa, W., O'Dell, G.D., Kutches, A.J. and Lavker, R. 1970. Supplemental corn silage or baled hay for correction of milk fat depressions produced by feeding pellets as the sole forage. *Journal of Dairy Science*. 53:208-214.
- Clark, J.H. and Davis, C.L. 1983. Future improvement of milk production; potential for nutritional improvement. *Journal of Animal Science*. 57:750-764.
- Cole, J.B., Null, D.J. and Vanraden, P.M. 2009. Best prediction of

- yields for long lactations. *Journal of Dairy Science*. 92:1796-1810.
- Connor, E.E., Meyer, M.J., Li, R.W., Van Amburgh, M.E., Boisclair, Y.R. and Capuco, A.V. 2007. Regulation of gene expression in the bovine mammary gland by ovarian steroids. *Journal of Dairy Science*. 90 Suppl 1:E55-65.
- Ji, D.H., Lee, B.H., Peng, J.L., Najad, J.G. and Sung, K.I. 2013. 11th World Conference on Animal Production. pp. 257.
- Ferrell, C.L., Garrett, W.N. and Hinman, N. 1976. Growth development and composition of the udder and gravid uterus of beef heifers during pregnancy. *Journal of Animal Science*. 42:1477-1489.
- Grant, D.R. and Patel, P.R. 1980. Changes of Protein Composition of Milk by Ratio of Roughage to Concentrate. *Journal of Dairy Science*. 63:756-761.
- Hoover, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*. 69:2755-2766.
- Knight, C.H. 2000. The importance of cell division in udder development and lactation. *Livestock Production Science*. 66: 169-176.
- Lee, B.W., Kim, Y.H., Jeon, B.S., Singh, N.K., Kim, W.H., Kim, M.J. and Yoon, B.I. 2012. Expression of ErbB receptors in the prepubertal and pubertal virgin mammary glands of dairy cows. *Korean Journal of Veterinary Research*. 52:269-273.
- Lee, B.H., Ji, D.H., Peng, J.L., Najad, J.G. and Sung, K.I. 2013. 11th World Conference on Animal Production. pp. 257
- Lydon, J.P., Sivaraman, L. and Conneely, O.M. 2000. A reappraisal of progesterone action in the mammary gland. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*. 5:325-338.
- Macciotta, N.P., Vicario, D. and Cappio-Borlino, A. 2005. Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *Journal of Dairy Science*. 88:1178-1191.
- McNally, S. and Martin, F. 2011. Molecular regulators of pubertal mammary gland development. *Annals of Medicine*. 43:212-234.
- Pollott, G.E. 2000. A biological approach to lactation curve analysis for milk yield. *Journal of Dairy Science*. 83:2448-2458.
- Sheffield, L.G. 1988. Organization and growth of mammary epithelia in the mammary gland fat pad. *Journal of Dairy Science*. 71: 2855-2874.
- Shyamala, G. 1997. Roles of estrogen and progesterone in normal mammary gland development insights from progesterone receptor null mutant mice and in situ localization of receptor. *Trends in Endocrinology and Metabolism*. 8:34-39.
- Silberstein, G.B., Van Horn, K., Shyamala, G. and Daniel, C.W. 1994. Essential role of endogenous estrogen in directly stimulating mammary growth demonstrated by implants containing pure antiestrogens. *Endocrinology*. 134:84-90.
- Smith, N.E. 1976. Maximizing Income over Feed Costs: Evaluation of Production Response Relationships. *Journal of Dairy Science*. 59:1193-1199.
- Smith, K.L. and Schanbacher, F.L. 1973. Hormone induced lactation in the bovine. I. Lactational performance following injections of 17-estradiol and progesterone. *Journal of Dairy Science*. 56:738-743.
- Spahr, S.L. 1977. Optimum Rations for Group Feeding. *Journal of Dairy Science*. 60:1337-1344.
- Sternlicht, M.D. 2006. Key stages in mammary gland development: the cues that regulate ductal branching morphogenesis. *Breast Cancer Research*. 8:201.
- Sudweeks, E., Ely, L., Mertens, D. and Sisk, L. 1981. Assessing Minimum Amounts and Form of Roughages in Ruminant Diets: Roughage Value Index System. *Journal of Animal Science*. 53:1406-1411.
- Voelker, J.A., Burato, G.M. and Allen, M.S. 2002. Effects of pretrial milk yield on responses of feed intake, digestion, and production to dietary forage concentration. *Journal of Dairy Science*. 85:2650-2661.
- Walker, V.R. and Korach, K.S. 2004. Estrogen receptor knockout mice as a model for endocrine research. *Institute for Laboratory Animal Research Journal*. 45:455-461.
- Whitlock, L.A., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F. and AbuGhazaleh, A.A. 2003. Milk production and composition from cows fed high oil or conventional corn at two forage concentrations. *Journal of Dairy Science*. 86:2428-2437.
- 낙농진흥회, 2013. 유대조건표.
- 농림수산검역검사본부, 2011. 원유의 위생등급기준. 농림수산검역검사본부 고시 제2011-32호.
- 농림수산식품부, 2011. 조사료증산대책. pp. 3.
- 농협중앙회, 2013. 2012년도 한국 유우군 능력검정 사업 보고서, pp. 76
- 축산과학원, 2007. 한국사양표준 짓소, 발간등록번호 11-1390271-000105-13. pp. 192-193.

(Received November 25, 2013/Revised December 5, 2013/Accepted December 10, 2013)