

Research Article

# TDN/CP 비율이 젖소 12~14개월령 육성우 영양소 섭취량, 증체량 및 혈액성상에 미치는 영향

김겸현<sup>1</sup> · 황원욱<sup>1</sup> · 김현진<sup>2</sup> · 김수기<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 동물자원학과, <sup>2</sup>서울대학교 농업생명과학연구원

## Effects of TDN/CP Ratio on Nutrient Intake, Body Weight Gain, Blood Characteristics of Dairy Heifers from 12 to 14 Months of Age

Gyeom-Heon Kim<sup>1</sup>, Won-Uk Hwang<sup>1</sup>, Hyun-Jin Kim<sup>2</sup> and Soo-Ki Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea,

<sup>2</sup>Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

### ABSTRACT

In this study, the effect of energy and protein ratio on the nutrient availability and body weight gain was determined to find the proper nutrient level for the stage of replacement dairy heifers before fertilization at approximately 12~24 months old after birth. Dry matter intake showed that the TDN/CP rate of T1 (5.0:1), T2 (4.5:1) and T3 (4.0:1) resulted in similar values. Among feces, the ash content of T1 was 11.07%, which was significantly ( $p < 0.05$ ) higher than that of T2 (10.32%). When the TDN/CP rate was increased, the ash content in the feces was also increased. Regardless of the initial weight, weight gain was increased significantly as the CP rate in the feed was increased on the 30<sup>th</sup> day. On the 60<sup>th</sup> day, T2 showed the highest rate of gain ( $p < 0.05$ ). As the TDN rate was decreased or the protein rate was increased, weight gain was significantly ( $p < 0.05$ ) increased. Regarding GPT level in the blood after finishing the test, T1 and T3 (112.6, 88.3 u/l) showed significantly ( $p < 0.05$ ) higher value than T2 (50.9 u/l). For phosphorus level, T1 (46.3 mg/dl) showed significantly ( $p < 0.05$ ) higher value than other treatments. For HDL cholesterol level, T2 (145.2 mg/dl) had significantly ( $p < 0.05$ ) higher level than T1 (121.0 mg/dl) or T3 (132.3 mg/dl). For triglyceride levels, T3 (40.6 mg/dl) had significantly ( $p < 0.05$ ) higher value than T1 (20.7 mg/dl) and T2 (29.0 mg/dl). For other blood parameters including BUN concentration, there were no significant ( $p > 0.05$ ) difference among treatments. As a result, although feed intake and weight gain with TDN/CP rate of 4:1 showed best results, considering the excess body fat accumulation possibilities or blood metabolism, it seems 4.5:1 ratio is most appropriate.

(Key words : Dairy cow, TDN/CP, Nutrient intake, Blood characteristics)

### I. 서 론

최근 국내 젖소개량사업소의 2013년도 통계에 의하면 육성우의 초산월령은 약 28.1개월령으로 낙농 선진국에서 권장하는 24개월령에 미치지 못하고 있는 실정이다. 초산 분만월령을 앞당기기 위해서는 육성 시기에 중부 가능한 체격까지 발육을 촉진시켜 중부 기간을 단축할 필요가 있고, 고열량 사료를 육성우에 급여함으로써 발육을 촉진시켜 분만사고 없이 초산 분만월령을 조기화 할 수 있다(ARC, 1980; Collier et al., 1982; Gardner, 1977; Jeong, 2013).

송아지가 번식 가능하게 되는 시기는 첫 발정 전 발육속도에 따라 다른데 고영양 급여로 성장이 빠르면 성 성숙도 빠리와 첫 발정이 빨라지고, 반대로 저영양 급여로 인한 늦은 발육은 첫 발정도 늦어진다(Barton et al., 1996; De La Sota et al., 1993). 그러나 송아지에게 고영양 사료를 급여함으로써 초산 중부시기를 빠르게 하는 것은 가능하지만, 극단적인 고영양은 젖소의 유선조직 발달을 억제하여 유생산성이 평균보다도 저하되는 것으로 알려져 있다(Drackley, 2004; Moon et al, 2002; Son, 2012). Choi (2004)의 연구결과에 따르면 사료 단백질의 과잉 공급이

\* Corresponding author : Soo-Ki Kim, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea, Tel: +82-02-450-3728, Fax: +82-02-458-3728, E-mail: sookikim@konkuk.ac.kr

번식능력을 저하시키는 데 그 이유는 과잉의 질소를 배출할 때 소요되는 에너지와 관련이 있으며, 비유 초기에 유생산에 필요한 에너지가 체조직으로부터 배출될 때 과잉의 질소배출로 인해 추가적인 에너지가 손실되기 때문이라고 보고하였다.

초산분만월령을 단축시키기 위해서는 무엇보다도 첫 수정 시 체중 및 체고가 각각 340 kg, 125 cm 정도로 적정 수준에 도달되어야 하기 때문에 육성단계의 사양관리가 중요하다(Baek et al., 2015). 그러나 국내에서는 육성우 사육기간에 대한 무관심과 난산 및 산유량에 대한 걱정으로 일부 농가에서는 체중과 체고가 적정 수준에 도달하지 못한 17~18개월령에 첫 수정을 시키고 있으며, 적정 영양소 수준과 초산분만월령 단축에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다.

또한 젖소 육성우의 최적 성장에 있어서는 사료 내 에너지와 단백질의 비율이 매우 중요한 요소이며(NRC, 2001), Hill et al. (2013)은 송아지와 육성우 단계에서 에너지와 단백질 요구량이 생산자의 경제성과 육성우의 향후 생산 능력에 영향을 미친다고 하였다. 따라서 국내 젖소 육성우의 사육 기간에 따른 에너지와 단백질의 적정 공급 수준에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 TDN/CP 비율에 있어서 초기 체중을 고려하여 증체에 필요한 단백질량을 요구량 보다 높게 설계한 4.5:1을 기준으로 하였고, 대부분의 국내의 젖소 육성우 성장에 대한 연구 범위인 4.0:1~5.0:1 사이에서 설정하였다(Lee et al., 2013; Huhtanen and Hristov, 2009; Gabler and Heinrichs, 2003; Brown et al., 2005; Gaynor et al., 1995; Ki et al., 2010). NRC (2001)를 기준으로 한 TDN/CP 비율, 4.7:1 전후에서 육성우의 사양실험을 수행하면서 수정 전 단계인 생후 12~14개월령까지의 에너지와 단백질의 비율에 따른 영양소 이용성, 증체 및 혈액에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 시험설계

공시동물은 평균 체중 305.9 kg, 12개월령의 Holstein 송아지 18두를 공시하였다. 급여사료는 자급조사료인 옥수수 사일리지와 호밀 사일리지를 주로 이용하여 사료의 TDN/CP 비율 각각 5.0:1, 4.5:1 그리고 4.0:1의 비율로 조정하였다. 본 시험에서 처리구(T1, T2 및 T3)별로 각각의 우방에 6두씩 배치하여 적응기간 15일과 실험기간 90일로 총 105

일간 충남 당진시 소재의 목장에서 실시하였다.

### 2. 시험사료 및 사양관리

Table 1과 같이 옥수수와 호밀 사일리지를 급여하는 조건에서 육성우의 증체 및 영양소 이용성을 평가하였다. TDN/CP 비율별로 배합한 TMR 급여는 1일 2회(매일 08:00 및 16:00 h)로 나누어 급여하였고 전 시험기간 동안 자유채식을 하였다. 물과 비타민 및 무기물 등도 자유롭게 채식하도록 하였다. 그 외 젖소 사양관리는 농장 관행 기준에 준해 실시하였다.

### 3. 조사항목 및 분석 방법

체중은 실험 개시 30일, 60일과 90일째 측정하였고, 사료섭취량은 급여량에서 잔량을 빼는 것으로 계산하였다. 사료 잔량조사는 매일 급여 전에 측정하였다. 영양소 소화율 평가를 위한 분 채취는 직장을 통해 시험 종료일에 채취하였다. 채취 직후 아이스박스에 넣어 실험실로 이동한 후 분석 시까지  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동고에서 보관하였다.

혈액 성상의 변화를 알아보기 위해 시험 개시일과 종료일에 사료 급여 후 4시간째에 경정맥으로부터 20 ml syringe를 이용하여 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 항응고 시약(EDTA)으로 처리된 혈액 튜브에 담았다. 채취한 혈액 샘플은 현장에서 바로 원심분리기(Hanil science industrial, HA-12, Incheon, Korea)를 이용하여 2,500 rpm으로 5분간 원심분리 하였다. 혈장 내 Glucose, Cholesterol, Calcium, Phosphate, BUN, Albumin, Total protein, AST, GGT, Magnesium 및 Free cholesterol의 농도는 혈액분석기(Gastat-600 series Blood Gas Analyzer, Techno Medica Co. Ltd., Yokohama, Japan)를 이용하여 분석하였다.

A.O.A.C.(2005)의 방법에 따라 사료 및 분의 건물(dry matter), 조단백질(crude protein), 조지방(ether extract), NDF(neutral detergent fiber) 그리고 ADF(acid detergent fiber)를 분석하였다. TDN은 농촌진흥청 축산기술연구소(NLRI, 2002)에서 제시한 소화율을 적용하여 산출하였다. 영양소 소화율은 사료 및 분의 lignin 함량을 marker로 이용하여 분 배설량과 영양소 배출량을 계산하여 각 영양소 소화율을 평가하였다.

### 4. 통계분석

통계분석은 SAS (Statistical Analysis System, Version 9.1,

USA) program package를 이용하여 각 처리구간의 평균값을 Duncan's multiple range test를 이용하여 에너지와 단백질의 비율에 따른 영향을 비교 검정하였다(Steel and Torrie, 1980).

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 영양소 섭취량

Table 1은 본 시험에서 사용한 사료 배합비와 화학적 조성이다. TDN/CP 비율별 영양소 섭취량은 Table 2와 같다. 건물 섭취량은 T1 (TDN/CP 비율, 5.0:1), T2 (TDN/CP 비율, 4.5:1) 그리고 T3 (TDN/CP 비율, 4.0:1)가 비슷한 수치를 보였으며, 지방, 섬유소, NDF, ADF는 처리구간 섭취량에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 90일째에서 CP 섭취량은 TDN/CP 비율이 5:1, 4.5:1 및 4:1로 높아짐에 따라

Table 1. Chemical composition and formulation of TMR fed to dairy heifers

Item	Treatments (TDN/CP ratio)		
	T1 (5.0:1)	T2 (4.5:1)	T3 (4.0:1)
<b>Ingredients, %</b>			
Alfalfa, hay	5.56	5.56	5.56
Timothy, hay	11.12	11.12	11.12
Oats, hay	13.91	13.91	13.91
Corn silage	5.56	5.56	5.56
Beet pulp	5.56	5.56	5.56
Soy bean meal	8.07	10.93	14.55
Corn, ground	22.25	19.39	15.77
Rye silage	27.82	27.82	27.82
Vitamin mineral mixture	0.15	0.15	0.15
SUM	100	100	100
<b>Net energy, Mcal/kg</b>			
Maintenance	1.34	1.33	1.32
Growth	0.52	0.52	0.51
<b>Chemical composition<sup>1)</sup>, %</b>			
Crude protein	14.47	16.01	17.96
Neutral detergent fiber	45.15	45.21	45.28
Effective Neutral detergent fiber	36.19	36.32	36.47
Non structural carbohydrate	34.78	33.39	31.61
Digestible intake protein, % CP	73.96	75.04	76.13
Total digestible nutrient, % DM	71.73	71.58	71.38

<sup>1)</sup> Based on measured values. DM basis.

1.18, 1.35 및 1.53으로 증가하는 수치를 보였다.

Groff and Wu (2005)는 사료 내 단백질 비율과 건물 섭취량과는 큰 상관관계가 없다고 하였으며, Hoffman et al. (2001)은 건물 섭취량이 사료 내 단백질 함량(8.0~15.0%)이 높아질수록 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. Blome et al. (2003)도 사료 내 단백질 함량(DM기준)이 14% 보다 26%일 경우 섭취량이 19.2~33.9 kg/day로 증가하였으나 조단백질 함량이 14~18% 구간일 경우 그 차이는 적었다고 하였다. Broderick (2003)은 사료 내 단백질 함량(15.1~18.4%)이 높아질수록 건물 섭취량이 유의적으로 증가(21.2~22.6 kg/day) 하였으며, CP 섭취량도 증가(0.99~1.02 kg/day)하는 경향을 보였다고 하였다.

본 연구의 전체 기간 평균 섭취량에서 TDN/CP 비율이 낮아짐에 따라 CP 섭취량은 T1 1.10, T2 1.24 그리고 T3가 1.39 kg/day로 유의적으로 증가하는 수치를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 이는 육성우 성장단계에 따라 다르겠지만 이 시기에서는 CP 함량이 14~18%인 경우 TDN/CP 비율이 4:1~5:1로 높아질수록 건물 섭취량과 CP 섭취량은 증가되며, CP 함량이 14% 이하로 내려갈 경우에는 섭취량 증가에 많은 영향을 주지 못할 것으로 사료된다.

#### 2. 분 중 영양소 함량

Table 3에서는 처리별 분 중 영양소 함량의 변화를 나타내었다. 분의 영양소 함량 중 단백질 함량은 T2 처리구(10.03%)가 가장 낮은 수치를 보였으나 처리구간 유의적 차이는 없었다. Lignin 농도를 고려할 경우 T2 처리구에서 가장 낮은 농도(4.21%)를 나타내 소화율 평가 시 가장 낮은 것으로 판단되었다. ADF 농도는 4.0:1 처리구가 40.43%로 가장 낮은 수치를 보였으며, 이는 단백질 농도 증가가 소화관 내 통과속도에 크게 영향을 미치지 않을 시 섬유소 소화율에도 영향을 미치지 않을 것으로 사료되었다. 또한 분 중 건물함량은 T1 처리구가 86.15%로 T2 (94.27%), T3 (93.42%)에 비해 낮은 수치를 보여 CP 수준이 높으면 분의 건물 함량이 증가한다고 판단되었다. ADF는 에너지 수준이 높아질수록 수치적으로 증가하는 모습을 보였으나 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 분 중 회분은 T1이 11.07%로 T3 (9.69%) 보다 유의적으로 높아졌고 T2 (10.32%)와 비교해서도 증가하는 경향을 보여( $p < 0.05$ ), TDN/CP 비율이 높아질수록 분 내 회분 함량은 감소되었다.

Bodine and Purvis (2003)는 육우의 에너지 공급 실험에서 분 중 ADF는 TDN/CP 비율이 8.2:1 처리구(3.9 g/kg B.W)가 4.9:1 처리구(2.9 g/kg B.W)에 비해 높게 나타났지

Table 2. Effects of TDN/CP ratio on nutrient intakes of dairy heifers

Item	Treatment (TDN/CP ratio)			SEM
	T1 (5.0:1)	T2 (4.5:1)	T3 (4.0:1)	
1 <sup>st</sup> period (0~30 days)				
	Intake, kg/day			
Dry Matter	9.97	10.17	10.20	0.13
Crude Protein	0.96	1.09	1.22	0.01
Crude Fat	0.18	0.18	0.17	0.00
Crude Fiber	1.29	1.32	1.33	0.02
Crude ash	0.41	0.43	0.45	0.01
Neutral detergent fiber	3.00	3.07	3.08	0.04
Acid detergent fiber	1.74	1.79	1.82	0.02
Non structural carbohydrate	2.31	2.27	2.15	0.03
Total digestible nutrient	4.77	4.86	4.86	0.06
2 <sup>nd</sup> period (30~60 days)				
Dry Matter	11.87	11.93	11.80	0.40
Crude Protein	1.15	1.28	1.41	0.04
Crude Fat	0.21	0.21	0.19	0.01
Crude Fiber	1.53	1.55	1.54	0.05
Crude ash	0.49	0.50	0.52	0.02
Neutral detergent fiber	3.58	3.60	3.56	0.12
Acid detergent fiber	2.08	2.10	2.10	0.07
Non structural carbohydrate	2.75	2.66	2.49	0.09
Total digestible nutrient	5.68	5.70	5.62	0.19
3 <sup>rd</sup> period (60~90 days)				
Dry Matter	12.27	12.63	12.73	0.33
Crude Protein	1.18	1.35	1.53	0.04
Crude Fat	0.22	0.22	0.21	0.01
Crude Fiber	1.59	1.64	1.66	0.04
Crude ash	0.50	0.53	0.56	0.01
Neutral detergent fiber	3.70	3.81	3.85	0.10
Acid detergent fiber	2.15	2.23	2.27	0.06
Non structural carbohydrate	2.85	2.81	2.68	0.07
Total digestible nutrient	5.87	6.03	6.06	0.16
Total period (0~90 days)				
Dry Matter	11.37	11.58	11.58	0.73
Crude Protein	1.10 <sup>b</sup>	1.24 <sup>ab</sup>	1.39 <sup>a</sup>	0.08
Crude Fat	0.20	0.20	0.19	0.01
Crude Fiber	1.47	1.50	1.51	0.09
Crude ash	0.47	0.49	0.51	0.03
Neutral detergent fiber	3.43	3.49	3.50	0.22
Acid detergent fiber	1.99	2.04	2.06	0.13
Non structural carbohydrate	2.64	2.58	2.44	0.16
Total digestible nutrient	5.44	5.53	5.51	0.35

<sup>ab</sup> Mean in the same row with different superscript differ significantly (P<0.05).

Table 3. The chemical composition fo dairy heifers fecal

Item <sup>1)</sup>	Treatment (TDN/CP ratio)			SEM
	T1 (5.0:1)	T2 (4.5:1)	T3 (4.0:1)	
	%, DM basis			
DM	86.15	94.27	93.42	5.81
CP	10.72	10.03	10.83	0.69
Fiber	33.84	32.51	32.81	1.56
Ash	11.07 <sup>a</sup>	10.32 <sup>ab</sup>	9.69 <sup>b</sup>	0.58
ADF	42.76	41.11	40.43	1.90
NDF	70.51	67.78	68.00	2.60
Lignin	4.74	4.21	4.42	0.33

<sup>1)</sup> DM, Dry matter; CP, Crude protein; ADF, Acid detergent fiber; NDF, Neutral detergent fiber.

<sup>ab</sup> Mean in the same row with different superscript differ significantly (P<0.05).

만 9.1:1 처리구 (3.2 g/kg B.W)에서는 오히려 감소하였다고 보고하였다. 분 중 섬유소는 사료 내 TDN 비율이 높아질수록 증가를 하지만 TDN 비율이 어느 수준을 넘어서면 감소되는 것으로 사료되며, 본 연구의 TDN/CP 비율에서는 에너지 수준이 크게 높지 않아 ADF가 감소하지는 않았다고 판단된다.

Marston and Lusby (1995)는 육우에게 에너지나 단백질을 급여한 결과, 단백질 급여구 (4.5 kg/day) 보다 에너지 급여구 (4.8 kg/day)에서 분의 배설량이 많아진다고 보고하였다. Reynal and Broderick (2005)은 비유우의 질소 대사 실험에서 사료 내 단백질 함량이 13.2%에서 10.6%로 낮아질수록 분 중 건물함량은 7.93 kg/day에서 6.70 kg/day으로 낮아졌다. 이와 같이 젖소에 있어 분 중 건물함량은 조단백질과 에너지의 비율에 따라 영향을 미친다고 판단되지만 본 TDN/CP 비율(4.0:1, 4.5:1 및 5.0:1)에서는 거의 영향이 없다고 사료된다. 또한 단백질 농도에 따른 적정 섬유소 농도, 가용성 섬유소 함량에 대한 권장 수준이 정립될 필요가 있다.

### 3. 체중, 증체량 및 일당증체량

처리구별 육성우의 체중, 증체량 및 일당증체량은 Table 4와 같다. 초기 체중과 상관없이 증체량은 실험 개시 후 30일 쯤 사료 내 CP 비율이 높아질수록 유의적으로 증가하였으나 60일째에는 T2 (14 kg)가 유의적으로 가장 높은 증체를 보였다 (p<0.05). 그러나 90일째에는 30일째와 같은 경향을 보이며 T3 (48.17 kg)가 유의적으로 가장 높았다

Table 4. Effects of TDN/CP ratio on body weight, weight gain and daily gain of dairy heifers

Period <sup>1)</sup>	Treatments (TDN/CP ratio)			SEM
	T1 (5.0:1)	T2 (4.5:1)	T3 (4.0:1)	
	Body Weight, kg			
Initial	339.67 <sup>a</sup>	309.83 <sup>b</sup>	268.33 <sup>c</sup>	6.94
1 <sup>st</sup> period	353.17 <sup>a</sup>	323.83 <sup>b</sup>	285.33 <sup>c</sup>	6.67
2 <sup>nd</sup> period	365.08 <sup>a</sup>	337.83 <sup>b</sup>	296.25 <sup>c</sup>	6.23
3 <sup>rd</sup> period	382.25 <sup>a</sup>	356.33 <sup>b</sup>	316.50 <sup>c</sup>	6.99
	Body Weight Gain, kg			
1 <sup>st</sup> period	13.50 <sup>c</sup>	14.00 <sup>b</sup>	17.00 <sup>a</sup>	0.95
2 <sup>nd</sup> period	11.92 <sup>b</sup>	14.00 <sup>a</sup>	10.92 <sup>c</sup>	0.80
3 <sup>rd</sup> period	17.17 <sup>c</sup>	18.50 <sup>b</sup>	20.25 <sup>a</sup>	0.79
Sum	42.59 <sup>c</sup>	46.50 <sup>b</sup>	48.17 <sup>a</sup>	1.45
	ADG <sup>2)</sup> , kg/day			
1 <sup>st</sup> period	0.96 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.21 <sup>a</sup>	0.16
2 <sup>nd</sup> period	0.66	0.78	0.61	0.15
3 <sup>rd</sup> period	1.14	1.23	1.35	0.21
Overall	0.91 <sup>b</sup>	0.99 <sup>b</sup>	1.02 <sup>a</sup>	0.10

<sup>1)</sup> Initial : Adjustment period (during 15 days before beginning the experiment), 1st period : 0~30 days, 2nd period : 30~60 days, 3rd period : 60~90 days.

<sup>2)</sup> Average daily gain.

<sup>ab</sup> Mean in the same row with different superscript differ significantly (P<0.05).

(p<0.05). TDN 비율이 감소하거나 단백질 비율이 높아질수록 증체량은 유의적으로 증가되었다 (p<0.05).

Broderick (2003)은 사료 내 단백질 함량이 높아질수록 증체량은 증가하는 값을 보였으나 유의적인 차이는 없었다고 하였다. Devant et al. (2000)은 Friesian종 육성우 사료 내 단백질 함량이 감소할수록 (17.3~13.8%, CP), 일당증체량은 1.17 kg/day에서 1.23 kg/day로 증가한다고 보고하였다. 육성우 에너지 농도증가를 통한 증체는 체성장 중 지방 축적량이 증가하고 이로 인한 조기 성성숙은 체성장의 억제 를 초래하기도 한다. Chalupa et al. (1970)은 농후사료를 많이 급여할 경우 프로피오닉산이 증가되어 체지방이 축적된다고 하였다. Brugere-Picoux and Brugere (1980)는 6~12개월령의 어린 소에게 고에너지 사료를 급여하면 체지방이 증가하고 과비우증상 (Fat cow syndrome)에 걸릴 수 있다고 하였다.

따라서 본 실험에서 T3 처리구의 일당증체량 (1.02 kg/일)은 체지방 축적이 과잉으로 이루어 질 수 있어 T1 처리구의 비율 (0.91 kg/day)이 바람직한 것으로 판단되었다. 특히,

Table 5. Effects of TDN/CP ratio on blood parameters of dairy heifers

Item <sup>1)</sup>	Period	Treatments (TDN/CP ratio)			p-value
		T1 (5.0:1)	T2 (4.5:1)	T3 (4.0:1)	
Albumin, g/dl	Initial	3.5 ± 0.16	3.6 ± 0.10	3.4 ± 0.14	0.83
	Final	3.5 ± 0.14	3.6 ± 0.21	3.6 ± 0.22	0.89
	Increment <sup>2)</sup>	0.0	-0.1	0.2	-
Total Protein, u/l	Initial	8.4 ± 0.24	8.4 ± 0.21	8.4 ± 0.09	0.97
	Final	8.4 ± 0.36	8.7 ± 0.23	9.1 ± 0.35	0.31
	Increment	0.0	0.3	0.7	-
Glucose, mg/dl	Initial	78.7 ± 3.34	80.5 ± 2.91	76.7 ± 4.18	0.77
	Final	61.0 ± 6.58	64.5 ± 12.20	52.5 ± 11.39	0.70
	Increment	-17.7	-16.0	-24.2	-
ALT-GPT, u/l	Initial	72.2 ± 4.61	75.0 ± 2.58	72.4 ± 3.44	0.85
	Final	112.6 ± 11.87 <sup>a</sup>	50.9 ± 9.23 <sup>b</sup>	88.3 ± 9.45 <sup>a</sup>	0.01
	Increment	40.4	-24.1	15.9	-
AST-GOT, u/l	Initial	80.7 ± 2.25	81.4 ± 2.96	75.5 ± 2.21	0.22
	Final	50.3 ± 1.89	81.1 ± 28.63	132.7 ± 51.71	0.26
	Increment	-30.4	-0.3	57.2	-
GGT, u/l	Initial	11.2 ± 2.16	9.0 ± 2.33	8.0 ± 1.83	0.56
	Final	9.8 ± 4.89	4.5 ± 3.81	4.0 ± 2.13	0.49
	Increment	-1.4	-4.5	-4.0	-
Total Bilirubin, mg/dl	Initial	1.0 ± 0.22	0.9 ± 0.11	0.9 ± 0.05	0.66
	Final	2.4 ± 0.52	3.4 ± 0.60	3.9 ± 0.89	0.32
	Increment	1.4	2.5	3.0	-
Direct Bilirubin, mg/dl	Initial	0.4 ± 0.06	0.3 ± 0.06	0.3 ± 0.02	0.53
	Final	1.1 ± 0.55	1.0 ± 0.34	1.1 ± 0.30	0.97
	Increment	0.7	0.7	0.8	-
Globulin, g/dl	Initial	5.0 ± 0.18	4.8 ± 0.12	5.0 ± 0.09	0.66
	Final	5.0 ± 0.39	5.1 ± 0.34	5.5 ± 0.24	0.46
	Increment	0.0	0.3	0.5	-
BUN, mg/dl	Initial	17.9 ± 1.29	17.7 ± 0.33	19.1 ± 0.55	0.52
	Final	13.0 ± 0.59	12.5 ± 0.70	14.8 ± 1.29	0.22
	Increment	-4.9	-5.2	-4.3	-
Calcium, mg/dl	Initial	3.3 ± 0.61	2.3 ± 0.46	2.2 ± 0.81	0.41
	Final	6.3 ± 0.99	5.3 ± 1.57	3.8 ± 1.55	0.42
	Increment	3.0	3.0	1.6	-
Phosphorus, mg/dl	Initial	22.5 ± 9.58	13.5 ± 0.76	13.9 ± 0.47	0.52
	Final	46.3 ± 7.79 <sup>a</sup>	16.8 ± 5.68 <sup>b</sup>	18.6 ± 5.80 <sup>b</sup>	0.02
	Increment	23.8	3.3	4.7	-
Total Cholesterol, mg/dl	Initial	182.8 ± 8.28	187.0 ± 15.34	196.0 ± 8.46	0.69
	Final	194.0 ± 59.92	199.8 ± 4.32	177.6 ± 5.94	0.87
	Increment	11.2	12.8	-18.4	-
HDL Cholesterol, mg/dl	Initial	153.7 ± 9.09	164.8 ± 10.48	161.6 ± 11.02	0.72
	Final	121.0 ± 4.24 <sup>b</sup>	145.2 ± 4.38 <sup>a</sup>	132.3 ± 2.91 <sup>b</sup>	<0.01
	Increment	-32.7	-19.6	-29.3	-
Triglyceride, mg/dl	Initial	10.2 ± 2.94	15.2 ± 4.70	15.1 ± 4.41	0.59
	Final	20.7 ± 5.05 <sup>b</sup>	29.0 ± 3.52 <sup>ab</sup>	40.6 ± 7.50 <sup>a</sup>	0.08
	Increment	10.5	13.8	25.5	-
Creatinine, mg/dl	Initial	1.1 ± 0.06	1.1 ± 0.04	1.1 ± 0.03	0.58
	Final	0.8 ± 0.21 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.27 <sup>b</sup>	1.8 ± 0.51 <sup>a</sup>	0.06
	Increment	-0.3	-0.4	0.7	-
Uric acid, mg/dl	Initial	1.2 ± 0.11	1.1 ± 0.05	1.2 ± 0.06	0.82
	Final	1.6 ± 0.37	3.4 ± 1.35	2.3 ± 0.44	0.30
	Increment	0.4	2.3	1.1	-

Data are mean ± standard deviation.

<sup>1)</sup> ALT-GPT, Alanine aminotransferase; AST-GOT, Aspartate aminotransferase; GGT, Gamma-glutamyl transferase; BUN, Blood urea nitrogen.<sup>2)</sup> Increment: final period - initial period.<sup>ab</sup> Mean in the same row with different superscript differ significantly (P<0.05).

12개월령 육성우의 증체는 에너지와 단백질의 공급수준 가운데 단백질 수준이 영향을 크게 미치는 것으로 판단된다. 따라서 성숙숙 이전 영양소 공급 수준 결정은 증체율, 체지방 축적량 등을 종합적으로 판단하여, 단백질 수준을 결정할 때에 에너지의 공급 수준과 방법에 대한 고려가 필요할 것이다.

#### 4. 혈액 성상

Table 5는 기간별 TDN/CP 비율에 따른 혈액 대사물질의 농도를 나타낸 것이다. 혈중 albumin, Total protein, glucose, GOT, GGT, bilirubin, globulin, BUN, calcium, Total cholesterol, creatinine 및 uric acid의 농도는 처리구간 차이를 나타내지 않았다. 시험 종료 시의 혈중 GPT는 T1과 T3 (112.6, 88.3 u/l)가 T2 (50.9 u/l) 보다 유의적으로 높은 수치를 나타냈으며, phosphorus는 T1 (46.3 mg/dl)이 다른 처리구보다 유의적으로 높은 값을 보였다 ( $p < 0.05$ ). HDL cholesterol은 T2 (145.2 mg/dl)가 T1 (121.0 mg/dl)과 T3 (132.3 mg/dl) 보다 유의적으로 높았으며, triglyceride는 T3 (40.6 mg/dl)가 T1, T2 (20.7, 29.0 mg/dl) 보다 유의적으로 높은 수치를 보였다 ( $p < 0.05$ ). 특히 TDN/CP 수준별 급여는 혈액 내 지방 대사와 관련하여 영향을 미쳤으며, TDN/CP 수준이 5:1 미만에서 HDL cholesterol 수치가 증가되어 혈액 지방 대사에 긍정적 영향을 줄 수 있다고 사료된다.

홀스타인의 혈액 조성은 albumin이 3.3~4.1 g/dl, glucose가 46.8~68.4 mg/dl, Total cholesterol 112.1~297.7 mg/dl 및 calcium은 8.8~10.4 mg/dl라고 하였으며, 성장단계별로 수치는 달라질 수 있다고 하였다 (Cozzi et al., 2011). 본 실험에서의 glucose 수치는 초기에는 정상 범위보다 조금 높은 편 (평균 78.6 mg/dl)이었으나 기간이 지남에 따라 정상 수치를 보였다. 이는 혈액의 정상 수치가 성장단계에 따라 달라지기 때문이라 사료되며 (Cozzi et al., 2011), 정상 수치를 크게 벗어나지 않아 정상적인 혈액 대사에 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. 이를 제외한 혈액 조성들은 모두 정상 범위를 나타내었다. 본 연구의 TDN/CP 비율별 급여는 반추위 내 발효성상의 안정화와 에너지 단백질 공급 균형을 유지하면서 혈액의 대사산물과 간 기능의 수치에 부정적으로 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

BUN 농도는 5.0:1, 4.5:1 및 4.0:1 TDN/CP 비율에 따라 시험 초기에 각각 17.9, 17.7 및 19.1 mg/dl로 나타났으며, 시험 종료 시는 각각 13.0, 12.5 및 14.8 mg/dl로 시험 초기에 비해 낮게 나타났으나 통계적 유의차는 없었다. BUN 농도는 뇨 질소 분비의 예측변수이고, 간의 요소생산량을

보여주는 지표이다 (Kohn et al., 2005). 특히 젖소에서 BUN 농도가 높으면 정자, 난자 및 수정란에 독성효과를 줄 수 있어 수태율을 감소시킬 수 있으며, 혈중 BUN 농도를 20 mg/dl 이하로 유지하여야 한다 (Rural Development Administration, 2007). 또한 사료 중 용해성 단백질 함량이 높아도 에너지 공급량이 충분하면 암모니아의 많은 부분이 미생물체단백질로 합성되기 때문에 반추위벽을 통한 암모니아 흡수를 줄여 BUN 농도를 20 mg/dl 이하로 유지할 수 있다. 이는 젖소에게 고단백질의 사료를 급여하면 필연적으로 BUN 수치가 높아지지만 에너지를 충분히 공급할 경우 정상 수치를 유지할 수 있음을 뜻하며, Park et al. (2013)의 비유증기 젖소에 에너지 수준별 급여 실험에서 에너지 수준이 충족됨에 따라 혈중 BUN 수치는 단백질 공급과는 큰 상관관계를 보이지 않았다. 본 연구에서의 12~14개월령 육성우에서 사료 내 조단백질 비율은 혈중 BUN 농도와 정(+)의 상관관계를 갖는 것으로 사료된다. 본 실험에서의 BUN 수치는 20 mg/dl 이하로 정상 범주에 속했으며, T3에 비해 에너지 비율이 높아질수록 BUN 농도는 안정되는 수치를 보였다. 이 시기의 TDN/CP 비율은 BUN 농도를 고려하였을 경우 BUN 과잉 수준 (20 mg/dl 이상)에 가까운 T3 처리구보다 에너지 비율이 높은 T2와 T1 처리구 수준이 적합할 것으로 판단된다.

#### IV. 요약

본 연구는 수정 전 단계인 생후 12~14개월령의 육성우에게 급여하는 사료의 적정 영양소 수준에 대해 알아보고자 에너지와 단백질의 비율에 따른 영양소 이용성 및 증체량에 미치는 영향을 평가하였다. 건물 섭취량은 T1 (TDN/CP 비율, 5.0:1), T2 (TDN/CP 비율, 4.5:1) 그리고 T3 (TDN/CP 비율, 4.0:1)가 비슷한 수치를 보였다. 분 중 회분은 T1이 11.07%로 T3 (9.69%) 보다 유의적으로 높아졌으며, TDN/CP 비율이 높아질수록 분 내 회분 함량도 증가되었다. 초기 체중과 상관없이 증체량은 실험 개시 후 30일째 사료 내 CP 비율이 높아질수록 유의적으로 증가하였으나 60일째에는 T2가 유의적으로 가장 높은 증체를 보였다 ( $p < 0.05$ ). TDN 비율이 감소하거나 단백질 비율이 높아질수록 증체량은 유의적으로 증가되었다 ( $p < 0.05$ ). 시험 종료 시의 혈중 GPT는 T1과 T3 (112.6, 88.3 u/l)가 T2 (50.9 u/l) 보다 유의적으로 높은 수치를 나타냈으며, phosphorus는 T1 (46.3 mg/dl)이 다른 처리구보다 유의적으로 높은 값을 보였다 ( $p < 0.05$ ). HDL cholesterol은 T2 (145.2 mg/dl)가 T1 (121.0 mg/dl)과 T3 (132.3 mg/dl) 보다 유의적으로 높았으며,

triglyceride는 T3 (40.6 mg/dl)가 T1, T2 (20.7, 29.0 mg/dl) 보다 유의적으로 높은 수치를 보였다 ( $p < 0.05$ ). BUN 농도를 비롯한 그 외의 혈액 분석항목들에서는 처리구별에 있어서 유의적 차이가 없었다. 결과적으로 섭취량과 증체율에서는 TDN/CP 비율이 4:1이 가장 좋았으나 체지방 축적이 과잉 될 가능성이나 혈액대사 수치를 함께 고려한다면 이 시기에서는 4.5:1의 비율이 바람직한 것으로 판단된다.

## V. 사 사

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 (과제번호 311051-2) 지원으로 수행되었다.

## VI. REFERENCES

- Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK. 121-166.
- Association of Official Agricultural Chemists, and William Horwitz. 2005. Official methods of analysis. Washington, DC: AOAC. 534.
- Barton, B.A., Rosario, H.A., Anderson, G.W., Grindle, B.P. and Carroll, D.J. 1996. Effects of dietary crude protein, breed, parity, and health status on the fertility of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 79. 2225-2236.
- Baek, K.S., Yoon, H.S., Lee, W.S., Ahn, H.S., Kim, W.H., Chae, H.S., Kim, N.Y. and Cho, I.C. 2015. Effect of age at the first pregnancy on calving status in holstein heifers. *Annals of Animal Resources Sciences*. 26. 13-20.
- Blome, R.M., Drackley, J.K., McKeith, F.K., Hutjens, M.F. and McCoy, G.C. 2003. Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. *Journal of Animal Science*. 81. 1641-1655.
- Bodine, T.N. and Purvis, H.T. 2003. Effects of supplemental energy and/or degradable intake protein on performance, grazing behavior, intake, digestibility, and fecal and blood indices by beef steers grazed on dormant native tallgrass prairie. *Journal of Animal Science*. 81. 304-317.
- Broderick, G.A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86. 1370-1381.
- Brown, E.G., Vandehaar, M.J., Daniels, K.M., Liesman, J.S., Chapin, L.T., Keisler, D.H. and Nielsen, M.S.W. 2005. Effect of increasing energy and protein intake on body growth and carcass composition of heifer calves. *Journal of Dairy Science*. 88. 585-594.
- Brugere-Picoux, J. and Brugere, H. 1980. Fat cow syndrome. *Recueil de Medecine Veterinaire*. 156. 195-200.
- 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.
- Choi, B.R. 2004. Nutritional supplementing ways on feeding and management of dairy cow. *Journal of Veterinary Clinics. Proceedings of the congress Korean society of veterinary clinics*. 5-22.
- Collier, R.J., Doelger, S.G., Head, H.H., Thatcher, W.W. and Wilcox, C.J. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cows. *Journal of Animal Science*. 54. 309-319.
- Cozzi, G., Ravarotto, L., Gottardo, F., Stefani, A., Contiero, L., Moro, L., Brscic, M. and Dalvit, P. 2011. Short communication: Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows: Effects of parity, stage of lactation and season of production. *Journal of Dairy Science*. 94. 3895-3901.
- De La Sota, R.L., Lucy, M.C., Staples, C.R. and Thatcher, W.W. 1993. Effects of recombinant bovine somatotropin (somatotrobove) on ovarian function in lactating and nonlactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 76. 1002-1013.
- Devant, M., Ferret, J., Gasa, S.C. and Casals, R. 2000. Effects of protein concentration and degradability on performance, ruminal fermentation, and nitrogen metabolism in rapidly growing heifers fed high-concentrate diets from 100 to 230 kg body weight. *Journal of Animal Science*. 78. 1667-1676.
- Drackley, J.K. 2004. Feeding for Accelerated Growth in Dairy Calves. *Proceedings of Minnesota Dairy Health Conference. USA*. 59-73.
- Gabler, M.T. and Heinrichs, A.J. 2003. Dietary Protein to Metabolizable Energy Ratios on Feed Efficiency and Structural Growth of Prepubertal Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*. 86. 268-274.
- Gardner, R.W., Schuh, J.D. and Vargus, L.G. 1977. Accelerated growth and early breeding of Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. 60. 1941-1948.
- Gaynor, P.J., Waldo, D.R., Capuco, A.V., Erdman, R.A. and Douglass, L.W. 1995. Effect of prepubertal growth rate and diet on lipid metabolism in lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 78. 1534-1543.
- Groff, E.B. and Wu, Z. 2005. Milk production and nitrogen excretion of dairy cows fed different amounts of protein and varying

- proportions of alfalfa and corn silage. *Journal of Dairy Science*. 88. 3619-3632.
- Hill, T.M., Bateman, H.G., Quigley, J.D., Aldrich, J.M., Schlotterbeck, R.L. and Heinrichs, A.J. 2013. Review: New information on the protein requirements and diet formulation for dairy calves and heifers since the Dairy NRC 2001. *The Professional Animal Scientists*. 29. 199-207.
- Hoffman, P.C., Esser, N.M., Bauman, L.M., Denzine, S.L. and Engstrom, M. Chester-Jones, H. 2001. Short Communication: Effect of dietary protein on growth and nitrogen balance of Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. 84. 843-847.
- Huhtanen, P. and Hristov, A.N. 2009. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92. 3222-3232.
- Jeong, K.S. 2013. Effects of heifer ratio on efficiency of dairy management. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*. 40. 1006-1016.
- Kauffman, A.J. and St-Pierre, N.R. 2001. The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science*. 84. 2284-2294.
- Ki, K.S., Lee, H.J., Kim, S.B., Lee, W.S. Lim, D.H., Lim, H.J., Park, S.J., Cho, W.M., Kim, H.S., Jin, Z.L., Lee, I.D., Kim, W.Y. and Jeo, J.M. 2010. Effects of different energy and protein level of TMR on milk production of dairy goats in early lactation. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30. 267-274.
- Kohn, R.A., Dinneen, M.M. and Russek-Cohen, E. 2005. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats. *Journal of Animal Science*. 83. 879-889.
- Lee, B.H., Nejad, J.G., Kim, H.S. and Sung, K.I. 2013. Effect of forage feeding level on the milk production characteristics of holstein lactating cows. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 33. 45-51.
- Marston, T.T. and Lusby, K.S. 1995. Effects of energy or protein supplements and stage of production on intake and digestibility of hay by beef cows. *Journal of Animal Science*. 73. 651-656.
- Moon, J.S., Joo, Y.S., Jang, G.C., Yoon, Y.D., Lee, B.K., Park, Y.H. and Son, C.H. 2002. Interpretation of protein-energy balance of feeding by milk urea nitrogen and milk protein contents in lactation holstein cow. *Journal of Animal Science and Technology*. 44. 573-584.
- National Livestock Research Institute. 2002. Standard tables of feed composition in Korea. Rural Development Administration.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. 381.
- Park, S.B., Lim, D.H., Park, S.M., Kim, T.I., Choi, S.H., Kwon, E.G., Seo, J., Seo, S.W. and Ki, K.S. 2013. Effects of different energy and rumen undegradable protein levels on dairy cow's production performance at mid-lactation period. *CNU Journal of Agricultural Science*. 40. 333-338.
- Reynal, S.M. and Broderick, G.A. 2005. Effect of dietary level of rumen-degraded protein on production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 88. 4045-4064.
- Rural Development Administration. 2007. Korean feeding standard for dairy cattle. National Institute of Animal Science.
- SAS. 2003. Statistical Analysis System, Version 9.1 USA.
- Son, C.H. 2012. Nutrition and reproduction of dairy cow. *Journal of Veterinary Clinics*. 29. 92-94.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometric approach. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.

(Received April 29, 2016 / Revised May 13, 2016 / Accepted May 18, 2016)