

## 비교도체법에 의한 한우 거세우의 증체에너지 및 단백질 요구량

김경훈\* · 오영균\* · 이상철\*\* · 신기준\* · 정완태\* · 강수원\* · 홍성구\* · 주종철\*\*\* · 백봉현\*

농촌진흥청 축산연구소\*, 농림부\*\*, 천안연암대학\*\*\*

## Determination of Net Energy and Protein Requirements for Growth in Hanwoo Steers by Comparative Slaughter Experiment

K. H. Kim\*, Y. G. Oh\*, S. C. Lee\*\*, K. J. Shin\*, W. T. Chung\*, S. W. Kang\*, S. K. Hong\*,  
J. C. Ju\*\*\* and B. H. Baek\*

National Livestock Research Institute, RDA\*, Ministry of Agriculture and Forestry\*\*,  
Cheonan Yonam College\*\*\*

### ABSTRACT

Data from a comparative slaughter experiment with two hundreds of Korean native (Hanwoo) beef steers were utilized to determine net energy and protein requirements for growth (NEg and NPg). Eight randomly selected steers were used in the initial slaughter group of 6 month of age and the remaining steers allocated to treatments within two groups. The restricted groups were fed 1.2 to 1.5% concentrate per kg body weight (BW) in the growing period (6~12 month of age), 1.7 to 1.8% concentrate per kg BW in the early fattening period (13~18 month of age), and concentrate feed ad libitum in the late fattening period (19~30 month of age). Ad libitum groups were fed concentrate ad libitum through the whole period. Rice straw was offered ad libitum for 24 month of two feeding systems. The steers were slaughtered when animals reached every 2 month from 8 to 30 month of age. For all body composition determinations, whole empty body components were weighed, taken each proportional subsample was ground for chemical analysis. Equations developed with the pooled data to predicted NEg and NPg were similar to the equations of Japanese Feeding Standard for Beef Cattle (2000). First equations were developed to predicted NEg;  $NEg = 0.05332 \times LBW^{0.75} \times DG$  for restricted treatment and  $NEg = 0.04912 \times LBW^{0.75} \times DG$  for ad libitum treatment. Second equations were developed to predicted NPg;  $NPg = DG \times (224.7 - 0.251 \times LBW)$  for restricted treatment and  $NPg = DG \times (210.1 - 0.214 \times LBW)$  for ad libitum treatment.

(Key words : Comparative slaughter, Hanwoo steers, NEg, NPg)

### I. 서 론

90년대 초 이후부터 수행된 한우 고급육 생산을 위한 사양관리 체계 연구들(홍 등, 1996; 농림부 1998; 김 등, 2005)은 거세와 농후사료 제한급여 방식 그리고 장기비육을 기본으로 하고 있다. 한우 비육연구와 함께 영양소 요구량 연구도 일부 수행되었으나, 수소(이 등, 2003a,b)와 암소(탁 등, 1983; 강 등, 1992a,b; 정 등,

1992a,b)의 유지영양소 요구량 연구에 국한되었고, 한우 거세우의 유지에너지 및 단백질 요구량 연구는 최근의 김 등(2004, 2006)의 논문이 유일하다. 한우 거세우의 영양소 요구량을 알기 위해서는 유지영양소와 함께 증체를 위한 영양소 요구량을 알아야 하지만, 한우 거세우의 증체를 위한 정미에너지 및 단백질 요구량을 보고한 논문은 현재까지 없다.

일본에서는 우리나라 보다 앞서 고급육 생산

Corresponding author : K. H. Kim, National Livestock Research Institute, R. D. A. Suwon 441-350, Korea  
Tel : 031-290-1656, E-mail : kh665@rda.go.kr

을 위한 사료급여체계 연구(山崎, 1988)가 수행되었고, 현재는 고급육 생산을 위해 비육우 대부분을 거세하고 있기 때문에 일본 육우사양표준(農林水産技術會議事務局, 2000)에서는 비거세 수소비육을 위한 영양소 요구량은 삭제되었고, 거세우만 남아있다. 그러나 일본은 도체비교 자료가 없기 때문에 자국 내에서 수행된 사양시험 성적을 기초로 육용종 거세우의 증체를 위한 정미에너지 및 단백질 요구량을 제시하고 있다.

NRC(1984)에서는 1960~1980년에 California 대학에서 수행된 72개의 비교도체 연구(약 3,500두의 거세우) 자료를 분석하여 증체를 위한 정미에너지 회귀식을 제시하고 있고, 그 중 중형종 거세우의 호르몬 비투여 조건인  $NEg = 0.0567 \times W^{0.75} \times EBG^{1.097}$ 를 한국표준가축사료급여기준(농촌진흥청, 1992)에서 적용하였다. NRC 증보판(2000)에서는 공체중 자료를 이용한  $NEg = 0.0623 \times EBW^{0.75} \times EBG^{1.097}$ 을 제시하고 있고, 증체를 위한 정미단백질 요구량(Net protein requirements for growth; NPg)은 절식체중을 기초로 하는  $SBW \times (268 - (29.4 \times (RE/SWG)))$ 을 사용하고 있다.

우리나라에서는 1994~1997년에 “한우의 성장단계별 산육생리 및 육질변화에 관한 연구”(농림부, 1998)를 위해 비교도체법에 의한 거세한우의 공체중 중의 체축적에너지(Retained energy; RE), 체축적 단백질의 변화, 그리고 조직의 성장을 포함하는 산육생리 자료 등이 조사되었다. 한우 사양표준 제정위원회에서는 제정 작업의 하나로 한우 거세우의 증체를 위한 에너지 및 단백질 요구량을 구하기 위해 비교도체 자료를 분석하여 NEg 및 NPg 산출식을 구하였고, 한국사양표준(농림부, 2002)에서 한우 거세우의 산출식으로 채택하고 있다. 따라서 본 논문에서는 자료의 분석과정을 보고하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

축산연구소에서 1994~1997년까지 수행한 “한우의 성장단계별 산육생리 실험”(농림부, 1998)은 다음과 같이 수행되었다. 전국의 한우개량단지에서 구입한 생후 3~4개월령(체중 100kg

내외)의 한우 수송아지 200두를 거세한 후, 6개월령에 무작위로 선발된 8두를 도축하였으며, 나머지 192두를 농후사료 제한 급여구와 무제한 급여구 2개 처리구로 나누어 생후 6개월에서 30개월까지 2개월 간격으로 도축하기 위해 각 처리 12개구에 8두씩을 완전임의 배치하였다.

급여사료는 Calan system을 이용하여 개체관리를 하였고 조사료인 볏짚은 두 처리 모두 자유채식시켰다. 농후사료 제한 급여구는 6~12개월령에는 체중의 1.2~1.5%, 13~18개월령에는 체중의 1.7~1.8%로 제한 급여하였고, 19~30개월령에는 자유채식시켰다. 무제한 급여구는 6개월령부터 30개월령까지 전 사육기간 농후사료를 자유채식시켰다. 육성기, 비육전기 및 비육후기 농후사료는 두 처리 모두 조단백질이 각각 15.0, 12.0 및 11.5%, TDN은 각각 69, 71 및 73% 수준이 되도록 배합되었다(Yun 등, 2003). 수분, 조단백질, 조섬유, 조지방, 조회분은 AOAC (1990)법에 의해 분석하였으며 calorie는 Bomb calorimeter(Parr, 1563)를 사용하여 측정하였다.

도살월령에 도달한 공시축은 출하일 아침 사료급여전 9~10시에 체중을 측정한 후에 축산연구소 도축장으로 옮겨 24시간동안 자유롭게 물만 급여시키면서 절식시킨 후, 절식체중을 측정하였다. 그 후 바로 총살법으로 기절시킨 다음, 방혈 후에 두부 및 4지 절단, 박피, 내장 등을 적출하고 각 부위별로 무게를 측정한 후 분석시료를 일정비율 채취하였다. 분할 2분체의 좌 반도체를 4℃ 이하의 냉장실에 현수하여 24시간 방치, 도체의 심부온도가 5℃ 이하가 되도록 냉각한 후 좌 반도체를 부분육 10개 부위(안심, 등심, 채끝, 목심, 우둔, 설도, 앞다리, 양지, 사태 및 갈비)로 분할 골발하였다. 모든 조직 부위의 중량을 측정된 후, 일정비율의 시료를 채취하여 0~5℃ 상태로 실험실로 운반하여 잘 혼합하고 같은 후에 단백질(AOAC, 1990)을 분석하였고, calorie는 bomb calorimeter(Parr, 1563)로 측정하였다.

본 실험에서 얻어진 월령별 생체중 변화와 체축적에너지 변화를 보여주는 추정 회귀식은 SAS package (2000)를 이용하여 일변수 곡선회귀(One-variable curvilinear regression)를 이용하

여 통계값을 구하였고, 체축적단백질 추정 회귀식은 선형회귀(Linear regression)를 이용해서 통계값을 구하였다. 또한 제한급여와 무제한급여의 비교는 SAS package를 이용하여 t-검정으로 평균 간의 유의성을 검정 하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 증체를 위한 정미에너지 요구량(Net energy requirements for growth; NEg)

농후사료 제한 급여구와 무제한 급여구에서 각각 6개월령부터 30개월령까지 2개월 간격으로 도축된 개체별 생체중과 그 변화 양상은 Fig. 1과 같다. 12개월령부터 24개월령 까지의 무제한급여구 생체중 평균은 제한급여구 보다 유의성있게 높았으나(P<0.05) 12개월령 이전과

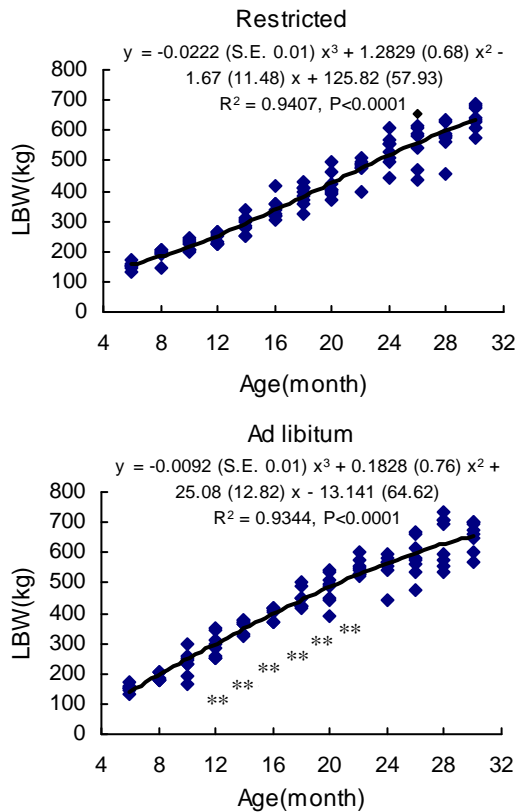


Fig. 1. Relationship between age and live body weight(kg) in Hanwoo steers with restricted and ad libitum concentrates intake. \*\* P<0.01 (Restricted vs Ad libitum).

24개월령 이후는 유의적인 차이는 없었다. 각 월령에서 도축 개체를 무작위로 선발하였기 때문에 월령별 도축 개체간 생체중의 변이 정도가 달랐고, 성장 단계에서 평균 체중이 감소하는 경우도 발생하였다. 그러나 1일 증체를 위한 정미에너지 요구량(Net energy for growth, NEg)을 생체중과 일당증체량을 변수로 하는 관계식(NEg = coefficient × LBW<sup>0.75</sup> × DG)으로 구하고자 하였기 때문에 각 성장단계별 체중의 증가량을 보여주는 성장곡선이 필요하였고 월령별 체중자료로부터 3차 회귀식을 유도하였다. Fig 2는 농후사료 제한 급여구와 무제한 급여구에서 각각 6개월령부터 30개월령까지 2개월 간격으로 도축된 개체별 체축적에너지(Retained

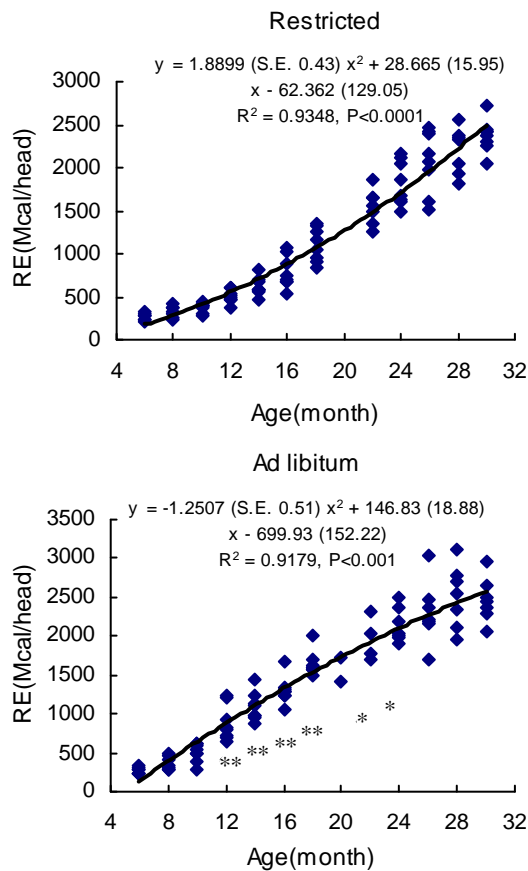


Fig. 2. Relationship between age (month) and body retained energy (Mcal/head) in Hanwoo steers with restricted and ad libitum concentrates intake. \* P<0.05, \*\* P<0.01 (Restricted vs Ad libitum).

energy, RE)를 보여주고 있다. 12개월령부터 24개월까지의 체축적에너지 평균값에서도 무제한 급여구가 제한급여구 보다 유의성있게 높았다 ( $P<0.05$ ). 본 자료에서도 도축 개체의 무작위 선 발로 성장과정에서 평균 체축적 에너지가 감소하는 월령이 있었기 때문에 20개월령의 체중 자료는 처리에 따라 전부 또는 일부 사용하지 않은 조건에서 체중 변화 자료 분석과 같은 이유로 2차 회귀식을 유도하였다.

체중과 체축적 에너지 변화량을 보여주는 회귀식들로부터 월령별 예측 생체중과 체축적 에너지, 그리고 그 변화량으로부터 일당 증체량과 일당 체축적 에너지량을 구하여(Table 1과 2) NEg를 구하기 위한 표준자료로 활용하였다. 농후사료 무제한 급여구의 일당 증체량 변화를 농후사료 제한 급여방식과 비교해 본 결과, 10~14개월령은 무제한급여구가 평균 0.25 kg 더 높았으나 점차 감소하였고, 18개월~24개월령에는 두 처리간의 일당증체량이 비슷하였으며, 24개월령 이후에는 0.1 kg 정도 낮아졌다. 농후사료 급여방식의 차이는 일당 체축적 에너지 변화에도 큰 영향을 미치고 있다. 농후사료 제한급여구는 체중이 증가하면서 일당 체축적 에

너지 증가량도 월별 12%씩 계속 증가하였지만, 농후사료 무제한 급여구에서는 체중 증가에 따라 일당 체축적 에너지 증가량은 월별 8%씩 계속해서 감소하였다.

이와 같이 농후사료 급여방식 차이가 한우 거세우의 체중 및 체축적 에너지 증가량에 아주 특징적인 영향을 미친 결과, 각 급여방식별로 일당 체축적 에너지와 대사체중 그리고 일당증체량의 관계를 보여주는 성장단계별 NEg 산출식의 계수(coefficient)에서도 특징적인 차이를 보여주고 있다(Table 1과 2). 두 급여방식 모두 성장 초기의 계수가 가장 높았으나 성장이 진행됨에 따라 점차 감소하여, NEg 산출계수가 가장 낮아지는 시기는 농후사료 제한 급여구의 경우 20개월령 무렵이었으나 무제한 급여구는 24개월령 가장 낮았다가 그 후 다시 증가하는 변화를 보여주고 있다. 그러나 초기에는 농후사료 무제한 급여구가 0.01 더 높았고, 그 후 점차 감소하여 16개월령 경에는 같은 NEg 산출계수 값을 보여주었다. 그러나 그 후로는 반대로 제한급여구 보다 낮아지면서 그 폭도 확대되어 30개월령에는 약 0.02의 차이를 보였다.

Table 1. Regression coefficients relating metabolic body weight and daily gain to retained energy for Hanwoo steers with restricted concentrates intake

Age (mon.)	Retained energy		LBW(kg) <sup>1)</sup>	BW <sup>0.75</sup>	Daily gain (kg/d)	coefficient
	Mcal/head <sup>2)</sup>	Mcal/day				
6	177.66		157.19	44.39		
8	287.91	1.778	183.20	49.80	0.426	0.08375
10	413.28	2.022	215.21	56.19	0.525	0.06858
12	553.76	2.266	252.16	63.28	0.606	0.05912
14	709.37	2.510	292.97	70.81	0.669	0.05297
16	880.09	2.754	336.59	78.58	0.715	0.04900
18	1,065.94	2.997	381.95	86.40	0.744	0.04666
20	1,266.90	3.241	427.98	94.10	0.755	0.04565
22	1,482.98	3.485	473.62	101.52	0.748	0.04588
24	1,714.18	3.729	517.80	108.55	0.724	0.04743
26	1,960.50	3.973	559.45	115.03	0.683	0.05058
28	2,221.94	4.217	597.52	120.85	0.624	0.05591
30	2,498.50	4.461	630.93	125.89	0.548	0.06469

<sup>1)</sup> Calculated from a equation for restricted treatment of Fig 1.

<sup>2)</sup> Calculated from a equation for restricted treatment of Fig 2.

Table 2. Regression coefficients relating metabolic body weight and daily gain to retained energy for Hanwoo steers with ad libitum concentrates intake

Age (mon.)	Retained energy		LBW(kg) <sup>1)</sup>	BW <sup>0.75</sup>	Daily gain (kg/d)	Coefficient
	Mcal/head <sup>2)</sup>	Mcal/day				
6	136.02		141.93	41.12		
8	394.67	4.172	194.49	52.08	0.862	0.09297
10	643.30	4.010	246.74	62.26	0.857	0.07520
12	881.93	3.849	298.24	71.77	0.844	0.06352
14	1,110.55	3.687	348.56	80.67	0.825	0.05541
16	1,329.17	3.526	397.25	88.98	0.798	0.04965
18	1,537.78	3.365	443.87	96.70	0.764	0.04553
20	1,736.39	3.203	487.98	103.82	0.723	0.04267
22	1,924.99	3.042	529.13	110.32	0.675	0.04087
24	2,103.59	2.886	566.89	116.18	0.619	0.04006
26	2,272.18	2.719	600.81	121.35	0.556	0.04029
28	2,430.76	2.558	630.46	125.82	0.486	0.04183
30	2,579.34	2.396	655.38	129.53	0.409	0.04528

<sup>1)</sup> Calculated from a equation for ad libitum treatment of Fig 1.

<sup>2)</sup> Calculated from a equation for ad libitum treatment of Fig 2.

본 실험에서 농후사료 제한 급여구가 보여준 체중과 일당증체량 변화는 김 등(2005)이 2002년부터 2004년까지 90두의 한우 거세우를 공시하여 8개월령부터 30개월령까지 농후사료를 제한급여한 고급육생산 실험에서 얻은 결과와 비교하면 절대치에서는 차이가 있었으나 변화 양상은 유사하였다. 이 논문에 의하면 8개월령의 평균체중이 211 kg, 12개월령 302 kg, 16개월령 407 kg, 20개월령 506 kg, 24개월령 608 kg, 28개월령 712 kg 이었고, 본 실험에서의 농후사료 제한 급여구의 예측 체중(Table 3)을 김 등(2005)의 결과와 비교해 보면, 8개월령은 약 13%, 12개월과 16개월령은 약 17% 그리고 20개월령 이후에는 약 15% 적었다. 본 실험에서 제한 급여구의 일당 증체량 역시 김 등(2005)의 결과보다 평균 100~200 g 정도 적었지만 일당 증체량이 가장 높은 시기가 18~22개월령 이었던 결과는 같았고, 그 후 감소하는 전체적인 증체량의 변화 양상에서도 같은 결과를 보였다. 이러한 결과는 한우의 성장과 관련한 유전적 능력이 향상되었지만, 고급육 생산을 위한 농후사료 제한급여 프로그램에 기초한 사료급여 방식에 대해서는 같은 증체형태를 보인다는

것을 시사하고 있다.

농후사료 무제한 급여구의 일당증체량이 제한 급여구와 비교해서 18개월령까지 더 높고, 24개월령이 지나면서 더 낮아지는 것은 농후사료 급여방식 차이에 따른 사료섭취량의 변화(농림부, 1998)와 그에 따른 에너지 섭취량의 차이가 가장 주요한 원인이다. 즉, 18개월령까지는 무제한 급여구의 배합사료 섭취량이 상대적으로 높았기 때문에 에너지 섭취량이 증가하였고, 따라서 제한 급여구 보다 일당증체량은 물론 일당증체에 함유된 에너지함량(Mcal/kg)(Fig. 3)에서도 무제한 급여구가 높았다. 체중과 일당증체중의 체조성과의 관계는 섭취영양 수준에 의해 변화한다(Rompala 등, 1985). 특히 무제한 급여는 제한급여에 비하여 일당 증체와 체축적 에너지 그리고 일당증체 중의 지방 비율을 높인다(Tedeschi 등, 2002). 일당 증체량에 함유된 에너지 함량이 높다는 것은 농후사료 무제한 급여구가 제한 급여구과 비교하여 일당 증체를 구성하는 지방과 단백질의 비율에서 지방의 비율이 상대적으로 더 높다는 것을 의미한다. 이 시기의 농후사료 무제한 급여구의 NEg 산출 계수가 0.01 더 높았던 것도 같은 논리에

서 설명될 수 있다. 그러나 22개월 경 이후부터 성장이 진행되면서 농후사료 무제한 급여구의 일당증체에 함유된 에너지함량(Mcal/kg)은 제한 급여구 보다 약 0.5~2.3 Mcal/kg 더 낮아졌고, NEg 산출계수도 또한 0.02 더 낮았다. 즉, 농후사료 무제한 급여구는 22개월 이후부터 농후사료 섭취량(농림부, 1998)이 감소하여 일당 증체량도 제한 급여구 보다 낮았고, 일당 증체량을 구성하는 지방의 비율 또한 상대적으로 감소한 것으로 사료된다. 신 등(2002)은 90년 초에 수행된 거세한우의 사료섭취량과 일당 증체량 결과를 분석한 결과, 농후사료를 전 사육기간 무제한 급여한 거세 한우는 생체중 400~500 kg 이후에 일당증체량과 사료섭취량에서 제한급여 방식보다 낮아졌다고 하였고, 본 연구의 20~22개월령 이후의 체중과 일당증체량 변화도 같은 결과였다.

이상과 같이 농후사료 급여방식의 차이에 따른 일당증체와 일당증체중의 체에너지 함량의 변화 차이는 농후사료를 제한 급여하는 고 급육생산 프로그램의 이론적 근거가 되고 있다. 12개월령 이전에는 농후사료를 체중의 약 1.5% 정도, 그 후 18개월령까지는 체중의 약 1.7~1.8%로 제한함으로써 일당 증체량 중의 지방량 보다는 단백질, 즉 근육의 발달(Fig. 3)을 돕는 것은 물론 조사료 섭취량을 최대한 높임으로서 반추위를 포함한 장기발달(Yun 등, 2003)을 촉진할 수 있다. 18개월령 이후에 농후사료 제한을 풀고 무제한 급여하게 되면 약 22개월령 이후에는 일당증체량이 농후사료 전 사육기간 무제한 급여한 구보다 높아지기 시작하고, 이때부터 일당증체에 함유된 에너지 함량(Fig 3)도 동반 상승하는 것으로 보아 지방축적량이 상대적으로 더 많아지면서 근내지방량도 증가하게 되었을 것이다. 일본 화우에 있어서 농후사료 급여방식 차이에 따른 근내지방도 발달을 보고한 Zembayashi(1994)의 논문에 의하면 농후사료 제한급여 방식이 도체중당 근내지방 함량이 높고, 더 오랜 기간 지방이 축적된다고 하였다. 거세한우 90두를 공시한 김 등(2005)의 논문에서도 16개월령까지 농후사료를 제한 급여한 결과, 93%의 1등급 이상 출현율을 보고하였다.

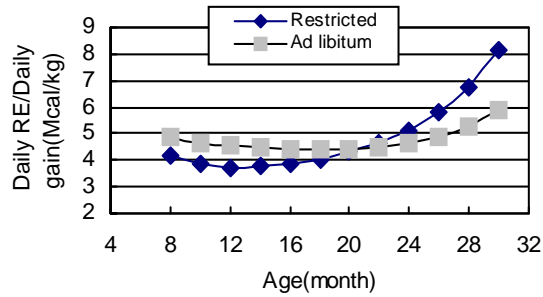


Fig 3. Relationship of stage of growth and daily retained energy per daily gain in Hanwoo steers with restricted and ad libitum concentrates intake.

본 연구결과에서 1일 RE(Table 1과 2)는 1일 요구되는 NEg에 해당한다. 각 성장단계별로 NEg와 대사체중 그리고 일당증체량의 관계식을 표현하는 NEg 산출계수의 평균을 구하여 나타낸 NEg 산출식은 다음과 같다.

식 1) 제한 급여구:  $NEg = 0.05585 \times LBW^{0.75} \times DG$

식 2) 무제한 급여구:  $NEg = 0.05277 \times LBW^{0.75} \times DG$

일본 육우사양표준(農林水産技術會議事務局, 2000)은 육용우의 에너지 요구량을 구하기 위한 공체중의 단백질과 지방의 비율을 구한 일본 자료가 없기 때문에 일본에서 수행된 사양 시험과 호흡대사 시험성적을 이용하여 육용종 거세우를 위한  $NEg = 0.0546 \times W^{0.75} \times DG$ 를 이용하고 있다. 식 1)의 계수와 비교하면 같은 체중에서 일당증체량이 동일할 경우 한우 거세우가 약 0.13% 더 많은 에너지를 요구한다는 것을 의미한다. 그러나 본 실험의 공시축이 입식 후 8개월령까지 이동 스트레스 및 환경적응기간의 여러 문제 등이 있었기 때문에 8개월령 이후의 계수값만을 평균하여 나타낸 NEg 산출식은 다음과 같다. 같은 체중에서 일당증체가 동일할 경우 제한 급여구가 무제한 급여구보다 평균 약 0.4% 더 많은 에너지를 요구하는 것으로 나타났다.

식 3) 제한 급여구:  $NEg = 0.05332 \times LBW^{0.75} \times DG$

식 4) 무제한 급여구:  $NEg = 0.04912 \times LBW^{0.75} \times DG$

일본 화우와 우리 한우의 지방축적 능력을 직접 비교한 실험은 없지만 환경 요인을 배제하고 RE 만을 기초로 판단한다면 한우 거세우

Table 3. Change in the daily retained protein in the daily gain for Hanwoo steers with restricted concentrates intake

Age(mon.)	Retained Protein(RP)		LBW (kg) <sup>1)</sup>	DG (kg/d)	RP/DG
	kg/head <sup>2)</sup>	g/d			
6	31.54		157.19		
8	36.15	75.68	183.20	0.426	177.48
10	41.60	89.29	215.21	0.525	170.15
12	47.56	97.78	252.16	0.606	161.44
14	53.75	101.45	292.97	0.669	151.61
16	59.90	100.79	336.59	0.715	140.95
18	65.78	96.45	381.95	0.744	129.71
20	71.22	89.17	427.98	0.755	118.16
22	76.09	79.74	473.62	0.748	106.58
24	80.29	68.97	517.80	0.724	95.24
26	83.81	57.63	559.45	0.683	84.39
28	86.64	46.38	597.52	0.624	74.32
30	88.82	35.76	630.93	0.548	65.29

<sup>1)</sup> Calculated from a equation for restricted treatment of Fig 1.

<sup>2)</sup> Calculated from a equation for restricted treatment of Fig 4.

의 NEg 산출식의 계수는 일본 육용우 거세우 계수보다 작게 결정하는 것이 합리적이라고 판단하였고, 따라서 한국사양표준(농림부, 2002)은 거세한우의 증체를 위한 에너지 요구량 산출식으로 3)의 식을 채택하였다. 즉, 한우 거세우는 같은 체중에서 같은 일당증체량을 목표로 하는 경우 일본 육용 거세우보다 약 0.13% 더 적은 NEg가 산출된다. 한우 거세우의 유지 요구량을 일본 육용종과 비교하면 체중이 증가함에 따라 한우 거세우의 유지에 필요한 에너지 요구량 증가가 일본 육용종 보다 크게 증가하기 때문에(김 등, 2004), 1일 총에너지 요구량은 성장 초기에는 한우 거세우가 높지만 성장이 진행되면서는 한우 거세우가 낮아지는 것으로 계산된다.

**2. 증체를 위한 정미단백질 요구량(Net protein requirements for growth; NPg)**

Fig. 4는 농후사료 제한 급여구와 무제한 급여구에서 각각 6개월령부터 30개월령까지 2개월 간격으로 도축된 모든 개체의 생체중과 체단백 함유율(%)과의 관계를 보여주고 있다. 제한 급여구 보다 무제한 급여구의 분산 정도가

더 컸지만, 체중이 증가하면서 체단백 함유율은 두 처리 모두 감소하였다. 두 처리를 비교하면 100 kg~700 kg 범위의 모든 체중에서 제한 급여구의 체단백 함유율이 더 높았고, 체중이 증가하면서 감소하는 폭은 약 0.2% 더 컸다.

한우 거세우의 NEg 산출에서는 체중 및 체축적 에너지 함량 변화에 대한 도축일령을 변수로 하는 회귀식(Fig. 1, Fig. 2)을 유도한 후,

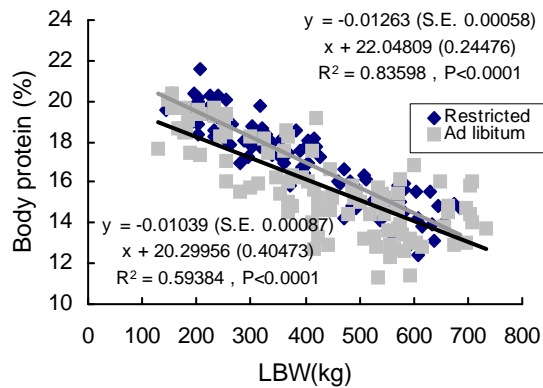


Fig. 4. Relationship between live body weight (kg) and body retained protein (%) in Hanwoo steers with restricted and ad libitum concentrates intake.

Table 4. Change in the daily retained protein in the daily gain for Hanwoo steers with ad libitum concentrates intake

Age(mon.)	Retained Protein(RP)		LBW (kg) <sup>1)</sup>	DG (kg/d)	RP/DG
	kg/head <sup>2)</sup>	g/d			
6	26.72		141.93		
8	35.55	144.79	194.49	0.862	168.06
10	43.76	134.63	246.74	0.857	157.17
12	51.30	123.61	298.24	0.844	146.40
14	58.14	112.04	348.56	0.825	135.82
16	64.25	100.21	397.25	0.798	125.54
18	69.64	88.38	443.87	0.764	115.64
20	74.33	76.81	487.98	0.723	106.22
22	78.34	65.69	529.13	0.675	97.37
24	81.70	55.20	566.89	0.619	89.17
26	84.48	45.45	600.81	0.556	81.73
28	86.70	36.51	630.46	0.486	75.13
30	88.43	28.38	655.38	0.409	69.46

<sup>1)</sup> Calculated from a equation for ad libitum treatment of Fig 1.

<sup>2)</sup> Calculated from a equation for ad libitum treatment of Fig 4.

이들 회귀식을 이용하여 월령별 체중과 체축적 에너지 함량을 구하여 NEg 산출을 위한 표준자료로 이용하였다. 그러나 체단백질 함유율 변화는 도축월령 보다는 체중을 변수로 하여 분석하는 차이점을 보이고 있고, 그 이유는 NEg 산출식을 유도하기 위해 사용되었던, 회귀 식으로부터 구한 표준 체중을 NPg 산출에서도 동일 적용하기 위해서였다. 따라서 Table 3과 Table 4의 각 처리별 월령별 체중과 일당증체량은 NEg 산출에서 이용된 표준자료와 동일하다. 그리고 Fig. 4에서 도출된 1차 회귀식에 체중 표준자료를 대입하여 두당 체축적 단백질량(kg/두)을 구하였고, 체축적 단백질로부터 일당 체축적 단백질(kg/일)을 구하였다(Table 3과 4).

일당증체량(kg/d)에 대한 일당 체축적 단백질량(g/d)의 비율(RP/DG)을 구하여(Table 3과 Table 4) 생체중을 변수로 하는 관계식(Fig. 5)을 도출한 후, 체축적 단백질(Retained protein, RP)과 같은 NPg를 구하는 식으로 전환한 식 5)를 한국사양표준(2002)에서 채택하고 있다. 식 5)와 식 6)을 비교하면, 농후사료 제한 급여구는 초기에는 NPg 요구량이 높지만 체중이 증가하거나, 일당증체량이 높아지면서 NPg 요구량 감소

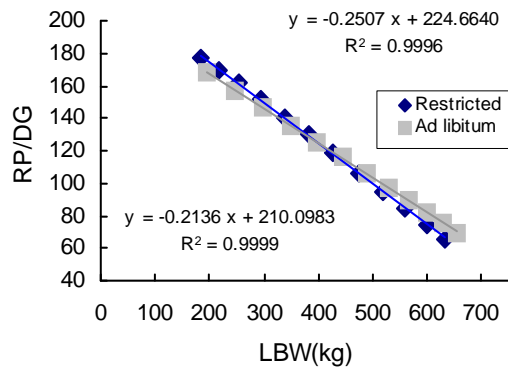


Fig. 5. Relationship between live body weight (kg) and daily retained protein in the daily gain (g/kg) in Hanwoo steers with restricted and ad libitum concentrates intake.

폭이 큰 것으로 나타났다.

식 5) 제한 급여구:  $RP = DG \times (224.7 - 0.251 \times LBW)$

식 6) 무제한 급여구:  $RP = DG \times (210.1 - 0.214 \times LBW)$

Fig 5에서 1 kg 증체를 구성하는 단백질량, 즉 단백질 비율은 체중 약 400 kg 시기인 약 18~20개월령 까지는 무제한 급여구가 제한 급여구보다 낮았던 것은 반대로 지방의 비율이



높았던 것을 말해주고 있다. 그러나 20개월 경 이후부터는 농후사료 무제한 급여구의 일당증체에 함유된 에너지 함량(Mcal/kg)이 제한 급여구 보다 낮았는데(Fig. 3), 이는 일당 증체량을 구성하는 지방의 비율 또한 상대적으로 감소했다는 것을 시사하며, Fig. 5에서 1 kg 증체를 구성하는 단백질 비율은 약 18~20개월령 이후부터 무제한 급여구가 제한 급여구 보다 높았던 것도 이를 뒷받침하고 있다.

NRC(2000)에서는 중형종 200 kg의 거세우가 1일 0.8 kg 성장할 경우 1 kg 증체중 단백질 함량 18.7% 이지만 500 kg의 거세우가 1일 0.8 kg 성장할 경우는 1 kg 증체 중 단백질 함량 12.7%로 감소한다고 하였고, 일당 증체량이 증가할수록 단백질 비율은 감소하는 것을 보여주고 있다. 반대로 지방은 200 kg의 거세우가 1일 0.8 kg 성장 할 경우 13.6% 이지만 500 kg에서는 41.4%로 높아지며, 일당 증체량이 증가할수록 지방 비율은 높아지는 것으로 보고하고 있다. 본 논문에서는 체중 150 kg 범위에서는 1 kg 증체 중 단백질은 약 18% 이었으나 직선적으로 감소하여 650 kg 범위에서는 1 kg 증체 중 단백질은 약 7%로 나타났다(Table 4와 5).

일본 육우사양표준(農林水産技術會議事務局, 2000)은 육용종 거세우를 위한  $NPg = DG \times (235 - 0.234 \times W)$ 를 이용하고 있다. 본 논문의 식 5)와 비교하면, 절편은 한우 거세우가 일본 육용종 거세우 보다 약 10 g 낮고 체중이 증감함에 따라 단백질이 감소하는 비율은 약 2% 높기 때문에 모든 체중에서 한우 거세우의 NPg 요구량이 낮게 산출될 것이다. 그러나 한우 거세우의 유지를 위한 정미단백질 요구량은 일본의 육용종 거세우 보다 평균 20% 이상은 높게 제시되어 있다(김 등, 2006). 유지와 증체 합한 1일 단백질 요구량을 산출 비교해 보면, 체중 250 kg의 거세 한우가 1일 0.8 kg 증체를 목표로 하는 경우 단백질 요구량은 일본 육용종 보다 약 100 g이 낮은 것으로 나타났고, 체중이 증가하면서 그 폭은 감소하지만 낮은 수준은 변화가 없다.

본 연구 결과인 NEg와 NPg 산출식은 1994~1997년에 수행된 한우 거세우의 자료를 분석하였고, 동일한 사료급여관리 조건에서 월령을

기준으로 하면 현재의 한우와 증체 속도 그리고 증체량 그리고 단백질과 지방의 양적인 면에서 큰 차이가 있는 것이 분명하다. 그러나 성장단계에서 단위 증체량 중에 함유된 에너지 함량, 즉 지방과 단백질 비율의 변화는 차이가 적을 것으로 판단되기 때문에 생체중과 일당증체량을 변수로 NEg와 NPg를 산출하는 본 연구 결과는 현재의 거세 한우에 적용 가능하다고 할 수 있다.

#### IV. 요약

200 두의 한우 거세우를 이용한 비교도체 시험에서 얻어진 자료로부터 유지를 위한 정미에너지 요구량(Net energy requirements for growth, NEg) 및 단백질 요구량(Net protein requirements for growth, NPg) 산출식을 도출하기 위해 본 실험을 수행하였다. 공시축은 6개월령에서 8두를 무작위 선발하여 도축하였고, 나머지 192두는 2개 처리에 임의 배치하였다. 농후사료 제한 급여구는 6~12개월령에 체중의 1.2~1.5%, 13~18개월령에는 체중의 1.7~1.8%로 제한 급여하였고, 19~30개월령에는 자유채식시켰다. 무제한 급여구는 6개월령부터 30개월령까지 전 사육기간 농후사료를 자유채식시켰다. 두 처리 모두 조사료는 볏짚을 자유채식시켰다. 8개월령부터 각 처리 8두씩 무작위 선발하여 2개월 간격으로 30개월령까지 도축하였다. 모든 조직 부위의 중량을 측정하고, 일정비율의 시료를 채취하여 0~5°C 상태로 실험실로 운반하여 단백질 및 지방 그리고 bomb calorimeter로 calorie를 측정하였다. NEg와 NPg 요구량 산출 회귀식은 일본 육우사양표준(農林水産技術會議事務局, 2000)의 회귀식과 같은 변수로 구성되었고, NEg 산출식은 농후사료 제한 급여구에서  $NEg = 0.05332 \times LBW^{0.75} \times DG$  그리고 무제한 급여구에서  $NEg = 0.04912 \times LBW^{0.75} \times DG$ 로 결정되었다. NPg 요구량은 농후사료 제한 급여구는  $NPg = DG \times (224.7 - 0.251 \times LBW)$ , 무제한 급여구는  $NPg = DG \times (210.1 - 0.214 \times LBW)$ 로 결정되었다.

## V. 인 용 문 헌

1. A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
2. National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle, Sixth Revised Edition. Washington, D.C.: National Academy Press.
3. National Research Council. 2000. Nutrient requirements of domestic animals: Nutrient requirements of beef cattle. update. NAS-NRC, Washington, D.C.
4. Rompala, R. E., Jones, S. D. M., Buchanan-Smith, J. G. and Bayley, H. S. 1985. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. J. Anim. Sci. 61:637-646.
5. SAS. Institute Inc. 2000. SAS/STAT Use's Guide (Release 8.1 ed). Statistics, SAS Inst, Cary, NC.
6. Tedeschi, L. O., Boin, C., Fox, D. G., Leme, P. R., Alleoni, G. F. and Lanna, D. P. D. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high forage diets. J. Anim. Sci. 80:1671-1682.
7. Yun, S. G., Cho, W. M., Lee, S. C. and Kim, C. H. 2003. Effects of feeding method of compound feed on the development of the digestive organs and other internal organs of Hanwoo steers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16:1315-1319.
8. Zembayashi, M. 1994. Effects of nutritional planes and breeds on intramuscular lipid deposition in *M. longissimus dorsi* of steers. Meat Science 38:367-374.
9. 山崎敏雄. 1988. 黒毛 和種 去勢牛の 體組織の 發育に關する研究. 日本草地試驗場.
10. 農林水産技術會議事務局 : 日本飼養標準, 肉用牛. (2000), 中央畜産會. 東京.
11. 강수원, 정연후, 손용석, 이규호. 1992a. 사양시험에 의한 한우 경산우의 영양소 요구량 결정에 관한 연구. I. 비유시 에너지 및 단백질 요구량 결정에 관한 연구. 한영사지. 16:115-124.
12. 강수원, 정연후, 손용석, 이규호. 1992b. 사양시험에 의한 한우 경산우의 영양소 요구량 결정에 관한 연구. II. 임신시 에너지 및 단백질 요구량 결정에 관한 연구. 한영사지. 16:125-135.
13. 김경훈, 오영균, 김원, 이상철, 신기준, 전병태. 2004. 거세한우의 유지에너지 요구량 결정. 한국동물자원과학회지. 46:193-200.
14. 김경훈, 이주환, 오영균, 강수원, 이상철, 박응렬, 고영두. 2005. 거세한우에 있어서 배합사료의 적정 TDN 수준과 도축 월령. 한국동물자원과학회지. 47:731-744.
15. 김경훈, 오영균, 이상철, 신기준, 강수원, 문여황, 송만강. 2006. 단백질 균형시험에 의한 한우 거세우의 유지 조단백질 요구량. 한국동물자원과학회지. 48:533-540.
16. 농림부. 2002. 한국사양표준(한우).
17. 농림부, 축산기술연구소. 1998. 한우 고급육 생산 기술개발 보고서.
18. 농촌진흥청. 1992. 한국표준가축사료급여기준(한우).
19. 신기준, 오영균, 이성실, 김경훈, 김창현, 백봉현. 2002. 한우 육성 및 비육기간 중 배합사료 급여 수준에 따른 사료섭취량 조사. 한국동물자원과학회지. 44: 95-104.
20. 이상철, 탁태영, 김경훈, 윤상기. 2003a. 절식대사 시험에 의한 한우 수소의 유지에너지 요구량 결정에 관한 연구. 한국동물자원과학회지. 45:113-122.
21. 이상철, 탁태영, 김경훈, 윤상기. 2003b. 에너지균형법에 의한 한우 수소의 유지 대사에너지 요구량. 한국동물자원과학회지. 45:123-130.
22. 정연후, 이상철, 강수원, 정정수, 정천용. 1992a. 한우 육성빈우의 에너지와 단백질 요구량 추정. I. 대사시험에 의한 한우 육성빈우의 에너지와 단백질 요구량 결정. 한축지. 34: 293-300.
23. 정연후, 이상철, 강수원, 정정수, 정천용. 1992b. 한우 육성빈우의 에너지와 단백질요구량 추정. II. 사양시험에 의한 한우 육성빈우의 에너지와 단백질 요구량 결정. 한축지. 34: 343-350.
24. 탁태영, 강태홍, 김강식. 1983. 대사시험에 의한 한우 성빈우 유지시 양분요구량에 관한 연구. 한축지 25(2):117-137.
25. 홍성구, 백봉현, 강희설, 조원모. 1996. 거세한우에 대한 제한급여 수준과 출하체중이 비육능력 및 육질에 미치는 효과. 한축지 38:215-230.

(접수일자 : 2006. 7. 7. / 채택일자 : 2006. 10. 17.)