Journal of Animal Science and Technology 53(2) 155~160, 2011
DOI:10.5187/JAST.2011.53.2.155

육성기 거세한우의 유지에너지 요구량 결정에 관한 연구

설용주[1] · 김경훈[1] · 백열창[1] · 이상철[1] · 옥지운[1] · 이강연[1] · 홍성구[1] · 장선식[1] · 최창원[2] · 송만강[3] · 이성실[4] · 오영균[1]

[1]농촌진흥청 국립축산과학원, [2]대구대학교 동물자원학과, [3]충북대학교 축산학과, [4]경상대학교 동물생명과학과

Determination of Maintenance Energy Requirements for Growing Hanwoo Steers

Yong Joo Seol[1], Kyoung Hoon Kim[1], Youl Chang Baek[1], Sang Cheol Lee[1], Ji Un Ok[1], Kang Yeon Lee[1], Seong Koo Hong[1], Sun Sik Jang[1], Chang Weon Choi[2], Man Kang Song[3], Sung Sil Lee[4] and Young Kyoon Oh[1]

[1]National Institute of Animal Science, R. D. A., Korea, [2]Dept. of Animal Resources, Daegu University, Korea, [3]Dept. of Animal Science, Chungbuk National University, Korea, [4]Dept. of Animal Science, Gyungsang National University, Korea

ABSTRACT

Present experiment was carried out to determine maintenance energy requirements for growing Hanwoo steers. Six Hanwoo steers (BW = 180.6 ± 3.1 kg) were used in two 3 × 3 latin square design with three different energy intake levels; TDN 1.70 kg (Low), 2.05 kg (Medium), 2.80 kg (High), respectively, based on the Korean Feeding Standards. Each period lasted 18 days including a 14-day adaptation and a 4-day measuring period. The steers were in the head hood chamber system (one cattle per chamber) during each measuring time to measure heat and methane production for 1 day. Dry matter intake was 2,058, 3,256 and 3,881 g/day for Low, Medium and High TDN, respectively. Increase in energy intake did not affect digestibilities of dry matter, crude protein, crude fiber, crude fat, NDF, ADF and nitrogen-free extract. Gross energy intake averaged 180.21, 292.74 and 337.15 kcal/$BW^{0.75}$ for Low, Medium and High TDN, respectively. Energy loss was 28.7% in feces and 2.1% in urine of gross energy intake. Further, energy loss from methane produced during rumen fermentation was 6~8.3%, while body heat loss averaged 34~60%. Intercept of regression equation between ME intake and retained energy indicated that the energy requirement was 109.84 kcal ME/$BW^{0.75}$.

(**Key words :** Maintenance energy, Energy balance, Energy requirement, Hanwoo)

서 론

가축이 섭취한 영양소는 기본적인 생명현상 유지와 생산 활동에 쓰여진다. 가축이 증체나 비유 등의 생산 활동 없이 생명현상만을 유지하기 위해서 호흡, 근육운동, 혈액순환, 체온조절 등 반드시 필요로 하는 영양소의 양을 유지 요구량이라고 한다. 이렇게 가축이 섭취한 사료를 이용하는 과정에서 섭취한 에너지의 50~70%가 유지를 위해 쓰이기 때문에 (Derno 등, 2005) 생산을 위한 에너지 공급량을 정확하게 구하기 위해서는 우선 유지요구량을 결정하여야 한다.

유지에너지 요구량을 결정하는 시험법에는 일정 체중을 유지 장기간 사양 시험법 (Taylor 등, 1981), 에너지 균형법 (Lee 등, 2003)과 비교 도체법 (Lofgreen과 Garrett, 1968)이 있다. 한우의 유지에너지 요구량 결정 시험은 대부분 에너지 균형 시험법을 이용하여 성빈우 (Thak 등, 1983), 육성빈 (Chung 등, 1992), 수소 (Lee 등, 2003)와 비육기 거세우 (Kim 등, 2004)를 공시하여 이루어졌다. 그러나 아직 체성장이 왕성한 육성기 거세우에 대한 에너지 유지 요구량에 대해서는 연구된 바가 없어 National Institute of Animal Science, RDA (2007)의 Korean Feeding Standard (Hanwoo)에서도 비육기 거세우의 자료를 이용하여 육성기 거세우의 유지에너지 요구량을 산출하고 있는 상황이다.

따라서 본 연구에서는 육성기 한우 거세우를 공시하여 1일 필요로 하는 유지를 위한 에너지요구량을 구하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 생후 6개월 령의 육성기 거세한우 6두(180.6 ± 3.1 kg)를 공시하여 농촌진흥청 국립축산과학원 가축 대사 실험동에서 수행하였다.

공시 사료는 옥수수 위주의 농후사료 60%와 티모시 건초 40%

* Corresponding author : Young Kyoon Oh, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea. Tel: 031-290-1665, Fax: 031-290-1660, E-mail: oh665@korea.kr

비율로 급여하였고 TDN 함량은 71.4%, CP는 14.6%이었다. 시험은 National Institute of Animal Science, RDA(2007)의 Korean Feeding Standard(Hanwoo)에 따라 일당 증체량 0 kg, 0.4 kg, 0.7 kg/일에 필요한 각각의 TDN량 1.70 kg (Low), 2.05 kg (Medium), 2.80 kg (High)의 공시사료를 섭취할 수 있도록 하는 duplicated 3×3 Latin square design으로 수행하였다. 시험기간은 사료 적응기간 2주, 분뇨 채취 및 호흡가스 측정 4일로 하여 한 period당 18일이 소요되었다. 단 가스 측정은 4일 중 격일로 총 이틀간 측정하였다. 사료는 오전 9시와 5시에 2회로 균등분할 급여하였고, 물과 칼슘, 인 공급용 린칼 블록은 자유 섭취케 하였다. 사육기에 따른 배합사료의 원료사료 배합 비율과 배합사료, 티모시의 화학 조성분은 Table 1과 2에 나타내었다.

분·뇨는 본 실험 기간 중 전량 채취하였다. 뇨 시료 채취 시 4N의 황산 300 ㎖를 매일 아침 뇨 채집용기에 넣어 암모니아태 질소의 휘발을 방지하였고, 분은 1일 총 배설량을 정량한 후 혼합기에서 15~20분간 교반하여 10%를 채취, −15℃ 냉동실에 보관한 후 60℃에서 48시간동안 건조시켜 분석하였다. 뇨는 배설량의 10%를 채취하여 냉동실에 보관 후 분석을 실시하였고, 사료 및 분·뇨의 일반성분은 AOAC (1990)법에 의하여 분석하였다.

메탄가스 측정은 후드식 호흡 챔버 환경에서 충분한 적응기간을 거친 후 후드식 호흡 챔버를 이용하여 메탄 배출로 인한 에너지 손실량을 산출하였다. 후드식 호흡 챔버 시스템은 국립 축산과학원

Table 1. Ingredient composition of experimental diets

Items	Diet
Ingredient	DM, %
Timothy	39.56
Corn	31.55
Corn gluten feed	12.26
Rapeseed meal	14.57
Limestone	1.57
Salt	0.23
Vitamin and mineral [1]	0.26
Total	100
Nutrients	
TDN (%)[2]	71.42
CP (%)[3]	14.63
ME (kcal/kg)[4]	2,213

[1] Vitamin and mineral provided following nutrients per kg of diet: vitamin A: 2,650,000 IU; vitamin D3: 530,000 IU; vitamin E: 1,050 IU; B.H.T: 10,000 mg; Fe: 13,200 mg; Mn: 4,400 mg; Zn: 4,400 mg.
[2] Total digestible nutrient.
[3] Crude protein.
[4] Calculated ME values.

Table 2. Chemical composition of experimental feed

Chemical composition	Concentrates	Timothy
Dry matter, % DM	87.30	92.09
Crude protein, % DM	18.23	9.44
Crude Ash, % DM	8.51	6.39
NDF[1], % DM	26.24	67.59
ADF[2], % DM	7.58	40.84
Gross energy (Mcal/kg)	2.22	1.50

[1] Neutral detergent fiber
[2] Acid detergent fiber.

가축 대사실험동내 후드식 호흡 챔버의 Oxymax Sample Max (Columbus instruments, Ohio, UAS) 6채널을 이용하여 각 챔버의 호흡가스를 System Sample Pump (Columbus instruments, Ohio, UAS)를 통해 Horiba 메탄 분석기 (Horiba Ltd, Kyoto, Japan)로 각각의 챔버 당 시간당 2회씩 측정하여 1일 호흡가스 측정 1일 휴식의 사이클로 반복 측정하였다.

본 시험에서 사료섭취 수준별로 급여하여 얻어진 결과의 통계분석은 SAS package (2002)에 포함된 일반선형모형 (GLM procedure)를 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 처리 평균간 비교를 위해 Duncan (1955)의 다중 검정법으로 비교하였고, 95% 신뢰수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

에너지 수준에 따른 급여사료는 전량 섭취하였고, 일반적으로 건물섭취량의 증가가 반추위 통과속도를 높이기 때문에 소화율이 낮아지지만 본 실험에서는 건물, 조단백질, 조지방, 조섬유의 소화율 (Table 3)은 차이가 없었다 (P>0.05).

섭취에너지 수준별 평균 대사 체중 당 총에너지 섭취량은 180.2 292.7과 337.2 kcal/$BW^{0.75}$이었다 (Table 4). 처리구별 총 에너지 섭취량이 증가하면서 분으로 손실된 에너지도 유의적 (P<0.001)로 증가함에 따라 가소화에너지는 약 70%로 처리 간 차이가 없었다. 뇨로 손실된 에너지는 3.5에서 7.9 kcal/$BW^{0.75}$로 유의적으로 증가하였고 (P<0.03), 반추위 발효과정에서 발생되는 메탄가스에 의한 에너지 손실도 15.0에서 20.5 kcal/$BW^{0.75}$로 증가하는 경향을 보였다 (P=0.06). 체열에 의한 손실량은 수준별로 차이가 없었지만, 총 에너지섭취량 (GE)에 대한 비율은 60.4, 41.2와 34.1%로 에너지 섭취량이 높아질수록 감소하는 경향을 보였다 (P=0.47). 거세한우 유지에너지 요구량을 위해 본 실험과 같이 건물섭취량을 증가시키는 방법으로 에너지수준을 조절한 Kim 등 (2004)의 실험결과에서는 분으로 배설된 에너지 손실율 (%, GE)은 약 60% 수준이었고, 본 실험은 각각 70% 수준으로 높게 나타났고, 그 차이는 볏짚과 티모시 건초의 품질 차이로 판단된다. 한편 메탄가스에 의한 손실과 체열발생으로 인한 에너지의 손실은 본 연구결과와 같이 에너지

Table 3. Effect of energy intake levels on nutrient digestibility of experimental diets for Hanwoo during the growing

Items[1]	Energy Intake Levels[2]			SEM[3]	P value[4]
	Low	Medium	High		
	digestibility (%)				
DM	71.52	71.26	70.88	1.097	*0.815*
CP	67.50	71.38	69.62	1.247	*0.532*
EE	81.22	76.60	79.29	1.149	*0.221*
CF	61.59	63.07	59.96	1.886	*0.853*
CA	46.77[a]	34.65[b]	38.57[b]	1.896	*0.020*
NFE	77.33	76.45	80.04	1.351	*0.587*
NDF	62.65	60.61	59.62	1.544	*0.790*
ADF	47.25	48.66	49.02	2.224	*0.953*

[1] DM: dry matter; CP: crude protein; EE: ether extract; CF: crude fiber; CA: crude ash; NFE: nitrogen free extractr; NDF: Neutral detergent fiber; ADF: Acid detergent fiber.
[2] Low: 1.70 kg; Medium: 2.05 kg; High: 2.80 kg TDN intake kg/day.
[3] Standard error of Means.
[4] The effect of feed intake level.
[ab] Means with different superscripts within the same row are significantly different(P<0.05).

Table 4. Effect of energy intake level on energy balance for Hanwoo for during the growing

Items	Energy Intake Levels[1]			SEM[2]	P value[3]
	Low	Medium	High		
Energy Intake, kcal/$BW^{0.75}$	180.21[c]	292.74[b]	337.15[a]	16.218	*<.0001*
Energy losses, kcal/$BW^{0.75}$					
Feces	51.13[c](28.4)[4]	82.07[b](28.0)	99.71[a](29.6)	5.608	*<.0001*
Urine	3.49[b](1.9)	6.33[ab](2.2)	7.88[a](2.3)	0.673	*0.032*
Methane	15.00(8.3)	18.07(6.2)	20.50(6.1)	0.898	*0.058*
Heat production	108.92(60.4)	120.51(41.2)	114.81(34.1)	3.684	*0.473*
Energy balance	1.67(0.93)[c]	65.76(22.5)[b]	94.25(27.9)[a]	10.113	*<.0001*

[1] Low: 1.70 kg; Medium: 2.05 kg; High: 2.80 kg TDN intake kg/day.
[2] Standard error of means.
[3] The effect of feed intake level.
[4] Values in parenthesis represent percentage of intake energy.
[abc] Means with different superscripts within the same row are significantly different (P<0.05).

섭취량이 높아질수록 감소하는 경향을 보였다. 체열 발생량은 유지수준에서 60.4% 정도였으나 유지수준이 증가할수록 34.1% 수준까지 감소하였다.

본 시험의 결과는 사료의 급여량이 증가할수록 체열에 의한 에너지 손실량이 감소하여 체열 발생량이 증가한다고 보고한 Chung 등 (1992)과는 상반되는 결과를 보였다. 볏짚을 56% 급여한 Kim 등 (2004)의 실험과 양질의 티모시 건초를 40% 급여한 본 실험에서의 대사 체중 당 체열 발생량을 비교해 보면 에너지 급여수준이 가장 높았던 처리구에서 각각 142.5 kcal와 115 kcal로 큰 차이를 보였는데, Blach (1971)는 소의 체열 발생량은 섭취한 조사료의 섬유질 함량에 의해 영향을 받는다고 하였다. 조사료에 의한 체열 발생량은 Lee 등 (2003)의 볏짚, 목 건초, 옥수수 사일리지를 40% 급여한 한우 수소를 이용한 유지 대사에너지 요구량 시험에서 볏짚, 목 건초 옥수수 사일리지 순으로 건물, 조단백질, 조섬유

의 소화율이 높았고, 본 시험의 공시축과 체중이 비슷한 200 kg에서 체열 발생량 비율은 볏짚 처리구 49.3%, 목 건초 처리구 48.3%, 옥수수 사일리지 처리구가 50.0%로 체열 발생량 비율이 조사료의 질에 의한 영향은 나타나지 않았다. 반면 체중이 300 kg, 400 kg에서는 볏짚보다 목 건초와 옥수수 사일리지 처리구에서 체열 발생량 비율이 높게 나타났다. Feng 등(1999)의 볏짚과 요소처리 볏짚(100%) 및 Chinese wildrye 건초(100%) 급여 시험에서도 화학처리 볏짚이 에너지 소화율과 이용성 면에서 무처리 볏짚보다 우수하게 나타났으나 체열 발생 비율은 요소처리 볏짚과 Chinese wildrye 건초에서 오히려 높은 결과를 보였다. 위의 결과로 보아 체열 발생은 사료섭취량(Chung 등, 1992), 섭취시간(Osuji 등, 1975)과 농후사료 급여비율이 체열 발생과 더 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 이상의 실험결과로부터 Table 5에 DE, ME 섭취량과 에너지 전환율을 계산하여 나타내었다. 에너지 섭취량 증가에 따른 대사율(ME/GE)은 0.62, 0.64와 0.62로 모든 처리구에서 차이가 없었다(P>0.84). 농후사료로 60%, 조사료 40% 급여한 Lee 등(2003) 실험에서는 조사료원에 따른 소화율 차이로 대사율(ME/GE) 0.52~0.65의 변화를 보였다. Ørskov 등(1969)은 대사율이 소화율에 많은 영향을 받는다고 하였는데 본 실험에서도 에너지 수준이나 사료급여량에 따른 소화율의 차이가 없었기 때문에 대사율의 차이가 나타나지 않았다.

대사에너지 섭취량 수준 110.59, 186.27, 209.06 kcal/$BW^{0.75}$ (Table 5)와 각각의 체 축적 에너지 1.67, 65.76, 94.25 kcal/$BW^{0.75}$ (Table 4)의 관계 (Fig. 1)를 통해 구한 X축 절편 값, 즉 유지를 위한 에너지요구량은 대사에너지로 109.8 kcal/$BW^{0.75}$로 나타났다. 지금까지 한우 거세우를 이용해 유지에너지 요구량을 구한 연구는 Kim 등(2004)의 결과가 유일하였고, 본 시험이 두 번째로서 공시축이 각각 비육기와 육성기의 차이가 있고, 결과에서도 124.3과 109.8 kcal/$BW^{0.75}$로 차이가 나타났다.

유지 요구량은 성숙된 정도, 성별, 품종, 사육 환경과 생리적 연령에 의해서 변화한다 (NRC, 1984). 연령이 많아짐에 따라 몸의 크기에 대한 단위 유지요구량은 감소한다고 알려져 있다. Carstens 등 (1989)은 9개월에서 20개월 령이 되면서 8%의 유지를 위한 대사에너지 감소가 있었다고 하였지만 Vermorel 등 (1980)은 5주에서 34주령까지는 차이가 없다고 보고하였고, Taylor 등(1981)의 결과도 이와 같았다. 그러나 NRC (2000)는 직접적인 자료는 없지만, 많은 자료를 검토하면서 성장하여 생산 활동을 하고 있는 암소가 어린 또는 성장 중인 가축 보다 유지요구량이 적지는 않다고 기술하고 있다. 이상의 성숙정도에 따른 유지요구량 결과를 종합해 볼 때, 한우 사양표준의 거세한우 유지요구량으로 활용되고 있는 Kim 등(2004)의 실험결과가 과대평가 되었거나 또는 본 실험의 유지요구량이 과소평가 되었을 가능성을 보여주고 있다.

또한 유지 에너지 요구량은 품종 또는 계절의 차이에 의해서도 차이를 보인다(Garrett. 1971; Byers, 1982; Webster, 1982; Laurenz 등, 1991). 품종과 성에 따른 유지 에너지 요구량은 Solis (1988) 등에 의해 보고된 성빈우인 애거스 종 100 kcal/$kg^{0.75}$, 브라만 98 kcal/$kg^{0.75}$, 헤어포드 108 kcal/$kg^{0.75}$, 홀스타인 119 kcal/$kg^{0.75}$와 저지 152 kcal/$kg^{0.75}$로 본 연구 결과와 저지종을 제외하곤 일일 유지에너지 요구량이 비슷했다. Laurenz (1991)등에 의해 보고된 계절에 따른 유지 요구량은 온도와 연관이 있는데 Angus 종의 경우 여름 122.6 kcal/$BW^{0.75}$, 가을 97.4 kcal/$BW^{0.75}$, 겨울 91.4 kcal/$BW^{0.75}$와 봄 103.1 kcal/$BW^{0.75}$이고 Simmental 종의 경우 여름 145.9 kcal/$BW^{0.75}$, 가을 112.6 kcal/$BW^{0.75}$, 겨울 109.3 kcal/$BW^{0.75}$와 봄 126.3 kcal/$BW^{0.75}$로 나타났다. 결과를 보

Table 5. Effect of energy intake level on energy intake and efficiency of energy utilization for Hanwoo during the growing

Items	Energy Intake Levels[1)]			SEM[2)]	P value[3)]
	Low	Medium	High		
Intake					
Digested energy, kcal/$BW^{0.75}$	129.08[c]	210.67[b]	237.44[a]	11.526	*<.0001*
Metabolizable energy, kcal/$BW^{0.75}$	110.59[c]	186.27[b]	209.06[a]	10.633	*<.0001*
DE/GE[4)], %	1.41	1.39	1.43	0.025	*0.886*
ME/GE[5)], %	0.62	0.64	0.62	0.013	*0.835*
ME/DE[6)], %	0.86	0.89	0.88	0.006	*0.181*

[1)] Low: 1.70 kg; Medium: 2.05 kg; High: 2.80 kg TDN intake kg/day.
[2)] Standard error of means.
[3)] The effect of feed intake level.
[4)] Digestible energy/gross energy.
[5)] Metabolizable energy/gross energy.
[6)] Metabolizable energy/digestible energy.
[abc] Means with different superscripts within the same row are significantly different (P<0.05).

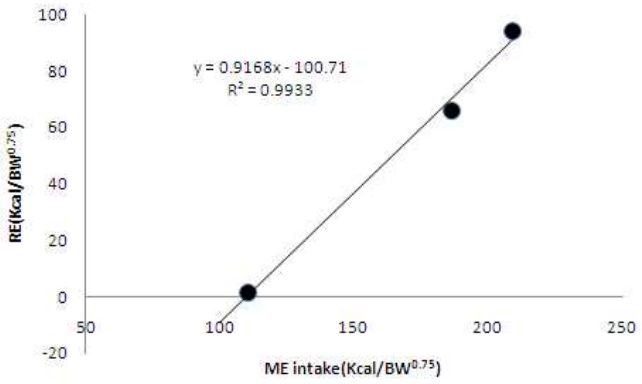

Fig. 1. Effect of energy intake levels on the relationship between ME intake and retained energy (RE) for Hanwoo steers in the growing period.

면 축종에 따라 유지 요구량의 차이를 보였으며 계절별로는 두 품종 모두 가을과 겨울에 유지 요구량이 낮았다. 우리나라의 경우에도 계절별 온도 차이가 뚜렷하므로 계절에 따른 유지 요구량 결정에 대한 추가적 연구가 필요할 것이다.

요 약

본 시험은 생후 6개월 령의 육성기 거세한우 6두(180.6±3.1 kg)를 공시하여 옥수수 위주의 농후사료 60%와 티모시 건초 40% 비율로 급여하였고 TDN 함량은 71.4%, CP는 14.6%이었다. 시험은 Korean Feeding Standard for Hanwoo (2007)에 따라 일당 증체량 0 kg, 0.4 kg, 0.7 kg/일에 필요한 각각의 TDN 함량 1.70 kg (Low), 2.05 kg (Medium), 2.80 kg (High)의 공시사료를 섭취할 수 있도록 하는 duplicated 3 × 3 Latin square design으로 수행하였다. 에너지 수준에 따른 급여사료는 전량 섭취하였고, 일반적으로 건물섭취량의 증가가 반추위 통과속도를 높이기 때문에 소화율이 낮아지지만 본 실험에서는 건물, 조단백질, 조지방, 조섬유의 소화율은 차이가 없었다 (P>0.05). 섭취 에너지 수준별 평균 대사 체중 당 총에너지 섭취량은 180.2, 292.7와 337.2 kcal/$BW^{0.75}$ 이었다 (P<0.001). 처리구별 총 에너지섭취량이 증가하면서 분으로 손실된 에너지도 51.1에서 99.71kcal/$BW^{0.75}$로 유의적으로 증가함 (P<0.001)에 따라 가소화에너지는 약 70%로 처리 간 차이가 없었다. 뇨로 손실된 에너지는 3.5에서 7.9 kcal/$BW^{0.75}$로 유의적으로 증가하였고 (P<0.03), 반추위 발효과정에서 발생되는 메탄가스에 의한 에너지 손실도 15.0에서 20.5 kcal/$BW^{0.75}$로 증가하는 경향을 보였다 (P=0.06). 체열에 의한 손실량은 수준별로 차이가 없었지만, 총에너지섭취량 (GE)에 대한 비율은 60.4, 41.2와 34.1%로 에너지 섭취량이 높아질수록 감소하였다. 대사에너지 섭취량 수준 110.6, 186.3, 209.1 kcal/$BW^{0.75}$와 각각의 체 축적 에너지 1.67, 65.76, 94.25 kcal/$BW^{0.75}$의 관계식을 통해 구한 X축 절편 값, 즉 유지를 위한 에너지 요구량은 109.8 kcal/$BW^{0.75}$로 나타났다.

(주제어: 유지에너지, 에너지 요구량, 한우)

인 용 문 헌

A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.

Balch, C. C. 1971. Proposal to use time spent for chewing as an index of the extent to which diets for ruminants prossess the physical property of fibrousness characteristics of roughages. Brit. J. Nutr. 26:383-392.

Byers, F. M. 1982. Patterns and energetic efficiency of tissue growth in beef cattle of four brceds. In energy metabolism of farm animals (ed A. ekern and F. SundstØl), pp. 92-95. Agricultural University of Norway, Aas-NLH.

Carstens, G. P., Johnson, D. E., Johnson, K. A., Hotovy, S. K. and Szymanski, T. J. 1989. Genetic variation in energy expenditures of monozygous twin beef cattle at 9 and 20 months of age. Energy Metab. Proc. Symp. 43:312-315.

Chung, Y. H., Lee, S. C., Kang, S. W., Chung, C. S. and Chung, C. Y. 1992. Estimation of energy and protein requirements for Korean Native Heifers. Ⅰ. Estimation of energy and protein requirements for Korean native heifer by metabolism trail. Korean. J. Anim. Sci. 34:293-300.

Derno, M., Jentsch, W., Schweigel, M., Kuhla, S., Metges, C. C. and Matthes, H. D. 2005. Measurements of heat production for estimation of maintenance energy requirements of Hereford steers. J. Anim. Sci. 32:451-456.

Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multi F test. Biometrics. 11:1-42.

Feng, Y., Kim, W. Y., Kim, H. D., Kim, J. K. and Han In K. 1999. Studies on energy utilization of low-quality roughages in fattening holstein steers. Kor. J. Anim. Nutr. Feed. 23(5):401-410.

Garrett, W. N. 1971. Energy efficiency of beef and dairy steers. J. Anim. Sci. 69:2168-2176.

Kim, K. H., Oh, Y. G., Kim, W., Lee, S. C., Shin, K. J. and Jeon, B.T. 2004. Determination of energy requirement for maintenance in Hanwoo steers. J. Anim. Sci & Technol. (kor) 46(2):193-200.

Laurenz, J. C., Byers, F. M., Schelling, G. T. and Greene, L. W. 1991. Effects of season on the maintenance requirements of mature beef cows. J. Anim. Sci. 69:2168-2176.

Lee, S. C., Thak, T. Y., Kim, K. H. and Yoon, S. G. 2003. Metabolizable energy requirement of growing Hanwoo bulls for maintenance by energy equilibrium method. J. Anim. Sci. & Technol. (kor). 45:123-130.

Lofgreen, J. P. and Garrett, W. N. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. J. Anim. Sci., 27:793-806.

National Institute of Animal Science, RDA. 2007. Korean Feeding Standard for Hanwoo.

NRC. 1984. Nutrient Requirements of Domestic Animals. No. 4. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Sixth Revised Ed. National Academy of Sciences-National Research Council. Washington, DC.

NRC. 2000. Nutrient Requirements of Domestic Animals. No. 4. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Sixth Revised Ed. National Academy of Sciences-National Research Council. Washington, DC.

Ørskov. E. R., Fracer, C. and Kay, R. N. B. 1969. Dietary factors influencing digestion of starch in the rumen and small and large intestine of early weaned lambs. Brit. J. Nutr. 23:2217-226.

Osuji, P. O., Gordon, J. G. and Webster, A, J. F. 1975. Energy exchanges associated with eating and ruminantion in sheep given grass diets of different physical forms. Brit. J. Nutr. 34:59-71.

SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1 Edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Solis, J. C., Byers, F. M., Schelling, G. T., Long, C. R. and Green, L. W. 1988. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of dififerent breed. J. Anim. Sci. 66:764-773.

Taylor, C. S., Turner, H. G. and Young, G. B. 1981. Genetic control of equilibrium maintenance effciency in cattle. Anim. Prod. 33:179-194.

Thak, T. Y., Kang, T. H. and Kim, K. S. 1983. Studies on maintenance requirements of energy and protein for korean native cows by metabolism trials. Korean. J. Anim. Sci. 25(2):117-137.

Vermorel, M., Bouvier, J. C. and Geay, Y. 1980. Energy utilization by growing calves: Effects of age, milk intake and feed level. Energy Metab. Proc. Symp 26:9-53.

(Received Oct. 15, 2010; Revised Dec. 2, 2010; Accepted Dec. 3, 2010)