

절식대사 시험에 의한 한우 수소의 유지에너지 요구량 결정에 관한 연구

이상철·탁태영·김경훈·윤상기
농촌진흥청 축산기술연구소

Energy Requirements of Growing Hanwoo Bulls for Maintenance by Fasting Metabolism

S. C. Lee, T. Y. Thak, K. H. Kim and S. G. Yoon
National Livestock Research Institute, RDA

ABSTRACT

Net and metabolizable energy requirements for maintenance of Hanwoo (Korean native cattle) bulls were estimated in twenty-eight fasting metabolism trials using seven different feeds at four stages of body weight(100, 200, 300 and 400kg). Three cattle for each of twenty-eight trials fed at a level of maintenance energy requirement were housed in metabolic stalls during the 5 days of collection period. Thereafter, during the 2 days of respiration period the heat production was measured by indirect calorimetry using respiratory chamber. After finishing the respiratory metabolism trials under the maintenance level, experimental animals were fasted for 5 days and were measured heat production by indirect calorimetry using respiratory chamber. Seven different feeds were: 1) mixed ration of concentrate and rice straw, 2) mixed ration of concentrate and mixed grass hay, 3) mixed ration of concentrate and corn silage, 4) rice straw alone, 5) mixed grass hay alone, 6) corn silage alone, 7) concentrate alone. Fasting heat production were 66.05/W^{0.75} at 100kg of body weight and 60~63kcal/W^{0.75} at 200~400kg of body weight. When subtracting heat loss by muscular work from the fasting heat production, basal metabolic rate was 55.92kcal/W^{0.75}. The average values of NEm requirements were obtained by adding urinary energy excretion to the basal metabolic rates were 69.1, 62.1, 65.8 and 64.4kcal/W^{0.75} for the four stages of body weight, respectively. The ME requirement for maintenance could be calculated using retained energy and the efficiency of utilization of ME for net energy. The ME requirement for maintenance thus obtained was 102.69kcal/W^{0.75}.

(Key words : Energy requirement, Fasting metabolism, Hanwoo, MEM, NEm)

I. 서 론

가축이 섭취한 영양소는 생산활동과 기본적인 생명현상을 유지하기 위해 쓰여진다. 그 중에서 체중의 증감 없이 생명현상만을 유지하기

위해 필요로 하는 영양소의 양을 유지요구량이라 하는데, 절식시에는 생명유지를 위한 내부 작용, 즉 호흡, 혈액순환, 근육유지, 호르몬분비 등을 계속하기 위해서 체조직을 분해 이용하게 된다. 이러한 체조직의 분해현상을 절식대사

Corresponding author : S. C. Lee, National Livestock Research Institute, R. D. A. Suwon 441-350, Korea
Tel : 031-290-1647, E-mail : lee647@rda.go.kr

(fasting metabolism)라 하고, 조직의 분해가 일어나지 않도록 하는데 요구되는 최소에너지 요구량인 유지에너지 요구량은 바로 절식대사로 발생하는 손실을 정확히 보충해 줄 수 있는 량이 된다. 따라서 절식대사를 구명하는 방법으로도 유지에너지 요구량을 구할 수 있다.

동물을 이용한 절식대사 시험을 시험축의 움직임이 전혀 없는 완전 휴식(complete resting) 상태에서 수행할 수 있다면 이때 발생하는 열 발생량(Fasting heat production; FHP)은 기초대사율(basal metabolic rate)에 해당하겠지만, 시험축의 완전휴식을 기대하기 어렵기 때문에 근육 활동으로 발생하는 열 발생량을 보정해 주어야 기초대사율의 열 발생량인 유지에 필요한 정미에너지(NEm)을 구할 수 있다. 또한 유지 수준의 에너지를 급여하는 조건에서의 에너지 균형 시험을 통해 얻어진 축적에너지(retained energy; RE)를 이용하여 섭취한 대사에너지를 에너지 평형 상태로 보정하면 유지를 위한 대사에너지(MEm)를 구할 수 있다.

이 등(2002)는 한우 수소를 공시하여 유지에너지 수준과 유지에너지의 1.5배, 2.0배의 3수준의 에너지를 급여한 에너지 균형시험에서 유지에 필요한 대사에너지를 $95.80\text{kcal/W}^{0.75}$ 라고 하였다. 본 실험에서는 절식대사 시험 방법으로 한우 수소의 유지를 위한 정미에너지 및 대사에너지를 구하였다.

II. 재료 및 방법

체중 100kg에서 400kg까지 100kg 증체 간격(100, 200, 300, 400 kg)으로 7종류의 사료를 각각 유지에너지 수준(NRC, 1976)만 급여하여 유지에 필요한 에너지 요구량을 조사하였다. 실험 I(배합사료+볏짚), 실험 II(배합사료+목건초), 실험 III(배합사료+옥수수 사일리지)은 조사료와 농후사료의 비율이 40:60으로 하였고, 실험 IV, V, VI, VII은 각각 볏짚, 목건초, 옥수수 사일리지, 배합사료를 단독 급여하였다. 농후사료

는 체중 100 kg시에는 조단백질 16%, TDN 72%, 체중 200~300kg시에는 조단백질 14%, TDN 71%, 체중 400 kg시에는 조단백질 12%, TDN 70%로 각각 체중에 따라 조절 배합하였다. 그리고 볏짚은 4~5cm 크기로 절단하여 급여하였고 목건초는 오차드그라스 주종의 혼합 목건초를 이용하였다.

시험계획에 의거 사료별 그리고 체중별 대사 시험을 위한 3두의 공시축은 일반 시험우사에서 3주간 해당 사료를 섭취하면서 체내 대사가 조절되도록 하였다. 그 후 대사시험동으로 이동시켜 7일간 대사를 적응과 대사율 조절을 위한 예비시험과 7일간의 분뇨 채취시험을 실시하였다. 사료섭취시 열 발생량을 측정하기 위해서 분뇨 채취시험기간 종료 2일전에 호흡대사장치로 이동하여 체열 발생량(Heat production)을 측정하였는데 처음 24시간 동안은 예비 측정 자료로 하였고, 두 번째 24시간 동안의 자료를 본 시험의 자료로 이용하였다. 각각의 사료별 그리고 체중별 사료섭취에 따른 호흡대사시험을 종료한 후 다시 5일간 완전 절식시켜(체중 100 kg시 4일) 마지막 24시간 동안 FHP를 측정하였으며, 절식대사 시험기간동안의 일별 기립시간과 기복횟수를 측정하였다. 사료는 사료 급여량을 오전 9시 30분과 오후 5시에 2회로 분할 급여하였고 물과 갈습, 인 공급용 린칼블록은 자유 섭취케 하였다.

공시사료는 본시험 7일동안 매일 일정량씩 개체별로 따로 수집하여 분석하였으며 매일 채취한 분은 배설량을 정량한 후 혼합기에서 15~20분간 교반하여 1/10량을 채취, -15°C 냉동실에 보관 하였는데 이러한 과정을 본시험 7일간 반복하면서 최종적으로 수집된 7일간의 분을 해동 시킨후 다시 교반하여 1/10량을 채취하여 60°C 송풍건조기에서 48시간동안 건조시켜 분석에 임하였다. 그러나 분 질소 함량은 생분 상태로 분석하였다.뇨는 배설량의 1/10량을 채취하여 냉동실에 보관 하였으며 7일간의 뇨를 혼합한 후 그중 500 cc를 채취, 질소 및

열량 측정을 하였다. 분과 뇨의 분의 열량을 측정하기 위해 bomb calorie meter (Shimadzu, CA-3)를 이용하였으며 기타 성분은 AOAC (1990)법에 의해 분석하였다.

호흡대사시험 동안의 가스분석을 위해 6900 형 가스채취장치(삼승공업)를 사용하였으며 호흡시험 개시전에 표준가스를 통과시켜 zero 점과 span 점을 맞춘 후 대기중 CO₂, O₂ 및 CH₄ 농도는 4분간 30초 간격으로 분석하였고 호흡 챔버내의 농도는 6분간 30초 간격으로 분석하였다. CO₂와 CH₄ 분석은 적외선 가스분석계, O₂는 자기식 산소분석계를 사용하였다(이, 1991). 열 발생량의 계산은 다음의 Brouwer (1965) 공식을 인용하였다.

$$H.P = 3.866 \times O_2 \text{ 소비량} - 1.2 \times CO_2 \text{ 발생량}(l) - 0.515 \times CH_4 \text{ 발생량}(l) - 1.431 \times \text{오줌의 N 량}(g)$$

III. 결과 및 고찰

1. 급여사료의 소화율과 사료가치

체중별로 공시된 한우 수소의 평균 체중은 체중 100kg시 97~151kg, 200kg시 188~238kg, 300kg시 269~324kg, 400kg시 371~417kg의 범

위였다. 본 시험에서 측정된 각 조사료 및 배합사료의 사료가치는 볏짚의 경우 DCP 1.7%, TDN 48%로 한국표준사료성분표(1988)의 DCP 1.9% 및 TDN 43%에 비해 DCP는 약간 낮고 TDN은 약간 높게 평가되었으나 한국사료성분표(1982)의 TDN 48%와는 비슷한 경향이였다. 그러나 옥수수 사일리지는 DCP 5.5%, TDN 59%로 한국표준사료성분표(1988)의 옥수수 사일리지의 황숙기 성적과 비교할 때 DCP 함량은 비슷하였으나 TDN 함량이 약 5% 정도 낮게 평가되었고 한국사료성분표(1982)의 DCP 4.1%, TDN 62%에 비해 DCP 함량은 높았으며 TDN 함량은 비슷하였지만 NRC(1984)의 TDN 70%에 비해서는 매우 낮았다. 혼합목건초는 DCP 8.4%, TDN 함량은 57%로 본 실험의 옥수수 사일리지 보다 DCP는 높게, TDN은 낮게 평가되었다. 농후사료 단독급여에 의한 평가에서는 DCP 10.9%, TDN 81%이었다.

2. 에너지 균형

각 사료조합별 유지에너지 급여 수준에 따른 대사체중당 에너지 섭취량 및 열 발생량 및 에너지균형은 Table 1, 2, 3, 4에 나타냈다. 유지를 위한 대사에너지 요구량은 대사에너지 섭취

Table 1. Intake of DE and ME, heat production and energy balance (kcal/W^{0.75}) measured at maintenance level of Hanwoo bulls at 100kg body weight

Feeds	GE intake	DE intake	ME intake	Heat production	Retained energy
I	183.31±0.70	112.01±3.34	98.49± 4.01	110.59±8.97	-12.11±12.97
II	197.83±0.50	128.70±3.73	116.78± 3.81	98.99±2.42	17.79± 1.40
III	202.82±1.32	129.22±8.09	105.08±12.06	106.02±2.74	-0.94± 9.50
IV	190.89±5.54	87.14±6.53	79.77± 6.46	89.59±1.65	-5.82± 5.22
V	243.47±5.11	131.12±5.63	119.41± 5.34	108.30±6.45	11.11± 1.47
VI	190.56±1.29	102.18±1.14	85.20± 3.42	94.57±4.13	-9.37± 4.94
VII	168.95±1.07	135.23±2.05	121.42± 1.78	104.19±8.26	17.22± 7.47

Mean±SE.

Table 2. Intake of DE and ME, heat production and energy balance (kcal/W^{0.75}) measured at maintenance level of Hanwoo bulls at 200kg body weight

Feeds	GE intake	DE intake	ME intake	Heat production	Retained energy
I	198.16±1.62	132.64±2.54	112.87±3.80	110.09±3.69	2.78±5.39
II	209.81±0.61	144.69±1.00	127.65±1.36	115.94±1.31	11.71±2.61
III	179.31±3.15	129.47±1.05	115.60±1.39	101.85±1.61	13.75±2.73
IV	200.10±2.63	116.21±5.10	107.38±2.87	109.70±6.27	-2.37±3.40
V	262.89±3.30	162.00±3.26	86.89±3.02	87.31±3.43	-0.42±5.96
VI	184.67±2.22	118.56±4.96	101.17±4.87	104.44±5.59	-3.27±7.25
VII	174.43±3.05	143.61±3.93	132.58±5.83	117.58±3.34	15.00±2.79

Mean±SE.

Table 3. Intake of DE and ME, heat production and energy balance (kcal/W^{0.75}) measured at maintenance level of Hanwoo bulls at 300kg body weight

Feeds	GE intake	DE intake	ME intake	Heat production	Retained energy
I	200.55±1.73	116.81±5.78	102.33±6.12	103.04±4.79	-0.71±7.25
II	159.91±1.51	105.29±0.43	90.77±1.71	100.36±2.74	-9.59±1.34
III	158.90±2.08	110.71±5.96	92.55±6.40	103.39±2.61	-10.85±4.89
IV	216.06±2.85	106.97±6.22	92.93±6.70	93.50±2.19	-0.57±7.33
V	183.09±1.99	109.05±0.89	92.68±2.65	89.86±5.18	2.83±7.18
VI	174.98±5.64	102.44±6.89	85.28±8.26	94.95±5.12	-9.67±7.55
VII	138.75±0.83	104.55±4.29	81.84±6.62	85.53±2.75	-3.69±6.29

Mean±SE.

Table 4. Intake of DE and ME, heat production and energy balance (kcal/W^{0.75}) measured at maintenance level of Hanwoo bulls at 400kg body weight

Feeds	GE intake	DE intake	ME intake	Heat production	Retained energy
I	170.50±1.20	101.96±2.18	81.13±1.17	96.44±2.34	-15.31±3.49
II	160.49±1.35	111.89±2.05	91.81±1.89	106.46±3.26	-14.65±1.48
III	176.53±4.03	123.10±3.68	102.82±1.17	113.06±2.34	-10.24±3.49
IV	204.22±1.30	121.09±5.29	107.77±5.69	102.00±0.71	5.77±4.98
V	185.20±1.11	112.86±1.61	96.54±3.06	91.12±1.54	5.42±1.86
VI	196.36±5.55	123.17±7.45	103.95±7.39	97.99±5.40	5.96±2.55
VII	142.87±0.25	113.08±4.24	95.58±1.50	95.59±1.31	-0.01±2.20

Mean±SE.

량과 열 발생량이 균형이 잡히는, 즉 축적에너지의 증가나 감소가 없는 양이다. 가소화에너지(DE)에서 노와 메탄으로 배출된 에너지를 뺀 대사에너지(ME)는 체중과 사료조합에 따른 뚜렷한 차이를 볼 수 없었고, 대사체중 당 최저 79kcal부터 최대 132kcal까지 섭취한 것으로 나타났다. 그러나 열 발생량은 대사체중 당 최저 85kcal부터 117kcal의 범위를 보였고, 유지에너지 요구량은 산술적 평균값인 100.6kcal 정도의 수준이 될 것임을 예측할 수 있다. 유지수준이상의 에너지를 섭취하면 사료의 소화과정에서 발생하는 열량증가(heat increment)로 열 발생량도 증가하게 되지만, 본 실험에서는 유지수준의 에너지를 급여하였고, 대사에너지 섭취량의 변이와 열 발생량의 변이는 개체 차이가 크게 작용한 것으로 보인다.

3. 근육활동에 대한 에너지 지출량

절식시 체중별 기립시간과 소요 에너지 및 기복횟수에 따른 소요에너지의 체중별 모든 사료의 평균값은 Table 5에 나타나 있다. 체중 100~400kg에서의 24시간 중 기립시간은 각각 평균 547, 347, 468 그리고 579분이었는데, 이

결과는 한우 성빈우를 가지고 시험한 탁 등(1983)의 784분보다도 낮게 나타났다. Vercoe(1973)는 서 있을 때의 에너지 지출량이 누워 있을 때 보다 18% 정도 많았으며 1일 절식 체중 kg 당 약 3.3 kcal의 추가적인 에너지가 소요된다고 하였으며, ARC(1980)에서는 절식체중이 아닌 사료급여 상태의 체중 kg당 2.39 kcal를 권장하였는데, 본 시험에서의 기립시간은 절식상태에서 측정되었기 때문에 Vercoe(1973)의 결과를 본 시험의 기립 시간에 적용시켰을 때 기립시의 에너지 지출량은 체중 100 kg시 평균 139 kcal, 체중 200kg시 215kcal, 300kg시 468kcal, 400kg시 784kcal 이었다.

기복시 일어설 때의 에너지 지출량이 앉을 때 보다 높지만, ARC(1980)에서는 앉고 서는 것을 1회 기복으로 보고 절식체중 100 kg당 6.21 kcal의 에너지가 소요된다고 하였고, 본 시험에서 얻어진 기복횟수 7.0회를 기복횟수에 적용시켰을 때 1일 기복에 따른 에너지 지출량 역시 체중 100 kg시 평균 51.17 kcal이고, 체중 200kg에서 평균 86.93kcal, 체중 300kg시 126.34 kcal, 400kg시 181.77kcal 이었다. 이러한 결과는 한우 성빈우를 가지고 행한 탁 등(1983)의 9회에 비해 다소 낮았던 것으로 나타났다.

Table 5. Time and energy cost for standing and energy cost for double act for fasted Hanwoo bulls at different body weights

Body weight	Fasted wt.	Standing time	Standing energy cost ¹⁾	Energy cost ²⁾ for double act
kg	kg	min.	kcal	kcal
100	117.90± 5.14	547.07± 56.21	139.08±23.20	51.17±1.91
200	201.89± 2.31	346.65±121.11	215.17±17.15	86.93±0.87
300	277.89± 3.58	468.02±164.79	403.20±32.73	126.34±1.63
400	360.44±10.48	579.44± 35.75	784.62±93.38	181.77±2.02

Mean±SE.

¹⁾ Adopted 3.3 kcal/kg fasted weight per 24 hrs by Vercoe(1973).

²⁾ Measured value for double action was 7.0 times per 24 hrs. adopted 6.21 kcal/100 kg fasted weight per double action by ARC(1980).

4. 절식대사 및 유지시 정미에너지(NEm) 요구량

각 체중에 있어서 절식대사량(절식시 열 발생량; FHP), 기초대사량(basal metabolic rate) 및 NEm요구량에 대한 모든 사료의 평균값은 Table 6에 나타나 있다. 각 사료 조합별로 유지수준만을 섭취한 후 4일(체중 100kg) 또는 5일(체중 200, 300, 400kg)간 절식시켰을 때, FHP는 개체간 차이가 많았다. Ritzman과 Benedict(1938)는 건유우의 FHP는 개체간의 차이는 물론 동일한 개체에서도 시기를 달리하였을 경우 30~80%의 차이를 보였다고 하였으며 Brody (1945)는 비유우의 FHP의 변이가 ±15~25%에 달하였다고 하였다. 본 실험의 체중 100kg에서는 FHP가 66.05/W^{0.75}로 높았으나, 체중 200~400kg 사이에서는 60-63kcal/W^{0.75}로 거의 비슷하였다. 이 값은 Ayshire를 가지고 행한 Blaxter 등(1966)의 86 kcal/W^{0.75} 및 Shorthorn을 가지고 행한 Mitchell 과 Hamilton(1941)의 74 kcal/W^{0.75}보다 낮았으며 동일 체중에서의 FHP를 ARC (1980)와 비교하면 약 12% 낮게 나타났다. 품종간의 절식대사량 차이를 비교한 몇가지 보고를 참고할 때 Byers 등(1976)은 유우 품종의 경우 대사적으로 활성적인 소화기관 및 간조직의 비율이 높아 단백질 turnover rate 가 육우 품종에 비해 빠르기 때문에 FHP가 높았다고 하였

으며 Blaxter 등(1966)은 육우는 유우에 비해 대사량이 19% 정도 낮았다고 보고하였다. 유우끼리 비교를 한 Frisch(1970)은 Brahman × British 거세우는 Africander × Shorthorn 거세우보다 FHP이 낮았다고 하였다.

한편 FHP에서 근육 활동(muscular work), 즉 기립시간과 기복횟수에 소요된 에너지를 제외한 기초대사량은 체중 100~400kg에서 평균 55.92kcal/W^{0.75}이었고, 稿瓜 등(1967)이 제시한 화우의 기초대사량 54.28 kcal/W^{0.75} 및 탁 등(1983) 53.32 kcal/W^{0.75} 보다 약간 높게 나타났다.

기초대사량에 체조직의 분해산물로서 뇨 에너지 배설량을 추가적으로 보정한 NEm 요구량은 체중 100kg에서 가장 높아 69.10 kcal/W^{0.75}였으나, 체중 200~400kg 간에서는 62.07~65.76kcal/W^{0.75}로서 체중간에 차이가 없었다. 절식대사량을 근거로 측정된 NEm 요구량에 실제 사양조건하에서 발생할 수 있는 임의 활동(Voluntary activity)에 필요한 에너지 지출을 포함한 요구량에 대한 안전율(일본사양표준, 2000)을 10% 정도 추가할 때 최종적인 NEm 요구량을 71.86 kcal/W^{0.75}로 평가하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

평가된 NEm 요구량은 임의활동 및 개체간 변이를 함께 고려한 탁 등(1983)의 65.73 kcal/W^{0.75} 보다 높았고, TDN 요구량으로 부터 추정

Table 6. Fasting heat production(FHP), basal metabolic rate and net energy requirement for maintenance(NEm) measured for fasted Hanwoo bulls at different body weights

Body weight	FHP	Energy expenses as muscular work	Basal metabolic rate	Urinary energy	NEm
kg	kcal/W ^{0.75}	kcal	kcal/W ^{0.75}	kcal/W ^{0.75}	kcal/W ^{0.75}
100	66.05±5.27	190.25±24.26	62.35±5.66	3.04±0.38	69.10±5.69
200	59.77±1.22	302.09±16.99	54.47±1.15	2.30±0.36	62.07±1.26
300	62.81±1.50	529.55±32.74	55.47±1.52	2.96±0.52	65.76±1.57
400	62.41±3.07	966.41±96.83	51.40±3.27	1.95±0.56	64.37±3.32

Mean±SE.

할 때의 일본 화우 성빈우(일본사양표준, 1987)의 69.19 kcal/W^{0.75} 보다 약 4% 높았다. 그러나 탁 등(1983) 및 일본사양표준(1987)의 성빈우 요구량을 가지고 동등한 조건하에서 비교를 하기에는 다소 어려울 것 같다.

Vercoe(1970), Webster 등(1976) 및 Van Es (1980)의 보고에서는 숫소의 NEm 요구량은 암소 또는 거세우 보다도 높았다고 하였으며 ARC(1980)에서는 숫소의 경우 최대 15%까지 NEm 요구량이 증가되어야 한다고 하였다. 그러나 NRC(1984)에서는 성에 관계없이 77 kcal/W^{0.75}를 권장하였던 바, 본 시험 결과 보다 약 9% 높았다. 그러나 ARC(1980)의 평가 기초 자료에는 Ayshire와 Holstein과 같은 유우가 많이 포함되어 있을 뿐 만아니라 만숙중인 대형종 육우가 포함되어 있어 본 시험 결과와 직접 비교하기에는 어려울 것으로 사료되는데 유우의 경우 육우와의 단백질 turnover rate 차이로 설명될 수 있으며(Byers 등, 1976; Van Es, 1980), 같은 육우 품종의 경우에는 지방 축적도가 높은 소 즉, 조숙종의 NEm 요구량이 낮다고 하며(Byers 등, 1976), NRC(1984)에서도 조숙종이나 Zebu 잡종의 경우 77 kcal/W^{0.75} 보다 낮게 평가해줄 것을 권장하고 있다. 이런 관점에서 볼 때 비교적 외형이나 지방축적 능력이

비교적 비슷한 한우와 화우의 요구량이 비슷하게 평가되어진 것은 흥미로운 결과로 사료된다.

5. 유지시 대사에너지(MEm) 요구량

각 사료조합중 유지량을 급여한 사료조합의 에너지 균형(Table 1, 2, 3, 4)에서 얻어진 에너지 축적량(retained energy)과 보정 NEm인 기초대사시 열 발생량(Table 6)을 더하여 NE요구량을 구하고, 섭취한 대사에너지가 NE로 전환된 효율을 구하였다. 보정하여 에너지 평형상태로 환산한 평균 MEm 요구량은 Table 7에 나타나 있다.

본 실험결과와 전 체중 평균 MEm 요구량은 102.69kcal/W^{0.75}로서 사료급여 수준을 달리 했을 때의 에너지 축적량(이 등, 2002)으로부터 얻은 95.80 kcal/W^{0.75} 보다 약 7.2% 높게 나타났으며, 한우 성빈우를 가지고 행한 탁 등(1983)의 85.59 kcal/W^{0.75} 및 화우 성빈우를 가지고 행한 稿瓜 등(1967)의 95.48 kcal/W^{0.75} 보다 각각 12%와 10.1% 씩 높았다. 또한 일본사양표준(1987)에서는 106.43 kcal/W^{0.75}로 본시험의 결과와 비슷하였으나 NRC(1984)의 131 kcal/W^{0.75} 보다는 21% 낮았으며, ARC(1980)의

Table 7. ME requirement for maintenance(MEm) measured for Hanwoo bulls at different body weights

Body weight	ME intake	NEm	Retained energy	NE value of ME ¹⁾	Deposit of as ME ²⁾	MEm corrected at zero ³⁾
kg	kcal/W ^{0.75}	kcal/W ^{0.75}	kcal/W ^{0.75}	%	kcal/W ^{0.75}	kcal/W ^{0.75}
100	103.68±4.84	69.10	2.55±6.14	69.29±4.79	3.09±9.72	100.59±7.75
200	112.02±3.30	62.07	3.89±4.02	60.45±3.27	7.45±7.35	104.57±5.58
300	91.02±5.49	65.77	-4.61±6.12	66.43±3.91	-8.75±9.03	99.94±5.75
400	97.09±3.12	64.37	-3.92±2.66	62.71±2.02	-7.05±4.87	104.14±3.62

Mean±SE.

¹⁾ (NEm + Retained energy)/MEI × 100.

²⁾ (Retained energy/NE value of ME) × 100.

³⁾ MEI - Deposit as ME.

대사율 0.6을 기준으로 할 때 동일 체중 비교에서는 20% 낮게 평가되었다.

6. 유지시 가소화 에너지(DEm) 및 TDNm 요구량

체중에 따른 각 사료 조합별 유지량 급여 성적에서의 에너지 균형 성적과 NEm 요구량으로 부터 유지를 위한 가소화에너지(DEm)과 TDNm 요구량을 구해본 결과, 즉, 에너지 균형 성적으로부터 결핍된 가소화에너지(DE)의 대사 에너지(ME)로의 전환효율(ME/DE)를 MEm 요구량에 적용시켜 DEm 요구량을 산출하였는데 체중 100~400 kg 까지의 체중별 DEm 요구량은 117.89~123.74 kcal/W^{0.75}의 범위에 있었으며 평균 120.92 kcal/W^{0.75}였다. 이 양은 실제 기대치보다 낮았는데, 그 이유는 본 시험에서의 ME/DE는 0.86으로서 NRC(1984)에서 채택하고 있는 계수 0.82보다 다소 높기 때문이다. 따라서 계수 0.82를 적용할 경우 126.25kcal/W^{0.75}가 된다. 한편, TDNm 요구량은 ME의 TDN 전환효율(TDN/ME)로 부터 산출하였는데 체중 100~400 kg까지의 체중별 요구량은 26.45~28.01 g/W^{0.75} 이었다. 본 시험에서의 TDN/ME는 평균 0.26으로서 이를 ME/TDN으로 바꾸어볼 때 3.864가 되어 NRC(1976)의 3.616 보다 효율이 다소 높았던 것으로 나타났다.

7. 유지시 건물요구량 및 사료에너지가

체중에 따른 각 사료조합별 유지시 건물 요구량 및 사료 에너지가를 계산해 보면, 체중 100~400 kg까지의 유지시 건물요구량은 41.93~45.50 g/W^{0.75}의 범위에 있었으며 평균 43.32 g/W^{0.75} 이었다. 이 값은 사양시험을 근거로 하여 평가한 일본사양표준(1987)의 화우 수소의 68 g/W^{0.75} 보다 매우 낮았는데 여기에는 대사 시험과 사양시험을 실시한 환경 조건도 많은 영향을 미쳤을 것이라 사료된다.

에너지 표현 단위에 관계없이 각 조사료+배합사료의 혼합사료조합의 에너지가는 조사료의 특성에 영향을 받아 대체적으로 옥수수 사일리지+배합사료, 건초+배합사료 및 볏짚+배합사료의 순으로 높았으며 이들의 평균 NE가는 각각 1.07~1.18 Mcal/kg, 1.27~1.78 Mcal/kg 및 1.52~1.81 Mcal/kg이었다. 볏짚의 경우 DE, ME 및 NEm이 각각 2.13 Mcal/kg(1.85~2.47 Mcal/kg), 1.91 Mcal/kg(1.69~2.03 Mcal/kg) 및 1.21 Mcal/kg(1.13~1.36 Mcal/kg)으로서 NRC(1984)에서 제시한 볏짚의 DE 1.81 Mcal/kg, ME 1.48 Mcal/kg, NEm 0.64 Mcal/kg와 한국표준사료성분표(1988)의 DE 1.91 Mcal/kg, ME 1.56 Mcal/kg, NEm 0.56 Mcal/kg와 한국사료성분표(1982)의 DE 1.91 Mcal/kg을 제외한 ME 1.69 Mcal/kg 및 NEm 0.93 Mcal/kg 보다도 높게 나타났는데, 특히 NEm에서 차이가 많이 나타난 것은 볏짚 급여시 예상 밖으로 높았던 Km에 영향을 받았던 것으로 사료된다. 그러나 건초는 한국표준사료성분표(1988)의 혼합목초(오차드 주종, 출수진)와 한국사료성분표(1982)의 오차드그라스-클로우버 건초와 거의 비슷한 DE 2.53 Mcal/kg(2.19~2.82 Mcal/kg), ME 2.20Mcal/kg(1.97~2.41 Mcal/kg), NEm 1.40 Mcal/kg(1.06~1.53Mcal/kg)을 보여 주었다. 옥수수사일리지는 NRC(1984)와 한국사료성분표(1982)에서 제시하고 있는 황숙기와 유숙기 옥수수 사일리지의 중간값을 나타냈고, 한국표준 사료성분표(1988)의 황숙기 사일리지와 비슷한 결과를 보였다.

IV. 요약

한우 수소의 유지를 위한 정미에너지 및 대사에너지를 구하기 위하여 28회의 절식대사 시험을 수행하였다. 체중 100 kg에서 400kg까지 100kg 증체 간격(100, 200, 300, 400 kg)으로 7종류의 사료를 각각 유지에너지 수준만 급여하여 분뇨채취를 위한 대사시험(5일)과 열 발생량 측정을 위한 호흡대사시험(2일)을 수행한

후 다시 5일간 완전 절식시켜 마지막 24시간 동안 호흡대사시험을 실시하였다. 3종의 사료는 배합사료+벼짚(실험 I), 배합사료+목건초(실험 II), 배합사료+옥수수 사일리지(실험 III)이었고, 조사료와 농후사료의 비율은 40:60으로 하였다. 실험 IV, V, VI, VII은 각각 벼짚, 목건초, 옥수수 사일리지, 배합사료를 단독 급여하였다.

체중 100kg에서는 절식대사량이 $66.05/W^{0.75}$ 로 높았으나, 체중 200~400kg 사이에서는 $60\sim 63kcal/W^{0.75}$ 로 거의 비슷하였다. 절식대사량에서 절식시 근육 활동(기립시간과 기복횟수)에 소요된 에너지를 제외한 체중 100~400kg의 평균 기초대사량은 $55.92kcal/W^{0.75}$ 이었다. 절식대사량에 체조직의 분해산물로서 노 에너지 배설량을 추가적으로 보정한 NEm 요구량은 체중 100kg에서 가장 높아 $69.10 kcal/W^{0.75}$ 였으나, 체중 200~400kg 간에서는 $62.07\sim 65.76kcal/W^{0.75}$ 로서 체중간에 차이가 없었다.

각 사료조합중 유지량을 급여한 사료조합의 에너지 균형에서 얻어진 에너지 축적량(retained energy)과 보정 NEm인 기초대사시 열 발생량으로 섭취한 대사에너지를 에너지 평형상태로 환산한 결과, 전 체중 평균 MEm 요구량은 $102.69kcal/W^{0.75}$ 이었다.

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. Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient requirements of Ruminant Livestock, Technical Reviews by an Agricultural Research Council Working Party. ARC, Farmham Royal, England.
3. Blaxter, K. L., Clapperton, J. L. and Wainman, F. W. 1966. Utilization of the energy and protein of the same diet by cattle and sheep. J. Agric. Sci. Camb. 67:67-75.
4. Brody, S. 1945. Bioenergetic and growth. Reinhold Plub. Co., New York.
5. Brouwer, E. 1965. "Report of sub-committee on constants and factors" In: Energy Metabolism of Farm Animals. K.L. Blaxter (Ed.), 3rd symposium, Troon, p.441-444.
6. Byers, F. M., Johnson, D. E. and Matsushima, J. K. 1976. Associative effects between corn and corn silage on energy partitioning by steers (Eds. M. Vermorel. p.253-256. 7th Symposium, Vichy, p. 225-228.
7. Mitchell, H. H. and Hamilton, T. S. 1941. The utilization by calves of the energy contained in balanced rations composed of combination of different feeds. J. Nutr. 22:541.
8. National Research Council. 1976. Nutrient requirements of Domestic Animals: Nutrient requirements of beef cattle. 5th ed. NAS-NRC, Washinton, D.C.
9. National Research Council. 1984. Nutrient requirements of Domestic Animals: Nutrient requirements of beef cattle. 6th ed. NAS-NRC, Washinton, D.C.
10. Ritzman, E. G. and Benedict, F. G. 1938. Nutritional physiology of the adult ruminant. Carnegie Inst. Washington, D.C. Plub.
11. Van Es, A. J. H. 1980. Net requirements for maintenance as dependent on weight, feeding level, sex and genotype, estimated from balance trials. In Energy and Protein Fedding standard Applied to the Rearing and Finishing of Beef Cattle. C. Beranger (Ed) Ann. Zootechnie 29, No.h.s. p.73-84.
12. Vercoe, J. E. 1970. Fasting metabolism and heat increment of feeding in Brahman \times British cross cattle. In Energy metabolism of Farm Animals. A. Schurch and C. Wenk. Zurich, Juris Druck (Eds). 5th symposium, Vitznau, p. 85-88.
13. Vercoe, J. E. 1973. The energy cost of standing and lying and adult cattle. Brit. J. Nutr. 30: 207-210.
14. Webster, A. J. F., Gordon, J. G. and Smith, J. S. 1976b. Energy exchanges of veal calves in relation to body weight, food intake and air temperature. Anim. Prod. 23:35-42.

15. 農林水産技術會議事務局 : 日本飼養標準, 肉用牛. (1987년판), 中央畜産會. 1987.
 16. 農林水産技術會議事務局 : 日本飼養標準, 肉用牛. (2000년판), 中央畜産會. 2000.
 17. 橋爪徳三, 針生程吉, 伊藤 稔, 増淵敏彦, 田邊忍, 森本 宏. 1967. 肉牛の 飼養標準に 關する 研究. II. 和牛の 維持養分要求量に 關する 研究. 畜試研報. 13:23-40.
 18. 이상철. 1991. 한우 수소의 유지 및 증체시 에너지 대사와 단백질 이용효율에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
 19. 이상철, 탁태영, 김경훈, 윤상기. 2002. 에너지 균형법에 의한 한우 수소의 유지 대사에너지 요구량. 한국동물자원과학회지. 45(1):123-130
 20. 탁태영, 강태홍, 김강식. 1983. 대사시험에 의한 한우 성빈우 유지시 양분요구량에 관한 연구. 한축지 25(2):117-137.
 21. 한국사료성분표. 1982. 한국 사료정보센터, 국제사료연구소.
 22. 한국표준사료성분표. 1988. 농촌진흥청 축산시험장.
- (접수일자 : 2002. 11. 4 / 채택일자 : 2003. 1. 24)