

한우 암송아지의 성성숙 전 유지 단백질 요구량 결정

남인식² · 오영균¹ · 장선식¹ · 김도형³ · 설용주¹ · 김경훈^{1*}

¹농촌진흥청, 축산과학원, ²축산물위해요소중점관리기준원, ³Kentucky 대학, 농학부, 미국

Determination of Crude Protein Requirements for Maintenance of Prepubertal Hanwoo Heifers

In Sik Nam², Young Kyoon Oh¹, Sun Sik Jang¹, Do Hyung Kim³, Yong Joo Seol¹ and Kyoung Hoon Kim^{1*}

¹National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea, ²Korea Livestock Products HACCP Accreditation Service, Korea, ³University of Kentucky, College of Agriculture, USA

ABSTRACT

Two trials at different body weights of Hanwoo heifers (average body weight of 143 and 257 kg, respectively) were conducted to determine crude protein requirements for maintenance (CPm). Six Hanwoo heifers in each trial were used in two 3 × 3 Latin square design with three diets containing three levels of CP, 14 days in each period. In trial 1, the diets were based on 2.8 kg fresh wt./day/heifer timothy hay (LCP) with supplements of either 250 g ground corn and 150 g corn gluten meal (MCP) or 500 g ground corn and 300 g corn gluten meal (HCP). In trial 2, the diets were based on 4.8 kg fresh wt./day/heifer timothy hay (LCP) with supplements of either 350 g ground corn and 250 g corn gluten meal (MCP) or 700 g ground corn and 500 g corn gluten meal (HCP). In trial 1, CP intakes were 236.6, 340.1, and 459.8 g/d for LCP, MCP, and HCP, respectively. Crude protein balances were 0.51, 1.87 and 3.20g/BW^{0.75}/d for LCP, MCP, and HCP, respectively. In trial 2, CP intakes were 415.2, 606.9 and 793.0g/d for LCP, MCP and HCP, respectively. Crude protein balances were 0.67, 1.03, 2.99 g/BW^{0.75}/d for LCP, MCP, and HCP, respectively. The maintenance requirements for CP from the regression equation between CP intake and CP balance were 4.58g/BW^{0.75}/d (trial 1) and 5.02 g/BW^{0.75}/d (trial 2) and lower than the value (5.56 g/BW^{0.75}/d) adopted by Korean Feeding Standards for Hanwoo (2007).

(Key words : Hanwoo heifers, Crude protein requirements, Maintenance)

서 론

유지 조단백질(CPm; crude protein for maintenance) 요구량을 결정하는 실험법은 요인법(factorial method), 질소균형법(nitrogen balance)과 사양실험법이 있다. 요인법은 대사성 분질소(metabolic fecal nitrogen), 내인성 뇨질소(endogenous urinary nitrogen), scurf nitrogen 손실량을 더하여 구하는데 측정치가 비교적 높게 나타난다는 결점이 있지만, NRC (1984)과 일본 육우 사양표준(JLIA, 2008)에서 사용하였다. INRA(1988)는 질소균형법에 기초해서 얻은 유지 대사단백질(MPm; metabolizable protein for maintenance) 3.25g/SBW^{0.75}을 이용하고 있고, NRC (2000)에서는 질소균형법 보다는 거세우를 이용한 11개의 사양실험 결과들로부터 얻은 3.8 g MP/BW^{0.75} (Wilkerson 등, 1993)을 이용하면서, Simmental 암소를 공시하여 질소균형법으로 조사한 Susmel 등(1993)의 실험 결과도 같은 MPm 값을 보여주고 있다

고 보고하였다.

한우 사양표준(NIAS, 2007)은 한우 거세 육성우 18두(평균 173 kg)를 공시한 질소균형법의 실험결과(Kim 등, 2006)인 CPm 5.56 g/BW^{0.75}을 비거세우, 암소 등에도 성간 차이 없이 동일한 값을 적용하였고, NRC (2000) 그리고 일본 육우사양표준(JLIS, 2008)도 단백질 요구량은 성간에 차이 없이 적용하고 있다. 그러나 우리나라에서 보고된 한우 비거세우 CPm 요구량 4.6 g/BW^{0.75} (Lee 등, 1991), Thak 등(1983)의 한우 성빈우 4.85 g/BW^{0.75}, Chung 등(1992)의 한우 육성빈우 6.1 g/BW^{0.75}, Kang 등(1992^{ab})의 한우 경산우 비유시와 임신시의 CPm 요구량 7.43 g/BW^{0.75}과 6.44 g/BW^{0.75}과 비교하면 성간 차이가 있기 때문에 좀 더 많은 연구결과와 축적이 필요하다.

한우 암소 육성우 CPm 요구량 실험은 약 20여년 전에 이루어진 Chung 등(1992)의 실험이 유일하기 때문에, 본 실험은 한우 암소의 이유 후(실험 1)와 성 성숙 직전(실험 2) 단계에서 CPm

* Corresponding author : K. H. Kim, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea. Tel: 031-290-1698, Fax: 031-290-1660, E-mail: kh665@korea.kr

요구량을 조사하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

실험 1에서는 평균체중 143.2 ± 7.7 kg 한우 암송아지 6두, 실험 2에서는 평균체중 257.8 ± 4.2 kg인 한우 암송아지 6두를 공시하여 두 실험 모두 3수준의 단백질을 급여하는 two 3×3 latin square design에 의해 유지단백질 요구량을 측정하였다.

실험 1의 저단백구(LCP)는 기초사료로서 티모시(timothy) 건초만을 1일 원물 2.8 kg, 중단백구(MCP)는 기초사료에 분쇄옥수수(Corn gluten meal (CGM))를 각각 원물 250 g과 150 g, 고단백구(HCP)는 기초사료에 분쇄옥수수와 CGM을 각각 원물 500 g과 300 g을 추가 급여하였다. 실험 2의 LCP구는 기초사료로서 티모시 건초만을 1일 원물 4.8 kg, MCP구는 기초사료에 분쇄옥수수와 CGM을 각각 원물 350 g과 250 g, HCP구는 기초사료에 분쇄옥수수와 CGM을 각각 원물 700 g과 500 g을 추가 급여하였다.

실험 1과 2의 티모시, 분쇄옥수수, CGM의 성분함량은 Table 1에 나타내었다. 사료는 오전 09:00와 17:00에 총 2회 균등 분할하여 급여하였고 물과 깔슌, 인 공급용 린칼블록은 자유섭취 하도록 하였다.

실험 1과 2의 각 period는 사료적용기간을 포함해 총 2주 소요되었고, 마지막 4일간에 분·뇨 시료를 매일 전량 채취하였다. 공시 사료와 잔량은 수집하여 분석하였으며, 뇨 시료 채취 시 4N의 황산을 300 ml를 매일 아침 뇨 채집용기에 넣어 암모니아태 질소의 휘발을 방지하였다. 1일 배뇨량을 측정 후, 배뇨량의 일정비율을 채취하여 냉동실에 보관하였으며 4일간 채취한 뇨를 혼합하여 분석용 시료를 채취하였다. 분은 1일 총 배설량을 정량한 후 혼합기에서 15~20분간 교반하여 일정비율로 채취, 냉동실에 보관하였는데 이러한 과정을 본 실험 기간인 4일간 반복하면서 최종적으로 수집된 4일간의 분을 해동 시킨 후 혼합 교반하여 분석용 시료를 채취하여 60°C 송풍건조기에서 48시간동안 건조시켜 분석하였다. 사료 및 잔량 그리고 분·뇨의 일반성분은 AOAC (1990)법에 의하

여 분석하였다. 통계분석은 GLM procedure (SAS, 1996)에 의한 유의성 검정을 수행하였다. 실험 2의 MCP구에서 3두의 분과 뇨의 시료채취에 문제가 있어서 대사체중당 CP 축적량이 (-)로 계산되었기 때문에 결측구로 처리하였다.

결과 및 고찰

1. 사료섭취량 및 소화율

실험 1과 2의 CP 급여 수준별 영양소 섭취량과 소화율을 Table 2과 3에 나타내었다. 실험 1의 시험구별 건물 섭취량은 한우 사양 표준(NIAS, 2007)에서 제시하는 0.2 kg의 일당중체에 필요한 건물 섭취요구량 3.3 kg에 비하여 비슷하거나(HCP구) 낮았다(LCP구와 MCP구). 그러나 건물섭취량 중의 단백질 섭취량 비율은 LCP구에서 9.2%로 유지수준의 공급량이었으나, MCP구는 11.7%, HCP구는 14.5%로 일당중체 0.3과 0.6 kg에 요구되는 CP량이었다. 각 처리별 건물 소화율 차이는 유의성이 없었으나 CP 소화율은 MCP구와 HCP구가 LCP구보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$).

한우 사양표준(NIAS, 2007)에서 채택하고 있는 Kim 등(2006)의 실험은 건물 및 에너지 섭취량이 같은 조건에서 CP 섭취 수준을 달리하기 위해 배합사료의 분쇄옥수수를 corn gluten meal (CGM)로 대체하였지만 본 실험은 티모시 건초에 분쇄옥수수와 CGM을 증량하는 방법으로 CP 섭취 수준을 조절하였기 때문에 CP 섭취 수준의 증가에 따라 건물 및 에너지섭취량도 함께 증가하였다. 건물섭취량을 동일하게 하였던 실험들(Kim 등, 2006; Oh 등, 2007)에서는 LCP구와 비교하여 CP 섭취량 증가에 따라 CP 소화율도 약 50, 90% 직선적으로 증가하였으나, 본 실험과 같이 건물섭취량도 함께 증가하였을 때에는 MCP구와 HCP구 간에는 유의적인 차이가 없었다.

조사료로 볏짚을 급여한 Kim 등(2006)과 Oh 등(2007)의 실험에서는 CP 섭취량이 가장 낮은 구의 외관상 CP 전장소화율이 34~37%로 낮았다. 그러나 티모시 건초를 급여한 본 실험은 LCP

Table 1. Chemical composition of dietary ingredients

		Timothy hay	Corn grain	Corn gluten meal
Trial 1	DM (%)	87.9	84.6	91.5
	CP (% DM)	9.2	9.5	63.1
	Ether extract (% DM)	2.5	4.3	4.4
	NDF (% DM)	60.4	16.9	46.0
	ADF (% DM)	36.5	2.5	27.5
Trial 2	DM (%)	82.4	85.2	90.0
	CP (% DM)	10.5	11.8	69.6
	Ether extract (% DM)	2.3	4.6	2.5
	NDF (% DM)	65.7	18.2	43.3
	ADF (% DM)	41.5	3.6	30.6

Table 2. Effects of CP intake levels on nutrient digestibility of Hanwoo heifers in trial 1

Items	CP intake levels			SEM ¹⁾
	LCP	MCP	HCP	
Body weight (kg)	150.8	152.5	149.9	3.3
Intake (g/day)				
DM	2,569.1 ^c	2,901.2 ^b	3,167.0 ^a	140.3
CP	236.5 ^c	340.1 ^b	459.8 ^a	15.7
Digestibility (%)				
DM	62.0 ^a	64.7 ^a	65.4 ^a	2.8
CP	60.1 ^b	65.5 ^a	69.2 ^a	3.7

¹⁾ Standard error of means.

^{a,b,c} Means with different superscripts within the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Effects of CP intake levels on nutrient digestibility of Hanwoo heifers in trial 2

Items	CP intake levels			SEM ¹⁾
	LCP	MCP	HCP	
Body weight (kg)	256.0	264.0	253.5	4.24
Intake (g/day)				
DM	3,953.8 ^c	4,476.8 ^b	4,929.8 ^a	56.08
CP	415.2 ^c	606.9 ^b	793.0 ^a	3.75
Digestibility (%)				
DM	51.8 ^b	58.7 ^{ab}	63.1 ^a	6.01
CP	54.6 ^b	65.3 ^a	72.9 ^a	5.54

¹⁾ Standard error of means.

^{a,b,c} Means with different superscripts within the same row are significantly different ($p < 0.05$).

구에서도 CP 소화율은 약 54와 60%로 높은 결과를 보인 것은 양질의 조사료 급여가 CP의 반추위 외관상 소화율을 높이고, 그 결과 전장소화율도 높아지는 것으로 추정된다. Hannah 등(1991)은 저질조사료 단독 급여구의 질소 섭취량은 10.3 g이었지만, 제 4위를 지나 십이지장으로 유입되는 질소량은 43.9 g이었고, 그 결과, 전장소화율은 -41.5%로 나타났고, 저질조사료에 대두박 7%를 1.8 kg 보충 급여하였을 때는 43.4g의 질소 섭취, 십이지장 유입 질소 70.6 g, 전장소화율 37.5%의 결과를 보여주었다. 즉 저질조사료 단독 급여구와 CP 보충구에서 반추위 외관상 질소 소화율 -326%와 -59%가 각각 반영된 결과이며, Krysl 등 (1989)에서도 같은 결과를 보여주고 있다. Prairie hay를 단독 급여하면서 대두박을 체중의 0.12, 0.24% 보충급여한 Stokes 등 (1988)의 실험에서도 CP 전장소화율 36, 63, 71%와 외관상 반추위소화율 -37, 11, 21%를 보고하였다.

2. 단백질 균형과 일일 유지 CPm 요구량

평균 체중 143 kg의 암송아지를 공시한 실험 1에서는 대사체중당 CP 섭취량 증가에 따라 분과 뇨 CP 배출량도 유의적으로 증가 ($p < 0.05$) 하였다 (Table 4). 섭취 CP 중 뇨로 배출된 CP의 비율은 LCP구에서 50%, MCP구에서 42%, HCP구에서 38%로 분으로 배출된 CP 비율 40%, 34%, 31% 보다 높았다. 대사체중당 단백질 수준별 대사체중당 CP 섭취량과 CP 균형의 관계는 Fig. 1과 같고 CP 균형이 0이 되는 X축 절편인 유지 단백질 요구량은 4.58 g/BW^{0.75}으로 나타났다.

평균 체중 258 kg의 암송아지를 공시한 실험 2에서는 대사체중당 CP 섭취량 증가에 따라 분으로 배출되는 CP는 차이가 없었다 (Table 5). 그러나 뇨로 배출된 CP의 양은 MCP구와 HCP구에서 만 유의성($p < 0.05$)이 확인되었다. 섭취 CP 중 뇨로 배출된 CP의 비율은 LCP구에서 44%, MCP구에서 52%, HCP구에서 47%로 분으로 배출된 CP 비율 45%, 37%, 28% 보다 높았다. 대사체중당 단백질 수준별 대사체중당 CP 섭취량과 CP 균형의 관계는 Fig. 2과 같고 CP 균형이 0이 되는 X축 절편인 CPm유지 단백질 요구량은 5.02g/BW^{0.75}으로 나타났다.

Table 4. Effects of CP intake levels on CP balance of Hanwoo heifers in trial 1

Items	CP intake levels			SEM ¹⁾
	LCP	MCP	HCP	
CP intake (g/BW ^{0.75} /d)	5.56 ^c	7.83 ^b	10.27 ^a	0.23
CP loss (g/BW ^{0.75} /d)				
Feces	2.20 ^c	2.69 ^b	3.17 ^a	0.23
Urine	2.80 ^b	3.28 ^{ab}	3.90 ^a	0.69
CP balance (g/BW ^{0.75} /d)	0.51 ^c	1.87 ^b	3.20 ^a	0.60

¹⁾ Standard error of means.

^{ab,c} Means with different superscripts within the same row are significantly different (p<0.05).

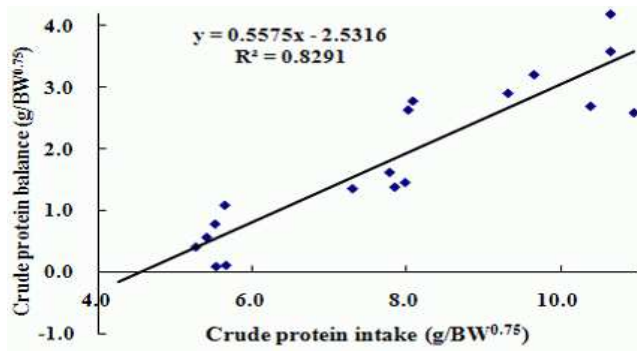


Fig. 1. Estimation of crude protein requirements for maintenance for prepubertal Hanwoo heifers by regression between CP intake and CP balance in trial 1

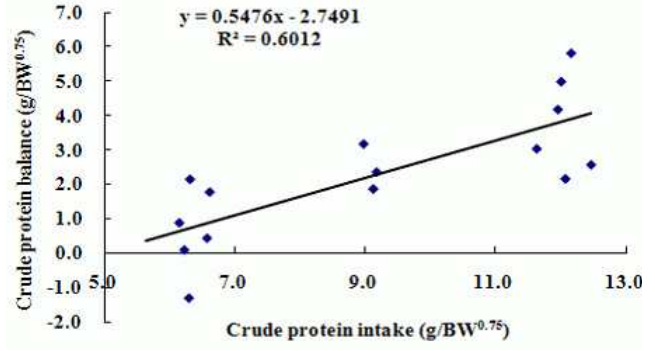


Fig. 2. Estimation of crude protein requirements for maintenance for prepubertal Hanwoo heifers by regression between CP intake and CP balance in trial 2

본 실험과 같이 CP 수준을 높이기 위해 에너지도 증가하는 실험의 결과 해석에는 몇 가지 어려움이 있다(NRC, 2000). 가장 큰 어려움은 CP와 에너지가 같이 증가하기 때문에 증체 결과가 대사 단백질과 증체에너지 어느 쪽에 의한 것인지 해석하기 쉽지 않다는 것이다. 또한 대사단백질의 효과도 RDP 혹은 UDP 어느 쪽인지 구분하기 쉽지 않다. 두 번째로는 0 kg에서 약 1.4 kg 이상까지 증체량이 얻어진 실험결과(Ainslie 등, 1993; Wilkerson 등, 1993)

라도 단백질 요구량 관련 시험에는 일반적으로 100~250 kg 미만의 공시축을 이용하는데, 그 이유는 체중이 증가하면서 대사단백질 결핍에 대한 가축의 반응이 작기 때문이다. 본 실험은 260 kg 미만의 공시축을 이용하였기 때문에 이 부분의 문제점은 없는 것으로 판단된다.

본 실험 1과 2의 체중 260 kg 이하 암소 육성우에서 얻어진 CPm 요구량은 한우 사양표준(NIAS, 2007)에서 적용하고 있는

Table 5. Effects of CP intake levels on CP balance of Hanwoo heifers in trial 2

Items	CP intake levels			SEM ¹⁾
	LCP	MCP	MCP	
CP intake (g/BW ^{0.75} /d)	6.36 ^c	9.18 ^b	12.03 ^a	0.22
CP losses (g/BW ^{0.75} /d)				
Feces	2.90 ^a	3.37 ^a	3.33 ^a	0.42
Urine	2.80 ^b	4.79 ^a	5.67 ^a	0.93
CP retention (g/BW ^{0.75} /d)	0.67 ^b	1.03 ^b	2.99 ^a	1.10

¹⁾ Standard error of means.

^{ab,c} Means with different superscripts within the same row are significantly different (p<0.05).

요구량 5.56g/BW^{0.75} 보다 낮은 결과를 얻었고, 20여년 전의 한우 암소 육성우의 CPm 요구량 6.1 g/BW^{0.75} (Chung 등, 1992) 보다도 낮았다. 또한 암소 성빈우를 공시한 Kang 등 (1992^{a,b})의 비유시와 임신시 CPm 요구량 7.43 g/BW^{0.75}과 6.44g/BW^{0.75}과는 더 큰 차이를 보였다. 이상의 실험결과만을 정리하면 4.6 g~7.4 g/BW^{0.75}의 넓은 범위였지만, 비거세 수소 < 거세 수소 < 암소 순으로 요구량이 증가하는 경향을 보이고 있으며, 육성빈우 보다는 성빈우가, 그리고 임신기 보다는 비유기가 더 높은 유지 단백질을 요구하는 것으로 나타났다.

따라서 향후 성간 CPm 요구량 실험을 수행하고, 그 결과를 토대로 한우의 CPm 요구량 5.56 g CP/BW^{0.75}의 적정성을 판단할 때는, 현재 외국의 사양표준은 물론 한우 사양표준이 유지 단백질 요구량의 성간 차이를 어떻게 적용하고 있는지 검토해 볼 필요가 있다. 일본 육우 사양표준 (JLIA, 2008)에서는 암소, 거세우, 수소에 동일한 값을 적용하고 있고, NRC (2000)에서 채택하고 있는 MPm 요구량 3.8 g/BW^{0.75}도 거세우를 이용한 11개의 사양실험 (총 543두의 시험중간 체중 203~288 kg)의 결과 (Wilkerson 등, 1993)와 Simmental 암소 3두의 공시축(평균체중 659 kg)을 이용해서 4수준의 질소균형 실험을 4회 연속 수행한 Susmel 등 (1993)의 결과를 성별에 관계없이 동일하게 이용하고 있다. 이러한 경향을 따라서 한우 사양표준 (NIAS, 2007)도 5.56 g CP/BW^{0.75}을 성간 동일하게 적용하였다. 또한 본 실험 결과를 포함하여 지금까지 보고된 거세우, 비거세우, 암소의 국내 실험 결과를 평균해보면 5.57g CP/BW^{0.75}으로 한우 사양표준 (NIAS, 2007)에서 채택하고 있는 5.56 g CP/BW^{0.75} (Kim 등, 2006)과 동일하다는 것을 보여준다. Susmel 등 (1993)의 실험결과로부터 CPm을 유도해 보면 5.83/BW^{0.75}으로 한우 사양표준 (NIAS, 2007)과도 차이가 없음을 알 수 있다.

그러나 Kim 등 (2006)은 한우 사양표준 (NIAS, 2007)과 일본 육우 사양표준 (JLIA, 2008)의 거세우 CPm 요구량을 비교하면서 한우 거세우가 일본의 육용종 거세우보다 평균 20% 정도 높을 것이라 하였고, 본 연구결과는 한우 사양표준 (NIAS, 2007) 보다 10~20% 낮게 나타났고, 일본 사양표준과는 비슷한 수준을 보여주었다.

요 약

본 연구는 성성숙 전 한우 암송아지의 일일 유지 단백질 (CPm) 요구량을 구하기 위하여 평균체중 143.1 kg (실험 1)과 257 kg (실험 2)의 각 6두씩을 3수준의 단백질을 급여하는 two 3 × 3 latin square design에 공시하였다. 실험 1에서는 기초사료로서 timothy 건초를 2.8 kg/d/head를 급여 (LCP)하면서 분쇄옥수수과 corn gluten meal을 각각 250 g과 150 g (MCP) 그리고 500 g과 300 g (HCP) 보충 급여하였다. 실험 2에서는 기초사료로서 timothy 건초를 4.8kg/d/head를 급여 (LCP)하면서 분쇄옥수수과 corn gluten meal을 각각 350g과 250g (MCP) 그리고 700g과 500g (HCP) 보

충 급여하였다.

실험 1에서의 CP 섭취량은 LCP, MCP, HCP구에서 각각 236.6, 340.1, 459.8g/d 이었고, 대사체중당 조단백질 균형은 각각 0.51, 1.87, 3.20g 이었다. 실험 2에서의 CP 섭취량은 LCP, MCP, HCP구에서 각각 415.2, 606.9, 793.0g/d 이었고, 대사체중당 조단백질 균형은 각각 0.67, 1.03, 2.99g 이었다. 실험 1과 2에서 얻은 CPm 요구량은 각각 4.58과 5.02/BW^{0.75} 이었고 한우 사양표준 (농림부, 2007)에서 채택하고 있는 5.56g CP/BW^{0.75} 보다 낮았다.

(주제어: 한우 육성빈우, 단백질 요구량, 유지)

사 사

본 연구는 농촌진흥청 축산과학원 박사후 연수생 지원사업 연구 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
- Ainslie, S. J., Fox, D. G., Perry, T. C., Ketchen, D. J. and Barry, M. C. 1993. Prediction amino acid adequacy of diets fed to Holstein steers. J. Anim. Sci. 71:1312-1319.
- 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 heifers by metabolism trial. Korean J. Anim. Sci. 34:293-300.
- Hannah, S. M., Cochran, R. C., Vanzant, E. S. and Harmon, D. L. 1991. Influence of protein supplementation on site and extent of digestion, forage intake, and nutrient flow characteristics in steers consuming dormant bluestem-range forage. J. Anim. Sci. 69: 2624-2633.
- Institut national de la Recherche Agronomique. 1988. Alimentation des Bovins, Ovins, et Caprins. R. jarrige, de. Paris: Institut national de la Recherche Agronomique.
- Japan Livestock Industry Association. 2008. Japanese Feeding Standard for Beef Cattle. Tokyo.
- Kang, S.W., Chung, Y. H., Son, Y. S. and Lee, K. H. 1992^a. Studies on nutrient requirement for korean native cows by feeding trials. I. Studies on optimum levels of energy and protein supply for nursing cows. Kor. J. Anim. Nutr. Feed. 16:115-124.
- Kang, S.W., Chung, Y. H., Son, Y. S. and Lee, K. H. 1992^b. Studies on nutrient requirement for korean native cows by feeding trials. II. Studies on optimum levels of energy and protein supply for pregnant cows. Kor. J. Anim. Nutr. Feed. 16:125-135.

- Kim, K. H., Oh, Y. G., Lee, S. C., Shin, K. J., Kang, S. W., Moon Y. H. and Song, M. K. 2006. Crude protein requirements for maintenance of Hanwoo steers by protein balance trial. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)*. 48:533-540.
- Krysl, L. J., Branine, M. E., Cheema, A. U., Funk, M. A. and Galyean, M. L. 1989. Influence of soybean meal and sorghum grain supplementation on intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, site and extent of digestion and microbial protein synthesis in beef steers grazing blue grama rangeland. *J. Anim. Sci.* 67:3040-3051.
- Lee, S. C. 1991. Energy metabolism and protein utilizability of Korean native bulls for maintenance and growth. Ph. D. dissertation. Seoul National University.
- National Institute of Animal Science, RDA. 2007. Korean Feeding Standard for Hanwoo. Suwon.
- National Research Council. 1984. Nutrient requirements of domestic animals: Nutrient requirements of beef cattle. 6th ed. NAS-NRC, Washinton, D.C.
- National Research Council. 2000. Nutrient requirements of domestic animals: Nutrient requirements of beef cattle. update. NAS-NRC, Washinton, D.C.
- Oh, Y. G., Nam, I. S., Choi, C. W., Baek, K. H., Kim, J. H., Kin, D. H., Seol, Y. J. and Kim, K. H. Effects of different levels of CP intake on protein utilization and N excretion in varying growth stages of Hanwoo steers. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)*. 49:369-378.
- RDA. 1992. Nutrient and Feed Requirements for Korean Native Cattle (Hanwoo).
- SAS. 1996. SAS user's guide. Release 6.12 edition, SAS Institute. Inc., Cary, NC.
- Stokes, S. R., Goetsch, A. L., Jones, A. L. and Landis, K. M. 1988. Feed intake and digestion by beef cows fed Prairie hay with different levels of soybean meal and receiving post-ruminal administration of antibiotics. *J. Anim. Sci.* 66:1778-1789.
- Susmel, P., Spanghero, M., Stefanon, B., Mills, C. R. and Plazzotta, E. 1993. N losses, purine N derivatives excretion and intestinal digestible protein requirements of cows at maintenance. *Livestock Prod. Sci.* 36:213-222.
- 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.* 25:117-137.
- Wilkerson, V. A., Klopfenstein, T. J., Britton, R. A., Stock, R. A. and Miller, P. S. 1993. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing cattle. *J. Anim. Sci.* 71:2777-2784.

(Received Nov. 3, 2010; Revised Dec. 27, 2010; Accepted Mar. 3, 2011)