

한우 거세우의 성장단계별 CP 급여수준이 단백질 체내 이용성 및 N 배설량에 미치는 효과

오영균* · 남인식* · 최창원* · 백경훈* · 김정훈** · 김도형*** · 설용주*** · 김경훈*
농촌진흥청 축산과학원*, 건국대학교 동물생산환경학과**, 경상대학교 낙농학과***

Effects of Different Levels of CP Intake on Protein Utilization and N Excretion in Varying Growth Stages of Hanwoo Steers

Y. G. Oh*, I. S. Nam*, C. W. Choi*, K. H. Baek*, J. H. Kim**, D. H. Kim***,
Y. J. Seol*** and K. H. Kim*

National Institute of Animal Science, RDA*, Department of Animal Science and Environment, Konkuk University**, Division of Applied Life Science, Gyeongsang University***

ABSTRACT

Three experiments with different stage of Hanwoo steers (average BW of 167 kg, 355 kg and 449 kg, respectively) were conducted to examine the effect of different quantities of CP intake with similar DM intake on protein balance and N excretion. Twelve Hanwoo steers in each experiment were offered three diets containing three levels of protein (9, 14 and 18 % on DM basis) in the concentrate formulated with using different amount of ground corn grain or corn gluten meal. There were significant effects of increasing CP intake on CP digestibility but not on DM digestibility. Despite different CP intake, apparent fecal N outputs were not significantly affected. However, amounts of N excreted into urine increased ($p < 0.05$) with increasing CP intake. There was an obvious effect of live body weight on efficiency of body protein conversion of CP consumed in excess of animal requirement for maintenance, with slopes of 70 % and 46 ~ 39 % for growing and fattening stage, respectively. Nitrogen excretion into feces and urine in this experiment was 70 % of the daily N consumption for fattening stage, compared with 60 % for growing stage.

(Key words : CP intake, Growth stages, Hanwoo steers, N excretion)

I. 서 론

한우 거세우 고급육 프로그램에서는 급여사료 중 CP 함량을 육성기에 약 15 %, 비육후기는 약 12 %로 성장단계에 따라 다르게 급여하고 있다(김 등, 2005). 이러한 한우 거세우의 CP 급여량 결정은 생산성 관점에 기초하고 있

으나 앞으로는 분뇨를 통한 N 배설량 저감이라는 환경적 문제를 함께 고려해야 한다. 요구량을 초과하여 섭취한 단백질의 이용효율이 감소하게 되고 분과 뇨로 배설되어 환경 오염원이 되기 때문이다. 사료 건물 중 CP 비율을 14 %에서 18 % 높인 착유우(Castillo 등, 2001b)의 경우, 추가로 섭취한 94 g N/d의 15 %와 74 %가

Corresponding author : Kim, K. H. National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea
Tel : 031-290-1656, E-mail : kh665@rda.go.kr

분과 뇨 N로 배설되고, 우유 중 N은 11%로 가장 적었다.

단백질 이용효율의 감소는 비육우의 성장 진행에 따라서도 나타난다. 한우 거세우의 일당 증체 중의 단백질 축적비율은 성장이 진행됨에 따라 약 18% 수준에서 7% 수준으로 감소한다고 하였고(김 등, 2007), NRC(2000)도 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 증체중 단백질 함량 12.7%로 감소한다고 하였다.

섭취 단백질의 체내 이용효율을 높이기 위한 단백질원의 반추위 분해특성, 반추위 bypass와 소장이용성, 반추위 발효동기화 및 에너지 사료급여전략 등의 연구 분야도 최근에는 분뇨를 통한 N 배설량 저감 연구(Castillo 등, 2001a, b; Reynal과 Broderick, 2003)의 관점에서 수행되고 있다.

분뇨를 통한 N 배설 총량은 가축의 성장과 섭취량의 증가, 그리고 가축의 성장에 따른 단백질 이용성 차이에 의해 가장 많은 영향을 받기 때문에, 분뇨를 통한 N 배설량 단위 설정을 위해서는 가축의 성장단계에 따른 단백질 이용 효율 변화 연구가 먼저 이루어져야 한다. 사료적 특성과 사육환경 그리고 사료급여전략 등에 따른 단백질 이용효율의 변화는 성장단계별 배설량 단위의 세부요인으로서 필요한 연구 자료이다.

따라서 본 연구는 한우 거세우의 성장 단계별 사료 CP 섭취량 증가가 단백질 이용효율에 미치는 효과를 조사하면서 성장단계에 따른 단백질 이용성 변화를 N 배설의 환경적 관점에서 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

실험 1에서는 평균체중 167 kg의 한우 거세우를 12두, 그리고 실험 2와 3에서는 평균체중이 각각 355 kg와 449 kg인 한우 거세우를 각각 12두씩 공시하였다.

2. 실험설계 및 실험사료

각 실험에서 조단백질 함량이 다른 3 종류의 배합사료를 급여하면서 체중 증가에 따른 단백질 이용성 차이를 조사하였다. 본 실험의 단백질 수준별 사료 에너지 함량은 큰 차이가 없도록 하기 위해 대사에너지 함량이 3.29 Mcal와 3.20 Mcal/kg로 큰 차이가 없는 corn gluten meal (CGM)과 ground corn(GC)을 이용하여(Susmel 등, 1991) CGM으로 GC를 0%, 7.2%, 14.2% 대체하였고 각 실험에서 제조된 배합사료의 평균 조단백질 함량은 9.2(Low), 14.0(Medium), 18.4%(High)이었고, 볏짚의 평균 조단백질 함량은 5.4%이었다(Table 1).

3. 사양관리 및 조사항목

볏짚과 배합사료의 급여비율은 건물기준으로 20:80으로 동일 적용하였으며, 사료는 체중의 2%(원물기준) 09:00와 17:00에 총 2회 균등 분할

Table 1. Ingredient and crude protein contents of experimental concentrate

Item	CP levels ^{a)}		
	Low	Medium	High
Ingredients (% as fed basis)			
Ground corn grain	72.7	65.5	58.5
Corn gluten meal	—	7.2	14.2
Beet pulp	25.1	25.1	25.1
Limestone	1.6	1.6	1.6
Salt	0.4	0.4	0.4
Vitamin mix ^{b)}	0.2	0.2	0.2
Crude protein(% DM)			
Experiment 1	9.8	14.0	18.9
Experiment 2	8.7	14.8	19.0
Experiment 3	9.1	13.2	17.4

^{a)} Within protein concentration (9.2 and 18.4% DM), low, medium and high CP was formulated.

^{b)} Contained following nutrients per kg : Vitamin A, 2,650,000 IU; Vitamin D3, 530,000 IU; Vitamin E, 1,050 IU; Niacin, 10,000 mg; Mn, 4,400 mg; Zn, 4,400 mg; Fe, 13,200 mg; Cu, 2,200 mg; I, 440 mg; Co, 440 mg; B.H.T, 10,000 mg.

하여 급여하였고 물 및 칼슘·인 공급용 미네랄분력을 자유롭게 섭취하도록 하였다.

사료적응기간은 예비시험을 포함해 총 2주 소요되었고, 사료적응기간 이후 총 5일간 본 시험을 수행하였으며 이 기간 중 분석에 필요한 시료를 채취 하였다. 공시사료는 2회 수집하여 분석하였으며, 분·뇨는 본 실험 기간 중 전량 채취하였는데, 뇨 시료 채취 시 4N의 황산을 300 ml를 매일 아침 뇨 채집용기에 넣어 암모니아태 질소의 휘발을 방지하였다. 분은 1일 총 배설량을 정량한 후 혼합기에서 15~20분간 교반하여 1/10량을 채취, -15°C 냉동실에 보관하였는데 이러한 과정을 본 실험 기간인 5일간 반복하면서 최종적으로 수집된 5일간의 분을 해동 시킨 후 혼합 교반하여 이중 10%를 채취하여 60°C 송풍건조기에서 48시간동안 건조시켜 분석하였다. 뇨는 배설량의 10%를 채취하여 냉동실에 보관하였으며 5일간 채취한 뇨를 혼합 후 그 중 일정비율을 채취하였다. 분의 질소 함량은 생분 상태로 분석하였으며, 사료와 분·뇨의 일반성분은 AOAC(1990)법에 의하여 분석하였다.

4. 통계분석

시험별 단백질 급여수준별 통계분석은 소화율, 분뇨를 통한 조단백질 배설량과 체내 축적량 그리고 조단백질 섭취량에 대한 분·뇨 배설율과 이용효율에 대한 통계분석은 GLM procedure(SAS, 1996)을 이용하여 실시하였다. 처리간 평균은 polynomial contrasts를 이용하여 linear effect를 검정하였고, 실험과정에서의 개체별 문제로 인하여 실험 2의 Low구에서 1두, 실험 3의 Medium구와 High구에서 각 1두가 결측구로 처리되었다.

III. 결과 및 고찰

1. 사료섭취량 및 소화율

실험 1, 2와 3에서 공시축은 체중의 2%로 급여한 사료를 전량 섭취하였고, 실험 1(Table 2)이 73~75 g DM/BWkg^{0.75}, 실험 2(Table 3)는 65~68 g DM/BWkg^{0.75} 그리고 실험 3(Table 4)은 76~86 g DM/BWkg^{0.75} 범위였다. 배합사료와 조사료의 섭취량 비율은 모든 실험이 평균 80:20을 유지하였다. DM 섭취량 중의 CP 섭취량 비율은 Low구는 실험 1, 2와 3이 7~8%의 범위를 보였고, Medium구는 10~11%, High구

Table 2. Effect of crude protein intake levels on nutrients intake and digestibility of Hanwoo steers in trial 1

Item	CP levels			SEM ^{a)}	P
	Low	Medium	High		Linear
Body weight (kg)	161.4	160.9	177.8	23.6	
DM intake (kg/d)	3.3	3.3	3.7	0.6	
(g/BWkg ^{0.75})	72.9	72.3	75.0	6.2	
Rice straw	15.0	14.5	15.3	1.5	
Concentrate	57.9	57.8	59.7	4.8	
DM digestibility (%)	58.9	66.2	67.8	3.2	
CP intake (g/d)	261.2	355.6	531.7	66.1	0.004
(% DMI)	7.9	10.9	14.5	0.9	<0.001
CP digestibility (%)	34.0	52.2	62.5	4.3	0.008

^{a)} Standard error of mean.

Table 3. Effect of crude protein intake levels on nutrients intake and digestibility of Hanwoo steers in trial 2

Item	CP levels			SEM ^{a)}	P
	Low	Medium	High		Linear
Body weight (kg)	363.3	356.6	352.4	16.0	
DM intake (kg/d)	5.4	5.5	5.5	0.0	
(g/BWkg ^{0.75})	64.8	66.6	67.6	2.3	
Rice straw	13.1	13.2	13.4	0.5	
Concentrate	51.8	53.3	54.2	1.8	
DM digestibility (%)	68.5	69.3	72.1	2.2	
CP intake (g/d)	376.7	617.1	789.6	0.0	<0.001
(% DMI)	7.0	11.3	14.4	0.0	<0.001
CP digestibility (%)	34.1	53.4	60.6	4.2	0.04

^{a)} Standard error of mean.

Table 4. Effect of crude protein intake levels on nutrients intake and digestibility of Hanwoo steers in trial 3

Item	CP levels			SEM ^{a)}	P
	Low	Medium	High		Linear
Body weight (kg)	469.5	397.3	472.7	32.6	
DM intake (kg/d)	7.6	7.7	7.7	0.0	
(g/BWkg ^{0.75})	75.6	86.2	75.9	4.5	
Rice straw	15.5	17.5	15.5	0.9	
Concentrate	60.2	68.7	60.5	3.6	
DM digestibility (%)	65.1	69.0	69.6	2.2	
CP intake (g/d)	540.7	764.3	995.0	4.1	<0.001
(% DMI)	7.1	10.0	13.0	0.0	<0.001
CP digestibility (%)	36.6	48.9	56.7	3.2	0.021

^{a)} Standard error of mean.

는 13 ~ 14 % 수준이었다. 육용우의 체 1위 내에서의 사료의 소화와 발효를 최대로 높이기 위해서는 건물 중의 CP 함량은 11 % 혹은 그 이상이 필요하다고 한다(Hungate, 1966). 육용우를 이용한 사양실험 성적에서도 사료 중 CP

함량을 12 % 전후일 때 사료의 섭취량과 에너지의 이용효율을 최대로 나타냈고(Brannan 등, 1973; Eck 등, 1988) 사료 중 CP 함량과 육질 등을 포함한 고기의 생산성과 관계를 조사한 결과에서도 CP 함량은 12 % 정도가 적당하다

고 하였다 (圖師, 1999). 이러한 이유 때문에 한우 사양표준(농림부, 2002)과 일본 육우 사양표준(農林水産技術會議事務局, 2000)에서는 최소 12%를 권장하고 있고, 본 실험에서는 Low구만이 최저 권장수준보다 약 4~5% 낮았고, Medium구는 최소 권장량 수준, High구 최소 권장량 보다 1~2% 높았다.

실험 1에서 평균 167 kg의 공시축이 섭취한 DM 및 CP 섭취량을 한우 사양표준(농림부, 2002)에서 제시하는 한우 거세우의 영양소 요구량과 비교하면, 0.6 kg의 일당 증체에 필요한 DM 요구량보다 조금 낮았고, CP 섭취량은 High 구에서만 0.6 kg의 일당 증체에 요구되는 470 g/d 보다 높았다. 평균 체중이 355 kg인 실험 2에서의 DM 섭취량은 일당 증체 0.6 kg에 필요한 DM 요구량보다 낮았지만, Medium구와 High구의 CP 섭취량은 요구량 보다 높았다. 그러나 실험 3에서의 DM 섭취량은 0.6 kg의 일당 증체에 요구되는 수준이었고, Medium구와 High구의 CP 섭취량은 요구량보다 높았다.

CP 섭취량이 증가하면서 모든 실험의 DM 소화율이 증가하였으나, 유의적인 차이는 없었다. 실험 1, 2와 3의 Low구 CP 소화율은 34~37%의 범위로 현저히 낮았고, Medium구는 50~53%, High구는 57~67%으로 모든 실험에서 CP 섭취량이 증가하면서 CP 소화율은 직선적으로(linear) 증가($P<0.01$, 0.05)하는 것으로 나타났다. Low구와 비교하여 Medium구 및 High구의 소화율 증가는 실험 1에서는 각각 57%, 92%, 실험 2에서는 각각 58%, 96%로 높은 증가율을 보였다. 그러나 실험 3에서는 각각 36%, 56%로 실험 1과 2의 증가율과 비교하면 약 42% 감소하였다.

모든 실험의 Low구 소화율이 34~37%의 범위로 낮았던 원인은 반추위 분해 및 하부 소화관에서의 소화율이 종합적으로 반영된 결과이기 때문에 소화기관별 단백질 이용성에 어떤 변화가 있었는지에 대한 고찰이 요구된다. 홀스타인 거세우의 반추위와 하부소화관에 cannula를 장착하여 소화관별 영양소 손실율을 구명한 Hannah 등(1991)의 실험에서 저질조사료 단독 급여구의 1일 질소 섭취량은 10.3 g

이었지만, 제 4위를 지나 십이지장으로 유입되는 질소량은 섭취질소량보다 4배 높은 43.9 g 이었고, 그 결과, 전장소화율은 -41.5%로 나타났다. 저질조사료에 대두박을 7% 보충 급여하였을 때는 질소섭취량이 43.4 g으로 증가하고, 십이지장 유입 질소량은 질소 섭취량의 약 1.6배 높은 70.6 g, 그 결과 전장소화율은 37.5%로 높아졌다. 이러한 결과는 저질조사료 단독 급여구와 단백질 보충구의 반추위 외관상 질소 소화율 -326%와 -59%가 각각 전장소화율에 반영된 결과이며, Krys1 등(1989)도 같은 실험 결과를 보고하였다. Prairie hay를 단독급여하면서 대두박을 체중의 0.12, 0.24% 보충 급여한 Stokes 등(1988)의 실험에서도 -37, 11과 21%의 외관상 반추위소화율, 36, 63과 71%의 단백질 전장소화율을 보고하였다. 단백질 섭취 수준이 낮으면 반추위 분해단백질(RDP)은 더욱 제한되기 때문에 반추위로 재 순화되기 위한 혈중 urea N이 증가되게 된다(Castillo 등, 2001b). 본 실험의 Low구의 CP 섭취량 수준은 한우 거세우의 유지조단백질 요구량 5.56g BWkg^{0.7}(김 등, 2006) 보다 낮은 평균 5.2g BWkg^{0.7}이었기 때문에 재순환질소량의 증가로 십이지장 유입질소량이 섭취질소량을 크게 상회하고, 이러한 결과로 외관상 전장 조단백질 소화율이 낮았던 것으로 판단된다. 따라서 CGM을 증가시킨 본 실험의 Medium구와 High구에서는 Low구와 비교하여 재순환 질소량이 감소하고, 따라서 십이지장 유입 질소량이 섭취질소량 수준과 비슷하거나 조금 적은 수준이기 때문에 전장 조단백질 소화율 52%, 63%로 증가한 것으로 판단된다.

2. 뇨 조단백질 배설율과 단백질 이용효율

모든 실험에서 CP 섭취량(g/d)이 증가하면서 N 배설량도 증가하였고, 그 주요 요인은 뇨 N의 증가로 나타났다(Table 5, 6, 7). 뇨 N 배설량(g/d)은 CP 섭취량이 증가하면서 실험 1과 2에서는 직선적으로(linear) 증가($P<0.05$)하였지만 실험 3에서는 증가량에 대한 linear 효과는 없었다. 따라서 CP 섭취량 중의 뇨 N 배설율은

Table 5. Effect of crude protein intake levels on crude protein balance of Hanwoo steers in trial 1

Item	CP levels			SEM ^{a)}	P
	Low	Medium	High		Linear
CP intake (g/d)	261.2	355.6	531.7	66.1	0.004
CP losses (g/d)					
Feces	171.2	170.5	198.4	32.9	
Urine	46.3	80.2	113.6	18.9	0.034
CP retention (g/d)	43.7	104.9	219.6	43.8	0.005
Ration of CP intake (%)					
Feces	66.0	47.8	37.5	4.3	0.008
Urine	17.6	23.2	21.7	5.6	
CP retention	16.4	29.0	40.8	6.5	0.03
Ration of absorbed CP (%)					
Urine	51.6	44.8	34.7	10.6	
CP retention	48.4	55.3	65.3	10.6	

^{a)} Standard error of mean.

Table 6. Effect of crude protein intake levels on crude protein balance of Hanwoo steers in trial 2

Item	CP levels			SEM ^{a)}	P
	Low	Medium	High		Linear
CP intake (g/d)	376.7	617.1	789.6	0.0	<0.001
CP losses (g/d)					
Feces	248.1	287.6	311.1	19.4	
Urine	123.8	203.2	266.2	32.2	0.025
CP retention (g/d)	4.9	126.2	212.3	32.9	0.006
Ration of CP intake (%)					
Feces	65.9	46.6	39.4	4.2	0.04
Urine	32.9	32.9	33.7	4.9	
CP retention	1.3	20.5	26.9	5.0	
Ration of absorbed CP (%)					
Urine	97.8	61.8	55.6	10.0	
CP retention	2.2	38.2	44.4	10.0	

^{a)} Standard error of mean.

처리 간에 차이가 없었다. 분 N 배설량(g/d)은 모든 실험에서 처리 간 차이가 없었기 때문에 CP 섭취량 중의 분 N 배설율은 Low구 63~66%, Medium구 47~51%, High구 38~43%로 직

선적으로(linear) 감소하였다(P<0.01, P<0.05).

분뇨를 통한 N 배설량을 제외한 단백질 축적을 즉 단백질 이용효율은 CP 섭취량이 증가하면서 실험 1에서는 16%, 29%, 41%로 직선

Table 7. Effect of crude protein intake levels on crude protein balance of Hanwoo steers in trial 3

Item	CP levels			SEM ^{a)}	P
	Low	Medium	High		Linear
CP intake (g/d)	540.7	764.3	995.0	4.1	<0.001
CP losses (g/d)					
Feces	342.9	390.8	431.1	24.6	
Urine	186.3	222.7	265.7	96.7	
CP retention (g/d)	88.3	150.8	298.3	40.9	0.003
Ration of CP intake (%)					
Feces	63.4	51.1	43.3	3.2	0.021
Urine	20.3	29.1	26.7	4.8	
CP retention	16.3	19.7	30.0	4.9	0.037
Ration of absorbed CP (%)					
Urine	54.8	60.1	47.2	10.5	
CP retention	44.9	39.9	52.8	11.3	

^{a)} Standard error of mean.

적으로(linear) 증가하였고($P < 0.05$), 실험 3도 16%, 20%, 30%로 직선적으로(linear) 증가하였다($P < 0.05$). 실험 2는 Low구의 대사체중당 N 섭취량이 4.5 g으로 한우사양표준에서 채택하고 있는 유지 CP 요구량을 $5.56 \text{ g/BWkg}^{0.75}$ 보다 약 20% 정도 적게 섭취하였고, 따라서 이용효율이 1%로 현저히 낮았으며, Medium구와 High구에서 20%와 27%로 증가하는 quadratic 효과($P < 0.001$)를 보였다.

이상의 결과를 종합하면, CP 섭취량이 증가하면서 단백질 이용효율(%)도 증가하지만, 특히 뇨 N 배설량 증가로 분뇨를 통한 N 배설량(g/d)도 증가하였다. 즉, 1일 분뇨 N 배설량(g/d)은 사료 DM 중 CP 함량이 10~11%(Medium구)에서 13~14%(High구)로 증가하면서 실험 1, 2와 3의 분뇨를 통한 N 배설량(g/d)도 각각 약 25%, 18%, 그리고 13% 증가하였다.

본 실험에서 배합사료 중의 CP 함량은 분쇄 옥수수, 일정비율을 CGM로 대체하는 방법으로 증가시켰다. 따라서 Medium구와 High구의 CP 섭취량 증가는 CGM에 의한 것이고, CGM의 전장소화율이 높다는 것을 고려해 볼 때,

Medium구와 High구의 분 CP 배설량은 Low구와 큰 차이가 없을 것으로 판단된다. 이와 같이 소화율이 높은 사료를 이용하는 경우에는 미소화 CP에 의한 분중 CP 배설량의 증가를 줄이고자 하는 것은 그 효과를 기대하기 어려울 것이다(Tamminga, 1992). CGM과 같은 UDP 함량이 높은 사료의 보충급여에 의한 사료단백질 증가 효과는 특히 착유우와 면양 연구에서 많이 수행되었다. 대부분의 연구에서 유생산 및 유조성분에 미치는 효과는 없었고, 오히려 뇨 N 배설량이 증가하는 결과를 보였고(Sutton 등, 1998; Wright 등, 1998; Swanson 등, 2000; Castillo 등, 2001b) 환경 오염의 관점에서 보면 뇨의 주성분인 urea는 분중 N보다 더 빨리 분해되어 환경에 영향을 주기 때문에 뇨에 의한 N 배설량을 줄이는 노력이 더 필요하다.

Castillo 등 (2001a)에 의하면 탄수화물원의 차이, 즉 반추위 분해도가 높은 전분을 섭취한 착유우의 뇨 N 배설량은 NDF 함량이 높은 사료, 분해도가 낮은 전분사료, 그리고 가용성 당이 높은 사료를 섭취한 구와 비교하여 높게 나타났다. 이런 경우에는 반추위로부터 암모니아

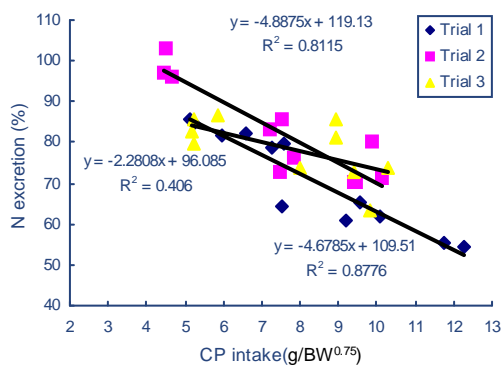


Fig. 1. Relationship between crude protein intake (g/BW^{0.75}) and total nitrogen excretion.

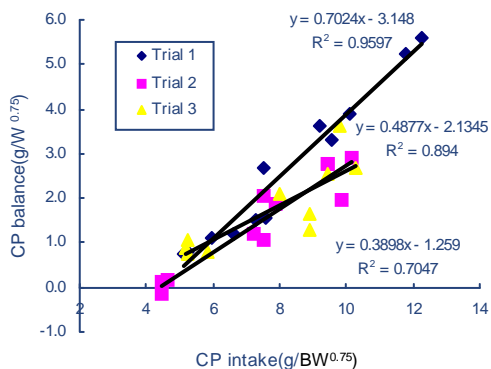


Fig. 2. Relationship between crude protein intake and crude protein balance.

흡수량이 증가하지만 뇨로 배설되고, 아미노산의 흡수량도 증가하지만 탈아미노화되어 뇨로 배설된다고 하였다.

대사체중당 CP 섭취량(g/BWkg^{0.75})에 대한 분뇨 N 배설율을 개체별로 나타낸 Fig. 1에 의하면, 평균체중 167 kg의 실험 1은 대사체중당 CP 섭취량이 약 5.0 g/BWkg^{0.75}에서 12.0 g/

BWkg^{0.75}까지 증가하면서 분뇨를 통한 N 배설율을 85 %에서 55 % 까지 크게 감소하였고, 평균체중 355 kg인 실험 2는 4.5 g/BWkg^{0.75}에서 10.0 g/BWkg^{0.75}까지 CP 섭취량 증가와 100 %에서 70 %까지의 분뇨 N 배설량 감소를 보였고, 실험 1보다 배설율이 높은 수준으로 나타났다. 평균체중이 449 kg인 실험 3의 CP 섭취량은

Table 8. Estimated N excretion amount from daily dry matter intake, crude protein percentage and N excretion rate

Body weight (kg)	Daily gain (kg/d)	Dry matter Intake ^{a)} (kg/d)	Crude protein ^{a)} (% DM)	N excretion rate ^{b)} (%)	N excretion (g/d)
150	0.8	3.6	14.9	60	52
200	0.8	4.4	12.9	60	55
250	0.8	5.2	12.0	60	60
300	0.8	6.0	12.0	60	69
350	0.8	6.7	12.0	70	90
400	0.8	7.4	12.0	70	100
450	0.8	8.1	12.0	70	109
500	0.8	8.8	12.0	70	118
550	0.8	9.4	12.0	70	126
600	0.8	10.1	12.0	70	136
650	0.8	10.7	12.0	70	144
700	0.8	11.3	12.0	70	152

^{a)} Values from Feeding Standard for Hanwoo steers(2002).

^{b)} Values from the current data.

5.0 g/BWkg^{0.75}에서 10.0 g/BWkg^{0.75}으로 실험 2와 비슷하였으나, 분뇨를 통한 N 배설율은 약 85%에서 70%로 낮았고, 그 감소 폭이 좁았다. 본 실험의 High구와 같이 약 0.6 kg의 일당증체에 필요한 DM 및 CP 섭취수준을 만족시키는 경우, 육성기에는 약 60%, 비육기에 들어서면 섭취 CP의 70%가 분뇨 N로 배설되는 것으로 나타났다.

육성기와 비육기의 N 배설율이 다른 것은 체중이 증가하면서 유지 수준이상에서 섭취 사료의 CP 증가량에 대한 체단백질 축적효율이 다르기 때문인 것으로 보인다(Fig. 2). 실험 1은 유지 수준 이상에서의 섭취 CP 증가량에 대한 체내 축적효율은 약 70%임을 보여주고 있고, 실험 2와 3에서는 각각 46%와 39%로 감소하는 것을 알 수 있다. 이와 같이 체중이 증가하면 저수준의 CP 급여에서도 대사단백질 결핍에 대한 가축의 반응이 작아지기 때문에(NRC, 2000), 유지 CP 요구량을 구하기 위한 단백질 균형시험은 일반적으로 100~250 kg 미만의 공시축이 이용하게 되는 것이다(김 등, 2006).

이상의 결과와 한우 사양표준(농림부, 2002)에서 제시하는 1일 건물 섭취량과 사료중 단백질 함유율을 기준으로 한우 거세우의 분뇨를 통한 N 배설 총량을 구하기 위해 생체중 300 kg까지는 60%의 N 배설율을, 그 이후의 비육기 부터는 70%의 배설율을 적용해 보면 다음과 같다. 일당증체 0.8 kg를 목표로 할 때, 생체중 200 kg와 300 kg에서의 분뇨를 통한 N 배설량은 각각 55 g과 69 g N/d이고, 생체중 400 kg, 500 kg, 600 kg, 700 kg에서는 각각 100 g, 119 g, 136 g, 152 g N/d인 것으로 계산되었다(Table 8).

IV. 요약

평균 체중이 각각 167 kg(실험 1), 355 kg(실험 2) 그리고 449 kg(실험 3)인 한우 거세우 12 두씩을 공시하여 성장단계별로 건물섭취량이 동일한 조건에서 CP 섭취량 증가가 단백질 균형 및 N 배설량에 미치는 효과를 조사하였다. 각 시험의 공시축은 CP 수준이 평균 9% 14

%, 18% DM가 되도록 ground corn grain을 corn gluten meal 일정 비율 대체 혼합한 배합 사료를 섭취하였다. 사료 CP 섭취량 증가로 CP 소화율은 유의성있게 증가하였으나, 건물소화율은 유의하게 증가하지 않았다. 사료 CP 섭취량 증가는 분 N 배설량 증가보다는 주로 뇨 N 배설량을 증가(P<0.05) 시켰다. 유지수준 이상에서 섭취된 CP의 체축적 효율은 육성기에 약 70%, 비육기에는 46~39%로 공시축의 성장과 체중증가에 따라서 크게 낮아졌다. 따라서 분뇨를 통한 N 배설량은 육성기에는 섭취 CP의 60%, 비육기에는 70%로 가축의 성장에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

V. 인용 문헌

1. A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
2. Brannan, W. L., Hatfield, E. E., Owens, F. N. and Lewis, J. M. 1973. Protein concentration and sources for finishing ruminants fed high-concentrate diets. J. Anim. Sci., 36:782-787.
3. Castillo, A. R., Kebreab, E., Beever, D. E., Barbi, J. H., Sutton, J. D., Kirby H. C. and France, J. 2001a. The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. J. Anim. Sci., 79:240-245.
4. Castillo, A. R., Kebreab, E., Beever, D. E., Barbi, J. H., Sutton, J. D., Kirby, H. C. and France, J. 2001b. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. J. Anim. Sci., 79:247-253.
5. Eck, T. P., Bartle, S. J., Preston, R. L., Brandt, R. T. and Richardson, C. R. 1988. Protein source and level for incoming feed-lot cattle. J. Anim. Sci. 66:1871-1876.
6. 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.
7. Hungate, R. E. 1966. The Rumen and its Microbes. Academic Press, New York.
 8. 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.
 9. National Research Council. 2000. Nutrient requirements of domestic animals: Nutrient requirements of beef cattle. update. NAS- NRC, Washinton, D.C.
 10. Reynal, S. M. and Broderick, G. A. 2003. Effects of feeding dairy cows protein supplements of varying ruminal degradability. J. Dairy Sci. 86:835-843.
 11. SAS. 1996. SAS user's guide. Release 6.12 edition, SAS Institute. Inc., Cary, NC.
 12. 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 postruminal administration of antibiotics. J. Anim. Sci. 66:1778-1789.
 13. Susmel, P., Spanghero, M., Stefanon, B. and Mills, C. R. 1991. Performance of lactating Simmental cows fed two diets differing in the content of digestible intestinal protein (PDI). Livest. Prod. Sci. 27:157-175.
 14. Sutton, J. D., Cammell, S. B., Beever, D. E., Humphries, D. J. and Phipps, R. H. 1998. Energy and nitrogen balance of lactating dairy cows given mixtures of urea-treated whole-crop wheat and geass silage. Ani., sci. 67:203-212.
 15. Swanson, K. C., Caton, J. S., Redmer, D. A., Burke, V. I. and Reynolds, L. P. 2000. Influence of undegraded intake protein on intake, digestion, serum hormones and metabolites, and nitrogen balance in sheep. Small Ruminant Research 35: 225-233.
 16. Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. J. Dairy Sci. 75:345-357.
 17. Wright, T. C., Moscardini, S., Luimes, P. H. and McBride, B. W. 1998. Effects of rumenundegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy cows. J. Dairy Sci. 81:784-793.
 18. 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.
 19. 圃師和好, 井口明浩, 小林正和, 森 知夫, 生井和夫, 笠井勝美, 棚井華雄, 岩倉直行, 神邊佳弘, 増山秀人, 齋藤友喜, 須藤慶子, 淺田 勉, 宮重俊一, 甫立京子, 阿部啓之, 河北由美, 阿部 亮. 1999. 肥育前期における飼料中 CP 水準及び肥育後期におけるデンプン, NDF水準が黒毛化種去勢牛の産育性に及ぼす影響. 畜試研究資料, 13: 1-88.
 20. 김경훈, 이주환, 오영균, 강수원, 이상철, 박용렬, 고영두. 2005. 거세한우에 있어서 배합사료의 적정 TDN 수준과 도축 월령. 한국동물자원과학회지. 47:731-744.
 21. 김경훈, 오영균, 이상철, 신기준, 강수원, 문여황, 송만강. 2006. 단백질 균형시험에 의한 한우 거세우의 유지 조단백질 요구량. 한국동물자원과학회지. 48:533-540.
 22. 김경훈, 오영균, 이상철, 신기준, 정완태, 강수원, 홍성구, 주종철, 백봉현. 2007. 비교도체법에 의한 한우 거세우의 증체에너지 및 단백질 요구량. 한국동물자원과학회지. 49:41-50.
 23. 농림부. 2002. 한국사양표준 (한우). (접수일자 : 2007. 3. 23. / 채택일자 : 2007. 5. 11.)