

## 사료 내 조단백질 및 칼슘 수준에 따른 비육후기 거세한우의 성장성적 및 도체특성에 미치는 영향\*

류채화\*\*\* · 이성대\*\*\* · 이슬\*\*\* · 백열창\*\*

### Effects of Crude Protein and Calcium Levels in Feed on Growth Performance and Carcass Characteristic of Hanwoo Steers

Ryu, Chae-Hwa · Lee, Sung-Dae · Lee, Seul · Baek, Youl-Chang

This study was conducted to confirm the growth performance of Hanwoo steers according to the crude protein and calcium levels and their effects on carcass characteristics. The experiment consisted of a total of 4 groups: HPHC (CP 15%, Ca 1.2%), HPLC (CP 15%, Ca 0.6%), LPHC (CP 12.5%, Ca 1.2%), LPLC (CP 12.5%, Ca 0.6%). In the feeding trial, Hanwoo steers ( $650.8 \pm 16.27$  kg,  $n = 32$ , 24 months of age) were divided into four feeding groups ( $n = 8$  each) with the same initial body weight. Animals were fed with each rice straw and concentrate (1:9) until the late fattening stage. Growth performance was measured by daily weight gain, feed conversion rate, and final weight. Carcass characteristics were measured carcass weight, loin area, back-fat thickness and marbling score. There was no significant difference in growth performance and carcass characteristics among the treatment groups. However, the ratio of meat quality grade 1<sup>+</sup> or higher was 76% in LPLC, which was higher than other treatments (HPHC, 63%; HPLC, 63% and LPHC, 50%). Therefore, reducing crude protein in the feed did not affect growth and carcass characteristics. In addition, calcium control in the late fattening stage did not affect growth performance. In LPLC, the ratio of meat quality 1<sup>+</sup> or higher was the highest, so additional research on calcium control in feed is thought to be necessary. However, there was no significant difference in the relationship between protein and calcium levels in feed in all study results, so the influence of the two factors on each other is thought to be low.

Key words : *calcium, carcass characteristic, crude protein, growth performance, hanwoo steer*

\* 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(PJ01694801) 및 2023년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 지원사업에 의해 이루어진 것임.

\*\* Corresponding author, 국립축산과학원 동물영양생리과 농업연구사(chang4747@korea.kr)

\*\*\* 국립축산과학원 동물영양생리과

## I. 서 론

전 세계의 기후 동향을 보면 1880년부터 2012년까지 약 130년간 0.85°C 온도상승에 반해, 2030년부터 2050년까지 1.5°C의 온도상승을 예측하고 있다(IPCC, 2018). 우리나라는 지구온난화 대응을 위한 국제사회 노력에 동참하며, 2020년 2050 탄소중립을 선언하였다. 우리나라 온실가스 총배출량 중 축산분야 온실가스 배출량은 1.45%(9.7백만 톤 CO<sub>2</sub>eq.)이며, 이 중 4.7백만 톤 CO<sub>2</sub>eq.은 가축의 장내 발효, 5.0백만 톤 CO<sub>2</sub>eq.은 가축분뇨 처리 과정에서 배출되었다(GIR, 2022). 2050 탄소중립으로 인해 전 세계는 다양한 온실가스 감축 수단을 제시하고 있으며 특히 반추동물의 사육 환경에 대해 주목하고 있어 적절한 대응책이 요구된다.

축산에서 배출되는 비에너지 온실가스는 메탄과 아산화질소로 규정하고 있다(Kim et al., 2016). 반추동물 사양관리에서도 이러한 환경오염물질 저감을 위해 다양한 연구를 시도하고 있으며(Slyter et al., 1979), 최종 목표는 사육기간 동안 환경오염물질 배출을 최소화 하는 것이다. 이에 대한 방법으로 비육 후기에 과잉 공급되는 단백질을 줄여 질소배출량을 저감하고자 연구들이 수행되었다(Cole et al., 2003; Ryu et al., 2021). 하지만 많은 농가에서는 비육후기 단백질 감소가 생산성 저하로 연결될 것을 우려하고 있다. 선행 연구에 따르면 비육기 단축 및 저단백질 사료급여에도 한우성장에는 큰 영향이 없었으나, 질소배출량을 저감한다고 연구된 바 있다(Ryu et al., 2021). 또한, 비육 후기 사료에서 칼슘 함량을 낮추면 혈액 내 칼슘함량을 유지하기 위해 비타민 D<sub>3</sub> 합성을 증가시킨다(Lee et al., 2003). 비타민 D<sub>3</sub> 합성량 증가는 지방세포에 이온화칼슘 유입을 증가시키고 지방산 합성을 유도하며 지방분해를 억제해 육질 개선에 도움이 된다고 알려져 있다(McGrath et al., 2012). 선행 연구에서도 비육후기 거세한우를 이용한 연구에서 사료 내 칼슘 함량을 낮추었을 때, 육량에서는 차이가 없었으나 육질이 개선되는 효과를 확인하였다(Lee et al., 2003). 그러나 최근까지 단백질 저감 및 칼슘 함량 조절에 대한 상관관계에 대한 연구는 부족하다.

따라서 본 연구에서 비육 후기 사료 내 단백질 및 칼슘 수준이 거세우의 성장 성적 및 도체 특성에 미치는 영향을 확인하기 위해 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시 동물 및 사양 관리

평균 23.8±0.22개월인 비육 후기 한우 거세우 32두(평균 체중 650.8±16.27 kg)를 공시하여 28.9±0.88개월까지 5개월간 사양 실험을 실시하였다. 공시 사료는 두당 볏짚 1 kg와 배합사료 9 kg을 제한 급여하였으며, 물과 미네랄블록은 자유 섭취하도록 하였다. 실험 설계는 조

사료 및 배합사료의 급여비율을 고려해 조단백질 2수준(15% 및 12.5%)과 칼슘 2수준(1.2% 및 0.6%)을 이용해 완전 요인 설계하였다(Table 2). 공시축은 한 우방당 2마리씩 배치하였으며, 각 처리구당 8두씩 완전 임의 배치하였다.

### 2. 일반 성분 분석

실험에 사용된 사료는 60°C에서 48시간 건조한 후, 건물 함량을 측정하였다. 건조된 시료는 분쇄기를 이용하여 1 mm 망에 통과 가능한 크기로 분쇄 후 일반성분 분석에 이용하였다. 실험 사료의 조단백질(crude protein, CP), 조지방, 및 조회분 함량은 AOAC (2016)에 따라 분석하였으며, 중성세제불용섬유소(neutral detergent fiber, NDF)와 산성세제불용섬유소(acid detergent fiber, ADF) 함량은 ANKOM2000 fiber analyzer (ANKOM Technology Corporation, Macedon NY, U.S.A.)를 이용하여 Van Soest 등(1991)의 방법으로 분석하였다. 모든 화학 분석결과는 건물 함량(%원물)을 제외하고 건물기준으로 환산하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Chemical composition of experimental diets

Items	Rice straw	Concentrate				Experimental diets			
		HPHC	HPLC	LPHC	LPLC	HPHC	HPLC	LPHC	LPLC
Dry matter (DM), %	86.21	91.25	90.75	91.20	91.21	90.75	90.30	90.70	90.71
Crude protein (CP), %DM	3.81	16.34	16.84	13.79	13.57	15.09	15.54	12.79	12.59
Ether extract, %DM	1.38	3.74	3.22	3.92	4.07	3.50	3.12	3.67	3.80
Neutral detergent fiber, %DM	54.54	25.56	25.06	25.49	23.59	28.46	28.01	28.40	26.69
Acid detergent fiber, %DM	30.86	12.22	11.51	11.66	10.42	14.08	13.45	13.58	12.46
Ash, %DM	13.56	7.89	7.65	8.46	7.10	8.46	8.24	8.97	7.74
Calcium, %DM	0.34	1.42	0.70	1.35	0.67	1.31	0.66	1.25	0.64
Phosphate, %DM	0.10	0.65	0.64	0.65	0.64	0.60	0.59	0.60	0.59

Note: HPHC, CP 15% and Ca 1.2%; HPLC, CP 15% and Ca 0.6%; LPHC, CP 12.5% and Ca 1.2%; LPLC, CP 12.5% and Ca 0.6%.

### 3. 성장 성적 및 혈액 분석

사료섭취량은 우방당 급여량에서 잔량을 공제하여 매일 측정하였고, 체중은 개시 및 종료 체중을 측정하였다. 혈액은 실험 시작 및 종료 시 EDTA가 없는 튜브에 채취하여 원심 분리한 후 혈청 샘플을 채취하여 분석 전까지 -70°C에 보관하였다. 혈청 내 비타민 D<sub>3</sub> (1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>)는 방사면역분석 키트(Immuno Diagnostic Systems, Bolden, UK) 및  $\gamma$ -카운터(COBRA II 5005, Packard, Meriden, MD, USA)를 사용하여 측정하였다. 혈청 내 이온화칼슘(Ca<sup>2+</sup>) 농도

는 Na/K/Ca/pH Analyzer Solution Pack (Medica, Bedford, MA, USA)과 자동분석기(Easylyte Calcium, Nihonkoden, Japan)를 이용한 이온선택전극법으로 측정하였다. 칼슘(calcium, Ca) 및 인(phosphate, P) 함량은 분석 키트(WAKO Pure Chemical Ind., Tokyo, Japan) 및 자동 화학 분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다.

#### 4. 도체 특성 평가

실험 종료 후, 공시 동물은 출하하여 도축되었고 축산물품질평가원의 등급판정기준에 따라서 도체중, 육량 특성(등지방 두께, 등심 단면적 및 육량 지수) 및 육질 특성(근내지방도, 육색, 지방색, 성숙도 및 조직감)을 통하여 육량 등급과 육질 등급을 조사하였다.

#### 5. 통계 분석

한우 거세우 생산성에 대한 효과 가설 검정은 이원분산분석으로 수행하였고, 사후검정은 Duncan multiple range를 사용하였다. 5% 유의수준으로 효과의 유의성을 검정하였다. 통계 분석은 SPSS 프로그램(Version 26, IBM, NewYork, USA)을 사용하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

사료 내 조단백질 및 칼슘 수준을 조절한 한우 거세우의 성장성적 중 일당증체량은 조단백질, 칼슘 수준 및 그의 상호관계에서도 모두 유의적 차이가 없었다(Table 2). 또한 사료 요구율 및 최종체중에서 처리구 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

혈액성상 중 실험개시  $Ca^{2+}$ , P에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다(Table 3). Ca는 처리구 간의 차이를 보였으나( $p < 0.05$ ), 선행연구에서 제시한 변동범위인 7.3-19.02 mg/dL 내의 결과를 보였다(Kim et al., 1989). 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>에서도 처리구 간의 차이를 보였으나( $p < 0.05$ ), 모든 처리구의 데이터가 정상범위(20 ng/mL 이상)에 근사한 수준을 보였다(Kim and Shin, 2012).  $Ca^{2+}$ 은 칼슘대사의 항상성을 유지하는 역할을 하며 정상 범위는 1.1-1.3 mmol/L이다(Kim and Shin, 2012). 실험개시 및 종료 시 모두 혈액 내  $Ca^{2+}$ 이 낮게 나타났으나 실험기간 유의적 차이는 없었다. Ca은 뼈와 치아의 성장과 유지뿐만 아니라 많은 대사 및 신경학적 기능에 필수적인 것으로 알려져 있으며, 그 중 하나는 지방세포에서 지방산 합성을 향상시킨다(Lee et al., 2003). 또한 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> 농도의 증가는 지방세포와 췌장세포로의  $Ca^{2+}$  유입을 증가시키고, 결과적으로 세포 내  $Ca^{2+}$ 의 증가와 순환계 인슐린 농도의 증가는 지방산 합성을 유도하고 지방분해를 억제시킨다(Zemel et al., 2000). 그러나 실험종료 Ca과 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>은

Table 2. Effects of crude protein and calcium levels on growth performance of Hanwoo steers

Items	HPHC	HPLC	LPHC	LPLC	SEM	p-value		
						CP	CA	I
Initial body weight, kg	646.50	649.36	653.75	653.75	2.875	0.336	0.810	0.810
Average daily gain, kg/day/head	0.75	0.74	0.73	0.82	0.019	0.506	0.276	0.158
Feed intake, kg/day/head	9.94	10.00	9.88	9.89	0.022	0.399	0.058	0.528
Feed conversion ratio	13.49	14.26	12.84	12.40	0.332	0.800	0.068	0.370
Final body weight, kg	729.63	722.00	720.25	729.50	4.889	0.927	0.937	0.413

Note: 1. HPHC, CP 15% and Ca 1.2%; HPLC, CP 15% and Ca 0.6%; LPHC, CP 12.5% and Ca 1.2%; LPLC, CP 12.5% and Ca 0.6%.

2. SEM, standard error of mean; CP, crude protein; CA, calcium; I; interaction.

Table 3. Effects of crude protein and calcium levels on Ca<sup>2+</sup>, Ca, P and 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> in blood of Hanwoo steers

Items	HPHC	HPLC	LPHC	LPLC	SEM	p-value		
						CP	CA	I
Initial								
Ca <sup>2+</sup> , mmol/L	0.59	0.74	0.69	0.71	0.028	0.504	0.120	0.278
Ca, mg/dL	10.10 <sup>b</sup>	9.94 <sup>b</sup>	11.11 <sup>a</sup>	10.81 <sup>ab</sup>	0.174	0.006	0.466	0.838
P, mg/dL	8.00	8.10	8.41	8.30	0.189	0.443	0.987	0.789
1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub> , ng/mL	15.77 <sup>b</sup>	19.50 <sup>a</sup>	19.76 <sup>a</sup>	18.54 <sup>ab</sup>	0.568	0.154	0.234	0.024
Final								
Ca <sup>2+</sup> , mmol/L	0.96	0.97	1.01	0.98	0.017	0.329	0.816	0.556
Ca, mg/dL	9.93	9.86	9.94	9.98	0.051	0.562	0.920	0.602
P, mg/dL	5.74 <sup>ab</sup>	6.27 <sup>a</sup>	5.59 <sup>b</sup>	6.10 <sup>ab</sup>	0.110	0.451	0.018	0.967
1,25-(OH) <sub>2</sub> -D <sub>3</sub> , ng/mL	19.09	18.10	20.74	19.30	0.611	0.260	0.333	0.856

Note: 1. HPHC, CP 15% and Ca 1.2%; HPLC, CP 15% and Ca 0.6%; LPHC, CP 12.5% and Ca 1.2%; LPLC, CP 12.5% and Ca 0.6%.

2. SEM, standard error of mean; CP, crude protein; CA, calcium; I; interaction.

3. <sup>ab</sup> Different superscripts at same row mean significantly different (p<0.05).

실험구별 유의적 차이가 없었다. 실험개시 혈액 내 P의 함량은 처리구 간의 유의적 차이가 없었으나, 실험종료 시 CA에 따른 유의적 차이를 보였다(p<0.05). 혈액 내 P의 함량의 증가는 저칼슘혈증을 야기할 수 있다고 보고된바 있으며(Kim et al., 1995), 본 연구에서도 칼슘이 낮은 경우 혈액 내 P의 함량이 높아 선행연구와 유사한 결과를 보였다고 생각된다.

생산성의 직접적 판단 지표인 도체성적은 Table 4와 같다. 육량성적인 도체중, 등심 단면적, 등지방 두께 및 육량지수에서 처리구간의 유의적 차이가 없었다. 하지만 CP를 저감하였을 때 등지방 두께가 수치적으로 높게 나타났다( $p=0.119$ ). 육질성적도 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도에서 처리구에 따른 차이가 없었다. 실험구 간의 1<sup>+</sup> 이상의 비율은 LPLC에서 76%로 다른 실험구(HPHC 및 HPLC 63%, LPHC 50%)에 비해 높게 나타났다. Ryu 등(2021)의 연구에 따르면 한우 비육우 사료 내 조단백질을 저감하여도 성장성적에 영향이 없다고 하였으며, 본 연구 결과에서도 CP에 따른 유의적 차이가 없었다. 또한 LC처리 시 HC보다 육질향상에 영향을 주었다고 보고한 선례에 반해(Lee et al., 2003), 본 연구에서는 근내지방도 또한 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

본 연구는 사료 내 단백질 수준과 칼슘 수준이 비육후기 거세한우의 성장 및 도체성적에 미치는 영향을 알아보려고 수행되었다. 사료 내 단백질 수준은 성장성적, 혈액성상 및 도체성적에 유의적 영향을 미치지 않았다. 따라서 사료 내 단백질을 15%에서 12.5% 수준으로 낮추어도 생산성을 저해 받지 않으면서, 농가의 경제적 이익을 향상시키고 질소배출량 저감에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 또한 사료 내 칼슘수준 또한 성장성적에는 영향을 미치지 않았으나, 혈액 내 인의 함량에서 차이를 나타냈다. 도체성적 중 육질 등급에서

Table 4. Effects of crude protein and calcium levels on carcass characteristic of Hanwoo steers

Items	HPHC	HPLC	LPHC	LPLC	SEM	p-value		
						CP	CA	I
Quantity								
Carcass weight, kg	428.00	434.00	425.88	427.00	4.320	0.617	0.696	0.789
Loin area, cm <sup>2</sup>	92.00	91.13	92.50	91.88	1.339	0.826	0.792	0.965
Back fat thickness, mm	12.88	12.38	15.37	14.63	0.736	0.119	0.675	0.933
Yield index	61.69	61.70	61.02	61.18	0.228	0.217	0.855	0.875
Yield grade, A:B:C	25:63:13	13:75:13	25:38:38	13:63:25	-	-	-	-
Quality								
Marbling score	6.25	5.75	5.88	6.00	0.319	0.926	0.781	0.643
Meat color	5.00	5.00	5.00	5.00	0.045	1.000	1.000	1.000
Fat color	3.00	3.00	3.00	2.86	0.031	0.326	0.326	0.326
Texture	2.00	2.25	2.00	1.88	0.159	0.574	0.851	0.574
Maturity	2.63	2.13	2.75	2.63	0.090	0.069	0.069	0.266
Quality grade, 1++:1+:1:2	38:25:38:0	25:38:25:13	25:25:50:0	38:38:13:13	-	-	-	-

Note: 1. HPHC, CP 15% and Ca 1.2%; HPLC, CP 15% and Ca 0.6%; LPHC, CP 12.5% and Ca 1.2%; LPLC, CP 12.5% and Ca 0.6%.

2. SEM, standard error of mean; CP, crude protein; CA, calcium; I; interaction.

1<sup>+</sup> 이상의 비율을 산정했을 때 LPLC에서 가장 높게 나타나, 사료 내 칼슘조절에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 마지막으로 사료 내 단백질과 칼슘수준은 모든 연구결과에서 상호관계가 낮게 나타난 바, 두 요인이 서로 직접적 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

#### IV. 적 요

본 연구는 사료 내 조단백질 및 칼슘 수준이 한우 거세우의 성장성적 및 도체특성에 미치는 영향을 확인하고자 수행되었다. 실험은 CP 2수준과 칼슘 2수준을 2×2 완전요인설계법에 따라 총 4개의 실험구로 구성하였다: HPHC (CP 15%, Ca 1.2%), HPLC (CP 15%, Ca 0.6%), LPHC (CP 12.5%, Ca 1.2%), LPLC (CP 12.5%, Ca 0.6%). 실험동물은 24개월령 한우 거세우(650.8±16.27 kg)를 실험구별 8두씩(총 32두) 공시하여 28개월령 출하 시까지 진행되었다. 실험동물은 개시체중에서 실험구간 차이가 없도록 배치되었으며 사료는 볏짚과 배합 사료를 1:9 비율로 급여하였다. 성장성적에서는 일당증체량, 사료 요구율, 종료체중을 측정하였고, 도체특성에서는 도체중, 등심 단면적, 등지방 두께, 육량 등급, 근내지방도 및 육질 등급을 확인하였다. 성장성적은 일당증체량, 사료 요구율 및 종료체중에서 실험구간 유의적 차이가 없었다. 도체특성의 도체중, 등심 단면적, 등지방 두께 및 근내지방도에서도 실험구간 유의적 차이가 없었으나, 육질 등급은 LPLC에서 1<sup>+</sup>등급 이상 비율이 76%로 다른 실험구(HPHC, 63%; HPLC, 63% 및 LPHC, 50%)보다 높은 결과를 보였다. 따라서, 사료 내 조단백질을 낮추어도 성장 및 도체특성에 영향을 미치지 않았다. 또한 비육후기 거세한우의 칼슘 조절이 성장성적에 영향을 미치지 않았으나, 혈액 내 인의 함량에서 차이를 나타냈다. LPLC에서 육질 1<sup>+</sup> 이상의 비율이 가장 높게 나타나, 사료 내 칼슘조절에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그러나 사료 내 단백질과 칼슘수준은 모든 연구결과에서 상호관계에서 유의적 차이가 없어, 두 요인이 서로에게 미치는 영향은 낮을 것으로 생각된다.

[Submitted, September, 13, 2023; Revised, October, 26, 2023; Accepted, November, 2, 2023]

#### References

1. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2016. Development and Use of In-House Reference Materials: Guidelines for Standard Method Performance Requirements. Page 2. 19Th Edition of the AOAC International Official Methods of Analysis, Appendix F.

2. Cole, N., L. Greene, F. Mccollum, T. Montgomery, and K. McBride. 2003. Influence of Oscillating Dietary Crude Protein Concentration on Performance, Acid-Base Balance, and Nitrogen Excretion of Steers. *J. Anim. Sci.* 81: 2660-2668.
3. Kim, J. K., G. H. Jang, T. J. Kim, and H. J. Yoon. 1989. Studies on the Hematology of Korea Native Cattle in the Kangwon Province. *J. Korean Vet. Med. Assoc.* 25: 368-378.
4. Kim, J. H. and C. S. Shin. 2012. Calcium Metabolism and Hyper and Hypoparathyroidism. *Hanyang Med. Rev.* 32: 179-186.
5. Kim, J. N., M. J. Park, D. H. Kim, and H. S. Kim. 1995. Clinical Observation of Transient Idiopathic Hypocalcemia. *Korean J. Pediatric* 38: 1193-1200.
6. Kim, M. S., S. H. Yang, Y. K. Oh, and K. H. Park. 2016. Estimation of Greenhouse Gas Emissions from Korean Livestock during The Period 1990-2013. *J. Clim. Change Res.* 7: 383-390.
7. GIR (Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea). 2022. National Greenhouse Gas Inventory Report Of Korea.
8. Lee, C. E., N. K. Park, P. N. Seong, S. H. Jin, B. Y. Park, and K. I. Kim. 2003. Effects of Deletion of Ca Supplement (Limestone) on Growth and Beef Quality in Hanwoo Finishing Steers. *J. Anim. Sci. Technol.* 45: 455-462.
9. Licitra, G., T. Hernandez, and P. Van Soest. 1996. Standardization of Procedures for Nitrogen Fractionation of Ruminant Feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57: 347-358.
10. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2018. Global Warming of 1.5°C: Special Report; Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva, Switzerland.
11. Mcgrath, J., D. Savage, J. V. Nolan, and R. Elliott. 2012. Phosphorus and Calcium Retention in Steers Fed A Roughage Diet Is Influenced by Dietary 25OH-Vitamin D. *Anim. Prod. Sci.* 52: 636-640.
12. Ryu, C. H., B. Kim, H. Jung, S. Lee, and Y. C. Baek. 2021. Effects of Reduced Crude Protein Level in Total Mixed Ration on the Growth Performance and Carcass Characteristics of Hanwoo Steers. *J. Food Nut. Research* 9(7): 363-366.
13. Slyter, L., L. Satter, and D. Dinius. 1979. Effect of Ruminant Ammonia Concentration on Nitrogen Utilization by Steers. *J. Anim. Sci.* 48: 906-912.
14. Van Soest, P., J. Robertson, and B. Lewis. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
15. Zemel, M. B., H. Shi, B. Greer, D. Dirienzo, and P. C. Zemel. 2000. Regulation of Adiposity by Dietary Calcium. *The FASEB J.* 14: 1132-1138.