

친환경 한우 생산을 위한 메탄 저감용 사료 배합 및 적정 사육밀도에 관한 연구

신종서 · 최병양 · 김미정 · 김승기 · 라창식
강원대학교 동물생명과학대학

Studies on Feed Formulation to Reduce Methane Emission and Optimal Rearing Density for Environmental-Friendly Hanwoo Production

Jong-Suh Shin, Byoung-Yang Choi, Mi-Jung Kim, Sung-gi Kim and Changsix Ra
College of Animal Life Science, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

Summary

This study was conducted to analyze the mixing ratio of raw feed materials for the methane mitigation and also to identify the minimum rearing density for improving the productivity of beef calves as eco-friendly fodder. Raw materials used in this study for the formulation of feed for methane reduction were crushed corn and alfalfa along with other 21 species. In addition, to investigate the appropriate rearing density, 12 Hanwoo calves with average weight of 150 kg was selected and experiment was conducted for four months. Methane gas emission (Bo) is about 3-4 times less in TMR 4 compared to TMR 1, 2 and 3. Feed price calculated for TMR 4 ration was also affordable. In addition, all TMRs showed a normal ruminal pH. Disappearance rate was observed to be lower in TMR 4 as compared to TMR 1, 2 and 3, but methane production decreased by 24 to 37%. The result showed improved total body weight, average daily gain and feed conversion ratio in rearing low-density (18m²/head), and general treatment (9m²/head) compared to overcrowding treatment (6m²/head). In addition, blood components (total protein, glucose, AST, ALT and GGT factors) involved in health and disease treatments and health-related nutrition metabolism are lower in the low-density and general treatment compared to the high density treatment. Postural development (development of body size) i.e., weight, height and width significantly increased in the low and general density treatment compared to high density treatment. Especially excellent improvement was observed in low-density treatment than the general treatment. Moisture content, colonic bacteria and coccidium are higher in low and high density treatments than in the general treatment. The adequacy for beef rearing density is considered to be more desirable in an area more than 6m²/head. In conclusion, present study suggests that possibility of methane reduction through adjusting mixed feed ration. Also, rearing density is also an important factor in the growth and development of beef calves.

(Key words : Methane reduction, Total mixed ration, Rearing density, Growth performance, Hanwoo calf)

Corresponding author : Jong-Suh Shin, College of Animal Life Science, Kangwon National University,
Chunchon 200-701, Korea

Tel: +82-33-250-8628, E-mail: jsshin@kangwon.ac.kr

2011년 10월 10일 투고, 2011년 12월 19일 심사완료, 2011년 12월 20일 게재확정

서 론

최근 온실가스를 감소하기 위한 노력에도 불구하고 이산화탄소, 아산화질소 및 메탄가스는 지속적으로 대기권에 축적되어 지구표면 온도를 상승시키고 있으며 (IPCC, 1994; Cole 등, 1997; Moss 등, 2000), 매년 0.3~0.9%의 비율로 축적되는 것으로 보고되고 있다 (Janzen 등, 1999; Desjardins 등, 2001).

특히, 산업적으로 발생하는 메탄은 온실가스 중에서도 지구온난화를 일으키는 가장 큰 원인중 하나로 이산화탄소에 비해 연간 생산되는 양은 적지만 지구온난화에 미치는 영향은 이산화탄소에 비해 21배 정도 높은 것으로 알려져 있다 (IPCC, 2001). 반추동물들은 소화과정 중 반추미생물에 의해 생성되는 메탄 발생량은 지구에서 발생하는 총 메탄생성량에 약 27% 정도로 연간 80~92만 톤에 이르며 (IPCC, 2007), 축산업도 지구 온난화에 약 15% 정도 기여한다고 알려져 있다 (IPCC, 1992). 이에 따라 반추가축에서 메탄발생량을 줄이기 위한 연구로 사료 첨가제 활용 (Czerkawski 등, 1966; Haaland, 1987; O'Kelly와 Spiers, 1992), 가축개량, 양질 조사료급여 및 반추위내 protozoa 제거 (Vogels 등 1980; Finlay 등, 1994; Newbold 등, 1995) 등의 직접적인 연구방법 이외에도 축산분뇨의 에너지 및 비료로서의 활용성을 극대화하기 위한 친환경 산업의 정책 및 활용방안도 추진하고 있다.

한편, 가축의 사육환경 및 사료자원은 동물의 건강과 생산성에 많은 영향을 미치는 중요한 요인으로 알려져 있으며 (Mets 등, 1986), 이에 따라 한우의 생산성에 미치는 영향으로 온도, 기후, 습도, 고도, 사료형태 및 사양체계 등과 같이 많은 요인들에 관한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 사육밀도 및 원료사료의 배합비가 한우 생산성에 미치는 영향 (질병, 미생물, 퇴비화, 건강, 약취 등)에

관한 연구는 국내적으로 미흡한 실정이다. 가축의 사육두수 증가는 공격행동 증가, 성장률 저하, 등지방두께 감소 및 스트레스 증가 (Kondo, 1989; Price와 Wallach, 1991; Li, 2010)의 원인으로 작용하며, 가축의 사육공간에 대한 분노가 증가하게 되면, 메탄 등의 증가로 사육환경이 열악해진다. 또한 가축에 급여하는 원료사료들과 이들의 배합비율은 육성능력, 건강상태, 분노의 오염물질, 냄새 등의 변화를 초래하여 가축의 생산성 및 사육환경에 영향을 미친다. 그러나 이러한 사육환경, 사육밀도, 급여하는 사료원 및 배합비율 등의 가축의 사육환경과 관련된 국내 연구결과는 매우 부족한 실정이다. 또한 국내 친환경 축산업을 구축하기 위해서는 급여하는 사료원과 사료배합비율이 온실가스 발생량 등 사육환경에 미치는 효과에 대한 연구가 우선적으로 필요하며, 최적의 조건에서 생산성을 향상하기 위한 한우의 적정 사육밀도에 연구도 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 23종의 사료자원의 사료 성분 및 메탄 발생량의 조사를 통해 최적의 친환경 사료 배합비를 작성하기 위한 기초자료로 활용하기 위해 실시되었으며, 또한 한우의 생산성을 향상시키기 위한 적정 사육밀도와 연관성을 규명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 메탄 저감용 적정 사료 배합비

본 연구에서는 국내에 생산되고 유통되는 주요 원료사료 및 조사료를 이용하여 메탄 저감용 사료배합비를 구성하였다. 곡물 원료사료는 옥수수 등 21종이며, 조사료원은 연맥 등 5종으로 구성하여 4종류의 사료배합비를 작성하였다. 3종류의 사료배합비는 시중에 유통되는 total mixed ration (TMR)과 조단백질 및 섬유질 함량이 유사하게 배합하였으

며, 메탄저감(친환경)용 TMR은 자체적으로 배합하였으며, 메탄 저감용 사료 (eco-friendly ration: ER)는 본 연구에 사용하는 3종류의 사료성분과 유사하게 사료배합을 하였다. 이들 완전배합사료의 배합비와 시험구 배치는 Table 1에서 보는 바와 같다.

한편, 4종류 사료의 일반성분 분석은 AOAC (1990) 방법에 준하여 분석하였으며, neutral detergent fiber (NDF) 및 acid detergent fiber (ADF)는 Goering과 Van Soest (1970) 방법에 의하여 분석하였다. 또한 친환경 사료 가치를 평가하기 위하여 *in vitro* 소화시험을 통하여 NH₄-N 농도, 건물 소화율 및 메탄 발생량을 조사하였다. NH₄-N 농도는 자동수질 분석기 (Zellweger; LACHAT, QuikChem 8000)

를 이용하여 분석하였으며, 메탄 농도는 gas chromatography (Shimadzu Model GC-17A Ver, Japan)를 이용하여 측정하였다. 건물 소실율은 0시간과 72시간의 소실율 (최초 건물 무게 (g) - 최종 건물 무게(g)/최초 건물무게(g) × 100) 차이로 계산하였다.

2. 한우 육성우의 적정 사육밀도

본 실험은 평균 체중 150 kg의 한우 송아지 12두를 공시하여 개방식 우사에서 약 4개월간 실시하였다. 각 우방의 크기는 3 m × 6 m로 총 18 m²에서 수행하였으며, 시험구 배치는 각 우방에 3두씩 배치하여 2처리하는 과밀도 처리구(T1), 각 우방에 2두씩 배치하

Table 1. Formula(experimental design) of experimental diets for methane reduction

Ingredients	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4
 kg/calf/day			
Oat	—	—	3.0	3.0
Alfalfa	—	2.0	—	—
Crain grass	3.73	—	—	—
Rye grass	3.0	—	—	2.0
Timothy grass	—	2.0	3.0	—
Tall fescue grass	—	3.0	—	—
Corn (USA)	3.0	3.73	4.0	3.0
Corn (L. A.)	—	3.0	2.0	—
Wheat	3.0	—	—	—
Barley grain	—	—	—	—
Beet pulp	—	—	—	2.0
Wheat bran	2.0	—	—	3.0
Rice bran	2.0	—	—	2.0
Corn gluten feed	1.0	—	—	2.0
Tapioca	1.0	2.0	2.5	—
Soybean hull	—	2.0	—	—
Soybean meal	2.0	3.0	—	—
Soybean oil cake	—	—	2.5	—
Lupine	—	2.0	2.0	—
Palm cake	2.0	—	3.0	0.73
Corn gluten meal	—	—	0.73	—
Rape seed meal	—	—	—	3.0
Coconut meal	—	—	—	2.0

여 2처리하는 일반 처리구(T2) 및 각 우방에 1두씩 배치하여 2처리하는 저밀도 처리구(T3)로 구분하여 실시하였다. 농후사료는 송아지 전용 시판사료를 두당 3 kg씩 급여 하였으며, 조사료는 혼합목건초를 건물 함량 기준으로 두당 2 kg씩 급여하였다. 실험사료의 일반성분은 Table 2와 같다. 물은 자유음수도록 하였으며, 깔짚으로 사용한 톱밥은 평균 5 cm 두께로 조절하여 투입하였다.

발육조사(체위 및 체중 측정)은 시험 개시시, 2개월 경과시 및 종료시에 실시하였으며, 사료섭취량은 2개월 간격으로 3일간 연속적으로 사료 종류별로 조사하여 급여량에서 잔량을 공제하여 계산하였다. 사료요구율은 사료섭취량(건물섭취량)과 일당증체량을 이용하여 계산하였다. 체위 조사는 체장, 체고, 흉심, 흉폭, 흉위, 전관위, 십자부고, 요각폭, 고장, 곤폭, 좌골폭의 11개 부위를 대상으로 하였다. 혈중 대사물질 분석을 위한 혈액은 13시에 10 ml vacutainer를 이용하여 공시축들의 경정맥에서 채취하였으며, 채취한 혈액은 실온에서 12시간 정치 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리한 후 혈청 자동분석기를 이용하여 분석하였다. 또한 질병 발생관련 사육환경 조사를 위해 우사내 깔짚을 정기적으로 채취하여 수분 함량, 기생충, 살모넬라 및 콕시듐 등의 병원균에 관해 조

사했다.

3. 통계분석

본 실험에서 얻어진 결과들은 SAS package (1999)를 이용하였으며, Least significant difference (LSD)를 실시하여 처리구간의 유의성 ($P < 0.05$)을 검증하였다.

처리간 유의성 검증을 위해 적용한 선형모델은 다음과 같다.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

여기서 Y_{ij} : 실험 실측치

μ : 전체평균

T_i : I번째 처리의 효과

e_{ij} : 각 개체의 고유한 확률오차

결과 및 고찰

1. 메탄 저감용 사료개발

본 논문에서 결과를 제시하지는 않았지만, 본 연구에 앞서 국내에서 많이 유통 및 이용되고 있는 원료사료(조사료, 농후사료 및 부산물) 23종에 대한 소화율과 메탄 발생량을 조사한 결과, 조사료 중에서는 alfalfa, oat 및 rye grass, 에너지 사료 중에서는 corn gluten feed, wheat bran 및 rice bran이 소화율 및 메탄 발생량 저감에 긍정적인 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서는 이러한 사전 조사결과에 의거하여 원료사료의 선택 및 구성비율을 달리하여 4종의 total mixed ration (TMR)의 배합비를 구성하였다. TMR 1구, 2구, 3구 및 4구의 유기물, 조단백질, 조지방, 조섬유, NDF 및 ADF의 함량은 유사하였다 (Table 3). TMR 1구, TMR 2구, TMR 3구 및 TMR 4구의 연간 두당 메탄가스 발생량은 각각 16.93, 18.75, 26.13 및 5.30 kg으로 TMR 4구에서 약 3~4배 정도 적은 결과를 보였으며, 사료가격에서도 TMR 1구, 2구 및 3구에 비해 TMR 4

Table 2. Chemical composition of experimental diets

Item	Concentrate	Grass silages
Dry matter (%)	90.64±0.37	24.97±0.07
Crude protein (%)	14.00±0.25	7.7 ±0.12
Ether extract (%)	3.25±0.50	3.6 ±0.21
Crude fiber (%)	9.27±0.78	43.53±0.32
Crude ash (%)	10.29±0.47	9.7 ±0.09
Neutral detergent fiber (%)	47.77±1.02	63.8 ±0.42
Acid detergent fiber (%)	22.08±0.86	43.2 ±0.26

Table 3. Chemical composition and methane emission of total mixed rations

Parameters	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4
Organic matter (% DM)	86.50	87.61	88.86	93.28
Crude protein (% DM)	16.59	17.10	17.59	15.66
Crude fat (% DM)	4.20	3.01	3.55	4.99
Crude fiber (% DM)	12.25	15.93	12.86	17.44
ADF ¹ (% DM)	17.92	20.93	19.34	22.11
NDF ² (% DM)	43.10	41.01	40.53	46.83
CH ₄ (g/cattle/day) ^a	46.33	51.30	71.46	14.50
CH ₄ (kg/cattle/year) ^b	16.93	18.75	26.13	5.30
Feed cost (\$/kg mixed feed) ^b	7.515	8.504	8.227	6.691

^a amount of CH₄ g/kg digested feed

^b calculated on the basis of import price (2010) to animal feed industry

¹ NDF : neutral detergent fiber, ²ADF : acid detergent fiber.

에서 가장 저렴한 결과를 보였다.

pH는 TMR 1구, 3구 및 4구에 비해 TMR 2구에서 가장 낮은 결과를 보였는데 (Table 4), 이는 TMR 2구가 원료사료의 구성에 있어서 다른 TMR들에 비해 진분 함량이 높은 원료의 사용량이 많아 상대적으로 반추위에서 젖산 및 프로피온산의 생성량이 많아졌기 때문인 것으로 판단된다. 72시간 동안의 암모니아 생성량은 TMR 2구 및 3구에 비해 TMR 1구 및 4구에서 다소 높은 경향을 보였다. Protozoa는 총 반추위내 질소의 약 10~40%를 생성하는데 (Van Soest, 1994), protozoa의 적정 환경 pH는 중성에 가깝기 때문에

상대적으로 pH가 낮은 TMR 2구 및 3구에 비해 TMR 1구 및 4구에서 protozoa의 활동이 보다 활발했기 때문인 것으로 판단된다. 또한 건물 소실율은 TMR 1구, 2구 및 3구보다 4구에서 다소 낮은 경향을 보였는데, 이는 TMR 4구가 1구, 2구 및 3구에 비해 조섬유 함량이 높았기 때문으로 판단된다.

한편, 72시간동안의 메탄 생성량은 TMR 1, 2 및 3구에 비해 4구에서 약 24~37% 정도 감소하는 결과를 보였다. 반추위내 메탄은 주로 메탄생성 박테리아에 의해 생성되며, 메탄 생성 박테리아는 protozoa의 표면에 주로 서식하는 것으로 알려져 있다 (Newbold

Table 4. Effects of TMRs on rumen fermentation and methane emission

Parameters	Time (hr)	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4
pH	0	7.12±0.00	7.13±0.01	7.13±0.01	7.13±0.01
	72	6.68±0.01	6.37±0.10	6.58±0.02	6.70±0.02
NH ₄ -N (mg/L)	0	42.82±0.25	44.56±1.43	43.00±0.37	44.06±0.54
	72	90.76±0.27	82.79±0.51	88.83±0.50	91.32±0.45
DM disappearance (%)	72	69.93±0.44	70.53±0.97	68.84±0.63	64.24±0.41
CH ₄ (g/kg feed)	72	0.0025±0.00	0.0021±0.00	0.0026±0.00	0.0016±0.00
CH ₄ (g/kg digested feed)	72	0.0052±0.00	0.0042±0.00	0.0051±0.00	0.0039±0.00

등, 1995). TMR 4구에서 메탄 생성량이 감소된 결과는 조사료 및 단미사료의 종류와 구성비율에 따라 반추위 protozoa 표면에 서식하는 메탄 생성 박테리아 집단의 숫자 혹은 활성이 달라질 수 있음을 의미하는 결과인 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 결과는 적절한 원료사료의 선택 및 구성비율 변경을 통해 반추가축의 메탄 발생량 조절이 가능한 친환경 사료의 개발 가능성을 보여주고 있을 것으로 판단된다.

2. 한우 송아지 적정 사육밀도

시험기간 동안의 총 증체량은 과밀도 처리구 (T1구), 일반 처리구 (T2구) 및 저밀도 처리구 (T3구)에서 각각 93.17 kg, 105.25 및 131.50 kg로 T3구가 T1구 및 T2구 보다 높은 결과를 보였으며 ($p<0.01$), 일당증체량은 T1, T2 및 T3구 각각 0.67, 0.76 및 0.95 kg으로 T3구가 T1구 및 T2구 보다 높았다 (Table 5). 사료요구율의 경우에도 일당증체량의 증가로 인해 T3구에서 유의적으로 높았다 ($p<0.01$). Mitchell (1988)에 연구보고에 따르면 개체간 격이 좁아짐에 따라 발생하는 사회적 스트레스로 인하여 생체내 영양소가 신속히 분해되어 성장률을 감소시킨다고 보고하고 있으며, 조 (2008)는 한우 거세우의 사육밀도에 따른 사육특성 실험에서 가장 넓은 공간을 제공 받은 처리구가 가장 높은 증체효과를 보였다고 보고하여 본 실험의 결과를 뒷받침 해주

고 있다. 이처럼 사육밀도가 한우 육성우의 증체량에 매우 중요한 요인으로 작용함을 시사하는 것으로 앞으로 한우사육에 있어 증체율을 향상시키기 위해선 적절한 사육공간을 확보하여야 할 것으로 판단된다.

한편 사료섭취량은 처리구간 배합사료의 급여량을 6.25 kg로 정량급여 하였기 때문에 사육밀도에 따른 차이는 볼 수 없었지만, 자유 급여한 목초사일리지는 T3구가 1.76 kg으로 T1구의 1.58 kg 및 T2구의 1.63 kg 보다 높은 섭취량을 보였다. Watts 등 (2000)은 소들이 무리로 있을 때 더 많은 사료를 섭취한다고 하였으며, 또한 Ha 등 (2009)도 한우 4두, 8두 및 12두를 배치하여 채식행동을 조사한 결과 12두 처리구에서 높은 채식량을 나타내었다고 보고하였지만, 본 실험에서는 다소 반대되는 경향이 나타났다. 이는 사육밀도에 따른 투쟁 및 스트레스로 인한 식욕부진이 나타난 것으로 판단된다. 일반적으로 사료 섭취량은 사육면적, 군집 단위, 사료조 길이, 기후조건, 사료조건 등과 같이 사육 조건에 따라 다양하게 변화한다고 보고되고 있다 (Davami 등, 1987; Roush 등, 1984; Jeon 등 1997). 또한 사육밀도의 증가는 상호 경쟁 채식 및 서열이 낮은 개체들의 채식속도를 빨라지게 하는 반면에 저작 속도나 소화율은 감소시키는 작용을 하여 소의 건강에 바람직하지 않은 영향을 미칠 가능성이 증가된다 (González 등, 2008; 이와 장, 2011). 사료 요구율은 T1, T2 및 T3구가 각각 11.69, 10.37

Table 5. Effect of rearing density on growth performance in Hanwoo calves

Item	T1	T2	T3	Pr<F
Total gain (kg)	93.17±12.72 ^b	105.25±15.01 ^b	131.50±1.22 ^a	0.01
Average daily gain (kg)	0.67 ^b	0.76 ^b	0.95 ^a	0.01
Total feed intake (kg)	7.83	7.88	8.01	—
Grass silage	1.58	1.63	1.76	—
Concentrate	6.25	6.25	6.25	—
Feed conversion ratio	11.69 ^a	10.37 ^{ab}	8.43 ^{bc}	0.01

및 8.43으로 T3구가 T1 및 T2구에 비해 27.9 및 18.7% 정도의 개선하는 효과를 보였으며, T2구가 T1구에 비해 11.3%의 개선되는 결과로 나타났다. 이러한 결과는 일정한 사육공간내의 개체수가 육성능력에 영향을 미침을 시사하는 것으로 개체수가 많아질수록 증체량 및 사료효율을 저하시키는 것을 확인할 수 있었다.

혈중 총단백질 농도는 친환경적으로 처리하는 저밀도 처리구인 T3구가 T1 및 T2구에 비해 높은 결과를 보였다 (Table 6). 혈중 총단백질 농도는 영양상태, 간질층 및 종창 등과 관계가 있는 성분으로서 T3구의 총단백질 농도가 높은 것은 영양상태와 건강상태가 단적으로 우수함을 보인 것으로 판단된다. 한편 혈중 glucose (혈당) 함량은 T3구가 T1 및 T2구 보다 높은 결과를 보였다 (P<0.05). 혈당은 당뇨병, 갑상선 기능항진, 영양장애 등을 평가할 수 있는 것으로서 본 실험의 혈중 glucose 농도는 정상범위에 존재하고 있어 질병학적 문제는 없는 것으로 판단되며, 다만 T3구가 높은 결과는 T1 및 T2구 보다 영양소 이용성에서 우수한 것으로 사료된다. 한편 지방간 대사지표로 분류되는 AST, ALT 및 GGT는 처리간 유의적인 차이를 보였다. 혈중 AST 농도는 T1구 보다 T2 및 T3구에

서 유의적으로 낮았으며, ALT 농도는 T1구 보다 T2 및 T3구에서 현저하게 감소되는 결과를 보였다. 또한 GGT 농도도 T2 및 T3구가 T1구 보다 유의적으로 낮은 결과를 보였다. 스트레스 자극은 혈관수축을 일으켜 간세포에 대한 혈액공급을 줄여 간이 저산소성 손상을 받게 하며, 교감신경계에서 카테콜아민을 분비하게 한다. 카테콜아민이란 교감신경작용을 일으키는 일련의 화합물로 도파민, 노르에피네프린, 에피네프린이 있으며 이는 간에서 염증을 증대시키고 간세포 괴사를 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 과밀도 처리구의 스트레스로 인한 AST, ALT 및 GGT가 현저히 증가되는 것으로 나타났으며 또한 영양학 이용성에서도 과밀도 처리구가 일반 및 저밀도 처리구에 비해 다소 떨어지는 결과를 보였다. 이는 축사내 과밀하게 사육하게 되면 영양 및 건강에 문제를 초래할 수 있음을 시사하고 있다. 따라서 한우의 건강을 위해선 적정한 사육밀도를 유지하는 것이 매우 중요하다는 것을 알 수 있으며, 본 연구 결과로 볼 때 한우 육성우의 적정 사육 밀도는 적어도 일반 처리구인 두당 9 m² (3×3m²) 이상을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

시험 개시에 해당되는 1차 측정시 체중 및

Table 6. Effects of rearing density on blood components in Hanwoo calves

Items	T1	T2	T3	Pr<F
Total Protein (g/dl)	6.34 ^b	6.34 ^b	6.63 ^a	0.01
Glucose (mg/dl)	77.54 ^b	77.95 ^b	95.04 ^a	0.01
Cholesterol (mg/dl)	178.20	186.55	215.05	—
HLD (mg/dl)	98.48	107.83	118.73	—
LDL (mg/dl)	84.74	75.60	70.43	—
Triglyceride (mg/dl)	27.85	21.00	28.45	—
AST (mg/dl)	23.50 ^a	21.00 ^b	21.40 ^{ab}	0.05
ALT (mg/dl)	110.24 ^a	62.10 ^b	62.00 ^b	0.01
GGT (mg/dl)	42.27 ^a	22.12 ^b	30.50 ^b	0.01

AST : aspartate aminotransferase, ALT : alanine aminotransferase, GGT : γ-glutamyltransferase.

거의 대부분의 체척치는 처리구간 유사한 수준이었지만 (Table 7), 시험기간이 진행함에 따라 모든 처리구에서 체중, 체고, 십자부고, 체장, 흉심, 흉폭, 요각폭, 곤폭, 고장, 좌골폭, 흉위 및 전관위 모두 증가하는 변화를 보였다. 시험 중간시기 (2차 측정)에 체중은 T1구에 비해 T2 및 T3구가 각각 11.5 및 19.5%로 증가하였으며 (p<0.01), 곤폭에 경우도 T1구의 31.17 cm에 비해 T2와 T3구가 각각 36.50 및 34.50 cm로 체중과 비슷한 경향을 보였다 (p<0.01). 시험 종료시 (3차 측정), 체중은 T3구가 284 kg으로 T1 및 T2구의 235.33 및 257.75 kg에 비해 약 10~21% 정도 현저히 증가하는 결과로 나타났다 (p<0.01). 요각폭은 저밀도 처리구가 36.0 cm로 과밀도

처리구 33.17 cm에 비해 8.5% 증가하였으며 (p<0.01), T2구도 T1구 보다 향상되는 성적을 보였다. 곤폭 및 좌골폭은 T3구가 36.50 및 25.50 cm으로 T1 및 T2구의 32.83 및 36.75 cm 그리고 22.17 및 24.50 cm에 유의적으로 증가하였으며, T2구도 T1구에 비해 현저하게 개선된 것으로 나타났다(p<0.01). 흉위는 T1구의 146.16 cm에 비해 T3구에서 152.50 cm로 4.3%정도 증가하였으며, T2구도 T1구 보다 개선하는 결과를 보였다. 한우의 육성기는 골격 및 체성장이 주로 증가하는 시기로 육성기의 사양관리시 가장 중요한 요인 중 하나는 반추위 성장을 도모하는 것으로 이시기에 양질의 조사료를 급여가 이루어져야한다. 본 실험에 있어 과밀도 처리구 및 일반 처리

Table 7. Effects of rearing density on body weight and external parts (unit ; cm)

	First			Pr<F	Second			Pr<F	Third			Pr<F
	T1	T2	T3		T1	T2	T3		T1	T2	T3	
Weight (kg)	142.17 ±10.25	152.50 ±12.99	152.50 ±2.04	0.31	198.67 ±14.22 ^b	221.50 ±13.31 ^a	237.50 ±2.04 ^a	0.01	235.33 ±16.95 ^b	257.75 ±13.24 ^b	284.00 ±0.82 ^a	0.01
Wither height	97.50 ±2.29	95.25 ±2.68	96.35 ±0.46	0.40	105.67 ±2.36	105.25 ±3.70	104.00 ±0.00	0.73	109.17 ±1.67	108.75 ±3.11	108.50 ±2.04	0.93
Rump height	100.00 ±2.24	99.75 ±2.49	99.00 ±0.82	0.84	106.50 ±2.22	108.00 ±3.54	107.00 ±0.82	0.72	110.33 ±1.80	110.50 ±2.29	108.50 ±0.41	0.39
Body length	97.17 ±3.13	102.25 ±2.86	101.00 ±1.63	0.07	118.83 ±3.58	119.25 ±3.90	116.00 ±0.82	0.50	121.17 ±2.73	121.00 ±2.74	123.00 ±2.45	0.65
Chest depth	46.50 ±0.96	47.25 ±1.64	48.00 ±0.82	0.32	55.83 ±2.67	55.25 ±1.09	54.50 ±0.41	0.70	57.33 ±2.29	58.00 ±1.58	57.00 ±0.00	0.80
Chest width	25.83 ±1.46	26.00 ±1.73	25.50 ±0.41	0.92	29.67 ±2.05	29.75 ±1.64	30.50 ±0.41	0.82	31.50 ±2.75	32.25 ±1.64	34.50 ±0.41	0.25
Rump width	26.83 ±1.07	26.25 ±0.83	26.50 ±1.22	0.75	31.83 ±1.07	34.00 ±2.00	33.50 ±2.04	0.21	33.17 ±1.07 ^b	35.25 ±0.83 ^a	36.00 ±0.82 ^a	0.01
Pelvis width	27.50 ±1.12	28.50 ±1.80	29.00 ±0.00	0.32	31.17 ±1.46 ^b	36.50 ±1.12 ^a	34.50 ±0.41 ^a	0.01	32.83 ±0.69 ^b	36.75 ±1.09 ^a	36.50 ±0.41 ^a	0.01
Rump length	35.67 ±1.80	37.50 ±4.39	37.00 ±1.63	0.67	40.50 ±2.57	42.75 ±1.48	41.50 ±0.41	0.33	42.67 ±1.70	43.50 ±1.12	42.00 ±0.00	0.44
Hipbone width	18.50 ±1.61	19.00 ±1.87	18.50 ±0.41	0.90	22.00 ±1.00	24.25 ±1.92	23.00 ±1.63	0.17	22.17 ±0.90 ^b	24.50 ±1.66 ^a	25.50 ±0.41 ^a	0.01
Chest girth	122.67 ±5.44	128.00 ±2.55	126.00 ±0.82	0.22	137.50 ±3.55	140.50 ±3.84	143.50 ±1.22	0.12	146.17 ±3.72 ^b	149.50 ±2.96 ^{ab}	152.50 ±1.22 ^a	0.07
Cannon bone circum	13.00 ±0.00	13.50 ±1.12	13.75 ±0.20	0.32	15.42 ±0.45	15.63 ±0.41	15.50 ±0.41	0.81	16.50 ±0.50	17.00 ±0.71	17.00 ±0.00	0.35

구에 비해 저밀도처리구의 체중 및 체위들 (요각폭, 곤폭, 고장, 좌골폭, 흉위)이 향상된 결과는 사육공간의 충분한 확보와 조사료 급여량의 증가 등이 사육여건을 개선하였기 때문으로 판단된다.

이상에서 적정 사육밀도는 두당 3×3 m² 이상이 요구되며, 한우 육성우의 사육밀도는 충분한 공간을 제공하는 것이 증체량 및 체위변화에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

실험 전반기 체중은 T1, T2 및 T3구가 각각 56.5, 68.7 및 85.0 kg으로 과밀도 처리구 (T1) 및 일반 처리구 (T2)에 비해 저밀도 처리구 (T3)에서 각각 50.4% 및 23.7%로 현저히 증가하는 결과를 보였으며 (Table 8), T2구도 T1구에 비해 22.1% 향상되는 결과를 보였다 (p<0.01). 체고, 십자부고, 요각폭, 곤폭, 고장 및 좌골폭은 T2구에서 각각 10.0, 8.25, 7.75, 8.00, 5.25 및 5.25 cm로 T1 및 T3구 보다 높은 성장을 보였으며, 특히 곤폭의 경우 T1 및 T3구 (3.67 및 5.50 cm)에 T2구 (8.0 cm)가 유의적인 증가하는 결과로 나타났다 (p<0.01). 흉폭 및 흉위의 성장은 T3에서 5.00 및 17.50 cm로 T1 및 T2구 보다 높은 성장을 보였다. 이와 같이 본 연구에서 한우 육성우

전반기에는 일반 처리구 및 저밀도 처리구 즉 두당 사육밀도가 3×3m² 이상일때 체중 및 곤폭이 향상되는 성적을 보였으며, 전반적으로 체중과 체위의 개선효과 있는 것으로 나타났다.

실험 후반기 동안 T3구가 체장, 곤폭 및 좌골폭에서 T1 및 T2구 보다 현저하게 증가하였다 (Table 9). 체중은 T3구가 46.50 kg으로 T1 및 T2구의 36.67 및 36.25 kg에 비해 26 및 28% 정도 증가하였다. 체고는 T1, T2 및 T3구간에 유사하였으며, 체장은 T3구에서 7 cm로 T1 및 T구 2에 비해 3 및 5배의 향상되는 결과를 보였다 (p<0.01). 또한 곤폭은 T1 및 T3구가 T2구에 비해 유의적으로 증가하였고 (p<0.05), T3구는 T2구 보다 다소 향상되는 것으로 나타났다. 좌골폭은 T3구가 2.50 cm으로 0.17 및 0.25 cm 증가한 T1 및 T2구에 비해 현저히 증가하였으며 (p<0.01), T1구 보다 T2구가 다소 증가되는 결과를 보였다. 이상의 결과로 볼 때 한우 육성우 후반기 체위 변화는 저밀도 처리구 (T3)에서 체중, 체장, 곤폭 및 좌골폭에서 개선되는 효과가 있는 것으로 나타났다. Davami 등 (1987)은 사육밀도가 높아질수록 스트레스로 사료섭취량에 영향을 미친다고 보고하고 있어, 본 실험

Table 8. Effects of rearing density on body weight and external parts at 1st measurement

Item	T1	T2	T3	Pr<F
Weight (kg)	56.50±8.06 ^c	69.00±5.79 ^b	85.00±4.08 ^a	0.01
Wither height (cm)	8.17±1.34	10.00±1.73	7.50±0.41	0.12
Rump height (cm)	6.50±0.76	8.25±1.92	8.00±1.63	0.23
Body length (cm)	21.67±3.73	17.00±5.34	15.00±2.45	0.14
Chest depth (cm)	9.33±2.21	8.00±1.87	6.50±1.22	0.23
Chest width (cm)	3.83±1.95	3.75±2.28	5.00±0.82	0.70
Rump width (cm)	5.00±1.83	7.75±1.92	7.00±0.82	0.11
Pelvis width (cm)	3.67±1.25 ^b	8.00±1.73 ^a	5.50±0.41 ^b	0.01
Rump length (cm)	4.83±3.39	5.25±3.03	4.50±1.22	0.95
Hipbone width (cm)	3.50±1.71	5.25±2.86	4.50±2.04	0.57
Chest girth (cm)	14.83±4.63	12.50±1.50	17.50±0.41	0.26
Cannon bone circum (cm)	2.42±0.45	2.13±0.74	1.75±0.61	0.40

Table 9. Effects of rearing density on body weight and external parts at 2nd measurement

Item	T1	T2	T3	Pr<F
Weight (kg)	36.67±7.09	36.25±11.32	46.50±2.86	0.30
Wither height (cm)	3.50±0.96	3.50± 1.50	4.50±2.04	0.66
Rump height (cm)	3.83±1.21	2.50± 1.66	1.50±1.22	0.14
Body length (cm)	2.33±2.49 ^b	1.75± 2.05 ^b	7.00±3.27 ^a	0.08
Chest depth (cm)	1.50±1.12	2.75± 1.30	2.50±0.41	0.28
Chest width (cm)	1.83±1.07	2.50± 2.50	4.00±0.82	0.30
Rump width (cm)	1.33±0.75	1.25± 1.30	2.50±1.22	0.36
Pelvis width (cm)	1.67±1.11 ^a	0.25± 0.43 ^b	2.00±0.00 ^a	0.05
Rump length (cm)	2.17±1.57	0.75± 1.30	0.50±0.41	0.23
Hipbone width (cm)	0.17±0.37 ^b	0.25± 0.43 ^b	2.50±1.22 ^a	0.01
Chest girth (cm)	8.67±1.49	9.00± 3.61	9.00±0.00	0.10
Cannon bone circum (cm)	1.08±0.84	1.38± 0.41	1.50±0.41	0.70

에서도 과밀도 처리구보다 저밀도 처리구에서 긍정적인 효과를 얻은 결과를 뒷받침하고 있다. 이와 같이 전반기와 후반기 결과를 볼 때 한우 육성우는 사육기간이 경과함에 따라 또는 성장할수록 사육밀도가 낮아지거나, 사육공간이 충분히 확보되어야 체위성장에 도움을 줄 수 있음을 시사하고 있다.

실험 전기간 동안 한우 육성우는 체중, 흉폭, 요각폭 및 곤폭에서 현저하게 변화되는 결과를 보였다 (Table 10). 체중은 T1, T2 및 T3구에서 각각 93.17, 105.25 및 131.50 kg 증가하는 것으로 나타났는데, T3구가 T1 및 T2구보다 25 및 41% 정도 유의적으로 개선하였고 ($p<0.01$), T2구는 T1구에 비해 다소 개

Table 10. Effects of rearing density on body weight and external parts during whole experimental period

Item	T1	T2	T3	Pr<F
Weight (kg)	93.17±12.72 ^b	105.25±15.01 ^b	131.50±1.22 ^a	0.01
Wither height (cm)	11.67± 0.94	13.50± 0.50	12.00±1.63	0.10
Rump height (cm)	10.33± 1.80	10.75± 1.79	9.50±0.41	0.67
Body length (cm)	24.00± 1.41	18.75± 4.82	22.00±0.82	0.09
Chest depth (cm)	10.83± 1.86	10.75± 0.83	9.00±0.82	0.28
Chest width (cm)	5.67± 2.36 ^b	6.25± 0.43 ^{ab}	9.00±0.00 ^a	0.08
Rump width (cm)	6.33± 1.49 ^b	9.00± 0.71 ^a	9.50±0.41 ^a	0.01
Pelvis width (cm)	5.33± 0.75 ^b	8.25± 1.30 ^a	7.50±0.41 ^a	0.01
Rump length (cm)	7.00± 2.00	6.00± 3.67	5.00±1.63	0.63
Hipbone width (cm)	3.67± 1.49	5.50± 2.87	7.00±0.82	0.14
Chest girth (cm)	23.50± 3.64	21.50± 2.50	26.50±0.41	0.18
Cannon bone circum (cm)	3.50± 0.50	3.50± 0.50	3.25±0.20	0.77

선되는 결과를 보였다. 본 실험의 전반기, 후반기 및 전기간의 체중 결과를 볼 때 사육밀도를 높게 하는 것보다 사육공간을 넓게 할수록 성장률이 높은 것을 알 수 있었다. 흉폭은 T3가 9.0 cm로 T1구 5.67 cm에 비해 58%이상 증가한 결과를 보였으며, 요각폭은 T2 및 T3구에서 각각 9.0 및 9.50 cm로 T1구의 6.33cm에 비해 약 42% 및 50%의 유의적인 성장률을 보였다 ($p<0.01$). 곤폭은 T2 및 T3구가 각각 8.25 및 7.50 cm로 T1의 5.33 cm에 비해 현저히 증가하였다 ($p<0.01$). 반면에 체고, 십자부고, 체장, 흉심, 고장, 좌골폭, 흉위 및 전관위는 T1, T2 및 T3구간에 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 실험 전기간 동안 체중, 흉폭, 요각폭 및 곤폭은 저밀도 처리구 및 일반 처리구가 과밀도 처리구보다 현저하게 개선되는 결과를 보였으며, 특히, 저밀도 처리구는 일반 처리구보다 향상되는 결과를 보였다. 이러한 결과를 볼 때 한우 육성우는 일정한 사육면적에 대한 사육두수가 체중 및 체위발육에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 사육밀도는 한우 육성우에 스트레스 등의 원인으로 성장을 저해시키는 중요한 요인임을 알 수 있었다. 조 (2008)의 연구에서도 성장기에 있는 동물의 장시간 스트레스 노출은 성장과 근육 발달을 저해한다고 보고되어 있어 본 실험 내용을 뒷받침 해주고 있다.

이와 같이 한우 육성우의 사육밀도는 일반 및 저밀도로 처리한 사육공간에서 가장 우수한 결과를 보였으며, 특히 저밀도로 사육시 성장률이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 한우 육성우의 사육밀도는 두당 $3 \times 3 \text{ m}^2$ 이상으로 하는 것이 성장발육에 긍정적인 성과를

얻을 수 있을 것으로 판단된다. 특히 두당 $3 \times 6 \text{ m}^2$ 사육면적은 두당 $3 \times 3 \text{ m}^2$ 의 사육면적일 때 보다 성장 및 발육에 효과가 있는 것으로 밝혀졌다. 이는 사육공간이 한우의 성장과 발육에 중요한 요인임을 시사하는 것이며, 한우의 생산성을 높이기 위해서는 충분한 사육공간 확보 (9 m^2 이상/두)가 필요한 것으로 판단된다.

깔짚의 수분 함량은 T1, T2 및 T3구에서 각각 71.1, 67.4 및 64.4%로 사육밀도가 높을수록 수분 함량이 다소 증가하는 결과를 보였다 (Table 11). 이는 일정한 사육공간내 사육두수가 증가할수록 깔짚의 수분 함량이 높았다. 한편 깔짚의 내부온도는 T1, T2 및 T3구가 각각 20.4, 21.5 및 20.0°C로 저밀도 및 고밀도 처리구에 비해 일반 처리구에서 높은 결과로 나타났다. 이는 과밀도 처리구에서는 일정면적에 많은 두수가 분뇨로 인해 수분함량(뇨)과 과량의 유기물(분)의 축적으로 인하여 우상에 미생물 활성의 저하로 열 발생을 적게 하였기 때문으로 판단된다. 또한 저밀도 처리구보다 일반처리구와 고밀도 처리구에서 깔짚의 온도가 다소 증가하는 것으로 나타나 일정면적에 있어서 사육두수와 깔짚의 내부온도는 어느 정도 관계가 있을 것으로 판단된다. Panvibat 등 (2004)과 Jeppsson (1999)은 깔짚의 내부온도는 미생물 분해, 수분증발, 깔짚 두께 및 깔짚 종류에 따라 차이가 있다고 보고한 바 있다. 이상의 결과로 볼 때 사육밀도는 우상 깔짚의 수분 함량과 내부온도에 다소 영향을 미치는 것으로 판단되며, 사육두수가 높아지면 우상의 깔짚의 수분함량은 증가하는 결과를 보였다.

깔짚의 건물함량은 T1, T2 및 T3구에서 각

Table 11. Effects of rearing density on moisture and temperature of the barn litter

Item	T1	T2	T3	Pr<F
Sawdust-thickness (cm)	5	5	5	-
Moisture (%)	71.1±3.76	67.4±4.31	64.4±6.46	0.30
Temperature (°C)	20.4±0.59 ^{ab}	21.5±1.00 ^a	20.0±1.18 ^b	0.07

Table 12. Effect of rearing density on DM content and harmful microbes of the barn litter

Item	T1	T2	T3	Pr<F
DM	28.87±3.76	32.63± 4.31	35.61± 6.64	0.41
<i>E. coil.</i> (CFU/g)	47.5 ±8.29	90.0 ±69.95	55.0 ±16.58	0.21
Salmonella	-	-	-	-
Coccidium	Coccidium (2)	-	Coccidium (1)	-

CFU: Colony forming unit on the desoxycholate agar medium at 35°C for 48 hrs.

각 28.87, 32.63 및 35.61%로 나타나 사육밀도가 높을수록 건물함량이 낮아지는 경향을 보였다 (Table 12). 깔짚의 대장균수는 T1, T2 및 T3 각각 47.5, 90.0 및 55.0 CFU/g으로 T2 구에서 높고 T1구에서 낮은 경향을 보였지만, 통계적인 유의차이는 인정되지 않았다. 살모넬라균은 T1, T2 및 T3구 모두 발견되지 않았으며, 반면 설사를 유발하는 콕시듐은 T1 및 T3에서 각각 양성반응을 보였으나, 처리간 통계적인 유의차이는 없었다.

적 요

본 연구는 친환경 한우생산을 위해 다양한 원료사료의 선택 및 구성비율 변경을 통해 메탄 저감용 사료배합비의 작성 및 적정 사육밀도에 관한 연구를 규명하기 위하여 실시하였다. 본 연구의 메탄 저감용 사료배합에 활용한 원료사료는 과쇄 옥수수수와 알팔파 외 21종이었다. 또한 적정 사육밀도를 조사하기 위한 공시동물은 평균 체중 150 kg의 한우 송아지 12두를 선정하여 4개월간 실험을 수행하였다.

TMR 1, 2, 3에 비해 TMR 4에서 약 3~4배 정도 낮은 메탄가스 발생량을 보였으며, 사료가격에서도 저렴한 결과를 보였다. TMR 4는 TMR 1, 2 및 3에 비해 건물 소실율에서 낮은 경향을 보였으며, 메탄생성량은 24~37% 정도 감소하는 결과를 보였다. 한편, 한우 육성우의 적정 사육밀도 실험에서 저밀도 (18 m²/head) 및 일반 처리구 (9 m²/head)는 과밀도

처리구 (6 m²/head)에 비해 총 증체량, 일당증체량 및 사료요구율이 개선되는 결과를 보였다. 또한 건강과 질병에 관련된 혈액성분에서 저밀도 및 일반 처리구는 영양대사 및 건강에 관련된 total protein, glucose, AST, ALT 및 GGT 농도가 과밀도 처리구에 비해 효과적으로 개선되는 결과를 보였다. 체위 발육 (development of body size)의 경우 저밀도 및 일반 처리구의 체중, 흉폭, 요각폭 및 곤폭은 고밀도 처리구에 비해 현저하게 증가하였으며, 특히, 저밀도 처리구는 일반 처리구보다 체위발육이 우수한 결과를 보였다. 그리고 저밀도 및 일반 처리구는 고밀도 처리구에 비해 깔짚의 수분 함량, 대장균 및 콕시듐의 조절에서도 긍정적인 결과를 보였다. 이와같이 한우 육성우의 적정 사육밀도는 두당 6m² 이상이 바람직한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 원료사료의 선택 및 구성비율 변경을 통해 메탄 생성량을 저감시킬 수 있는 가능성을 사료자원의 배합비 조정으로 메탄 저감용 사료생산의 가능성을 제시하였으며, 사육밀도는 한우의 성장과 발육에 중요한 요인임을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 적절한 원료사료의 선택 및 구성비율 변경을 통해 메탄 발생량 조절의 가능성을 제시하였으며, 사육밀도는 한우의 성장과 발육에 중요한 요인임을 확인할 수 있었다.

인 용 문 헌

- Armes, D. R. 1980. Thermal environmenta

- effects production efficiency of livestock, *Bioscience*. 30:457.
2. A.O.A.C. Official Methods of Analysis (15th Ed). Association of Official Analytical Chemist. Washington. D. C. 1990.
 3. Cole, C. V., Duxbury, J., Freney, J., Heinemeyer, O., Minami, K., Moseir, A., Paustian, K., Rosenberg, N., Sampson, N., Sauerbeck, D. and Zhao, Q. 1997. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 49:221-228.
 4. Czerkawski, J. W., K. L. Blaxter and EF. W. Wainman. 1996. The metabolism of oleic, linoleic and linolenic acids by sheep with reference to there on methane production *Br. J. Nutr.* 29:349-357.
 5. Davami, A., Wineland, M. J., Jones, W. T. and Peterson, R. A. 1987. Effects of population size, floor space, and feeder space upon productive performance, external appearance, and plasma corticosteron concentration of laying hens. *Poltry Sci.* 66:251-257.
 6. Desjardins, R. L., Kulshreshtha, S. N., Junkins, B., Smith, W., Grant, B. and Boehm, M. 2001. Canadian greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 60:317-326.
 7. Finlay, B. J., Esteban, G., Clarke, K. J., Williams, A. G., Embley, T. M. and Hirt, R. P. 1994. Some rumen ciliates have endosymbiotic methanogens. *FEMS. Microbiol. Lett.*, 117:157-162.
 8. Goering, H. K. and Van Soest, P. J. Forage fiber analysis. 1970. *Hatcy*. Page 222 in nutrition and lactation in the daily cow. ed. Garnsworthy. P. C. printed by Anchor-Brandon Ltd. Tiptree, Essex. England
 9. González, L. A., Ferret, A., Manteca, X., Ruí-sde-Qla-storre, J. L., Calsamiglia, S., Devant, M. and Bach, A. 2008. Performance, behavior, and welfare of friesland heifers housed in pens with two, four, and eight individuls per concentrate feeding place. *J. Anim. Sci.* 86:1446-1458.
 10. Ha, J. J., Rhee, Y. J., Jang, W. J., Kim, W. Y., Li, S. G. and Song, Y. H. 2009. Studies on variation of characteristics in Hanwoo steers by pen and group size. *Kor. J. Lives. Hous. & Env.* 15(1):9-16.
 11. Haaland, G. L. 1987. Protected fat in bovine rations. Ph, D. Dissertation. Colorado State University Fort. Collins.
 12. IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change). 1992. *Climate change 2001*. ed Houghton, J. T. er al. 200p. Cambridge University Press, New York.
 13. IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change). 2001. *Climate change 2001. The scientific Basis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
 14. Janzen, H. H., Desjardins, R. L., Asselin, J. M. R. and Grace, B. 1999. *The Health of our Air: Towards sustainable agriculture in Canada*. Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, ON. Publication No. 1981/E.
 15. Jeon, B. T., Park, I. H., Lee, S. M., Moon, S. H., Kim, K. H., Kim, J. S. and Son, J. C. 1997. The effects of different fiber sources on chewing behavior of Korean Native Cattle. *Korean. J. Anim. Sci.* 39(4): 383-390.
 16. Jeppsson, K. H. 1999. Volatilization of ammonia in deep-litter system with different beding materials for young cattle.

- J. Agric. Engng Res. 73:49-57.
17. Jonson, H. D. 1983. Effect of environment alcontrol on beef productivity in proceedings of symposium strategies for the most efficient beef production. Kyoto. Japan. Aug.11-13.
 18. Kondo, S., Sekine, J., Okubo, M. and Adahida, Y. 1989. The effect of group size and space allowance on the agonistic and spacing behaviour of cattle. Appl. Anim. Behav. Sci. 24:127-135.
 19. Li, S. G., Yang, Y. X., Rhee, Y. J., Jang, W. J., Ha, J. J., Lee, S. K. and Song, Y. H. 2010. Growth, behavior, and carcass traits of fattening Hanwoo (Korean native cattle) steers managed in different group sizes. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 23(7):952-959.
 20. Mitchell, J. I. 1988. Stress: The history and future of critical incident stress debriefings. Journal of Emergency Medical Services, 7-52.
 21. Moss, A. R., Jouany, J. -P. and Newbold, C. J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Ann. Zootech. 49, 231-235.
 22. Newbold, C. J., B. Lassalas, and J. P. Jouany. 1995. The importance of methanogenesis associated with ciliate protozoa in ruminal methane production *in vitro*. Lett. Appl. Microbiol. 21, 230-234.
 23. Newbold, C. J., Lassalas, B. and Jouany, J. P. 1995. The importance of methanogenesis associated with ciliate protozoa in ruminal methane production *in vitro*. Lett. Appl. Microbiol., 21:230-234.
 24. Panivivat, R., Kegley, E. B. and Pennington, J. A., Kellogg, D. W. and Krumpelman, S. L. 2004. Growth performance and health of dairy calves bedded with different types of materials, Journal of Dairy Science, 87:3736-3745.
 25. Price, E. O. and Wallach, S. J. 1991. Effects of group size and the male to female ratio on the sexual performance and aggressive behavior of bulls in serving capacity testa. J. Anim. Sci. 69:1034-1040.
 26. Robert, J. C. 1995. Environmental factors and nutrition of livestock. The Korean Journal of Nutrition. 6:241-265.
 27. Roush, W. B., Mashaly, M. M. and Graves, H. B. 1984. Effects of increased bird population in a fixed cage area on production and economic responses of single comb white leghorn laying hens. Poultry Sci. 63:45-48.
 28. SAS. 1999. SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, U.S.A.
 29. Van Soest, P. J. Nutritional Ecology of the Ruminant, 2nd ed.; Cornell University Press: United States, 1994. (Received Sep. 5, 2010; Revised Feb. 24, 2011; Accepted Mar. 7, 2011).
 30. Watts, J. M. and Stookey, K. M. 2000. Vocal behavior in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. Appl. Anim. Behav. Sci. 67:15.
 31. 이상무, 장재원. 2011. 거세 한우 육성우 사육밀도가 채식행동에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 53(5):489-496.
 32. 조재희. 2008. 사육공간에 따른 사육두수가 한우 거세우의 산육특성에 미치는 영향. 강원대학교 석사학위논문.