

Research Article

옥수수 사일리지와 대두 사일리지의 혼합급여가 *In Vitro* 반추위 발효성상 및 거세한우의 성장과 육질등급에 미치는 영향

강주희¹, 이기환¹, 타비타 다메리아 마분¹, 송재용², 권찬호^{1,2}, 윤두학^{1,2},
서진동³, 조영민⁴, 김진열⁴, 김은중^{1,2}

¹경북대학교 축산BT학과

²경북대학교 축산학과

³경북대학교 응용생명과학부

⁴군위축산업협동조합

Effect of Corn Silage and Soybean Silage Mixture on Rumen Fermentation Characteristics *In Vitro*, and Growth Performance and Meat Grade of Hanwoo Steers

Juhui Kang¹, Kihwan Lee¹, Tabita Dameria Marbun¹, Jaeyong Song², Chan Ho Kwon^{1,2}, Duhak Yoon^{1,2},
Jin-Dong Seo³, Young Min Jo⁴, Jin Yeoul Kim⁴ and Eun Joong Kim^{1,2}

¹Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

²Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

³School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Republic of Korea

⁴Gunwi Livestock Cooperative Federation, Gunwi 39015, Republic of Korea

ABSTRACT

The present study was conducted to examine the effect of soybean silage as a crude protein supplement for corn silage in the diet of Hanwoo steers. The first experiment was conducted to evaluate the effect of replacing corn silage with soybean silage at different levels on rumen fermentation characteristics *in vitro*. Commercially-purchased corn silage was replaced with 0, 4, 8, or 12% of soybean silage. Half gram of the substrate was added to 50 mL of buffer and rumen fluid from Hanwoo cows, and then incubated at 39°C for 0, 3, 6, 12, 24, and 48 h. At 24 h, the pH of the control (corn silage only) was lower ($p < 0.05$) than that of soybean-supplemented silages, and the pH numerically increased along with increasing proportions of soybean silage. Other rumen parameters, including gas production, ammonia nitrogen, and total volatile fatty acids, were variable. However, they tended to increase with increasing proportions of soybean silage. In the second experiment, 60 Hanwoo steers were allocated to one of three dietary treatments, namely, CON (concentrate with Italian ryegrass), CS (concentrate with corn silage), CS4% (concentrate with corn silage and 4% of soybean silage). Animals were offered experimental diets for 110 days during the growing period and then finished with typified beef diets that were commercially available to evaluate the effect of soybean silage on animal performance and meat quality. With the soybean silage, the weight gain and feed efficiency of the animal were more significant than those of the other treatments during the growing period ($p < 0.05$). However, the dietary treatments had little effect on meat quality except for meat color. In conclusion, corn silage mixed with soybean silage even at a lower level provided a greater ruminal environment and animal performances, particularly with increased carcass weight and feed efficiency during growing period.

(Key words: Corn silage, Growth, Hanwoo, Rumen, Soybean silage)

I. 서론

양질의 조사료는 반추동물에게 단백질, 에너지, 비타민 및 광

물질 등 가축이 필요한 영양소의 대부분을 공급한다(Murphy and Loerch, 1994; Krause et al., 1998). 특히, 조사료의 섬유질 성분은 반추위와 장 운동을 촉진시키고 소화관 내용물의 이동 속도를 유지

*Corresponding author: Eun Joong Kim, Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea, Tel: +82-54-530-1228, Email: ejkim2011@knu.ac.kr

시킨다(Plaizier et al., 2008). 또한, 조사료의 섭취는 반추위내 pH를 일정하게 유지하고 제1위내 미생물 균형을 유지시킨다. 따라서 조사료 섭취 부족은 제1위 과산증, 고창증, 간농양 등 다양한 대사성 질환의 원인이 되기 때문에(Plaizier et al., 2008) 조사료와 농후사료의 급여비율을 맞추어 급여하는 것이 중요하다(Suárez et al., 2007).

육성기 거세한우에게 양질의 조사료를 충분히 급여하면, 조사료의 거침과 부피에 의하여 제 1위와 소화기 전체의 발달을 촉진시킬 수 있다(Kim et al., 2007; Seol et al., 2011). 또, 육성기에 골격을 잘 발달시켜 출하체중이 큰 비육우를 만들기 위한 기초체형을 만들어 장기간 비육에도 지속적인 증체를 기대할 수 있다(Oka et al., 1999; Ahn et al., 2002; Kim et al., 2006). 그러나 수입 조사료에 비해 국내 조사료 중 벼짚은 저질 조사료로 분류되어, 축산 농가에서 그 사용량이 제한적이다. 우리나라에서 소모되는 수입 조사료는 2015년 1,050천톤으로 2011년 이후 일정한 비율을 유지하고, 국내 조사료의 수급은 소 사육 두수가 증가함에 따라 생산량이 증가하는 추세이다(Kim et al., 2021).

사료용 옥수수는 단위면적당 가소화영양소 생산량 1위의 사료작물이며 생산단위 면적 및 수량당 영양소 가치가 우수하다(Allen et al., 1995). 옥수수는 주로 사일리지 형태로 제조하여 급여하는데 조단백질 함량은 7.3-8.5% (Bal et al., 2000; Marbun et al., 2020)로 반추동물의 유지, 성장 및 생산을 위한 영양소 요구량을 충족시키기에는 매우 부족한 실정이다.

옥수수에 부족한 단백질을 두과 작물과의 혼작을 통하여 보충함으로써 단백질이 보강된 양질의 조사료를 생산할 수 있다(Carruthers et al., 2000; Kang et al., 2017). 또한, 이러한 두과 작물은 단백질 함량이 높고 사료 가치가 높을 뿐만 아니라 기호성을 향상시켜 급여 조사료 품질이 개선된다(Martin et al., 1998; Prithiviraj et al., 2000). Qu et al. (2013)은 옥수수 사일리지와 편두(Lablab bean) 사일리지의 혼합급여 시 옥수수 사일리지와 비교하여 유단백질과 유생산량이 증가하고 소화율이 개선되었다고 보고하였다. 그러나 국내에서 대두는 거의 전량 수입에 의존하며 사료용 대두를 이용한 사일리지 또는 조사료와 관련된 연구가 매우 부족하다.

따라서, 본 연구는 옥수수 사일리지의 사료적 가치 향상을 위해 대두 사일리지를 일부 대체하여 혼합급여할 경우 반추위 발효성상 및 영양소 소화율이 증가하며 육성우의 성장에 좋은 효과를 미친다는 가설을 설정하여, *in vitro* 반추위 소화율 및 발효 성상을 조사하고, 육성기 거세한우에게 급여 후 성장 및 육질등급에 미치는 영향을 평가하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 1. *In vitro* 반추위 발효 특성

1) 실험사료

공시재료인 옥수수(품종: Pioneer P3394, Pioneer Hybrid Co., USA) 사일리지는 경상북도 경주시 안강읍에 위치한 조사료조합에서 구매하였으며, 대두(품종: Choodu 1) 사일리지는 경북대학교 군위 소재 실습장에서 사료용 대두를 경작한 후(시비조건 N-P-K = 30-30-40 kg/ha), 원형콘포 형태로 제조하여 사용하였다(Seo et al., 2019). 약 2 kg의 옥수수 그리고 대두 사일리지를 65°C 건조기(Wiseven, Nof-155, Korea)에서 3일 동안 건조한 후, 수분 함량을 측정하고, 1 mm 메쉬가 장착된 초고속 분쇄기(ZM 200, Retch, Germany)를 이용하여 분쇄한 후 기질로 사용하였다.

실험구로서 기본 기질(옥수수 사일리지)에 대두 사일리지를 1차 건조 후 건물 기준 0, 4, 8 및 12%로 대체하여 사용하였다. 대조구는 대두 사일리지를 첨가하지 않은 CS, 그리고 대두 사일리지 4, 8 및 12%첨가구를 각각 CS4%, CS8% 및 CS12%로 표기하여 총 4개의 실험구를 설정하였다.

2) *In vitro* 반추위 발효 실험

반추위액은 경북대학교 상주캠퍼스 부속농장에서 24개월령 한우 암소 3두를 이용하여 채취하였다. 공시축 급여사료로는 벼짚과 번식용 농후사료를 급여하였으며 사료 급여 2시간 후, stomach tube를 이용하여 총 2 L를 채취하였다. 채취한 반추위액은 보존 용기에 담아 실험실로 이동 후 CO₂를 주입하면서 4겹의 멸균 거즈로 사료입자를 제거하고, 여과된 반추위액 1.8 L를 모두 혼합하여 재차 4겹의 거즈로 여과하여 사료입자를 제거하였다. 준비된 반추위액을 McDougall's artificial saliva (McDougall, 1948)와 1:4로 혼합하여 *in vitro* 배양을 위한 희석 반추위액을 준비하였다.

In vitro 반추위 발효실험은 Tilley and Terry (1963) 방법에 따라 진행하였다. 125 mL 배양병에 각 처리구에 따라 0.5 g의 시료를 칭량한 후, 시료가 담긴 배양병에 희석한 반추위액 50 mL를 분주하고 고무마개와 알루미늄 뚜껑을 닫아, 39°C 배양기에서 0, 3, 6, 12, 24 및 48시간 배양하였다. 채취한 반추위액의 효과를 확인하기 위하여 기질을 사용하지 않은 blank를 설정하였고 모든 실험구를 각 3반복으로 수행하였다.

3) 조사항목 및 방법

시간대별 배양이 끝난 배양병은 알루미늄 뚜껑을 개봉하여 50 mL 유리주사기를 고무마개에 삽입 후, 발생된 가스의 압력에 의해 변화되는 주사기의 이동 부피를 눈금으로 측정하였다. 측정된 시간대별 가스발생량의 총 합으로 총 가스발생량을 구하였다. 가스발

생량 측정 후, 5 cm × 10 cm 나일론백(Nylon bag, ANKOM Technology, USA, pore size 50 μm)에 배양액의 내용물을 모두 옮겨 여과하였다. 여과된 배양액의 pH는 Starter 2100(Ohaus, made in USA)을 사용하여 측정하였다. 배양액이 걸러진 후 나일론백은 깨끗한 물이 나올 때까지 세척하여 105°C 건조기(Wiseven, Nof-155, Korea)에서 24시간 건조하여 desiccator에서 30분간 방냉하여 무게를 측정한 후 건물소화율(dry matter digestibility)을 측정하였다.

암모니아태질소의 함량은 Chaney and Marbach (1962) 방법에 의하여 분석하였다. 배양액은 원심분리기(Labogene, 1730MR, Korea)로 10분간 10,000 rpm으로 원심분리하여 상등액 20 μL에 phenol color reagent (Phenol 50 g, sodium nitroferrocyanide dehydrate 0.25 g/L) 1 mL와 alkali-hypochlorite reagent (NaOH 25 g, Sodium hypochlorite 16.8 mL/L) 1 mL를 혼합하여 30분간 상온에서 정치하였다. 반응이 끝난 용액은 일회용 큐벳(Ratiolab cuvette, Germany, pore size 1.5 mL)에 옮겨, 분광광도계 (Optizen pop, Korea)를 이용하여 630 nm 파장으로 측정하였다.

휘발성 지방산의 농도는 Erwin et al. (1961) 방법으로 분석하였다. 배양액을 원심분리기(Labogene, 1730MR, Korea)로 10,000 rpm 에서 10분간 원심분리한 후, 상등액 1 mL와 25% metaphosphoric acid (Wako, Japan) 0.2 mL를 혼합하여 30분간 상온에서 정치하였다. 정치가 끝난 시료는 다시 원심분리기 (Labogene, 1730MR, Korea)로 옮겨 10,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액 1 mL를 0.45 μm (Rephile, RjN1345NH, China) 시린지필터를 이용하여 여과한 후, 가스 크로마토그래피 (gas chromatography, Bruker Inc, 450-GC, Germany)를 이용하여 분석하였다. 분석을 위한 컬럼은 BR-Wax fame (BR87503, Germany), 표준용액은 volatile fatty acid standard solution (Sigma-Aldrich, 46975-U, USA)을 사용하였다. 인젝터와 디텍터 (flame ionization detector)의 온도는 250°C, 오븐의 온도는 100°C로 설정하였으며, 질소, 수소, 고순도 에어의 유속은 각각 29 mL/min, 30 mL/min, 300 mL/min으로 설정하여 분석하였다.

2. 실험 2. 거세한우의 성장 및 육질등급

1) 실험기간 및 실험장소

거세한우를 이용한 사양실험은 2014년 12월부터 2016년 10월 까지 경상북도 구미시 고아읍 소재의 한우 농장에서 총 22개월간 실험을 실시하였다. 이 기간 중 실험사료인 옥수수-대두 혼합 사일리지를 급여한 기간은 육성기 사육기간의 대부분을 차지하는 110일(2014년 12월 30일~2015년 4월 20일)이었다. 비교실험 이후 도축 시까지의 기간에는 해당 농장의 관행 사양프로그램에 따라서 모든 가축을 동일하게 관리하였다.

2) 실험사료, 실험설계 및 공시동물

실험 1에서 사용된 옥수수 사일리지와 대두 사일리지를 천안 소재 total mixed ration (TMR) 공장으로부터 이동, TMR 배합기와 20 kg 비닐 지대를 이용하여 재포장하였다. 혼합사일리지는 대두 사일리지를 원물 기준 4% 비율로 혼합하여 제조하였고, 재포장 시 수분이 유실되지 않도록 유의하였다. 배합기 가동시간은 10분으로 고정하여 옥수수 사일리지와 옥수수-대두 혼합사일리지에 대해 동일하게 진행하였으며, 2차 발효에 의한 부패를 방지하기 위해 0.2%의 Ca-propionate를 첨가하여 배합하였다.

공시동물은 평균 개시연령 8.7개월령 한우 거세우(평균체중 253 kg±22.3) 60두를 공시하여 완전임의배치법에 따라 배치하였으며, 대조구와 처리구 1, 2로 나눈 후, 5 m × 10 m 우방에 실험 구 당 5두씩 4개의 우방으로 배치(20두/실험구)하였다.

실험사료는 매일 오전 7시와 오후 5시, 총 2회 급여하였으며 물은 자유 급여 하였다. 육성기 농후사료는 실험 개시에는 3 kg 급여하였고, 28일 간격으로 체중 측정 후 0.5 kg씩 증량하여 급여하였다. 실험사료로 이용한 조사료는 대조구에 이탈리아 리아그라스(Italian ryegrass, *Lolium multiflorum*, L., CON), 처리구 1에는 옥수수 사일리지(CS) 그리고 처리구 2에는 옥수수-대두 혼합사일리지(CS4%)를 급여하였다. 실험 조사료는 자유급여 하였고, 급여량 확인은 실험 조사료를 20 kg씩 급여 후 다음날 잔량을 계량하여 산출하였다. 실험 조사료는 총 95일간 급여하였다. 실험 조사료 급여 종료 후, 상업적으로 도축을 완료하는, 사양 종료시까지 대조구와 처리구 모두 동일한 사료를 급여하였다.

3) 조사항목 및 방법

실험 1과 2에서 사용된 시료의 건물(dry matter, DM), 유기물 (organic matter, OM) 및 조단백질(crude protein, CP) 함량은 AOAC (1995)의 방법에 따라 분석하였으며, 조단백질은 Kjeldahl 분해 장치(Tecator™ digester, Foss, Denmark)와 Kjeldahl 8400 analyzer unit (FOSS, Denmark)장치를 이용하여 분석하였다. Neutral detergent fiber (NDF)와 acid detergent fiber(ADF) 함량은 Van Soest et al. (1991)의 방법에 따라 ANKOM²⁰⁰⁰ Fiber Analyzer (ANKOM technology, USA) 분석 장치를 이용하여 제조사의 가이드라인에 따라 분석하였으며 조회분 함량을 보정하지 않은 결과로 표기하였다.

4) 사료섭취량, 체중 및 도체등급 측정

사료 섭취량은 실험사료를 20 kg씩 급여 후 다음날 잔량을 공제하여 매일 측정하였고, 공시 동물의 체중은 2014년 12월 30일 측정된 체중을 개시 체중으로 하여 개시일로부터 종료 시까지 28일 간격으로 아침 사료 급여 후 오후 1시에 측정하였다. 실험

이 종료된 공시동물은 24시간 절식시킨 후 대구광역시 고령축산물공판장으로 운반하여 12시간 계류시킨 후 도축하였다. 도체는 24시간 냉장실에서 냉장시킨 후, 축산물품질평가원(Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation (2014))의 축산물등급판정 세부기준에 따라 냉 도체중, 육량형질(배최장근 단면적, 등지방두께)과 육질형질(성숙도, 조직감, 지방색, 육색, 근내 지방도)을 판정, 결과를 수집하였다. 또한, 처리구간의 육량 및 육질등급의 출연율과 개체별 분포를 제시하기 위해서 육량등급은 A(3), B(2) 및 C(1점), 육질등급은 1⁺⁺(5), 1⁺(4), 1(3), 2(2) 및 3(1점)으로 환산하여 제시하였다.

3. 통계분석

실험 1과 2의 결과에 관한 자료들은 일반선형모형(general linear model)의 분산분석(analysis of variance)을 통하여 가설검정을 수행하였으며, 실험구간의 비교로 일변량 다중 비교 분석 방법을 통하여 유의적 차이를 분석하였다. 모든 통계검정은 유의수준 95%로 수행하였으며, SPSS (IBM Corporation, 2015) 프로그램을 이용하여 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 실험사료의 화학적 성분

실험 1에 사용한 옥수수 사일리지와 대두 사일리지 그리고 이들을 혼합한 *in vitro* 실험사료, 그리고 실험 2에서 거세한우에게 급여한 농후사료, 옥수수 사일리지, 옥수수 대두 혼합사일리지 및 이탈리아 라이그라스의 화학적 성분을 Table 1에 나타내었다. 대두 사일리지의 건물 함량은 27.68%, 옥수수 사일리지는 32.81%로 옥수수 사일리지의 건물 함량이 더 높았다. 조단백질 함량에 있어서 대두 사일리지는 18.14%, 옥수수 사일리지는 8.52%로 대두 사일리지의 조단백질 함량이 약 2배 많았다. 섬유소(NDF 및 ADF) 함량은 옥수수 사일리지 보다 대두 사일리지의 함량이 더 높았다. 옥수수 사일리지에 대두 사일리지를 4, 8 및 12% 수준으로 첨가한 경우 조단백질 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며 섬유소의 성분 또한 증가하였다. 이러한 결과들, 특히 옥수수 사일리지(Marburn et al., 2020)와 대두 사일리지(Vargas-Bello-Pérez et al., 2008)의 조단백질 함량은 문헌의 연구결과와 유사한 값을 나타내었다.

Table 1. Chemical composition of silages, hay and concentrates used in Experiments 1 and 2

Item ¹⁾	CS	CS4% ²⁾	CS8%	CS12%	Soybean silage	
Experiment 1						
DM (% as-fed)	32.81	32.60	32.40	32.19	27.68	
OM (% DM)	95.64	95.47	95.30	95.13	91.42	
CP (% DM)	8.52	8.90	9.29	9.67	18.14	
NDF (% DM)	39.17	39.38	39.59	39.80	44.39	
ADF (% DM)	22.18	22.65	23.11	23.58	33.84	
pH	4.16	-	-	-	5.15	
Lactate (% DM)	2.12	-	-	-	1.43	
Experiment 2 ³⁾						
	Concentrates					
	Growing	Early fattening	Late fattening	CS	CS4%	Italian ryegrass
DM (% as-fed)	84.10	91.42	88.23	32.58	31.57	84.53
OM (% DM)	94.45	90.79	88.66	95.12	94.73	92.73
CP (% DM)	17.34	14.73	15.14	8.41	8.91	3.71
NDF (% DM)	28.59	26.04	32.85	39.91	40.99	76.47
ADF (% DM)	14.99	12.41	16.69	23.33	22.64	50.11

¹⁾DM = Dry matter, OM = Organic matter, CP = Crude protein, NDF = Neutral detergent fiber, ADF = Acid detergent fiber.

²⁾CS4% = Corn silage with 4% soybean silage, CS8% = Corn silage with 8% soybean silage, CS12% = Corn silage with 12% soybean silage.

³⁾Corn silage (CS) and corn silage with 4% of soybean silage (CS4%) in Experiment 2 were from same origin of the Experiment 1 however, sampled separately when these silages were repacked in a commercial TMR factory.

2. 실험 1. 옥수수 사일리지에 대두 사일리지의 첨가가 *in vitro* 반추위 발효 성상에 미치는 영향

옥수수 사일리지에 대두 사일리지를 수준별로 첨가한 후 반추 위액을 이용하여 배양 시, 배양액의 pH는 6.65-6.94로 나타났다 (Table 2). 발효 개시 후 3시간과 24시간에 옥수수 사일리지를 기질로 발효한 대조구의 pH가 가장 낮았으며($p<0.05$), 대두 사일리지의 첨가량이 증가함에 따라 pH는 높은 경향을 보였으나 유의적 차이는 없었다. 이러한 결과는 옥수수 사일리지의 반추위 발효 시, 단백질원의 첨가량이 증가함에 따라 pH가 일부 높게 나타난다는 보고와 일치하였다(Witzig et al., 2018).

대두 사일리지 첨가에 따른 총 가스발생량에 있어서 배양 3시간에는 대두 사일리지가 12% 첨가된 처리구에서 16.67 mL로 가장 많은 가스가 발생하였으며($p<0.05$), 배양 6시간과, 24시간 또한 다른 처리구와 대조구에 비해 가스발생량이 많았다($p<0.05$). 배양 48시간에는 평균 123 mL 수준으로 모든 실험구에서 유사한 경향을 나타내었다. 반추위 발효를 모방한 *in vitro* 발효 기술 중 가스발생량은 사료의 발효특성을 평가하는 간접적 지표로 다수의 연구에서 사용되었으며(Theodorou et al., 1994; Davies et al., 2000; Hall and Mertens, 2008), 그러나 기질의 화학적 성분과 가스발생량의 상관관계는 강하지만 가스발생율과의 상관관계는 매우 약하다는 보고 또한 발표된 바 있다(Getachew et al., 2004).

Table 2. Effect of different levels of soybean silage with corn silage on rumen fermentation *in vitro* (Experiment 1)

Incubation time (h)	Treatments				Sig.
	CS	CS4%	CS8%	CS12%	
pH					
3	6.91 ^a	6.93 ^b	6.93 ^b	6.94 ^b	*
6	6.91	6.92	6.93	6.93	NS
12	6.88	6.88	6.90	6.90	NS
24	6.77 ^a	6.80 ^b	6.80 ^b	6.81 ^b	*
48	6.65	6.66	6.66	6.66	NS
Total gas production (mL)					
3	15.0 ^a	15.0 ^a	15.7 ^a	16.7 ^b	*
6	23.0 ^a	23.7 ^{ab}	24.7 ^{bc}	25.7 ^c	*
12	49.0	49.7	51.3	51.7	NS
24	85.3 ^a	87.7 ^b	89.3 ^{bc}	90.5 ^c	*
48	123.0	123.0	123.0	123.7	NS
Ammonia-N (mg/100 mL)					
3	2.98	2.66	2.81	2.65	NS
6	2.43	2.30	2.52	2.42	NS
12	0.91	1.09	1.29	1.18	NS
24	1.46 ^a	1.51 ^{ab}	1.66 ^b	1.91 ^c	*
48	10.35	10.76	11.64	11.62	NS
Dry matter digestibility (%)					
3	33.90	31.37	31.75	33.03	NS
6	34.84 ^b	30.63 ^a	32.81 ^{ab}	30.41 ^a	*
12	37.44	40.39	38.62	41.47	NS
24	56.14	55.02	55.46	57.73	NS
48	74.01	75.50	74.73	76.27	NS

CS = Corn silage, CS4% = Corn silage with 4% soybean silage, CS8% = Corn silage with 8% soybean silage, CS12% = Corn silage with 12% soybean silage.

SEM = standard error of the mean.

NS = not significant, * = $p<0.05$.

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

본 실험에서는 대두 사일리지의 혼합 비율이 증가할수록 가스 발생량은 배양 48시간을 제외한 모든 시간에서 증가하는 경향을 보였다.

암모니아태 질소의 발생량은 배양 24시간에 대두 사일리지의 첨가수준이 증가함에 따라 높아졌으며($p < 0.05$) 배양 48시간에는 반추위액의 암모니아태 질소 농도가 10배 이상 증가하였다. Witzig et al. (2018)의 연구에 따르면 옥수수 사일리지에 단백질 원료를 첨가한 처리구들이 대조구에 비하여 암모니아태 질소의 농도가 높았으며, 첨가수준이 증가함에 따라 높게 나타났다. 본 연구에서도 발효 24시간에서 대두 사일리지의 함량이 증가할수록 대조구보다 암모니아태 질소의 발생량이 높은 것으로 나타났다. 암모니아태 질소는 사료 중 조단백질이 분해되거나, 순환된 질소 또는 미생물의 사멸과 분해에 의해 발생하며 반추위 내에 서식하는 미생물의 체단백질 합성에 필요한 질소원으로서 반추위액에 일정한 농도가 유지되어야 원활한 미생물단백질 합성을 기대할 수 있다 (Grummer et al., 1984). Hoover (1986)는 사료 내 조단백질의 함량을 6.0%로 설정하여 그 이상인 경우, 미생물의 성장을 위해서 3.3 mg/dl, 그리고 영양소의 소화를 위해서 8.0 mg/dl의 수준이 적정하다고 보고하였다. 본 연구에서 기질로 이용된 사료의 조단백질 함량은 6.0% 이상이었고(Table 1), 대두 사일리지의 첨가로 인하여 암모니아태 질소의 유의적 증가가 배양 초기에 나타날 것으로 예상하였으나, 배양 48시간을 제외하면, 모든 실험구에서 암모니아태 질소의 농도가 Hoover (1986)의 보고와 비교하여 낮았으며, 배양 12시간까지 실험구 간 유의적 차이는 나타나지 않았다.

이러한 결과는 첫째, 배양 초기 대두 사일리지의 암모니아태 질소가 반추위 미생물에 의해 이용되었기 때문일 것으로 사료되나, 미생물 단백질의 합성량을 측정하지 않았으므로 그 결과를 평가하기는 어렵다. 둘째, 대두를 포함함 두과 사일리지는 조제 시, 방법에 따라 상이하지만, 비단백태질소화확물(non-protein N)이 급격하게 증가하는데(Buxton et al., 2003) 그럼에도 불구하고 12시간 배양까지 첨가수준에 따른 암모니아태 질소의 농도가 증가하지 않은 것은 위에 고찰한 바와 같이 옥수수 사일리지의 조단백질 함량이 Hoover (1986)의 보고와 비교하여 낮지 않음에도 불구하고, 미생물 단백질을 합성하기에는 충분하지 않아서 암모니아태 질소가 이용되었을 것으로 사료된다. 추후 미생물 단백질 합성량 측정을 통해 명확하게 구명이 필요할 것으로 판단된다. 한편, 옥수수 사일리지에 대두 사일리지를 비율별로 대체하여 착유우에 급여한 실험에서 대두 사일리지의 비율이 증가함에 따라 반추위 내 암모니아 농도는 증가하였으며(Ghizzi et al., 2020), 오히려 소화율은 감소하여(배양 6시간, $p < 0.05$) 본 연구의 결과와 일부 일치하는 결과를 나타내었다. 6시간 이후 모든 배양시간에서 대두 사일리지 첨가량과 배양시간 증가에 따라 건

물소화율은 높은 경향을 보였으나 유의적 차이는 없었다.

옥수수 사일리지에 대두 사일리지를 수준별로 대체하여 배양 시, *in vitro* 반추위 내용물의 휘발성지방산 생성량은 Table 3에 나타내었다. 발효 12시간과 48시간에 acetate 발생량은 대두 사일리지 12%첨가구가 30.17 mM과 52.17 mM로 다른 처리구와 대조구에 비해 가장 높았다($p < 0.05$). Acetate(12시간, 48시간)와 propionate(12시간) 및 총 휘발성지방산 생성량(12시간, 48시간)은 대두 사일리지의 함량이 증가하고 발효가 진행될수록 증가하는 경향을 나타내었는데, 특히 발효 12시간과 48시간에서 49.40 mM과 87.75 mM로 다른 처리구와 대조구에 비해 높았다($p < 0.05$). 한편, 12시간과 48시간에는 건물소화율에 유의적인 차이가 없음에도 불구하고(Table 2) acetate, propionate 그리고 total VFA의 생성량에 유의적인 차이가 나타나는 것을 설명하기 어려우나 건물소화율에 있어서 수치적으로 증가하는 경향이 있었으며, 이러한 결과의 원인으로 대두 사일리지의 첨가가 소화율의 개선에 도움이 되었을 것으로 사료된다. Kang et al. (2017)은 *in vitro* 소화율 실험에서 옥수수와 대두 혼합사일리지와 이탈리아 라이그라스 건초보다는 높고 옥수수 사일리지와는 동일하거나 유의적으로 낮은 소화율을 나타내었다고 보고하였다.

3. 실험 2. 옥수수와 대두 혼합 사일리지 급여가 거세한우의 성장 및 육질 등급에 미치는 영향

실험사료를 급여한 육성기(9~12개월령)의 총 증체량은 대조구, 옥수수 사일리지 및 옥수수대두 사일리지 급여구에서 각각 78.1, 114.3 및 120.5 kg이었으며, 평균 일당증체량은 각각 0.7, 1.02 및 1.08 kg이었다(Table 4). 대조구와 옥수수 사일리지 급여구에 비해 옥수수대두 사일리지 급여구가 총 증체량 및 일당 증체량이 더 높았다($p < 0.05$). 육성기 동안 일일 건물섭취량은 대조구, 옥수수 사일리지 및 옥수수대두 혼합사일리지 급여구에서 각각 6.87, 6.69 및 6.86 kg으로 처리간 유의적인 차이가 없었다. 사료 효율은 대조구는 10.16%인 반면 옥수수 사일리지, 옥수수대두 사일리지 급여구가 15.25 및 15.73%로 옥수수대두 사일리지의 사료효율이 가장 우수한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이와 같이 육성기에서 옥수수대두 사일리지 급여구가 증체량 및 사료효율이 유의적으로 우수한 것은 조단백질 섭취량의 증가에 기인된 것으로 판단된다. 대두 사일리지를 4% 첨가한 옥수수대두 혼합사일리지의 조단백질 함량이 옥수수 사일리지보다 건물 기준으로 0.5% 높았으며 이탈리아 라이그라스보다 2배 이상 높았다(Table 1). 따라서 섭취량이 같거나(옥수수 사일리지 실험구와 비교시), 수치적으로 낮아도(대조구와 비교시) 육성기에 필요한 조단백질을 더 공급함으로써 성장에 도움이 되었던 것으로 사료된다. 이는 육성기 때 양질의 조사료 급여가 증체량 개선에 영향을 주었다는 보고들

Effect of Mixed Corn-Soybean Silage on Hanwoo Steers

(Jin et al., 2002; Kim et al., 2007; Suárez et al., 2007)과 일치하였다. 조사료의 품질에 대한 정의는 광범위하지만 Collins and Newman (2008)에 의하면, 원하는 가축의 반응이 나타나도록 하는 조사료의 잠재성 또는 가능성으로 정의하는데, 국내연구에서

사용하는 “양질의 조사료”라 함은 볏짚 등의 거친 조사료와 비교하여 조단백질의 함량이 높고 섬유소 함량이 낮아 소화율이 높고 기호성이 좋은, 목초 기반의 조사료를 의미하는 것으로 판단된다. 두과 목초를 이용한 사일리지 또는 건초의 연구가 드문 국내의

Table 3. Effect of different levels of soybean silage with corn silage on volatile fatty acids concentration (mM) *in vitro* (Experiment 1)

Incubation time (h)	Experimental diets				Sig.
	CS	CS4%	CS8%	CS12%	
Acetate					
3	17.66	18.65	18.10	17.93	NS
6	20.72	20.10	20.44	21.20	NS
12	27.83 ^a	28.94 ^a	28.78 ^a	30.17 ^b	*
24	38.34	39.79	37.87	38.73	NS
48	47.11 ^a	49.43 ^{ab}	49.46 ^{ab}	52.17 ^b	*
Propionate					
3	3.77	3.99	3.85	3.83	NS
6	5.23	5.00	5.04	5.30	NS
12	10.84 ^a	11.79 ^{ab}	11.30 ^a	12.35 ^b	*
24	17.68	18.00	17.05	17.00	NS
48	20.76	21.12	21.16	21.99	NS
Butyrate					
3	3.48	3.64	3.53	3.52	NS
6	4.23	4.10	4.19	4.30	NS
12	5.75	5.94	5.83	6.04	NS
24	8.78	8.36	7.97	8.10	NS
48	10.26	10.30	10.04	10.49	NS
Total VFA					
3	25.42	26.80	25.99	25.79	NS
6	30.74	29.74	30.24	31.44	NS
12	45.17 ^a	47.48 ^{ab}	46.70 ^a	49.40 ^b	*
24	66.15	67.55	64.21	65.26	NS
48	80.99 ^a	83.78 ^{ab}	83.58 ^{ab}	87.75 ^b	*
A/P ratio (%)					
3	4.69	4.68	4.70	4.68	NS
6	3.96	4.02	4.05	3.86	NS
12	2.57	2.46	2.55	2.45	NS
24	2.17 ^a	2.21 ^{ab}	2.22 ^{ab}	2.28 ^b	*
48	2.27 ^a	2.34 ^b	2.34 ^b	2.37 ^b	*

CS = Corn silage, CS4% = Corn silage with 4% soybean silage, CS8% = Corn silage with 8% soybean silage, CS12% = Corn silage with 12% soybean silage.

SEM = standard error of the mean.

NS = not significant, * = $p < 0.05$.

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

현실에 비추어 본 연구의 결과는 양질의 조사료 급여가 육성기 한우에 미치는 영향을 실증하는 결과로서 두과 목초의 첨가를 통한 조단백질의 효과를 규명할 수 있는 기초자료로서 또한 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

비육전기(early fattening period)와 비육후기(late fattening period)는 옥수수-대두 사일리지의 효과를 평가하고자 설정한 실험기간이 아니었으나, 상업적으로 운영하는 한우 농장에서 도축

시까지 실험동물을 관리하였고, 28일 간격으로 체중을 측정하였으므로 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 비육 전기(13~24개월령)의 총 증체량은 대조구, 옥수수 사일리지 및 옥수수-대두 사일리지 급여구에서 각각 264.4, 239.4 및 260.0 kg이었으며, 증체량은 옥수수 사일리지를 급여한 실험구에서 낮았다($p<0.05$). 특히, 이 탈리안 라이그라스를 급여한 대조구에서 상대적으로 빠른 증체가 나타났는데, 이는 육성기에 농후사료의 급여량을 제한한 비육우

Table 4. Effect of corn silage and soybean silage mixture on animal performances of Hanwoo steers (Experiment 2)

Stage of growth	Items	Experimental diets			Sig.
		CON	CS	CS4%	
Experimental period (of growing period, 9~12 month of age)	Initial BW (kg)	250.9	253.8	255.8	NS
	Final BW (kg)	329.0 ^a	368.1 ^b	376.3 ^b	*
	BW gain (kg)	78.1 ^a	114.3 ^b	120.5 ^b	*
	Daily gain (kg/d)	0.70 ^a	1.02 ^b	1.08 ^b	*
	DM intake (kg/d)	6.87	6.69	6.86	NS
	Concentrate (kg/d)	3.25	3.19	3.36	NS
	Forage (kg/d)	3.62	3.50	3.50	NS
	Feed efficiency (%) ¹⁾	10.16 ^a	15.25 ^b	15.73 ^b	*
²⁾ Early fattening period (13~24 month of age)	Initial BW (kg)	329.0 ^a	368.1 ^b	376.3 ^b	*
	Final BW (kg)	620.1	633.4	657.3	NS
	BW gain (kg)	264.4 ^b	239.4 ^a	260.0 ^b	*
	Daily gain (kg/d)	0.74	0.68	0.74	NS
	DM intake (kg/d)	10.42	10.39	10.47	NS
	Feed efficiency (%)	7.27 ^b	6.58 ^a	7.15 ^b	*
³⁾ Late fattening period (25~30 month of age)	Initial BW (kg)	620.1	633.4	657.3	NS
	Final BW (kg)	741.2	747.5	769.4	NS
	BW gain (kg)	112.1	114.6	121.1	NS
	Daily gain (kg/d)	0.56	0.57	0.61	NS
	DM intake (kg/d)	9.44	9.44	9.47	NS
	Feed efficiency (%)	16.35	16.88	17.42	NS
⁴⁾ Overall (9~30 month of age)	Initial BW (kg)	250.9	253.8	255.8	NS
	Final BW (kg)	741.2	747.5	769.4	NS
	BW gain (kg)	490.4	494.8	515.5	NS
	Daily gain (kg/d)	0.74	0.74	0.78	NS
	DM intake (kg/d)	8.97	8.85	8.92	NS
	Feed efficiency (%)	8.27	8.46	8.74	NS

Con = control, CS = corn silage, CS4% = corn silage with 4% soybean silage.

BW = body weight.

¹⁾ Feed efficiency = Daily gain/DM intake × 100.

^{2), 3), 4)} The beef rearing program was the same among treatments, and therefore dry matter intake of concentrate and forage was not separately presented.

SEM = standard error of the mean.

NS = not significant, * = $p<0.05$.

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

에서 보상성장 효과가 나타난 것으로 판단된다(Kang et al., 2004; Kwon et al., 2005).

비육후기(25~30개월령)와 총 사육기간의 성적은 모든 항목에서 유의성이 나타나지 않았으나, 옥수수-대두 혼합사일리지를 급여한 실험구에서 종료 체중이 28.2 kg 무거운 것으로 나타났다. 비록 유의성은 나타나지 않았으나 이는 양질의 조사료 급여로 인하여 육성기에 우수했던 증체가 비육후기까지 이어진 것으로 사료된다. 본 연구의 결과는 Kim et al. (2007)의 연구와 유사한 결과를 보였는데, 육성기에만 티모시를 급여한 한우 거세우의 비육성적이 벗짚을 급여한 실험구와 비교하여 우수한 것으로 나타났다.

Table 5에 나타난 결과와 같이 공시동물 60두 중 1두는 어깨 탈골, 1두는 증체량 저하로 비육 중 도태되어 총 58두를 도축하였다. 대조구와 옥수수 사일리지 및 옥수수-대두 혼합사일리지 급여구의 냉 도체중은 각각 426, 438과 444 kg으로 유의적인 차이

를 나타내지 않았으나 대두 사일리지 첨가 급여구에서 수치적으로 증가하였다. 육량형질 및 육량지수 모두 실험구간 유의성이 나타나지 않았으며, 도체성적에서 육량등급을 A(3) : B(2) : C(1점)으로 환산하여 계산한 결과 대조구와 옥수수 사일리지 및 옥수수-대두 사일리지 급여구는 각각 1.50, 1.58 및 1.58점으로 사일리지 급여구에서 개선되는 경향을 보였다. Kim et al. (2013)은 거세한우에서 농후사료의 조단백질을 총 사육기간에 걸쳐 약 2% 증가하여 급여하였을 때 육질등급과 근내지방도가 향상되었다고 보고하였다. 본 연구에서도 등지방두께, 배최장근 단면적 및 육질등급이 대조구보다 수치적으로 향상된 결과를 나타내었다. 육질형질의 경우 지방색, 조직감 및 성숙도에서 대조구와 옥수수 사일리지 및 옥수수-대두 사일리지 급여구는 상호 유의적인 차이는 없으나, 근내 지방도를 1~7로 구분할 때 대조구 및 시험구에서 5.5, 5.5 및 5.9으로 옥수수-대두 사일리지 급여구에서 향상되는

Table 5. Effects of corn silage and soybean silage mixture on carcass characteristics of Hanwoo steers (Experiment 2)

Items	Experimental diets			Sig.
	CON	CS	CS4%	
No. of heads	20	19	19	
Marketing wt., kg	741	749	771	NS
Cold carcass wt., kg	426	438	444	NS
Yield traits ¹⁾				
Backfat thickness, mm	16.4	15.4	16.0	NS
<i>Longissimus dorsi</i> area, cm ²	88.4	90.8	94.6	NS
Yield index	60.8	63.1	62.6	NS
Yield grade	1.50	1.58	1.58	NS
A: B: C (head)	0:10:10	1:9:9	1:9:9	-
Quality traits ²⁾				
Marbling score	5.5	5.5	5.9	NS
Meat color	4.8 ^a	4.9 ^{ab}	5.1 ^b	*
Fat color	3.0	3.1	3.2	NS
Texture	1.1	1.0	1.1	NS
Maturity	2.0	2.0	2.1	NS
Meat quality grade	3.60	3.63	3.74	NS
1 ⁺⁺ : 1 ⁺ : 1: 2: 3 (head)	1:12:5:2	2:10:5:2	3:10:5:0:1	-

Con = control, CS = corn silage, CS4% = Corn silage with 4% soybean silage.

¹⁾ Area was measured from *Longissimus* muscle taken at 13th rib and back fat thickness was also measured at 13th rib. Yield index were calculated using the following equation: Yield index: 68.184 - (0.625 × back fat thickness (mm)) + (0.130 × *Longissimus* muscle area (cm²)) - (0.024 × dressed weight (kg)); yield grade (A = 3, B = 2, C = 1).

²⁾ Grading range are 1 to 9 for marbling score with higher numbers for better quality (1 = devoid, 9 = the most abundant), meat color (1 = bright, 7 = dark red); fat color (1 = white, 7 = yellowish), texture (1 = soft, 3 = firm), maturity (1 = youthful, 9 = mature), meat quality grade (1⁺⁺ = 5, 1⁺ = 4, 1 = 3, 2 = 2, 3 = 1).

SEM = standard error of the mean.

NS = not significant, * = $p < 0.05$.

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

경향을 보였다. 또한, 도체성적의 개체별 육질등급을 1++(5), 1+(4), 1(3), 2(2) 및 3(1점)으로 환산하여 계산한 결과 각각 3.60, 3.63 및 3.74점으로 옥수수콩 사일리지 급여구에서 육질이 개선되는 경향을 보였다. 육질형질의 경우 육성기에 급여한 조사료원에 의한 차이가 뚜렷하지 않은 것으로 여겨진다. 이러한 결과는 양질의 건초를 한우 거세우에게 급여했을때, 대조구와 처리구간에는 조직감 및 육질등급에서 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다는 보고와 일치하였다(Kim et al., 2007).

이상의 결과에서 육량형질 및 육질형질의 향상은 육성기때의 양질의 조사료 즉 옥수수대두 사일리지의 급여에 따른 영향으로 사료되며, 한우의 고급육 생산에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

IV. 요약

옥수수사일리지와 대두 사일리지를 다양한 수준으로 혼합한 사일리지의 *in vitro* 반추위 발효성상을 평가하는 실험(실험 1)에서 가스발생량은 대두 사일리지의 혼합비율이 증가할수록 배양 48시간을 제외한 모든 발효시간에서 증가하는 경향을 보였다. 암모니아태 질소의 발생량은 배양 24시간에 대두 사일리지 대체율이 증가할수록 높게 나타났다($p < 0.05$). 건물소화율은 배양 6시간을 제외한 전 배양시간에서 대두 사일리지의 첨가량이 감소함에 따라 낮은 경향을 보였고, acetate와 propionate를 비롯한 총 휘발성 지방산 생성량은 대두 사일리지의 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 두번째 실험인 옥수수와 대두 혼합사일리지(4%, 원물기준)를 급여한 육성기 거세한우 사양실험에서 육성기에 옥수수대두 혼합사일리지 급여구의 증체량과 사료효율이 대조구 및 옥수수 사일리지 처리구와 비교하여 높았다($p < 0.05$). 또한, 육질등급은 처리구별 유의차가 없었지만 옥수수대두 혼합사일리지의 급여구에서 가장 우수한 육질등급을 나타내었다. 이상의 결과를 종합하면 옥수수 사일리지에 대두 사일리지의 첨가는 반추위 발효에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 옥수수 사일리지를 급여하는 육성기 거세 한우에게 4% 수준의 대두 사일리지 혼합급여는 증체량 및 사료효율에 영향을 미치며, 육질등급의 증가로 고급육 생산에 도움이 될 것으로 판단된다.

V. 사사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원(IPET)의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 수행되었음(과제번호: 314024-3). 또한, 주저자인 강주희(2017년)의

석사학위 논문 “옥수수와 콩 혼합 사일리지의 *in vitro* 반추위 분해율과 한우의 성장 및 육질등급에 미치는 영향”의 내용을 일부 수정, 보완한 것임. 저자 일동은 가축의 사양관리에 참여하신 모든 분들께 그리고 군위축산업협동조합 관계자 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.

VI. REFERENCES

- Ahn, B.H., Song, S.C. and Lyu, J.S. 2002. Effects of proportion of roughages and concentrates on growth and carcass characteristics of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology*. 44(6):747-756. doi:10.5187/JAST.2002.44.6.747
- Allen, M., Ford, S., Harrison, J., Hunt, C., Lauer, J., Muck, R. and Soderlund, S. 1995. Corn silage production, management and feeding. *American Society of Agronomy*. pp. 1-4.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis* (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. USA.
- Bal, M.A., Shaver, R.D., Jirovec, A.G., Shinnors, K.J. and Coors, J.G. 2000. Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 83(6):1264-1273. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)74993-9
- Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., Albrecht, K.A. and Beauchemin, K.A. 2003. Alfalfa and other perennial legume silage. In: D.R. Buxton, R.E. Muck and J.H. Harrison (Ed.), *Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. pp. 633-664.
- Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R.C. and Smith, D.L. 2000. Intercropping of corn with soybean, lupin and forages: Silage yield and quality. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 185(3):177-185. doi:10.1046/j.1439-037x.2000.00421.x
- Chaney, A.L. and Marbach, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 8(2):130-132. doi:10.1093/clinchem/8.2.130
- Collins, M. and Newman, Y.C. 2008. Forage quality. In: M. Collins, C.J. Nelson, K.J. Moore and R.F. Barnes (Eds.), *Forages Volume 1. An Introduction to Grassland Agriculture*. Wiley Blackwell. pp. 269-286.
- Davies, Z.S., Mason, D., Brooks, A.E., Griffith, G.W., Merry, R.J. and Theodorou, M.K. 2000. An automated system for measuring gas production from forages inoculated with rumen fluid and its use in determining the effect of enzymes on grass silage. *Animal Feed Science and Technology*. 83(3):205-221. doi:10.1016/S0377-8401(99)00138-8
- Erwin, E.S., Marco, G.J. and Emery, E.M. 1961. Volatile fatty acid

Effect of Mixed Corn-Soybean Silage on Hanwoo Steers

- analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*. 44(9):1768-1771.
- Getachew, G., Robinson, P.H., DePeters, E.J. and Taylor, S.J. 2004. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 111(1):57-71. doi:10.1016/S0377-8401(03)00217-7
- Ghizzi, L.G., Del Valle, T.A., Zilio, E.M.C., Sakamoto, L.Y., Marques, J.A., Dias, M.S.S., Nunes, A.T., Gheller, L.S., De P. Silva, T.B., Grigoletto, N.T.S., Takiya, C.S., Da Silva, G.G. and Rennó, F.P. 2020. Partial replacement of corn silage with soybean silage on nutrient digestibility, ruminal fermentation, and milk fatty acid profile of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 266:114526. doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114526
- Grummer, R.R., Clark, J.H., Davis, C.L. and Murphy, M.R. 1984. Effect of ruminal ammonia-nitrogen concentration on protein degradation *in situ*. *Journal of Dairy Science*. 67(10):2294-2301. doi:10.3168/jds.S0022-0302(84)81577-5
- Hall, M.B. and Mertens, D.R. 2008. *In vitro* fermentation vessel type and method alter fiber digestibility estimates. *Journal of Dairy Science*. 91(1):301-307. doi:10.3168/jds.2006-689
- Hoover, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*. 69(10):2755-2766. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80724-X
- IBM Corporation. 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. IBM Corporation. Armonk, NY.
- Jin, Y.H., Jin, M.G., Hong, J.S., Lee, H.G., Lee, B.K., Kim, J.S. and Choi, Y.J. 2002. Effect of cubed roughage supplementation and red clay levels on growth performance, meat quality and economic benefits in Korean native cattle. *Journal of Animal Science and Technology*. 44(1):61-68. doi:10.5187/JAST.2002.44.1.061
- Kang, J., Song, J., Marbun, T.D., Kwon, C.H. and Kim, E.J. 2017. Effect of intercropped corn and soybean silage on nutritive values, *in vitro* ruminal fermentation, and milk production of Holstein dairy cows. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 37(3):216-222. doi:10.5333/KGFS.2017.37.3.216
- Kang, S.W., Jeong, H.Y., Ahn, B.S., Oh, Y.K. and Son, Y.S. 2004. Effects of feeding type of concentrates during growing period and slaughter age on growth performance, feed efficiency and carcass characteristics in growing-fattening Holstein steers. *Journal of Animal Science and Technology*. 46(6):989-998. doi:10.5187/JAST.2004.46.6.989
- Kim, B.K., Oh, D.Y., Hwang, E.G., Song, Y.H., Lee, S.O., Jung, K.K. and Ha, J.J. 2013. The effects of different crude protein levels in the concentrates on carcass and meat quality characteristics of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology*. 55(1):61-66. doi:10.5187/JAST.2013.55.1.61
- Kim, J.G., Cheong, E.C., Li, Y.F., Kim, H.J., Farhad, A. and Kim, M.J. 2021. Effect of TMR feed mixed with whole crop rice on growth performance and meat quality of Hanwoo steers. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 41(4):267-272. doi:10.5333/KGFS.2021.41.4.267
- Kim, S.I., Jung, K.K., Kim, J.Y., Lee, S.W., Baek, K.H. and Choi, C.B. 2007. Effect of feeding high quality hay on performance and physico-chemical characteristics of carcass of Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology*. 49(6):783-800. doi:10.5187/JAST.2007.49.6.783
- Kim, W.H., Seo, S., Shin, J.S., Lim, Y.C., Kim, K.Y., Jung, M.W. and Kim, T.H. 2006. Effect of seeding date and rate on the agronomic characteristics and yield of forage barley. *Journal of the Korean Society of Grassland Science*. 26(3):155-158.
- Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation. 2014. Animal product rating standard in detail. Notification No. 2014-4. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Republic of Korea. <https://www.ekape.or.kr/english/index.do>
- Krause, M., Beauchemin, K.A., Rode, L.M., Farr, B.I. and Nørgaard, P. 1998. Fibrolytic enzyme treatment of barley grain and source of forage in high-grain diets fed to growing cattle. *Journal of Animal Science*. 76(11):2912-2920. doi:10.2527/1998.76112912x
- Kwon, E.G., Hong, S.K., Seong, H.H., Yun, S.G., Park, B.K., Cho, Y.M., Cho, W.M., Chang, S.S., Shin, K.J. and Paek, B.H. 2005. Effects of *ad libitum* and restricted feeding of concentrates on body weight gain, feed intake and blood metabolites of Hanwoo steers at various growth stages. *Journal of Animal Science and Technology*. 47(5):745-758. doi:10.5187/JAST.2005.47.5.745
- Marbun, T.D., Lee, K., Song, J., Kwon, C.H., Yoon, D., Lee, S.M., Kang, J., Lee, C., Cho, S. and Kim, E.J. 2020. Effect of lactic acid bacteria on the nutritive value and *in vitro* ruminal digestibility of maize and rice straw silage. *Applied Sciences*. 10(21):7801. doi:10.3390/app10217801
- Martin, R.C., Astatkie, T. and Cooper, J.M. 1998. The effect of soybean variety on corn-soybean intercrop biomass and protein yields. *Canadian Journal of Plant Science*. 78(2):289-294. doi:10.4141/P97-030
- McDougall, E.I. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical Journal*. 43(1):99-109.
- Murphy, T.A. and Loerch, S.C. 1994. Effects of restricted feeding of growing steers on performance, carcass characteristics, and composition. *Journal of Animal Science*. 72(9):2497-2507. doi:10.2527/1994.7292497x
- Oka, A., Dohgo, T., Ohtagaki, S. and Juen, M. 1999. Effects of

Effect of Mixed Corn-Soybean Silage on Hanwoo Steers

- roughage levels on growth, beef quality, ruminal contents and serum constituents in Japanese black steers during the growing period. *Animal Science Journal*. 70(6):451-459. doi:10.2508/chikusan.70.451
- Plaizier, J.C., Krause, D.O., Gozho, G.N. and McBride, B.W. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*. 176(1):21-31. doi:10.1016/j.tvjl.2007.12.016
- Prithiviraj, B., Carruthers, K., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R.C. and Smith, D.L. 2000. Intercropping of corn with soybean and lupin for silage: Effect of seeding date on yield and quality. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 185(2):129-136. doi:10.1046/j.1439-037x.2000.00418.x
- Qu, Y., Jiang, W., Yin, G., Wei, C. and Bao, J. 2013. Effects of feeding corn-lablab bean mixture silages on nutrient apparent digestibility and performance of dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 26(4):509-516. doi:10.5713/ajas.2012.12531
- Seo, J.D., Jo, H., Kim, M., Song, J. and Lee, J.D. 2019. Agronomic traits and forage production in a mixed-planting with corn for forage soybean cultivars, Chookdu 1 and Chookdu 2. *Plant Breeding and Biotechnology*. 7:123-131. doi:10.9787/PBB.2019.7.2.123
- Seol, Y.J., Kim, K.H., Baek, Y.C., Lee, S.C., Ok, J.U., Lee, K.Y., Hong, S.K., Jang, S.S., Choi, C.W. and Song, M.K. 2011. Determination of maintenance energy requirements for growing Hanwoo steers. *Journal of Animal Science and Technology*. 53(2):155-160. doi:10.5187/JAST.2011.53.2.155
- Suárez, B.J., Van Reenen, C.G., Stockhofe, N., Dijkstra, J. and Gerrits, W.J.J. 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *Journal of Dairy Science*. 90(5):2390-2403. doi:10.3168/jds.2006-524
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48(3-4):185-197. doi:10.1016/0377-8401(94)90171-6
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*. 18(2):104-111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10):3583-3597. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Vargas-Bello-Pérez, E., Mustafa, A.F. and Seguin, P. 2008. Effects of feeding forage soybean silage on milk production, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91(1):229-235. doi:10.3168/jds.2007-0484
- Witzig, M., Lengowski, M.B., Zuber, K.H.R., Möhring, J. and Rodehutschord, M. 2018. Effects of supplementing corn silage with different nitrogen sources on ruminal fermentation and microbial populations *in vitro*. *Anaerobe*. 51:99-109. doi:10.1016/j.anaerobe.2018.04.016

(Received : March 17, 2022 | Revised : May 23, 2022 | Accepted : May 23, 2022)