

## 친환경 흑염소 사양을 위한 최적 조사료 초종 및 TMR 혼합비 비율: *In vitro* 반추위 발효 연구\*

류채화<sup>\*\*</sup> · 이진욱<sup>\*\*\*</sup> · 김관우<sup>\*\*\*</sup> · 이성수<sup>\*\*\*</sup> · 박혜련<sup>\*\*\*\*\*</sup> ·  
전은정<sup>\*\*\*\*\*</sup> · 박명선<sup>\*\*\*\*\*</sup> · 최낙진<sup>\*\*\*\*\*</sup>

### Optimum Forage Sources and Its Ratio in TMR for Environmentally-friendly Goat Feeding: *In vitro* Rumen Fermentation Study

Ryu, Chaehwa · Lee, Jinwook · Kim, Kwan-Woo · Lee, Sung-Soo ·  
Bak, Hyeryeon · Jeon, Eunjeong · Park, Myungsun · Choi, Nag-Jin

This study was conducted to investigate the effects of TMR on *in vitro* rumen fermentation and methane production of goat with different forage sources. The experiment was arranged 4×2 factorial design. The different forage sources were rice straw (RS), Italian rye grass (IR), timothy (TI) and alfalfa (AL), respectively. There were two different forage : concentrate ratios such as 20:80 (20) and 50:50 (50), respectively. Therefore, totally 8 treatments were used: 1) RS20, 2) RS50, 3) IR20, 4) IR50, 5) TI20, 6) TI50, 7) AL20, and 8) AL50, respectively. The rumen fluid of goat was collected from the slaughterhouse. For fermentation parameters, ruminal pH, total gas, methane, hydrogen, ammonia nitrogen, and volatile fatty acid were determined. The pH values were within an optimal range across all treatments. Total gas productions at TI20 and AL50 were significantly greater than others ( $p<0.05$ ). Methane production was significantly lower in TI and AL compared with other treatments ( $p<0.05$ ). The relatively high dietary NDF content in

\* 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 염소 장내발효 메탄배출량에 영향을 미치는 메탄생성균 다양성 조사, 세부과제번호: PJ01360702) 및 2020년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

\*\* 전북대학교 축산학과 박사 후 연구원

\*\*\* 국립축산과학원 영양생리팀 전문연구원

\*\*\*\* 국립축산과학원 가축유전자원센터 농업연구사, 전문연구원, 농업연구관

\*\*\*\*\* 전북대학교 축산학과 박사과정

\*\*\*\*\* Corresponding author, 전북대학교 동물자원과학과 교수(nagjin@jbnu.ac.kr)

treatments showed significantly lower methane production ( $p < 0.05$ ). Significant alterations treatments were detected at ammonia nitrogen concentration according to the ratio of forage : concentrate ( $p < 0.05$ ). AL treatment showed greater total volatile fatty acid production compared with other treatments ( $p < 0.05$ ). Therefore, the present study suggests that both Timothy and Alfalfa could be recommendable forage sources for goat based on results with volatile fatty acid as an energy source and methane as an index for energy loss and environmental issues. Also, the 50:50 (forage : concentrate) ratio would prefer to 20:80.

Key words : *energy level, fermentation, forage, goat, rumen*

## I. 서 론

우리나라에서 오랫동안 주요 조사료원으로 사용해온 벣짚은 짚을 생산하고 남은 부산물의 일종으로 영양소 함량이 낮고 소화율이 떨어진다. 또한 사료이용효율 및 기호성도 낮아 에너지원으로서의 기능이 부족했다(Lee, 2000; Ji et al., 2010). 최근 국내 축산업은 벣짚과 같이 에너지가 낮은 조사료를 보완하기 위해 새로운 조사료를 수입하거나 농후사료의 사용을 늘리는 등의 사료급여에 대한 다양한 방법을 강구하고 있다. 반추동물의 사료는 가축이 소화하기 어려운 섬유소의 함량을 낮추어 소화율을 높이고 사료 내 에너지를 높이는 형태로 변화가 나타났다.

일반적으로 알려진 에너지를 높이는 농후사료는 곡류사료와 지방질사료로 분류할 수 있고 생산성 향상시키는 주요 에너지 공급의 역할을 한다. 반추동물은 경제성을 평가받는 산업동물로 분류되기 때문에 에너지 공급을 통한 생산성 증진 또한 간과해서는 안 된다. 하지만 초식동물인 반추동물에게 건초와 청초 그리고 사일리지 등의 섬유질 사료는 반추위 발달 및 기능 유지의 역할을 가지고 있고, 생존을 위해서도 반드시 필요하다(Ryu et al., 2017). 반추동물이 대사성 질병을 예방하고 건강한 축산물을 생산하기 위해서는 사료급여 시 경제성만을 고려할 것이 아니라 적정 섬유소와 에너지 수준을 고려하여 설정해야한다.

최근 국내 염소의 사육형태는 산지의 수엽류를 이용한 방목형태의 소규모 사육에서 점차 집약적이고 다두 사육이 용이한 농후사료 위주의 대규모 사육방법으로 전환되고 있다(Hwangbo et al., 2007). 염소사육에서 조사료는 벣짚이 가장 많이 이용되나, 그 외에 라이그라스, 티모시, 알팔파 등이 사용되고 있다(Kim et al., 2013). 특히 염소는 가축의 특성상 섬유소함량이 높은 조사료를 잘 분해하여 벣짚, 라이그라스 등의 급여가 많았다. 티모시와 알팔파는 국내에서 사용되는 많은 양이 대부분 수입조사료로 가격의 변동 폭이 크다는 단점이 있으나 사료가치가 높아 가축사육에 매우 적합한 조사료원이다(Kim et al., 2020). 그러나 국내 염소 사육 농가에서는 농후사료를 전체 사료의 80%까지 급여하여 사료비 비중이

높을 뿐만 아니라 대사성 질병의 발생위험도 높아 염소의 성장을 저해하는 요인으로 작용하고 있다(Jung et al., 2008). 조사료와 농후사료의 비율(조농비율)을 적절하게 설정하여 사료급여체계를 보완하면 반추위 미생물 성상을 안정되게 유지할 수 있어 기존의 열악한 사료급여체계의 대안으로 완전혼합섭유질사료(TMR, total mixed ration)가 주목되고 있다(Li et al., 2003). TMR은 반추위 내 영양소의 균형을 충족시킴과 동시에 사료섭취량과 영양소 이용효율을 향상시켜 최상의 반추위 소화 생리작용을 도모할 수 있다(Nocek et al., 1985). 현재까지 국내 염소에서 사일리지 및 첨가제를 이용한 TMR 등 다양한 연구가 진행된 바 있으나(Kim et al., 2007; Jung et al., 2009; Kim et al., 2016), 조사료 종류 및 조농비율 따른 TMR의 효과를 예측하기엔 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 안정적인 반추위 발효 및 염소의 성장을 위해 다양한 조사료를 이용한 TMR이 염소의 반추위 발효성상 및 메탄생성량에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험설계

본 시험은 현재 축산농가에서 사용되는 조사료 4 종류(벼짚, RS; 이탈리아 라이그라스, IR; 티모시, TI; 알팔파, AL)를 조농비율 2 수준(20, 20:80 및 50, 50:50)을 포함한 TMR을 4 × 2 요인배치법을 이용해 시험을 설계하였다. 시험에 사용된 TMR은 조단백질 15% 이상, 중성세제불용성섬유(neutral detergent fiber, NDF) 47% 이하 및 가소화영양소 총량(total digestible nutrients, TDN) 65% 이상이라는 제한조건에 맞추어 배합하였으며 사료의 성분은 Table 1에 제시되었다.

### 2. 반추위액 채취

실험을 위한 반추위액은 농업회사법인 녹색흑염소(주) 도축장에서 채취하였다. 채취된 위액은 4겹의 cheese cloth로 여과 후 O<sub>2</sub>-free CO<sub>2</sub>가 충전된 2 L, flask (39°C)에 head space가 없도록 하고 산소의 침입을 차단하여 혐기 조건을 유지하였다.

### 3. 분석항목 및 분석방법

실험 배양개시 30분 전 반추위액을 O<sub>2</sub>-free CO<sub>2</sub>로 bubbling하여 pH를 6.5로 보정하고 NaHCO<sub>3</sub> 9.8 g, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 4.62 g, KCL 0.57 g, NaCl 0.47 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.12 g,

Table 1. Ingredient and chemical composition of TMR

Items	RS		IR		TI		AL	
	20	50	20	50	20	50	20	50
Corn crack	32	30	30	20	30	20	30	25
Soybean meal	15	18	14	15	14	15	10	5
Soybean hull	33	2	36	15	36	15	40	20
Rice straw	20	50						
Italian ryegrass			20	50				
Timothy					20	50		
Alfalfa							20	50
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
DM, %	87.6	86.2	74.3	55.1	87.2	87.5	87.5	88.0
CP, %DM	15.8	15.3	15.5	15.8	15.6	15.8	15.6	15.9
NDF, %DM	41.9	43.5	40.9	44.2	41.8	46.5	40.7	41.3
ADF, %DM	27.6	27.1	26.7	27.2	27.2	28.2	28.3	29.0
NFC, %DM	35.1	31.2	35.8	30.1	35.5	29.2	36.2	33.7
TDN, %DM	72.2	66.4	72.9	69.0	72.8	68.7	72.4	69.0
DE, Mcal/kg	3.2	2.9	3.2	3.0	3.2	3.0	3.2	3.0
ME, Mcal/kg	2.8	2.5	2.8	2.6	2.8	2.6	2.8	2.6

RS, rice straw; IR, italian ryegrass; TI, timothy; AL, alfalfa; DM, dry matter; CP, crude protein; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; NFC, non-fibrous carbohydrate; TDN, total digestible nutrients; DE, digestible energy; ME, metabolizable energy.

CaCl<sub>2</sub>(CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O)/100 mL 4(5.3) g로 구성된 McDougall's buffer solution (Troelsen and Hanel, 1966)과 반추위액을 4:1로 혼합하여 rumen inoculum으로 사용하였다. 또한 위액의 희석 및 여과 과정 동안 O<sub>2</sub>-free CO<sub>2</sub>를 분사하여 위액이 산소에 노출되지 않도록 혐기상태를 유지하였으며 Tilley와 Terry (1963)의 방법에 따라 3반복하여 실시하였다.

총 가스 생성량은 실험용 100 mL 주사기를 이용하여 배양병에 있는 총 가스를 측정하였다. 측정이 완료된 가스는 수소 및 메탄발생량 측정을 위해 rubber stopper가 장착된 aluminium pack에 포집하였다. 포집한 가스는 Carboxen<sup>TM</sup> fused silica capillary column (0.53 mm I.d × 30 m length, SUPELCO, USA)이 장착된 gas chromatography (HP 7890, Agilent, CA., USA)를 이용하여 분석하였다. 분석조건으로 oven 100°C, injector 150°C 및 TCD 150°C를 사용하였다. pH는 발효가 종료된 배양병을 개봉한 후 pH meter (S20 Seven Easy<sup>TM</sup>, Mettler-Toledo)를 이용하여 반추위액의 pH를 측정하였다. 반추위액의 암모니아태 질소 함량은

Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 진행되었으며, 4,000 rpm으로 15분간 원심 분리하여 사료입자가 제거된 반추위액의 상등액 20  $\mu$ L에 phenol color reagent 1 mL 및 alkali hypochlorite reagent 1 mL를 완전히 혼합하여 37°C에서 15분간 반응 후 spectrophotometer (Optizen UV2120, Mecasis, Korea)를 이용하여 optical density 630 nm에서 측정하였다. 휘발성 지방산은 Erwin 등(1961)의 방법에 따라 실시 되었다. 사료입자가 제거된 반추위액의 상등에 1 mL에 metaphosphoric acid 200  $\mu$ L를 첨가하여 30분 동안 정치 후, 13,000 rpm에서 원심분리 하는 전처리 과정을 거친 시료를 Nukol™, fused silica capillary column (0.25 mm I.d.  $\times$  30 m length, SUPELCO, USA)이 장착된 gas chromatography (HP4890, Agilent, CA, USA)로 분석하였다(oven = 180°C, injector = 220°C 및 detector = 200°C).

#### 4. 통계분석

반추위 발효 및 메탄생성량에 대한 처리효과의 유의성은 일반선형모형(General Linear Model)의 분산분석(Analysis of variance)으로 검정하였다. 각 시험구들에 대한 다중비교는 Duncan's multiple range test로 수행하였다. 일련의 통계분석은 SPSS 프로그램(Version 18, IBM, NewYork, USA)을 사용하였고, 5%의 유의수준에서 유의성을 검정하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

반추위 pH는 반추위내 안정적인 발효성상이 나타나는지 보여주는 지표이므로 5.8~7.2 적정범위 내에서 안정적이라고 판단할 수 있다(Hiltner and Dehority, 1983). 본 연구에서는 반추위 pH는 발효 12시간에서 시험구간의 유의적인 차이가 없었으나, 24시간에서는 조농비율에 따른 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ , Table 2). 조사료보다 농후사료의 분해 및 소화가 빠르게 나타난다는 점을 고려했을 때, 조사료 함량이 낮고 농후사료의 함량이 높은 시험구에서 pH가 낮게 나타난 것은 통상적인 결과로 볼 수 있다. 48시간에서는 TI20에서 유의적으로 시험구 중 가장 낮은 결과를 보였으나( $p < 0.05$ ), 전시간대 6.3~6.6으로 적정범위 내 속하였으므로 반추위 발효에 무리가 없었다고 판단된다.

총 가스 생성량은 모든 발효시간에서 TI20 및 AL50 시험구에서 유의적으로 가장 높은 결과를 보였다( $p < 0.05$ ). 메탄발생량은 12시간대 TI와 AL 시험구에서 유의적으로 낮은 결과를 나타냈으며, 24 및 48시간대에서는 조농비를 따라 유의적 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). Moe와 Tyrrell (1979)은 반추위 내에서 비섬유성탄수화물(non-fibrous carbohydrate, NFC)보다 헤미셀룰로오스와 셀룰로오스가 발효될 때 메탄생성량이 2~5배 높고, 셀룰로오스가 헤미셀룰로오스보다도 63% 정도 높은 메탄생성량을 나타낸다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는

Table 2. Effect of various forages and ratio of forage and concentrate on pH, gas production and ammonia nitrogen production

Items	Incubation time (h)	RS		IR		TI		AL		SEM	Significance		
		20	50	20	50	20	50	20	50		F	R	I
pH	12	6.53	6.54	6.54	6.53	6.54	6.56	6.54	6.54	0.00	0.436	0.398	0.558
	24	6.43	6.43	6.42	6.44	6.43	6.48	6.43	6.46	0.01	0.175	<0.05	0.312
	48	6.42 <sup>cd</sup>	6.43 <sup>d</sup>	6.37 <sup>b</sup>	6.44 <sup>d</sup>	6.26 <sup>a</sup>	6.42 <sup>cd</sup>	6.38 <sup>bc</sup>	6.36 <sup>b</sup>	0.01	<0.05	<0.05	<0.05
Total gas (mL)	12	112.00 <sup>bc</sup>	106.00 <sup>a</sup>	112.00 <sup>bc</sup>	109.33 <sup>ab</sup>	120.33 <sup>d</sup>	112.00 <sup>bc</sup>	116.00 <sup>cd</sup>	118.00 <sup>d</sup>	1.02	<0.05	<0.05	<0.05
	24	138.00 <sup>bcd</sup>	128.00 <sup>a</sup>	137.67 <sup>bcd</sup>	134.00 <sup>abc</sup>	137.00 <sup>bcd</sup>	131.33 <sup>ab</sup>	140.67 <sup>cd</sup>	143.33 <sup>d</sup>	1.21	<0.05	<0.05	0.090
	48	172.67 <sup>ab</sup>	167.33 <sup>a</sup>	181.33 <sup>bcd</sup>	167.33 <sup>a</sup>	184.00 <sup>cd</sup>	168.00 <sup>a</sup>	176.00 <sup>abc</sup>	188.33 <sup>d</sup>	1.79	<0.05	<0.05	<0.05
Methane (mL)	12	6.64 <sup>b</sup>	5.72 <sup>c</sup>	4.23 <sup>cd</sup>	5.43 <sup>d</sup>	3.81 <sup>ab</sup>	2.71 <sup>a</sup>	3.54 <sup>ab</sup>	3.01 <sup>a</sup>	0.29	<0.05	0.206	<0.05
	24	11.50	10.30	10.51	9.52	10.33	9.06	10.76	10.66	0.23	0.169	<0.05	0.738
	48	17.06 <sup>ab</sup>	15.21 <sup>a</sup>	19.18 <sup>b</sup>	15.93 <sup>ab</sup>	18.99 <sup>b</sup>	14.67 <sup>a</sup>	17.35 <sup>ab</sup>	17.31 <sup>ab</sup>	0.43	0.501	<0.05	0.196
Hydrogen (mL)	12	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.77 <sup>c</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.06	<0.05	<0.05	<0.05
	24	0.01 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>ab</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.00	0.182	0.399	0.135
	48	0.01 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>ab</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.01	0.185	0.390	0.450
NH <sub>3</sub> -N (mg/dL)	12	31.01	34.73	33.59	34.61	32.40	36.78	34.61	34.03	1.48	0.390	<0.05	0.111
	24	45.33 <sup>ab</sup>	43.27 <sup>a</sup>	52.21 <sup>b</sup>	50.89 <sup>ab</sup>	44.50 <sup>ab</sup>	51.71 <sup>b</sup>	44.50 <sup>ab</sup>	42.79 <sup>a</sup>	1.05	<0.05	0.768	0.264
	48	74.03 <sup>bc</sup>	67.01 <sup>b</sup>	67.31 <sup>b</sup>	85.09 <sup>c</sup>	41.03 <sup>a</sup>	68.64 <sup>bc</sup>	62.71 <sup>b</sup>	71.02 <sup>b</sup>	2.45	<0.05	<0.05	<0.05

RS, rice straw; IR, italian ryegrass; TI, timothy; AL, alfalfa; SEM, Standard error of means; F, effect of various forages; R, effect of the ratio of forage and concentrate; I, interaction; NH<sub>3</sub>-N, ammonia nitrogen.

<sup>abcde</sup> Means with different superscripts in the same column of each group are significantly different ( $p < 0.05$ )

동일한 조사료로 배합한 TMR 중 NDF 함량이 높은 시험구에서 유의적으로 낮은 메탄발생량을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 이는 NDF 함량이 높은 시험구가 다른 시험구보다 NFC 또한 높게 나타나 메탄발생량이 높게 나타난 것으로 생각된다. 또한 NDF 함량이 높은 시험구는 산성 세제불용성섬유(acid detergent fiber, ADF) 함량이 낮게 나타났으며, 헤미셀룰로오스보다 메탄생성량이 낮은 헤미셀룰로오스가 높은 것이 최종 메탄발생량에 영향을 미친 것으로 판단된다. 최근 발표된 Woo 등(2017)의 연구에서 NDF가 2.1% 높은 시험구에서 더 낮은 메탄발생량을 보인 결과와 일치하였다. 수소발생량은 12시간대 TI와 AL 시험구에서 유의적으로 높은 결과를 보였다( $p < 0.05$ ). 반추위내 메탄은 주로 탄수화물의 소화과정 중에서 발생하는 수소를 메탄생성균이 이용함으로써 생성된다(Knapp et al., 2014). 실제 수소발생량은 메탄생성균이 이용하지 않은 수소를 측정하기 때문에 메탄생성량과 상반되게 나타나는 것이 일반적이다. 본 연구에서 또한 메탄발생량이 낮았던 TI와 AL 시험구에서 수소발생량이 유의

Table 3. Effect of various forages and ratio of forage and concentrate on *in vitro* volatile fatty acid production

Items	Incubation time (h)	RS		IR		TI		AL		SEM	Significance		
		20	50	20	50	20	50	20	50		F	R	I
Total VFAs (mM)	12	69.83 <sup>a</sup>	76.21 <sup>b</sup>	76.54 <sup>b</sup>	74.89 <sup>b</sup>	83.51 <sup>c</sup>	82.89 <sup>c</sup>	85.12 <sup>cd</sup>	87.71 <sup>d</sup>	1.25	<0.05	0.083	<0.05
	24	106.15 <sup>bc</sup>	102.88 <sup>ab</sup>	97.34 <sup>a</sup>	106.65 <sup>bc</sup>	98.47 <sup>a</sup>	97.10 <sup>a</sup>	102.49 <sup>ab</sup>	111.84 <sup>c</sup>	1.17	<0.05	<0.05	<0.05
	48	124.06	120.12	129.68	128.78	120.88	122.23	126.37	138.30	5.67	0.301	0.673	0.188
Acetate (%)	12	49.54 <sup>ab</sup>	52.06 <sup>c</sup>	50.93 <sup>bc</sup>	51.52 <sup>c</sup>	48.61 <sup>a</sup>	49.50 <sup>ab</sup>	51.30 <sup>c</sup>	49.70 <sup>ab</sup>	0.28	<0.05	0.107	<0.05
	24	50.17 <sup>a</sup>	50.62 <sup>a</sup>	52.79 <sup>b</sup>	52.49 <sup>b</sup>	53.44 <sup>b</sup>	53.44 <sup>b</sup>	52.12 <sup>b</sup>	51.98 <sup>c</sup>	0.34	<0.05	<0.05	<0.05
	48	49.99	49.67	51.22	53.62	52.83	48.83	49.84	49.50	1.06	0.532	0.403	0.284
Propionate (%)	12	26.22 <sup>b</sup>	26.08 <sup>ab</sup>	26.06 <sup>ab</sup>	25.72 <sup>a</sup>	26.13 <sup>ab</sup>	26.03 <sup>ab</sup>	26.17 <sup>ab</sup>	26.29 <sup>b</sup>	0.05	0.139	0.268	0.465
	24	25.03 <sup>cde</sup>	25.66 <sup>f</sup>	24.71 <sup>bcd</sup>	24.50 <sup>abc</sup>	25.21 <sup>def</sup>	25.47 <sup>ef</sup>	24.38 <sup>ab</sup>	24.13 <sup>a</sup>	0.12	<0.05	0.410	0.073
	48	23.50 <sup>ab</sup>	24.44 <sup>ab</sup>	23.50 <sup>ab</sup>	22.98 <sup>a</sup>	28.13 <sup>b</sup>	23.92 <sup>ab</sup>	23.54 <sup>ab</sup>	23.95 <sup>ab</sup>	0.53	0.260	0.415	0.300
Butyrate (%)	12	16.87 <sup>d</sup>	15.17 <sup>a</sup>	16.08 <sup>c</sup>	15.43 <sup>abc</sup>	16.77 <sup>d</sup>	15.90 <sup>bc</sup>	15.21 <sup>ab</sup>	15.36 <sup>ab</sup>	0.15	<0.05	<0.05	<0.05
	24	17.07 <sup>d</sup>	16.04 <sup>c</sup>	15.97 <sup>c</sup>	15.06 <sup>b</sup>	15.43 <sup>bc</sup>	14.65 <sup>ab</sup>	16.17 <sup>c</sup>	14.03 <sup>a</sup>	0.20	<0.05	<0.05	0.070
	48	17.57 <sup>b</sup>	16.73 <sup>b</sup>	16.65 <sup>b</sup>	15.17 <sup>a</sup>	17.26 <sup>b</sup>	16.7 <sup>ab</sup>	17.46 <sup>b</sup>	16.64 <sup>b</sup>	0.17	<0.05	<0.05	0.507
Valerate (%)	12	7.37 <sup>b</sup>	6.69 <sup>a</sup>	6.93 <sup>ab</sup>	7.32 <sup>b</sup>	8.48 <sup>c</sup>	8.57 <sup>c</sup>	7.18 <sup>ab</sup>	8.64 <sup>c</sup>	0.16	<0.05	<0.05	<0.05
	24	7.73 <sup>d</sup>	7.68 <sup>d</sup>	6.53 <sup>ab</sup>	7.96 <sup>d</sup>	5.92 <sup>a</sup>	6.44 <sup>ab</sup>	7.34 <sup>cd</sup>	6.85 <sup>bc</sup>	0.16	<0.05	<0.05	<0.05
	48	8.95 <sup>ab</sup>	9.16 <sup>ab</sup>	8.63 <sup>a</sup>	8.22 <sup>a</sup>	9.07 <sup>ab</sup>	10.52 <sup>c</sup>	9.15 <sup>ab</sup>	9.91 <sup>bc</sup>	0.17	<0.05	<0.05	0.054
A/P ratio	12	1.89 <sup>ab</sup>	1.99 <sup>c</sup>	1.96 <sup>bc</sup>	2.00 <sup>c</sup>	1.86 <sup>a</sup>	1.90 <sup>ab</sup>	1.97 <sup>bc</sup>	1.89 <sup>ab</sup>	0.01	<0.05	0.158	<0.05
	24	2.01 <sup>a</sup>	1.97 <sup>a</sup>	2.14 <sup>b</sup>	2.14 <sup>b</sup>	2.12 <sup>b</sup>	2.10 <sup>b</sup>	2.14 <sup>b</sup>	2.28 <sup>c</sup>	0.02	<0.05	0.233	<0.05
	48	2.13 <sup>bc</sup>	2.03 <sup>a</sup>	2.18 <sup>c</sup>	2.34 <sup>d</sup>	2.105 <sup>ab</sup>	2.04 <sup>a</sup>	2.12 <sup>abc</sup>	2.06 <sup>ab</sup>	0.02	<0.05	0.982	<0.05

RS, rice straw; IR, italian ryegrass; TI, timothy; AL, alfalfa; SEM, Standard error of means; F, effect of various forages; R, effect of the ratio of forage and concentrate; I, interaction; A/P ratio, acetate to propionate ratio.

<sup>abcde</sup> Means with different superscripts in the same column of each group are significantly different (p<0.05)

적으로 높게 나타나 메탄발생량과 수소발생량의 결과가 일치하였다고 볼 수 있다.

암모니아태 질소생성량은 12시간대 조사료 종류 및 조농비율에 따라 유의적 차이를 보였고, 24시간대에서 조사료 종류에 따른 유의적 차이를 나타냈다(p<0.05). 이 결과는 조사료 및 조농비율에 따라 유의적인 차이를 보인다는 Kim 등(1999)의 결과와 유사하게 나타났다. 또한, 48시간대 암모니아태 질소생성량에서는 TI20에 유의적으로 가장 낮은 결과를 나타냈다(p<0.05).

총 휘발성지방산생성량은 12시간대 AL 시험구에서 가장 높았으며, 24시간대에서 RS20와 IR50 및 AL50에서 유의적으로 높은 결과를 보였다(Table 3). 12시간대 초산, 프로피온산,

낙산 및 발러릭산에서는 TI와 AL 시험구에서 유의적으로 높았고, 24시간대에서는 RS시험구와 IR50 및 AL50에서 유의적으로 높은 결과를 나타냈다( $p < 0.05$ ). Ji 등(2010)에서는 사료 내 TDN 함량이 휘발성지방산 조성 및 생성량에 영향을 미친다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 TDN 함량이 72.9%로 가장 높았던 IR20과 66.4%로 가장 낮았던 RS20에서 유의적 차이가 없었다. 이는 휘발성지방산은 사료 내에서 특히 섬유소 함량에서 직접적인 영향을 받는데(Oh et al., 2013), 전시험구의 NDF 함량을 일정수준으로 설정한 것이 영향을 미친 것으로 생각된다. 결과적으로 염소의 사료 내 TDN 함량이 반추위 발효에 유의적인 영향을 미치지 않았다고 판단된다.

가축이 필요로 하는 에너지의 70%이상을 공급하는 휘발성지방산 생성량에서 티모시와 알팔파가 유의적으로 높은 결과를 나타내 염소 사양에 유리 할 것으로 생각된다. 또한, 반추동물의 생산성 증진을 위해서 조농비율이 매우 중요시 되고 있으나, 본 연구결과에서는 염소 사료 내 TDN이 높은 시험구에서 반추위 발효가 증진되는 효과는 나타나지 않았다. 또한 NDF가 높은 사료에서도 반추위 발효성상에 유의적인 차이가 없었으며, 오히려 메탄 발생량이 낮게 나타나 환경적 측면에서 이점을 보였다. 따라서 본 연구에서는 조농비율에 따른 흑염소 반추위 발효 및 에너지 흡수에 차이가 없을 것으로 보고, 생산비용 및 환경적 측면에서 조농비율을 50:50으로 급여하여도 가축의 생산성에 무리가 없다고 생각된다.

[Submitted, June. 5, 2020; Revised, July. 2, 2020; Accepted, July. 6, 2020]

## References

1. Chaney, A. L. and E. P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8: 130-132.
2. Erwin, E. S., G. J. Marco, and E. M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy. Sci.* 44: 1768-1771.
3. Hiltner, P. and B. Dehority. 1983. Effect of soluble carbohydrates on digestion of cellulose by pure cultures of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 46: 642-648.
4. Hwangbo, S., I. H. Jo, K. J. Song, and S. H. Lee. 2007. Effects of dietary probiotics on feed intakes, nutrient digestibility and nitrogen retention in Korean black goats fed two diets differing in forage to concentrate ratios. *Korean J. Org. Agric.* 15(2): 195-205.
5. Ji, B. J., G. L. Jin, J. Shinekhuu, W. Z. Qin, Y. K. Oh, Y. S. Sohn, and M. K. Song. 2010. Estimation of availability and TDN of various silages by cattle. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.*



- 30(2): 169-178.
6. Jung, G. W., I. H. Jo, S. Hwangbo, S. H. Lee, and H. B. Song. 2008. Effects of different feeding systems on nutrient availability, nitrogen retention and blood characteristics in native or crossbred Korean black goats. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 28(4): 341-350.
  7. Jung, G., I. Jo, S. HwangBo, and S. Lee. 2009. Effects of feeding total mixed rations containing different winter forage crop silages on feed intake, nutrient digestibility and blood characteristics in Korean black goats. *J. Kor. Soc. Grassl. Forage Sci.* 29(4): 389-398.
  8. Kim, J. Y., J. Son, B. H. Lee, B. W. Kim, and K. I. Sung. 2020. Replacement of imported timothy hay with domestic italian ryegrass silage in a horse feedstuff. *J. Kor. Soc. Grassl. Forage Sci.* 40(1): 44-49.
  9. Kim, K. J., S. C. Lee, Y. K. Oh, J. W. Kim, H. J. Lee, J. S. Eun, and Y. K. Kim. 1999. Effects of roughage to concentrate ratio and roughage source on ruminal characteristics and methane production in Hanwoo. *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.* 23(5): 381-390.
  10. Kim, K. K., S. HwangBo, and I. H. Jo. 2007. Effects of organic TMR with whole barley silage on feed intake, nutrient digestibility and blood characteristics in Korean black goats. *Korean J. Org. Agric.* 15(4): 413-424.
  11. Kim, S. U., Y. S. Choi, D. J. Yoo, M. J. Ku, G. H. Lee, and S. G. Park. 2016. Effects of total mixed rations with corn on growth and meat quality of castrated Korean black goats. *J. Kor. Soc. Grassl. Forage Sci.* 36(4): 350-356.
  12. Kim, S. W., M. J. Kim, K. W. Kim, D. H. Kim, Y. S. Kim, H. Kim, S. W. Suh, and S. B. Park. 2013. Effect of feeding levels of concentrate on the growth, feed availability and economic evaluation in feeds based on rice-straw of growing black goats. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 33(4): 298-303.
  13. Knapp, J. R., G. L. Laur, P. A. Vadas, W. P. Weiss, and J. M. Tricarico. 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *J. Dairy. Sci.* 97: 3231-3261.
  14. Lee, S. 2000. Effects of chemical treatments and ensiling on the chemical composition and degradation rate in the rumen. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 20(3): 177-184.
  15. Li, D. Y., J. Y. Ko, N. J. Choi, S. S. Lee, J. Y. Song, S. Y. Lee, S. H. Park, H. G. Sung, and J. K. Ha. 2003. Effects of types of TMR on rumen fermentation characteristics and nutrients digestibility in sheep. *J. Anim. Sci. Technol.* 45(5): 805-812.
  16. Moe, P. W. and H. F. Tyrrell. 1979. Methane production in dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 62: 1583-1586.
  17. Nocek, J. E., R. L. Steele, and D. G. Braund. 1985. Effect of mixed ration nutrient density

- on milk of cows transferred from high production group. *J. Dairy Sci.* 68: 133.
18. Oh, S. J., W. S. Song, M. S. Kim, S. I. Choi, S. R. Lee, E. S. Kim, Y. S. Kim, and N. J. Choi. 2013. Effect of different parts and growing stages of *Miscanthus sacchariflorus* as a non-food resource that does not contribute towards climate change on metabolic availability in ruminants. *Korean J. Org. Agric.* 21(3): 437-450.
  19. Ryu, C. H., M. S. Park, C. Park, N. J. Choi, and S. B. Cho. 2017. Fermentation of environmental friend total mixed ration and alteration of rumen fermentation characteristics. *Korean J. Org. Agric.* 25(2): 461-473.
  20. Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18: 104-111.
  21. Troelsen, J. E. and D. J. Hanel. 1966. Ruminant digestion in vitro as affected by inoculum donor, collection day, and fermentation time. *Canadian J. Anim. Sci.* 46: 149-156.
  22. Woo, Y. W., C. H. Lee, B. Rajaraman, J. M. Yeo, W. Y. Lee, D. H. Kim, and K. H. Kim. 2017. Effects of extruded linseed supplementation on methane production in Holstein steers. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 37(4): 315-321.