

청보리 및 호밀 Silage를 이용한 거세한우 비육중기용 TMR의 소 체내 이용성 조사

Wei-ze Qin¹ · 김광림¹ · 김종규¹ · 오영균² · 이상철² · 송만강¹

Estimation of Availability of Whole Crop Barley and Rye Silage TMR in the Cattle

Wei-ze Qin¹, Guang Lin Jin¹, Jong Kyu Kim¹, Young Kyoon Oh², Sang Cheol Lee²
and Man Kang Song¹

ABSTRACT

The present study was conducted to examine the fermentation characteristics and effective degradability (ED) in the rumen, and whole tract digestibility of whole crop silage based TMR in comparison with conventional separate feeding of concentrate and roughage. Three ruminally fistulated non-lactating Holstein cattle were used in a 3 × 3 Latin square design. The cattle were fed 8kg of whole crop barley silage based TMR (BS-TMR) or 8kg (DM basis) of whole crop rye silage based TMR (RS-TMR) twice (08:00 and 18:00) daily in an equal amount. The cattle were also fed concentrate (5.6kg) and rice straw (1.4kg) separately (DM basis, Control) twice daily in an equal amount. The both silages were included in TMR at 20% level (as fed basis). pH in the rumen fluid was not influenced by the diets but was slightly higher from TMR than from control. No difference was found in ammonia-N concentration between diets. Total VFA concentration was relatively increased in the cattle fed RS-TMR to the other diets up to 6h post feeding. The proportion of acetate was increased in the TMR feeding at right before feeding (0 h, p<0.005) and 9 h (p<0.048) post feeding compared with control. Propionate proportion was increased (p<0.046) in both TMRs while butyrate proportion was increased (p<0.029) at 1h post feeding compared to other diets. Effective degradability (ED) of DM and CP of RS-TMR was relatively increased to other diets, and EDNDF of both TMRs was higher than that of control diet due to the increased parameters b (p<0.039) and c (p<0.006) in TMR treatments. Whole tract digestibility of most components in the TMRs was slightly increased compared to that in control diet, and RS-TMR had a tendency to be increased whole tract digestibility except for NDF compared to BS-TMR. Based on the results observed from the present study, nutrient availability of whole crop silage based TMR looked slightly better than conventional separate feeding of concentrate and rice straw, mainly due to the improved stabilization of fermentation in the rumen and increased NDF digestibility of whole crop silage in TMR.

(**Key words** : Whole crop silage, TMR, Fermentation characteristics, Effective degradability, Whole tract digestibility)

¹ 충북대학교 농업생명환경대학 축산학과 (Department of Animal Science, Chungbuk National University, 361-763, Korea)

² 농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea)

Corresponding author : Man K. Song. Department of Animal Science, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea, Tel: +82-43-261-2545, E-mail : mksong@cbnu.ac.kr

I. 서 론

한우 사육규모가 증가됨에 따라 배합사료 조제를 위한 원료 사료의 수입량도 증가되어 왔으며, 이에 따른 사육농가의 생산비 부담이 가중되어 왔다. 이와 같은 부담을 줄이기 위한 가장 효율적인 방안이 국내 농산 부산물을 이용하거나 농후사료의 일부를 대체할 수 있는 양질 조사료의 생산 및 이용성 개선이라 할 수 있다. 청보리와 호밀 등 국내의 조사료 자원은 원료사료의 수입으로 인한 외화의 절약과 한우 생산비의 절감은 물론 유휴 농경지 활용을 통한 경지 농가의 소득 향상을 기대할 수 있는 대안이라 할 수 있다.

한우에 대한 양질 조사료 급여를 목적으로 생산된 것으로 청보리 및 호밀 등의 동계 사료작물이 대부분 발효된 사일리지를 이용한 완전 혼합사료(TMR, total mixed ration) 형태로 급여되어 왔으며, TMR 이용률 개선을 위한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다. 소에 대한 TMR 이용은 사료 급여의 편리성에서 시작되었지만 젓소의 경우 반추위 pH의 항상성 유지와 섭취량 증가에 따른 생산성 향상에 기여할 수 있는 것으로 보고되어 왔다(Harrison과 Blauwiel, 1994; Kellems 등, 1991). 국내에서는 일찍이 조등(2000)이 청보리 사일리지가 거세 한우의 성장과 사료이용성 및 육질에 미치는 효과를 조사한 바 있다. 또한 김 등(2003) 및 이 등(2003)에 의해 섬유질 배합사료 급여가 비육 후기의 거세한우를 대상으로 반추위 내 발효성상과 소화율 및 산육성에 미치는 효과 등이 조사되기도 하였다. 이밖에도 면양을 대상으로 호밀 등의 사료작물을 이용한 TMR의 사료적 가치(윤과 Kazuo, 2000; 이와 이, 2006)도 실사된 바 있다.

그러나 청보리 및 호밀 사일리지로 제조된 TMR의 소 체내 이용성에 대한 정보가 매우 제한된 상태이다. 따라서 본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 호밀

사일리지를 이용하여 거세 한우의 비육 증기용으로 조제된 TMR의 소 체내 이용성을 배합사료 및 볏짚으로 구성된 관행 사료와 비교하고자 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 시험사료

본 실험을 위해 전북 고창 지역에서 2009년에 생산되어 곧포형태로 저장, 발효시킨 청보리 사일리지(barley silage, BS) 및 호밀 사일리지(rye silage, RS)로 제조된 거세한우 비육증기용 TMR을 이용하였다. 처리구에 따른 시험사료로는 배합사료 및 볏짚을 분리하여 급여하였거나(관행사료, Control), 청보리 사일리지 TMR(BS-TMR) 및 호밀 사일리지 TMR(RS-TMR)을 이용하였다. 시험 전 교내 대사시험 장소로 필요한 양의 사일리지 TMR을 운송해온 다음 변질을 방지하기 위하여 5℃로 유지되는 컨테이너에서 보관하면서 급여하였다. 급여한 사료 및 조사료 자원의 일반성분 함량은 Table 1에 서와 같다.

2. 시험동물 및 사양관리

시험 동물로는 반추위 누관이 장착된 건유중인 홀스타인 소(평균 650 kg ± 25 kg, 평균 75개월령) 3두를 이용하였으며, 시험은 3 × 3 Latin square design 방법으로 실시하였다. 관행사료 급여구에는 1일 두당 7 kg(비육 증기용 배합사료 5.6 kg 및 볏짚 1.4 kg, 건물 기준)을, 그리고 청보리 사일리지 TMR구 및 호밀 사일리지 TMR 처리구에는 1일 두당 8 kg(건물 기준)을 각각 동일한 양으로 2등분하여 2회(08:00 및 18:00)에 걸쳐 급여하였다. 두 종류의 사일리지 TMR 모두에 각각 기타 원료사료와 사일리지를 80:20의 비율(급여상태 기준)로 혼합하여 조제하였다. 시험동물은 시험기간 동안 각각의

Table 1. Chemical composition of the roughages and experimental diets

Feeds ¹⁾	Dry matter (%)	Components (% DM basis)					
		CP	EE	NDF	Ash	pH	Lactic acid (mg/100mg)
Concentrate	90.1	12.8	6.40	34.2	6.30	—	—
Rice straw	86.7	4.16	4.50	73.8	13.6	—	—
BS-TMR	65.8	9.89	6.40	51.7	7.83	—	—
Barley silage	40.2	9.93	4.60	67.8	9.14	4.58	3.5
RS-TMR	64.8	9.92	6.26	44.3	6.90	—	—
Rye silage	38.5	9.76	3.49	66.5	8.86	4.36	3.9

¹⁾ BS-TMR, whole crop barley silage based TMR.

²⁾ RS-TMR, whole crop rye silage based TMR.

대사틀에서 관리되었으며, 물과 린칼불력은 자유로이 섭취토록 하였다. 시험기간을 3 period로 하되, period 당 14일(사료 적응기간 10일, 시료 채취기간 4일)로 하여 총 42일간 실시하였지만 각 period 사이에 3일간씩 운동장에서 자유로이 휴식을 취하도록 하였다.

3. 반추위 내 발효특성

시험사료의 반추위 내 발효성상을 조사하기 위하여 사료 급여 직전(0시간) 및 사료 급여 1, 3, 6 및 9시간 후에 반추위 fistula를 통하여 반추위액을 각각 100 ml 정도 채취하였다. 그 후 4겹의 cheese cloth로 위액을 여과시킨 다음 ammnoia-N 분석을 위해 반추위액 1ml를 채취하여 분석 전 까지 -20°C 에 냉동 보관하였으며, 휘발성지방산(VFA, volatile fatty acid) 분석을 위해 0.8 ml 배양액에 0.2 ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다.

4. 시험사료의 반추위 내 분해율

시험사료의 반추위 내 분해율을 조사하기 위해 Wiley mill(Arther Hill Thomas Co, Philadelphia, PA)을 이용하여 건조시킨 사일리지

TMR을 2 mm 크기로, 그리고 배합사료는 1 mm 크기로 분쇄하였다. 관행사료의 경우 소에게 급여한 사료와 같은 비율로 혼합하여 이용하였다. 각각의 준비된 사료를 nylon bag (5×10cm, pore size 45 μm)에 5g 정도 넣은 후 0, 1, 3, 6, 12 24 및 48시간 동안 반추위에서 배양시켰다. 정해진 시간에 따라 반추위로부터 각각의 nylon bag을 꺼내어 흐르는 물로 씻은 다음 60 $^{\circ}\text{C}$ 에서 72시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였다. 배양 후 nylon bag 내에 남은 사료는 일반성분 및 중성세제 불용성 섬유소(NDF, neutral detergent fiber) 분석 시까지 냉장 저장되었다. 반추위 내 시험사료의 주요 성분 별 유효 분해율(ED, effective degradability) 산출을 위해 Ørskov와 McDonald (1979)의 방법에 따라 iterative least square 방법을 이용하였는데, 이때 분해율 계산을 위한 매개 변수(parameter)로는 배양시 즉시 용해되는 부분(fraction a)과 반추위 내에 무한정 배양시킬 경우 분해될 수 있는 부분(fraction b), 그리고 fraction b의 시간당 분해율(k)을 계산하였다. 그 후 시험사료 주요 성분의 반추위내 ED 값은 Orskov와 McDonald (1979)의 식($ED = a + (bxk)/(k+r)$)을 이용하여 계산하였으며, 가상 fractional outflow rate(r)는 0.05/h로 하였다.

5. 시험사료의 전장소화율

시험 개시 후부터 종료 시까지 시험사료의 전장 소화율 측정을 위해 시험 사료에 Cr_2O_3 를 0.2% 수준 (건물 기준)으로 첨가하여 급여하였다. 시험사료의 전장소화율 측정을 위해 시료 채취기간인 각 period 종료 2일 전부터 2일간 아침사료 급여 후 3 및 9시간 후에 신선한 fecal sample을 직장으로부터 약 0.5 kg씩 채취하여 처리구별로 혼합한 후 분석 시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다.

6. 시료 분석

반추위액의 pH는 정해진 시간에 배양액을 채취한 즉시 pH meter로 측정하였으며, 반추위액의 ammonia-N의 농도는 Fawcett와 Scott (1960)의 방법에 따라 발색 반응을 시킨 후 spectrophotometer (Mecasys Co. Korea, Optizen 3220uv)를 이용하여 분석 하였다. 또한 휘발성 지방산 (VFA) 분석을 위해 0.8 ml 배양액에 0.2 ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다. 휘발성지방산은 냉동 보관된 시료를 해동한 다음 internal standard로 0.2 ml의 2% pivalic acid를 넣어 잘 혼합하고 12,000×g에서 15분간 원심분리 한 후, 상층액을 취하여 30 m capillary column (NUKOL™, 0.25 mm I.d., Supelco Co.)이 장착된 gas chromatograph (GC, HP5890 series II, Hewlett Packard Co.)로 분석하였다. 이동상으로는 헬륨 (He) 가스가 이용되었으며, 주입부 (injector)와 FID 검출기의 온도는 모두 200°C 로 유지되었고 split ratio는 1:100으로 하였다.

시험사료와 반추위 배양 후 분해되지 않은 사료 및 분의 일반성분 (CP, crude protein; EE, ether extract)은 AOAC (1991) 방법에 준하여 분석하였고 Cr_2O_3 는 Charlot (1964) 방법으로 분석하였다. 사료의 NDF 및 산성세제 불용성 섬유소 (ADF, acid detergent fiber) 함량은 Van Soest

등 (1991)의 방법에 준하여 분석하였다.

7. 통계 분석

본 실험에서 조사된 모든 성적은 SAS (2002)의 GLM procedure를 통하여 분산분석을 실시하였고, 시험사료 간 통계적인 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test (1955)에 의하여 검정하였다.

III. 결 과

1. 반추위 내 pH 및 암모니아 농도

반추위 누관이 장착된 소 3두를 이용하여 한 우 거세우 비육 중기용 관행사료와 두 종류의 사일리지 TMR을 급여하고, 반추위 내 발효특성과 사일리지의 반추위내 분해율, 그리고 사일리지 TMR의 전장소화율을 조사한 결과를 관행사료 (배합사료 및 볏짚) 급여구와 비교하면 다음과 같다. 먼저, 사료 급여 직전 및 급여 후 1, 3, 6 및 9시간 후에서 반추위액의 pH를 조사한 바 급여 후 3시간까지 점차 낮아지다가 그 후로는 증가하는 경향을 보였으며, 전체 채취시간에 걸쳐 시험사료간 유의적인 차이는 없었지만 대조구 사료에 비하여 사일리지 TMR 급여구에서 다소 높은 경향을 보였다 (Fig. 1). 또한 반추위액의 암모니아 농도는 전체 처리구에 걸쳐 사료 급여 1시간까지 증가하다가 그 이후 6시간까지 감소하는 경향을 보였다. 처리간 암모니아 농도에서 차이가 없는 것으로 나타났다으나 사료 급여 후 3시간부터 청보리 사일리지를 급여한 소의 반추위액에서 다소 낮은 경향을 보였다 (Fig. 2).

2. 반추위 내 VFA 농도 및 조성

예상된 바와 같이 acetate (C_2)의 조성 비율은 반추위액의 모든 채취시간에 걸쳐 TMR을 급

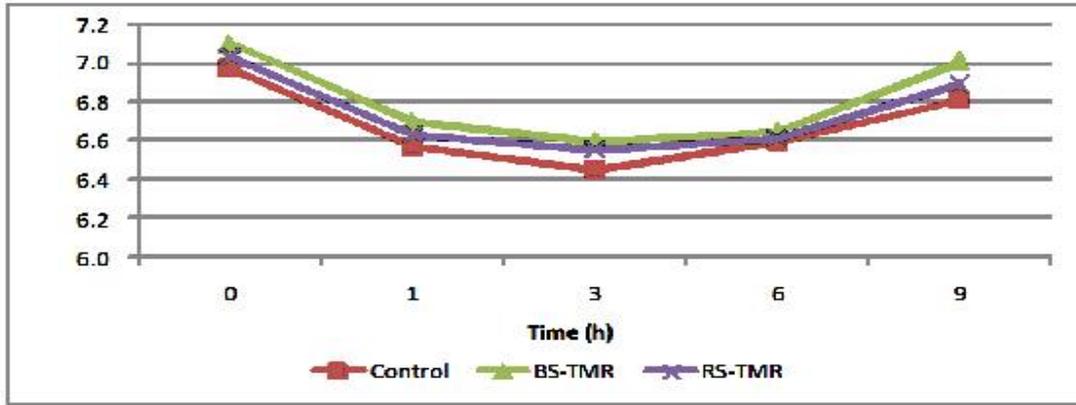


Fig. 1. Changes in pH of rumen fluid by sampling time post-feeding as influenced by experimental diets (Control, conventional separate feeding of concentrate and rice straw; BS-TMR, barley silage based TMR; RS-TMR, rye silage based TMR). No significant ($P>0.05$) difference at all sampling times among treatments.

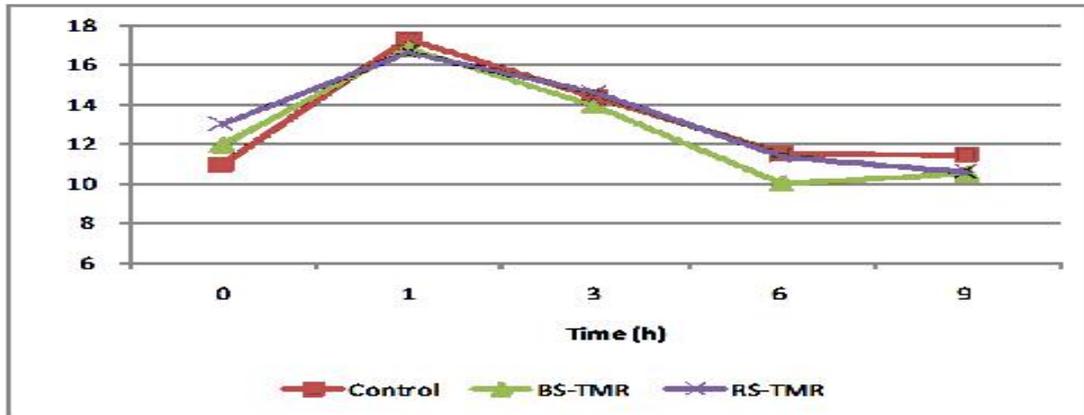


Fig. 2. Changes in ammonia-N concentration of rumen fluid by sampling time post-feeding as influenced by experimental diets (Diets were referred to Figure 1). No significant ($P>0.05$) difference at all sampling times among treatments.

여한 처리구에서 높은 경향을 보였으며, 특히 대조구인 관행사료 급여에 비하여 TMR 사료 급여 직전 ($p<0.005$) 및 급여 후 9시간 ($p<0.048$)에서 현저히 높은 비율을 보였다. Propionate (C_3) 조성 비율의 경우 사료 급여 후 1시간에 대조구 사료에 비하여 사일리지 TMR을 섭취한 소에서 높은 ($p<0.046$) 반면 butyrate 조성 비율은 대조구에서 다소 높은 경향을 보였으며, 특히 사료 급여 1시간 후에 TMR 사료 급여구에 비하여 현저히 ($p<0.029$) 높은 것으로 나타

났다. 이러한 주요 VFA의 조성 비율로 인하여 사료급여 직전과 급여 후 6시간 및 9시간 후에는 C_2/C_3 비율이 TMR 섭취구에서 다소 높은 반면 1시간 및 3시간에서는 대조구에서 다소 높은 경향을 보였다.

3. 사료의 반추위 내 유효분해율

비육 증기용 청보리 사일리지 TMR과 호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료 (배합사료 및

Table 2. Concentration and proportion of major VFA in the rumen fluid by sampling time post-feeding as influenced by experimental diets¹⁾

VFA	Control	BS-TMR	RS-TMR	SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
..... 0h					
Total VFA (mmoles/100ml)	98.59	83.62	92.03	4.684	0.156
Molar proportion (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	61.03 ^b	68.21 ^a	66.739 ^a	0.983	0.005
Propionate (C ₃)	20.43	17.25	18.00	1.041	0.157
Butyrate	11.10	9.27	10.42	0.514	0.112
C ₂ /C ₃	2.99	3.98	3.76	0.263	0.082
..... 1h					
Total VFA (mmoles/100ml)	103.58	114.42	120.90	8.688	0.417
Molar proportion (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	56.58	58.60	58.52	0.939	0.299
Propionate (C ₃)	21.12 ^b	25.05 ^a	23.87 ^{ab}	0.871	0.046
Butyrate	15.58 ^a	11.78 ^b	12.15 ^b	0.809	0.029
C ₂ /C ₃	2.70	2.35	2.45	0.135	0.246
..... 3h					
Total VFA (mmoles/100ml)	114.86	117.21	127.68	8.823	0.462
Molar proportion (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	59.79	62.11	60.46	1.051	0.341
Propionate (C ₃)	19.92	21.17	22.02	1.389	0.587
Butyrate	14.13	12.00	11.64	0.690	0.085
C ₂ /C ₃	3.03	2.95	2.79	0.218	0.737
..... 6h					
Total VFA (mmoles/100ml)	110.01	109.28	121.38	7.119	0.215
Molar proportion (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	58.76	63.92	62.42	1.492	0.115
Propionate (C ₃)	19.74	18.80	20.34	1.514	0.777
Butyrate	14.44	11.85	12.10	0.605	0.043
C ₂ /C ₃	3.02	3.41	3.14	0.285	0.626
..... 9h					
Total VFA (mmoles/100ml)	97.39	95.35	98.30	5.506	0.460
Molar proportion (moles/100moles):					
Acetate (C ₂)	60.74 ^b	67.99 ^a	64.31 ^{ab}	1.669	0.048
Propionate (C ₃)	19.13	17.28	19.12	1.090	0.438
Butyrate	13.34	10.50	11.59	1.010	0.214
C ₂ /C ₃	3.34	4.54	3.50	0.387	0.136

¹⁾ Diets were referred to Figure 1.²⁾ Standard error of the means.³⁾ Probability level.

벼짚)의 반추위 내 분해관련 parameter 및 유효 분해율 (ED)을 조사한 바, 그 결과는 Table 3에서와 같다. 즉, 건물 (DM)의 경우 분해관련 parameter (a, b 및 c)에서는 급여한 사료간 차이가 없었으나, 호밀 사일리지 TMR에서 건물의 유효분해율 (EDDM)이 다소 높은 것으로 나타났다. 조단백질 (CP)은 TMR에 비하여 관행사료 (대조구)의 b 값이 다소 높았으나 유효분해율 (EDCP)은 오히려 호밀사일리지 TMR (RS-TMR)에서 더 높은 경향을 보였다. 또한 NDF의 경우 관행사료에 비하여 청보리 및 호밀 사

일리지 TMR에서 높은 b 값 ($p<0.039$) 및 c 값 ($p<0.006$)으로 인하여 TMR의 유효분해율 (EDNDF)이 관행사료보다 높은 ($p<0.049$) 것으로 나타났다.

4. 사료의 전장소화율

비육 중기용 청보리 사일리지 TMR과 호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료 (배합사료 및 벼짚)를 소에게 급여하여 전장소화율을 조사, 비교한 결과 Table 4에서 보는 바와 같다. 즉,

Table 3. Degradation parameters (a, b, and c) and effective degradability (ED) of DM, CP and NDF of the experimental diets¹⁾ in the rumen

Parameters ²⁾ and ED	Control	BS-TMR	RS-TMR	SEM ³⁾	Pr>F ⁴⁾
DM :					
a	19.80	20.55	21.55	1.337	0.685
b	59.43	57.31	58.92	3.314	0.897
c	0.06	0.06	0.07	0.016	0.895
EDDM, %	50.46	50.69	54.21	3.175	0.680
CP :					
a	16.05	19.27	16.21	0.925	0.149
b	70.75	64.13	55.20	7.741	0.460
c	0.03	0.03	0.05	0.013	0.219
EDCP, %	42.42	41.99	44.01	1.895	0.380
NDF :					
a	6.37	7.32	5.10	1.564	0.645
b	48.64 ^a	59.75 ^b	59.59 ^b	3.228	0.039
c	0.02 ^b	0.04 ^a	0.05 ^a	0.002	0.006
EDNDF, %	28.2 ^b	34.48 ^a	34.63 ^a	1.104	0.048

¹⁾ Diets were referred to Figure 1.

²⁾ a, Intercept representing rapidly soluble fraction in the rumen; b, fraction of degradable at time infinity; c, rate constant of disappearance of fraction "b".

^{3), 4)} Referred to Table 2.

Table 4. Whole tract digestibility (%) of the experimental diets¹⁾ by cattle

Items	Control	BS-TMR	RS-TMR	SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
DM	60.05	61.45	65.26	4.420	0.7045
OM ⁴⁾	64.71	64.98	69.19	4.332	0.7271
CP	55.05	56.95	59.98	4.178	0.1520
EE	71.65	72.93	73.56	5.243	0.9662
NDF	46.63	55.64	53.11	4.194	0.2089

¹⁾ Diets were referred to Figure 1.

^{2), 3)} Referred to Table 2.

⁴⁾ Organic matter.

조사된 모든 주요 성분 (DM, CP, EE 및 NDF) 에서 관행사료에 비하여 사일리지 TMR의 소화율이 다소 높았으며, TMR 중 호밀 사일리지 TMR (RS-TMR)의 소화율이 NDF를 제외한 성분에서 청보리 사일리지 TMR 보다 소화율이 다소 높은 경향을 보였다.

IV. 고 찰

본 연구는 동계 사료작물 (청보리 사일리지 및 호밀 사일리지) TMR의 사료적 가치 (체내 이용성) 조사를 통하여 거세 한우에 대한 동계 사료작물의 이용방법 확립을 위한 기초 자료를 도출하기 위해 실시되었다. 소와 같은 반추동물에서 조사료는 그 자체의 영양적 가치의 의미를 크게 증가하여 가축의 정상적인 소화 생리를 유도할 뿐만 아니라 반추동물 축산물 생산에도 매우 중요한 역할을 한다. 이에 따라 소위 섬유질 배합사료 (완전혼합사료, TMR)의 사료적 가치가 평가되고, 여러 각도에서 그러한 사료의 유익함이 증명되어 왔다. 즉, 섬유질 배합사료를 급여함으로써 반추위 내 사료의 발효 환경 및 사료의 이용성이 개선되었으며, 동시에 대사성 질병 발생이 감소됨은 물론 (우유)

생산성까지 개선되는 효과를 보였다 (Harrison 과 Blauwiekel, 1994; Kellems 등, 1991). 국내에서도 조 등 (2000) 등에 의해 청보리 사일리지 가 거세 한우의 성장과 사료이용성 및 육질에 미치는 효과를 조사하는 등 그동안 젖소에 주로 이용되던 청보리 사일리지를 한우에 응용할 수 있는 기초 연구도 실시한 바 있다. 그 후로도 비육 후기의 거세한우를 대상으로 섬유질 배합사료 급여 효과를 조사한 바, 성장과 육질 등급 등이 개선된 효과를 보였다고 보고한 바 있다 (김 등, 2003; 이 등 2003).

본 시험에 이용된 청보리 및 호밀 사일리지의 건물 함량이 각각 40.2% 및 38.5%로 비교적 높았음에도 불구하고 pH는 각각 4.58 및 4.36, 그리고 젖산 함량은 각각 3.5 및 3.9 mg/100 mg (건물 기준)으로 조사되었다 (Table 1). 일반적으로 발효에 적합한 수분 함량이 70% 정도가 바람직 하지만 (Song 및 Kennelly, 1989) 그러한 분석치로 미루어 보아 본 시험에 이용된 청보리 및 호밀 사일리지 가 거의 정상적으로 발효된 것으로 보인다. 그러나 사일리지 조제 중 발효로 인하여 청보리 및 호밀 사일리지의 가용성 질소 (NPN) 함량이 각각 74.3% 및 53.1%로 조사된 바 (Shinekhoo 등,

2009) 단백질의 이용율이 감소될 소지는 있는 것으로 예상되었다.

본 시험에서 사료의 반추위 내 발효 특성을 비교하고자 관행적으로 급여한 사료와 2 종류의 사일리지를 이용한 TMR 급여 효과를 비교한 바 반추위액의 pH (Fig. 1) 및 암모니아 농도 (Fig. 2)에서는 급여 사료간 차이가 없었다. 그러나 총 VFA의 경우 대조구 사료에 비해 보리 사일리지 TMR (BS-TMR)에서 급여 후 3시간부터 다소 낮은 수준을 보인 반면 호밀 사일리지 TMR (RS-TMR)에서는 전체 위액 채취 시간에 걸쳐 높은 경향을 보였다 (Table 2). 또한 예상된 바와 같이 대조구 사료에 비하여 TMR 급여 시 C₂ 비율이 높은 경향을 보였으나 C₄ 비율은 오히려 다소 낮은 경향을 보였다 (Table 2). 특이한 점은 TMR 급여 후 3시간까지 대조구 사료 급여에 비해 C₃의 비율이 다소 증가된 경향을 보였다는 점이다. 급여한 사료의 발효 성상은 반추위 내 분해율과 관련하여 고려될 필요가 있다. 즉, Table 1의 성분 분석치를 이용하여 계산할 경우 관행 방법으로 급여 (대조구, 1일 두당 7 kg, 건물 기준)한 사료에서는 1일 두당 평균 CP 섭취량이 0.785 kg이었으며, 1일 두당 8 kg (건물 기준)을 급여한 BS-TMR과 RS-TMR의 경우 CP 섭취량이 각각 0.792 kg 및 0.794 kg로 대조구와 비슷한 수준이었다. 그러나 NDF 섭취량은 BS-TMR과 RS-TMR에서 각각 4.142 kg 및 3.548 kg으로 대조구 (2.949 kg)에 비하여 현저히 높은 수준을 보였다. 여건상 TMR의 배합율 표를 제시하기는 어렵지만 반추위액의 처리간 비슷한 암모니아 농도 (Fig. 2)는 CP 섭취량 및 반추위 내 CP 분해율 (Table 3)에서 차이가 없었기 때문인 것으로 보이며, 대조구 대비 TMR 처리구에서의 현저히 높은 NDF 섭취량 역시 C₂ 비율 (Table 2) 및 NDF 분해율과 관련이 있는 것으로 여겨진다.

따라서 본 시험에서 조사된 3종류의 시험사

료 급여로 인한 반추위 내 발효 성상은 사료의 특성이 비교적 잘 반영된 결과라 할 수 있다. 특히, 대조구 사료에 비해 사일리지 TMR 급여로 인하여 상대적으로 높아진 pH가 반추위 내 발효 환경의 안정화로 이어져 NDF 분해율이 증가되었고 아울러 총 VFA 농도 역시 다소 증가된 것으로 여겨진다. 관행사료에 비하여 반추위 내 분해율에서 다소 개선된 사일리지 TMR이 전장소화율 (Table 4)에 상당 부분 반영된 것으로 보인다. 특히, 관행사료에 비해 반추위 내에서 사일리지 TMR의 높은 NDF 예상분해율 (EDNDF)이 전장소화율에서도 높게 나타난 것으로 보여 사일리지 TMR의 이용성이 반추위 내 발효 환경과 밀접한 관계가 있음을 제시해준다. 본 시험에서와 같이 배합사료와 볏짚의 분리 급여와 청보리 및 호밀 사일리지 TMR 급여 시 반추위 내 발효 성상에 관한 보고는 없었다. 그러나 김 등 (2003)은 볏짚 중심의 섬유질 배합사료가 배합사료와 볏짚을 분리 급여한 관행사료 급여방법에 비하여 반추위액의 pH가 안정적이었고, VFA 농도 역시 높았으며 C₃ 조성 비율에도 처리간 차이 없이 C₂ 함량이 다소 증가됨으로서 전반적인 발효여건이 개선되었다고 보고한 바 있다. 또한 이 등 (2003)에 의하면 습식 TMR 및 발효 TMR이 건식 TMR에 비하여 반추위액의 pH, 암모니아 농도 및 VFA 농도 등의 발효 성상에서 보다 안정적이었다. 또한 반추위 내 시험사료의 발효특성에서 습식 TMR에 비하여 발효 TMR에서 더 바람직한 결과를 보였으며, 전장소화율 역시 개선되었다고 보고한 바 있어 본 시험에서와 같이 습식 형태의 사일리지 TMR에 대한 긍정적인 급여 효과를 뒷받침하고 있다. 한편, 정 등 (2009) 등이 흑염소를 대상으로 4 종류의 동계 사료작물 사일리지 (청보리, 호밀, 유채 및 이탈리아 라이그라스) TMR의 체내 이용성을 조사한 바, 호밀 사일리지 TMR에 비하여 청보

리 사일리지 TMR 내 주요 성분의 전장소화율이 더 높은 것으로 조사되어 본 시험의 연구 결과와는 다르게 나타났는데, 이는 대상 시험 축 간의 차이는 물론 사료작물의 수확시기에서의 차이 때문일 수 있는 것으로 사료된다. 일반적으로 건물 수량과 수분 함량, 그리고 영양소 이용율 등이 수확시기를 결정하는 주요 요인이 되어 왔다. 청보리 품종(윤 등, 2009)과 호밀(황 등, 1985)의 경우 수확시기가 늦을수록 건물과 TDN 수량이 증가하는 것으로 보고된 바 있으나, 호밀의 경우 수확 시기가 늦어질 경우 양분과 에너지 축적량이 급격히 감소한다는 보고도 있다(김 등, 1988; 송 등, 1982). 따라서 수확 시기가 너무 늦을 경우 TMR 내 주요 성분의 체내 이용율이 감소될 수 있는 것으로 사료된다. 본 시험에서의 결과를 종합하면, 거세한우 비육 증기용 배합사료와 볏짚을 분리 급여하는 관행적인 사료 급여방법에 비하여 사일리지 TMR의 체내 이용율이 개선되었으며, 청보리 사일리지 TMR에 비하여 호밀 사일리지 TMR의 체내 이용율이 다소 향상된 것으로 나타났다. 그러나 청보리 사일리지와 호밀 사일리지의 성분 함량과 체내 이용율 등을 감안할 때 2 종류 사료작물의 수확시기가 체내 이용율의 차이를 유발시킬 가능성이 있어 향후 동계 사료작물의 수확시기에 따른 사일리지 TMR의 이용성에 대한 연구가 요구된다.

V. 사 사

이 논문은 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었다.

VI. 요약

본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 호밀 사일리지를 이용하여

거세 한우의 비육 증기용으로 조제된 TMR의 소 체내 이용성을 배합사료 및 볏짚으로 구성된 관행 사료와 비교하고자 반추위 누관이 장착된 소 3두를 이용하여 3×3 Latin square design 방법으로 실시되었다. 관행사료 급여구(대조구)에는 1일 두당 7kg(비육 증기용 배합사료 5.6kg 및 볏짚 1.4kg, 건물 기준)을, 그리고 청보리 사일리지 TMR구(BS-TMR) 및 호밀 사일리지 TMR구(RS-TMR)에는 1일 두당 8kg(건물 기준)을 각각 동일한 양으로 2등분하여 2회(08:00 및 18:00)에 걸쳐 급여하였다. 두 종류의 사일리지 TMR 모두에 각각 기타 원료사료와 사일리지를 80:20의 비율(급여상태 기준)로 혼합하여 조제하였다. 반추위액의 pH는 전체 채취시간에 걸쳐 시험사료간 유의적인 차이는 없었지만 대조구 사료에 비하여 사일리지 TMR 급여구에서 다소 높은 경향을 보였으며, 암모니아 농도 역시 처리간 차이가 없었으나 사료 급여 후 3시간부터 청보리 사일리지를 급여한 소의 반추위액에서 다소 낮은 경향을 보였다. 반추위액의 총 VFA 농도는 사료 급여 후 6시간 까지 다른 처리구에 비하여 호밀사일리지 TMR(RS-TMR)을 급여한 처리구에서 상대적으로 높았다. 반추위액의 acetate의 조성 비율은 반추위액의 모든 채취시간에 걸쳐 TMR을 급여한 처리구에서 높은 경향을 보였으며, 대조구인 관행사료 급여에 비하여 TMR 사료 급여 직전($P<0.005$) 및 급여 후 9시간($p<0.048$)에서 현저히 높은 비율을 보였다. Propionate 조성 비율의 경우 사료 급여 후 1시간에 대조구 사료에 비하여 사일리지 TMR을 섭취한 소에서 높은($p<0.046$) 반면 butyrate 조성 비율은 대조구에서 다소 높은 경향을 보였으며, 사료 급여 1시간 후에 TMR 사료 급여구에 비하여 현저히($p<0.029$) 높은 것으로 나타났다. 다른 사료에 비하여 호밀 사일리지 TMR에서 건물 유효분해율(EDDM) 및 조단백질 유효분해율

(EDCP)이 높은 경향을 보였다. 또한 NDF의 경우 관행사료에 비하여 청보리 및 호밀 사일리지 TMR에서 높은 b 값 ($p < 0.039$) 및 c 값 ($p < 0.006$)으로 인하여 TMR의 유효분해율 (EDNDF)이 관행사료보다 높은 ($p < 0.049$) 것으로 나타났다. 조사된 모든 주요 성분 (DM, CP, EE 및 NDF)에서 관행사료에 비하여 사일리지 TMR의 전장소화율이 다소 높았으며, TMR 중 호밀 사일리지 TMR (RS-TMR)의 소화율이 NDF를 제외한 성분에서 청보리 사일리지 TMR 보다 소화율이 다소 높은 경향을 보였다. 본 시험 결과를 종합하면, 청보리 또는 호밀 사일리지 TMR의 체내 영양소 이용율이 관행 사료에 비하여 다소 개선된 결과를 보였는데, 이는 TMR이 반추위 내 발효 안정화에 기여하였으며 아울러 TMR의 섬유소 소화율이 더 개선되었기 때문인 것으로 여겨진다. 그러나 동계사료작물 사일리지의 품질이 사료작물의 수확시기 등에 따라 달라질 수 있으므로 향후 이 점이 고려된 동계사료작물 TMR의 소 체내 이용성 조사가 필요한 것으로 사료된다.

VII. 인 용 문 헌

- 김경훈, 김기수, 이상철, 오영균, 정찬성, 김건중. 2003. 섬유질배합사료 급여가 비육후기 거세한우의 반추위 발효성상, 소화율 및 산육성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45:387-396.
- 김정갑, 양종성, 한민수, 이상범. 1988. 대맥 및 호맥의 건물 생산성과 사료가치에 관한 연구. II. 생육단계별 화학성분, 소화율 및 에너지 함량 변화. 한국축산학회지. 30:193-198.
- 김원호, 서 성, 윤세형, 김기용, 조영무, 박태일, 고종민, 박근제. 2003. 사일리지용 우량 보리품종 선발: 2. 사료가치 및 TDN수량. 한초지 23:283-288.
- 송진달, 양종성, 김강식. 1982. 청예맥류의 생육 단계별 silage 제조 및 소화시험. 축산기술연구소 연구보고서. pp. 848-852.
- 윤승길, Kazuo, A. 2000. Triticale의 사료성분과 *in vitro* 건물소화율에 미치는 생육시기의 영향. 한초지. 20:227-232.
- 윤기용, 박태일, 서재환, 김경후, 송태화, 박기훈, 한옥규. 2009. 청보리 품종의 짓정 수확시기 및 사료가치 평가. 초지 조사료지. 29:121-128.
- 이덕윤, 고종열, 최낙진, 이상석, 송재용, 이세영, 박성호, 성하균, 하종규. 2003. 유형별 완전혼합 사료 급여가 반추위내의 발효성상 및 영양소 소화율에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45: 805-812.
- 이형석, 이인덕. 2006. 대전지역 추파 사료작물의 건물수량 및 사료가치 비교 연구. 한초지. 26:249-256.
- 이현준, 김현섭, 기광석, 정하연, 백광수, 김준식, 조광근, 조재순, 이홍구, 우정희, 최윤재. 2003. 청예사료작물과 볏짚 위주의 완전배합발효사료 급여가 Holstein 착유우의 생산성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45:69-78.
- 정기용, 조익환, 황보순, 이성훈. 2009. 동계사료작물 사일리지를 첨가한 TMR 급여가 흑염소의 사료섭취량, 영양소 소화율 및 혈액 성상에 미치는 영향. 초지조사료지 29:389-398.
- 조원모, 조영무, 홍성구, 정의수, 이종문, 윤상기. 2000. 보리 총체담근먹이 급여가 거세한우의 발육, 사료이용성 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:181-188.
- 황종진, 성병렬, 연규복, 안완식, 이종호, 정규홍, 김영상. 1985. 사료용 맥류 품종의 예취시기별 건물 수량과 영양가 비교. 한국작물학회지. 30: 301-309.
- Shinekhoo, J., 김광림, 지병주, Xiangzi, Li., 오영균, 홍성구, 송만강. 2009b. 사료작물 사일리지의 단백질 분획 및 Borate-phosphate buffer 추출이 *in vitro* 발효성상, gas 발생 그리고 분해율에 미치는 효과. 한국동물자원과학회지 51:369-378.
- AOAC. 1991. Official Methods of Analysis(15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Charlot, G. 1964. Calorimetric determination of elements. Principles and Methods. Elsevier publishing Company.

16. Fawcett, J.K. and J.E. Scott. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. *J. Clin. Pathol.* 13:156-163.
 17. Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1-42.
 18. Harrison, J.H. and R. Blauwikel. 1994. Fermentation and utilization of grass silage. *J. Dairy Sci.* 77:3209-3235.
 19. Kellems, R.O., R. Jones, D. Andrus and M.V. Wallentine. 1991. Effect of moisture in total mixed rations on feed consumption and milk production and composition in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 74:929-932.
 20. Ørskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of Protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92:499-506.
 21. SAS. 2002. SAS Procedures Guide release 9.0 SAS institute Inc., Cary, NC. U.S.
 22. Song, M.K. and J.J. Kennelly. 1989. Effect of ammoniated barley silage on ruminal fermentation, nitrogen supply to the small intestine, ruminal and whole tract digestion, and milk production of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 72:2981-2990.
 23. Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharide in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- (접수일: 2010년 10월 27일, 수정일 1차: 2010년 11월 5일, 수정일 2차: 2010년 11월 15일, 게재확정일: 2010년 12월 7일)