

비육후기 거세한우 용 사료작물 사일리지 TMR의 소 체내 이용성 조사

Shinekhuu Jugder^{1**} · 최성호^{2**} · 이정주² · 이경근² · 이상석³ · 송만강^{2*}

¹몽골 국립농과대학 가축육종-생물공학과, ²충북대학교 농업생명환경대학 축산학과,

³순천대학교 생명산업과학대학 동물자원학과

Examination of Availability of Whole Crop Silage TMR for Late Fattening Hanwoo Steers in the Cattle

Shinekhuu Jugder^{1**}, Seong Ho Choi^{2**}, Jeong Ju Lee², Gyeong Geun Lee², Sang suk Lee³ and Man Kang Song^{2*}

¹Animal Breeding and Biotechnology Department, Mongolian State University of Agriculture, Zaisan-53, Ulaanbaatar

210153, Mongolia, ²Department of Animal Science, Chungbuk National University, 361-763,

³Department of Animal Resources, Suncheon National University, 540-950

ABSTRACT

The present study was conducted with three ruminally cannulated non-lactating Holstein cattle in a 3 × 3 Latin square design to determine the fermentation characteristics and effective degradability (ED) in the rumen, as well as the whole tract digestibility of whole crop silage based total mixed ration (TMR) in comparison with conventional separate feeding of concentrate and rice straw for late fattening Hanwoo steers. The cattle in each group were fed separate feeding of concentrate and rice straw (control), whole crop barley silage based TMR (BS-TMR) or whole crop rye silage based TMR (RS-TMR). The ruminal fermentation characteristics such as pH, ammonia-N concentration and total volatile fatty acid were not affected by the experimental diet. The molar portion of acetate (C₂) was lowest in rumen fluid 1 h after feeding when cattle were fed BS-TMR (p<0.033). Molar proportions of propionate (C₃), butyrate and C₂/C₃ were not influenced by the experimental diet. There were no differences in effective degradability or whole tract digestibility of feed components among any of the experimental diets. The data obtained from the metabolism trial indicate that the feeding value of TMR with BS or RS is equal to that of a conventional separate feeding of concentrate and rice straw.

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

I. 서 론

국제유가의 지속적인 상승으로 인하여 주요 곡류사료인 옥수수가 바이오 에탄올 생산을 위해 사용됨으로써 국제 거래가격을 높여 국내에서도 사료비 상승세를 주도해 왔는 바, 문제는 향후 배합사료의 주 원료사료인 옥수수의 수급 전망도 그리 밝지 않다는 점이다. 다행히도 저질 조사료인 벧짚을 대체할 수 있을 뿐만 아니라 농후사료의 일부까지 대체가능한 동계 사료작물의 생산 및 보급이 한우 사육을 위한 사료비 절감을 가능케 하고 있다. 청보리와 같은 동계 사료작물 사일리지를 이용하여 조제된 완전 혼합사료 (TMR, total mixed ration)는 반추위내 발효의 안정화를 통

한 소의 생산성 향상에 크게 기여해 왔지만 식품 및 농산 부산물을 TMR 원료로 이용할 경우 생산비까지 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 보리와 호밀 등의 동계 사료작물을 대상으로 TMR 원료사료로서의 사료적 가치를 조사한 연구 결과 (Shinekhuu et al., 2009; Qin et al., 2010; Seo et al., 2011; Kim et al., 2012) 및 이 작물들의 사일리지를 이용한 TMR이 한우 거세우의 증체와 육질 및 사료비에 미치는 효과를 조사한 연구 (Jin et al., 2012) 결과로 미루어 볼 때 사료작물 사일리지가 한우 사육을 위한 양질의 TMR 원료사료는 물론 사료비 절감 가능성을 높일 수 있을 것으로 보인다. 그러나 동계 사료작물 사일리지를 이용하여 거세한우의 성장단계

* 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

** Shinekhuu Jugder and Seong-Ho Choi were equally contributed as first authors.

별로 조제된 TMR 급여 시 증체 성적을 뒷받침할 수 있는 근거, 즉 소 체내에서의 이용성 등에 대한 조사는 매우 부족한 상태이다. Qin et al. (2010)이 청보리 또는 청호밀 사일리지를 이용하여 거세한우의 비육중기용으로 제조, 급여한 TMR의 소 체내 이용성에 대하여 조사 보고 한 바 있으나 일반적으로 비육후기의 경우 TMR 대신 농후사료 위주의 급여를 실시하고 있으므로, 비육후기용 TMR 사료의 이용성 조사를 위한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 청호밀 사일리지를 이용하여 거세 한우의 비육 후기로 조제된 TMR의 소 체내 이용성 규명을 위해 배합사료 및 볏짚으로 구성된 관행 사료와 비교실험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험사료

본 실험을 위해 전북 고창 지역에서 생산되어 곤포형태로 저장, 발효시킨 청보리 사일리지(BS, barley silage) 및 청호밀 사일리지(RS, rye silage)로 제조된 거세한우 비육 후기로 용 TMR을 이용하였다. 처리구에 따른 시험사료로는 배합사료 및 볏짚을 분리하여 급여하거나(control), 청보리 사일리지 TMR(BS-TMR) 및 청호밀 사일리지 TMR(RS-TMR)을 이용하였다. 시험 전 대사시험 장소로 필요한 양의 사일리지 TMR을 운송해온 다음 변질을 방지하기 위하여 5℃로 유지되는 컨테이너에서 보관하면서 급여하였다. 급여한 사료 및 조사료 자원의 일반성분 및 TDN 함량은 Table 1에서와 같다.

2. 시험동물 및 사양관리

시험 동물로는 반추위 누관이 장착된 건유중인 홀스타인 소(평균 645 kg ± 23 kg) 3두를 이용하였으며, 시험은 3 × 3

Latin square design 방법으로 실시하였다. 시험사료는 비육 후기로 한우 거세우 용 사료를 이용하였는데, 관행사료 급여구에는 1일 두당 8 kg(비육 후기로 배합사료 7.2 kg 및 볏짚 0.8 kg, 건물 기준)을, 그리고 청보리 사일리지 TMR 처리구 및 청호밀 사일리지 TMR 처리구에는 1일 두당 7.8 kg(건물 기준)을 급여함으로써 처리 간 가소화영양소 총량(TDN, total digestible nutrient) 섭취량이 비슷하도록 하였으며, 각각의 시험사료를 동일한 양으로 2등분하여 2회(08:00 및 18:00)에 걸쳐 급여하였다. 두 종류의 사일리지 TMR 모두에 각각 기타 원료사료와 사일리지를 90:10의 비율(급여상태 기준)로 혼합하여 조제하였다. 시험사료의 성분 함량은 Table 1과 같다. 시험동물은 시험기간 동안 각각의 대사실에서 관리되었으며, 물과 린칼볼릭은 자유로이 섭취하도록 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 조사

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 ammonia-N 분석을 위해 반추위액 1 ml를 채취하여 분석 전 까지 -20℃에 냉동 보관하였으며, VFA 분석을 위해 0.8 ml 배양액에 0.2 ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20℃에서 냉동 보관하였다.

4. 시험사료의 반추위 내 분해율 조사

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

Table 1. Chemical composition of experimental diets

Feeds	Dry matter (%)	Components (% DM basis) ¹⁾				
		CP	EE	NDF	Ash	TDN
Concentrate	89.2	12.0	6.23	27.3	6.23	74
Rice straw	87.9	4.16	3.05	71.5	12.41	43
BS-TMR ²⁾	65.4	11.6	5.56	38.2	6.43	72
RS-TMR ³⁾	64.2	11.8	5.36	37.7	6.89	73

¹⁾ TDN values of the feeds were obtained from TMR manufacturing company.

²⁾ BS-TMR, whole crop barley silage based TMR.

³⁾ RS-TMR, whole crop rye silage based TMR.

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 × 10 cm, pore size 45 μm)에 5 g 정도 넣은 후 1, 3, 6, 12, 24 및 48시간 동안 반추위에서 배양시켰다. 정해진 시간에 따라 반추위로부터 각각의 nylon bag을 꺼내어 흐르는 물로 씻은 다음 60°C에서 72시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였다. 또한 0 시간의 경우 시험사료가 들어있는 nylon bag을 반추위에서 직접 배양하지 않고 흐르는 물로 깨끗이 세척한 다음 성분 분석에 이용하였다. 정해진 시간 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 Ørskov and McDonald(1979)의 방법에 따라 iterative least square 방법을 이용하였는데, 이때 분해율 계산을 위한 매개 변수(parameter)로는 배양 시 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 Orskov and McDonald(1979)의 식($ED = a + (b \times k) / (k + r)$)을 이용하여 계산하였으며, 가상 fractional outflow rate (r)는 0.05/h로 하였다.

5. 시험사료의 전장소화율 조사

시험 개시 후부터 종료 시까지 시험사료의 전장 소화율 측정을 위해 시험 사료에 Cr₂O₃를 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 직장에서부터 약 0.5 kg씩 채취하여 처리구별로 혼합한 후 분석 시까지 -20°C에서 냉동 보관하였다.

6. 일반성분 및 시료 분석

시험사료와 반추위 배양 후 분해되지 않은 사료, 전장 소화율 시험을 위한 분의 일반성분(CP, crude protein 및 EE, ether extract)은 AOAC(1991) 방법에 준하여 분석하였고 분의 Cr₂O₃는 Charlot(1964) 방법으로 분석하였다. 사료와 분의 NDF 함량은 Van Soest et al.(1991)의 방법에 준하여 분석하였다.

반추위액의 pH는 정해진 시간에 배양액을 채취한 즉시

pH meter로 측정하였으며, 반추위액의 ammonia-N의 농도는 Fawcett and Scott(1960)의 방법에 따라 발색 반응을 시킨 후 spectrophotometer (Mecasys Co. Korea, Optizen 3220uv)를 이용하여 분석 하였다. 또한 휘발성지방산(VFA) 분석을 위해 0.8 ml 배양액에 0.2 ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20°C에서 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°C로 유지되었고 split ratio는 1 : 100으로 하였다.

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. 시험사료 별 영양소 섭취량

시험 설계에 따라 매일 처리 별 정해진 양의 사료를 급여한 바, 전량 섭취된 것으로 조사되었다. 조단백질 및 TDN 섭취량은 처리 간 차이가 없었고, 조지방과 유기물(OM, organic matter) 섭취량은 두 종류의 사일리지 TMR 급여구에 비해 배합사료와 볏짚을 분리 급여한 대조구에서 다소 많이 섭취한 반면 NDF 섭취량은 관행 사양구에 비하여 TMR 급여구에서 다소 높은 경향을 보였다(Table 2).

2. 반추위 내 시험사료의 발효성상

반추위액의 암모니아 농도는 전체 처리구에 걸쳐 사료 급여 3시간까지 증가하다가 그 이후 9시간까지 감소하는 경향을 보였다. 처리 간 암모니아 농도에서 차이가 없는 것으로 나타났으나 사료 급여 후 3시간에서 관행사료를 급여한 소의 반추위액에서 다소 낮은 경향을 보였다(Fig. 1). 사료 급여 직전 및 급여 후 1, 3, 6 및 9시간 후에서 반추

Table 2. Daily intakes of dry matter (DM) and nutrients by experimental diet

Feeds*	DM	Components (kg/day)				
		CP	EE	NDF	OM	TDN
Control	8.0	0.90	0.48	2.54	7.45	5.67
BS-TMR	7.8	0.90	0.43	2.98	7.30	5.62
RS-TMR	7.8	0.91	0.41	2.94	7.26	5.69

* Control, conventional separate feeding of concentrate and rice straw;
BS-TMR, barley silage based TMR; RS-TMR, rye silage based TMR.

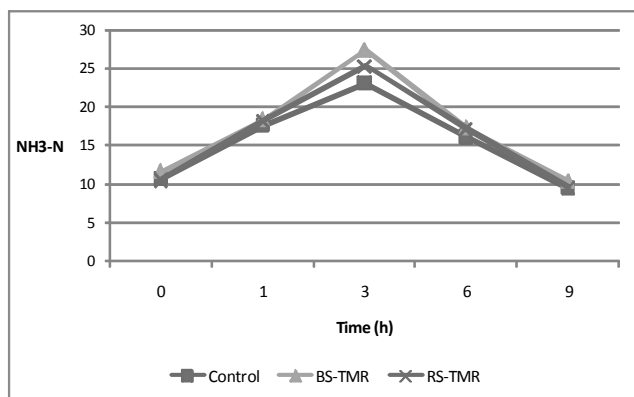


Fig. 1. Changes in ammonia-N concentration (mg/100 ml) of rumen fluid by sampling time post-feeding as influenced by experimental diets as referred to Table 2. No significant ($p>0.05$) difference at all sampling times among treatments.

위액의 pH를 조사 한 바 급여 후 6시간까지 점차 낮아지다가 그 후로는 증가하는 경향을 보였으며, 전체 채취시간에 걸쳐 시험사료 간 유의적인 차이는 없었다 (Table 3).

반추위액의 총 VFA 농도는 오전사료 급여 후 3시간까지 증가된 후 점차 낮아졌으나 급여사료 간 차이는 없었다 (Table 3). 그러나 비육 중기 사료의 경우와는 달리 acetate (C_2)의 조성 비율은 사료 급여 후 1시간에서 청보리 사일리지를 섭취한 처리구 (BS-TMR)에서 낮은 ($p<0.033$) 값을 제외하고는 대부분의 채취시간에서 처리 간 차이가 없는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라, propionate (C_3) 및 butyrate 조성비율과 C_2/C_3 비율은 모든 채취시간에서 처리 간 차이가 없었다.

3. 사료의 반추위 내 유효분해율

비육 후기용 청보리 사일리지 TMR과 청호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료 (배합사료 및 볏짚)의 반추위 내 분해관련 parameters (a, b 및 c) 및 유효분해율 (ED)을 조사한

바, 건물, 조단백질 및 NDF의 분해관련 parameter 중 a 값과 각 성분의 유효분해율이 관행사료에 비하여 사일리지 TMR에서 약간 높았으나 시험사료간 유의적 차이가 없는 것으로 조사되었다 (Table 4).

4. 사료의 전장소화율

비육 중기용 청보리 사일리지 TMR과 청호밀 사일리지 TMR, 그리고 관행사료 (배합사료 및 볏짚)를 소에게 급여하여 전장소화율을 조사, 비교한 결과 Table 5에서 보는 바와 같다. 즉, 조사된 모든 주요 성분 (DM, CP, EE 및 NDF)들은 관행사료에 비하여 사일리지 TMR의 소화율이 다소 높은 경향을 보였으나, 청보리 사일리지 TMR (BS-TMR)과 청호밀 사일리지 TMR (RS-TMR) 간에는 조사된 모든 성분에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

IV. 고 찰

반추동물에서 조사료는 그 자체의 영양적 가치뿐만 아니라 가축의 정상적인 소화 생리를 유도하고 고기와 우유 생산에도 매우 중요한 역할을 한다. 국내에도 일찍이 TMR의 개념이 도입되었지만 주로 젖소의 사료에 국한되어 왔다. Harrison and Blauwiel (1994) 및 Kellems et al. (1991)은 젖소에 TMR을 급여한 결과 반추위 내 사료의 발효 환경 및 사료의 이용성이 개선되었으며, 대사성 질병 발생이 감소되었고 우유 생산성까지 개선되었다고 보고하였다. 국내에서도 비육우를 이용한 실험의 경우, 청보리 사일리지가 거세 한우의 성장과 사료이용성 및 육질에 미치는 효과가 조사된 (Cho et al., 2000) 바 있어 그동안 젖소에 주로 이용되던 청보리 사일리지를 한우에 응용할 수 있는 기초 자료가 도출된 바 있다. 그 후에도 비육 후기의 거세한우를 대상으로 섬유질 배합사료 급여 효과를 조사한 바, 성장과 육질등급 등이 개선된 효과를 보였다 (Kim et al., 2003; Lee et al., 2003).

Table 3. Ruminal pH, and concentration and proportion of VFA in the rumen fluid by sampling time post-feeding as influenced by experimental diets

Items	Diets ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	Control	BS-TMR	RS-TMR		
..... 0 h					
pH	6.98	6.97	6.98	2.415	0.986
Total VFA (mmoles/100 ml)	92.26	93.17	92.54	4.170	0.964
Molar proportion (moles/100 moles)					
Acetate (C ₂)	63.67	63.24	63.51	0.810	0.817
Propionate (C ₃)	28.58	28.38	28.40	0.950	0.960
Butyrate	6.60	7.32	7.25	1.228	0.742
C ₂ /C ₃	2.23	2.23	2.24	0.081	0.984
..... 1 h					
pH	6.54	6.59	6.57	2.347	0.973
Total VFA (mmoles/100 ml)	102.56	102.88	102.99	2.033	0.964
Molar proportion (moles/100 moles)					
Acetate (C ₂)	60.53 ^a	59.44 ^b	60.84 ^a	0.508	0.033
Propionate (C ₃)	29.67	28.83	29.75	0.928	0.451
Butyrate	8.39	10.09	8.41	1.298	0.260
C ₂ /C ₃	2.04	2.06	2.04	0.056	0.883
..... 3 h					
pH	6.23	6.35	6.32	2.166	0.936
Total VFA (mmoles/100 ml)	107.72	108.82	107.65	1.314	0.513
Molar proportion (moles/100 moles)					
Acetate (C ₂)	59.22	58.68	60.24	0.999	0.229
Propionate (C ₃)	31.02	30.05	30.94	0.797	0.321
Butyrate	8.26	9.34	7.73	1.557	0.480
C ₂ /C ₃	1.91	1.95	1.95	0.040	0.419
..... 6 h					
pH	5.91	5.96	5.94	2.048	0.919
Total VFA (mmoles/100 ml)	101.90	102.70	101.58	2.365	0.840
Molar proportion (moles/100 moles)					
Acetate (C ₂)	60.98	60.45	61.53	0.956	0.435
Propionate (C ₃)	30.25	29.74	30.47	0.460	0.213
Butyrate	7.46	8.58	6.92	1.331	0.360
C ₂ /C ₃	2.02	2.03	2.02	0.009	0.151
..... 9 h					
pH	6.54	6.56	6.55	2.641	0.948
Total VFA (mmoles/100 ml)	94.28	95.49	93.94	1.766	0.560
Molar proportion (moles/100 moles)					
Acetate (C ₂)	62.86	62.65	63.90	0.571	0.075
Propionate (C ₃)	29.14	28.60	29.70	0.492	0.089
Butyrate	6.93	7.65	5.51	1.088	0.124
C ₂ /C ₃	2.16	2.19	2.15	0.023	0.146

1) Diets were referred to Table 2.

2) Standard error of the mean.

3) Probability level.

Table 4. Degradation parameters (a, b, and c) and effective degradability (ED) of DM, CP and NDF of the experimental diets in the rumen

Parameters and ED (%)	Diets ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	Control	BS-TMR	RS-TMR		
DM :					
a	5.94	6.59	6.39	0.532	0.546
b	71.79	71.64	72.31	0.545	0.519
c	0.081	0.080	0.080	0.001	0.233
EDDM	50.38	50.73	50.67	0.531	0.764
CP :					
a	10.04	11.39	10.62	1.154	0.566
b	76.45	74.41	76.18	1.609	0.519
c	0.091	0.094	0.094	0.004	0.760
EDCP	59.44	60.54	60.39	1.371	0.729
NDF :					
a	1.397	2.060	1.815	0.642	0.627
b	48.36	47.02	47.25	1.351	0.621
c	0.066	0.069	0.069	0.003	0.560
EDNDF	28.82	29.32	29.12	0.525	0.667

¹⁾ Diets were referred to Table 2; ²⁾ and ³⁾ Referred to Table 3.

Table 5. Whole tract digestibility of the experimental diets

Nutrients	Diets ¹⁾			SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	Control	BS-TMR	RS-TMR		
DM	63.96	65.42	65.07	1.279	0.404
OM	71.41	71.73	71.61	1.322	0.957
CP	53.10	54.37	54.15	1.363	0.533
EE	72.63	73.29	73.06	0.904	0.679
NDF	48.25	49.33	49.13	1.198	0.537

¹⁾ Diets were referred to Table 2; ²⁾ and ³⁾ Referred to Table 3.

본 시험에서 사료의 반추위 내 발효 특성을 비교하고자 관행적으로 급여한 처리구와 청보리 및 청호밀 사일리지를 이용한 TMR 급여 효과를 비교한 바 반추위액의 pH (Table 3)는 급여 사료 간 차이가 없었으며, 암모니아 농도 (Fig. 1) 역시 급여 후 특정 시간대에서만 관행사료 급여구에서 다소 낮은 경향을 보였을 뿐 대체로 급여 사료 간 차이가 없었다. 총 VFA 농도와 주요 휘발성지방산 (acetate, propionate 및 butyrate) 조성 비율 역시 대조구 사료를 비롯한 모든 처리구간 차이가 거의 없었다 (Table 3). 반추위액의 처리 간 비슷한 암모니아 농도 (Fig. 1)는 CP 섭취량 및 반추위 내 CP 분해율 (Table 4)에서 차이가 없었기 때문

인 것으로 보이며, 대조구 대비 TMR 처리구에서의 현저히 높은 NDF 섭취량 역시 C₂ 조성비율 (Table 3) 및 NDF 분해율과 관련이 있는 것으로 여겨진다. 따라서 본 시험에서 조사된 3종류의 시험사료 급여로 인한 반추위 내 발효 성상은 TMR의 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 전장소 화율 (Table 5)에 상당 부분 반영된 것으로 보인다. 특히,

관행사료에 비해 반추위 내에서 사일리지 TMR의 높은 NDF 유효분해율 (EDNDF)이 전장소화율에서도 높게 나타난 것으로 보여 사일리지 TMR의 이용성이 반추위 내 발효 환경과 밀접한 관계가 있음을 제시해준다.

본 시험에서와 동일한 사료를 이용한 거세한우 사양시험 성적 (Jin et al., 2012)에서는 비육 후기 (25~30개월령)의 경우 건물섭취량과 TDN 섭취량은 관행사료 급여구, 청보리 사일리지 TMR 급여구 및 청호밀 사일리지 급여구에서 각각 11.69 kg과 8.24 kg, 10.01 kg과 7.16 kg 및 10.12 kg과 7.27 kg이었으며 이 기간의 총 증체량은 각각 122.3 kg, 111.0 kg 및 125.7 kg이었다. 소의 반추위 내 발효특성과 유효분해율, 그리고 전장소화율 등에서 처리 간 차이가 거의 없었으나 사양시험에서의 총 증체량에서 청호밀 사일리지 TMR 급여구에서 가장 높은 반면 청보리 사일리지 TMR 급여구에서 가장 낮은 것으로 조사되었는데, 비육후기 사양시험에서의 이러한 결과는 처리별 급여사료의 특성이나 이용율에서의 차이 때문이라기보다는 비육 중기에서의 섭취량에 영향을 받아 나타난 건물이나 TDN 섭취량에서의 차이 때문인 것으로 여겨진다. 비육후기와 동일한 여건에서 비육 중기 (19~24개월령)용 TMR을 이용한 사양시험을 실시한 바, 관행사양구에 비하여 TMR 급여구에서 건물 및 TDN 섭취량에서 더 높았으며, 이에 따라 비육중기의 총 증체량도 TMR 급여구에서 더 높은 경향을 보였는데 (Jin et al., 2012), 그러한 결과는 동일한 사료로 소 체내 이용성을 조사한 결과 (Qin et al., 2010)에 의해 뒷받침되었다. 또한 Kim et al. (2003)은 볏짚 중심의 섬유질 배합사료가 배합사료와 볏짚을 분리 급여한 관행사료 급여방법에 비하여 반추위액의 pH가 안정적이었고, VFA 농도 역시 높았으며 C₃ 조성 비율에도 처리 간 차이가 없이 C₂ 함량이 다소 증가됨으로서 전반적인 발효여건이 개선되었다고 보고한 바 있다.

한편, Chung et al. (2009) 등은 4 종류의 동계 사료작물 사일리지 (청보리, 청호밀, 유채 및 이탈리안 라이그라스) TMR의 체내 이용성을 흑염소를 대상으로 조사한 바, 청호밀 사일리지 TMR에 비하여 청보리 사일리지 TMR 내 주요 성분의 전장소화율이 더 높은 것으로 조사되어 본 시험의 연구 결과와는 달랐다. 이는 대상 시험축 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 (Yoon et al., 2009)의 경우 수확시기가 늦을수록 건물과 TDN 수량이 증가하는 것으로 보고된 바 있으나, triticale과 밀 및 호밀의 경우 수확 시기에 따라

건물 분해율이 크게 달라진다는 보고도 있다 (Yoon and Kazuo, 2000). 따라서 수확 시기가 너무 늦을 경우 TMR 내 주요 성분의 체내 이용율이 감소될 수 있는 것을 배제할 수 없다.

본 시험에서의 결과를 종합하면, 거세한우 비육 후기용 배합사료와 볏짚을 분리 급여하는 관행적인 사료와 사일리지 TMR 간 체내 이용율에서는 차이가 없었으나 청보리 사일리지 TMR에 비하여 청호밀 사일리지 TMR의 체내 이용율이 다소 향상된 것으로 나타났다. 그러나 청보리 사일리지와 청호밀 사일리지의 성분 함량과 체내 이용율 등을 감안할 때 이 두 종류 사료작물의 수확시기가 체내 이용율의 차이를 유발시킬 가능성이 있어 향후 동계 사료작물의 수확시기에 따른 사일리지 TMR의 이용성에 대한 연구가 요구된다.

V. 요약

본 연구는 국내에서 생산된 주요 동계 사료작물인 청보리 및 청호밀 사일리지를 이용하여 거세 한우의 비육후기 (25~30개월령) 용으로 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. 시험동물에는 비육 후기용 배합사료 및 볏짚을 분리 급여하였거나 (대조구) 청보리 사일리지 TMR (BS-TMR) 또는 청호밀 사일리지 TMR (RS-TMR)을 급여하였다. 전체 채취시간에 걸쳐 반추위액의 pH, 암모니아 농도 및 총 휘발성지방산 농도는 시험사료 간 차이가 없었다. Acetate (C₂)의 조성 비율은 사료 급여 후 1시간에서 청보리 사일리지를 섭취한 처리구 (BS-TMR)에서 낮은 ($p < 0.033$) 값을 제외하고는 대부분의 채취시간에서 시험사료 간 차이가 없었다. Propionate (C₃) 및 butyrate 조성비율과 C₂/C₃ 비율 역시 모든 채취시간에서 시험사료 간 차이가 없었다. 사료 내 주요 성분의 반추위 유효분해율과 전장소화율은 전체 시험사료 간은 물론 BS-TMR과 RS-TMR 간에도 차이가 없는 것으로 나타났다. 본 대사시험 결과로 미루어보아 청보리 및 청호밀로 제조된 TMR의 급여 가치가 배합사료 및 볏짚의 분리급여와 차이가 없는 것으로 여겨진다.

VI. 사 사

이 논문은 농림수산식품기술기획평가원의 지원사업 (311016-03-1-HD110)의 연구비 지원에 의하여 연구되었다.

VII. 인 용 문 헌

- 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 Co.
- Cho, W.M., Cho, Y.M., Hong, S.K., Chung, E.S., Lee, J.M. and Yoon, S.K. 2000. Effect of feeding whole crop barley silage on growth performance, feed efficiency and meat quality in Hanwoo steers. Journal of Animal Science and Technology. 42:181-188.
- Chung, K.W., Cho, I.H., Whang, B.S. and Lee, S.H. 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. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 29:389-398.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11:1-42.
- Fawcett, J.K. and Scott, J.E. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. Journal Clinical. Pathology. 13:156-163.
- Harrison, J.H. and Blauwiel, R. 1994. Fermentation and utilization of grass silage. Journal of Dairy Science. 77:3209-3235.
- Jin, K.L., Kim, J.K., Qin, Wei-zw, Chung, J., Chang, S.S., Sohn, Y.S., Choi, C.W. and Song, M.K. 2012. Effect of feeding whole crop barley silage- or whole crop rye silage based-TMR and duration of TMR feeding on growth, feed cost and meat characteristics of Hamwoo steers. Journal of Animal Science Technology. 54:111-124.
- Kellems, R.O., Jones, R., Andrus, D. and Wallentine, M.V. 1991. Effect of moisture in total mixed rations on feed consumption and milk production and composition in Holstein cows. Journal of Dairy Science. 74:929-932.
- Kim, K.H., Kim, K.S., Lee, S.C., Oh, Y.K., Chung, C.S. and Kim, K.J. 2003. Effect of total mixed rations on ruminal characteristics, digestibility and beef production of Hanwoo steers. Journal of Animal Science and Technology. 45:387-396.
- Lee, D.Y., Ko, J.Y., Choi, N.J., Lee, S.S., Song, J.Y., Lee, S.Y., Park, S.H., Sung, H.K. and Ha, J.K. 2003. Effects of type of TMR on rumen fermentation characteristics and nutrient digestibility in sheep. Journal of Animal Science and Technology. 45:805-812.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of Protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science (Camb.). 92:499-506.
- Qin, W.Z., Jin, G.L., Kim, J.K., Oh, Y.K., Lee, S.C. and Song, M.K. 2010. Estimation of availability of whole crop barley and Rye Silage TMR in the Cattle. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage. 30:343-354.
- SAS. 2002. SAS Procedures Guide release 9.0 SAS institute Inc., Cary, NC. U.S.
- Seo, S., Kim, W.H., Kim, K.Y., Choi, K.J., Ji, H.C., Lee, S.H., Lee, K.W. and Kim, M.J. 2011. Forage productivity and quality of domestic Italian ryegrass and barley varieties. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 31:261-268.
- Shinekhoo, J., Jin, K.L., Ji, B.J., Li, X. Z., Oh, Y.K., Hong, S.K. and Song, M.K. 2009. Protein fractionation of whole crop silages, and effect of borate-phosphate buffer extraction on *in vitro* fermentation characteristics, gas production and degradation. Journal of Animal Science and Technology. 51:369-378.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharide in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597.
- Yoon, S.G. and Kazuo, A. 2000. Effect of maturing stages on chemical composition for feed and *in vitro* dry matter digestibility of triticale. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 20:227-232.
- Yoon, S.K., Park, T.I., Seo, J.H., Kim, K.H., Song, T.H., Park, K.H. and Han, O.K. 2009. Effect of harvest time and cultivars and forage yield and quality of whole crop barley. Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science. 29:121-128.

(Received May 22, 2013/Accepted May 30, 2013)