

소에 의한 다양한 사일리지의 이용율 및 TDN 평가

지병주 · 김광림 · Judder Shinekhuu · Wei-ze Qin · 오영균¹ · 손용석² · 서 성³ · 송만강

Estimation of Availability and TDN of Various Silages by Cattle

Byung Ju Ji, Guang Lin Jin, Judder Shinekhuu, Wei-ze Qin, Young Kyoon Oh¹,
Yong-Suk Sohn², Sung Seo³ and Man Kang Song

ABSTRACT

The present study was conducted with four ruminally fistulated cattle to examine the fermentation characteristics and effective degradability (ED) in the rumen, and whole tract digestibility and TDN values of various silages (whole crop rye, RS; whole crop barley, BS; Italian ryegrass, IRGS and sudangrass, SGS) which were produced in Korea. The pH of rumen fluid were not greatly affected by silage at most times after feeding but SGS decreased ($p<0.049$) the ruminal ammonia-N concentration as 7.28 mg/100 ml at 3h after feeding compared to other silages. An acetate proportion from SGS feeding was higher at 1h ($p<0.018$), 3h ($p<0.004$) and 6h ($p<0.019$) after feeding than those from other silages. The propionate (C_2) proportion, however, was greater ($p<0.001 \sim p<0.042$) for the RS and BS than the corresponding values of other silages up to 6h after feeding while the lowest C_2 proportion was observed from SGS. The butyrate proportion was lowest ($p<0.007 \sim p<0.027$) in the cattle fed BS at 1~6h after feeding among silages. An ED of dry matter (DM) in the rumen was highest ($P<0.048$) for RS as 59.64%, and was reduced in the order of BS (56.12%), IRGS (55.64%) and SGS (54.02%). Similar tendency was observed in the EDs of crude protein ($p<0.014$) and organic matter (OM, $p<0.039$). The whole tract digestibility of DM ($p<0.032$), neutral detergent fiber (NDF, $p<0.034$) and OM ($p<0.041$) of SGS was greatly reduced. The TDN value based on whole tract digestibility of silages was highest for RS as 61.1%, and TDN values of BS, IRGS and SGS were 57.1%, 57.9% and 50.7%, respectively. Based on the results obtained from the present study, components in various whole crop silages produced in Korea might affect the ruminal VFA proportion, and especially, NDF content could greatly influence on the TDN value of silage calculated based on the NDF content.

(**Key words**: Whole crop silages, Fermentation characteristics, Digestibility, TDN)

I. 서 론

높은 국제 곡물가격으로 인하여 증가되는 소 사육 농가의 생산비 절감을 위해서라도 양질 조사료의 생산과 이용율을 높이는 기술 개발이

필요한 시점이다. 오랫동안 국내에서 주요 조사료 원으로 이용되어온 벃짚은 소화율이나 영양소 함량은 물론 이용율과 기호성까지 낮아 섬유질 사료로서의 기능을 충분히 발휘하지 못했다 (이, 2000). 이런 상황에서 조사료까지 대

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

¹ 농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea)

² 고려대학교 생명과학대학 (College of Biotechnology, Korea University, Seoul 136-713, Korea)

³ 농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 330-801, Korea)

Corresponding author: Man K. Song. Department of Animal Science, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea. Tel: +82-43-261-2544; E-mail : mksong@cbnu.ac.kr

량 수입됨으로서 소 생산비를 가중시키고 있는 실정이다. 이에 따라 유휴 농경지를 이용하여 사료작물을 생산함으로써 수입 조사료의 상당 부분을 대체할 수 있는 양질 조사료를 공급하고 사료비를 절감하며 동시에 생산성 향상을 동시에 꾀할 수 있을 것으로 보인다.

한우에 양질 조사료를 급여할 목적으로 생산된 사료작물은 대부분 발효된 사일리지를 이용한 완전혼합사료 (TMR, total mixed ration) 형태로 급여되어 왔으며, TMR의 이용율을 개선하기 위한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다. 윤 및 Kazuo (2000)는 triticale과 밀 그리고 호밀의 수확기 별 영양소 함량을 조사하였으며, 박 등 (2008)은 보리, 귀리, 밀, triticale의 단위 면적 당 건물수량과 함께 이들 사료작물의 성분 함량을 기준으로 사료 가치를 평가한 바 있다. 김 등 (2003)도 사일리지 제조용 우량 보리 품종을 선별하기 위해 청보리의 수확 시기별 영양소 함량을 조사하였으며, 이 및 이 (2006)에 의해 사료작물의 소화율이 평가된 바 있다. 뿐만 아니라, 면양을 대상으로 호밀 등의 사료작물을 이용한 TMR의 사료적 가치(윤 및 Kazuo, 2000; 이 및 이, 2006)와 이들 TMR이 착유우의 생산성에 미치는 효과(이 등, 2003)도 조사되었다. 이밖에도 한우 거세우(조 등, 2000)에 대한 청보리 사일리지의 사료적 가치가 평가되었으며, 김 등 (2004)에 의한 벼 사일리지와 최 등 (2009)에 의한 수수*수단그라스에 대한 TDN 값도 간접적인 방법으로 평가된 바 있다.

그러나 국내에서 생산된 여러 종류의 사료작물 사일리지만을 급여하여 반추기축 체내에서의 이용율을 조사한 예는 거의 없으며, 사료작물의 소화율에 근거한 TDN 값을 평가한 예도 없다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 국내에서 생산된 주요 사료작물(청보리, 호밀, 이탈리아 라이그라스 및 수단그라스) 사일리지 급여 시 소의 체내 이용율을 조사하고 각 사일리지의 TDN 값을 평가하고자 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 사료 및 사양관리

본 실험을 위해 2009년에 생산되어 곤포형태로 포장된 청보리 사일리지 (barley silage, BS), 호밀 사일리지 (rye silage, RS), 이탈리아 라이그라스 사일리지 (Italian ryegrass silage, IRGS) 및 수단그라스 (수수*수단그라스 교잡종) 사일리지 (Sudangrass silage, SGS)를 이용하였다. 본 연구에 이용된 모든 조사료는 전북 고창 지역에서 생산된 것으로서 청보리는 황숙기 초기에 수확하였으며, 호밀은 출수기에 수확하여 곤포 사일리지로 제조하였다. 또한 이탈리아 라이그라스의 경우 조생종으로 출수 후기~개화기 때에 수확되었고, 수단그라스는 7월 중~하순에 수확된 것을 곤포사일리지로 제조하였다. 시험 전 교내 시험장소로 모든 사일리지를 옮겨온 뒤 보관시 변질을 방지하기 위하여 1일 섭취량 기준으로 밀봉 포장하여 급여직전까지 5℃로 유지되는 컨테이너에서 보관하였다. 네 종류 사료작물 사일리지의 체내 이용성 및 가소화 영양소총량 (TDN, total digestible nutrient) 평가를 위해 반추위 누관이 장착된 젖소 건유우 4두 (평균 670 ± 14 kg)를 대상으로 4 × 4의 Latin square 방법으로 대사시험을 실시하였다. 대사 시험은 period 별 적응기간 10일, 시료 채취기간 4일씩 총 4 period에 걸쳐 실시되었다.

시험사료인 사료작물 사일리지 급여량 결정을 위해 대사시험용 4두를 대상으로 각각의 시험사료를 3일간씩 교체 급여하여 최소 섭취량을 정하였으며, 정해진 1일 섭취량인 5 kg (건물 기준)을 균등하게 나누어 오전 9시 및 오후 6시에 급여하였다. 전체 시험기간 동안 물과 미네랄 블록은 자유로이 섭취토록 하였다.

2. 시험사료의 반추위 내 분해율 및 전장소 화율 조사

각 사일리지를 건조후 2 mm 크기로 분쇄한

(Wiley mill, Arther Hill Thomas Co, Philadelphia, PA) 후 각각의 사료를 nylon bag (5×10 cm, pore size 45 μ m)에 5g 정도 넣은 후 반추위 누관이 장착된 시험축의 반추위에 0, 1, 3, 6, 12, 24, 48 및 72시간 동안 반추위에서 배양시켰다. 정해진 시간에 따라 각각의 nylon bag을 꺼낸 다음 흐르는 물로 씻은 후 60 $^{\circ}$ C에서 72시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였다. 배양 후 nylon bag 내에 남은 사료는 일반성분 및 중성 세제 불용성 섬유소(NDF, neutral detergent fiber) 분석 시까지 냉장 저장되었다. 반추위 내 시험사료의 주요 성분별 유효 분해율(ED, effective degradability)은 Ørskov와 McDonald (1979)의 방법에 따라 계산되었는데, 이때 passage rate는 0.05로 하였다. 또한 사일리지의 전장소화율을 조사하기 위해 전 시험기간 동안 급여 시 Cr₂O₃를 표시제 (0.2%, 건물기준)로 첨가, 급여 하였다.

3. 사료의 채취 및 분석

시험사료의 반추위 내 발효성상을 조사하기 위하여 사료 급여 직전 및 사료 급여 1, 3, 6 및 9시간 후에 반추위 fistula를 통하여 반추위액을 각각 100 ml 정도 채취한 후 즉시 반추위 pH를 측정하였다. 그 후 4겹의 거즈로 위액을 여과시킨 다음 암모니아 농도 분석을 위해 반추위액 1 ml를 채취하여 분석 전까지 -20 $^{\circ}$ C에 냉동 보관하였으며, 휘발성지방산(VFA, volatile fatty acid) 분석을 위해 0.8 ml 배양액에 0.2 ml의 25% phosphoric acid를 첨가하고 분석 시까지 -20 $^{\circ}$ C에서 냉동 보관하였다.

반추위액의 암모니아 농도는 Fawcett와 Scott (1960)의 방법에 따라 발색 반응을 시킨 후 spectrophotometer (Mecasys Co. Korea, Optizen 3220uv)를 이용하여 분석 하였다. 또한 휘발성 지방산 분석을 위해 0.8 ml 배양액에 0.2 ml의 25% 인산 용액을 첨가하고 분석 시까지 -20 $^{\circ}$ C에서 냉동 보관하였다. 휘발성지방산은 냉동

보관된 시료를 해동한 다음 internal standard로 0.2ml의 2% pivalic acid를 넣어 잘 혼합하고 12,000×g에서 15분간 원심분리 한 후, 상층액을 취하여 30 m capillary column (NUKOLTM, 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, injector와 FID 검출기의 온도는 모두 200 $^{\circ}$ C로 유지되었고 split ratio는 1 : 50으로 하였다.

전장소화율 측정을 위해 분은 대사시험용 시험축의 직장에서 grab sampling 방법을 이용하여 오전사료 급여 후부터 저녁 사료 급여 시까지 2시간 간격으로 채취한 다음 동일한 비율로 혼합 한 후 분석 시까지 -20 $^{\circ}$ C에서 냉동 보관 하였다. 시험사료(사일리지), 시험사료의 반추위 배양 후 분해되지 않은 사료 및 분의 일반 성분은 AOAC (1991) 방법에 준하여 분석하였고 가용무질소물(NFE, nitrogen free extract) 함량은 건물에서 조단백질, 조지방, NDF 및 조회분 함량을 빼 값으로 계산하였으며, Cr₂O₃는 Charlot (1964) 방법으로 분석하였다. 사료의 NDF 및 산성세제 불용성 섬유소(ADF, acid detergent fiber) 함량은 Van Soest 등(1991)의 방법에 준하여 분석하였으며, TDN 값은 김 등(2009)이 제시한 방법에 준하여 다음과 같이 계산하였다.

TDN = 가소화 단백질 + 가소화 탄수화물 + 가소화 조지방 × 2.25

이때 가소화 탄수화물은 사료의 조섬유 대신 NDF 함량을 이용하였고, 아울러 NFE 소화율을 측정한 다음 이들 두 성분의 가소화 값을 더하여 이용 하였는데, 이는 NFE가 거의 탄수화물로 구성된 것으로 전제한 것이다. 시험사료로 이용된 사일리지의 일반 성분 함량은 Table 1에서와 같다.

4. 통계 분석

본 실험에서 조사된 모든 성적은 SAS (2002)

의 GLM procedure를 통하여 분산분석을 실시하였고, 시험사료간 통계적인 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test (1955)에 의하여 검정하였다.

III. 결 과

1. 시험사료의 화학적 조성

본 시험에 사용된 4종류 사일리지의 주요 성분 함량(건물 기준)은 Table 1에서와 같다. 조단백질 함량은 호밀 사일리지(10.78%)에서 가장 높았고 그 다음으로 이탈리아 라이그라스 사일리지(10.03%) 및 청보리 사일리지(8.61%)의 순으로 높았으며 수단그라스 사일리지의 함량이 7.73%로 가장 낮았다. 조지방 함량은 청보리 사일리지, 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스 사일리지에서 4% 정도로 다른 종류의 호밀 사일리지(3.78%)에 비하여 다소

높은 경향을 보였다. 중성세제 불용성 섬유소(NDF, neutral detergent fiber) 함량은 이탈리아 라이그라스와 수단그라스에서 각각 61.12% 및 66.98%로 호밀 사일리지(57.51%) 및 청보리 사일리지(53.74%)에 비해 높은 것으로 나타났다. 가용무질소물(NFE) 함량은 청보리 사일리지에서 25.45%로 가장 높은 반면에 수단그라스 사일리지에서 9.33%로 가장 낮은 값을 보였다. 이와는 달리 조회분은 수단그라스 사일리지에서 12.57%로 가장 높은 함량을 보였다.

2. 사일리지의 반추위 내 발효특성 및 분해율

여러 종류 사일리지를 급여한 후 시간이 경과함에 따라 반추위액의 pH가 3시간까지 낮아진 후 점차 높아지는 경향을 보였으나 사일리지 간 차이는 보이지 않았다(Table 2).

각각의 사일리지 급여 후 3시간 까지 반추위액의 암모니아 농도가 증가하다가 그 이후부터

Table 1. Chemical composition of various silages (% , DM)

Silages	DM	CP	EE	NDF	Ash	NFE
Rye	35.08	10.78	3.78	57.51	8.30	19.63
Barley	30.03	8.61	4.01	53.74	8.19	25.45
Italian ryegrass	32.07	10.03	4.26	61.12	7.49	16.83
Sudan grass	25.45	7.73	4.39	66.98	12.57	9.33

Table 2. pH of the rumen fluid as influenced by silages

Time (h)	Silages ¹⁾				SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	RS	BS	IRGS	SGS		
-0.5	7.04	6.97	7.03	6.98	0.047	0.314
1	6.85	6.84	6.87	6.88	0.444	0.989
3	6.57	6.51	6.59	6.54	0.165	0.397
6	6.76	6.69	6.62	6.74	0.065	0.132
9	6.97	6.86	6.90	6.85	0.079	0.301

¹⁾ RS, rye silage; BS, barley silage; IRS, Italian ryegrass silage; SGS, Sudan grass silage.

²⁾ Standard error of the means.

³⁾ Probability levels.

Table 3. Ammonia-N concentration (mg/100ml) of the rumen fluid as influenced by silages

Time (h)	Silages ¹⁾				SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	RS	BS	IRGS	SGS		
-0.5	6.97	6.67	6.53	6.92	0.807	0.062
1	9.95 ^a	7.95 ^{ab}	8.50 ^{ab}	7.28 ^b	1.204	0.049
3	14.04	12.70	13.23	12.41	2.442	0.065
6	13.82	12.27	12.51	11.22	1.070	0.078
9	9.35	8.48	7.24	7.78	2.135	0.089

^{1), 2)} and ³⁾ Referred to Table 2.

* Means in the same row with different superscripts differ.

점차 감소하는 경향을 보였다 (Table 3). 사일리지 간 암모니아 농도는 급여 후 특정 시간대에 서만 차이를 보였는데, 3시간에서 다른 종류의 사일리지를 섭취한 경우와 비교할 때 수단그라스 사일리지를 섭취한 소의 반추위액에서 7.28 mg/100 ml로 가장 낮았다 ($p < 0.049$).

여러 종류의 사일리지를 급여한 후 반추위액 채취 시간에 따른 총 휘발성지방산 농도와 주요 휘발성지방산 (acetate, propionate 및 butyrate) 조성 비율은 Table 4에서 보는 바와 같다. 대체로 사료 급여 후 3시간까지는 모든 사일리지에서 총 휘발성지방산 농도가 증가하였으며, 그 이후 시간에서는 점차 감소하는 경향을 보였지만 처리간 차이는 없었다.

Acetate (C₂) 조성 비율은 다른 종류의 사일리지에 비해 수단그라스 사일리지 급여 1시간 ($p < 0.018$), 3시간 ($p < 0.004$) 및 6시간 ($p < 0.019$) 후에 채취한 반추위액에서 높은 수준을 보였다. 이와는 달리 propionate (C₃) 조성 비율은 사일리지 급여 후 6시간까지 호밀 사일리지와 청보리 사일리지를 섭취한 소에서 높은 ($p < 0.001 \sim p < 0.042$) 반면에 수단그라스 사일리지를 섭취한 소에서 가장 낮았다. 이로 인하여 C₂/C₃ 비율은 호밀 사일리지와 청보리 사일리지 급여구에서 현저히 낮은 ($p < 0.001 \sim p < 0.050$) 것으로 나타났다. Butyrate 조성 비율은 사일리지 급여 후 대부분의 반추위액 채취 시간 (1~6시간)에 걸쳐 청보리 사일리지를 섭취한 소에서 가장

낮은 ($p < 0.007 \sim p < 0.027$) 것으로 나타났다.

반추위 내 사일리지의 유효분해율을 조사한 바 Table 5에서와 같다. 먼저, 건물 분해율은 호밀 사일리지에서 59.64%로 가장 높았으며, 그 다음으로 청보리 사일리지 (56.12%) 및 이탈리아 라이그라스 사일리지 (55.64%)에서 높았고 수단그라스 사일리지의 유효분해율이 54.02%로 가장 낮았다 ($p < 0.048$). 이러한 경향은 조단백질 ($p < 0.014$) 및 유기물 ($p < 0.039$)의 반추위 내 유효분해율에서도 비슷한 것으로 조사되었다. 그러나 반추위 내 NDF 유효분해율에서는 사일리지간 차이가 없었다.

사일리지의 전장소화율 및 TDN 값은 Table 6에서 보는 바와 같다. 수단그라스 사일리지 내 건물 ($p < 0.032$), NDF ($p < 0.034$) 및 유기물 ($p < 0.041$)의 전장소화율은 다른 종류의 사일리지에 비하여 현저히 낮았으나 다른 세 종류의 사일리지 간에는 차이가 없었다. 또한 호밀 사일리지의 조단백질 전장소화율이 다른 종류의 사일리지에 비하여 비교적 높은 것으로 나타났다. 조단백질, 조지방 및 탄수화물인 NDF와 NFE의 전장소화율을 이용하여 산출된 TDN 값은 호밀 사일리지 61.1%로 가장 높았으며 ($p < 0.001$), 청보리 사일리지, 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스 사일리지의 TDN 값은 각각 57.1, 57.9 및 50.7%인 것으로 조사되었다.

Table 4. The concentration and proportion of major VFA in the rumen fluid as influenced by silages

Items	Silages ¹⁾				SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	RS	BS	IRGS	SGS		
----- 0.5h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	53.18	59.75	60.01	57.91	2.789	0.664
Individual VFA (mmole/100mmoles)						
Acetate (C ₂)	73.50	73.64	74.99	76.13	2.584	0.139
Propionate (C ₃)	17.25 ^a	16.31 ^{ab}	16.19 ^{ab}	15.26 ^b	0.295	0.013
Butyrate	8.35	9.87	8.87	8.10	0.691	0.088
C ₂ /C ₃	4.26 ^b	4.51 ^{ab}	4.63 ^{ab}	4.99 ^a	0.079	0.042
----- 1h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	69.65	71.28	69.63	65.08	2.352	0.398
Individual VFA (mmole/100mmoles)						
Acetate (C ₂)	69.36 ^b	69.54 ^b	69.60 ^b	77.07 ^a	1.185	0.018
Propionate (C ₃)	17.49 ^a	16.60 ^{ab}	15.67 ^b	15.61 ^b	0.859	0.038
Butyrate	11.40 ^b	14.06 ^a	9.57 ^b	6.21 ^c	0.953	0.005
C ₂ /C ₃	3.97 ^c	4.19 ^b	4.44 ^{ab}	4.94 ^a	0.235	0.008
----- 3h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	72.33	74.08	70.57	66.36	3.681	0.757
Individual VFA (mmole/100mmoles)						
Acetate (C ₂)	71.54 ^b	70.25 ^b	71.24 ^b	76.79 ^a	2.863	0.004
Propionate (C ₃)	16.91 ^a	17.18 ^a	15.39 ^{ab}	14.15 ^b	1.617	0.001
Butyrate	9.74 ^a	10.55 ^a	9.09 ^a	7.97 ^c	0.972	0.007
C ₂ /C ₃	4.24 ^{bc}	4.09 ^a	4.63 ^c	5.43 ^b	0.180	0.001
----- 6h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	62.28	64.58	58.80	56.61	3.135	0.855
Individual VFA (mmole/100mmoles)						
Acetate (C ₂)	71.41 ^b	71.89 ^b	72.09 ^b	75.48 ^a	2.762	0.019
Propionate (C ₃)	16.63 ^a	16.86 ^b	15.90 ^a	15.01 ^a	1.560	0.042
Butyrate	9.50 ^{ab}	10.83 ^a	8.75 ^{ab}	7.44 ^b	0.792	0.027
C ₂ /C ₃	4.29 ^b	4.26 ^b	4.53 ^b	5.02 ^a	0.420	0.050
----- 9h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	54.25	58.61	61.13	56.42	5.355	0.327
Individual VFA (mmole/100mmoles)						
Acetate (C ₂)	73.16	72.34	73.62	74.35	3.352	0.208
Propionate (C ₃)	16.09	15.47	17.27	17.54	2.576	0.055
Butyrate	9.69	11.03	8.00	7.95	2.744	0.082
C ₂ /C ₃	4.55	4.68	4.27	4.23	0.936	0.056

¹⁾, ²⁾ and ³⁾ Referred to Table 2.

* Means in the same row with different superscripts differ.

Table 5. Effective degradability(ED, %) of the feed component in the rumen as influenced by silages

Degradability	Silages ¹⁾				SEM ²⁾	Pr>F ³⁾
	RS	BS	IRGS	SGS		
EDDM	59.64 ^a	56.12 ^b	55.64 ^b	54.02 ^c	4.910	0.048
EDCP	85.75 ^a	83.34 ^b	81.12 ^b	70.71 ^c	6.402	0.014
EDNDF	34.24	32.57	30.71	29.71	5.910	0.137
EDOM	61.94 ^a	58.64 ^b	57.25 ^{bc}	54.97 ^c	6.739	0.039

¹⁾, ²⁾ and ³⁾ Referred to Table 2.

* Means in the same row with different superscripts differ.

Table 6. Whole tract digestibility of the nutrients of silages and their TDN values

Items ²⁾	Silages (%) ¹⁾				SEM ³⁾	Pr>F ⁴⁾
	RS	BS	IRGS	SGS		
DM	69.3 ^a	67.4 ^a	65.3 ^a	59.2 ^b	2.545	0.032
CP	65.9	55.6	54.9	56.7	5.732	0.062
EE	46.6	36.1	51.6	46.2	4.389	0.077
NDF	58.1 ^a	56.7 ^a	55.2 ^{ab}	52.2 ^b	1.422	0.034
NFE	95.7	80.3	98.0	99.8	7.248	0.083
OM	71.1 ^a	68.9 ^a	67.1 ^a	61.7 ^b	1.332	0.041
TDN	61.1 ^a	57.1 ^b	57.9 ^b	50.7 ^c	1.105	0.001

^{1), 3)} and ⁴⁾ Referred to Table 2

²⁾ CP, crude protein; EE, ether extract; NDF, neutral detergent fiber; NFE, nitrogen free extract; OM, organic matter; TDN, total digestible nutrients.

* Means in the same row with different superscripts differ.

IV. 고 찰

본 시험은 전북 고창지역에서 생산, 조제된 4종류 사료작물 사일리지의 소 체내 이용성 및 TDN 값을 평가하기 위해 실시되었다. 소에 대한 각 사일리지의 1일 급여량(5 kg, 건물 기준)은 본 대사시험이 종료될 때까지 거의 잔량이 없었다. 사료작물의 사료적 가치가 수확시기(윤 및 Kazuo, 2000; 김 등, 2003) 및 품종(박 등, 2008)에 따라 다르다는 연구 결과가 보고된 바 있다. 송 등(2009)이 조사한 결과에 의하면 청보리 사일리지(유연)와 호밀 사일리지(곡우)의 조단백질 함량이 생육 시기에 따라 각각 9.23~13.23% 및 9.50~12.46%로 출하시기가 늦어짐에 따라 조단백질 함량이 줄어든 반면 NDF 함량은 각각 46.44~59.42% 및 55.12~56.4%로 출하시기가 늦어짐에 따라 증가되었다. 또한 이 등(2009)은 생산지역에 따라 청보리 사일리지의 조단백질 함량(7.7~10.5%)과 NDF 함량(44.9~50.5%)이 달라졌고, 수확시기에 따라 조단백질(7.6~9.6%) 및 NDF(46.1~54.2%) 함량 역시 달랐다고 보고하였다. 본 시험에서 이용된 청보리 사일리지와 호밀 사일리지의 조단백질 및 NDF 함량이 각각 8.61%와 10.78%, 그리고 53.74% 및 57.51%로서 송 등(2009) 및 이 등(2009)이 보고한 함량의 범위

에 있는 것으로 보인다.

본 시험에서 조사된 반추위액의 pH(Table 2)는 배합사료(Shinekhuu 등, 2009a) 위주로 급여한 경우에 비해 비교적 높은 수준이었지만 각 사료작물 사일리지의 사료 성분(Table 1)에 의한 영향을 크게 받지 않았으며, 사일리지 섭취 후의 시간 경과에 따른 차이도 비교적 작은 것으로 여겨진다. 그러나 반추위액의 암모니아 농도는 일부 반추위액 채취시간(3시간)에서 사료작물 사일리지 간 차이가 있었으며(Table 3), 조단백질 함량이 높은 호밀 사일리지 및 이탈리안 라이그라스 사일리지를 섭취한 소의 반추위액에서 다소 높은 경향을 보임으로서 시험사료에 의한 영향을 받은 것으로 여겨진다. Shinekhuu 등(2009b)이 여러 종류의 사료작물 사일리지를 대상으로 *in vitro* 발효시험을 실시한 바, 본 시험에서의 결과와 비슷한 경향을 보였다.

일반적으로 반추위액의 휘발성지방산 농도 및 조성은 사료의 급여 형태 및 급여량에 의한 영향을 받는 것으로 알려진다. 본 시험에서는 총 휘발성지방산 농도가 사료작물에 의한 영향을 받지 않은 것으로 나타났지만(Table 4) 수단그라스 사일리지를 급여했을 때 반추위액의 acetate 조성 비율이 가장 높았는데, 이는 사용된 사료작물 사일리지 중 NDF 함량이 가장 높

은 (Table 1) 것과 관련이 있는 것으로 여겨진다. 반추위액의 propionate 및 butyrate 조성 비율은 호밀 사일리지 및 청보리 사일리지 급여 구에서 높은 경향을 보였는데, 본 시험에서 이러한 결과를 뒷받침 할 수 있는 것으로는 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스 사일리지에 비하여 이들 사일리지 내에 가용성 탄수화물인 NFE 함량이 상대적으로 높았기 (Table 1) 때문인 것으로 보인다. 그러나 butyrate 조성 비율과 사일리지 내 NFE 함량과의 관계는 차후 시험을 통해 확인되어야 할 것으로 사료된다.

사료작물 사일리지의 특성 상 사일리지 조제 시 다량의 조단백질이 암모니아로 전변되기 때문에 (Shinekhuu 등, 2009b) 사일리지간 반추위 내 조단백질 분해율을 비교하는 것은 큰 의미가 없다고 할 수 있다. 그러나 반추위 내 사일리지의 유효분해율 (ED)이 사일리지의 NDF 함량과 관련이 있는 것으로 보인다 (Table 5). 이는 NDF 함량이 가장 높은 수단그라스 사일리지에서 건물, 조단백질 및 유기물 (OM, organic matter)의 유효분해율 값이 가장 낮았으며, NDF의 유효분해율 역시 낮은 경향을 보였기 때문이다. 사일리지 성분의 전장소화율 (Table 6)은 반추위 내 사일리지 성분의 유효분해율 값에서와 비슷한 경향을 보였는데, NDF 함량이 가장 높은 수단그라스 사일리지의 건물, NDF 및 유기물의 전장 소화율이 다른 사일리지에 비하여 나타났다. 송 등 (2009)이 ADF 값을 이용하여 산출한 결과 청보리 사일리지 및 호밀 사일리지의 건물소화율이 각각 60.8% 및 55% 정도였다. 또한 Shinekhuu 등 (2009b)이 *in vitro* 방법으로 호밀 및 보리 사일리지 내 주요 성분 분해율을 조사한 바, 건물과 조단백질 분해율은 보리에서 높았지만 NDF 분해율은 호밀에서 높았다고 보고하였다. 김 등 (2007)이 이탈리아 라이그라스의 *in vitro* 소화율을 조사한 바, 54.4~63.3%의 범위에서 파종 방법에 따라 다르게 나타났다고 하였다. 이밖에도 정 등 (2009)이 흑염소를 대상으로 청보리, 호밀 및

이탈리안 라이그라스 사일리지를 각각 40, 36 및 40% 첨가하여 조제된 사일리지 TMR의 전장소화율을 평가한 결과와 큰 차이는 없었지만 보리 사일리지의 건물과 NDF 소화율이 상대적으로 높았다고 보고하였는데, 본 시험에서도 이와 비슷한 경향을 보였다 (Table 6).

각 사료작물 사일리지의 TDN 값은 당초 사료의 가소화 조단백질과 가소화 조지방 그리고 가소화 탄수화물을 이용하여 계산하는데, 본 시험에서는 조섬유 및 NFE 대신 NDF 및 NFE 성분 함량과 소화율을 측정하여 가소화 탄수화물로 이용하였다. 이 때 NDF를 이용해도 될 수 있다는 근거는 반추동물에서 NDF가 사실상 섬유소의 기능을 하고 있을 뿐만 아니라 조섬유와 NDF간 탄수화물 함량 차이가 또 다른 형태의 탄수화물인 NFE에 그대로 반영되기 때문이었으며, 따라서 가소화 탄수화물에 각각의 NDF와 NFE 값에 대한 소화율을 측정하고, 이들 값을 이용하여 TDN을 산정하는데 문제가 없는 것으로 여겨지기 때문이었다. 그 결과, 호밀사일리지의 TDN이 가장 높았으며, 그 다음으로 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 청보리 사일리지 순으로 낮아졌으며, 수단그라스 사일리지의 TDN 값이 가장 낮았다. 윤 등 (2009)이 4종류의 보리 품종의 ADF 함량을 이용하여 TDN 값을 산출한 결과 62~65%였으며, TDN 값이 수확 시기에 따라 달랐다고 하였다. 또한 송 등 (2009)의 보고에 의하면 ADF 함량을 이용하여 계산된 청보리 및 호밀 사일리지의 TDN 함량은 생육시기에 따라 각각 60.41~67.78% 및 52.59~58.83%의 값을 보였다고 하였다. 뿐만 아니라, 이 등 (2009)에 의하면 청보리 사일리지의 TDN 함량이 수확시기에 따라 62.7~66.2%를 보였다고 하였다. 이밖에도 수수×수단그라스 교잡종 (Sordan 79)의 TDN 함량이 수확연도에 따라 50~53%였으며 (최 등, 2009), 이탈리아 라이그라스의 TDN 함량이 63.1~68.2%이었다고 보고된 바 있다 (황 등, 2008). 본 시험을 통하여 조사된 수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 TDN 함량은 최 등 (2009)이

보고한 값과 비슷하였지만 청보리 사일리지의 경우 송 등(2009) 및 이 등(2009)이 보고한 값에 비하여 다소 낮았다(Table 6). 이탈리아 라이그라스 사일리지의 TDN 값 역시 황 등(2008)에 의해 산출된 값보다 다소 낮은 경향을 보였다. 그러나 국내에서 생산된 사료작물이나 사일리지의 TDN 함량은 ADF 함량을 이용하여 산출된 값인데 반하여 본 시험에서 조사된 TDN 함량은 실제 소를 대상으로 사일리지 성분의 전장소화율을 이용하여 계산된 값이다. 사료작물의 주요 성분 함량이 수확시기나 품종은 물론 조사 방법 등에 의한 영향을 받을 수 있기 때문에 각종 요인이 고려된 다수의 시험을 통하여 보다 정확한 TDN 함량을 조사할 필요가 있는 것으로 사료된다.

V. 사 사

이 논문은 2008년도 농림수산식품기술기획평가원(전 농림기술센터)의 기획과제(청보리와 호밀 TMR을 이용한 한우 및 낙농 사양 프로그램 개발) 사업의 연구비 지원에 의해 연구되었다.

VI. 요 약

본 시험은 국내에서 생산되어 곤포형태로 포장된 청보리 사일리지, 호밀 사일리지, 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스(수수 × 수단그라스 교잡종) 사일리지의 반추위 내 발효특성과 분해율 및 전장소화율과 TDN을 평가하기 위해 반추위 누관이 장착된 소 4두를 대상으로 실시되었다. 사일리지가 반추위액의 pH에 거의 영향하지는 않았으나 사일리지 급여 후 3시간에서 다른 종류의 사일리지를 섭취한 경우와 비교할 때 수단그라스 사일리지를 섭취한 소의 반추위액의 암모니아 농도가 7.28 mg/100 ml로 가장 낮았다($p < 0.049$). Acetate 조성 비율은 다른 종류의 사일리지에 비해 수단그라스 사일리지 급여 1시간($p < 0.018$), 3시간

($p < 0.004$) 및 6시간($p < 0.019$) 후에 채취한 반추위액에서 높은 수준을 보였으며, propionate 조성 비율은 사일리지 급여 후 6시간까지 호밀 사일리지와 청보리 사일리지를 섭취한 소에서 높은($p < 0.001 \sim p < 0.042$) 반면 수단그라스 사일리지를 섭취한 소에서 가장 낮았다. Butyrate 조성 비율은 사일리지 급여 후 대부분의 반추위액 채취 시간(1~6시간)에 걸쳐 청보리 사일리지를 섭취한 소에서 가장 낮은($p < 0.007 \sim p < 0.027$) 것으로 나타났다. 반추위 내 건물의 유효분해율은 호밀 사일리지에서 59.64%로 가장 높았으며, 그 다음으로 청보리 사일리지(56.12%) 및 이탈리아 라이그라스 사일리지(55.64%)에서 높았고 수단그라스 사일리지의 유효분해율이 54.02%로 가장 낮았다($p < 0.048$). 이러한 경향은 조단백질($p < 0.014$) 및 유기물($p < 0.039$)의 유효분해율에서도 비슷한 것으로 조사되었다. 수단그라스 사일리지 내 건물($p < 0.032$), NDF($p < 0.034$) 및 유기물($p < 0.041$)의 전장소화율은 다른 종류의 사일리지에 비하여 현저히 낮았으나 다른 세 종류의 사일리지 간에는 차이가 없었다. 전장소화율을 이용하여 산출된 TDN 값은 호밀 사일리지가 61.1%로 가장 높았으며($p < 0.001$), 청보리 사일리지, 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 수단그라스 사일리지의 TDN 값은 각각 57.1, 57.9 및 50.7%인 것으로 조사되었다. 이상의 결과로 미루어 보아 국내에서 생산, 이용되고 있는 사료작물 사일리지의 성분이 VFA 조성 비율 및 소화율에 영향하는 것으로 보이며, 특히 사일리지의 NDF 함량이 소화율에 기초를 둔 TDN 값에 크게 영향하는 것으로 여겨진다.

VII. 인 용 문 헌

1. 김맹중, 최기준, 육완방, 임영철, 윤세형, 김종근, 박형수, 서성. 2007. 논에서 이탈리아 라이그라스의 파종 방법이 월동, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지 27:269-274.
2. 김유용, 하종규, 한인규. 2009. 동물영양학. pp. 376-377. 서울대학교 출판부.

3. 김원호, 서 성, 윤세형, 김기용, 조영무, 박태일, 고종민, 박근제. 2003. 사일리지용 우량 보리품종 선발: 2. 사료가치 및 TDN 수량. 한초지 23:283-288.
 4. 김병완, 김근식, 성경일. 2004. 유산균 및 개미산 첨가가 수확시기별 벼 사일리지의 발효 품질 및 사료성분에 미치는 영향. 한초지 24:61-70.
 5. 박형수, 황경준, 박남건, 최기준, 이종경, 천동원, 고문석. 2008. 제주지역에서 동계사료 작물의 사초생산성 및 사료가치 비교. 초지조사료지. 28: 215-220.
 6. 송태화, 한옥규, 윤성근, 박태일, 서재환, 김경훈, 박기훈. 2009. 사료맥류의 생육단계별 수량 및 품질 변화. 초지조사료지 29:129-136.
 7. 윤성근, 박태일, 서재환, 김경훈, 송태화, 박기훈, 한옥규. 2009. 청보리 품종의 적정 수확시기 및 사료가치 평가. 초지조사료지 29:121-128.
 8. 윤승길, Kazuo, A. 2000. Triticale의 사료성분과 *in vitro* 건물소화율에 미치는 생육시기의 영향. 한초지. 20:227-232.
 9. 이형석, 이인덕. 2006. 대전지역 추파 사료작물의 건물수량 및 사료가치 비교 연구. 한초지. 26: 249-256.
 10. 이현준, 김현섭, 기광석, 정하연, 백광수, 김준식, 조광근, 조제순, 이흥구, 우정희, 최윤재. 2003. 청예사료작물과 볏짚 위주의 완전배합발효사료 급여가 Holstein 착유우의 생산성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 45:69-78.
 11. 이성철. 2000. 볏짚의 화학적 처리와 사일리지 제조가 화학성분 변화 및 한우 반추위 분해율에 미치는 영향. 한초지. 20:177-184.
 12. 이종경, 김종덕, 이현진, 전경협, 김종근, 서 성, 정민용, 최진혁, 조남철, 박형수, 김원호, 임영철. 2009. 2008년도 사일리지 품질경연대회 출품한 청보리의 품질 평가. 초지조사료지 29:345-354.
 13. 조원모, 조영무, 홍성구, 정의수, 이종문, 윤상기. 2000. 보리 총체담근먹이 급여가 거세한우의 발육, 사료이용성 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:181-188.
 14. 정기용, 조익환, 황보순, 이성훈. 2009. 동계사료 작물 사일리지를 첨가한 TMR 급여가 흑염소의 사료섭취량, 영양소 소화율 및 혈액 성상에 미치는 영향. 초지조사료지 29:389-398.
 15. 최기춘, 나상필, 조남철, 정민용, 김종근, 박형수, 윤 창, 임영철, 육완방. 2009. 김제지역에서 비료 원으로써 녹비작물과 액상우분이 수수 × 수단그라스 교잡종의 생산성, 사료가치 및 토양성질에 미치는 영향. 초지조사료지 29:337-344.
 16. 황경준, 고서봉, 박형수, 박남건, 고문석, 정하연, 김문철, 송상택, 김대운. 2008. 이탈리아 라이그라스, 귀리의 혼파 비율, 예취 횟수가 사초 생산성 및 사료가치에 미치는 영향. 초지조사료지 28:295-300.
 17. AOAC. 1991. Official Methods of Analysis(15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
 18. Charlot, G. 1964. Calorimetric determination of elements. Principles and Methods. Elsevier publishing Company.
 19. Fawcett, J.K. and Scott, J.E. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. J. Clin. Pathol. 13:156-163.
 20. Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11: 1-42.
 21. Ørskov, E.R. and McDonald, I. 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.
 22. SAS. 2002. SAS Procedures Guide release 9.0 SAS institute Inc., Cary, NC. U.S.
 23. Shinekhuu, J., 지병주, Guang, L. J., 최성호, 송만강. 2009a. 발효 팽이버섯폐배지의 볏짚 대체 급여가 사료의 면양 체내 이용성 및 거세한우의 성장에 미치는 효과. 한국동물자원과학회지 51: 241-248.
 24. Shinekhuu, 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.
 25. Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- (접수일: 2010년 4월 6일, 수정일 1차: 2010년 4월 14일, 수정일 2차: 2010년 4월 19일, 게재확정일: 2010년 5월 7일)