수확시기별 총채벼 사일리지 급여가 거세한우 반추위 발효성상 및 혈액생리대사에 미치는 영향

최창원¹ · 오영균²

Effects of Feeding Whole Crop Rice Silage Harvested at Different Mature Stages on Rumen Fermentation and Blood Metabolites in Hanwoo Steers

Chang Weon Choi¹ and Young Kyoon Oh²

ABSTRACT

Four ruminally cannulated Hanwoo steers (BW 600 ± 48.4 kg) fed whole crop rice silage (WRS) as forage were used to investigate the effects of its dietary on rumen fermentation and blood metabolites at different harvesting time such as milk, dough, yellow ripe and mature stages of WRS, respectively. Mean ruminal pH sampled at 0, 1, 2, 4, 6 and 8 h after the morning feeding was not significantly ($p>0.05$) different between the WRS by the harvesting time. In diurnal pattern in ruminal pH, the lowest pH for the mature stage treatment (Mature) appeared at 6 h after the feeding while it appeared at 2-4 h for the other treatments. This may indicate that retention time in the rumen of Hanwoo fed WRS harvested at the Mature increased. Although feeding WRS harvested at different stages did not significantly ($p>0.05$) affect ruminal ammonia N concentration, the ammonia N for WRS harvested at the milk stage (Milk) tended ($p=0.11$) to decrease compared with that for the yellow stage treatment (Yellow). In the blood metabolites analysis, BUN concentration for Yellow numerically decreased compared with that for Milk. This, taking lower concentration of ruminal ammonia N for Milk than the other treatments into account, clearly indicates that the BUN concentrations may not increase in proportion to ruminal ammonia N concentration according to ammonia N concentration entering into the lower gastric tracts. Lower ($p=0.03$) concentration of blood albumin for the dough stage treatment than that for Mature may indicate high protein synthesis in Hanwoo fed WRS at the dough stage, but further studies in terms of mechanism of nutrients distribution should be required. Present results indicate that different harvesting time did not affect rumen fermentation and blood metabolites in Hanwoo. Thus, based on the results of the present and the previous studies, utilizing WRS harvested at yellow stage could be recommendable for Hanwoo steers.

(**Key words** : Rumen fermentation, Whole crop rice silage, Hanwoo, Blood metabolites)

I 서 론

총채벼를 가축사료로 사용하고자 하는 움직임

임은 아시아국가 중 우리나라 및 일본과 같이 쌀 생산성은 지속적으로 향상되는데 비해 소비량이 감소하는 나라에서 비교적 활발하게 진행

¹ 대구대학교 (Daegu University)

² 농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA)

Corresponding author: Chang Weon Choi, Department of Animal Resources, Daegu University, Jillyang, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Republic of Korea. Tel: +82-53-850-6721, Fax: +82-53-850-6729, E-mail: changchoi@daegu.ac.kr

되고 있다. 총체벼의 사료화를 위한 과학적인 자료를 축적하기 위해 일본의 경우는 1971년부터 재고 쌀 처분차원에서 총체벼의 사료가치 평가연구를 수행하고 다수의 총체벼 전용 품종을 개발하고 있다(Masao 및 Takeshi, 1990; Sakai, 2003). 우리나라의 경우 총체벼 및 총체벼 사일리지에 대한 연구가 수확시기, 품질, *in vitro* 사료가치 평가 위주로 이루어져 왔다(이 등, 2005; 김 등, 2008; 2009). 또한 최근 *in situ* 방법을 이용, 총체벼의 한우 체내 사료가치 평가를 실시하여 황숙기에 수확한 총체벼 사일리지 가 다른 수확시기(유숙기, 호숙기 및 완숙기)에 비해 사료가치가 우수하다고 발표한 바 있다(최 등, 2010). 하지만, 반추위의 혐기발효나 미생물의 균총변화 및 분해에 의한 소화생리를 고려할 때 총체벼의 가축사료화를 위해서는 수확시기별 총체벼를 직접 한우에게 급여하고 이에 따른 반추위 발효패턴 변화 탐색 등의 영양생리학적 연구가 선행되어야 하지만 지금까지 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 총체벼 가축사료화를 위해 최적의 수확기기를 제시코자 한우에 있어서 수확시기별 총체벼 사일리지의 급여가 반추위 발효패턴 및 혈액대사물질 변화를 비교 탐색하였다.

II 재료 및 방법

1. 총체벼 사일리지 제조

본 연구에 사용된 총체벼사일리지는 최 등(2010)에서 사용된 것과 동일하며, 자세한 총체벼의 수확시기 및 총체벼 사일리지 제조 등은 최 등(2010)에 언급한 바와 같고, 유숙기(9월 16일), 호숙기(9월 22일), 황숙기(9월 29일) 및 완숙기(10월 13일)에 각각 벼를 수확하였다(최 등, 2010).

2. *In vivo* 시험 및 분석

반추위 cannula를 장착한 거세한우 4두(평균 체중 600 ± 48.4 kg)를 공시하여 사료 및 대사케이지 적응기(14일)에는 건물기준 배합사료 4.4 kg 및 볏짚 0.78 kg을 1일 2회 나누어 급여하였다. 비타민-미네랄 블록 및 물은 자유채식시켰다. 본 연구에서 반추위캐놀라 장착된 공시축의 장기 이용 등 영양대사시험축 특성상 증체 미유도 및 공시사료 전량섭취 유도를 위해 공시축 건물섭취량을 한국사양표준(2007)에서 권장하고 있는 수준보다 낮게 설정하였고, 전 두수 동량을 급여하였다.

본 시험이 시작되면 수확시기별 총체벼 사일리지 즉 유숙기, 호숙기, 황숙기 및 완숙기 사일리지로 볏짚 급여량을 전량 대체하여 급여하되(4×4 Latin square) 사료의 전량 섭취를 유도하기 위해 총체벼 사일리지 전량 섭취 확인 후 배합사료를 급여하였다. 각 period는 14일로 진행하되 14일 째 반추위 cannula를 통해 09:00 (0h), 10:00 (1h), 11:00 (2h), 13:00 (4h), 15:00 (6h) 및 17:00 (8h)에 반추위액을 채취하여 8겹의 cheesecloth으로 filtering한 후 즉시 pH를 측정하였고, 동시에 암모니아와 휘발성지방산(volatile fatty acids; VFA) 측정을 위해 채취하였다. 암모니아는 Chaney와 Markbach(1962)의 방법에 따라 반추위액 10 ml당 HgCl_2 포화용액 1 ml를 넣고 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상층액을 1.5 ml microtube에 담아 냉동보관(-70℃)하였다. 분석 시 시료를 해동하여 12,000 rpm에서 5분간 원심분리한 뒤 상층액 0.02 ml를 취하여 phenol color reagent와 alkali-hypochlorite reagent를 1 ml씩 첨가한 뒤 37℃에서 15분간 정치시켰다. 정치 후 증류수 8 ml를 혼합하여 spectrophotometer (UVIKON 923 Double beam UN/VIS, Milan, Italy)를 이용하여 630 nm에서 optical density값을 측정하였으며, 시료 내

의 최종 암모니아 함량은 표준물질(암모니아 표준용액(2.5, 5, 10, 20, 40 mg NH₃-N/100 ml))의 검량선과 비교하여 분석하였다. VFA 분석용 시료는 반추위액 10 ml당 HgCl₂ 포화용액 1 ml 및 25% phosphoric acid 2 ml 및 internal standard로 pivalic acid 0.4 ml를 첨가한 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 후 상층액을 1.5 ml microtube에 담아 냉동보관(-70℃)하였다. VFA 함량은 Erwin 등(1961)의 방법에 따라 gas-chromatography (varian model CP-3800, USA)로 VFA 표준용액의 검량선과 비교하여 결정하였으며, VFA 표준용액은 5% meta-phosphoric acid, 0.1% iso-butyric acid, 0.1% acetic acid, 0.1% valerate, 0.1% propionic acid, 0.1% iso-valerate 및 0.1% butyric acid를 혼합하여 제조하였다.

혈액은 각 period 13일째 14:00에 경정맥을 통해 채취하였다. Heparin 처리된 10 ml vacutainer (BD Vacutainer Systems Preanalytical Solutions, BD Vacutainer, USA)로 채혈한 후, 원심분리(3,000 rpm, 15 분)를 통해 혈장을 분리하여 분석 전까지 -70℃에서 냉동보관 하였다.

다. 본 연구에서는 혈액 대사물질 중 사료영양소의 이용 효율을 가늠할 수 있는 중요한 지표인 glucose, blood urea nitrogen (BUN), triglyceride (TG), albumin 및 creatinine 농도를 생화학 자동분석기 (CIBA-Corning, Express Plus, USA)를 이용하여 분석하였다.

수확시기별 총체비 사일리지 및 배합사료는 시료를 채취하여 화학적 분석 전까지 -70℃로 보관하였다. 사료의 일반조성분, neutral detergent fiber (NDF) 및 acid detergent fiber (ADF)는 AOAC (1990)법에 의하여 분석하였다 (Table 1).

3. 통계 분석

본 시험에서 분석된 혈액대사물질 성적의 통계분석은 SAS 9.1 package (2002)의 MIXED procedure를 이용하여 아래와 같은 모델로 분석하였다.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + D_k + e_{ijk}$$

여기서, Y, μ , A, P, D 및 e는 각각 종속변

Table 1. Chemical composition of experimental feeds

	Concentrate	Stage of whole crop rice silage ¹⁾			
		Milk	Dough	Yellow	Mature
Dry matter (DM), %	88.1	31.5	31.3	36.9	56.6
Crude protein, % of DM	14.7	5.1	4.8	5.0	4.4
Ether extract, % of DM	3.7	2.6	2.5	2.3	2.2
Crude fiber, % of DM	5.9	35.6	30.2	29.2	31.9
Neutral detergent fiber, % of DM	26.4	51.1	50.6	47.0	50.4
Acid detergent fiber, % of DM	12.3	31.7	30.6	29.8	31.2
Crude Ash, % of DM	5.1	9.7	7.9	7.7	7.8

¹⁾ Milk = whole rice plant silage (WRS) harvested at milk stage, Dough = WRS at dough stage, Yellow = WRS at yellow ripe stage, Mature = WRS at mature stage

Steers had free access to water and a vitamin-mineral block throughout the experiment

수, 평균, animal 효과, period 효과, 사료처리효과 및 에러이다.

또한, 시간대별 채취한 반추위 소화액의 발효패턴 성적(pH, 암모니아, VFA)은 아래와 같은 모델을 적용하여, SAS 9.1 package (2002)의 MIXED procedure를 이용하여 repeated measure로 분석하였다(Choi, 2002).

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + D_k + e_{ijk} + T_l + (A \times T)_{il} + (P \times T)_{jl} + (D \times T)_{kl} + e_{ijkl}$$

여기서, A×T, P×T 및 D×T는 각각 animal과 샘플링시간, period와 샘플링시간, 사료처리와 샘플링시간 interaction이다.

III 결과 및 고찰

1. 총체벼 사일리지의 조성분

수확시기별 총체벼 사일리지의 조성분 비교 및 고찰은 최 등 (2010)에서 자세히 언급된 바와 같으며, 본 연구에서 사용된 총체벼 사일리지의 조단백질 함량(평균 4.81%)은 황숙기를 제외하고는 수확시기가 늦어질수록 감소하는 경향을 보였다. 또한, 수확시기별 총체벼 사일리지의 조지방, 조섬유, NDF 및 ADF 함량도 조단백질 함량의 변화와 유사하게 수확시기가 늦어질수록 함량이 낮아지는 것으로 나타났다.

2. 반추위 발효패턴

수확시기별 총체벼 사일리지의 급여가 거세한우 반추위 소화액 발효패턴에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 시간대별 채취한 반추위 소화액의 평균 pH는 처리구 간 통계적 유의성이 나타나지 않았다($p>0.05$). 시간대별 반추위 pH 패턴은 처리구 모두 사료섭취 전(0 h)에 높았

Table 2. Effect of different harvesting time of whole rice plant on rumen fermentation in Hanwoo steers

	Diet ¹⁾				SEM ²⁾	P value ³⁾					
	Milk	Dough	Yellow	Mature		C1	C2	C3	C4	C5	C6
pH	6.76	6.68	6.72	6.71	0.073	0.32	0.64	0.97	0.58	0.55	0.67
Ammonia-N, mg/l	134	143	151	146	10.4	0.38	0.39	0.59	0.11	0.24	0.73
Volatile fatty acid, mMol	69.2	74.4	75.3	71.8	4.13	0.21	0.81	0.37	0.15	0.51	0.50
Acetate	44.5	46.9	47.1	44.2	1.77	0.31	0.94	0.24	0.28	0.91	0.27
Propionate	10.5	11.8	12.0	12.2	1.28	0.28	0.85	0.88	0.21	0.17	0.73
Butyrate	9.7	10.5	11.1	10.7	1.03	0.26	0.38	0.62	0.07	0.15	0.69
Iso-butyrate	0.95	1.01	1.00	0.95	0.051	0.34	0.87	0.45	0.42	0.96	0.36
Valerate	1.24	1.21	1.11	1.18	0.132	0.86	0.70	0.79	0.60	0.76	0.89
Iso-valerate	2.58	2.98	2.87	2.51	0.324	0.24	0.74	0.27	0.37	0.82	0.17
Acetate / propionate	4.33	4.14	4.13	4.05	0.295	0.54	0.97	0.79	0.52	0.37	0.76

¹⁾ Milk = whole rice plant silage (WRS) harvested at milk stage, Dough = WRS at dough stage, Yellow = WRS at yellow ripe stage, Mature = WRS at mature stage

²⁾ SEM = standard error of the mean

³⁾ C1 = Milk vs Dough; C2 = Dough vs Yellow; C3 = Yellow vs Mature; C4 = Milk vs Yellow; C5 : Milk vs Mature; C6 = Dough vs Mature

Fig. 1. Effect of feeding whole crop rice silages harvested at different mature stages on diurnal patterns in ruminal pH in Hanwoo steers. Milk, Dough, Yellow and Mature express whole crop rice silage harvested at either milk, dough, yellow or mature stages, respectively.

다가 사료섭취 직후 pH가 급격히 감소하기 시작하여 사료섭취 후 2 h~4 h에 최저 pH를 보인 후(완숙기는 6 h 최저) 이후 다시 증가하는 전형적인 반추위 pH 패턴을 보였다(Fig. 1). 사료 섭취 전인 0 h 보다 사료 섭취 후 반추위의 pH가 떨어지는 것은 조사료에 비해 반추위에서의 분해속도가 빠른 농후사료의 비교적 높은 급여 비율에서 기인했을 것으로 생각된다(Lee 등, 2004). 하지만 유숙기, 호숙기 및 황숙기 총체벼 사일리지를 급여한 처리구의 최저 pH가 사료 섭취 후 2 h~4 h에 나타난 것과 비교해서 완숙기 총체벼 사일리지는 6 h까지 지속적으로 pH가 감소하는 것으로 볼 때, 완숙기 총체벼 사일리지 급여 시 반추위 내에서 발효가 오랫동안 지속되는 것으로 사료된다. 이것은 완숙기 총체벼 사일리지의 조단백질 또는 조섬유의

반추위 내 retention time이 증가에서 기인되었을 것으로 추측된다. 총체벼의 성장이 이루어지면서 중성 및 산성세제불용성 단백질이 비교적 높을 것으로 추측되는 완숙기의 특성을 생각할 때(김 등, 2008; 최 등, 2010), 본 연구의 pH 패턴은 전형적인 발효패턴인 것으로 사료된다. 한편, 반추위 소화액의 평균 pH는 유숙기, 호숙기, 황숙기 및 완숙기 총체벼 사일리지 처리구에서 각각 6.76, 6.68, 6.72 및 6.71로 나타났다. 반추위 pH 패턴에서도 모두 6.4 이상을 나타낸 점으로 미루어 볼 때, 정상적인 미생물체단백질 합성을 위한 적정 pH 범위인 6.3~7.4에서 유지되었던 것으로 사료된다(McCullough, 1973).

일일 평균 반추위 소화액 암모니아태 질소 농도는 유숙기, 호숙기, 황숙기 및 완숙기 처리

구에서 각각 134, 143, 151 및 146 mg/l로 나타났다. 수확시기별 총체비 사일리지 급여가 반추위액 암모니아태 질소 농도에 통계적으로 유의성을 나타내지 않았는데 ($p>0.05$), 이것은 전체적으로 총체비 사일리지의 비교적 낮은 단백질 함량으로 인해 암모니아태 질소 농도에 큰 영향을 주지는 않았을 것으로 추측된다. 본 연구에서의 암모니아태 질소는 평균 143.5 mg/l로, Satter와 Slyter (1974)에 따르면 반추위액 암모니아태 농도가 50 mg/l 이상을 유지하면 미생물체 단백질의 합성량을 극대화할 수 있으며 특별히 반추위 미생물의 발효를 억제하지 않는다고 하였다 (Wilson과 Kennedy, 1996). 한편, 황숙기에 비해 유숙기 처리구에서 반추위액 암모니아태 질소 농도가 감소하는 경향을 보였다 ($p=0.11$). 일반적으로 용해성 단백질 농도가 높으면 반추위액 암모니아태 질소 농도가 증가하는 것으로 알려져 있는데 (Armentano 등, 1993), 최 등 (2010)의 연구에 의하면 반추위에서 빠르게 분해되는 단백질 (*a-fraction*)은 유숙기 총체비 사일리지의 증가로 본 연구와 상반된 결과가 나타났다. 하지만, 유숙기 처리구에서 반추위액 암모니아태 질소 농도가 낮게 측정된 것은 용해성 단백질의 농도보다는 유숙기 처리구에서 반추위 내 프로토조아의 증가가 원인일 것으로 추정하고 있다. 왜냐하면, 반추위액 VFA 농도 중, 비록 유숙기 처리구의 초산 절대량은 낮았지만, 초산/프로피온산 비율은 유숙기 및 황숙기가 각각 4.33 및 4.13으로 수치적으로 유숙기의 초산 비율이 높고 프로피온산 비율은 낮은 전형적인 프로토조아 증가되는 반추위내 발효 패턴을 보이고 있기 때문이다 (McAllister 등, 1990). 또한, 일반적으로 반추위액 암모니아태 질소 농도 수치는 사료내 단백질 함량이나 용해도 뿐만 아니라 반추위 프로토조아 증가 및 사료의 물리·화학적 특성에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Henning 등, 1993). 한편,

수확시기별 총체비 사일리지 급여가 반추위내 총 VFA 농도 및 individual VFA 농도 모두 유의적인 영향을 미치지 않았다 ($p>0.05$). 급여 후 시간대별 반추위액 암모니아태 질소함량 및 VFA 패턴은 사료처리 × 샘플링시간에 대한 통계적 유의성이 나타나지 않으므로 생략하였다.

3. 혈액 대사물질

동물의 혈액 대사물질의 농도는 혈류 내로 유입된 대사물질의 농도를 통해 동물의 영양소 이용과 대사를 직접적으로 측정할 수 있어 반추동물의 영양생리 연구에 있어 반추위 발효성과 더불어 중요한 지표로 알려져 있다 (권 등, 2005; Raghuvansi 등, 2006). 황숙기 총체비 사일리지를 급여한 한우의 혈중 glucose 농도는 완숙기 ($p=0.06$) 처리구에 비해 증가되는 경향을 나타내었다 (Table 3). 사료에서 분해된 탄수화물은 혐기상태에서 VFA를 생성하기 때문에 일반적으로 혈중 glucose 농도가 높다는 것은 반추위에서의 프로피온산의 흡수가 증가하여 gluconeogenesis를 통해 많은 양의 glucose가 생성되었거나 소장에서 glucose 흡수율의 상승을 기대할 수 있다 (Campbell과 Farrell, 2003). 하지만, 본 연구의 반추위액 프로피온산 농도를 보면 황숙기와 완숙기 처리구에서 차이가 나타나지 않아 (12.0 vs 12.2 mM; Table 2), 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

수확시기별 총체비 사일리지 급여는 한우의 BUN 및 TG 농도에 유의적으로 영향을 미치지 않았다 ($p>0.05$). 일반적으로 BUN은 반추동물에 있어서 질소의 축적현상을 가늠할 수 있는 중요한 지표인데, BUN 농도의 증감은 단백질 합성이 일어나는 조직에서 질소의 축적현상을 반영하는 것으로 (Enright 등, 1990), 반추위 벽으로 흡수되는 암모니아가 증가하면 간에서 요소합성량을 증가시켜 궁극적으로 BUN수치를

Table 3. Effect of different harvesting time of whole rice plant on blood metabolites in Hanwoo steers

	Diet ¹⁾				SEM ²⁾	P value ³⁾					
	Milk	Dough	Yellow	Mature		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	 mg/dl										
Glucose	68.0	69.3	70.5	68.5	1.34	0.28	0.28	0.06	0.11	0.65	0.50
Blood urea nitrogen	9.2	8.2	8.9	8.8	0.99	0.13	0.25	0.89	0.62	0.54	0.30
Triglycerides	23.8	23.3	26.3	21.8	3.23	0.90	0.45	0.27	0.52	0.61	0.70
Albumin	3.5	3.4	3.5	3.6	0.06	0.42	0.21	0.21	0.59	0.09	0.03
Creatinine	1.3	1.3	1.4	1.3	0.06	0.99	0.11	0.39	0.11	0.39	0.39

¹⁾ Milk = whole rice plant silage (WRS) harvested at milk stage, Dough = WRS at dough stage, Yellow = WRS at yellow ripe stage, Mature = WRS at mature stage

²⁾ SEM = standard error of the mean

³⁾ C1 = Milk vs Dough; C2 = Dough vs Yellow; C3 = Yellow vs Mature; C4 = Milk vs Yellow; C5 : Milk vs Mature; C6 = Dough vs Mature.

높인다(Ahn, 2007). 본 연구에서는 이미 고찰한 바와 같이 반추위 내 암모니아 농도가 유숙기 처리구에 비해 호숙기 및 황숙기에서 수치적이거나 높은 경향을 보였는데 (134 vs 143 or 151mg/l; Table 2), BUN에서는 상반된 결과를 보이고 있다 (9.2 vs 8.2 or 8.9mg/dl). 이것은 기존 반추위 영양대사 분야에서 *in situ*법의 전제조건인 '용해성 질소는 반추위 벽에서 모두 분해 및 흡수되어 제4위 이하 하부소화기관으로 유입되는 것은 비용해성 질소'라는 것의 오류(Uden, 2000; Choi, 2002)를 증명하는 결과로 생각된다. 즉, 비록 반추위 내 암모니아 농도가 높더라도 생성된 암모니아 일부가 하부소화기관으로 유입되면 반추위 벽으로 흡수되는 암모니아량은 생성량과 다르며 이에 따라 BUN 농도도 반추위 암모니아 농도와 비례되지 않음을 추측할 수 있다. Choi (2002)는 반추위 내 암모니아, 아미노산, 펩타이드 및 용해성 단백질이 하부소화기관으로 유입될 수 있음을 지적하였고, 실제 제3위 소화액 채취기법을 통해 그 유입을 증명하였다. 따라서, 본 연구에서의 BUN

농도는 반추위내 생성된 암모니아가 하부소화기관으로 유입되어 반추위벽 흡수량이 다름을 실질적으로 증명하는 연구결과라고 생각된다. 보다 정확한 생체 기전 탐색을 위해서는 향후 수확시기별 총체변의 단백질 등 영양소의 장관별 이동 및 흡수에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구에서의 혈중 TG 농도는 평균 23.8 mg/dl로 일반적인 농후사료 위주의 사료가 급여된 한우 거세우 (10~30개월령 기준) 혈중 TG (5.2-27.9 mg/dl; 권 등, 2005) 수준으로 판단된다.

혈중 albumin은 호숙기 vs 완숙기 간 유의성 ($p=0.03$)을 제외하고는 수확시기별 총체변 사일리지 급여에 따른 유의적 변화가 나타나지 않았다 ($p>0.05$). 완숙기 처리구에 비해서 호숙기의 혈중 albumin 감소를 보인 것은 호숙기 총체변 사일리지 급여한 한우의 체내 단백질 합성이 비교적 왕성하게 일어난 현상으로 볼 수도 있으나 (Gentry 등, 1999), 호숙기 총체변 사일리지 급여로 인한 한우의 체단백질 추가 합성의 생체 기전의 불명확하고 처리구 간 그 수

치 차이도 비교적 낮아 실제 체내 단백질 합성의 증가가 이루어졌다고 보기엔 무리가 있다고 생각되며 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이러한 견해는 creatine 대사작용의 최종 생산물로 근육량 증가에 비례하여 증가하여 총 근육량의 index로 알려진 혈중 creatinine이 처리구 간 통계적 유의성이 나타나지 않음을 볼 때 더욱 명확해짐을 알 수 있다(Eisemann 등, 1989).

이상의 연구 결과를 볼 때, 총체비 수확시기에 따른 한우의 반추위 발효패턴 및 혈액대사 차이는 나타나지 않음을 알 수 있다. 따라서, 본 연구결과와 최 등 (2010)의 총체비 사일리지의 생체사료가치평가 결과를 종합해 볼 때, 생체 사료가치가 가장 우수한 황숙기 총체비 사일리지의 이용이 가장 적절하다고 판단되며, 보다 정확한 생체 영양소 이용 기전 파악을 위해서는 향후 총체비 사일리지의 용해성 및 비용해성 단백질 분획에 따른 사료가치 평가 및 생체 근육/지방 합성비율 등에 대한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

IV 요 약

본 연구는 반추위 cannula를 장착한 거세한 우 4두 (평균체중 600 ± 48.4 kg)를 공시하여 수확시기별 (유숙기, 호숙기, 황숙기 및 완숙기) 총체비 사일리지의 급여가 한우 반추위 발효패턴 및 혈액대사물질 변화에 미치는 영향에 대해서 조사하여 총체비 가축사료화를 위해 최적의 수확기를 제시코자 실시하였다.

시간대별 채취한 반추위 소화액의 평균 pH는 처리구 간 통계적 유의성이 나타나지 않았다 ($p>0.05$). 일일 반추위 pH 패턴에서 완숙기 처리구의 최저 pH가 유숙기, 호숙기 및 황숙기 처리구 (2~4 h) 보다 늦은 사료섭취 후 6 h에 나타난 것으로 볼 때, 완숙기 총체비 사일리지

급여 시 반추위 내 retention time이 증가했을 것으로 생각된다. 수확시기별 총체비 사일리지 급여에 따른 반추위액 암모니아태 질소 농도에 통계적인 유의성을 나타내지 않았지만 ($p>0.05$), 황숙기에 비해 유숙기 처리구에서 반추위액 암모니아태 질소 농도가 감소하는 경향을 보였다 ($p=0.11$). 혈액대사물질 분석에서는 유숙기 처리구에 비해 황숙기 총체비 사일리지 급여 시 BUN 농도가 수치적으로 감소되었다. 이것은 유숙기의 낮은 반추위 암모니아태 질소 농도를 고려할 때, 반추위 내 암모니아의 하부소화기관으로 유입 여부에 따라 반추위내 암모니아태 질소와 BUN 농도는 비례되지 않음을 의미한다. 완숙기 처리구에 비해서 호숙기의 낮은 혈중 albumin 농도 ($p=0.03$)는 호숙기 총체비 사일리지 섭취 시 체내 단백질 합성이 높아짐이 예상되나, 향후 생체 영양소 이용 기전에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이상의 결과를 볼 때, 총체비 수확시기에 따른 한우의 반추위 발효패턴 및 혈액대사 차이는 크게 나타나지 않음을 알 수 있다. 따라서, 본 연구결과 및 기존 사료가치평가를 종합해 볼 때, 한우 생체 사료가치가 가장 우수한 황숙기 총체비 사일리지의 이용이 가장 적절할 것으로 판단된다.

V 사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 수행결과에 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

VI 인 용 문 헌

1. 권응기, 홍성구, 성환후, 윤상기, 박병기, 조영무, 조원모, 장선식, 신기준, 백봉현. 2005. 배합사료의 자유 및 제한 급여가 거세한우의 성장단계별 증체, 사료섭취량 및 혈중 대사물질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 47(5):745-758.

2. 김종근, 정의수, 서 성, 김맹중, 이종경, 윤세형, 임영철, 조용민. 2008. 수확시기 및 품종이 총체벼 사일리지의 품질에 미치는 영향. 초지조사료지. 28(1):29-34.
3. 김종근, 정의수, 이종경, 임영철, 윤세형, 김맹중. 2009. 총체벼의 직파시기에 따른 수량 및 사료가치 비교. 초지조사료지. 29(1):25-30.
4. 이점호, 정오영, 백진수, 홍하철, 양세준, 이영태, 김종근, 성경일, 김병완. 2005. 최적 총체사료벼 품종 선별을 위한 건물수량 및 사료가치 분석. 한국동물자원과학회지. 47(3):355-362.
5. 최창원, 정의수, 홍성구, 오영균, 김종근, 이상철. 2010. *In situ* 방법을 이용한 수확시기별 총체벼 사일리지의 한우 생체 사료가치 평가. 초지조사료지. 30(2):143-150.
6. 한국사양표준. 2007. 농촌진흥청 국립축산과학원. 상록사.
7. Ahn, G.C. 2007. Studies on rumen fermentation, nutrient metabolism and digestibility by dietary supplementation of non-ionic surfactant in Hanwoo steer. Master thesis. Konkuk University.
8. A.O.A.C 1990. Official method of analysis, association of official agricultural chemist. Washington, D. C. USA.
9. Armentano, L.E., S.J. Bertics and J. Riesterer. 1993. Lack of response to degradable protein to a low protein diet fed to midlactation dairy cows. J. Dairy Sci. 76:3755-3762.
10. Campbell, M.K. and S.O. Farrell. 2003. Biochemistry. Thomson Learning, Inc. 4 ed.
11. Chaney, A.L. and E.P. Markbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin. Biochem. 8:130-137.
12. Choi, C.W. 2002. Assessment of the flow of soluble dietary non-ammonia nitrogen escaping degradation in the rumen of dairy cows fed grass silage based diets. Ph.D. Dissertation, Department of Animal Science. Publications No. 66. University of Helsinki. ISBN 952-10-0855-5(nid.). 60 p. + 4 publ.
13. Eisemann, J.H., A.C. Hammond, T.S. Rumsey and D.E. Bauman. 1989. Nitrogen and protein metabolism and metabolites in plasma and urine of beef steers treated somatotropin. J. Anim. Sci. 67:105-115.
14. Enright, W.J., J.F. Quirke, P.D. Gluckman, B.H. Breier, L.G. Kennedy, I.C. Hart, J.F. Rochecoert and P. Allen. 1990. Effects of long-time administration of pituitary-derived bovine growth hormone and estradiol on growth in steers. J. Anim. Sci. 68:2345-2356.
15. Erwin, E.S., G.T. Marco and E.M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci. 44: 1768-1771.
16. Gentry, L.R., J.M. Fernandez, T.L. Ward, T.W. White, L.L. Southern, T.D. Bidner, D.L. Thompson Jr., D.W. Horohov, A.M. Chapa and T. Sahl. 1999. Dietary protein and chromium tripicolinate in Suffolk wether lambs: Hormonal responses, and immune status. J. Anim. Sci. 77:1284-1294.
17. Henning, P.H., D.G. Steyn and H.H. Meissner. 1993. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. J. Anim. Sci. 71:2516-2528.
18. Lee, S.S., H.S. Kim, Y.H. Moon, N.J. Choi and J.K. Ha. 2004. The effects of a non-ionic surfactant on the fermentation characteristics, microbial growth, enzyme activity and digestibility in the rumen of cows. Anim. Feed Sci. Technol. 115:37-50.
19. Masao, O. and H. Takeshi. 1990. Effects of cropping season and soiling time and height on herbage and grain yield and feeding value. Japan Jour. Crop Sci. 59:419-425.
20. McAllister, T.A., L.M. Rode, D.J. Major, K.J. Cheng and J.G. Buchanan-Smith. 1990. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. Can. J. Anim. Sci. 70:571-579.
21. McCullough, M.E. 1973. Optimum feeding of dairy animals for meat and milk. The University of Georgia Press. Athens.
22. Raghuvansi, S., M. Tripathi, A. Mishra, O. Chaturvedi, R. Prasad, B. Saraswat and R.

- Jakhmola. 2006. Feed digestion, rumen fermentation and blood biochemical constituents in Malpura rams fed a complete feed-block diet with the inclusion of tree leaves. *Small Rumin. Res.* 71:21-30.
 23. Sakai, M. 2003. New rice varieties for whole crop silage use in Japan. *Breed. Sci.* 53:271-276.
 24. SAS. 2002. *Sas User's Guide. Statistics. Version 8.e.* SAS Institute. Inc. Cary, NC.
 25. Satter, L.D. and L.L. Slyter. 1974. Effects of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *Br. J. Nutr.* 32:199-208.
 26. Uden, P. 2000. Ruminal metabolism of buffer-soluble proteins, peptides and amino acids *in vitro*. In *Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals*. J.P. McNamara, J. France and D.E. Beaver. (Eds.) CABI Publishing, Oxon, UK, pp. 63-71.
 27. Wilson, J.R. and P.M. Kennedy. 1996. Plant animal constraints to voluntary feed intake associated with fiber characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *J. Agric. Res.* 47:199-225.
- (접수일: 2011년 3월 21일, 수정일 1차: 2011년 3월 27일, 수정일 2차: 2011년 4월 5일, 게재확정일: 2011년 5월 27일)