추청벼 총체 사일리지의 사료가치 및 부위별 *In situ* 분해율에 관한 연구

기광석¹ · 박수범¹ · 임동현¹ · 박성민¹ · 김상범¹ · 권응기¹ · 이세영² · 최기춘^{1*}

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²천안연암대학

Study on Nutritive Value and *In Situ* Ruminal Degradability of Whole Crop Rice Silage Prepared Using Chucheongbyeo

Kwang Seok Ki¹, Su Bum Park¹, Dong Hyun Lim¹, Seong Min Park¹, Sang Bum Kim¹, Eung Gi Kwon¹,
Se Young Lee² and Ki Chon Choi^{1*}

¹National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea,

²Cheonan Yonam College, Cheonan 330-709, Korea

ABSTRACT

We investigated the nutritive value and ruminal *in situ* dry matter degradability of whole crop rice silage prepared using Chucheongbyeo (WCRS) as a roughage source for ruminants. The crude protein (7.54%), acid detergent fiber (29.63%), neutral detergent fiber (62.98%), and total digestible nutrient (TDN) (57.88%) found higher in WCRS than those of rice straw. Manganese content in the WCRS was the highest, followed by carbon, iron, zinc, and copper, but magnesium content was the lowest. Glutamic acid content in WCRS was the highest, followed by leucine, asparagine, alanine, valine, arginine, and methionine content was the lowest. We examined ruminal *in situ* digestibility from total whole crop rice (TWCR), rice husks containing rice (RHR), whole crop rice except RHR (WER), and husked grain (HG) for 3, 6, 12, 24, and 48 hours. Ruminal *in situ* digestibility in the HG was the highest, followed by RHR, TWCR, and WER. Therefore, we suggest that ruminal *in situ* degradability was influenced by parts of whole crop rice, and the content of manganese and glutamic acid were the highest in WCRS.

(Key words : Whole crop rice silage, Nutritive value, Amino acid, Digestibility)

I. 서 론

소를 사육하는 양축가에게 조사료의 안정적인 공급은 매우 중요하다. 조사료는 반추가축의 귀중한 사료로서 매일 적정량을 급여하여야 하나, 우리나라는 조사료 생산 기반이 취약하여 양질 조사료를 충분히 생산하지 못하고 벼짚에 의존하거나 또는 외국에서 수입하여 충당하고 있는 실정이다.

최근 국외에서는 바이오 에너지의 생산·이용에 대한 영향으로 곡물가격이 급등하고 국내에서는 쌀 생산성 향상과 소비량 감소와 더불어 수입 쌀의 증가로 인하여 매년 쌀의 재고가 증가되고 있으며, WTO 농업협정으로 최소시장접근(MMA)에 의한 쌀 시장 개방 폭이 점차 확대되고 있는 추세이다.

지금까지 논은 벼를 중심으로 한 주곡생산지로 활용되었

으나 지속적인 쌀 수요 감소에 따라 논을 벼 재배 이외의 목적, 즉 조사료 생산을 위해 활용하고자 하는 노력의 연구가 진행되었다(Ji et al., 2010; Kim et al., 2011; Ji et al., 2009; Kim et al., 2007b). 그러나 쌀은 우리나라 농업의 기간작목으로 농가의 중요한 소득원이며 이를 재배하는 논은 홍수조절, 수질정화, 토양보전 등 공익적 기능이 매우 크기 때문에 조사료 재배지로서 논을 활용하기에는 많은 제약이 따르고 있는 실정이다.

현재 우리나라에는 약 1,200천 ha 정도 논이 있으며 이중 1,050천 ha 정도가 벼 재배용으로 이용되고 있는데, 이중에서 답리작으로 작물재배가 가능한 논 면적은 885천 ha (논면적의 70%)로 추산되며 향후 10년간 250천 ha의 휴경논 발생이 예상됨에 따라 논을 이용한 양질 조사료 생산이 용 기술 확립 및 정책적 지원은 중요한 이슈가 될 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 벼 재배기간에 비가 많이 오

* Corresponding author: Ki Choon Choi, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea. Tel: +82-41-580-6755, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: choiwh@korea.kr

는 지역에서는 논에 벼를 대체할 수 있는 작물이 극히 드물기 때문에 벼 대체 작물을 선발하는 것은 어려운 실정이다. 이와 같이 벼 대체 작물의 선정이 어려운 지역에서 유 휴 논의 발생을 방지하면서 양질 조사료를 생산하면 많은 양의 수입조사료 (852천 톤, 2011년 기준)를 대체하는 효과와 더불어 조사료 자급률을 향상시킬 수 있는 기회로 인식되어 벼의 조사료화에 대한 연구가 다양하게 시도되었다 (Choi et al., 2010; Kim et al., 2009; Lim et al., 2007; Kim et al., 2007a). 그러나 총체 벼는 벼짚과는 달리 영양소가 풍부한 줄기와 잎 그리고 전분을 포함 낱알과 왕겨 등으로 구성되는데 일부 농가에서는 총체 벼가 가축 위내에서 충분히 영양소원으로 이용되지 못하고 일부 낱알을 포함한 왕겨가 그대로 배설되어 조사료원으로써 사료가치에 의문을 제기하고 있는 상황이다. 특히, 총체 벼를 조사료원으로 활성화시키기 위해서는 부위별 소화율의 제시는 중요한 요인으로 생각된다.

따라서 본 연구는 총체 벼를 조사료 자원으로 활용하기 위해 추청벼 총체 사일리지를 조제하였을 때 추청벼 총체 사일리지의 사료가치 및 부위별 소화율을 조사하여 추청벼 총체 사일리지의 이용성을 검정하기 위해서 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험에 공시된 벼 품종은 중부지방에서 가장 많이 재배되는 추청벼를 이용하였으며, 파종은 2012년 4월 25일 육묘상자에 파종하고 5월 25일 30 × 15 cm 간격으로 기계이앙을 하였다. 시비량은 질소-인산-칼리를 150-50-70 kg/ha로 하여 질소질 비료는 밑거름-가지칠 비료-이삭비료-알비료를 각각 50-20-20-10% 비율로 분시 하였으며, 인산은 전량 기비로 사용하였으며 칼리는 기비-이삭거름을 70-30%로 분시 하였다.

추청벼 총체 사일리지는 황숙기에 수확하여 제조하였는데, 즉 총체 벼는 집초기를 이용하여 베일링 전에 집초 하였으며 지름 120 cm, 폭 120 cm 규격의 대형 라운드베일 (F 21; FORT & PEGORARO Co. Italy)을 이용하여 베일링 하였다. 그리고 베일링 된 총체 벼는 보관 장소로 즉시 이동하여 wrapper (FORT & PEGORARO Co. Italy)를 이용하여 4겹의 비닐을 감아 보관하였다. 총체 벼 사일리지 제조 후 약 2개월 된 사일리지에서 사일리지 시료채취기 (Uni-Forage Sampler; STAR QUALITY SAMPLER Co. Canada)로 약 500 g을 채취하여 총체 벼, 낱알을 제거한 줄기, 왕겨를 전부 제거한 낱알 (쌀), 왕겨 등으로 분류하였다. 분류 후 바로 65℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이

상 건조시킨 다음 분쇄하여 시료의 조단백질, 조지방, 조섬유는 AOAC법 (1990)에 의해 분석하였고, neutral detergent fiber (NDF) 및 acid detergent fiber (ADF) 함량은 Goering and Van soest법 (1970)으로 분석하였다. 가소화영양소 총량 (total digestible nutrients, TDN)은 $88.9 - (ADF\% \times 0.79)$ 에 의해서 산출하였다.

사일리지 부위별 분해율은 반추위에 누관 (cannulae)이 장착된 체중 620 kg Holstein 종 건우유 3두를 공시하여 이용하였다. 시료의 분해율은 약 5 g의 시료를 칭량하여 nylon bag에 넣고, 나이론 끈으로 bag의 끝에서 2.5 cm를 묶은 다음, 큰 그물망에 모아서 따뜻한 물에 약 1분정도 수침을 하였다. 그 다음 canula의 뚜껑을 열고 nylon bag이 든 그물망을 넣은 뒤 canula의 뚜껑을 닫아 실험을 수행하였다. 배양 시간대별로 canula의 뚜껑을 열고 회수한 nylon bag을 즉시 얼음물에 침지하였다. 0시간대는 nylon bag 시료를 반추의 canula에 넣지 않고 분석하였으며, 회수한 nylon bag을 맑은 물이 나올 때까지 30분 동안 세척하였다. 그 다음에 70℃ 건조기에서 48시간 건조한 후 무게를 칭량하였다. 시료의 무기물 분석은 Inductively coupled plasma (ICP) spectroscopy (ICPS 7510, Shimadzu, Kyoto, JP)를 이용하여 측정하였다. 그리고 아미노산 함량은 시료 5 g과 6 N HCl 40 mL를 둥근 플라스크에 넣고 혼합한 다음 110℃에서 24시간 동안 질소가스를 주입하여 가수분해하였다. 그리고 염산을 50℃에서 증발·농축시킨 다음 농축시료는 0.2 N sodium citrate buffer (pH 2.2) 50 mL를 넣어 희석시키고 여과지 (0.45 µm)로 여과하였다. 여과한 시료 (30 µL)는 아미노산 분석기 (Model 835, Hitachi, Japan)를 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 추청벼 총체 사일리지의 사료가치

총체 벼 사일리지의 성분 함량은 Table 1에서 보는 바와 같이 조단백질 함량은 7.54%, 조지방 2.44%, NDF 62.98% 및 ADF 29.63%로, 일반 벼짚에 비하여 유의적으로 높은 사료가치를 보였다. 특히 총체 벼 원형곤포 사일리지의 TDN 함량도 벼짚에 비해 현저하게 높은 수준을 보였는데, 이는 총체 벼에는 알곡이 포함되어 있기 때문이다.

2. 추청벼 총체 사일리지 내 무기물 함량

추청벼 총체 사일리지의 무기물 분석결과는 Table 2에서

Table 1. Chemical composition of whole crop rice silage on Chucheongbyeo

Items	CP ³⁾ (%)	ADF ⁴⁾ (%)	NDF ⁵⁾ (%)	C. fat (%)	C. fiber (%)	TDN ⁶⁾ (%)
WCB ¹⁾	7.54a	29.63b	62.98b	2.44a	24.53b	57.88a
RS ²⁾	5.07b	51.02a	75.41a	1.99b	32.04a	43.66b

¹⁾ WCB: Whole crop rice silage, ²⁾ RS: Rice straw, ³⁾ Crude protein, ⁴⁾ ADF: Acid detergent fiber, ⁵⁾ NDF: Neutral detergent fiber, ⁶⁾ TDN: Total digestible nutrient,

^{a, b}: Different letters within a column represent significant differences ($p < 0.05$).

Table 2. Contents of amino acid and inorganic matter in whole crop rice silage on Chucheongbyeo

Amino acids	Content (%)	Inorganic matter	Content (mg/g)
Cystine	0.215	Ca	0.18
Methionine	0.127	P	0.22
Asparagine	0.525	Na	0.36
Threonine	0.270	Mg	0.06
Serine	0.306	Fe	22.10
Glutamic acid	0.921	Mn	450.78
Glycine	0.360	Zn	5.32
Alanine	0.514	Cu	2.91
Valine	0.384	C	41.09
Isoleucine	0.261	N	1.21
Leucine	0.528	S	0.12
Tyrosine	0.214	Cr	0.61
Phenylalanine	0.369	F	0
Lysine	0.321	Pb	2.11
Histidine	0.209	Cd	0
Arginine	0.380	As	0.25
Proline	0.308	Hg	0.02

보는 바와 같다. 총체 벼 사일리지의 무기물 함량은 망간이 가장 높았으며 탄소, 철, 아연, 구리 등 순으로 나타났다. 그리고 망간의 함량은 마그네슘(7,513배), 황(3,757배), 칼슘(2,504배), 인(2,049배), 비소(1,803배), 나트륨(1,252배) 등 보다 높은 경향을 보였다. 또한 불소, 카드뮴, 수은 등은 검출이 되지 않았다. 이상의 결과에서 보는 바와 같이 가축에게 중요한 무기물이 다량 함유되어 있음에도 불구하고 이제까지 조사료 내 무기물 함량에 대한 조사가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다(Jeon et al., 2012; Hwang et al., 2009). 무기물은 가축대사 질환과도 밀접한 관련(Goff et al., 2007)이 있기 때문에 시비, 수확시기, 가공방법 등 다양한 측면에서 무기물 함량 변화에 대한 접근이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

3. 총체 벼 사일리지의 아미노산 함량

Table 2에서 보는 바와 같이, 추정벼 총체 사일리지의 아미노산 조성은 glutamic acid 함량이 가장 높았으며 leucine, asparagine, alanine, valine, arginine 순으로 나타났다. 그리고 glutamic acid의 함량은 methionine(7.3배), tyrosine과 cystine(4.3배), isoleucine과 threonine(3.5배) 등 보다 높은 경향을 보였다. 이는 Choi et al. (2012)이 보고한 논문에서도 백수 벼의 아미노산 함량 변화와 비슷한 수준을 보였다. 또한 Choi et al. (2012)은 glutamic acid의 함량이 가장 높고 methionine 및 cystine 함량이 가장 낮았다고 하였는데 본 연구에서도 비슷한 양상을 보였다.

4. 총체 벼 사일리지 부위별 반추위내 소화율

반추위에 누관(cannulae)이 장착된 체중 620 kg Holstein 건유우 3두를 공시하여 총체 벼 사일리지 부위별 반추위내 분해율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 총체 벼의 경우 0시간대부터 3시간대까지는 약 2% 정도의 분해를 보이다가 6시간이 경과됨에 따라 약 20% 정도 분해되었고 24시간이 지나면서 약 30% 이상의 분해율을 보였다. 그리고 낱알을 제거한 줄기의 경우는 0시간대부터 6시간대까지 약 3% 정도의 분해를 보이다가 12시간이 경과됨에 따라 약 10% 정도 분해되었고 24시간이 지나면서 약 15%이상의 분해율을 보였다. 왕겨를 포함한 낱알은 0시간대부터 3시간대까지 약 10% 정도의 분해를 보이다가 12시간이 경과됨에 따라 약 35% 정도 분해되었고 24시간이 지나면서 약 77% 이상의 분해율을 보였다. 또한 쌀의 경우는 0시간대부터 3시간대까지 약 30% 정도의 분해를 보이다가 12시간이 경과됨에 따라 약 50% 정도 분해되었고 24시간이 지나면서 약 98% 이상의 분해율을 보였다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 왕겨를 포함한 낱알의 경우 반추위 내에서 분해율이 매우 낮았는데 이는 왕겨가 반추위내에서 소화가 거의 이루어지지 않는다는 것을 의미

Table 3. Digestibility of various samples collected from whole crop rice silage on Chucheongbyeo

Incubation time (hr)	WCR ¹⁾	WER ²⁾	RHR ³⁾	HG ⁴⁾
0	22.54	22.31	14.44	12.36
3	24.32	25.36	25.89	28.98
6	42.60	27.14	38.73	51.20
12	42.62	34.21	49.85	68.62
24	54.63	39.13	77.25	97.60
48	63.34	41.23	84.18	97.78

¹⁾ WCB: whole crop rice silage, ²⁾ WER: Whole crop rice except RHR, ³⁾ RHR: Rice husks containing rice, ⁴⁾ HG: Husked grain.

한다. 따라서 총체 벼의 소화율은 왕겨에 의해 영향을 받을 수 있었으며 왕겨의 소화를 가능하도록 하는 사일리지 제조 기법의 개발이 필요할 뿐만 아니라 총체 벼 사일리지의 이용성을 증진시킬 수 있는 기술개발에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

IV. 요약

본 연구는 추청벼를 이용하여 총체 벼 사일리지를 조제하였을 때 총체 벼 사일리지의 사료가치 및 부위별 소화율을 조사하여 총체 벼의 이용성을 검정하기 위하여 수행되었다. 총체 벼 사일리지의 무기물 함량은 망간이 가장 높았으며 탄소, 철, 아연, 구리 등 순으로 나타났다. 그리고 마그네슘 함량이 가장 낮게 나타났다. 추청벼 총체 사일리지의 아미노산은 glutamic acid 함량이 가장 높았으며 leucine, asparagine, alanine, valine, arginine 순으로 나타났다. 그리고 methionine 함량이 가장 낮았다. 추청벼 총체 사일리지 부위(총체 벼, 낱알을 제거한 줄기, 왕겨를 포함한 낱알, 쌀)에 따른 시간별 반추위내 건물 소화율은 쌀이 가장 높았으며 왕겨를 포함한 낱알, 총체 벼, 낱알을 제거한 줄기 등 순으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 추청벼 총체 사일리지 소화율은 부위에 따라 약간의 차이를 보였으며 무기물 중 망간 그리고 아미노산 중 glutamic acid 가 가장 높은 함량을 보였다.

V. REFERENCES

- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Choi, C.W., Chung, E.S., Hong, S.K., Oh, Y.K., Kim, J.G. and Lee, S.C. 2010. Feed evaluation of whole crop rice silage harvested at different mature stages in hanwoo steers using *In Situ* technique. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 30:143-150.
- Choi, K.C., Ryu, J.H., Jung, M.W., Park, H.S., Kim, C.M., Lim, Y.C., Kim, D.H., Choi, K.J. and Kim, W.H. 2012. Changes of amino acid contents in white paniced rice (*Oryza sativa* L.). Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 32:93-100.
- Goff, J.P., Brummer, E.C., Henning, S.J., Doorenbos, R.K. and Horst, R.L. 2007. Effect of application of ammonium chloride and calcium chloride on alfalfa cation-anion content and yield. Journal of Dairy Science. 90:5159-64.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Hwang, K.J., Park, H.S., Park, N.G., Jeong, H.Y., Ko, M.S. Kim, M.C., Song, S.T. and Kim, D.W. 2009. Effect of cattle manure application on mineral contents of grazing pasture. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 29:37-42.
- Jeon, B.T. Moon, S.H. and Lee, S.M. 2012. A comparative studies on the growth characteristics and feed components of sorghum × sudangrass hybrids at paddy field Cultivation. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 32:29-38.
- Ji, H.C., Kim, W.H., Kim, K.Y., Lee, S.H., Yoon, S.H. and Lim, Y.C. 2009. Effect of different drained conditions on growth, forage production and quality of silage corn at paddy field. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 29:329-336.
- Ji, H.C., Lee, S.H., Yoon, S.H., Kim, W.H. and Lim, Y.C. 2010. Growth, forage production and quality of sorghum, sorghum × sudangrass and sudangrass hybrids at paddy field in middle region of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 30:9-14.
- Kim, J.G., Chung, E.S., Ham, J.S., Seo, S., Kim, M.J., Yoon, S.H. and Lim, Y.C. 2007a. Effect of growth stage and variety on the

- yield and quality of whole crop rice. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 27:1-8.
- Kim, J.G., Chung, E.S., Lee, J.K., Lim, Y.C., Yoon, S.H. and Kim, M.J. 2009. Comparison of yield and quality of direct-seeded whole crop rice. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29:25-30.
- Kim, W.H., Kim, K.Y., Jung, M.W., Ji, H.C., Lim, Y.C., Seo, S., Kim, J.D., Yoon, B.K. and Lee, H.W. 2011. Dry matter yield and forage quality at mixture of annual legumes and Italian ryegrass on paddy field. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 31:33-38.
- Kim, W.H., Seo, S., Lim, Y.C., Shin J.S., Sung, B.R., Ji, H.C., Lee, S.J. and Park, T.I. 2007b. Selection of promising barley cultivar for silage at paddy field of Honam Region. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 27:161-166.
- Lim, Y.C., Yoon, S.H., Jung, M.W., Kim, W.H., Kim, J.G., Lee, J.K., Seo, S., Park, N.G. and Yook, W.B. 2007. Effect of livestock manure application on the productivity of whole crop rice, feed value and soil fertility. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 27:287-296.

(Received July 12, 2013/Revised August 6, 2013/Accepted August 15, 2013)