

Research Article

총체벼사일리지 급여가 Holstein 착유우의 산유성적과 수익성에 미치는 영향

김지웅¹, 윤병구², 김병완¹, 성경일^{1*}

¹강원대학교 동물생명과학대학, 춘천

²강원도 평창군농업기술센터, 평창

Effects of Feeding the Whole Crop Rice Silage on the Milking Performance of Holstein and Profitability

Ji Yung Kim¹, Byung Ku Yoon², Byong Wan Kim¹ and Kyung Il Sung^{1*}

¹College of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

²Kangwon Province Pyeongchang Agriculture Technology Center, Pyeongchang 25374, Republic of Korea

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of feeding the whole crop rice silage (WCRS) which partially replaces the imported grass hay crop on the milking performance of Holstein and profitability. Two experimental diets were used according to the traditional practice of dairy farms. The control diet (C) was composed of 13kg/day of mixed hay, 6.8kg/day concentrate, and orchardgrass/bermudagrass hay (1.8kg/day). The treatment diet (T) was composed of 9.6kg/day of mixed hay, 6.8kg/day of concentrate and 2.2kg/day of WCRS. The CP content of the WCRS (4.6%) was lower than orchardgrass (11.3%) and bermudagrass hay (8.4%) due to the harvest being 30days later than the optimum harvest date of rice. The lower intake was observed in T during the entire experiment period which seems to be related to the higher proportion of fiber in rice ($p<0.05$). No significant difference was found in milk production between C (26.9kg) and T (26.3kg) during the entire experiment period ($p>0.05$). Also, no difference in milk fat, milk protein, total solids, and milk composition was observed between the two diets. Higher income per head was resulted in T (21,141won) compared to C (21,915 won). These results indicate that the partial replacement of the grass hay by the WCRS can bring the profit to the dairy farm due to the no difference between the control diet and the treatment diet.

(Key words): Milking performance, Partially replace, Profitability, Whole crop rice silage)

I. 서론

최근 쌀은 과잉생산과 소비감소로 인해서 가격이 크게 하락하고 있다. 쌀 값 안정화를 위해서 정부는 쌀 45만 톤의 시장격리와 재배면적을 5,300ha 를 감소시켰지만 효과가 미비하다. 이 때문에 쌀이 생산되기 전 벼를 이용하여 가축사료로 이용하는 벼 사료화에 대한 관심이 높아지고 있다. 벼의 사료화는 벼의 줄기, 잎 및 알곡을 모두 사용하는 총체벼에 대한 수확적기 규명(Sung et al., 2004), 수확시기에 따른 총체벼사일리지(Whole Crop Rice Silage, WCRS)의 발효품질 연구(Kim et al., 2004; Kim et al., 2006) 및 WCRS의 영양소소화율과 영양가치 평가 (Kim et al., 2006; Kim et al., 2018) 등의 다양한 연구들이 수행되었다.

한편 WCRS의 적정 수확시기 제시하기 위해 한우에게 급여한

연구결과 황숙기에 수확한 것이 가장 적합한 것으로 나타났다 (Choi et al., 2010; Choi and Oh, 2011). 한편 WCRS의 젖소 급여 연구에서 Kim et al. (2017)은 옥수수 사일리지 위주 TMR대신 WCRS를, Ogawa(2003)는 이탈리아 라이그라스 사일리지 및 옥수수 사일리지 대신 WCRS를 대체 급여할 수 있다고 보고하였다. 젖소에서 WCRS의 대체비율에 대한 연구에서 Yoshida (2005)는 젖소에서 WCRS의 1일 두당 건물섭취량(Dry matter intake, DMI)이 6~10kg으로 TMR 사료 중 WCRS의 최적 혼합비율을 26~30% (건물기준)라고 제시하였다. 황숙기의 WCRS를 TMR에 30% 혼합 (건물기준)하여도 건물섭취량과 유량이 감소하는 경향이 있으나 유의적인 차이는 없으며 유성분 차이도 없다 (GAFFSA, 2014)고 하였다. 이상의 결과들은 젖소에서 급여조사료의 일부를 WCRS로 대체 급여하여도 가축생산성의 저하 없이 사양이 가능하다는 것을

*Corresponding author: Kyung Il Sung, College of Animal Life Science, Kangwon National University, 24341, Chuncheon, Korea
Tel: +82-33-250-8635, Fax: +82-33-242-4540, E-mail: kisung@kangwon.ac.kr

시사하고 있다. 특히 건초의 대부분을 수입하는 우리나라에서 WCRS는 이용은 수입조사료 대체효과를 충분히 발휘할 수 있는 조사료 자원이라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 Holstein 착유우에 수입건초대신 총체벼 사일리지로 조사료의 일부를 대체급여하였을 때 산유성적 및 수익성에 대하여 검토하였다.

II. 재료 및 방법

실험에 이용된 WCRS는 식용인 대안벼를 10월 16일에 수확 후 집초기로 모아 원형공포(roll bale)로 만들어 2겹반의 흰색 비닐로 랩핑한 것이다. 본 실험에 이용된 WCRS는 Sung et al. (2004)이 제시한 수확적기(9월17일 전후, 황숙기)보다 30여일 늦게 수확하여 제조되었으며 약 6개월 동안 저장한 것이었다.

가축급여 실험은 기존 농가의 관행방법인 대조구(C)와 WCRS를 수입건초 대신 대체한 처리구(T)로 하였다. 실험의 수행은 C가 2005년 1월 1일부터 4월 26일 까지 였으며 T는 2005년 4월 28일부터 5월 4일까지 예비기(7일)를 두고, 5월 5일부터 2005년 5월 22일(18일)까지 본 실험기로 하여 수행하였다. 공시동물은 홀스타인 착유우 46두(평균산차 1.8산)를 이용하였으며, 착유일수(Days In Milk, DIM)에 따라 비유초기(착유 0~80일), 비유중기(착유 81~200일) 및 비유후기(착유 201 ~ 305일)로 구분하였다.

처리하는 C가 농가 관행방법으로 자가 혼합건초(13kg)를 축사내에서 급여하고 운동장에서 오차드그라스와 버뮤다그라스 건초(1.8kg)를 별도 급여한 것이다. T는 C에 비해 혼합건초 급여량을 9.6kg로 줄이고 오차드그라스 와 버뮤다그라스 건초(1.8kg)대신 WCRS (2.2kg)를 급여하였다(Table 1). 농후사료는 C 및 T 모두 비유기 산유량에 따라 2.6~9.6kg을 급여하였다. 자가 혼합사료는 톨페스큐, 알팔파, 티모시 및 클라인 건초로 구성되어 있다. C에 대한T의 조사료 대체비율은 20% 였다.

급여사료의 사료성분에서 건물(Dry matter, DM), 조단백질(Crude protein, CP), 조지방(Ether extract, EE) 및 조섬유(Crude fiber, CF)함량은 AOAC (1991)법에 의거하여 분석하였고, NDF(Neutral detergent fiber), ADF (Acid detergent fiber)의 함량은 Goering and Van soest (1970)방법으로 분석하였다. TDN함량은

Wardeh (1981)의 회귀방정식인 $TDN (\% \text{ of DM}) = 40.2625 + 0.1969 (CP\%) + 0.4228 (NFE\%) + 1.1903 (EE\%) - 0.1379 (CF\%)$ 을 이용하여 산출하였다. DMI는 C와 T의 사료 총량을 실험기간으로 나누어 평균값을 이용하였다. 산유량은 매일 오전 6시와 오후 6시 착유량을 합하여 1일 유량으로 하였으며, 유성분은 실험 종료 2일 전 연속 2일 샘플을 채취하여 분석하였다. 채취된 우유 샘플은 당일에 Water Bath내에서 30 °C로 유지하여 1시간동안 전 처리를 한 후 Milko-scan 133B를 이용하여 유지방(Milk fat), 유단백(Milk protein), MUN (Milk urea nitrogen) 및 총고형물(Total solid, TS)을 분석하였다.

사료의 단가는 MAFRA (2020)에서 제시한 수입조사료 가격의 평균값으로, T의 WCRS사료비는 Hong (2021)이 제시한 농협경제지주에서 제시한 사료용벼의 단가 137.7원으로 하였으며, 유대 수익은 2017년도 유대 (KDC, 2017)를 이용하여 두당 유대비로 계산하였다.

본 실험의 결과는 SAS package program (version 8.1 2000)에 의하여 통계 분석하였고, 유의성 검정은 Duncan's 다중검정에 의하여 5%수준에서 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

WCRS의 CP함량이 4.6%으로 JFSD (2006)의 황숙기의 WCRS 7.0%와 생벼짚 5.4%보다 낮았다. 이는 Sung et al. (2004)과 Kim et al. (2004)의 수확적기에서의 결과와 본 연구의 대체 조사료인 오차드그라스와 버뮤다그라스건초보다 낮은 것이었다. 이것은 벼의 수확시기가 Sung et al. (2004)의 보고 보다 30일정도 늦게 수확한 것에 기인하고 있다. 또한 WCRS의 NDF 함량이 45.8%로 생벼짚(JFSD, 2006)보다 낮았던 것은 상대적으로 알곡이 증가한 것에 기인한 것으로 판단된다. WCRS의 TDN 함량은 56.2%로 오차드그라스 및 버뮤다그라스 건초와 비슷한 수준 이었다.

자가 혼합사료는 CP함량이 16.0%, TDN함량이 67%였으며, 농후사료의 CP함량 20.1%, TDN함량 73.7%이었다(Table 2). 오차드그라스 및 버뮤다그라스 건초는 CP함량이 각각 11.3 및 8.4%, NDF함량이 각각 52.9 및 52.6%였다. 본 실험에서 사용된 WCRS는 pH가

Table 1. Feed composition of experimental groups

	Mixed hay	Concentrate	Orchardgrass and Bermudagrass hay	WCRS
	kg (% of DM)			
C	13.0	2.6 ~ 9.6	1.8	-
T	9.6	2.6 ~ 9.6	0.0	2.2

4.65, 유산함량이 0.15%(건물기준)로 양호한 발효품질이었다.

비유기별 DMI는 비유초기, 중기 및 후기에서 각각 C가 T보다 유의적으로 높게 나타났다(Fig. 1; $p < 0.05$). DMI를 기준으로 C에 대한 T의 조사료 대체비율은 20%였다. 본 실험에서 DMI가 T가 C보다 낮은 이유는 WCRS의 섬유질 분해가 티모시나 버뮤다그라스 건초보다 리그닌이나 규산에 단단히 덮여있어 높은 조강성(粗剛性)을 갖고 있기 때문으로 사료된다(Kenji et al., 2005). 따라서 WCRS의 소화속도가 늦어 사료섭취량의 저하가 일어난 것으로 사료된다. 또한, 두 종류 또는 그 이상의 종류의 사료를 조합하여 급여하는 경우 젖소의 식욕을 향상시켜 DMI가 증가된다(Baxter et al., 1980)고 보고하고 있어, 본 연구에서 C의 DMI가 T보다 높은 것은 급여조사료의 종류가 T보다 많은 것에 기인하고 있을 것으로 생각된다.

비유초기, 중기 및 후기에 C의 CP섭취량은 각각 3.8, 3.5 및

3.2kg이었고, T는 각각 3.1, 2.8 및 2.4kg으로 T에서 유의적으로 적게 섭취하였다(Fig. 2; $p < 0.05$). 비유초기, 중기 및 후기의 C의 TDN섭취량은 각각 14.9, 14.0 및 12.7kg이었고, T는 각각 13.3, 11.7 및 10.5kg으로 T에서 유의적으로 적게 섭취하였다(Fig. 3; $p < 0.05$). CP섭취량 역시 C에 비해 T가 낮게 섭취하였는데, 이는 C에 비해 T가 자가 혼합건초의 DMI가 3.4kg 적었으며, 본 실험에서 이용된 WCRS의 CP함량이 Sung et al. (2004)이 제시한 CP 함량보다 낮아, C의 조사료원으로 대체 시 CP섭취량이 적었기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 각 비유기별 CP 섭취량을 NRC 사양표준(1988)과 비교 시 C 및 T 모두 섭취요구량을 충족하고 있었다. 따라서 T는 물론 특히 C의 경우 CP의 섭취량이 사양표준보다 요구량 이상으로 높게 나타났다. 한편 각 비유기별 TDN 섭취량이 NRC 사양표준(1988)과 비교 시 C 및 T 모두 영양소 요구량보다 높게 나타나 사료배합비 설계 시 주의가 요구된다.

Table 2. Chemical composition of different feed sources

	DM	CP	EE	CF	NDF	ADF	NFE	TDN ¹⁾
	----- % of DM -----							
	%							
Mixed hay	66.6	16.0	4.5	22.4	41.1	27.8	50.5	67.0
Concentrate	86.9	13.1	3.8	3.9	20.7	9.0	72.4	77.5
Orchard grass hay	88.9	11.3	3.6	23.6	52.9	38.0	49.1	56.9
Bermuda grass hay	88.9	8.4	1.4	22.8	52.6	29.5	60.7	57.1
WCRS ²⁾	44.0	4.6	1.7	24.4	45.8	38.9	58.5	56.2
Control	75.3	14.5	4.1	16.2	35.1	21.9	58.3	70.4
Treatment	72.2	13.6	3.9	15.2	33.5	21.5	60.1	70.9

¹⁾ Wardeh(1981).

²⁾ Whole Crop Rice Silage, WCRS: Fermentation quality pH 4.65, lactic acid content: 0.15%.

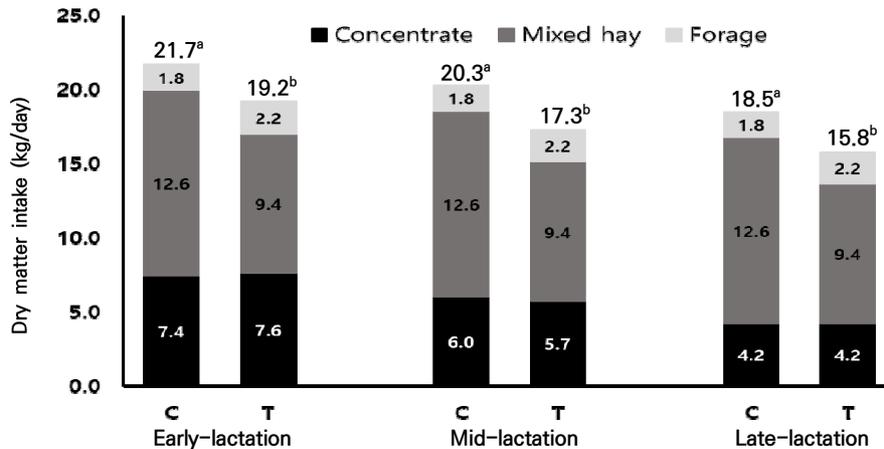


Fig. 1. Dry matter intakes of each treatment groups during experimental periods.

* C : Control; T : Replaced imported grass hay to whole crop rice silages.

Values with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

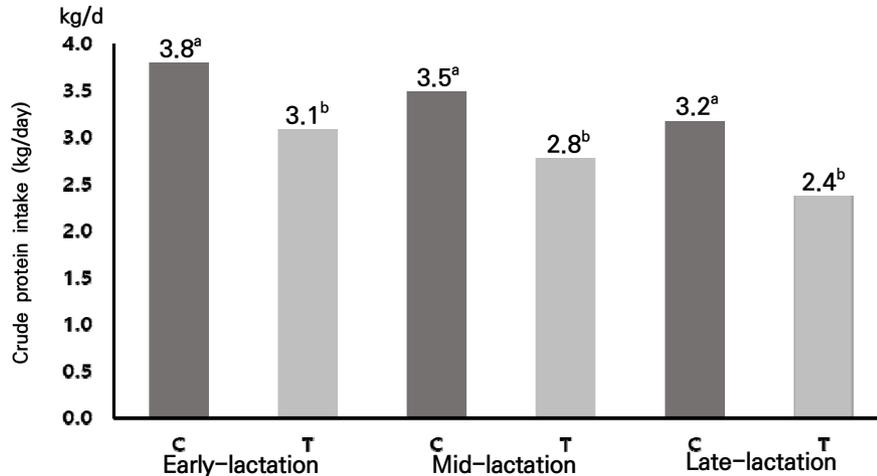


Fig. 2. Crude protein intakes of each treatment groups during experimental periods.
* C : Control; T : Replaced imported grass hay to whole crop rice silages.

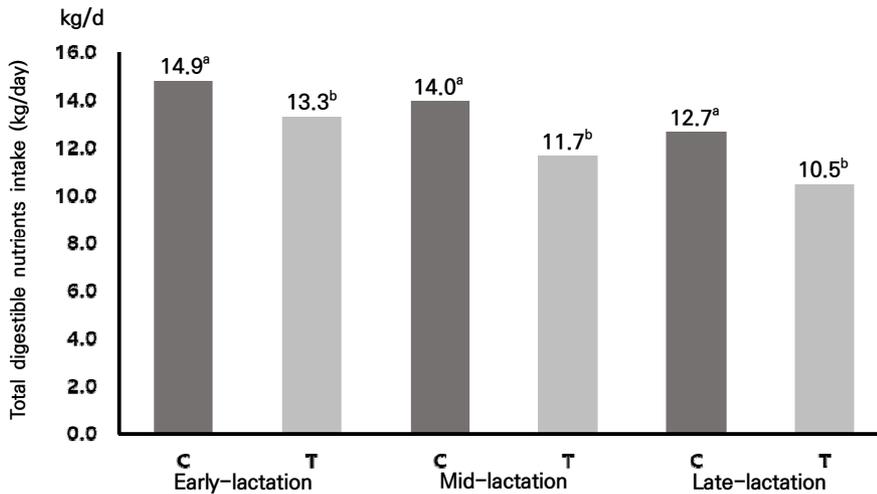


Fig. 3. Total digestible nutrients intakes of each treatments during experimental periods.
* C : Control; T : Replaced imported grass hay to whole crop rice silages.

실험기간 중 유량은 비유초기에서 C와 T가 각각 33.0 및 33.6kg으로 처리 간에 유의적 차이가 없었으며($p>0.05$; Table 3), 비유중기 및 후기에서도 C와 T가 각각 27.6 및 26.1kg과 20.1 및 19.3kg으로 T에서 낮은 경향을 보였으나 처리 간에 유의적 차이는 없었다($p>0.05$). 실험기간 동안 비유기별 유량이 처리간 유의적 차이가 없었던 것은 C와 T 모두 CP 및 TDN 요구량을 충족하고 C보다 T에서 요구량이 낮았던 것이 영향을 주었을 가능성도 있다. 이러한 것은 Yasunari et al. (2005)이 수단그라스 건조와 WCRS를 각각 20%정도 혼합 급여한 비교 시험 결과에서도 동일한 경향을 나타내고 있다. 본 연구에서도 C와 T간에 유량에 차이 없었던 것을 고려한다면 조사료의 일부를 WCRS로 급여하여도 유량저하 문제는 없는 것으로 사료된다. GAFSA(2014)는 비유초

기부터 비유중기에 거쳐 WCRS를 이용하는 경우 예취시기가 출수 후 30일(황숙기)보다 빠른 것이 바람직하며 품질이 양호한 WCRS는 건물의 30%까지 급여 가능하다고 하였다. 그러나 본 연구에서 비유초기에서 처리간 유량에 차이가 없었던 것은 대체 급여량이 20%로 GAFSA(2014)의 30%보다 낮은 것에 기인한다고 판단된다.

유지율, 유단백 및 총고형물은 각 처리간 공히 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$). 본 연구에서 유성분은 처리간 유의적 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 유지율의 유지는 제1위의 발효가 pH 6.0-6.5전후에서 안정적인 초산발효와 초산과 낙산의 생성량이 높은 것에 기인한다. 따라서 본 연구에서 WCRS는 높은 조강성의 섬유질을 함유하고 있어 안정적인 초산발효를 유지하는 능력

Table 3. Milk yields and composition during experimental period (n=46)

		Milk Yield(kg)	Milk composition (%)			
			Fat	Protein	MUN	Total Solid
Early-Lactation	C	33.0±6.1 ^a	4.0±1.1 ^a	3.0±0.3 ^a	12.8±4.2 ^a	8.7±0.3 ^a
	T	33.6±8.0 ^a	4.1±0.7 ^a	2.9±0.2 ^a	16.8±4.3 ^a	8.4±0.2 ^a
Mid- Lactation	C	27.6±5.9 ^a	3.7±0.5 ^a	3.2±0.2 ^a	15.4±2.9 ^a	8.8±0.4 ^a
	T	26.1±4.9 ^a	3.6±0.3 ^a	3.1±0.2 ^a	17.6±3.3 ^a	8.7±0.3 ^a
Late- Lactation	C	20.1±6.1 ^a	4.1±0.6 ^a	3.4±0.3 ^a	15.5±2.9 ^a	8.9±0.5 ^a
	T	19.3±4.4 ^a	4.1±0.4 ^a	3.3±0.2 ^a	16.5±4.1 ^a	8.9±0.4 ^a
Average	C	26.9±6.0 ^a	3.9±0.7 ^a	3.2±0.3 ^a	14.6±3.3 ^a	8.8±0.4 ^a
	T	26.3±5.8 ^a	3.9±0.5 ^a	3.1±0.2 ^a	17.0±3.9 ^a	8.7±0.3 ^a

을 갖고 있는 것으로 여겨진다(Kenji et al., 2005). 본 연구에서 처리 간에 유성분 함량에 차이가 없었던 것은 수단그라스 건초와 WCRS를 각각 20%정도 혼합 급여한 비교시험(Yasunari et al., 2005)에서도 유사하게 나타났다. 따라서 유성분에서도 C와 T간에 유의적인 차이가 없어 수입건초 대신 WCRS를 급여하여도 문제가 없는 것으로 사료된다. 이는 비유초기에서 수입 티모시건초(개화중후기)와 WCRS(황숙기)를 각각 40% 정도 급여하였을 때 유지율이 WCRS급여에서 높은 경향은 있으나 유의적인 차이는 없다는 보고와(Ishida, 2001) 유사하다. 특히 이 정도의 유성분 차이는 보다 정확한 사료설계를 통하여 극복할 수 있다고 하여(GAFSA, 2014) 유성분의 경우 일정 수준의 사료성분의 조사료를 서로 대체하는 경우 사료배합비의 세심한 설계가 중요하다고 판단된다.

실험 기간 동안 두당 유대수익은 C와 T가 각각 29,262원 및 28,407원 이었으며 두당 사료비는 C가 8,122원, T가 6,492원으로 조사되었다(Table 4). 두당 조수입은 C가 21,141원, T가 21,915원으로 T에서 다소 높게 나타났다. 유사비는 T가 22.9%로 C의 27.8%보다 낮았다. 실험기간동안의 조수입은 T가 C에 비해 높고, 유사비는 T가 C에 비해 낮아 경제적으로 유리한 것으로 사료된다. WCRS의 추정생산단가는 경종농가를 대상으로 구두조사 한 것으로 논에서 쌀을 생산하여 판매 시 수익이 1 ha당 500~600만원 정도가 된다면 벼를 사료로 재배이용 하겠다는 것이다.

이상에서 수입산 건초 대신 WCRS로 20% 대체 급여하였을

때 산유량 및 유성분에 차이가 없으며 수익은 증가되어 WCRS가 수입산 건초를 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 요약

홀스타인 착유우에 수입건초 대신 WCRS로 조사료 일부를 대체 급여하였을 때 산유성적 및 수익성에 미치는 영향을 검토하였다. 대조구(C)는 농가 관행 급여방법으로 자가 혼합건초(13kg)와 농후사료(2.6~9.6kg), 오차드그라스 및 버뮤다그라스 건초(1.8kg)를 급여 하였고, 처리구(T)는 자가 혼합건초(9.6kg)와 농후사료(2.6~9.6kg) 및 WCRS (2.2kg)를 급여하였다. 건물수량(DMI)을 기준으로 C에 대한 T의 조사료 대체비율은 20% 였다. CP함량은 오차드그라스 및 버뮤다그라스 건초가 각각 11.3 및 8.4%였고, WCRS는 4.6%로, WCRS에서 낮았다. 이는 벼를 수확적기보다 약 30일정도 늦게 수확한 것에 기인하고 있다. DMI는 비유초기, 중기 및 후기에서 각각 T가 C보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 유량은 비유초기, 중기 및 후기 모두 처리간 유의적 차이는 없었다($p>0.05$). 실험 기간 중 평균유량도 C 및 T가 각각 26.9 및 26.3kg으로 처리간 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 유지율, 유단백 및 총고형물에서 각 비유기 공히 처리 간에 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 두당 조수입은 C가 21,141원, T가 21,915원으로 T에서 다소 높게 나타났다. 유사비는 T가 22.9%로

Table 4. Feed to milk cost ratio during experimental periods(n=46)

Variable(unit)	C	T
Milk price (won/day)	29,262	28,407
Cost of feed (won/day)	8,122	6,492
Income (won)	21,141	21,915
Feed to milk cost ratio (%)	27.8	22.9

C의 27.8%보다 낮았다. 이상에서 수입산 건초 대신 WCRS로 20% 대체 급여하여도 산유량 및 유성분에 유의적인 차이가 없으며 수익은 높아 경제성이 있는 것으로 사료된다.

V. 사사

본 논문은 농림부 연구과제 “휴경논을 이용한 벼의 사료화 기술”의 일환으로 이루어진 것입니다. 본 논문은 의 석사논문인 (이준우, 2007) “Whole Crop Rice Silage의 급여가 영양소 소화율, 질소의 생산성 및 경제성에 미치는 영향”의 연구내용을 포함하고 있습니다.

VI. REFERENCES

- AOAC. 1991. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analysis Chemists. Washington. D.C.
- Baxter, H.D., Montgomery, M.J. and Owen, J.R. 1980. Digestibility and feeding value of corn silage fed with boot stage wheat silage and alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*. 63:255-261.
- Choi, C.W. and Oh, Y.K. 2011. Effects of feeding Whole Crop Rice Silage harvested at different mature stages on rumen fermentation and blood metabolites in Hanwoo steers. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 31(2):191-200.
- Choi, C.W., Chung, E.S., Kong 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(2):143-150.
- GAFFA. 2014. Whole crop rice silage production and feeding technical manual of forage quality. Japan Grassland Agriculture and Forage Seed Association. Japan. pp. 112-113.
- Goering, H.K. and Van soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agriculture Handbook*. No. 379. ARS. USDA. Washington DC.
- Hong, G.S. 2021. Comparative analysis on the differences in production cost and income of rice cultivation for feed. Master's thesis. Kangwon National University. Chuncheon, Korea.
- Ishida, M. 2001. Fermented forage rice of Kusahonami suitable for dairy cow feed. National Agriculture and Food Research Organization.
- JFSD. 2006. Japanese feeding standard for dairy cattle. National Agriculture and Food Research Organization. pp. 181-205.
- KDC. 2017. 2016 Dairy statistics yearbook. Korea Dairy Committee. Sejong. Korea. p. 260.
- Kenji, H., Takehiro, N., Motohiko, I., Hiroki, M. and Nobuo, Y. 2005. Feed intake, digestibility and milk production of lactating cows fed roll bale silage on forage rice "Hoshiaoba". *Journal of the Grassland Society of Japan*. 51(1):48-54.
- Kim, B.W., Kim, G.S. and Sung, K.I. 2004. Effect of lactic acid bacteria and formic acid on the silage quality of whole crop rice at different maturity. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 24:61-70.
- Kim, J.G., Kim, W.H. and Seo, S. 2006. Production and utilization technology of forage crops and whole crop rice in paddy field. *Proceedings of 2006 Annual Congress of Korean Society of Grassland and Forage Science*. pp. 59-85.
- Kim, J.Y., Lee, B.H., Ghassemi Nejad, J., Kim, B.W. and Sung, K.I. 2018. Comparison between observed and estimated TDN contents of whole crop rice silage from forage and food source in sheep. *Annals of Animal Resource Sciences*. 29:18-24.
- MAFRA. 2020. Activation plan of domestic forage. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Livestock Environmental Resources Division. Sejong-si. Republic of Korea.
- NRC. 1988. Nutrient requirements of dairy cattle (6th Revised ed.). National Academy Press Washington. D.C.
- Ogawa, M. 2003. Research of whole crop rice silage utilization in Japan. *Proceedings of 2003 International symposium of Livestock Research Institute*. pp. 25-58.
- SAS. 2000. Statistical analysis system ver., 8.1. SAS Institute Inc., Cary. NC.
- Sung, K.I., Hong, S.M. and Kim, B.W. 2004. Plant height, dry matter yield and forage quality at different maturity of whole crop rice. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 24:53-60.
- Wardeh, M.F. 1981. Models for estimating energy and protein utilization for feeds. Ph.D. thesis. Utah, United States of America.
- Yasunari, Y., Masaya, M., Kiyohito, I., Shuji, U., Hiroshi, H. and Masakazu, G. 2005. Feed intake and lactation of dairy cow, fed on total mixed ration of whole rice crop silage. *Journal of the Grassland Society of Japan*. 51(1):40-47.
- Yoshida, N. 2005. Practical technique and feeding effect of whole crop rice silage in Japan. *Proceedings of 2005 International Symposium of Livestock Research Institute*. pp. 79-101.

(Received : December 05, 2022 | Revised : December 21, 2022 | Accepted : December 26, 2022)