

Research Article

저장기간에 따른 사료용 벼 사일리지의 발효특성 및 미생물상 변화

오미래^{1,*}, 박형수¹, 최보람¹, 우제훈¹, 정승민¹, 김지혜², 이배훈¹

¹국립축산과학원 초지사료과, ²국립축산과학원 기획조정과

Changes in Fermentation Characteristics and Bacterial Communities of Whole Crop Rice Silage during Ensiling Period

Mirae Oh^{1,*}, Hyung Soo Park¹, Bo Ram Choi¹, Jae Hoon Woo¹, Seung Min Jeong¹,
Ji Hye Kim² and Bae Hun Lee¹

¹Grassland and Forages Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan, 31000, Korea

²Planning and Coordination Division, National Institute of Animal Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

ABSTRACT

Understanding changes in fermentation characteristics and microbial populations of forage silage during ensiling is of interest for improving the nutrient value of the feed for ruminants. This study was conducted to investigate the changes in fermentation characteristics and bacterial communities of whole crop rice (WCR) silage during the ensiling period. The chemical compositions, pH, organic acids and bacterial communities were evaluated at 0, 3, 6, and 12 months after ensiling. The bacterial communities were classified at both the genus and species levels. The dry matter content of WCR silage decreased with the length of storage ($p < 0.05$), but there was no significant difference in crude protein and NDF contents. Following fermentation, the pH level of WCR silage was lower than the initial level. The lactic acid content remained at high levels for 3 to 6 months after ensiling, followed by a sharp decline at 12 months ($p < 0.05$). Before fermentation, the WCR was dominated by *Weissella* (30.8%) and *Pantoea* (20.2%). Growth of *Lactiplantibacillus plantarum* (31.4%) was observed at 3 months after ensiling. At 6 months, there was a decrease in *Lactiplantibacillus plantarum* (10.2%) and an increase in *Levilactobacillus brevis* (12.8%), resulting in increased bacteria diversity until that period. The WCR silage was dominated by *Lentilactobacillus buchneri* (71.2%) and *Lacticaseibacillus casei* (27.0%) with a sharp reduction in diversity at 12 months. Overall, the WCR silage maintained satisfactory fermentation quality over a 12-month ensiling period. Furthermore, the fermentation characteristics of silage were found to be correlated to bacterial microbiome.

(Key words: Whole crop rice, Silage, Fermentation, Microbiome)

I. 서론

최근 국내 쌀 소비량은 꾸준히 감소하는 추세이며, 쌀 공급 과잉을 완화하고 수급안정을 위해 농림축산식품부에서는 전략작물직불제 논 타작물 재배 지원 사업을 2023년부터 새롭게 추진하고 있다(MAFRA, 2024). 하계 논에 식용 쌀 대신 콩이나 가루쌀 등의 식량자원이나 사료작물을 재배할 경우 보조금을 지원하는 전략작물직불제 정책사업을 통해 2023년 논에서 하계 사료작물 재배는 5,343 ha가 증가하였고, 앞으로도 계속 증가 될 전망이다(MAFRA, 2024). 우리나라에서 재배되고 있는 주요한 하계 사료작물은 옥수수, 수수류, 사료용 벼 등이 있는데, 사료용 벼는 일반

벼와 재배기술이 크게 다르지 않아 일반 벼 재배 농가가 사료작물 재배로 전환하기 쉬운 작물로 추천되며 특히 습해에 강해 논에서 재배 시 생산성이 좋은 작물이다.

대부분의 사료용 벼는 다른 하계 사료작물과 마찬가지로 수확 후 주로 사일리지를 제조하여 가축에게 급여된다. 사일리지는 수분이 있는 상태의 조사료를 미생물에 의한 혐기적 발효과정을 통해 유기산을 증가시켜 유해균의 성장을 억제하고 저장성을 높인 저장 조사료의 한 종류이다(McDonald et al., 1991). 사일리지의 품질은 조사료의 초종 및 품종, 수분 함량, 미생물 또는 유기산의 처리, 절단 길이, 밀도, 발효 기간, 저장 방법 등에 영향을 받는다(Mohd-Setapar et al., 2012; Cho et al., 2014). 사료용 벼의 줄기

*Corresponding author: Mirae Oh, Grassland and Forages Division, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan, 31000, Korea
Tel: +82-41-580-6755, E-mail: miraeoh@korea.kr

는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌의 비율이 높아 견고하고 가운데가 비어있어 사일리지 제조 후 내부에 공기가 존재 할 가능성이 높아 양질의 사일리지를 만들기 위한 혐기조건 유지가 매우 어렵다(Gao et al., 2008; Kim et al., 2008). 때문에 사일리지 발효과정에서 젖산균의 다량 생산을 신속하게 일으키기 어렵고 호기성 미생물이나 사상균의 증식이 많아져 품질이 낮아질 우려가 있다(Kim et al., 2008).

현재까지 사료용 벼 사일리지의 품질과 관련된 연구는 사료용 벼 신품종 개발(Lee et al., 2013; Yang et al., 2023), 미생물 첨가제가 발효특성에 미치는 영향(Kim et al., 2008; Cho et al., 2014; Joo et al., 2023), 사료용 벼의 세절과 교반이 발효특성과 호기적 안정성에 미치는 영향(Seo et al., 2023) 등 다양하게 수행되어왔다. 하지만 발효품질과 관련한 연구는 다양한 조건에서의 사일리지 내 유기산 조성에 대한 연구가 대부분으로 사일리지 내 미생물 분포에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 사일리지의 품질을 평가하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 사료용 벼 사일리지의 저장기간에 따른 사료가치, pH, 유기산의 변화와 사일리지 내 미생물상 변화를 모니터링 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 사일리지 제조

시험재료인 사일리지 제조를 위한 사료용 벼는 ‘영우’ 품종을 이용하여 충청남도 천안시 국립축산과학원 사료작물 재배지에서 2021년 재배하여 황숙기에 수확하였다. 수확 후 수분함량이 약 55%가 될 때까지 일광을 이용하여 건조하고 2 cm로 세절하여 미니사일로 형태로 만들어 직사광선과 비를 피하여 서늘한 곳에 보관하였다. 사일리지 제조 직후, 제조 후 3, 6, 12개월에 각각 사료용 벼 사일리지 시료를 채취하여 사료가치, pH, 유기산 함량, 미생물상 분석을 수행하였다.

2. 사료가치 분석

분석용 시료는 약 300 g씩 취하여 65°C 순환식 열풍 건조기에 서 72시간 이상 건조하였고, 건조 전후의 중량을 칭량하여 수분 함량을 산출하였다. 건조된 시료는 분쇄하여 1 mm screen을 통과한 시료를 분석에 사용하였다. 조단백질(Crude protein, CP)은 AOAC (1995)방법으로 분석하였고, 중성세제불용성섬유소(Neutral detergent fiber, NDF)와 산성세제불용성섬유소(Acid detergent fiber, ADF)은 Goering and Van Soest (1970)의 방법으로 Ankom²⁰⁰ fiber analyzer (Ankom Technology, Macedon, NY, USA)를 이용하여 분석하였다.

3. pH 및 유기산 함량 분석

사일리지 개봉 즉시 채취한 샘플 10 g을 증류수 100 mL에 넣고 4°C에서 주기적으로 교반하면서 24시간 보관한 후 4중 거즈로 1차 여과 후 여과지(Whatman No. 6)를 통과한 추출액을 pH와 유기산 분석에 사용하였다. pH는 추출액을 pH meter (HI 9024; HANNA Instrument Inc., UK)로 분석하였다. 유기산 분석을 위해 추출액을 0.22 μm 실린지 필터를 사용하여 여과시킨 다음 젖산(Lactic acid) 함량은 High Performance Liquid Chromatography (HPLC; HP1100, Agilent Co., USA)로 분석하고, 초산(Acetic acid)과 낙산(Butyric acid) 함량은 Gas Chromatography (GC; GC-450, Varian Co., USA)로 분석하였다.

4. 미생물상 분석

사일리지 내 미생물 균총 분석을 위해 채취한 사일리지를 powderMax soil DNA Isolation Kit (MO Bio Inc., USA)를 이용하여 추출 후 DNA 농도와 품질을 분석하였다. 추출된 DNA는 16SrRNA 유전자의 V3-V4 영역을 표적으로 하는 정방향 프라이머 F (CCTACGGGNGGCWGCAG) 및 역방향 프라이머 R (GACTACHVGGGTATCTAATCC)을 사용하여 PCR 증폭되었다. DNA 샘플은 HiSeqTM platform (Illumina, USA)을 이용한 Metagenome 분석을 마크로젠(MacroGen Inc., Korea)에 의뢰하여 실시하였다.

5. 통계분석

통계처리는 SAS program (Ver. 9.1)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준으로 처리구간의 차이를 구명하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사일리지의 사료가치

사료용 벼 사일리지의 저장기간에 따른 사료가치는 Table 1과 같았다. 발효 전의 DM 함량은 48.7%였고, 발효 후 저장 3개월~12개월의 DM 함량은 43.2~46.3%였다. 사료용 벼 사일리지의 DM 함량은 발효 전보다 후에 감소하였고, 저장기간이 길어질수록 다소 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). Hu et al. (2009)은 재배지가 다른 옥수수 사일리지의 발효시간이 길어짐에 따라 미생물이 발효를 위해 수용성 탄수화물을 소비하기 때문에 DM 함량이 감소하였다고 하였다. 본 연구에서도 사료용 벼 사일리지의 발효가 진행됨에 따라 미생물의 활동으로 인해 DM 함량이 감소한

Table 1. Chemical compositions of whole crop rice silage by the ensiling period

Item	Silage ensiling period (months)				SEM	P value
	0	3	6	12		
DM (%)	48.67 ^a	46.29 ^{ab}	44.66 ^b	43.24 ^b	1.242	0.0036
CP (% DM)	7.65	7.91	7.56	7.70	0.212	0.3086
NDF (% DM)	42.70	46.61	45.12	43.52	2.132	0.1916
ADF (% DM)	25.35 ^b	28.19 ^a	27.43 ^{ab}	27.82 ^{ab}	1.046	0.0417

DM, dry matter; CP, crude protein; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber.

^{a-b}Means in the row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

것으로 사료된다. 사료용 벼 사일리지의 CP 함량은 7.56~7.91%로 발효 전과 후의 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 발효 전과 비교하여 발효 후 ADF 함량은 다소 증가하였지만($p < 0.05$), 발효 전과 후의 NDF 함량에는 큰 변화가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 또한 발효 후 저장기간 경과에 따른 CP 및 NDF, ADF의 함량에는 큰 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 사일리지의 발효 전과 후의 영양소 함량 변화는 대체로 차이가 없는 것으로 보고되었다 (Garcia et al., 1989; Jeong et al., 2023). 본 연구에서도 발효 전과 후, 12개월의 저장기간 경과에 따른 사료용 벼 사일리지의 영양소 함량은 대체적으로 큰 차이가 나타나지 않았다.

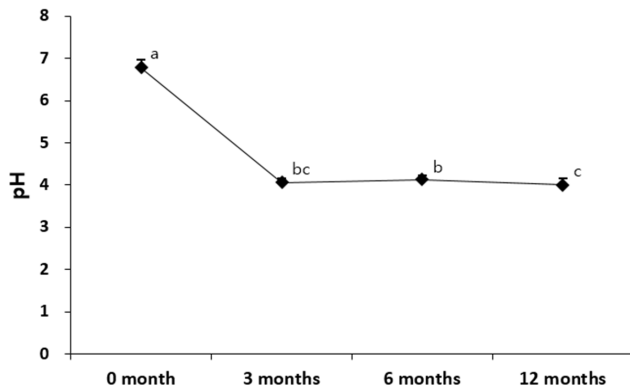


Fig. 1. Changes of pH in whole crop rice silage during ensiling period. ^{a-c}Means with different superscript among the period groups are different ($p < 0.05$).

2. 사일리지의 발효특성

저장기간에 따른 사료용 벼 사일리지의 pH 변화는 Fig. 1과 같았다. 발효 전 pH 6.77이었던 사료용 벼는 사일리지 발효 후 pH 4.00~4.12로 낮게 유지되었다. 선행연구에서 사료용 벼 사일리지의 pH는 4.29~4.86 수준으로 나타났는데(Joo et al., 2022; Seo et al., 2023), 본 연구의 결과보다 다소 높은 결과였다. 이는 수확시기와 세절길이 등 사일리지 발효 조건에 의한 차이인 것으로 사료된다.

저장기간에 따른 사료용 벼 사일리지의 유기산 함량은 Table 2와 같았다. 초산(Acetic acid) 함량은 발효 전 0.03%에서 발효 후 저장 3개월 0.11%, 저장 6개월 0.34%로 꾸준히 증가하다가 저장 12개월 0.31%로 유지되었다($p < 0.05$). 젖산(Lactic acid)의 경우 발효 후 12개월의 저장기간 동안 유기산 중 가장 높은 비율을 나타냈는데, 저장 3~6개월까지 1.96~2.07%로 높게 유지되다가 저장 12개월에는 0.49%로 급격히 감소하였다($p < 0.05$). 낙산(Butyric acid)은 저장 12개월(0.01%)을 제외하고는 검출되지 않았다.

3. 사일리지 내 미생물 분포

저장기간에 따른 사료용 벼 사일리지의 상대적 미생물 분포의 변화는 Fig. 2와 같았다. 발효 전 사료용 벼는 자연계에서 유래된 토착 미생물인 *Weissella* (30.8%)와 *Pantoea* (20.2%)가 우점하였다. 사일리지 제조 후 저장 3개월에는 동종 발효 유산균인 *Lactiplantibacillus plantarum* (31.4%) 우점하였으나, 저장 6개월에는 *Lactiplantibacillus plantarum* (10.2%)의 감소와

Table 2. Organic acids of whole crop rice silage by the ensiling period

Item	Silage ensiling period (months)				SEM	P value
	0	3	6	12		
Lactic acid (%)	0.07 ^c	1.96 ^a	2.07 ^a	0.49 ^b	0.066	0.0001
Acetic acid (%)	0.03 ^b	0.11 ^b	0.34 ^a	0.31 ^a	0.049	0.0001
Butyric acid (%)	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.01 ^a	0.003	0.0010

^{a-c}Means in the row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

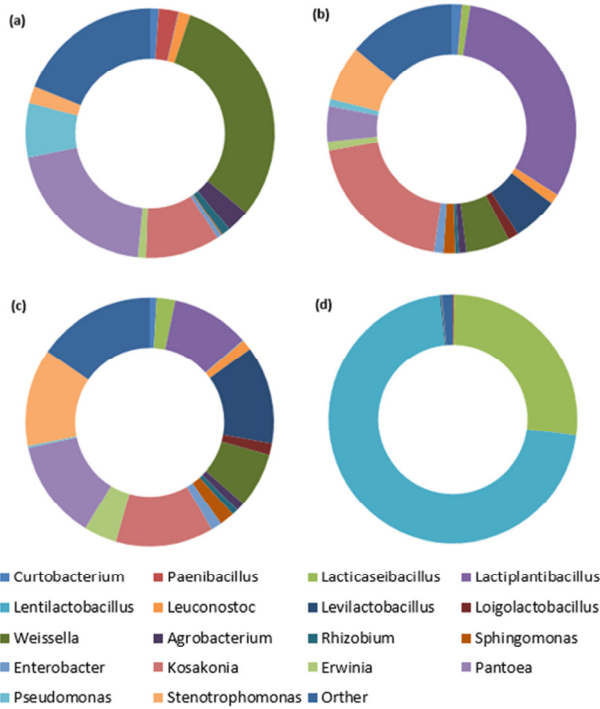


Fig. 2. Changes in bacterial microbiome at the genus levels of whole crop rice silage during ensiling period (a) 0 month, (b) 3 months, (c) 6 months, and (d) 12 months.

Levilactobacillus brevis (12.8%)의 증가를 보였다. 사료용 벼 사일리지는 저장 6개월까지 미생물의 다양성이 확인되었으며, 저장 12개월에는 미생물의 다양성이 급격히 감소하여 *Lentilactobacillus buchneri* (71.2%)와 *Lacticaseibacillus casei* (27.0%)가 우점하였다.

Liu et al. (2019)은 보리 사일리지에서 *Lactobacillales* 목 (Order)에 속하는 미생물의 우점이 전체 미생물의 다양성을 감소시킨다고 보고하였는데, 본 시험에서 사료용 벼 사일리지는 6개월까지 특정 미생물에 의한 완전한 우점이 없었던 것으로 사료된다. 더욱이, 저장 6개월까지의 지속적인 DM 함량의 감소와 젖산 함량의 증가는 내산성을 가지는 일부 미생물에 의한 지속적인 발효가 진행되었을 가능성을 시사한다.

사일리지의 생산은 미생물 기반의 발효 과정으로 주로 유산균의 성장으로 인해 이루어진다(Muck, 2013). 발효 전 사료용 벼에 토착 미생물로 존재하였던 *Weissella*는 pH의 감소에 따른 내산성 유산균의 경쟁에서 불리한 것으로 알려져 있으며(Dellaglio and Torriani, 1986), 저장 3개월에서 *Lactiplantibacillus plantarum*의 성장으로 인해 감소하였다. *Lactiplantibacillus plantarum*은 동종발효 유산균으로, 당류를 에너지원으로 이용하여 젖산을 생성하여 pH를 감소시키는 것으로 보고되었다(Pahlow et al., 2003). 따라서, 저장 3개월의 낮은 pH와 높은 젖산 함량은

*Lactiplantibacillus plantarum*의 우세로 인한 것으로 사료된다. 저장 6개월에서 이중발효 유산균인 *Levilactobacillus brevis*의 성장은 이중발효의 대사산물인 초산의 증가를 야기하였다(Xu et al., 2017). 저장 12개월에서 급격히 증가한 *Lentilactobacillus buchneri*는 이중 발효 유산균으로 젖산을 분해하여 초산과 1,2-프로판디올(1,2-propanediol)을 생성하는 것으로 알려져 있다(Kleinschmit and Kung, 2006). 이로 인해 저장 6개월에 비해 낮은 젖산 함량을 나타낸 것으로 사료된다. 본 시험에서 낙산의 생성은 거의 없었으며, 낙산의 주 발생원이나 이상 발효의 지표로 여겨지는 *Clostridium*의 성장이 확인되지 않은 점은 이상 발효의 가능성이 낮음을 시사한다(Pahlow et al., 2003).

이상의 결과를 종합하였을 때 사료용 벼 사일리지는 저장기간 12개월까지 양호한 발효품질을 유지하였고, 저장기간에 따른 발효특성 변화는 사일리지 내 미생물 분포와 상관관계가 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구결과는 사료용 벼 사일리지의 품질을 평가하기 위한 기초자료로써 활용이 가능할 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 저장기간에 따른 사료용 벼 사일리지의 발효특성과 미생물상의 변화 모니터링을 통하여 사일리지의 품질을 평가하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 사료용 벼는 ‘영우’ 품종을 황숙기에 수확하여 사일리지 제조 후 저장 0, 3, 6, 12개월에 사료가치 및 pH, 유기산, 미생물상의 변화를 분석하였다. 사료용 벼 사일리지의 DM 함량은 저장기간이 길어질수록 다소 감소하였고($p < 0.05$), CP와 NDF 함량은 큰 차이가 없었다. pH는 발효 전보다 발효 후에 모두 낮게 유지하였고, 젖산 함량은 발효 후 3~6개월에는 높게 유지되다가 12개월에는 급격히 감소하였다($p < 0.05$). 사료용 벼 사일리지 내 미생물 분포는 발효 이전에는 자연계 유래 토착 미생물인 *Weissella* (30.8%)와 *Pantoea* (20.2%)가 우점하였다. 사일리지 제조 후 저장 3개월에는 동종 발효 유산균인 *Lactiplantibacillus plantarum* (31.4%) 우점하였으나, 저장 6개월에는 *Lactiplantibacillus plantarum* (10.2%)의 감소와 *Levilactobacillus brevis* (12.8%)의 증가를 나타내며 미생물의 다양성이 지속적으로 유지되었다. 저장 12개월에는 미생물의 다양성이 급격히 감소하여 *Lentilactobacillus buchneri* (71.2%)와 *Lacticaseibacillus casei* (27.0%)가 우점하였다. 결과적으로 사료용 벼 사일리지는 12개월의 저장기간 동안 양호한 발효품질을 유지하였고, 발효특성 변화는 사일리지 내 미생물 분포와 상관관계가 있음을 확인하였다.

V. 사사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제명: 국내산 풀사료 품질향상 및 평가 기술 개발, 과제번호: PJ01422401)의 지원에 의해 연구되었다.

VI. REFERENCES

- AOAC. 1995. Official method of analysis(15th ed.). Association of official analytical chemists, Wasington D.C. USA.
- Cho, S., Kwon, C.H. and Kim, E.J. 2014. Effect of bacterial inoculants and organic acid on silage quality: Meta-analysis. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34(2):94-102.
- Dellaglio, F. and Torriani, S. 1986. DNA-DNA homology, physiological characteristics and distribution of lactic acid bacteria isolated from maize silage. *Journal of Applied Microbiology*. 60(2):83-92.
- Gao, L., Yang, H., Wang, X., Huang, Z., Ishii, M., Igarashi, Y. and Cui, Z. 2008. Rice straw fermentation using lactic acid bacteria. *Bioresource Technology*. 99:2742-2748.
- Garcia, A.D., Olson, W.G., Otterby, D.E., Linn, J.G. and Hansen, W.P. 1989. Effects of temperature, moisture, and aeration on fermentation of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*. 72:93-103.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agriculture Handbook*. U.S. Government Print Office, Washington D.C. USA.
- Hu, W., Schmidt, R.J., Mcdonell, E.E., Klingerman, C.M. and Kung Jr, L. 2009. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of Dairy Science*. 92:3907-3914.
- Jeong, S.M., Lee, B.H., Choi, K.C., Oh, M.R., Lee, K.W. and Park, H.S. 2023. Effects of moisture contents and microbial additive on fermentation characteristics and feed values of Alfalfa silage. *Journal of Agriculture & Life Science*. 57(5):31-37.
- Joo, Y.H., Jeong, S.M., Seo, M.J., Lee, S.S., Choi, K.C. and Kim, S.C. 2022. Effects of microbial additives and silo density on chemical compositions, fermentation indices, and aerobic stability of Whole crop rice silage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 42(2):96-102.
- Kim, J.G., Ham, J.S., Chung, E.S., Yoon, S.H., Kim, M.J., Park, H.S., Lim, Y.C. and Seo, S. 2008. Evaluation of fermentation ability of microbes for Whole crop rice silage inoculant. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 28(3):229-236.
- Kleinschmit, D.H. and Kung Jr. L. 2006. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of Dairy Science*. 89(10):4005-4013.
- Lee, S.B., Yang, C.I., Lee, J.H., Kim, M.K., Shin, Y.S., Lee, K.S., Choi, Y.H., Jeong, O.Y., Jeon, Y.H., Hong, H.C., Kim, Y.G., Jung, K.H., Jeung, J.U., Kim, J. and Shon, J.Y. 2013. A late-maturing and Whole crop silage rice cultivar 'Mogwoo'. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32(2):81-86.
- Liu, B., Huan, H., Gu, H., Xu, N., Shen, Q. and Ding, C. 2019. Dynamics of a microbial community during ensiling and upon aerobic exposure in lactic acid bacteria inoculation-treated and untreated barley silages. *Bioresource Technology*. 273:212-219.
- McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron, S.J.E. 1991. *The biochemistry of silage* (2nd ed.). Marlow, Bucks, UK:Chalcombe Publications. pp. 248-291.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2024. Guidelines for implementing agriculture, food, and rural affairs businesses in 2024. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. pp. 66-116.
- Mohd-Setapar, S.H., Abd-Talib, N. and Aziz, R. 2012. Review on crucial parameters of silage quality. *APCBEE Procedia*. 3:99-103.
- Muck, R. 2013. Recent advances in silage microbiology. *Agricultural and Food Science*. 22(1):3-15.
- Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Elferink, S.J.O. and Spoelstra, S.F. 2003. Microbiology of ensiling. *Silage Science and Technology*. 42:31-93.
- Seo, M.J., Joo, Y.H., Lee, S.S., Kim, J.Y., Baeg, C.H., Jeong, S.M., Choi, K.C. and Kim, S.C. 2023. Effects of forage cutting and baler mixing on chemical compositions, fermentation indices, and aerobic stability of Whole crop rice haylage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 43(1):50-55.
- Xu, Z., He, H., Zhang, S. and Kong, J. 2017. Effects of inoculants *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus parafarraginis* on the fermentation characteristics and microbial communities of corn stover silage. *Scientific Reports*. 7(1):13614.
- Yang, C.I., Lee, S.B., Won, Y.J., Ahn, E.K., Kim, M.K., Kim, Y.G., Hyun, Y.J., Jeong, J.M., Hwang, H.G., Shin, Y.S., Hong, H.C., Lee, J.H., Lee, G.S., Choi, Y.H., Choi, I.S., Jung, O.I., Kim, J.H., Chang, J.K., Park, H.M. and Sung, N.S. 2023. A High biomass yield and Whole crop silage rice cultivar 'Mogyang'. *Korean Journal of Breeding Science*. 45(4):405-409.

(Received : March 14, 2023 | Revised : March 25, 2024 | Accepted : March 25, 2024)