

Research Article

귀리 사일리지의 비닐겹수 및 저장기간에 따른 발효품질

송태화¹, 박종호², 윤창³, 강천식², 손재한², 윤영미², 김양길², 정영근², 박태일^{2*}

¹국립농산물품질관리원, ²국립식량과학원, ³전북대학교

Effect of Number of Film Layers and Storage Duration and on the Fermentation Quality of Whole Crop Oat Silage

Tae-Hwa Song¹, Jong-Ho Park², Chang-Yoon³, Chon-Sik Kang², Jae-Han Son², Young-mi Yoon², Yang-Kil Kim², Young-Keun Cheong² and Tae-Il Park^{2*}

¹National Agricultural Products Quality Management Service, CheongJu, 28462, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, WanJu-gun, 55365, Korea.

³Dept. Animal bio, Chonbuk National University, Jeonju, 54896, Korea.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the feed value and silage quality according to storage period and film layers in whole crop oat silage. The crude protein content was increased in all silage during the storage periods compared to those before silage, under prolonged storage period slightly and the number of film layers of silage, six layer were higher than four layers, but no significant. NDF and ADF contents were also increased in all silage of storage duration compared to those before silage, but they was similar level between storage duration and number of film layers. TDN content was decreased of the storage duration. However, it was similar under the storage duration and the number of film layers. The pH value was decreased during prolonged storage period and six layers was lower than four layers depending on the film layers. In the organic acid contents, lactic acid and acetic acid were increased under the prolonged storage duration, and butyric acid was higher significantly($p<0.05$), six layers of the film were showed higher lactic acid and lower butyric acid($p<0.05$). Therefore, oat silage should be used within 6 months it was when treated with 4 layers, if considering the long-term storage, it is desirable to treat it with 6 layers or more.

(Key words : Whole crop oat silage, Storage duration, Film layers, Fermentation quality)

I. 서론

조사료로서 귀리는 단위시간 당 생육속도가 빨라 다른 작물의 전작 또는 후작으로 활용도가 높다. 또한 식물체 구성요소 중에서 잎의 비율이 높고, 줄기가 가늘고 유연하며, 생육 후기 수량과 사료가치가 높아 국외에서는 청예용으로 이용도가 높다. 그러나 국내에서는 월동재배가 가능한 추파형 귀리 품종이 다양하게 개발되면서 대부분 곤포 사일리지 상태로 이용되고 있다. 곤포 사일리지는 저장기간에 따라 사일리지 품질차이가 예상되나, 관련연구는 많지 않다.

사일리지 품질에 대한 연구는 주로 첨가제 개발, 예건 등 사일리지 2차 발효 및 조제 방법에 대하여 이루어졌고, 라운드베일 사일리지의 품질과 저장에 관한 연구는 1990년대 후

반에 호밀을 대상으로 이루어졌다(kim et al., 1999a; Kim et al 1999b). 한편 생벼질 사일리지에 있어서는 저장방법과 비닐겹수에 따른 원형곤포 처리 간에 품질차이가 있었고, 10개월 이상 저장 시는 6겹 이상 비닐을 감는 것이 품질저하를 막을 수 있다고 보고된 바 있다(Kim et al., 2001). 최근 청보리 사일리지의 저장기간 연구에서 장기저장의 경우에는 비닐겹수를 6겹으로 하는 것이 발효 및 품질유지에 유리하고, 4겹으로 처리했을 경우 6개월 안에 사용하는 것이 유리하다고 보고된 바 있다(Song et al., 2015).

귀리는 총채용으로 사용 시 출수 후 30일에 수확되는데, 이렇게 만들어진 곤포사일리지는 이용시기가 모두 달라 빠르게는 곤포 후 30일에서 늦게는 이듬해 새로운 조사료가 생산될 때까지 이용된다. 사일리지는 발효 안정단계에 들어서면 더 이상의 화학적 변화가 일어나지 않는데, 곤포 사일리지에 대

* Corresponding author : Park Tae-Il, National Institute of Crop Science.
Tel: +82-63-238-5222, E-mail: parktl@korea.kr

한 발효안정성 연구는 미흡한 실정이다. 우리가 양질의 사일리지를 가축에게 급여하기 위해서는 우리나라에서 많이 사용되는 곤포사일리지의 발효 및 품질의 안정성 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 총체용 귀리 사일리지의 곤포 비닐겹수 및 저장기간에 따른 사료가치 및 사일리지 품질특성을 구명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험재료 육성 및 사일리지 조제

본 시험은 2012년 10월부터 2014년 10월까지 2년간 답리작 시험포장에서 실시하였으며, 공시품종은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 개발한 추파용 귀리 표준품종 삼한귀리를 사용하였다. 파종방법은 휴립광산파를 하였고, ha당 파종량은 220kg이었다. 시비량은 청보리 표준량인 ha당 N₂ 118kg, P₂O₅ 74kg, K₂O 39kg를 기준으로 이 중 질소는 기비로 40%, 추비로 60% 나누어 사용하였으며, 인산과 칼리는 전량 기비로 사용하였다. 모든 작물의 병해충 및 잡초방제는 기본방제를 기준으로 하였으며, 기타 재배 및 생육조사 등은 국립식량과학원 표준재배법(NICS, 2010)과 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 의하여 실시하였다. 사일리지는 출수 후 20일(유숙기)과 출수 후 30일(황숙초기)에 원형곤포로 조제하였으며, 비닐랩핑 겹수를 4겹과 6겹으로 하여 처리구당 3롤씩 조제하였다. 사일리지의 저장기간은 2, 4, 6, 12개월로 나뉘어 샘플링 후 사료가치와 발효품질을 분석하였다.

2. 사료가치 분석

분석용 시료는 수확기와 저장기간별로 반복마다 1kg씩 시료를 취하여 70℃ 순환식 건조기에 60시간 이상 건조한 후 건물 중량을 칭량하여 건물함량을 산출한 다음 이를 분쇄기로 분쇄하여 사료가치 분석에 이용하였다. 시료의 조단백질은 AOAC (1995)방법으로, neutral detergent fiber(NDF)와 acid detergent fiber(ADF)는 Goering and Van Soest (1970)의 방법

으로 분석하였다. Total digestible nutrients(TDN)는 ADF와 NDF는 건물소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 $TDN(\%)=88.9-(0.79 \times \%ADF)$ 의 계산식을 이용하여 산출하였다(Holland et al., 1990).

3. 사일리지의 pH 및 유기산 분석

pH는 채취한 사일리지 시료 10g에 3차 증류수 100ml를 넣고 4℃로 맞춘 shaking incubator에 넣어 24시간 추출시킨 후 상층액을 취하여 pH meter (Denver, USA)를 이용하여 측정하였다. 유기산은 pH에서와 같은 방법으로 상층부를 취한 후 여과지(Whatman No. 2)로 여과를 거친 후 다시 0.45 μm syringe 필터로 최종 여과를 거친 후 HPLC (Waters, Germany)를 이용하여 분석하였다. 유기산의 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. HPLC conditions for the analysis of organic acids.

Items	Conditions
Column	SUPELCOGEL™ C-610H
Detector	UV, 210nm
Flow rate	0.5ml/min
Solvent	0.1% Phosphoric acid
Absorbance	210nm
Injection volume	20 μl

4. 통계분석

데이터 통계분석은 SAS Ver. 9.1 program (SAS, 2002) 을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준에서 처리구간의 통계적인 차이를 구명하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생육특성 및 수량성

삼한귀리의 생육특성 및 수량성은 Table 2와 같다. 삼한귀리의 출수기는 5월 6일, 초장은 평균 104cm이었다. 생초수량

Table 2. Growth characteristics and forage yield of whole crop oat

Harvest stages	Heading date	Plant height (cm)	Number of spikes (No/m ²)	Yield (MT ha ⁻¹)		
				Fresh	Dry matter	TDN
Milk ripe stage	May 6	103	1,050	43.8	10.7	6.4 ^{ns}
Yellow ripe stage	May 6	104	976	37.1	11.1	6.8
Mean	May 6	104	1,013	37.2	10.9	6.6

^{ns}Means in the same column were not significant ($p>0.05$)

은 유숙기가 황숙기보다 많았지만 유의적인 차이는 없었고, 건물수량과 TDN수량은 황숙기에서 높았다. 호밀, 보리, 밀, 트리티케일 등 맥류의 건물수량은 수확시기가 늦어질수록 증가한다고 보고되고 있는데(Hwang et al., 1985), 본 시험에 사용된 삼한귀리도 유숙기에서 황숙기로 갈수록 건물수량과 TDN수량이 높아지는 경향을 보였다. 이는 생육후기로 갈수록 식물체의 수분함량이 줄어들고 섬유소함량과 종실 내의 전분함량이 증가하면서 건물함량이 높아지기 때문이다.

2. 저장기간 및 비닐겹수에 따른 사료가치

저장기간 및 비닐겹수에 따른 삼한귀리의 수확시기별 사료가치는 Table 3과 4와 같다. 삼한귀리 사일리지의 조단백질 함량은 유숙기와 황숙기 모두 저장 2, 4, 6, 12개월에서 사일리지 제조 전에 비해 높은 경향이었으나 통계적인 유의성은 없었고, 저장기간에 따라서 큰 변화가 없었다. 비닐겹수에 따라서는 6겹 처리한 처리구가 4겹보다 다소 높은 값을 보였으나 유의성이 없었다. NDF와 ADF함량도 저장 2, 4, 6, 12개월에서 사일리지 제조 전보다 높은 경향이었으나 유의성은 없었고, 저장기간에 따라서 비슷한 값을 보였다. 비닐겹수에 따라서는 유숙기 황숙기 모두 4겹과 6겹에서 차이를 보이지 않

Table 3. Changes of feed value according to storage duration and number of film layers in milk ripe stages of whole crop oat

No. of film layers	Storage duration (Month)	Feed Value (%)			
		CP ¹⁾	NDF	ADF	TDN
4 layers	0	8.2	64.7	37.3	59.5 ^{ns}
	2	8.3	67.5	40.2	57.1
	4	8.6	65.3	41.2	56.4
	6	8.5	65.7	40.5	56.9
	12	8.4	65.8	41.1	56.4
	Mean		8.5	66.1	40.8
6 layers	2	8.5	69.4	40.2	57.2
	4	8.9	61.4	37.3	59.4
	6	8.6	64.2	38.4	58.5
	12	8.5	65.2	38.9	58.2
	Mean		8.6	65.1	38.7

^{ns}Means in the same column were not significant ($p>0.05$)

¹⁾CP : Crude protein, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber, TDN : Total digestible nutrients.

Table 4. Changes of feed value according to storage duration and number of film layers in yellow ripe stage of whole crop oat

No. of film layers	Storage duration (Month)	Feed Value (%)			
		CP ¹⁾	NDF	ADF	TDN
4 layers	0	6.7	60.1	35.6	60.8 ^{ns}
	2	7.0	61.9	36.4	60.2
	4	7.2	61.3	38.4	58.7
	6	7.1	59.3	36.6	60.0
	12	7.2	59.6	36.5	60.1
	Mean		7.1	60.5	37.0
6 layers	2	7.2	60.4	35.6	60.5
	4	7.6	59.6	37.3	59.4
	6	7.5	60.8	35.7	60.7
	12	7.6	60.3	36.5	60.1
	Mean		7.5	60.3	36.3

^{ns}Means in the same column were not significant ($p>0.05$)

¹⁾CP : Crude protein, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber, TDN : Total digestible nutrients.

았다. 가소화영양소총량은 저장 2, 4, 6, 12개월에서 모두 사일리지 제조 전보다 약간 낮은 값을 나타냈으나 유의성이 없었고, 저장기간에 따라서는 비슷한 값을 보였으며, 비닐겹수에 따른 차이도 보이지 않았다. Cottyn et al.(1985)는 사일리지는 저장기간 동안 조단백질 함량과 조섬유 함량은 증가하고, NFE의 함량은 감소한다고 하였고, Heo et al.(2005)는 사료백류의 사일리지는 저장기간 동안 조단백질, NDF와 ADF 함량이 증가한다고 보고하였다. Gordon(1989)와 Patterson et al.(1997)은 사일리지 조제 후 섬유소 함량이 증가된다고 하였고, 볏짚 사일리지에서도 ADF함량은 발효가 진행됨에 따라 증가되었다고 보고하였다(Kim, et al., 2001). 본 연구에서도 귀리 사일리지의 저장기간에 따라서 이러한 연구와 일치한 결과를 보였는데, 그 원인은 사일리지가 발효될 때는 발효에 작용하는 미생물들이 주로 가용성 탄수화물을 기질로 이

용하는데, 결과적으로 이들의 손실이 전체 건물중에 대한 단백질이나 섬유소 등 기타 성분들의 상대적인 증가를 초래한 것으로 판단된다.

3. 저장기간 및 비닐겹수에 따른 사일리지 발효품질

저장기간 및 비닐겹수에 따른 삼한귀리의 수확시기별 사일리지 발효품질은 Table 5와 6과 같다. 수확시기에 따른 pH는 유숙기의 사일리지가 황숙기에 수확한 사일리지보다 낮은 값을 나타냈고, 저장기간이 길어짐에 따라 낮아지는 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다. 비닐겹수에 따른 pH의 변화는 유숙기에 수확한 사일리지는 4겹과 6겹이 비슷한 값을 보였고, 황숙기에 수확한 사일리지는 6겹에서 4겹보다 낮은 값을 보였다. 젖산함량은 유숙기에 수확한 사일리지가 황숙

Table 5. Changes of organic acid and quality grade according to storage duration and number of film layers in milk ripe stage of whole crop oat

No. of film layers	Storage duration (Month)	pH	Organic acid (% DM)			Flieg'sscore	Grade
			Lactic	Acetic	Butyric		
4 layers	2	4.6	2.61	1.23	0.25 ^c	74	2
	4	4.2	3.01	1.51	0.37 ^b	72	2
	6	4.2	2.83	1.48	0.37 ^b	72	2
	12	4.3	2.87	1.59	0.96 ^a	58	3
	Mean	4.3	2.83 ^B	1.45	0.49	-	-
6 layers	2	4.5	3.25	1.24	0.24 ^c	80	2
	4	4.3	3.47	1.61	0.40 ^b	74	2
	6	4.2	3.60	1.56	0.51 ^a	74	2
	12	4.1	3.57	1.70	0.57 ^a	70	2
	Mean	4.3	3.47 ^A	1.53	0.43	-	-

^{a-c,A,B}Means in the same column with different letter were significantly different ($p<0.05$).

Table 6. Changes of organic acid and quality grade according to storage duration and number of film layers in yellow ripe stage of whole crop oat

No. of Film layers	Storage duration (Month)	pH	Organic acid (% DM)			Flieg'sscore	Grade
			Lactic	Acetic	Butyric		
4 layers	2	4.6	2.39	0.85	0.10 ^d	84	1
	4	4.5	2.47	0.95	0.41 ^c	72	2
	6	4.4	2.56	1.13	1.06 ^b	55	3
	12	4.4	2.57	1.28	1.27 ^a	53	3
	Mean	4.5	2.50	1.05	0.71 ^A	-	-
6 layers	2	4.7	2.41	0.99	0.08 ^c	82	1
	4	4.5	2.51	0.81	0.42 ^b	76	2
	6	4.3	2.60	0.67	0.48 ^b	76	2
	12	4.2	2.65	0.69	0.56 ^a	74	2
	Mean	4.4	2.54	0.79	0.39 ^B	-	-

^{a-d,A,B}Means in the same column with different letter were significantly different ($p<0.05$).

기에 수확한 사일리지보다 높은 값을 보였고, 저장기간이 길어짐에 따라 높아지는 경향이었지만 유의성은 없었다. 초산함량은 저장기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향이었고, 낙산함량은 저장기간이 길어지면서 4겹과 6겹에서 모두 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 비닐겹수에 따라서는 유숙기 수확한 사일리지에서 6겹이 유의적으로 높은 젖산함량을 보였고($p<0.05$), 초산함량은 6겹에서 약간 높았으며, 낙산함량은 4겹에서 높았다. 황숙기 사일리지는 4겹과 6겹 모두 비슷한 젖산함량을 나타냈고, 초산함량은 4겹에서 약간 높았으며, 낙산함량은 4겹에서 유의적으로 높았다($p<0.05$). Flieg's 점수로 확인해볼 때, 비닐겹수 및 저장기간에 따라 4겹에서는 6개월 이후부터 사일리지 품질이 떨어지는 것을 확인할 수 있었고, 6겹에서는 12개월까지 약간의 차이는 있지만 품질이 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 사일리지 발효는 수분, 박테리아 종류, 가용성탄수화물 그리고 밀봉상태 등 요인과 관련된다고 보고하였고(Charmley, 2000), 사일리지 내의 산소함량은 미생물의 변화에 영향을 주는 요인의 하나로, 산소의 유입은 호기성 미생물과 곰팡이를 번식시킬 수 있다고 보고하였다(Filya et al., 2000). 생볏짚 원형베일 사일리지에서 저장기간에 따른 비닐겹수는 6개월 이내 저장시에는 4겹 이상, 그리고 10개월 이상 저장 시에는 6겹 이상을 추천한다고 보고한 바가 있다(Kim et al., 2001). 또한 청보리 사일리지도 장기저장을 할 경우에는 6겹으로 하는 것이 유리하고, 4겹으로 처리했을 경우 6개월 안에 사용하는 것이 유리하다고 보고하였다(Song et al., 2015). 따라서 귀리 사일리지도 4겹으로 처리했을 경우에는 6개월 안에 사용하고, 장기저장을 고려한다면 6겹이상으로 처리하는 것이 바람직하다고 판단되었다. 원형사일리지 제조 시 비닐겹수가 적으면 저장기간이 길어질수록 산소의 유입이 발생할 수 있고, 사일리지 내의 혐기상태 유지가 어려울 수 있다. 또한 설치류나 기계운반 시 외부손상에도 쉽게 파손되어 사일리지 품질을 저하시킬 수 있다. 앞으로 현장에서는 비닐값에 대한 부담과 사일리지 품질등급에 따른 가격 차이, 그리고 이용시기 등을 고려하여 비닐겹수를 정하는 것이 바람직하다고 생각된다.

IV. 적 요

이 연구는 저장기간 및 비닐겹수에 따른 귀리 사일리지의 사료가치 및 사일리지 품질특성을 구명하고자 수행하였다. 귀리 사일리지의 조단백질 함량은 저장기간 모두 사일리지 제조 전에 비해 높아지는 경향을 보였고, 저장기간이 길어질

수록 높은 값을 보였지만 통계적인 유의성은 없었다. 비닐겹수에 따라서는 6겹 처리한 처리구가 4겹보다 높은 경향이였다. NDF와 ADF 함량 역시 저장기간 모두 사일리지 제조 전보다 높은 경향을 보였고, 저장기간 및 비닐겹수에 따라서는 비슷하였다. TDN 함량은 저장기간 모두 사일리지 제조 전보다 낮은 경향이었고, 저장기간 및 비닐겹수에 따라서는 비슷한 값을 보였다. pH는 저장기간이 길어짐에 따라 낮아지는 경향을 보였고, 비닐겹수에 따라서는 6겹에서 낮은 값을 보였다. 유기산 함량에서는 저장기간이 길어짐에 따라 젖산함량과 초산함량은 약간 증가하는 경향을 보였고, 낙산함량은 유의적으로 증가하는 경향이였다($p<0.05$). 비닐겹수에 따라서는 6겹에서 4겹보다 높은 젖산함량과 낮은 낙산함량을 보였다($p<0.05$). 따라서 귀리 사일리지는 4겹으로 처리했을 경우에는 6개월 안에 사용하고, 장기저장을 고려한다면 6겹이상으로 처리하는 것이 바람직하다고 판단된다.

VI. REFERENCES

- AOAC. 1995. Official method of analysis (15th ed.) Association & Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Charmley, E. 2000. Towards improved silage quality-A review. Crops and Livestock Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Nappan, Nova Scotia, Canada B0L 1C0.
- Cottyn, B.G., Boucque, C.H.V., Fiems, L.O., Vanacker, J.M. and Buysse, F.X. 1985. Unwilted and prewilted grass silage for finishing bulls. Grass and Forage Science. 40:119-125.
- Gordon, F.J. 1989. An evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. Grass and Forage Science. 44:169-179.
- Filya, I., Ashbell, G., Hen, Y. and Weinberg, Z.G. 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. Animal Feed Science and Technology. 88:39-46.
- Goering, H.K. and Van Soest. P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U.S. Gov. Print. Office Washington, DC.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des moines, IA.
- Heo, J.M., Lee, S.K., Lee, I.D., Lee, B.D. and Bae, H.C. 2005. Effect of different growing stages of winter cereal crops on the quality of silage materials and silages. Journal of Animal Science and Technology. (Korea.) 47:877-890.
- Hwang, J.J., Sung, B.R., Youn, K.B., Ahn, W.S., Lee, J.H., Chung, K.Y. and Kim, Y.S. 1985. Forage and TDN yield of several winter crops

- at different clipping date. Korean Journal of Crop Science. 30:301-309.
- Kim, J.G., Chung, E.S., Seo, S., Park, G.J. and Yoon, S.H. 2001. Effect of storing method and film layers on the quality of round baled fresh rice straw silage. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 21:75-80.
- Kim, J.G., Kim, D.A., Chung, E.S., Seo, S., Kim, J.D. and Ham, J.S. 1999a. Effect of maturity at harvest and wrap colors on the quality of round baled rye silage. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 19:355-362.
- Kim, J.G., Kim, D.A., Chung, E.S., Kang, W.S., Ham, J.S. and Seo, S. 1999b. Effect of maturity at harvest and inoculants on the quality of round baled rye silage. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 19:347-354.
- National Institute of Crop Science, Rural Development Administration (RDA). 2010. Task performance plan for test research business. pp. 45-54.
- Patterson, D.C., Mayne, C.S., Gordon, F.J. and Kilpatrick, D.J. 1997. An evaluation of an inoculant/enzyme preparation as an additive for grass silage for dairy cattle. Grass and Forage Science. 52:325-335.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Agricultural science and technology of analysis based on research(I). pp. 315-374.
- SAS. 2002. SAS system Release 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Song, T.H., Park, T.I., Park, H.H., Yoon, C., Kim, Y.K., Park, J.C., Kang, C.S., Son, J.H., Kim, K.H., Cheng, Y.G. and Oh, Y.J. 2015. Effect of film layers and storing period on the fermentation quality of whole crop barley silage. Journal of the Korean Grassland and Forage Science. 35:6-11.
- (Received : August 24, 2017 | Revised : November 14, 2017 | Accepted : February 20, 2018)