

수확시기와 조제방법이 청보리 사일리지의 사료가치 및 발효품질에 미치는 영향

송태화* · 박태일*[†] · 한옥규** · 박형호* · 조상균* · 오영진* · 강현중* · 장윤우* · 박광근*

*국립식량과학원 벼맥류부, **국립식량과학원

Effect of Harvesting Time and Making Method on Feed Value and Fermentative Quality in Silage of Whole Crop Barley

Tae-Hwa Song*, Tae-Il Park*[†], Ouk-Kyu Han**, Hyong-Ho Park*, Sang-Kyun Cho*, Young-Jin Oh*,
Hyeon-Jong Kang*, Yun-Woo Jang*, and Kwang-Geun Park*

*Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

**National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT This experiment was conducted to obtain basic a information on feed value and fermentative quality of whole crop barley with different harvesting time and making method. As a result, in case of feed value, crude protein, NDF and ADF content were decreased with late harvest, but TDN was increased. In the silage, the results were similar and these patterns showed the same before and after the silage making. Thus, there was no significantly difference in bale and chopper. In case of fermentative quality, pH of the silages showed increasing with late harvesting time but the contents of organic acid did lower, and those tendencies were the same in both bale and chopper condition. But the lactic acid content were approximately 23 percent higher in chopped condition. In conclusion, ensiling at yellow ripe stage is better than other stages, chopped ensiling could improve fermentation quality.

Keywords : whole crop barley, silage, feed value, fermentative quality

가축사료를 수입사료에 의존하고 있는 우리나라는 국제 곡물가의 폭등 및 불안정한 국제 수급환경에 대비하여 국내에서 필요한 사료의 안정적 확보를 위해 국내 자급사료의 개발과 이용효율의 증진이 절실한 실정이다. 이에 정부는 2014년까지 사료작물을 37만 ha 재배하여 양질의 조사료 자급률을 90%까지 향상시키는 정책을 추진하고 있다(MFAFF, 2011). 이러한 맥락에서 청보리는 국내 조사료의 자급현실

에 아주 중요한 위치에 자리매김하고 있다.

청보리는 기계화 생산이 용이하며 단위중량당 사료가치가 높고, 농가에서 자가채종이 가능한 것과 같은 장점이 많아 동계사료생산에 가장 적합한 작물로서(Kim *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2008), 사일리지 품질도 우수하다고 알려져 있다. 청보리는 내병성이 강할 뿐만 아니라 잡초와의 경합력이 높아 무농약재배나 유기재배에도 적합하며, 벼 후작으로 재배 시 제초제 처리없이 논에서 잡초의 발생빈도를 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 토양유기물 공급 및 논외의 건토효과까지 기대할 수 있다(Seo *et al.*, 2006). 이러한 장점 때문에 국내에서는 이모작으로 청보리의 재배면적이 급격히 확대되었고, 그에 따른 수확시기와 품질에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 그러나 사료맥류의 적정 수확시기가 수량위주로 평가되었고, 현장에서는 경종농가마다 수확시기가 일정하지 않아 사일리지 품질에 아주 많은 영향을 미치고 있다. 또한 국내 조사료는 대부분 사일리지 상태로 유통되는데, 조사료의 수확 및 저장 장비의 발전으로 동계 사료작물은 주로 곤포 사일리지 상태로 유통 이용되고 있다. 그러나 원형 곤포는 대형 포장(곤포무게가 500~800 kg)으로 소규모 축산농가에서는 취급과 급여가 불편한 실정이고, 최근에는 곤포사일리지 외에 초퍼 후 저장하는 사일리지가 생김으로 하여 조제방법에 따른 사일리지 품질의 연구도 필요하게 되었다.

따라서 이 연구는 사일리지 조제방법에 따른 청보리의 사료가치 및 발효품질을 평가하고자 실시하였다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2239 (E-mail) parktl@korea.kr

<Received 26 June, 2013; Accepted 13 November, 2013>

재료 및 방법

시험재료

시험재료는 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부에서 개발한 청보리 품종인 영양보리와 유연보리를 사용하였다.

재배 및 사일리지 조제

본 시험은 2010년 10월부터 2012년 10월까지 2년간 전북 익산에 소재한 국립식량과학원 벼맥류부에서 실시하였다. 파종양식은 휴폭 150 cm, 파폭 120 cm, 휴장 6 m에 휴립광산파를 하였으며, ha당 파종량은 220 kg이었다. 시비량은 청보리 표준시비량인 ha당 N₂ 118 kg, P₂O₅ 74 kg, K₂O 39 kg를 기준으로 하였는데, 이 중 질소는 기비로 40%, 추비로 60%로 분시하였으며, 인산과 칼리는 전량 기비로 사용하였다. 출수일은 영양보리 4월 27일, 유연보리 4월 25일이었고, 수확은 유숙기, 황숙기, 완숙기로 나뉘어 3차례 실시하였다. 사일리지는 각 수확시기에 맞춰 베일과 초퍼 두 가지 방법으로 조제하였으며, 이를 약 90일간 발효시킨 후 분석에 사용하였다.

사료가치 분석

분석용 시료는 각 품종의 수확기별로 반복마다 1 kg씩 시료를 취하여 70℃ 순환식 건조기에 60시간 이상 건조한 후 건물 중량을 칭량하여 건물함량을 산출한 다음 이를 분쇄기로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 시료의 조단백질은 AOAC (1995)방법으로, neutral detergent fiber(NDF)와 acid detergent fiber(ADF)는 Goering & Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. Total digestible nutrients(TDN)는 ADF와 NDF의 건물소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 $TDN(\%) = 88.9 - (0.79 \times \%ADF)$ 의 계산식을 이용하여 산출하였다(Holland, 1990).

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

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

사일리지의 pH 및 유기산 분석

pH는 시료 10 g에 3차 증류수 100 ml를 넣고 4℃로 맞춘 shaking incubator에 넣어 24시간 추출시킨 후 상층액을 취하여 측정하였다. 유기산은 pH에서와 같은 방법으로 상층부를 취한 후 여과지(Whatman No. 2)로 여과를 거친 후 다시 0.45 μ m syringe 필터로 최종 여과를 거친 후 HPLC를 이용하여 분석하였다. 유기산의 분석조건은 Table 1과 같다.

통계분석

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

결과 및 고찰

원재료의 사료가치

사일리지 제조 전 수확시기별 청보리 원재료의 사료가치는 Table 2와 같다. 조단백질함량은 수확시기가 유숙기에서 완숙기로 늦어짐에 따라 영양보리는 8.6%에서 6.9%, 유연보리는 8.4%에서 7.3%로 낮아졌고, NDF, ADF 함량은 각각 5.67%, 32.3%에서 42.3%, 23.4%로, 54.2%, 30.6%에서 43.3, 24.4%로 감소하였다($P < 0.05$). TDN 함량은 유숙기에서 황숙기로 갈수록 증가하는 경향을 보였는데, 영양보리는 63.4%에서 70.5%로, 유연보리는 64.8%에서 69.7%로 증가하였다($P < 0.05$). Hwang *et al.*(1985)은 보리, 호밀, 트리티케일, 밀의 조단백질 함량은 생육이 진행됨에 따라 감소한다고 보고하였는데, 이는 출수기 이후 전체 건물중에 대한 줄기의 비중이 높고, 생육후기로 갈수록 줄기가 목질화되면서 조단백질 함량이 현저히 낮아지기 때문이다. 청보리의 NDF와 ADF 함량은 출수기에 가장 높고, 출수 후 일수가 경과됨에 따라 현저히 낮아진다고 보고하였고(Song *et al.*, 2009), 수확시기가 늦어짐에 따라 TDN 함량은 증가한다고 보고하였는데(Yun *et al.*, 2009), 이 연구에서도 같은 경향을 보였다. NDF와 ADF는 구조 탄수화물에 속하고 세포벽을 구성하는 물질로 소화율과 밀접한 관계가 있으므로 사료가치 측면에서 중요한 요인으로 평가되고 있다. NDF와 ADF는 TDN과 부의 상관관계를 가지는데 유숙기에서 황숙기로 갈수록 섬유소 함량이 줄어드는 것은 이 시기는 종자의 성숙이 동반되므로 종실부분에 전분함량의 축적이 늘어나면서 전체 식물체에 대한 섬유소 함량은 줄어들고 반면 TDN 함량은 증가되는 것으로 사료된다.

Table 2. Changes in feed value according to harvest stages in whole crop barley.

Cultivar	Harvest stages	Feed value (%)			
		CP	NDF	ADF	TDN
Youngyang	Milk ripe stage	8.6 ^a	56.7 ^a	32.3 ^a	63.4 ^c
	Yellow ripe stage	7.5 ^b	47.1 ^b	26.6 ^b	68.3 ^b
	Full ripe stage	6.9 ^c	42.3 ^c	23.4 ^c	70.5 ^a
	Mean	7.6	48.7	27.4	67.4
Yuyeon	Milk ripe stage	8.4 ^a	54.2 ^a	30.6 ^a	64.8 ^c
	Yellow ripe stage	7.6 ^b	47.0 ^b	25.7 ^b	68.6 ^b
	Full ripe stage	7.3 ^c	43.3 ^c	24.4 ^c	69.7 ^a
	Mean	7.7	48.1	26.9	67.7

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

Table 3. Changes in feed value according to making methods and harvest stages and harvest methods in whole crop barley silage.

Harvest methods	Cultivar	Harvest stages	Feed value (%)			
			CP	NDF	ADF	TDN
Bailing	Youngyang	Milk ripe stage	8.7 ^a	56.2 ^a	33.9 ^a	62.8 ^b
		Yellow ripe stage	7.9 ^b	44.5 ^b	25.3 ^b	69.0 ^a
		Full ripe stage	7.3 ^c	41.4 ^c	23.0 ^b	70.7 ^a
	Yuyeon	Milk ripe stage	9.0 ^a	56.3 ^a	34.0 ^a	62.1 ^b
		Yellow ripe stage	7.9 ^b	51.5 ^b	30.0 ^b	65.2 ^a
		Full ripe stage	7.0 ^c	49.0 ^c	28.1 ^b	66.7 ^a
	Mean	7.9	49.8	29.0	66.1	
Chopping	Youngyang	Milk ripe stage	8.6 ^a	56.8 ^a	34.3 ^a	61.8 ^c
		Yellow ripe stage	8.2 ^b	50.4 ^b	30.1 ^b	65.1 ^b
		Full ripe stage	7.5 ^c	39.1 ^c	21.1 ^c	72.2 ^a
	Yuyeon	Milk ripe stage	9.1 ^a	57.9 ^a	35.5 ^a	60.9 ^c
		Yellow ripe stage	8.2 ^b	51.0 ^b	30.8 ^b	64.6 ^b
		Full ripe stage	7.2 ^c	41.4 ^c	22.9 ^c	70.8 ^a
	Mean	8.1	49.4	29.1	65.9	

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

사일리지 사료가치

조제방법에 따른 수확시기별 사일리지의 사료가치는 Table 3과 같다. 사일리지에서도 수확시기가 늦어짐에 따라 사일리지 제조 전과 같은 경향으로 단백질과 섬유소함량은 감소하고 TDN 함량은 증가하였다($P < 0.05$). 조제방법별로 볼 때 베일과 초퍼에 따른 사료가치의 차이는 보이지 않았다. 사일리지 조제 전과 비교해볼 때, 조단백질, NDF와 ADF함량은 약간 증가한 경향을 보였고, TDN함량은 감소하는 경향을 보였다. Heo *et al.*(2005)는 맥류 사일리지의 조성분을

제조전과 비교했을 시, 수분함량은 감소하고, 조단백질 함량은 증가되었다고 보고하였고, Kim *et al.*(2000)은 ADF 함량은 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 나타내었다고 보고하였으며, Patterson *et al.*(1997)과 Gordon(1989)도 섬유소 함량은 사일리지 제조 후 증가된다고 보고하였다. 또한 Cottyn *et al.*(1985)은 사일리지 조제로 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량은 증가하고 NFE의 함량은 감소한다고 보고하였다. 이는 사일리지 발효에서 미생물들은 주로 수용성탄수화물을 기질로 이용하기 때문에 이들의 손실이

단백질과 섬유소 함량의 상대적 증가를 초래한 것으로 생각된다.

사일리지 pH 및 유기산

조제방법에 따른 수확시기별 사일리지 pH 및 유기산함량은 Table 4와 같다. pH는 모든 처리구에서 수확시기가 늦어질수록 높아지는 경향을 보였고, 유기산 함량은 사일리지 조제방법에 관계없이 수확시기가 늦어질수록 줄어드는 경향을 보였다($P<0.05$). 조제방법별로 볼 때, 품종에 관계없이 베일보다 초퍼에서 젖산함량이 약 23%정도 증가하였다($P<0.05$). pH는 사일리지 품질의 양부를 판단하는 가장 기본적이고 핵심적인 기준으로, pH만으로 발효양상과 저장성의 정도를 알 수 있다. 사일리지의 pH는 건물함량과 아주 밀접한 관계를 갖고 있는데, 건물함량이 높을수록 미생물의 활성이 낮아지기 때문에 더 높은 산도에서도 좋은 저장성을 가질 수 있다. 따라서 사일리지 품질 평가 시 건물함량과 산도를 동시에 고려하여야 한다. Shin & Yun(1983)은 건물함량이 높을수록 사일리지의 pH가 높아진다고 보고하였는데, 본 시험에서 청보리의 수확시기가 늦어질수록 건물함량이 높아지므로 pH가 높게 나타난 것으로 사료된다. 사일리지 발효상태는 미생물의 대사기질로 이용되는 수용성탄수화물 함량에 따라 다른데, 사료맥류는 수잉기에서 황숙기로 갈수

록 수용성탄수화물의 함량은 감소한다고 보고하였다(Heo *et al.*, 2005). 즉 수확시기가 늦어질수록 수용성탄수화물이 감소하면서 발효에 영향을 미쳐 pH는 높고, 젖산함량이 낮은 것으로 생각된다. 사일리지 내 산소함량 또한 미생물의 변화에 영향을 주는 요인 중 하나로, 산소는 호기성 미생물과 곰팡이를 번식시킨다. 호기성 발효기간에 생성되는 초산은 가축의 에너지원으로 이용되기 때문에 불량발효라고 할 수는 없지만, 유산발효에 비해 양분손실이 크기 때문에 유익한 발효라고 할 수 없다. 그러므로 산소의 유입을 줄여 최대한 빨리 혐기성 발효인 유산발효를 일으키는 것이 양분손실과 사일리지 저장성을 높이는데 유리하다. 사일리지 내 산소함량은 주로 건물함량, 절단길이, 진압정도, 밀봉상태 등의 영향을 받으므로, 재료를 초퍼처리하면 베일보다 재료들 사이에 밀착이 용이해져 산소의 유입을 줄일 수 있어 보다 빨리 혐기발효상태로 진입할 수 있다. 또한 초퍼로 인한 기계적 손상으로 세포내용물의 용출이 용이해져 쉽게 미생물의 기질로 이용될 수 있는 것도 초퍼로 조제한 사일리지가 베일 사일리지보다 젖산 함량이 높은 원인이라고 생각된다. Han & Yun(1978)도 사일리지 제조 시 기계를 사용하여 1~2 cm로 세절하여 공기배출을 촉진하고 즙액유출을 용이하게 하며, 단위면적당 충전재료량을 증가시키고 저장중의 양분손실을 줄이는 등 발효조건을 개선하여 질이 좋은

Table 4. Changes in pH, organic acid according to making methods and harvest stages in whole crop barley silage.

Harvest methods	Cultivar	Harvest stages	pH	Organic acid (% DM)		
				Lactic	Acetic	Butyric
Bailing	Youngyang	Milk ripe stage	4.6	4.29 ^a	1.86	0.04
		Yellow ripe stage	4.7	4.01 ^b	0.61	0.03
		Full ripe stage	4.9	3.21 ^c	0.99	-
	Yuyeon	Milk ripe stage	4.5	4.32 ^a	1.30	0.02
		Yellow ripe stage	4.6	3.59 ^b	1.41	0.03
		Full ripe stage	5.0	2.82 ^c	0.82	-
	Mean	4.7	3.71 ^B	1.17	0.03	
Chopping	Youngyang	Milk ripe stage	4.5	4.91 ^a	1.21	0.05
		Yellow ripe stage	4.7	4.30 ^b	0.81	0.03
		Full ripe stage	4.8	3.77 ^c	0.89	-
	Yuyeon	Milk ripe stage	4.2	5.76 ^a	1.28	0.02
		Yellow ripe stage	4.5	4.70 ^b	1.29	0.03
		Full ripe stage	4.8	3.87 ^c	0.40	0.01
	Mean	4.6	4.55 ^A	0.98	0.03	

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

- non detected

사일리지를 얻을 수 있다고 보고하였다. 현재는 장비의 제한으로 초퍼로 이용하는 농가가 많지는 않지만 앞으로 양질의 사일리지 조제를 위해서는 관련분야의 더 깊은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

적 요

이 연구는 조제방법에 따른 수확시기별 청보리의 사료가치 및 발효품질을 평가하기 위하여 실시하였다. 그 결과, 청보리 원재료의 사료가치는 수확시기가 늦어짐에 따라 조단백질, NDF와 ADF 함량은 감소하고, TDN 함량은 증가하였다($P<0.05$). 이러한 수확시기별 사료가치의 변화는 사일리지에서도 제조 전과 같은 경향이었으며, 사일리지 제조 전후를 비교하여 볼 때, 조단백질과 섬유소 함량이 다소 증가되는 경향을 보였다. 조제방법별로 볼 때 베일과 초퍼에 따른 사료가치의 차이는 보이지 않았다. 사일리지의 pH는 모든 처리구에서 수확시기가 늦어질수록 높아지는 경향을 보였고, 유기산 함량은 사일리지 조제방법에 관계없이 수확시기가 늦어질수록 줄어드는 경향이었으며($P<0.05$), 조제방법별로 볼 때 품종에 관계없이 일반수확보다 초퍼에서 젓산 함량이 약 23%정도 증가하는 경향이었다($P<0.05$). 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 청보리는 황숙기에 수확하는 것이 유리하며, 베일보다는 초퍼로 사일리지를 제조하는 것이 발효품질을 향상시킬 수 있는 방법이라고 사료된다.

사 사

본 연구는 2010~2012년도 농촌진흥청 연구개발과제 「청보리 소비확대를 위한 용도다양화 및 고급화 연구」에 의해 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

인용문헌

AOAC. 1995. Official method of analysis (15th ed.) Association & Official Analytical Chemists, Washington DC.
 Cottyn, B. G., C. H. V. Boucque, L. O. Fiems, J. M. Vanacker, and F. X. Buysse. 1985. Unwilted and prewilted grass silage for finishing bulls. *Grass Forage Sci.* 40 : 119-125.
 Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agic. Handbook 379*, U.S. Gov. Print. Office Washington, DC.
 Gordon, F. J. 1989. An evaluation through lactating cattle of

a bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass Forage Sci.* 44 : 169-179.
 Han, J. D. and I. S. Yun. The evaluation of different factors influencing the quality of silage. 1978. *J. Korean Grassl. Forage Sci.* 1(1) : 18-28.
 Heo, J. M., S. K. Lee, I. D. Lee, B. D. Lee, and H. C. Bae. Effect of different growing stages of winter cereal crops on the quality of silage materials and silages. 2005 *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 47(5) : 877-890.
 Holland, C., W. Kezar, W. P. Kautz, E. J. Lazowski, W. C. Mahanna, and R. Reinhart. 1990. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des moines, IA.
 Hwang, J. J., B. R. Sung, K. B. Youn, W. S. Ahn, J. H. Lee, K. Y. Chung, and Y. S. Kim. 1985. Forage and TDN yield of several winter crops at different clipping date. *Korean J. Crop Sci.* 30(3) : 301-309.
 Kim, J. G., S. Seo, E. S. Chung, W. S. Kang, J. S. Ham, and D. A. Kim. 2000. Effect of maturity at harvest on the changes in nutritive value of round baled rye silage. *J. Korean Grassl. Forage Sci.* 20(4) : 309-316.
 MFAFF. 2011. Program for the increased production of roughage. Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea.
 Park, T. I., O. K. Han, J. H. Seo, J. S. Choi, K. H. Park, and J. G. Kim. 2008. New barley cultivars with improved morphological characteristics for whole crop in Korea. *J. Korean Grassl. Forage Sci.* 28(3) : 193-202.
 Patterson, D. C., C. S. Mayne, F. J. Gordon, and D. J. Kilpatrick. 1997. An evaluation of an inoculant/enzyme preparation as an additive for grass silage for dairy cattle. *Grass Forage Sci.* 52 : 325-335.
 SAS. 2002. SAS system Release 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC.
 Seo, S., W. H. Kim, and J. G. Kim. 2006. Production and utilization of whole crop barley and whole crop rice in Korea. *Chines J. Korean Grassl. Forage Sci.* 16(Suppl): 274-279.
 Shin, C. N. and I. S. Yun. 1983. The effect of pre-wilting herbage on the composition and feeding value of silage. *J. Korean Grassl. Forage Sci.* 3(2) : 92-99.
 Song, T. H., O. K. Han, S. K. Yun, T. I. Park, J. H. Seo, K. H. Kim, and K. H. Park. 2009. Changes in quantity and quality of winter cereal crops for forage at different growing stages. *J. Korean Grassl. Forage Sci.* 29(2) : 129-136.
 Yun, S. K., T. I. Park, J. H. Seo, K. H. Kim, T. H. Song, K. H. Park, and O. K. Han. 2009. Effect of harvest time and cultivars on forage yield and quality of whole crop barley. *J. Korean Grassl. Forage Sci.* 29(2) : 121-128.