CNU Journal of Agricultural Science Vol. 42, No. 4, pp. 383-388 December 2015
DOI: http://dx.doi.org/10.7744/cnujas.2015.42.4.383

헤어리베치의 첨가가 맥류 사일리지의 품질에 미치는 영향

장원섭[1] · 양병모[1] · 허정민[1] · 이형석[2] · 이수기[1]*

[1]충남대학교 동물자원과학부, [2]우송정보대학

Effects of supplementation of hairy vetch on the quality of whole crop barley silage

Won-Sup Jang[1], Byung-Mo Yang[1], Jung-Min Heo[1], Hyung-Suk Lee[2], Soo-Kee Lee[1]*

[1]*College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejon, 34134, Korea*
[2]*Woosong College, Daejeon, 34606, Korea*

Received on 14 October 2015, revised on 19 November 2015, accepted on 14 December 2015

Abstract : This study was conducted to investigate the effects of hairy vetch supplementation on quality of winter crop silage. There were 4 treatments (addition levels of hairy vetch ; 0, 5, 15, and 30%) with 3 replicates. Experimental silages stored for 40 days at room temperature (20 - 25℃). THe silage crude protein level was improved (P<0.05) while hairy vetch supplementation increased. However, no difference was found (P>0.05) in crude fat, NDF and ADF of the silage while hairy vetch supplementation increased. The silage pH was increased (P<0.05) but lactic acid level was decreased (P<0.05) while hairy vetch supplementation increased. Nonetheless, acetic and butyric acids concentrations were increased (P<0.05) while hairy vetch supplementation increased. Sucrose, glucose and fructose levels were increased (P<0.05) while hairy vetch supplementation increased. Although negative effects were detected in whole crop barley silage while hairy vetch supplementation increased, optimum level of hairy vetch supplementation could be overwhelmed its negative effects on whole crop barley silage. Thus, the results of present study suggested that 15% hairy vetch supplementation of whole crop barley silage would be beneficial its quality maintenance compared to whole crop barley silage *per se*.

Key words **:** Crude protein, Hairy vetch, Whole crop barely silage, Organic acids

I. 서 론

청보리 사일리지는 볏짚과 더불어 국내 조사료의 주축을 이루고 있다. 그러나 영양소의 균형 면에서 보면 에너지 수준에 비하여 조단백질의 함량이 매우 낮다(Darby and Lauer, 2002). 청보리 뿐만 아니라 옥수수에 있어서도 영양소 불균형은 전자와 동일한 사정이다(Carruthers et al., 2000; NRC, 2001). 이를 보완하기 위한 시도로서 화본과 목초에 요소를 첨가한 연구가 있었지만 pH 강하가 늦고 발효가 지연되는 등 유용한 결과를 얻지 못하였다(Kung et al., 2003). 그리하여 많은 간작(intercroping) 시험이 시도되었는 바, Ofori와 Stern(1987)은 옥수수와 대두의 혼합 파종을 통해 에너지와 단백질 함량을 높이고자 하였고, 몇몇 연구에서는 대두와 옥수수의 혼합 파종을 통하여 생산량이 20 – 40% 증가하였고(Ahmed and Rao, 1982; Singh et al., 1986; Martin et al., 1990), 단백질 함량은 11 – 15% 증가한 결과가 나왔다고 하였다(Putnam et al., 1986). Carruthers 등(2000)은 옥수수에 콩 및 루핀이 혼합된 사일리지를 제조하였고, Contreas-Govea 등(2009)도 climbing bean을 옥수수에 혼합하여 사일리지를 제조하여 단백질 함량을 12.6% 증가시켰으나 옥수수 단작(monoculture)에 비하여 NDF 함량은 8.8%, pH는 6.2% 높아졌다고 보고하였다. Titterton과 Maasdrop(1997)도 옥수수와 두과작물을 50:50으로 사일리지를 제조하였는데 조단백질 함량의 증가를 가져왔지만 섬유소 함량의 증가와 소화율의 감소를 보고하였다. 이 외에도 많은 연구자들이 옥수수와의 간작 시험(Putnam et al., 1985; Putnam et al.,

***Corresponding author:** Tel: +82-42-821-5775
E-mail address: leesk@cun.ac.kr

1986; Singh et al., 1986; Anil et al., 2000; Mustafa and Seguin, 2003; Armstrong et al., 2008)을 실시하였다. 결론적으로 사일리지의 pH 상승, 섬유소 함량의 증가 등 부정적 요인을 최소화하고 조단백질 함량을 효율적으로 올리는 것이 요점인 것으로 생각된다. 화본과와 두과 사료작물의 간작은 조사료의 조단백질 함량을 높일 뿐만 아니라 근류균에 의하여 토양의 질소함량을 증가시키는 등 부가적인 잇점도 있어 유용한 방법이라 하겠다. 현재 국내에서는 사일리지의 조단백질 함량을 증가시키기 위한 시도가 활발하지 않은 실정이다. 본 실험은 화본과-두과 간작을 위한 기초조사로서 헤어리베치를 청보리에 0, 5, 15 및 30% 첨가하여 사일리지를 제조하고 이것이 pH, 조성분, 유기산 함량 등에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 재료

호숙기의 청보리 및 개화초기의 헤어리베치를 사용하였으며, 화학적 조성은 Table 1과 같다. 사일리지의 제조는 헤어리베치와 청보리를 길이 5 cm 정도로 절단하여 158 L(지름 46 cm, 높이 95 cm) 용적의 플라스틱 용기에 4처리(헤어리베치 첨가수준 : 원물기준 0, 5, 15 및 30%), 3반복으로 중량이 일정하도록 조절하여 충전하였다. 첨가제로는 유산균 첨가제(*Lactobacillus plantarum* 1.5×10^{10} cfu/g, 주-청미바이오, 한국) 1 g을 재료 500 kg에 첨가하는 비율로 사용하였다.

2. 화학적 성분 분석

조단백질, 조지방, 조회분, NFE, 수분, glucose 및 fructose는 AOAC(1995) 방법으로, NDF 및 ADF는 Goering and Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. 전분의 정량은 샘플 0.2 g을 7 ml 증류수와 혼합하여 가열기(EYELA, MAC-601, 일본)로 115℃에서 60분간 처리를 하고, 초산완충 용액 5mL(0.2 M CH_3COOH 3 ml와 0.2 M CH_3COONa_3 H_2O 2 ml의 혼합액)와 amyloglucosidase 5 ml를 혼합하여 항온수조(㈜JEIO TECH, BW-20G, 한국)에 40℃로 1시간 처리하였다. 그 후 약 17 ml의 실험액을 50 ml 플라스크에 넣고 나머지를 증류수로 채운 후에 filter paper를 이용하여 여과한 후 tube에 넣고 YSI 2700 SELECT(㈜유진하이텍, 한국)를 이용하여 분석하였다. 계산식은 전분(%) = YSI 2700 결과 값 / Sample(g) × 50% × 0.09

- 50 : 희석배수, 0.09 : 전분계수
- 계산식 출처 : YSI 2700 SELECT BIOCHEMISTRY ANALYZER USER'S MANUAL(1993년)

Table 1. Chemical composition of silage materials used in the experiment.

Silage matterials	Stages	Chemical composition, DM %					
		Crude protein	Crude fat	Crude ash	NFE[1]	NDF[2]	ADF[3]
Whole crop barley	Yellow ripe	6.8	3.1	7.5	51.6	51.2	30.3
Hairy vetch	Early bloom	26.7	4.3	10.5	35.5	58.1	32.4

[1]Nitrogen free extract.
[2]Neutral detergent fiber.
[3]Acid detergent fiber.

Table 2. HPLC and GC condition for the analysis of organic acids.

Items	Conditions	
	HPLC	GC
Column	SUPELCOGEL C610H	Alltech 19686, ID 0.25 mm Length 30 m
Detector	UV, 210 nm (Waters 2487)	FID (Shimazu)
Flow rate	0.5 mL/min	H_2 : 0.65 mL/min Linear velosity : 22 cm/sec
Solvent	0.1% phosphoric acid	Ethanol
Absorbance	210 nm	
Injection volume	20 ㎕	0.4 ㎕

사일리지의 pH는 용기에 사일리지 100 g과 동량의 증류수를 취하여 밀봉한 후, 2 – 4℃에 24시간 정치시킨 후 원심분리(2,000 × g)하여 상층액을 취하여 pH meter (Corning사, 440, UAS)로 측정하였다. 유기산 함량의 측정은 시료를 균질화한 후 2 g을 tube에 넣고, 사일리지가 잠길 수 있도록 4 mL의 3차 증류수를 취하여 24시간 정치시켰다. 그 다음 원심분리기(Hanil, union 32, Korea)를 이용하여 2,000 × g에서 20분간 처리하여 상층액을 취하여 0.2 ㎛ pore의 filter에 여과시킨 후 일정량을 취하여 HPLC(Waters 1260, USA)로 분석하였고, 초산과 낙산은 GC(Shimadzu GC 17A, Japan)로 분석하였으며 분석조건은 Table 2와 같다.

3. 통계 분석

실험 결과의 통계처리는 분산분석(SAS, 2005)을 실시한 후, 각 처리별 평균간의 차이는 Duncan(1955)의 신다중검정법으로 5% 수준에서의 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사일리지의 화학적 조성

사일리지의 화학적 조성은 Table 3에 나타낸 바와 같이 수분은 각 처리별로 재료의 영향을 받은 것으로 생각되며, 조단백질 함량은 헤어리베치의 첨가 수준이 높아짐에 따라 유의하게 향상되었으며 조지방, NDF 및 ADF 함량은 헤어리베치의 첨가 수준이 높아짐에 따라 많아지는 경향을 보였다. 그러나 처리구간의 비교에서 부분적으로는 유의하지 않은 결과도 있었다. 본 실험과 유사한 보고로서, Contreras-Govea 등(2009)도 옥수수 사일리지에 climbing bean이 첨가된 실험에서 조단백질 함량이 12.6% 증가되는 긍정적 결과를 얻었으나, NDF 함량이 8.8% 증가되는 부정적 결과를 보고하였다. 또한 이들은 세 가지 콩과 식물(velvet bean, lablab bean, scarlet runner bean)의 혼합파종 실험에서 파종 비율과 발효 전후에 따른 유의한 차이를 보였는데 생초에서는 밀도가 높은 쪽이 건물 함량은 높았으나, 조단백질 함량은 낮았으며 사일리지에서도 유사한 결과가 나왔다고 하였다. 콩의 종류에 따라서는 생초에서 velvet bean이 건물량과 CP값이 유의하게 높은 결과를 보였으며, 옥수수 단일파종에 비해 혼합파종은 조섬유 값이 높았고, 소화율이 낮았으나 scarlet runner bean에서만 대조구와 유사하거나 높은 결과를 보였다고 하였다. Putnam 등(1984)도 옥수수와 콩을 혼파한 시험에서 콩의 첨가비율이 높아짐에 따라 조단백질 함량이 유의하게 증가하였음을 보고한 바 있다. Anil 등(2000)도 해바라기·케일 및 깍지콩을 옥수수와 혼합하여 사일리지로 제조하였는데 단백질 함량은 옥수수 단일구가 8.1%인 것에 비하여 해바라기 13.7%·케일 10.5%·깍지콩 12%로 더 높았다고 보고하였다. 본 실험에서 헤어리베치의 첨가로 섬유소 함량이 증가되는 경향을 보인 것은 첨가수준의 결정에 있어 유의할 부분으로 생각된다.

2. pH 및 유기산 함량

pH는 헤어리베치의 첨가수준이 증가함에 따라 유의하

Table 3. Effect of hairy vetch supplementation on the chemical composition of whole crop barley silage.

Items	Levels of Hairy vetch supplementation	Chemical composition				
		Moisture	Crude protein	Crude fat	NDF[1]	ADF[2]
		---------- % ----------		---------- %, DM ----------		
Whole crop barley silage	0	65.6[c]	7.2[d]	2.4[c]	50.2[b]	30.4[b]
	5	68.0[bc]	8.0[c]	2.6[c]	50.9[b]	31.2[b]
	15	70.1[b]	11.2[b]	3.3[ab]	52.1[ab]	33.4[a]
	30	73.5[a]	14.8[a]	3.8[a]	55.0[a]	34.8[a]
	SEM[3]	0.42	0.11	0.09	0.33	0.30

[1]Neutral detergent fiber.
[2]Acid detergent fiber.
[3]Standard error of the mean.
[a-d]Means within a column with same superscripts are not significantly different (p>0.05).

게 상승하였고, 유산의 함량은 헤어리베치의 수준이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 초산과 낙산 함량은 헤어리베치의 첨가수준이 많아짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었다(Table 4). 이 결과는 젖산의 함량이 pH에 영향을 미친 것으로 생각된다(Weinberg and Muck, 1996). Contreras-Govea 등(2009)은 옥수수에 climbing bean이 혼합된 사일리지가 옥수수 단일 사일리지보다 pH가 0.06 높았다고 하였고, 젖산 함량은 옥수수 단일구에 비하여 5.2% 감소되었다고 하였다. 본 실험의 결과에 있어 헤어리베치 30% 첨가구의 pH 및 유기산 함량은 일반화된 기준으로 하등 등급으로 사료되며, 15% 정도의 헤어리베치 첨가는 품질 유지에 별 지장이 없는 수준으로 생각된다. 두과 사료작물의 경우 화본과 작물보다 유기산의 함량이 많지만 오히려 pH가 높게 나오는 것은 이들의 완충작용이 사일리지 내의 pH 변화를 억제하기 때문으로 추측할 수 있다(Albrecht and Beauchemin, 2003; Muck et al., 2003).

3. 수용성 탄수화물 함량

사일리지의 화학적 조성에 대한 본 시험의 결과는 Table 5에서 보는 바와 같이 sucrose, glucose 및 fructose의 함량이 헤어리베치의 첨가수준 증가에 따라 많아지는 경향을 보인 것은 헤어리베치의 첨가가 사일리지의 유산발효에 부정적 요인임을 암시한다고 할 수 있다. 그러나 사일리지의 단백질 수준 향상을 위하여 발효에 대한 부정적 요인을 어느 정도까지 수용하여야 하는가는 사일리지의 동물에 대한 기호성과 보존성을 종합적으로 검토하여야 할 것으로 사료된다.

본 실험에서는 사일리지의 수용성 탄수화물의 함량이 헤어리베치 첨가량이 많아짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었는데, 이 결과는 첨가된 헤어리베치 첨가량이 적을수록 수용성 탄수화물의 분해량이 많았음을 의미한다고 하겠다. McDonald(1981)는 사일리지 제조시 발효에 대한 장애 요인이 많은 처리구의 경우 낮은 구보다 수용성 탄수화물의 함량이 높다고 하였으며, 본 실험에서는 벳치의 첨가도 수용성 탄수화물의 발효면에서는 긍정적 요인은 아니라고 생

Table 4. Effect of hairy vetch supplementation on the organic acid of whole crop barley silage.

Items	Levels of Hairy vetch supplementation	pH	Organic acids		
			Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid
	%		---------- %, DM ----------		
Whole crop barley silage	0	4.21[d]	3.27[a]	0.11[c]	0.33[c]
	5	4.35[c]	3.20[ab]	0.13[ab]	0.38[b]
	15	4.50[b]	2.9[b]	0.14[ab]	0.42[b]
	30	4.98[a]	2.0[c]	0.20[a]	0.62[a]
	SEM1	0.11	0.08	0.01	0.01

[1]Standard error of the mean.
[a-c]Means within a column with same superscripts are not significantly different (p>0.05).

Table 5. Effect of hairy vetch supplementation on the water soluble carbohydrates of whole crop barley silage.

Items	Levels of Hairy vetch supplementation	Water soluble carbohydrates		
		Sucrose	Glucose	Fructose
	%	---------- %, DM ----------		
Whole crop barley silage	0	0.64[bc]	0.75[b]	0.93[c]
	5	0.74[b]	0.80[ab]	1.88[ab]
	15	0.80[b]	0.97[a]	2.05[a]
	30	0.91[a]	1.00[a]	2.23[a]
	SEM1	0.02	0.03	0.08

[1]Standard error of the mean.
[a-c]Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

각되지만 조단백질 함량의 증가 측면에서는 서로 상쇄될 수 있는 조건으로 생각된다.

종합적으로, 사일리지 제조에 있어 청보리에 대한 헤어리베치의 첨가는 발효 성상면에서 볼 때 부정적 요인이기는 하지만 적정한 첨가 수준에서는 조단백질 함량의 증가 등, 부정적 요인을 능가하는 장점이 있고, 부정적 요인도 상대적 개념으로 볼 필요가 있다고 사료된다. 따라서 청보리에 대한 15% 정도의 헤어리베치 첨가는 적절한 품질을 유지할 수 있을 것으로 판단되며, 긍정적이라고 사료된다.

IV. 결 론

본 실험은 맥류 사일리지의 조단백질 함량을 증가시키기 위하여 헤어리베치를 청보리에 0, 5, 15 및 30% 첨가하여 이것이 pH, 조성분, 유기산 및 수용성 탄수화물 함량 등에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 4처리(헤어리베치 첨가 수준 ; 0, 5, 15 및 30%)에 3반복으로 사일리지를 제조하고 40일 간 20 - 25℃의 실온에 보관하였다.

사일리지의 조단백질 함량은 헤어리베치의 첨가 수준이 높아짐에 따라 유의하게($p<0.05$) 향상되었으며 조지방, NDF 및 ADF 함량은 헤어리베치의 첨가 수준이 높아짐에 따라 많아지는 경향을 보였다. pH는 헤어리베치의 첨가수준이 증가함에 따라 유의하게($p<0.05$) 상승하였고, 유산의 함량은 헤어리베치의 수준이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 초산과 낙산 함량은 헤어리베치의 첨가수준이 많아짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 사일리지의 sucrose, glucose 및 fructose의 함량은 헤어리베치의 첨가수준 증가에 따라 많아지는 경향을 보였다. 사일리지 제조에 있어 청보리에 대한 헤어리베치의 첨가는 발효 성상면에서 볼 때 부정적 요인이기는 하지만 적정한 첨가수준에서는 조단백질 함량의 증가 등 부정적 요인을 능가하는 장점이 있는 바, 청보리에 대한 15% 정도의 헤어리베치 첨가는 적절한 품질을 유지하는데 지장이 없으며 긍정적이라고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2013년 충남대학교 학술연구 지원 사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

Ahmed S, Rao M. 1982. Performance of maize-soybean intercrop combination in the tropics : results of a multi-location study. Field Crops Res. 5:147-161.

Albrecht KA, Beauchemin KA. 2003. Alfalfa and other perennial legume silage. In Buxton DR et al. (ed.) Silage science and technology. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. 633-664.

Armstrong KL, Albrecht KA, Lauer JG, Riday H. 2008. Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. J. Crop Sci. 48:371-378.

Anil L, Park J, Philips RH. 2000. The potential of forage-maize intercrops in ruminant nutrition. Animal Feed Science and Technology. 86:157-164.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. (16th ed.) Association of Official Analytical Chemists. Washington. D. C., USA.

Carruthers K, Prithivira B. FE, Cloutier D, Martin RC, Smith DL. 2000. Intercropping of corn with soybean, lupin and forages: Silage yield and quality. J. Agronomy and Crop Science. 185:177-185.

Contreras-Govea FE, Muck RE, Armstrong KL, Albrecht KA 2009. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology. 150:1-8.

Darby HM, Lauer JG. 2002. Planting date and hybrid influence on corn forage yield and quality. Agron. J. 94:281-289.

Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1-42.

Goering HK, Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analysis. ARS, USDA Agric. Handbook.

Kung L JR, Stokes MR, Lin CJ. 2003. Silage additives. In:Buxton DR, Harrison JH, Muck RE(Eds.), Silage science and Technology. Argon. Monogr. 42. ASA. CSSA, Madison, WI, pp. 305-360.

Martin RC, Voldeng HC Smith DL. 1990. Intercropping corn and soybean in a cool temperate region: Yield, protein and economic benefits. Field Crops Res. 23:295-310.

McDonald P. 1981. The biochemistry of silage. A Wiley-Interscience Publication. pp. 148-152.

Muck RE, Moser LE, Pitt RE. 2003. Postharvest factors affecting ensiling. In: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH. (Eds), Silage Science and Technology. Agron. Monogr. 42. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 251-304.

Mustafa AF, Seguin P. 2003. Characteristics and *in situ* degradability of whole crop faba bean, pea, and soybean silages. Can. J. Anim. Sci. 83(4):793-799.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements Dairy Cattle, 7th Rev. ed. Natl Acad. Sci., Washington, D.C.

Ofori F, Stern WR. 1987. Cereal-legume intercropping systems. Adv. Agron. 41:41-86.

Phipps RH. 1994. Complementary forages for milk production. In L Garnsworthy, P.C>, Cole, D.J.A.(Eds.). Recent Advanced in Animal Nutrition. Butterworths, London. 215-230.

Putnam DH, Herbert SJ, Vargas A. 1985. Intercropped corn-soybean

density studies. I. Yield complementarity. Exp. Agric. 21:41-51.

Putnam DH, Herbert SJ, Vargas A. 1986. Intercropped corn-soybean density studies. II. Yield composition and protein. Exp Agric. 22:373-381.

SAS Institute. 2005. SAS Prosedure guide. VERSION 8.2. SAS Inst., Cary, NC.

Singh NB, Singh PP, Nair KPP. 1986. Effect of legume intercropping on enrichment of soil nitrogen, bacterial activity and productivity of associated maize crops. Exp Agric. 22:339-344.

Titterton M, Maasdrop BV. 1997. Nutritional improvement of maize silage dairying mixed crop silage from sole and intercropped legumes and a long season variety of maize. 2. Ensilage. Anim. Feed Sci. Technol. 69:263-270.

Weinberg ZG, Muck RE. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Micro-biol. REV. 19:53-68.