

PLANT & FOREST

Effects of *Glycine soja* and hairy vetch supplementation on the nutritional quality of corn silage

Kang Seok Jung¹, Hyun Min Cho¹, Hyung Suk Lee², Jung Min Heo¹, Soo Kee Lee^{1*}

¹College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Woosong College, Daejeon 34606, Korea

*Corresponding author: leesk@cnu.ac.kr

Abstract

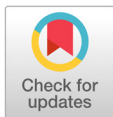
This study evaluated the effects of *Glycine soja* (GS) and hairy vetch supplementation on the quality of corn silage. The feeding regimen consisted of a corn silage (Control) and a control supplemented either with 20% GS or 20% hairy vetch with four replicates. All experimental diets were stored for 40 days at room temperature (20 - 25°C). The control had a higher ($p < 0.05$) dry matter level but had a lower level ($p < 0.05$) of crude protein, crude fat, acid detergent fiber and neutral detergent fiber than any other treatments. Hairy vetch had a higher level ($p < 0.05$) of acetic acid and butyric acid than any other groups but had a lower level ($p < 0.05$) of lactic acid than that of the control. A lower silage pH was observed ($p < 0.05$) in the control compared to the other treatments. The control had lower ($p < 0.05$) sucrose and fructose concentrations compared to the other treatments. Corn silage supplemented with hairy vetch showed a higher level ($p < 0.05$) of crude protein and buffer solution protein and a higher ratio of soluble protein to insoluble protein than any of the other groups. Thus, the results of the present study suggest that GS and hairy vetch supplementation of corn silage would be beneficial for maintaining quality and elevating protein levels when compared to the control.

Keywords : buffer solubility, corn silage, *Glycine soja*, hairy vetch, protein level

Introduction

조사료 자원의 확보도 농후사료와 마찬가지로 날로 열악해지고 있다. 이를 해결하는 방법으로 새로운 사료자원을 개발하는 것과 기존 사료의 이용 효율을 높이는 것을 생각할 수 있다. 우리나라 조사료의 주종은 아직 벣짚이며 이에 대한 의존도를 낮추는 것이 시급한 과제이며 이제까지의 정책이 동계작물에 치우친 면이 있으며 이 또한 재배 면적이 한계점에 도달한 것으로 보여진다(Kim et al., 2017).

따라서 동계작물의 지속적 재배도 중요하지만, 아울러 하계 작물의 증산도 도모하여야 한다. 하계 작물로는 옥수수, 수수, 수단그래스, 수수 × 수단그래스 교잡종 등이 있으나 이들은 조단백질 함량이 적은 것이 단점이다(Darby and Lauer, 2002). 특히 옥수수는 두과 사료작물과 같이 재배할 경우 생산성(Ahmed and Rao, 1982; Singh et al., 1986; Martin et al., 1990)과 품질(Putnam et al.,



OPEN ACCESS

Citation: Jung KS, Cho HM, Lee HS, Heo JM, Lee SK. 2018. Effects of *Glycine soja* and hairy vetch supplementation on the nutritional quality of corn silage. Korean Journal of Agricultural Science. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180015>

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180015>

Editor: Woo Kyun Kim, University of Georgia, USA

Received: January 26, 2018

Revised: March 9, 2018

Accepted: March 9, 2018

Copyright: © 2018 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1986)이 개선된다고(Carruthers et al., 2000; Mustafa and Seguin, 2003) 하며, 두과 작물 역시 가축의 대사장애 및 기호성 문제로 단파보다는 다른 화본과 식물과의 혼파를 권장하고 있는 실정이다(Sheaffer et al., 2001; Contreas-Govea et al., 2009). 앞에서 언급한 단점을 보완하기 위하여 사일리지에 요소 첨가 실험(Lessard et al., 1978; Kung et al., 2003)을 실시하기도 하였으나 발효가 지연되는 문제점이 표출되었으며, 두과 식물과의 간작(Mustafa and Seguin 2003; Armstrong et al., 2008), 혼파(Ofori and Stern, 1987) 등 여러 가지 시험이 실행되기도 하였다. 그리고 Jang et al. (2015)은 간작 또는 혼작 시험의 예비단계로서 맥류에 헤어리벤티를 첨가하여 사일리지를 제조한 결과, 발효 조건적 측면에서 다소의 부정적 요인이 되기도 하였지만, 적절한 첨가수준에서는 조단백질 함량의 증가를 가져옴과 동시에 사일리지의 보존성도 유지하는데 지장이 없었고 하였다. 또한 Yang et al. (2016)도 옥수수 사일리지 제조시 돌콩(*Glycine soja*)을 첨가할 실험에서 20% 정도의 대체는 품질 개선과 저장성에 무리가 없다고 보고한 바 있다. 그러나 두가지 이상의 사료작물을 같이 재배하기 위해서는 두 식물의 파종시기, 수확시기, 비료 요구량, 경합도 등 고려할 사항이 많아 혼파로 인한 상승효과를 얻기 위해서는 많은 연구가 필요한 실정이다(Anil et al., 2000; Choi, 2016).

옥수수와 혼파 대상으로는 돌콩(*Glycine soja*), 덩굴콩, 헤어리벤티 등 여러 종을 검토해 볼 수 있다. 본 실험에서는 간작에 대한 기초자료를 확보하고자 옥수수에 돌콩(*Glycine soja*)과 헤어리벤티를 첨가하여 사일리지를 제조하고 이의 품질을 조사하여 그 결과를 보고하는 바이다.

Materials and Methods

시험 재료

사일리지의 제조에 이용된 재료는 옥수수, 돌콩(*Glycine soja*), 헤어리벤티였으며 그 화학적 조성은 Table 1과 같다.

사일리지 제조 및 시료의 분석

사일리지 제조

옥수수를 기본으로 하고 이에 돌콩(*Glycine soja*) 20% 첨가구, 헤어리벤티 20% 첨가구 및 대조구의 3처리에서 4반복의 실험을 수행하였다. 사일리지는 2 kg 중량의 비닐백 사일리지로 제조하여 20 - 25°C 정도의 차광 된 실내에 40일간 발효시킨 후 시료로 사용하였다.

사일리지의 분석

조성분은 70°C의 순환식 건조기에서 항량이 될 때까지 건조하여 건물함량을 산출한 다음 분쇄기(cutting mill)로 파쇄하여 분석(AOAC, 1995) 시료로 사용하였으며, NDF (neutral detergent fiber)와 ADF (acid detergent fiber)는 Goering and Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다.

pH는 시료 10 g을 증류수 100 mL에 넣고 4°C로 24시간 보관한 후 원심분리(Hanil, union 32, Korea, 2,000 × g)하여

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

Silage materials	Stages	Chemical composition (DM, %)				
		Crude protein	Crude fat	Crude ash	NDF	ADF
Corn	Yellow ripe	8.1	2.3	6.1	59.8	24.5
<i>Glycine soja</i>	Early bloom	17.2	2.4	7.2	57.4	24.0
Hairy vetch	Early bloom	26.0	4.0	10.3	59.3	33.1

DM, Dry matter; NDF, Neutral detergent fiber; ADF, Acid detergent fiber.

상층액을 pH 미터(Corning 440, USA)로 측정하였다. 유산 함량은 pH 측정시와 같은 방법으로 상층액을 pore size 0.2 μm 의 syringe filter로 여과한 후 HPLC (Waters 1260, USA)로 분석하였으며, 초산과 낙산은 GC (Shimadzu GC 17A, Japan)로 분석하였으며 분석조건은 Table 2와 같다.

사일리지의 buffer 가용성 단백질(soluble protein, SP), 중성세제불용성 단백질(neutral detergent insoluble protein, NDIP), 산성세제 불용성 단백질(acid detergent insoluble protein, ADIP), 및 비단백태질소화합물(non-protein nitrogen, NPN) 함량은 Van Soest et al. (1991)의 방법을 이용하였으며, 사일리지의 단백질 분획(%)은 Licitra et al. (1996)의 방법에 따랐다. Flieg's score는 총산에 대한 젖산, 초산 및 낙산의 비율을 산출하여 구하였다(Kim et al., 1995).

통계 분석

본 시험에서 얻어진 데이터는 SAS Ver. 9.1 program (SAS, 2005)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 각 시험구간의 유의성은 Duncan (1955)의 다중검정(multiple range test)으로 5% 수준에서 처리하였다.

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, 210nm (Waters 2487)	FID (Shimadzu)
Flow rate	0.5 mL/min	H ₂ : 0.65 mL/min Linear velocity : 22 cm/sec
Solvent	0.1% phosphoric acid	Ethanol
Absorbance	210 nm	
Injection volume	20 μL	0.4 μL

FID, Flame ionization detector.

Results and Discussion

사일리지의 화학적 조성

사일리지의 화학적 조성은 Table 3에서 보는 바와 같이 건물 함량은 대조구가 돌콩 20% 대체구(이하 돌콩구) 및 헤어리벤티 20% 대체구(이하 헤어리벤티구)보다 유의하게 높았고, 조단백질은 헤어리벤티구, 돌콩구, 대조구의 순으로 유의하게 높았으며, 조지방, ADF, NDF 함량은 헤어리벤티구가 다른 처리구보다 유의하게 높게 나타났다. 이 결과는 Table 1에 나타난 바와 같이 사일리지의 재료적 특성에 기인하는 것으로 판단된다. Jang et al. (2015)도 옥수수에 헤어리벤티를 첨가하여 조단백질의 증가시켰으며, 또한 Contreas-Govea et al. (2009)도 덩굴콩을 옥수수에 첨가하여 조단백질의 양을 높였으나 NDF는 증가되었다고 하였다. 이는 본 실험의 결과와 유사한 결과라고 하겠으며, 일반적으로 두과 작물은 화분과보다 섬유질이 많은 데 기인하는 것으로 생각된다. 그리고 Yang et al. (2016)도 옥수수에 야생콩을 첨가하여 사일리지를 제조하였는데 20% 정도의 첨가는 사일리지의 저장성을 해치지 않으면서 단백질 함량 증가를 도모할 수 있다고 하였다.

유기산 및 pH

유기산과 pH에 대한 시험 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 유기산 함량에 있어 젖산은 돌콩구 및 헤어리벳치구보다 유의하게 높게 나타났는데 이는 옥수수의 수용성 탄수화물 함량이 돌콩이나 헤어리벳치보다 많기 때문으로 생각되며, 초산과 낙산은 돌콩구와 헤어리벳치구가 대조구보다 유의하게 높은 성적을 보였다. 이는 사일리지 재료의 수용성탄수화물의 양이 충분하고 기밀이 잘 유지될 경우 초기 발효에서 젖산이 1% 이상 생성되어 pH가 내려가면 초산 생성균이나 낙산 생성균이 증식하기 어렵기 때문이다(McDonald, 1981).

pH는 대조구가 다른 두처리구보다 낮게 나타났으며, 이는 수용성 탄수화물로부터 생성되는 유기산의 영향을 받는 것으로 생각된다. 특히 젖산은 pH의 하강에 직접적인 영향을 주기 때문(Weinberg and Muck, 1996)이며, 두과 초종은 화본과보다 유기산함량이 많아 완충력(buffering capacity)이 높아 젖산이 생성되어도 pH의 강하가 용이하지 않을 수도 있다고 사료된다(Albrecht and Beauchemin, 2003; Muck et al, 2003). 또한 두과 사료작물의 경우 재료의 완충력이 높아 Jang et al. (2015)은 옥수수에 헤어리벳치를 첨가한 사일리지 제조 실험에서 두과 재료의 첨가량이 증가함에 따라 pH도 상승한다고 하였으며, Contreras-Govea et al. (2009)도 옥수수에 climbing bean이 혼합된 사일리지가 옥수수 단일 사일리지보다 pH가 높았다고 하였다. 본 실험에서의 사일리지의 pH는 처리구 모두 3.7-4.2로서 저장성에 큰 무리가 없는 것으로 생각된다. Flieg's score는 대조구, 헤어리벳치구, 돌콩구의 순으로 높게 나타났으며 가장 낮은 구의 성적도 65로서 전체적으로 유기산의 조성은 양호하다고 할 수 있겠다.

수용성 탄수화물 함량

사일리지의 수용성 탄수화물의 함량은 Table 5에 나타난 바와 같다. Sucrose와 fructose는 돌콩구와 헤어리벳치구가 대조구에 비하여 유의하게 많았으며, 돌콩구와 헤어리벳치구 사이에는 유의한 차이가 인정되지 않았다. Glucose 함량은

Table 3. Chemical composition of corn silages in the experiment.

Items (DM, %)	Silages		
	Control	<i>Glycine soja</i> , 20%	Hairy vetch, 20%
Dry matter	28.9 ± 0.40a ^z	25.8 ± 0.44b	24.4 ± 0.49b
Crude protein	8.2 ± 0.27c	8.8 ± 0.21b	9.9 ± 0.30a
Crude fat	3.2 ± 0.11b	3.3 ± 0.10b	3.7 ± 0.13a
ADF	28.7 ± 0.77b	29.2 ± 0.88b	33.3 ± 0.46a
NDF	49.2 ± 1.01b	49.4 ± 0.94b	56 ± 0.53a

DM, Dry matter; NDF, Neutral detergent fiber; ADF, Acid detergent fiber.

^zMean ± Standard Error.

a - c: Means within a column with same superscripts are not significantly different ($p > 0.05$).

Table 4. Organic acids and pH in experimental silages.

Items	Silages		
	Control	<i>Glycine soja</i> , 20%	Hairy vetch, 20%
Organic acid (DM, %)			
Lactic acid	4.3 ± 0.40a ^z	3.1 ± 0.33b	3.3 ± 0.38b
Acetic acid	0.70 ± 0.12b	0.86 ± 0.14a	0.88 ± 0.12a
Butyric acid	0.07 ± 0.21b	0.12 ± 0.23a	0.15 ± 0.24a
pH	3.7 ± 0.01a	4.2 ± 0.01b	4.1 ± 0.02b
Flieg's score	97	65	70

DM, Dry matter.

^zMean ± Standard Error.

a, b: Means within a column with same superscripts are not significantly different ($p > 0.05$).

세 처리구 사이에 유의한 변화를 보이지 않았다. 이 결과는 옥수수의 경우 수용성 탄수화물의 함량이 돌콩이나 헤어리벤티치보다 많은 재료적 특성에 기인한다고 하겠다. 일반적으로 사일리지 제조시 발효에 대한 장애 요인이 있는 경우는 발효 조건이 양호한 경우보다 수용성 탄수화물의 함량이 높다. 본 실험에서의 돌콩 및 헤어리벤티치의 첨가는 수용성 탄수화물의 함량을 저하시키고, 완충력을 상승시켜 발효 조건에서는 부정적 요인이라 생각된다(McDonald, 1981). Jang et al. (2015)은 보리에 헤어리벤티치를 첨가한 사일리지 제조 실험에서 헤어리벤티치의 수준이 높아짐에 따라 사일리지의 수용성 탄수화물의 농도도 높아졌다고 하였으며, Yang et al. (2016)도 옥수수 사일리지에 야생콩을 3수준으로 첨가한 실험에서 첨가물의 농도가 높아질수록 사일리지의 수용성탄수화물의 농도가 높았다고 보고한 바 있다.

사일리지의 단백질 분획

사일리지의 단백질 분획은 Table 6에 나타난 바와 같다. 시험 사일리지에서 총단백질 중 완충액 가용성 조단백질의 비율은 헤어리벤티치구(59.8%)가 대조구(55.1%)나 돌콩구(54.7%)에 비하여 유의하게 높은 결과였으며 대조구와 돌콩구 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 옥수수 사일리지 제조 시 헤어리 벤티치의 첨가는 단백질 수준의 증가에 있어서는 긍정적인 결과로 생각 되지만 RUP (rumen undegradable protein, 반추위 미분해 단백질)의 증가 측면에서는 부정적인 면이 있다고 보여지며 특히 RUP가 많이 필요한 성장 단계에 있어서는 이용에 있어 돌콩에 비하여 다소 제약적 요소를 가지고 있는 것으로 해석된다. 반면 돌콩은 재료의 단백질 함량은 헤어리벤티치에 비하여 취약한 반면 RUP를 향상시키는 용도에는 긍정적이라 할 수 있을 것이다. 그리고 총단백질 중 A fraction은 헤어리벤티치구가 대조구나 돌콩구보다 유의하게 높게 나타났으며, 이 결과는 SP/CP율에서도 예견할 수 있는 것으로서 RUP를 증가시킬 방안이 필요하다고 하겠다. B1 fraction에 있어서는 헤어리벤티치구는 대조구에 비하여 유의하게 낮은 성적을 나타내었으며 대조구와 돌콩구, 돌콩구와 헤어리벤티치구 사이에는 유의한 차이가 없었다. B2 fraction에서는 돌콩구는 헤어리벤티치구에 비하여 유의하게 높은 결과를 보였고, 돌콩구와 대조구, 헤어리벤티치구와 대조구 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. B3 fraction에서는 대조

Table 5. Water soluble carbohydrates in experimental silages.

Water soluble carbohydrates (%)	Silages		
	Control	<i>Glycine Soja</i> , 20%	Hairy vetch, 20%
Sucrose	0.6 ± 0.01b ^z	0.8 ± 0.01a	0.8 ± 0.01a
Glucose	0.6 ± 0.01	0.7 ± 0.01	0.7 ± 0.01
Fructose	0.6 ± 0.01b	0.9 ± 0.01a	0.8 ± 0.01a

^zMean ± Standard Error.

a, b: Means within a column with same superscripts are not significantly different ($p > 0.05$).

Table 6. Solubility and fractionation of protein in experimental silages.

Silages	Buffer solubility (DM, %)				Crude protein fraction by CNCPS (%)				
	CP	SP	IP	SP/IP	A	B1	B2	B3	C
Control	8.2b	4.52b	3.68b	55.1b	30.2b	20.1b	11.9ab	30.3	7.5a
<i>Glycine soja</i> , 20%	8.8b	4.81b	3.99a	54.7b	30.5b	20.4ab	12.2a	29.6	7.3a
Hairy vetch, 20%	9.9a	5.92a	3.98a	59.8a	39.3a	19.2a	9.9b	28.0	3.6b
SEM	0.97	0.54	0.49	1.97	1.03	0.87	0.62	0.92	0.78

CP, crude protein; SP, buffer solution protein; IP, buffer insoluble protein; SP/IP, ratio of soluble protein to insoluble protein; CNCPS, Cornell net carbohydrate and protein system; A, rapidly soluble in the rumen (NPN); B1, soluble in buffer and precipitated by tungstic acid (SP-NPN); B2, insoluble in buffer and fermented in the rumen but some escapes to the lower gut (100-SP-NPN); B3, insoluble in buffer and slowly degraded in the rumen (NDIP-ADIP); C, insoluble in buffer and acid detergent but almost not degradable in the rumen (ADIP); SEM, standard errors of mean.

a, b: Means within a column with same superscripts are not significantly different ($p > 0.05$).

구, 돌콩구, 헤어리벳치구 순으로 높은 성적이었으나 유의한 결과는 아니었다. 한편 C fraction에서는 헤어리벳치구가 나머지 두 구에 비하여 유의하게 낮은 결과를 보였으나 대조구와 돌콩구 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 헤어리벳치의 단백질이 돌콩 유래의 단백질보다 가용성이 높은 것으로 사료된다. 따라서 반추동물 사료에서 적절한 RDP (rumen degradable protein, 반추위 분해 단백질)와 RUP의 비율을 맞추기 위해서는 각 단미사료별 buffer 용해도와 단백질 fraction의 활용(Licitra et al., 1996; Sniffen et al., 1992)이 필요하다고 하겠다.

종합적으로, 사일리지 제조에 있어 옥수수에 첨가되는 돌콩 및 헤어리벳치는 완충력이 높은 재료로서 발효 정상면에서 볼 때 젖산의 생성에는 부정적 요인이기는 하지만 적정 수준의 첨가는 조단백질 함량을 증가시키면서도 저장성을 유지할 수 있는 긍정적인 면도 있다고 하겠다. 따라서 옥수수 사일리지에 돌콩이나 헤어리벳치의 20% 정도의 첨가는 품질과 저장성을 동시에 유지할 수 있다고 보여진다.

Conclusion

본 연구는 사일리지의 조단백질 함량을 증가시키기 위하여 옥수수 사일리지에 대조구, 총체 돌콩 20% 대체구, 헤어리벳치 20% 대체구의 3처리에 4반복의 실험을 수행하여 사일리지의 품질을 조사하였다. 유기산 함량에 있어 젖산은 대조구가 돌콩구 및 헤어리벳치구보다 유의하게 높게 나타났으며, 초산과 낙산은 돌콩구와 헤어리벳치구가 대조구보다 유의하게 높은 성적을 보였다. pH는 대조구가 다른 두 처리구보다 낮게 나타났다. 총단백질 중 완충액 가용성 조단백질의 비율은 헤어리벳치구가 대조구나 돌콩구에 비하여 유의하게 높은 결과였다. 그리고 총단백질 중 A fraction은 헤어리벳치구가 대조구나 돌콩구보다 유의하게 높게 나타났으며, B1 fraction에 있어서는 헤어리벳치구는 대조구에 비하여 유의하게 낮은 성적을 나타내었다. B2 fraction에서는 돌콩구는 헤어리벳치구에 비하여 유의하게 높은 결과를 보였고, B3 fraction에서는 대조구, 돌콩구, 헤어리벳치구 순으로 높은 성적이었으나 유의한 결과는 아니었다. 한편 C fraction에서는 헤어리벳치구가 나머지 두 구에 비하여 유의하게 낮은 결과를 보였었다. 종합적으로, 사일리지 제조에 있어 옥수수에 대한 돌콩 및 헤어리벳치의 첨가는 완충력이 높은 재료로서 발효 정상면에서 볼 때 젖산의 생성에는 부정적 요인이기는 하지만 적정 수준을 첨가하면 조단백질 함량을 증가시키면서도 저장성을 유지할 수 있는 긍정적인 면도 있다. 따라서 옥수수 사일리지에 돌콩이나 헤어리벳치의 20% 정도의 첨가는 품질과 저장성을 동시에 유지할 수 있다고 사료된다

Acknowledgements

본 연구는 2015년 충남대학교 학술 연구 지원 사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었다.

References

- Ahmed S, Rao M. 1982. Performance of maize-soybean intercrop combination in the tropics: Results of a multilocation study. *Field Crops Research* 5:147-161.
- Albrecht KA, Beauchemin KA. 2003. Alfalfa and other perennial legume silage. *Silage Science and*

Technology 2003:633-664.

- 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 (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official method of analysis (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington. DC, USA.
- Armstrong KL, Albrecht KA, Lauer JG, Riday H. 2008. Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. *Crop Science* 48:371-378.
- Carruthers K, Prithiviraj B, Fe Q, Cloutier D, Martin RC, Smith DL. 2000. Intercropping of corn with soybean, lupin and forages: Silage yield and quality. *Journal of 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.
- Choi CW. 2016. Changes in ruminal fermentation and blood metabolism in steers fed low protein TMR with protein fraction-enriched feeds. *Korea Journal of Agricultural science* 43:379-386.
- Darby HM, Lauer JG. 2002. Planting date and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal* 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. *Agric. Handbook*. No. 379. ARS, USDA. Washington DC, USA.
- Jang WS, Yang BM, Heo JM, Lee HS, Lee SK. 2015. Effects of supplementation of hairy vetch on the quality of whole crop barley silage. *CNU Journal of Agricultural Science* 42:383-388. [in Korean]
- Kim CJ, Kim HK, Park KJ, Shin JN, Lee SK, Lee ID, Lee JS, Jeon BT, Jung YK, Jo ih, Han HJ. 1995. Grass science. pp. 390-391. Hyangmoonsa, Seoul, Korea. [in Korean]
- Kim JG, Li YW, Park HS, Kim JD. 2017. Comparative study on the productivity for silage corn (*Zea mays* L.) variety certified import adaptability in Pyeongchang area. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science* 37:161-167.
- Kung L JR, Stokes MR, Lin CJ. 2003. Silage additives. In Buxton DR, Harrison JH, Muck RE. (Eds.). pp. 305-360. *Silage science and Technology*, ASA-CSSA, Madison, USA.
- Lessard JR, Erfle JD, Sauer FD, Mahadevan S. 1978. Protein and free amino acid patterns in maize ensiled with or without urea. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29:506-512.
- Licitra G, Hernandez, Van soest PJ. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fraction of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57:347-358.
- Martin RC, Voldeng HC, Smith DL. 1990. Intercropping corn and soybean in a cool temperate region: Yield, protein and economic benefits. *Field Crops Research* 23:295-310.
- McDonald P. 1981. The biochemistry of silage. pp. 148-152. A Wiley-Interscience Publication, Hoboken, NJ, USA.
- Muck RE, Moser LE, Pitt RE. 2003. Postharvest factors affecting ensiling. *Agronomy* 42:251-304.
- Mustafa AF, Seguin P. 2003. Characteristics and in situ degradability of whole crop faba bean, pea, and soybean silages. *Canadian Journal of Animal Science* 83:793-799.
- Ofori F, Stern WR. 1987. Cereal-legume intercropping systems. *Advances in Agronomy* 41:41-86.
- Putnam DH, Herbert SJ, Vargas A. 1986. Intercropped corn-soybean density studies. II. Yield composition

and protein. *Experimental Agriculture* 22:373-381.

Sheaffer CC, Orf JH, Devine TE, Jewett JG. 2001. Yield and quality of forage soybean. *Agronomy Journal* 93:99-106. 10.2134/agronj2001.93199x

SAS Institute. 2005. SAS Procedure guide. VERSION 8.2. SAS Inst. Cary, NC, USA.

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

Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russel JB. 1992. A net carbohydrate protein system for evaluating cattle diet: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70:3562-3577.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.

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

Yang BM, Heo JM, Park KW, Lee HS, Lee SK. 2016. Effects of *Glycine soja* supplementation on the quality of corn silage. *Weed & Turfgrass Science* 5:1-6. [in Korean]