

수수 × 수수 교잡종 톤백과 소포장 사일리지 제조방법이 사일리지 부위별 사료가치 및 품질에 미치는 영향

임영철 · 류재혁 · 정민웅 · 박형수 · 김다혜 · 김천만 · 김종근 · 최기준 · 김원호 · 최기춘

Effects of Ensiling Method on Nutritive Values and Quality of Sorghum × Sorghum Hybrid (SSH) Silage in Different Locations of SSH Silage

Young Chul Lim, Jai Hyunk Ryu, Min-Woong Jung, Hyung Su Park, Da Hye Kim, Cheon Man Kim, Jong Geun Kim, Gi Jun Choi, Won Ho Kim and Ki Choon Choi

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of three different locations of Sorghum × sorghum hybrid (SSH) silage on nutritive values and qualities of SSH square bale silage (SSBS) and gunny bag silage (GBS). SSH “SS405” was sown at early May, harvested at heading stage and ensiled. Samples of SSH silage used in this study were collected in three different locations (outer, middle and inner). The content of crude protein (CP) in GBS showed a slightly decreased trend, as compared to SSBS. However, the contents of neutral detergent fiber (NDF) was significantly different between SSBS and SBS ($p < 0.05$). However, The contents of CP, NDF, acid detergent fiber (ADF) and total digestible nutrient (TDN), and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) were not different between the parts of SSH silage. Nutritive values of SSBS and SBS were not influenced by inoculation of lactic bacteria. The content of lactic acid in SSBS was decreased as compared to SBS, but there was no significant difference between SSBS and SBS. The content of acetic acid in SSBS was significantly decreased ($p < 0.05$), as compared to SBS. In addition, the contents of lactic acid, acetic acid and butyric acid were not different between the parts of SSH silage. Therefore we suggest that nutritive values and quality of SSBS and SBS were not influenced by parts of sampling collected from these silages.

(**Key words** : Sorghum × sorghum Hybrid, Squire baled silage, Gunny bag sailge, Quality)

I. 서 론

최근 국제적으로 이상기후의 빈발로 인한 곡류생산의 안정성 상실, 바이오매스 이용확대 그리고 수입조사료 가격 상승으로 인하여 국내 양축농가의 사료비 부담이 크게 증가됨에 따라

논을 이용한 양질의 사료작물 생산 및 이용에 관한 기술개발이 절실한 상황이다. 축산관련 산·학·연·정 등은 논에 사료작물을 재배하여 양질 조사료를 생산하면 많은 양의 수입조사료 (906천 톤, 2010년 기준)를 대체하는 효과와 더불어 조사료 자급률을 향상시킬 수 있는

농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea)

Corresponding author : Ki Choon Choi, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea.

Tel: +82-41-580-6755, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: choiwh@korea.kr

기회로 인식하여 벼 대체 하계사료작물의 도입에 다양한 접근을 시도하고 있다(Ji et al., 2009a; Ji et al., 2009b; Kim et al., 2008; Shin et al., 2008). 이제까지 유희 논에 동계사료작물인 이탈리아 라이그라스 등을 곤포사일리지로 조제하여 유통사료로서 활발하게 이용이 되고 있으나 수수류 등과 같은 하계사료작물 분야에서는 근래 들어 유통사료화를 위한 기술을 개발하기 위한 다양한 접근이 시도되고 있는 실정이다(Choi et al., 2011).

곤포사일리지는 운반 및 저장 등에 소요되는 노동력을 절감시킬 수 있는 장점(Kim et al., 2010; Kim et al., 2006a; Kim et al., 2004)이 있으나 고가의 장비인 베일러가 필요하고 또한 곤포사일리지는 대규모 양축농가나 경영체 등에서 선호하는 방법이기 때문에 소규모 양축농가나 영세 양축농가의 경우에는 베일러 구입이 어려워 베일사일리지 제조 및 이용에 많은 어려움을 가지고 있다. 특히, 현재 사용하고 있는 원형곤포는 곤포무게가 500~1,000 kg인 대형으로 소규모 축산농가에서는 취급과 급여가 불편하기 때문에 유통이 편리하고 취급에 용이한 톤백(100~200 kg)이나 소포장(25 kg)을 활용한 사일리지 제조방법을 이용해야 하는 상황이다.

한편, 유통되고 있는 사일리지는 사일리지 제조자가 적기에 만드는 것이 아니라 일손과 기후여건에 따라 제조하는 경우가 많아 적기보다 일찍 또는 늦게 조제하기 때문에 사일리지의 수분함량이 차이가 많고, 특히 수분이 과다할 경우 사일리지의 품질 및 사료가치가 저하되므로 정부에서는 사일리지 품질을 높이기 위해 다양한 보조금 지급방법을 선택하고 있는 실정이다. 양축농가는 유통 사일리지의 경우 품질의 균일성 결여, 적정 물량공급 불신, 포장상태 불량, 운반취급 불편 등 많은 문제점 때문에 유통 사일리지에 대한 품질평가 기준이 마련되기를 희망하고 있다. 이러한 품질평가 기준이 설정되면 유통사일리지 등급에 의한 사일리지제품 차별화 및 양질의 조사료 생산·유통을 통해 양축농가와 경종농가간의 신뢰구축 그리고 연중 안정된 유통사일리지 공급으로 축산농가의 생산비를 절감시키는 효과가 있을 것으로 보인다. 이처럼 양축농가와 경종농가간의 불신을 해결하기 위한 방안으로 사일리지의 품질을 조사하고자 하는 시도는 이루어지고 있으나, 톤백이나 소포장 사일리지는 곤포사일리지와 같이 다양한 수분함량, 밀도 그리고 형태 등을 가지고 있기 때문에 부위에 따른 물리화학적 특성이 다를 것으로 추측할 뿐 명확한 자료가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 톤백과 소포장 사일리지의 품질조사를 위한 기초 자료를 얻기 위해서 부위별 수수×수수 교잡종의 톤백과 소포장 사일리지에 대한 사료가치 및 유기산 등 품질 변화를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 포장시험 및 사일리지 제조

본 연구는 충남 천안에 위치한 국립축산과학원 자원개발부 시험포장에서 수행하였으며 공시초종으로 출수형인 수수×수수 교잡종 “SS405”를 5월 17일에 파종하였다. SS405의 파종은 트랙터에 부착된 수수류 파종기를 이용하여 파종(40 kg/ha)하였고, 시비는 수수류 표준시용량으로 200-150-150 kg/ha (N-P₂O₅-K₂O)를 전량기비로 사용하였다. SS405의 수확은 출수기(8월 말경)에 맞추어서 하였으며, 사일리지 조제는 수수류 수확기(Kemper C 3000H, 독일)를 이용하였다(절단 길이 2~3 cm). 그리고 발효 촉진을 위해 수수용 젖산균 첨가제(청미바이오, 한국)를 사용하여 사일리지 제조 방법별 처리구와 처리하지 않은 구로 나누어 각각 3개씩 조사하였다.

톤백 사일리지는 SS405의 생초 150 kg을 톤백에 넣고, 트랜치 사일로에 제조할 때처럼 포클레인(굴삭기)으로 답압하여 공기를 완전 제거한 다음, 그늘에서 약 60일 보관한 후 개봉하여 사료가치와 품질 등을 조사하였다. 톤백

은 시중에서 곡물저장용 (300 kg)으로 시판되고 있는 것을 그대로 사용하였다. 그리고 톤백에 SS405 생초를 넣기 전에 톤백 내부에 비닐(두께 0.8 mm)을 2겹을 칸 다음 SS405 생초를 충전하였다. 그리고 Shin 등 (2009)이 개발한 방법, 즉 사각 압축베일(소포장) 사일리지는 생초(SS405) 25 kg을 사각 압축성형 챔버에 넣고 유압을 이용하여 소형의 직사각형으로 압축하고, 배출대기 챔버의 배출구에 포장지를 걸어 놓은 상태에서 압축된 사일리지를 다시 유압을 이용하여 포장지 안으로 밀어낸 다음, 압축 사일리지가 들어있는 포장지 상단부의 공기를 제거하고 실링기로 완전 밀봉하여 약 60일을 보관한 후 개봉하여 사료가치와 품질 등을 조사하였다. 사각 압축베일 사일리지 제조에 사용된 비닐포대는 시중에서 비료/농후사료 등 보관용으로 시판되고 있는 것을 그대로 사용하였다.

2. 사료가치 분석

수수×수수 교잡종 “SS405” 사일리지의 사료가치를 조사하기 위하여 저장 60일 후 각각의 톤백 사일리지에서 사일리지 시료채취기(Uni-Forage Sampler; STAR QUALITY SAMPLER Co. Canada)로 최외각부위(외각 0~5 cm), 중간부위(중간 15~20 cm), 내부부위(30 cm)에서 약 100~250 g을 채취하였고, 소포장 사일리지는 최외곽부위(외각 0~3 cm), 중간부위(중간 7~10 cm), 내부부위(13~15 cm)에서 약 100 g을 채취하여 일부는 65℃ 순환식 송풍건조기에서 3일 이상 건조 후 분쇄하여 시료의 조단백질은 AOAC법(1990)에 의해 분석하였고, neutral detergent fiber(NDF) 및 acid detergent fiber(ADF) 함량은 Goering 및 Van soest법(1970)으로 분석하였다. *In vitro* 건물소화율은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 이용하였으며, 가소화영양소 총량(total digestible nutrients, TDN)은 $TDN = 4.898 + (89.796 \times \{0.7936 - (0.00344 \times ADF\%)\})$ 에 의하여 산출하였다(Kim et al.

2009). 그리고 일부시료는 -20℃ 냉동고에 보관하였다가 사일리지 특성조사에 사용하였다.

사일리지의 pH와 유기산 성분은 개봉한 사일리지 10 g을 증류수 100 ml에 넣고 냉장고에서 주기적으로 흔들며 주면서 24시간 보관 후 4중 거즈로 1차 거른 뒤 여과지(Whatman No. 6)를 통과한 추출액을 조제하여 pH는 pH meter(HI 9024; HANNA Instrument Inc. UK)로, 그리고 젖산은 0.22 μm 실린지 필터를 사용하여 여과시킨 다음 HPLC(HP1100, Agilent Co. USA)로 분석하였다. 초산과 낙산 분석은 Gas chromatography(GC-450, Varian Co., USA)를 이용하여 분석하였다. 추출액은 분석에 이용할 때까지 -70℃에서 냉동보관 하였다.

본 시험에서 얻은 모든 결과는 Windows 용 SPSS/PC(Statistical Package for the Science, ver 12.0. USA) 통계프로그램을 이용하여 p-value가 0.05로 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 수수×수수 교잡종 사일리지의 수분함량 및 pH

출수기에 수확된 수수×수수 교잡종의 톤백 및 소포장 사일리지 부위별 수분함량은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 톤백 및 소포장 사일리지의 수분함량은 모두 약 70% 정도였으며, 젖산균의 첨가 유무에 따라 영향을 받지 않았다. 그리고 사일리지 부위별 수분함량도 큰 차이를 보이지 않았다.

출수기에 수확된 수수×수수 교잡종의 톤백 및 소포장 사일리지의 pH는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 소포장 사일리지의 pH는 3.7로서 톤백 사일리지의 pH 3.73과 비슷한 양상을 보였다. 그리고 톤백 및 소포장 사일리지는 젖산균의 첨가유무에 상관없이 pH는 안정된 상태를 유지하였다. 부위별 수수×수수 교잡종의 톤백 및 소포장 사일리지의 pH는 외부가 5.4로

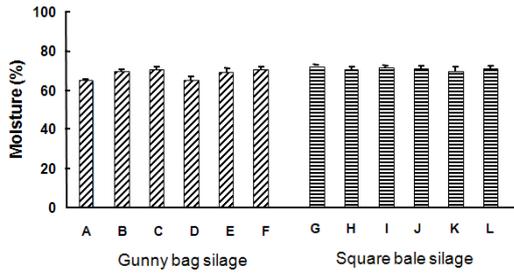


Fig. 1. Moisture content in three different locations of Sorghum x sorghum hybrid (SSH) silage in heading stage. A and G: NII + Outer, B and H: NII + Middle, C and I: NII + Inner, D and J: II + Outer, E and K: II + Middle, F and L: II + Inner.

※ NII: Non-inoculation of inoculant, II: Inoculation of inoculant.

※※ Outer: outer area, Middle: middle area, Inner: inner area.

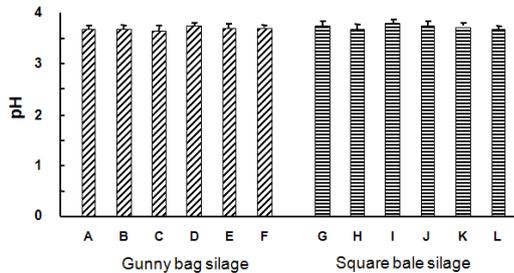


Fig. 2. pH in three different locations of Sorghum x sorghum hybrid (SSH) silage in heading stage. A and G: NII + Outer, B and H: NII + Middle, C and I: NII + Inner, D and J: II + Outer, E and K: II + Middle, F and L: II + Inner.

※ NII: Non-inoculation of inoculant, II: Inoculation of inoculant.

※※ Outer: outer area, Middle: middle area, Inner: inner area.

내부와 중간 부위의 5.6에 비해 약간은 낮은 경향을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았다.

일반적으로 사일리지 제조는 수확시기에 의해 결정되는데(Choi et al., 2011), 이는 사일리지의 품질에 영향을 주는 수분 때문인 것으로 보고되고 있다(Lim et al., 2009; Song et al., 2009; Song et al., 2006b). 또한 사일리지의 pH

는 수분함량에 따라 변화가 예상되기 때문에 수수류의 톤백 및 소포장 제조 시 수분함량을 고려한 수확시기를 결정해야 한다.

2. 수수 x 수수 교잡종 사일리지의 사료가치 및 소화율

출수기에 수확된 수수 x 수수 교잡종의 톤백 및 소포장 사일리지 부위별 사료가치는 Table 1에서 보는 바와 같다. 톤백 사일리지의 조단백질 함량은 소포장 사일리지에 비해 약간 감소되었으나 통계적인 차이는 보이지 않았다. 그러나 NDF 함량에서는 톤백과 소포장 사일리지 사이에 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 수수 x 수수 교잡종의 톤백 및 소포장 사일리지는 젖산균의 첨가유무에 상관없이 비슷한 함량을 보였으며 사일리지 부위별 조단백질, NDF, ADF 및 TDN 함량도 유의한 차이를 보이지 않았다.

톤백 사일리지의 *in vitro* 건물소화율은 소포장 사일리지와 비슷한 수준을 보였고, 젖산균의 첨가유무에 상관없이 사일리지의 *in vitro* 건물소화율도 비슷한 수준을 보였다. 또한 부위별 사일리지의 *in vitro* 건물소화율도 유의한 차이를 보이지 않았다.

안정된 사일리지 제조방법에 의해 제조된 사일리지의 사료가치는 사일리지 제조방법에 따른 차이가 없다고 Choi 등(2011)은 보고하였는데, 본 시험에서도 톤백 및 소포장 사일리지에서도 사료가치의 큰 변화는 관찰되지 않았다. 수수 x 수수 교잡종 톤백 및 소포장 사일리지의 부위별 사료가치의 변화는 관찰되지 않았으며 또한 젖산균 첨가 유무에 따라 사료가치는 영향을 받지 않았다. 그러나 젖산균 첨가는 사일리지 품질 유지 측면에서 매우 중요하기 때문에 젖산균의 첨가는 반드시 수행되어야 할 것으로 생각된다.

한편, Smith 등(1993) 및 Steen 등(1989)은 젖산균 첨가제가 소화율 개선효과가 없는 것으

Table 1. Effects of three different locations of Sorghum x sorghum hybrid (SSH) silage on nutritive values of SSH square bale silage and gunny bag silage in heading stage of SSH

SMM ¹⁾	Inoculant	Part	CP ⁶⁾ (%)	NDF ⁷⁾ (%)	ADF ⁸⁾ (%)	TDN ⁹⁾ (%)	IVDMD ¹⁰⁾
SB ²⁾	NII ⁴⁾	Outer	7.36	66.10	44.85	53.44	62.31
		Middle	7.09	67.04	44.79	52.49	62.32
		inner	6.88	66.60	45.92	52.65	61.98
	II ⁵⁾	Outer	6.56	66.89	45.63	53.55	62.07
		Middle	6.68	68.68	46.38	51.47	61.83
		inner	6.44	70.82	47.93	50.07	61.35
GB ³⁾	NII	Outer	7.07	67.40	44.08	51.75	62.54
		Middle	7.09	65.63	43.47	54.69	62.73
		inner	6.66	66.08	43.11	50.63	62.84
	II	Outer	7.37	67.44	44.23	51.95	62.50
		Middle	7.16	67.25	44.14	52.50	62.53
		inner	6.96	68.34	44.73	54.23	62.34
Main-effect							
	SB		6.84	67.69	45.92a	52.28	61.98a
	GB		7.05	67.02	43.96b	52.63	62.58b
Sub-effect							
	NII		7.03	66.48	44.37	52.61	62.45
	II		6.86	68.24	45.51	52.30	62.10
Subsub-effect							
		Outer ¹¹⁾	7.09	66.96	44.70	52.67	62.35
		Middle	7.01	67.15	44.70	52.79	62.35
		Inner	6.74	67.96	45.42	51.90	62.13

¹⁾ SMM: Silage making method, ²⁾ SB: Square bale silage, ³⁾ GB: Gunny bag silage, ⁴⁾ NII: Non-inoculation of inoculant, ⁵⁾ II: Inoculation of inoculant, ⁶⁾ CP: Crude protein, ⁷⁾ NDF: Neutral detergent fiber, ⁸⁾ ADF: Acid detergent fiber, ⁹⁾ TDN: Total digestible nutrient, ¹⁰⁾ IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility, ¹¹⁾ Outer: outer area, Middle: middle area, Inner: inner area.

a and b: Different letters within a column represent significant differences ($p < 0.05$).

로 보고하였으며, Hristov 및 McAllister (2002)도 *in situ* 건물 소화율에 영향을 주지는 않았지만 젖산균의 함량 그리고 개봉 후 호기적 안정성을 개선하는데 효과가 있었다고 보고하였는데 본 연구와 유사한 경향의 결과를 보여주었다.

4. 수수 × 수수 교잡종 원형 곤포사일리지의 유기산 함량과 품질등급

출수기에 수확된 수수 × 수수 교잡종의 톱백

및 소포장 사일리지 부위별의 유기산 함량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 톱백 곤포사일리지의 젖산 함량은 소포장 사일리지보다 감소하였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 톱백 곤포사일리지의 초산 함량은 소포장 사일리지보다 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.05$). 그리고 낙산함량은 거의 나타나지 않았다. 수수 × 수수 교잡종의 톱백 및 소포장 사일리지의 젖산, 초산 및 낙산 함량은 젖산균의 첨가에 상관없이 비슷한 함량을 보였다. 사일리지 부

Table 2. Effects of three different locations of Sorghum x sorghum hybrid (SSH) silage on contents of lactic acid and Flieg's score of SSH square bale silage and gunny bag silage in heading stage of SSH

SMM ¹⁾	Inoculant	Region	Lactate (%/DM)	Acetate (%/DM)	Butyrate (%/DM)	Flieg's score
SB ²⁾	NII ⁴⁾	Outer	4.24	0.35	0	100
		Middle	5.50	0.41	0	100
		inner	5.77	0.51	0	100
	II ⁵⁾	Outer	5.01	0.30	0	100
		Middle	4.48	0.44	0	100
		inner	5.32	0.40	0	100
GB ³⁾	NII	Outer	4.04	0.49	0	100
		Middle	5.04	0.64	0	100
		inner	5.28	0.45	0	100
	II	Outer	7.12	0.46	0	100
		Middle	6.17	0.62	0	100
		inner	6.06	0.45	0	100
Main-effect						
	SB		5.05	0.40b	0	100
	GB		5.62	0.52a	0	100
Sub-effect						
	NII		4.98	0.47	0	100
	II		5.69	0.44	0	100
Subsub-effect						
	Outer ⁶⁾		5.10	0.40b	0	100
	Middle		5.30	0.53a	0	100
	Inner		5.61	0.45b	0	100

¹⁾ SMM: Silage making method, ²⁾ SB: Square bale silage, ³⁾ GB: Gunny bag silage, ⁴⁾ NII: Non-inoculation of inoculant, ⁵⁾ II: Inoculation of inoculant, ⁶⁾ Outer: outer area, Middle: middle area, Inner: inner area.

a and b: Different letters within a column represent significant differences ($p < 0.05$).

위별 젖산, 초산 및 낙산 함량은 유의한 차이를 보이지 않았다. Flieg 법에 의한 출수기의 수수 × 수수 교잡종 톱백 및 소포장 사일리지의 품질등급은 모두 우수로 나타났다 (Table 2). 일반적으로 사일리지 조제 시 수분이 양질의 발효를 유지하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있지만, Flieg 법의 결과에서 보는 바와 같이 출수기의 수수 × 수수 교잡종의 경우 수분함량은 68~71% 정도로 톱백 및 소포장 사일리지 조제적이기 때문에 사일리지 발효에 유리하게 작용하는 것으로 나타났다.

근래 전국적으로 사일리지 유통이 활발히 이루어지고 있고 정부차원에서도 유통비 지원을 하고 있다. 그러나 양축농가들은 유통 사일리지의 경우 품질의 균일성 결여, 적정 물량공급 불신, 포장상태 불량, 운반취급 불편 등 많은 문제점 때문에 유통 사일리지에 대한 품질평가를 요구하고 있는 실정이다. 본 연구의 결과에서 보는 바와 같이 톱백 및 소포장 사일리지의 외부, 중간 및 내부의 시료의 사료가치 및 유기산 함량 그리고 pH 등은 비슷한 수준을 보이기 때문에 사일리지의 품질을 평가하는데 있

어서 시료의 채취부위는 중요하지 않으나 톤백 및 소포장 사일리지의 경우 운반 또는 보관 중에 재료의 뒤틀림이나 손상에 의해 2차 발효가 일어나면 사일리지의 물리화학적 특성이 변화되므로 운반 또는 보관에 주의를 기울일 필요가 있다. 그리고 사일리지의 품질 평가 시 사일리지의 손실을 최소화 할 수 있는 외부부위에서 시료를 채취하고 난 후 바로 비닐테이프로 밀봉함으로써 사일리지의 품질을 유지할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 양축농가와 사일리지 생산자가 사일리지의 물리화학적 특성을 손쉽게 조사할 수 있도록 사일리지의 시료 채취부위의 제시는 소비자와 생산자간의 불신을 최소화 할 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 요약

본 연구는 수수×수수 교잡종의 톤백 및 소포장 사일리지의 부위에 따른 사료가치 및 품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 천안에 위치한 국립축산과학원 자원개발부에서 수행되었다. 수수×수수 교잡종 SS405는 5월 초순에 파종한 다음 출수기에 수확하여 사일리지로 조제하였다. 톤백 사일리지의 조단백질 함량은 소포장 사일리지에 비해 약간 감소되었으나 통계적인 차이는 보이지 않았다. 그러나 NDF 및 TDN 함량에서는 톤백과 소포장 사일리지 사이에 유의적인 차이가 나타났다 ($p < 0.05$). 수수×수수 교잡종의 톤백 및 소포장 사일리지는 젖산균의 첨가유무에 상관없이 비슷한 함량을 보였으며 사일리지 부위별 조단백질, NDF, ADF 및 TDN 함량도 차이를 보이지 않았다. 사일리지 부위별 조단백질, NDF, ADF, TDN 함량 및 *in vitro* 건물소화율에서는 차이를 보이지 않았다. 톤백 곤포사일리지의 젖산 함량은 소포장 사일리지보다 감소하였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 톤백 곤포사일리지의 초산 함량은 소포장 사일리지보다 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.05$). 또한 사일리지 부위별 젖

산, 초산 및 낙산 함량은 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 연구의 결과를 요약하면 수수×수수 교잡종 소포장 및 톤백 사일리지의 부위별 사료가치와 품질은 부위에 따라 영향을 받지 않았다.

V. 인용문헌

1. A.O.A.C. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, DC. 15th ed. Washington, DC.
2. Choi, K.C., M.W. Jung, W.H. Kim, C.M. Kim, S.H. Yoon, E.M. Choi, J.G. Kim, S.M. Lee, J.M. Choi, H.G. Kim and Y.C. Lim. 2011. Effect of harvest stage of Sorghum×Sorghum Hybrid (SSH) on the quality of round baled SSH silage. J. Kor. Grassal. Sci. 31(2):413-150.
3. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
4. Hristove, A.N. and T.A. McAllister. 2002. Effect of inoculants on whole-crop barley silage fermentation and dry matter disappearance *in situ*. J. Anim. Sci. 80:510-516.
5. Ji, H.C., J.K. Lee, K.Y. Kim, S.H. Yoon, Y.C. Lim, O.D. Kwon and H.B. Lee. 2009b. Evaluation of agronomic characteristics, forage production and quality of corn hybrids for silage at paddy field in southern region of Korea. J. Kor. Grassal. Sci. 29(1):13-18.
6. Ji, H.C., S.H. Lee, S.H. Yoon, O.D. Kwon, G.J. Choi, W.H. Kim, K.Y. Kim and Y.C. Lim. 2010a. Growth, forage production and quality of Sorghum, Sorghum×Sudangrass and Sudangrass Hybrids at paddy field in southern region of Korea. J. Kor. Grassal. Sci. 30(2):97-193.
7. Ji, H.J., S.H. Lee, S.H. Yoon, W.H. Kim and Y.C. Lim. 2010b. Growth, forage production and quality of Sorghum, Sorghum×Sudangrass and Sudangrass Hybrids at paddy field in middle region of Korea. J. Kor. Grassal. Sci. 30(1):1-8.
8. Ji, H.C., W.H. Kim, K.Y. Kim, S.H. Lee, S.H. Yoon and Y.C. Lim. 2009a. Effect of different drained conditions on growth, forage production

- and quality of silage corn at paddy field. J. Kor. Grassal. Sci. 29(4):329-336.
9. Kim, J.D., H.J. Lee, K.H. Jeon, G.Y. Yang, C.H. Kwon, H.G. Sung, S. Hwangbo and I.H. Jo. 2010. Effect of harvest stage, wilting and crushed rice on the forage production and silage quality of organic whole crop barely. J. Kor. Grassal. Sci. 30(1):25-34.
 10. Kim, J.D., C.H. Kwon, J.G. Kim, C.H. Kim, H.K. Roh, Y.M. Yoon and J.K. Lee. 2009. Forage production and utilization. Shin Kwang Co. Seoul. p 96.
 11. Kim, J.G., E.S. Chung, S. Seo, J.S. Ham, M.J. Kim and J.K. Lee. 2006b. Effects of wilting days on the quality of round baled grass silage. J. Kor. Grassal. Sci. 26(1):39-44.
 12. Kim, J.K., E.S. Chung, S. Seo, J.S. Ham, S.H. Yoon and Y.C. Lim. 2006a. Effects of inoculants on the quality of round baled grass silage. J. Kor. Grassal. Sci. 26(3):139-146.
 13. Kim, J.G., E.S. Chung, S. Seo, M.J. Kim, J.K. Lee, S.H. Yoon, Y.C. Lim and Y.M. Cho. 2008. Effect of growth stage and variety on the quality of whole crop rice silage. J. Kor. Grassal. Sci. 28(1):29-34.
 14. Kim, S.R., G.S. Kim, J.H. Woo, J.W. Lee and K.I. Sung. 2004. Chemical composition and fermentation characteristics of storage sections of the round bale silage of fresh rice straw at Yonchon of Gyeonggi-do. J. Kor. Grassal. Sci. 24 (3):253-260.
 15. Lim, H.J., J.D. Kim, H.J. Lee, K.H. Jeon, Y.K. Young, C.H. Kwon and S.H. Yoon. 2009. Effect of pre-wilting on the forage quality of organic Sorghum×Sudangrass silage. Kor. J. Org. Agricult. 17(4):519-527.
 16. Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. Univ. of Florida, Depart. of Anim. Sci.
 17. Shin, J.S., J.M. Choi, E.M. Kim, W.H. Kim and M.W. Jung. 2009. Square silage wrapping compressor. Korea Institute of Patent Information. IPC Code A23N 17/00 (2006.01), no. 1020090003621 (2009.01.16.).
 18. Shin, J.S., W.H. Kim, S.H. Yoon, Y.C. Lim, K.B. Lim and S. Seo. 2008. Comparison of growth characteristics and yields of autumn-sowing annual legumes in paddy field of central provinces. J. Kor. Grassal. Sci. 28(1):13-18.
 19. Smith, E.J., A.R. Henderson, J.D. Oldham, D.A. Whitaker, K. Aitchison, D.H. Anderson and J. M. Kelly. 1993. The influence of an inoculant/enzyme preparation as an additive for grass silage offered in combination with three levels of concentrate supplementation on performance of lactating dairy cows. Anim. Prod. 56:301-310.
 20. Song, T.H., O.K. Han, S.K. Yun, T.I. Park, K.H. Kim and K.J. Kim. 2009. Effect of pre-wilting time on change of the moisture content and its silage quality at different harvest stages of whole crop barley. Kor. J. Intl. Agr. 21(4):316-321.
 21. Steen, R.E.J., E.F. Unsworth, H.I. Gracey, S.J. Kennedy, R. Anderson and D.J. Kilpatrick. 1989. Evaluation studies in the development of a commercial bacterial inoculant as an additive for grass silage. 3. Responses in growing cattle and interaction with protein supplementation. Grass Forage Sci. 44:381-390.

(Received March 29, 2012 / Accepted July 15, 2012)