

# 연천지역에 있어서 생벼짚 원형곤포사일리지의 부위별 사료성분 및 발효품질

김상록 · 김곤식\* · 우제훈\* · 이준우\* · 성경일\*

## Chemical Composition and Fermentation Characteristics of Storage Sections of the Round Bale Silage of Fresh Rice Straw at *Yonchon* of *Gyeonggi-do*

Sang Rok Kim, Gon Sik Kim\*, Jae Hoon Woo\*, Jun Woo Lee\* and Kyung Il Sung\*

### ABSTRACT

The purpose of this study is to discuss the ways to evaluate the effectiveness of storage sections of the round bale silage of fresh rice straw (RS). This study evaluated, the changes of the fermentation characteristics and chemical composition of the different sectors of the RS after a certain period; a month later after the bailing, samples of three different RS (bale one, bale two, and bale three) were taken according to the three different sectors (top, center, and the bottom) of the bale. According to the findings of this study there was no significant difference in the RS's chemical composition content among the different sectors (top, center, or the bottom) of the bale. The possible reason for this is believed that on the basis of different sectors of the bale, the moisture (the water soluble nutrient) movement didn't occur and was locked in and couldn't escape, because the dry matter content of the rice straw was as high as 70%. After immediately harvesting the paddies, using the fresh rice straw to produce RS at the same time when the dry matter content is in between 26~40%, the chemical composition was found to be of a good quality. Accordingly, it is recommended that when the dry matter content is in between 35~45%, in order to produce RS with the fine chemical composition of 'Yonchon' region, bailing should be done simultaneously with the harvesting of paddies, before the first frost appears.

(Key words : Fresh rice straw, Round bale silage, Storage section, Fermentation characteristics, Feed composition)

---

경기도 의정부시 의정부시 농업기술센터(Uijeongbu city Agricultural Development & Technology Center, Gyeonggi-do)

\* 강원대학교 동물자원과학대학(College of Animal Resource Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea)

Corresponding author : K. I. Sung, Tel: +82-33-250-8635, Fax: +82-33-242-4540, E-mail: kisung@kangwon.ac.kr

## I. 서 론

원형곤포 사일리지는 수확부터 급여까지 기계화가 가능하며, 단시간 내에 원료초를 다량의 사일리지로 조제할 수 있고 사료작물의 수확과 조제·가공 및 저장작업에 소요되는 노동력을 크게 절감시킬 수 있는 장점을 갖고 있다(성 등, 1985; 김 등, 1993; 김 등, 1995; Romahn, 1988; 축산기술연구소, 2002).

경기도 연천군은 벼 재배면적 4,300ha에서 22,000여 톤의 벼짚이 생산되고 있으나 사료자원으로 이용되는 것은 30% 이하이다. 따라서 벼짚의 사료로서의 이용률과 사료품질을 향상시키고자 2002년도부터 생벼짚 원형 곤포사일리지(Round bale silage of fresh rice straw, RS)를 조제하고 있으나 농가수준에서의 조제기술은 아직 미흡한 상태이다. RS 조제에 관해서는 사일리지의 저장성을 향상시키기 위한 저장방법 및 랩핑시 비닐의 색과 겹수에 관한 연구(김 등, 2001; 이 등, 2002), 부족한 에너지를 보충하고 기호성을 높이기 위하여 첨가제를 첨가하는 연구(이, 1998) 등이 이루어져 왔다. 또한 손 등(1999)은 벼 수확과 동시에 RS로 조제하였을 때가 수분 함량(65~70%)이나 영양소 함량 면에서 사료적 가치가 가장 높아 가능한 한 벼의 수확과 동시에 RS 조제작업을 실시할 것을 권장하고 있다. 특히 가을철 수분의 증발속도를 고려할 때 양질의 RS를 조제하기 위해서는 만 2일 이상 조제 일을 지체시키는 것은 바람직하지 않다고 하였다. 그러나 실제 농가수준에서는 생벼짚의 수확시 수분 함량은 쌀 수확시기에 의해 종속적으로 결정되어진다고 할 수 있다

일반 목초나 사료작물의 사일리지 조제시 수분 함량이 높은 원료를 이용하여 사일로에 담압 할 경우 수용성물질을 함유한 수분이 상층부로부터 하층부로의 이동하여 발효과정에서

사료성분이나 발효품질에 부위별 차이가 나타난다. 그러나 RS 조제시 수분 함량이 높은 생벼짚을 저장하는 과정에서 저장부위에 따른 사료성분이나 발효품질에 대한 국내에서의 연구는 전무한 상태이다. RS 조제시에도 수용성물질을 함유한 수분이 이동하여 발효과정에서 부위별 사료성분이나 발효품질의 변화가 있을 것으로 사료된다.

이상의 관점에서 본 연구는 연천지역에서 수확, 조제한 RS의 저장부위에 따른 발효품질 및 사료성분의 변화를 구명하여, 양질의 RS 조제기술을 보급할 목적으로 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

실험기간은 2002년 11월 23일부터 2003년도 6월까지 약 7개월간이었다. 실험장소는 경기도 최북단의 연천지역으로 1개의 농가의 RS를 공시하였다. 공시재료인 RS의 품종은 만생종인 추청벼의 생벼짚이었고 벼 수확은 2002년 10월 10일에 실시하였다.

곤포 후 1개월 후에 3개의 RS(bale No. I, bale No. II 및 bale No. III)로부터 각각 상층부, 중앙부 및 하층부에서 채취하였다. RS의 채취부위는 상층부(위로부터 20cm 밑), 중앙부(정 가운데) 및 하층부(밑에서부터 20cm 위)로서 각 부위별로 200~400g을 채취하였다. 채취한 RS의 시료는 밀봉하여 분석시까지 냉동보관하였다.

일반성분은 채취한 일정량의 RS를 60℃에서 72시간 건조한 후 분쇄하여 분석에 이용하였다. 건물(Dry matter, DM), 조회분(Crude ash, Ash), 조섬유(Crude fiber, CF), 조지방(Crude fat, Ether extract, EE) 및 조단백질(Crude protein, CP) 함량은 A.O.A.C(1990) 방법에 준하여 분석하였다. NDF(neutral detergent fiber) 및 ADF(acid detergent fiber) 함량은 Goering과

Van soest(1991) 방법으로 분석하였다. 한편 RS의 TDN 함량은 Wardeh(1981)의 회귀방정식을 이용하여 계산하였다.

발효품질을 분석하기 위하여 사일리지 100g에 증류수 200 ml을 가하여 유리막대로 충분히 저어준 후 냉장고에서 저장, 가끔씩 흔들어 주면서 24시간동안 방치하였다. 그 다음 4종의 거어조로 여과, 추출한 여과액은 분석 시까지 냉동실에 냉동보관 하였다. 냉동된 여과액은 냉장실에서 해동 후 분석에 이용하였다. pH는 pH meter(model 420)로 측정하였다. 유산(Lactic acid) 분석은 Barker and Summerson 법(1941)을 이용하였다. 휘발성지방산(Volatile Fatty Acid, VFA)은 gas chromatography (shimadzu GC-17A; JAPAN)를 이용하여 측정하였다. 전처리하는 시료의 상층액과 25% Phosphoric acid를 5:1 비율로 잘 혼합하여 30분간 정치시켰으며,

3000rpm으로 10분간 원심분리한 후 상층액을 채취하여 VFA 분석에 이용하였다. 이때 분석 조건으로는 Valcoband(Capillary GC Columns) 30m × 0.25mm × 0.25 $\mu$ m column를 부착하였으며, injector 온도 230 $^{\circ}$ C, column 온도 100 $^{\circ}$ C, detector 온도 230 $^{\circ}$ C 및 8 $^{\circ}$ C/min의 column temperature programing에 따라 실시하였다. 또한 헬륨(He)gas(carrier gas) 유입량은 7ml/min으로 하고, 수소(H<sub>2</sub>)gas 및 산소(air) 유입량은 15 ml, split ration은 1 : 30, sample 주입량은 1 $\mu$ l로 하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 발효품질

RS의 부위별 발효품질은 Table 1에서 보는

Table 1. Effect of sampling site on fermentation characteristics of RS

Sampling site <sup>1)</sup>	Bale No.	pH	Lactate	Acetate	Propionate	Butyrate
..... % of DM .....						
Top	I	6.2	0.68	0.01	0.0	0.0
	II	6.4	0.01	0.0	0.0	0.0
	III	6.1	0.02	0.0	0.0	0.0
	Mean	6.2 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.38 <sup>a</sup>	—	—	—
Center	I	5.5	0.84	0.0	0.0	0.0
	II	5.8	0.05	0.0	0.0	0.0
	III	5.9	0.02	0.0	0.0	0.0
	Mean	5.8 ± 0.2 <sup>b</sup>	0.30 ± 0.47 <sup>a</sup>	—	—	—
Bottom	I	6.0	0.79	0.05	0.0	0.0
	II	6.4	0.25	0.01	0.0	0.0
	III	6.0	0.05	0.01	0.0	0.0
	Mean	6.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	0.36 ± 0.38 <sup>a</sup>	0.02 ± 0.02 <sup>a</sup>	—	—

<sup>1)</sup> Treatment(sampling site) means within the same row were determined to be significant at p < 0.05.

바와 같다. pH는 중앙부가 상층부나 하층부보다 낮은 경향을 보였으나, 모든 부위에서 전반적으로 높았다. 반면 유산 함량과 lactate, acetate, propionate 및 butyrate 등 모든 VFA 함량은 거의 나타나지 않았으며, 부위에 따른 차이는 없었다. 중수분 이상의 사일리지에서 높은 pH와 낮은 유산 함량이라면 발효품질이 아주 불량한 사일리지이지만, 본 연구에서의 RS는 수분 함량이 12.4~44.0% 범위로 아주 낮은 반 건초 상태였음을 고려한다면 모든 종류의 발효가 억제되었을 것으로 사료된다(Erdman, 1993). 이것은 McDonald 등(1991)이 건물 함량 16.9%의 예견하지 않은 목초사일리지를 건물 함량 35.9%로 예견하였을 때 pH는 4.0에서 5.1로 증가, 유산 함량은 16.5%에서 34%로 증가 및 VFA 함량은 감소하는 등 예견함에 따라 대

부분의 발효가 억제되고 있다고 하여 본 연구와 같은 결과를 나타냈다. 수분 함량이 50% 이하의 저수분 사일리지의 경우 대부분 발효가 억제되므로 pH, 유산 및 VFA 함량 등을 지표로 하는 발효품질 평가는 하지 않는다. 따라서 반건초 상태(저수분 상태)에 있는 본 연구의 RS의 경우도 발효품질이 사료가치의 양부(良否)판단기준이 되지 않는 것으로 사료된다.

## 2. 사료성분

RS의 부위별 사료성분은 Table 2에서 보는 바와 같다. 건물 함량은 상층부에서 bale No. I, bale No. II 및 bale No. III 이 각각 64.5, 87.6 및 63.3%로 bale No. II가 가장 높았으며, bale 간의 차이는 없었다. 이러한 경향은 중앙부 및

Table 2. Effect of sampling site on chemical composition of RS

Sampling site <sup>1)</sup>	Bale No.	DM	CP	EE	NDF	ADF	CF	Ash	NFE	TDN
..... % of DM .....										
Top	I	64.5	3.5	1.1	66.3	38.9	26.9	9.7	58.8	44.3
	II	87.6	4.3	0.8	67.5	38.9	21.2	8.1	65.6	44.3
	III	63.3	4.4	1.4	64.2	40.2	24.7	10.1	59.5	44.1
	Mean	71.8± 13.7 <sup>a</sup>	4.1± 0.5 <sup>a</sup>	1.1± 0.3 <sup>a</sup>	66.0± 1.6 <sup>b</sup>	39.3± 0.7 <sup>b</sup>	24.3± 2.9 <sup>a</sup>	9.3± 1.0 <sup>a</sup>	61.3± 3.7 <sup>a</sup>	44.2± 0.1 <sup>a</sup>
Center	I	56.0	4.3	1.6	68.4	42.1	28.7	9.9	55.6	44.7
	II	86.2	4.8	1.8	71.4	43.6	26.2	8.7	58.4	45.2
	III	64.3	3.8	1.0	68.8	42.4	25.0	11.6	58.6	43.1
	Mean	68.8± 15.6 <sup>a</sup>	4.3± 0.5 <sup>a</sup>	1.5± 0.4 <sup>a</sup>	69.5± 1.6 <sup>a</sup>	42.7± 0.8 <sup>a</sup>	26.6± 1.9 <sup>a</sup>	10.1± 1.5 <sup>a</sup>	57.5± 1.6 <sup>a</sup>	44.3± 1.1 <sup>a</sup>
Bottom	I	61.0	3.7	1.3	68.5	43.9	29.0	10.8	55.3	44.0
	II	84.6	4.6	1.8	70.8	42.8	25.8	7.9	59.9	45.6
	III	62.3	3.7	1.4	68.9	42.3	24.0	11.3	60.6	42.5
	Mean	79.3± 13.3 <sup>a</sup>	4.0± 0.5 <sup>a</sup>	1.2± 0.7 <sup>a</sup>	69.4± 1.2 <sup>a</sup>	43.0± 0.8 <sup>a</sup>	26.3± 2.5 <sup>a</sup>	10.0± 1.8 <sup>a</sup>	58.6± 2.9 <sup>a</sup>	44.0± 1.6 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Treatment (sampling site) means within the same row were determined to be significant at  $p < 0.05$ .

하층부에서도 동일하게 나타나, 급여되는 RS에 따라서는 건물 함량에 차이가 있음을 시사하고 있다. 평균 건물 함량은 상층부, 중앙부 및 하층부가 각각 71.8, 68.8 및 69.3%로 부위에 따른 건물 함량의 차이는 없었다. 이것은 벼 수확시기가 늦어져 생볏짚 자체의 수분 함량이 급격히 낮아져 원형 곤포 후에도 상층부로부터 하층부로의 수분(수용성물질 포함) 이동이 거의 없었던 것에 기인한다고 할 수 있다. 한편 RS의 건물 함량은 일반볏짚(마른 볏짚)의 건물 함량 85% 보다는 낮은 것이다. 그러나 일반적으로 벼 수확과 동시에 RS를 조제 했을때 적정 건물 함량이 31.2%(한국표준사료성분표, 2002)임을 고려한다면 본 연구에서 RS의 건물 함량은 매우 높은 것이었다. 또한 손 등(1999)이 지역별 RS 조제용 원료볏짚의 건물 함량을 35.2~57.7%로 보고하고 있어, 본 연구의 RS는 생볏짚이라기 보다는 일반볏짚에 가까운 건물 함량이라고 할 수 있다. 본 연구에서 건물 함량이 높은 이유는 연천군의 경우 벼 수확시 정부 수매의 수분 함량인 18%를 맞추기 위해 된서리가 내린 후 생볏짚을 수확하는데 있다. 여

기에 벼수확 후에는 생볏짚의 수분 증발이 매우 빠른 속도로 일어나게 되며, 또한 RS 조제를 위한 준비작업의 지연(논의 건조상태, 트랙터나 베일러 등의 고장 등에 의한 지연)으로 조제가 늦어지는 등의 원인으로 수분이 부족한 상태가 된다고 보고하였다(손 등, 1999).

CP 함량(Fig. 1)은 상층부의 경우 bale No. I, bale No. II 및 bale No. III가 3.5~4.4% 범위에 있었으며, 중앙부 및 하층부도 각각 3.8~4.8%와 3.7~4.6%로 RS간에 따른 차이는 없어 평균 CP 함량은 상층부, 중앙부 및 하층부가 각각 4.1, 4.3 및 4.0%로 부위에 따른 차이는 없었다. 이것은 일반볏짚(마른 볏짚)의 CP 함량 4.45%(한국표준사료성분표, 2002)와 비슷한 수준이었으며, 손 등(1999)의 RS 연구에서 보고한 CP 함량 4.59~6.96%, 한국표준사료성분표(2002)의 6.34% 보다 낮은 것이었다. 목초류에 있어서 수확시기가 늦어짐에 따라 CP 함량이 감소하므로(Erdman, 1993), 본 연구에서도 늦은 벼 수확으로 인해 생볏짚의 CP 함량이 낮게 나타난 것으로 사료된다.

NDF 함량은 상층부의 경우 bale No. I, bale

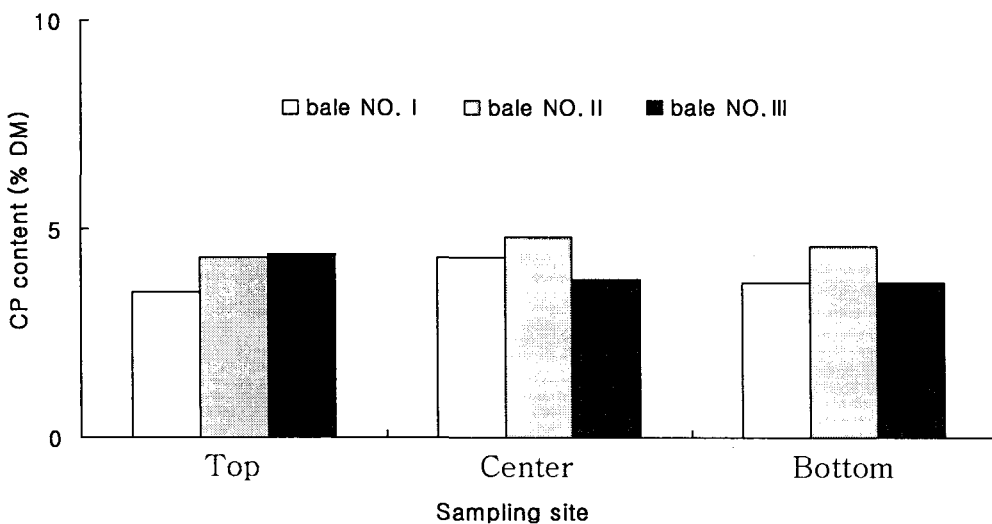


Fig. 1. Effect of sampling site on CP content of RS.

No. II 및 bale No. III가 64.2~67.5% 범위에 있었으며, 중앙부 및 하층부도 각각 68.4~71.4%와 68.5~70.8%로 RS간의 따른 차이는 없었다. 평균 NDF 함량은 상층부, 중앙부 및 하층부가 각각 66.0, 69.5 및 69.4%로 상층부에서 낮은 경향을 보이고 있으며, 중앙부와 하층부 간의 차이는 없었다. 이것은 한국표준사료 성분표(2002)에서 RS의 평균 NDF 함량 48.8%보다 매우 높게 나타났으며, 손 등(1999)의 61.3%(평택지역)보다도 높은 것이다. 본 연구에서 NDF 함량이 다른 연구결과보다 높은 것은 건물 함량 및 CP 함량에서와 같이 수확시기의 지연이 영향을 준 것으로 사료된다.

ADF 및 CF 함량의 경우도 NDF 함량과 같은 경향을 나타내, 상층부, 중앙부 및 하층부간의 차이는 없었다.

TDN 함량은 상층부 44.1~44.3%(평균 44.2%), 중층부 43.1~45.2%(평균 44.3%), 하층부 42.5~45.6%(평균 44.0%)로, 부위에 따른 차이는 없었다. 한편, 본 연구의 TDN 함량은 한국표준사료성분표(2002)의 39.81%, 손 등(1999)의 35.28%보다도 높게 나타났다. 본 연구에서 건물, CP 및 CF 함량 등의 사료품질이 한국표준사료성분표(2002) 및 손 등(1999)의 결과보다 낮은 사료품질인 것을 감안한다면, 본 연구의 TDN 함량은 이보다 낮을 것으로 사료된다. 그럼에도 불구하고 TDN 함량이 높게 나타난 것

은 TDN 계산식의 차이, 즉 본 연구에서는 추정방정식으로 계산한 반면, 손(1999)의 연구에서는 면양에 대사실험결과에 의거한 계산에 기인하는 것으로 사료된다. 앞으로 본 연구에서도 실제 반추가축을 이용, 대사실험에 기초한 TDN 함량을 산출할 필요가 있다.

이상의 결과에서, RS의 사료성분 함량은 상층부, 중앙부 및 하층부에 따른 차이는 없었으며, 이것은 벼의 수확지연으로 인해 생벚짚의 건물 함량이 70% 정도로 높아 부위에 따른 수분(수용성물질 함유) 이동이 없었던 것에 기인하는 것으로 사료된다. 그러나 중수분 이상의 일반 목초 사일리지에서는 수용성물질을 함유한 수분이 상층부로부터 하층부로의 이동하여 상층부, 중앙부 및 하층부의 건물 함량(수분 함량)에 차이가 있는 점을 감안한다면, RS 조제에서도 생벚짚의 수분 함량 60% 전후에서 수확, 원형근포로 할 경우 수분이동에 따라 저장부위의 사료성분 및 발효품질의 변화가 나타날 것으로 사료되어, 추가적인 검토가 필요하다.

이상에서 사료성분 및 발효품질이 우수한 RS를 조제하기 위해서는 적절한 수확시기의 선정이 무엇보다도 중요하며, 적정 수확시기는 원료의 수분 함량(건물 함량)과 밀접한 관계를 갖고 있다. 따라서 벼 수확과 동시에 생벚짚을 이용하여 RS를 조제할 경우 건물 함량이 26~40% 범위일 때 CP 및 NDF 함량 면에서 우수

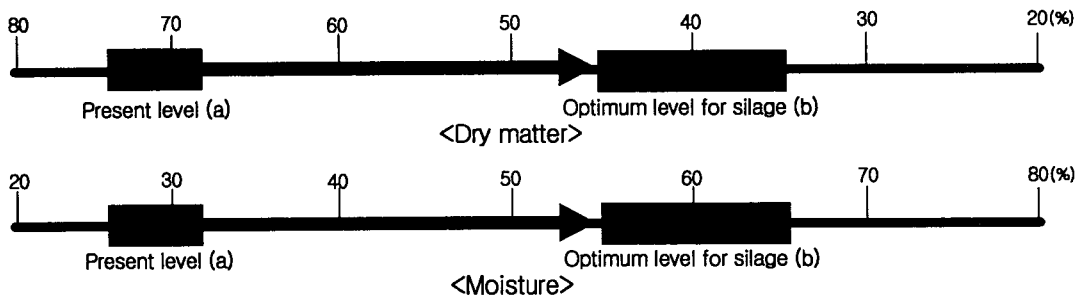


Fig. 2. Optimum DM content for good RS-making.

하였던 것을 고려한다면(손 등, 1999), 양질의 RS 조제에 필요한 적정 수분 함량을 위해서는 지역특성, 기상조건 및 기계작업조건 등에 따른 차이는 있지만, 초상(初霜)전 벼 수확과 동시에 곤포를 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 이상의 연구결과를 근거로, 양질의 RS 조제를 위한 원료초의 적정 건물 함량(수분 함량)에 대한 권장수준을 Fig 2에서 보는 바와 같이, 건물 함량을 현재수준(a)인 69~72%에서 적정수준(b)인 35~45% 정도로 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

#### IV. 요약

본 연구는 효율적인 RS 조제기술을 규명할 목적으로 실시하였다. 연구는 RS의 저장부위에 따른 발효품질 및 사료성분의 변화에 대하여 검토하였는데, 곤포한 1개월 후에 3개의 RS (bale No. I, bale No. II 및 bale No. III)로부터 부위별 (상층부, 중앙부 및 하층부)로 채취하였다. 건물 함량은 상층부에서 bale No. I, bale No. II 및 bale No. III 이 각각 64.5, 87.6 및 63.3%로 bale No. II가 가장 높았으며, 모두 수분 함량이 아주 낮은 haylage 수준이었다

CP 함량은 bale No. I, bale No. II 및 bale No. III간에 커다란 차이는 없었으며, 평균 CP 함량은 상층부, 중앙부 및 하층부가 각각 4.1, 4.3 및 4.0%로 부위에 따른 차이는 없었다. NDF 함량 bale No. I, bale No. II 및 bale No. III간에 따른 차이는 없었다. 평균 NDF 함량은 상층부, 중앙부 및 하층부가 각각 66.0, 69.5 및 69.4%로 유의적인 차이는 없었다. TDN 함량은 bale No. I, bale No. II 및 bale No. III간에 커다란 차이는 없었으며, 평균 TDN 함량은 상층부, 중앙부 및 하층부가 각각 44.2, 44.3 및

44.0%로 부위에 따른 차이는 없었다. pH는 중앙부가 상층부나 하층부보다 낮은 경향을 보였으나, 모든 부위에서 전반적으로 높았다. 유산 함량을 비롯 acetate, propionate 및 butyrate 함량은 거의 나타나지 않았다.

이상의 결과에서, RS의 사료성분 함량은 상층부, 중앙부 및 하층부에 따른 차이는 없었으며, 이것은 수확시기 지연으로 인해 생벚짚의 건물 함량이 70% 정도로 높아 부위에 따른 수분(수용성물질 함유) 이동이 없었던 것에 기인하는 것으로 사료된다. 벼 수확과 동시에 생벚짚을 이용하여 RS를 조제할 경우, 건물 함량이 26~40% 범위일 때 사료성분 면에서 우수한 것을 고려한다면, 사료성분이 양호한 RS를 조제하기 위해서는 초상(初霜)전 벼 수확과 동시에 곤포하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

#### V. 인용문헌

1. 김정갑, 한민수, 김진엽, 강우성. 1993. 사료작물의 속성조제 및 간이저장기술 개발연구, 축시보고. 1004-1013.
2. 김정갑, 강우성, 한정대, 신정남, 한민수, 김진엽. 1995. 작물의 생리적 특성과 곤포 Silage 조제이용. 한국초지학회지 15(1):73-79.
3. 김종근, 정의수, 서 성, 박근제, 윤세형. 2001. 저장방법 및 비닐겉수가 생벚짚 원형베일사일리지 품질에 미치는 영향. 한국초지학회지 21(2):81-88.
4. 농촌진흥청, 축산기술연구소. 2002. 한국표준사료 성분표.
5. 성경일, 김동암, 김창주. 1985. 목초사일리지의 조제 및 이용에 관한 연구. 밀봉지연에 의한 roll bale silage의 품질 및 사료가치. 한국초지학회지 5(2):116-120.
6. 손용석, 고평석, 홍성준, 윤진아, 이지원. 1999. 벚짚과 야초의 조사료화 증진을 위한 곤포사일리지 제조방법 연구. 농림부 보고서. p. 119.

7. 이성현, 김종근, 최광재, 유병기, 오권영. 2002. 생볏짚의 연화처리와 피복스트레치 필름의 색깔에 따른 랩 사일리지의 품질 분석. 한국농업기계학회지. 27(4):334-340.
8. 이성철. 1998. 수확시기 및 첨가제가 연맥 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한국초지학회지 8 (2):157-162.
9. 축산기술연구소. 2002. 권역별 답리작 조사료 생산체계. 3차년도 완결보고서, 농촌진흥청.
10. Erdman, R. 1993. Silage fermentation characteristics affecting feed intake. in Silage production (From seed to animal), Proceeding from the National Silage Production Conference. p210-219, Syracuse, New York.
11. McDonald, P. 1991. The biochemistry of silage, John Wiley and Sons, Ltd. Pitman Press, Bath, England.
12. Romahn, W. 1988. Big bale haylage fits our operation. Moard's Adiryman. March 10. Hoard and sons company. Fort Atkinson, Wisconsin. p. 255.