

주요 飼料作物의 곤포 Silage 調製利用에 관한 研究

I. 作物의 生理的 特性과 곤포 Silage 調製利用

김정갑 · 강우성 · 한정대 · 신정남* · 한민수** · 김건엽**

Study on Baled Silage Making of Selected Forage Crop and Pasture Grasses

I. Discussion on baled silage making as affected by physiological characteristics of the plants

Jeong Gap Kim, Woo Seong Kang, Jeong Dae Han, Chung Nam Shin, Min Soo Han and Gun Yeob Kim

Summary

A simple conservation technique baled silage making of selected forage materials was discussed in Suwon and in Muan county during 1991 ~ 1992. Eleven species of forage crops and pasture grasses (maize, sorghum, pearl millet, barnyardgrass, rye, barley, spring oat, Italian ryegrass, orchardgrass, alfalfa and grass-legume pasture mixtures) were harvested at different growth stage from young plant to maturity and baled in a self constructed square baling chamber, and wrapped in a 0.05mm thick polyethylene plastic film. Each bales measured by 90cm long, 60cm wide and 50cm height and weighted between 15 ~ 20kg in dry matter basis.

physio-morphological characteristics of the plants, leaf weight ratio(LWR), leaf area ratio(LAR), stalk ratio (SR), stalk hardness(SH) and other growth parameters, were analysed and were used as a parameter to evaluate the suitability of materials for baling.

Italian ryegrass including orchardgrass, alfalfa and pasture mixtures produced high quality baled silage. Silage quality point(Flag-point) of Italian ryegrass was improved from 63 point in crushed custom silage to 75 point in baled silage. Material of grass-legume pasture mixtures showed 55 point in crushed silage and 67 point in baled silage. Fodder rye, barley, spring oat and barnyardgrass were also evaluated as a good materials for baled silage making. On the other hand, maize including sorghum and pearl millet were evaluated as a not suitable materials for baling due to its high value of SR and SH. Quality of maize was excellent with 88 point in crushed silage and medium with 47 point in baled silage making.

I. 緒 論

최근의 저장조사료 생산이용 형태는 종래의 다즙성 사일리지와 건조의 중간상태인 저수분 곤포 사일리지(baled silage making) 형태로 발전되고 있으며 이 같은 조제이용방법은 이미 유럽 등 축산 선진국을 중심으로 실용화 단계에 있다(Andrighetto 등, 1988;

Bevre, 1988; Gaillard 및 Zwaenepoel, 1987; Howe, 1987; Takano, 1982). 곤포 사일리지는 절단분쇄적 방법에 의한 관행적 silage(crushed silage making)와는 달리 재료의 chopping 작업이 필요없고 수확과 동시에 재료를 압착 베일링 조제하는 One man role bale wrapping system(1인작업체계)으로 노동력 및 생산비를 크게 절감시킬 수 있는 장점이 있으나 재료의 생

축산기술연구소(National Livestock Reserach Istitute, RDA, Suweon 441-350, Korea)

* 계명전문대학교(Keimyung Technical College, Daegu 705-701, Korea)

** 농업과학기술원(Agricultural Science and Technology Institute, RDA, Suweon 441-707, Korea)

리적 및 물리적 특성에 따라서는 곤포작업이 어려운 단점도 갖고 있다(김 등, 1992; 한 등, 1991). 한편 곤포 사일리지는 저수분 상태를 유지하여 염화비닐포장에 의한 개체별 저장이 가능함으로 저장중에 건물 및 가스화 양분 손실이 적은 것으로 평가되고 있다(김 등, 1993).

곤포 사일리지 조제에는 대형 라운드베일러(round baler)가 사용되고 있는데 이들 작업기종은 목초의 건조조제에도 병행 이용할 수가 있어 조사료의 생력생산을 위한 기계화 효율적인 면에서 보급효과가 크다 하겠다.

이상에서와 같이 곤포 사일리지 조제이용은 기존의 관행적 사일리지 조제이용방법에 비해 많은 장점을 갖고 있는 것으로 평가되고 있어 그간 우리나라에서도 곤포 사일리지 조제이용과 관련된 다수의 연구가 수행되고 있으며 일부 대규모 농장 및 기계화사업단에서는 이들 작업기를 구입 건조조제에 사용하고 있다(김 등, 1994). 그러나 그간의 연구결과와 운영실적을 분석하여 볼 때, 곤포 사일리지 조제에는 대형의 베일러와 많은 종류의 부착기종을 필요로 하고 있어 이들 작업체계의 효율적 운영을 위해서는 일정규모 이상의 조사료 생산면적이 필요한 것으로 보고되고 있다(Evans, 1988; 김 등, 1993). 한편 곤포 사일리지는 조제작업의 특성으로 인하여 재료의 수량구성과 관련된 물리적 특성이 곤포작업을 위한 제한 요인

이 되고 있어 이들 조제이용의 성공적 정착을 위해서는 현재 우리나라에서 재배이용되고 있는 주요 사료작물의 조제이용 가능성에 대한 검토가 선행되어야 할 것이다.

이러한 점에서 본 연구는 주요 사료작물의 곤포 사일리지 조제이용을 위한 기술적인 문제점을 검토하였는바, 제 1보에서는 우리나라에서 재배되고 있는 주요 사료작물 및 목초류 11종을 대상으로 생육특성을 조사분석하여 작물별 곤포 사일리지 조제이용 가능성을 평가하였다.

II. 材料 및 方法

1. 作物別 生育特性 調査分析

본 시험은 옥수수(품종:수원 19호), 수수 × 수단그라스교잡종(pioneer988), pearl millet(Gahi-3), 호맥(Matton), 대맥(올보리), 연맥(Foot hill), 사료용피(재래종), Italian ryegrass(Tetraflorum), alfalfa(Vernal), orchardgrass(Potomac) 및 혼파목초(orchardgrass 16, tall fescue 8, perennial ryegrass 7, Ky. bluegrass 3, ladino clover 2, alfalfa 4kg/ha)을 공시재료하여 1991년부터 1992년까지 수행되었다.

시험포장은 맥류작물 및 Italian ryegrass는 전남 무안의 유당농원, 그외 작물은 수원의 축산기술연구소

Table 1. Crops, pasture species, experimental site and type of cultivation

Crops and pasture species	Varieties	Experimental site	Type of land cultivated
Fodder rye	Maton	Muan (Yudang)	Paddy land
Barley	Olbori	"	"
Italian ryegrass	Tetraflorum	"	"
Maize	Suweon 19	Suweon (LRI)	Upland
Sorghum	Pioneer 988	"	"
Pearl millet	Gahi-3	"	"
Spring oat	Foot hill	"	"
Barnyardgrass	Local var.	"	"
Orchardgrass	Potomac	Suweon (LRI)	Grassland
Alfalfa	Vernal	"	"
Pasture mixtures	Standard	"	"

* Pasture mixtures = orchardgrass 16, tall fescue 8, perennial ryegrass 7, Ky. bluegrass 3, ladino clover 2, alfalfa 4kg/ha.

조사료생산포장에서 각 작물별로 0.5~1.0ha 크기의 단구제로 재배하여 생육특성 및 수량을 4반복으로 조사 평가하고 이에서 생산된 재료를 이용하여 사일리지를 조제하였다.

물리적 특성은 Voigtlaender 및 Voss(1979) 방법에 따라 수량구성 요소중 엽중비율(LWR=leaf weight ratio), 엽면적비율(LAR=leaf are ratio), 줄기의 비율(SR=stalk ratio), 줄기의 굵기(SD=stalk diameter) 및 경도(SH=stalk hardness)를 조사분석 하였으며 발효 품질과 관련된 특성은 Kirchgessner(1978)의 제안에 따라 재료중의 질소 및 당함량과 이들 성분간의 균형 비율을 분석하여 평가지표로 사용하였다.

2. 곤포 silage의 調製 및 品質 評價

Silage 조제에 있어서 곤포 사일리지는 자체적으로 제작한 인력조제용 시작기와 트랙터 부착 건조 조제용 베일러를 이용하여 조제하였다. 이때 곤포 사일리지의 조제규격은 개체당 크기를 90cm × 60cm × 50cm, 중량은 건물 기준 15~20kg으로 하였으며 곤포기의 압착강도는 hardness 21~22mm를 유지하였다.

한편 절단분석적 방법에 의한 관행적 사일리지는 옥수수는 체인 2조식의 옥수수 전용 하베스타, 기타

작물은 목초 수확용 하베스타를 이용하여 조제하였다. 사일리지 저장에 있어서 관행적 사일리지는 트랜치 silo, 곤포 사일리지는 트랜치 silo 이외에 별도로 비닐과 보온덮개 및 차광망을 이용한 stack silo 형태로 옥외 저장하였다. 한편 사일리지의 품질은 저장 6개월 후에 개봉하여 Kirchgessner 및 Zimmer-Flieg (1978) 방법으로 silage의 건물함량, 산도(PH) 및 유기산 성분을 분석 평가하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 作物別 生育特性和 Silage 調製利用 形態

표 2는 각 작물별로 사일리지 조제이용 적기에 있어서의 생리적, 물리적 특성에 따른 사일리지 조제이용 형태를 추천한 것이다. 공시작물중 Italian ryegrass와 목초류는 수량구성에 있어서 엽중비율(LWR) 및 엽면적비율(LAR)이 높고 줄기가 가늘고 유연하여 베일러 작업기에 의한 곤포작업이 용이한 것으로 평가되었다. 이 결과 Italian ryegrass, orchardgrass, alfalfa 및 혼파목초의 사일리지 품질은 관행적 방법에 비해 곤포 사일리지 조제이용에서 크게 개선되는 것으로 분석되었다(표 3).

Table 2. Leaf weight ratio(LWR), leaf area ratio(LAR) and other physiological characteristics of selected forage crops as a parameters for recommendation of baled silage making

Crops and pasture species	Stage of harvesting	LWR (g/g)	LAR (cm ² /g)	SD (mm)	Hardness	N/NSC	CP/NFE	Recom. of silage making
Fodder rye	S. dough	0.417	72	2.9	M	0.24	0.19	BS, CS
Barley	H. olough	0.395	63	3.1	M	0.21	0.14	BS, CS
Italian ryegrass	Bloom	0.542	180	2.2	S	0.37	0.41	BS
Maize	H. dough	0.187	12	31.0	H	0.16	0.11	CS
Sorghum	Bloom	0.382	53	18.4	H	0.22	0.20	CS
Pearl millet	Bloom	0.490	69	17.3	H	0.28	0.31	CS
Spring oat	S. dough	0.430	73	3.3	M	0.19	0.16	BS, CS
Barnyardgrass	Bloom	0.427	56	2.2	S	0.32	0.33	BS
Orchardgrass	Bloom	0.503	160	2.0	S	0.56	0.34	BS
Alfalfa	Bloom	0.481	111	3.4	S	0.51	0.42	BS
Pasture mixtures	Bloom	0.526	192	1.8	S	0.47	0.45	BS

*SD = stalk diameter, Hardness = stalk hardness (S = soft, M = moderate, H = hard material), N = total nitrogen, NSC = non structural carbohydrate, BS = baled silage making, CS = crushed custom silage making.

Table 3. Evaluation data on the dry matter content, pH and organic acid fermentation of baled silages

Crops and type of silage making	Dry matter contents(%)	Acidity of silage(pH)	Organic acid(% in DM)			Flieg's* point
			Lactic acid	Butylic acid	Acetic acid	
Baled silage						
Fodder rye	30.78	4.27	8.61	0.34	3.48	70
Barley	34.72	4.80	9.37	0.44	2.07	69
Italian ryegrass	27.14	4.29	8.60	0.28	3.97	75
Maize	35.15	5.08	8.50	0.44	3.86	47
Sorghum	36.40	5.14	8.83	0.61	3.52	51
Pearl millet	32.17	5.10	8.54	0.59	3.60	52
Spring oat	27.29	4.33	9.48	0.40	2.27	74
Barnyardgrass	29.53	4.51	8.41	0.37	2.81	69
Orchardgrass	28.18	4.36	8.52	0.45	3.10	63
Alfalfa	30.45	4.84	9.10	0.53	2.96	63
Pasture mixtures	28.09	4.76	8.58	0.46	3.07	67
Crushed silage						
Fodder rye	31.25	4.46	8.92	0.44	3.60	57
Barley	36.08	4.55	9.65	0.60	2.15	66
Italian ryegrass	29.01	4.81	8.80	0.46	3.01	63
Maize	32.80	4.29	11.40	0.32	2.87	88
Sorghum	34.09	4.31	10.18	0.40	3.02	76
Pearl millet	30.47	4.80	9.51	0.45	3.18	67
Spring oat	29.14	4.67	9.25	0.48	2.40	68
Barnyardgrass	30.72	4.60	8.52	0.49	3.14	60
Orchardgrass	31.06	4.55	8.61	0.52	3.23	56
Alfalfa	28.50	5.02	8.86	0.67	3.15	54
Pasture mixtures	30.55	4.80	8.35	0.43	2.97	55

*Flieg's point : 0~20 = class V, 21~40 = class IV, 41~60 = class III, 61~80 = class II, 81~100 = class I.

이에 반해 옥수수는 발효품질과 관련된 질소 및 당 함량과 이들 성분간의 균형비율은 곧포 사일리지 조제이용에 적합한 편이나 수량구성에 있어서 엽중비율 및 엽면적비율이 상대적으로 낮고 줄기도 굵고 단단하여 곧포작업에 어려운 물리적 특성을 갖고 있다. 따라서 옥수수의 경우 곧포 사일리지보다는 절단분쇄적 방법에 의한 관행적 사일리지 조제에 적합한 작물로 분류되었는데 이같은 결과는 김 등(1993)의 연구에서도 옥수수를 재료로 한 곧포 사일리지의 품질은 관행적 사일리지 품질에 비해 크게 떨어지는 것

으로 보고된 바 있다(표 3). 공시작물중 sorghum 및 pearl millet은 수량구성에 있어서의 LWR 및 LAR는 높은 편이나 줄기 비율이 높고 매우 단단하여 이들 작물도 옥수수와 함께 절단분쇄적 방법에 의한 관행적 사일리지 조제이용에 보다 적합한 것으로 평가되었다.

한편 맥류작물인 호맥과 대맥 및 연맥은 재료의 물리적·화학적 특성을 근거로 할때 관행적 사일리지 및 곧포 사일리지 모두에 적합하나 표 3의 사일리지 조제형태별 품질평가 결과 이들 작물은 곧포 사일리

지 조제형태에 보다 적합한 것으로 분석되었다.

2. Silage 調製形態에 따른 品質評價

표 3은 각 작물별로 사일리지 조제형태에 따른 품질을 Zimmer-Flieg 방법으로 비교 평가한 것이다. 공시작물중 Italian ryegrass와 목초류는 곤포 사일리지 조제이용시 관행적 사일리지에 비해 품질이 크게 향상되는 결과를 보였으며 목초별로는 Italian ryegrass의 경우 관행 사일리지의 63점에서 곤포 사일리지 조제이용시에는 75점으로, 혼파목초는 55점(관행 사일리지)에서 67점(곤포 사일리지)으로 각각 사일리지 품질이 개선되었다. 이들 목초중 특히 alfalfa는 관행적 사일리지의 평가점수 54점에서 곤포 사일리지에서는 63점으로 품질이 개선되어 alfalfa도 곤포사료 형태로의 사일리지 조제이용이 가능하다는 결론을 얻을 수 있었는데 alfalfa의 사일리지 이용 가능성은 김 등(1993) 및 Fenlon 등(1989)의 연구에서도 검토된 바 있다.

맥류의 경우도 공시작물 모두에서 곤포 사일리지 조제이용에 따른 품질개선 효과가 큰 것으로 나타났는데 작물별 사일리지 품질평가 결과를 보면 관행적 사일리지에서는 호맥 57, 대맥 66, 연맥 68점이었으나 곤포 사일리지 형태에서는 각각 70점(호맥), 69점 및 74점(연맥)이었다. 이상의 목초류 및 맥류작물과

는 달리 공시작물중 옥수수, sorghum 및 pearl millet은 곤포 사일리지 조제이용시 품질이 크게 악화되는 것으로 분석되었는데 이같은 결과는 표 2의 작물별 생육특성에 대한 생리적 분석에서 설명된 바와 같이 이들 작물은 곤포작업에 어려움이 있어 정상적인 발효가 이루어지지 못한데 원인된 것으로 구명되었다.

이상 우리나라에서 재배 이용되고 있는 사료작물 및 목초를 대상으로 작물별 생육특성과 곤포 사일리지 조제이용 가능성을 검토한 결과 Italian ryegrass, 사료용 피, 목초류 및 맥류작물은 곤포 사일리지 조제 이용에 적합한 것으로 평가되었는데 이들 중 Italian ryegrass 및 목초류는 Andrighetto 등(1988), Galloy 등(1986), Hadero-Ertiro(1988) 및 Robinson 등(1988)도 곤포 사일리지 조제에 적합한 작물로 보고한 바 있다.

3. 작물별 곤포 silage의 생산성

곤포 사일리지는 저수분 상태에서 조제하게 됨으로 곤포 사일리지 조제를 위한 수확적기는 대체적으로 각 작물의 조사료 최대생산시기와 일치된다(제 2보). 이와 같은 특성을 근거로 할 때 각 작물의 곤포 사일리지 이용적기는 맥류의 경우 대맥은 황숙기, 호맥과 연맥은 유숙기에 해당되며 이때의 사일리지 생산성은 각각 건물기준 11.95톤, 12.16톤 및 8.58톤/ha 이었다.

Table 4. Yield performance of selected forage crops and pasture species for baled silage making

Crops and pasture species	Stage of harvesting	Yields (ton/ha)			StE (KStE)	NEL (1,000MJ)
		FM	DM	TDM		
Fodder rye	S. dough	39.5	12.16	7.70	5.68	69.68
Barley	H. dough	33.8	11.95	8.04	6.27	73.37
Italian ryegrass (2)	Bloom	64.4	13.12	8.40	6.34	72.09
Maize	H. dough	56.8	21.94	14.94	13.82	149.11
Sorghum (2)	Bloom	85.2	22.43	12.76	11.65	120.59
Pearl millet (2)	Bloom	80.1	18.07	10.03	9.32	95.84
Spring oat	S. dough	37.2	8.58	5.71	4.03	49.51
Barnyardgrass (2)	Bloom	45.1	12.20	6.84	5.26	64.75
Orchardgrass (3)	Bloom	49.0	10.93	6.56	4.65	57.39
Alfalfa (3)	Bloom	58.8	12.94	8.38	6.14	72.56
Pasture mixtures (3)	Bloom	56.5	12.15	7.54	5.62	66.91

*FM = fresh matter, DM = dry matter, TDM = total digestible dry matter, StE = starch equivalent net energy, KStE = kilo StE, NEL = net energy lactation, () = cutting frequency/year.

한편 Italian ryegrass와 목초류의 수확적기는 각 작물 공히 개화기로서 Italian ryegrass는 연간 2회 예취로 13.12톤, 목초류는 3회 예취로 각각 orchardgrass 10.93톤 및 혼파목초 12.15톤/ha의 곤포 사일리지 생산이 가능하였다. 공시작물중 옥수수, sorghum 및 pearl millet의 관행적 방법에 의한 사일리지 생산성은 각각 21.94톤, 22.43톤 및 18.07톤/ha이 되었다.

IV. 摘 要

본 연구는 1991년부터 1992년까지 우리나라에서 재배 이용되고 있는 사료작물 및 목초류 11종(옥수수, sorghum, pearl millet, 사료용 피, 호맥, 대맥, 연맥, Italian ryegrass, orchardgrass, alfalfa 및 혼파목초)을 공시하여 식물체 수량구성에 있어서의 엽중비율(LWR), 엽면적비율(LAR), 줄기비율(SR), 줄기의 직경(SD) 및 줄기의 경도(SH) 등 곤포작업과 관련된 생리적·물리적 특성을 분석하여 각 작물의 곤포 사일리지 조제이용 가능성을 검토하였다. 한편 품질평가를 위한 시험용 곤포 사일리지는 자체적으로 제작한 각형의 곤포기와 트랙터 부착 건조조제용 곤포기를 사용하여 조제하였으며 이때 곤포 사일리지의 조제 규격은 길이 90cm × 폭 60cm × 높이 50cm의 각형으로 개체당 건물중량 15~20kg, 곤포압착은 21~22mm를 유지하였다.

공시작물중 Italian ryegrass, orchardgrass, alfalfa 및 혼파목초는 곤포 사일리지 조제이용에 매우 적합한 것으로 평가되었다. 이 결과 Italian ryegrass 및 혼파목초의 사일리지 품질은 절단분쇄적 방법에 의한 관행 사일리지의 63점 및 55점에서 곤포 사일리지 조제이용시에는 각각 75점 및 67점으로 크게 개선되었다.

맥류작물(호맥, 대맥, 연맥)은 관행적 사일리지 및 곤포 사일리지 조제가 용이한 편이나 사일리지 품질에서 곤포 사일리지 조제이용에 보다 적합한 것으로 분석되었다. 한편 공시작물중 옥수수, sorghum 및 pearl millet은 수량구성에 있어서 엽중비율이 낮고 줄기도 굵고 단단하여 절단분쇄에 의한 관행적 사일리지 조제형태에 적합한 것으로 평가되었다. 사일리지 조제형태에 따른 옥수수 사일리지의 품질은 관행 silage 88점 및 곤포 silage 47점이었다.

V. 引用文獻

1. Andrighetto, I., Bittante, R. Caballi and S. Deolio. 1988. Ensiling of *Lolium multiflorum* in trench silos and in round bales with inoculation of lactic acid bacteria: quantitative and qualitative change during harvesting and storage. *Zootecnica e Nutrizione. Animale.* 14(2):137~148. Italy.
2. Bevre, L. 1988. Silage making in round bales. *Buscap Og Avdratt.* 40(2):100-103. Norway.
3. Evans, D. 1989. The pros and cons of wrapping and bagging. *UK. British Grassl. Soc.* 7.1~7.6.
4. Fenlon, D.R., J. Wilson and J.R. Weddell. 1989. The relationship between spoilage and listeria monocytogenes contamination in bagged and wrapped big bale silage. *Grass and Forage Science.* 44(1):97-100. Scotland.
5. Gaillage, F. and P. Zwaenepoel. 1987. Round bale silage wrapped in plastic film. *Bulletin Technique du Machinisme et de l'equipement Agricoles No.* 18:37-46. France.
6. Galloy, A., B. Toussaint and J. Lambert. 1988. Contribution to the study of making grass silage in round bales in the province of Luxembourg. *Revue de l'agriculture.* 41(4):923-934. Belgium.
7. Hadero-Ertiro, A., P. Moate., T. Clarke and G.I. Rogers. 1988. A comparison of the feeding value for milk proacution of pasture silage conserved as round bales either wrapped or bagged in polythylene. *Proceeding of the Australian society of Animal Production.* 17-410. Australia.
8. Howe, S.D. 1987. New developments in big bale silage. In: Wilkinson, J.W. et al(ed). *Developments in silage.* Chalcombe Publications: 7-22.
9. Kirchgessner, M. 1978. *Tierernaerung.* DLG-Verlag, Frankfurt(M):126-132.
10. Robinson, I.B., G.L. Rogers and G. Drane. 1988. Feeding value of bale silage for milk production. *Proceeding of the Australian society of Animal Production.* 17-458. Australia.
11. Romahn, W. 1988. Big bale haylage fits our operation. *Moard's Adiryman.* March 10. Hoard and sons company. Fort Atkinson, Wisconsin. P. 255.
12. Savoie, P. 1988. Optimization of plastic covers for

- stack silos. *Journal of Agricultural Engineering*.
13. Takano, B. 1982. Development of a new system of year-round silage in Japan. *JARQ*. 15(4):261-265.
 14. Voigtaender, G. and N. Voss. 1979. *Methoden der Gruenlanduntersuchung und-bewertung*. Ulmer Verlag. P. 85-92.
 15. 김정갑, 한민수, 한홍전, 강우성, 한정대. 1991. 맥류 Whole Crop Silage 생산이용연구, 축시보고. 645-662.
 16. 김정갑, 한민수, 김진엽, 강우성. 1993. 사료작물의 숙성조제 및 간이저장기술개발연구, 축시보고. 1004-1013.
 17. 김정갑. 1994. 저장조사료의 생산과 이용기술. '94 전업농가 교육 교재, 낙농. 114-118.
 18. 한정대, 김정갑, 신정남, 박용윤, 강우성. 1991. 도입사료절감 사료작물의 간이저장기술개발, 과학기술처 별책.