

조사료 자원의 처리가공 기술개발에 관한 연구
— 산 또는 당류처리에 의한 화분과목초의 사료가치 증진시험 —
홍 병 주·고 용 균

Approach to Develop the New Treatment Methodologies
of Grass Silage to Enhance the Feed Nutritive
Value by Ruminant

B. J. Hong and Y. G. Goh

Summary

The overall objective of this research was to evaluate the effects of spraying sulfuric acid solution, and adding corn meal or molasses to reed canarygrass silage on digestibility of dry matter (DM) and fibrous components in ruminant. DM content of molasses or corn meal treated silages were higher than control. Whereas, sulfuric acid treated silage showed lower DM content compared with untreated control. Acid detergent fiber content was similar among treatments, but neutral detergent fiber (NDF) and hemicellulose concentration were higher in treated silages than those of control. Organic acids content were also increased in treated silages. In contrast, silage pH were lower in treated silages. Treated silages increased both rate and extent of DM and NDF *in situ* digestibility compared to control at all incubation times. Especially, 7 % molasses and 0.4 % sulfuric acid treated silages increased DM and NDF digestibility significantly after 12 hours of incubation compared with control. *In vitro* DM and NDF digestibility showed similar trend to *in situ* incubation. Also treated silages(molasses or sulfuric acid treated) incubated *in situ* had higher particle-associated carboxymethylcellulase activity throughout the incubation except 72 hours.

I. 서 론

강원도의 기성 초지면적은 전국 초지면적의 29%를 점유하고 있고, 특히 대관령지역을 중심으로한 산지의 기온이 특정 목초재배에 최적지역으로 평가되고 있다. 초지에서 가장 중요한 것은 우리나라와 같이 조사료 자원이 절대 부족한 경우에는 단위면적당 건물생산량을 제고시키는 것이다. 이같은 견지에서 현재 강원도 내의 기성초지에는 조약한 기후조건에서도 성장이 빠르고 단위생산량도 orchardgrass 나 timothy 보다 훨씬 많은 reed canarygrass의 재배가 주종을 이루고 있다. 그러나 reed canarygrass는 단위생산량이 높은 등의 이점이 있는 반면 자체내에 알카로이드(indole alkaloids)라는 독성물질이 함유되어 있어(Simons 과 Marten, 1971; Marten 등, 1973) 기호성이

나빠 사료섭취량을 저하시키고 각종 대사장애를 유발하는 문제가 있다. 그리고 Donker 등(1976)에 의하면 reed canarygrass를 건초로 급여하면 양의 1일 증체량이 48g인데 반하여 처리를 하지 않고 생초를 급여하면 오히려 체중이 줄어 1일 증체량이 -7g으로 나타나 reed canarygrass의 기호성에 의한 건물섭취량이 저하되어 그 만큼 생산성이 떨어졌다고 보고하고 있어 알카로이드가 reed canarygrass의 사료가치를 저하시키는 주요인으로 작용하고 있다. 대체적으로 reed canarygrass의 단백질함량은 브룸그라스, 오차드그라스, 티모시 및 톨 페스큐등의 목초에 비해 높고, 소화율은 알팔파와 비슷하여 영양가치면에서는 훌륭한 사료이나 기호성이 문제가 되기 때문에 가능한 저렴한 경비로 이 목초를 처리함으로써 독성을 제거하고 이용성을 증진시키는 것이 시급한 과제이다.

강원대학교 축산대학(College of Animal Agriculture, Kangweon National University, Choonchun 200-092, Korea)
“본 연구는 1989년도 산학협동재탄의 연구비 지원으로 수행되었음.”

일반적으로 리드 카나리그라스는 건물중 알카로이드 함량이 증가할수록 기호성이 저하되나(Simons 와 Marten, 1971) 건초로 조제하면 알카로이드 함량의 감소는 물론 기호성을 향상시킬수가 있다. 그러나 현재 대관령의 기후 조건상 건초의 조제가 용이하지 않기 때문에 대부분은 청초나 사일리지를 제조하여 급여하고 있는 실정이다. 따라서 청초나 사일리지형태로 급여하면 알카로이드에 의해 기호성이 저하될 뿐만아니라 다량급여시에는 독소가 발생되어 섭취량이 떨어지고 육성성과 산유량이 감소되는 결과를 초래하게 된다.

한편, 사료의 기호성이나 이용성을 향상시키기 위한 연구는 국내외를 통하여 상당히 집적되어 있다. 주로 부존사료의 이용성을 향상시키기 위하여 다음과 같은 연구결과가 축적되어 왔다. 즉, 화학적인 처리방법으로는 알카리 용액의 처리로서 가축의 기호성 및 섭취량 증가, 섬유질의 소화율 향상에 관한 연구가 시도되었고(Donefer 등, 1969; Rexen 과 Thomsen, 1976), 물리적인 처리 방법으로는 절단, 분쇄, 펠렛 및 큐브등의 방법이 있으며(Key 등, 1970; Wainman 등, 1970), 발효처리 방법으로는 섬유소를 직접 이용하는 사상균등의 균주를 벧짚등에 배양하여 섬유소 분해효소의 생성으로 벧짚을 분해할 수 있는 효소의 활성에 관한 연구가 시도된 바 있으며(Han 과 Anderson, 1974; Niever, 1973), 사일리지 방법으로는 당밀, 요소, 무기물등의 첨가제를 사용하여 사료가치 측정이 연구되었다(Mowat, 1971; McDonald 등, 1968).

한편 화분과 사일리지의 사료가치 증진을 위하여 황산처리 사일리지 제조시험이 활발히 진행되고 있다. 즉 황산처리에 의하여 목초의 구조 탄수화물의 당화가 촉진되어 결국 가축의 섭취량, 소화율 및 우유생산량이 증가되었다는 보고가 있다. 산처리 방법은 스칸디나비아의 Virtanen(1933)이 개발한 AIV 방법이 시초이며 이들 산을 처리함으로써 사일리지 pH가 3~4의 범위인 사일리지 제조가 가능하다(DeVuyst 등, 1968). 목초사일리지의 품질은 hemicellulose(HC) 등의 세포막 구성물질에 의해 크게 영향을 받기 때문에(Dewar 등, 1963) 수용성 탄수화물의 함량을 증가시키기 위해서 산을 첨가하였다(McDonald 와 Henderson, 1974). 특히 산처리는 다른 첨가제에 비해 처리효과가 좋을 뿐만아니라 재료의 수분함량이 많거나

우기에 적합한 처리방법으로 알려지고 있다(Breirem 과 Wivesli, 1960). 그러나 국내의 경우 황산처리 방법에 의한 연구가 전무한 실정으로서 그 시도가 절실히 요구된다.

한편, 당밀의 첨가는 젖산균이 쉽게 이용할 수 있는 단당류 또는 이당류를 공급함으로써 젖산균의 발효를 촉진하고 사일리지내의 조건을 산성조건으로 형성하는데 있어서 바람직한 방법으로서 특히 에너지원이 부족한 화분과 사일리지의 발효를 촉진하는데 효과가 크며, TDN을 높일 수 있다는 사실은 국내외를 통한 연구 결과로서 입증되고 있다(Freer 등, 1962; Kay 등, 1968). 또한 당밀은 기호성이 나쁜 재료에 첨가하면 사일리지의 발효촉진은 물론 기호성을 향상시켜 건물섭취량을 증가시키는 것으로 알려지고 있다(Jamallullial, 1976; Johnson 등, 1984). 한편 곡류등의 전분질 사료의 첨가는 가장 일반적이고 값싼 탄수화물을 공급하여 영양소의 보충효과와 발효를 촉진시킬 수 있는 방법으로 많이 사용되고 있다.

따라서 본 연구는 대관령 지역에서 주로 재배되는 reed canarygrass의 이용성 즉, 젖소 및 기타 반추동물에 대한 이용성을 제고시키기 위한 방법의 일환으로서 황산처리, 옥분 및 당밀을 첨가할때 reed canarygrass의 건물소화율과 효소(CMCCase)의 활성에 미치는 영향을 파악코자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험기간 및 장소

리드 카나리그라스 사일리지의 제조시험 및 화학분석은 1989년 9월 10일 부터 1990년 3월 10일 까지 180일간, 건물소화율 시험 및 효소(CMCCase) 활성시험은 1990년 2월 9일 부터 1990년 8월 9일까지 180일간 강원대학교 축산대학 낙농학과 반추영양학 실험실과 부속 실험목장에서 실시하였다.

2. 공시동물

리드 카나리그라스에 황산, 당밀 및 옥분처리시 *in vitro* 및 *in situ* 건물 및 neutral detergent fiber(NDF) 소화율에 미치는 영향을 측정하기 위해 제1위에 canulae를 장치한 체중 550 kg의 홀스타인 젖소를 공시축으로 사용하였다.

3. 시험설계 및 시험사료

본 시험에 사용된 리드 카나리그라스는 1989년 9월 8일 강원도 평창군 횡계리 대관령 삼양축산(주)에서 예취한 2번초를 2~3cm로 세절하여 사일리지 제조용 시료로 사용하였다. 황산처리는 건물량기준으로 0.1, 0.2 및 0.4%를 분무 처리하였으며, 당밀 및 옥분은 건물량 기준으로 3, 5 및 7% 수준으로 처리하여 용량이 10kg인 플라스틱 백에 저장하여 20°C의 항온에서 90일간 발효를 시켰다. 이때 리드 카나리그라스의 수분함량은 65%로 조정하였고, 각 처리구는 5반복으로 시험하였다.

4. 사일리지 성분 분석시험

사일리지 성분중 건물함량은 60°C의 열풍순환건조기에서 72시간 건조를 한후 측정하였으며, 조단백질함량은 A. O. A. C.(1980) 방법에 의하여, NDF 및 acid detergent fiber(ADF) 함량은 Goering과 Van Soest(1970) 방법에 의하여 측정하였다. Hemicellulose(HC)는 간접방법으로 계산하였는데 NDF 함량에서 ADF 함량을 감한 수치로 나타냈다. 그리고 사일리지 시료 20g을 정량하여 증류수 100ml를 혼합하여 blender에서 2분간 분쇄를 한후 2겹의 cheese cloth로 여과하여 공시액을 조제하여 pH 및 volatile fatty acid(Ottenstein과 Bartley, 1971)를 측정하였다.

5. *In vitro* 소화시험

In vitro 소화율 시험은 Craig 등(1984)의 방법에 의하여 39°C의 항온실에서 진탕기를 이용하여 처리당 5반복으로 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 및 72시간 배양하였다. 이때 inoculum source는 두과 건조만 급여한 제1위 canulae를 장치한 홀스타인 젖소에서 채취한 반추위액(fluid + particle associated microorganisms)을 사용하였고, 건물 및 NDF 소화율은 Goering과 Van Soest(1970) 방법에 준하여 측정하였다.

6. *In situ* 소화시험

In situ dacron bag 방법에 의한 소화율시험은 Hong(1987)의 방법에 의하여 각 처리구당 3반복으로 건물 및 NDF 소화율을 측정하였다. 이때 사용한 dacron bag은 크기가 100mm×170mm이고, pore size는 50×80 microns이었다. 그리고 dacron bag은 모통이의 실밥이 풀리는 것을 방지하기 위해 불에 그을렸고

재봉자국은 아교로 접착하여 시료가 터져 나오지 않도록 한후 105°C의 건조기에서 12시간 건조를 하여 사용하였다. 각 bag에는 시료 3~4g을 넣어 stainless bar(길이 5cm, 무게 50g)가 달린 길이 60cm의 나일론끈에 매달아 두과 건조만 급여한 제1위 canulae가 장치된 홀스타인 젖소의 반추위 복낭에 잠기도록 하였다. 그후 반추위내에서 3, 6, 9, 12, 24, 48 및 72시간 배양을 한 후에 꺼내 수도물로 bag에 붙어있는 rumen ingesta를 제거하는데 이때 수도물이 맑아질때 까지 세척한후 65°C의 열풍순환 건조기에서 48시간 건조한후 건물소화율과 NDF 소화율을 측정하였다.

7. Carboxymethylcellulase(CMCase) 활성 측정시험

CMCase의 활성측정은 Silva 등(1987)의 방법에 의하여 시료를 반추위내에서 3, 6, 12, 24, 48 및 72시간 배양하고 extracted CMCase activity는 Groleau and Forsberg(1981)의 방법에 의하여 D-glucose를 standard로 하여 UV/VIS spectrometer를 이용하여 560nm에서 absorbance를 측정하였다. CMCase의 활성은 $\mu\text{mol glucose released/min per g DM}$ 으로 표시하였다.

8. 통계분석

본 시험에서 얻은 결과는 one-way analysis of variance 방법(Steel과 Torrie, 1980)에 의하여 통계처리를 하였다.

III. 결과 및 고찰

Reed canarygrass(RC)에 황산, 당밀 및 옥분등을 첨가할때 건물량, 단백질 및 섬유소 성분의 변화를 보면 Table 1과 같다.

건물함량은 시험구간 유의적인 차이는 없으나 대조구의 39.4%에 비해 당밀 및 옥분첨가구는 증가하는 경향을 보였으나 황산첨가구는 비슷한 건물함량을 보이고 있다. 그리고 당밀, 옥분첨가구는 첨가수준이 증가할수록 건물함량이 증가되나, 황산첨가구는 첨가수준에 의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 단백질함량은 오히려 황산첨가구가 대조구와 당밀 및 옥분첨가구에 비해 처리수준에 따라 증가하는 경향을 보였다. 그리고 neutral detergent fiber(NDF) 및 he-

Table 1. Chemical composition of reed canarygrass silage.

Item	Control	Molasses			Corn meal			Sulfuric acid		
		3 ¹	5	7	3	5	7	0.1	0.2	0.4
DM ² , %	39.4	40.4	41.2	42.7	39.7	40.7	42.5	39.2	39.8	39.5
----- (% of dry matter) -----										
CP ³ ,	11.4	11.4	11.5	11.1	11.6	11.8	11.9	11.6	11.9	12.4
NDF ⁴ ,	55.9 ^d	54.9 ^{cd}	53.3 ^{abc}	52.7 ^{ab}	55.3 ^{cd}	54.4 ^{bcd}	54.2 ^{abcd}	54.1 ^{abcd}	53.8 ^{abcd}	51.8 ^a
ADF ⁵ ,	34.5	34.1	33.8	33.8	34.3	34.0	34.1	34.4	33.6	32.4
HC ⁶ ,	21.4 ^b	20.8 ^{ab}	19.5 ^{ab}	18.9 ^a	21.0 ^{ab}	20.4 ^{ab}	20.1 ^{ab}	19.7 ^{ab}	20.2 ^{ab}	19.4 ^{ab}

¹Supplemented level of additives(% of dry matter basis)

²DM = dry matter

³CP = crude protein

⁴NDF = neutral detergent fiber

⁵ADF = acid detergent fiber

⁶HC = hemicellulose

a, b, c, d means in the same row with different superscripts differ(P< .05).

micellulose(HC)의 함량은 이들 물질을 첨가함으로써 유의적으로(P<.05) 감소하는 경향으로 나타났다. 이와같은 경향은 첨가제의 처리수준이 증가할수록 감소하는데, 특히 황산 0.4% 첨가구와 당밀 7% 첨가구가 가장 낮은 함량을 보였다. Acid detergent fiber (ADF) 함량은 전시험구 공히 비슷한 수준으로 처리에 의한 영향이 나타나지 않아 결국 NDF에서 ADF를 공제하여 산출한 HC의 함량은 NDF 함량이 감소된 만큼 처리구가 유의적으로(P<.05) 감소하는 결과로 나타났다. 본 시험의 황산첨가구의 단백질함량이 증가된 원인은 분명치 않으나 산처리를 함으로서 미생물 발효과정에서 분해된 유리암모니아와 암모니아염이 대기중에 노출되어도 NH₃의 손실이 감소되거나 방지되어(우, 1985) 증가된 것으로 생각되며, 이와같은 결과는 목초에 formic acid를 처리시 조단백질함량이 증가한 Waldo 등(1973)과 Blaxter(1980)의 보고와

경향을 같이 하고 있다. 당밀 및 옥분첨가구는 대조구에 비해 건물함량이 다소 증가된 결과이나 이는 당밀과 옥분의 첨가로 인한 사일리지의 수분함량의 감소이던가 또는 영양소의 회석작용으로 인한 결과로서 설명할 수가 있다. 그리고 Johnson 등(1894)이 옥수수 사일리지에 당밀을 첨가시 단백질함량은 비슷하였고 NDF, ADF 및 HC의 함량이 감소되었다는 보고와 Petersen 등(1981)이 Kentucky bluegrass st-raw silage에 당밀을 10~30%(건물기준)으로 첨가할때 NDF, ADF 및 lignin 함량이 감소하였다는 보고로 미루어 볼때 당밀첨가구의 경우는 주로 당밀첨가에 의한 회석작용의 효과로서 나타난 결과라 생각된다. 한편, 사일리지의 유기산 조성을 보면(Table 2), 대체적으로 처리구가 대조구의 사일리지 pH 4.87에 비해 4.22~4.76의 범위로 공히 낮은 경향을 보였다. 유기산 함량은 당밀 및 옥분첨가구가 다소 증가하는

Table 2. Values of pH and organic acids in reed canarygrass silage.

Item	Control	Molasses			Corn meal			Sulfuric acid		
		3 ¹	5	7	3	5	7	0.1	0.2	0.4
pH	4.87	4.41	4.35	4.29	4.76	4.74	4.65	4.64	4.48	4.22
----- Organic acids (%/fresh silage) -----										
Acetate	1.16	1.02	0.97	0.95	1.13	1.10	1.10	1.03	1.03	0.89
Lactate	2.39	2.45	2.60	2.67	2.35	2.42	2.48	2.40	2.45	2.50
Total	3.55	3.47	3.57	6.62	3.49	3.52	3.58	3.43	3.47	3.39
LC/Total ²	0.67	0.71	0.73	0.74	0.68	0.69	0.69	0.70	0.71	0.74

¹Supplemented level of additives(% of dry matter basis).

²LC/Total = lactate/total acid.

경향인데 반하여 황산첨가구는 감소하는 경향으로 나타났다. 젖산함량은 대조구의 2.39%에 비해 당밀첨가구의 평균 2.57% 및 황산첨가구의 평균 2.45%로 증가하였으며, 옥분첨가구는 비슷한 평균 2.41%로 나타났다. 그리고 초산함량은 처리구 공히 대조구의 1.16%에 비해 낮은 0.89%에서 1.13%로 나타나 결국 유기산 총생산량에 대한 젖산생성비율(lactate/total acid ratio)은 처리구 공히 높아져 대조구의 0.67에 비해 0.68~0.74의 범위로 나타나 이들 처리를 함으로서 사일리지의 품질이 향상되었음을 알수 있다. 즉, 대조구의 0.67에 비해 옥분첨가구의 평균 0.69, 황산첨가구의 평균 0.72 및 당밀첨가구의 0.73의 순으로 나타나 본 시험의 경우 당밀처리 사일리지의 품질이 가장 좋게 나타났다.

한편, *in situ* 방법에 의하여 3, 6, 9, 12, 24 및 48시간 반추위에서 배양을 할때의 건물소화율을 보면 Table 3, 4 및 5와 같다. 먼저 48시간 건물소화율을 보면

당밀첨가구는 대조구에 비해 처리수준이 증가할수록 증가하는 경향을 보여 5% 및 7% 첨가구에서 유의적인 ($P < .05$) 차이를 나타내고 있다. 즉, 대조구의 건물소화율 61.24%에 비해 63.08~65.18%로 약 5% 향상된 결과를 보였다. 이때 digestion rate는 대조구의 0.0242 hr⁻¹에 비해 0.0246~0.026의 범위로 처리수준이 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 옥분첨가시에도 당밀첨가와 비슷한 경향으로 48시간 건물소화율은 평균 63.2%로 대조구의 61.24%에 비해 약 3.2% 정도 증가하여 당밀첨가시 건물소화율 보다는 증가폭이 다소 적게 나타났다. 그러나 옥분 7% 첨가구는 대조구에 비해 유의적($P < .05$)으로 증가하여 5.4%의 개선효과가 나타났다. 황산첨가구의 건물소화율도 대조구에 비해 유의적($P < .05$)으로 증가하여 평균 64%로 약 4.5%의 개선효과가 나타났고, 처리수준이 증가할수록 63.15%에서 64.88%으로 증가되어 황산 0.4% 첨가구가 가장 높은 건물소화율을 보였다. 본 시험의 결과,

Table 3. Effect of molasses supplementation on dry matter digestibility of reed canarygrass silage incubated *in situ*.

Treatment	Incubation time(h)						Digestion rate ¹
	3	6	9	12	24	48	
----- (% of dry matter) -----							
Control	13.58	18.06	25.41	29.03 ^a	46.44 ^a	61.24 ^a	0.0242
Molasses 3 ²	13.62	19.73	27.68	32.41 ^b	48.91 ^b	62.78 ^b	0.0246
Molasses 5	13.52	18.73	26.24	34.19 ^b	49.45 ^b	63.08 ^{bc}	0.0254
Molasses 7	12.93	20.01	27.24	35.41 ^b	50.45 ^b	65.18 ^c	0.0260

¹Rate constant for *in situ* disappearance of dry matter.

²Supplemented level of additives(% of dry matter basis).

a, b, c means in the same column with different superscripts differ($P < .05$).

Table 4. Effect of corn meal supplementation on dry matter digestibility of reed canarygrass silage incubated *in situ*.

Treatment	Incubation time(h)						Digestion rate ¹
	3	6	9	12	24	48	
----- (% of dry matter) -----							
Control	13.58	18.06	25.41	29.03	46.44 ^a	61.24 ^a	0.0242
Corn meal 3 ²	13.54	17.63	25.01	30.87	46.01 ^a	62.29 ^a	0.0244
Corn meal 5	12.79	18.98	26.37	29.74	47.03 ^{ab}	62.78 ^{ab}	0.0248
Corn meal 7	13.32	18.51	26.41	32.29	48.21 ^b	63.53 ^b	0.0251

¹Rate constant for *in situ* disappearance of dry matter.

²Supplemented level of additives(% of dry matter basis).

a, b means in the same column with different superscripts differ($P < .05$).

Table 5. Effect of sulfuric acid supplementation on dry matter digestibility of reed canarygrass silage incubated *in situ*.

Treatment	Incubation time(h)						Digestion rate ¹
	3	6	9	12	24	48	
	----- (% of dry matter) -----						hr ⁻¹
Control	13.58	18.06	25.41	29.03	46.44 ^a	61.24 ^a	0.0242
Sulfuric acid 0.1 ²	12.70	18.69	24.05	28.58	48.34 ^{ab}	63.15 ^{ab}	0.0260
Sulfuric acid 0.2	11.97	20.99	27.13	31.01	50.82 ^{bc}	63.99 ^b	0.0265
Sulfuric acid 0.4	12.57	19.27	27.02	31.16	51.36 ^c	64.88 ^b	0.0268

¹Rate constant for *in situ* disappearance of dry matter.

²Supplemented level of additives(% of dry matter basis).

a, b means in the same column with different superscripts differ(P<.05).

Table 6. Effect of molasses supplementation on neutral detergent fiber digestibility of reed canarygrass silage incubated *in situ*.

Treatment	Incubation time(h)						Digestion rate ¹
	3	6	9	12	24	48	
	----- (% of dry matter) -----						hr ⁻¹
Control	10.83	12.77	15.28	21.96	28.97	48.53 ^a	0.0205
Molasses 3 ²	9.97	13.52	16.12	23.36	29.19	48.93 ^a	0.0212
Molasses 5	10.38	11.98	14.47	22.93	30.02	49.46 ^a	0.0226
Molasses 7	11.16	12.52	15.38	24.22	31.62	50.95 ^b	0.0230

¹Rate constant for *in situ* disappearance of NDF.

²Supplemented level of additives(% of dry matter basis).

a, b means in the same column with different superscripts differ(P<.05).

건물소화율은 전 시험구 공히 배양시간 12시간 이후 부터는 대조구보다는 유의적으로 증가하는 경향이었고, 특히 당밀 7% 첨가구와 황산 0.4% 첨가구가 높은 소화율을 나타냈다.

한편, *in situ* NDF 소화율을 보면 Table 6, 7 및 8과 같다. NDF 소화율도 각 처리구 공히 증가하는 경향이이며, 대조구의 48시간 NDF 소화율 48.53%에 비해 당밀첨가구의 평균 49.78%, 옥분첨가구의 평균 48.47 및 황산첨가구의 평균 52.61%로 나타나 옥분을 제외하고는 당밀첨가구와 황산첨가구가 NDF 소화율이 유의적(P<.05)으로 증가하는 경향을 보였다. 처리수준별 NDF 소화율도 옥분의 47.81~49.08%의 범위를 제외하고는 당밀 및 황산첨가구는 처리수준이 증가할수록 다소 증가하는 경향으로, 특히 당밀 7% 첨가구와 황산 0.4% 첨가구가 NDF 소화율이 높게 나타났다. 이상과 같은 결과는 황산처리시에는 사일리지의 미생물 분해작용 즉, cellulase 나 hemicellu-

lase 의 분해효소의 작용으로 HC 의 함량이 감소되어 나타난 결과로 생각된다. 즉, 다당류에 함유된 arabinose 는 5 각형의 furanose 형태로 xylose 의 pyranose 형태에(Timell, 1965) 비해 산성조건에서 더 불안정하기 때문에 산을 첨가하면 HC 가 손실되고, 수용성 당함량이 증가되어(Morrison, 1979) 결국 사일리지의 품질과 건물소화율이 개선된 것으로 생각된다. 또한 당밀처리시는 당밀자체의 소화율이 높기 때문에(Lofgreen 과 Otagari, 1960) 결국 건물소화율 및 NDF 소화율이 증가된 결과로서 설명할 수 있다. 그러나 옥분의 경우는 옥분자체로서는 유산발효에 유효하게 작용하기 보다는 단지 영양소의 보충공급 효과로서 건물량의 증가효과만 나타난 것으로 생각된다. 아직 까지도 전분등의 다당류가 유산균의 활성을 부여하는 기전에 대해서는 불확실한 점이 많다.

한편, *in vitro* 소화시험의 결과를 보면 Table 9와 같다. Table 에서 보는바와 같이 *in vitro* 건물 및 NDF

Table 7. Effect of corn meal supplementation on neutral detergent fiber digestibility of reed canarygrass silage incubated *in situ*.

Treatment	Incubation time(h)						Digestion rate ¹
	3	6	9	12	24	48	
	----- (% of dry matter) -----						hr ⁻¹
Control	10.83	12.77	15.28	21.96	28.97	48.53	0.0205
Corn meal 3 ²	9.79	11.93	15.14	20.75	27.12	47.81	0.0218
Corn meal 5	9.90	12.81	16.93	21.52	28.54	48.54	0.0213
Corn meal 7	10.21	13.12	16.02	21.88	30.83	49.08	0.0229

¹Rate constant for *in situ* disappearance of NDF.

²Supplemented level of additives(% of dry matter basis).

Table 8. Effect of sulfuric acid supplementation on neutral detergent fiber digestibility of reed canarygrass silage incubated *in situ*.

Treatment	Incubation time(h)						Digestion rate ¹
	3	6	9	12	24	48	
	----- (% of dry matter) -----						hr ⁻¹
Control	10.83	12.77	15.28	21.96	28.97 ^a	48.53 ^a	0.0205
Sulfuric acid 0.1 ²	9.39	14.20	17.49	24.18	34.02 ^b	50.30 ^a	0.0248
Sulfuric acid 0.2	9.91	14.58	16.86	24.58	35.47 ^b	53.75 ^b	0.0249
Sulfuric acid 0.4	9.85	15.22	18.08	24.83	36.21 ^b	53.78 ^b	0.0250

¹Rate constant for *in situ* disappearance of NDF.

²Supplemented level of additives(% of dry matter basis).

a, b means in the same column with different superscripts differ(P<.05).

Table 9. Effect of molasses, corn meal and sulfuric acid supplementation on dry matter and NDF digestibility of reed canarygrass silage incubated *in vitro*.

Treatment	Incubation time(h)						Digestion rate ¹
	3	6	9	12	24	48	
	----- (% of dry matter) -----						hr ⁻¹
DM ²							
Control	14.1	21.4 ^a	30.4 ^a	36.9 ^a	53.8 ^a	63.1 ^a	0.0254
Molasses ³	13.8	23.5 ^b	32.3 ^b	39.5 ^b	57.9 ^b	65.1 ^b	0.0266
Corn meal ⁴	13.9	22.1 ^a	32.3 ^b	38.3 ^b	55.4 ^{ab}	64.3 ^a	0.0260
Sulfuric acid ⁵	14.1	20.9 ^a	31.7 ^a	36.7 ^a	57.4 ^b	64.9 ^b	0.0270
NDF ⁶							
Control	11.7	13.6	17.1	27.0	34.2 ^a	50.1 ^a	0.0228
Molasses	12.1	14.8	19.0	27.9	37.5 ^b	54.6 ^b	0.0234
Corn meal	11.5	14.2	17.9	25.5	35.2 ^{ab}	51.1 ^a	0.0229
Sulfuric acid	11.4	15.2	19.2	28.5	37.7 ^b	55.2 ^b	0.0234

¹Rate constant for *in vitro* disappearance of dry matter and NDF.

²Dry matter digestibility.

³Supplemented with 7% molasses.

⁴Supplemented with 7% corn meal.

⁵Supplemented with 0.4% sulfuric acid.

⁶Neutral detergent fiber digestibility.

a, b means in the same column with different superscripts differ(P<.05).

소화율도 *in situ* 소화율 성적과 경향을 같이하고 있음을 알 수 있다. 즉, 48시간 배양시의 *in vitro* 건물 소화율은 대조구에 비하여 유의적($P < .05$)으로 증가하여 옥분첨가구의 64.3%, 황산첨가구의 64.9% 및 당밀첨가구의 65.1%의 순으로 증가한 결과를 보였다. 또한 NDF 소화율도 대조구의 50.1% 보다 처리구 공히 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 즉, *in vitro* 건물 및 NDF 소화율은 당밀첨가구와 황산첨가구가 대조구 및 옥분첨가구에 비해 다소 높은 성적을 보였으며 이와같은 시험성적은 *in situ* 소화율 성적과도 경향을 같이하고 있으나 본 시험의 경우 전반적으로 *in vitro* 건물 및 NDF 소화율이 *in situ* 소화율 성적보다 높게 나타났다.

in situ 배양시간별 carboxymethylcellulase(CM-Case) 활성을 보면 Table 10과 같다.

먼저 CMCase 활성을 배양시간별로 보면 72시간을 제외하고는 대조구에 비해 당밀 및 황산처리구가 유의적($P < .05$)으로 증가하는 경향을 보였으나, 옥분처리구는 비슷한 활성을 보였다. 또한 전반적인 CM-Case 활성은 전시험구 공히 6시간 배양을 할때가 가장 높게 나타났고, 그 이후로는 점진적으로 감소하는 경향을 보였다. 특히 6시간 배양시의 당밀 및 황산처리구의 CMCase 활성은 대조구의 38.3 μ mol/min per g DM 에 비해 48.4~50.8로서 약 30% 증가된 결과이다. 따라서 본 시험의 CMCase 활성의 경향은 *in situ* 및 *in vitro* NDF 소화율과 경향을 같이하고 있음을 알 수 있다. 즉, CMCase 활성 성적을 미루어 볼때 NDF 소화율은 cellulolytic activity 와 밀접하게 작용하고 있다는 점이다. CMCase 활성에 관한 연구로는 Silva 등(1986)이 암모니아처리 볏짚의 CM-Case 활성과 건물소화율을 측정한 시험에서 건물소

화율이 저하될때 CMCase 활성도 비례적으로 감소하여 상관관계가 있다고 보고하고 있어, 본 시험과 경향을 같이하고 있으나, CMCase 활성 경향은 16~24 배양시간이 가장 높았고 그후 점진적으로 감소 하였다고 보고하여 본 시험의 6시간 배양시의 최고 활성도에 비해 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 본 시험의 CMCase 활성성적은 당밀, 황산처리구의 NDF 소화율이 증가된 원인으로 생각되며, 또한 상당량은 미생물의 작용으로 cellulolytic activity 가 증가되어 결과적으로 NDF 의 소화율이 증가된 중요한 요인으로 작용한것 같다. 따라서 조사료의 물리화학적 처리가 섬유소 소화율의 향상에 미치는 영향을 규명하기 위해서는 CMCase 활성의 측정에 관한 연구가 더욱 절실히 요구된다.

이상의 결과를 종합하여 볼때 reed canarygrass 사일리지 제조시 옥분을 첨가하는 것 보다는 당밀이나 황산을 첨가할 때 사일리지의 품질과 소화율이 개선되는 효과를 알 수 있으며 또한 처리수준이 증가할수록 그 효과도 개선되는 것으로 나타났다. 그러나 사일리지 제조시 산을 첨가하면 기호성이 저하되고, acidosis 와 같은 생리적인 문제가 발생되거나(Brouwer, 1935) 저마그네슘혈증에 걸리는 문제와(Breiram 등, 1954) 취급이 불편하다는 문제가 있게 된다. Jamalalial(1976) 등에 의하면 옥수수 사일리지에 10% (air dry basis)의 당밀을 첨가할 때 면양의 건물 섭취량이 36% 증가되었고, Johnson(1984)도 옥수수 사일리지에 2.5%의 당밀을 첨가하여 섭취량이 39.5% 증가되었다는 보고로 미루어 볼때 alkaloid 함량으로 인하여 기호성이 나쁜 reed canarygrass 의 사료적 가치를 향상시키기 위해서는 당밀첨가가 가장 좋은 방법이며 당밀-산 복합처리 방법도 시험할 필요성이

Table 10. Particle-associated carboxymethylcellulase activity of control and treated silages incubated *in situ*.

Treatment	Incubation time(h)					
	3	6	12	24	48	72
	----- (μ mol/min per g DM ¹) -----					
Control	23.2 ^a	38.3 ^a	30.4 ^a	26.1 ^a	13.6 ^a	12.0
Molasses ²	30.2 ^b	48.4 ^b	43.5 ^b	35.7 ^b	20.4 ^b	15.2
Corn meal ³	24.5 ^a	37.9 ^a	31.2 ^a	27.3 ^a	15.4 ^a	13.3
Sulfuric acid ⁴	32.3 ^b	50.8 ^b	45.6 ^b	37.8 ^b	22.6 ^b	14.8

¹ Dry matter

² Supplemented with 7% molasses.

³ Supplemented with 7% corn meal.

⁴ Supplemented with 0.4% sulfuric acid.

a, b means in the same column with different superscripts differ ($P < .05$).

있다고 사료된다.

IV. 적 요

본 시험은 리드 카나리그라스 사일리지에 황산처리 (건물당 0.1, 0.2 및 0.4% 수준), 당밀 및 옥분처리(각 처리수준은 건물당 3, 5, 7% 수준임)를 할때 사일리지의 성분중 neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF) 및 hemicellulose(HC)의 함량과 사일리지의 pH, 유기산조성과 건물 및 NDF 소화율에 미치는 영향을 구명 하고자 실험을 실시한바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 사일리지의 건물함량은 처리에 따른 유의적인 차이는 없었으나, 당밀 및 옥분첨가구가 높게 나타났고, 황산첨가구는 낮게 나타났다. NDF 및 HC 함량은 처리에 따라 유의적인($P < .05$) 차이를 보여, 대조구에 비해 처리구가 공히 낮게 나타났으나 ADF 함량은 차이가 나타나지 않았다.

2. 대조구에 비해 당밀, 옥분 및 황산첨가구의 유기산 함량중, lactic acid 함량은 처리수준이 증가할 수록 증가하는 경향이었으며, 유기산 총생산량에 대한 젖산비율도 처리수준에 따라 증가하였으며, 특히 당밀 7% 첨가구와 황산 0.4% 첨가구가 가장 높게 나타났다. 사일리지의 pH도 처리구가 대조구에 비해 낮아지는 경향을 보였다.

3. 사일리지의 *in situ* 방법에 의한 건물 및 NDF 소화율은 처리구가 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였으며, 특히 12, 24 및 48시간으로 배양이 진행됨에 따라 처리구가 유의적($P < .05$)으로 증가하여 특히 7% 첨가구와 황산 0.4% 첨가구가 높은 소화율을 보였다.

4. *in vitro* 건물소화율 및 NDF 소화율도 대조구에 비해 처리구가 증가하는 경향을 보였으며 대체적으로 *in vitro* 건물 및 NDF 소화율은 *in situ* 소화율에 비해 높은 경향을 보였다.

5. 처리구의 CMCase 활성이 전 배양기간을 통하여 대조구보다 유의적($P < .05$)으로 높았으며, 효소활성은 6시간 배양에서 가장 높게 나타났으며 그 이후 점차 감소되었으며, 이같은 CMCase의 활성성적은 *in vitro* 및 *in situ* 건물과 NDF 소화율이 향상된 원인을 뒷받침하고 있다.

V. 인용문헌

1. Association of Official Analytical Chemistry. 1980.

Official methods of analysis. 13th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem. Washington. D. C.

2. Blaxter, H. D., M. J. Montgomery, and J. R. Owen. 1980. Formic acid treatment of wheat and corn silages. J. Dairy Sci. 63:1291.

3. Breirem, K., F. Ender, K. Halse, and L. Slagsvold. 1954. Hypomagnesemia and ketosis in dairy cow. Meldinger fra Norges Land Brukshogskole, 34:373.

4. Breirem, K. and O. Wlvesli. 1960. Ensiling methods. Herbage Abstr. 30:1.

5. Brouwer, E. 1935. On the influence of mineral acid silage on the acid-base balance. Tierernahrung, 7:1.

6. Craig, W. M., B. J. Hong, G. A. Broderick and R. J. Bula. 1984. *In vitro* inoculum enriched with particle-associated microorganisms for determining rates of fiber digestion and protein degradation. J. Dairy Sci. 67:2902.

7. DeVuyst, A., W. Vorvack, R. Arnould, M. Vanbelle, M. Ausloos, and A. Moreels. 1968. Changes in amino acid composition of alfalfa during ensilage. Comparative protective effects of AIV solution, of glucose, of a mixture of starch and malt and of urea. Annales de Zootechnie, 17:375.

8. Dewar, W. A., P. McDonald and R. Whittenbury. 1963. The hydrolysis of grass hemicellulose during ensilage. J. of The Sci. of Food & Agri. 25:781.

9. Donefer, E. 1969. The effect of sodium hydroxide treatment on the digestibility and voluntary intake of straw. Proc. 2nd World Cong. Anim. Sci. 39:808.

10. Doneker, J. D., G. C. Marten, R. M. Jordan and P. K. Bhargava. 1976. Effect of drying on forage quality of alfalfa and reed canarygrass fed to lambs. J. Anim. Sci. 42:180.

11. Freer, M., R. C. Campling and C. C. Balch. 1962. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. Brit. J. Nutr. 16:279.

12. Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis(Apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA. ARS Agric. Handbook# 379.

13. Groleau, D. and C. W. Forsberg. 1981. Cellulolytic activity of the rumen bacterium. Bacteroides succinogenes. Can. J. Microbiol. 27:517.

14. Han, Y. W. and A. W. Anderson. 1874. The problem of rice straw waste a possible feed through fermentation. *Economic Botany*. 28:338.
15. Henderson, H. E., D. R. Beattie, M. R. Grasler, and W. G. Bergen. 1971b. Molasses, minerals, ammonia and pro-sil addition to corn silage for feedlot cattle. Report of Beef Cattle Research AH-BC-6958. Michigan State University. East Lansing, Michigan. page 1.
16. Hong, B. J. 1987. Effects of mechanical and chemical treatments on digestion of alfalfa fiber. Ph. D. Thesis, Univ. of Wisconsin, Madison.
17. Jamalullail, S. R. 1976. Intake and digestibility by wethers of dry versus ensiled corn stover fed with and without molasses. M. S. Thesis. North Carolina State University. Raleigh, NC.
18. Johnson, T. O., R. W. Harvey, L. Goode, A. C. Linnerud and R. G. Crickenberger. 1984. Effect of stage of maturity and addition of molasses on nutritive value of maize stover silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12:65.
19. Kay, M., A. Macdearmid and N. A. Macleod. 1970. Replacement of cereals with chopped straw. *Anim. Prod.* 12:261.
20. Kay, M., R. P. Androews, N. A. Macleod and T. Walker. 1969. Urea and cereals as supplements for ruminants offered barley straw. *Anim. Prod.* 10:171.
21. Lofgreen, G. P. and K. K. Otagaki. 1960. The net energy of black strap molasses for fattening steers as determined by a comparative slaughter technique. *J. Anim. Sci.* 19:392.
22. Marten, G. C., R. F. Barnes, A. B. Simons and F. J. Woodig. 1973. Alkaloids and palatability of *Phalaris arundinacea* L. grown in diverse environments. *Agron. J.* 65:199.
23. McDonald, P. and A. R. Henderson. 1974. The use of fatty acids as grass silage additives. *J. of The Sci. of Food & Agri.* 25:791.
24. Morrison, I. M. 1979. changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. *J. Agric. Sci. Camb.* 93:581.
25. Mowat, D. N. 1971. NaOH stover or straw silage in growing rations. *J. Animal Sci.* 33:1155.
26. Niever. 1973. Fiber digestion in lambs fed an extract of *Aspergillus Oryzae*. *J. Anim. Sci.* 37:1446.
27. Ottenstein, D. M. and D. A. Bartley. 1971. Separation of free acids C₂-C₃ in dilute aqueous solution column technology. *J. Chromatography Sci.* 9:673.
28. Petersen, M. K., V. N. Thomas, and R. E. Roffler. 1981. Reconstituted Kentucky bluegrass straw. I. Ensiled with molasses and sodium or calcium hydroxides. *J. Anim. Sci.* 52:398.
29. Rexen, F. and K. V. Thomsen. 1976. The effect of on digestibility of a new technique for alkali treatment of straw. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 1:73.
30. Silva, A. T., R. J. Wallace and E. R. Orskov. 1987. Use of particle-bound enzyme activity to product the rate and extent of fiber degradation in the rumen. *Brit. J. Nutr.* 57:407.
31. Simmons, A. B. and G. C. Marten. 1971. Relationship of indole alkaloids to palatability of *Phalaris arundinacea* L. *Agron. J.* 63:915.
32. Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., New York, NY.
33. Timell, T. E. 1965. Wood hemicelluloses. II. Advances in Carbohydrate Chemistry. 20:409.
34. Virtanen, A. I. 1933. The AIV method of processing fresh fodder. *Empire J. of Expt. Agri.* 1:143.
35. Wainman, F. W., K. L. Blaxter, and J. D. Pullar. 1970. The nutritive value for ruminants of a complete processed diet based on barley straw. *J. Agric. Sci. Camb.* 74:311.
36. Waldo, D. R., J. E. Keys, Jr. and C. H. Gordon. 1973. Preservation efficiency and dairy heifer response from unwilted formic acid and wilted untreated silages. *J. Dairy Sci.* 56:129.
37. 우강룡. 1985. 볏짚암모니아 처리시 formic acid 첨가효과. II. 면양에 의한 섭취량, 소화율 및 질 소평형에 관하여. *한국낙농학회지.* 7:176.