맥류의 수확시기가 사일리지의 재료적 특성 및 품질에 미치는 영향

허정민 · 이수기 · 이인덕 · 이봉덕 · 배형철
충남대학교 동물자원과학부

Effect of Different Growing Stages of Winter Cereal Crops on the Quality of Silage Materials and Silages

J. M. Heo, S. K. Lee, I. D. Lee, B. D. Lee and H. C. Bae
Division of Animal Science and Resources

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effect of different growing stages of winter cereal crops on the quality of silage materials and silages. Silages were made from the silage materials harvested at four growing stages (boot, heading, flowering, and yellow ripe) of barley, rye, oat, and wheat. Approximately 1 kg of silage materials harvested from each growing stage stored in vinyl bags with vacuum packing method and fermented at room temperature for 40 days.

As the growing stages progressed, the moisture and crude protein contents of the silage materials decreased, and fiber contents (NDF, ADF and hemicellulose) increased. All the silage materials showed significantly higher contents of water soluble carbohydrate in the boot stages than in the flowering and yellow ripe stages. There was no tendency in acetic acid contents of silage materials cut at different growing stages. The overall pH of silage materials were in the range of 5.91 ~ 6.01, and there was no significant difference among growing stages. Buffering capacity of silage materials were in the range of 26.23 ~ 29.47 meq/100 g DM, and showed a tendency to decline as the growing stages proceeded. The moisture and crude protein contents of silages decreased significantly in all species as the growing stages proceeded, and the fiber contents vice versa. As the growing stages proceeded, the pH of the silages tended to increase, and the acetic, butyric, and lactic acid contents tended to decrease. The buffering capacity of silages had a tendency to decrease as the growing stages of winter cereal crops proceeded. Therefore, these features described above should be taken into consideration in order to make silages from winter crops economically.

(**Key words** : Silage, Water soluble carbohydrate, pH, Buffering capacity, Organic acid)

Ⅰ. 서 론

우리나라 축산업의 어려운 문제는 관점에 따라 여러 가지가 있을 수 있다. 그 중 가장 긴요한 문제 중의 하나는 사료수급에 관한 것이다. 곡물 및 조사료의 대부분을 외국에서 수입하고 있으므로 자급사료의 개발과 이용효율의 증대가 절실한 실정이다. 이와 같은 상황에서 우리가 처해 있는 사료 확보 측면에서의 축산환경은 매우 열악하다고 할 수 있다. 이를 해결하기 위한 방법은 가격이 저렴하고 품질이 우수한 사료를 개발·확보하는 것과, 이미 확보된 사료를 효율적으로 활용하는 것이다. 이에 대하여 본 연구에서는 후자에 관한 사항으로서 사일리지 자원의 효율적 이용이 본 실험의 관건이라 할 수 있다.

Corresponding author : S. K. Lee, Division of Animal Science and Resources, Chungnam National University, Gung-dong 220, Yuseong-gu, Daejeon, Korea. Tel.:042-821-5775, Fax:042-825-9754, E-mail : leesk@cnu.ac.kr

우리나라에서 재배되고 있는 호밀 등의 맥류는 토양에 대한 적응성이 좋아서 화곡류, 피복작물, 녹비작물 및 사료작물 등으로 널리 활용되고 있으며, 호밀은 옥수수의 후작으로도 많이 이용되고 있고, 연맥 또한 최근 재배면적이 늘어나고 있다. 이들은 건초로도 이용되지만 대부분은 청예나 사일리지로 이용되고 있으며, 이들의 효율적 이용방법에 대한 연구(신과 윤, 1983; 김 등, 1992; 김 등, 1993; 이와 김, 1997)가 지속적으로 수행되어 왔다.

우리나라에서는 사료작물의 재배에 있어 옥수수와 맥류의 2모작 체계가 전형적이라 할 수 있다. 이에 있어 맥류의 수확시기의 결정과 이에 따른 보완책을 수립 할 필요가 있다. 이들 청예사료의 수확시기는 강우·이상기온 등 여러 가지 기상조건에 따라 영향을 받고 있어 사료작물의 수확시기의 선택은 매우 중요하다. 또한 작부체계상 사료작물을 연간 다모작 형태로 재배할 경우 먼저 재배한 작목의 수확시기를 결정하는 것은 영양학적 측면뿐만 아니라 뒷그루 사료작물의 적기 파종과도 관련이 있어 매우 긴요한 사항이라 하겠다. 따라서 맥류의 수확시기 결정은 이론적 배경에만 의존할 수 없게 되며, 위에 언급한 여러 가지 요인에 의하여 결정될 수밖에 없다. 그리하여, 각 사료작물의 수확시기에 따른 재료적 특성을 파악할 필요가 있고, 이 결과에 대하여 적절한 처방을 하는 것이 사료의 이용효율을 높이는 방법이라 생각된다. 그리고 이들 재료의 활용방법에 있어, 대량생산된 청예작물을 일시에 전부 이용하는 것은 불가능하므로 저장하기 위한 수단으로서 건초 또는 사일리지 조제를 검토할 수 있다. 그러나 수확계절 등 여러 가지 조건에 따라 건초조제가 용이하지 않을 경우 불가피하게 사일리지를 만들게 된다. 우리나라에서는 봄철의 기상조건이 사료작물의 건초조제에 부적합하므로 맥류는 주로 사일리지를 만들게 된다(신과 윤, 1983; 이와 김, 1997).

과거 이 분야 국내연구의 대부분이 생육단계별로 사일리지를 제조한 후 사일리지의 품질평가에 중점을 둔 것이 대부분이고, 재료의 특성에 초점을 맞춘 문헌은 많지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 몇 가지 맥류에 있어 수확시기별 재료의 영양적 특성을 분석하고 이것이 사일리지의 품질에 미치는 영향을 조사하고, 그 결과를 보고하는 바이다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 사일리지 재료

사일리지 재료는 초지시험포장에서 본 대학 관행법으로 재배된 보리·호밀·연맥·밀을 생육단계별 (수잉기·출수기·개화기·황숙기)로 수확하였으며 각 단계별로 일정량을 취해 재료적 특성의 분석을 위한 시료로 사용하였다. 본 실험에 공시된 사료작물은 Table 1과 같다.

Table 1. Species of cereal crops used as a silage materials in this experiment

Species of winter cereal crops	Varieties
Barley (*Hordeum vulgare* var. *hexastichon*)	Olbori
Rye (*Secale cereale* L.)	Typhoon
Oat (*Avena sativa* L.)	Foothill
Wheat (*Triticum aestivum* L.)	Geumgangmil

2. 사일리지의 조제 및 시료의 준비

각 사료작물별로 수확된 재료를 길이 1 cm 정도로 잘라 비닐 백에 종류별로 1 kg 씩 2반복으로 충전 및 진공 밀폐하여 40일간 24~28℃의 실온에서 발효시킨 후 −32℃의 냉동고(SANYO, Ultra-Law, Japan)에 분석시까지 보관하였다.

3. 조사 항목 및 방법

(1) 사일리지 재료 및 사일리지의 화학적 성분

사일리지 재료 및 사일리지 시료의 조단백질 및 수분 함량은 AOAC(1995) 방법으로, NDF 및 ADF는 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으

Table 2. HPLC analysis conditions for organic acids and carbohydrates

Items	Conditions	
	Organic acids	Carbohydrates
Column	SUPELCOGEL C610H	SUPELCOGEL C610H
Detector	UV, 210nm (Waters 2487)	Refractive Index (Waters 2410)
Flow rate	0.5 mL/min	1 mL/min
Solvent	0.1% phosphoric acid	Water
Absorbance	210 nm	
Inject volume	20 ㎕	20 ㎕

로 분석하였으며, hemicellulose의 함량은 NDF와 ADF의 차이로서 구하였다.

(2) 사일리지 재료와 사일리지의 pH 및 완충력

pH는 용기에 시료 10 g과 증류수 100 mL를 취하여 밀봉한 후, 2~4℃에 24시간 정치시킨 후 4겹의 거즈로 여과하여 측정하였고, 완충력은 100 g의 시료에 증류수 250 mL를 가하여 0.1 N의 HCl을 이용하여 pH를 4로 조정한 후, pH 6이 될 때까지의 0.1 N NaOH 소요량을 측정하여 시료 100 g에 대한 milliequivalent로 환산하여 구하였다(Playne과 McDonald 1966).

(3) 사일리지 재료의 유기산·탄수화물 및 사일리지의 유기산

냉동된 시료를 균질화한 후 15 g을 비이커에 넣고, 사일리지가 잠길 수 있도록 150 mL의 3차 증류수를 취하여 24시간 정치시켰다. 그 다음 원심분리기 (Hanil, union 32, Korea)를 이용하여 3000 rpm으로 15분간 처리하여 상층액을 취하여 0.2 ㎛ pore의 filter에 여과시킨 후 일정량을 취하여 HPLC(Waters 1260, USA)로 분석하였다. 분석조건은 Table 2와 같다.

4. 실험 설계 및 통계처리

네 종류의 사료작물을 4단계의 생육단계별로 수확하였으며, 각 처리당 2반복으로 실험을 실시하였다. 본 시험에서 얻어진 data의 통계분석은 SAS/STAT (SAS, 1996)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시한 후, 유의성이 인정되는 부분은 Duncan(1955)의 신다중검정법으로 5% 수준에서의 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 사일리지 재료의 조성분

생육단계별로 수확한 사일리지 재료의 조성분은 Table 3과 같다. 보리·호밀·연맥·밀 모두 생육단계가 진행될수록 수분·조단백질 함량은 감소하였으나, NDF·ADF 및 hemicellulose 함량은 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 식물의 생육단계의 진행에 따라 사일리지 재료의 수분·조단백질은 감소한 반면, NDF·ADF·hemicellulose 함량은 증가하였다는 기존의 보고들과 거의 일치되는 내용이라 하겠다. Brundage와 Kelebesadel(1970) 및 Holland 등(1990)은 연맥에서 생육단계가 진행되면서 조단백질의 함량이 감소된다고 보고하였고, 김과 김(1994) 및 김(1994)은 숙기가 진행됨에 따라 ADF 및 NDF의 함량이 증가된다고 하여 생육진행에 따라 본 연구에서처럼 상대적으로 사료가치가 낮아지고 있음을 뒷받침하고 있다. 그리고 Vetter와 Von Glan(1978)은 사일리지용 사료작물은 너무 일찍 수확하면, 건물 함량이 30% 이하로서 수분이 너무 많아 양호한 발효를 기대할 수 없고, 다량의 삼출액이 발생하여 조성분의 손실이 크다고 하였으며, 반대로 수확시기가 늦어지면 건물이 40% 이상으로 수분

Table 3. Chemical composition of the silage materials harvested at different growing stages

Species	Stages	Chemical composition				
		Moisture	Crude protein	NDF[1)]	ADF[2)]	Hemicellulose
		%	····· %, DM ·····			
Barley	Boot	81.2[a]	18.9[a]	33.4[b]	17.3[b]	16.1[b]
	Heading	80.0[a]	16.8[a]	34.6[b]	18.2[b]	16.4[b]
	Flowering	73.9[b]	8.2[b]	39.2[ab]	20.6[a]	18.6[b]
	Yellow ripe	69.7[b]	7.1[b]	46.8[a]	21.7[a]	25.1[a]
	SEM[3)]	1.23	0.04	1.30	0.34	0.93
Rye	Boot	82.8[a]	18.5[a]	40.9[d]	21.5[b]	19.4[b]
	Heading	80.9[ab]	17.3[a]	50.7[c]	26.1[b]	24.6[ab]
	Flowering	74.3[ab]	8.7[b]	59.0[b]	33.5[a]	25.5[ab]
	Yellow ripe	69.8[b]	7.1[b]	65.4[a]	36.4[a]	29.0[a]
	SEM	1.25	0.05	1.20	0.33	0.98
Oat	Boot	82.4[a]	19.0[a]	23.8[d]	11.5[b]	12.3[b]
	Heading	81.8[a]	17.4[a]	30.7[c]	16.1[b]	14.6[ab]
	Flowering	76.2[ab]	9.1[b]	39.0[b]	23.5[a]	15.5[ab]
	Yellow ripe	70.4[b]	8.8[b]	45.4[a]	26.4[a]	19.0[a]
	SEM	1.21	0.06	1.17	0.27	1.01
Wheat	Boot	82.0[a]	20.0[a]	42.2[c]	18.2[b]	24.0
	Heading	80.0[a]	18.3[a]	47.1[b]	23.5[ab]	23.6
	Flowering	72.5[b]	10.2[b]	50.9[b]	25.3[ab]	25.6
	Yellow ripe	70.8[b]	9.0[b]	55.6[a]	29.7[a]	25.9
	SEM	1.27	0.05	1.35	0.39	1.11

[1)] Neutral detergent fiber.
[2)] Acid detergent fiber.
[3)] Standard error of the mean.
[a-c] Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

함량이 너무 적어 답압이 용이하지 않으며, 재료사이에 공극이 생겨 곰팡이가 발생하기 쉽다고 하였다. 따라서 Wiersma 등(1993)은 사일리지용 사료작물의 최대 건물수량을 위한 수확적기는 전 식물체의 건물비율이 30~40% 일 때라고 하였다. 그리고 Daynard 등(1974)은 사일리지용 사료작물의 수확적기는 옥수수의 경우 종실용 옥수수의 수확적기보다 다소 빨라 식물체의 건물비율이 30~35%에 도달하는 황숙기라고 보고하여 대부분의 사일리지 재료의 적당한 수분 함량은 65~70% 정도라고 판단된다.

일반적으로 사일리지용 사료작물은 숙기가 진행됨에 따라 식물체의 무게와 소화율은 점차 감소하지만 종실내의 전분의 축적으로 이삭의

무게가 증가한다. Cummins와 Dobson(1973)은 전 식물체의 건물비율이 35~40% 까지는 숙기가 진행됨에 따라 조성분의 소화율은 증가한다고 보고하였으며, Daynard와 Hunter (1975)는 건물비율이 24~40%에는 소화율이 거의 비슷하다고 보고하였다. 사료작물은 수확적기보다 빨리 수확하면 수량 감소와 사일리지의 품질 저하로 경제적 손실이 많으며(임, 1992), 너무 늦게 수확하면 건물 섭취량과 소화율이 감소한다고 하였다(Gordon 등, 1968; Johnson와 McClure, 1968).

2. 사일리지 재료의 탄수화물의 함량

생육단계별로 수확한 사일리지 재료의 탄수화물 함량은 Table 4에서 보는 바와 같이, 보리

Table 4. Contents of the water soluble carbohydrates of the silage materials harvested at different growing stages

Species	Stages	Water soluble carbohydrates				
		Fructose	Glucose	Galactose	Sucrose	Total
		····· %, DM ·····				
Barley	Boot	5.5[a]	6.0[a]	0.0	0.0	11.5[a]
	Heading	5.4[a]	5.8[a]	0.0	0.0	11.2[a]
	Flowering	4.0[b]	4.6[b]	0.0	0.0	8.6[b]
	Yellow ripe	3.7[b]	4.5[b]	0.0	0.0	8.2[b]
	SEM[1)]	0.11	0.18			0.15
Rye	Boot	4.5[a]	4.7[a]	0.0	0.0	9.2[a]
	Heading	4.5[a]	4.4[a]	0.0	0.7[ab]	8.9[a]
	Flowering	4.4[a]	4.2[a]	0.0	1.0[a]	8.6[a]
	Yellow ripe	3.7[b]	3.5[b]	0.0	0.4[b]	7.2[b]
	SEM	0.15	0.20		0.08	0.14
Oat	Boot	5.0[a]	4.2[a]	0.0	0.0	9.2[a]
	Heading	4.4[a]	4.5[a]	0.6	0.0	9.5[a]
	Flowering	3.6[b]	3.8[b]	0.7	0.0	8.1[b]
	Yellow ripe	3.3[b]	3.6[b]	0.5	0.0	7.4[b]
	SEM	0.16	0.11	0.03		0.10
Wheat	Boot	5.8[a]	4.6[a]	0.0	0.0	10.4[a]
	Heading	4.8[b]	4.9[a]	0.0	0.3[b]	9.7[b]
	Flowering	4.5[b]	4.3[ab]	0.0	0.6[a]	8.8[c]
	Yellow ripe	4.4[b]	3.9[b]	0.0	0.1[b]	8.3[c]
	SEM	0.19	0.17		0.04	0.13

[1)] Standard error of the mean.
[a-b] Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

에 있어서는 과당과 포도당의 함량이 수잉기 및 출수기가 개화가나 황숙기보다 유의하게 ($P<0.05$) 높게 나타났고, 수잉기와 출수기, 개화기와 황숙기 사이에는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 그리고 당의 총량에 있어서도 과당이나 포도당에서와 마찬가지로 수잉기와 출수기가 개화기 및 황숙기에 비하여 유의하게 높게 나타났다.

호밀은 과당과 포도당의 함량에 있어 수잉기·출수기·개화기는 세 구간에는 유의한 차이가 인정되지 않았으나 황숙기에 비해서는 유의하게 높게 나타났다. 그리고 당의 총량도 이들과 같은 결과를 보였다. 한편 자당의 경우는 출수기 이후 개화기에서 증가하였고, 황숙기에는 다시 유의하게 감소하였는데 출수기와 개화기 사이에는 유의한 차이를 관찰할 수 없었다.

연맥의 경우는 과당과 포도당에 있어 수잉기와 출수기가 개화기와 황숙기에 비하여 유의하게 높은 결과를 보였고, 수잉기와 출수기 그리고 개화기와 황숙기 사이에는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 갈락토오스는 수잉기에는 검출되지 않았고, 출수기와 황숙기 사이에는 0.5~0.7% 범위로 검출되었으나 유의성이 인정되는 차이는 아니었다. 당 총량은 과당이나 포도당의 경우처럼 수잉기에서 출수기로 진행되면서 증가하는 경향을 보이다가 그 이후 황숙기에 이르기까지 감소하는 경향을 보였는데, 부분적으로는 유의성이 인정되기도 하였다.

밀은 과당에 있어서는 수잉기가 출수기·개화기·황숙기보다 유의하게 높게 나타났으며, 수잉기를 제외한 세 처리간에는 유의한 차이가 없었다. 그리고 포도당은 수잉기·출수기·개화기에서 세 처리간에는 유의한 차이가 없었고, 수잉기와 출수기는 황숙기보다 유의하게 높게 나타났으며, 개화기와 황숙기 사이에는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 자당은 개화기가 나머지 처리구보다 유의하게 높은 결과를 나타냈다. 당 총량에 있어서는 수잉기에는 나머지 세 처리구보다 높게 나타났고, 출수기에는 수잉기보다는 유의하게 적었지만 개화기나 황숙기 보다는 유의하게 많은 결과를 나타내었고 개화기와 황숙기 사이에는 유의한 차이가 없었다.

McDonald(1981)는 보리를 출수기부터 황숙기까지 여러 단계의 생육단계별로 과당과 포도당의 함량을 조사한 결과 수확시기가 늦어질수록 감소한다고 하였다. 본 시험에서도 보리와 호밀의 경우 위 보고와 유사한 경향을 나타내고 있으나, 연맥과 밀의 포도당 함량의 경우 수잉기에서 출수기로 진행될 경우 유의한 증가는 아니지만 미세한 증가 기미를 나타내고 있어 다소 차이를 보였는데, 이는 기후나 토양 조건 등 시험환경의 영향에서 기인된 것으로 사료된다.

Table 4에서 보는 바와 같이 각 초종의 수용성 탄수화물의 총량은 모든 초종에서 수잉기와 출수기의 경우 8.9~11.5%였다. Haigh(1990)는 화본과 초류의 경우 생초기준으로 25~30 g/kg, Parker와 Bastiman(1982)은 35 g/kg이라고 보고하여서, 본 실험의 성적은 이들의 성적보다는 높은 수준이라 하겠다. 한편 Pitt 등(1991)은 사일리지 재료의 당 함량이 12% 이상이면 양질의 젖산 발효를 하게 되며, 15% 이상 함유하게 되면 우수한 사일리지를 만드는데 충분하다고 보고하였다. 그러나 본 시험의 결과는 Pitt 등(1991)의 연구결과 보다는 다소 낮은 수치이지만, 전체적으로 볼 때 큰 차이는 아니라고 하겠다.

3. 사일리지 재료의 유기산의 함량

생육단계별로 수확한 사일리지 재료의 유기산 함량은 Table 5에 나타낸 바와 같이 보리·호밀·연맥·밀의 초산 함량은 각 생육단계에 따른 일정한 경향을 보이지 않았다. 구연산과 말산은 생육단계가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었는 바, 보리의 경우 구연산의 함량은 수잉기가 황숙기에 비하여 유의하게 높은 결과를 보였으며, 수잉기~개화기 및 출수기~황숙기 사이에는 유의한 차이는 아니었지만 생육이 진행될수록 감소하는 경향을 보였다. 또한 말산은 수잉기가 출수기~황숙기보다 유의하게 높은 결과를 보였고, 출수기~황숙기 사이에는 감소 경향을 나타내었으나 유의성은 인정되지

Table 5. Contents of organic acids of the silage materials harvested at different growing stages

Species	Stages	Organic acids		
		Acetic acid	Citric acid	Malic acid
		····· %, DM ·····		
Barley	Boot	0.45[ab]	0.54[a]	5.61[a]
	Heading	0.69[a]	0.48[ab]	2.80[b]
	Flowering	0.31[b]	0.43[ab]	1.63[b]
	Yellow ripe	0.64[a]	0.40[b]	1.21[b]
	SEM[1)]	0.03	0.03	0.12
Rye	Boot	0.42[b]	0.44[a]	6.22[a]
	Heading	0.61[a]	0.42[a]	3.25[b]
	Flowering	0.35[b]	0.38[ab]	2.26[b]
	Yellow ripe	0.39[b]	0.23[b]	1.85[b]
	SEM	0.03	0.04	0.19
Oat	Boot	0.33	0.34	5.17[a]
	Heading	0.35	0.32	3.59[b]
	Flowering	0.32	0.30	2.33[b]
	Yellow ripe	0.37	0.29	1.83[b]
	SEM	0.03	0.03	0.13
Wheat	Boot	0.36	0.41[a]	5.47[a]
	Heading	0.38	0.22[b]	3.21[b]
	Flowering	0.37	0.18[b]	2.02[b]
	Yellow ripe	0.39	0.16[b]	1.31[b]
	SEM	0.01	0.02	0.22

[1)] Standard error of the mean.
[a-b] Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

않았다.

호밀의 구연산 함량은 수잉기 및 출수기가 황숙기보다 유의하게 높게 나타났으며, 말산은 수잉기가 출수기~황숙기에 비하여 유의한 증가를 보였다. 그러나, 출수기·개화기·황숙기 사이에는 생육이 진행될수록 감소하는 경향을 나타내었지만 유의성은 인정되지 않았다.

연맥의 구연산과 말산의 함량은 생육이 진행됨에 따라 감소하는 양상을 보였는데, 구연산의 경우는 유의한 결과는 아니었고, 말산은 수잉기가 출수기~황숙기에 비하여 유의하게 높은 결과를 나타내었다. 그러나 수잉기~출수기 사이에는 유의성이 나타나지 않았다.

밀에 있어서는 구연산과 말산 함량 모두 수잉기가 출수기~황숙기에 비하여 유의하게 많은 결과를 나타내었으나, 출수기~황숙기 사이에는 생육이 진행되면서 점차 적어지는 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다.

McDonald(1981)는 보리의 각 생육단계별 유기산 함량을 출수기부터 황숙기까지 조사하였

는 바, 말산과 구연산은 각 생육단계의 진행에 따라 유의하게 감소하는 결과를 보고한 바 있어, 본 시험결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 생육단계가 진행될수록 완충력이 감소하였다는 Bolsen 등(1992)의 연구결과와도 관련이 있는 것이라 하겠다. 즉, 유기산 함량의 감소는 곧 완충력의 저하를 가져오기 때문이라 하겠다.

4. 사일리지 재료의 pH 및 완충력

생육단계별로 수확한 사일리지 재료의 pH는 전체적으로 5.90~6.01의 범위였으며 초종간 및 생육단계별로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 6). 그러나 각 초종의 생육단계 중 가장 어린 시기인 수잉기와 가장 완숙된 시기인 황숙기를 비교해 보면 수잉기가 황숙기보다 유의한 결과는 아니지만 낮은 경향을 보였다.

완충력은 전 처리구에서 26.43~29.47의 범위를 나타내었으며 생육단계가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었다(Table 6). 생육이 진

Table 6. pH and buffering capacity of the silage materials harvested at different growing stages

Species	Stages	pH	Buffering capacity
			meq/100 g, DM
Barley	Boot	5.98	29.54[a]
	Heading	5.98	28.89[ab]
	Flowering	5.99	28.86[ab]
	Yellow ripe	6.01	27.05[b]
	SEM[1)]	0.01	0.332
Rye	Boot	5.90	29.47
	Heading	5.92	29.45
	Flowering	5.91	28.24
	Yellow ripe	5.97	28.16
	SEM	0.03	0.521
Oat	Boot	5.97	28.36
	Heading	5.98	27.56
	Flowering	5.96	27.33
	Yellow ripe	5.98	26.65
	SEM	0.01	0.510
Wheat	Boot	5.97	28.76[a]
	Heading	5.97	27.54[ab]
	Flowering	5.98	27.34[ab]
	Yellow ripe	6.00	26.23[b]
	SEM	0.03	0.424

[1)] Standard error of the mean.
[a-b] Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

행됨에 따라 보리와 밀에 있어서는 부분적으로 유의하게 감소하는 결과를 보였고, 호밀과 연맥의 경우도 유의하지는 않지만 감소하는 경향을 나타냈다.

완충력은 주로 재료내 유기산의 양이온에 의하여 영향을 받으며, 단백질 함량 및 초종에 따라 완충력의 차이가 나타난다고 하였다. 일반적으로 두과 목초는 화본과보다 완충력이 높다고 보고되어 있으며, 또한 초종간에는 물론 동일 초종 내에서도 많은 차이를 보이는데 perennial ryegrass는 35.0~42.8 meq, Italian ryegrass는 31.0~38.6 meq의 범위를 나타내었다고 하였다(Playne과 McDonald, 1966).

따라서 사일리지를 제조함에 있어 완충력이 낮을수록 유리한 것은 주지의 사실이며, 본 시험의 결과에서 보듯이 수확시기의 지연으로 완충력이 낮아지는 경향을 보였는데, Bolsen 등(1992)도 alfalfa에서 수확시기가 늦어짐에 따라 완충력이 낮아지고 있음을 보고한 바 있다. 그러나 이 문제에 관해서는 재료의 완충력을 낮추기 위하여 수확시기를 지연시키는 것은 재료의 영양수준 및 소화율 문제와 상충되는 것이어서 이에 대해서는 손익의 검토가 필요하다고 생각된다.

5. 사일리지의 조성분

생육단계별로 수확한 재료를 가지고 제조한 사일리지의 화학적 조성분은 Table 7에 수록된 바와 같다. 생육단계가 진행함에 따라 전 초종에서 수분과 조단백질의 함량은 감소하는 경향을 나타내었으며, NDF·ADF 및 hemecelluose는 부분적으로 유의성을 나타내기도 하였으며 전반적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 재료의 영양적 특성에 기인한 것으로 재료의 조성분의 구성에 따라 직접적인 영향을 받은 것으로 사료된다.

보리 사일리지의 경우 한 등(1988)도 본 시험과 유사한 결과를 보고한 바 있으며, 특히 사일리지 조제를 수잉기에 실시하였을 경우를 호숙기와 비교하면 조단백질의 함량이 60% 정도 많은 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 보리뿐만 아니라 호밀·연맥·밀의 경우에도 대체적으로 유사한 결과를 나타내고 있다. 이것은 조사료의 이용환경에 따라 최대 건물수확 또는 후작의 파종시기 등의 여건에 따라 수확시기가 가변적임을 말해주는 것이라 하겠으며, 조기수확의 경우 예건을 통한 수분조절이 가능하다면 후작의 예상 증수의 이득을 감안하여 경제성을 검토해볼 필요가 있다고 생각된다.

사일리지의 조성분을 제조전과 비교해 보면 수분 함량은 대체로 감소하였고, 조단백질 함량은 증가되었지만, 이러한 결과는 수용성 탄수화물의 발효에 기인한 상대적 증가라 볼 때, 사일리지의 조단백질 함량은 절대량에 있어서는 재료의 그것에 비하여 감소하였을 것으로 생각된다. Cottyn 등(1985)도 사일리지의 조제로 조단백질·조회분의 함량의 증가와 NFE 함량 감소를 보고한 바 있다.

6. 사일리지의 pH 및 유기산의 함량

생육단계별로 수확한 재료를 가지고 제조한 사일리지의 pH 및 유기산의 함량은 Table 8에 수록되어 있다. pH는 생육단계가 진행됨에 따라 높아지는 경향을 나타내었는 바, 수잉기는 황숙기보다 유의하게 낮은 결과를 나타냈다.

보리 사일리지에서는 초산과 젖산 함량의 경우 생육단계가 진행 되면서 유의한 결과는 아니지만 감소하는 결과를 나타내었고, 낙산은 수잉기가 출수기~황숙기보다 유의하게 높은 결과였다. 호밀 사일리지는 생육단계가 진행됨에 따라 초산 함량은 유의한 성적은 아니지만 감소하는 경향을 보였으며, 낙산과 젖산은 부분적으로 유의한 결과를 나타내며 감소하였다. 한편, 연맥 사일리지에 있어서는 초산 함량의 경우 재료의 생육단계가 진행됨에 따라 부분적으로 유의성을 나타내며 감소하였고, 낙산과 젖산도 감소하는 경향을 보였지만 유의한 결과는 아니었다. 밀 사일리지의 경우는 초산·낙산·젖산 모두 생육단계가 진행됨에 따라 부분적으로 유의성을 나타내며 감소하였다.

위에서 기술한 결과와 같이 각 초종에서 수잉기 및 출수기의 재료로부터 조제한 사일리지

Table 7. Chemical composition of the experimental silages at different growing stages

Species	Stages	Chemical composition				
		Moisture	Crude protein	NDF[1)]	ADF[2)]	Hemi-cellulose
		%	····· DM, % ·····			
Barley	Boot	78.6[a]	17.1[a]	47.4[d]	30.3[b]	17.1[c]
	Heading	76.3[a]	15.9[a]	52.6[c]	32.2[b]	20.4[b]
	Flowering	75.2[ab]	12.0[b]	57.2[b]	38.6[a]	18.6[bc]
	Yellow ripe	73.2[b]	10.7[b]	65.8[a]	41.7[a]	24.1[a]
	SEM[3)]	0.75	0.60	1.02	1.33	0.82
Rye	Boot	75.8[a]	16.4[a]	49.7[c]	29.6[c]	19.1[c]
	Heading	74.7[a]	14.8[b]	55.2[b]	31.1[bc]	24.1[ab]
	Flowering	71.1[b]	12.3[b]	60.2[a]	33.5[b]	26.1[a]
	Yellow ripe	70.6[b]	10.4[c]	65.5[c]	38.1[a]	27.4[a]
	SEM	0.64	0.59	1.13	1.03	0.85
Oat	Boot	76.9[a]	16.4[a]	48.8[c]	29.5[b]	19.3[b]
	Heading	73.7[b]	13.6[b]	52.7[ab]	32.1[ab]	20.6[b]
	Flowering	71.0[b]	12.3[b]	57.0[ab]	34.5[a]	22.5[ab]
	Yellow ripe	70.0[b]	10.6[c]	62.4[a]	38.4[a]	24.0[a]
	SEM	0.74	0.62	1.23	1.03	0.90
Wheat	Boot	75.0[a]	16.2[a]	42.2[d]	25.2[b]	17.0[c]
	Heading	74.0[a]	14.2[ab]	50.1[c]	28.1[b]	22.0[ab]
	Flowering	72.1[b]	12.4[c]	57.9[b]	33.3[a]	24.6[a]
	Yellow ripe	70.1[b]	10.1[c]	63.6[a]	36.7[a]	26.9[a]
	SEM	0.80	0.62	1.03	1.22	0.88

[1)] Neutral detergent fiber.
[2)] Acid detergent fiber.
[3)] Standard error of the mean.
[a-d] Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

의 젖산 함량이 많은 것은 Table 4에 나타난 바와 같이 수잉기 및 출수기에 과당 및 포도당 등의 수용성 탄수화물의 함량이 많은 데서 기인된다고 생각되며, 이 효과는 각 초종의 생육이 진행되면서 완충력이 낮아지는 효과를 충분히 상쇄할 수 있을 것으로 추정된다.

김 등(2002)이 출수기의 호밀을 bale 사일리지로 만들었을 때의 성적을 보면 건물 기준으로 젖산 6.49, 초산 2.03, 낙산 0.83%였으며, 본 시험의 성적과 비교하면 유사한 결과라 생각된다. 이 결과는 본 시험의 성적이 젖산이 높고, 또한 부패의 척도가 될 수 있는 낙산의 함량이 적은 것은 발효조건이 양호했던 관계로 노천에서 제조된 bale 사일리지보다는 발효가 잘 진행되었기 때문이라 생각된다.

7. 사일리지의 완충력

수확시기를 달리한 재료로부터 제조한 사일리지의 완충력은 각 초종의 생육단계가 경과됨에 따라 낮아지는 경향을 나타내었다(Table 9). 전 초종에 있어 수잉기가 황숙기에 비하여 유의하게 높은 결과를 나타내었다. 수잉기~개화기 및 출수기~황숙기 사이에도 생육이 진행됨

Table 8. pH and organic acids contents of the experimental silages at different growing stages

Species	Stages	pH	Organic acid		
			Acetic acid	Butyric acid	Lactic acid
			····· %, DM ·····		
Barley	Boot	4.22[b]	2.28	0.86[a]	5.42
	Heading	4.35[ab]	2.27	0.71[b]	5.33
	Flowering	4.50[ab]	2.24	0.71[b]	5.28
	Yellow ripe	4.62[a]	2.19	0.66[b]	5.21
	SEM[1)]	0.04	0.03	0.02	0.06
Rye	Boot	4.24[b]	2.65	0.64[a]	6.62[a]
	Heading	4.30[ab]	2.63	0.62[ab]	6.61[a]
	Flowering	4.35[ab]	2.57	0.57[ab]	6.37[b]
	Yellow ripe	4.63[a]	2.51	0.50[b]	6.30[b]
	SEM	0.05	0.05	0.02	0.04
Oat	Boot	4.42[b]	2.47[a]	0.77	7.00
	Heading	4.39[ab]	2.48[a]	0.75	6.95
	Flowering	4.58[ab]	2.38[ab]	0.72	6.84
	Yellow ripe	4.63[a]	2.20[b]	0.68	6.80
	SEM	0.05	0.03	0.03	0.07
Wheat	Boot	4.25[b]	2.38[a]	0.75[a]	6.49[a]
	Heading	4.32[ab]	2.28[ab]	0.72[a]	6.38[ab]
	Flowering	4.45[ab]	2.20[ab]	0.72[a]	6.33[ab]
	Yellow ripe	4.54[a]	2.15[b]	0.60[b]	6.20[b]
	SEM	0.04	0.03	0.02	0.04

[1)] Standard error of the mean.
[a-b] Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

에 따라 낮아지는 결과를 보였지만 유의한 결과는 아니었다. 이 결과는 재료의 수용성 탄수화물의 함량과 직접적인 관련이 있는 것으로 숙기가 진행됨에 따라 수용성 탄수화물의 함량이 감소한 결과에 기인된 것이라 생각된다.

Kim 등(1992)은 완충지수능력곡선의 실제 이용가능성을 검토하기 위하여, 농가에서 제조된 Italian ryegrass 사일리지 45점으로부터 완충지수곡선을 분석하여 보고하였는 바, 사일리지는 pH 4.0~6.0 범위 내에서 나타나는 완충지수곡선의 정점의 위치에 따라 4종류의 발효형으로 구분된다고 하였다. 또한, Virtanen(1947)에 의하면 초종의 완충능력의 변화는 사일리지 제조에 있어 중요한 요소이며, 이것을 측정함으로서 사일리지의 유기산내에 함유된 이온의 다소를 알 수 있다고 하였다. 그리고 사일리지의 완충

Table 9. Buffering capacity of the experimental silages at different growing stages

Species	Stages	Buffering capacity
		meq/100 g, DM
Barley	Boot	35.85[a]
	Heading	35.21[ab]
	Flowering	34.79[ab]
	Yellow ripe	32.31[b]
	SEM[1)]	0.52
Rye	Boot	35.26[a]
	Heading	35.75[ab]
	Flowering	33.52[ab]
	Yellow ripe	31.98[b]
	SEM	0.50
Oat	Boot	35.46[a]
	Heading	34.96[ab]
	Flowering	33.73[ab]
	Yellow ripe	32.54[b]
	SEM	0.60
Wheat	Boot	35.20[a]
	Heading	34.42[ab]
	Flowering	33.46[ab]
	Yellow ripe	32.47[b]
	SEM	0.53

[1)] Standard error of the mean.
[a-b] Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

력 또한 pH와 관련이 있는 것으로서 유기산의 함량에 따라 즉, 유기산의 양이온 함량에 의하여 영향을 받는 것으로서 수잉기에서 황숙기로 나아갈수록 수용성 탄수화물의 함량이 감소한 것에 직접적으로 영향을 받는다고 생각된다. 이와 마찬가지로 유기산 함량도 영향을 받아 결과적으로 생육단계의 진행에 따라 사일리지의 완충력도 낮아지는 결과를 나타내었다고 생각된다. 완충력이 낮아진다는 것은 가축이 섭취하였을 때 위내 pH의 상승이 용이하다는 것을 의미하므로, 반추위내의 적정산도 유지에 플러스 요인이 될 수도 있다고 생각된다. 그러나 수확시기의 지연으로 인한 영양적 손실도 감안하여야 되므로 어느 것이 가축생산성 향상 내지는 사료자원의 효율성 제고에 도움이 되는지는 여러 가지 주변 여건에 따라 달라지게 되며, 그 요인 또한 항상 가변적인 것이기 때문에 쉽게 결론을 내리기는 어려울 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합해 보면 생육단계가 진행될수록 사일리지 재료의 수분·조단백질·수용성 탄수화물·유기산·완충력은 낮아지고, NDF·ADF·hemicellulose 함량은 증가한다고 하겠다. 한편 사일리지의 품질은 생육단계가 진행될수록 수분·조단백질 함량은 감소된 반면, 섬유소 함량은 증가하였으며, pH는 높아지고 완충력은 낮아지는 결과를 가져왔다. 따라서 맥류 사일리지 조제에 있어 위 결과를 참고하여 수확시기에 따른 각 재료의 특성을 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 사료되며, 각 수확시기별 단점을 보완할 수 있는 처방이 가능하다고 하겠다.

Ⅳ. 요 약

본 시험은 보리·호밀·연맥 및 밀 4가지의 맥류에 있어서 수확시기가 사일리지의 재료적 특성과 제조한 사일리지의 품질에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다. 사일리지의 제조는 4회(수잉기·출수기·개화기·황숙기)의 수확시기별로 실시하였다. 각 맥류는 위의 4처리 2반복으로 소형 비닐 백에 각각 1 kg 정도의 재료를 넣어 진공포장하여 40일간 발효시켰다.

사일리지 재료의 조성분은 수잉기에서 출수기·개화기·황숙기로 진행되면서 수분 및 조단백질 함량은 감소하고, NDF·ADF·hemicellulose 함량은 증가하는 경향을 나타내었다. 수용성 탄수화물의 경우 전체 시험구에서 수잉기에서 황숙기로 진행되면서 과당 및 포도당의 함량이

유의하게 감소하였다. 사일리지 재료의 초산 함량은 각 생육단계에 따라 일정한 경향을 보이지 않았다. 사일리지 재료의 pH는 전체적으로 5.91~6.01의 범위였으며, 초종간 및 생육단계별로 유의한 차이가 없었다. 그리고 완충력은 전 처리구에서 건물기준 23.23~29.47 meq/100 g의 범위를 나타내었으며, 생육단계가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 제조된 사일리지의 조성분은 생육단계가 진행됨에 따라 전 초종에서 수분·조단백질이 함량은 감소하는 경향을 나타냈으며, 섬유소의 함량은 증가하는 경향을 보였다. 생육단계가 경과됨에 따라 조제된 사일리지의 pH는 각 초종에 따라 다소의 차이는 있으나 높아지는 경향이었으며, 초산과 낙산 및 젖산의 함량은 전체적으로 감소하는 경향을 보였다. 그리고 완충력은 각 초종의 생육단계가 경과됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 맥류 사일리지의 제조시 이러한 재료적 특성을 잘 활용하는 것이 양질의 사일리지를 제조하는데 효율적인 하나의 방법이라고 사료된다.

(**색인** : 사일리지, 수용성 탄수화물, pH, 완충력, 유기산)

Ⅴ. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official Method of Analysis. (16th ed.) Association of Official Analytical Chemists. Washington. D. C.
2. Bolsen, K. K., Sonon, R. N. Jr., Dalke, B., Pope, R., Riley, J. G. and Laytimi, A. 1992. Evaluation of inoculant and NPN silage additives:a summary of 26 trials and 65 farm-scale silages. In Kansas Agric. Exp. Stn. Rpt. of prog. 651:101-102.
3. Brundage, A. L. and Klebesadel, L. J. 1970. Nutritive value of oat and pea components of a forage mixture harvested sequentially. Dairy Sci. 53:793-796.
4. Cottyn, B. G., Boucque, C. H. V., Fiems, L. O., Vanacker, J. M. and Buysse, F. X. 1985. Unwilted and prewilted grass silage for finishing bulls. Grass Forage Sci. 40:119-125.
5. Cummins, D. D. and Dobson, L. W. Jr. 1973. Corn for silage as influenced by hybrid maturity, row spacing, plant population and environment. Agron. J. 65:240-243.
6. Daynard, T. B., Hunter, R. B. and Stone, J. B. 1974. Dry matter content, yield, and digestibility of whole-plant corn silage. J. Dairy Sci. 57:617-624.
7. Daynard, T. B. and Hunter, R. B. 1975. Relationship among whole plant moisture, grain moisture. dry matter quality of whole plant silage. Can. J. Plant Sci. 55:77-84.
8. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1-42.
9. Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis. ARS, USDA Agric. Handbook.
10. Gordon, C. H., Derbyshire. J. C. and Van Soest. P. J. 1968. Normal and late harvesting of corn for silage. J. Dairy Sci. 51:1258-1263.
11. Haigh, P. M. 1990a. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. Grass Forage Sci. 45:263-271.
12. Holland, C., Kezar, W., Kautz, W. P., Lazowski, E. J., Mahanna, W. C. and Reinhart, R. 1990. Pioneer forage manual : A Nutritional Guide. Pioneer Hi-bred International, Inc. 1-55.
13. Johnson, R. R. and McClure, K. E. 1968. Corn plant maturity. Ⅳ. Effect on digestibility of corn silage in sheep. J. Anim. Sci. 27:535-540.
14. Kim, K. H., Jeon, B. T. and Chung, C. 1992. Fermentation quality evaluation of maize silages by using the buffer index curve. Korean. J. Anim. Sci. 34(6):377-381.
15. McDonald, P. 1981. The chemistry of silage. John Willy and Sons. Ltd. Chichester. 62-74.
16. Parker, J. W. G. and Bastiman, B. 1982. Effect of additives on nutrient losses and feeding value of silage. J. Sci. Food Agric. 33:877.
17. Pitt, R. E., Muck, R. E. and Pickering, N. B. 1991. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. Grass Forage Sci. 46:301-312.
18. Playne, M. J. and McDonald, P. 1966. The buffering constituents of herbage and silage. J. Sci. Food Agric. 17:264-268.
19. SAS. 1996. SAT/STAT user's guide. version 8,

SAS Institute Inc, Cary, NC, U.S.A.
20. Vetter, R. L. and Von Glan, K. N. 1978. Abnormal silage and silage related disease problems. 291-293. In M. E. McCullough(ed.) Fermentation of silage-A review. Nat. Feed. Ingr. Assoc., Des Moines, IA.
21. Virtanen, A. I. 1947. The AIV method of processing feeds. Empire J. Eeper. Agric. 1:143-155.
22. Wiersma, D. W., Carter, P. R., Albrecht, K. A. and Coors, J. G. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield quality and dry matter content. J. Prod. Agric. 6:94-99.
23. 김동암, 권찬호, 한건준. 1992. 청예용 호밀의 수확시기가 사초의 수량과 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 12(3):173-177.
24. 김동암, 김종관, 권찬호, 김원호, 한건준, 김종림. 1993. 청예사료용 연맥품종의 수량 및 사료가치 비교 연구. 한초지. 13(1):66-77.
25. 김종덕, 김동암. 1994. 파종시기 및 가을수확 방법이 추파호밀의 생육특성, 사초수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 14(3):238-246.
26. 김종덕, 권찬호, 김수곤, 박형수, 고한종, 김종관. 2002. 만기파종에서 수확시 숙기가 사일리지용 옥수수의 사초수량과 품질에 미치는 영향. 동물자원학회지. 44(2):251-260.
27. 신정남, 윤익석. 1983. 예건이 silage의 품질에 미치는 영향. 한초지. 3(2):92-99.
28. 이광녕, 김동암. 1997. 예건 및 첨가제가 호밀 사일리지의 발효특성과 사료가치 및 호기적 안정성에 미치는 영향. 한초지. 17(2):187-198.
29. 임상훈. 1992. 옥수수의 수확시가가 첨가제 및 답압이 silage 품질에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.
30. 한인규, 이택원, 고영두, 윤재인. 1988. 사료학. 선진문화사. p. 223.

(접수일자 : 2005. 7. 27. / 채택일자 : 2005. 9. 16.)