

수확시 숙기가 호밀 라운드베일 사일리지의 사료가치 변화에 미치는 영향

김종근 · 서 성 · 정의수 · 강우성 · 함준상 · 김동암

Effect of Maturity at Harvest on the Changes in Nutritive Value of Round Baled Rye Silage

J. G. Kim, S. Seo, E. S. Chung, W. S. Kang, J. S. Ham and D. A. Kim*

Abstract

This experiment was conducted to evaluate the effect of maturity at harvest on the changes in nutritive values of round baled rye silage during the time course studies at forage experimental field of Grassland and Forage Crops Division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon in 1998. The experimental design was a split-plot design with three replications. The main plots were three different harvest stages : boot, heading and flowering stages, and the subplots were days after ensiling : 1, 2, 3, 5, 10, 30, 45, and 60 days. The wilting period of boot, heading and flowering stages were 1, 0.5 and 0.5 days, respectively. The content of Crude protein(CP) content of rye material at ensiling was lowest in flowering stage (7.7%), and acid detergent fiber(ADF) and neutral detergent fiber(NDF) were lowest in boot stage. However *in vitro* dry matter digestibility(IVDMD) was decreased as harvest stage progressed. CP content of rye silage was decreased as fermentation progressed, but that of boot stage was increased at 5 days and then was decreased. ADF and NDF contents of rye silage was increased as fermentation progressed, but those of heading and flowering stages were similar. IVDMD of boot stage was highest among harvest stages, and that was decreased as fermentation progressed. Dry matter(DM) content of rye silage were decreased as fermentation progressed ($P<0.05$). However, final DM content of flowering stage (32.80%) was highest among harvest stages. Buffering capacity of boot stage was increased up to 10 days, then decreased as fermentation progressed. However buffering capacity of heading and flowering were increased up to 30 days after ensiling as fermentation progressed. Most of water soluble carbohydrate(WSC) almost disappeared after 5 days fermentation.

The results of this study indicate that fermentation of round baled rye silage occur within 5 days. Therefore, any modification should be applied with an 5 days for high quality of round baled rye silage.

(Key words : Rye, Nutritive value, Harvest maturity, Round bale silage)

축산기술연구소(National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-706, Korea)

* 서울대학교 농업생명과학대학(College of Agric. & Life Sci., SNU, Suwon 441-744, Korea)

I. 서 론

사일리지는 젖산균이 식물체속에 함유되어 있는 당분을 이용하여 혐기발효를 일으키고 그 대사 산물인 젖산은 식물체의 산도를 낮추어 부패균의 침입을 억제하여 저장성을 증진시키게 된다. 이러한 식물체의 발효는 초기 젖산균의 급격한 증가와 함께 다양한 요인들의 변화를 일으키면서 진행된 후 안정기에 들어가게 된다(McDonald, 1981).

일반적으로 사일리지의 발효단계는 1) 호기단계, 2) 혐기단계, 3) 발효단계, 4) 안정단계, 5) 급여단계 등 5단계로 분류하는데 급여단계까지 진행되는 데 걸리는 시간이 대략 45~60 일이 소요된다. 사일리지 제조의 최초 단계인 호기단계는 식물체가 사일로내에 함유된 산소를 소모하면서 호흡작용을 하게 되며, 산소가 완전히 고갈되면 2 단계로 혐기단계인 젖산균의 생육이 시작된다. 그러나 초기에는 사일리지의 산도가 높아 내산성이 약한 *Streptococcus* 나 *Pediococcus* 가 급격히 증가하여 젖산을 생성하며 pH를 빠르게 낮춘다. 발효단계는 *Lactobacillus* 속의 미생물이 급증하고 당분의 소모가 급하게 일어나서 젖산으로 전변되어 저장성을 증진시키게 된다. 저장 및 급여단계는 공기 노출에 의한 2 차 발효가 일어날 우려가 있게 된다.

사일리지 발효과정 동안 식물체는 건물 함량이 감소되며 (Cussen 등, 1995; Stockes, 1992), 유기산의 생성으로 완충력이 증가되며 (Keady 및 Murphy, 1996), 유산균의 발효기질로 이용되는 수용성 탄수화물이 빠르게 줄어드는 등 (Nicholson 등, 1991) 다양한 변화가 일어나게 되며 이런 경향들은 일반적이지만 상반되게 나타날 수도 있다.

대부분의 사일리지 관련 연구는 최종적인 산도나 유기산 함량 등을 고려하여 품질의 평가가 이루어져 왔으며(김 등, 1999a; 1999b; 2000), 발효가 경과됨에 따라 사료가치 및 발효와 관련된 완충력 및 수용성 탄수화물 함량의 변화에 대한 연구는 많지 않은 편이다. 따라서 본 시험은 최근에 보급되기 시작한 라운드베일 사일리지 체계의 확립을 위해 호밀을 수확시 숙기별로 나누어 제조할 때 제조 후 시간이 경과함에 따라 사일리지의 사료가치 변화를 구명하여 고품질 라운드베일 사일리지

제조를 위한 기초자료를 얻고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 사일리지 제조

사일리지 조제를 위한 호밀의 수확은 숙기별로 나누어 수잉기(4월 20일), 출수기(4월 29일) 및 개화기(5월 14일)에 mower conditioner (SM 300 Trans; FELLA-WERKE GMBH Co., Italy)를 이용하여 수확하였으며 수분 함량을 조절하기 위해 수잉기는 1 일 그리고 출수기 및 개화기는 0.5 일을 예건하였다. 시험구 배치는 주구로 3회에 걸친 수확시 숙기 (수잉기, 출수기 및 개화기) 를 두었고, 세구는 사일리지 발효 경과일수 (1, 2, 3, 5, 10, 30, 45 및 60 일)에 따른 처리를 두어 분할구 배치법 3 반복으로 수행하였다. 수확 직후 넓게 펼쳐 예건한 호밀은 집초기를 이용하여 베일링 전에 집초하였으며 지름 120 cm, 폭 120 cm 규격의 대형 라운드베일 (F 21; FORT & PEGORARO Co., Italy) 을 이용하여 압력 130 bar 로 베일링 하였고 보관 장소로 즉시 이동하여 wrapper (F 11; FORT & PEGORARO Co., Italy) 를 이용하여 4 겹의 비닐을 감아 보관하였다. 시험에 쓰인 비닐 (INTEGRATED PACKAGING RESERVOIR VICTORIA Co., Australia) 은 두께가 25 μ m이고 폭은 500 mm 이며 길이는 1,800 m인 백색 비닐이었다.

2. 시료 분석

원재료는 베일러로 감기직전 각 처리구별로 약 500 g의 시료를 취하여 생초중량을 평량하고 65 $^{\circ}$ C 순환식 열풍건조기에서 72 시간 건조 후 건물 중량을 평량하여 계산식으로 건물 함량을 산출하였다. 건조된 시료는 20 mesh screen의 Wiley mill 로 분쇄하여 플라스틱 용기에 이중마개로 막아 분석시 까지 보관하였다. 시료의 일반성분은 AOAC 법 (1991) 에 의하여 분석하였고, neutral detergent fiber(NDF) 및 acid detergent fiber(ADF) 함량은 Georing 및 Van Soest 법 (1970) 에 의해 분석하였으며, *in vitro* 건물소화율(IVDMD)은 Moore (1970)

법을 이용하였다.

발효경과 일수별로 사일리지를 시료 채취기 (Uni-Forage Sampler; STAR QUALITY SAMPLER Co., Canada) 로 각 처리구 당 약 500 g을 취하여 순환식 열풍 건조기에서 건조한 후 분쇄하여 일반 성분 등을 분석하였다. 사일리지의 수용성 탄수화물의 분석은 Anthrone 법 (大山, 1976) 으로 분석하였으며 흡광도 측정은 Spectrophotometer (UVIDEC-610, Jasco Co., Japan) 을 이용하여 625nm에서 지색을 측정 하였다. 완충력은 Playne 및 McDonald 법 (1966) 을 이용하였는데 100 g의 시료에 증류수 250 ml를 첨가한 후 0.1 N HCl로 산도를 3 으로 맞춘 후 다시 정확히 4 로 맞추고 0.1 N NaOH 로 pH를 6 까지 높이는데 소요되는 NaOH 량을 시료 100 g에 대한 milli equivalent 로 환산하였다. 통계 처리는 SAS Package program (ver. 6.12) 을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리 평균간 비교는 최소 유의차검정 (LSD) 을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 제조전 호밀의 사료가치

수확시 숙기에 따른 호밀의 사료가치는 Table 1 에서 보는 바와 같다. 호밀의 조단백질 함량은 수잉기 및 출수기에는 각각 20.5 및 18.1 %로 차이가 없었지만 개화기에는 7.7 %로 매우 낮게 나타났다 (P<0.05). ADF 와 NDF 함량은 출수기 및 개화기에서 각각 34.4, 58.4 및 34.9, 58.2 %로 차이

가 없었지만, 수잉기에서 26.0 및 48.9 %로 유의적으로 낮게 나타나 (P<0.05), 호밀은 출수와 함께 사료가치가 급격히 저하되는 것을 알 수 있었다. 특히 NDF 는 약 10 % 정도 차이가 났다. 그러나 *in vitro* 건물 소화율의 경우 수확시 숙기가 지연됨에 따라 감소하여 수잉기에 비하여 개화기는 약 20 % 이상 감소되는 것으로 나타났다. 김 및 김 (1994) 의 호밀 파종기 시험에서도 4월 20일에 수확한 호밀의 조단백질, ADF 및 NDF 함량이 각각 18.2, 28.1 및 54.7 %로 나타났다고 하여 본 시험의 조단백질 함량과는 비슷한 수치를 보였으나 ADF 및 NDF 함량과는 차이가 있었다. *In vitro* 건물 소화율은 권 및 김 (1994) 에 의하면 4월 20일에 76 %, 그리고 4월 27일에 68 %로 낮아졌다고 하였는데 본 시험의 경우 수확시기가 권 및 김 (1994) 의 시험보다 조금씩 지연되어 소화율이 낮게 나타난 것으로 사료된다.

2. 호밀 사일리지의 사료가치

호밀 사일리지의 조단백질 함량은 Fig. 1 에서 보는 바와 같이 제조 후 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 출수기의 조단백질 함량은 발효 5 일 후에 증가하였다가 다시 감소한 것으로 나타났는데 발효특성인지 시료채취에 기인한 것인지 명확하지 않았다. 개화기에서는 제조전에 비해 조단백질 함량이 약간 증가하는 경향이 있었다. Gordon (1989) 도 조단백질 함량이 발효 28 일까지 감소하였으나 그 이후는 증가한 것으로

Table 1. Effect of maturity at harvest on crude protein, fiber content and *in vitro* dry matter digestibility(IVDMD) of rye at ensiling

Maturity at harvest	Crude protein	ADF	NDF	IVDMD
 %			
Boot	20.5	26.0	48.9	75.3
Heading	18.1	34.4	58.4	58.3
Flowering	7.7	34.9	58.2	52.6
Average	15.5	31.8	55.2	62.1
LSD (0.05)	2.9	1.7	1.9	1.4

^{a,b,c} Values within a column followed by same letter are not significantly different at the level of 0.05 by LSD test.

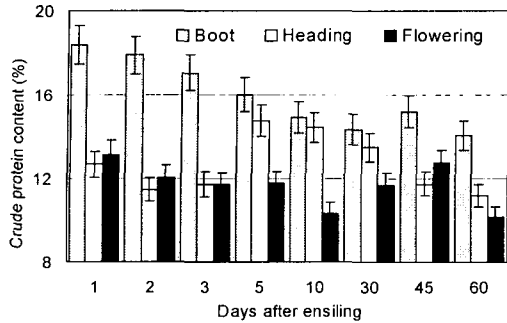


Fig. 1. Effect of maturity at harvest on the changes of crude protein of round baled rye silage during storage.

보고하였다.

ADF 함량은 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 나타내었는데 특히 수잉기에 수확한 호밀을 재료로 사일리지를 만들 경우 ADF 함량의 증가폭이 컸다. NDF 함량은 출수기와 개화기에 수확한 재료로 사일리지를 만들었을 경우 감소하는 경향을 나타내었지만 수잉기에는 오히려 약 4 % 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 Patterson 등 (1997)은 섬유소 함량이 사일리지 제조 후 증가된다고 하였으며 Gordon (1989) 도 같은 견해를 보여 분

시험과 비슷한 경향을 보였으나 Keady 및 Steen (1994)는 ADF 함량이 오히려 감소한다고 보고 하였다.

In vitro 건물 소화율에 있어서는 수잉기 > 출수기 > 개화기 순으로 높게 나타났으며 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보여주었으나 그 차이는 크지 않았다. 특히 수잉기는 70 % 이상의 높은 소화율을 보여주었으나 출수기 및 개화기에서는 50~60 %로 나타나 호밀은 출수와 함께 세포벽 물질이 급격히 증가하여 사료가치가 저하됨을 알 수 있었다. 그러나 이 및 김 (1997)의 시험에서 출수초기의 호밀 사일리지 소화율이 80 % 이상으로 나타났다고 하여 본 시험보다는 상당히 높은 수치를 보였는데 이는 분석에 이용된 반추위액의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

3. 호밀 사일리지의 건물 함량

사일리지 발효경과에 따른 건물 함량의 변화를 보면 Table 2 와 같다. 호밀 라운드베일 사일리지 발효가 진행됨에 따라 건물 함량은 점차 감소되는 경향을 보여 주었으나 매 수확시 숙기별 경과일수 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 평

Table 2. Effect of maturity at harvest on changes of dry matter of round baled rye silage during storage

Days after ensiling	Maturity at harvest		
	Boot	Heading	Flowering
 %		
1	21.24	27.60	36.10
2	21.03	27.03	35.83
3	20.84	26.91	35.29
5	19.23	25.62	34.46
10	18.92	24.87	34.07
30	18.03	23.92	33.24
45	18.47	23.08	32.03
60	18.24	22.78	32.80
Average	20.07 ^a	25.73 ^b	34.60 ^a
Probability	M	D	M×D
	0.001	0.147	0.999

M : maturity at harvest, D : days after ensiling.

^{abc} Values within a row followed by same letter are not significantly different at the level of 0.05 by LSD test.

균 건물 함량은 수확시 숙기가 지연됨에 따라 증가하였다.

라운드베일 사일리지 제조에 적합한 원재료의 건물 함량은 30~40 %로 권장한다고 하였는데 (John, 1992) 본 시험에서도 개화기의 경우 0.5 일 예건으로 권장 건물 함량을 지킬 수 있었다. 한편 사일리지의 건물 함량 감소는 전체적으로 건물 손실이 일어남으로 인해 상대적으로 수분의 비율이

높아져 건물 함량은 감소를 보이는 것으로 생각된다.

사일리지 제조로 인한 건물 함량의 변화에 대하여는 다양한 견해가 보고되고 있는데 Keady 및 Steen (1994)는 발효가 진행됨에 따라 대체로 감소하는 경향을 보였다고 하였으나, Keady 등 (1994), Patterson 등 (1997) 및 Mayne (1990)은 건물 함량이 증가한다고 보고하여 본 시험과 상반되는 견해를 보여주었다.

Table 3. Effect of maturity at harvest on the changes of buffering capacity(BC) and water soluble carbohydrate(WSC) content of round baled rye silage during storage

Days after ensiling	BC			WSC		
	Maturity at harvest			Maturity at harvest		
	Boot	Heading	Flowering	Boot	Heading	Flowering
 meq/100g %		
1	32.70	23.05	29.15	24.74	22.92	25.83
2	38.45	25.70	29.85	16.57	15.76	20.29
3	45.30	26.90	32.30	18.24	12.94	13.70
5	45.10	37.95	32.00	13.68	8.72	10.52
10	47.40	40.10	33.75	7.66	6.14	7.27
30	39.05	40.25	38.15	5.24	4.92	5.18
45	20.95	33.30	34.80	4.62	4.15	4.05
60	18.70	32.15	33.20	3.29	3.37	3.23
Average	35.94	32.43	32.90	11.76	9.87	11.26
Probability	M	D	M×D	M	D	M×D
	0.001	0.001	0.001	0.144	0.001	0.799

M : maturity at harvest, D : days after ensiling.

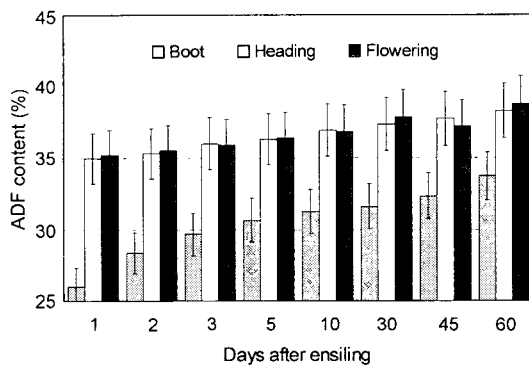


Fig. 2. Effect of maturity at harvest on the changes of ADF of round baled rye silage during storage.

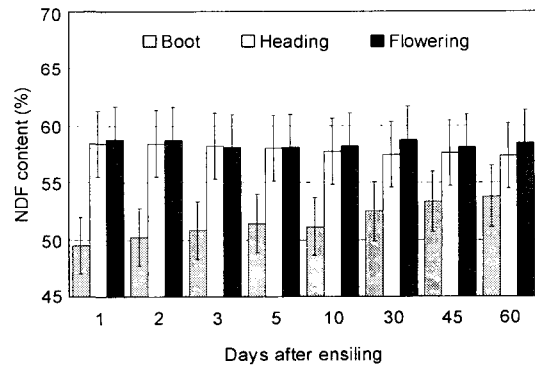


Fig. 3. Effect of maturity at harvest on the changes of NDF of round baled rye silage during storage.

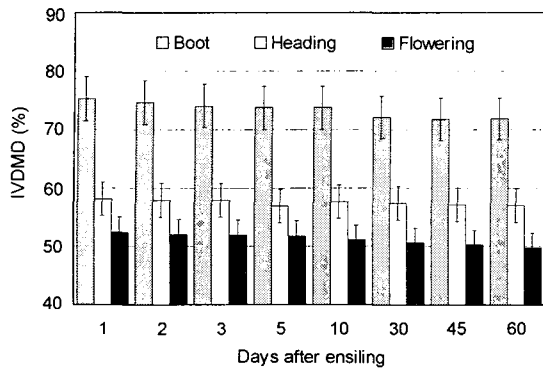


Fig. 4. Effect of maturity at harvest on the changes of IVDMD of round baled rye silage during storage.

4. 호밀 사일리지의 완충력 및 수용성 탄수화물 함량

사일리지 발효과정 동안 산도의 저하에 영향을 주는 완충력의 변화를 보면(Table 3) 발효 초기에는 pH의 저하와 함께 계속적인 증가를 보이다가 감소되는 것으로 나타났는데 수잉기는 10일후, 그리고 출수기와 개화기는 30일 후에 완충력이 감소하였다. 완충력의 증가는 사일리지 발효로 인하여 생성된 유기산이 pH를 낮추기 때문에 일어나며 10~30 일 후에는 발효가 완료된 후 저장 기간동안 pH가 상승하는데 기인한 것으로 생각된다.

Bergen 등(1991)은 완충력은 수확이 지연됨에 따라 감소한다고 하였는데, 본 시험에서도 수잉기보다는 출수기나 개화기에서 대체적으로 낮게 나타났다. 또한 Nicholson 등(1991)은 식물체보다 사일리지의 완충력이 높다고 하였는데 본 시험에서 수잉기의 경우는 사일리지에서 낮아졌으나 출수기와 개화기는 사일리지에서 높게 나타났다. 또한 Patterson 등(1997)의 시험에서는 완충력이 28 일까지 계속적으로 증가하였다가 이후 감소되는 것으로 나타나 본 시험과 같은 경향을 나타내었다. 그러나 Keady 및 Murphy(1996)는 시간이 경과함에 따라 51.5에서 87.0 meq/100g까지 증가하였다고 보고하였으며, Nicholson 등(1991)도 완충력이 계속적으로 증가하였다고 보고하여 본 시험과 차이가 있었다.

발효경과에 따른 수용성 탄수화물 함량의 변화는 출수기에 수확한 구에서 발효일수가 진행됨에 따라 유의적으로 감소하였으며($P<0.001$), 수확시 숙기간에는 차이를 보이지 않았다. 특히 발효가 진행된 후 약 5일이내에 대부분의 수용성 탄수화물이 고갈되어 초기 발효에 많은 양이 한꺼번에 소모되는 것을 볼 수 있었다. 따라서 사일리지의 발효는 초기 약 5일이내에 대부분이 일어나는 것으로 추측된다. 또한 발효가 완료된 시점의 수용성 탄수화물 함량은 제조시의 13~15% 수준으로 대부분의 수용성 탄수화물이 발효에 이용된 것으로 나타났다. 한편 Nicholson 등(1991)은 수분 함량이 낮은 재료의 수용성 탄수화물 함량은 낮았다고 하였는데 본 시험에서는 일정한 경향이 없었다.

IV. 적 요

본 시험은 1998년 축산기술연구소 초지사료과 시험포장에서 호밀 라운드베일 사일리지 제조시 수확시 숙기별로 발효가 진행됨에 따라 사일리지의 발효에 미치는 영향을 비교하기 위하여 수행되었다. 시험 설계는 분할구 배치법으로 주구는 수잉기, 출수기 및 개화기에 수확하는 수확시 숙기를 두고 세구로는 발효 경과 일수 (1, 2, 3, 5, 10, 30, 45 및 60일)를 두고 3 반복으로 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다. 사일리지 제조전 조단백질 함량은 개화기에서 7.7%로 가장 낮았고 ADF 및 NDF는 수잉기에서 가장 낮았지만 출수기와 개화기는 차이가 없었다. 한편 IVDMD는 수확시 숙기가 지연됨에 따라 감소하였다. 호밀 사일리지의 조단백질 함량은 발효가 경과됨에 따라 대체적으로 감소 하였으나 출수기에서는 5일째 증가하였다가 다시 줄어들었다. ADF 및 NDF 함량은 수잉기의 경우 계속 증가하였으나 출수기와 개화기에서는 차이가 크지 않았다. IVDMD 수잉기에서 가장 높았으며 발효가 경과됨에 따라 감소되었다. 건물 함량은 발효가 진행됨에 따라 계속 감소하였으며($P<0.05$), 최종 건물 함량은 개화기에서 32.80 %로 가장 높았다. 완충력은 수잉기에서는 제조 10 일 후까지 증가하였다가 감소하였으나 출수기와 개화기는 30 일까지 증가 후 감소되었다. 수용성 탄

수화물은 발효가 진행된 후 5일 이내에 대부분이 고갈되었으며 숙기간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 호밀 라운드베일 사일리지의 발효는 초기 5~10일 이내에 대부분이 일어나며 따라서 초기 발효조건을 맞추는 것이 고품질 사일리지를 제조할 수 있는 가장 효과적인 방법이라 할 수 있다.

V. 인 용 문 헌

1. 권찬호, 김동암. 1994. 조·만생 사초용 호밀의 파종 및 수확시기에 관한 연구. II. 파종 및 수확시기별 수량 및 사료가치. 한초지. 14(4): 316-323.
2. 김종근, 김동암. 정의수, 강우성, 함준상, 서성. 1999a. 수확시 숙기 및 젖산균 제제가 호밀 라운드베일 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지. 19(4):347-354.
3. 김종근, 김동암. 정의수, 서 성, 김종덕. 함준상. 1999b. 수확시 숙기 및 비닐색이 호밀 라운드베일 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지. 19(4):355-362.
4. 김종근, 정의수, 서 성, 강우성, 함준상, 이성철. 2000. 제조방법이 라운드베일 연맥 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지. 20(3):185-192.
5. 김종덕, 김동암. 1994. 파종시기 및 가을수확방법이 추파호밀의 생육특성, 사초수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 14(3):238-246.
6. 이광녕, 김동암. 1997. 예건 및 첨가제가 호밀 사일리지의 발효특성과 사료가치 및 호기적 안정성에 미치는 영향. 한초지. 17(2):187-198.
7. 大山喜信. 1976. 栽培植物 分析測定法. 作物分析委員會編. p.335-339.
8. A. O. A. C. 1991. Official method of analysis. Washington D. C.
9. Bergen, W.G., T.M. Byrem and A.L. Grant. 1991. Ensiling characteristics of whole-crop small grains harvested at milk and dough stages. J. Anim. Sci. 69:1766-1774.
10. Cussen, R.F., R.J. Merry, A.P. Williams and J.K.S. Tweed. 1995. The effect of additives on the ensilage of forage of differing perennial ryegrass and white clover content. Grass Forage Sci. 50:249-258.
11. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, D. C.
12. Gordon, F.J. 1989. An evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. Grass Forage Sci. 44:169-179.
13. John, F. 1992. Improved Grassland Management. Farming Press Books. Ipswich. UK.
14. Keady, T.W.J. and J.J. Murphy. 1996. Effects of inoculant treatment on ryegrass silage fermentation, digestibility, rumen fermentation, intake and performance of lactating dairy cattle. Grass Forage Sci. 51:232-241.
15. Keady, T.W.J. and R.W.J. Steen. 1994. Effects of treating low dry matter grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. Grass Forage Sci. 49:438-446.
16. Keady, T.W.J., R.W.J. Steen, D.J. Kilpatrick and C.S. Mayne. 1994. Effects of inoculant treatment on silage fermentation, digestibility and intake by growing cattle. Grass Forage Sci. 49:284-294.
17. Mayne, C.S. 1990. An evaluation of an inoculant of *Lactobacillus plantarum* as an additive for grass silage for dairy cattle. Anim. Prod. 51:1-13.
18. McDonald, P. 1981. The biochemistry of silage. John Wiley & Sons Ltd. England.
19. Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida, Department of Animal Science.
20. Nicholson, J.W.G., R.E. McQueen, E. Charmley and R.S. Bush. 1991. Forage conservation in round bales or silage bags: effect on ensiling characteristics and animal performance. Can. J.

- Anim. Sci. 71:1167-1180.
21. Patterson, D.C., C.S. Mayne, F.J. Gordon and D.J. Kilpatrick. 1997. An evaluation of an inoculant/enzyme preparation as an additive for grass silage for dairy cattle. *Grass Forage Sci.* 52:325-335.
22. Playne, M.J. and P. McDonald. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food Agric.* 17:264-268.
23. Stokes, M.R. 1992. Effects of an enzyme mixture, an inoculant, and their interaction on silage fermentation and dairy production. *J. Dairy Sci.* 75:764-773.