

수확시 숙기 및 젖산균 제제가 호밀 라운드베일 사일리지의 품질에 미치는 영향

김종근 · 김동암* · 정의수 · 강우성 · 함준상 · 서 성

Effect of Maturity at Harvest and Inoculants on the Quality of Round Baled Rye Silage

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

Abstract

This experiment was carried out to determine the effect of maturity at harvest and inoculants on the quality of round baled rye(*Secale cereale* L.) silage at the experimental field of Grassland and Forage Crops Division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon in 1998. The experiment was consist of split-plot design with 3 replications. The main plots were 3 harvesting stages such as boot(20 April), heading(29 April), and flowering stages(14 May). The subplots were inoculant treatments : control (untreated), inoculant A, and inoculant B. Acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF), and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of rye silage were significantly increased with delayed harvesting date, but there was not significant difference between inoculants. Mean silage pH at flowering stage was the lowest(4.35), but the highest at early harvest(4.91). Inoculants significantly reduced acidity of silage compared with the control. Dry matter(DM) content of the control was higher than that of inoculants. Ammonia-N as proportion of total N was below 10% which was maximum level of high quality silage. The addition of inoculants reduced ammonia-N. There were significant difference in organic acid contents between harvesting stages and inoculants. Lactic acid was increased with inoculants, but acetic and butyric acids were decreased. Various treatments increased colony forming unit(CFU) of lactic acid bacteria by 2 or 3 times compared with the control and the highest at flowering stage with inoculant B treatment.

Results of this study indicate that use of microbial inoculant and harvesting after heading stage will improve the silage fermentation and quality of round baled rye silage.

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

축산기술연구소(National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea)

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

I. 서 론

사일리지 첨가제는 그 성분에 따라 유기 화합물, 비유기 화합물, 곡류 부산물 및 발효산물 등으로 나눌 수 있고(Thomas, 1978), 그 기능에 따라 사일로 내의 산도를 직접 저하시키는 첨가제, 유산생성을 촉진하는 첨가제, 사일리지 발효를 억제하는 첨가제 및 재료의 양분을 강화하기 위한 첨가제 등으로 구분된다(Woolford, 1984). 그러나 세계 각국에서 이용하고 있는 첨가제는 미생물 첨가제 또는 산도조절제가 대부분이다. 즉, 미국내에서 사일리지 첨가제는 약 150여 종류가 판매되고 있으며 그 중 80여종이 미생물 접종제이고 나머지가 산, 효소 및 NPN(가용무질소물) 첨가제가 포함되어 있다고 한다. 또한 영국에서는 62종의 미생물 접종제와 33종의 산 첨가제를 포함하는 100여종의 첨가제가 이용되고 있으며 (Wilkinson, 1990), 유럽연합내 12개국에는 약 200여 종의 첨가제가 시판되며 이 중 87종이 미생물 접종제이고 83가지는 산이거나 산의 염으로 분류된다 (Spoelstra, 1991). 그러나 첨가제들 중에서 산도 조절제는 기계부식 및 인체에 유해하여 살포시 많은 주의를 요하게 되므로 이러한 위험이 없고 살포가 쉬운 미생물 첨가제의 이용이 날로 높아지고 있다.

사일리지의 미생물 첨가제에 이용되는 대표적 균주는 *Lactobacillus plantarum*이다. *L. plantarum*은 호모형(homofermentative) 젖산균으로 낮은 pH 조건에도 생장이 우수하기 때문에 젖산을 다량 생산하여 pH를 4.0 이하로 낮추는 능력이 있다. 그러나 초기 산도가 높은 곳에 적용하는 능력이 부족하여 *Streptococcus* 및 *Pediococcus*속과 함께 이용되기도 한다(McDonald 등, 1991).

한편 사일리지 제조시 미생물 첨가제의 처리는 품질의 개선, 섭취량 증진, 가축 생산성 증진 및 개봉 후 호기적 안정성에 있어 효과가 있다고 보고되고 있다. 그러나 국내에서 미생물 첨가제에 대한 연구는 옥수수(임, 1992), 생엿짚 라운드베일 사일리지

(강 등, 1999), 호밀(이 및 김, 1997) 및 알팔파(김 등, 1999) 등으로 미생물 첨가제에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 시험은 호밀 라운드베일 사일리지 제조시 재료의 숙기 및 젖산균 첨가제 이용이 사일리지의 품질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 사일리지 제조

호밀의 수확은 Mower conditioner(SM 300 Trans; Fella-Werke GMBH Co., Italy)를 이용하였으며 수분 함량을 조절하기 위해 수입기는 1일 그리고 출수기 및 개화기는 0.5일을 예상하였다. 시험구 배치는 주구로 3회에 걸친 수확시기(4월 20일, 4월 29일, 5월 14일)를 두었고 세구는 첨가제 종류(무처리, inoculant A, inoculant B)에 따른 처리를 두어 분할구 배치법 3반복으로 수행하였다. 본 시험에 사용된 첨가제는 LAB(Lactic acid producing bacteria) 배양물로서 H사와 P사 제품을 이용하였다. 예전 한 호밀은 집초기를 이용하여 베일링 전에 집초하였으며 지름 120cm, 폭 120cm 규격의 대형 라운드베일(F 21; Fort & Pegoraro Co., Italy)을 이용하여 압력 130bar로 베일링하였고 베일링과 동시에 분무기(SHUR F10, Garden Grove Co., USA)로 첨가제를 권장량 골고루 살포하였으며, 보관장소로 즉시 이동하여 Wrapper (F 11; Fort & Pegoraro Co., Italy)를 이용하여 4겹의 비닐을 감아 보관하였다. 시험에 쓰인 비닐(Integrated Packaging Reservoir Victoria Co., Australia)은 두께가 25 μm이고 폭은 500mm이며 길이는 1,800m인 백색이었다.

2. 시료 분석

원재료는 베일러로 감기직전 각 처리구별로 약

500g의 시료를 취하여 생초중량을 평량하고 65°C 순환식 송풍건조기에서 3일간 건조 후 20 mesh screen 의 Wiley mill로 분쇄하여 플라스틱 용기에 이종마개로 막아 분석시까지 보관하였다. 시료의 조단백질 함량은 AOAC법(1991)에 의하여 분석하였고, ADF 및 NDF 함량은 Georing 및 Van Soest법(1970)을 이용하였다. *In vitro* 건물소화율은 Moore(1970)법을 이용하였다. 저장 60일 후 사일리지를 시료채취기(Forage Sampler; Star Quality Sampler Co., Canada)로 각 처리구당 약 500g을 취하여 일부는 순환식 열풍건조기에서 건조한 후 분쇄하여 조단백질 함량 등을 분석하였고, 나머지 일부는 -20°C 냉동고에 보관하였다가 사일리지 특성조사에 사용하였다. 사일리지의 pH는 개봉한 사일리지 10g을 중류수 100ml에 넣고 냉장고에 보관하면서 가끔씩 흔들어주었고 24시간 보관 후 4중 가아제로 완전히 짜서 걸러낸 액을 pH meter(HI 9024; Hanna Instrument Inc., UK)를 이용하여 측정하였다. 냉동시킨 시료를 처리별로 10g을 취하여 100ml 중류수에 넣고 냉장고에서 가끔씩 흔들어주면서 24시간동안 보관한 후 4중 가아제로 1차

거른 후 여과지(No. 6)를 통하여 걸러서 추출액을 조제하여 분석에 이용할 때까지 -20°C에서 냉동보관하였다. 암모니아태 질소는 Chaney 및 Marbach (1962)의 분석법을 이용하였고, 젖산은 Barker 및 Summerson 법(한 등, 1983)을 이용하여 분석하였으며, 흡광도 측정을 위한 스펙트로 포토메타는 Jasco 사(UVIDEC-610) 제품을 이용하였다. 유기산의 분석은 가스 크로마토그래피를 이용하여 분석하였으며 완충력은 Playne 및 McDonald법(1966)을 이용하였다. 젖산균수 조사는 사일리지 시료 10g을 90ml의 희석액에 섞고 10분간 진탕한 후 일정한 배율로 계속 희석하여 0.02% Sodium azide가 함유된 MRS 배지에 도말한 후 37°C에서 48시간 배양시 형성된 균락의 수를 희석배수와 환산하였다. 통계처리는 SAS Package program ver. 6.12을 이용하여 분산 분석을 실시하였고, 처리평균간 비교는 최소 유의차검정(LSD)을 이용하였다. 표 1은 사일리지 조제전 호밀의 수확시기별 섬유소 함량, 건물소화율 및 완충력을 나타내었다.

Table 1. Effect of maturity at harvest on crude protein, acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF), *in vitro* dry matter digestibility(IVDMD) and buffering capacity of rye at ensiling

Maturity at harvest	Crude protein	ADF	NDF	IVDMD	Buffering capacity
		%			... meq/100g ...
Boot	20.5	26.0	48.9	75.3	28.4
Heading	18.1	34.4	58.4	58.3	24.1
Flowering	7.7	34.9	58.2	52.6	24.9
Average	15.5	31.8	55.2	62.1	25.8
LSD (0.05)	2.9	1.7	1.9	1.4	9.0

III. 결과 및 고찰

1. 수확시 숙기 및 젖산균 제제가 사일리지의 품질에 미치는 영향

발효 2개월 후 사일리지 건물 함량은 수확이 지연됨에 따라 유의적으로 증가되었으며($p < 0.001$), 젖산균 제제의 건물 함량에 미치는 효과는 Inoculant A는 대조구와 차이가 없었으나 Inoculant B는 대조구에

비해 감소되는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 한편 Keady 및 Murphy(1996)는 젖산균 제제는 사일리지의 건물 함량에 영향을 주지 않는다고 보고 하였으나, Sharp 등(1994)은 perennial ryegrass 사일리지 제조시험에서 젖산균 제제 처리구에서 건물 함량이 높게 나타났다고 하여 상반되는 견해를 보고 하였다. 사일리지 발효정도를 가장 잘 나타내는 pH의 변화는 수확시기($p < 0.001$) 및 첨가제($p < 0.01$) 처리에 따라 유의적인 차이가 있었다. 수확시기에 따른 pH는 출수기에 평균 4.91로 가장 높게 나타났고 개화기에서 평균 4.35로 가장 낮았다. 그러나 첨가제 종류에 따른 차이는 나타나지 않았으며 무처리구에 비해서는 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 한편 Mayne(1990)도 젖산균의 첨가는 사일리지의 산도를 낮춘다고 하여 비슷한 결과를 보여주었다.

사초의 소화율 및 섭취량에 영향을 주는 ADF 및 NDF 함량은 수확시 숙기에 따른 유의적인 차이는 있었으나 첨가제에 대한 차이는 나타나지 않았다.

Kennedy 등(1989)은 젖산균 첨가로 ADF 함량이 감소된다고 하였으나, Dewar 등(1963)은 젖산균 종류에 따른 발효시험 결과 젖산균은 hemicellulase에 대한 미생물학적 활력을 나타내지 않았으며 이는 첨가된 젖산균이 섬유소 함량에 미치는 효과가 뚜렷하지 않음을 나타내는 것이라고 하여 보고자에 따라 견해가 다르게 나타나고 있다. 첨가제 처리로 IVDMD는 1~2%의 증가를 보였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다.

단백질 분해정도를 나타내는 암모니아태 질소 함량은 젖산균 첨가구에서 유의적으로 낮게 나타났고 ($p < 0.001$), 수확시 숙기가 늦어짐에 따라 감소하는 경향을 보여 주었다. Haigh(1996)는 목초 사일리지 시험에서 NH₃-N 함량이 전체 질소의 10% 이하 일 때는 고품질 사일리지로 분류된다고 하였는데 본 시험에서도 수ing기와 출수기의 대조구를 제외하고는 NH₃-N 함량이 10% 이하로 나타나 품질이 우수한 것으로 평가되었다. 첨가제 처리에 따른 젖산균수의

Table 2. Effect of harvest stages and inoculants on chemical composition of round baled rye silage

Maturity at harvest	Boot stage			Heading stage			Flowering stage			Significance of			
	Inoculants	C	IA	IB	C	IA	IB	C	IA	IB	M	I	M×I
DM(%)		18.3	18.0	17.5	22.8	21.1	20.6	32.8	32.2	30.8	***	*	NS
pH		4.72	4.61	4.52	5.09	4.89	4.76	4.44	4.25	4.36	***	**	NS
CP(%)		14.0	16.1	16.0	11.2	13.4	11.6	10.2	10.9	10.6	***	NS	NS
ADF(%)		33.7	36.5	36.9	38.3	35.9	38.5	38.8	38.2	38.3	***	NS	*
NDF(%)		53.8	52.2	51.1	57.3	56.3	58.0	58.5	58.9	59.0	***	NS	NS
IVDMD(%)		71.8	72.6	72.7	57.0	58.1	57.9	48.7	51.3	51.8	***	NS	NS
NH ₃ -N/TN(%)		15.7	9.3	8.6	11.2	7.4	6.7	8.6	5.3	4.6	***	***	NS
LAB(log cfu/g)		5.97	6.08	6.26	6.08	6.67	6.57	6.40	6.79	6.83	—	—	—

C : Control, IA : Inoculant A(*Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* fermentation products, total LAB not less than 1.0×10^{10} cfu/g), IB : Inoculant B(*Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* fermentation products, total LAB not less than 5.0×10^9 cfu/g), M : Maturity at harvest, I : Inoculants.

*, **, *** = Significant at the $p = 0.05$, $p = 0.01$ and $p = 0.001$ probability levels, respectively.

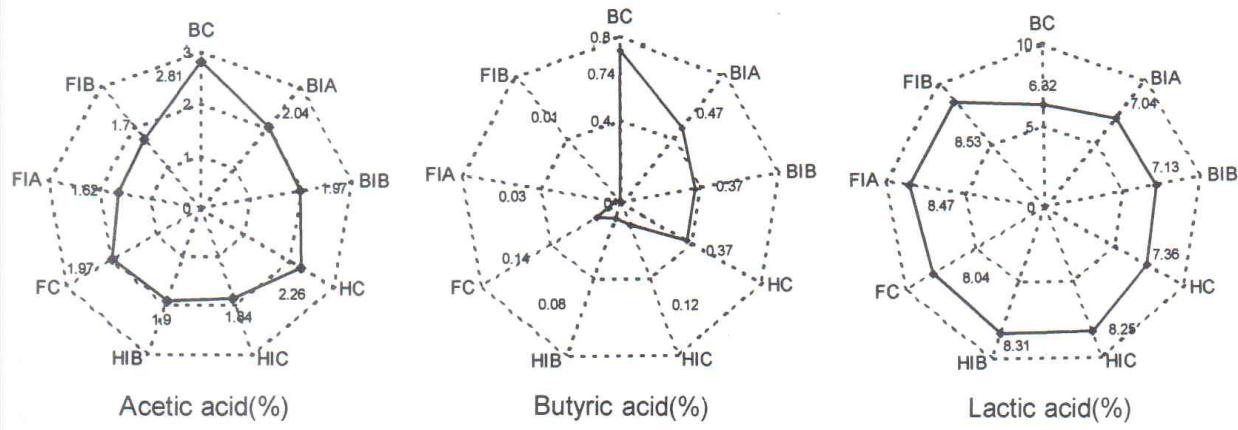
변화를 보면 첨가제 처리구는 무처리구에 비하여 젖산균수가 증가되는 것으로 나타났다.

2. 수확시 숙기 및 젖산균 제제가 사일리지의 유기산 함량에 미치는 영향

사일리지 품질을 가장 잘 나타내는 유기산 함량은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 초산, 낙산 및 젖산 함량은 수확시 숙기 및 첨가제 처리에 대한 유의성이 인정되었다($p < 0.001$). 수영기, 출수기 및 개화기의 총 유기산 함량은 9.63, 10.16 및 10.17%로 큰 차이가 없었지만 이 가운데 젖산 함량은 각각 6.83, 7.79 및 7.72%였고, 낙산 함량은 각각 0.53, 0.19 및 0.06%로

수확시기가 자연되는데 따라 사일리지의 유기산 구성비율 중 젖산이 증가하고 낙산이 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 젖산균 제제 처리의 경우에도 무처리구에 비해 젖산 함량이 증가하고 초산 및 낙산 함량이 감소하였는데 이것은 수분이 적은 개화기보다 수분이 많은 수영기와 출수기에 그 효과가 크게 나타났기 때문이라고 생각된다.

Keady 및 Steen (1994)은 젖산균을 첨가하면 사일리지의 pH, 암모니아태 질소 함량 및 초산 함량이 감소한다고 하여 본 시험과 비슷한 결과를 보여주었으며, Gordon (1989)도 젖산균 처리는 초산 함량을 낮춘다고 하였지만 젖산과 낙산 함량은 유의적인 차이가 없었다고 하였다.



B : Boot stage. H : Heading stage. F : Flowering stage. C : Control. IA : Inoculant A. IB : Inoculant B.

Fig. 1. Effect of harvest stages and inoculants on organic acid contents of round baled rye silage.

3. 품질관련 특성간 상관관계 및 유의성 검정

젖산균 처리에 의한 사일리지 품질간의 상관관계를 보면 건물 함량은 pH, 낙산 및 젖산 함량과 높은 상관관계가 있는 것으로 추론되었다($p < 0.01$). 그러나 pH에 있어서는 부(負)의 상관관계 (-0.54)를 보여 일반적으로 건물 함량이 pH와 정(正)의 상관관계가 있는 결과와 상반되었다. 완충력의 경우는 암모

니아태 질소(0.82), 초산(0.77), 낙산(0.76) 및 젖산 (-0.81)으로 대부분의 품질 특성과 높은 상관관계를 나타내었다($p < 0.01$). 한편 암모니아태 질소의 경우 유기산과 높은 상관관계를 나타내었으며, 건물 함량과는 負의 상관관계를 보였는데, Haigh(1990, 1995)의 사일리지 시험에 의하면 암모니아태 질소와 건물 함량과는 負의 상관관계가 있으며 $r = 0.561$ 이라고 보고하였다. 유기산 중에서는 낙산과 젖산은 -0.90 으로 높은 負의 상관을 보여주었고 총 유기산

의 함량은 다른 사일리지 품질 특성과는 큰 관련이 있는 것으로 나타났다. 그러나 Gordon(1967)은 건물 함량과 총 유기산 함량은負의 상관이 그리고 젖산

은 正의 상관이 있다고 하였는데 본 시험에서 건물 함량은 젖산 함량과는 높은 正의 상관(0.66)을 보였으나, 총 유기산 함량과는 상관이 없었다($p < 0.05$).

Table 3. Correlations between quality parameters of round baled rye silage

Quality parameter	BC	pH	AM	AC	BU	LA	TA
DM	-0.42*	-0.54**	-0.46*	-0.47*	-0.61**	0.66**	-0.09
BC		0.16	0.82**	0.77**	0.76**	-0.81**	-0.11
pH			0.34	0.37	0.30	-0.31	0.03
AM				0.80**	0.82**	-0.75**	-0.61
AC					0.79**	-0.67**	0.07
BU						-0.90**	0.15
LA							-0.05

DM : Dry matter content.

BC : Buffering capacity.

AM : NH₃-N.

AC : Acetic acid.

BU : Butyric acid.

LA : Lactic acid.

TA : Total organic acid.

*, **, = Significant at the $p = 0.05$ and $p = 0.01$ probability levels, respectively.

IV. 적 요

본 시험은 1998년 축산기술연구소 초지사료과 시험포장에서 수확시 숙기 및 젖산균 제제가 호밀 라운드베일 사일리지의 품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다. 시험설계는 분할구 배치법으로 주구로는 수입기, 출수기 및 개화기에 수확하는 수확시 숙기를 두고 세구로는 무처리(control), Inoculant A 및 Inoculant B를 두고 3 반복으로 수행하였으며 라운드베일 사일리지 제조시 호밀은 수입기에는 1일 그리고 출수기 및 개화기에는 0.5일간 예전 하였다. 저장 2개월 후 호밀 라운드베일 사일리지의 섬유소 함량(ADF 및 NDF)은 수확시 숙기가 지연됨에 따라 증가하였고($p < 0.01$), 첨가제 처리에 따른 차이는 없었다. 한편 IVDMD에 있어서도 수확이 지연됨에 따라 감소되었다. pH의 변화는 개화기에서 평균 4.35로 가장 낮았고 출수기에서 평균 4.91로 가장 높았다. 또한 젖산균 처리구는 대조구에 비해

유의적으로 낮게 나타났다. 무처리구의 건물 함량이 젖산균 처리구보다 높게 나타났다. 암모니아태 질소의 함량은 전체적으로 10% 미만으로 고품질 사일리지의 적정 수준에 도달하였으며, 젖산균 제제 이용은 암모니아태 질소 함량을 줄였다. 젖산 함량은 첨가제 처리로 증가한 반면 초산 및 낙산 함량은 감소하였다. 젖산 생성균의 수는 젖산균 처리구에서 대조구에 비해 2~3배 높게 나타났으며 개화기의 Inoculant B 구에서 가장 높았다. 이상의 결과를 종합할 때 고품질의 호밀 라운드베일 사일리지 제조시에는 출수기 이후에 수확하여 젖산균 제제를 처리하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

V. 인 용 문 헌

1. 강우성, 김종근, 정의수, 김종덕, 김경남. 1999. 라운드 베일을 이용한 생벗짚 사일리지의 품질 향상에 관한 연구. 한초지. 19(1):41-48.

2. 김종근, 정의수, 강우성, 함준상, 김종덕, 서 성, 이종경. 1999. 첨가제 처리가 알팔파 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지. 19(2):115-120.
3. 이광녕, 김동암. 1997. 예건 및 첨가제가 호밀 사일리지의 발효특성과 사료가치 및 호기적 안정성에 미치는 영향. 한초지. 17(2):187-198.
4. 임상훈. 1992. 옥수수의 수확시기와 첨가제 및 담압이 silage 품질에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문. 서울, 한국.
5. 한인규, 이영철, 정근기, 김영길, 안병홍, 명규호, 고태송. 1983. 영양학 실험법. 동명사. 서울. 한국.
6. Association of Official Analytical Chemists. 1991. Official methods of analysis. AOAC, Washington, DC.
7. Chaney, A.L. and E.P. Marbach. 1962. Modified reagent for determination of urea and ammonia. Clin. Biochem. 8:130.
8. Dewar, W.A., P. McDonald and R. Whittenbury. 1963. The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. J. Sci. Food Agric. 14:411-417.
9. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. USDA-ARS. Agric. Hand. 379. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
10. Gordon, C. H. 1967. Storage losses in silage as affected by moisture content and structure. J. Dairy Sci. 50:398-402.
11. 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.
12. Haigh, P.M. 1990. The effect of dry matter content on the preservation of big bale grass silages made during the autumn on commercial farms in South Wales 1983-87. Grass Forage Sci. 45:29-34.
13. Haigh, P.M. 1995. Chemical composition and energy value of big silages made in England 1984-1991. J. Agric. Eng. Res. 60:211-216.
14. Haigh, P.M. 1996. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of bunker-made grass silage on commercial farms in England 1984-91. J. Agric. Eng. Res. 64:249-259.
15. 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.
16. 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.
17. Kennedy, S.J., H.I. Gracey, E.F. Unsworth, R.W.J. Steen and R. Anderson. 1989. Evaluation studies in the development of a commercial bacterial inoculant as an additive for grass silage. 2. Responses in finishing cattle. Grass Forage Sci. 44:371-380.
18. 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.
19. McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron. 1991. The Biochemistry of silage. Marlow : Chalcombe Publ., Buckinghamshire, U. K.
20. Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. In S. E. Harrison(ed.) Nutrition research technique for domestic and wild animals. Utah State Univ., Logan, UT. USA.
21. Playne, M.J. and P. McDonald. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. J. Sci. Food Agric. 17:264-268.
22. Sharp, R., P.G. Hooper and D.G. Armstrong. 1994. The digestion of grass silages reduced using

- inoculants of lactic acid bacteria. *Grass Forage Sci.* 49:42-53.
23. Spoelstra, S.F. 1991. Chemical and biological additives in forage conservation. pp. 48-70. *In* G. Pahlow and H. Honig(ed.) *Forage Conservation Towards 2000*. Inst. Grass Forage Res., Braunschweig, Germany.
24. Thomas, J.W. 1978. Preservatives for conserved forage crops. *J. Dairy Sci.* 47:721-735.
25. Wilkinson, J.M. 1990. *Silage UK*(6th ed.). Chalcombe Publ., Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent, UK.
26. Woolford, M.K. 1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel. p. 350.