

수확시 숙기 및 비닐색이 호밀 라운드베일 사일리지 품질에 미치는 영향

김종근 · 김동임* · 정의수 · 서 성 · 김종덕** · 함준상

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

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

Abstract

This experiment was conducted to evaluate the effect of maturity at harvest and wrap colors on the quality of round baled rye (*Secale cereale* L.) silage at the forage experimental field, Grassland and Forage Crops Division, National Livestock Research Institute, Suwon in 1998. The experiment was consist of split-plot design with three replications. The main plots were three different harvesting stages : boot, heading, and flowering stages, the subplots were wrap colors : white, black, and light green color. Acid detergent fiber(ADF) and neutral detergent fiber(NDF) of rye silage were increased with delayed harvesting date, but there were no significant difference among wrap colors. However, average *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of rye silage with white color wrap tended to have higher than those of other colors. The silage pH of heading stage was highest (5.12), and that of flowering stage was lowest (4.57) in different harvest stages. Among tested wrap colors, white color wrap resulted on lowest pH than others ($p < 0.05$), but there were no significant difference between black and light green color. Dry matter (DM) content of rye silage were increased as harvest stage progressed ($p < 0.05$). However, DM content of white color was highest among warp colors, but there was no signifiant difference ($p < 0.05$). Ammonia-N content of silage harvested at boot stage was the highest in harvest stage, but there was no difference between heading and flowering stages. Among wrap colors tested, ammonia-N content of black color was highest, but there was no significant difference. The number of lactic acid bacteria of white colors was highest in different colors, and that of flowering stage was highest among harvest stage. Acetic and butyric acid contents were decreased as harvest stage progressed, and lactic acid was increased from 6.33 to 7.98

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

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

** 연암대 축산기술지원센터(Yonam Animal Husbandry Service Center, Chunan 330-800, Korea)

%. However, wrap colors did not influence lactic acid concentration. Among different wrap colors, outside temperature of rye silage was affected by air temperature, but effect of inside temperature was minimal. Black color wrap increased inside temperature by 3~5°C.

The results of this study indicate that rye should be harvested for round bale silage after heading stage. The quality of rye silage wrapped white and light green color will increase slightly.

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

I. 서 론

라운드베일 사일리지는 1970년대 유럽을 중심으로 연구되기 시작하여 근래 그 이용이 점차 확대되어 가고 있는 새로운 목초 저장 방법이다. 이 체계는 건초와 사일리지를 잘 조합한 것으로 건초보다 수분이 다소 높은 상태에서 베일링 한 후 비닐로 감아 보관하는 사일리지 제조 방법이다(John, 1992). 1995년 영국에서는 전체 목초 사일리지의 18%인 약 600만톤이 라운드베일로 제조되고 있으며(Haigh 등, 1996), 일본의 경우 '70년대 후반에 도입되어 '92년에는 관동 동해지역에만 500대 이상의 기계가 보급되었으며(絲川 등, 1992), 비닐의 판매도 '90년도 80,000롤에서 '95년도에는 약 30만롤의 라운드베일 사일리지 제조용 비닐이 유통되고 있을 정도로 그 보급이 확대되고 있다(萬田 등, 1991). 그러나 국내에서는 '97년부터 농림부의 조사료 확대생산 사업의 일환으로 라운드베일 사일리지 제조를 지원하고 있으나 기술적인 제약 및 기계구입에 따른 어려움 등으로 보급이 미미한 실정이다(김, 1998).

라운드베일 사일리지 제조를 위한 비닐랩은 국내에서 수요가 적어 아직 전량 수입에 의존하고 있으며 그 색도 흑색, 백색 및 연녹색 등 3종이 있다. 그러나 라운드베일에 사용되는 stretching 필름 중 투명비닐 형태는 현재 국내의 제지 및 포장산업에 많이 사용되고 있는데 이 필름은 3겹의 비닐을 합친 것으로, 투명비닐의 한 면에는 접착제를 그리고 다른 면에는 안료로 색깔을 내면 라운드베일에 적용할 수 있다.

한편 비닐의 색이 사일리지의 품질에 미치는 영향에 대한 연구는 일본에서 일부 시험이 있었으나 일본내 유통되고 있는 비닐에 대한 품질평가 차원에서

이루어졌고(杉本 등, 1990), 또한 비닐제조회사에서 품질 시험을 위해 이용한 자료가 전부이다. 근래 국내에서도 시제품이 출시되고 국가기관에서 품질을 검정하기도 하였다(이 등, 1999).

비닐색에 따른 품질적 차이는 杉本 등 (1990)의 시험에 의하면 흑색 비닐구가 백색 비닐구 보다 조지방 함량이 유의적으로 높았으나 다른 성분은 차이가 없었다고 하였다. 또한 라운드베일 사일리지 제조시 비닐의 감는 겹수는 4겹이 적당하고 장기 보관시는 6겹이 유리하다고 하였으며(絲川 등, 1992), 흑색비닐은 다른색 비닐보다 내부의 온도가 높아진다고 하였다. 그러나 비닐의 겹수가 늘어날수록 home형 발효가 증가하였고, 4겹 저장시는 품질을 보증하지 못하였다고 한다(Keller 등, 1998).

따라서 본 시험은 피복용 비닐의 색이 사일리지의 발효에 영향이 있을 것으로 추측되는 바 현재 유통되고 있는 백색, 흑색, 녹색 비닐이 사일리지 품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 라운드베일 사일리지 조제

사일리지 제조를 위한 호밀은 Mower conditioner (SM 300 Trans; Fella-Werke GMBH Co., Italy)를 이용하여 수확하였으며 수분 함량 조절을 위해 수잉기는 1일간 예건하였고 출수기 및 개화기는 0.5일 예건하였다. 시험구 배치는 주구로 3회(수잉기, 출수기 및 개화기)에 걸친 수확시 숙기를 두었고 세구는 현재 시중에 판매되고 있는 비닐색(백색, 흑색 및 연녹색)을 두어 분할구 배치법 3반복으로 수행하였다. 수확한 호밀은 집초기를 이용하여 베일링 전에 집초

하였으며 지름 120cm, 폭 120cm 규격의 대형 라운드 베일러 (F 21; Fort & Pegoraro Co., Italy)를 이용하여 압력 130bar로 베일링 하였고, 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 두께는 25 μ m 이고 폭은 500mm이며 길이는 1,800m였다.

2. 시료 분석

원재료는 베일러로 감기 직전 각 처리구별로 약 500g의 시료를 취하여 생초중량을 평량하고 65°C 순환식 송풍건조기에서 3일간 건조 후 20 mesh screen 의 Wiley mill로 분쇄하여 플라스틱 용기에 이중마개로 막아 분석시까지 보관하였다. 시료의 조단백질 함량은 AOAC법(1991)에 의하여 분석하였고, ADF 및 NDF 함량 Georing 및 Van Soest법(1970)을 이용하였다. *In vitro* 건물소화율 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 이용하였다. 저장 60일 후 사일리지를 시료채취기(Uni-Forage Sampler; Star Quality Sampler Co., Canada)로 각 처리구당 약 500g을 취하여 일부는 순환식 열풍 건조기에서 건조한 후 분쇄하여 분석에 이용하였고, 나머지 일부는 -20°C 냉동고에 보관하였다가 사일리지 특성조사에 사용하였다. 사일리지의 pH는 개봉한 사일리지

10g을 증류수 100ml에 넣고 냉장고에 보관하면서 가끔씩 흔들어주면서 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 증류수에 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 냉동보관 하였다. 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 Jasco사(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	26.0
LSD (0.05)	2.9	1.7	1.9	1.4	0.9

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 수확시 숙기 및 비닐색이 사일리지의 품질에 미치는 영향

수확시 숙기가 지연될수록 호밀 사일리지의 건물 함량은 유의적으로 높은 경향을 보였으며($p < 0.001$), 매 수확시기별 비닐색에 따른 차이는 보이지 않았다. Haigh(1990)은 라운드베일 사일리지의 적정 건물 함량은 목초의 경우 28% 이상이라고 하였는데, 본 시험에서 호밀은 출수기 이후에 적정 건물 함량에 도달할 수 있는 것으로 나타났다. 비닐색에 따른 건물 함량의 변화는 평균 23.0~24.6%로 통계적인 유의성은 없었으나 백색이 약간 높게 나타났다. 비닐색이 건물 함량에 미치는 효과는 일반적으로 없는 것으로 판단되며 비닐색이 비닐의 물리성에 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구가 보충된다면 좀 더 명확한 구명이 있을 것으로 생각된다.

사일리지의 평균 pH는 개화기에서 가장 낮았고 출수기에서 가장 높게 나타났다. 또한 매 수확시기에서 백색비닐의 pH가 유의적으로 낮게 나타났으며($p < 0.05$), 흑색과 연녹색은 큰 차이를 보이지 않았

다. 일반적으로 사일리지의 pH는 수분 함량과 관련이 있어 예건 등의 처리로 사일리지의 최종 pH는 높아지게 되나(Haigh, 1995; Gordon, 1980; Williams 등, 1995) 본 시험에서는 출수기에서 가장 높은 pH를 나타내었고 개화기에서는 오히려 낮은 산도를 보여 차이가 있었다. 한편 라운드베일 사일리지의 전체적인 pH의 범위가 4.44~5.16으로 트렌치 사일로에 제조된 사일리지 보다 높게 나타났는데 Haigh (1990)은 남부 Wales 지방의 농가 조사에서 라운드베일 사일리지의 발효가 제한적으로 일어나므로 병거나 트렌치 사일로 보다 높은 pH를 보인다고 하여 비슷한 경향을 보여 주었다. 조단백질 함량은 수확이 지연됨에 따라 점차 감소하는 경향을 보였으며 비닐색에 따른 함량차이는 나타나지 않았다.

호밀 사일리지의 ADF 및 NDF 함량은 수확시 숙기가 수잉기에서 출수기로 늦어짐에 따라 증가 하였으나($p < 0.05$), 출수기와 개화기는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 사일리지 제조 전후의 ADF 및 NDF 함량은 ADF 함량이 더 많이 증가하는 것으로 나타났다. 비닐색에 의한 ADF 및 NDF 함량의 변화는 일정한 경향을 보이지 않아 섬유소 함량에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단되었다.

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

Maturity at harvest	Boot stage			Heading stage			Flowering stage			Significance of		
	W	B	G	W	B	G	W	B	G	M	C	M×C
Wrap colors												
DM(%)	18.3	17.2	16.6	22.8	20.8	22.8	32.8	31.0	30.5	***	NS	NS
pH	4.72	4.93	4.89	5.09	5.16	5.12	4.44	4.62	4.64	***	*	NS
CP(%)	14.0	13.81	16.1	11.2	12.9	12.9	10.2	11.1	11.6	***	NS	NS
ADF(%)	33.7	39.0	33.1	38.3	36.8	39.1	38.8	38.9	40.2	***	NS	**
NDF(%)	53.8	54.9	50.9	57.3	56.7	58.0	58.5	58.6	58.6	***	NS	NS
IVDMD(%)	71.8	69.6	71.5	57.0	56.5	56.7	49.7	48.9	47.4	***	NS	NS
NH ₃ -N/TN(%)	15.7	16.3	15.3	11.2	12.7	10.9	8.6	9.8	9.5	***	NS	NS
LAB(log cfu/g)	5.97	5.91	6.00	6.08	5.99	6.30	6.40	6.11	6.26	-	-	-

W : White. B : Black. G : Light green. M : Maturity at harvest. C : Wrap colors.

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

한편 *in vitro* 건물 소화율은 수확시 숙기가 지연됨에 따라 감소하였으며 비닐색에 따른 차이에서는 백색비닐에서 대체로 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없었다($p < 0.05$). 사일리지 제조 전후의 소화율은 제조전 평균 62.1%에서 제조 후 58.7%로 3~4%의 감소를 보였는데 이는 Cottyn 등(1985) 및 Gordon (1981)의 예건 사일리지 시험에서도 예건이 소화율을 감소시킨다고 보고하여 본 시험의 호밀 사일리지는 0.5~1일간의 예건 후 제조된 것을 감안할 때 비슷한 경향을 보여주었다.

암모니아태 질소($\text{NH}_3\text{-N}$) 함량은 수잉기에서 15% 전후를 보여 단백질의 분해가 심하게 일어났음을 알 수 있었고 출수기 및 개화기에서는 10% 내외로 나타났다. 한편 Bergen 등 (1991)도 맥류 사일리지 제조 시험에서 암모니아태 질소 함량이 10~13%로 나타나 본 시험과 비슷한 경향을 보여주었다.

저장 2개월 후 젖산균수의 변화를 보면 연녹색 비닐구에서 대체로 높게 나타났으며 대체적으로 10^6 CFU/g 전후로 나타나 안정기에 머물러 있음을 알 수 있었다. 한편 흑색비닐 피복구의 젖산균 수가 가장 낮았던 것은 비닐색에 따른 온도의 차이가 있어

흑색이 백색 및 연녹색 비닐 처리구보다 3~5°C 높았기 때문에 젖산균의 적정 발효온도에 비해 높아서 미생물의 수가 줄어든 것으로 추측된다.

2. 수확시 숙기 및 비닐색이 사일리지의 유기산 함량에 미치는 영향

사일리지 발효산물인 유기산 함량은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 수확시 숙기가 지연됨에 따라 평균 초산 및 낙산 함량은 수잉기의 2.80 및 0.78%에서 개화기에는 1.97 및 0.18%로 감소하였으며 젖산 함량은 수잉기에 평균 6.33에서 개화기에 평균 7.98%로 증가되었다. 총 유기산의 함량은 수확시 숙기간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

비닐색에 대한 유기산 함량의 차이는 일정한 경향이 보이지 않았다. 그러나 백색과 흑색이 연녹색에 비해 총 유기산 함량이 약간 높게 나타났으며, 호밀 사일리지의 적기를 출수기 전후로 볼 때 백색과 연녹색 처리구에서 젖산 함량이 높게 나타나 연녹색과 백색 비닐 사용이 좀더 유리하다고 판단되었으나 유의성은 없었다.

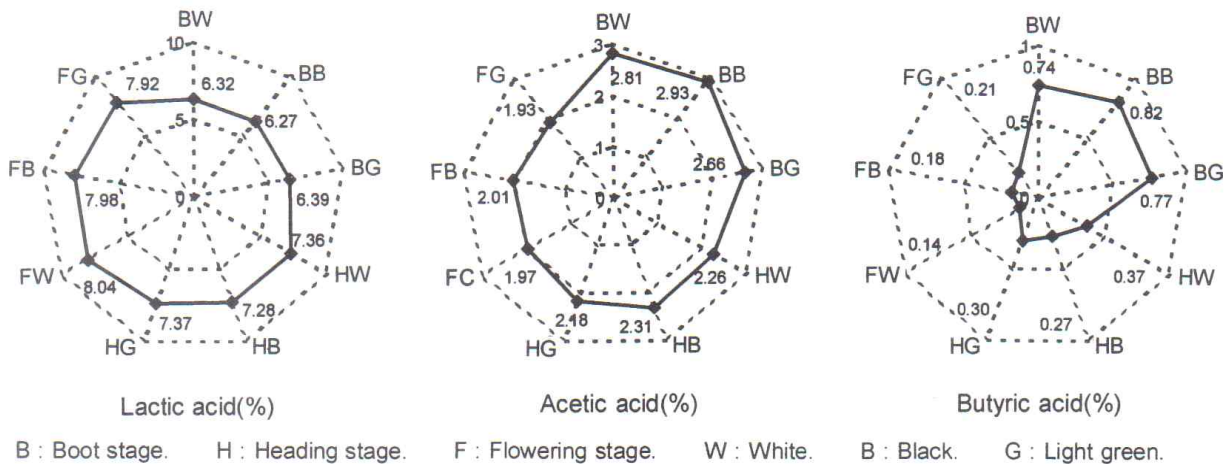


Fig. 1. Effect of harvest stages and wrap color on organic acid contents of round baled rye silage.

3. 비닐색에 따른 발효온도의 변화

비닐색에 따른 라운드베일 사일리지의 내부 및 외부 온도의 변화는 Fig. 2 및 Fig. 3에서 보는 바와 같

다. 외부온도는 5일경까지는 초기발효로 인해 외부기온보다 다소 높은 26~27°C로 유지되었으나 그 이후에는 외부기상의 영향을 많이 받아 외기와 같은 경향으로 온도가 변화하였으며 발효 후반부까지 온

도가 일정하지 않았다.

또한 발효초기에는 백색비닐 피복구가 가장 높은 온도를 보였으나 5일 이후부터는 흑색비닐이 3~5°C 정도 높게 발효 후반까지 유지되는 것으로 나타났으며 전체적으로는 20~25°C 내외에서 외부기온에 대한 영향을 받는 것으로 나타났다.

심부온도는 초기 약 28°C 내외에서 완만하게 떨어져 20~25°C 부근에서 안정되는 것으로 나타났다. 특히 외부기온은 심부온도에는 영향을 미치지 않는 것으로 여겨지며 색깔별로는 흑색 > 연녹색 > 백색의 순으로 높게 나타났다.

한편 흑색 비닐의 경우 대체적으로 내부 및 외부

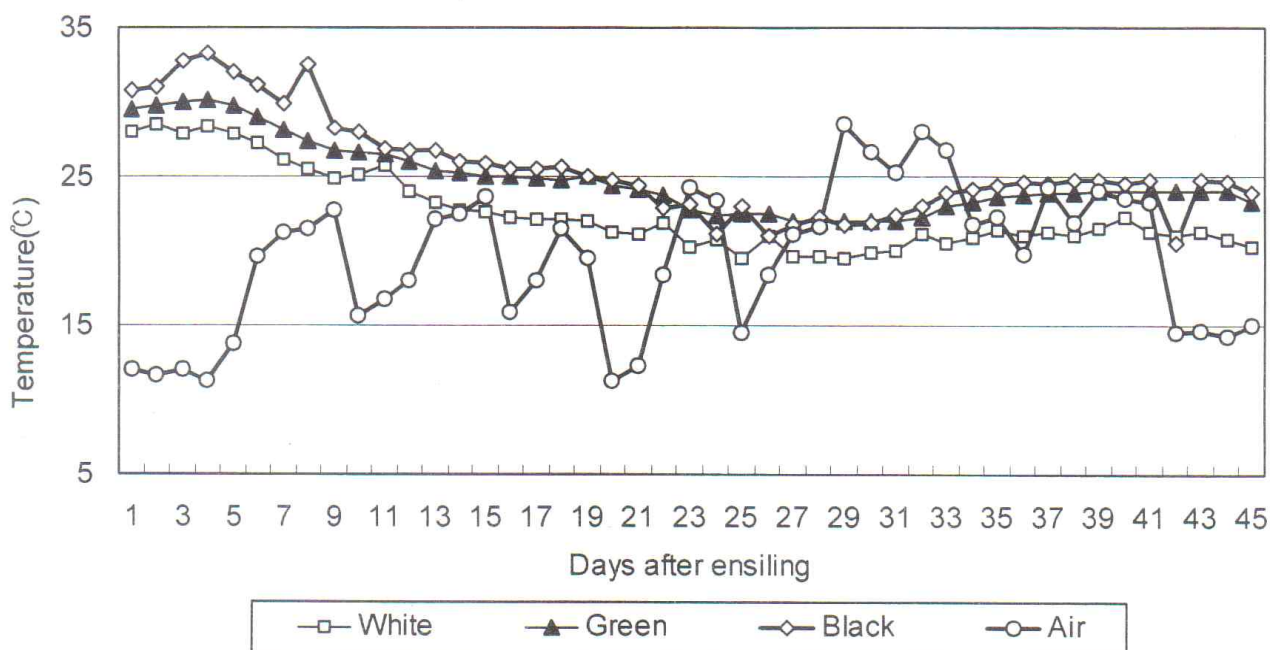


Fig. 2. Inside (30~60cm) temperature changes according to wrap color.

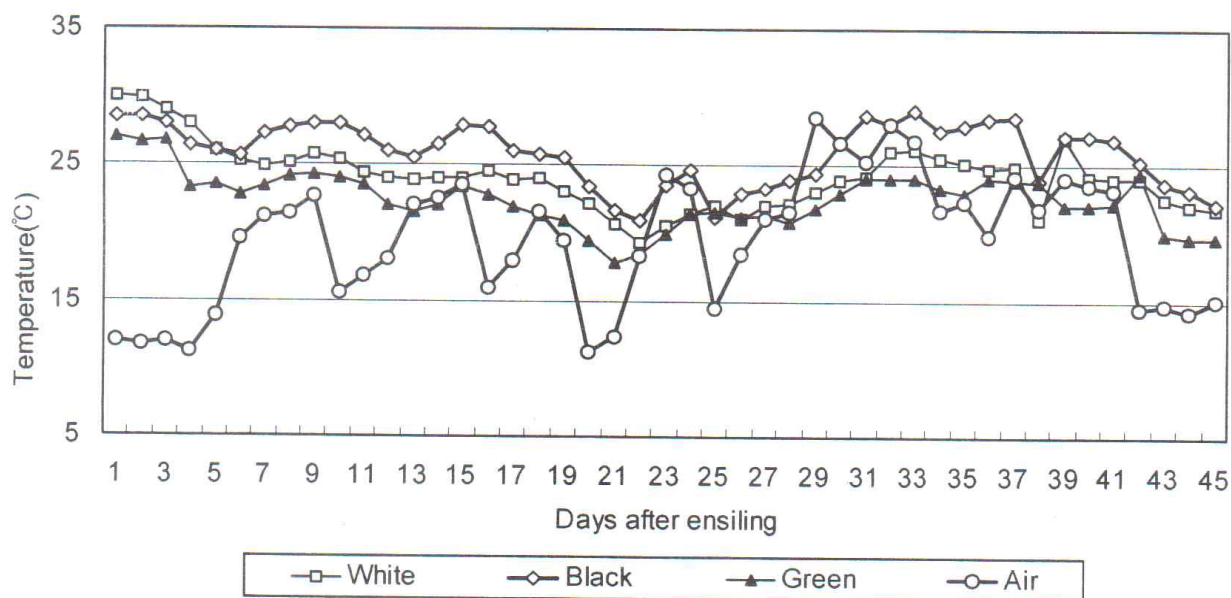


Fig. 3. Outside (0~30cm) temperature changes according to wrap color.

온도가 3~5°C 정도 높게 나타났는데 이는 흑색이 빛을 흡수하는 성질이 있어 사일리지의 온도를 높인 것으로 추정된다. 그러나 흑색의 온도가 백색 및 연녹색보다 높았지만 고열로 인한 사일리지의 품질변화가 일어날 정도의 온도까지는 도달하지 않았다.

4. 품질관련 특성간 상관관계 및 유의성 검정

건물 함량과 사일리지 발효 특성간의 상관관계를 살펴보면 pH(-0.61), 암모니아태 질소(-0.68), 초산 함량(-0.68) 및 낙산 함량(-0.71)과 부(負)의 상관관계가 그리고 젖산 함량과는 정(正)의 상관관계

(0.88)가 있었다. 그러나 사일리지의 발효특성중 중요성이 높은 pH는 건물 함량을 제외하고는 고도의 상관을 보이는 항목이 없는 것으로 나타났다.

한편 암모니아태 질소 함량은 초산(0.59) 및 낙산(0.62) 함량과는 正의 상관관계가 그리고 젖산(-0.67) 함량과는 負의 상관관계가 있어 암모니아태 질소가 높으면 초산 및 낙산의 비율이 높고 젖산의 비율이 낮아 품질이 낮은 사일리지가 제조됨을 알 수 있었다.

사일리지 품질등급 판별에 고려되는 유기산 함량간의 상관관계는 초산은 낙산과 正의 상관(0.81)이 젖산과는 負의 상관(-0.67)이 있었고 낙산은 젖산과 負의 상관(-0.78) 존재하였다.

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

Quality parameter	pH	AM	AC	BU	LA	TA
DM	-0.61**	-0.68**	-0.68**	-0.71**	0.88**	0.31
pH		0.28	0.28	0.23	-0.32	-0.10
AM			0.59**	0.62**	-0.67**	-0.14
AC				0.81**	-0.67**	0.32
BU					-0.78**	0.10
LA						0.47

DM : Dry matter content. 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 호밀 라운드베일 사일리지 제조시 수확시 숙기 및 비닐색이 사일리지 품질에 미치는 영향을 비교하기 위하여 수행되었다. 시험 설계는 분할구 배치법으로 주구는 수잉기, 출수기 및 개화기에 수확하는 수확시 숙기를 두고 세구로는 비닐랩의 색깔을 백색, 흑색 및 연녹색으로 구분하여 3반복으로 수행하였으며 라운드베일 사일리지 제조시 호밀은 수잉기에는 1일, 출수기 및 개화기에는 0.5일간 예건

하였다. 저장 2개월 후의 섬유소 함량(ADF 및 NDF)은 숙기가 지연됨에 따라 증가하였으나 비닐색에 따른 차이는 없는 것으로 나타났고, IVDMD는 백색비닐을 사용한 경우가 흑색이나 연녹색을 사용한 경우보다 높았지만 통계적 유의성은 없었다. pH는 출수기에서 평균 5.12로 가장 높았고 개화기에서 평균 4.57로 낮게 나타났다. 또한 비닐색에 있어서도 백색이 유의적으로 낮게 나타났으며(p<0.05), 흑색과 연녹색 비닐간에는 차이가 없었다. 사일리지의 건물 함량은 수확시 숙기가 지연됨에 따라 증가하였고, 백색비닐의 건물 함량이 높았지만 통계적 유의성은

없었다. 암모니아태 질소 함량은 수잉기에서 가장 높았고 출수기와 개화기에는 차이가 없었다. 비닐색에 있어서는 흑색구가 높았지만 유의적인 차이를 보이지 않았다. 젖산 생성균의 수는 백색에서 가장 높게 나타났고 수확시기는 개화기에서 높은 수를 나타내었다. 수확시 숙기가 지연됨에 따라 초산 및 낙산 함량은 감소하였으나 젖산 함량은 6.33에서 7.98%로 증가하였다. 한편 비닐색은 유기산 함량에 영향을 주지 않았다. 비닐색에 따른 사일리지의 온도에 있어서 외부온도는 외부기온에 대한 영향을 많이 받았고, 내부온도는 영향이 적었다. 흑색비닐은 다른색에 비해 온도가 3~5℃ 높게 나타났다. 이상의 결과를 종합할 때 호밀 라운드베일 사일리지 제조시 출수기 이후로 수확을 늦추는 것이 바람직하며 비닐색에 대한 차이는 없었지만 흑색비닐 보다는 백색 또는 연녹색비닐 피복 사일리지의 품질이 약간 향상된 것으로 나타났다.

V. 인 용 문 헌

1. 김남철. 1998. '98 조사료 생산 이용 교육 교재. I. '98 조사료 정책방향. 농림부. pp. 3-58.
2. 萬田富治, 村井 藤, 山崎昭夫, 鶴川洋樹. 1991. 롤베일사이레지용스트레치필름의 성능평가. 畜産の研究. 45(6):715-723.
3. 絲川信弘, 本田善文, 加藤明治. 1992. 롤베일사이레지체계의現狀と課題(1). 1. 收穫調製作業について. 畜産の研究. 46(2):263-270.
4. 杉本亘之, 峰崎康裕, 高橋圭二, 坂本洋一. 1990. 롤베일사이레지의調製とその利用法(2). 畜産の研究. 44(8):947-953.
5. 이성현, 장유섭, 박원규, 최광재, 김종근. 1999. 조사료 래핑용 스트레치 필름의 물리적 특성에 관한 연구. 축산시설환경학회지. 5(2):79-86.
6. 한인규, 이영철, 정근기, 김영길, 안병홍, 명규호, 고태송. 1983. 영양학 실험법. 동명사. 서울. 한국.
7. Association of Official Analytical Chemists. 1991. Official methods of analysis. AOAC, Washington, DC.
8. 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.
9. Chaney, A.L. and E.P. Marbach. 1962. Modified reagent for determination of urea and ammonia. Clin. Biochem. 8:130.
10. Cottyn, B.G., CH.V. Boucque, L.O. Fiems, J.M. Vanacker and F.X. Buysse. 1985. Unwilted and prewilted grass silage for finishing bulls. Grass Forage Sci. 40:119-125.
11. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. USDA-ARS. Agric. Hand. 379. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
12. Gordon, F.J. 1981. The effect of wilting of herbage on silage composition and its feeding value for milk production. Anim. Prod. 32:171-178.
13. Gordon, G.J. 1980. The effect of interval between harvests and wilting on silage for milk production. Anim. Prod. 31:35-41.
14. 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.
15. Haigh, P.M. 1995. Chemical composition and energy value of big silages made in England 1984-1991. J. Agric. Eng. Res. 60:211-216.
16. Haigh, P.M., D.G. Chapple and T.L. Powell. 1996. Effect of silage additives on big-bale grass silage. Grass Forage Sci. 51:318-323.
17. John, F. 1992. Improved Grassland Management. Farming Press Books. Ipswich. UK.
18. Keller, T., H. Nonn and H. Jeroch. 1998. The effect of sealing and of additives on the fermentation characteristics and mould and yeast counts in stretch film wrapped big-bale lucerne silage. Grasslands and Forage Abstracts. 68(12):604.
19. 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.
20. Playne, M.J. and P. McDonald. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. J. Sci. Food Agric. 17:264-268.
21. Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Bri. Grassl. Soc. 18:104-111.
22. Williams, C.C., M.A. Froetschel, L.O. Ely and H.E. Amos. 1995. Effects of inoculation and wilting on the preservation and utilization of wheat forage. J. Dairy. Sci. 78:1755-1765.