

# 품종 및 반전횟수가 추계수확 연맥건초의 사료가치에 미치는 영향

한건준 · 김동암

## Effect of Cultivar and Tedding Frequency on the Quality of Fall Harvest Oat Hay

K. J. Han and D. A. Kim

### Summary

An experiment was carried out to determine the effect of cultivar and tedding frequency on changes of moisture content of oat (*Avena sativa* L.) hay during field drying and on quality of baled oat hay after storage.

The experimental design was a split-plot with the four oat cultivars such as 'Magnum', 'Cayuse', 'West' and 'Murray' as main plots and the two tedding frequencies such as 1 or 3 times a day as subplots in three replications.

Moisture content of fresh cut oat cultivar was higher in the order of 'Magnum', 'Cayuse', 'West', and 'Murray' and the moisture content difference among the cultivars was maintained to the final curing day ( $P < 0.05$ ). Moisture loss from the oat hay during the last 3 curing days was greater with 3 tedding a day than 1 tedding a day. Temperature of baled oat hay began to rise critically from the 6th day of storage and was highest in 'Magnum' oat cultivar ( $45.3^{\circ}\text{C}$ ).

Total nitrogen and ADIN contents of late maturing oat hay 'Magnum' and 'Cayuse' were higher than those of early maturing 'Murray' and 'West'. Tedding frequency did not influence total nitrogen and ADIN contents. ADF and NDF contents of early maturing oat hay were higher than those of late maturing oat hay. Relative feed value (RFV) of 'Magnum' oat hay was the highest (106) and classified as Grade 2 in forage quality standard. Quality grade difference between early and late maturing oat cultivars was only 1 or 2.

### I. 서 론

연맥은 우리나라의 중북부 지방에서는 월동이 되지 않기 때문에 옥수수 수확후 8월하순에서 10월하순에 걸친 생산이용과 3월중순에서 6월하순까지 생산 이용되고 있다(김, 1992). 현재 국내에는 사료작물 및 목초종자의 다양한 품종이 추천 수입되고 있는데 연맥도 역시 다양한 품종이 국내에 도입되고 있다. 이중 김(1992)이 파성에 따른 숙기별로 품종특성을 밝힌 바에 의하면 West가 파성 II에 해당하는 조생종, Cayuse가 파성 III에 속하는 중만생종인 반면,

Magnum은 파성 IV에 해당하는 만생종으로 분류하였고 호주산 Murray는 West보다도 약 6일가량 출수가 빠르며 초기생육이 왕성하다고 보고하였다. 따라서 이들 품종간에는 수확시기를 고정하였을 때 수확시기에 따른 사조에 있어서 수분함량의 차이가 있을 것이다. 연맥의 품종특성에 따른 이용방법을 보면 조생인 West의 경우 8월 20일경 조기파종시에는 건초형태의 이용이 가능하고, Cayuse, Foothill, Magnum 등의 중만생, 또는 만생종 연맥품종은 청어로 이용할 수 있다(김, 1992). 사료포에서 수확된 품질과 기호성이 우수한 연맥을 포장에서 잘 건조하여 저장하고, 가축

에 급여한다면 풋베기 형태의 이용에 비하여 건물생산성이 높을 것이므로 수확된 사초의 건조는 포장에서 촉진하고자 기계적 처리가 이루어지고 있다 (Demedde, 1979). 이 중 반전은 절취된 사초더미를 펼치고 부풀게 되는 구조를 만들어 건조를 유도하는 작용을 한다.

본 연구는 일조량이나, 일조시간, 대기온도 등이 급격하게 감소하는 10월의 불리한 우리나라의 기상 조건하에서 연맥 품종의 고유 특성인 조만성과 예취된 연맥사초의 일중 반전횟수와 같은 처리가 연맥사초의 건조속도 및 저장후의 사료가치에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 수확 및 포장건조

포장시험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속 시험목장내에 있는 사초시험포에서 1992년 8월 22일부터 12월 10일까지 파종에서 건조 및 저장에 걸친

일련의 시험과정이 이루어졌다. 본 시험의 연맥을 재배한 토양은 1991년 봄까지 연맥을 재배하고 휴한중인 포장에서 실시되었다. 수확후 건조기간인 10월 25일부터 10월 31일까지의 수원지방의 일평균기온은 예년에 비하여 건조초기인 10월 28일까지는 낮게 유지되었으나 건조후기인 10월 29일부터는 약간씩 높게 유지되었고 강수량은 10월 29일 10.8mm를 나타내었다. 일사량은 예년에 비하여 높게 유지되었다가 비가 왔었던 10월 29일과 그 전일인 10월 28일에는 예년에 비하여 낮았으며 상대습도는 건조말기에 예년에 비해 약간 낮았던 점을 제외하고는 전반적으로는 유사한 상태를 나타냈다.

한편, 수확당일의 각 품종의 조단백질 및 조섬유함량은 Table 1과 같았다. 수확후 포장건조는 각 품종을 예취한 포장위에 고르게 펼쳐 일당 1회 반전을 하는 것과 3회 반전하는 것으로 처리하였다. 포장건조율 조사를 위해 10월 15일부터 매일 연맥시료를 300g 정도씩 채취하였으며 건조를 완료한 10월 31일까지 칭량하였다.

Table 1. CP, ADF, and NDF contents of oat cultivar at harvest

Cultivar	Moisture	Total N	ADF	NDF
	..... %DW .....	..... % .....		
Murray	523	3.17	25.2	40.4
West	656	2.91	30.2	49.6
Cayuse	716	2.62	33.4	52.5
Magnum	820	2.58	35.7	58.2

\* %DW : Percent by dry weight base.

### 2. 일중 수분함량의 변화조사

시료의 채취는 예취직후와 건조전기간인 5일간에 걸쳐 각 구에 3회씩 1일 3회로 실시하여 75℃ 열풍순환식 건조기에서 72시간 이상 완전 건조하여 t시간대 수분함량으로 나타내고 평균하였다(Turner, 1970). 5일간 건조된 건조는 1.8m<sup>3</sup>의 콘포로 성형하여 저장하였고 저장중의 심부의 온도변화는 Technoterm사의 7200탐침온도계로 측정하였다.

t시간대의 수분함량=

$$\frac{t\text{시간대의 시료중량} - t\text{시간대 시료의 건물중량}}{t\text{시간대의 시료의 건물중량}} \times 100$$

### 3. 사료가치의 분석

저장후의 연맥콘포건초의 사료가치분석은 300g 정도로 시료를 취하여 75℃의 송풍장치가 달린 건조기에서 72시간이상 충분히 건조하였고 전기믹서로 1차의 분쇄를 마친 후 Wiley mill로 2차의 분쇄를 실시하여 20 mech의 입자로 준비하였다.

Table 2. Details of Experiment

Cultivar	Tedding No/day	After curing	Replication
Murray	1	Storage	3
	3	Storage	3
West	1	Storage	3
	3	Storage	3
Cayuse	1	Storage	3
	3	Storage	3
Magnum	1	Storage	3
	3	Storage	3

총질소 함량의 분석은 Auto Kjeltac 1030을 사용하였고 ADIN(Acid detergent insoluble nitrogen)의 분석은 Van Soest(1965) 방법에 의하여 분석하였다. 조섬유의 분석은 ADF 및 NDF를 Goering 및 Van Soest법(1970)에 의해 분석하였다. RFV(Relative feed value)의 산출은 ADF와 NDF가 건물 소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 ADF, NDF 분석치에 의한 계산식으로 산출하였다(Holland, 1990). 자료의 통계처리는 SAS를 사용하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 건조중 연맥건초의 수분함량 변화

연맥품종의 숙기와 예취후 포장에서 건조중인 연맥사초의 일중반전횟수에 따른 수분함량의 변화를 보면 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 즉, 조생종 연맥인 Murray의 수확당시 수분함량은 255.6%DW(Dry weight basis), West는 312.8%DW이었으며, 만생종 연맥인 Cayuse와 Magnum은 각각 426.5%DW와 474.8%DW로 만생 품종연맥은 조생종에 비하여 36~86%나 수분함량이 상대적으로 높았다. 10월 25일부터 10월 31일까지 건조한 최종 수분함량을 비교하여 보았을 때도 만생품종인 Magnum과 Cayuse는 105.9% DW 및 108.9%DW였고, 조생종인 Murray와 West는 41.8%DW 및 66.5%DW로 조, 만생연맥 품종간의 현저한 차이( $P < 0.01$ )를 나타내었다. Jones(1979)는 수확시 수분함량, 엽경비, 줄기의 건조조건에 대한 노출

정도를 건조율에 미치는 중요한 요소로 보았고 그 밖의 연구자들(Morris, 1972; Lesham 등, 1972; Harris 등, 1974)의 유사한 결과로부터 초기 수분함량이 낮은 상태에서의 건조가 시작되는 Murray연맥이나 West연맥이 포장건조기간을 단축시키는데 적절한 품종으로 생각되었다. 본 시험에서 7일간의 건조기간을 놓고 볼 때 조생종인 Murray연맥과 West연맥의 차이는 첫날 이후로는 차이가 줄어들었으나 만생종인 Magnum연맥 및 Foothill연맥과는 계속 큰 차이를 나타내었다.

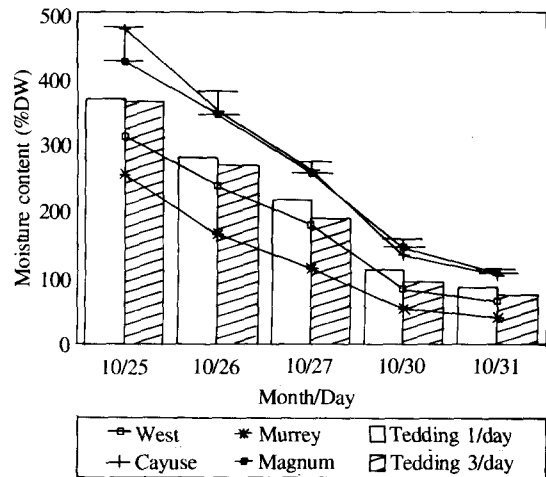


Fig. 1. Effect of cultivar and tedding frequency on changes of moisture content of oat hay during field curing.

한편 건조기간을 단축시키기 위한 물리적인 처리인 반전의 효과만을 볼 때 연맥사초의 수분함량의 변화는 일간 3회의 반전이 1회의 반전에 비하여 건조개시일과 2일째를 제외하고는 수분함량의 변화가 좀더 큰 폭으로 건조 전기간을 통하여 감소함을 볼 수 있었다( $P < 0.01$ ). 특히 본 시험에서 건조초기보다 건조후기에 반전횟수의 증가에 의한 유의적인 수분함량의 감소를 볼 수 있어서 건조후기에 미기상의 악화로 지표면에 접한 연맥의 건조조건이 나빠지는 것을 반전을 통해 개선할 수 있다고 생각되었다. Pitt (1991)는 기상요인과 관리적 측면에서의 수확시간, 집초나 반전을 건조율에 영향을 주는 주요인으로 들었다. 이상의 시험 결과로부터 연맥의 건조에는 숙기에 따른 품종적인 요인, 다시말하여 수확기에 수분함량이 낮은 조생품종이 상대적으로 수분이 높은 만생품종에 비하여 건조제조를 위한 단기간의 포장건조시 절대적인 이점을 가지며 관리기술로써 포장건조시 사초내의 미기상을 개선하여 공기유통이나 일조량을 고루 받게 하기 위한 반전이 중요함을 알 수 있었다.

## 2. 연맥건초의 저장중 온도 변화

앞서 포장에서 건조된 연맥 건초를 곤포결속을 실시한 후 10월 21일부터 11월 11일까지 22일에 걸쳐 곤포심부의 온도변화를 조사하였는데 품종 및 반전에 따른 온도의 변화는 Fig. 2와 같았다.

저장당시 곤포내 심부온도가 모든 품종에서 25℃ 이하로 유지되었으나 저장 6일째인 10월 26일을 전후하여 급격한 온도상승이 일어났었고 본 시험결과는 Gregory 등(1963)이 수분함량이 높은 건초의 곤포결속후 저장시 5~6일째에 급격한 온도상승을 보고하였던 것과 일치된다. 한편, 건조과정중 수분의 증발을 촉진하기 위한 반전 처리가 완성된 건초의 곤포에 미치는 영향을 알아 보면 Magnum연맥을 3회 반전한 경우가 45.3℃로 높은 온도를 나타내었던 반면 Murray연맥이나 West연맥의 경우 5~9℃ 가량 낮아서 Murray연맥을 1회 반전한 경우의 최고 온도가 36.7℃로 연맥 품종중 가장 낮았다. 따라서 상대적으로 숙기가 빨라서 수분함량이 낮은 품종의 건조후 저장시 미생물이나 사초내 효소에 의한 열 발생량이 적었으며 반전에 의한 수분함량의 차이는 본 시험에서는 큰 효과가 없었던 것으로 생각된다. 곤포건초내부의 온

도상승에 의한 화학적 변성은 65~75℃ 이상으로 보고되었으며(Truminger, 1929), 37.7℃ 이상에서도 Maillard 반응은 시작된다고 보고(Pitt, 1991)하였던 것으로 미루어 낮은 온도에 머물른 Murray와 West연맥의 건조는 열변성에 의한 품질 저하는 적었을 것으로 생각된다. 한편 반전횟수가 각 연맥품종의 곤포내 온도상승에 미치는 영향을 살펴보면 반전횟수의 차이에 의한 곤포내부의 온도 차이가 크지 않았다. 그러나 저장 13일 경과후부터는 3회 반전하여 곤포결속을 하였던 구의 온도가 낮고 안정되게 유지되었으나 1회 반전한 경우는 온도도 상대적으로 높았고 불안정한 온도상태가 계속 나타났다. 곤포의 온도 상승에 미치는 건초의 건물함량을 연관지어 볼 때 매일 1회 반전한 경우가 3회 반전한 경우에 비하여 수분함량이 높아서 상대적으로 왕성한 발열반응이 이루어졌을 것으로 생각된다.

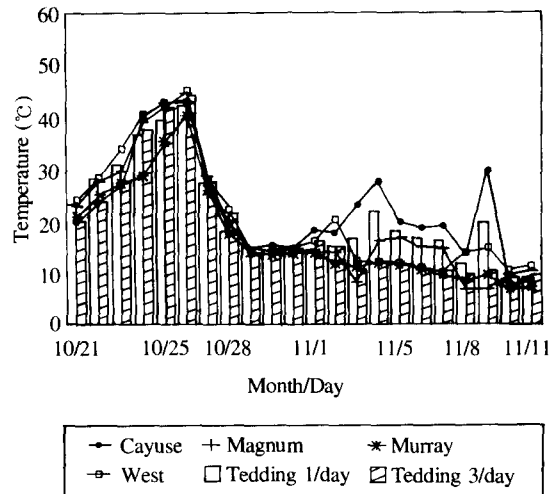


Fig. 2. Effect of cultivar and tedding frequency on temperature changes of oat hay during storage.

## 3. 저장후의 연맥곤포건초의 특성

### 1) 총질소 및 ADIN함량

Magnum, Cayuse, West 및 Murray연맥 건초를 일간 1회와 3회의 반전을 실시하고 건조를 완료한 후

곤포를 결속하고 60일간 저장한 후 사료가치를 분석한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 잎의 비율이 상대적으로 조생종 연맥보다 높은 만생종 연맥인 Magnum은 총질소 함량이 1회 및 3회 반전하여 곤포

를 결속하였던 구가 2.35% 및 2.42%, Cayuse는 2.35%와 2.37%로 조생종인 West나 Murray연맥에 비하여 21%~60%가 높은 수준을 보여 주었고 발열에 의해 고정된 정도를 평가할 수 있는 acid detergent

Table 3. Effect of cultivar and tedding frequency on ADIN, Total N, ADF and NDF contents of oat hay after storage

Cultivar	ADIN	Total N	ADF	NDF
..... % DM .....				
Tedding (1/Day)				
Magnum	0.44	2.35	35.5	52.8
Cayuse	0.52	2.35	38.5	53.2
West	0.27	1.94	40.6	64.7
Murray	0.22	1.51	43.9	67.7
Tedding (3/Day)				
Magnum	0.32	2.42	34.6	55.2
Cayuse	0.42	2.37	36.1	54.5
West	0.26	1.52	41.7	67.5
Murray	0.36	1.88	40.0	58.9
Mean among cultivar				
Magnum	0.38	2.39	35.6	54.0
Cayuse	0.47	2.36	38.0	53.9
West	0.27	1.73	41.2	66.1
Murray	0.29	1.70	40.0	63.3
Mean between tedding frequency				
1	0.36	2.04	39.6	59.6
3	0.34	2.05	37.7	59.0
LSD (0.05)				
Cultivar (C)	0.06	0.06	2.3	2.0
Tedding (T)	NS	NS	1.6	NS
C × T	*	*	*	*

insoluble nitrogen(ADIN) 함량은 상대적으로 수분함량이 높은 만생종 연맥에서 높게 나타났다. 또 연맥의 건조중 포장에서 반전을 3회 실시한 경우가 1회 실시하였던 경우보다 ADIN함량이 낮게 유지되어, 만생종 연맥을 1회 반전을 실시하였던 경우, Cayuse연맥이 0.52%, Magnum연맥이 0.44%로 높은 함량을 나타내었던 반면, 조생종 연맥인 West 및 Murray품종의 총 질소 함량은 낮았을 뿐만 아니라 ADIN함량도 역시 낮게 나타났다. 그러나 3회 반전하였던 경우는 건조조건의 개선으로 ADIN의 함량이 품종간 큰 차이를 나타내지는 않았던 것으로 생각된다. 이는 끈포내 저장온도가 Magnum연맥에서 높았음을 감안할 때 수분함량이 높은 만생종의 질소 변성에 의한 손실이 많았을 것으로 생각되며 이는 Jones 등(1990), Beohltel (1944) 그리고 Goering 등(1973)의 끈포내 온도상승에 따른 ADIN함량 증가에 관한 보고가 이를 뒷받침하여 준다고 볼 수 있을 것이다. 따라서, 총질소 함량중 ADIN이 차지하는 비율을 비교하여 보면, 매일 1회 반전을 하는 경우가 3회 반전을 실시하는 경우보다 포장건조 조건이 개선되기 어렵고 연맥품종간의 수분함량의 차이에 의한 영향이 커져서 1회 반전하는 경우가 상대적으로 높은 품종간 ADIN비율의 변이를 일으키며 또한 만생종에서 Maillard 반응이 상대적으로 강하게 일어났음을 알 수 있다. 따라서, 조생종연맥 보다는 만생종연맥이, 반전횟수가 많을 때 보다는 적을 때 수분함량이 상대적으로 높아서 ADIN의 비율도 높아지게 된 것이라고 생각된다.

## 2) ADF, NDF 및 RFV

사초의 소화율 및 섭취량에 관계되는 ADF 및 NDF 함량을 연맥건초의 저장후에 살펴보면 Table 3에 나타난 바와 같다. 조생종 연맥인 Murray 및 West가 만생종 연맥인 Magnum 및 Cayuse에 비해 높았으며 각각 품종에 따른 유의성이 인정되었다. Minson (1990)은 미성숙 식물에 있어서 대의 상대적 품질우위를 지적하였으며, Buxton(1990)은 생식생장기에 있는 화본과 사초의 NDF 함량은 600~700g/kgDM으로 보고한 바 있다. 따라서 본 시험에 있어서 Murray 및 West연맥의 숙기가 상당히 진행된 상태에서 예취되었으며, 이와같은 원인으로 건조조제 수확시의 섬유소 함량과 비교하여 볼 때 건조 및 저장중 가스화부

분의 감소가 상대적인 ADF 및 NDF 함량의 증가로 나타났던 것으로 생각된다. 이상의 조섬유 함량으로부터 종합 산출된 상대사료가치(RFV)는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 각 연맥품종의 평균은 Magnum이 106, Cayuse가 103, Murray가 86, 그리고 West가 80으로 미국조사료협회(AFGC)가 제안한(Rohweder 등, 1978) 건초의 품질등급에 따르면 Magnum과 Cayuse는 큰 차이가 없이 2등급이상의 품질이 유지되었으나, Murray나 West는 4등급의 품질에 속했다. 그러나 반전횟수에 의한 동일 품종내에서의 비교는 큰 차이가 없었고 특히 건조조건이 불리한 만생종 연맥인 Magnum이나 Cayuse에서 차이가 없었다는 것은 반전횟수의 증가에 의한 건조조건의 개선이 완성된 건초의 저장후 품질의 개선까지 이어지지 않는 것으로 생각된다.

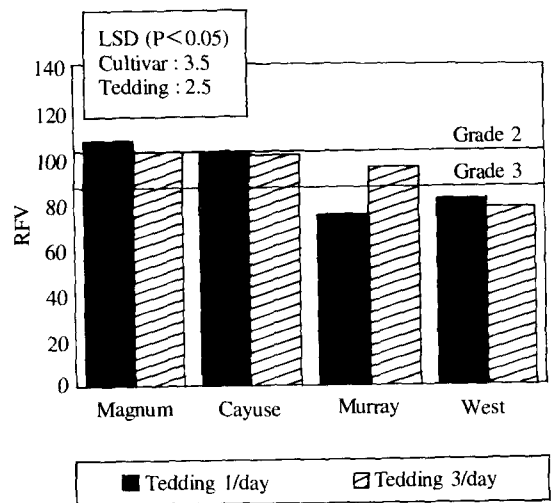


Fig. 3. Effect of cultivar and tedding frequency on RFV of oat hay after storage.

## IV. 요약

본 시험은 수확한 연맥의 일중 반전횟수와 품종의 숙기가 수확후 포장에서 건조중인 연맥의 수분함량의 변화와 끈포로 결속 저장된 연맥건초의 품질에 미치는 영향을 구명하고자 1992년 8월 22일부터 12월

10일까지 서울대학교 농업생명과학대학 부속 사초시험포에서 수행되었다. 주구를 연맥품종인 Magnum, Cayuse, West 및 Murray로 하였고 세구를 일중 1회 및 3회의 반전횟수로 하였으며, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

연맥사초의 수분함량은 Magnum, Cayuse, West 및 Murray 품종의 순서로 높았으며 최종건조일까지 조, 반생간 현저한 차이를 나타내었고( $P < 0.05$ ), 반전을 3회 실시한 경우가 1회 실시한 경우보다 건조후기에 수분의 감소효과가 더 크게 나타났다( $P < 0.05$ ).

저장중의 연맥건초의 온도는 저장 6일째를 전후하여 급격한 상승이 일어났고, Magnum을 3회 반전하였던 경우가 45.3℃로 가장 높았다.

저장후 연맥근포건초의 총질소 함량 및 ADIN 함량은 만생종연맥인 Magnum이나 Cayuse가 조생종연맥인 Murray나 West보다 더 높았고( $P < 0.05$ ), 건조중의 반전횟수에 의한 차이는 없었다. 한편, ADF와 NDF함량은 조생종연맥건초가 만생종연맥건초에 비해 높았으며 이로부터 산출된 품종별 상대사료가치(RFV)는 Magnum연맥건초가 106으로 가장 높아 AFGC가 제시한 사초등급 2등급에 속하였고 조생과 만생종 연맥건초간에는 1-2등급차가 있었다.

## V. 인용문헌

1. Beohtel, H.E., A.O. Shaw and F.W. Atkinson. 1944. Brown alfalfa hay its chemical composition and nutritive value in dairy rations. Contribution No. 156, Department of Dairy Husbandry p. 35-47.
2. Buxton, D.R., and S.L. Fales. 1990. Plant environment and quality p. 155-199. In George C. Fahey, Jr., et al. (edit) Forage quality, evaluation and utilization. Madison. Wisconsin.
3. Goering, H.K., P.J. Van Soest, and R.W. Hemken. 1973. Relative susceptibility of forages to heat damage as affected by moisture, temperature and pH. J. Dairy Sci. 56:137-143.
4. Gregory, P.H., E. Maureen, and G.N. Festenstein. 1963. Microbial and biochemical changes during the moulding of hay. J. Gen. Microbiol. 33:147-174.
5. Harris, C.E. and J.N. Tulberg. 1980. Pathways of water loss from legumes and grasses cut for conservation. Grass and Forage Sci. 35:1-11.
6. Holland, C.W., Kezer, W.P. Kautz, E.J. Lazowski, W.C. Mathana and R. Reinhart. 1990. Pioneer forage manual: A nutritional guide. Pioneer hi-bred International Inc.: p. 1-55.
7. Jones, L. 1979. The effect of stage of growth on the rate of drying of cut grass at 20℃. Grass and Forage Sci. 34:139-144.
8. Leshem, Y., A. Goldman, and A. Yulzari. 1984. Effect of pH and added ammonium hydroxide on *in vitro* digestibility of roughages of different origin treated with sodium hydroxide and ammonia. Grass and Forage Sci. 39:11-15.
9. Minson, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. San Diego, CA.
10. Morris, R.M. 1972. The rate of water loss from grass samples during hay type conservation. J. Br. Grassl. Soc. 27:99-105.
11. Pitt, R.E., R.E. Muck, and N. B. Pickering. 1991. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. aerobic stability. Grass and Forage Sci. 46:301-312.
12. Rohweder, D.A., R.F. Barnes, and N.A. Jorgensen. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analysis for evaluating quality. J. Anim. Sci. 47(3):747-759.
13. Truninger, E. 1929. Allgemeine Beobachtungen und untersuchungen ueber Wesen. Ursache und Verlauf der Selbsterhitzung und selbstentzundung Von Durrfutter Landw. Jb. Schweiz, 43:278.
14. Turner, N.C. 1970. Speeding the drying of alfalfa hay with Fusicoccin. Agron. J. 62:538-541.
15. Van Soest, P.J. 1965. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yeild of fiber and lignin in forages. AOAC. 48:785-790.
16. Van Soest, P.J. 1970. The chemical basis for the

nutritive evaluation of forages p. u1-u19. In R.F. Bams D.C. Clanton, C.H. Gordon. T.J. Klopfestein, and D.R. Waldo(ed) Proc. Natl. Conf. forage qual. Eval. Util. lincoln, NE. 3-4 sept. 1969. Nebraska

center for continuing education, Lincoln.

17. 김동암. 1992. 사초용유채 및 연맥의 품종선택과 생산기술 p. 1-14. 제 3회 양축농가를 위한 축산기술세미나자료. 서울대축과연. 수원.