

# 품종, 수확시기 및 건조제처리가 춘계수확 연맥건초의 사료가치에 미치는 영향

한건준 · 김동암

## Effect of Cultivar, Harvest Date and Drying Method on the Quality of Spring Harvest Oat Hay

K. J. Han and D. A. Kim

### Summary

This experiment was carried out to determine the effect of cultivar, harvest date and drying method on the changes of moisture content and quality of spring harvest oat(*Avena sativa* L.) hay.

Disign of the experiment was a spilt-split-plot arrangement with early and late cultivars as main plots, early and late harvest dates as sub-plots, and drying agent and tedding as sub-subplots in three replications.

Moisture content of early harvest oat was higher than that of late harvest oat by 127.1% dry weight(DW) in 'Swan' and 39.8%DW in 'Foothill'. Moisture content difference between 'Foothill' and 'Swan' was 117.6%DW at early and 204.9%DW at late harvest dates, respectively. Cultivar effect on moisture content of cut oat was higher at late harvest date, but drying method effect was higher at early harvest.

Total nitrogen content of early harvest was higher than that of late harvest by 0.70% and that of 'Foothill' was higher than that of 'Swan' by 0.86%. But no difference in total nitrogen content was found between the drying method. ADF and NDF contents were increased at late harvest by 29% and 11%, respectively( $P < 0.05$ ). ADF and NDF contents of 'Swan' were higher than those of 'Foothill' by 2.8% and 4.5%, respectively. No difference in ADF and NDF contents was obtained by drying methods.

RFV of early harvest oat hay was 95.1 and 103.8 for 'Swan' and 'Foothill', but late harvest 'Swan' and 'Foothill' showed 74.8 and 85.0, respectively.

### I. 서 론

사초는 생장단계에 따라 식물체중의 수분함량이 변화하며 생식생장단계에 들어서면 사초내 건물함량이 매우 높아진다. 특히 조생종의 경우 이같은 현상은 두드러지게 나타난다. 연맥의 정부장려 품종인 Foothill은 국내에서 먼저 추천되었던 Cayuse보다 봄에 파종시 출수기가 4일 정도 늦은 6월 10일 경인 만생종으로 1988년 정부의 사초용 연맥의 장려 품종으로 선정되었다(김, 1992). 한편 호주에서 생산된 Swan 품종은 초장이 비교적 크고 사초용연맥으로서

수량이 상당히 높은 편이며 ha당 10 ton 정도의 수량이 생산되었다고 하며 건조용으로서의 적합성도 보고되어 있다(GRDC, 1993). 사초의 이용형태에 따라서는 초종간에도 숙기에 따른 품종의 적절한 선택이 이루어져야 하며, 김(1992)은 이같은 맥락에서 사초용 연맥의 건조로서의 이용을 위해서는 조생종연맥의 선택과 옥수수 수확후의 빠른 파종의 중요성을, 또한 재배기간을 충분히 길게 가져갈 수 있을 때는 조생종 연맥에 비하여 만생종연맥이 보다 높은 건물함량의 축적을 통한 수량의 증가를 보고하였다. 조생종 연맥이 만생종 연맥보다 건조제조시 포장건초에

서 강점을 가지는 것은 주지의 사실이나 봄 파종시 만생종이 갖는 높은 건물수량의 장점을 살리면서 포장건조의 효율성을 높이기 위한 적절한 물리적 및 화학적 처리가 병행된다면 조생종과 함께 만생종의 이용도도 넓어질 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 봄에 연맥을 재배하고 이를 가지고 건초를 제조시 건초의 특성과 사료가치에 미치는 품종, 수확시기 및 건조제의 처리효과를 구명하기 위하여 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 포장건조시험방법

#### 1) 수확시기

본 연구는 1994년 3월 25일 서울대학교 농업

생명과학대학부속 실험목장의 사초시험포에서 조생 품종인 Swan과 중만생품종인 Foothill 연맥종자를 ha 당 200kg의 비율로 산파하였고 ha당 질소는 150kg, 인산 200kg 그리고 칼리는 150kg을 시비하였다. 시험포의 크기는 31.5×20.0m로 파종후 52일째인 5월 17일 1차 수확한 구와 이로부터 15일째인 6월 1일 2차 수확한 구로 나누었는데 1차 수확기에는 Swan이 5% 정도 출수되었고, Foothill은 영양생장이었으며 2차수확기에는 Swan이 50% 이상 출수된 시기와 Foothill은 신장기인 상태였다. Table 1은 각 수확기에 포장건조 전 채취한 연맥시료의 조단백질과 조섬유함량을 분석한 결과로 1차 수확기의 Swan연맥은 미국 AFGC의 건초품질 등급(Rohweder 등, 1978)에 따르면 3등급을, Foothill연맥은 1등급의 높은 품질을 나타낸 반면 2차 수확시기에는 각각 4등급과 2등급으로 성장단계의 진행에 따라 낮아졌다.

Table 1. Total nitrogen, ADF, and NDF contents of oat cultivar at different harvest dates

Harvest date	Cultivar	Total N	ADF	NDF
			%DM	
16 May	Swan	2.62	31.5	61.3
	Foothill	3.90	28.8	56.9
31 May	Swan	2.26	39.2	68.5
	Foothill	2.66	35.4	61.8

#### 2) 건조제의 사용 및 반전처리

1차 수확기인 1994년 5월 17일에 건조제처리구는 입모상태의 Swan과 Foothill 연맥에 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 구연산을 9:9:1의 비율로 섞고 이것을 ha 당 10.5kg을 273 l의 물에 용해한 비율로 고르게 분무하였고 반전구의 처리는 일당 3회의 반전을 건조기간중 실시하였다. 포장건조를 실시한 기간은 5일간으로 하였고, 2차 수확일인 6월 1일부터 6월 6일까지 건조기간동안 1차의 수확건조기간과 동일한 처리조건으로 건조시험을 수행하였다(Table 2).

#### 3) 일중수분함량의 변화조사

시험용 연맥은 예취한 다음 포장에서 넣어 건조하면서 시료채취를 예취직후와 건조전기간인 5일간에 걸쳐 매일 3회 실시하였다. 따라서 t시간대 수분

함량은 Turner(1970)가 제시한 방법으로 나타내었다.

t시간대의 수분함량 =

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

#### 4) 건조기간중의 기상상태

건조기간중의 기상상태는 2차 수확건조기가 1차 수확건조기간의 평균온도인 16.8℃보다 4.3℃ 가량 높았고 비는 1차 및 2차 건조기간중 없었으며 건조기간중의 평균 일사총량은 각각 18.7MJ/m<sup>2</sup>와 21.1MJ/m<sup>2</sup>였다. 한편 상대습도는 57%와 60.6%로 2차 건조기에서 약간 높아졌으나 전체적으로 기상적 측면에서 포장건조조건이 1차보다는 좋았다.

Table 2. Details of experiment

Harvest date	Cultivar	Treatment	drying period (day)	Replication
16 May	Swan	Control	5	3
		Drying agent	5	3
		Tedding	5	3
	Foothill	Control	5	3
		Drying agent	5	3
		Tedding	5	3
31 May	Swan	Control	5	3
		Drying agent	5	3
		Tedding	5	3
	Foothill	Control	5	3
		Drying agent	5	3
		Tedding	5	3

5) 시료의 분석

분석을 위한 시료는 300g 정도씩을 취하여 75℃의 송풍장치가 달린 건조기에서 72시간 이상 충분히 건조하였고 전기 믹서로 1차의 분쇄를 마친후 Wiley mill로 2차의 분쇄를 하여 20 mesh의 입자로 준비하였다. 총질소 및 ADIN 함량의 분석은 Auto Kjeltac 1030을 사용하였다. NDF 및 ADF는 Goering 및 Van Soest법(1970)에 의해 분석하였다. RFV는 ADF와 NDF의 건물 소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 ADF, NDF 분석치에 근거한 계산식으로 산출하였다(Holland, 1990). 자료의 통계처리는 SAS를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수분함량변화

Swan과 Foothill연맥을 각각 건조제를 처리하고 1차수확과 2차수확을 실시하여 건조기간중에 매일 수분함량의 감소를 조사한 결과는 Fig. 1, 및 2와 같다.

예취된 연맥의 수분함량의 변화를 먼저 수확일과 대조하여 살펴보면, 조생품종인 Swan연맥에 있어서

는 5월 17일에 1차 수확한 경우가 330.9%DW, Foothill은 448.5%DW이었던 반면 6월 1일에 2차 수확한 구는 각각 203.8%DW과 408.7%DW으로 건조개시시의 수분함량의 차이가 1차 및 2차 수확기 사이에 Swan은 127.1%DW Foothill은 39.8%DW이 되었고, 품종간의 비교시는 조기수확한 경우에는 Swan과 Foothill의 수분함량차이가 117.6%DW이었으나 만기

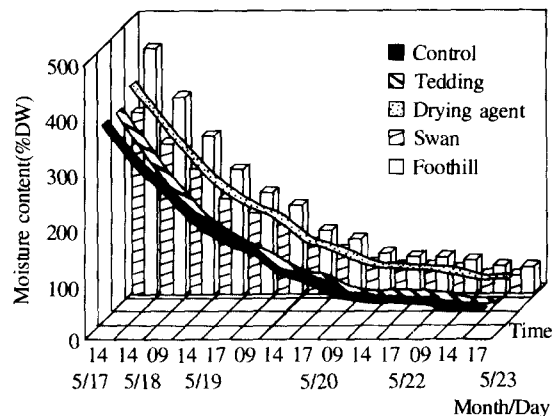


Fig. 1. Effect of cultivar and drying method on changes of moisture content of early cut oat during field drying.

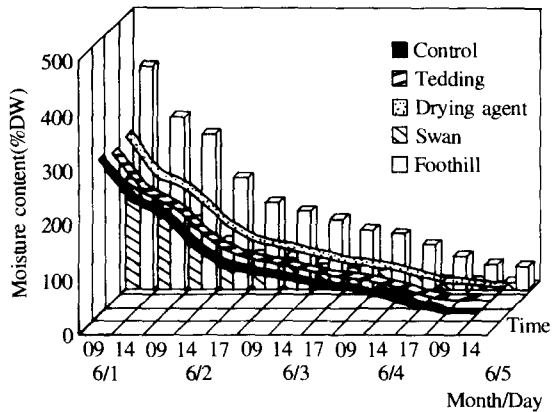


Fig. 2. Effect of cultivar and drying method on changes of moisture content of late cut oat during field drying.

수확시는 204.9%DW의 차이가 있어서 숙기의 진행에 따른 조생종의 급격한 수분함량의 감소를 관찰할 수 있었다. 그리고 이같은 조만생간의 수분함량의 차이는 만기수확의 경우 건조전체기간에 걸쳐 조기수확보다 큰 폭으로 유지되면서 수분의 증발이 이루어지는 것을 볼 수 있었다( $P < 0.05$ ). 이러한 결과는 곧 포장건조적 측면에서 조생종을 만기에 수확하면 건조에는 상대적으로 유리하다는 결론을 보여주는 것이라고 생각된다. 건조가 진행되면서 수분 함량의 감소가 둔화되었으며 수분함량이 상대적으로 높은 Foothill 품종은 Swan 품종 보다 수분의 감소폭이 훨씬 작은 것으로 나타났다.

한편 건조 방법간의 차이를 비교해 보면 제 1차수확의 경우 건조제의 처리가 반전처리보다는 수분의 감소효과가 전체 건조기간을 통하여 약간 더 높게 유지되는 경향을 나타내었으나 유의차는 없었던 반면 무처리구에 비해서는 건조 3일째부터 유의성있는 수분함량 감소를 나타냄을 알 수 있었다( $P < 0.05$ ). 그러나 제 2차수확기의 경우는 건조기간을 통하여 반전, 무처리, 건조제간에 큰 차이가 없이 수분의 감소가 일어나는 것을 볼 수 있었다. Tullberg(1978)는  $K_2CO_3$ 에 의한 큐티클 왁스층의 파괴로 인한 건조효율의 증대를, Meredith 및 Warboys(1993)는 alfalfa의 33% 건물함량 도달시기를 65~76%까지 단축시킬 수 있었다고 보고하여 건조제로서  $K_2CO_3$ 의 효과는 인정되어 있다. 한편, Pitt(1991)는 건조제를 건조제작용 작물에

대한 관리적 요소의 하나로 보았고 여기에 수분의 증발을 유도하는 환경적 요소들의 결합에 의한 효과로 설명하였던 것에 비추어, 사초의 숙기가 상당히 진행된 상태에서 예취 후 포장건조를 실시하는 경우는 본 시험에서 나타났듯이 사초종의 수분함량이 낮았기 때문에 건조제 처리와 같은 별도의 건조를 촉진하는 방법이 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 생각된다.

본 시험에서 두 건조제조 기간간의 기상요인 등의 차이가 있었으므로 건조조건의 객관적인 평가는 어려우나 봄철에 조생종 연맥을 만기수확하면 일조시간, 일사량, 평균기온 등의 건조조건의 호전과 사초 자체의 숙기 진행에 따라 수분함량이 낮아 포장건조에서의 잇점을 충분히 살릴 수 있다고 생각된다. 다시말하면 연맥을 봄에 조기수확하고 건조를 제조시에는 조생품종의 재배와 수확후 반전 등의 건조 촉진 방법의 효과가 인정되나 연맥을 6월 하순에 만기수확하고 건조를 제조할 때에는 조생품종의 재배와 같은 숙기의 영향이 크게 작용하며, 수확후의 반전이나 건조제의 처리와 같은 외부적 요인에 의한 효과는 상대적으로 낮다고 하는 것이 입증되었다.

그러나, Rotz 및 Richard(1994)는 건조제조를 위해 포장에 2주이상 건조기간이 연장되는 것은 사초로 이용하기에는 부적합하다고 보고하여 포장에서의 건조기간의 장기화로 인한 질적인 손실을 문제점으로 제시하였다. 따라서 건조를 촉진할 수 있는 방법에 대한 연구는 여러 방향에서 이루어져야 할 것이다.

## 2. 사료가치

### 1) 총질소 함량

서로 다른 시기에 수확 및 건조한 Swan과 Foothill연맥의 총질소 함량의 분석결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

먼저, 총질소 함량은 조기 수확시 2.78%, 만기수확시 2.08%로 제 1차 수확시가 높게 나타났고 Swan연맥은 1.93%, Foothill연맥은 2.94%로 Foothill이 1.01% 높게 나타났다. 따라서 조기수확하여 건조하여도 조단백질의 함량상의 우위는 계속 유지되며 수확시기가 늦어지면서 총질소 함량이 감소되는 것을 볼 수 있었다( $P < 0.05$ ). 그러나 건조방법의 차이에 의한 영향은 나타나지 않았다.

Table 3. Effect of cultivar, harvest date and drying method on total nitrogen, ADF and NDF contents of cut oat hay after field drying.

Harvest date	Cultivar	Drying method	Total N	ADF	NDF
			..... % .....		
17 May	Swan	Control	1.99	32.5	61.4
		Drying agent	2.24	33.4	63.1
		Tedding	2.41	31.5	62.3
	Foothill	Control	3.67	29.8	58.0
		Drying agent	3.28	29.1	57.1
		Tedding	3.10	30.8	61.5
1 Jun	Swan	Control	1.95	39.8	70.9
		Drying agent	1.52	40.2	69.4
		Tedding	1.46	42.9	69.5
	Foothill	Control	3.17	40.7	63.0
		Drying agent	2.26	39.9	63.9
		Tedding	2.14	36.2	65.9
Mean between harvest date					
	17 May		2.78	31.2	60.6
	1 Jun		2.08	40.4	67.1
Mean between cultivar					
	Swan		1.93	37.2	66.1
	Foothill		2.94	34.4	61.6
Mean among drying method					
	Control		2.69	35.7	63.3
	Drying agent		2.32	35.6	63.4
	Tedding		2.28	36.1	64.8
LSD (0.05)					
	Harvest date (H)		0.09	1.94	1.89
	Cultivar (C)		0.07	1.84	1.79
	Dry method		NS	NS	NS
	H × C		*	*	*

## 2) ADF 및 NDF

서로 다른 시기에 수확 및 건조한 Swan연맥과 Foothill연맥의 ADF 및 NDF함량의 분석결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 수확시기가 다른 두 품종의 연맥을 건조한 후 조섬유 함량의 증가의 원인을 고찰하는 데는 두 가지 정도로 생각해 볼 수 있다. 첫째는 수확시기의 차이로 인한 숙기의 진행에 따른 조섬유 함량의 증가이고, 둘째는 건조과정중의 직접적 증가로 탈엽 및 용탈과 같은 형태로 이루어진다. 콩과목초에 비하여 화본과의 탈엽 손실은 적으며, alfalfa는 수분 40%에서 8%, Timothy는 1~2%의 손실로 인한 조섬유 함량의 증가가 보고되었는데 (Collins, 1994). 본 시험에서는 수확시기가 조섬유 함량의 차이에 큰 영향을 미쳤던 것으로 생각된다. 5월 17일에 제 1차 수확하여 건조한 것에 비하여 6월 1일에 제 2차 수확하고 건조한 연맥건초의 ADF 함량은 9.2%, NDF 함량은 6.5%가 증가되었다( $P < 0.05$ ). 이같은 차이는 연맥의 조기수확시 Swan은 5% 미만의 출수 상태를 보였던 반면 Foothill은 신장기가 계속되고 있어서 Swan의 조섬유 함량이 상대적으로 높을 수밖에 없었고 만기 수확시기에는 Swan의 출수율이 50% 이상으로 수분의 함량도 낮고 조섬유의 함량은 이미 상당히 높아진 시기였다. 수확시기의 지연은 춘과연맥에 있어서 환경적요인과 관련되어 사초의 품질에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

대기중온도의 상승은 NDF 및 ADF 함량을 증가시키며 hemicellulose는 감소되기도 한다(Henderson 및 Robinson, 1982). 그리고 일사량이 많아지면 식물체내 ADF 및 Lignin의 함량도 높아짐을 보고(Jung 등, 1981) 하였는데 단순히 숙기의 진행에 따른 섬유소 물질의 증가와 함께 대기온도 및 일사량의 증가가 이같은 초기 및 만기 수확시의 ADF 및 NDF 함량의 차이를 유발하였던 것 같다. Pitt(1991)는 건조과정중 탈엽의 손실로 인한 건물손실, ADF, NDF, CP, energy 등의 함량변화 가능성을 보고하였는데, 탈엽은 콩과목초가 화본과 목초보다 건조중 쉽게 발생하며, 따라서 반전이나 집초작업은 수분함량이 40~50%로 조금 높았을 때 실시하는 것이 탈엽을 줄일 수 있었다고 하였는데, 본 시험에서 공시초종은 화본과 사료작물인 연맥이고 수분함량도 높아서 탈엽에 의한 조섬유 비율 증가보다는 오히려 호흡에 의한 비섬유성 영양

소의 손실 가능성이 있을 수 있는 이유이며 그 섬유소 증가비율도 수확시기에 따른 차이에 비하여 크지 않았던 것으로 생각된다. Hong 등(1988)은  $K_2CO_3$ 와 같은 건조제의 처리에 의한 조단백질 및 조섬유부분의 질적인 개선을 보고하였으나 본 시험에서 건조방법의 차이에 의한 효과는 나타나지 않았다.

## 3) 상대사료가치(RFV)

본 시험에서 ADF 및 NDF 함량으로 부터 산출된 연맥의 건조 후 상대사료가치는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 즉 수확시기의 지연에 따른 사료가치의 저하를 나타내었는데 Foothill은 반전을 실시하였던 구를 제외하고 2등급의 품질을 나타내었던 반면, 만기수확하여 건조한 Swan은 평균 RFV가 74.8로 모든 처리구가 4등급의 품질을 나타내었으며, Foothill도 평균 85.0으로 역시 4등급에 속하였다. 본 시험에서도 수확시의 사초의 품질이 이를 건조하여 제조한 건초의 품질에 결정적인 영향을 미치는 결과로 나타났다. Collins(1990)는 alfalfa에서, 그리고 Bolsen(1991) 등도 적정 수확시기를 전후하여 2~3일의 여유를 두고 기상정보를 토대로 예취 계획을 세우는 것을 추천하였듯이 수확시 사초의 생육단계에 의한 품질의 차이가 매우 중요하며 건조용 사초의 예취시기를

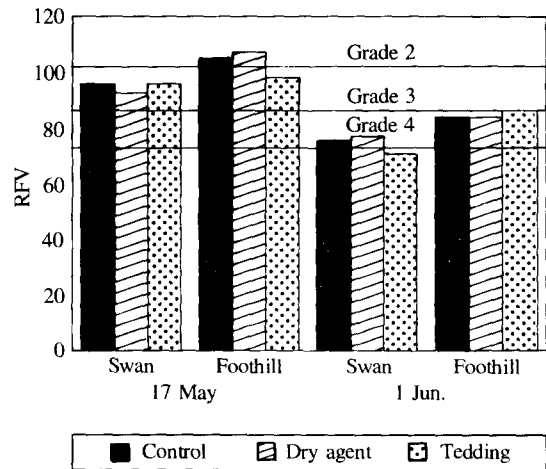


Fig. 3. Effect of harvest date, cultivar and drying method on RFV of cut oat after field drying.

놓치는 것과 같은 관리 잘못으로 인한 사초 품질의 저하는 건조 중 어떤 처리에 의하여서도 보상될 수 없음이 본 시험에서도 확인되었다. 따라서 춘계 기후 조건에서 연맥건초의 수확시 이미 건물함량이 높은 조생종연맥의 선택이나 만생종연맥의 만기수확 등이 유리하다고 볼 수 있겠으나 완성된 건조의 품질적 측면에서 적정수확시기와 지나친 지연은 바람직하지 않다고 생각된다.

#### IV. 요약

본 연구는 숙기가 다른 연맥의 품종과 수확시기 그리고 건조 방법이 예취된 연맥의 수분함량과 건조후 사료가치의 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 주구는 만생종 연맥인 Foothill과 조생종연맥의 Swan으로 하였고 세구는 제 1차와 제 2차로 수확시기를 달리하였으며 세세구는 건조제의 처리, 반건 및 무처리로 하였다.

수확시기간 연맥내 수분함량을 비교한 결과 Swan 연맥의 수분함량은 제 1차수확기가 제 2차수확기에 비하여 127.1%DW가 높았으며 Foothill 연맥은 39.8%DW가 높았다. 품종간 수분함량의 비교시는 제 1차수확시 Foothill은 Swan연맥보다 117.6%DW가 높았으며 제 2차수확시에는 204.9%DW으로 그 차이가 커졌다. 예취된 연맥의 수분함량에 미치는 품종의 영향은 제 2차수확기에 그리고 건조방법의 영향은 제 1차수확기에서 각각 높은 것으로 나타났다.

총질소 함량은 제 1차수확시가 제 2차수확시보다 0.70% 높게 나타났고, Foothill이 Swan 보다 0.86% 높게 나타났다. 그러나 건조방법간에는 차이가 없었다. ADF 및 NDF 함량은 제 2차수확한 것이 제 1차수확한 것에 비해 각각 29%와 11%의 비율로 증가되었고( $P<0.05$ ), Swan연맥은 Foothill연맥보다 ADF는 2.8%, NDF는 4.5%가 높았으나( $P<0.05$ ) 건조방법간의 차이는 없었다.

상대사료가치(RFV)는 제 1차수확시 Swan연맥 95.1, Foothill연맥이 103.8였으나 제 2차수확시는 각각 74.8과 85.0으로 나타났다.

#### V. 인용문헌

1. Bolsen, K.K., B.E. Brent, and J.T. Dickerson. 1991. Hay and silage in the 1990s. Field Guide for Hay and Silage Management in North America. National Feed Ingredients Association. p. 1-12.
2. Collins, M. 1990. Composition and yields of alfalfa fresh forage, field cured hay, and pressed forage. Agron. J. 82:91-95.
3. GRDC. 1993. The crop variety sowing guide for western Australia. Department of Agriculture (western Australia).
4. Henderson, M.S. and D.L. Robinson. 1982. Environmental influences on fiber component concentration of warm-season perennial ryegrasses. Agron. J. 74:573-579.
5. Holland, C.W., Kezer, W.P. Kautz, E.J. Łazowski, W.C. Mathana, and R. Reinhart. 1990. Pioneer forage manual: A nutritional guide. Pioneer hi-bred International Inc.: pp. 1-55.
6. Hong, B.J., G.A. Broderick, and R.P. Walgenbach. 1988. Effect of chemical conditioning of alfalfa on drying rate and nutrient digestion in ruminants. J. Dairy Sci. 71:1851-1859.
7. Jung, G. A., D. E. Brann, and G. W. Fissel. 1981. Environmental and plant growth stage effects on composition and digestibility of crownvetch stems and leaves at four locations in west virginia. Agron. J. 73:122-128.
8. Meredith, R.H., and J.B. Warboys. 1993. Accelerated drying of cut lucerne by chemical treatments based on inorganic potassium salts or alkali metal carbonates. Grass and Forage Sci. 48:126-135.
9. 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.
10. Rohweder, D.A., R.F. Barnes, and N.A. Jorgensen. 1978. Proposed hay grading standards based on

- laboratory analyses for evaluating quality. *J. Anim. Sci.* 47(3):747-759.
11. Rotz, C.A., and R.E. Muck. 1994. Changes in quality during harvest and storage. p. 828-865. *In* George C. Fahey, Jr., et al. (edit) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI.
  12. Tullberg, J.N., and D.E. Angus. 1978. The effect of potassium carbonate solution on the drying of lucerne. *J. Agric. Sci.* 91:551-556.
  13. 김동압. 1992. 옥수수후작으로 재배하는 청예작물의 생산기술 p. 17-28. 제 2회 양축농가를 위한 축산기술세미나자료. 1992. 7. 24. 서울대축과연수원.