

건조방법별 알팔파와 봄 연맥의 건조조제 효과

서 성 · 김종근 · 정의수 · 이종경 · 김원호 · 신동은

Effect of Drying Methods on the Field Drying Rate and Quality of Alfalfa and Spring Oats Hay

Sung Seo, Jong-Geun Kim, Eui-Soo Chung, Jong-Kyong Lee, Won-Ho Kim and Dong-Eun Shin

Abstract

A field experiment was carried out to determine the effects of chemical/mechanical treatments at mowing on the field drying rate and hay quality of alfalfa(*Medicago sativa* L., cv. Vernal) and spring oats(*Avena sativa* L., cv. Swan). The chemical drying agent of 2% K_2CO_3 , mechanical mower conditioning, and no treatment(control) were treated for hastening hay-making in the spring of 1997. The forages were harvested at early bloom stage in alfalfa and heading stage in oats. After field dry, square bales were made by hay baler, and the dry matter(DM) loss, visual estimation and nutritive value of hay were evaluated after storing two months.

The field drying rates of alfalfa and oats were high at mechanical treatment, but the drying effectiveness of chemical agents alone was very low. With mower conditioning, the duration of field dry was shortened by 1 day compared with control. Therefore, mower conditioning enhance the field drying rate of alfalfa and oats. The DM loss of alfalfa and oats hay was reduced by mechanical treatment, but the efficiency by chemical alone was low. The visual score(leafiness, green color, odor and softness) of hay at mechanical treatment was slightly higher than that of chemical and control. The nutritive value(ADF, NDF, *in vitro* digestibility, and relative feed value) of hay was also high with treatment of mechanical, but those of chemical alone were similar compared with control. The nutritive value of hay after two months in both alfalfa and oats was decreased when compared with at harvest.

(Key words : Alfalfa, Spring oats, Drying method, Hay-making, Hay quality)

I. 서 론

양질의 건조조제를 위해서는 계속되는 맑은 날씨와 재료의 적기수확 및 포장건조 시간의 단축이 가장 중요하다. 강우는 건물과 양분손실을 일으켜 건조의 품질을 저하시키는데(Smith와 Brown, 1994)

두과 목초의 경우 잎의 손실이 1.9~2.8배 많아지며(Collins, 1983). 강우량뿐만 아니라 강우빈도나 강우강도에 따라서도 차이가 커 건조조제시 기상 영향은 매우 크다(Roth와 Abrams, 1987).

일반적으로 수확직후 포장상태에서 건조속도를 높이기 위해서는 mower conditioning이나 건조제

살포, 또는 수확후 반전작업 등이 많이 이용되고 있는데, mower conditioner는 줄기를 압쇄하여 건조 속도를 높이는 물리적인 방법이며 건조제는 식물체의 큐틴층을 파괴시켜 수분증발을 촉진시키는 화학적인 방법이다(Tullberger와 Angus, 1978; Pitt, 1991).

여러 연구자들은 conditioner 사용으로 포장에서의 건조시간을 50% 내외까지 단축시키는 것이 가능하다고 하며(Rotz와 Davis, 1986; Verma 등, 1986; 서 등, 1998b), 건조제로는 K₂CO₃가 가장 효과가 높아 보편적으로 이용되고 있으나(Pitt, 1991; 서 등, 1998a), 건조제 효과에 대해서는 부정적인 견해도 많다(한과 김, 1996; 서 등, 1998b; 정 등, 1999). 그런데 이러한 건조효율은 기상조건, 풀 생산량, 줄기의 비율, 예건방법, 토양수분 및 예취시기 등에 따라 달라지며(Itokawa 등, 1996), 건조조건에 노출된 줄기의 비율에 따라서도 차이가 크다고 보고되고 있다(Jones와 Prickett, 1981).

본 시험은 이러한 관점에서 속성건조에 의한 양질의 건조조제 기술을 확립코자 혼파목초(서 등, 1998b)와 호밀(정 등, 1999) 건조조제 시험에 이어 알팔파와 봄 연맥을 공시하여 conditioning과 건조제 처리에 따른 포장건조 효과와 건조품질을 비교 분석하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 알팔파(Vernal, 시험 1)와 연맥(Swan, 시험 2)을 공시재료로 하여 축산기술연구소 사료작물포에서 1997년도 봄에 실시되었다. 처리내용은 건조제, conditioning, 관행 건조조제(대조구) 등 3처리를 두고, 화학제인 건조제는 가상 널리 이용되며 효과가 좋은 K₂CO₃(Rotz와 Thomas, 1988; 서 등, 1998a) 7kg을 ha당 물 350ℓ에 잘 혼합하여(2% 용액) 수확직전 대형 약제 살포기로 골고루 살포한 다음 수확하였으며, 물리적 conditioning은 mower conditioner(model: GMR 2800 trail-type)를 이용하였다. 수확기는 6월 3일로 알팔파는 개화초기, 연맥은 출수기였으며, 초장, 생초수량, 건물물, 건물수량 등을 조사하였다.

수확당시 알팔파와 연맥의 초장과 수량은(표 1), 알팔파가 초장 67cm, 생초수량 21.5톤/ha, 건물물 20.3%, 건물수량 4.29톤이었으며, 연맥은 초장 96cm, 생초수량 30.7톤, 건물물 19.6%, 건물수량 6.01톤이었다. 건조는 수확후 포장상태에서 매일 오전 12시경 1회에 걸쳐 건조반전기로 뒤집어 주었으며 건조 후에는 각형 곤포기를 이용 사각 건조를 제조하였다. 건조는 창고에 2개월 동안 보관한 후 잎 부착정도, 녹색도, 냄새, 부드러운 정도

Table 1. Plant height and dry matter(DM) yield of alfalfa and spring oats

Species	Harvest date	Plant ht. (cm)	Fresh yield (kg/ha)	DM (%)	DM yield (kg/ha)
<Exp. 1> Alfalfa	3 June	67	21,500	20.3	4,292
<Exp. 2> Oats	3 June	96	30,667	19.6	6,006

Table 2. Meteorological data during 5 days after harvest of alfalfa and oats

Investigation (5 days)	Temp. (°C)			Precipitation* (mm)	Relative humidity (%)	Sunshine (%)	Sunlight intensity (MJ/m ²)	Wind speed (m/s)
	Mean	Max.	Min.					
3~7 June	19.8	24.9	14.6	7.8	67	56	18.01	1.4

Suwon Meteorological Station, * 4 June : 1.0mm, 5 June : 6.8mm

등을 Burns와 Lacefield(1991)의 방법으로 외관평가 하였으며, 시료를 채취 건조의 사료가치(조단백질, ADF, NDF, *in vitro* 건물소화율)를 NIR 분석(NIR Systems Inc., 1990, ISI Program)에 의해 측정하였고, 상대사료가치(RFV)는 Holland와 Kezar(1990)의 공식에 의해 구하였다.

또 수확 후 시기별 재료의 수분 함량 조사를 위해 300g 정도의 시료를 양과망에 넣고 포장에서 건조시키면서 매일 오전 12시와 오후 4시경에 시료무게를 측정하였다. 수확부터 건조조제까지 5일 간의 기상을 살펴보면 표 2와 같다.

III. 결과 및 고찰

1. 알팔파 건조조제 효과

건조방법별 알팔파의 건조효과는 표 3에서 보는 바와 같다. 수확직후 평균 수분 함량은 76.8%였으며, 시간이 경과될수록 수분 함량은 낮아지고 있다. 일반적으로 끈포에 적합한 재료의 수분 함량을 18~20% 정도로 볼 때(Baylor, 1991; Pitt, 1991), 대조구의 건조 소요기간은 4일 정도였으나 conditioning구는 3일만에 양질의 건조를 조제할 수 있어 대조구에 비해 1일 이상 포장 건조기간 단축효과가 있었다(서 등, 1998b).

그러나 건조제 처리에 의한 건조속도는 매우 낮아 대조구에 비해 뚜렷한 건조효과는 인정되지 않았는데 이는 알팔파에서 건조제 처리효과가 어느 정도 인정되었다는 서 등(1998a)의 연구결과에 미치지 못하는 수준이었다. 이와 함께 알팔파를 공

시하여 포장조건에서 시험한 Akkharath 등(1996)과 실험실 조건에서 시험한 Meredith와 Warboys(1996)도 화학적 처리나 기계적·화학적 처리의 병행은 건조효과를 증진시킬 수 있다고 보고한 바 있어 이에 대해서는 더 많은 검토가 요망되었다.

한편 끈포 후 2개월간 저장한 알팔파 건조의 건조방법에 따른 건물손실률과 외관평점을 비교해 보면 표 4와 같다. 건물손실은 평균 7.0%였으며, 대조구에서 손실률이 높았고(10.6%) 건조제 처리구와 conditioning구에서 손실이 적었다.

또 건조 조제시기, 잎 부착정도, 색깔, 냄새, 부드러운 정도 등에 의한 달관평가에서는 평균 79점으로 평점은 낮았는데 이는 포장건조 2~3일째에 7.8mm의 예기치 못한 강우의 영향이 컸을 것으로 생각된다. 건조방법별로는 대조구와 건조제 처리구가 각각 77점(불량)과 78점(불량)으로 낮았고, conditioning구에서 82점(양호)으로 다소 높았다.

여기서 conditioning으로 건조의 외관평점을 높일 수 있었으나 건조제 처리효과는 거의 없었는데, 이는 conditioning이 포장건조 일수를 단축시킬 수 있었는데 비해 건조제구의 건조효과가 거의 없었던 데 기인한다고 생각된다.

알팔파 건조의 사료가치를 비교해 보면(표 5), 먼저 수확당시 알팔파의 사료가치는 조단백질 23.6%, ADF 34.1%, NDF 45.7%, 소화율 62.5%, 상대사료가치 127로 비교적 양호한 성적을 보여주고 있다.

그러나 끈포 후 2개월간 저장한 건조의 사료가치는 크게 낮아져 조단백질 16.8%, ADF 43.4%, NDF 63.1%, 소화율 48.8%, 상대사료가치 81에 불

Table 3. Dry efficiency of alfalfa as affected by chemical/mechanical treatment

Chemical/ Mechanical	Moisture content (%)								
	At harvest	1st day		2nd day		3rd day		4th day	
		12:00	16:00	12:00	16:00	12:00	16:00	12:00	16:00
Control	75.9	71.8	68.8	59.8	-	49.8	30.8	23.7	19.5
K ₂ CO ₃	76.2	70.8	65.7	60.5	-	50.4	28.3	21.9	18.3
Conditioning	78.2	73.1	60.3	55.6	-	43.6	18.3	-	-
Mean	76.8	71.9	64.9	58.6	-	47.9	25.8		

Table 4. Dry matter(DM) loss and visual estimation of alfalfa as affected by chemical / mechanical treatment (After storing two months)

Chemical/ mechanical	DM loss (%)	Visual estimation *						
		Stage	Leafi- ness	Color	Odor	Soft- ness	Score	Estima- tion
Control	10.6	24	26	10	11	6	77	Fair
K ₂ CO ₃	4.9	24	26	10	12	6	78	"
Conditioning	5.5	24	26	13	13	6	82	Good
Mean	7.0	24	26	11	12	6	79	

* Estimation of score : Excellent(90 and above), Good(80~89), Fair(65~79), Poor (below 65)

** The samples within 3 replications were mixed.

Table 5. Nutritive value of alfalfa as affected by chemical/ mechanical treatment (At harvest and after storing two months)

Item	Chemical/ mechanical	DM basis (%)				RFV
		Crude protein	ADF	NDF	IVDMD	
At harvest	-	23.6	34.1	45.7	62.5	127
After storing two months	Control	15.9	44.5	64.9	47.7	78
	K ₂ CO ₃	16.7	42.9	62.9	49.3	82
	Conditioning	17.7	42.8	61.5	49.5	84
	Mean	16.8	43.4	63.1	48.8	81

* The samples within 3 replications were mixed.

과하였는데, 이는 포장 건조기간중 경우에 의한 건조기간의 지연과 함께 저장기간중 가용성 당류 함량이 감소하여 상대적으로 조섬유 함량이 높아진 데 기인한 것으로 추정된다. 이와 관련하여 Smith와 Brown(1994)도 강우량이 0, 5, 10, 15, 20 mm로 많아짐에 따라 건초의 ADF와 NDF 함량은 유의적으로 증가하였으며, Baylor (1976)도 무강우 시 손실물은 17.4%였으나 강우시에는 28.8~32.6%로 높아진다고 보고하였다. 한편 포장 건조조건이 매우 양호하였던 혼파목초와 호밀에 있어서는 건초품질 차이가 크지 않았다고 발표된 바 있어 건조기간중 강우 및 저장조건 등에 따른 건초의 품질변화에 대해서는 다각적인 연구검토가 요망된다 (서 등, 1998b; 정 등, 1999).

또한 건조방법별 건초의 사료가치는 처리별 큰 차이는 없었으나 대조구나 건조제 처리구에 비해 conditioning구에서 조단백질 함량이 다소 높고, ADF와 NDF는 약간 낮았으며 건물 소화율과 상대 사료가치도 조금 높은 경향이었다. 여기서 건조제 처리구와 대조구간 사료가치 차이가 작았던 것은 앞에서 언급한 수분 함량 감소속도의 차이가 없었던 것과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

건초조제시 건조제 처리와 관련하여 서 등 (1998a)은 알팔파에서 K₂CO₃, Na₂CO₃, CaCO₃ 중 건조효과는 K₂CO₃가 가장 컸으나 대조구에 비해 사료가치를 크게 증진시키지는 못하였다고 보고하여 본 시험과 같은 결과였으며, Zimmer 등(1991)도 K₂CO₃와 CaCO₃ 처리로 소화율이 개선되지 못하고

산유량의 증가나 사료가치 차이는 없었다고 발표한 바 있다. 그러나 Hong 등(1988)은 K₂CO₃ 처리로 ADF 함량의 감소를 보고한 바 있으며, Pitt (1991)도 건조축진에 의해 건조기간이 단축되는 만큼 호흡에 의한 영양소나 에너지 손실이 감소하고 또한 강우피해 우려도 낮아져 궁극적으로 사료가치의 개선효과가 있음을 지적한 바 있어 건조제 처리효과에 대해서는 추후 정밀한 연구가 요망되었다.

2. 봄 연맥 건조제 효과

건조방법별 봄 연맥의 건조효과는 표 6에서 보는 바와 같다. 수확직후 평균 수분 함량은 78.6%였으며, 일반적으로 곤포에 적합한 재료의 수분 함량을 18~20% 정도로 볼 때(Baylor, 1991; Pitt, 1991), 대조구의 건조 소요기간은 4일 정도였으나 conditioning구는 3일만에 양질의 건초를 조제할 수

있어 대조구에 비해 1일 이상 포장 건조기간 단축 효과가 있었다. 그러나 건조제 처리에 의한 건조 효과는 인정되지 않았다.

이와 관련하여 Rotz와 Davis(1986)는 1차 수확시에는 생산량이 많아 예건열이 무겁고 두터워 기계적인 conditioning 효과만 인정되었다고 하여 본 시험의 결과를 잘 뒷받침해 주고 있으며(서 등, 1998b; 정 등, 1999), Verma 등(1986)도 conditioning은 줄기를 압쇄하여 건조속도를 2배 정도 높일 수 있었다고 발표한 바 있다.

한편 곤포 후 2개월간 저장한 연맥 건초의 건조 방법에 따른 건물 손실률과 외관평점을 비교해 보면 표 7과 같다. 건초의 건물손실은 평균 12.8%였으며, 대조구에서 가장 높았고(17.4%) 다음이 건조제 처리구였으며, conditioning구에서 손실이 가장 적었다. 외관평점은 평균 77점으로 낮았으며, 건조방법별로는 대조구와 건조제 처리구에서 낮았고, conditioning구에서 80점으로 다소 높았다.

Table 6. Dry efficiency of spring oats as affected by chemical/mechanical treatment

Chemical/ Mechanical	Moisture content (%)									
	At harvest	1st day		2nd day		3rd day		4th day		
		12:00	16:00	12:00	16:00	12:00	16:00	12:00	16:00	
Control	78.9	76.8	70.9	67.8	-	50.6	39.1	37.1	19.8	
K ₂ CO ₃	78.1	75.8	70.1	66.7	-	47.8	33.8	31.9	17.5	
Conditioning	78.7	74.1	62.4	55.7	-	23.9	18.6	-	-	
Mean	78.6	75.6	67.8	63.4	-	40.8	30.5			

Table 7. Dry matter(DM) loss and visual estimation of spring oats as affected by chemical/mechanical treatment (After storing two months)

Chemical/ mechanical	DM loss (%)	Visual estimation *						
		Stage	Leafi- ness	Color	Odor	Soft- ness	Score	Estima- tion
Control	17.4	20	26	10	10	9	75	Fair
K ₂ CO ₃	11.1	20	26	10	11	9	76	"
Conditioning	9.9	20	26	12	13	9	80	Good
Mean	12.8	20	26	11	11	9	77	

* Estimation of score : Excellent(90 and above), Good(80~89), Fair(65~79), Poor (below 65)
 ** The samples within 3 replications were mixed.

Table 8. Nutritive value of spring oats as affected by chemical/mechanical treatment (At harvest and after storing two months)

Item	Chemical/ mechanical	DM basis (%)				RFV
		Crude protein	ADF	NDF	IVDMD	
At harvest	-	14.0	35.1	65.0	57.4	100
After storing two months	Control	10.1	49.3	77.9	60.9	60
	K ₂ CO ₃	9.1	49.3	77.7	60.9	60
	Conditioning	12.0	44.0	70.2	62.6	72
	Mean	10.4	47.5	75.3	61.5	64

* The samples within 3 replications were mixed.

본 시험에서 알팔파가 연맥에 비해 전반적인 평점이 좋았으나 부드러운 정도는 연맥이 9점으로 알팔파(6점)에 비해 높았는데, 이는 개화초기의 알팔파 줄기가 출수기 연맥에 비해 딱딱하였기 때문으로 풀이된다. 또 conditioning으로 건조의 외관평점을 높일 수 있었으나 건조제 처리의 효과는 거의 없었는데, 이는 conditioning에서 포장건조 일수를 단축시킬 수 있었는데 비해 건조제 처리구에서는 건조효과가 거의 없었던데 기인한다고 생각된다.

연맥 건조의 사료가치를 비교해 보면(표 8), 수확당시 사료가치는 조단백질 14.0%, ADF 35.1%, NDF 65.0%, 소화율 57.4%, 상대사료가치 100 이었다. 그러나 곧포후 2개월간 저장한 연맥 건조의 평균 사료가치는 조단백질 10.4%, ADF 47.5%, NDF 75.3%, 건물소화율 61.5%, 상대사료가치 64로 수확당시에 비해 크게 낮았는데, 이는 알팔파에서와 마찬가지로 건조기간중 예기치 못한 경우와 저장기간중 가용성 당류 함량이 감소하여 상대적으로 조섬유 함량이 높아진데 기인한 것으로 추정된다.

또한 건조방법별 건조의 사료가치는 처리별 큰 차이는 없었으나 대조구나 건조제 처리구에 비해 conditioning구에서 ADF와 NDF 함량이 다소 낮고 건물 소화율은 약간 높았으며 상대사료가치도 조금 높은 경향이었다. 여기서 건조제 처리구가 대조구에 비해 사료가치 차이가 없었던 것은 앞에서

언급한 수분 함량 감소의 차이가 없었던 것과 관계가 있는 것으로 생각된다. 이와 함께 우리나라에서 봄 연맥으로 시험한 한과 김(1996)도 건조제 처리에 따른 건조의 사료가치 차이는 없었다고 발표한 바 있다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 속성건조를 위한 알팔파와 봄 연맥의 건조조제시 건조속도와 건조의 사료가치에 미치는 건조제 처리효과는 전반적으로 낮아 건조제는 실용화하기에 어려울 것으로 보이며, 우리나라에서 건조는 봄철 1번초 위주로 생산되는데 이 때 알팔파와 연맥은 혼파목초(서등, 1998b)와 호밀(정 등, 1999)에서와 같이 수확량이 많고 예건열이 두터워 건조제 처리에도 불구하고 줄기의 건조효과가 매우 낮았을 것으로 추정된다(Rotz와 Davis, 1986). 따라서 1차 수확시에는 건조효과가 높은 conditioning이 추천되며 mower conditioner는 건조뿐만 아니라 사일리지 조제시에도 유용하게 이용될 수 있으므로 어느 규모 이상의 초지나 사료작물포를 보유한 농가에서는 적극 구입을 권장할 수 있을 것이다.

IV. 적 요

본 시험은 봄철 속성건조에 의한 건조효과와 건조품질을 구명하여 양질의 건조를 조제코자, 알팔파(Vernal)와 연맥(Swan)을 공시하여 건조방법(건조제, conditioning, 대조구)을 달리하여 1997년 봄 수

원 축산기술연구소에서 수행되었다. 수확시기는 6월 3일로 알팔파는 개화초기, 연맥은 출수기였으며, 화학제인 건조제는 KCO_3 2%를 수확직전 처리하였고, 물리적인 conditioning은 모델 GMR 2800 trail-type mower conditioner를 사용하였다. 포장건조후 각형 곤포를 조제하였으며, 건조의 외관평가와 사료가치는 2개월간 보관저장후 분석·평가하였고, 시기별 식물체의 수분 함량은 포장상태에서 양과망을 이용 조사하였다.

건조방법별 건조속도는 conditioning구에서 우수하였고, 전반적으로 건조제 처리효과는 낮았다. conditioning 처리시 건조조제 가능일수는 3일 정도로 건조제 처리구나 대조구에 비해 1일 이상 포장 건조기간 단축효과가 있었다. 건조의 건물손실은 알팔파와 연맥 모두 conditioning구에서 적었으며, 달관평가에서도 conditioning구에서 가장 우수하였다. 건조의 화학성분 평가에서 사료가치는 수확당시에 비해 크게 낮았는데, 이는 건조기간중 강우(7.8mm)와 저장기간중 가용성 당류의 손실에 의한 것으로 추정되며 대조구에 비해 conditioning구에서 ADF와 NDF 함량이 다소 낮고 건물소화율은 약간 높은 경향을 보였다.

이상의 결과로서 알팔파와 봄 연맥의 건조조제시 포장 건조기간 단축과 품질향상을 위해서는 mower conditioner 사용이 가장 바람직하였으며, 건조제 처리효과는 없었고, 전반적으로 알팔파 건조의 품질이 봄 연맥에 비해 우수하였다.

V. 인 용 문 헌

1. 서 성, 김종근, 정의수, 강우성, 양종성. 1998a. Alfalfa와 호밀에 있어서 속성 건조조제를 위한 건조제 처리효과. 한초지 18(2):89-94.
2. 서 성, 정의수, 김종근, 김원호, 강우성, 이효원. 1998b. Mower Conditioner와 건조제 처리에 의한 속성 양질 혼파목초 건조조제 효과. 한초지 18(3):259-266.
3. 정의수, 서 성, 김종근, 강우성, 김종덕. 1999. 수확시기별 Mower Conditioner 처리에 의한 속성 양질 호밀 건조조제 효과. 한초지 19(3): 251-258.
4. 한건준, 김동암. 1996. 품종, 수확시기 및 건조제 처리가 춘계수확 연맥 건조의 사료가치에 미치는 영향. 한초지 16(2):161-168.
5. Akkharath, I., M.L. Gupta and J.N. Tullberg. 1996. The influence of weather on the effectiveness of mechanical and chemical conditioning on drying rate of lucerne hay. Grass and Forage Sci. 51:96-102.
6. Baylor, J.E. 1976. Hay production, preservation and quality. Beef Cattle Sci. HB, Vol. 13, pp. 199. Penn. State Univ.
7. Baylor, J.E. 1991. Hay management in North America. In Field guide for hay and silage management. Bolsen, K.K., J.E. Baylor, and M. E. McCullough. 1991. National Feed Ingredients Association.
8. Burns, J.D. and G.D. Lacefield. 1991. In Southern forages. Ball, D.M., C.S. Hoveland, and G.D. Lacefield. 1991. Pub. by PPI and FAR.
9. Collins, M. 1983. Wetting and maturity effects on the quality of legume hay. Agron. J. 75: 523-527.
10. Holland, C. and W. Kezar. 1990. Pioneer forage manual : A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred International, Inc. pp. 1-55.
11. Hong, B.J., G.A. Broderick and R.P. Walgenbach. 1988. Effect of chemical composition of alfalfa on drying rate and nutrient digestion in ruminants. J. Dairy Sci. 71:1851- 1859.
12. Itokawa, N., Y. Honda, and T. Baba. 1996. Field drying characteristics of grasses and prediction of drying process. J. JPN. Grassl. Sci. 41(4):336-344.
13. Jones, L., and J. Prickett. 1981. The rate of water loss from cut grass of different species dried at 20°C. Grass and Forage Sci. 36:17-23.
14. Meredith, R.H. and J.B. Warboys. 1996. The use of roll-conditioning andpotassium carbonate (KCO_3) to increase the drying rate of lucerne (*Medicago sativa* L.). Grass and Forage Sci. 51:8-12.
15. Pitt, R.E. 1991. Hay preservation and hay additive products. In Field guide for hay and silage management. Bolsen, K.K., J.E. Baylor,

- and M.E. McCullough. 1991. National Feed Ingredients Association.
16. Rotz, C.A. and R.J. Davis. 1986. Drying and field losses of alfalfa as influenced by mechanical and chemical conditioning. Proc. of the Forage and Grassland Conf. 157-161. AFGC. Lexington, KY.
17. Rotz, C.A. and S.M. Abrams. 1987. Alfalfa losses and quality changes during hay harvest and storage. Trans. ASAE 31:350-355.
18. Smith, D.M. and D.M. Brown. 1994. Rainfall-induced leaching and leaf losses from drying alfalfa forage. Agron. J. 86:503-510.
19. Tullberg, N.J. and D.E. Angus. 1978. The effect of potassium carbonate solution on the drying of lucerne. J. Agric. Sci. 91:551-556.
20. Verma, L.R., M.T. Chung and L.A. Jacobsen. 1986. Effects of conditioning on drying of forages. Proc. of the Forage and Grassland Confer. AFGC. Lexington. KY., USA.
21. Zimmer, C.J., A.J. Heinrichs, C.J. Canale and G. A. Varga. 1991. Chemical drying agents for alfalfa hay: Effect on nutrient digestibility and lactational performance. J. Dairy Sci. 74:2674-2680.