

답리작 맥류 랩-사일리지의 일관생산을 위한 기계화 모델(II)[†]

- 맥류 랩-사일리지의 품질분석 및 급여효과 -

Modeling of Mechanized Production System for

Wrapped Winter Barley Silage in Korea(II)

-Quality Analysis of the Silage and Feeding Effect on Dairy Cow-

박경규*	김혁주*	홍동혁*
정회원	정회원	정회원
K.K.Park	H.J.Kim	D.H.Hong

1. 서론

최근 우리나라의 젖소 및 한우의 사육에 있어 가장 큰 문제점은 양질의 조사료 생산기반이 대단히 부실하다는 데에 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 겨울철에 논에서 맥류를 재배하여 조사료로 이용하는 “답리작 맥류 조사료의 일관생산을 위한 기계화 모델”이 제시되었으며, 대규모 기계화 시스템을 이용하여 단기간 내에 양질의 조사료 생산기반 구축이 가능함을 실작업을 통하여 입증하였다(박경규 외, 1999 ; 2000a). 제시된 기계화 모델 중에서 예취 후 압축결속된 맥류를 비닐로 밀봉하여 젖산발효시키는 랩-사일리지 생산모델이 우리나라 실정에 가장 적합한 것으로 나타났다. 답리작 맥류의 랩-사일리지 생산 시스템은 대형의 다양한 기계가 투입되어 짧은 시간 내에 대량의 사일리지를 생산하는 시스템으로서 아직은 제조기술과 기계화를 통한 생산기술이 수도작 농가 및 축산농가에 보편화되어 있지 못하다. 따라서 랩-사일리지 생산 시스템이 실제 농가에서 널리 이용되기 위해서는 여타의 사료에 비해 ①생산비가 저렴하고 ②생산된 사일리지의 품질이 높아, ③궁극적으로 수도작 농가와 축산 농가 모두에게 소득향상의 기회가 될 수 있어야 한다. 이미 본 연구의 제1보(박경규 외, 1999)에서는 수입 조사료, 볏짚 등에 비해 월등히 낮은 생산비로 랩-사일리지의 생산이 가능함을 보였으며, 이렇게 저렴하게 생산된 맥류 랩-사일리지가 우리나라 축산업의 조사료원이 되기 위해서는 사일리지의 품질과 가축에 급여되었을 때의 효과에 대한 검증이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 답리작 맥류 랩-사일리지의 실제 생산작업을 통해 얻어진 자료를 토대로 ①여러가지 방법으로 가공처리된 맥류 랩-사일리지의 사료적 가치를 규명하며, ②실제 젖소에 급여했을 때의 효과를 조사하여 답리작 맥류 랩-사일리지가 우리나라 축산업의 주조사료원으로 이용될 수 있음을 제시하는 데에 목적이 있다

* 경북대학교 농업기계공학과

† 본 연구는 2000년 농림부의 농림기술 연구개발과제로 연구 수행중임

2. 재료 및 방법

가. 맥류 랩-사일리지의 품질 분석

(1) 맥류 랩-사일리지의 제조공정과 품질

맥류를 랩-사일리지로 가공하기 위한 제조공정은 ①맥류 재배 → ②예취(모어) 후 포장에서 예건(천일건조) → ③건조축진을 위해 반전하고, 결속작업을 위해 작물을 집초(레이크) → ④집초된 작물을 압축밀도가 350kg/m³ 이상이 되도록 원형으로 압축·결속(베일러) → ⑤원형베일을 비닐로 반복하여 감아 공기가 새지 않도록 밀봉(베일 래퍼) → ⑥적당한 장소로 운반, 저장하면 약 30일 경과시 완전한 사일리지가 되고 가축에 급여할 수 있게 된다.

이 때, 맥류 랩-사일리지의 품질을 좌우하는 것은 예취시의 맥류의 성장정도(호맥인 경우 유숙기, 대맥인 경우 호숙기가 예취 적기 : 김정갑 외, 1995b), 베일링 작업시의 작물의 함수율(예건 후 함수율 w.b. 50~60%가 적합 : 박경규 외, 2000b ; 고영두 외, 1999), 베일의 압축밀도, 베일을 밀봉한 랩 비닐의 밀봉정도 등이다. 맥류를 랩-사일리지로 가공함에 있어 이러한 요인에 대해 충분히 대비하지 않는다면 많은 양의 작물을 수확하였다고 하더라도 사일리지의 품질이 저하되고 결과적으로 생산 농가는 막대한 손실을 입게 될 것이다.

(2) 맥류 랩-사일리지의 가공 방법

보리나 호맥 등의 맥류는 수확시기가 다소 빠르거나 늦었을 경우, 함수율이 지나치게 적거나 많은 경우 당분 등 사일리지 발효에 필요한 영양분이 적어지고 양질의 발효를 촉진시키는 유산균 증식에 부적합한 환경이 조성될 수 있다. 이 때 젖산 발효를 유도하기 위하여 발효 촉진제를 사용하는데 본 연구에서는 소량의 유산균을 직접 재료에 접종하거나 개미산(formic acid)을 재료중량 대비 0.3%가 되도록 주입하였다. 또한 이상의 2가지 방법 이외에 아무 것도 첨가하지 않는 무처리 방법으로도 사일리지를 가공하였다.

(3) 맥류 랩-사일리지 품질분석 내용

사일리지의 품질은 여러가지 방법에 의하여 판단할 수 있다. 관능적인 방법, 화학적인 방법, 가축에 의한 평가 등이 있는데, 이 중에서 가장 간단하고 실제 현장에서 사용되어지는 방법은 관능적인 방법이다. 즉, 발효가 완료된 사일리지의 냄새, 색깔, 잎과 줄기 등의 보존 정도에 따라 점수를 부여하고 등급을 산정하는 방법이다(고영두 외, 1999 ; Ohyama 등, 1980). 본 연구에서는 4개월 동안 밀봉 저장된 호맥 랩-사일리지에 대해 Ohyama의 기준을 근거로 품질을 평가하였다. 그러나 이 방법은 주관적인 것이므로 보다 객관화하기 위해 화학적 분석을 실시하였는데, 우선 pH를 조사하여 사일리지의 산도를 알아보고 젖산, 초산, 낙산 등의 함유량을 조사하여 Flieg법(1978)에 의해 사일리지의 품질을 분석·평가(맹원재 외, 1998)하였다. 일반적으로, pH는 사일리지의 발효정도를 나타내는 지수로 이용이 되고 유기산 구성비는 사일리지의 품질을 향상시키는 초산에 대한 유산의 정도와 낙산에 의한 부패의 정도를 알 수 있게 한다(고영두 외, 1999).

(4) 함수율과 pH 및 유기산 함량의 측정 방법

(가) 시료의 준비

품질 분석에 사용된 재료는 2000년 5월에 수확한 호맥 랩-사일리지이다. 이들 재료는 정상적으로 예진된 것과 예진 기간 중에 비를 맞아 건조 기간이 늘어난 것을 선정하였고 가공 방법에 따라 앞에서 언급한 바와 같이 유산균처리, 개미산처리, 무처리 등의 3가지로 분류하였다. pH와 유기산의 함량을 조사하기 위하여 제조 후 4개월간 저장된 사일리지를 채취하였다. 채취 방법은 그림1과 같이 원형의 긴 파이프를 랩-베일의 내부까지 삽입하고 상하좌우의 여러 지점에서 약 200g의 샘플을 채취하여 재료가 샘플용기 내에서 골고루 잘 섞이게 하였다. 이 때 시료는 즉시 밀봉하여 공기가 새지 않도록 해야한다. 준비된 시료 중에서 15g을 채취하여 pH 및 유기산 분석에 사용하고 나머지는 함수율 측정에 이용하였다.

(나) 함수율과 pH 및 유기산의 측정

사일리지의 함수율은 적외선 수분계(일본Kett, FD-240)로 측정하였다. pH와 유기산의 측정은 각각 pH-meter(Orion, 420A), HPLC(High Performance Liquid Chromatograph ; 600E)장비를 이용하였다. 그런데, 준비된 시료는 모두 고체상태로 pH와 유기산의 분석이 불가능하므로 이를 용액상태로 추출하는 전처리를 실시하였다. 전처리의 실시는 사일리지 용액추출시의 전형적인 방법(하종규 외, 1992)을 사용하였다. 과정을 요약하면 ①준비된 시료 15g을 샘플병에 넣고 여기에 증류수 150ml를 가하여 때때로 흔들어 주면서 24시간 방치한다(그림2). ②여과지(5A)로 여과하여 추출물을 얻는다. pH의 측정은 얻어진 추출물 일정량으로 그림3과 같이 범용의 pH-meter를 이용하여 반복 측정하였다. 유기산을 분석하는 경우는 추출물을 고정도 필터를 이용하여 한번 더 여과하고 여과액 10 μ l를 HPLC 장비에 주사하여 용액 내에 존재하는 젖산, 초산, 낙산의 함량을 측정하였다(그림4).



그림 1 샘플 채취장면



그림 2 용액 추출을 위한 진탕



그림 3 pH의 측정

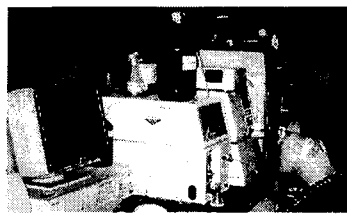


그림 4 유기산의 측정

나. 맥류 랩-사일리지의 급여효과의 조사

사일리지의 품질은 외관상(관능평가, pH측정, 화학적 분석 등) 우수해도 가축의 기호성이 떨어지거나 섭취 후 생산성이 떨어진다면 우수한 사일리지라 될 수 없다. 따라서 사일리지 평가의 가장 실질적이고 중요한 방법은 가축에 급여하여 기호성과 섭취량 및 가축의 생산성을 조사하는 것이다(고영두 외, 1999)

따라서, 본 연구에서는 생산된 호맥 사일리지를 경북대학교 부속농장에 저장하여 4개월 뒤인 2000년 9월경에 사일리지 완전히 숙성된 다음 젖소에 급여하여 그 효과를 조사하였다. 급여효과의 조사 항목은 본 연구진에서 조사할 수 있는 항목으로 일일 사료 섭취량, 일일 우유 생산량 등을 관찰, 기록하였고 생산된 우유의 품질과 유대 수입 등은 납유 회사의 우유 등급 검사결과 및 납유 대금을 기준으로 하였다.

대상 젖소는 모두 착유우로 한정하고 실험기간 내의 젖소의 수는 8~10마리로 유지하였다. 이 때, 호맥 사일리지를 급여한 효과를 벃짚 급여와 옥수수 사일리지 급여할 경우와 비교하여 관찰하기 위하여 ①벃짚 + 배합사료 위주로 사료를 급여하다가 ②호맥 사일리지 + 배합사료 위주로 급여하고 이어서 ③옥수수 사일리지 + 배합사료 위주로 급여하였다. 이 때, 벃짚과 호맥 사일리지, 옥수수 사일리지 등은 자유채식으로 급여하고 나머지 사료의 양은 고정하였다. 위의 세 가지 형태의 사료급여기간은 각각 31일, 15일, 31일로 연이어 사료를 급여하였으며 사료의 내용이 바뀌는 경우의 사료 적응기간은 3일 정도로 하였다. 급여사료의 종류와 양은 경북대학교 부속목장에서 자체 사료급여프로그램에 의거 결정하였다.

또한, 본 연구진에서는 위의 급여효과 조사 이외에도 경상북도 경주시 안강읍 소재의 D목장에서의 맥류 랩-사일리지 급여 사례를 조사하였다. 동 목장에서의 착유우의 평균두수는 44마리이고 1999년 봄에 수확, 가공한 랩-사일리지를 2000년 1월~4월 사이에 집중적으로 급여하였다. 이상과 같이 조사한 경북대와 D목장에서의 사료급여 내용을 표1에 나타내었다.

표 1 급여 사료의 구성

경북대학교 부속목장	구분	벃짚 중심 급여	호맥 사일리지 중심 급여	옥수수 사일리지 중심 급여	
	사료급여 내용 (1일-1두)	벃짚 : 자유 채식	호맥 사일리지 : 자유채식	옥수수 사일리지 : 자유채식	
		배합사료 14 kg	배합사료 8 kg	배합사료 8 kg	
		수입건초 2 kg	수입건초 2 kg	수입건초 2 kg	
경주 D목장	사료 급여 내용 (1일-1두)	맥류 사일리지 급여 이전(1999)		맥류 사일리지 급여 이후(2000)	
		옥수수 사일리지 없는 경우	옥수수 사일리지 있는 경우	옥수수사일리지 없는 경우	옥수수 사일리지 있는 경우
		벃짚 10kg	벃짚 5 kg	벃짚 1 kg	벃짚 1 kg
		배합사료 13.5 kg	배합사료 13.5 kg	배합사료 8.8 kg	배합사료 8.8 kg
		-	옥수수 사일리지 10 kg	보리 사일리지 15.5 kg	옥수수 사일리지 11.7 kg
		-	-	수입건초 2 kg	수입건초 2 kg
합계 23.5 kg	합계 28.5 kg	합계 27.3 kg	23.5 kg		

3. 결과 및 고찰

가. 맥류 랩-사일리지의 품질 분석 결과

(1) 관능 검사결과

관능 검사의 결과를 아래의 표2에 나타내었는데, 결과는 매우 양호했다.

표 2 맥류 랩-사일리지의 관능 검사결과

항목	성상	점수	판정	비고
냄새	낙산취없고, 향긋한 산취	14	*합계점수 : 18 *등급 : 1 (우수~양호)	(Ohyama 등, 1980)
구조	잎과 줄기 약간 파괴	2		
색깔	변색이 없는 담황색	2		

(2) pH 및 유기산의 측정결과

맥류 랩-사일리지의 함수율과 pH, 유기산의 측정결과를 표3에 나타내었는데, 맥류를 랩-사일리지로 가공하는 경우 대부분 매우 좋은 품질의 사일리지를 얻을 수 있었다.

표 3 맥류 랩-사일리지의 함수율과 pH 및 유기산의 측정결과

품종	첨가제 처리	함수율 (w.b %)	pH	건물중 유기산(%)			Flieg 등급	
				젖산	낙산	초산		
호맥	유산균	45	4.3	4.2	0	1.0	1등급	
호맥	유산균	57	4.8	5.6	0	1.8	1등급	(재료 비맞음)
호맥	개미산	44	4.3	2.7	0	0.4	1등급	
호맥	무처리	48	4.4	3.1	0	1.2	1등급	

*Flieg 등급: 맹원재외,1998

본 연구에서 제조한 랩-사일리지는 모두 제조시에 햇볕이 좋은 날 만나절~1일 정도의 예건 기간을 거친 관계로 함수율이 관행의 옥수수 사일리지보다는 낮은 수준인 40~60%(w.b) 정도로 형성되었다. 이를 보고된 자료(김정갑 외, 1995a)와 비교하면 대체로 함수율과 젖산의 함량은 약간 낮고 pH는 비슷한 것으로 나타났으며, 젖산의 함량이 낮은 것은 낮은 함수율과 연관이 있는 것으로 판단된다. 그러나 젖산 생성량이 적고 pH는 약간 높지만 불량발효의 지수가 되는 낙산의 생성량이 거의 없어 발효품질이 매우 양호한 것으로 판단되는데, 이는 보고된 내용과(고영두 외, 1999) 같은 결과인 것으로 보인다.

유산균 처리의 경우 함수율 40~65%(w.b)의 넓은 범위에서, 또한 재료가 비를 맞는 등의 조건에 크게 영향을 받지 않고 안정된 사일리지의 발효가 가능한 것으로 판단된다. 개미산 처리의 경우 양호한 품질을 보이고 있으나 젖산 함량이 유산균처리에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 무처리의 경우 역시 99년도에 제조한 사일리지를 6개월 이상 저장 후 급여하였을 때 품질에 이상이 없었으며 위의 결과에서 보듯이 대체로 우수한 품질을 보였다. 젖산의 검출은 개미산 처리와 같이 유산균 처리에 비해 낮게 나타났으나 낙산의 검출이 전혀없어 품질에 문제가 없는 것으로 판단된다. 따라서 함수율을 40~60%(w.b)를 유지하고 이물질의 혼입이 없도록 하면 비용이 많이 드는 유산균이나 인체에 유해한 개미산 등의 첨가제 처리를 하지 않아도 양질의 사일리지를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 저수분 사일리지의 이용은 10~20%에 이르는 수분을 감소하여 제조하므로 랩-사일리지의 운반, 저장에 있어 경비의 절감이 가능하다.

나. 맥류 랩-사일리지의 급여효과의 조사 결과

앞에서 언급한 바와 같이 본 연구진에서는 경북대학교 부속목장에서 착유우에 사료를 직접 급여하고 두당 일일 산유량, 우유등급, 유대수입 등을 관찰하였다. 또한 사례조사로서 D 목장에서의 1999년~2000까지의 생산과 매출 자료를 조사하여 그 내용을 표4에 나타내었다.

표 4 맥류 랩-사일리지 급여효과의 조사결과

구분	사료 내용	채식량 (kg/두-일)	두당 산유량 (kg/두-일)	우유 품질	유대 수입 (원/두-일)	비고
a)경북 대학교 부속목장	벼짚 중심	15(벼짚)	14.2	평균 1B	8,655	** 사일리지
	호맥 중심	25(호맥**)	17.7	평균 1A	10,837	
	옥수수 중심	27(옥수수**)	20.2	평균 1A	12,263	
b)D목장	맥류 사일리지 비급여(1999)	10~15 (벼짚+옥수수**)	22	평균 1B	11,146	** 사일리지
	맥류 사일리지 급여(2000)	12.7~16.5 (벼짚+맥류**+옥수수**)	25	평균 1A	13,524	

표에서 보는 바와 같이 a)의 경우 벼짚 대신 호맥 랩-사일리지를 급여했을 때, 채식량과 두당 산유량이 증가하고 유대수입이 25% 이상 증가하였다. b)의 경우도 두당 산유량이 증가하고 유대수입이 21% 증가하였다. 우유의 품질 또한 1B에서 1A로 향상되었으나 이는 전적으로 호맥 사일리지 급여 결과라고 단정하기는 어렵다. 따라서 호맥 랩-사일리지의 급여 결과는 벼짚 급여에 비하여 비약적인 생산량의 증대가 가능한 것으로 판단된다. 맥류 랩-사일리지는 옥수수 사일리지와 비교하여 보면 전체적으로 채식량이 낮고 산유량도 낮은 것으로 나타났지만, 우리나라와 같이 옥수수를 경작할 수 있는 사료포가 제한되어 있는 실정에서는 관행의 옥수수 사일리지의 훌륭한 대체사료로 이용될 수 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론 및 요약

본 연구는 우리나라 축산업의 고질적인 문제인 축산 조사료의 부족을 해결하기 위해 겨울철 논에 보리나 호맥 등의 맥류를 재배하여 조사료화하기 위해 실시되었다. 제1보에서는 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 모델의 실현 가능성과 랩-사일리지의 생산비가 저렴함을 보고하였다. 본보에서는 저렴하게 생산된 랩-사일리지가 농가에 공급되었을 때 안전하고도 생산성이 높은 조사료로 이용될 수 있는지를 알아보기 위해, 사일리지의 품질을 분석하고 가축에 급여했을 때의 효과를 조사하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 생산된 랩-사일리지를 4개월 이상 저장하여 관능검사를 실시한 결과 냄새는 낙산취없이 향긋한 산취가 나며 잎, 줄기 등의 구조가 양호하고 사일리지 특유의 담황색을 보였다. 또한 사일리지의 함수율, pH, 유기산(젖산, 초산, 낙산)을 조사한 결과 부패정도를 나타내는 낙산의 검출이 전혀없고 젖산과 초산의 조성비도 우수하여 1등급의 사일리지로 판단되었다.

2) 예취 후 0.5~1일 정도 예건하여 제조된 사일리지의 함수율은 40~60%(w.b)의 분포를 보

이고 전체적으로 첨가제의 투입 없이도 품질 좋은 사일리지의 생산이 가능하였다. 이는 저수분의 사일리지를 생산할 수 있고 값비싼 첨가제 투입을 줄일 수 있어 사일리지 생산과 저장에 있어서의 제반 경비의 절감이 가능한 것으로 판단되었다. 또한, 유산균 또는 개미산 등의 첨가는 작물에의 이물질 혼입, 예건시의 비맞음 등에 의해 작물의 양분 손실이 예상될 경우 적용하면 안전한 사일리지 제조가 가능한 것으로 판단되었다.

3) 생산된 호맥 사일리지는 경북대학교 부속농장의 젓소를 대상으로, 급여한 효과를 관찰하기 위하여 ①볏짚 위주로 사료를 급여하다가 ②호맥 사일리지 위주로 급여하고 이어서 ③옥수수 사일리지 위주로 급여한 후 일일 사료 섭취량, 일일 우유 생산량, 우유 품질, 유대 수입 등을 조사하였다. 또한, 경주 관내 D 목장에서의 맥류 랩-사일리지 급여효과를 조사하였다. 그 결과 두 군데 모두 옥수수 급여시보다는 산유량이 약간 적었지만 볏짚 급여 대비하여 젓소의 채식량이 증가하고 산유량이 각각 25%, 14% 증가했으며, 유대 수입이 각각 25%, 21% 증가한 것으로 나타났다.

4) 이상에서 살펴본 바와 같이 우리나라에서 답리작 맥류를 랩-사일리지로 생산하였을 경우 품질이 매우 좋은 것으로 나타나 축산 농가에서 이용할 경우 옥수수 이외의 양질의 조사료를 이용할 수 있어 가축의 생산성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 조사료가 부족한 우리나라에서 답리작 맥류 랩-사일리지는 주요한 조사료 공급원으로 자리잡을 수 있으며, 이에 따라 축산업의 안정적 발전, 대외 경쟁력의 강화, 수입 곡물 및 수입 조사료의 국산화 대체로 외화 절감에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 참고 문헌

1. 고영두 외.1999. 반추 가축을 위한 사일리지 제조전략. 선진문화사. pp98~92, pp135~142
2. 김정갑 외.1995a. 주요 사료작물의 곤포 사일리지 제조이용에 관한 연구(I. 작물의 생리적 특성과 곤포 사일리지 조제이용). 한국초지학회지 15(1) pp73~79.
3. 김정갑 외.1995b. 주요 사료작물의 곤포 사일리지 제조이용에 관한 연구(II. 생육단계별 건물축적형태와 곤포 사일리지 조제이용). 한국초지학회지 15(3) pp198~206.
4. 맹원재 외.1998. 사료 자원학. 향문사. pp229~233
5. 박경규 외.1999. 답리작 맥류 조사료의 일관 생산을 위한 기계화 모델. 1999 한국농업기계학회 하계학술대회 pp46~51.
6. 박경규 외.2000a. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 생산기술. 2000 한국농업기계학회 동계학술대회 pp129~134.
7. 박경규.2000b.답리작 조사료의 랩-사일리지 일관화 생산을 위한 모델 및 기계 개발. 농림부.연차보고서 pp19~20
8. 하종규 외.1992. 반추 영양학 실험법. 도서출판 신평. pp173~177