

트랙터 견인형 베일 래퍼의 개발†

Development of a Tractor attached bale wrapper

박경규*	장 철**	김혁주*	서상훈*	나규동*	홍동혁*
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
K.K.Park	C.Jang	H.J.kim	S.H.Seo	K.D.Nah	D.H.Hong

1. 서론

최근 우리나라의 젓소 및 한우의 사육두수는 계속 증가 추세에 있으며 젓소와 비육우는 1999년 현재 약 270만여 두가 사육되고 있다. 반면 사육농가는 계속 줄어들어 호당 사육두수가 꾸준히 증가하고 있음에도 불구하고, 아직은 축산 선진국에 비하여 규모가 영세한 탓에 많은 문제점을 안고 있다. 그 중 조사료 자급의 문제점이 심각한 수준으로 우리나라의 경우 조사료 급여비율이 33%로 미국이나 일본 등에 비해 많이 낮아져 있을 뿐만 아니라 최소 한계인 40%에도 미치지 못하고 있어 양질 조사료 생산확대를 통한 경영비 절감과 비효율적인 조사료 급여 구조의 개선이 요구되어지고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 겨울철에 재배 가능한 맥류를 조사료화하는 방안으로 담리작 조사료의 기계화 일관 생산 모델이 제시되어 대규모 기계화 생산에 의해 양질의 조사료를 보다 낮은 생산비로 생산이 가능함을 보였고 실제의 현장 시험을 통하여 단기간 내에 양질의 조사료 생산 기반 구축이 가능함을 보였다(박경규 외, 1998, 1999a, 2000). 제시된 기계화 모델 중 우리나라에 가장 적절한 것은 압축된 베일을 비닐로 밀봉하여 사일리지로 가공하는 랩-사일리지 방법으로 판단되는 데, 그 이유는 랩-사일리지 생산 시스템이 관행의 사일리지 생산 시스템에 비해 경작 규모의 확대가 용이하고 대규모 기계 투입을 통한 노동력 및 생산비의 절감으로 생산성을 높일 수 있으며 500~1,000 kg의 일정 단위로 생산할 수 있어 유통화가 가능한 점을 들 수 있다. 랩-사일리지의 제조 공정은 ①맥류의 재배 → ②예취(모어) → ③예건(천일) → ④집초, 반전(레이크) → ⑤결속(베일러) → ⑥피복, 밀봉(베일 래퍼) → ⑦운반, 저장(핸들러)의 순서로 이루어진다. 이러한 공정을 거치는 랩-사일리지의 품질은 대상 재료의 수확시의 함수율, 베일링 후의 베일의 압축력, 그리고 비닐-랩의 밀봉성에 의해 좌우된다. 특히 비닐-랩의 밀봉성은 발효중 산소를 차단하므로 양질의 젓산 발효가 가능하게 하고 장기간 저장에 있어서의 변패를 방지할 수 있게 한다.

현재 우리나라에서 담리작이 가능한 논은 약 88만 정보로 보고되고 있다. 이 중 40만 정보의 담리작 조사료를 재배하고, 20정보를 한 작업 단위로 하여 2만 개의 작업단위가 구성된다면 작업 단위당 3천만원 이상의 기계 가격이 소요되어 조사료용 농기계 시장은 6천억 이상의 규모가 될 것으로 판단된다(박경규 외, 1999b). 그러나 현재 우리나라에는 조사료를 대규모로 생산할 수 있는 모어, 베일러, 베일 래퍼 등의 기계들이 국산화되어 있지 않아 본격적인 담리작 맥류 조사료의 생산이 활발해지면 수입 기계의 사용이 불가피한 것으로 판단된다. 특히 랩-사일리지 생산의 핵심 공정인 원형 베일의 피복, 밀봉을 위한 베일 래퍼와

† 본 연구는 농림부의 농업특정과제 연구비로 수행중임

* 경북대학교 농업기계공학과

** 아세아 종합기계(주) 연구소

같은 기계들은 우선적으로 국산 개발이 이루어져야 한다. 베일 래퍼의 경우는 국산 기계를 공급할 경우는 20%이상의 가격절감이 가능한 것으로 파악되고 있어 기계의 국산화는 외화 유출의 방지와 저렴한 기계의 공급으로 조사료 생산비의 절감에도 기여할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 조사료 생산 기계 중에서 랩-사일리지의 생산의 핵심 공정인 원형 베일의 랩핑을 위한 원형 베일 래퍼의 베일 랩핑 공정을 분석하고 전체 작동 시스템을 설계하며 시작품을 제작하여 성능을 평가하여 최종적으로 베일 래퍼의 국산화 개발을 실시함에 있다.

2. 시작품의 개발

가. 베일 래퍼의 종류

현재 외국에서 널리 사용되고 있는 베일 래퍼의 대표적인 종류로는 원형의 베일을 비닐 피복하는 원형 베일 래퍼를 들 수 있다. 이들은 그 작업 형태에 따라 ①원형 베일이 2축 회전을 하면서 피복되는 형태(그림1, 그림2)와 ②베일러와 연결하여 베일-랩핑을 동시에 실시하는 형태(그림3), ③원형 베일이 길이 방향의 축을 중심으로 회전하고 비닐 공급부가 베일의 주위를 회전하며 피복하는 형태(그림4)등으로 나누어진다.



그림 1 원형 베일 래퍼

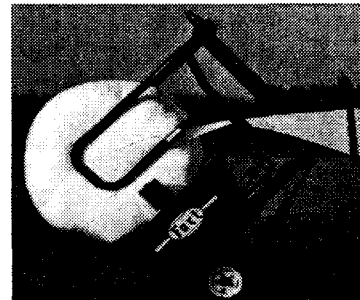


그림 2 원형 베일 래퍼(소형)

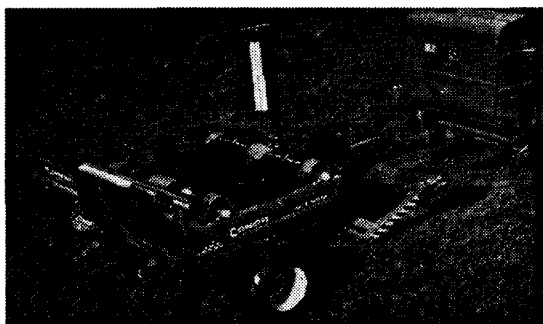


그림 3 조합형 래퍼(원형 베일용)



그림 4 비닐 공급부 회전형 베일 래퍼

그 외에 대형의 사각 베일러에 의해 생산된 사각 베일을 피복하는 사각 베일 래퍼(그림5)를 들 수 있는데, 대형의 사각 베일러는 대체로 가격이 비싸 우리나라 실정에는 원형의 베일러 및 베일 래퍼가 적합한 것으로 보인다. 또한 비닐-랩에 의한 방법과는 달리 비닐 등의 백(bag)에 재료를 압축하여 넣고 이를 밀봉하여(그림6) 형태도 소개되고 있는데, 랩-사일리지 시스템에 비해 보다 대규모의 경작형태에 알맞은 것으로 보인다.

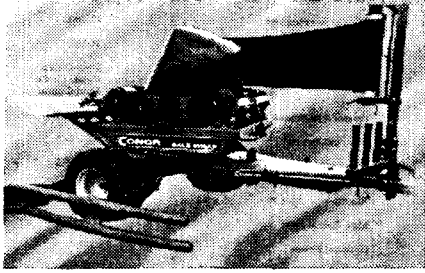


그림 5 사각 베일 래퍼



그림 6 백(bag)형의 간이 사일로

나. 국산 개발품의 개요

위에서 살펴본 바와 같이 현재 세계 각국에서는 여러 형태의 베일 래퍼가 사용되고 있는데, 우리나라는 서구와 달리 경지 규모가 협소하므로 베일 래퍼는 베일-랩핑 조합형보다도 트랙터에 장착하여 단독으로 작업할 수 있는 트레일러 형으로 결정하였다. 랩-비닐의 피복 형태는 비닐 공급부의 회전에 의한 피복 장치가 비닐의 인장(stretching)효과와 기구의 구조가 상대적으로 약한 것으로 판단되어 2축 회전(회전 테이블 및 회전 드럼)형태로 하였다. 동력은 트랙터의 외부 유압에서 취출하였으며 따라서 유압의 작동이 일반적인 범용의 트랙터에서 가능하도록 작동압력을 최고160 kg/cm², 최소 작동유량을 18 litre/min로 하였다. 베일의 리프트 능력은 최대 1,000 kg으로 하였는데, 이는 현재의 원형 베일러에 의해 생산될 수 있는 베일의 무게는 건조인 경우 약 300kg에서 생초의 경우 약 800 kg을 상회하는 수준이 되기 때문이다. 전체 기대의 사양을 표1에 나타내었으며 외관도를 그림7에 나타내었다.

표1. 개발 기대의 사양

항 목	사 양	비 고
전장 × 전고 × 전폭	5,420 × 2,500 × 3,800 (mm)	
상용 유압력	160 bar	최소 유압력
상용 유량	18 ℓ/min	최소 유량
테이블 회전수	30 rpm	최대 회전수
작업 능력	1,000 kg	베일 무게
동력의 취출	트랙터 외부 유압	
전인 방식	트랙터 전인식(히치식)	

다. 베일 랩핑 공정의 분석 및 시스템 설계

1) 베일 랩핑 작업 공정의 분석

베일 래퍼에 의한 원형 베일의 비닐 피복 과정을 살펴보면, ① 작업전 기계의 작동 초기 위치 확인, 랩-비닐의 준비 등의 랩핑 작업 준비 후, ② 원형 베일을 PICK-UP장치로 들어 올려 베일을 테이블에 올린 후 PICK-UP 장치를 내린다. ③ 회전 테이블과 회전 드럼을 회전시켜 베일이 랩-비닐을 감으면서 회전하여 피복이 되도록 한다. ④ 피복된 랩-베일은 회전 테이블과 함께 상승되고 배출장치부로 이동된다. ⑤ 이 때, 랩-비닐 절단용 실린더 및 커터가 작동하여 베일에 감겨진 비닐이 절단되고, ⑥ 비닐이 피복된 랩-베일은 자기 중량에 의해 하강하게 되며 ⑦ 배출 판의 위치에 따라 랩-베일이 후방 또는 측방으로 배출된다. ⑧ 랩-베일의 배출이 끝나면 회전 테이블은 다음 작업을 위한 위치로 이동하게 된다.

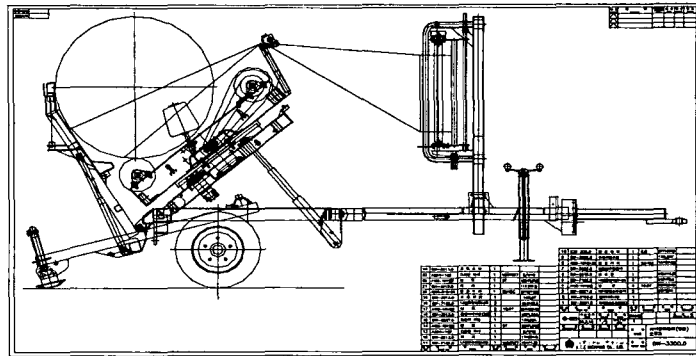


그림 7 개발 기대의 외관도

2) 비닐 피복 및 베일 배출 기능의 분석

베일의 랩핑에 있어 핵심 기능은 원형 베일을 완전히 밀봉이 가능하도록 피복하는 과정과 피복된 랩-베일의 안전한 배출 기능이라 할 수 있다. 이에 따라 비닐 피복 및 랩-베일의 배출 공정에 대하여 상세한 분석을 하였고 이를 래퍼 설계의 기초로 하였다.

① 비닐 피복 공정

랩-비닐의 피복은 베일 원통의 길이 방향으로의 피복과 베일 원통의 원주 방향으로의 피복이 동시에 이루어져야만이 베일의 전체 부위에 대한 피복이 가능하다. 그림8에 나타낸 바와 같이 회전 테이블이 회전하면 적재된 베일의 길이 방향으로의 피복이 일어나게 되는 데, 베일은 매우 무거워 회전에 의한 관성력이 대단히 크다. 따라서 고속의 회전시는 베일이 회전 테이블에 불균일하게 올려져 회전하는 경우 약간의 편심으로도 베일이 이탈될 수 있으며 인명의 손상도 우려된다. 따라서 유압 모터의 작동 유량이 20 litre/min 이내가 되도록 정유량 밸브를 장착하여 회전 테이블의 회전수를 30 rpm으로 제한하였다.

원통 베일의 원주 방향의 피복은 회전 드럼의 회전에 의해 좌우의 드럼에 연결된 연결 벨트가 회전하게 되고 이에 따라 위에 올려진 베일이 회전하고 원주방향으로 비닐이 피복된다. 또한 비닐 피복을 위한 회전에 있어 회전 테이블의 마지막 회전에서는 회전속도를 감소시킬 수 있는 브레이크밸브를 장착하여 유연한 정지가 되도록 감속유압회로를 구성하였다.

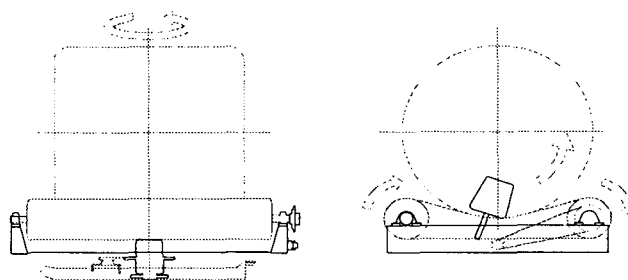


그림 8 랩핑 작동의 구성도

② 랩-베일의 덩핑 및 배출 공정

피복이 완료된 랩-베일은 회전 테이블과 함께 유압 실린더에 의해 덩핑되고 일정 이상의 덩핑 각도가 되면 무거운 랩-베일은 자기 중량에 의하여 회전 테이블을 이탈하게 된다. 이

때 랩-베일을 그냥 지면으로 떨어뜨린 경우 피복된 비닐의 파손 및 충격에 의한 래퍼의 손상이 우려된다. 따라서 랩-베일은 낮은 속도로 하강하여 배출되어야 하는 데, 그림9의 (1)에서와 같이 랩-베일을 배출하기 위한 배출 프레임이 회전 테이블의 덤핑 전에 이미 상승 위치에 있게 하여 회전 테이블로부터 이탈되는 랩-베일을 받을 수 있도록 한다. 이후, 랩-베일의 중량에 의해 배출 프레임은 하강을 하게 되는 데, 이 때 랩-베일의 하강이 지나치게 빠르면 하강 완료시 충격에 의해 배출 프레임 및 랩-베일이 파손될 우려가 있으므로 하강 속도를 조절할 수 있는 meter-out 방식의 유량 조절 밸브를 장착하였다. 안전하게 하강된 베일은 배출판의 조절에 의해 베일이 누운 형태 또는 세워진 형태로 배출이 될 수 있도록 하였다. 랩-베일의 배출과정을 그림9에 나타내었다.

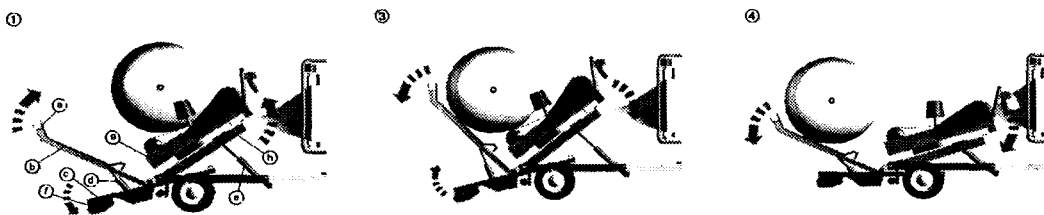


그림 9 랩-베일의 배출 공정도

3) 전체 작동 메커니즘의 구성

이상에서의 분석을 토대로 하여 전체 작동 메커니즘을 구성하였으며 그 결과를 그림10에 나타내었다. 메커니즘의 구성은 4부분으로, ①베일의 pick-up장치부, ② 비닐의 공급 및 절단 장치부, ③ 랩-비닐의 피복을 위한 장치부, ④ 베일의 덤핑과 랩-베일의 배출장치부로 이루어졌다. 이들의 작동은 모두 트랙터에서 공급되는 유압에 의하여 구동되고 작동의 순서 및 시간, 방향 등은 작업자가 입력하는 전기신호 또는 프로그램된 입력 전기 신호에 의해 구동되는 컨트롤 밸브에 의해 조정하도록 하였다. 따라서 컨트롤 밸브는 각각의 독립된 4개의 솔레노이드 밸브로 구성하였다. 여기에서 베일의 덤핑 및 배출을 위한 구성부는 위에서 분석한 작동의 기능을 수행하기 위해 2개의 유압실린더가 연동되어 작동하도록 하나의 메커니즘으로 구성하였다. 이렇게 구성된 작업 공정은 개별 공정 모두에 대해 작업자가 전기 입력 신호를 가하여 작동하는 수동식과 프로그램된 입력 신호를 가하여 공정을 자동으로 진행하도록 하는 자동식으로 작동이 가능하도록 하였다.

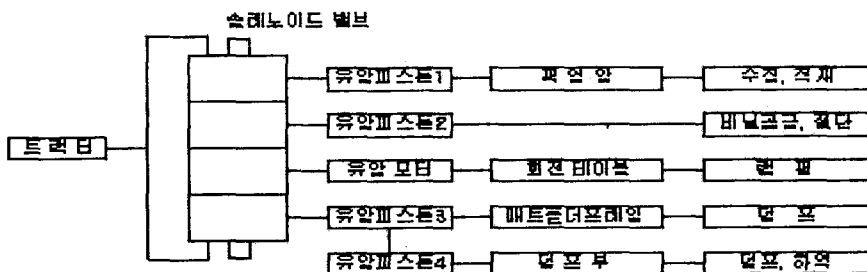


그림 10 솔레노이드 밸브에서의 유압 작동

이상에서와 같은 분석 및 메커니즘의 구성의도에 기초하여 전체 작동 회로를 구성하였는데, 이를 그림11에 나타내었다.

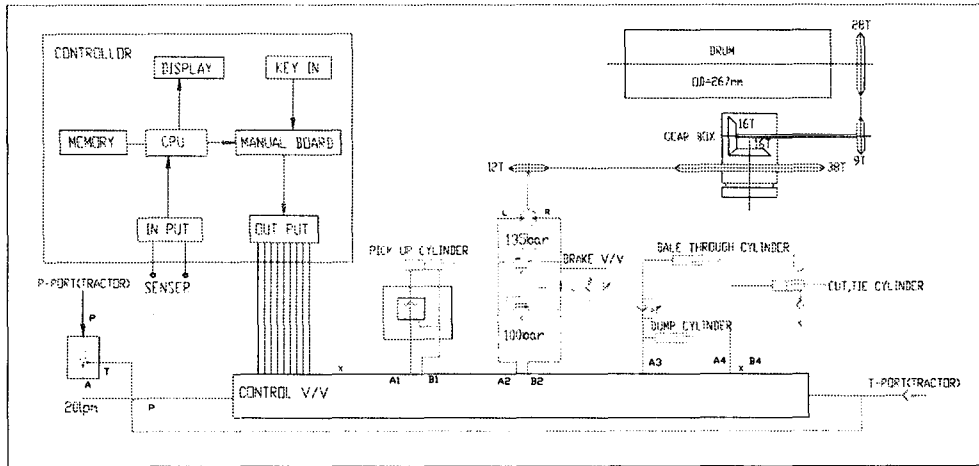


그림 11 베일래퍼의 전체 작동 회로도

라. 시작품 제작

시작품의 제작은 앞에서 언급한 전체 사양 및 작동 회로도를 기초로 하여 세부 부품을 설계하고 부품을 제작한 후 완성 조립하였다. 부품의 개발은 베일 pick-up장치부, 비닐 공급 및 절단 장치부, 랩핑 장치부, 랩-베일 배출장치부, 유압 장치부, 전기 장치부, 동력 전달부 등으로 이루어졌고 개발부품의 중수는 본체, 회전 테이블, 트랜스 미션 조합 등 전체 800여 종에 이르며 개발된 핵심 부품을 표2에 나타내었다.

표2. 개발 주요 부품의 목록

그룹	번호	품명	수량	비고
(1)베일픽업 및 배출장치	1	픽업프레임 조합	1	
	2	베일배출 프레임	1	
(2)전기 및 유압 장치부	3	전자 컨트롤러	1	
	4	유압모터 조합	1	
(3)비닐공급 및 절단부	5	랩커터 실린더 프레임	1	
	6	랩커터 날	1	
	7	실린더 조합	1	
(4)랩핑장치부	8	디스펜스 포스트	1	
	9	로타리 테이블	1	
(5)동력장치부	10	트랜스 미션 조합	1	

이후 시작품의 완성은 몇 차례의 시험과 수정, 보완의 과정을 거쳐 이루어졌으며 주요 부품인 유압 모터 및 트랜스 미션 부품의 설계 도면을 각각 그림12와 그림13에 나타내었으며 그림14에서는 완성된 시작기를 실내에서 테스트하고 있는 광경을 보이고 있다. 그림15에서는 완성된 베일 래퍼를 나타내었다.

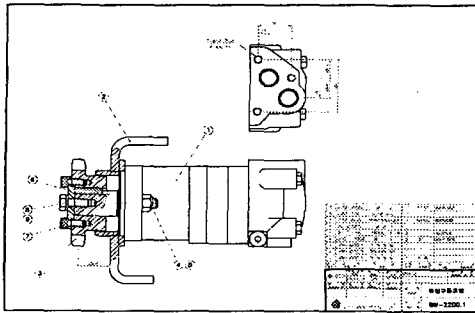


그림 12 유압모터조합 설계도면

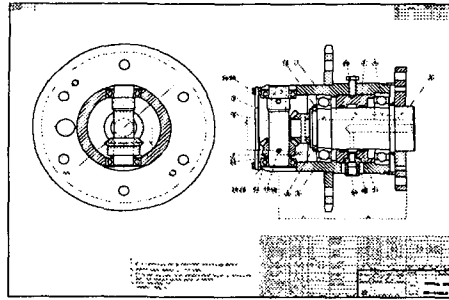


그림 13 트랜스 및션조합 설계도면

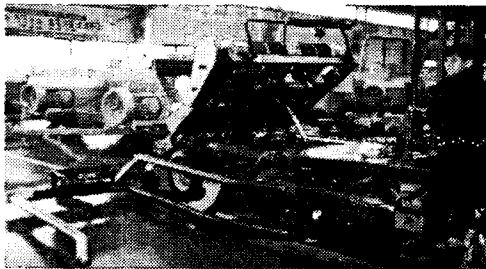


그림 14 완성된 시작기의 실내 테스트



그림 15 완성 제작된 베일 래퍼

3. 현장 시험 및 결과

제작된 시작기로 수차례의 현장에서의 실제 작업을 실시하였으며 작업 성능은 2000년도 작업 결과 작업 면적 600평에서 생산된 약 500kg의 호맥 베일 6개를 랩핑하는 데에 약 30분이 소요되는 것으로 나타나 베일 1개당 평균 5분이 소요된 것으로 나타났다. 초기의 시험에서는 공급 유량의 과다로 인하여 유압모터의 회전이 빨라지고 회전 테이블에 적재된 베일의 회전이 지나치게 빨라 베일이 튀어나가는 경우까지 발생하였지만 시험을 통한 수정보완으로 우리나라에서 가장 널리 쓰이는 40마력급의 트랙터에 장착 사용한 결과 큰 문제점이 발견되지 않았다. 또한 작업은 다양한 형태의 논에서 이루어졌는데, 약 500평 이상의 논에서의 작업은 매우 원활하여 소규모 포장에서도 작업이 원활히 이루어짐을 확인할 수 있었다. 또한 본 기종은 농업기계화연구소에서 시행하는 국정검사를 실시하여 성능 시험 및 내구성 시험을 통과하여 최종 합격 판정을 받았다(농업기계화 연구소, 1999 : 공시품 번호 M-99-3-5). 그림16에서는 2000년 5월 10일 경북대학교 부속 농장에서 실시된 “생태순환적 담리작 맥류 사일리지 조사료 생산 기술 연시”에서의 작업광경을 나타내고 있다.

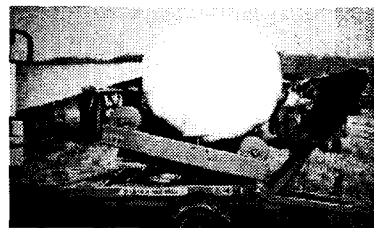


그림 16. “생태순환적 담리작 맥류 사일리지 조사료 생산 기술 연시”에서의 작업광경

4. 결론 및 요약

본 연구는 우리나라 조사료 부족의 문제를 해결하기 위해, “답리작 맥류 조사료의 일관 생산을 위한 기계화 모델”(박경규 외, 1998)에서 제안된 랩-사일리지 생산을 위한 베일 래퍼의 국산화 개발을 위하여 실시되었다. 아직 우리나라에는 체계적으로 소개된 바 없고 외국에서도 근래에 소개된 랩-사일리지 생산을 위한 베일의 일반적인 사양 및 랩핑 공정을 분석하였으며 이를 토대로 베일래퍼의 기능별 설계 및 메카니즘을 구성하고 이어 전체 메커니즘을 구성하였다. 이에 따라 전체 작동회로를 설계하고 시작품을 개발하여 시험을 실시하였다. 시험을 통하여 조사된 작업 성능은 베일 1개당 약 5분이 소요되는 것으로 나타났다. 또한 농업기계화 연구소에서 실시하는 성능 시험 및 내구성 시험에서도 합격 판정을 받았으며 최종적으로 여러 차례의 보완 과정을 거쳐 시험을 실시한 결과 베일 래퍼의 작업 성능은 매우 성공적이었으며 개발된 베일 래퍼는 우리나라의 논에서의 작업이 원활하여 답리작에 적합한 것으로 판단되었다.

5. 참고 문헌

1. 김정갑. 1998. 조사료 이용 및 효율성 증대방안.
2. 김창호 외. 1995. 파종기와 예취시기가 답리작 호밀의 생육 및 건물수량에 미치는 영향.
3. 농림업 주요통계. 1996. 농림부.
4. 농업기계연감. 1996. 한국 농기계공업 협동조합.
5. 농업 기계화 연구소. 1999. 농업용 기계·기구 검사관계 규정.
6. 박경규 외. 1998. 답리작 조사료의 랩사일리지 기계화 생산모델. 동계학술대회.
7. 박경규 외. 1999a. 답리작 맥류 조사료의 일관생산을 위한 기계화 모델. 하계학술대회
8. 박경규 외. 1999b. 사일리지 및 건조 생산을 위한 답리작 맥류의 건조특성. 하계학술대회.
9. 박경규 외. 2000. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 생산기술. 동계학술대회
10. 시험연구보고서. 1995. 축산시험장.
11. 축산경쟁력 제고를 위한 총체사료 생산이용 기술개발. 1992. 농촌진흥청.
12. 축산물생산과 연구의 국내동향. 1990. 축산시험장.
13. 축산경쟁력 제고를 위한 총체사료 생산이용 기술개발. 1992. 농촌진흥청.