

트랙터 견인형 원형 베일 랩퍼의 개발(Ⅱ)

— 시작기의 제작 및 성능 평가 —

Development of a Tractor Attached Round Bale Wrapper(Ⅱ)

— Manufacturing of proto-type bale wrapper and its performance test —

김혁주	박경규	명병수	최중섭	김태욱	장 철	홍동혁
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
H. J. Kim	K. K. Park	B. S. Myung	J. S. Choi	T. W. Kim	C. Jang	D. H. Hong

ABSTRACT

In order to make a winter cereal wrap silage, a tractor attached round bale wrapper was developed locally. Its specific structure and various functions were reported in the last submitted paper.

In this study a control system of bale wrapper combining with the actuators of various processes was developed to make round bale wrapper compatible in the field. Also, its performance was tested by making the rye round bale.

The results can be summarized as follow :

1. The field capacity of round bale wrapping was investigated around 0.5 ha/hr, and the operating time of bale wrapper was about 3 min for each 500kg round bale.
2. Plastic film which has maximum elongation rate of 796% was stretched to 150~170% of original length and was lessened to 80~90% of original width.
3. In the quality test of bale produced by developed bale wrapper, there was no significant changes of moisture contents if it was wrapped more than 4 layers of 25 μ m-plastic film.
4. Also, temperature of the wrapped bale was about 33 $^{\circ}$ C in the beginning of fermentation and was stabled to 26~29 $^{\circ}$ C during one month or more storage. Therefore, wrapping performance of the developed bale wrapper was properly.

Keywords : Round bale wrapper, Wrapping performance, Plastic film, Wrapping controller.

1. 서 론

최근 우리나라에서는 부족한 축산 조사료를 공급하기 위하여 겨울철에 담리작으로 재배된 맥류

조사료를 원형베일로 수확을 한 뒤에, 베일 랩퍼를 이용하여 비닐로 밀봉하여 사일리지로 가공하는 랩-사일리지의 이용이 증가하기 시작했다(신 2001; 박 등 2000). 본 연구의 제1보에서는 이러한

This study was conducted by the research fund supported by Ministry of Agriculture and Forestry, and article was submitted for publication in March 2002, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in April 2002. The corresponding author is H. J. Kim, Researcher, Dept. of Agricultural Machinery, Kyungpook National University, 1370 Sankyuck-dong, Daegu City, 702-701, Korea. e-mail: kkpark@kyungpook.ac.kr
The authors : K. K. Park, H. J. Kim, D. H. Hong, Kyungpook National University; C. Jang, Institute of Asia industrial Co. Ltd ; B. S. Byung, J. S. Choi, T. W. Kim, Sangju National University

베일랩퍼의 국산화 개발을 위해 “원형베일의 랩핑 공정별 작업시스템 개발(박 등 2002)”에 관하여 보고하였는데, ①개발된 베일 랩퍼의 세부 시스템의 구성과 ②500kg 중량의 원형베일을 랩핑하는 경우에 대한 작업의 안정성에 관하여 보고를 한 바 있다.

본 연구에서는 베일 랩퍼의 가장 중심이 되는 ①베일 랩핑 시스템과 이를 제어할 수 있는 ②제어 시스템을 개발하고, ③아울러 본 연구 제 1보에서 개발된 부분적인 시스템을 모두 연결하여 실제의 포장작업이 가능하도록 베일 랩퍼 개발을 완료하고, ④개발된 기대를 실제로 현장에 투입하여 베일 랩핑 작업의 성능을 평가함에 있다.

2. 시작기의 개발

가. 랩-비닐 공급 메카니즘

랩-비닐은 랩핑작업이 시작되기 전에 랩-비닐 공급기(feeder)에 함께 장착된 전인장기(pre-stretcher)에서 일정한 정도로 미리 늘어난 상태에서 공급된다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 전인장기의 롤러의 상단부에는 기어가 각각 부착되어 랩-비닐의 공급시 2개의 롤러는 일정한 속도비로 회전하게 된다. 설치된 기어의 잇수는 각각 55T, 37T로서 회전속도의 차에 의해 랩-비닐은 미리 늘어난 상태에서 베일로 공급되게 된다. 비닐이 신장되는 정도는 다음의 식 (1)에 의해 계산되어진다.

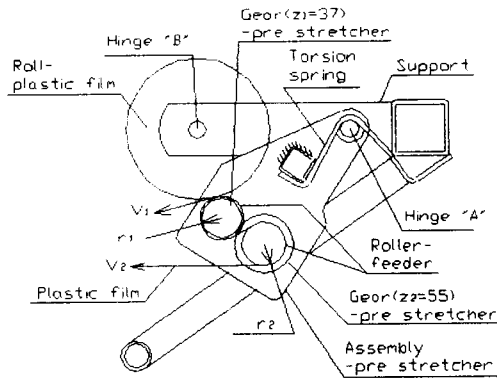


Fig. 1 Schematic diagram of plastic film feeder with pre-stretcher.

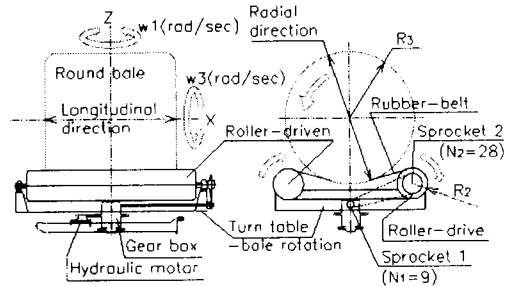


Fig. 2 Diagram of wrapping process.

$$\epsilon = \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \times 100 = \left(\frac{r_2 \times z_1}{r_1 \times z_2} \right) \times 100 \dots\dots (1)$$

V_1 : 비닐이 롤러로 공급되는 속도

V_2 : 비닐이 롤러를 빠져나가는 속도

ϵ : 랩-비닐 신장률(%)

r_1, r_2 : 전인장기 롤러 1, 2의 반경

z_1, z_2 : 전인장기 롤러 1, 2의 기어 잇수

나. 베일 랩핑 메카니즘

인장된 랩-비닐은 베일이 회전테이블과 함께 회전하여 자동으로 베일을 피복하게 된다. 베일의 랩핑은 그림 2에 나타낸 바와 같이 유압모터와 기어박스의 회전에 의해 회전 테이블이 z 축을 중심으로 회전하면 원형의 베일은 길이방향으로 회전하게 된다.

이와 동시에, 기어박스의 동력은 체인과 스프로킷을 통하여 회전테이블 위의 구동 롤러에 전달되어 원형 베일이 반경방향으로도 피복되게 되며 이에 따른 원형 베일의 z 축 방향의 회전수와 y 축 방향의 회전수의 비는 다음의 식(2)로 주어진다.

$$\left(\frac{\omega_3}{\omega_1} \right) = \left(\frac{R_2}{R_3} \right) \times \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \dots\dots (2)$$

ω_1, ω_3 : 베일의 z축 및 x축 중심 각속도

R_2, R_3 : 베일과 롤러의 반경

N_1, N_2 : 스프로킷 1, 2의 잇수

위의 식과 같은 회전수의 비는 결국 z 축 방향의 회전수에 대한 x 축 방향의 회전수의 비(比)이며 이는 곧 원형베일의 z 축 중심 1회전 당의 x축 중심의 회전각($\Delta\theta$)이 되며 피복된 비닐과 다음번 피복될 비닐의 간격 ΔL 은 아래의 식 (3)과 같

이 구해진다.

$$\Delta L = R_3 \times \Delta \theta = 2\pi R_2 \times \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

다. 제어 시스템의 알고리즘

본 연구의 제1보에서는 랩핑 작업의 개별 공정 및 작동 시스템에 대해 고찰한 바 있다. 그러나 실제 포장작업시 랩핑 개별 공정을 일일이 작업자가 수작업으로 수행할 수 없으며 전 작업공정을 자동으로 수행할 수 있도록 해야 한다. 따라서 베일랩퍼의 작업순서는 ①랩-비닐 준비→②베일의 정위치 적재→③2축 회전에 의한 베일의 피복→④랩-베일 배출을 위한 덤핑→⑤랩-비닐의 절단 및 묶음→⑥랩-베일의 배출과 같으며 다음과 같은 특징을 가진다.

(1) 베일의 적재

베일의 적재작업은 작업자가 직접 스위치를 작동하여 개별적으로 수행해야 한다. 그 것은 베일의 적재시 베일의 위치가 좋지 않은 경우에 자동으로 작업을 진행시키면 작동부에 무리한 힘이 가해질 수 있기 때문이다.

(2) 베일의 랩핑과 덤핑 및 랩-비닐의 절단

정 위치에 적재된 베일을 랩핑하는 경우 랩핑 공정과 배출을 위한 덤핑 공정 및 랩-비닐의 절단 공정은 자동으로 진행시킨다.

랩핑 공정의 시작 전에는 비닐의 피복 두께에 따른 회전 테이블의 회전수를 설정하도록 하고 설정된 회전이 완료되면 회전 테이블이 다음 공정의 진행에 차질이 없는 정확한 위치에 오도록 해야 한다.

이를 위하여 제1보에서 언급한 랩핑 작업 시스템에 브레이크용 전자 밸브를 그림 4와 같이 설치하여 설정된 회전수의 1회전 전에 전자밸브에 전기적인 신호가 가해지면 유압모터를 빠져나온 유압유가 브레이크 밸브를 거치면서 저항을 받아 저속상태가 되며 랩-베일은 정확한 위치에서 멈추게 된다. 이 때, 관내의 이상 압력발생을 방지하기 위하여 135 kg/cm²로 설정된 릴리프 밸브를 설치하였다. 또한 베일의 랩핑 초기에도 급회전의 방

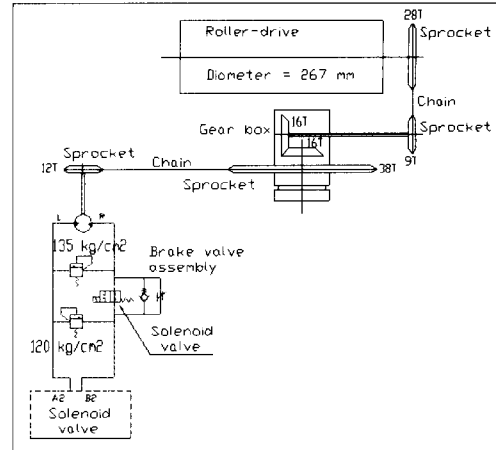


Fig. 3 Diagram of wrapping system and brake valve assembly.

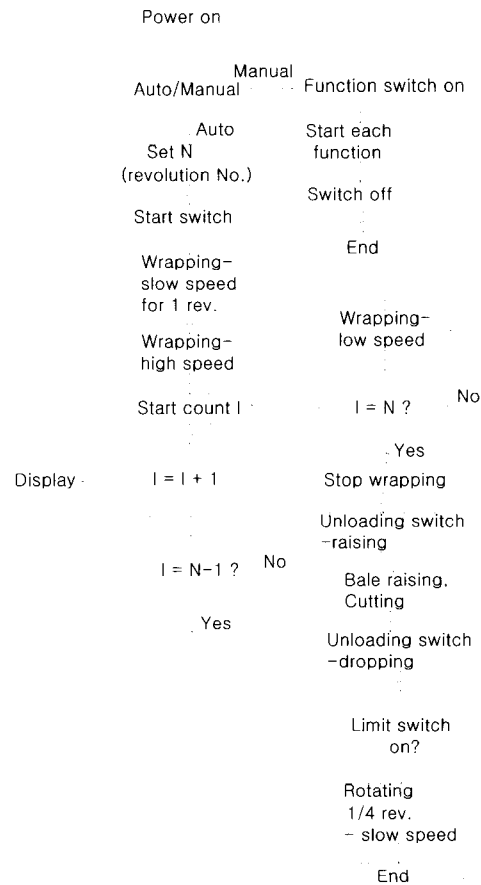


Fig. 4 Flow chart of the controller.

지를 위하여 처음 1회전은 저속상태로 회전하고 이후는 정상적인 속도로 회전하도록 하였다.

(3) 램-베일의 배출

이후의 램-베일의 배출 작업은 다시 작업자가 주위를 살핀 후 스위치 조작에 의해 진행되는 데, 그 것은 무거운 램-베일 배출시의 인명 손상, 또는 베일의 손상 등을 방지하기 위한 안전조치에 해당된다.

램-베일의 배출이 완료되면 다음 작업의 진행을 위하여 회전 테이블은 초기의 위치로 회전해야 한다. 따라서 상승되었던 회전 테이블의 하강완료를 감지할 수 있는 리미트 스위치가 작동되면 회전 테이블이 1/4 회전하여 원위치로 복귀할 수 있도록 프로그램이 구성된다.

이상과 같은 공정별 특성을 고려하여 작업을 실행하기 위한 제어 시스템의 제어 흐름도를 그림 3에 나타내었다. 그림과 같은 흐름도에 의하여 컨트롤러를 구동할 수 있는 프로그램 및 하드웨어를 구성하여 제어 시스템을 완성하였다.

3. 시작품 제작 및 성능평가

가. 제어장치의 설계 및 제작

베일 램퍼를 이용한 원형 베일의 램핑 작업은 개별 공정을 수행할 수도 있지만 앞서 언급한 작업공정 구성의 특성을 고려하여 연속적인 작업이 가능하도록 제어장치를 구성하였다. 이러한 제어장치는 그림 5와 같이 ①주연산부(CPU and Memory), ②센서 신호 입력부(Sensor input), ③작업자 입력 장치부(Board), ④표시장치부(Display), ⑤제어신호 출력장치부(Output signal)로 이루어진다.

CPU는 원칩 마이크로 프로세서를 사용하였으며, 베일의 배출 후 회전 테이블이 완전히 하강했음을 감지하는 리미트 스위치의 신호와 비닐 램핑의 횟수를 측정하기 위해 회전테이블의 회전을 감지하는 마그네틱 센서에서의 신호 등 2개의 센서로부터의 신호와 board에서의 작업자 입력신호를 받아들인다.

이들 신호를 이용하여 제어 알고리즘에 의해 각 기능별로 솔레노이드 밸브를 통하여 액추에이

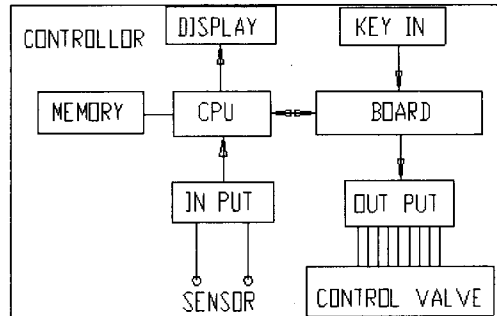
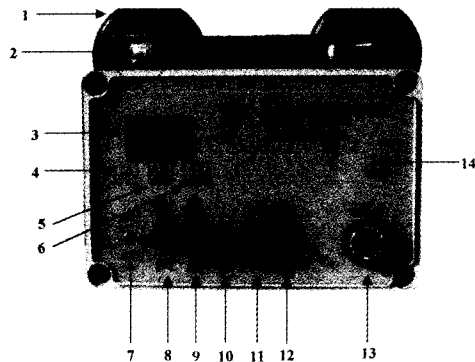


Fig. 5 Composition of control system.



No.	Name	No.	Name
1	Attaching plate	9	Switch-low speed wrapping
2	Knob	10	Switch-high speed wrapping
3	Indicator	11	Switch-cut/tie
4	Switch-rpm count	12	Switch-stop/memory
5	Switch-insert/delete	13	Switch-manual/auto
6	Switch-stop/memory	14	Switch-power
7	Switch-manual/auto		
8	Switch-bale loading		

Fig. 6 Function of controller board.

터를 제어하는데, 베일적재(유압 실린더 상승, 하강), 베일램핑(유압모터 저속 선택 및 좌·우회전 작동), 베일배출(유압실린더 상승, 하강), 램-비닐 절단(유압 실린더 전진, 후퇴) 등의 9개의 신호가 된다.

또한, 개발된 컨트롤러는 램핑 작업시 작업자가 여러 가지의 기능을 선택하여 이용할 수 있도록 하였으며 그림 6에 나타낸 바와 같이 각 기능별로 모두 11개의 입력 스위치를 가진다. 그리고 표시

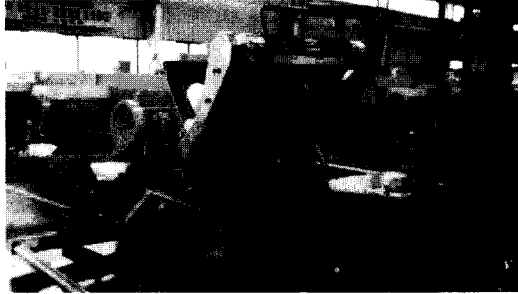


Fig. 7 Indoor test of the developed round bale wrapper.

장치부에서는 베일 회전수 설정치와 회전수의 측정 결과를 나타낼 수 있도록 하였다.

나. 베일 랩퍼의 시작품 제작

이상과 같이 제1보에서 언급한 공정별 작업 시스템 및 컨트롤러를 개발하여 시작품을 개발하였으며 그림 7은 완성된 기대를 실내에서 테스트하는 장면이다.

다. 베일 랩퍼의 밀봉 성능평가

개발된 베일 랩퍼의 랩핑의 성능을 평가하기 위하여, ①시험포장에서의 랩핑 작업의 작업능률을 측정하고, ②호맥 원형 베일을 랩핑하여 랩-비닐의 인장정도와 피복상태를 조사하였으며, 랩핑된 베일의 밀봉성을 평가하기 위하여 ③밀봉 당시의 함수율과 밀봉 2개월 후의 함수율을 측정하였으며, 아울러 ④랩핑 후 1개월간 랩-베일 내부의 온도를 측정하여 저장 중의 밀봉성을 평가하였는데 다음과 같은 방법으로 수행을 하였다.

(1) 랩-사일리지의 함수율 및 온도 변화의 측정 방법

(가) 함수율 측정 방법

연구에서 사용된 랩-비닐은 1겹의 두께가 25 μ m이며 함수율의 측정은 재료의 함수율(50%, 60%, w.b.)에 따라 각각 4겹, 6겹, 8겹의 밀봉을 실시하여 함수율의 변화를 비교하였다.

본 조사에서는 베일링 당시 5개소에서 각각 약 10 g의 재료를 채취하고 증석에서 적외선 수분계

Table 1 Specification of infrared moisture meter

Maker	K 사
Model	FD-240
Measuring type	infrared heating, mass metering
Range	0 ~ 100%, w.b.

Table 2 Specification of thermometer

Item	Specification
Thermometer	Y사
sensor	T-type Thermocouple
range	-200 ~ 400℃
accuracy	±0.05%
min. resolution	0.1℃

로 함수율을 측정하여 평균 함수율을 조사하였다. 적외선 수분계에 의한 함수율의 측정은, 약 10 g의 시료를 105℃에서 건조하면서 무게의 변동이 0.1% 이내가 될 때를 최종 무게로 하여 함수율을 자동 측정하도록 셋팅하였다. 측정에 사용된 건조계의 사양을 표 1에 나타내었다.

랩핑작업이 완료된 베일을 랩핑하여 2개월간 저장한 이후, 변화된 함수율은, 사일리지로 발효가 완료된 동일한 베일에 대해 3개소에서 표면에서 중심부까지의 시료를 채취하여 그 평균치를 취하였다. 함수율의 측정 방법은 위에서 언급한 바와 같다.

(나) 온도 변화의 측정

랩-사일리지의 내부 온도변화는 온도 센서를 랩-사일리지 중심부에 삽입하여 측정하였는데, 랩-사일리지에 원하는 깊이만큼 센서가 삽입될 수 있도록 구멍을 뚫어 센서를 삽입한 후에 다시 재료를 압축하여 채워넣고 랩-사일리지 외부로 공기가 새지 않도록 1차 밀봉후 실리콘으로 2차 밀봉하였다.

온도 측정에 이용된 센서와 계측장비의 사양을 표 2에 나타내었고, 온도의 연속적인 측정을 위한 센서의 설치 장면을 그림 8에 나타내었다.

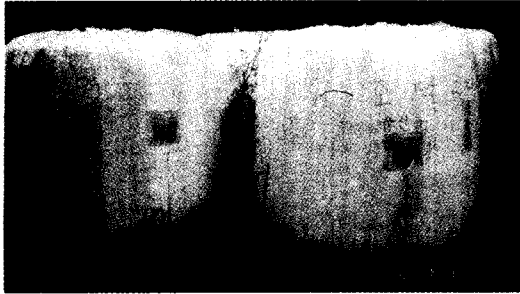


Fig. 8 The temperature sensor placed in rye wrap silage.

Table 3 Tensile test of plastic film

Item	Specification
Material	LLD PE
Thickness(μ)	25
Width(cm)	50
Tensile strength(kg/cm ²)	565
Elongation(%)	796
Test procedure	ASTM D638

(Source : Institute of Asia industrial Co. Ltd)

3. 결과 및 고찰

가. 베일 랩핑 작업 능력의 측정 결과

개발된 기대를 이용하여 포장에서 랩핑시의 작업능률을 측정하였는데, 호맥 원형베일의 생산량은 20 ton/ha 이었고 작업 능률은 0.5 ha/hr 정도가 되는 것으로 나타났다. 따라서 1개의 중량이 500 kg인 호맥 원형 베일의 1개당 랩핑 작업시간은 평균 3분이 소요되는 것으로 조사되었다.

나. 랩-비닐의 인장정도와 베일의 피복 상태

(1) 랩-비닐의 인장정도

앞 절의 식 (1)과 (2)에 의해 계산한 결과 베일 랩핑 작업에 소요되는 비닐의 이론 신장률은 149%이었으며 랩-비닐의 최대 신장률은 실제로 실험을 한 결과 표 3과 같이 796%로 조사되었다.

그런데 실제 랩핑 작업후 인장된 길이를 조사한 결과 신장률이 약 150~170% 정도로 나타나 이론 신장률과 큰 차이는 없었다. 이는 표 3에 나타낸 랩-비닐의 최대 신장률에 비해 매우 적은 신장률이며 따라서 전인장(pre-stretch)에 의한 비닐의 파손 위험은 없는 것으로 판단되었다.

반면 랩-비닐의 폭은 50cm의 폭이 길이 방향의 인장으로 인하여 40~45cm가 되어 원래 길이의 10~20%가 줄어드는 것으로 조사되었다.

(2) 랩-베일의 비닐 피복 상태

앞 절의 식(3)에서 계산된 개발된 기대의 비닐

피복간격은 27cm이다. 따라서 폭 50cm의 비닐로 랩핑시 직경 120cm의 원형베일을 z축(그림 2) 중심으로 7회전하면 전체가 2겹으로 겹친 상태에서 완전히 밀봉되지만 첫 회전시는 비닐이 완전히 퍼진 상태가 아니므로 불완전한 밀봉이 된다. 따라서 베일이 8회전하면 2겹, 16회전하는 경우 4겹의 완전한 밀봉이 이루어지게 된다.

실제로 직경 120cm의 원형 베일을 16회전하여 4겹 밀봉하고 베일의 피복상태를 조사한 결과 원형 베일의 상면부와 하면부는 모두 4겹 이상 피복되는 것으로 나타났다. 그러나 원형베일의 원통부는 가운데 부분의 폭 10cm 정도가 2겹으로 피복된 것으로 나타났는데 그 것은 50cm의 랩-비닐 폭이 전인장으로 인하여 40~45cm로 줄었기 때문이다.

다. 랩-사일리지의 함수율

본 조사에서는 위와 같이 직경 120cm의 원형 베일을 2겹(50 μ m)~8겹(200 μ m) 밀봉하였을 때의 수분 보존의 효과를 알아보기 위해 밀봉 전후의 함수율을 조사하였다. 밀봉전 함수율은 베일링 당시의 베일의 5개소에서 측정하여 평균함수율을 조사하였고 변화된 함수율은 2개월 후 동일한 밀봉된 베일에 대해 3개소에서 표면에서 중심부까지의 시료를 채취하여 그 평균치를 취하였다. 그 결과를 그림 9에 나타내었다.

일반적으로 베일로 압축된 호맥은 호흡작용에 의해 수분이 증가를 하게되는데 실제로 측정을 한 결과 2겹 밀봉을 한 경우 함수율 50~60% 수준에서 모두 함수율이 3~4% 감소했음을 확인할 수

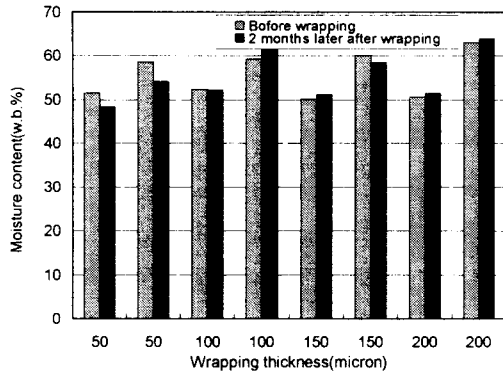


Fig. 9 The effect of wrapping thickness to moisture contents of rye wrap silage.

있었다. 이는 전체적으로 밀봉 두께가 얇아서 발생하는 현상으로 판단되었다. 그러나 4겹 이상의 밀봉에서는 부분적으로 함수율이 감소한 것도 있었으나 대체로 함수율이 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구에서 개발된 시작기에 의해 베일을 4겹 이상 밀봉하는 경우 랩핑의 수분보존 능력은 양호한 것으로 판단되었다.

라. 랩-사일리지의 내부 온도의 변화

본 연구에서 생산된 원형 랩-사일리지의 크기는 지름이 1.2m이고 높이가 1.2m이며 약 500kg의 중량을 가진다. 따라서 베일 내부와 외부의 온도 변화의 양상이 다르게 나타났는데, 함수율 60%(w.b.)로 가공된 호맥 랩-사일리지를 4겹으로 밀봉한 경우의 랩-사일리지 내부 온도 변화를 측정한 결과를 그림 10에 나타내었다.

랩-사일리지는 밀봉 후에는 작물의 호흡과 발효로 인하여 높은 열이 발생하고 이후에 안정된 온도를 유지하게 되는데, 양질의 사일리지 제조에 필수적인 유산균 증식의 적온을 20~30℃라 하였다(고 등 1999). 또한 밀봉이 불량하면 2차발효를 일으켜 온도가 상승하게 된다. 그런데 위의 그림에 나타난 랩-사일리지의 온도변화를 살펴보면 밀봉 초기에 온도가 33℃ 정도였다가 밀봉후 약 300시간이 경과하면서 26℃ 부근에서 안정되는 모습을 보였으며 약 30일이 경과하도록 26℃~29℃의 온도 변화를 보이고 있다. 따라서 본 연구에서 제

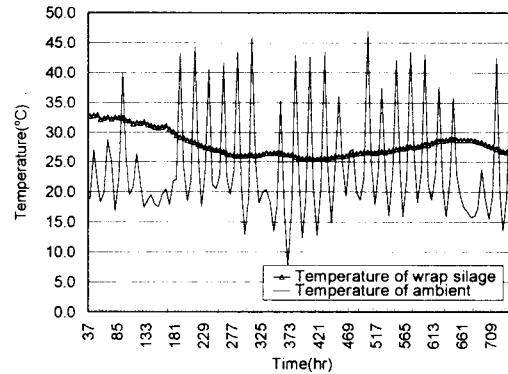


Fig. 10 Temperature changes in rye wrap silage (60%, w.b., film thickness 100 μm).

조된 랩-사일리지의 밀봉성은 양호한 것으로 판단되었다.

4. 결론 및 요약

본 연구는 우리나라 조사료 부족의 문제를 해결하기 위한 담리작 맥류 랩-사일리지의 일관 생산을 위한 기계 중에서 가장 중심이 되는 기계의 하나인 원형의 베일을 랩핑하는 베일 랩퍼를 국산화하고 개발된 기대를 이용한 베일 랩핑 작업의 성능을 평가하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 ① 전체 작업공정을 수행하기 위한 컨트롤러를 개발하여 시작기대를 완성하고, ② 개발된 시작기를 이용하여 원형베일 랩핑 작업을 실시하여 작업 후의 랩-베일의 랩핑 상태를 조사하였으며, ③ 장기간 저장후의 함수율의 변화 및 랩-베일 내부의 온도 변화를 조사하였다. 이상의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 베일의 랩핑 메커니즘을 분석하여 원형 베일의 비닐 피복의 원리를 고찰하였으며 랩핑 공정의 분석을 통하여 랩핑 작업의 제어를 위한 알고리즘을 개발하였다. 이를 토대로 컨트롤러를 개발하고 베일 랩퍼의 국산화 개발을 완료하였다.

개발된 베일 랩퍼의 포장 작업 능력을 측정간 결과 랩-사일리지를 작업하는 경우 단위 면적당의 작업 능력은 약 0.5 ha/hr가 되는 것으로 나타났으며 500kg의 원형 베일 1개 작업시 평균 3분이 소요되는 것으로 나타났다.

2) 개발된 베일 랩퍼를 이용하여 직경 1.2m, 길이 1.2m, 500 kg 중량의 호맥 원형 베일을 랩핑한 결과 랩-비닐은 길이 방향으로 50~70%가 늘어나고 폭 방향으로 10~20%가 줄어든 것으로 조사되었다.

3) 개발된 기대를 이용하여 원형 베일을 50cm 폭의 랩-비닐로 4겹 밀봉하여 베일의 피복상태를 조사한 결과 원형 베일의 상면부와 하면부는 모두 4겹이상 피복되고 원통부는 40~45cm의 랩비닐 폭 중에서 약 30~35cm 정도가 4겹 밀봉되고 가운데 부분의 10cm 정도는 2겹 밀봉된 것으로 나타났다.

4) 랩핑된 베일의 2개월 이후의 함수율 변화를 조사한 결과 4겹 이상의 밀봉시 현저한 수분의 변화가 없어 밀봉성에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

5) 4겹으로 밀봉한 베일의 내부 온도 변화를 조사하여본 결과 밀봉 초기에 온도가 33℃ 정도였다가 밀봉후 약 300시간이 경과하면서 26℃ 정도가 되고 30일이 경과하도록 26℃~29℃ 이내로 안정되는 모습을 보였다.

따라서 개발된 베일 랩퍼로 밀봉된 랩-사일리지는 안전한 온도에서 저장, 발효되고 있으며 밀봉성은 양호한 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. Park, K. K., H. J. Kim, S. H. Seo, K. D. Nah, C. Jang and D. H. Hong. 2000. Development of a tractor attached bale wrapper. Proceedings of the KSAM summer conference 5(2):148-155 (Korean).
2. Park, K. K., H. J. Kim, C. S. Kim, J. Y. Kim, J. H. Kim and C. Jang. 2002. Development of a tractor attached round bale wrapper(1). KSAM 27(1) : 11-18(Korean).
3. 고영두 외. 1999. 반추 가축을 위한 사일리지 제조전략. 선진문화사. p 18-29.
4. 신승열. 2001. 논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축방안. 2001년도 농업과학기술 심포지움. p 107-131.