

답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(3)

- 답리작 맥류 랩-사일리지 기계화 생산의 적응 시험 -

Development of Mechanized System Model for the Production of Winter Cereal Wrap Silage in the Fallow Paddy Field(3)

- Application Test of Mechanized Wrap Silage Production in the Fallow Paddy Field -

김혁주 박경규 하유신 홍동혁 나규동 서상훈
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
H. J. Kim K. K. Park Y. S. Ha D. H. Hong K. D. Nah S. H. Seo

ABSTRACT

In order to solve the shortage of roughage supply for dairy farm in Korea, winter cereal forage production after harvesting of rice in the fallow paddy field was studied. Two parts are already reported at the previous paper - One was the model development of the mechanized production, and the other was the study of feasibility of the model and its desirable direction in Korea.

In this study, the model system is applied for a winter cereal wrap silage production model to practice in Kyungbook National University farm on 3ha scale for 3 years. Results of the research are summarized as follows ;

It takes 2 or 3 working days to process the wrap silage in middle of May in Daegu region. Also, not much particular problem can be found during the application test of mechanized wrap silage production.

Field capacity and field efficiency are estimated to be 0.6~0.85ha/h and 50~70% in mowing, 1.1~1.7ha/h and 52~80% in tedding and raking, 0.6~1.1ha/h and 25~45% in baling and 0.5~0.57ha/h and 75~85% in wrapping, respectively. Total production cost is estimated to be 1,257won/kg-TDN in oversowing and wrap-silage harvest in 1.6ha working area. As a result, large scale field is recommended to produce the wrap silage in order to maximize the field capacity.

Keywords : Application test, Wrap silage production, Field capacity, Field efficiency, Production cost.

1. 서 론

최근 우리나라에서는 부족한 축산 조사료를 공급하기 위하여 겨울철에 답리작으로 재배된 맥류를 원형의 랩-사일리지로 이용하는 방법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구의 제 1보(김 등, 2003a)에서는 답리

작 맥류 랩-사일리지의 조사료화의 필요성과 기대효과 및 생산 시스템 모델을 개발하였고, 제 2보(김 등, 2003b)에서는 생산비 분석을 통하여 랩-사일리지 생산 모델이 국내에 적용 가능성을 보고하였다.

그러나, 쌀 재배 지역에서 겨울철에 맥류를 파종하고 봄철에 랩-사일리지로 가공하여 가축(젖소, 육우)에 급

This study was conducted by the research fund supported by Ministry of Agriculture and Forestry, and article was submitted for publication in July 2002; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in August 2003. The corresponding author is K.K.Park, professor, Dept. of Agricultural Machinery, Kyungpook National University, 1370 Sankyuck-dong, Daegu City, 702-701, Korea. E-mail : <kkpark@knu.ac.kr> The authors are K. K. Park, Y. S. Ha, D. H. Hong, K. D. Nah, S. H. Seo, Kyungpook National University and H. J. Kim, National Institute of Agricultural Engineering.

이하기까지는 여러 단계의 기계화 작업 및 그에 따르는 숙련된 생산 기술을 필요로 하지만, 답리작으로 랩-사일리지를 생산하고 축산농가에서 가축에 급여하는 작업체계는 학술적으로 정립되어 있지 않아 작업공정 분석과 포장작업 성능에 관련되는 일련의 연구를 거의 찾아볼 수 없는 실정이다.

특히, 답리작 맥류 조사료 생산작업에 있어 수확작업의 경우는 일본과 미국에서 조사된 내용들이 보고되고 (Hunt, 1983 ; 岡村俊民, 1991) 있으나 주로 초지에서의 포장작업에 대한 데이터로서 논에서의 생산작업과는 많은 차이를 보인다.

따라서, 본 연구에서는 실제로 약 3ha 규모의 경북대학교 부속농장에서 답리작으로 맥류 랩-사일리지 기계화 생산작업을 3년간 수행하여 기계화 모델에서 제시된 일련의 ① 랩-사일리지 기계화 생산작업의 공정별 특성 분석 및 답리작 적용 가능성을 점검하고, 부담면적과 생산비의 산출에 필요한, ② 기계화 모델의 포장작업 관련 계수 및 ③ 실작업시의 소요비용, 생산량 등의 실제적인 자료를 수집하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

답리작 맥류 랩-사일리지의 생산은 3년간에 걸쳐 호맥과 보리를 재배하였으며, 호맥의 경우 1, 3차년도 품종은 만생종인 각각 Kodiak 및 Danco와 2차년도에는 조생종인 Koolgrazer을 사용하였고, 보리는 1, 2 및 3차년도 모두 올보리(Olbori)를 사용하였다.

나. 작업시기

전체 작업시기를 표 1에 나타내었는데, 대구지방 파종

적기가 10월 20일 경으로 1차년도에는 벼 수확의 지연과 강우 및 논의 배수 불량으로 파종시기가 지연되었으며, 수확시기는 보리의 경우 출수가 빨라 황숙기 초기, 호맥은 유숙기 기간 중에 실시하였다.

2, 3차년도에는 적기 파종과 두 작물의 수확적기인 유숙기와 황숙기 사이에 수확을 하였으며, 호맥의 경우 2차년도 품종이 조생종인 관계로 수확이 일찍 실시되었다.

다. 실험포장

랩-사일리지의 기계화 생산작업은 그림 1과 같이 10~40a 규모의 14개 필지로 이루어진 경북대학교 부속농장에서 수행되었으며, 배수가 불량한 관계로 맥류 파종작업에는 매우 불리한 포장이었다.

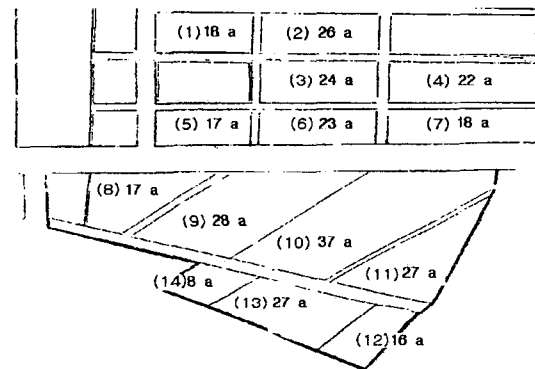


Fig. 1 Farm layout for wrap silage production.

실험포장의 선정은 그림 1 및 표 2에서 보듯이 반듯한 소규모포장인 ⑤번과 비교적 중간규모포장인 ⑩번 및 작업이 까다로운 삼각형포장인 ⑪번을 선택하였으며, 대구획포장이라 할 수 있는 경주지역 관내의 맥류 랩-사일리지 생산지역을 선택하였다. 이것은 지금까지 진행

Table 1 Summary of experimental production of the barley and rye wrap silage

Year	1999(1st)		2000(2nd)		2001(3rd)	
	Barley	Rye	Barley	Rye	Barley	Rye
Seeding Date	98/11/14 ~ 17		99/10/18 ~ 19		00/10/10 ~ 11	
Harvest Date	99/4/23 ~ 24	99/5/11 ~ 13	00/5/8 ~ 10	00/5/8 ~ 10	01/5/16 ~ 18	01/5/16 ~ 18
Working area(a)	73	230	126	106	40	230

되고 있는 경지정리의 단위면적이 30~40a 정도이며, 신규로 조성되는 대구획 논은 단위면적이 1~2ha 단위로서 향후 대형기계의 투입을 고려하여 2ha 규모의 경지가 적합한 것으로 나타난 결과(김학규, 1996)를 고려하였다.

Table 2 Data of the investigated field

No. of field	Area	Shape	Short side /long side
⑤	20a	rectangle	1/2
⑩	40a	rectangle	1/4
⑪	30a	triangle	-
Large field in Gyungju	330a*	rectangle	1/3~1/4

*3 lots are close together.

라. 작업방법

1) 기계화 파종작업

1차년도 파종작업은 2명의 인원이 2대의 트랙터(43ps, 54ps)를 이용하여 그림 2와 3과 같이 경운 후 광산파를 실시하였으며, 그림 4는 생육상태가 불량한 보리를

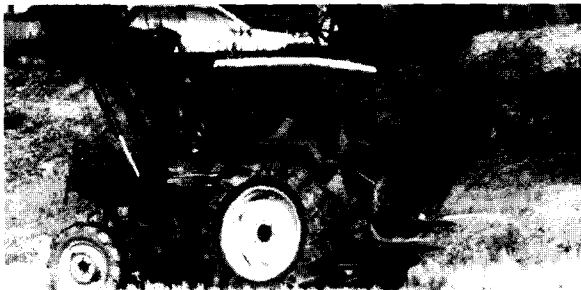


Fig. 2 Fertilizing before tilling.



Fig. 3 Tilling for covering the rye seed.

보여주고 있다. 2, 3차년도에는 그림 5와 같이 1명의 인원이 휴대용 동력분무기를 이용하여 벼 수확전 입모중산파를 실시하였다. 그림 6은 수확직전 호맥의 양호한 생육상태를 보여주고 있다.

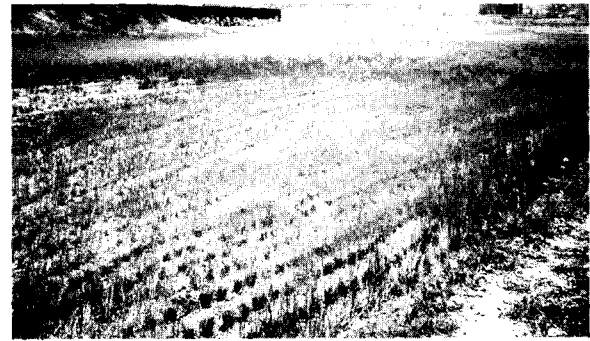


Fig. 4 The winter barley in growing.



Fig. 5 Over-sowing at rice stand.



Fig. 6 Grown rye before mowing.

2) 기계화 수확작업

1, 2 및 3차년도의 수확작업은 ①예취(모어) → ②예건 → ③집초, 반전(레이크) → ④베일링(베일러) → ⑤랩핑(베일 랩퍼) → ⑥적재(사일리지 핸들러) → ⑦운반

답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(3)

(트레일러) → ⑧저장(사일리지 핸들러)의 순서로 작업이 진행되었다.

예취작업은 1차년도에 트랙터 부착용 드럼식 모어를 사용하였고 2, 3차년도에는 그림 7과 같이 작업 능률이 높은 디스크형 모어를 사용하였다. 반전작업은 예전시간에 1회 또는 2회 반전을 하였으며, 그림 8은 집초열을 만들고 있는 장면을 나타내었다. 베일의 제조는 그림 9와 같이 원형베일의 밀도가 약 $350\sim 400\text{kg/m}^3$ 정도가 되도록 압축 압력이 충분한 상태에서 베일을 배출하였다. 베일작업 직전에 무처리, 유산균 및 개미산 첨가의 3가지 방법으로 집초열에 첨가제를 살포하였는데 유산균은 43a당 약 $150\sim 200\text{g}$ 이 첨가되도록 25ℓ의 물에 희석하였고 개미산은 재료의 건물량 대비 3% 수준이 되도록 물에 희석하여 투입하였다. 본 연구의 초기에는 그림 10과 같이 수작업으로 첨가제를 살포하였으나, 이후에 그림 11의 분사장치를 준비하여 기계 작업을 실시하였다. 베일링이 된 베일은 무게가 매우 무거운데 베일을 pick-up하여 회전 테이블 위에 불안정하게 안착시킬 경우 베일 회전시 베일이 바깥으로 튀어나갈 우려가 있어 안전을 고려하여 작업을 하였으며, 작업 장면을 그림 12



Fig. 7 Mowing rye with disc mower.

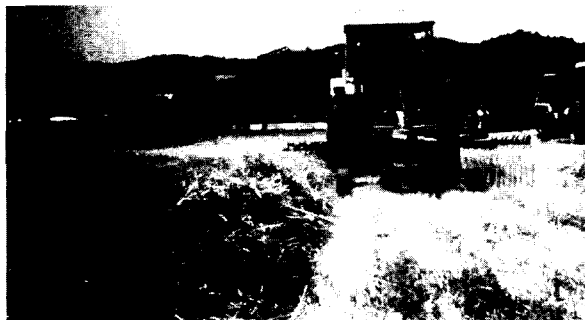


Fig. 8 Making windrow with the rake.

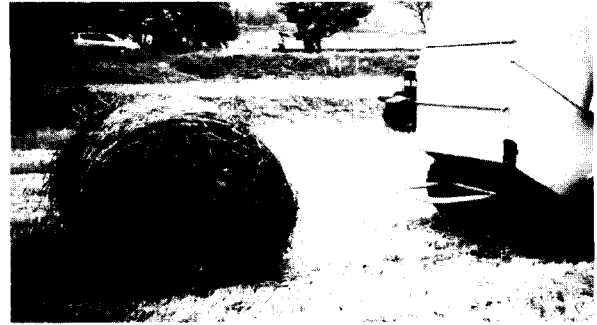


Fig. 9 Round bale thrown to the ground.

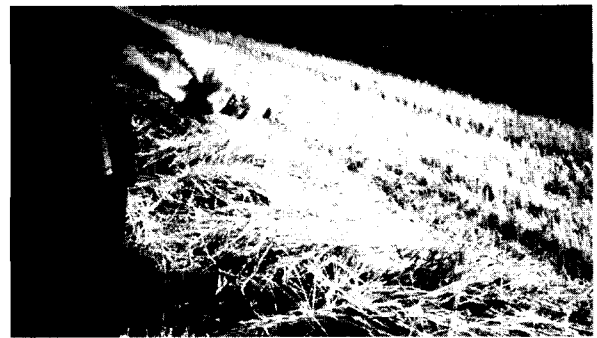


Fig. 10 Spraying silage additives by hand.

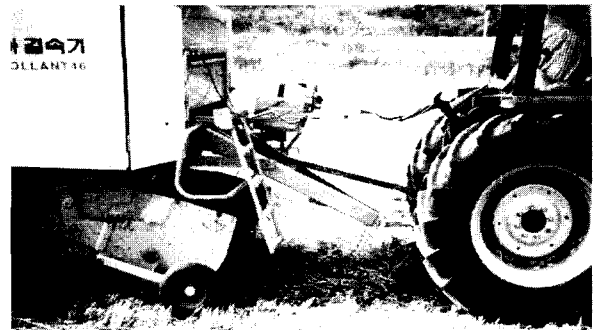


Fig. 11 Spraying silage additives by injection device.

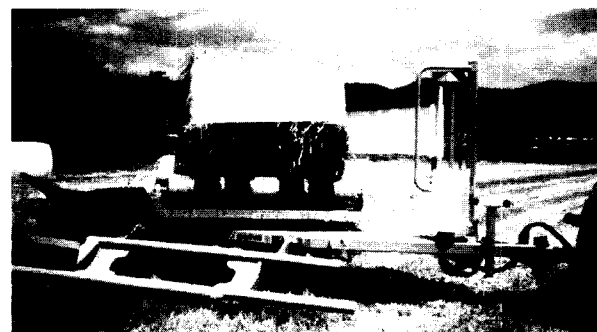


Fig. 12 Wrapping a round bale by the bale wrapper.

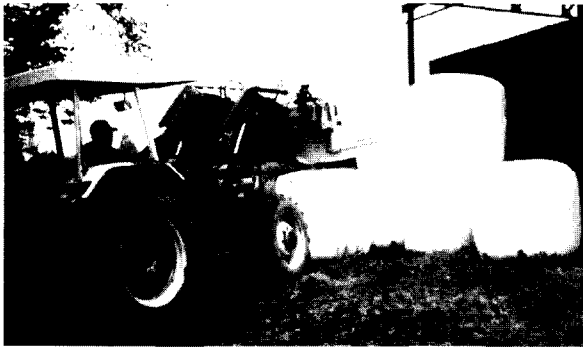


Fig. 13 Stacking the wrapped bales by handlers.

에 나타내었다. 그림 13은 사일리지 핸들러를 이용한 베일 운반작업 장면을 나타내고 있다.

마. 조사내용

이상과 같이 실작업을 통하여 ① 랩-사일리지 기계화의 각 공정별 작업특성을 조사하고, 아래의 식 (1)을 이용하여, ② 포장작업능률과 포장효율 및 실작업효율을 조사하고, ③ 랩-사일리지 생산량과 생산 소요비용을 산출하여 생산비를 조사하였다.

$$D = \frac{1}{W} = \frac{1}{F \times H} = \frac{1}{F_t \times \epsilon_f \times H} = \frac{1}{F_t \times \epsilon_f \times U \times \epsilon_u} \dots\dots\dots (1)$$

- D : 공정별 ha당 소요작업일수(일/ha)
- W : 1일 실포장작업량(ha/일)
- F : 포장작업능률(ha/h)
- H : 실작업시간(h/일)
- F_t : 이론작업포장능률(ha/h)
- ε_f : 포장효율(%)
- U : 1일 작업가능시간(h/일)
- ε_u : 실작업효율(%)

3. 결과 및 고찰

가. 랩-사일리지 기계화작업의 공정별 특성 및 포장작업능률

맥류의 기계화 파종 및 수확작업은 주어진 작업공정을 모두 수행하면서 3ha를 경작하여 2~3일의 단기간 내에 작업을 완료하여 다음과 같은 결과를 나타내었다.

파종작업에 있어서 적기 파종이 이루어지지 않으면 수확량이 대단히 감소하는 것으로 판단되었으며, 배수가 불량한 습답에서 적기 파종을 위해서는 입모중 파종이 필요한 것으로 분석되었다. 경운 후 광산파의 경우 맥류 종자를 산파하고 복토하는데 70분/10a가 소요되어 토양조건이 양호한 경우의 30분/10a에 비해 시간 소요가 매우 컸으며, 입모중 산파의 경우는 15분/10a이 소요되었다.

예취 작업에서는 트랙터의 전방에 장착되는 모어의 개발이 필요하였다. 보리의 경우는 알곡의 탈립이 심하였으며, 특히 보리의 키가 작은 관계로 예취시의 손실이 크게 나타났으며, 예취 포장작업 능률은 15분/10a로 조사되었다. 집초 작업에서는 작업전에 타인과 지면과의 높이를 적당하게 조절하지 않으면 작물의 수집 손실이 커지거나 이물질의 혼입이 크게 일어났으며, 집초 포장작업 능률은 10분/10a로 조사되었다. 베일 작업은 집초 작업의 영향을 많이 받아 집초열이 너무 크거나 균일하지 못하면 공급부 막힘 등이 발생하여 포장작업 효율 저하의 큰 원인이 되었으며, 베일 포장작업 능률은 15분/10a로 조사되었다. 랩핑 작업은 맥류의 원형 베일이 제조된 이후 적어도 24시간 이내에는 비닐 밀봉이 되어야 원형을 유지하면서 랩핑이 가능하였으며, 밀봉시 비닐의 품질에 매우 유의하여야 하는데 비닐에 구멍이 있을 경우 저장 중 변패의 원인이 되었다. 랩핑 포장작업 능률을 측정하여 본 결과 베일 1개 작업에 약 2분이 소요되었다. 핸들러 작업에 유리한 최소의 비닐 두께는 운반 작업을 고려하면 4겹 이상이 좋았으며, 파손된 베일부터 급이하여야 할 것으로 판단되었다.

이상의 랩-사일리지 기계화작업을 수행한 결과 주어진 작업공정 중에서 파종과 수확 작업시 기계 자체의 문제로 인한 작업의 지연은 거의 없었으며, 작업자의 맥류의 랩-사일리지 기계화 작업 경험이 매우 짧았음에도 불구하고 큰 문제점이 없이 작업이 수행되어 랩-사일리지 기계화 작업의 현장 적용은 큰 어려움 없이 가능할 것으로 판단되었다.

나. 랩-사일리지 기계화 생산작업의 포장효율과 실작업효율

답리작 맥류 조사료 생산 작업에 있어 파종작업은 종래의 작업과 동일하므로 국내의 기존의 데이터 이용에는 무리가 없는 것으로 판단되었다. 연구에서는 앞서 언

Table 3 Investigated field capacity and field efficiency

Process	Speed (km/h)	Width (m)	Field capacity (ha/h)			Field efficiency (%)
			Theor-etical	Measured		
				Small field	Large field	
Mowing	6	2.0	1.2	0.6	0.85	50~70
Tedding, Raking	7	3.0	2.1	1.1	1.7	52~80
Baling	6	4.0	2.4	0.6	1.1	25~45
Wrapping	-	-	0.67	0.5	0.57	75~85

Table 4 Field efficiency and net working efficiency

Process	Item	Field efficiency(%)			Net working efficiency(%)	
		Japan	U.S.A	Korea	Japan	Korea
Seeding	Tillage	75~85	-	78	85	68~85
	Digging	75~85	-	-	85	-
	Fertilizing + direct seeding	50~60	-	-	80	55~77
	Fertilizing	50~60	-	-	80	55~77
	Broadcast	50~60	-	-	80	55~77
	Oversowing at rice stand	40~60	-	54	75	69~82
Harvest	Mowing	75~85	65~85	50~70	85	-
	Mowing-conditioning	75~85	80~95	-	85	-
	Drying	-	-	-	-	-
	Tedding	80~85	62~89	52~80	85	-
	Raking	75~85	62~89	52~80	85	-
	Baling	50~60	40~50	25~45	80	-
	Wrapping	-	-	75~85	-	-
	Forage harvest	60~70	50~76	-	80	-
	Forage transporting	-	-	-	-	-
Hay transporting	-	-	-	-	-	

* Source : U.S.A ; Hunt(1983), Japan ; 岡村俊民(1991).
Korea ; Chung(1997) and Investigated data in this study.

급한 ⑤, ⑩ 및 ⑪번 포장과 경주 지역 포장에서 맥류 조사료의 수확작업을 실시하여 각 포장별 포장작업 능력을 조사하여 평균값을 표 3에 나타내었다. 표에 나타난 최소치는 본 농장에서의 측정치이며 최대치는 경주 지역 포장에서 조사된 값이다.

조사된 포장작업 능력 및 포장효율을 살펴보면 우리나라의 중소규모 평균 포장으로 볼 수 있는 실험 포장과 대규모 포장으로 평가할 수 있는 경주지역의 포장작

업 능력과 포장효율은 베일링 작업의 경우 2배까지도 차이가 날 수 있는 것으로 판단된다. 그것은 포장이 소규모인 경우 선회 작업이 빈번하고 단위 포장당 생산되는 베일 개수가 적어 포장에서의 작업 시간의 손실이 대규모 포장에 비해 크기 때문이다.

이상과 같이 본 연구에서 실작업을 통하여 조사된 우리나라에서의 포장 효율 데이터와 문헌으로 조사된 외국과 우리나라에서의 포장 효율 및 실작업 효율에 대한

데이터를 표 4에 나타내었다. 표에서 보듯이 우리나라 포장에서의 포장효율은 대구획 필지인 경우 외국 자료의 효율에 근접하고 있으나 중소규모의 포장의 경우는 효율이 매우 떨어지는 것으로 나타나고 있다. 이것은 포장규모가 작을수록 작업성능이 떨어지는 것으로 의미하는 것으로, 본 연구조건에서 랩-사일리지 생산작업을 계획하는 경우라면 단위 포장의 규모는 대구획(약 1~2ha)을 우선적으로 선택해야 할 것으로 판단되었다.

다. 랩-사일리지 기계화 생산비 분석 결과

본 연구에서 맥류 랩-사일리지 생산을 위해 경북대학교 부속 농장에서 작업을 실시하여 생산비를 분석한 결과를 요약하여 표 5에 나타내었다. 작업의 결과는 보리의 경우 작황이 불량하여 제외하였으며 모두 호맥 작업에 대한 결과만을 제시하였다.

표에 나타난 생산 작업의 결과를 살펴보면 연료비의 경우 기계식 산파 및 랩-사일리지 수확 작업시 100,906 원/ha이 소요되어 제 2보(김 등, 2003b)에서 제시한 생산비 계산시의 예측 연료비 55,074원/ha에 비해 대단히 높게 나타났다. 이것은 시험 생산시의 포장 상태가 불량하여 경운 작업을 2회 실시하였고 작업 부하도 컸었기 때문이다. 시험 생산에서 사용한 소요 재료비는 생산비 분

석에 그대로 적용하였으며 운반비는 1 ton 트럭을 임차한 경우인데, 트레일러를 이용하여 운반하는 경우와 큰 차이가 없었다. 그러나 경작규모가 커지고 원거리 운송의 경우에는 임차의 경우가 비용 부담이 클 것으로 예상된다. 본 시험 생산시의 소요 비용의 합계를 산출한 결과 ha당 9,153,513원이 소요되는 것으로 나타났는데, 이 때 기계의 고정비는 제 2보(김 등, 2003b)에서 제시된 입모중 산파의 경우를 이용하였다.

또한, 랩-사일리지의 생산량을 조사하여 본 결과, 본 연구에서 생산된 생산량은 함수율 60% 사일리지 기준으로 평균 약 15~20 ton/ha(6~8ton - 건물/ha)로, 축산기술 연구소에서 보고한 최적시기의 최대 생산량 12 ton - 건물/ha 보다는 적은 양이었다. 그러나 수확시의 손실과 본 작업이 실시된 경북대학교 부속 농장이 맥류를 재배하기는 매우 어려운 배수 불량 담임을 고려한다면 양호한 성적이며 이는 파종방식을 입모중으로 실시함으로써 가능하였다. 따라서 본 연구에서 1.6ha 경작규모로 입모중 산파, 랩-사일리지 수확작업을 실시한 결과 최종 생산비는 1,257원/kg-TDN으로 분석되어, 제 2보(김 등, 2003b)에서 입모중 산파의 경우에 경작규모별 최소생산시의 생산비 예측결과인 1,306원/kg-TDN 보다 낮게 나타났다. 이러한 높은 생산비는 경작규모를 증대한다면 대폭 감소될 것으로 판단된다.

Table 5 Production cost of wrap silage in pilot farm

Process	Seeding		Harvest				Trans-poting
	Broadcast	Oversowing	Mowing	Drying	Tedding, Raking	Baling	
Working period(day)	3	1	2	-	2	2	2
Worker(man)	2	1	2				
Working area(ha)	1.6						
Cost (won/ha)	Fixed cost	8,319,000					
	Labor	156,250					
	Fuel	65,000	1,563	35,906			
	Material	Fertility : 118,500 Seed : 189,600		Twine : 64,650, Plastic film : 154,410 **Silage additive:69,284			
	Transporting	44,000					
	Total	9,153,513					
Remarks	* Moisture contents of wrap silage was 50~65%,w.b. ** Silage additives were used only in the half of total product						

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 약 3ha 규모의 경북대학교 부속농장에서 답리작으로 맥류 랩-사일리지 생산작업을 3년간 수행하여 실작업시의 공정별 특성 분석, 기계화 모델의 포장작업 관련 계수 및 실작업시의 소요비용과 생산량 등의 실제적인 자료를 수집하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 맥류의 파종 및 수확작업은 주어진 작업공정을 모두 수행하면서 2~3일의 단기간 내에 큰 문제점 없이 작업이 수행되었다. 따라서 랩-사일리지 기계화 작업의 현장 적용은 큰 어려움 없이 가능할 것으로 판단되었다.

2) 주요 공정별 특성을 살펴보면 베일 작업은 집초열이 너무 크거나 균일하지 못하면 공급부 막힘 등이 발생하여 포장효율이 저하되었으며, 랩핑 작업은 베일의 제조 후 24시간 이내에 비닐 밀봉이 되어야 원형을 유지하면서 랩핑이 가능하였으며, 비닐에 구멍이 있을 경우 저장 중 변패의 원인이 되었다.

3) 각 작업별 포장작업 능률 및 포장 효율을 조사한 결과, 예취작업의 경우 0.6~0.85ha/h 및 50~70%, 반전 및 집초작업은 1.1~1.7ha/h 및 52~80%, 베일링 작업이 0.6~1.1ha/h 및 25~45%, 그리고 랩핑작업이 0.5~0.57ha/h 및 75~85%로 나타나, 본 연구조건에서 랩-사일리지 생산작업을 계획하는 경우라면 단위 포장의 규모는 대구획(약 1~2ha)을 우선적으로 선택해야 할 것으로 판단되었다.

4) 1.6 ha 경작규모로 입모중 산파와 랩-사일리지 수확작업을 실시한 결과 6~8ton-건물/ha의 생산량을 보였으며, 최종 생산비는 1,257원/kg-TDN으로 생산비 예측 결과보다 낮게 나타났으며 이러한 높은 생산비는 경작 규모를 증대한다면 대폭 감소될 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 김학규, 정창주, 정선옥. 1996. 대형 농기계의 효율적 이용을 고려한 포장구획에 관한 연구. 한국농업기계학회지. 21(3):343-356.
2. 김혁주, 박경규, 서종혁, 신승열. 2003a. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(1). 한국농업기계학회지. 28(2):107-116.
3. 김혁주, 박경규, 김태한, 구영모. 2003b. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(2). 한국농업기계학회지. 28(3):199-208.
4. 정창주, 김경옥. 1997. 농작업기계학. 서울대학교 출판부. pp. 1~36.
5. 岡村俊民. 1991. 농업기계화 기초. 일본 북해도대학. pp. 183~187, pp. 319~326.
6. Donnell Hunt. 1983. Farm power and machinery management.