답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 생산기술
Mechanized Production Techniques for Lapped Winter Barley Silage in Paddy field

박경규* 김혁주* 서상훈*
정회원 정회원 정회원
K.K.Park H.J.Kim S.H.Seo

1. 서론

최근 우리나라의 젖소 및 한우의 사육두수는 계속 증가 추세에 있으며 젖소와 비육우는 1997년 현재 각각 270만 마리, 54만 마리가 사육되고 있다. 반면 사육농가는 계속 줄어들어 호당 사육두수가 꾸준히 증가하고 있음에도 불구하고, 아직은 축산 선진국에 비하여 규모가 영세한 탓에 많은 문제점을 안고 있으며, 그 중 조사료의 자급이 가장 큰 문제점으로 제기되고 있다. 조사료 급여비율이 최소 한계인 40%에도 미치지 못하고 대부분 농후사료에 의존한 소의 사양이 이루어지고 있어 소의 질병 다발, 생산성 저하, 사료비 증가 등 경쟁력 저하의 기본적인 요인이 되고 있다. 그나마 조사료의 대부분은 볏짚을 사용하고 있어 조사료의 품질 역시 매우 열악하다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 박[1] 등은 겨울철에 재배 가능한 보리, 호밀 등의 맥류를 논에서 대규모로 생산하여 양질의 조사료로써 사용할 것을 제안하였으며 또 그 가능성을 검증한 바 있는 데, 맥류는 곡식으로 수확을 할 경우 남부 지역에는 문제가 없으나 중부 지역에서는 벼의 이앙기와 겹치게 되어 이제 까지는 문제가 되어 왔다. 그러나 유숙기 부터 황숙기를 거쳐 초기 완숙기 사이에 생초로 수확을 할 경우 약 15일에서 20일 정도 여유가 있게 되어 조사료로서 이용이 가능하다. 그러나 이러한 좋은 조건도 기계화 없이는 생각을 할 수가 없다. 실제로 이제까지 우리나라의 농업기계화는 수도작 중심으로 수행되어왔기 때문에 축산은 수도작에 비하여 모든 면에서 영세한 실정에 있으며 더욱이 답리작 조사료 재배는 수도작 지역에서 축산농가로 유통되는 시스템이기 때문에 수도작용 기계와 축산용 기계가 서로 보완 작용을 해야한다. 이에, 박[1] 등은 답리작 맥류의 일관 생산을 위한 3개의 기계화 모델을 제시하였는 데, ①랩-사일리지 생산 시스템(모델 I), ②트렌치 또는 타워 사일로에 의한 사일리지 생산 시스템(모델 II), ③건초 생산 시스템(모델 III) 등이 그것이다.

본 연구에서는 위의 3가지 모델 중 랩-사일리지 생산 시스템의 기계화 생산기술에 대한 내용으로 맥류를 답리작으로 재배하여 랩-사일리지로 생산하기까지의 기계화 생산의 구체

* 경북대학교 농업기계공학과
** 본 연구는 1999년 농림부의 농림기술 연구개발과제로 연구 수행중임

적인 내용을 정리하고 실제 시험시의 랩-사일리지 기계화 생산기술의 세부 내용을 정리하며 랩-사일리지의 가공 기술에 있어 사일리지의 품질과 생산량에 영향을 미칠 수 있는 인자들에 대하여 고찰한다.

3. 랩-사일리지 기계화 생산 기술

랩-사일리지 생산 과정을 살펴보면 맥류 조사료를 수확 적기에 모아로 예취 → 작물의 함수율이 약 60% 내외가 되도록 포장에서 1-2일 정도 예건 → 레이크로 집초 작업 → 원형 베일러로 결속작업 → 베일 래퍼로 랩핑 작업→ 저장 시설로 운반 → 필요에 따라 소비지로 유통되는 과정을 거치게 된다.

이에 따라, 답리작 맥류의 재배에서부터 랩-사일리지 가공의 전과정은 쌀 재배 지역에서 겨울철 맥류의 파종부터 봄철 사일리지 가공을 거쳐 가축(젖소)에 급여까지는 많은 기계화 작업이 필요로 할 뿐 아니라 가공기술이 필요로 하다. 실제로 파종에서부터 이어지는 일련의 작업은 "파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 →기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반"의 공정으로 이루어진다.

본 연구에서는 랩-사일리지의 기계화 생산 작업의 현실성을 검증하기 위하여 실제 포장에서 일련의 작업기계를 투입하여 작업을 실시하였다. 1차년도 작업은 98년 11월~ 99년 5월까지 실시하였고 2차년도 작업은 99년 10월 파종 실시하여 작물이 재배중에 있다.

가. 기계화 생산기술

지난 1년간 답리작 조사료 기계화에 의한 작업을 본 대학 부속농장에 마련된 파일롯트 농장에서 많은 시행 착오를 겪으면서 수행하여 본 결과 다음과 같은 결론을 요약할 수가 있었다.

(1)파종 작업

벼 수확 시기의 지연 또는 파종시 일기 불순으로 파종 시기가 지연될 경우 월동시 종자의 동사 발생하여 다음 해 수확량이 감소될 수 있다. 호맥의 경우는 보리보다 월동력이 강하여 파종시기가 다소 지연되더라도 타격이 적으나 보리의 경우는 파종 시기 지연될 경우 다음해의 수확량 감소가 심한 것으로 판단된다. 또한, 보리나 호맥 등의 맥류의 파종은 직파 작업으로 이루어지는 데, 습답인 경우 경운 작업이 잘 이루어지지 않고 쇄토 입자가 커 종자의 월동시 필요한 보온, 보습의 기능이 떨어져 종자의 발아율이 현저히 감소된다. 따라서 원활한 배수작업이 가능하도록 배수로를 정비하고 객토 작업 실시 등의 논관리가 필요하다. 또한 2차년도에는 입모중 파종을 실시하였는 데, 콤바인 작업시 볏짚을 세절하여 종자 위에 피복하였다. 1차년도와는 달리 파종 작업이 매우 원활하고 신속하게 완료되었는데, 본 시험에서의 산파와 입모중 파종의 작업 시간은 각각 140분/600평, 35분/600평이 소요되었다.

(3)예취작업

작물의 예취시 트랙터 부착용 모어를 사용하게 되는데 모어가 트랙터의 후방에 부착된 관계로 논의 가장자리 부분은 트랙터의 폭만큼 인력으로 또는 보행형 예취기로 미리 예취하여야 한다. 이는 인력과 시간의 낭비를 초래하게 되므로 전방에서 동력을 취출할 수 있는 트랙터를 개발하여 전방 부착형 모어를 사용해야 할 것으로 판단된다. 작업 능률은 30분/600평 정도였다.

(4) 집초 및 베일작업

레이크로 집초열을 만들 경우는 베일러에 의한 베일 작업이 용이하도록 하여야 빠른 베일 작업이 이루어 질 수 있으며 집초열은 두께가 균일하고 직선을 이루도록 해야 한다. 형성된 집초열의 집초량이 많을 경우 베일러 공급부가 막히고 작물의 제거 작업에 시간이 많이 소요되며 기계 파손의 우려도 있어 세심한 집초 작업이 선행되어야 한다. 베일 작업은 고속으로 이루어지는 데 포장 내에 배수로가 있을 경우 충격에 의한 기계의 손상이 발생하거나 작업 속도를 늦춤에 따른 작업의 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 배수로 형성시 포장의 가장자리에 배수로를 형성하는 것이 좋다. 베일 작업의 능률은 레이크 작업에 직접적인 영향을 받는 데, 포장이 직사각형의 형태가 아닌 경우 집초열의 형성이 불균일하여 베일링 작업시에도 효율이 매우 떨어졌다. 집초와 베일 작업의 능률은 각각 20분/600평, 30분/600평이었다.

(5) 랩핑작업

베일된 작물을 단시간 내에 랩핑하지 않을 경우 베일에서 호흡에 의한 열과 수분이 발생하여 베일의 형태가 파손되어 랩핑이 불가능하므로 베일 작업을 실시한 당일 랩핑 작업을 실시해야한다. 일단 베일링이 된 베일은 무게가 매우 무거운데 베일을 pick-up하여 회전 테이블 위에 불안정하게 안착시킬 경우 베일 회전시 베일이 바깥으로 튀어나갈 우려가 있으므로 안전을 고려한 정확한 작업이 필요하다. 베일 1개 작업에 약 10분이 소요되었다.

(6) 베일 운반 및 적재 작업

베일 운반은 트랙터에 부착된 사일리지 핸들러를 이용하여 작업하게 된다. 운반 및 적재시 핸들링을 부드럽게 하지 않을 경우 피복된 비닐이 찢어지기 쉽다. 비닐이 찢어질 경우 테이프 등으로 밀봉을 하게 되는데 오래지 않아 틈새가 발생하고 공기가 침투해 사일리지가 변질되므로 최대한 비닐이 찢어지지 않도록 주의해야 한다.

나. 사일리지 가공 기술

답리작 랩-사일리지는 수확 후에 재료를 절단하지 않고 원형으로 압축한 후에 비닐로 밀봉 피복을 하여 공기의 유입을 차단함으로서 15-20일 정도의 발효과정을 거쳐 안정된 사일리지를 생산하는 방법이다. 본 시험에서 생산된 원형 랩-사일리지는 직경이 120cm, 길이가 120cm, 무게가 약 500kg 정도였다. 본 시험에서는 사일리지의 생산성과 품질에 영향을 미칠 수 있는 요인을 분석하였는 데, 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

(1) 수분함량

사일리지 제조에서 함수율은 매우 중요하다. 호맥이나 대맥은 수확시기에 따라 다소 차이가 나지만 대부분 함수율이 약 80% 정도로 되고 있어 본 연구에서의 실험 결과와 기존의 연구 결과에 의하면 사일리지 제조에 적합한 함수율인 50-60% 보다 매우 높은 수분을 가지고 있는 것으로 나타났다. 박**) 등에 의하면, 예취 후 1일이 지나면 약 70%, 이틀이 지나면 약 60% 전후가 되는 것으로 나타났으며 수확 후 건조 기간이 3일 이상 지속될 경우 작물의 함수율은 급격히 감소하여 사일리지 저장에 적합치 않은 상태가 된다. 따라서 사일리지의 가공은 예취 후에 포장에서 하루에서 이틀 정도 건조 후에 베일작업을 하는 것이 적당하며 작물을 압쇄하여 건조할 경우 부위별 건조속도가 비슷하여 균일한 함수율 분포를 얻을 수 있고 또한 건조속도도 빨라 햇볕이 좋은 날은 반나절 정도 건조할 경우 사일리지 가공에 적합한 55-60% 정도의 함수율을 얻을 수 있다.

(2) 첨가제의 효과

대상작물의 수확시기가 다소 빠르거나 늦었을 경우, 당분등 사일리지 발효에 필요한 영양분이 적어 젖산 발효를 유도하기 위하여 발효 촉진제를 사용하는데 일반적으로 ①개미산 ② 젖산균(사일리지 이노큐런트)등 2가지를 사용한다. 본 연구에서는 이상의 2가지 첨가제 외에 무 처리로 사일리지를 가공하였는데 사일리지의 품질을 판가름하는 유기산의 내용을 분석하여 본 결과 좋은 젖산이 풍부하고 낙산이 적게 검출되어 모두 1등급의 판정을 받았다. 따라서 수확시의 함수율 수준이 만족스러우면 첨가제를 투입하지 않아도 충분할 것으로 판단된다.
위에서 알 수 있듯이 축산기술 연구소에서의 연구결과와 비교하면 매우 우수한 것이었는 데 그 원인은 함수율, 베일의 압축력, 랩의 밀봉성이 우수했던 결과라 할 수 있다.

(3) 작물의 베일 작업 및 비닐 피복

베일은 밀도가 높을수록 사일리지 제조에 유리한 데, 시험기의 베일 압축력은 약 210 kg/㎠정도가 된다. 베일러 작업시 압축 압력이 충분한 상태에서 베일을 배출하여 베일의 밀도 저하가 없도록 해야 할 것이다. 또한 베일된 작물은 단시간 내에 랩핑 처리를 하지 않을 경우 베일에서 호흡에 의한 열과 수분이 발생하여 베일의 형태가 파손되어 랩핑이 불가능 해진다. 따라서 당일 랩핑 작업을 실시해야 하며 비닐의 피복은 저장 기간에 따라 3겹(2개월 저장)~7겹(1년간 저장)으로 저장하도록 하여 장기간 저장에 따른 사일리지의 품질 저하를 방지하고 비닐의 낭비를 줄여야 할 것이다.

(4) 랩-사일리지의 운반 및 저장

비닐로 밀봉된 랩-사일리지의 운반은 근거리인 경우는 필히 사일리지 핸들러를 사용하여 운반을하고 장거리인 경우는 트레일러 또는 트럭 등에 적재하여 운반토록 한다. 이 때 랩-사일리지의 핸들링을 부드럽게 하지 않을 경우 피복된 비닐이 찢어지기 쉽다. 비닐이 찢어

질 경우 테이프 등으로 밀봉을 하게 되는데 오래지 않아 틈새가 발생하고 공기가 침투해 사일리지가 변질되므로 최대한 비닐이 찢어지지 않도록 주의해야 한다.

랩-사일리지의 저장은 별도의 창고 등을 필요로 하지 않고 노천에 방치하여도 무방하다. 저장시의 랩-사일리지 적재 방법은 환경에 따라 다를 수 있는 데 본 연구에서는 랩-사일리지를 세우고 2단으로 적재하였는 데 6개월 이상 랩-사일리지는 이상 없이 보관되었다.

(5) 사일리지의 급여

본 연구의 사일리지 생산 시험에서는 베일러에 의한 베일 작업시 작물의 세절을 실시하지 않고 원형 그대로 압축, 결속, 피복을 실시하였는데 개봉 급여하여본 결과 사일리지의 품질에는 이상이 없는 것으로 나타났다. 그러나 작물이 세절되어 있지 않고 길이가 길어 젖소에 급여시 허실이 상당량 발생하였다. 따라서 급여시는 필히 사일리지를 세절하여야 할 것으로 보이며 본 연구에서는 일반 농가에서 흔히 쓰이는 볏짚 절단기를 사용하여 세절 작업을 매우 쉽고 신속하게 실시할 수 있었다.

(6) 수확적기

맥류를 사일리지로 이용할 경우 수확 시기의 선정은 여러 가지 요인들을 고려하여 결정하여야 하지만 에너지 함량의 측면에서 본다면 축산기술연구소의 연구결과와 같이 대맥은 황숙기에 수확이 적기이며 호맥은 유숙기에 수확이 적기인 것으로 나타나 있다. 본 연구에서의 시험 생산시는 전년도 11/14-11/18 사이에 파종을 실시한 결과 금년 5/9-5/13경 보리의 경우 황숙기 초기가 되고 호맥의 경우 유숙기 초기가 되었으며 또한 벼의 이앙 작업 준비를 위해 수확작업을 실시하였다.

이 때 함수율은 작물이 성장하면서 점차 감소하는 추세를 보였고 단위 면적당 생산량은 증가하는 추세를 보이고 있는 데 대맥의 경우 수확시 생초기준 대맥의 경우 3.5 kg/㎡, 호맥의 경우 3.4 kg/㎡ 정도로 기보고된 결과와 큰 차이는 없었으나 파종 불량에 의한 감수로 최종 사일리지의 생산량은 상당량 감소하였다.

5. 결과 및 요약

이상에서의 랩-사일리지의 기계화 생산 및 가공 시험 결과 기계화 생산 작업은 우리나라 농촌에서 많이 쓰이는 43ps, 54ps 트랙터를 이용하여 단기간 내에 성공적으로 작업을 완료할 수 있었다. 따라서 우리나라에서의 맥류 랩-사일리지의 기계화를 통한 일관 작업의 적용 가능성은 충분한 것으로 판단되었는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1)파종 작업은 산파의 경우 3ha 파종시 3일, 입모중 파종의 경우 2ha 파종시 1일 소요되었으며 수확, 가공 작업은 포장에서의 예건 기간을 포함하여 7,000평 작업에 3일이 소요되어 단기간 내에 작업을 완료하였다. 작업시 기계 자체의 문제로 인한 작업의 지연은 거의 없었으며 작업자의

맥류의 랩-사일리지 기계화 작업 경험이 매우 짧았음에도 불구하고 큰 문제점없이 작업이 수행되었다. 이는 랩-사일리지 기계화 작업의 현장 적용에 있어 단기간 내에 완성도 높은 작업이 가능할 것으로 판단된다.

2)맥류의 수확은 호맥의 경우 유숙기 초기, 대맥의 경우 황숙기 초기에 이루어졌는 데 보고된 수확 적기에 비교하여 약간 빠른 시기에 수확작업이 이루어진 것으로 추정된다. 수확 당시의 부분적인 생초의 생산량은 대맥의 경우 3.5 kg/㎡, 호맥의 경우 3.4 kg/㎡ 정도였으나 파종 불량으로 작황이 극히 불량해 최종 수확물은 6,000평 경작으로 랩-베일 28개를 생산할 수 있었다. 따라서 본 실험에서의 수확시기는 이앙작업을 위해 조기 수확을 시행해야 하는 측면에서 본다면 무난했으나 파종 불량에 대한 충분한 대비가 하는데, 후속 연구에서는 입모중 파종을 실시하였고 작업은 원활하고 신속하게 이루어졌으나 여전히 배수 양호 지역에 비해 파종의 어려움이 있었다.

3)맥류의 베일 작업은 예취후 2일 정도가 경과한 후에 실시해야 하며(세절하지 않은 경우) 랩핑 작업은 베일 작업을 한 당일 시행하여야 한다.

4)랩-사일리지 가공시의 처리 방법은 Ⓐ무처리, Ⓑ개미산 처리, Ⓒ유산균 처리를 하였는 데 젖소에 급여한 결과 모두 높은 기호성을 보였는 데 각 처리 방법간의 세부적인 분석 결과 모두 1등급의 사일리지로 판명이 났으며 적정 함수율의 수준인 경우 개미산이나 유산균의 처리는 불필요한 것으로 판단되었다.

5)랩-사일리지 작업의 일반 사일리지 작업 대비하여 편리한 점은 별도의 사일로를 만들거나 작물을 사일로에 저장하는 고된 작업을 하지 않아도 된다는 점을 들 수 있다. 그러나 비닐은 찢어지기 쉬우므로 랩-베일의 핸들링시는 매우 주의를 해야한다. 본 연구에서 시험을 실시한 결과 랩핑 작업은 매우 양호하게 완료되었으며 6개월이 지난 마지막 급여때까지도 랩-베일의 손상은 거의 없는 것으로 나타났으며 사일리지의 품질 또한 양호하였다.

6. 참고 문헌

1. 김정갑. 조사료 이용 및 효율성 증대방안. 1998.
2. 김창호 외. 파종기와 예취시기가 답리작 호밀의 생육 및 건물수량에 미치는 영향. 1995
3. 박경규외, "답리작 조사료의 랩사일리지 기계화 생산모델", 한국농업기계학회지, 1998.
4. 박경규외, "사일리지 및 건초 생산을 위한 답리작 맥류의 건조특성", 하계학술대회, 1999.
6. 시험연구보고서. 축산시험장. 1995
7. 축산경쟁력 제고를 위한 총체사료 생산이용 기술개발. 농촌진흥청. 1992