

벧짚원형베일초퍼개발

Development of chopper for rice-straw round bale

유병기* 오권영* 최광재* 이성현* 이기현**

정희원 정희원 정희원 정희원

B. K. Yu K.Y. Oh G.J.Choi S.H.Lee K.H.Lee

1. 서론

기존의 사각베일 시스템에서는 사각베일을 차량에 적재하거나 하역할 때에 노동력 집중이 심하고 포장작업능률이 낮아 기계 적재하역작업이 가능하고 작업능률이 높은 대형원형베일러가 90년대 말부터 급속히 보급되고 있다. 그런데 원형으로 베일한 벧짚이나 호밀과 같은 조사료를 급이할 때 대부분의 농가에서는 세절하지 않고 그대로 자유급식시키고 있어서 급이 시에 바깥으로 흘러는 등 허실이 20여%에 이르고 있다. 또한 일부 농가에서 범용 절단기로 절단하여 급이하고 있는 경우는 절단 노동력이 많이 필요하고 절단 후 급이 작업도 용이하지 않은 실정이다. 따라서 원형베일을 손쉽게 운반 및 적재 가능하고, 잘게 세절할 수 있는 기능을 가지며, 원하는 위치로 투입이 가능하고, 트랙터로 운반이 가능한 트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급이기의 개발이 필요성이 제기 되어 왔다. 본 연구에서는 위와 같은 기능을 하면서 특히 우리나라에서 많이 이용되고 있는 벧짚절단에 적합한 원형베일초퍼를 개발하였다.

2. 재료 및 방법

가. 절단력이 적은 칼날 개발을 위한 벧짚의 물성시험

구미에서는 원형베일초퍼로 호밀과 같은 조사료작물을 절단하는 경우가 일반적이거나 우리나라에서는 벧짚을 절단할 경우가 더 많아 호밀보다 질긴 벧짚의 절단시 절단력을 최소화하기 위한 요인을 찾고자 만능물성시험기로 칼날 절단각도별 벧짚의 절단력을 측정하였다. 측정기기기는 Stable Micro Systems사의 250kg용 TA-HD를 사용하였으며, 측정대상 공시재료는 마분벧짚줄기, 엔실리지벧짚줄기, 호밀줄기를 사용하였으며 측정방법은 재료를 자르는 날의 각도를 수직으로 하였을 때와 45도 경사로 자를 때의 절단력을 측정하였다.

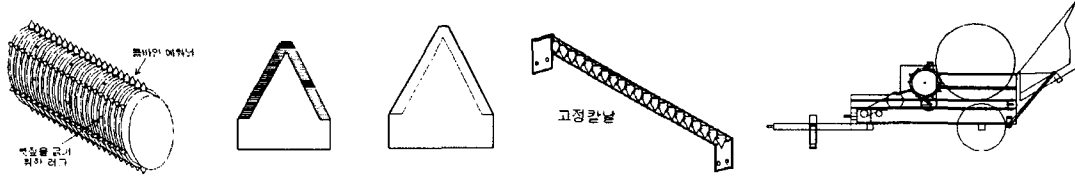
나. 1차 절단장치 회전칼날 형식 및 리그 유무별 절단성능 비교시험

시작기를 제작하기전에 원형베일을 1차적으로 절단하는 시험장치를 만들어 회전드럼에 삼각톱니날, 삼각민자날을 붙인 경우와 여기에 고정칼날을 붙인 경우 고정칼날 및 잘려진 벧짚을 끌어넘기기 위한 리그를 단 경우 등을 시험하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 생물생산기계과 축산기계연구실

** (주)명성

이 때의 회전드럼 및 고정칼날의 형상은 그림 1과 같으며 시험조건은 표 1과 같았다.



회전칼날붙은 드럼 톱니삼각날 삼각민자날 고정칼날 및 지지대 드럼 및 고정날설치위치

Fig 1. 1차절단장치 회전칼날 형식 및 리그 유무별 절단성능 시험장치

Table 1. 고정칼날, 회전칼날, 리그 유무별 시험조건

구분	처리방법			
	없음		있음	
고정칼날	없음		있음	
회전칼날	삼각톱니날	삼각민자날	삼각민자날	삼각민자날
리그	없음	없음	없음	있음

절단 동력을 알아보기 위하여 토크측정장치를 그림 2와 같이 구성하였으며 토크측정장치의 사양은 표 2와 같다.

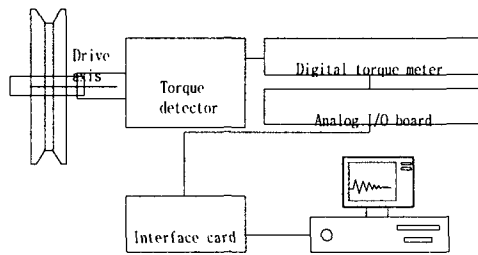


Table 2. 토크측정장치사양

구분	사양
토크측정기	모델 : SS-501(ONO SOKKI) 용량 : 50kg-m 최대속도: 6000rpm
디지털토크메타	모델 : TS-200(ONO SOKKI)
인터페이스카드	PCL-812PG
소프트웨어	GENIE 3.01(ADVENTECH)

Fig 2 동력측정장치구성도

다. 시작기 설계 제작 작업성능 측정

위와 같은 요인시험을 거쳐서 1차절단장치와 2차절단장치로 구성된 원형베일초퍼시작기를 아래와 같이 제작하였으며 벚짚원형베일절단시의 PTO의 회전수별 절단성능 및 토크를 측정하였다. 2차 절단장치 대형원판에 일자형 날을 72° 각도로 5개 부착하여 PTO의 2배속으로 고속회전하면서 1차절단장치를 통하여 온 벚짚을 고정칼날과 회전칼날로 2차 절단하도록 플라이휠형 절단장치를 만들었으며 벚짚배출장치는 디스크형 플라이휠에 부착된 2개의 팬날개가 만드는 바람에 의하여 배출하도록 구성하였다. 작업성능시험에서의 공시재료는 원형벚짚베일을 사용하였다. 또한 배출시에 배출되는 곳이 사조가 될 때와 TMR배합기가 될 때를 대비하여 절단벚짚 최종배출방향 각도를 조절할 수 있도록 제작하였다.

○ 시작기 구조 및 제원

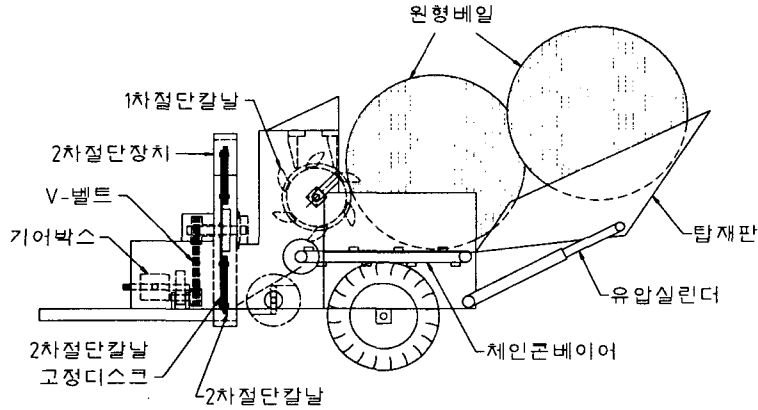


Fig. 3 시작기의 구조

Table 3. 시작기 제원

구 분	사 양
○ 본체 크기(L×W×H mm)	3350×1450×2400
○ 적용베일크기(φ×D mm)	1200×1200
○ 베일적재방식	- 유압식적재
○ 베일이송공급	- 체인콘베이어 휘더, 라쳇기어 4단감속
○ 1차절단장치	- 후방 및 전방에 고정날설치 · PTO 축 회전을 벨트로 2배 증속 · 크기 : φ400mm, 길이 1350mm · 회전칼날 : 설치각 60도, 60개 · 짚 이송 러그 : 쌍 각형 러그
○ 2차 절단장치	- 일자형 - PTO 축의 2배 증속 - 프라이휠 직경 1,200mm - 칼날 설치각: 방사상72° 설치, 5개

3. 결과 및 고찰

가. 절단력이 적은 칼날 개발을 위한 벧짚의 물성시험

벧짚은 호밀보다 절단력이 3.5배 많이 필요한 것으로 나타나 호밀이나 연맥용으로 구미에서 개발된 원형베일초퍼들은 주로 벧짚을 사용하여야 할 우리나라여건에는 맞지 않는 것으로 사료되었

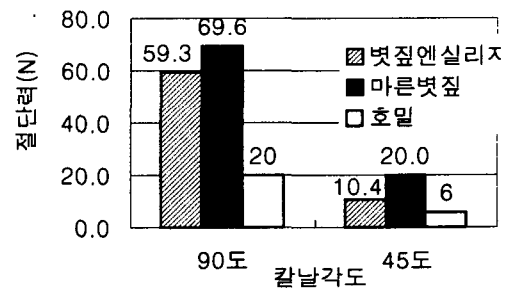





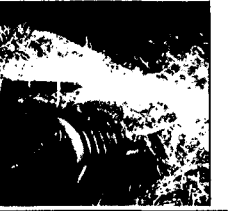
Fig. 4 조사료재료 및 절단각도별 절단력

다. 또한 칼날을 수직으로 절단하는 것보다는 경사를 두고 자르는 경우가 재료에 따라 차이가 있지만 1/3 ~ 1/6의 절단력 만으로 절단이 가능한 것으로 나타났다.

나. 1차 절단장치 회전칼날 형식 및 리그 유무별 절단성능 비교시험

1차 절단회전칼날로 삼각톱니날을 사용한 경우는 1차 회전칼날에 걸려서 벚짚이 끈어지지 않고 드럼에 말리는 현상이 나타났으며 톱니를 제거한 삼각날을 사용한 경우에는 비교적 잘 절단이 되었으나, 고정칼날을 설치하지 않은 경우는 벚짚이 절단 전에 배출되어 절단효과가 낮았고 견어올림 리그를 설치하지 않은 경우는 잘려진 벚짚이 드럼에 말리는 현상이 나타났다. 이 실험 결과 벚짚이 드럼에 말리지 않고 연속절단되기 위해서는 회전칼날은 톱니가 없는 민자날을 사용하고 고정날을 설치하며 회전날 사이에 리그를 설치하여야 할 것으로 판단되었다. 표 4는 처리별 작업상태를 정리한 것이다.

Table 4. 회전칼날 형식, 고정칼날 및 리그 유무별 작업상태

구분	처리방법			
	없음		있음	
고정칼날	없음		있음	
회전칼날	삼각톱니날	삼각민자날	삼각민자날	삼각민자날
리그	없음	없음	없음	있음
모양				
작업상태	절단날에 벚짚걸림	절단 전 배출로 절단효과 낮음	절단상태 보통, 드럼에 벚짚 말림	절단상태 비교적 양호하고 말리지 않음

그러나 삼각민자날의 경우도 절단토크가 40kgf×m전후까지 나타나 800rpm의 경우 약 50마력의 동력이 필요한 것으로 계산되어 1차 절단장치 부근에서의 절단동력을 줄이기 위하여 부채꼴날을 개발하였다. 부채꼴날은 기존 삼각날을 사용할 때보다 절단토크를 1/3~1/7수준으로 감소시켰다. 그림 5는 삼각민자날과 부채꼴날의 형상을 그림 6은 삼각민자날과 부채꼴날의 소요동력 비교결과를 나타낸 것이다.

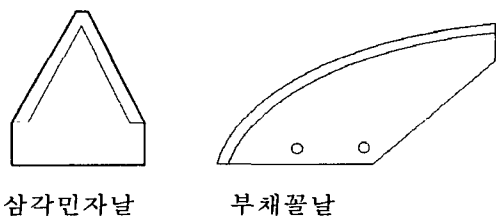


Fig 5. 삼각민자날과 부채꼴날의 형상

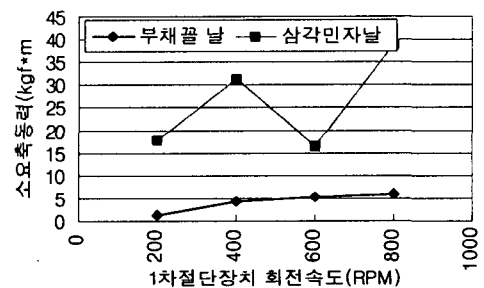


Fig 6 삼각민자날과 부채꼴날의 소요동력

다. 시작기 설계 제작 및 작업성능 측정

작업능률은 RPM이 증가할 수록 비례하여 증가하였는데 PTO회전수가 500RPM의 경우는 작업능률이 964kg/시간으로 나타났다. 벚짚절단정도는 회전수가 빠를수록 절단길기와 표준편차가 작게 나타났는데 PTO회전수가 500RPM에서는 평균절단길이가 13.9cm 표준편차 9.1cm로 나타났다.

Table 5. 작업능률

PTO 회전수 (RPM)	300	400	500	600
작업능률(kg/시간)	596	731	964	1121



Fig. 7 벚짚베일 절단시험모습

Table 6. 벚짚절단정도

PTO 회전수 (RPM)	300	400	500	600
평균절단길이(cm)	18.2	16.5	13.9	11.5
표준편차(cm)	13.9	13.2	9.1	8.3

작업시의 PTO 회전수별 축토크를 측정한 결과 최대토크가 600rpm에서 50kgf/m로 나타나 50마력급 중형트랙터로 작업하는데 무리가 없을 것으로 판단되었다.

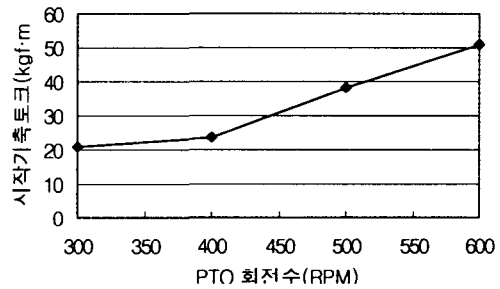


Fig. 8 시작기 소요동력

작업능률은 관행 벚짚절단기와 절단성능을 비교한 결과 관행 3마력 짜리 벚짚절단기가 1시간에 80kg을 절단할 수 있는 것에 비하여 시작기는

964kg을 절단하여 작업성능에서 12배 빠른 것으로 나타났으며 작업비용면에서도 1톤작업비용이 관행의 벚짚절단기의 경우 74%수준인 것으로 분석되었다.

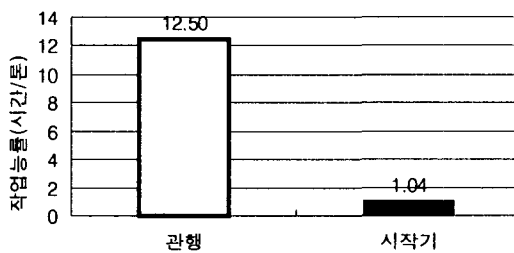


Fig. 9 작업능률

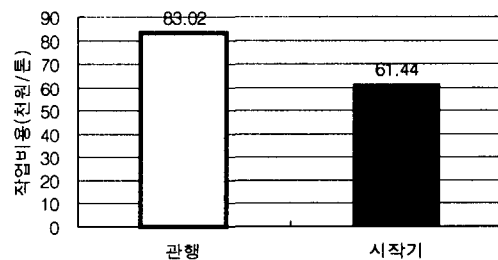


Fig. 10 작업비용

또한 절단하지 않고 굵이하는 경우와 비교하여 분석하여 본 결과 벚짚 무절단 굵이시 허실율을 25%로 하였을 때 허실된 벚짚 값만을 고려하여 손익분기점을 구할 경우 손익분기점은 베일을 연간 106톤이상 굵이 하는 경우에 경제성이 있는 것으로 나타나 대규모 농가나 중소

규모 증가인 경우에는 여러농가가 공동으로 사용하는 경우에 적합한 것으로 판단되었다. 그러나 절단급이하는 경우에는 단순히 벧짚값절감 외에도 벧짚사료섭취량이 증가하며 젖소의 경우 유량증가등의 유리한 점등의 잇점이 있는 것으로 알려져 있으므로 이런 경우에는 앞의 손익분기 규모보다 적은 규모에서도 경제성이 있을 것으로 판단된다.

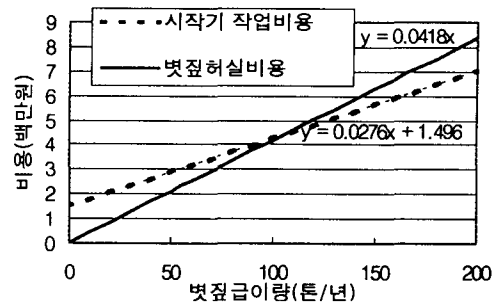


Fig. 11 무절단급이 대비 손익분기점

4. 요약 및 결론

- 가. 대형 원형베일의 벧짚을 절단하여 축사의 사조나 TMR제조기에 공급하는 원형베일초퍼를 개발하였다.
- 나. 시작기의 적정작업속도는 PTO 500rpm 수준이었으며 이때 작업능율은 964kg/시간, 평균벧짚절단길이는 13.9 cm이었다.
- 다. 시작기의 소요동력은 PTO회전수가 300rpm에서 600rpm으로 높아짐에 따라 증가하였으며 PTO회전수 500rpm 일 때 축 토크는 38.4kgf·m 수준이었다.
- 라. 비육우 50두 규모에서 시작기는 관행(벧짚절단기)에 비하여 노력절감 92%, 작업비용 26.9%절감으로 나타나 실용성이 있는 것으로 나타났다.
- 마. 벧짚의 허실을만을 고려한 손익분기급이량은 106톤/년으로 나타나 대규모의 전업 낙농농가나 비육우 농가 또는 여러농가에서 공동 사용할 경우에 경제성이 있는 것으로 나타났다.

5. 참고 문헌

1. 1999년 축산물생산비, 2000, 농림부
2. 박경규, 곤포담근먹이 기계화작업을 위한 한국형 모델 및 기계 개발 2001 논을 이용한 생태순환적 조사료 생산체계 구축방안, 농촌진흥청
3. 유병기, 조사료생산 기계화실태조사연구, 1999, 농업기계화시험연구보고서, 농업기계화연구소