

트랙터 견인형 원형베일 세절·급여기 개발(I) - 세절 메카니즘 개발 및 성능시험 -

홍동혁 박경규 하유신 김혁주 권진경 김태욱

Development of a Tractor Attached Roughage Cut-feeder for Round Bale (I) - Development of a Cutting Mechanism and a Performance Test -

D. H. Hong K. K. Park Y. S. Ha H. J. Kim J. K. Kwon T. W. Kim

Abstract

Not many types of roughage cutters have been introduced in Korea so far. However, those machines could not satisfy farmers to cut rice straw or barley wrap-silage properly. Stiffness and firmness of roughage bale were two obstructing factors. In order to solve this problem, a tractor attached cut-feeding machinery for the round baled roughage was developed for dairy and beef cattle farm in Korea. A series of tests were performed and acquired data were analyzed by using the several imported roughage cutters, which have been already introduced in dairy farm in Korea. And, a prototype of forage cutter was selected, analyzed, designed and manufactured to develop a tractor attached roughage cut-feeder for round bale. Also, the prototype machine was tested, modified and improved through revising model. As a result, a tractor attached roughage cut-feeder for round bale was manufactured. In order to evaluate the performance of the model machinery, a series of test were performed by the prototype machinery both at the plant and field. The model machinery developed satisfied in both power requirement and cutting capacity. As a conclusion, one of the obstacles against feeding the round baled roughage in the Korea cattle farm can be eliminated by developing the tractor attached round baled roughage cut-feeder.

Keywords : Cutting mechanism, Blade, Round bale, Cut-feeder

1. 서론

최근 국내의 조사료의 이용에 있어 기계화 시스템이 보급됨으로 인하여 현재 대부분 램-사일리지의 경우 500 kg 내외, 마른 볏짚의 경우 300 kg 내외의 대형 원형 베일의 형태로 수거 저장되나, 급여시 압축·결속된 베일을 그대로 급여하거나 범용의 커터기로 대형의 원형베일을 일정 두께로 풀어서 세절 급여 하므로 많은 허실로 인한 손실이 크고, 세절시 과도한 노동력과 시간이 허비되고 있다(Kim, 2001). 또한 대형의

원형베일을 TMR 배합기에 정량 투입하기 어렵고, 볏짚의 줄기가 질겨서 배합하는데 많은 문제점을 발생시키고 있어, 대부분의 TMR 사료에서 볏짚 및 램-사일리지를 이용하지 못하고 있는 실정이다(Park, 2003).

따라서 본 연구의 목적은 생산된 원형 베일을 우사로 운반 후에 한 번의 작업으로 세절·급여 기능을 할 수 있는 원형 베일 세절·급여기의 개발이며, 이를 위해 국내 조사료 중 세절에 가장 많은 에너지가 소요되는 볏짚을 기준으로 원활한 세절작용을 위한 세절 메카니즘 및 세절부의 부품을 설계 개발

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D Promotion Center (ARPC). This article was submitted for publication in August 2007, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in September 2007. The authors are Dong Hyuck Hong, KSAM member, Graduate Student, Kyung Kyoo Park, KSAM member, Professor, Yu Shin Ha, KSAM member, Graduate Student, Kyungpook National University, Hyuck Joo Kim, KSAM member, Research Engineer, Jin Kyung Kwon, KSAM member, Research Engineer, National Institute of Agricultural Engineering, and Tae Wook Kim, KSAM member, Professor, Sangju National University. Corresponding author: K. K. Park, Professor, Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Buk-gu, Daegu, 702-701, Korea; Fax: +82-53-950-6780; E-mail: <kkpark@knu.ac.kr>.

하고, 시작기의 세절성능 및 소요동력과 작업성능을 시험하고, TMR 배합기에 세절된 재료를 투입했을 경우 배합의 정도를 알기 위하여 배합성능 시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기 세절 장치부 설계 및 제작

개발된 세절·급여시스템의 개략도는 그림 1과 같이 원형 베일이 적재함으로 자동적재기를 이용하여 투입되면 하부의 베일 이송용 컨베이어가 베일을 전방으로 지속적으로 밀어주며, 고정날과 회전날에서 일정두께로 풀어지며 세절되어 송풍팬에 의해 배출을 위한 원심력을 받은 후 배출조절장치에 의해 원하는 방향 및 위치로 송출되는 구조로 되어있다. 그러나 외국의 경우 조사료의 대부분이 일반 건초 또는 목초로 구성되어 세절이 용이하지만, 국내에서 주로 사용되는 볏짚의 경우는 매우 다르다. 볏짚은 특성상 다른 건초에 비하여 매우 질질 뿐 아니라 규소성분이 많아(맹원재 등, 1993) 세절용 칼날의 마모가 심하고 매우 큰 동력이 소요될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 볏짚 및 램-사일리지의 세절길이를 줄이고 재료를 정확히 절단하기 위해서 세절·급여시스템 중 고정날·회전날로 구성되는 새로운 세절 메카니즘을 개발하였다.

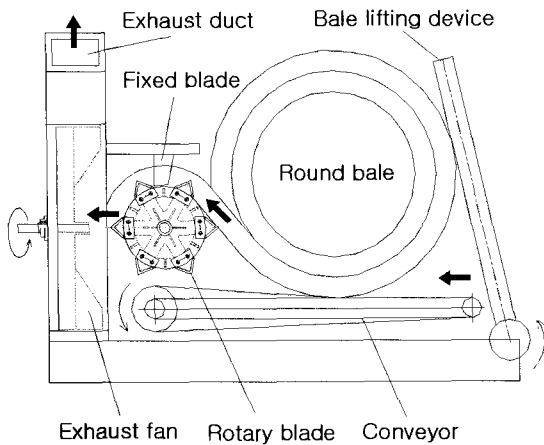


Fig. 1 Schematic view of cut-feeder system.

1) 시작기의 세절 메카니즘 설계

본 연구에서는 새로운 세절 메카니즘은 그림 2에서 보는 바와 같이 원형의 베일은 이송컨베이어와 칼날축에 용접으로 부착된 원형의 플랜지에 볼트로 조립된 회전날에 의해 일정 두께로 세절부로 진입하는데, 그 이상은 고정날에 의하여 밖으로 다시 배출되고, 세절부로 진입한 재료는 고정날 및 회전날에 의해 이루어지는 원호형의 공간 내에 갇히고 이어서 회

전날과 고정날의 세절작용에 의해 세절되어진다. 이때, 재료의 세절은 원호를 따라 계속적으로 일어나고 마지막 남은 재료는 고정날과 회전날이 마주치는 지점에서 최종적으로 세절되므로 세절시 충격을 대폭 줄일 수 있다. 또한 고정프레임은 선회가 가능하도록 하였으며 고정프레임에 부착된 고정날은 선회각도를 조절함으로써 진입하는 원형베일의 양을 조절할 수 있도록 설계하였다.

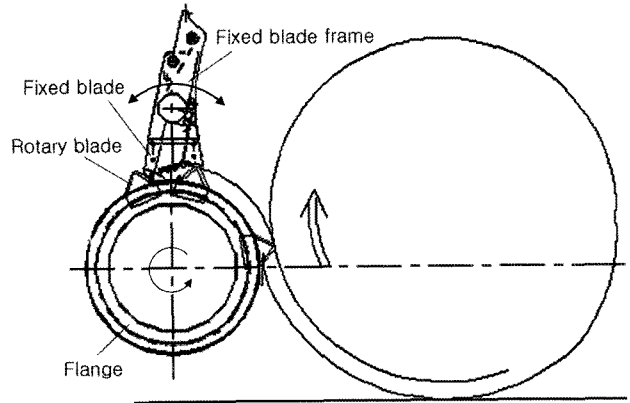


Fig. 2 Cutting mechanism of the prototype cut-feeder.

2) 고정날과 회전날 설계

새로운 세절 메카니즘의 의해 설계된 회전날과 고정날 사이의 재료의 세절작용이 원활히 이루어지기 위해서는 그림 3에서와 같이 칼날의 각도가 매우 중요한 역할을 한다. 본 연구에서 개발한 세절 시스템에서는 콤파인날과 사료절단날을 참고로 하였다(정창주, 1988).

회전날과 고정날 사이의 협각(挾角)은 25°~30°사이에서 유지할 수 있도록 설계 하였으며, 회전날부의 절단각은 자유 절단 시 세절작용이 가장 좋은 35°~40°사이인 37.5°로 고정하고 고정날의 톱니 부분의 각도는 회전날과의 각도가 위의 협각을 벗어나지 않도록 설계하였다. 또한, 회전날의 경사면과 고정날의 경사면이 이루는 각도인 계각(界角)은 그림 3의 고정프레임 선회작용에 의해 고정날과 회전날이 이루는 각도가 변하게 된다. 30°이상의 각도에서는 재료가 많이 혼입되어 부하가 커졌으며, 20°이하의 각도에서는 재료의 혼입량이 적고 혼입되지 못한 재료는 고정날에 의해 밖으로 다시 배출되어지게 되어 베일이 원형 형태를 잘 유지하지 못하였다. 따라서 그 계각을 약 20°~30°로 하는 것이 적당하였으며, 본 연구에서는 회전날과 고정날의 계각을 25°로 고정하였다. 이 때 진입하는 재료의 두께는 약 6~7 cm로 나타났다.

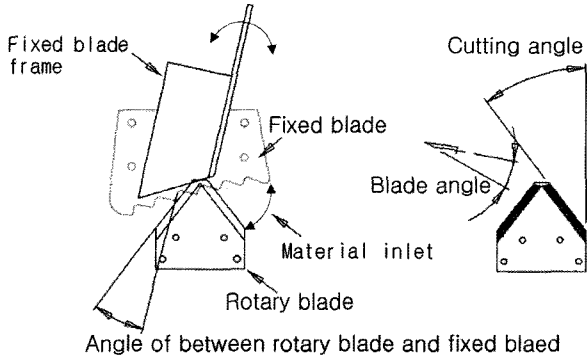


Fig. 3 Rotary blade and fixed blade for the designed cutting mechanism.

3) 회전날 배열

설계된 세절장치부도 회전날을 전체 칼날축 상에서 일렬로 배열하게 되면 세절부로 진입하는 재료가 일시에 세절되고 따라서 전체 칼날축부에 큰 충격을 가하게 된다. 따라서 이를 방지하기 위해서 그림 3과 같이 회전날을 칼날축 상에서 나선형으로 배열하여 재료의 세절작용이 칼날축의 회전에 따라 ①번 플랜지 첫 번째 부착 칼날에서 우측으로 순차적으로 일어나도록 하였다. 그림 4에서는 플랜지당의 칼날이 4개씩 부착되므로 ①번~⑱번 플랜지까지의 칼날은 나선형의 배열이 되고 플랜지 측면에서 보면 90°의 각도가 된다.

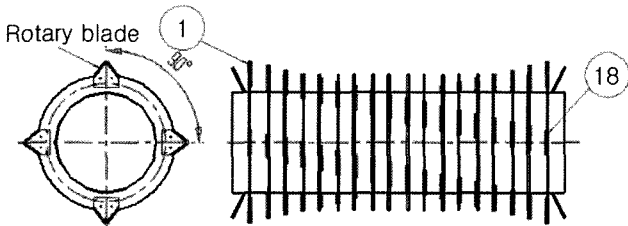


Fig. 4 Spiral arrangement of four rotary blades per a flange.

또한 그림 5와 같이 플랜지 당의 칼날수를 6개로 할 경우 ①번~⑱번 플랜지까지의 칼날 각도는 60°가 되며 위의 칼날 배열보다 칼날간의 각도가 적어 세절시 재료의 고정작용이 보다 확실해서 세절작용이 우수하지만 칼날의 개수가 많아지므로 본 연구에서는 플랜지 당 칼날수를 4개인 것으로 설계하였다. 그러나 위와 같은 칼날의 배열은 칼날축상의 회전날을 나선형이 되도록 하지만 칼날축 회전시 세절은 1개소에서 일어나므로 전체 칼날축으로 보면 세절시 충격에 의해 칼날축부 좌우측단의 불균형을 초래한다.

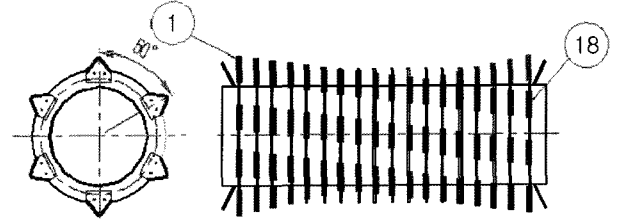


Fig. 5 Spiral arrangement of six rotary blades per a flange.

따라서 본 연구에서는 세절부의 공간을 줄여 회전날 1개당의 세절량을 줄이고 칼날축상의 회전날의 나선형 배열을 그림 6과 같이하여 칼날축 회전시 ①번 및 ⑱번 회전 칼날에서 세절이 동시에 일어나고 이러한 작용이 순차적으로 우측으로 전달되면서 일어나도록 설계하였다. ①번~⑱번 플랜지까지의 칼날 각도는 180°가 되며 세절시의 충격이 칼날축상에서 균형적으로 가해지게 되어 보다 안정적인 세절작용이 가능하도록 하였다.

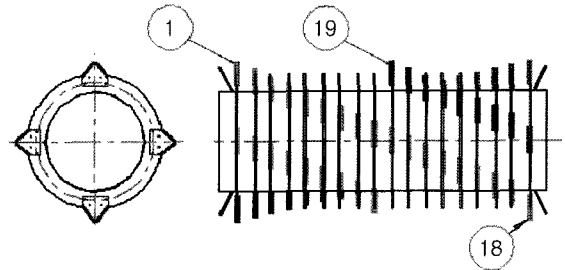


Fig. 6 Spiral arrangement for two blades simultaneous cutting.

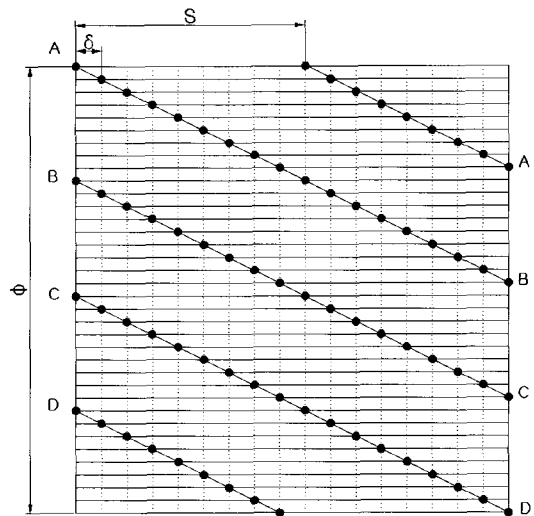


Fig. 7 Arrangement of rotary blades.

회전날의 배열도를 그림 7에 원주면의 전개도로 다시 나타내었으며, 회전날은 사선 AB, BC, CD, DA의 점상에 위치를

하며 72개소이다. 회전날간의 간격(δ)은 7 cm 이고, 하나의 케적선상에 2개의 회전날이 통과하며 그 간격(S)은 63 cm 이고, 원주면(ϕ)은 128 cm로 설계하였다.

4) 회전날과 고정날의 간격

세절부 개발에 있어서 만족할만한 세절 성능을 위하여 다양한 조합 및 칼날의 형태를 실험하였으며, 최종적으로 빗살 무늬 형태의 삼각날을 사선으로 7 cm 간격으로 설치하고, 회전날과 끝단부가 날카롭게 날이 있는 계단형태의 고정날 하나에 회전칼날 두 개가 2~3 mm의 간격(a)을 가지고 1조를 이루어 재료가 양쪽 회전날에 고정되면서 세절작용을 할 수 있는 총 18조의 세절날을 구성하였으며, 고정날과 회전날의 교차하는 간격(b)은 4 cm로 설계하였다. 또한 고정날과 고정날 사이의 틈은 재료가 세절없이 통과되는 것을 막기 위하여 고정판으로 막아 세절의 효과를 극대화 시켰다.

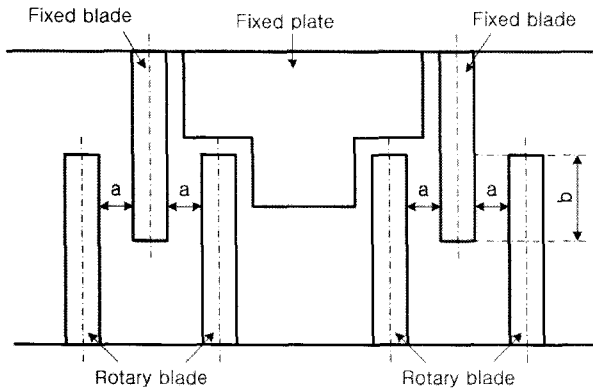


Fig. 8 Distance of rotary blade and fixed blade.

4) 칼날축 설계

본 연구에서는 세절성능 향상을 위한 회전날축에 그림 9에 나타낸 것과 같이 플랜지와 플랜지 사이에 칼퀴 형의 브라켓을 달아 원형베일을 세절부로 안정되게 잡아당기는 기능과 세절된 재료에 원심력을 가하여 전방으로 보내주는 기능을 하도록 하였다. 본 장치가 없을 경우 원형베일이 풀릴 때 좌우측이 안정적이지 못하며, 세절된 재료가 외부로 송출되지 못하고 적재함 내부에 떨어지게 되어 연이어 투입되는 재료의 세절작업을 방해한다. 따라서 브라켓은 칼날축을 전방에서 보아 중앙을 중심으로 좌우 대칭이 되도록 “^”형태로 배열하였다.

또한 조사료는 길이가 길어 회전축에 감기는 현상이 발생할 수 있는데, 특히 칼날축 좌우측의 회전부와 고정부 사이 틈새에 끼이면서 감기면 칼날축 회전에 악영향을 미치게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위해 그림 9과 같이 좌우 끝단에

감김 방지 브라켓을 설치하였으며, 회전날 축의 단면은 회전축 중심에 대한 단면계수가 16각형인 경우가 같은 반경을 가진 원형축에 비해 2.2배 높으므로 세절작업 시 비틀림에 대한 저항력을 증대시키기 위하여 16각형으로 제작하였다.

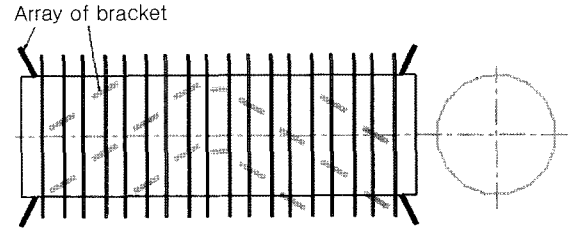


Fig. 9 Arrangement of brackets for raking and preventing from wound roughage on the shaft.

5) 세절장치부의 제작

세절장치부의 구성은 크게 그림 10과 같은 고정날 프레임에 부착된 고정날 부분과 그림 11과 같은 원통형의 회전 드럼에 플랜지가 용접되어 칼날을 장착하는 회전날 부분이 조합되는 방식을 채택하였으며, 1000 rpm 이상의 고속 회전이 가능하도록 제작하였다. 그림 12는 완성된 고정날과 회전날, 세절장치부의 조합도를 나타내고 있다.

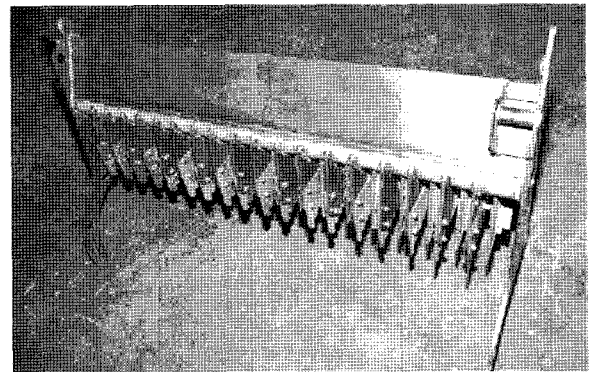


Fig. 10 A assembly of fixed blades.

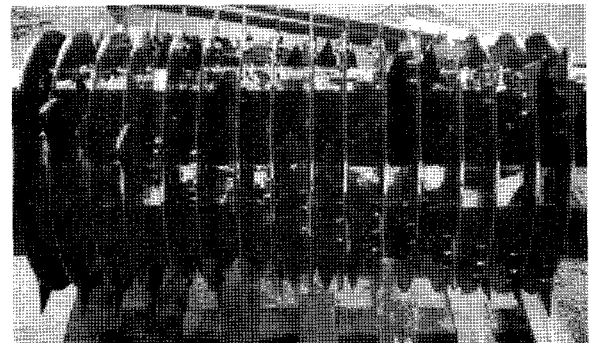


Fig. 11 A designed rotary blade frame.

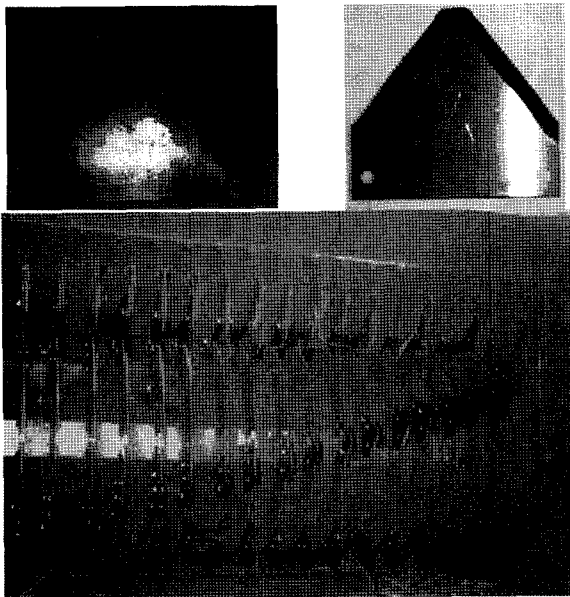


Fig. 12 A developed cutter.

나. 시작기의 성능시험

1) 세절성능 시험

일반적으로 조사료 급여 시 세절 길이는 전체 조사료 중 15~20%는 5 cm 이상을 급여해야 하며(김동준, 2001) TMR 급여 시 조사료의 세절길이가 3~5 cm 정도로 급여 하는 것이 좋다고 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 조사료의 세절 길이는 약 10 cm 정도를 목표로 하여 배합기에서 배합 후에는 약 3~5 cm 정도가 될 수 있도록 하였으며, 개발된 세절장치 부를 설치하여 세절 성능시험을 수행하였다.

세절 성능시험은 경북대학교 칠곡 농장에서 이루어졌으며, 그림 10과 같이 세절부를 공장에서 따로 제작 후 현장에서 조립 후 실시되었다. 사용 트랙터는 포드사의 54 ps급을 사용하였으며, 세절 성능시험에 주요재료는 질긴 정도가 가장 큰 볏짚을 사용하였다. 실험 후 배출된 재료의 세절상태를 배출초기 배출중기 배출후기의 3개의 샘플을 채취하여 10 cm 이하, 10~15 cm, 15~20 cm, 20 cm 이상의 4 종류로 분리하여 중량을 측정하였다. 세절 성능시험은 경북대학교 칠곡 농장에서 이루어졌으며, 세절부를 공장에서 따로 제작 후 현장에서 조립 후 실시되었다. 사용 트랙터는 포드사의 54 ps급을 사용하였으며, 세절 성능시험에 주요재료는 질긴 정도가 가장 큰 볏짚을 사용하였다. 실험 후 배출된 재료의 세절상태를 확인하였으며, 재료의 세절길이별로 분류하여 측정하였다.

2) 배합성능 시험

일반적으로 세절하지 않은 볏짚을 TMR 배합기로 투입하면 배합효율을 떨어뜨리고, 배합시 소모동력의 증가 등 배합

성능이 떨어지므로 반드시 적절한 길이로 세절한 후 투입하여야 한다. 본 연구에서는 개발된 원형베일 세절·급여기를 사용하여 볏짚을 세절후 세절된 볏짚을 배합기의 자동적재장치에 적재시켜 배합기 내부로 투입한 후 배합하여 배합효율을 분석하였다. 배합기의 성능 시험에 사용된 원료는 표 1에서 보는 것과 같이 조사료 및 사일리지를 주원료로 사용하였으며, 배합효율을 분석하기 위하여 배합원료 중에 가장 비중이 낮은 면실의 배합 분포도를 측정하여 배합효율을 판별하였다.

배합효율은 1000 g씩 10개의 샘플을 채취하여 각 샘플에서 면실의 무게를 측정하여 면실의 분포도를 나타내는 C.V. (coefficient of variance of composited sample)값을 산출하여 분석하였다(농업공학연구소, 2004).

Table 1 Various mixture raw material

| | Cutting rice straw | Rye hay | Cotton seed | Feed grains | Corn silage |
|-------------|--------------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| Weight (kg) | 88 | 52 | 30 | 75 | 195 |

그림 13은 세절된 볏짚을 배합기로 투입하고 있는 장면이며, 그림 14는 배합기에서 배합되고 있는 모습이다.



Fig. 13 Input rice straw.



Fig. 14 Mixing process with cotton seed.

3) 소요동력 및 작업성능 측정시험

원형베일 세절-급여기를 이용한 베일의 세절시 작용하는 소요 동력의 측정은 아래의 그림 15에서 나타낸 바와 같은 계측 시스템을 구성하여 측정하였으며, 동시에 재료별 세절시간을 측정하여 작업성능을 측정하였다.

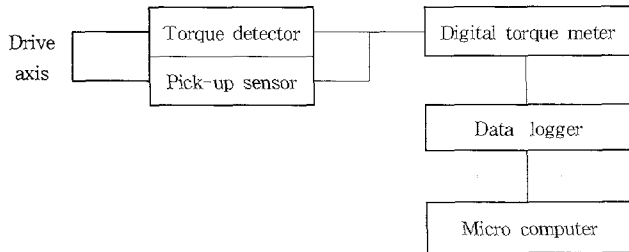


Fig. 15 Schematic of measuring power of driving axle.

원형베일 세절-급여기의 소요동력 측정은 전라북도 김제의 만경공단에서 이루어졌으며, 트랙터는 KUBOTA사의 43 ps 트랙터 GL418이었으며, PTO에 연결된 유니버설조인트와 원형베일 세절-급여기 입력축 사이에 토크를 측정하기 위한 토크측정기와 회전수를 측정하기 위한 전자픽업센서를 설치하고 이들에서 발생된 신호를 증폭하여 토크와 회전수로 나타내는 디지털토크미터를 설치하였다. 또한 출력데이터를 수집하기 위하여 data logger를 설치하여 디지털토크미터에서 출력되는 값을 읽어 들였으며, 이를 RS-232포트를 통하여 컴퓨터와 연결하여 토크와 회전수를 측정하는 시스템을 구성하였다. 시스템을 구성한 후 마른벚짚, 호맥 램사일리지, 보리 램사일리지, 수단 램사일리지 4종류의 베일을 투입하면서 토크 및 회전수를 측정하였다. 사용된 토크 측정장치의 사양은 아래의 표 2와 같고 그림 16과 그림 17에서 토크측정기와 디지털토크미터, 데이터 수집기의 설치장면을 나타내었다. 표 3은 각 재료별 함수율과 무게를 나타내었다.

Table 2 Specifications of the power measuring system

| Item | Specification |
|----------------------|---|
| Torque detector | <ul style="list-style-type: none"> • Model: SS-500 • Capacity: 50 kg-m • Maximum speed: 6000 rpm • Company: ONO SOKKI |
| Digital torque meter | <ul style="list-style-type: none"> • Model: TS-200 • Company: ONO SOKKI |
| Data logger | <ul style="list-style-type: none"> • Model: HP34970A • Company: Agilent Technologies |
| Software | <ul style="list-style-type: none"> • HP Benchlink |

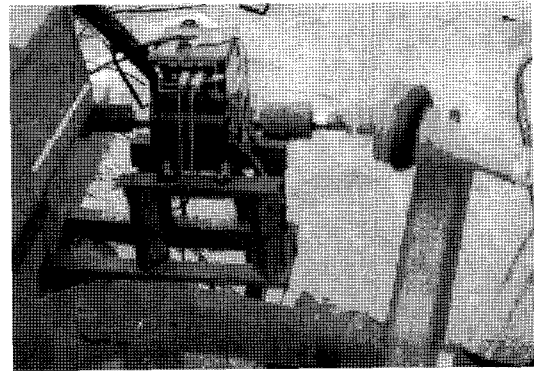


Fig. 16 Torque detector.

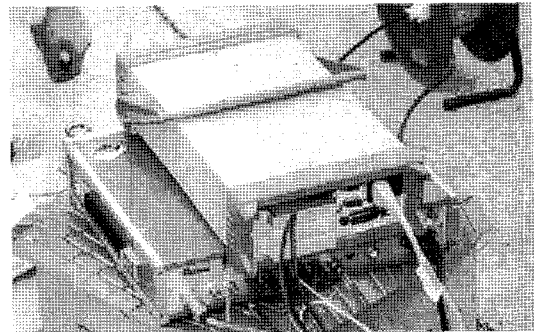


Fig. 17 Toque meter and data logger.

Table 3 Properties of various round bale

| | Rice straw | Rye | Barley | Sudan grass |
|--------------------------|------------|------|--------|-------------|
| Moisture content (%w.b.) | 9.8 | 58.8 | 48.5 | 72.3 |
| Weight (kg/bale) | 130 | 420 | 380 | 580 |

원형베일 세절-급여기의 작업성능은 소요동력 측정과 동시에 진행되었으며, 베일당 처리시간을 기준으로 평가하였다. 처리용량은 마른벚짚베일, 호맥 램사일리지, 보리 램사일리지, 수단 램사일리지 4종류의 재료를 각각 투입하여 완전히 세절 배출될 때까지의 시간으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 세절성능 시험

새로운 세절 메카니즘의 의해 제작된 시작기는 원형 베일을 풀어내면서 세절장치부의 고정날과 회전날 사이에서 조사를 세절하고 이를 배출장치로 보내게 된다. 본 연구에서는 재료가 단순히 절단되는 것이 아니라 타격에 의해 찢겨지면서 절단되기 때문에 부드럽게 연화되는 효과를 가져 세절과

타격에 의한 연화작용이 동시에 일어나 그림 18과 같이 우수한 세절성능을 보였다. 그 결과는 표 4와 같으며, 세절 길이가 10~15 cm 이하인 조사료가 80%가 배출되는 것으로 나타났다. 또한 벧짚 외에 단단한 줄기를 가진 조사료의 경우 타격에 의해서 부드러워지므로 단순 절단만 하는 기존 절단기 보다 우수한 성능을 보였다.

Table 4 Result of cutting Performance

| Rice straw | Below 10 cm | 10~15 cm | 15~20 cm | Above 20 cm |
|------------|-------------|----------|----------|-------------|
| Weight (%) | 14 | 66 | 12 | 8 |

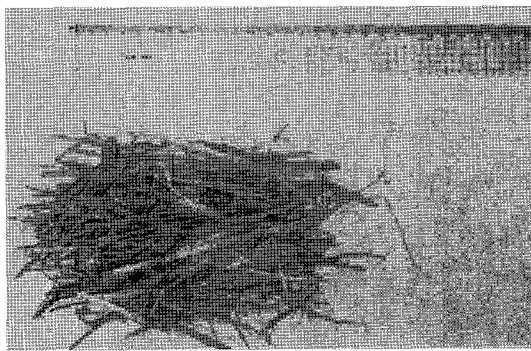


Fig. 18 Shortened specimen in length after cutting process.

나. 배합 성능 시험

배합성능 시험 결과 조사료 및 사일리지 위주의 배합원료 임에도 불구하고, 조사된 면실의 배합 상태는 면실의 무게에 대한 C.V. 값이 13.6%로 배합정도가 우수한 것으로 나타났다. 또한 원형베일 세절·급여기로 세절 후(절단길이 10~15 cm(80%)) 투입된 벧짚이 배합과정을 거치면서 길이가 더욱 짧아지고 부드럽게 연화된 모습(절단길이 3~4 cm)이며, 그림 19에서는 배합된 사료의 모습을 보여주고 있는데 배합이 매우 양호함을 알 수 있다. 따라서 배합효율과 배합상태를 고려하였을 때 개발된 원형베일 세절·급여기의 벧짚 절단성능은 양호한 것으로 판단된다.

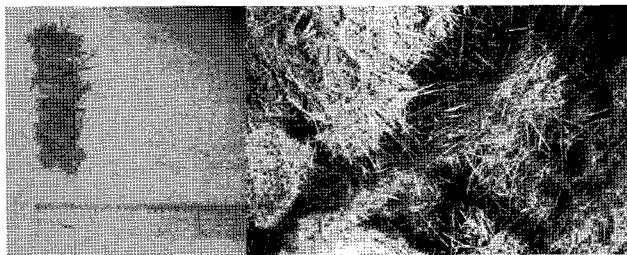


Fig. 19 Experimental mixture state after mixing process.

다. 소요동력 및 작업성능 시험

원형베일 세절·급여기의 소요동력 측정은 무부하 시 트랙터의 엔진 회전수가 아이들 상태인 850 rpm과 최고 회전수인 2800 rpm의 중간보다 조금 높은 영역인 2100 rpm으로 고정시켰으며, 이때의 PTO 회전수는 440 rpm으로 나타났다. 재료의 투입 없이 원형베일 세절·급여기 세절부만을 작동시켰을 때의 동력은 3~4 ps이 소모되는 것으로 나타났으며, 배출팬을 동시에 구동하였을 때는 7~8 ps가 소모되는 것으로 측정되었다. 원형베일 세절·급여기의 재료별 소요동력의 측정은 이송 컨베어의 속도와 고정날의 속도를 고정하여, 재료의 세절량이 일정하도록 투입량을 조절하였다. 측정결과는 아래의 그림에서 투입재료별로 나타내었다. 그림 20은 마른벧짚 베일의 시간에 따른 세절소요동력을 나타내고 있으며, 그림 21은 호맥, 그림 22는 보리, 그림 23은 수단그라스의 시간에 따른 세절소요동력을 나타내고 있다.

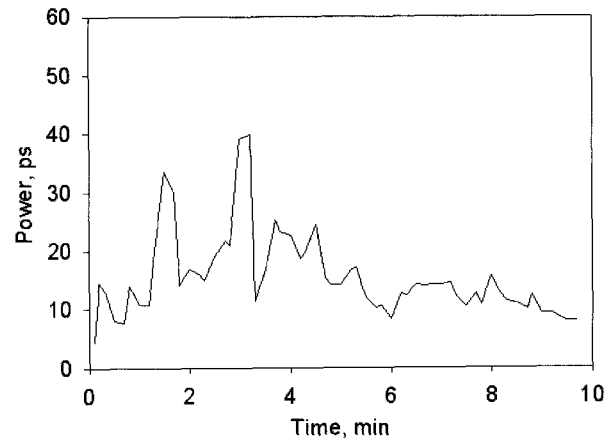


Fig. 20 Required cutting power rice straw.

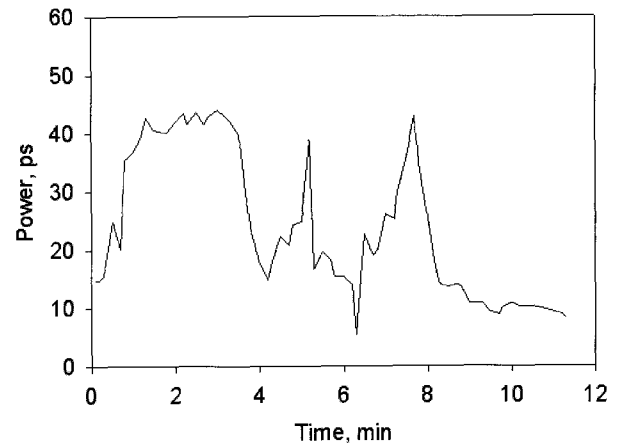


Fig. 21 Required cutting power rye wrap silage.

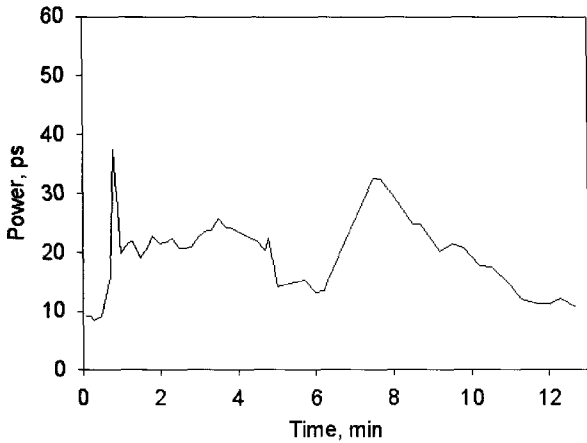


Fig. 22 Required cutting power barley wrap silage.

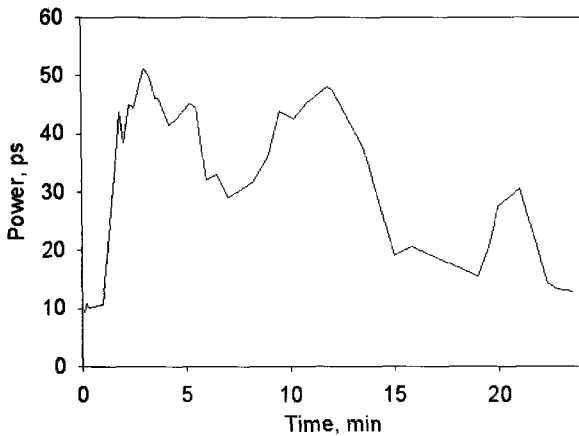


Fig. 23 Required cutting power sudan grass wrap silage.

소요동력은 세절 작업 중 불규칙적으로 나타나 회전날에 의한 세절량이 불균일한 것을 알 수 있으나, 위에서 살펴본 바와 같이 동력이 최소 8 ps에서 최대 51 ps(수단그라스 랩 사일리지)까지 소요되어 작업 트랙터는 개발예상 제원인 50~70 ps를 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 예상과 달리 베일 당 처리 성능은 마른벼짚이 20 ps 이하의 동력을 소모하면서도 가장 빠른 작업성능을 나타내었으며, 수단그라스 랩 사일리지 35 ps 이상의 비교적 높은 동력을 소모하면서도 가장 낮은 작업성능을 나타내었다. 이는 세절부에서 세절시 세절 재료의 함수율이 높아 세절재료가 고정날과 회전날 사이에서 절단이 일어나는 것이 아니라 뭉쳐지면서 세절 공간을 막아 소요동력이 증가하기 때문인 것으로 판단되며, 실제로 실험시 수단그라스 랩 사일리지의 경우 피복된 비닐이 일부 파손되어 함수율이 72.3%로 상당히 높은 상태였다. 표 5는 재료 별 최대소요동력과 작업성능 측정 결과이다.

Table 5 Capacity and max. requirement power

| | Max. requirement power (ps) | Performance (min/bale) | Capacity (kg/h) |
|------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|
| No load | 8 | - | - |
| Rice straw bale | 39.8 | 9.7 | 804 |
| Rye bale | 43.9 | 11.3 | 2230 |
| Barley bale | 37.3 | 12.3 | 1853 |
| Sudan grass bale | 51.0 | 23.5 | 1480 |

4. 요약 및 결론

본 연구는 국내의 답리작 랩-사일리지 및 벼짚 등의 대형 원형 베일을 한번의 작업으로 세절 및 급여 할 수 있는 원형 베일 조사료용 트랙터 견인형 세절-급여기 개발에 관한 것으로 외국의 건초나 목초와 달리 절단저항이 큰 벼짚 등의 원형 베일까지 원활히 세절 할 수 있도록 하기 위하여 세절 메카니즘을 개발하고, 여기에 적합한 세절 부품들을 설계제작 하였으며, 그 성능을 테스트하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 원형 베일 세절시 일정 두께 이상은 고정날에 의하여 밖으로 다시 배출되고, 세절부로 진입한 재료는 고정날 및 회전날에 의해 이루어지는 원호형의 공간 내에서 세절되어지며, 이때 칼날부의 좌우측에 재료가 움직이지 않도록 고정하는 고정 잡이판이 설치되어 확실한 세절이 가능하도록 설계된 고정날-회전날-재료 고정 장치로 구성되는 새로운 세절 메카니즘을 개발하였다.
- (2) 개발된 세절 메카니즘을 통한 원활한 세절작용을 위하여 절단각이 37.5°인 빗살무늬 회전날과 끝단부가 날카롭게 날이 있는 계단 형태의 고정날의 협각(挾角)이 25°~30° 사이를 세절시 유지하고, 각 날의 계각이 25°가 되도록 설계 제작하였으며, 고정날 1개와 회전날 2개가 한 쌍이 되는 총 18쌍을 설치하였다.
- (3) 회전날을 회전날을 칼날축 상에서 나선형으로 배열하여 재료의 세절작용이 칼날축의 회전에 따라 1번 플랜지와 10번 플랜지의 부착 칼날에서 세절이 동시에 일어나고 이러한 작용이 순차적으로 우측으로 전달되면서 일어나도록 설계 제작하여 세절시의 충격이 칼날축 상에서 균형적으로 가해지게 되어 보다 안정적인 세절 작용 및 세절 토크를 줄이도록 하였다.
- (4) 원형베일을 세절부로 안정되게 잡아당기는 기능과 세절된 재료에 원심력을 가하여 전방으로 보내주는 기능을 하는 칼퀴 형의 브라켓을 플랜지와 플랜지 사이에 설치하였고, 세절시 길이가 길어 회전축에 감기는 현상

을 방지하기 위하여 칼날축 좌우측의 좌우 끝단에 감김 방지 브라켓을 설치하였으며, 회전날 축의 단면은 16각 형으로 제작하여 세절 작업시 비틀림에 대한 저항력을 증대시키도록 설계 제작하였다.

- (5) 원형베일 세절·급여기 시작기의 세절 성능시험 결과 세절 길이가 10~15 cm 벧짚이 80%정도 배출되어 국내 축산 농가 및 TMR 배합소에서의 조사료 투입에도 가능한 것으로 판단되었다.
- (6) 시작기에서 세절된 벧짚을 TMR 배합기를 통하여 조사된 면실의 배합 결과는 면실의 무게에 대한 C.V. 값이 13.6%로 배합정도가 우수한 것으로 나타나 배합 효율과 배합상태를 고려하였을 때 개발된 원형베일 세절·급여기의 벧짚 절단성능은 매우 양호한 것으로 나타났다.
- (7) 시작기의 소요동력은 최소 8 ps에서 최대 51 ps까지 소요되어 작업 트랙터는 개발예상 제원인 50~70 ps를 만족하는 것으로 나타났으며, 세절 작업성능은 베일당 10~12분 정도인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Kim, H. J. 2001. Development of mechanized system model for the production of winter cereal wrap silage in the fallow paddy field. Ph.D. dissertation, Kyungpook National University. Daegu. (In Korean)
2. Park, K. K. 2003. Development of tractor attached round baled roughage cutter·feeder. Final report of the research project, Ministry Agriculture & Forestry. Daegu. (In Korean)
3. 김동준. 2001. 반추위의 생리와 조사료의 중요성. 한국종축개량협회. 서울.
4. 농업공학연구소. 2004. 사료배합기 검사기준(NAM RI S 8060-개정 NIAE 2004.12.10). 수원.
5. 맹원재, 최일, 김대진, 김정일, 고영두, 장문백, 남기홍, 이은, 정형영. 1993. 사료자원학. 향문사. 서울.
6. 정창주. 1988. 농작업기계학. 서울대학교 출판부. 서울.