

동력경운기 부착용 한국형 사료배합기 및 퇴비살포장치 개발

Development of Power-tiller korea style TMR mixer & Manure spreader

조기현*, 이정택*, 정형길*, 김종천**
정희원 정희원 정희원

J. H. Cho, J. T. Lee, H. K. Chung, J. C. Kim

1. 서 론

최근 우리 나라의 우유 및 유제품의 소비증가와 유럽등지의 가축 광우병문제등이 대두되면서, 젖소의 사육두수가 서서히 증가되어지고 있으며, 전업농의 경우 가구당 사육두수가 약 20 ~ 30두 정도이다. 물론 이 수치는 외국의 가구당 80두 정도에 비하면, 아직은 영세한 실정이다. 이러한 소규모의 사육이기 때문에 기계화가 되어지지 않아 대부분의 소규모 사육농가에서는 순수인력에 의해서 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 이러한 사료의 준비 및 급여부분을 자동화 또는 기계화의 작업이 가장 시급한 과제라 할 수 있을 것이다.

다른 문제로서는 배합사료와 조사료의 배합에 있어서 일반적으로 사육농가가 젖소의 영양소 요구량 또는 생산비등을 고려하지 않고 임의 대로 배합하여 급여하는 것이다. 이는 요구량을 만족시키지 못할 경우 또는 과잉공급의 경우도 발생되어 생산품의 품질저하 및 생산비상승의 주된 요인이 되어지고 있다. 따라서 이러한 문제점들을 개선하고 좀더 과학적이고 자동화된 사료급여 시스템 개발을 위해 TMR(Total Mixed Ration)배합기의 필요성이 심각하게 대두되어지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 소규모 사육농가의 사료급여 체계에 소요되는 과다 노동력 및 비효율적인 사료 급여 체계의 개선을 위해서 정량 계측이 이루어지는 배합사료와 조사료와 인근지역의 농업부산물(고추대, 옥수수대등) 및 습사료의 효율적인 배합과 이를 가온숙성 시켜서 젖소가 먹기좋은 상태로 만들 수 있는 TMR 배합기를 개발하는 데 있으며, 본 TMR 배합기에 소요되는 동력은 경운기에서 취출하여 사용하며, 오거식 교반기를 장착하여, 배합 후 경운기로 운반하여 급여 할수 있는 시스템을 가진 고효율, 저가형 경운기용 TMR 배합기를 개발하는데 있으며, 전반적으로 하나의 장비로 두가지의 작업을 병행 할 수 있도록 한 TMR 배합기 및 퇴비살포기의 개발을 그 목적으로 하고 있다.

2. 재료 및 방법

가. 設計 및 製作

* 경도대학 차량기계학과

** 통일중공업(주)

TMR 배합기 부는 배합사료와 조사료의 배합에 알맞은 수직 오거식 배합기를 가지고, 가온장치를 부착하였으며, 배합, 숙성되어진 사료를 배출하는 배출장치가 있으며, 원료의 투입 시 정확한 배합비를 만들 수 있도록 원료의 계량을 위한 계량장치가 있으며, 경운기의 트레일러에 장치되어 정확한 계량을 하게 된다. 또 이러한 모든 소요동력을 경운기의 PTO(Power Take Off)축으로부터 공급되게 설계하였으며, 퇴비 살포기 부는 배합기 부를 그대로 이용하면서, 측면에 배합되어진 퇴비를 측방향으로 살포할 수 있는 비트를 설치하여, 경운기의 주행에 따라 측방향으로 퇴비를 골고루 살포할 수 있도록 설계하였다. 전체적인 TMR 배합부와 퇴비 살포부 시스템의 주요 구성은 배합시스템, 가온숙성시스템, 계량시스템, 동력전달시스템, 사료 배출시스템, 퇴비 배출시스템 과 트레일러부 등으로 구성되어 있다. 그림 1은 TMR 배합기 및 퇴비 살포기의 작업도를 나타낸 것이며, 그림 2와 그림 3은 본 작업기를 나타낸 사진과 도면이다.

나. 배합기 구성

배합기는 1회 배합으로 젖소 및 비육소 20-30두 정도가 급여가능한 정도로 우리나라 일반 농가에 주로 보급되어져 있는 상용 10마력급 동력경운기에 적합한 규격으로 선정하여 개발 하였다. 동력경운기는 국내 농업기계 제조사에서 제작된 신제품으로 엔진성능시험에 따른 최고출력을 검사후 사용하였다.

표 1은 배합 및 살포기의 일반적인 규격과 동력경운기의 제원 및 성능을 나타낸 것이다.

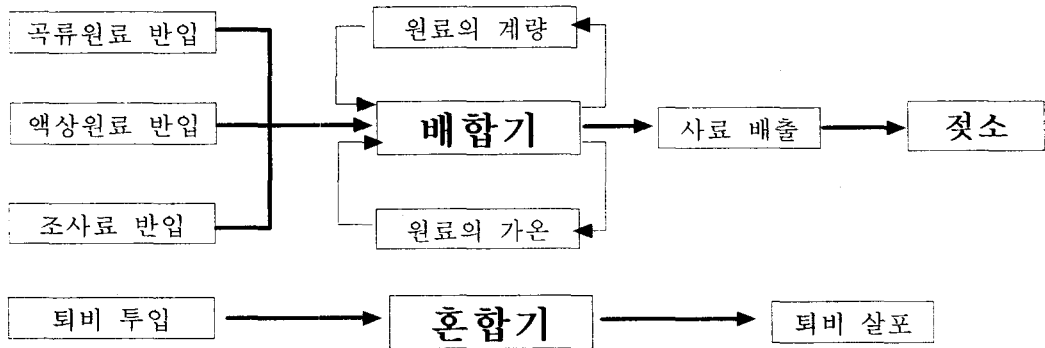


Fig 1. TMR 배합기 및 퇴비 살포기의 작업도

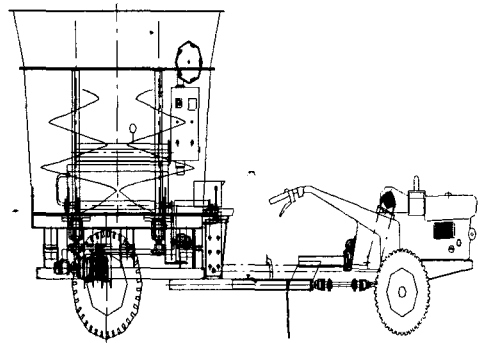
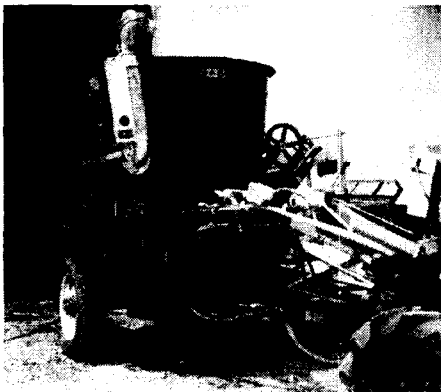


Fig 2. TMR 배합기 및 퇴비 살포기 모습 Fig 3. TMR 배합기 및 퇴비 살포기 설계도면

다. 배합용 오우거 (퇴비 혼합용 오우거)

일반 사육농가에 많이 보급되어져 있는 배합기의 대부분은 4개의 축을 사용한 수평 오우거형을 채택하고 있다. 본 연구에서는 사료의 배합과 퇴비의 혼합 작업을 모두 수행할 수 있는 오우거의 개발이 필요하여, 기존의 수평형 오우거형태가 아닌 수직형 오우거를 사용하여, 2가지 작업을 모두 가능토록 하였다. 또한, 오우거의 수를 수평의 경우는 일반적으로 4개를 사용하는데 비해 본 연구에서는 2개의 오우거를 수직으로 세워서 서로 상반되는 방향으로 회전하도록 하여, 전체적으로 사료의 혼합에 소요되는 동력을 최소화 하였으며, 퇴비의 혼합에도 용이하도록 하였다. 호퍼내에 배치된 오우거의 조립도는 그림 4와 같다

Table 1 동력경운기 및 TMR 배합기의 제원

| Item | | Spec |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Engine Model | | RG120-S(X) |
| Combustion chamber | | precombustion |
| Total displacement | | 638cc |
| Continuous rated output | | 8ps/2200rpm |
| Maximum output | | 12ps/2400rpm |
| PTO speed of shaft | | 540rpm |
| Maximum Torque | | 3.9m·kg/1900rpm |
| 조향 클러치 축 정격회전수 및 감속비 | 1 속 | 137 rpm, 16.06 |
| | 2 속 | 200 rpm, 11 |
| | 3 속 | 264 rpm, 8.33 |
| 총감속 기어비 | | 3.7 |
| 타이어 규격, 외경, 윤거 | 앞 | 6.00 - 12 4PR, 59cm, 71cm |
| | 뒤 | 6.00 - 16AG 6PR, 70cm, 117cm |
| TMF | Tank Capacity (m ³) | 2 |
| | Mixing Capacity (m ³) | 1.8 |
| | Total Weight (kg) | 760 |
| | Mixing Weight (kg) | 340 |
| | Length (m) | 5.076 |
| | Height (m) | 2.274 |
| | Width (m) | 2.246 |
| Hcater | | 단상 220V, 3kW |

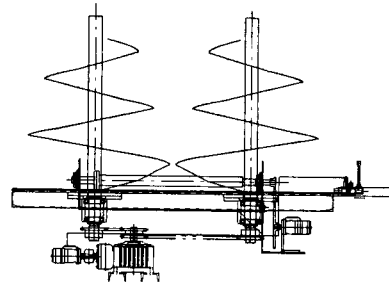


Fig 4. 호퍼내의 오우거의 조립도

라. 사료 배출 장치와 퇴비 살포 장치

본 경운기용 TMR 배합기 및 퇴비 살포기에서는 사료의 배출장치와 퇴비의 살포장치를 이원화하였다. 사료 배출장치는 컨베이어 벨트식으로 개발하여, 기존의 TMR 배합기에서 적용한 오우거형 배출장치는 배출작업중 배합사료가 오우거에 걸려서 배출이 되지 않는 경우도 발생하였으며, 작업의 안전성을 고려하여, 컨베이어 벨트방식을 채택하였고, 사료의 배출장치인 컨베이어 벨트의 구동과 퇴비 살포를 위한 비트의 구동은 경운기의 PTO축으로부터 얻어진 동력을 이용한 유압펌프의 유압을 이용하여 유압모터를 구동 시켜서 컨베이어 벨트를 구동, 배합사료를 배출하는 방식이다. 또한, 배합된 사료내에 포함되어져 있을지 모르는 금속조각들을 제거하기 위해서 배출부에 자석을 부착하여, 사료의 배출시 금속조각들을 제거할 수 있도록 하였으며, 급여각도는 필요에 따라서 임의로 조정가능하도록 하였다. 그림 5는 퇴비 살포장치의 형상을 나타낸 것이다.

마. 가온장치

본 연구에서 개발한 가온 속성장치는 배합기 측면에 설치하여 배합도중 열풍을 가하여서 혼합사료의 온도를 증가시켜서 속성 시키는 원리를 이용하여, 젖소의 영양을 고려하였으며, 기호성과 소화흡수력을 증가시킬수 있었다. 가온장치의 일반적인 제원은 다음의 표와 같다.

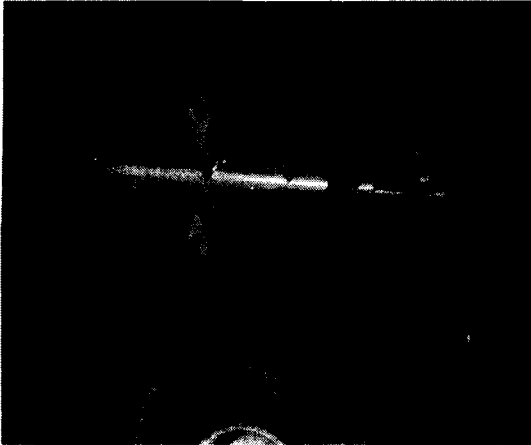


Table 2. 사용 히터의 제원

| Item | Spec |
|-------------------------|-------------------------|
| Heating type | Pipe heater type |
| Electricity consumption | 3 kW |
| Heating temperature | 0 °C ~ 70 °C |
| Voltage | 단상 220V |
| Air flow volume | 4.1 m ³ /min |

Fig 5. 퇴비 살포장치의 모습

배합기에 투입되어진 배합사료는 수분 40% 정도의 습사료이므로 가온장치를 이용하여, 배합사료에 열풍을 공급하게 되면 전체적인 온도 분포가 약 50~70°C 정도로 유지되어진다. 본 개발기에 사용한 가온장치는 배합이 완료된 사료를 약 60°C 정도로 30분에서 1시간정도 가온하면, 세포막 파괴와 미생물 분해효과가 발생되어 젖소의 기호성을 향상시키고, 소화흡수력을 높여주게된다. 가온에 소요되는 전원은 농용 단상 220V를 사용하여 배합기를 고정시켜두고, 배합을 한후 배합이 완료되면 가온장치의 전원을 차단하고, 경운기의 견인으로 이동하면서 급여할 수 있도록 하였다.

바. 원료의 계량장치

배합원료의 계량을 위해서 트레일러의 모서리 4곳에 용량 1ton급의 계량용 센서(load cell)를 부착하여, 배합기에 투입되어지는 원료의 무게를 인디게이터에 의해서 수치화되어 계량된 값을 표시되도록 설계하였다.

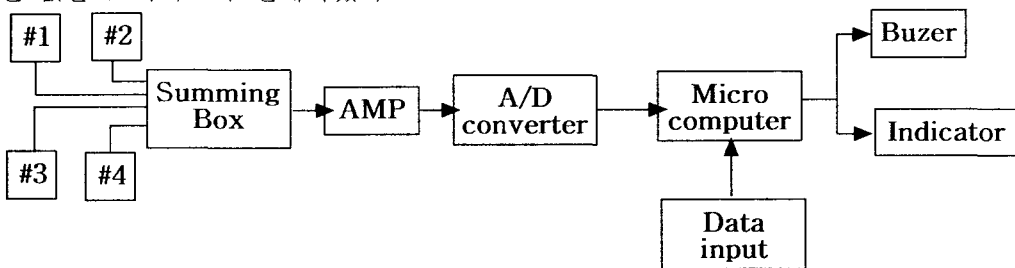


Fig 6. 배합사료 계량 시스템

그림 6은 로드셀 계량시스템의 개략도이며, 각 로드셀로 부터의 감지된 하중값을 증폭하여 A/D 변환기를 통해서 디지털 신호로 변경되어서, 마이크로 컴퓨터로 보내지게 되고, 여기에 별도의 Data 입력창을 설치하여, 설정하중값 즉, 배합사료의 중량을 입력하면 원료 투입에 따른 투입원료의 하중이 설정하중값보다 클 경우에는 컴퓨터에 의해서 부저를 울리게 하여, 하중초과를 작업자로 하여금 감지할 수 있도록 하였으며, 인디게이터 표시창을 이용하여, 투입되어진 원료의 하중과 설정하중값을 동시에 표시하여, 작업자로 하여 원료의 투입시 적정량을 투입가능토록 하였다.

사. 동력전달 및 유압 system

TMR 배합기 및 퇴비 살포기는 경운기에 견인되어지므로 어느장소에서나 작업이 가능하도록 경운기의 클러치축으로부터 유압펌프를 구동하는 주동력원으로 사용토록 설계하였으며, 배합기의 동력과 배출장치의 동력, 퇴비의 살포장치의 동력등을 모두 유압펌프에서 구동되어지는 유압에 의해 사료를 배합하고, 배출하며, 퇴비를 살포하도록 하였다. 물론 배합된 사료를 공급하거나, 퇴비를 살포시에 이동은 4륜 구동으로 개조된 경운기의 구동력에 의해 이루어졌다. 전체적인 유압시스템은 그림 7과 같다.

동력전달을 위한 유압펌프는 22.5cc/rev의 용량을 사용하여, 사료의 배합과 배출을 동시에 실행할 수 있도록 하였으며, 퇴비의 혼합과 살포를 동시에 할수 있는 충분한 용량으로 설계하여 작업부하에 여유있게 설계하였다.

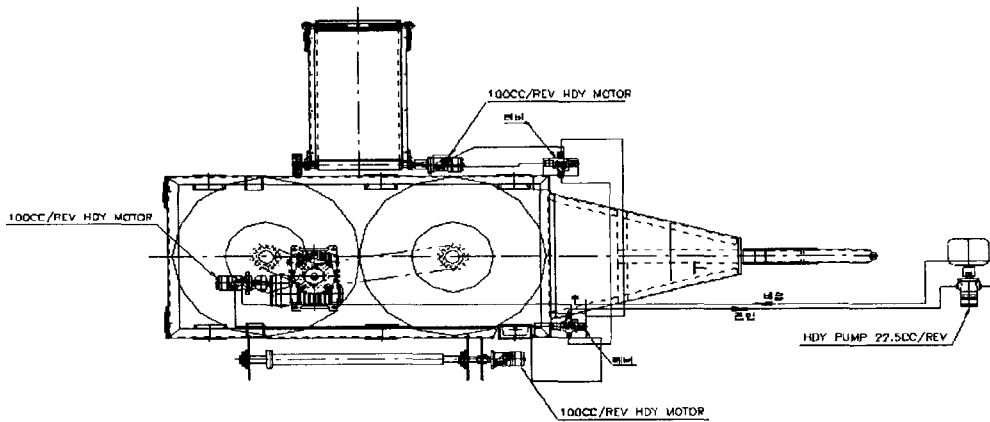


Fig 7. 유압 흐름도면

또, 수직 오우거의 구동을 위해서, 30:1의 감속비를 가지는 감속기를 사용하여, 사료의 배합시 토크를 최대화할 수 있도록 하였다. 전체적인 유압장치의 제원은 표 3과 같다.

Table3. 유압장치의 제원

| Item | Spec | |
|--------|----------------------|-------------------|
| 유압 탱크 | 2.8 ℓ | |
| 유압 펌프 | 규격 | 22.5 cc/REV |
| | 정격 회전수 | 1,886 RPM |
| 컨트롤 밸브 | Max. pressure | 250 bar, 3,600psi |
| | Max. backpressure | 180 bar, 2,600psi |
| | Max. incommanded Row | 45 ℓ /min, 12 gpm |
| 유압 모터 | Type | EPM(W) 100 |
| | Displacement | 99cc/REV |
| | Max. speed | 605 RPM |
| | Min. speed | 10 RPM |
| | Max. Torque | 19.8(N·m) |
| | Maximum output | 10.5 kw |
| | 배합감속기 | 182 RPM |
| 컨베이어 | 182 RPM | |
| 감속기 | 살포기 | 182 RPM |
| | 규격 | VW P100 |
| | 감속비 | 30 |

3. 결과 및 고찰

가. TMR 배합성능 시험

사료의 배합은 배합기로부터 배합후 원료의 배합상태가 불균일하게되면 원료가 서로 분리되며, 이러한 문제점 때문에 정확한 계량과 완전혼합이 중요시 되고 있다.

따라서, 배합사료의 배합성능시험을 위해서, 옥수수, 맥주박등의 농후사료70%와, 볏짚등의 조사료 26% 및 수분4%를 첨가한 습사료 600kg을 이용하여 시험하였으며, 본 배합기를 이용한 배합소요시간은 원료가 투입되어진 후 1회 배합에 약 5분 ~ 10분정도가 소요되었으며, 배합 시험 결과는 배합성능이 우수한 것으로 나타났다.

나. TMR 소요동력 측정

공시경운기용 TMF배합기는 경북 예천군 하리면 하리목장 축산농가에서 소요동력을 측정하였다. 엔진회전수의 변화는 Magnetic pick-up sensor와 (Digital tachometer SM3)를 이용하여 sharft type torque meter, (TRA-100k)를 통해 측정하였으며, 배합사료는 총 500kg으로 농후사료(44%), 맥주박(32%), 비트플프(12%), 볏짚(4%), 알파파베일(4%), 알파파큐브(4%), 대두(2%) 및 목화씨(2%)이고, 수분함수율은 40%였다. 배합시간에 따른 배합회전수는 그림 8과 같이 나타났다. 초기 배합기를 구동하는 데 최대정지마찰력으로 인하여 큰 토크가 필요하며, 엔진의 회전수도 1880rpm에서 1620rpm으로 큰변화를 보였고, 순간소요동력은 8ps로 떨어졌다가 수분후 정상상태를 나타냈다.

다. 동력전달부의 회전수비

동력전달의 흐름에 따른 각부의 토크 결정은 배합기, 축의강도, 배합성능을 고려하여 축에 걸리는 최대토크를 결정하였으며, 각부의 최대토크는 그림 9와 같이 배합기축 2002m·kg, 주축 60m·kg로 나타났다.

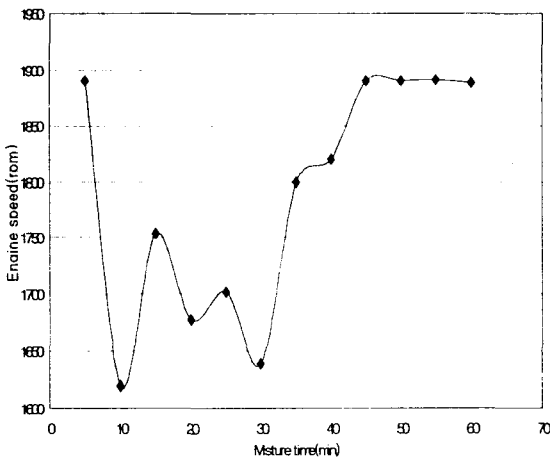


Fig 8. 배합 시간에 따른 회전수 변화

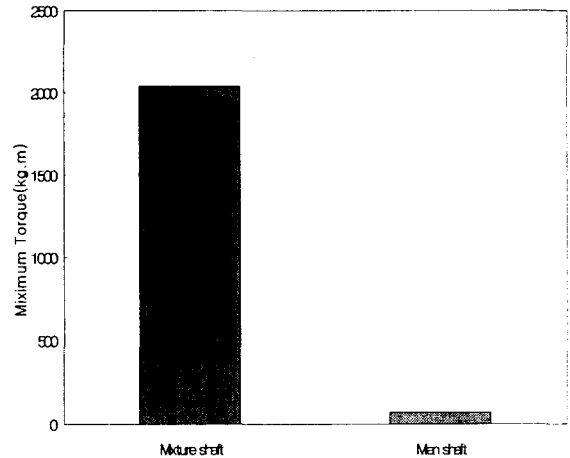


Fig 9. 최대 토크 성능

라. 가온숙성시험

가온시간은 배합이 완료된 사료를 대상으로 30분에서 1시간정도로 가온하였으며, 사료를 가온함으로 인해 조사료 및 원료가 발효가 일어나 숙성되어지므로, 젖소에게 급여시 영양분의 증가와 소화흡수가 촉진되는 것으로 나타났다. 가온장치의 온도변화는 다음의 그림 10과 같다. 배합기에 투입되어진 배합사료는 수분 40% 정도의 습사료이므로 가온장치를 이용하여, 배합사료에 열풍을 공급하게 되면 전체적인 온도 분포가 약 60℃정도로 유지된다. 사료의 발효에 최적의 온도는 약 65℃ 부근이므로 이에 부각된다고 볼 수 있다.

마. 퇴비 살포성능 시험

본 연구에서 개발한 퇴비 살포기의 성능시험에서는 일반 농가에서 주로 사용되어지고 있는 퇴비의 형태인 벧짚이 주성분이며, 우분, 돈분등이 혼합되어진 퇴비를 사용하여, 살포 성능시험을 한 결과, 살포폭은 약 2.1m 정도이고, 살포거리는 약 2.8m 정도의 범위에 골고루 살포되어져, 양호한 살포성능을 나타내었다. 그림 11은 살포성능을 나타낸 것이다.

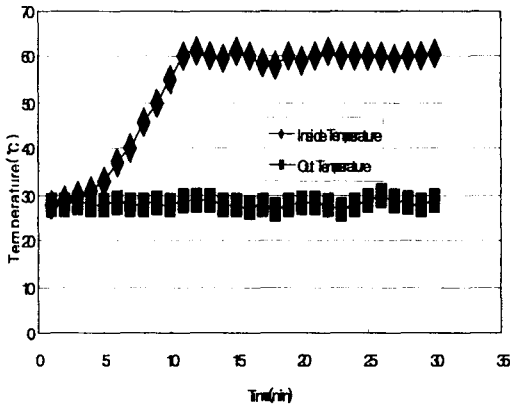


Fig 10. 가온장치 온도변화

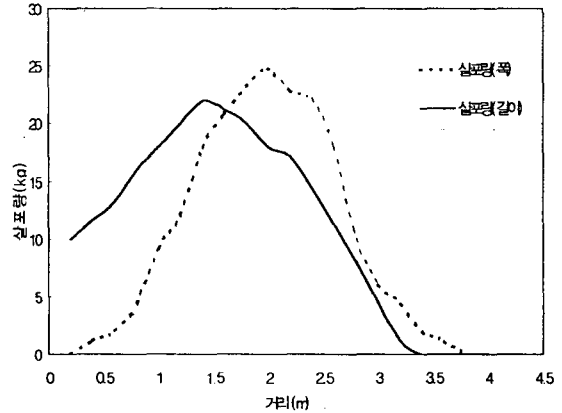


Fig 11. 퇴비 살포 성능

4. 결 론

본 연구에서는 TMR 배합기 및 퇴비살포기를 개발하여, 본 기에서는 경운기로부터 동력을 취출하여 수직 오거식 교반기를 구동, 배합후 경운기로 운반하여 급여 할 수 있는 시스템과 배합기를 이용하여, 퇴비를 투입후 축방으로 퇴비를 살포할 수 있는 기능을 포함한 저가형 경운기 부착형 TMR 배합기 및 퇴비살포기를 개발, 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 회전수별 출력은 1200rpm에서 6ps, 1600rpm에서 8ps, 2000rpm에서 10ps, 2300rpm에서 12ps으로 나타났다. 엔진의 최대출력이 13ps일때 축출력은 11ps으로 15%의 손실을 나타냈다.
2. 초기 배합기를 구동하는 데 최대정지마찰력으로 인하여 큰 토크가 필요하며, 엔진의 회전수도 1880rpm에서 1620rpm으로 큰 변화를 보였고, 순간소요동력은 8ps로 떨어졌다가 수분후 정상상태를 나타냈다.
3. 각부의 토크 결정은 배합기, 축의강도, 배합성능을 고려하여 축에 걸리는 최대토크를 결정하였으며, 각부의 토크는 배합기축 2002m·kg, 주축 60m·kg로 나타났다.
4. 가온장치에 의해 가온되어진 배합사료의 온도변화는 초기 10분까지는 증가하다가 그 이후부터는 약 60°C로 일정하게 유지되었다. 가온된 배합사료는 젖소의 기호성을 향상시키고, 숙성에 의해서 영양소의 공급에 기여하는 것으로 나타났다.
5. 퇴비 살포장치에 의한 퇴비의 살포성능은 살포폭이 약 2.1m 정도이고, 살포길이가 약 2.8m 정도로 양호한 퇴비 살포 능력을 나타내었다.

5. 참고문헌

1. 국립농산물품질관리원, 2000. 가축통계조사결과. 농림부
2. 김광수. 1995. 젖소의 TMR 사양. 바이오 사료연구소
3. 문상호외 2인. 1999. 두부박 및 맥주박 발효사료의 급여가 꽃사슴의 녹용생산성에 미치는 영향. 건국대자연과학연구지