

소요동력 절감을 위한 트랙터용 로타리 커버의 개발

오종진 · 김기대 · 이현동 · 김찬수 · 김성환 · 나건영*

Development of Rotary Cover for Energy Saving used in a Farming Tractor

Jong-Jin Oh · Ki-Dae Kim · Hyun-Dong Lee · Chan-Su Kim · Sung-Hwan Kim · Kun-Young Na*

ABSTRACT

This study aims at investigating the realities of tractor rotary tilling and paving operations performed by farm families in the central part of the country, measuring the power requirement so as to find the energy-saving factors for tractor rotary tilling, and designing a device to prevent soil adherence to the inside of the rotary cover—this part is the most subject to soil adherence and affects the power requirement. As a result of rotary tilling tests using rotaries equipped with a soil adherence preventer, the power requirement values were measured to be 52.18, 52.44, 49.01 and 46.34 PS for general, stainless steel, rubber and PE rotaries, and as a results of measurement of the quantities of the soil adhered to rotaries after their tilling tests, on the average, the quantities were measured to be 5.6, 5.7, 3.1 and 2.7kg for general, stainless steel, rubber and PE rotaries, respectively. The PE rotary cover reduced the power requirement and soil adherence by 11 and 52%, respectively.

서 론

농업기계를 이용한 농작업 중 동력이 가장 크게

소요되는 작업이 포장 경운작업이다. 포장 경운작업은 1차 쟁기작업과 2차 쇄토작업으로 나눌 수 있다. 근래에는 생력화를 기하기 위하여 작업시간

이 논문은 농림부에서 시행한 농림기술개발사업(2000) 연구결과의 일부임.

충남대학교 농업생명과학대학 농업공학부 (Division of Agricultural Engineering, Chungnam Nat'l Univ., Daejeon 305-764, Korea)

* 교신저자(E-mail:kdkim@cnu.ac.kr, Tel:042-821-6711)

과 에너지 및 경비를 절감하고자 로타리 경운작업만 실시하는 경향으로 변화하고 있다.

로타리를 이용한 경운작업은 경운과 쇄토의 정도가 높아 그 이용이 점차 증대되고 있으나 소요동력이 큰 것이 결점이다. 따라서, 소요동력의 감소를 위하여 외국에서는 로타리 경운장치에 관한 연구가 꾸준히 계속되고 있으나, 국내에서는 이에 대한 연구가 그다지 활발히 추진되지 않고 있는 실정이다.

2000년도 기준 경운정지작업의 기계화율은 평균 98.5%에 이르고 있다. 그중 트랙터(승용기종)의 이용비율이 약 73%에 이르는 것으로 조사되어 있으나, 실제 현지에서의 트랙터 이용실태에 관한 자료가 미흡하여 현지 설문조사를 통하여 농업인의 트랙터에 의한 로타리 경운작업의 유형 및 이용실태를 파악하여 경제적인 이용방안을 마련하기 위한 기초자료를 확보하고, 개별 농가 포장을 대상으로 트랙터 로타리 경운작업시 소요되는 동력을 측정하여 트랙터 로타리 작업시 에너지 절감요인을 파악하는 연구를 수행하는 중, 로타리 경운작업시 작업부에 흙이 부착되면 작업성능에 큰 영향을 미치는 것으로 파악되었으며, 작업후 부착된 흙처리에 별도의 시간과 노동이 소요되어 비용이 증가되는 것으로 파악되었다.

흙이 부착된 모양을 보면 커버 내측, 경운축, 경운날 등에 부착되는데 부착되는 정도가 심할 때에는 세 부분에 부착된 흙이 일체가 되어서 작업성능의 저하는 물론이고, 트랙터의 주행에도 영향을 미친다. 시험적인 관찰에 의하면 흙이 부착되는 부위는 커버 내측에서 시작하여, 그 부분에 부착된 흙의 양이 증가함에 따라서 다른 부위로 확장되었다.

따라서 본 연구는 로타리 경운 작업시 소요동력에 영향을 미치는 로타리 커버 내측의 흙 부착을 방지하는 로타리 커버를 개발하여 소요동력을 절

감하는데 본 연구의 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 공시 재료

본 연구의 흙부착 방지장치의 성능시험 및 로타리 경운작업 소요동력 측정시험에 사용된 트랙터는 대동공업(주)에서 제작된 정격출력 55마력 트랙터이다. 트랙터에 부착된 로타리는 우성정공(주)에서 제작된 동마력의 트랙터에 적용 가능한 기어전동방식 로타리로 경폭 1.75m, PTO축 대비 로타리 회전수가 4.25:1이며, 로타리날을 부착시키기 위한 7개의 플랜지가 달려있다. 하나의 플랜지에는 6개의 로타리날을 부착할 수 있도록 되어있으며 양끝의 플랜지에는 각각 3개의 로타리날이 부착되어 있고 가운데 있는 5개의 플랜지에는 6개의 로타리날을 부착할 수 있는 구조로 되어있다. 근접한 플랜지간에 부착된 로타리날은 15°간격을 이루고 있다. 플랜지에 부착한 로타리날은 우정정공(주)에서 제작한 취구부 구멍 중심거리가 57mm인 C형 로타리날이다.

시험에 사용된 포장은 충남대학교 농업생명과학대학 부속 농장 포장(N1, N2) 2곳과 부속 동물사육장의 포장(M1, M2) 2곳에서 시험하였으며 시험포장의 상태와 평균 함수율은 표 1에서 보는바와 같다.

2. 하드웨어 설계

1) 로타리 소요동력 측정장치

본 연구에서 개발한 로타리 소요동력 측정장치는 트랙터 PTO 동력 전달축, 축 토크를 측정하기 위한 스트레인 게이지, 스트레인 게이지에서 전기적인 신호를 전달해 주는 슬립링(slip ring), 그리

고 동력 전달 축의 회전속도를 측정하기 위한 근접센서 등으로 구성되었다. 표 2에 로타리 소요동력 측정장치의 제원을 나타내었다.

로타리 경운작업시 소요되는 동력은 트랙터 엔진의 PTO 축에서 PTO 동력 전달축을 통하여 로타리 동력 입력축에 전달되는데 이때 경운부하의 작용으로 인하여 PTO 동력 전달축에 토크가 생성된다.

이 토크를 측정하기 위하여 축의 일부분을 다른 부분보다 가늘게(96.7%) 가공한 후 원주방향으로 90°간격으로 축 방향과 ±45°의 경사로 4개의 스트레인 게이지를 부착하여 휘스톤 브리지(wheatstone bridge) 회로를 구성함으로써 토크변환기를 구성하였다. 스트레인 게이지(strain gauge)에서 나오는 전기적인 신호는 브리지박스(bridge box)와 앰프(amplifier)를 거쳐 증폭시킨 후 데이터 레코더(data recorder)에 저장하였다.

축의 회전수는 근접센서를 이용하여 전기적인 신호로 바꾸는 방법을 사용하였으며, 센서의 부착 위치는 슬립링의 축과 같이 회전하지 않는 바깥 케이스에 고정시켰다. 그림 1은 개발된 로타리 소요동력 측정장치를 나타낸 것이고, 그림 2는 자료 수집 및 분석 장치의 구성을 나타낸 것이다.



(a)

Table 1. Field condition and average moisture content

| Field | Field type | Soil condition | Moisture content (%. d.b.) |
|-------|-------------|----------------|----------------------------|
| N1 | a dry field | No tilling | 25.7 |
| N2 | a dry field | No tilling | 33.4 |
| M1 | a dry field | No tilling | 18.9 |
| M2 | a dry field | No tilling | 22.1 |

Table 2. The specification of measuring device for rotary power requirement

| Item | Specification | Model | Manufacturer |
|------------------|------------------------------|-----------------|--------------|
| Shaft | Applied power : under 70ps | Single Type | Daechang |
| Strain gauge | Gauge factor : 2.15 | KFG-2-120-C1-11 | kyowa |
| Slip ring | Capacity : 4poles | - | Yunghwa Eng. |
| Proximity sensor | Response frequency : 400(Hz) | PR12-4DP | Autonics |

2) 로타리 흙부착 방지장치

世良田和寛(1990)⁸⁾ 등은 로타리 경운장치의 흙부착 방지에 관한 연구에서 경운장치의 커버에 흙이 부착되는 요인은 커버의 재질, 충돌각도, 충돌



(b)

Fig. 1. The measuring device of rotary power requirement

(a) the parts of the device, (b) the complete unit

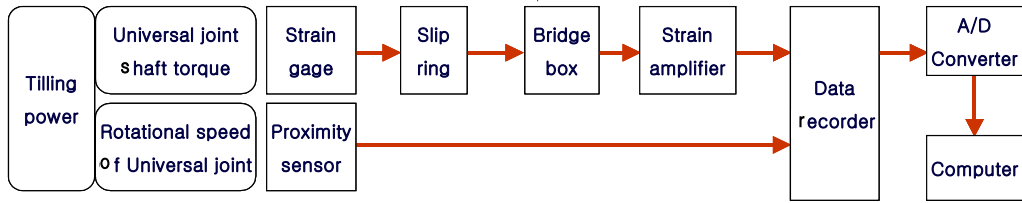
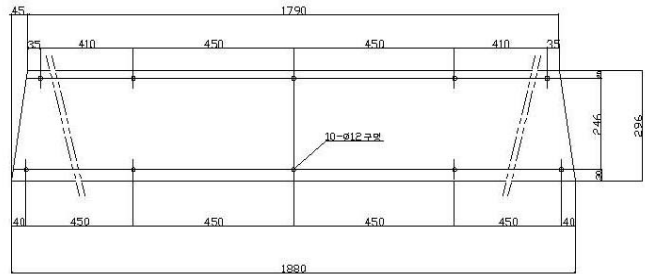


Fig. 2. Block diagram of the data acquisition and analysis system



(a)



(b)

Fig. 3. The device for preventing soil adherence

(a) types of device for preventing soil adherence

(b) the schematic diagram of device for preventing soil adherence



(a)



(b)

Fig. 4. The photo of rotary tiller for preventing soil adherence

(a) rotary tiller for preventing soil adherence (b) device for preventing soil adherence

속도, 토성, 토양수분 등의 영향을 받는다고 보고 하였다.

이 연구에서 흙 분사장치를 설계 및 제작하여

다른 요인은 일정하게 하고 철, 테플론, 고무도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌 및 수지 등의 여러가지 재질에 흙 부착 시험을 진행한 결과 고무도 폴

리에틸렌의 흙 부착률이 제일 적게 나온것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 世良田和寛(1990)⁸⁾ 등의 연구결과를 이용하여 흙 부착 방지장치를 설계, 제작하였다.

본 연구에서는 현재 국내에서 가장 많이 보급되어 있는 중형트랙터(40~60PS)에 부착되는 로타리를 대상으로 로타리의 상부커버와 후부 커버 내측에 1.5mm 스테인리스 스틸(sus 310)판, 4mm 고무판, 그리고 두께 3mm의 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene)판 등을 부착하여 흙과의 접촉면을 철에서 다른 재질로 변화시켜 보았다. 그림 3은 제작된 재질별 흙부착 방지장치 재료와 제작도면을, 그림 4에는 로타리 상부 커버와 후부 커버에 흙부착 방지장치 판을 부착시킨 모습을 나타내었다.

3. 성능실험

본 연구의 흙부착 방지장치의 성능시험 및 로타리 경운작업 소요동력 측정시험에 사용된 트랙터는 대동공업(주)에서 제작된 정격출력 55마력 트랙터이며, 트랙터에 흙부착 방지장치를 장착한 로타리를 이용하여 충남대학교 농업생명과학대학 부

속 농장의 2개 포장과 동물사육장의 2개 포장에서 실험하였다. 로타리 경운시험을 실시하면서 소요동력 측정장치에서 나오는 신호들을 데이터 레코더에 저장하였다. 트랙터의 PTO 회전수는 540rpm으로 고정시켰으며, 로타리 경운축의 회전수는 PTO 회전수가 540rpm일 때 127rpm으로 회전하도록 제작하였다. 주행속도는 저속 2단(0.8m/s)으로 유지하였고, 경심은 0.13m로 유지하였다.

일반 로타리 및 3가지의 흙부착 방지장치를 장착한 로타리를 차례로 시험하여 로타리 경운시 소요동력을 측정하였으며, 각 재질에 따른 경운 후의 흙부착 상태를 알아보고자 부착된 흙을 떼어내어 각각의 흙 무게를 측정하여 흙부착 상태를 조사, 분석하였다. 그림 5에 성능시험을 하고 있는 모습을 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 로타리 소요동력 측정장치의 캘리브레이션 결과

소요동력 측정장치의 측도설정은 유니버설 조인트를 수평으로 고정시킨 다음 토크암을 걸고 추를



(a)

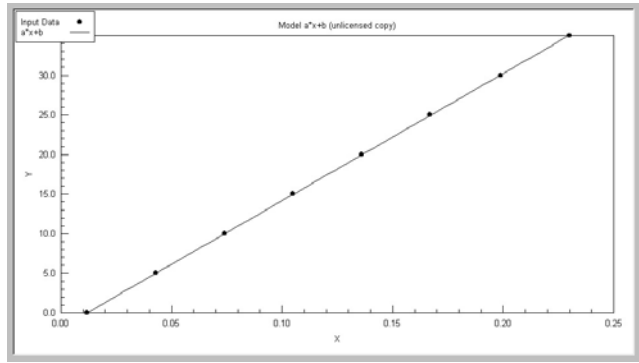


(b)

Fig. 5. The photo of rotary for preventing soil adherence in performance test
(a) device for measuring power requirement, (b) performance test



(a)



(b)

Fig. 6. The system calibration and calibration result (a) system calibration, (b) calibration result

증감시키는 형식으로 하였다. 그림 6은 측도설정 모습 및 결과를 나타낸 것이다.

회귀분석으로 계산된 식은 다음과 같다.

$$Y = 160.65 * X - 1.89$$

$$R^2 = 0.9999$$

여기서, Y = Weight (Kg_f)

X = the value through A/D converter

2. 흡부착 방지장치 성능시험 결과

포장에서 일반 로타리와 흡부착 방지장치 부착 로타리로 경운작업을 실시하면서 소요동력을 측정할 때 데이터 레코더의 샘플링 주파수는 12kHz로 설정해 놓고 토크 변환기, 근접센서에서 나오는 신호를 저장하였다. 4개의 포장에서 각 시험별로 PTO축 34회전, 즉 로타리축 8회전(약 3.4초)에 해당하는 구간 6곳(약 17m)의 데이터를 임의로 선정하여 이를 분석하였다. 성능시험 결과를 표 3, 그림 7에 나타내었다.

1) 일반 로타리

4개의 포장에서 로타리 경운시 소요동력은 각각 52.10, 52.44, 52.27, 51.91ps이며 평균 52.18ps의 로

타리경운 소요동력이 측정되었다. 토양의 함수율별로 살펴보면 함수율 33.4%(d.b.)인 N2 포장에서 52.44ps로 가장 큰 소요동력이 측정되었다. 이는 로타리날이 토양을 절단할 때 토양 입자사이의 응집력이 함수에 의해 영향을 받는 것으로 사료된다. 상부 및 후부커버에 부착된 토양의 무게는 역시 함수율이 33.4%(d.b.)인 N2 포장에서 6.3kg으로 가장 많았다.

2) 스테인리스 스틸 (sus 310) 흡부착 방지재질 장착 로타리

4개의 포장에서 로타리 경운시 소요동력은 각각 52.49, 53.26, 51.95, 52.06ps이며 평균 52.44ps의 로타리경운 소요동력이 측정되었다. 토양의 함수율별로 살펴보면 함수율 33.4%(d.b.)인 N2 포장에서 53.26ps로 가장 큰 소요동력이 측정되었다. 이는 로타리날이 토양을 절단할 때 토양 입자사이의 응집력이 함수에 의해 영향을 받는 것으로 사료된다. 상부 및 후부커버에 부착된 토양의 무게는 역시 함수율이 33.4%(d.b.)인 N2 포장에서 6.4kg으로 가장 많았다.

Table 3. The results of performance test for preventing soil adherence

(a) general, (b) sus 310, (c) rubber, (d) PE

| (a) | | | | | (b) | | | | |
|-------|-------|-----------------|--------------|---------------------------------|-------|-------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Field | RPM | Torque (kg · m) | Power (PS) | Quantity of soil adherence (kg) | Field | RPM | Torque (kg · m) | Power (PS) | Quantity of soil adherence (kg) |
| N1 | 637.7 | 58.52 | 52.10 | 4.9 | N1 | 639.3 | 58.81 | 52.49 | 5.7 |
| N2 | 600.5 | 62.56 | 52.44 | 6.3 | N2 | 620.9 | 61.44 | 53.26 | 6.4 |
| M1 | 637.9 | 58.70 | 52.27 | 5.0 | M1 | 637.6 | 58.36 | 51.95 | 4.9 |
| M2 | 635.9 | 58.46 | 51.91 | 6.0 | M2 | 638.2 | 58.43 | 52.06 | 5.8 |

| (c) | | | | | (d) | | | | |
|-------|-------|-----------------|--------------|---------------------------------|-------|-------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Field | RPM | Torque (kg · m) | Power (PS) | Quantity of soil adherence (kg) | Field | RPM | Torque (kg · m) | Power (PS) | Quantity of soil adherence (kg) |
| N1 | 623.8 | 54.77 | 47.69 | 1.7 | N1 | 591.5 | 52.75 | 43.58 | 1.5 |
| N2 | 609.1 | 61.03 | 51.91 | 4.1 | N2 | 620.2 | 57.24 | 49.59 | 3.5 |
| M1 | 625.5 | 55.14 | 48.16 | 3.1 | M1 | 586.6 | 54.52 | 44.67 | 2.7 |
| M2 | 626.7 | 55.18 | 48.29 | 3.5 | M2 | 598.2 | 56.88 | 47.52 | 3.1 |

3) 고무 흡부착 방지재질 장착 로타리

4개의 포장에서 로타리 경운시 소요동력은 각각 47.69, 51.91, 48.16, 48.29ps이며 평균 49.01ps의 로타리경운 소요동력이 측정되었다. 토양의 함수율별로 살펴보면 함수율 33.4%(d.b.)인 N2 포장에서 51.91ps로 가장 큰 소요동력이 측정되었다. 이는 로타리날이 토양을 절단할 때 토양 입자사이의 응집력이 함수에 의해 영향을 받는 것으로 사료된다. 상부 및 후부커버에 부착된 토양의 무게는 역시 함수율이 33.4%(d.b.)인 N2 포장에서 4.1kg으로 가장 많았다.

4) 폴리에틸렌(PE) 흡부착 방지재질 장착 로타리

4개의 포장에서 로타리 경운시 소요동력은 각각 43.69, 49.59, 44.67, 47.52ps이며 평균 46.34ps의 로타리경운 소요동력이 측정되었다. 토양의 함수율별로 살펴보면 함수율 33.4%(d.b.)인 N2 포장에서

49.59ps로 가장 큰 소요동력이 측정되었다. 이는 로타리날이 토양을 절단할 때 토양 입자사이의 응집력이 함수에 의해 영향을 받는 것으로 사료된다. 상부 및 후부커버에 부착된 토양의 무게는 역시 함수율이 33.4%(d.b.)인 N2 포장에서 3.5kg으로 가장 많았다.

3. 성능시험 결과 분석

본 연구에서는 흡부착 방지장치를 부착하지 않은 일반 로타리와 흡부착 방지장치를 장착한 3가지의 재질의 로타리를 차례로 로타리 경운 소요동력을 측정하였으며, 각 재질에 따른 경운 후의 흡부착 상태를 알아보고자 부착된 흙을 떼어내어 각각의 흙 무게를 측정하여 흡부착 상태를 조사, 분석하였다. 성능시험 결과가 표 4 및 그림 8과 같이 나타났다.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 7. The state of soil adherence after rotary tilling (a) general, (b) sus 310, (c) rubber, (d) PE

결과를 살펴보면, 일반 로타리의 경운작업과 흙부착 방지장치 장착 로타리의 경운작업시 소요동력 비교를 유의수준 5%의 모평균 차에 의한 검정으로 분석해 본 결과, 첫째 흙부착 방지장치 재질을 스테인리스 스틸로 하였을 경우, 표본 평균 및 표본 표준편차가 각각 $D = -0.26$, $S_D = 0.476$ 이며 검정통계량 $|t_0| = 1.092$ 로 $t(n-1, 2\alpha) = t(3, 0.1)$ 의 값 2.353 보다 작아 두 방법 간의 소요동력 차이가 없는 것으로 나타났다.

두번째, 고무를 흙부착 방지장치 재질로 하였을 경우, 표본 평균 및 표본 표준편차가 각각 $D = 3.17$, $S_D = 1.788$ 이며 검정통계량 $|t_0| = 3.543$

로 $t(n-1, 2\alpha) = t(3, 0.1)$ 의 값 2.353보다 크기 때문에 두 방법 간의 소요동력 차이가 있는 것으로 나타났다.

세번째, PE를 흙부착 방지장치 재질로 하였을 경우, 표본 평균 및 표본 표준편차가 각각 $D = 5.84$, $S_D = 2.666$ 이며 검정통계량 $|t_0| = 4.381$ 로 $t(n-1, 2\alpha) = t(3, 0.1)$ 의 값 2.353 보다 크기 때문에 두 방법 간의 소요동력 차이가 있는 것으로 나타났다.

즉, 흙부착 방지장치 재질이 스테인리스 스틸일 경우에는 흙부착 방지의 효과가 없는 것으로 나타났으며, 재질이 고무와 PE일 경우에 흙부착 방지

Table 4. The results of hypothesis testing in performance (a) power requirement, (b) quantity of soil adherence

(a)

| Material | Power requirement (ps) | | | | D | S _D | t ₀ | t(3, 0.1) |
|-----------------|------------------------|-------|-------|-------|--------------------------------------|----------------|----------------|-----------|
| | N1 | N2 | M1 | M2 | | | | |
| general | 52.10 | 52.44 | 52.27 | 51.91 | statistics testing with general type | | | |
| stainless steel | 52.49 | 53.26 | 51.95 | 52.06 | -0.26 | 0.476 | -1.092 | 2.353 |
| rubber | 47.69 | 51.91 | 48.16 | 48.29 | 3.17 | 1.788 | 3.543 | 2.353 |
| PE | 43.58 | 49.59 | 44.67 | 47.52 | 5.84 | 2.666 | 4.381 | 2.353 |

(b)

| Material | Quantity of soil adherence(kg) | | | | D | S _D | t ₀ | t(3, 0.1) |
|-----------------|--------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------|----------------|----------------|-----------|
| | N1 | N2 | M1 | M2 | | | | |
| general | 4.9 | 6.3 | 5.0 | 6.0 | statistics testing with general type | | | |
| stainless steel | 5.7 | 6.4 | 4.9 | 5.8 | -0.15 | 0.451 | 0.665 | 2.353 |
| rubber | 1.7 | 4.1 | 3.1 | 3.5 | 2.45 | 0.557 | 8.797 | 2.353 |
| PE | 1.5 | 3.5 | 2.7 | 3.1 | 2.85 | 0.451 | 12.633 | 2.353 |

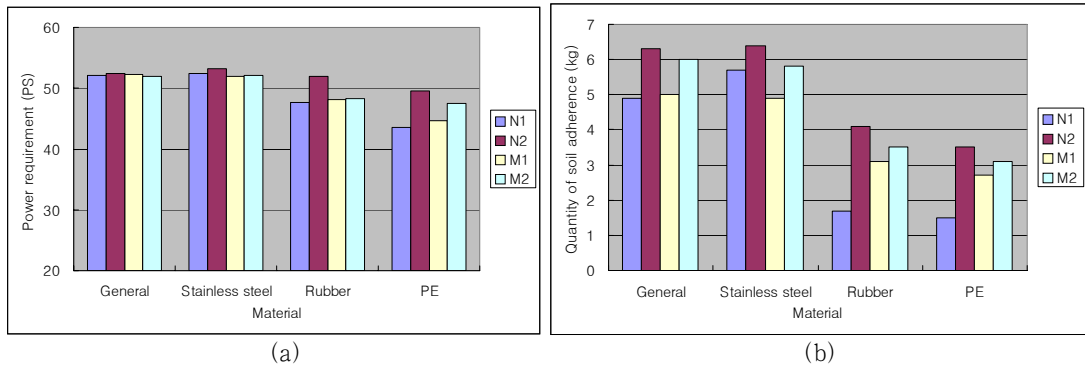


Fig. 8. The result of performance test in each material (a) power requirement, (b) quantity of soil adherence

의 효과가 있는 것으로 나타났다.

다음으로, 일반 로타리의 경운작업과 흙부착 방지장치 장착 로타리의 경운작업 후의 흙부착량의 비교를 유의수준 5%의 모평균 차에 의한 검정으로 분석해 보면, 첫째 흙부착 방지장치 재질을 스테인리스 스틸로 하였을 경우, 표본 평균 및 표본

표준편차가 각각 $D = -0.15$, $S_D = 0.451$ 이며 검정통계량 $|t_0| = 0.665$ 로 $t(n-1, 2\alpha) = t(3, 0.1)$ 의 값 2.353 보다 작아 두 방법 간의 흙부착 량의 차이가 없는 것으로 나타났다.

두번째, 고무를 흙부착 방지장치 재질로 하였을 경우, 표본 평균 및 표본 표준편차가 각각 $D =$

2.45, $S_D = 0.557$ 이며 검정통계량 $|t_0| = 8.797$ 로 $t(n-1, 2\alpha) = t(3, 0.1)$ 의 값 2.353 보다 크기 때문에 두 방법 간의 흠부착 량의 차이가 있는 것으로 나타났다.

세번째, PE를 흠부착 방지장치 재질로 하였을 경우, 표본 평균 및 표본 표준편차가 각각 $D = 2.85$, $S_D = 0.451$ 이며 검정통계량 $|t_0| = 12.63$ 로 $t(n-1, 2\alpha) = t(3, 0.1)$ 의 값 2.353 보다 크기 때문에 두 방법 간의 흠부착 량의 차이가 있는 것으로 나타났다.

즉, 흠부착 방지장치 재질이 스테인리스 스틸일 경우에는 흠부착량의 차이가 없는 것으로 나타났으며, 재질이 고무와 PE일 경우에 흠부착량의 차이가 있는 것으로 나타나 흠부착 방지장치의 효과가 있는 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서 개발한 흠부착 방지장치 성능시험결과, 로타리 경운작업시 소요동력이 가장 적게 나타났으며, 흠부착량에 있어서도 가장 적게 부착된 PE 재질을 이용한 흠부착 방지장치장착 로타리 커버가 로타리 경운 소요동력을 줄이는 한 가지 방법이 될 수 있으리라 사료된다.

적 요

본 연구에서는 로타리 경운작업시 흠 부착이 가장 많이 되고 소요동력에 큰 영향을 미치는 로타리 커버 내측에 흠이 부착되는 것을 방지하여 경운 소요동력의 절감에 기여할 수 있는 로타리 커버를 개발하는데 목적이 있으며, 그 구체적인 연구 결과는 다음과 같다.

1. 본 연구의 수행을 위하여 트랙터의 로타리 경운 소요동력을 측정하고자 트랙터 PTO축과 로타리 동력 입력축을 연결하는 PTO 동력 전달축

을 이용하여 로타리 경운 소요동력 측정장치를 설계, 제작하였다.

2. 로타리에 장착한 흠부착 방지장치의 재질로는 스테인리스 스틸, 고무, PE 등을 사용하였다. 흠부착 방지장치 장착 로타리를 이용하여 로타리 경운시험을 통한 경운 소요동력을 측정한 결과 평균 일반 로타리는 52.18ps, 스테인리스 스틸재질 장착 로타리는 52.44ps, 고무재질 장착 로타리는 49.01ps, 그리고 PE재질 장착 로타리는 46.34ps의 소요동력을 나타냈다.
3. 흠부착 방지장치 장착 로타리를 이용하여 로타리 경운시험 후 부착된 흠의 양을 조사한 결과 평균 일반 로타리는 5.6kg, 스테인리스 스틸재질 장착 로타리는 5.7kg, 고무재질 장착 로타리는 3.1kg, 그리고 PE재질 장착 로타리는 2.7kg으로 나타났다.
4. 실험결과를 토대로 유의수준 5%의 모평균 차에 의한 검정으로 분석해본 결과 스테인리스 스틸 재질의 경우 흠부착 방지효과가 없는 것으로 나타났으며, 고무와 PE재질의 경우에 방지 효과가 있는 것으로 나타났다. 그 중 PE 재질이 소요동력과 흠부착 방지에 각각 11%, 52%의 감소효과가 있어 소요동력 감소 및 흠부착 방지 효과가 탁월한 것으로 나타났다.

인용문헌

1. 김성래 외 3인. 1984. 로우터리 경운시스템이 소요동력에 미치는 영향. 농업기계학회지 9(2) : 37-47
2. 김수성 외 2인. 1997. 경운날의 형상요소에 따른 경운부하특성 분석. 한국농업기계학회 하계 학술논문집 2(2) : 18 - 24

3. 최규홍 외 1인. 1984. 로우터리 경운의 부하특성 및 소요동력에 관한 연구. 한국농업기계학회지 9(2) : 27-36
4. 최상인 외 2인. 1993. 로우터리 경운날의 마모에 관한 연구. 한국농업기계학회지 18(1) : 15-20
5. Sakai, J. and L. V. Hai. 1980. Production technology of Japanese rotary blades for rotary tillage. Agricultural Mechanization in Asia 11(3) : 17-23
6. Serata, K., S. Yamazawa, T. Aoyama, S. Miyamoto, K. Watanabe and S. Tojo. Studies on soil adhesion to rotary tilling devices - Basic studies on soil adhesion with soil shooting device -. JSAM 52(5) : 35 - 41
7. Wang, X. L., M. Ichikawa, I. Tajiri and A. Noro. 1993. Study on prevention of soil adhesion to rotary cover-Basic studies on prevention of soil adhesion with injection device -. JSAM 55(4) : 41 - 46
8. Wang, X. L., N. Ito and K. Kito. 1999. Study on reduction of soil adhesion to rotary tiller cover by vibration. JSAM 61(2) : 37 - 43
9. 坂井 純 外 3人. 1984. 로타리 耕 なた づ め の 耕 う ん 抵 抗 特 性. 日 本 農 業 機 械 學 會 誌 46(1) : 593 - 598.
10. 坂井 純 · 陳 鵬 · 山 中 捷 一 郎. 1990. 로타리 耕 う ん 軸 の 最 適 設 計 理 論 及 び エ キ ス パ ー ト CAD 시스템의 연구(第1報). 日 本 農 業 機 械 學 會 誌 52(2) : 19 - 26.