트랙터 PTO 출력과 농작업 부하 특성

박석호 김영중 임동혁 김충길 정상철 김혁주 이종순 김성수

Characteristics of Tractor PTO Power and Work Loads

S. H. Park Y. J. Kim D. H. Im C. K. Kim S. C. Jung H. J. Kim J. S. Lee S. S. Kim

Abstract

Tractor PTO output and fuel consumption rate under the Korean paddy and various paddy operations were measured and analyzed, in which all the measurements were accomplished by the OECD tractor test codes and the collected information will be utilized for defining tractor energy efficiency class and its test methods. Tractor PTO performance tests were conducted under full-load, part-load and various engine RPMs with part-load at the engine laboratory, while the paddy operations were dry land plowing, wet and dry land rotary tilling and wet land preparation under various soils. As a whole, the rated tractor outputs were ranged from 17% to 100% in the various tillage and land preparation operations, however, the loads for the paddy operations of 1,700 to 2,000 rpm were very close to the OECD tractor load distribution thus it would be appropriate to adopt OECD tractor test codes to measure energy consumption efficiency of tractor.

Keywords : Tractor, Fuel consumption rate, OECD Test Code, Energy efficiency

1. 서론

국제유가의 상승으로 농가의 유류비용 부담이 증가하여 농업기계에 투입되는 연료의 이용 효율을 높이는 방안이 필요하다. '08년 농업기계에 사용된 총 유류사용량은 1,975 천KL(1조 8,834억원)이며, 이중 64%는 난방기에 이용되었으며, 트랙터에 16%, 건조기에 9%, 경운기 등 기타 농기계에 11% 이용된 것으로 보고되었다(RDA, 2008). 난방기의 경우는 고효율 난방기 보급사업, 지열히트펌프를 이용한 시설하우스 난방기술 등 그동안에 개발된 기술을 정부차원에서 지원 보급되고 있기 때문에 난방에너지의 절감대책은 점진적으로 효과가 나타날 것이다.

그러나 온실난방을 제외한 트랙터, 콤파인 등 농작업 기계의 에너지절감 기술에 관한 연구는 상대적으로 취약하다. 미국, 캐나다 등 선진국에서는 “Gear up & Throttle down” 캠페인과 같이 트랙터의 작업단수를 높여 트랙터 엔진회전수를 낮춰

서 농작업을 실시하면 최대 43%까지 연료사용을 줄일 수 있다고 지도하고 있으며(Grisso and Pitman, 2001), 일본의 경우도 영농규모에 적합한 트랙터 구입, 타이어 공기압 조절, 연료 필터와 엔진오일필터 적기교환 등으로 인해 농작업 기계의 에너지절감 실천방법이 보고되고 있다(Fujii, 2008).

스페인에서는 트랙터 에너지소비효율을 5등급으로 설정하여 소비자가 에너지효율이 높은 트랙터를 선택할 수 있도록 하고, 정부차원에서 고효율 트랙터에 대한 보급지원으로 고효율 트랙터의 연구개발을 촉진시켜 트랙터의 에너지이용효율을 높일 수 있다고 보고하였다(Jaime, 2006).

트랙터 에너지소비효율 등급제를 시행하기 위해서는 크게 두 가지 연구가 선행되어야 할 것이다. 첫째, 국내에 보급되어 있는 트랙터는 일정한 기준에서 연료소모량을 간접적으로 예측하여 몇 등급으로 구분하는 연구가 수행되어야 한다. 선진국의 경우도 20년 이상 측정된 트랙터 검사성적을 이용하여 연료소모량을 간접적으로 예측하는 연구가 최근 많이 수행되고

The article was submitted for publication on 2009-09-16, reviewed on 2009-12-14, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2010-01-05. The authors are Seok Ho Park, Young Jung Kim, Dong Hyeok Im, Chung Kill Kim, Hyeok Ju Kim, Researcher, National Academy of Agricultural Science, RDA, Sang Cheol Jung, Intern Researcher, National Academy of Agricultural Science, RDA, Jong Soon Lee, and Sung Su Kim, Daedong Industrial Co., Ltd. Corresponding author: S. H. Park, Senior Researcher, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea; Tel: +82-31-290-1827; Fax: +82-31-290-1840; E-mail: <shpark@rda.go.kr>.

있다(Grisso et al., 2003; Ryu and Kang, 1991).

둘째, 트랙터 에너지 소비효율을 측정하는 방법과 측정기술에 대한 연구가 수행되어야 한다. OECD 시험기준에 의하면 부분부하시험과 엔진회전수 변경 부분부하시험을 실시하여 각 지점에서 연료소모량과 출력 등을 비교하여 트랙터의 성능을 평가하는 시험을 실시하고 있다. 그러나 이 OECD 기준은 밭농사가 대부분인 외국의 토양조건과 영농조건에서 만들어진 기준으로 벼농사가 대부분인 국내의 농작업 환경에서 측정된 결과와 다를 수 있다.

본 연구에서는 트랙터 경운정지(쟁기, 로타리, 무논정지) 작업의 PTO 출력과 연료소모량을 측정하고, OECD 트랙터 시험기준에 따라 측정한 PTO 출력과 연료소모량과 비교분석을 통하여 OECE 트랙터 시험기준이 우리나라 트랙터 에너지 소비효율 등급을 측정하는데 이용 가능성이 있는지를 고찰하고자 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시기중 및 계측장비 구성

공시트랙터는 표 1과 같이 37.3 kW(LX470C, Daedong, Korea)으로 4기통 디젤엔진을 탑재하고, 작업단수는 전진 12단, 후진 12단, PTO 단수는 3단(540 rpm, 750 rpm, 1,000 rpm)을 채택하고 있다. 작업기는 쟁기, 로터베이터, 무논정지기를 사용하였으며, 작업폭은 각각 1.6 m, 1.7 m 및 2.6 m 이었다.

견인력 측정은 그림 1과 같은 수평 견인력 측정 장치에 스트레인게이지를 부착하여 측정하였으며(Park et al., 1996), 수평 견인력 및 견인출력은 각각 식(1)과 식(2)로 계산하였다. PTO 토크 측정은 유니버설조인트에 스트레인게이지를 부착하고 라디오 텔레메트리시스템(ATI 2040BCF-NC1, Advanced Telemetry System, Ohio, USA)을 이용하여 측정하였으며, PTO 출력은 식 (3)으로 계산하였다.

수평견인력 측정 장치의 교정은 수평견인력 측정 장치에 무게를 추가하는 방법으로 전압(V)과 견인력(N)과의 상관관계를 확인하였다. PTO 토크의 교정은 그림 2와 같이 국립농업과 학원 농업공학부에 설치된 트랙터 PTO 동력계(AG400, Froud Autotech, England)를 이용하여 검증하였다. 수평견인력 측정 장치와 PTO 토크 측정 장치의 교정결과는 R^2 값이 0.999 이상으로 높은 정밀도를 보였다.

연료소모량 측정은 그림 3과 같이 펄스출력 유량계(MEC 05ASP-1R, M.E.C. Fluid Control, Singapore)를 연료탱크와 연료펌프사이에 설치하고 과잉공급(over flow) 된 연료는 유량계 다음으로 들어가도록 연료공급호스를 연결하여 측정하였다(Green et al., 1983). 유량계의 교정은 메스실린더를 이용하여 검증하였다.

견인력, PTO 토크, 연료소모량 등의 포장시험 데이터는 트랙터 안에 설치된 데이터수집기를 통해 노트북으로 무선 전송되도록 시험장치를 구성하였으며, 무선전송 가능거리는 100 m 이내이다.

Table 1 Specifications of tractor and agricultural equipments

Item	Specifications
Tractor	Model: LX470C, Tractor engine power: 37.3 kW, PTO power: 25.6 kW
Plow	Model: YS-5P-500-1500, Working width: 1.6 m
Rotavator	Model: HC175GS, Working width: 1.7 m
Puddler	Model: SW260H, Working width: 2.6 m

$$N = N_{LOWER} - N_{TOP} \quad (1)$$

where, N = horizontal traction force (N)

N_{LOWER} = traction force of lower link (N)

N_{TOP} = traction force of top link (N)

$$P_{drawer} = \frac{D \times V}{1000} \quad (2)$$

where, P_{drawer} = traction power (kW)

D = traction force (N)

V = velocity (m/s)

$$P_{TOP} = \left[\frac{T \times R}{726.3} \right] / 1.341 \quad (3)$$

where, P_{TOP} = PTO power of tractor (kW)

T = PTO torque of tractor (N·m)

R = PTO revolution of tractor (rpm)

Fig. 1 Measurement device of drawer power.

Fig. 2 PTO dynamometer.

Fig. 3 Fuel flow meter.

나. 시험 포장 및 방법

포장시험은 표 2와 같이 미사질식토(수원), 식양토(부여), 미사질양토(무안) 등 3개 지역의 논에서 실시하였으며, 토양함수율은 각각 40.4%, 37.1% 및 39.1%로 나타났다. 토양경도는 쟁기시험을 수행한 미사질식토에서만 측정하였고, 부여와 무안 포장에서는 쟁기시험을 수행하지 못했기 때문에 토양경도를 측정하지 않았다.

미사질식토(수원)에서는 쟁기, 마른 로타리, 무논로타리, 무논정지 시험 등 모든 경운정지 작업을 수행하였다. 식양토(부여)에서는 마른 로타리, 무논 로타리, 무논정지 시험을 수행하였으며, 미사질양토(무안)에서는 마른 로타리 시험만 수행하였다. 마른 로타리 작업은 쟁기작업 후 토양을 건조시켜 작업을 하였으며, 무논 로타리 작업은 쟁기작업 후 물을 가둔 상태에

서 작업하였다. 무논 정지작업은 무논 로타리 작업 후에 무논 정지기를 이용하여 시험을 실시하였다.

시험 처리구는 토양의 불균일로 일어날 수 있는 오차를 줄이기 위해 3반복 난괴법으로 포장구획을 나누어 시험하였다.

다. 트랙터 PTO 성능시험

PTO 성능시험은 전부하 시험, 부분부하 시험, 엔진회전수 변동 부분부하 시험을 실시하였다. 전부하 시험과 부분부하 시험은 조속기 레버를 정격엔진회전수인 2600 rpm으로 설정한 반면, 엔진회전수 변동 부분부하 시험은 실제 농작업을 수행하는 것을 가정하여 엔진회전수를 변경하면서 부하를 변동시켜 연료소모량을 측정하는 방법이다(OECD, 2009).

트랙터 PTO 성능시험은 그림 2와 같이 트랙터 PTO 동력계(AG400)를 이용하였다. 전부하 시험은 엔진 회전속도를 정격 엔진회전수인 2600 rpm으로 설정한 후 부하를 가하면서 엔진회전수를 100 rpm단위로 낮춰가면서 측정하였다. 부분부하 시험은 2600~1400 rpm 범위에서 PTO 토크부하를 85%, 75%, 50%, 25%, 무부하 단계로 낮춰가면서 PTO 출력, 연료소비량 등을 측정하였다. 엔진회전수 변동 부분부하 시험은 엔진회전수를 정격 엔진회전수의 90%, 60%수준으로 설정하고, 출력을 정격출력의 80%, 60%, 40%일 때의 연료소모량, PTO 토크 등을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 트랙터 PTO 성능시험 결과

그림 4는 OECD 시험기준에 따라 트랙터의 출력을 측정한 결과로 x축은 정격엔진회전수에 대한 엔진회전수의 비, y축은 정격 PTO 출력에 대한 PTO 출력의 비이다. 그림 5는 이때의 연료소모량을 나타낸 것이다.

부분부하 PTO 출력은 22.08 kW(정격출력의 82%), 16.68 kW(정격출력의 62%), 11.23 kW(정격출력의 41%), 5.65 kW(정격출력의 21%)로 나타났으며, 이때의 연료소모량은 각각 11.38 L/hr, 9.7 L/hr, 8.3 L/hr, 7.06 L/hr, 5.87 L/hr, 무부하일 때 4.75 L/hr로 나타났다.

엔진회전수 변경 부분부하시험 PTO 출력은 그림 4의 ①~⑥지점에 해당된다. 각 지점에 대한 시험조건 설정은 OECD

Table 2 Soil condition of experimental fields

Item	Soil hardness (kPa)					Soil texture (%)			Soil moisture (wb, %)	Field size(m)
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	Avg.	Sand	Silt	Clay		
Silty clay	982	5,734	7,642	6,694	5,263	43.0	22.1	34.9	40.4	100×30
Clay loam	-	-	-	-		27.0	33.0	40.0	37.1	80×30
Silty loam	-	-	-	-		30.8	54.5	14.7	39.1	100×40

기준에서 제시하고 있는데, 이 기준에 따라 엔진회전수와 출력을 조정하여 각 지점에 대한 연료소모량을 측정하여 트랙터 성능을 비교하는 기준으로 사용되고 있다. 이 기준은 실제 트랙터 농작업 시 엔진회전수와 부하변동을 고려해 설정한 기준으로 밭 작업이 대부분인 유럽의 기준에 맞추어진 것이기 때문에 논 작업이 대부분인 우리나라의 경우와 다를 수 있다.

공시트랙터의 엔진회전수 변경 부분부하시험 PTO 출력은 27.16 kW(정격엔진회전수 조건), 21.65 kW(최대 엔진회전수에서 “①” 출력의 80% 조건), 21.70 kW(정격엔진회전수의 90%에서 “①” 출력의 80% 조건), 10.83 kW(정격엔진회전수의 90%에서 “①” 출력의 40% 조건), 16.45 kW(정격엔진회전수의 60%에서 “①” 출력의 60% 조건), 10.94 kW(정격엔진회전수의 60%에서 “①” 출력의 40% 조건)로 나타났다. 이때의 연료소모량은 각각 11.4 L/hr, 9.8 L/hr, 8.8 L/hr, 6.0 L/hr, 5.9 L/hr, 4.5 L/hr로 나타났다.

Fig. 4 PTO power of tractor.

Fig. 5 Fuel consumption rate of tractor.

나. 트랙터 PTO 출력과 농작업 부하특성 비교

그림 6은 3종류의 토양조건(미사질식토, 식양토, 미사질양토)에서 쟁기, 로타리 경운, 무논 로타리 경운, 무논 정지 작업

에 소요되는 PTO 출력과 OECD 시험결과를 비교한 그림이다. 이 때 쟁기작업은 엔진회전수를 1400 rpm, 1700 rpm, 2600 rpm으로 설정한 상태에서 견인력을 측정하였으며, 로타리 및 무논 정지 작업은 엔진회전수를 1400 rpm, 1700 rpm, 2000 rpm, 2600 rpm으로 설정한 상태에서 PTO 축의 토크를 측정하였다.

시험조건으로 설정한 엔진회전수는 부하에 따라 변화하며, 설정한 엔진회전수가 낮을수록 엔진회전수가 많이 저하되는 것으로 나타났다. 전반적으로 농작업에 소요되는 PTO 출력은 4.4 kW(정격출력의 17%)에서 26.0 kW(정격출력의 100%)까지 다양한 분포로 나타났다(Choi and NahmGung, 2000). 쟁기작업 시 트랙터 출력은 1154~1265 rpm에서 4.8~9.4 kW, 1475~1593 rpm에서 8.7~15 kW, 2417~2517 rpm에서 11.6~22.7 kW로 엔진회전수에 따라 큰 차이를 나타냈다. OECD 시험기준으로 측정한 트랙터 출력이 엔진회전수 60% 수준(1560 rpm)에서 10.94 kW 및 16.45 kW인 것을 기준으로 판단해볼 때 쟁기작업 시 1475~1593 rpm에서 트랙터 출력이 8.7~15 kW 범위에 분포되어 나타난 것은 토양조건에 따라 부하변동이 달라져서 나타난 결과이며, OECD 기준의 엔진회전수 90%(2340 rpm)에 맞추어 쟁기작업을 실시한다면 엔진회전수 90% 지점에서도 엔진회전수 60% 지점과 유사한 결과를 보였을 것이라고 판단된다. 마른 로타리, 무논 로타리, 무논 정지 작업도 쟁기작업과 마찬가지로 1560 rpm 수준(정격 엔진회전수의 60%)에서 OECD 시험기준의 ⑤와 ⑥지점 부근에 출력이 분포되어 있는 것으로 판단해 볼 때 OECD 시험기준에 맞추어 트랙터 에너지소비효율을 측정해도 무리가 없을 것으로 생각된다. 마른 로타리, 무논 로타리, 무논 정지 작업의 출력은 각각 10.6~23.3 kW, 15.8~25.7 kW, 9.2~15.0 kW로 작업 속도와 엔진회전수에 비례하여 증가하였다.

Fig. 6 Comparison between PTO power and tractor load at the different field operation.

다. 쟁기작업에서의 트랙터 PTO 출력 및 연료소모량 특성

그림 7은 쟁기작업에 소요되는 PTO 출력과 OECD 시험결과와 비교한 그림이다. 이 때 작업단수는 4단, 5단, 6단에서 시

힘하였으며, 작업속도는 각각 0.4~0.9 m/s, 0.6~1.1 m/s 및 0.7~1.5 m/s로 엔진회전수에 따라 다르게 나타났다. 3단의 경우는 작업속도가 너무 느려 토양반전이 불량하게 나타났으며, 7단의 경우는 견인부하가 증가하여 트랙터 시동이 꺼지는 경우가 발생하였기 때문에 시험에서 제외하였다.

PTO 출력은 6단의 경우 9.4~22.7 kW, 5단의 경우 7.1~14.7 kW, 4단의 경우 4.8~11.6 kW로 작업속도가 빠를수록 높았으며, 트랙터 정격출력의 20~80% 범위에서 작업이 이루어지는 것으로 나타났다. 쟁기작업의 경운출력을 OECD 시험기준점과 비교해 볼 때 1200 rpm 정도의 낮은 엔진회전수를 제외하곤 대부분 OECD 시험기준점에 근접하는 것으로 나타났다. 이 결과는 최대 견인출력 시 견인부하에 의하여 트랙터 엔진에 작용하는 부하토크는 전부하 토크의 20~110%에 이르고 있다고 보고한 Kim 등(2009)의 분석결과와 유사하게 나타났다.

쟁기작업의 연료소모량은 그림 8과 같이 6단의 경우 3.1~8.3 L/hr, 5단의 경우 2.6~6.8 L/hr, 4단의 경우 2.8~6.8 L/hr로 작업속도가 빠를 경우 견인부하가 증가하여 높게 나타난 것으로 판단된다.

Fig. 7 Tractor PTO power at the plowing operation.

Fig. 8 Fuel consumption rate at the plowing operation.

라. 로타리 경운작업에서의 트랙터 PTO 출력 및 연료소모량 특성

그림 9는 무논정지 작업의 PTO 출력과 OECD 시험결과를 비교한 그림이다. 이 때의 경운피치는 10 cm와 14 cm로 주행단수, PTO회전수 및 엔진회전수를 조정하여 설정하였다. 경운피치 10 cm의 경우 PTO 출력은 17.6 kW(1447 rpm), 20 kW(1792 rpm), 21.1 kW(2450 rpm)으로 엔진회전수에 비례하여 크게 나타났으며, 경운피치 14 cm의 경우 15.8 kW(1125 rpm), 21.4 kW(1768 rpm), 22.4 kW(2368 rpm)으로 경운피치가 클수록 높게 나타났다. 무논정지 작업의 농작업 부하는 트랙터 정격출력의 60~83% 범위에서 작업이 이루어졌다. 로타리 경운작업의 PTO 출력은 OECD 시험기준점과 비교해 볼 때 1125 rpm 정도의 낮은 엔진회전수를 제외하곤 대부분 OECD 시험기준점(③, ⑤)에 근사하는 것으로 나타났다. 연료소모량은 그림 10과 같이 경운피치 10 cm의 경우 4.3~7.3 L/hr, 경운피치 14 cm의 경우 3.1~9.5 L/hr로 쟁기작업의 경우보다 높게 나타났다.

Fig. 9 Tractor PTO power at the rotary operation.

Fig. 10 Fuel consumption rate at the rotary operation.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 트랙터 경운정지(쟁기, 로타리, 무논정지) 작업의 PTO 출력과 연료소모량을 측정하고, OECD 트랙터 시험기준에 따라 측정한 PTO 출력과 연료소모량과 비교분석하여 OECE 트랙터 시험기준이 우리나라 트랙터 에너지 소비효율 등급을 측정하는 데 이용 가능한지를 고찰하고자 하였다.

- (1) OECD 시험기준에 따라 측정한 트랙터 출력은 27.16 kW, 21.65 kW, 21.70 kW, 10.83 kW, 16.45 kW, 10.94 kW로 나타났으며, 연료소모량은 11.4 L/hr, 9.8 L/hr, 8.8 L/hr, 6.0 L/hr, 5.9 L/hr, 4.5 L/hr로 나타났다.
- (2) 쟁기작업 시 트랙터 출력은 1154~1265 rpm에서 4.8~9.4 kW, 1475~1593 rpm에서 8.7~15 kW, 2417~2517 rpm에서 11.6~22.7 kW로 엔진회전수에 따라 차이를 보였다. 엔진회전수 60% 수준(1560 rpm)에서 10.94 kW 및 16.45 kW인 OECD 트랙터 시험결과와 비교해 볼 때 쟁기작업의 트랙터 출력은 1475~1593 rpm에서 8.7~15 kW로 OECD 시험결과와 유사한 경향을 보였다. 마른 로타리, 무논 로타리, 무논 정지 작업도 쟁기작업과 유사한 경향으로 나타났다. 정격 엔진회전수 2340 rpm(정격엔진회전수의 90%)에 맞추어 경운정지 작업을 수행한다면 엔진회전수 1560 rpm(정격 엔진회전수의 60%)에서 나타난 결과와 비슷한 경향을 보일 것으로 판단된다.
- (3) 쟁기작업의 연료소모량은 6단에서 3.1~8.3 L/hr, 5단에서 2.6~6.8 L/hr, 4단에서 2.8~6.8 L/hr로 나타났으며, 로타리 작업의 연료소모량은 경운피치 10cm의 경우 4.3~7.3 L/hr, 경운피치 14 cm의 경우 3.1~9.5 L/hr로 엔진회전수와 부하에 따라 다르게 나타났다.
- (4) 트랙터 출력 및 연료소모량은 OECD 트랙터 시험기준과 경운정지 작업 시 측정한 결과가 같은 엔진회전수 조건에서 유사하게 나타났고 트랙터 에너지 소비효율은 일정한 시험조건에서 측정되어야 하기 때문에 OECD 엔진회전수 변동 부분부하시험기준에 맞추어 트랙터의 에너지 소비효율을 측정해도 무리가 없을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Choi, C. H. and M. J. NahmGung. 2000. Load measurement of tractor on field performance. Proceedings of the KSAM 2000 Summer Conference 5(2):29-34. (In Korean)
2. Fujii, Y. 2008. Recent trends in energy saving for development and use of agricultural machinery in Japan. SIEMSTA 2008 International Symposium of KSAM, Energy Saving in the field of Agricultural Machinery Engineering. pp. 3-38. (In Korean)
3. Green, M. K., B. A. Stout and S. W. Searcy. 1983. Instrumentation package for monitoring tractor performance. ASAE Paper No. 83-1562. ASAE, St. Joseph, MI, USA.
4. Grisso, R. D. and R. Pitman. 2001. Gear up and throttle down - saving fuel. Virginia Cooperative Extension Publication 442-450, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA.
5. Grisso, R. D., M. F. Kocher and D. H. Vaughan. 2003. Predicting tractor fuel consumption. ASAE Paper No. 031107. ASAE, St. Joseph, MI, USA.
6. Jaime, O. C. 2006. Development of Indexes to Classify Agricultural Tractors According to Their Energy Efficiency. Institute for energy diversification and saving (IDAE), Madrid, Spain.
7. Kim, S. C., K. U. Kim and D. C. Kim. 2009. Analysis of drawbar load acting on tractor engine at maximum drawbar power. Journal of Biosystems Engineering 34(2):71-76. (In Korean)
8. OECD. 2009. Code 2 OECD Standard Code for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractor Performance. OECD, Paris, France.
9. Park, S. H., C. H. Kang, K. J. Choe, I. K. Jung, K. W. Kim and W. P. Park. 1996. Tilling characteristic of plastic moldboard plow for tractor. RDA Journal of Agricultural Science 38(1):973-979. (In Korean)
10. Rural Development Administration (RDA). 2008. Symposium on the Energy Saving Technology and Diffusion for Low Carbon Green Growth. pp. 16-18. RDA, Suwon, Korea.
11. Ryu, K. H. and S. B. Kang. 1991. Evaluation of indirect methods of engine torque measurement. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 16(1):1-8. (In Korean)