

국산 트랙터의 성능 변화

김경욱

Performance Trend of Korean-made Agricultural Tractors

K. U. Kim

Abstract

Tractor performance was analyzed using the data from 226 Korean-made and 107 imported tractors tested at the National Institute of Agricultural Engineering for the 25-year period from 1980 through 2004. The performance analysis included the specific volumetric fuel consumption (svfc), power per unit weight and traction coefficient evaluated from the viewpoint of PTO power level. No significant performance improvement has been made for the Korean-made tractors over the last 25 years. The average svfc for the maximum PTO power has increased by only 2.1% from 1980 to 2004, resulting in 2.86 kW · h/L in 2004. The average maximum PTO and drawbar power per unit weight of ballasted tractors were 1.38 and 1.19 kW/kN in 2000-2004, indicating 14.0% and 5.9% decreases respectively from 1980 to 2004. The traction coefficient has increased by 23.1% over the 25 years, resulting in 0.68 in the 2000-2004 period. Poor performance improvement was also observed from the imported tractors. In the 2000-2004 period, average svfc for the maximum PTO power, PTO power per unit ballasted weight, drawbar power per unit ballasted weight and traction coefficient of the imported tractors were respectively 3.0 kW · h/L, 1.34 kW/kN, 1.13 kW/kN and 0.68. PTO and drawbar power per unit weight were lower in imported tractors than the Korean-made tractors. Comparing the test results with those of tractors less than 37 kW tested at the Nebraska Tractor Test Laboratory from 1981 to 2002, the Korean-made tractors have exhibited better performance in terms of power per unit weight. However, poor performance in the svfc and traction coefficient was observed. The average svfc and traction coefficient of the Korean-made tractors were respectively 86.4% and 83.7% of the tractors tested at the NTTL over the same period.

Keywords : Tractor, Performance Trend, Performance test, PTO

1. 서론

국내에서 처음으로 생산된 농업용 4륜 트랙터는 영국 Ford 트랙터의 기술 지원으로 1969년 대동공업(주)이 생산한 46마력 수냉 디젤 트랙터이었다(그림 1). 국내의 트랙터 생산업체는 그 후 동양물산기업(주), 국제종합기계(주), LS전선(당시 한국중공업) 4개 업체로 확대되었으며, 동양물산기업은 1975년부터 독일의 KHD에서, 국제종합은 1978년부터 일본의 안마 농기에서, LS전선은 1979년부터 이탈리아의 피아트에서 기

술을 도입하여 트랙터를 생산하기 시작하였다. 대동공업은 46마력 중형 트랙터에 이어 1976년부터 일본의 구보다사로 부터 기술을 도입하여 수냉 디젤 22마력 소형 트랙터를 생산 하였다(한국농업기계학회, '70-'80).

기술 제휴의 형태로 시작한 초기의 트랙터 생산은 국산화 과정을 통하여 외산 부품 의존기, 국산 부품 의존기, 독자 모델 개발기의 단계로 발전하였으며(강과 김, 1986), 최근에는 독자적으로 트랙터를 생산할 수 있는 기술 수준에 도달하였다. 그러나 이러한 기술 수준은 대부분 생산 기술로서, 설계

This paper was submitted for publication in October 2005; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in December 2005. The author is K. U. Kim, KSAM member, Professor at the Seoul National University. The corresponding author is K. U. Kim, Department of Biosystems and Biomaterial Science and Engineering, Seoul National University, 151-742, Seoul Korea; Fax : +82-2-873-2049; E-mail : <kukim@snu.ac.kr>

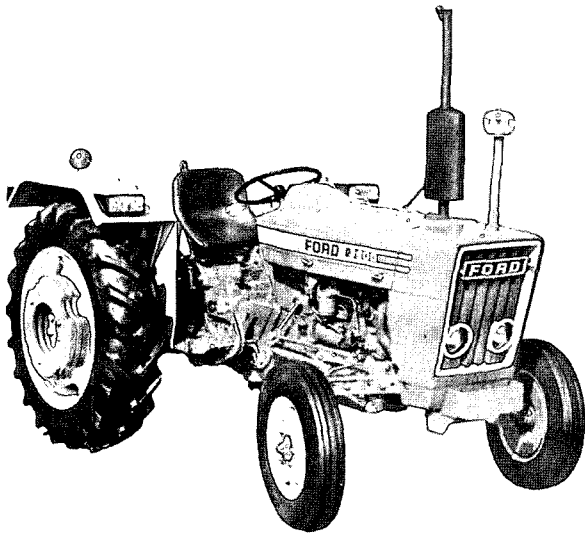


Fig. 1 The first 4-wheeled agricultural tractor produced in Korea in 1969.

기술면에서는 아직 선진국 수준에 이르지 못하고 있는 실정이다. 트랙터의 성능은 생산 기술뿐만 아니라 설계 기술 수준에 따라서 결정된다. 따라서 취약한 설계 기술 수준은 곧 기술 경쟁력의 약화와 트랙터의 성능 저하로 나타날 수 있다

본 연구는 국내에서 실시한 1980년 이후의 트랙터 검사 결과를 분석하여 국산 트랙터의 성능 변화를 구명하고자 하였다. 또한 이 결과와 미국 네브라스카 트랙터 시험소의 검사 결과를 비교하여, 선진국대비 국산 트랙터의 성능 수준을 고찰하고자 하였다.

2. 연구 방법

가. 대상 트랙터

국내의 트랙터 검사는 1970년부터 농업공학연구소(당시 농업자재검사소)에서 실시하였으나, 본 연구에서는 1980년부터 2004년까지 25년간 검사한 트랙터를 대상으로 그 성능을 분석하였다. 1980년부터 2004년까지 농업공학연구소(NIAE)에

서 검사한 트랙터는 표 1에서와 같이 총 333대로서 국내에서 생산한 트랙터가 226대, 수입한 트랙터가 107대 이었다. 출력별로는 PTO 출력 범위가 $22 \leq PTO < 37$ kW인 트랙터가 163대로서 가장 많았고, 다음은 $37 \leq PTO < 74$ kW가 95대, 22 kW 미만이 58대, 74 kW 이상이 17대 순이었다. 성능 분석은 국내에서 생산한 트랙터와 수입 트랙터를 구별하여 실시하였다.

나. 성능 변수

트랙터의 성능을 비교하기 위하여 사용한 성능 변수는 PTO 성능과 견인 성능으로 구별하여 각각 다음과 같이 설정하였다.

1) PTO 성능

- 가) 단위 중량당 최대 PTO 출력
- 나) 최대 PTO 출력 시 비체적 연료소비율

2) 견인 성능

- 가) 단위 중량당 최대 견인 출력
- 나) 최대 견인 계수

트랙터의 중량은 부가 하중을 포함한 중량으로 하였으며, 비체적 연료 소비율은 단위 시간에 소비한 연료에 대한 출력의 비로 나타내었다(ASAE, 2003).

성능 변수의 값은 트랙터를 PTO 출력 범위에 따라 22 kW 미만, $22 \leq PTO < 37$ kW, $37 \leq PTO < 74$ kW, 74 kW 이상으로 구별하여 각 출력 범위의 5년간 검사 성적을 평균하여 구하였다.

검사 성적서에서 사용한 kg, ps, g/ps·h 단위를 kN, kW, kW·h/L의 단위로 변환하는 데는 다음 식을 이용하였다.

$$1 \text{ kg} = 9.81 \times 10^{-3} \text{ kN}$$

$$1 \text{ ps} = 0.735 \text{ kW}$$

$$1 \text{ g/ps} \cdot \text{h} = 1.611 \times 10^{-3} \text{ L/kW} \cdot \text{h}$$

Table 1 Number of tractors tested from 1980 to 2004 at the National Institute of Agricultural Engineering

PTO power	Locally manufactured tractors						Imported tractors						Total
	80-84	85-89	90-94	95-99	00-04	sub-total	80-84	85-89	90-94	95-99	00-04	sub-total	
PTO < 22 kW	17	19	7	7	6	56	1				1	2	58
$22 \leq PTO < 37$ kW	10	17	53	39	24	143		1	13	1	5	20	163
$37 \leq PTO < 74$ kW		1	3	10	13	27		5	28	19	16	68	95
PTO ≥ 74 kW										2	15	17	17
Total	27	37	63	56	43	226	1	6	41	22	37	107	333

L/kW·h 단위로 구한 값의 역수를 취하면 비체적 연료 소비율 단위 kW·h/L의 값을 구할 수 있다. 경유의 비체적은 온도에 따라 다르나 위의 변환식에서는 1 g의 체적을 1.1845 × 10⁻³ L로 하였다.

3. 성능 분석

가. 단위 중량당 출력

그림 2는 단위 중량당 최대 PTO 출력의 변화를 1980년부터 2004년까지 PTO 출력 수준에 따라 나타낸 것이다. 1980년대 초에는 PTO 출력이 22 kW 미만인 경우, 중량당 최대 PTO 출력은 1.58 kW/kN, 22≤PTO<37 kW인 경우 1.63 kW/kN 이었으나, 점차 성능이 약화되어 2004년도에는 22 kW 미만인 경우 1.19 kW/kN 수준으로 떨어졌다. 22≤PTO<37 kW인 경우에도 유사한 성능 감소를 나타내었으며, 2004년에는 1.49 kW/kN으로 떨어졌다. 1990년 이후 검사한 37 kW 이상의 트랙터에서도 지난 10여 연간 중량당 PTO 출력의 증가는 나타나지 않았다. 중량당 최대 견인 출력도 그림 3에서

와 같이 지난 20여 연간 크게 향상되지 못한 것으로 나타났다. 특히 PTO 출력이 22 kW 미만인 트랙터의 경우에는, 2000년대 초기의 성능이 80년대 초기의 성능보다 오히려 저하된 것으로 나타났다. 2000년대 초기의 중량당 최대 견인 출력은 PTO 출력이 22 kW 미만인 경우 1.05 kW/kN, 22 kW 이상 경우에는 1.26 kW/kN인 것으로 나타났다.

1980년부터 2004년까지 25년간 중량당 평균 최대 PTO 출력과 견인 출력은 각각 14.0%, 5.9% 감소하여 2000-2004년에는 각각 1.38, 1.19 kW/kN 수준으로 떨어졌다.

1985년 이후 국내에 수입된 수입 트랙터의 중량당 출력 수준도 지난 20여 연간 크게 증가하지 않은 것으로 나타났다. 그림 4와 그림 5에서와 같이 90년대 초반까지 PTO 출력과 견인 출력은 모두 향상되는 경향을 보였으나 90년대 초반 이후에는 계속 저하된 것으로 나타났다. PTO 출력 범위가 22≤PTO<37 kW인 경우, 2000년대 초기 수입 트랙터의 중량당 최대 PTO 출력은 1.44 kW/kN으로서 국산 트랙터의 1.49 kW/kN보다 낮은 수준이었다. 이러한 경향은 견인 출력에서도 동일하게 나타났다. 즉, PTO 출력이 22≤PTO<37 kW인

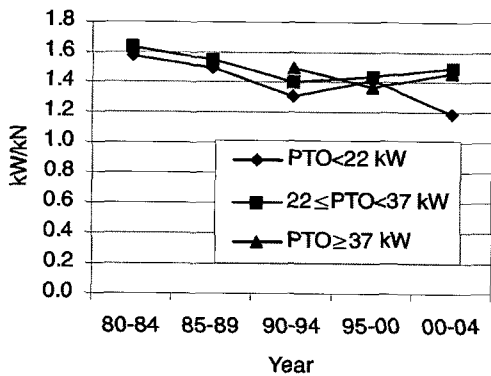


Fig. 2 Maximum PTO power per unit weight of Korean-made ballasted tractors by PTO power level.

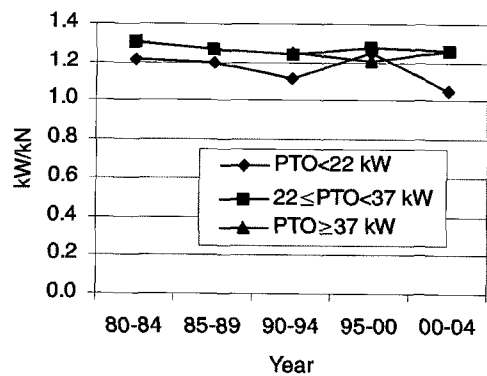


Fig. 3 Maximum drawbar power per unit weight of Korean-made ballasted tractors by PTO power level.

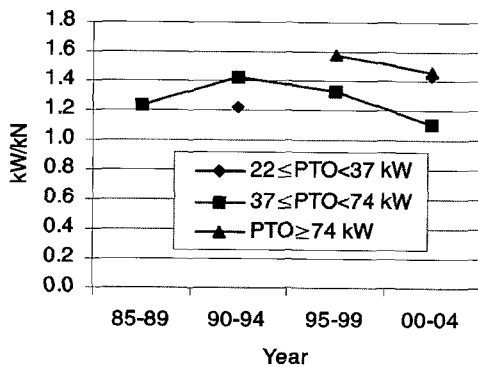


Fig. 4 Maximum PTO power per unit weight of imported tractors by PTO power level.

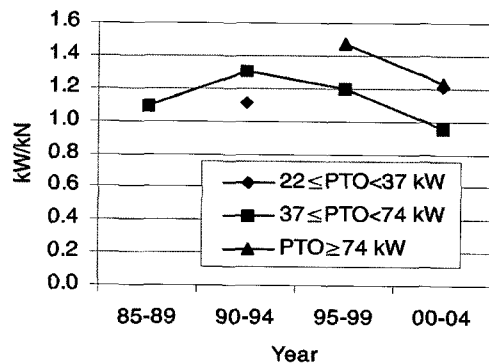


Fig. 5 Maximum drawbar power per unit weight of imported tractors by PTO power level.

경우 2000년 초기 수입 트랙터의 중량당 최대 견인 출력은 1.21 kW/kN으로서 국산 트랙터의 1.26 kW/kN보다 낮았다. 다른 PTO 출력 범위에서도 수입 트랙터의 중량당 출력 성능은 국산 트랙터보다 높지 않았으나 큰 차이는 없었다.

나. 비체적 연료 소비율

1980년부터 2004년까지 25년간 국산 트랙터의 최대 PTO 출력 시 단위 PTO 출력당 연료 소비율의 변화는 그림 6에서와 같이 나타났다.

80년대 초 PTO 출력이 22 kW 미만인 트랙터의 비체적 연료 소비율은 2.6 kW·h/L이었으나 20여 연이 지난 2000년대 초에도 여전히 2.61 kW·h/L이었다. 즉, 연료의 효율성이 지난 20여 연간 전혀 향상되지 않았다. 22≤PTO<37 kW급 트랙터에서는 오히려 80년대 초의 3 kW·h/L에서 2000년대 초에는 2.85 kW·h/L로 감소하였다. 37 kW급 이상의 트랙터에서도 연료의 효율성은 향상되지 않았다. 25년간 최대 PTO 출력 시 평균 비체적 연료 소비율은 2.8 kW·h/L에서 2.86 kW·h/L로 2.1% 증가한 것이다.

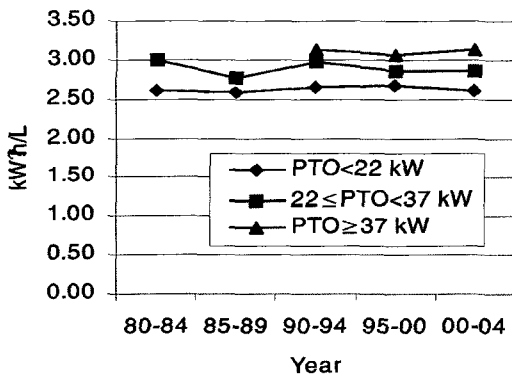


Fig. 6 Specific volumetric fuel consumption for maximum PTO power of Korean-made tractors by PTO power level.

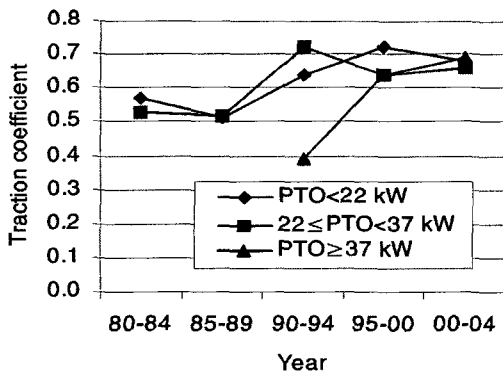


Fig. 8 Traction coefficient of Korean-made ballasted tractor by PTO power level.

이러한 현상은 수입 트랙터에서도 동일하게 나타났다. 80년대 초 PTO 출력 범위가 37≤PTO<74 kW인 트랙터의 비체적 연료 소비율은 3.37 kW·h/L이었으나 2000년대 초에는 3.01 kW·h/L로 감소되었다. 37 kW 미만인 트랙터에서도 비체적 연료 소비율 2.98 kW·h/L에서 2.71 kW·h/L로 감소하였다. 25년간 평균 비체적 연료 소비율은 3.37 kW·h/L에서 3.0 kW·h/L로 10.9% 감소하였다.

다. 견인 계수

국산 트랙터의 견인 계수는 그림 8에서와 같이 1980년부터 2004년까지 20여 연간 크게 증가하였다. 80년대 초 트랙터의 견인 계수는 0.53-0.57 정도이었으나, 2000년대 초에는 0.66-0.69 수준으로 평균 23.1%가 향상되었다. 특히 37 kW 이상의 트랙터는 90년대 중반에 0.39이었던 견인 계수가 2000년대 초에는 0.69로 약 76.9% 증가하였다. 이러한 견인 계수의 증가는 농업용 타이어의 성능 개선에 의한 것으로 판단된다. 수입 트랙터의 경우에도 견인 계수는 그림 9에서와 같이 80년대 초의 0.32에서 2000년대 초에는 0.63-0.76 수준으로

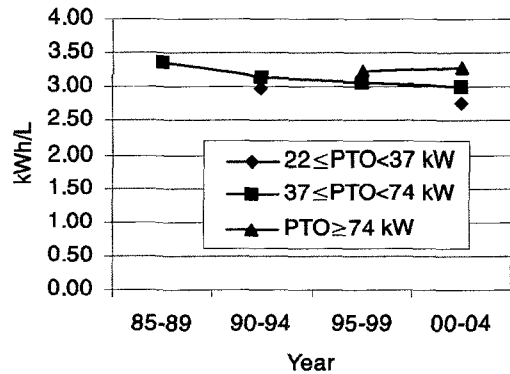


Fig. 7 Specific volumetric fuel consumption for maximum PTO power of imported tractors by PTO power level.

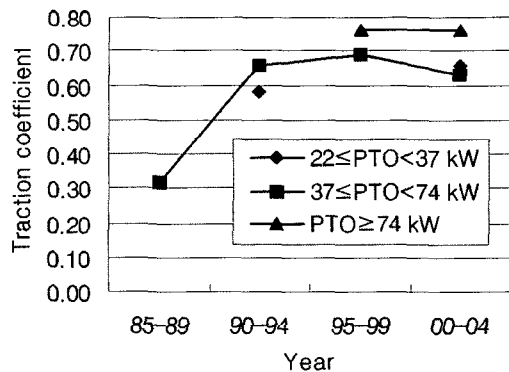


Fig. 9 Traction coefficient of imported tractors by PTO power level.

크게 향상되었다.

4. 네브라스카 시험 결과의 비교

본 연구에서는 네브라스카 트랙터 시험소(NTTL)에서 1981년부터 2002년까지 22년간 측정된 37 kW 이하의 트랙터에 대한 시험 성적과 국내에서 측정된 22≤PTO<37 kW급 트랙터에 대한 시험 성적을 분석하여 비교하였다. 분석에 사용한 네브라스카 트랙터 시험 성적에서는 표준 PTO 속도에서 측정된 PTO 출력을 이용하였으며, 국내 시험 성적에서는 최대 PTO 출력을 이용하였다. 이는 국내 시험에서는 80년대 초 표준 PTO 속도에서 PTO 출력을 측정하지 않았기 때문에 시험 성적이 없었으며, 또한 이미 발표된 네브라스카 시험 성적의 분석 결과(Kim et al., 2005)를 이용하기 위한 것이었다. 그러나, 최대 PTO 출력과 표준 속도에서 PTO 출력은 큰 차이가 없으며, 최근 시험 성적에 의하면 최대 PTO 출력은 표준 속도에서 PTO 출력의 1.01-1.02배 정도이었다. 평균 성적은 모두 5년을 기준으로 하였으나 네브라스카 시험 성적의 경우에는 1981년부터 5년 단위로, 국내 시험 성적은 1980년부터 5년 단위로 하였다. 이는 기존의 분석 결과를 최대한으로 이용하기 위한 것으로서, 5년간 평균이었기 때문에 그 차이는 크게 나타나지 않았다. 90년대 중반 이후 네브라스카 트랙터 시험의 결과가 나타나지 않은 것은 이때부터 37 kW 미만의 트랙터에 대한 시험은 없었기 때문이었다.

그림 10과 11은 각각 국산 트랙터와 네브라스카 시험 트랙터의 단위 중량당 PTO 출력과 최대 견인 출력의 변화를 나타낸 것이다. 그림 9와 10에서와 같이 중량당 최대 PTO 출력과 견인 출력은 국산 트랙터가 네브라스카에서 시험한 트랙터보다 높았다. 90년대 초 네브라스카에서 시험한 트랙터의 중량당 PTO 출력과 견인 출력은 각각 1.15, 1.0 kW/kN으로서 국

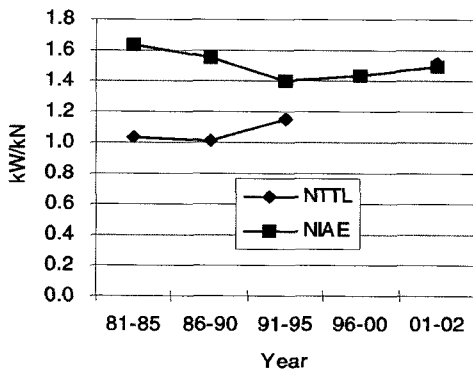


Fig. 10 PTO Power per unit weight of ballasted tractors less than 37 kW tested at NIAE and NTTL.

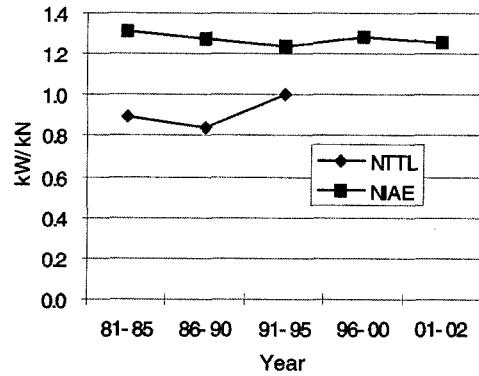


Fig. 11 Drawbar power per unit weight of ballasted tractors less than 37 kW tested at NIAE and NTTL.

산 트랙터가 각 1.2배 높았다. 그러나 2000년대 초 네브라스카에서 시험한 트랙터의 단위 중량당 PTO 출력은 1.52 kW/kN으로 증가하여 국산 트랙터의 1.49 kW/kN보다 높았다.

그림 12는 비체적 연료 소비율을 비교하여 나타낸 것이다. 네브라스카에서 시험한 트랙터의 비체적 연료 소비율은 지난 20여 연간 지속적으로 국산 트랙터보다 높은 것으로 나타났다. 2000년대 초 네브라스카 시험 트랙터의 비체적 연료 소비율은 3.3 kW·h/L이었으나 국산 트랙터의 비체적 연료 소비율은 2.85 kW·h/L로서 네브라스카 시험 트랙터의 비체적 연료 소비율이 국산 트랙터의 1.16배 수준이었다. 즉, 네브라스카 시험 트랙터가 국산 트랙터보다 연료 1 L당 0.45 kWh의 에너지를 더 많이 출력하는 것으로 나타났다. 이는 국산 트랙터에서 에너지 효율을 높이기 위한 기술 개발의 필요성을 나타낸 것이다.

그림 13은 견인 계수에 대한 시험 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 1980년대 초부터 2000년대 초까지 국산 트랙터의 최대 견인 계수는 0.72정도이었으나, 네브라스카에서 시험한 트랙터의 최대 견인 계수는 0.86이었다. 레이디얼 타이어의 보급으로 100 kW 이상 트랙터의 견인 계수가 1.0 이상인 것을 고려하면, 최근 중소형 트랙터의 견인 계수도 크게 향상되었을 것으로 판단된다. 그러나 국산 트랙터의 견인 계수는 90년대 초부터 오히려 감소되는 경향을 나타내고 있다. 즉, 견인 성능이 향상되지 못하고 있는 실정이다. 2000년대 초 국산 트랙터의 견인 계수는 0.66정도이었다.

5. 요약 및 결론

본 연구는 1980년부터 2004년까지 농업공학연구소에서 시험한 국산 트랙터 226대, 수입 트랙터 107대에 대한 시험 성적을 분석하여 국산 트랙터의 성능 향상 정도를 구명하고자

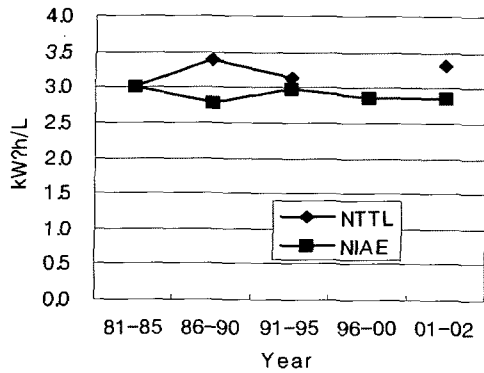


Fig. 12 Specific volumetric fuel consumption of tractors less than 37 kW tested at NIAE and NTTL.

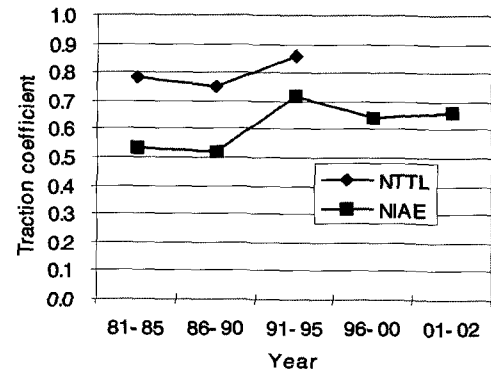


Fig. 13 Traction coefficients of tractors less than 37 kW tested at NIAE and MTTL.

하였다. 또한 $22 \leq \text{PTO} < 37$ kW급 국산 트랙터와 네브라스카에서 시험한 37 kW 미만의 트랙터 성능을 비교하여 국산 트랙터의 성능 수준을 비교하고자 하였다. 트랙터의 성능은 PTO 출력 수준에 따라 단위 중량당 최대 PTO 출력, 단위 중량당 최대 견인 출력, 비체적 연료 소비율, 견인 계수로써 나타내었다.

국산 트랙터의 성능은 지난 20여 연간 견인 계수를 제외한 단위 중량당 출력, 비체적 연료 소비율 모두 향상되지 못한 것으로 나타났다. 1980년대 초의 수준을 유지하거나 오히려 성능이 떨어지고 있는 것으로 나타났다.

최대 PTO 출력 시 평균 비체적 연료 소비율은 1980년부터 2004년까지 25년간 2.1%가 증가하여 2004년에 2.86 kWh/L 수준이었다. 같은 기간 동안 단위 중량당 최대 PTO 출력과 견인 출력은 각각 14.0%, 5.9%가 감소하여 2000-2004년 기간에는 1.38, 1.19 kW/kN 수준이었다. 견인 계수는 25년간 23.1%가 증가하여 2000-2004년 기간에는 0.68 수준이었다.

이러한 경향은 수입 트랙터에서도 유사하였으나, 2000-2004년 기간 수입 트랙터의 최대 PTO 출력 시 평균 비체적 연료 소비율, 중량당 최대 PTO 및 견인 출력, 견인 계수는 각각 $3.0 \text{ kW} \cdot \text{h/L}$, 1.34 kW/kN , 1.18 kW/kN , 0.68로서, 비체적 연료 소비율을 제외하면 국산 트랙터가 우수하였으나 그 차

이는 크지 않았다.

1981년부터 2002년까지 22년간 네브라스카 트랙터 시험소에서 시험한 37 kW 미만의 트랙터와 비교하였을 때 국산 트랙터의 단위 중량당 출력 수준은 네브라스카 시험 트랙터보다 높은 것으로 나타났다. 그러나 비체적 연료 소비율과 견인 계수에서는 성능 수준이 낮았다. 국산 트랙터의 비체적 연료 소비율과 견인 계수는 각각 네브라스카 시험 트랙터 수준의 86.4%, 83.7%이었다.

참고 문헌

1. ASAE Standards, 51st ed. 2004. SAE J708 Agricultural tractor test code. ASAE. St. Joseph, Michigan USA.
2. Kim, K. U., L. L. Bashford and B. T. Sampson. 2005. Improvement of tractor performance. Applied Engineering in Agriculture 21(6):949-954.
3. 강정일, 김경욱. 1988. 농업 기계화 사업의 장기 정책 방향 연구. 한국농촌경제연구원.
4. 농업자재검사소. 1980-1995. 농업기계검사연보.
5. 농업기계화연구소. 1996-2004. 농업기계시험평가연보.
6. 한국농업기계학회. 1970-1980. 한국농업기계연감.