

트랙터의 수리비 및 윤활유비 계수 산정에 관한 연구

A Study for Repair and Lubrication Rates on Estimating of Tractor

신승엽*	강창호*	김학주*	김학규*	유수남**
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
S.Y.Shin	C.H.Kang	H.J.Kim	H.K.Kim	S.N.Yoo

1. 서론

'90년대 이후 정부의 적극적인 농업기계화정책에 따라 농업회사법인, 공동이용조직, 전업농 등 전문 경영체 중심의 대형 농기계가 활발하게 보급되었다.

트랙터의 보유대수는 '90년 41천대에서 '96년에는 113천대로 약 2.8배 증가하였으며, 경운·정지작업 기계화율은 78%에서 97%로 높아졌다. 반면 트랙터의 이용율과 관련, 연간 작업면적은 '90년 19.6ha에서 '96년 14.4ha로 낮아졌다. 이는 트랙터 공급대수가 증가하고 대형화됨에 따라 임작업면적이 감소하는데 기인하는 것으로 기계이용비용을 더욱 증가시킬 것으로 보인다. 따라서 경영규모에 맞는 농기계를 구입하고 철저히 관리하여 농기계의 유지관리비 절감 및 내구년수를 연장함은 물론 작업면적을 확대하는 등의 기계이용비용 절감대책이 요청된다.

농기계의 투자효과를 높이기 위해서는 기계의 정확한 이용비용을 예측하는 것이 중요하다. 즉 농기계는 시간이 흐름에 따라 그 기능이 약화되고 유지관리비가 증가하게 된다. 따라서 농기계의 적절한 교체시기를 결정하는 것은 매우 중요하며 이때 수리비가 중요한 판단기준이 된다. 현재 국내에서 이용하고 있는 수리비와 윤활유비 계수는 우리나라와는 농기계이용조건이 다른 미국 또는 일본 등에서 산출한 자료를 그대로 이용하고 있는 실정이며 이와 관련된 연구보고도 부족한 실정이다.

본 연구는 국내 농기계의 보급증가와 영농의 규모화, 경지기반 변화 등 농기계 이용여건의 변화에 따른 농기계 비용자료를 현실화하기 위하여 트랙터 보유농가를 대상으로 이용실태조사를 수행한 결과와 국내외 관련문헌을 참고하여 트랙터의 수리비 및 윤활유비 계수에 대한 기준을 설정하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 이용실태조사

트랙터 보유대수가 많은 경기, 충남, 전남, 경북 등 4개도 50개 시군의 농가 및 농업회사법인에서 이용하는 트랙터를 대상으로 연간 작업별 이용시간, 수리비 및 연료소비량을 조사하였다. 조사대상 트랙터는 크기별로 20ps급, 30ps급, 40ps급, 50ps급이상 등 4수준, 사용년수별로는 1년에서 8년까지 총 312대를 조사표에 의해 현지면접조사를 실시하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

** 전남대학교 농과대학 농공학과

나. 수리비계수 산정

트랙터를 사용년수별로 그룹지어 연평균 수리비와 이용시간을 산출하였다. 누적수리비는 내구년수를 8년간으로 하여 사용년수별 연평균 수리비를 합한 값을 적용하였고, 누적이용시간을 얻기위하여 같은 방법을 사용하였다. 또한 기계의 가격은 현재의 새기계 가격을 적용하였으며, 수리비계수는 식 1에 의해 산정하였다.

$$RR_y = \frac{RC_y}{ILP} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 RR_y : 연간 수리비계수 RC_y : 연평균 수리비(원/년) ILP : 트랙터 초기 구입가격(원)

다. 유회유비계수 산정

(1) 연료 소모량

트랙터의 연료소모량은 본체와 작업기의 조합, 작업자의 숙련도, 작업조건 등에 따라 달라 직접 측정한다는 것은 어렵다. 따라서 이 연구에서는 농업기계화연구소의 농기계시험평가성적을 적용하여 로타리작업을 기준으로 트랙터 크기와 연료소모량과의 관계식을 도출한 후, 농가 이용시간을 고려하여 연료소모량을 산정하였다. 그 밖의 작업별 연료소모량은 로타리작업에 대한 각 작업별 이용시간을 조사하여 추정하였다.

작업별 부하율은 정격출력시 연료소모율(g/ps·hr)에 대한 작업별 연료소모율의 비로 하였으며, 평균 부하율은 식 2를 이용하여 작업별 부하율과 이용시간을 고려하여 산정하였다.

$$ML = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times h_i) + (A_2 \times h_2) + \dots + (A_x \times h_x)}{TH} \right\} / TE \dots\dots\dots(2)$$

여기서 ML : 평균부하율 A_x : 작업별 부하율 h_x : 작업별 연간 이용시간(hr/년)

TH : 해당 연간 작업시간(hr/년) TE : 총 조사대수(대)

(2) 엔진오일 소모량

엔진오일의 소모량은 교환주기에 따라 교체되는 엔진크랭크케이스의 용적을 1회 교환량으로 보고 이것을 교환주기(hr)로 나눈 값을 시간당 소모량으로 하였다. 이때 엔진오일 교환주기를 100시간으로 하였으며, 엔진오일 필터는 엔진오일 교환시 교체하는 것으로 하였다.

(3) 유회유비 계수

유회유비 계수는 식 2와 같이 시간당 연료비에 대한 엔진오일과 엔진오일필터 비의 비율로 산정하였다. 여기서 유류가격은 면세유가격을 적용하였고, 유류 및 오일필터교환에 소요되는 인건비는 고려하지 않았다.

$$OR = \frac{EOC + EFC}{FC} \dots\dots\dots(3)$$

여기서 OR : 유회유비계수 EOC : 엔진오일비(원/hr)

EFC : 엔진오일 필터비(원/hr) FC : 연료비(원/hr)

3. 결과 및 고찰

가. 이용 및 수리 실태

(1) 크기별 이용 및 수리실태

트랙터의 연평균 이용시간은 264시간으로 표 1에서와 같이 크기에 따라서 많은 차이를 나타냈다. 이는 소형 트랙터는 자가영농위주로 이용되는 반면 트랙터가 클 수록 임작업 면적이 증가하데 기인한 것으로 생각된다. 또한 대당 연평균 수리비는 560천원, 시간당 수리비는 2.7천원으로, 트랙터가 클 수록 연간 수리비는 증가하였으나, 시간당 수리비는 이용시간과 관련하여 일반적으로 감소하는 경향을 나타냈다.

Table 1. Annual use in hours and repair costs by tractor sizes

Class.		Ave.	20's ps	30's ps	40's ps	Over 50ps
Use in hours (hr/yr)		264	145	222	284	358
Repair cost	thou. won/yr	560	335	448	556	796
	thou. won/hr	2.7	3.1	2.9	2.2	2.6

농작업별 트랙터 이용시간 분포는 그림 1에서 보는 바와 같이 경운, 정지, 운반작업이 차지하는 비율이 83%로 대부분을 차지하고 있으며, 그 중 정지작업이 37%로 가장 높게 나타났다. 경운작업에 비해 정지작업에서 많이 이용되는 이유는 대형 트랙터로 심경을 할 경우 이양작업이 원활치 못한 경우 등을 고려하여 경운작업을 생략한 농가가 있기 때문으로 생각된다. 운반작업은 주로 벼·보리 등의 수확물과 농기계운반, 조사료 및 분뇨처리 등에 많이 이용되고 있는 것으로 나타났다. 그외 기타작업은 방제, 비료살포, 세차, 양수, 스크레퍼작업 등을 포함하고 있다.

트랙터 본체의 각 부위별 수리비분포는 그림 2에서와 같이, 동력전달계통에서 37%로 가장 높고, 다음으로 엔진계통 24.6%, 유압계통 11.4% 등의 순으로 나타났다. 기타는 엔진오일과 엔진오일필터를 제외한 각종 오일과 필터류, 볼트, 너트, 캡 구성품 등을 포함하고 있다.

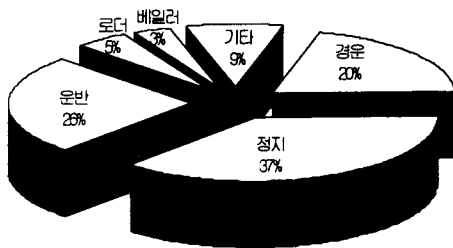


Fig 1. Distribution of use, hr in operations

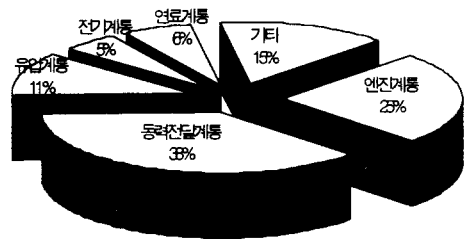


Fig 2. Distribution of repair costs

(나) 이용년수별 이용시간 및 수리비

트랙터의 이용시간은 표 2에서 보는 바와 같이 구입년도인 1년차에 낮게 나타났다. 이는 농작업 기간 중 구입함에 따른 작업기간 감소와 주변농가에 대한 인지도 등이 낮아 임작업 면적 감소등의 이유로 해석된다. 또한 3년차부터 이용시간이 감소하는 것은 새로운 트랙터의 보급증가와 이용중인 트랙터의 노후화에 따른 고장수리 등에 의한 영향 등으로 판단된다.

이용년수별 수리비는 4년차까지는 계속적으로 증가하는 경향을 보이지만, 5년에서 8년까지는 연도에 따라 불규칙적으로 변화하는 것을 알 수 있다. 또한 시간당 수리비는 연간 이용시간 및 수리비와 관련하여 이용년수가 늘어감에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있다.

Table 2. Annual use, hr and repair costs by the tractor's years

Class.	1yr	2yrs	3yrs	4yrs	5yrs	6yrs	7yrs	8yrs
Use in hours (hr/yr)	218	333	306	284	261	241	189	167
Repair cost	thou. won/yr	245	373	481	686	543	756	750
	thou. won/hr	1.5	1.1	1.8	2.6	2.5	3.8	5.9

나. 수리비계수

(1) 크기별 수리비계수

트랙터의 초기구입가에 대한 수리비계수는 연평균 4.3%, 시간당 0.025%로, 표 3에서와 같이 소형에 비해 대형트랙터에서 낮게 나타났다. 이는 수리비계수 측면에서 보면 대형트랙터 이용이 유리하나, 연간 수리비는 20ps급 기준으로 30ps급 1.3배, 40ps급 1.7배, 50ps이상 2.4배가 되어 대형 트랙터가 불리하다. 결론적으로 농가에서 트랙터의 선택은 영농규모, 작업가능면적, 작업성능 등을 종합적으로 고려하여야 할 것으로 판단된다.

Table 3. Repair rates by tractor size

Unit : %

Class.	Ave.	20's ps	30's ps	40's ps	Over 50ps
Repair rate in yr	4.3	5.4	4.3	4.1	3.7
Repair rate in hr	0.025	0.051	0.030	0.016	0.012

(2) 이용년수별 수리비계수

이용년수별 수리비계수는 표 4에서 보는 바와 같이, 이용년수가 경과함에 따라 꾸준히 증가하는 경향을 보였다. 그러나 이용년수 4년, 6년, 8년에서 수리비계수의 증가율이 급격하게 변하는 것을 알 수 있는데 이는 전년도에 수리를 많이 하면 다음해에는 고장수리 부분이 감소하는 것으로 추정된다.

Table 4. Repair rate by the tractor's years

Unit : %

Class.	1yr	2yrs	3yrs	4yrs	5yrs	6yrs	7yrs	8yrs
Repair rate in yr	1.6	2.4	3.0	4.8	4.9	6.0	6.2	8.2
Repair rate in hr	0.011	0.008	0.013	0.020	0.027	0.038	0.047	0.072

(3) 이용시간별 수리비계수

이용시간과 관련하여 연간 및 시간당 수리비계수를 보면, 표 5에서 보는 바와 같이 이용시간 100시간 미만에서 연간수리비계수는 3.5%로 가장 낮게 나타났으나 시간당 수리비는 0.06%로 대단히 불리한 것으로 나타났다. 또한 시간당 수리비계수는 이용시간 300~400시간까지는 급격히 감소하다 400시간 이상에서는 둔화되어 이것을 연간수리비계수와 관계지어 볼 때 트랙터의 연간 이용시간은 300시간 이상은 되어야 할 것으로 판단된다.

Table 5. Repair rate by the hours of use

(%)

Class.	Under 100 hrs	~ 200	~ 300	~ 400	Over 400 hrs
Repair rate in yr	3.5	4.1	4.3	3.9	5.3
Repair rate in hr	0.060	0.028	0.018	0.012	0.010

(4) 누적이용시간과 누적수리비계수

이용시간과 관련하여 수리비를 예측하고자 이용년수 8년 동안의 누적이용시간(X)과 누적수리비 계수(Y)를 이용하여 그림 3과 같이 $Y=9 \times 10^{-6} X^2 + 0.0004 X$ ($R^2 = 0.992$)라는 함수식을 얻었다. 농가조사 결과 8년간의 누적이용시간 1,999시간에 대한 누적수리비는 식에 의하여 트랙터 초기 구입가의 35.2%로 나타났다.

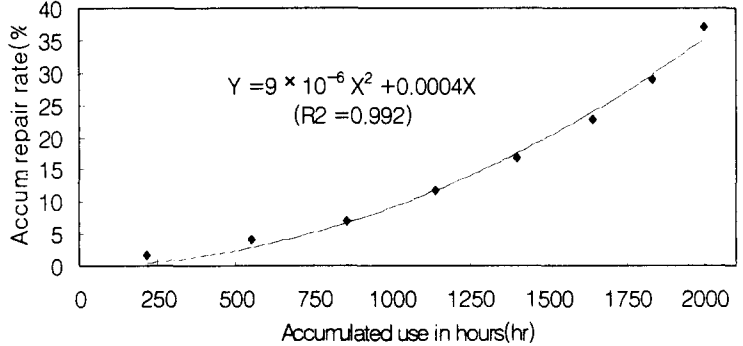


Fig 3. Relationship between accumulated use, hr and repair rates

다. 윤회유비 계수

(1) 연료소모량 산정

(가) 정지작업의 연료소모량

시험평가에서 트랙터의 크기에 따른 로타리 작업폭은 농가조사를 기초로 표 6과 같이 하였다. 또한 포장시험에서 트랙터의 크기별로 작업속도, 포장작업능률은 표 7과 같다. 경심은 10~15cm범위에 있는 자료를 이용하였고, 트랙터가 커질 수록 작업폭이 증가하고, 작업속도도 빨라지는 것을 알 수 있고, 결과적으로 단위면적당 작업시간이 감소하는 것을 볼 수 있다.

Table 6. The tractor size and the width of rotavator

Class.	20's ps	30~40's ps	50's ps	Over 60's ps
Rotary width(mm)	1200~1500	1501~1800	1700~2050	Over 1900

Table 7. The speed and performance of rotavating in the field by the tractor size

Class.	20's ps	30's ps	40's ps	Over 50ps
velocity (m/sec)	0.47	0.50	0.56	0.62
performance (min/10a)	30.7	25.2	21.6	18.6

로타베이터 검사에 이용된 트랙터는 정격회전수에서 마력당 연료소비율(g/ps·hr)이 202~233였는데, 표 8에서 보면 트랙터가 클 수록 낮았고, 평균 212 g/ps·hr였다. 또한 정지작업시 평균 연료소모량은 8.1 l/hr로 정격출력의 67.8%정도의 부하율로 운전되고 있음을 알 수 있었다.

Table 8. Amount of fuel consumption in the rotavating

Class.	20's ps	30's ps	40's ps	over 50ps	Ave.	
Ave. power of tractor (ps)	23.8	36.8	43.3	69.6	49.8	
Specific fuel consump.(g/ps · hr)	233	225	206	202	212	
Fuel consump. (ℓ/hr)	Rated load (A)	6.5	9.6	10.3	16.2	12.0
	Rotavating load(B)	4.6	5.9	7.2	11.0	8.1
Engine load rate in the rotavating B/A (%)	74.3	61.3	70.2	69.1	67.8	

이상의 결과를 이용하여 로타리작업시 트랙터 크기와 연료소모량과의 관계식을 도출하기 위해 Fig 4와 같이 최소사승법을 이용하여 함수식을 구하였다. 그 결과 트랙터의 크기에 따른 연료소비량(Y)은 $Y=0.1236X + 1.9233(R^2 = 70)$ 로 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 이 식을 기준으로 하여 각 작업별 부하율과 이용시간과의 관계를 고려하여 연료 소모량을 산정하였다.

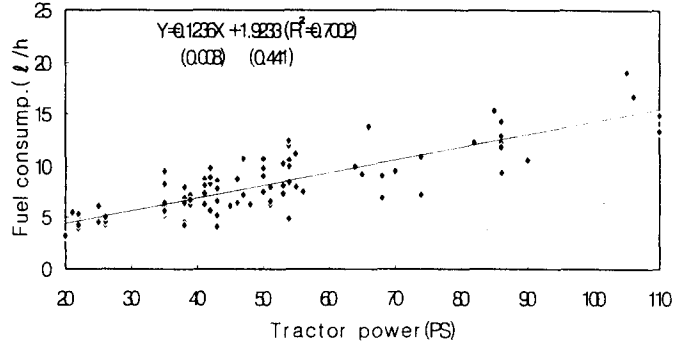


Fig 4. Relationship between tractor size and amount of fuel consumption in the rotavating

(나) 작업 부하율

표 9와 같이 농가에서 이용하는 트랙터의 작업별 엔진출력은 43ps내외 이지만, 베일러 작업은 50ps로 주로 대마력급에서 많이 이용하고 있는 것으로 나타났다. 엔진출력 대비 작업별 부하율은 트랙터의 크기가 작을 수록 높은 경향을 보였고, 작업별로는 정지작업에서 68%로 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 식 2에 의해 결과 트랙터의 연평균 부하율은 53%정도 되었다.

Table 9. Engine load rates for the different operation

Class.	rotavating	tillage	bale	trans.	etc*
Ave. power of Tractor (ps)	43.4	43.2	50.0	43.2	42.3
Engine load rates (%)	68	55	48	41	34

* fertilizer application, washing, pumping, scraping, etc

(다) 작업별 연료소모량

작업별 부하율 및 이용시간을 고려하여 연료소모량을 산정한 결과 표 10에서 보는 바와 같이 평균 5.7ℓ/hr로 나타났다. 작업별로는 로타리작업에서 7.2ℓ/hr로 가장 높게 나타났다. 그러나 경운작업 5.8ℓ에 비해 베일러작업에서 6.5ℓ로 높게 산정된 원인은 Table 16에서 보는 바와 같이 베일러작업은 대형 트랙터 이용분포가 높기 때문으로 생각된다.

Table 10. Amount of fuel consumption of tractor on the different operation

Class.	Ave. power of Tractor (ps)	Amount of fuel consumption (ℓ/hr)					Ave.
		rotavating	tillage	bale	trans.	etc*	
20's ps	23.6	4.8	3.9	4.0	2.9	2.4	3.7
30's ps	35.7	6.3	5.1	5.0	3.8	3.2	4.8
40's ps	43.1	7.2	5.8	5.8	4.3	3.6	5.6
Over 50ps	61.4	9.5	7.6	7.4	5.6	4.7	7.7
Ave.	43.2	7.2	5.8	6.5	4.4	3.6	5.7

(2) 엔진오일소모량 산정

트랙터의 1회 엔진오일 교환량은 표 11에서와 같이 평균 7.1 ℓ 였으며, 교환주기 100시간을 고려하면 시간당 엔진오일 소모량은 평균 0.07 ℓ 정도 되었다.

Table 11. Amount of engine oil consumption in the tractor

Class.	20's ps	30's ps	40's ps	Over 50ps	Ave.
Amount of one exchange (ℓ)	4.6	7.1	6.8	8.6	7.1
No. of exchange in a yr (time)	1.5	2.2	2.8	3.6	2.6
Amount of consumption per hour(ℓ)	0.05	0.07	0.07	0.09	0.07

(3) 윤활유비계수 산정

윤활유비계수는 표 12에서 보는 바와 같이 평균 11.9%로 나타났다. 일반적으로 트랙터가 클 수록 연료비가 차지하는 비중이 커서 감소하는 경향을 보이나, 50ps이상에서 높게 나타난 원인은 엔진오일 필터가격에서 차이가 많이 난 원인이다.

Table 12. Lubrication rate of tractor

Class.	Costs* (won/hr)		Lubrication rate B/A (%)
	Fuel (A)	Engine oil & filter (B)	
20's ps	676	87	12.9
30's ps	882	104	11.8
40's ps	1,033	99	9.6
Over 50ps	1,410	187	13.3
Ave.	1,043	124	11.9

* Fuel price : 183 won/ℓ, Engine oil price : 949 won/ℓ

4. 결론

농기계의 보급대수 증가와 이용여건 변화에 따라 트랙터 비용분석 자료를 현실화하기 위하여 수리비 및 윤활유비 계수에 대한 기준설정을 목적으로 본 연구를 수행하였다. 결과 요약은 다음과 같다.

1. 트랙터의 연평균 이용시간은 264시간, 수리비는 대당 560천원으로 나타났다.
2. 트랙터의 연평균 수리비계수는 트랙터 초기 구입가의 4.3%, 시간당 수리비계수는 0.025%로 나타났다.

3. 누적 이용시간(X)과 수리비계수(Y)는 $Y = 9 \times 10^{-6} X^2 - 0.0004X$ ($R^2=0.992$)라는 함수식으로 표현되며, 농가조사결과 8년간 누적이용시간은 1,999시간/대에 대한 누적수리비계수는 식에 의하여 35.2%로 나타났다.
4. 트랙터의 작업부하율은 평균 엔진출력의 53%였으며, 시간당 연료소모량은 5.7 ℓ, 엔진오일 소모량은 0.07 ℓ로 나타났다.
6. 트랙터의 유효유비계수는 연료비의 11.9%로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 정창주. 1992. 삼고 농업기계학. 향문사. pp. 23-38
2. 정창주, 김경욱. 1997. 농작업기계학원론. 아카데미서적. pp. 201-266.
3. 농업기계화연구소. 1988~1996. 농업기계시험·평가연보.
4. 岡村俊民. 1991. 農業機械化の基礎. 北海道大學圖書刊行會.
5. 日本農業機械學會. 1996. 生物生産機械ハンドブック.
6. Donnell Hunt. 1983. FARM POWER AND MACHINERY MANAGEMENT
eight edition.
7. M.A.Zaidi, M.S.Sabir, A.W.Zafar. 1992. A Mathematical Model for Repair and
Maintenance Cost of Agricultural machinery. AMA. Vol.23, No.3 : P70-72
8. American Society of Agricultural Engineers. 1997. ASAE STAND -ARDS, Agricultural
Machinery Management, EP496.2 : 357-362