

농업용 트랙터 제동등 광도 성능 평가

김형권^{1*} · 김유용¹ · 신승엽¹ · 김병갑¹ · 이호상²

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부, ²교통안전공단 자동차성능연구소

Evaluation of the Luminous Intensity Distribution of Stop Lamp for Agricultural Tractors

Hyung Kweon Kim^{1*}, Yu Yong Kim¹, Seoung Yeoup Shin¹, Byounggap Kim¹, Ho Sang Lee²

¹Dept. of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science,
Rural Development Administration, Suwon, 441-100, Korea

²Automotive Performance Institute, Transportation Safety Authority, Hwasung, 343-830, Korea

(Received: September 26th, 2011; Revised: October 17th, 2011; Accepted: October 28th, 2011)

Abstract

This study was initiated to prevent rear-end collision which causes the most frequent human damage by agricultural tractors. Therefore, this study was aimed to evaluate the luminous performance of a stop lamp for an agricultural tractor which could reduce rear-end collision. The performance test of luminous intensity distribution was conducted for a total of 12 tractor models classified by size (above 44 kW for large, 30~43 kW for medium, and below 29 kW for small) and production area (domestic, foreign manufacture) in accordance with Regulation No.7 of UNECE Vehicle Regulations-1958 Agreement considering ± 20 standard deviation. Three out of 5 large, 3 out of 4 medium, and all small tractors were resulted as inadequate for the test criterion. This study found that the luminous performance results were better as the size of agricultural tractors became bigger. One out of 4 foreign and 2 out of 8 domestic manufacturers were suitable for the test criterion, and overall no difference from the luminosity test results was observed between domestic and foreign manufacturers. In addition, the measuring points, HV, 5L, 5R, 5U and 5D with the minimal luminosity revealed flaws (80% of the proportion of faulty products). Therefore, it is urgent to improve the quality for measuring points (HV, 5U, 5L, 5R, 5D) of stop lamps to apply Regulation No. 7.

Keywords : Luminous intensity, Agricultural tractor, Stop lamp

1. 서론

농작업의 기계화가 일반화되면서 매년 끊이지 않고 발생하는 농업기계 교통사고는 막대한 인적·물적 피해를 초래하고 있다. 농업기계와 관련된 교통사고는 치사율이 10.7%로 매우 높는데, 상대 차량 운전자 과실에 의한 사고가 9.7%로 대

부분을 차지하고 있다(Shin et al., 2009). 특히 사망사고의 경우 72.5%가 추돌사고에서 발생하고 있으며, 자동차 탑승자에게도 매우 위험한 것으로 나타났다(Samsung traffic safety research institute, 2009).

이처럼 위험한 농업기계 교통사고를 예방하기 위해서는 안전기준에 적합한 등화장치의 부착을 강제함으로써, 농업기계의 시인성(visibility)을 향상시켜 도로이용자들에게 분명한 위험의 경고와 신호를 신속히 제공하는 것이 중요하다(Myers, 2002). 유럽, 일본 등 선진국에서는 도로주행 농업기계를 자

*Corresponding author: Hyung Kweon Kim
Tel: +82-31-290-1934; Fax: +82-31-290-1930
E-mail: khgweon@korea.kr

동차의 일종으로 분류하여 자동차와 동일한 등화장치 안전기준을 적용하여 부착하도록 하고 있다.

특히, 제동등은 차량이 정지하거나 정지되고 있음을 알리는 신호용 등화장치로써 인적피해가 많은 추돌사고 예방에 필수적인 역할을 하고 있다. 그러나 주간에는 후미차량이 인식할 수 있도록 충분히 밝아야 하고, 야간에는 눈부심을 일으키지 않는 서로 상반되는 조건을 모두 만족하기가 매우 어려운 것으로 보고되고 있다(Mocko et al., 2009). 따라서 주간에는 충분히 밝고 야간에는 눈부심을 방지하기 위해 유럽은 EU Directive 2009/61/EC(2009)와 UNECE Vehicle Regulations-1958 Agreement(2010), 일본은 도로운송차량 보안기준(2011), 미국은 SAE J2261 JAN(2010)에서 제동등에 대한 광도 기준을 규정하고 있다.

국내의 경우 도로주행에서 매우 중요한 역할을 하는 농용 트랙터 제동등의 광도에 대한 규정도 마련되어 있지 않아, 기준 도입이 시급한 실정이다. 국내 기술수준과 농업인의 안전을 고려하여 제동등에 대한 기준을 설정하여야 하나, 이에 대한 연구가 전무한 실정으로 품질평가도 이루어지지 않고 있어 제동등에 대한 광도 기준을 설정하기 어렵다.

따라서 본 연구는 농용트랙터 제동등 광도 기준 설정 시 기초자료로 활용될 수 있도록 국내에서 유통되는 농용트랙터 제동등의 광도 성능을 평가하기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 시험 대상

본 연구에서는 표 1에 제시된 바와 같이 규격과 생산지를 고려하여 2009년 국내 출하대수가 많은 트랙터 12개 모델의 제동등을 선정하여 시험하였다. 2009년 국내 유통 트랙터 모델 개수에서 대형(44 kW 이상)이 43%, 중형(30~43 kW)이 33%, 소형(29 kW 이하)이 24%를 차지하고 있으며, 수입모델이 대형, 중형, 소형 모델수의 77%, 27%, 14%를 차지하고 있다(KAMICO, 2009). 이에 규격별로는 대형 5개, 중형 4개, 소형 3개 모델로 구분하였다. 생산지별로는 대형은 국산 2개, 수입 3개, 중형은 국산 3개, 수입 1개, 소형은 국산 3개 모델로 구분하였으며, 수입은 일본 2개, 유럽 1개, 미국 1개 모델을 대상으로 하였다.

나. 시험 장치

시험 장치는 교통안전공단 자동차성능연구소의 등화성능 시험장치(독일 LMT사, GOH-1600)를 이용하였으며, 그림 1과 같이 시험샘플을 수평 또는 수직으로 구동시키는 역할을 하는 회전가대(Goniometer), 시험샘플에 일정한 전압과 전류를 공급해주며 또한 측정값을 나타내는 표시장치로 구성된 광도측정 시스템(Photometry system), 광도측정 시스템을 제어하는 컴퓨터(Computer), 시험샘플의 광도를 측정하는 센서(Photometer detector)로 구성되었다.

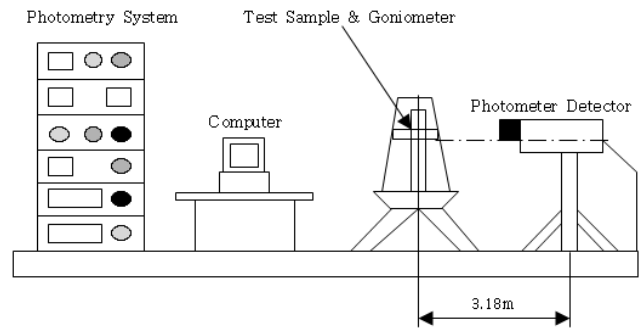


Fig. 1 Schematic of the experimental system.

다. 시험 방법 및 적용기준

국내에는 농용트랙터 제동등 광도 성능 시험방법이 없으므로 국내업체들이 농용트랙터를 유럽에 수출하려고 할 때 인증 받기 위해 적용하는 유럽의 형식승인 방법 및 기준(UNECE Vehicle Regulations-1958 Agreement의 Regulation No.7)에 따라 측정하여 검토하였다.

광도는 외부 빛이 없는 암실에서 13.2 V의 전압을 제동등에 인가하여 goniometer로부터 3.18 m 떨어진 photometer detector에 제동등의 광선을 조사하여 그림 2의 측정점 별로 광도를 측정하였다. H와 V는 수평과 수직의 기준 축이고 U와 D는 H를 기준으로 상과 하를 나타내며, L과 R은 V를 기준으로 좌와 우를 나타낸다.

시험에 사용된 제동등은 양산되어 판매되고 있는 제품이므로 측정점 별 광도기준(UNECE Regulation No.7의 최초 인증기준)에 $\pm 20\%$ 를 허용하는 표 2의 양산기준을 이용하여 트랙터 규격(대형, 중형, 소형)과 생산지(국산, 수입)에 따라 분석하였다. 분석할 때 1개의 측정 점이라도 기준을 만족하

Table 1 Sample models used for the luminous intensity test

Tractor size			Production area	
Large (above 44 kW)	Medium (30~43 kW)	Small (below 29 kW)	Domestics	Import
5 Model	4 Model	3 Model	8 Model	4 Model
A, B, C, D, E	F, G, H, I	J, K, L	A, B, F, G, H, J, K, L	C, D, E, I

지 못하는 경우에는 부적합으로 처리하였다.

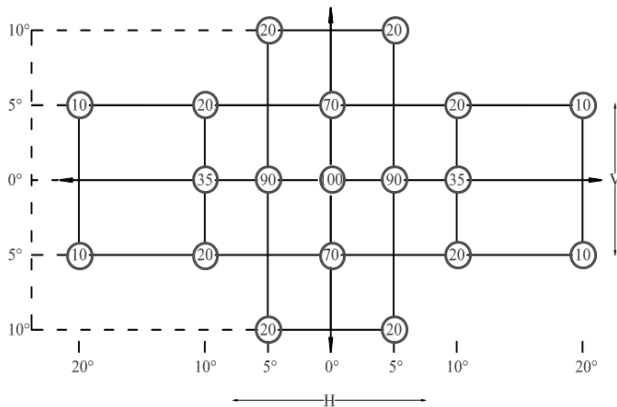


Fig. 2 Standard light distribution of a stop lamp.

Table 2 Standard unit of luminous intensity based on the measuring points

Measuring point		Luminous intensity (cd)
10U, 10D	5L, 5R	≧ 9.6
5U, 5D	20L, 20R	≧ 4.8
	10L, 10R	≧ 9.6
	V	≧ 33.6
H	10L, 10R	≧ 16.8
	5L, 5R	≧ 43.2
	V	≧ 48.0
Maximum limit		≧ 312.0

3. 결과 및 고찰

가. 규격별 광도 성능 평가

1) 대형

표 3과 그림 3은 대형의 광도 성능시험 결과를 나타낸 것으로, 5개 모델 중에서 2개(B, E) 모델이 시험기준을 만족하였다. 시험기준을 만족한 B모델의 조사면 최대광도 값은 181.9 cd로 최대광도 시험기준(312 cd)의 58%, 조사면 중심부의 HV, 5U, 5L, 5R, 5D 측정값은 168.9 cd, 155.9 cd, 132.9 cd, 179.8 cd, 139.4 cd로 최소광도 시험기준의 307~463%, 최대광도 시험기준의 42~57% 수준으로 광도분포가 시험기준의 중간치를 나타내고 있어 안정적 광도성능 확보에 유리

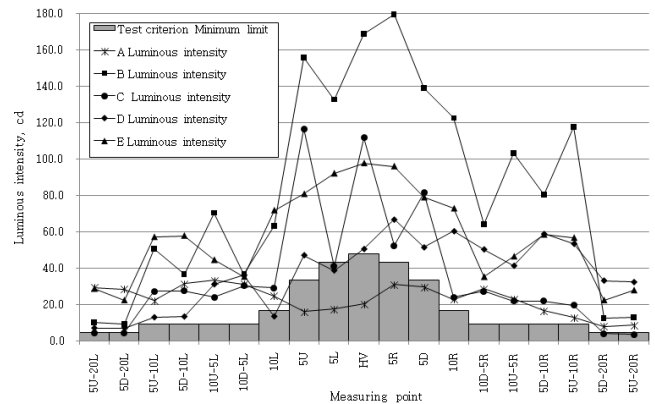


Fig. 3 Luminous intensity distribution of large models.

Table 3 Measurements of luminous intensity by large models

(unit : cd)

Measuring point	Test criterion	A (Domestic)	B (Domestic)	C (Import)	D (Import)	E (Import)
5U-20L	≧ 4.8	29.5	10.4	4.7	7.2	28.8
5D-20L	≧ 4.8	28.6	9.4	4.7	7.3	22.5
5U-10L	≧ 9.6	22.3	51.0	27.5	13.1	57.3
5D-10L	≧ 9.6	31.6	36.9	27.7	13.5	58.0
10U-5L	≧ 9.6	33.5	70.6	24.2	31.3	44.7
10D-5L	≧ 9.6	31.5	36.8	30.5	36.3	35.5
10L	≧ 16.8	25.0	63.3	29.4	13.6	72.0
5U	≧ 33.6	16.3	155.9	116.8	47.3	81.0
5L	≧ 43.2	17.7	132.9	41.3	38.9	92.3
HV	≧ 48.0	20.4	168.9	111.9	50.7	97.9
5R	≧ 43.2	31.1	179.8	52.7	66.9	96.2
5D	≧ 33.6	29.9	139.4	81.7	51.6	79.1
10R	≧ 16.8	23.0	122.8	24.3	60.5	73.0
10D-5R	≧ 9.6	28.8	64.4	27.4	50.5	35.4
10U-5R	≧ 9.6	23.3	103.5	22.0	41.5	46.6
5D-10R	≧ 9.6	16.7	80.6	22.0	59.0	58.6
5U-10R	≧ 9.6	13.1	118.0	19.9	53.6	56.9
5D-20R	≧ 4.8	8.2	12.8	4.2	33.3	22.5
5U-20R	≧ 4.8	8.8	13.2	3.8	32.5	28.0
Maximum limit	≧ 312.0	68.8	181.9	154.5	72.2	101.3

한 조건이 된다. E모델의 조사면 최대광도 값은 101.3 cd로 최대광도 시험기준의 32%, 조사면 중심부의 HV, 5U, 5L, 5R, 5D 측정값은 최소광도 시험기준의 203~241%, 최대광도 시험기준의 25~31% 수준으로 전체 측정점이 시험기준을 만족하고 있으나 기준 범위의 하한치에 분포하는 경향을 보이고 있다.

시험기준을 만족하지 못한 A모델은 조사면 중심부의 5U, 5L, HV, 5R, 5D의 5개 측정점이 최소광도 시험기준의 40~88%, C모델은 좌측 가장자리 5U-20L, 5D-20L, 우측 가장자리 5D-20R, 5U-20R, 중심부 5L의 5개 측정점이 최소광도 시험기준의 79~97%, D모델은 10L, 5L의 2개 측정점이 최소광도 시험기준의 80~90% 수준으로 나타났다. 대형 5개 모델의 HV, 5U, 5L, 5R, 5D 측정점의 광도 최대값은 168.9 cd, 155.9 cd, 132.9 cd, 179.8 cd, 139.4 cd, 최소값은 20.4 cd, 16.3 cd, 17.7 cd, 31.1 cd, 29.9 cd로 모델에 따른 광도 성능 차이가 매우 큰 것으로 나타났다.

2) 중형

표 4와 그림 4는 중형의 광도 성능시험 결과를 나타낸 것으로 4개 모델을 대상으로 하였다. 조사면 최대광도 값은 표 4와 같이 F모델 31.5 cd, G모델 56.2 cd, H모델 64.7 cd, I모델 19.4 cd로 최대광도 시험기준(312 cd)을 초과한 모델은 없었으며, 전체 측정점 광도 성능 평가에서 H모델 1개만이 시험기준을 만족하였다.

시험기준을 만족한 H모델의 조사면 최대광도 값은 64.7 cd로 최대광도 시험기준의 20%, 조사면 중심부의 HV, 5U, 5L,

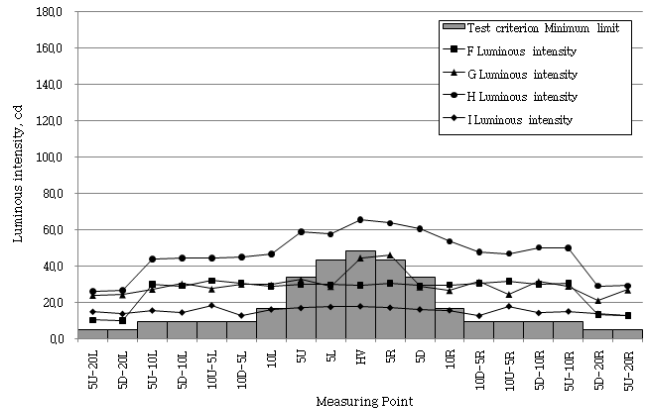


Fig. 4 Luminous intensity distribution of medium models.

5R, 5D 측정값은 최소광도 시험기준의 132~179%, 최대광도 시험기준의 18~20% 수준으로 그림 4에서 보는바와 같이 광도값이 하한치에 몰려 있음을 알 수 있다.

F모델은 HV, 5U, 5L, 5R, 5D의 5개 측정점이 최소광도 시험기준의 61~88%, G모델은 HV, 5U, 5L, 5D의 4개 측정점이 최소광도 시험기준의 66~96%, I모델은 10L, 5U, 5L, HV, 5R, 5D, 10R의 7개 측정점이 최소광도 시험기준의 37~95% 수준으로 시험기준을 만족하지 못하였다.

이처럼 중형의 광도 성능 불량은 조사면 중심부의 HV, 5U, 5L, 5R, 5D 측정점에서 주로 발생되고 있다. 중형 4개 모델의 HV, 5U, 5L, 5R, 5D 측정점의 광도 최대값은 65.5 cd, 58.7 cd, 57.4 cd, 63.5 cd, 60.3 cd, 최소값은 17.9 cd, 16.9 cd, 17.5 cd, 17.1 cd, 16.1 cd로 대형에 비해 모델별 광

Table 4 Measurements of luminous intensity by medium models

(unit : cd)

Measuring point	Test criterion	F (Domestics)	G (Domestics)	H (Domestics)	I (Import)
5U-20L	≥ 4.8	10.2	24.0	26.2	14.8
5D-20L	≥ 4.8	10.0	24.3	26.6	13.6
5U-10L	≥ 9.6	29.9	27.3	43.7	15.5
5D-10L	≥ 9.6	29.0	30.3	44.1	14.4
10U-5L	≥ 9.6	31.9	27.4	44.3	18.4
10D-5L	≥ 9.6	30.7	30.0	44.9	12.7
10L	≥ 16.8	28.7	29.7	46.7	16.1
5U	≥ 33.6	29.7	32.5	58.7	16.9
5L	≥ 43.2	29.7	28.8	57.4	17.5
HV	≥ 48.0	29.3	44.4	65.5	17.9
5R	≥ 43.2	30.4	46.0	63.5	17.1
5D	≥ 33.6	29.1	28.6	60.3	16.1
10R	≥ 16.8	29.6	26.6	53.5	15.6
10D-5R	≥ 9.6	30.4	31.3	47.5	12.5
10U-5R	≥ 9.6	31.4	24.6	46.8	17.9
5D-10R	≥ 9.6	29.8	31.6	50.1	14.1
5U-10R	≥ 9.6	30.3	29.0	49.8	15.0
5D-20R	≥ 4.8	13.1	21.2	29.0	13.6
5U-20R	≥ 4.8	12.8	26.9	29.1	12.9
Maximum limit	≤ 312.0	31.5	56.2	64.7	19.4

Table 5 Measurements of luminous intensity by small models

(unit : cd)

Measuring point	Test criterion	J (Domestics)	K (Domestics)	L (Domestics)
5U20L	≧ 4.8	11.7	22.1	12.7
5D20L	≧ 4.8	11.5	24.6	22.1
5U10L	≧ 9.6	16.9	36.6	10.0
5D10L	≧ 9.6	19.6	31.4	26.0
10U5L	≧ 9.6	15.4	38.5	8.9
10D5L	≧ 9.6	20.7	38.2	16.5
10L	≧ 16.8	19.8	31.9	13.7
5U	≧ 33.6	19.3	38.5	13.9
5L	≧ 43.2	19.4	38.5	15.6
HV	≧ 48.0	20.4	39.2	20.0
5R	≧ 43.2	18.3	31.9	22.1
5D	≧ 33.6	21.5	37.6	39.5
10R	≧ 16.8	18.5	28.1	23.9
10D5R	≧ 9.6	21.9	38.0	24.4
10U5R	≧ 9.6	15.4	33.6	9.3
5D10R	≧ 9.6	17.9	29.2	35.4
5U10R	≧ 9.6	16.9	27.9	17.4
5D20R	≧ 4.8	11.5	13.6	32.0
5U20R	≧ 4.8	10.4	14.7	19.4
Maximum limit	≧ 312.0	23.0	43.1	41.9

도 성능 차이는 크지 않았으나, 측정값이 전체적으로 떨어지는 것으로 나타났다.

3) 소형

표 5와 그림 5는 소형의 광도 성능시험 결과를 나타낸 것으로 J, K, L 3개 모델을 대상으로 하였다. 시험결과 3개 모델 모두 시험기준을 만족하지 못하였다. 표 5와 같이 조사면의 최대광도 값은 J모델 23.0 cd, K모델 43.1 cd, L모델 41.9 cd로 최대광도 시험기준을 만족하였으나, J모델은 5U, 5L, HV, 5R, 5D의 5개 측정점이 최소광도 시험기준의 42~63%, K모델은 5L, HV, 5R의 3개 측정점이 최소광도 시험기준의 73~89%, L모델은 10L, 5U, 5L, HV, 5R의 5개 측정점이 최

소광도 시험기준의 36~81% 수준으로 시험기준을 만족하지 못하였다.

모델에 따른 광도 성능 편차는 대형과 중형에 비해 크지 않았고, HV, 5L, 5R은 3개, 5U는 2개, 5D는 1개, 10L은 1개 모델이 시험기준을 만족하지 못하였다. 이처럼 소형의 경우에도 조사면 중심부의 HV, 5U, 5L, 5R, 5D 측정점에서 불량이 많았으며, 광도 성능이 매우 미흡한 것으로 나타났다. 특히 중심부가 가장 밝고 가장자리로 갈수록 어두워지는 분포를 나타내어야 되나, 그림 5에서와 같이 중심부와 가장자리가 거의 동일한 광도분포를 보이고 있다. 이는 후방 운전자에게 눈부심을 유발시킬 가능성은 적지만 시인성 확보에는 매우 불리한 것으로 판단된다. 소형은 추돌사고 시 농업인의 피해가 특히 클 것으로 예상됨에도 제동등의 광도 성능이 가장 미흡한 것은 최근 트랙터의 대형화가 가속화되면서 생산업체들이 대형모델 중심으로 품질관리를 하기 때문인 것으로 판단된다.

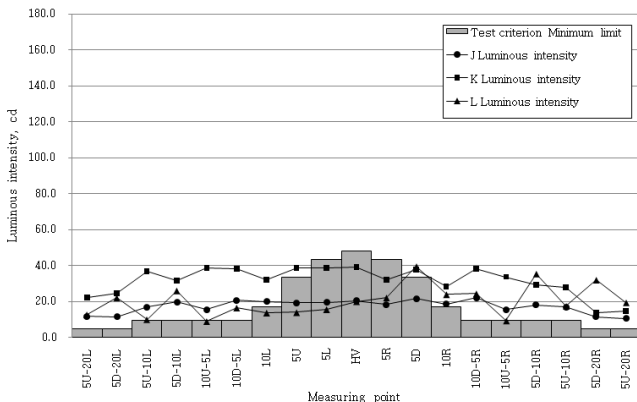


Fig. 5 Luminous intensity distribution of small models.

나. 생산지별 광도 성능 평가

국산은 8개(A, B, F, G, H, J, K, L) 모델 중에서 2개(B, H) 모델이 시험기준을 만족하였다. 시험기준을 만족한 B 모델의 광도 성능이 전체 12개 모델에서 가장 우수한 것으로 나타났다. 시험기준을 만족하지 못한 6개(A, F, G, J, K, L) 모델은 모두 27개 측정 점, 모델 당 평균 4.5개 측정 점이 시험기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

수입은 4개(C, D, E, I) 모델 중에서 1개(E) 모델이 시험기준을 만족하였다. 시험기준을 만족하지 못한 3개(C, D, I) 모델은 모두 14개 측정 점, 모델 당 평균 3.5개 측정점이 시험기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 특히 I 모델은 7개 측정점이 시험기준을 만족하지 못하였으며, 조사면 최대광도 값은 19.4 cd로 국산 B 모델(181.9 cd)의 10% 수준으로 전체 12개 모델에서 품질이 가장 미흡한 것으로 나타났다.

이상의 결과를 볼 때 국산과 수입 모델의 제동등 광도 성능에 유의한 차이는 발견되지 않았으며, 일부 수입모델은 국산모델에 비해 품질이 매우 떨어지는 것으로 나타났다. 이에 국내업체의 품질개선을 촉진하고, 농업인의 안전에 기여할 수 있도록 농용트랙터 제동등의 광도 안전기준 설정이 시급한 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

국제적으로 가장 많이 통용되는 제동등 안전기준인 UNECE Regulation No.7의 최초 인증기준에 $\pm 20\%$ 의 편차를 적용한 시험기준에 따라 국내에서 유통되고 있는 트랙터 12개 모델을 대상으로 제동등 광도 성능을 평가하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 대형은 5개 중에서 3개, 중형은 4개 중에서 3개, 소형은 3개 중에서 3개 모델이 시험기준을 만족하지 못하였으며, 광도 성능은 모델이 대형화 될수록 비교적 우수한 것으로 나타났다.
- (2) 12개 시험 모델 중에서 최대광도 시험기준 312 cd를 초과한 모델은 없었다. 가장 높은 광도 성능을 요구하는 조사면 중심부의 HV, 5U, 5L, 5R, 5D 측정점에서 불량이 많았으며, 전체 41개 불량 중에서 33개가 집중되고 있다.
- (3) 국산은 8개 중에서 2개, 수입은 4개 중에서 1개 모델이 시험기준을 만족하였고, 생산지에 따른 유의한 광도 성능의 차이는 나타나지 않았다.
- (4) 인적피해가 많은 추돌사고 예방을 위해 국내 기술수준과 농업인의 안전을 고려한 트랙터 제동등의 광도 안전기준 마련이 시급한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ007331201003)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고 문헌

1. Directive 2009/61/EC of the European Parliament and of the Council relating to the installation of lighting and light-signalling devices on wheeled agricultural and forestry tractors. European Union, Brussels, Belgium.
2. Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative. 2009. Prices of agricultural machinery. KAMICO, Seoul, Korea.
3. Mocko, W., P. Kazmierczak and M. Lukasik. 2009. Luminance contrast of vehicle signaling lamps. *Przeglad Elektrotechniczny* 85(11):272-275.
4. Myers, M. L. 2002. Tractor risk abatement and control as a coherent strategy. *Journal of Agricultural Safety and Health* 8(2):185-198.
5. Notification No 47 of Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. 2011. Road transport vehicle security standards. Mlit, Tokyo, Japan.
6. Samsung Traffic Safety Research Institute. 2009. Study on traffic accidents reduction at night of Driving agricultural machinery. Samsung Fire & Marine Insurance, Seoul, Korea.
7. Shin, S. Y., B. Kim, H. K. Kim, Y. Y. Kim, Y. H. Cho, K. W. Cho and K. H. Choi. 2009. Actual state of 2008 Agricultural machinery accidents. National Academy of Agricultural Science, Suwon, Korea.
8. Society of Automotive Engineers. 2010. J2261 JAN2010: Stop lamps and front-and-rear-turn signal lamps for use on motor vehicles 2032mm or more in overall width. SAE, MI, USA.
9. UNECE Vehicle Regulations-1958 Agreement. 2010. United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, Swiss.