

조작성 향상을 위한 트랙터 디자인 기초연구

홍정표, 신동재
전북대학교 예술대학 산업디자인학과

A STUDY ON THE FUNDAMENTALS OF THE AGRICULTURAL TRACTOR DESIGN FOR ENHANCING USABILITY AND SAFETY

jeong-pyo Hong, dong-jae Shin
Department of Industrial design, Chonbuk University School of Arts

INTRODUCTION

In order for an effective progress of the agricultural machinery, the effort by the manufacturers should be made to enhance the quality and safety of the product along with the increase of supply of the agricultural machineries. Moreover, a systematical interest should be invested to increase the farming population's awareness of safety and to improve their technical use of the agricultural machineries.

In case of advanced countries, where the supply of agricultural machineries are generalized centered around the tractor, studies on safety and accident prevention has been conducted for a long period. In accordance to the safety countermeasures 3E(Education, Enforcement, Engineering) is being accelerated as a whole. In the technical aspect, the studies have been conducted in the physical perspective by selecting the appropriate material and improving the dynamics of the machinery body itself to protect the driver along with technical function improvement. The most important factor that can decrease the accidents induced by human psychological and physical characteristics is in the improvement of control ability. Such problem should be solved by systematically designing the cabin interior cetered around the user(driver) with the research of ergonomics.

1. 서론

농업 기계화의 효과적인 추진을 위해서는 농기계의 보급증가와 편승하여 생산자의 제품에 대한 품질개선과 안전성 향상에 대한 노력이 함께 하여야 한다. 또한, 농민의 농기계 이용기술 향상과 안전에 대한 인지도를 높일 수 있는 제도적 관심이 뒤따라야한다.

특히, 트랙터를 중심으로 농기계의 보급이 일반화된 선진 외국의 경우 안전사고 예방에 대한 연구는 이미 오래 전부터 진행되어 왔으며 안전대책의 일환으로 교육, 규제, 기술의 세 가지 대책 (3E : Education, Enforcement, Engineering)을 종합적으로 추진하고 있다. 이중 기술적인 측면에서는 대부분 기계적 성능 개선 (Technical Function Improvement)과 함께 운전자 보호를 위한 차체의 역학적 구조개선, 적합한 재료의 선택 등 물리적인 요소를 중심으로 연구되었으나, 인간의 심리적, 신체적 특성에서 비롯되는 사고를 줄일 수 있는 가장 중요한 요소는 조작성 향상에 있으며 이는 Cabin내부의 사용자(운전자)중심의 설계로 인간공학적 연구와 함께 체계적으로 적용되어야 할 것이다.

2. 연구

2-1 연구목적

본 연구는 현재 개발되고 있는 트랙터 Cabin내의 조작기의 인지도 부족에 따른 안전사고 및 사용성 저해요소를 분석하여 운전자 공간 특성을 고려한 조정장치의 위치 및 조작방향 등을 보다 합리적으로 배치, 적용 시킴으로써 Cabin내에서의 조작성 향상을 도모하는데 본연구의 목적이 있으며 조작기의 크기, 색상, 형태 등의 보다 전문적이고 구체적인 연구의 기초를 제공하는데 그 목적

이 있다.

2-2 연구방법 및 범위

기존트랙터의 안전성과 조작기 사이의 연관성을 분석하고 기존 문헌과 자료를 통해 각 조작기의 특성을 살펴본다. 조작기의 오조작에 대한 위험도와 사용빈도수에 따른 작업레바 중요 순위결정, 설문조사에 의한 조정장치의 위치 선호도 조사, Cabin내의 각각의 조작기의 합리적 배열, 조작기의 조작방식의 변화에 따른 조작 방향과 조정방법. 위와 같이 연구범위는 Cabin내의 조정장치의 적절한 위치, 배열, 조작방법, 조작 방향으로 한정하였으며 이는 운전자 조작성 향상과 안전한 작업을 할 수 있게 하는데 중점을 두고 있다. 여기서 고려되어야 할 사항은 수출에 따른 국가경쟁력을 위하여 국제규격 ISO (International Standardization Organization), ASAE (American society of Agricultural Engineers), OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 등과 일본 공업 표준 (JIS), 영국표준(BS), 독일공업표준(DIN)등을 지켜야하며, 이에 따라 사양(specification)을 결정하여야 한다.

2-3 연구배경

국내의 트랙터 농작업 사고실태 보고서를 요약하면 다음과 같다;

1) 트랙터의 연간사고 횟수는 100대당 7.73 회였다. 운반작업에서 69%로 가장 높았으며 학력 수준과 연령이 낮을수록 사고율이 높은 것으로 나타났다. 이는 조작기에 대한 인지도의 부족과 젊은 세대의 침착하지 못한 운전 때문이라고 분석된다.

2) 연간 월별사고 횟수는 이용시간이 많고 적음에 따라 증감하는 성향을 보였으나 4월은 이용시간에 비하여 사고횟수가 연간 회수의 35%(사용시간 17% 대비)로 상당히 높은 것으로 나타났다. 이는 겨울 농한기동안 운전자의 트랙터에 대한 숙련도 저하, 봄철에 나타나는 심리적 신체적 리듬의 저하, 피로 등 신체적 조건이 사고의 원인으로 작용한 것으로 생각한다.

3) 구체적 사고원인을 살펴보면 전체사고의 41.3%가 운전미숙에 의한 사고로 가장 높았으며 부주의에 의한 사고가 34.5%, 정비불량 10.4%로 이들 세 가지 원인에 의한 사고는

모두 운전자 과실, 즉 인적원인에 의한 사고로 전체 사고의 86.0%를 차지하고 있다.

4) 또한 트랙터 사고 중 신체 상해를 낸 사고는 100대당 대형 트랙터가 4.24회, 소형 트랙터가 2.83회로 신체상해 사고율은 각각 58.3%와 29.5%로 대형트랙터가 비교적 높은 것으로 나타났다. 이는 국내 대형 트랙터의 조작레바가 최대 작업역에서 벗어나 있기 때문으로 추정된다. 위의 사고 실태를 종합해 볼 때 대부분의 사고는 심리적·신체적인 인적 요인에서 비롯되며, 이는 조작기의 인지도 부족이나 조정레바의 배치의 문제 등을 고려한 운전자 중심 설계, 계획(인간공학적인 분석)으로 보완할수 있다고 기대할 수 있다.

3. 트랙터 조작장치

3-1 조작장치의 특성

1) 대형, 다기능일수록 조작장치가 많다:

트랙터는 단순주행만이 아닌 여러 가지 작업기능을 갖춘 기계이다. 그럼으로 각 작업의 상황에 따라 레바 혹은 스위치, 페달등 여러 형태의 조작기로 제어해야하는 특성이 있으며 제어기의 수나 종류가 많기 때문에 작업에 따른 운전자의 인지 특성에 맞추어 설계되어야 한다.

2) 한번에 2가지 이상의 기능을 수행한다:

트랙터는 운반이나 단순주행 기능을 제외하고 대부분 주행과 함께 농작업이 이루어지는 특성이 있다. 이는 주행 시 필요한 조작기와 작업에 필요한 조작기를 동시에 제어해야하는 어려움이 따르며 두 기능은 각각 독립해 있지만 운전자가 조작할 때 서로 유기적인 위치에서 제어할 수 있는 조건을 가지고 있어야한다. 즉, 주행중 속도제어나 방향전환을 할 때에도 작업기의 제어를 용의하게 알 수 있게 고려하여야하며, 운전자가 다양한 운전 조건에 쉽게 숙련될 수 있게 최대한의 조작상의 배려를 해야한다.

3) 작업특성에 따른 가시정확보가 필요하다:

트랙터의 앞과 뒤에 설치하는 작업기의 종류에 따라 운전자의 작업시야는 달라진다. 특히, 주행중의 유효시야가¹⁾ 트랙터 진행 방향과 작업기 동작 방향이 일치하지 않을 경우,

1. 안구운동만으로 정보를 주시하고 순간적으로 특정 정보를 수용할 수 있는 범위로서 좌우 약 15°, 상부 약 8°, 하부 약 12° 이내이다.

양쪽 방향을 보조시야²⁾ 내에 두어 다양한 시각정보에 빠르게 대응할 수 있게 하여야 하는데 이는 조작기의 위치에 따라 운전자의 시선이 유도되기 때문에 작업 특성에 따른 조작기의 위치는 매우 중요하다고 할 수 있다.

3-2 조작장치의 Cording

국내 A사의 2가지 모델
외국 N사의 5가지 모델

1) 조작기 종류에 의한 Cording

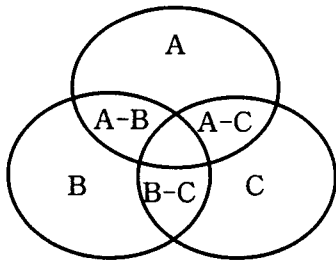


표 1. 조작기 종류

- A Switch & Knob : Key (예열, 전원 On/Off, 시동), 비상등, 작업등, Front, Rear, 예열선택
- B Lever : 주변속, 부변속, 주차브레이크, PTO 변속, 작업깊이, 원격유압조절; 전후진, 조속레버, 초저속레버 (한국, 일본형)
- C Pedal : 클러치 페달 / 브레이크 페달 A, B (브레이크 고정편), 조속 페달
- A-B : PTO 연결, 리프트 Up/Down, 유압 선택 (On/Off), (리프트 Up/Down) 방향지시등, 라이트, 4WD, 견인부하제어
- A-C : 차동장치고정
- B-C : 해당 없음

2) 기능에 의한 Cording

- 운행 - 조속레바, 전후진 선택, 주변속, 부변속핸들, 클러치, 조속페달, 브레이크 A,B

2. 정보수용은 극도로 떨어지고 강력한 자극동의 주시 동작을 유발시키는 정도의 보조적 작용을 하는 범위로서, 수평 100~200°, 수직 85~135° 이다.

- 운행보조 - 주차브레이크, 라이트, 방향지시등, 시동안전 스위치, Key-switch, 차동장치고정, 4WD
- 작업 - 견인력 제어, 위치 제어, 보조유압, PTO 전후진선택, 주변속, 부변속, 조속레바, 4WD

3) 위치에 의한 Cording

- A (IP:Instrument Panel): 핸들, 조속레바, 전후진레바, 초저속레바, 앞차축 구동레바, 경적, 라이트, 방향지시등, 시동안전 스위치, 작업하강 속도, key-switch, 예열, 와이퍼, 4WD, ...
- B (IP 아래쪽 바닥면): 클러치, 조속페달, 브레이크, 차동장치 고정페달, 브레이크 lock, 주변속기, 부변속기
- B'(의자앞 바닥면): 주변속, 부변속, 조속페달, 주차브레이크, 차동장치고정
- C (운전자 우측공간): 주변속기, 부변속기, 견인력제어, 위치제어, 보조유압, 초저속레바, PTO, 앞차축 구동(4WD), 작업하강속도
- D (운전자 좌측공간): 기본적으로 C에 있는 모든 조작기들이 올 수 있으며 일본의 경우 우측에서 운전하고 왼손으로 변속기등을 다루기 때문에 C,D 양쪽에 조작기를 나누어 배치하는 경우도 적지 않다.

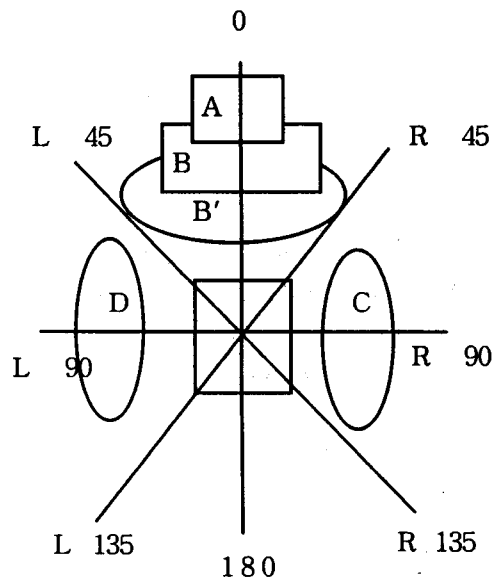


표 2. 조작기 위치

4) 치수에 의한 Cording

인간은 어떤 대상과 대상사이에 크기가 20% 이상 차이가 나지 않으면 손에 잡힌 감각으로 대소의 차이를 판별할 수 없다고 한다. 따라서, 치수의 차이에 의한 촉각적 식별효과는 크지 않다. 또한, 인간의 한계성을 고려, 치수를 다양하게 한다는 것은 어렵기 때문에 치수를 대·중·소와 같은 3단계 정도로 나누는 것이 좋으며 형상에 의한 코딩등 다른 코딩 방법과 조합하여 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 엄지와 나머지 손가락 사이에 끼워 쥐는 형태의 레바와 손바닥으로 위에서부터 감싸쥐는 형태의 레바는 같은 제어방식 이라도 크기나 모양이 다를수 있으며, 조작방향과 조작부하에 따라 적절히 적용될 수 있다

5) 색채에 의한 Cording

트랙터의 경우 조정장치도 기능에 따라 지정된 색상이 있다. 이 기준을 반드시 지켜야되므로 ASAE의 EP443을 기준으로 색상을 결정하였다.

| Color | 적 용 조 정 부 |
|--------|---|
| Red | 엔진 Stop 조종기능에만 사용한다. 시동스위치와 위치제어나 손으로 조작하는 변속레바인 경우는 붉은 글씨나 Symbol등을 이용하여 표시한다. |
| Orange | Ground Controllers, 조정, 변속장치, 주차브레이크, 비상브레이크 등에 적용. |
| Yellow | PTO, 스프레이 펌프 승강장치등에 적용. |
| Black | 위치제어와 기능선택 위치등 모든레바에 일반적으로 적용. 유압제어, 의자, 운전대, 기타전기 장치 제어등. |

표 3. ASAE EP443

6) 표지에 의한 Cording

표지는 조작기의 위쪽, 또는 스테레오 타임을 적용하여 가장 근접한 위치에 설치한다. 표지는 간결하여 보기가 쉬워야하고 트랙터의 경우 국제규격을 따라야하는 경우가 대부분이며 일부 조작기의 경우 형태, 색상 면에서 연구되어야 할 부분이 있다.

3-3 조작장치의 위치

1) 농업용 트랙터에 있어서 작업자가 가장 합리적으로 작업을 할 수 있으려면 '어떻게 조작기를 위치시켜야 할까?' 라는 문제로 전국각지의 종합 농기계 제조업체인 A사 서비스맨(38명)을 대상으로 설문율하고 이를 집계해 본 결과 다음과 같은 결과가 나타났다.

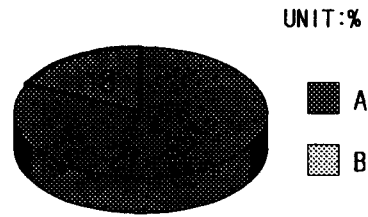
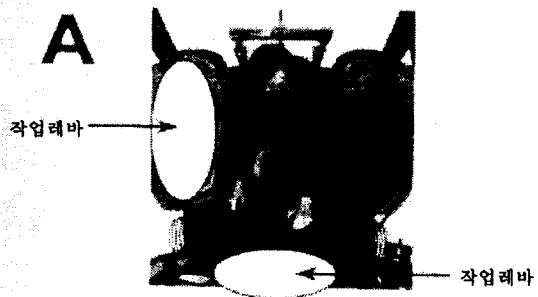


표 4. 위치 선호도

*A Type (작업레바의 우측 집중배치)
27명 82%



*B Type (작업레바의 좌우측 분할배치)
6명 18%

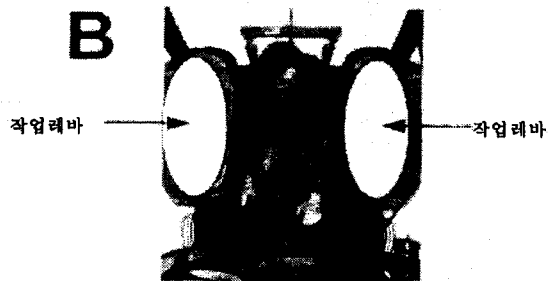


그림 1. 작업 레바위치

작업레바 위치 A, B안의 선택이유

| 선택한 이유 | 비교항목 |
|--|------------|
| -집중식 레바는 작동에 편리 -운전자 습관상 오른쪽 손이 여유가 있으며 좌측 U턴시 편리. -주로 타고 내리는 방향의 문이 좌측, 승하차시 편리. -후방확인 작업시 우측으로 몸을 틀어 확인, 좌측 작업레바는 별도의 예비 동작이 필요. -작업기 레바는 한쪽에 있어야... -유압, PTO등은 오른쪽에... -좌측 손은 운전, 오른쪽 손은 작업. 우리 나라 운전습관(일본반대). -남는 공간은 다른 용도로 사용. -레바의 조작빈도 고려: 빈번. (오른쪽) 간혹 앞 레바류의 고급화 | 편리성 작업성 |
| 정비시 집중적으로 그쪽을 뜯기 쉽고 다른 여유공간이 생김 | 정비성 |

B Type

| 선택한 이유 | 비교항목 |
|----------------------|------|
| 작업레바류는 당연히 좌우에 있어야 함 | 편리성 |

표 5. 선택이유

2) 조작장치의 사용빈도수

사용빈도수에 대해서는 전국 농업용 트랙터 사용자 41명을 대상으로 조사한 결과 가장 많이 사용하는 레바는 전후진(30%), 주변속(23%), 승하강(17%), 부변속(10%), 기타-PTO, 초저속, 견인부, 등이(30%) 순으로 나타났다. 작업시 가장 많이 사용되는 전후진 레바는 작업과, 운행을 동시에 제어하는 레바로써 사용자의 손이 쉽게 닿을 수 있고 조작이 용이하여야 한다. 기타 주행에 쓰이는 주변속, 부변속 레바와, 작업기의 승하강 장치의 사용빈도수가 높은 것으로 나타나 이들의 위치선정이 우선적으로 배려되어야 한다.

4. 조작장치의 합리적인 배치 계획

조작기의 배치에 있어서 가장 기본적인 것은 운전자의 작업영역 내에 배치하는 것이다. 조작기의 위치, 배열 조정은 그후의 문제이며 우선 조정가능 범위 내에 있어야 하는데

국내 트랙터의 경우를 살펴보면 소형 트랙터는 공간의 제한 때문에 조작기가 지나치게 집중되어 오조작의 가능성이 높으며 기능상으로도 불합리한 형태로 설계되어 있고, 대형 트랙터일 경우 조작기가 운전석에서 멀리 떨어져 있어 운전자 작업영역의 한계를 넘었던 것을 볼 수 있다. 이는 돌발 사태에 빠르게 대응할 수 없으며 사고로 직결 될 수 있는 중요한 문제이기 때문에 소형 트랙터의 경우 레바의 수를 줄이고 이를 버튼이나 스위치로 대체할 수 있는 방법을 적용하여 개선할 수 있다. 대형 트랙터인 경우에는 기계적 구조변경을 통하여 조작기를 작업영역 내에 합리적인 배치로 재정리하여야 한다.

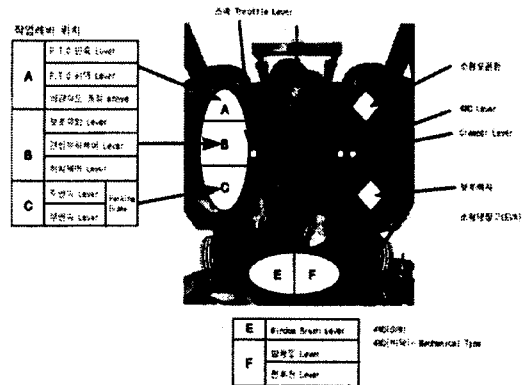


그림 2. 조작기 위치

4-1 운전자 작업영역

1992년 현재 우리 나라 성인남자(25-50세)의 평균신장인³⁾ 168cm를 기준으로 3면(평면, 수축면, 작업역을 최대 작업역⁴⁾ 통상작업역을⁵⁾ 적용시켜 현재 개발되고 있는 트랙터의 Cabin 내부에 적용시켜보면 가시작업역을⁶⁾ 제외하면 운전자의 정면과 좌우 측의

3. 국민인체측정조사 1992. 1. 12 한국표준과학연구원
4. Maximum Hand Control Space : 팔을 최대한으로 뻗어 손이 도달할 수 있는 영역
5. Normal Hand Control Space : 자연스러운 상태에서 손이 도달하는 영역

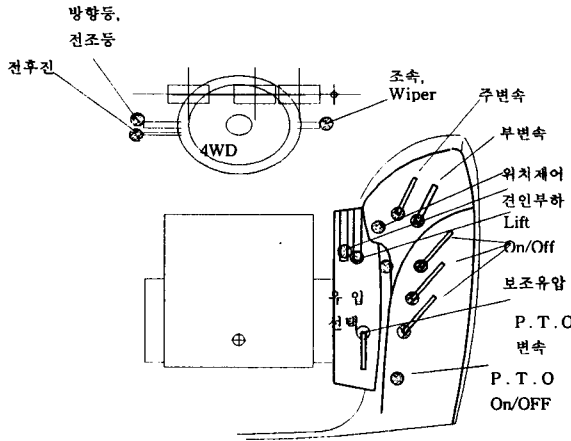


그림 8. 조작기 배열

레바류의 동작각도는(그림 8 참조) 배열 공간이 허용하는 범위내에서 운전자의 어깨 관절 점으로부터 연장된 선에 기준을 두었으며 이는 손 조작기의 경우 밀고 당시는 힘이 몸의 중심점에서 벗어날수록 감소하는데 기인한 것이다. PTO 관련된 레바는 대부분 뒷부분에 작업기를 달고 있을 때 조작하는 관계로 조작 시 작업기의 상태를 확인하기에 용이하며 자주 조정하지 않으므로 운전자의 최대작업영역에 벗어나지 않은 범위에서 설정하였다.

4-3 향후 연구방향

이번 연구의 결과를 prototype에 적용하여 Mock-up 상태에서 피실험자를 통한 운전자의 조작성을 평가하고 국내외 트랙터의 조작기 위치와 직접 비교 분석하는 작업과, 주관적 작업부하 평가법 등을 통해 논리적 Data를 구축한다. 또한, 각 조작기의 특성과 운전자의 심리적 상관관계를 분석하여 조정장치의 형태, 색상, 재질에 이르기까지 다양하고 면밀한 전문적 연구가 진행 되어야 할 것이다.

5. 결론

이번 연구에서 트랙터 Cabin내의 운전자 작업영역을 결정하고 조정장치가 가질수있는 상황별 코딩으로 중복되는 부분의 조작기 종류를 분석하여 변환 가능성을 제시하였다.

특히, 원활한 작업을 하기 위한 15종류 이상의 레바류중 8개 이상은 스위치나 knob로 전환함으로써 작업중 연속적으로 제어하여야 하는 레바 이외에는 오조작의 가능성을 최소화 할 수 있는 가능성을 제시하였다. 또한, 각 조작기의 사용빈도수 조사와 함께 소비자 필요에 알맞은 위치를 선정 하여, 이를 인간 공학적 측면에서 분석하고 작업영역 내에서 조작기의 위치 선정과 각각의 조작기의 특성에 맞게 배열 하였다. 이와같은 연구 결과는 트랙터의 조작성 향상에 많은 영향을 줄 것으로 기대된다. 이번 연구에는 기존에 발표된 내용과 각종 규격 및 현재 개발되고 있는 트랙터의 기초 자료를 토대로 연구한 결과, 조작성 향상을 위한 조작 레바의 종류와 배치 계획에는 큰 문제점은 지적되지 않았으나 조작기의 종류가 다양하고 작업 환경에 따른 운전자의 특성 또한 다양하므로 보다 여러 특성의 피실험자를 통한 실험과 보다 구체적이고 전문적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 이건표, 사용자 인터페이스 디자인의 개념적 이해, 디자인연구소, 한국 디자이너협회, 1994(02), August, pp1-18
2. 임연웅, 디자인방법론연구, 미진사, 1994
3. 홍정표, 디자인 프로세스 매니지먼트에 관한 연구, 디자인학 연구 한국디자인학회, 1997, pp243-250
4. John Deere Standard Manual 1995
5. 정재원 외, 자동차 조립공정에서의 작업자 세부하 평가 체계 구축, 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, 1998
6. 김상호, 정민근, 기도형, 이인석, "Posture Characteristics Automobile Assembly Tasks", 대한 인간공학회 춘계학술대회 논문집, 1998
7. Society of Automotive Engineers Inc., "SAE Handbook Volume 4", 1983
8. 공업진흥청, "국민표준체위조사 보고서" 1992
9. LG전선(주) 기계CU 연구소 디자인팀, "조작편리성 조사연구보고서", 1997
10. "Agricultural tractors Operator's seating accommodation Dimensions", ISO 4253:1993
11. "Color Coding for Hand Controls : ASAE Engineering Practice EP443", 1996
12. LG트랙터 GT 452DC GT452DF LG기계, 농기계사업부