

# 온실의 다용도 작업장치 개발

## Development of many purposes operation a device for greenhouse

이대원<sup>1</sup> · 민병로<sup>\*1</sup> · 김동우<sup>1</sup> · 김 응<sup>1</sup> · 서광욱<sup>1</sup> · 강문식<sup>2</sup> · 윤인석<sup>2</sup> · 윤남규<sup>3</sup>

성균관대학교 바이오메카트로닉스학과<sup>1</sup>, 주식회사 파루<sup>2</sup>, 원예연구소<sup>3</sup>

Lee, D. W<sup>1</sup> · Min, B. R<sup>\*1</sup> · Kim, W<sup>1</sup> · Kim, D. W<sup>1</sup> · Seo, K. W<sup>1</sup> ·

Kang, M. S<sup>2</sup> · Yoon, I. S<sup>2</sup> · Yoon, N, K<sup>3</sup>

Dept. of Bio-Mech. Eng., Sung Kyun Kwan Univ<sup>1</sup>. PARU CO., LTD<sup>2</sup>.,  
Prot. Cult. Div<sup>3</sup>.

### 서론

노동 집약적이던 농업은 급속한 기계화로 인하여 노동력의 절감은 여러 분야에서 이루어지고 있지만, 농업은 수익성이 높지 않아 여전히 사람들이 노동을 기피하는 산업중의 하나이다. 온실 자동화는 특용 작물 등의 고부가가치 상품을 중심으로 발전하고있다.

대부분의 기계 및 공정은 점차적으로 무인자동화로 발전되고 있으며, 작업의 편리성을 강조하고 있다. 앞으로의 농업기계는 무인자동화 시스템의 도입으로 인하여 누구나 손쉽게 작업설정을 하고 기계 스스로 원활하게 작업을 수행할 수 있도록 개선되어야 한다.

본 연구에서 구동장치는 다용도 작업장치를 이용하였다. 시설원예에서 소요되는 노동력 중에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것이 방제 및 수확작업이다. 특히 시설재배의 경우 3D현상인 방제는 기피하고 있다.

본 연구의 목적은 살수, 방제 및 흡입을 할 수 있는 것이다. 흡입기능은 송풍, 광합성 촉진을 위해 미기상 조절(송풍) 및 해충 퇴치(흡입)을 할 수 있도록 하는 것이다.

### 자료 및 방법

본 시스템의 구성은 크게 시설 내에 레일을 설치하여 움직일 수 있는 주행부, 시설이나 작물의 높이에 따라 높이를 조절할 수 있는 높이조절부, 살수 및 농약살포 등을 할 수 있는 살수부, 작물의 미기상 조절을 위한 송풍과 작물에 부착된 해충 및 이물질을 제거하기 위한 송풍 및 흡입부로 구성되어있다. 시설원예 작업의 생력화를 위해 화훼온실, 육묘장, 잔디온실 및 분화재배 온실에서 사용할 수 있는 다용도 작업 시스템을 개발하였다.

다용도 작업 시스템의 크기는 W×L×H를 6.0×1.0×2.0m로 하여 설계하였다. 높이의 경우 재배 환경에 따라 1.2~2.0m까지 조정할 수 있도록 하였다.

작업시스템은 4개의 구동 바퀴를 사용하기 때문에 다음과 같은 방법으로 부하를 계산하였다.

$$W_0 = \frac{(\text{부하하중} + \text{의력}) \times \text{안전율}}{\text{바퀴수}} = \frac{(1000 + 5) \times 1.5}{4} = 376.875 \text{kgf}$$

자동주행기능을 수행하기 위하여 모터 구동은 프로그램을 이용하여 제어하고자 하였으며, 센서를 장착하여 입력 값을 얻고자 하였다. 살수, 방제기능은 관수, 적은 농약살포(정전대전) 및 기능수 살수를 할 수 있도록 하였고, 작업시스템의 송풍, 흡입기능은 광합성 촉진을 위한 미기상 조절(송풍) 및 해충 퇴치(흡입)을 할 수 있도록 하였다. 운반기능은 수확한 수확물 및 온실내의 작업도구의 이동을 할 수 있으며, 작동 중 작업자의 안전을 위하여 인체감지 기능을 가지고 동작할 수 있도록 하였다. 기능장치 교체기능은 사용자의 요구에 따라 교체가 가능하고 작업공정에 의한 기능장치에 의해 교환할 수 있도록 하였으며, 온실내부 이동, 온실 동간의 이동 및 높이조절이 가능하게 하여 3차원 이동을 할 수 있도록 하였다. 본 시스템의 주행부는 시설내에서 작업기의 이동을 위해 바닥에 레일을 설치하여 움직일 수 있도록 구성하였다. 바퀴는 모두 4개로 구성되며, 구동을 위한 동력은 기어드 모터를 사용하여 기어를 이용해 직접 연결하였고, 좌·우 모두 한쪽에만 동력이 전달되도록 하였다. 주행 중 레일 위에 이물질이 있을 경우 이를 제거하기 위해 스크레이퍼를 앞·뒤로 장착하였다. 또한 주행부의 제어를 위해서 바퀴 상단에 빔센서(Beam sensor)를 장착하여 레일상의 이물질 및 작업기 앞·뒤로 작업자가 있을 경우 감지할 수 있도록 하였다.

환경에 따라 작업을 하기 위하여 사용한 주행부의 기어드 모터는 신명(SHIN MYUNG)사의 S28-VERTICAL 타입으로 400W의 출력을 내는 3상 인버터 모터로 기어비가 10:1이다. 바퀴와 모터는 4:1 기어비를 가지는 기어로 직접 연결하였다. 빔센서는 유효거리가 700mm이고 직접반사형을 사용하였다.

높이조절부는 작물과 스프레이, 송풍 및 흡입구의 거리를 조절하기 위한 부분이다. 살수나 방제작업 시 스프레이의 높이를 조절함으로써 효율적인 작업이 이루어지게 함과 동시에 작물에 송풍이나 작물에 붙어 있는 해충과 이물질을 제거하기 위해 높이를 조절하는 것이다.

시스템 구성은 살수부와 송풍, 흡입부가 작물과의 높이를 조절하기 위해 위·아래로 움직일 수 있는 스크류(Screw)와 가이드샤프트(Guide shaft), 모터로부터 스크류로 동력을 전달하는 미드 샤프트(Mid shaft), 스크류와 미드샤프트간의 회전력을 전달하기 위한 베벨기어(Bevel gear)로 이루어져 있다.

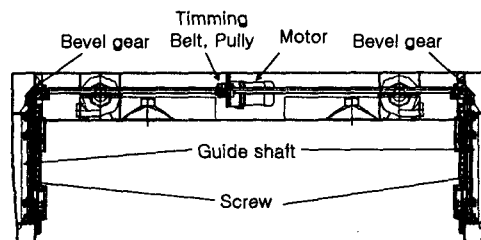


Fig. 1 Front view

살수부는 스프레이 노즐(Spray nozzle)과 파이프(Spray main pipe), 액을 살포할 수 있는 동력분무기, 분무기의 동력원인 모터로 구성하였다. 동력분무기는 영홍사의 YH-100A 타입을 사용하였으며, 최대 토출압은 80kgf/cm<sup>2</sup>, 최대 토출량은 105 l/min이다. 모터는 을지기전의 단상유

도전동기로 KSC4204 타입을 사용하였으며, 3.7kW의 용량을 가진다. 모터와 동력분무기는 V벨트로 연결하여 동력을 전달하였다.

송풍시스템은 작물의 환경 적응력을 키워주기 위한 장치로 인공적으로 바람을 일으켜 작물에게 불어주는 역할을 한다. 또한 흡입시스템은 작물에 부착되어 있거나 작물 주위를 유영하는 해충 및 오염물을 흡입하여 제거하는 역할한다. 구성은 임펠라가 장착된 에어커튼(Air curtain)을 사용한 브로어(Blower)와 브로어 덕트로 되어 있다. 브로어는 대성사의 에어커튼 AC-120-010 타입으로 풍량이 22m<sup>3</sup>/min, 풍속이 10%이며, 2개를 사용하였고, 토출구가 길이 1500mm, 폭 30mm인 브로어 덕트는 길이방향으로 2개를 연속 장착하였다.

흡입시스템은 링브로어(Ring blower)와 브로어 덕트(Blower duct)로 구성된다. 링브로어는 대성사의 DB-270 타입을 2대 사용하였으며, 이 모델은 최대 풍량이 1200m<sup>3</sup>/h, 토출압은 170 mmAq이다.

## 결과 및 고찰

### 1. 작업 환경설정

환경설정 모드에서는 인자들의 설정을 해준 후에 곧바로 하부모드로의 이동이 가능하도록 하였고, 각 하부모드에서 작업이 종료된 후에는 다시 환경설정 모드로 되돌아 가도록 하였다. 사용자가 시스템의 사용목적과 형태에 따라서 임의의 경로를 선택해 줄 경우에 일반적으로 많이 사용되는 경로를 프로그램내에 미리 저장해 두어서 이러한 경로를 선택하여 사용하는 경우에는 별도로 사용자가 경로를 일일이 지정할 필요가 없이 저장되어 있는 경로를 로드하여 이용할 수 있도록 하였다. 기본적으로 저장되어 있는 경로 이외에도 사용자가 자주 사용하는 경로를 경로지정 모드안에 저장시켜 놓을 수 있도록 하여 사용자가 자주 사용하는 경로가 한가지가 아니고 여러 가지의 경우에도 특별한 조작없이 PC에서 경로를 선택하여 쉽게 사용할 수 있도록 하였다.

모터 구동용 프로그램은 AC서보모터의 작동을 시작할 수 있게 하는 온(ON)함수, AC서보모터의 작동을 정지시키는 오프(OFF)함수와 직접 모터의 회전을 담당하게 되는 모터구동 함수로 분류하였다. 모터 온 함수는 메인 프로그램의 실행시에 환경설정 모드가 로드되는 것과 동시에 호출신호를 받아 실행되며, 시스템이 구동 되어질 수 있는 상태로 만들어 준다. 모터 오프 함수는 메인 프로그램의 종료 직전에 호출되어 시스템의 구동을 종료 시킨 후 리턴이 되어 메인 프로그램이 종료될 수 있도록 하였다. 메인 프로그램에서 모터 구동 함수를 호출할 때에는 호출인자로서 주행속도, 이동거리, 이동방향을 전달하게 된다. 모터 구동 함수가 호출되면 가장 먼저 호출인자들의 입력을 받게 된다. 입력받은 호출인자들을 사용하여 모터를 사용자가 원하는 속도와 거리, 방향으로 구동을 시킬 수 있다. 모터 구동 함수에서 인자들에 특별한 처리를 취하지 않고 그 값들을 직접 사용하기 위하여 메인 프로그램에서 호출인자들을 송신해 줄 때 모터 구동 함수의 폼에 맞게 호출하도록 하였다. 모터 1회전당 펄스 수는 1000으로 설정을 하였으며, 필요에 따라서 이 값을 변경하려면 모터 구동 프로그램에서의 상수값 변화로 쉽게 늘리거나 줄일 수 있다. 이 때 모터 드라이버의 설정 값도 함께 변화시켜 주어야 한다. 환경설정은 실내실험에서 경로변경을 한 결과 속도, 거리 및 방향이 일정하게 작동하였다.

## 2. 높이 조절부

높이조절부센서는 작물의 성장에 따라 송풍 및 흡입구의 거리를 조절하기 위한 부분이다. 살수나 방제작업 시 스프레이 높이를 조절함으로써 효율적인 작업이 이루어지고 작물에 송풍 및 작물에 붙어 있는 해충과 이물질을 제거하기 위해 적절한 높이를 유지하는 장치이다. 센서는 발광부와 수광부가 한 쌍으로 되어 있으며, 서로의 간섭을 피하기 위해 엇갈려 위·아래로 장착하였다. 두 쌍의 센서는 작물의 특성을 고려하여 위·아래 간격을 사용자가 조절할 수 있도록 하였다. 센서의 유효거리는 길이가 4m이상이며, 최대 유효폭이 40mm인 빔센서를 사용하였다.

센서 작동에 의한 높이조절은 PS1과 PS2의 상태에 따라 결정 된다. PS1과 PS2가 모두 Off이면 높이조절부는 작물 위에 있다고 간주되어 하강하게 된다. PS1가 On, PS2가 Off일 때는 무시를 하게되며, PS1가 Off, PS2가 On이면 적절한 위치에 있다고 간주되어 정지한 상태가 되어 작업이 된다. PS1과 PS2가 모두 On인 상태는 작업기가 너무 아래에 위치한다고 간주되어 작업기가 상승된다.

높이 조절부는 작물의 성장속도에 따라 효율적인 작업을 하기 위하여 센서를 사용하였다. 작물의 상태에 따라 센서를 통해 입력된 값은 살수, 송풍 및 흡입을 하였다. 작업 중 성장속도가 다른 작물이 있을 경우 자동으로 높이가 조절되었다.

## 3. 주행장치

온실에서 작업을 하는 작업기의 경우에는 특별한 경우를 제외하고는 고속주행이 필요하지 않으며, 본 연구에서는 5cm/sec 에서 15cm/sec 사이의 주행속도를 갖고 구동될 수 있도록 하였다. 속도는 최소속도와 최대속도 사이에서 4수준으로 구동할 수 있도록 하였으며, 이 값은 환경설정 모드에서 사용자가 설정하여 사용할 수 있도록 하였다. 주행속도의 설정도 고랑개수의 설정과 마찬가지로 프로그램상의 상수를 변화시켜 최소속도와 최대속도를 변화시킬 수 있도록 하였다. 모터의 회전속도는 RPM단위로 측정이 되며, 모터 1회전당 2cm가 이동이 되므로 이를 고려하여 주행속도를 다음식을 통하여 계산하였다.

$$\text{주행속도}(cm/sec) = \text{모터회전속도}(RPM) \times \frac{1}{60} \times 2$$

제어프로그램은 작업공정에 따라 프로그램 할 수 있으며, 모두 9개의 프로그램을 입력하여 작동할 수 있도록 설계하였다. 또한 자동 모드와 수동모드를 두어 자동모드일 경우 프로그램에 의해 순차적으로 작동하며, 수동모드인 경우 각각의 작업기 및 모터 등을 개별적으로 작동할 수 있게 하였다. 주행부의 속도조절은 인버터 모터의 전원을 조절함으로써 전진 4단, 후진 4단의 총 8단계로 조절할 수 있다. 전원은 보통 60Hz를 가지게 되는데 전진 1속은 30Hz로 설정하였다. 이는 너무 적은 Hz를 발생시키면 필요토크를 얻을 수 없기 때문이다. 2속은 40Hz, 3속은 50Hz, 4속은 60Hz로 설정하였다. 수동의 경우 콘트롤패널에 부착되어 있는 VR스위치를 이용하여 작업자가 원하는 속도를 선택할 수 있도록 하였다.

작업기의 작업 시 주행부에 과부하 및 어떤 에러가 발생하게 되면 다른 작업기는 정상적으로 작동을 하면서 주행은 멈추게 된다. 또한 높이조절부와 분무기 등 모든 작업기의 상태는 항상 감시하여 이상이 발생하였을 경우 모든 작동은 멈추고 작업자에게 조치를 취할 수 있도록 에러 발생을 알리게 된다.

주행장치는 속도에 관계없이 오차가 발생하지 않았다. 특히 주행 중 작업자나 높이 조절부가 피할 수 없는 높이에 방해물이 있을 때는 센서에 의해 1m전방에서 정확하게 정지하였다.

## 요약 및 결론

온실에서 생산된 농산물의 안전성이 중요한 과제로 부각되고 있으므로 청정재배를 위한 장치의 개발이 요구되고 있는 현실이다. 본 연구를 통해 개발하고자 하는 생력화 및 청정재배환경 조성을 위한 다용도작업장치는 국내 여건에 적합한 개발이 필요한 것이다. 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수평이동형 작업장치 개발을 위하여 설계 프로그램인 3D-MAX 및 Auto-CAD을 이용하여 높이조절이 가능한 수직 이동장치 개발하였다.
2. 작업환경에 따라 송풍 및 살수를 위한 기본시스템을 설계하였고, 송풍은 작물의 상태에 따라 결정할 수 있는 저압형 송풍장치 개발하였다.
3. 거리는 모터 컨트롤러에 의해 하드웨어적으로 처리되는 시간이 약 0.4초 발생했으나, 이동거리는 바퀴의 회전수와 일치하였다.
4. 환경설정은 실내실험에서 경로변경을 한 결과 속도, 거리 및 방향이 일정하게 작동하였다.
5. 작물의 상태에 따라 센서를 통해 입력된 값은 살수, 송풍 및 흡입을 하였다. 작업 중 성장속도가 다른 작물이 있을 경우 자동으로 높이가 조절되었다.
6. 주행장치는 속도에 관계없이 오차가 발생하지 않았다. 특히 주행 중 작업자나 높이 조절부가 피할 수 없는 높이에 방해물이 있을 때는 센서에 의해 1m전방에서 정확하게 정지하였다.

## 참고문헌

1. Dwyer, M. J., J. A. Okello and A. J. Scarett, 1993, A theoretical and experimental investigation of rubber tracks for agriculture. *Journal of Terramechanics*, Vol. 30, No. 4, 285~298
2. Kutz, L. J., G. E. Miles, P. A. Hammer and G. W. Krutz, 1987, Robotic transplanting of bedding plants. *Trans. of the ASAE* 30(3). 586~590
3. Wong, J. Y., 1984, On the study of wheel-soil interaction. *Journal of Terramechanics*, Vol. 21, No. 2, 117~131
4. Wong, J. Y. and Preston-Thomas, J., 1986, Parametric analysis of tracked vehicle performance simulation model. *Mechanical Engineers*. Vol. 200(D2), No. 60, 101~114
5. Wong, J. Y., 1989, *Terramechanics and off-road vehicles*. Elsevier Publishers.