

## 시설원예의 생력화를 위한 다목적 자동작업장치 개발

민병로 · 김 웅 · 이범선<sup>1</sup> · 이대원\*  
성균관대학교 바이오메카트로닉스학과, <sup>1</sup>주식회사 파루

### An Automatic Operating System for Manless Multipurpose in Greenhouse

Min, Byeong-Ro, Kim, Woong, Lee, Beom-Seon<sup>1</sup>, and Lee, Dae-Weon\*

Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, Sungkyunkwan National University, Suwon 440-746, Korea  
<sup>1</sup>Paru Co. Ltd., Suncheon 540-813, Korea

**Abstract.** The automatic operating system was designed and built to work manless multipurpose in greenhouse. The system proved to be a reliable system for performing multipurpose functions. Its development involved the integration of moving part, height control part, watering part, ventilation part and inhalation part. The moving part was able to be moved it on the rail installed in greenhouse, the height control part controled it up and down by height of the crops, the watering part sprinkled a agricultural medicines on the crops and the ventilation and the inhalation part ventilated and inhaled different thing and vermin which were attached on crops. Based on the results of this study the following conclusions were made: The moving velocity was changed 0.047 – 0.027 m/s by the dial transfer. The velocity within 50 cm from center of the entrance was 0.2 m/s. The watering volume of spray increased as the pressure of spray was high. The difference of spray pressure between 10 kg/cm<sup>2</sup> and 15 kg/cm<sup>2</sup> was 60 ml, but that of spray pressure between 15 kg/cm<sup>2</sup> and 20 kg/cm<sup>2</sup> was 20 ml. The average speed of a current of inhalation was 3.64 m/s and the inhalation flux of inhalation was measured 0.044 m<sup>3</sup>/s by using glues seed and styrofoam.

**Key words :** automatic operating system, multipurpose functions, greenhouse

\*Corresponding author

## 서 언

노동 집약적이던 농업은 급속한 기계화로 인하여 노동력의 절감은 여러 분야에서 이루어지고 있지만, 수익성이 높지 않아 농동을 기피하는 산업중의 하나이다. 온실 자동화는 작물 등의 고부가가치 상품을 중심으로 발전하고 있으며, 앞으로 온실에서 무인자동화 시스템의 도입으로 인하여 누구나 손쉽게 작업설정을 할 수 있고 다목적 용도의 작업기 개발이 요구되는 실정이다. 현재 온실은 연약지반이 대부분이며, 이에 대한 기초 연구, 차량 이동에 대한 견인력과 온실의 다목적 무인작업기를 위한 기초 연구가 진행되고 있다.

연약지반의 기초로 연약지반의 집지압 연구(Aura, 1993), 토양 구조 손상에 따른 연구(Ayers, 1987), 연

약지반에서 견인성능을 예측 연구(Muro, 1989), 토양의 압력-침하와 전단특성 및 반복하중과 반복전단 특성 연구(Wong, 1984, 1986, 1988)를 수행하였다. 온실의 다목적 무인작업기를 위한 기초 연구로는 다연동 온실에 여러 종류의 센서를 부착한 복합환경 제어를 위한 시스템 개발(Koh 등, 1998), X-Y 테이블 이용한 무인작업기 이동 시스템(Kim와 Lee, 1998), 온실 내 무인작업기를 위한 경로 자동변환 시스템(Kim 등, 2000)을 개발하였다.

온실에서 소요되는 노동력 중에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것은 방제 및 수확작업이지만 살수, 방제 및 흡입작업도 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이 모든 작업들을 동시에 할 수 있는 다목적 자동작업장치를 개발하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시스템 구성

다목적 자동작업장치는 주행부, 높이조절부, 살수부 및 송풍흡입부로 크게 4개 부분으로 구성되어 있다. 이 장치의 주행부는 설치한 레일 위를 구동하도록 하였고, 높이절부는 작물의 높이에 따라 높이 조절이 가능하도록 하였으며, 살수부는 살수 및 농약살포 등을 원활하게 할 수 있도록 하였다. 또한 송풍흡입부는 작물의 미기상 조절과 작물에 부착된 해충 및 이물질을 제거하기 위한 송풍 및 흡입을 할 수 있도록 하였다. 이 작업장치는 시설원에 작업의 생력화를 위하여 화훼온실, 육묘장, 잔디온실 및 분화재배온실에서 사용할 수 있도록 설계 제작하였다. 이 작업장치는 모터의 제어가 용이한 AC서보 모터를 이용하였으며, 모터구동 방법은 PC로 직접 제어하는 방법과 RAM을 이용한 원격제어 방법 중에서 구동부의 이동 반경을 극대화하기 위하여 원격제어 방법을 적용하였다.

Fig. 1은 다목적 자동작업장치의 흐름도를 나타낸 것이다. 이 장치는 작물의 성장에 따라 작업장치의 높이를 조절할 수 있도록 설계하였다. Auto CAD를 이용하여 다목적 자동작업장치를 설계(Fig. 2) 제작한 후, 순천대학교 온실에 이 장치를 설치하였으며, Fig. 3은 실험하고 있는 장면이다.

Table 1은 다목적 무인작업을 하기 위하여 사용한 신평사의 모터 제원을 나타낸 것이다. 모터축의 기어비

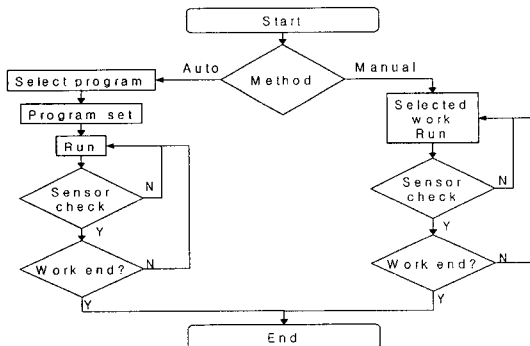


Fig. 1. Flow chart of the manless operating system.

Table 1. Specification of the motor.

Type	Voltage (V)	Output (W)	Speed (RPM)	Gear ratio	Rating
S28-VERTICAL	220	400	1800	10:1	Const.

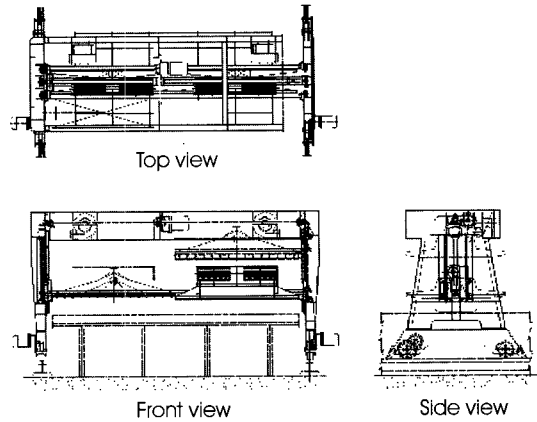


Fig. 2. Drawing of the multipurpose operating system.

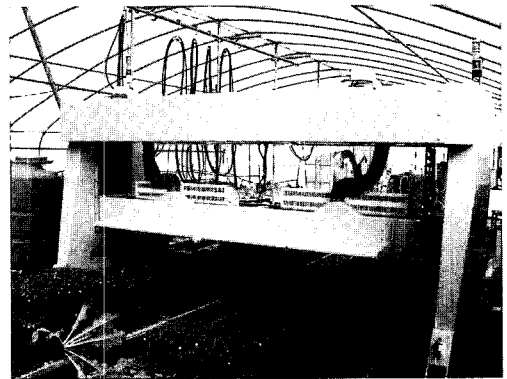


Fig. 3. Picture of the multipurpose operating system.

는 4:1로 하여 설계 제작하였다. 사람과 물체가 이 장치 앞에 있으면 자동으로 정지할 수 있도록 유효거리가 700 mm인 직접반사형 빔센서를 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 2.1. 다목적 자동작업장치의 속도측정

속도는 장치의 우측면에 설치된 속도조절용 다이얼을 이용하여 2회 측정한 후 평균값으로 하였다. 속도 조절용 다이얼은 총 9개의 눈금으로 표시되어 있으며, 저항에 의해 모터의 회전속도를 조절한다. Fig. 4는 다목적 자동작업장치의 속도조절용 다이얼을 나타낸 것이다.

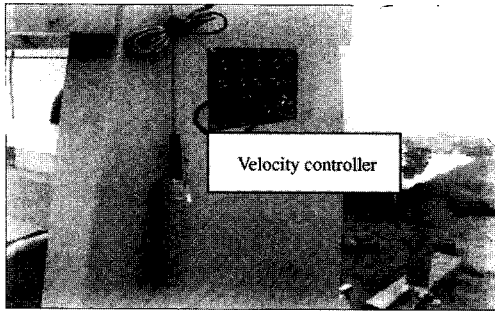


Fig. 4. The velocity controller of the system.

### 2.2. 에어커튼의 풍속측정

다목적 자동작업장치에 내장된 에어커튼은 송풍을 통한 식물의 스트레스를 통해 초장을 억제하기 위한 목적으로 설치되었다. 또한 이 풍속 측정은 송풍을 통해 밀집된 분화 또는 육묘 식물의 내부 미기상환경의 교란에 목적이 있다.

본 다목적 자동작업장치는 에어커튼을 이용하여 송풍에 의한 식물 스트레스를 통해 초장을 억제하고, 내부의 미기상환경의 개선 및 병해충 피해 방지를 위하여 부착하였다. 에어커튼의 풍속이 작물에 미치는 영향을 구명하기 위하여 에어커튼 토출구에서 수직으로 10cm거리부터 10cm씩 위치를 이동하여 50cm까지 측정하였으며, 또한 동일한 수직선상에서 토출구의 좌우 10cm지점도 풍속을 측정하였다. 에어커튼의 속도는 저속(Low), 중속(Medium), 고속(High)의 3단계 조절이 가능하며, 3단계의 풍속을 모두 측정하였다. Fig. 5는 에어커튼의 풍속 측정 위치를 나타낸 것이다.

### 2.3. 위치의 압력별 관수량

육묘장에서 사용하는 플러그 트레이 50공과 플라스틱 포트(직경 9cm)에서 과채류 및 화훼류의 관수량을 측정하기 위해 이송속도 2단계, 펌프의 물 공급압력 3단계로 하여 관수량을 측정하였다. 플러그 트레이 위치는 노즐로부터의 거리를 10, 20, 30, 40 및 50cm로 하여 측정하였다.

### 2.4. 블로워 유량 및 해충 모형 흡입

풍속은 레일 쪽 블로워 분사부 끝단에서 10cm씩 15등분하여 측정하였다. 측정위치는 블로워 분사부 끝단에서 측정하였다. Fig. 6은 다목적 자동작업장치의 흡입 위치를 나타낸 것이다. Fig. 7은 흡입실험에 사용된 3~4mm정도의 스티로폼 가루 및 풀 씨앗을 나타낸 것이다.

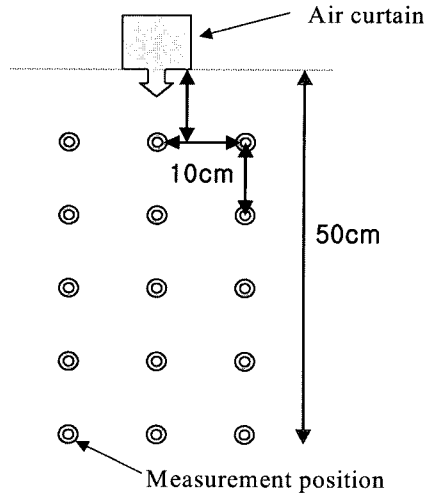


Fig. 5. The position of operating an air-curtain for measuring wind velocity.

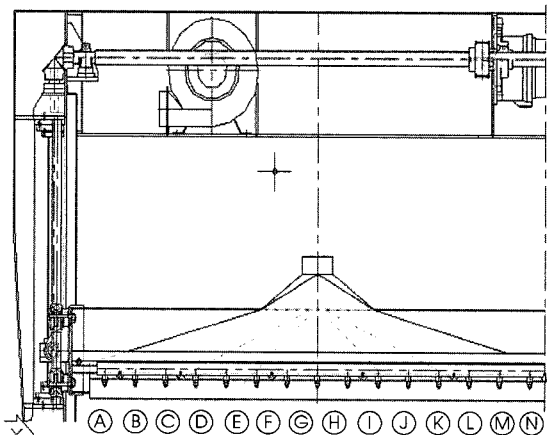


Fig. 6. The position of inhalation part.

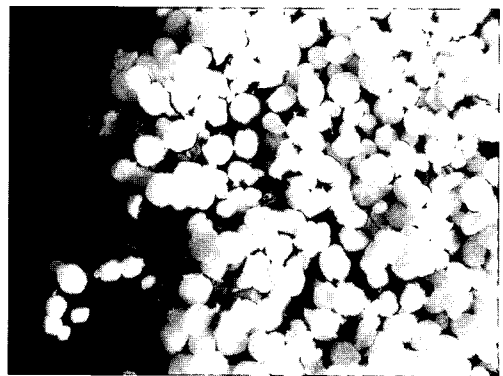


Fig. 7. The inhaled particles of styrofoam and seed.

**결과 및 고찰**

**1. 다이얼 변환에 따른 속도측정**

Table 2는 다목적 자동작업장치의 속도 조절용 다이얼 변환에 따른 속도변화를 측정된 것이다. 속도는 다이얼 변환에 따른 눈금으로 조정이 가능하도록 제작하였으며, 측정거리는 5 m이었고, 2회 반복 실험을 하였다. Table 2와 같이 다이얼 변환에 따른 속도 값은 측정된 평균속도와 선형적으로 나타났다.

**2. 에어커튼의 풍속측정**

풍속은 Table 3에서 나타난 바와 같이 고속, 중속, 저

속에서 3.9 m/s, 3.6 m/s, 3.4 m/s로 나타났다. 중앙 50 cm의 위치에서는 0.2 m/s정도의 아주 근소한 차이를 나타내었다. 토출구의 우측보다는 좌측에서의 풍속이 빠른 것으로 나타났다. 이것은 에어커튼의 송풍구조상 회전방향에 의한 것으로 좌측 하단 40 cm에서 가장 강한 풍속을 나타냈다. 우측의 경우에는 30 cm하단에서 약 2.1~2.3 m/s 정도로 높게 나타났다. 풍속 값의 차이는 다목적 자동작업장치의 형태에 의해 발생한 것으로 판단된다.

**3. 과채류 육묘시의 플러그트레이 위치 및 압력별 관수량**

관수량은 Table 4에서 나타난 바와 같이 관수노즐로

**Table 2.** The time for measuring velocity at 9 different positions.

Dial scale	Measurement of 1 time (s)	Measurement of 2 times (s)	Mean (s)	Mean velocity (m/s)
1	240	236	238	0.021
2	106	106	106	0.047
3	66	66	66	0.076
4	52	51	51.5	0.097
5	40	40	40	0.125
6	33	33	33	0.152
7	28	28	28	0.179
8	25	25	25	0.200
9	22	22	22	0.227

**Table 3.** Wind velocity at 5 different positions.

Wind velocity	Distance between air-curtain and point (cm)	10 cm toward left (m/s)	Center (m/s)	10 cm toward right (m/s)	Mean wind velocity (m/s)
High	10	0.6	10.6	0.5	3.9
	20	0.5	9.5	0.4	3.5
	30	1.6	8.5	2.3	4.1
	40	4.4	5.9	1.7	4.0
	50	4.0	5.0	1.5	3.5
Medium	10	0	10.3	0.5	3.6
	20	0.4	9.4	0.4	3.4
	30	1.7	8.0	2.3	4.0
	40	4.3	5.5	1.6	3.8
	50	4.0	5.1	1.5	3.5
Low	10	0	9.8	0.4	3.4
	20	0.4	9.0	0.4	3.3
	30	1.7	7.8	2.1	3.3
	40	4.2	5.0	1.5	3.6
	50	3.8	4.8	1.5	3.4
Mean		2.1	7.6	1.2	3.6

**Table 4.** The measurement of water flux as to position and pressure of plug tray. (unit : ml)

Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	10					15					20				
	Distance (cm)					Distance (cm)					Distance (cm)				
Measurement	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
1	205	250	240	230	230	265	300	285	275	255	320	300	330	300	290
2	280	250	250	245	240	340	310	310	280	335	290	330	350	340	335
3	140	170	170	170	185	180	230	230	240	250	275	225	250	270	290
4	260	140	250	245	230	325	315	305	295	275	330	330	340	335	310
5	280	275	270	285	250	350	335	330	325	310	365	365	310	380	345
Mean	179	166	188	186	187	224	235	232	226	233	245	241	260	257	255

**Table 5.** The measurement of water flux as to position and pressure. (unit : ml)

Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	10					15					20				
	Distance (cm)					Distance (cm)					Distance (cm)				
Measurement	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
1	28	16	13	17	15	34	18	19	21	15	35	21	24	23	50
2	33	21	27	30	23	36	28	34	31	28	39	34	39	32	28
3	28	16	23	26	17	31	22	21	24	25	34	27	34	25	29
4	33	20	25	31	23	38	24	31	35	27	41	30	44	35	27
5	25	16	16	16	13	31	17	18	20	17	36	20	27	24	22
6	27	16	21	20	17	30	21	26	23	17	31	23	29	23	18
7	30	20	24	27	23	35	24	33	32	27	39	29	38	31	27
8	25	16	22	27	17	29	19	32	25	18	31	26	36	24	19
9	29	20	22	22	22	33	27	31	20	25	36	31	38	28	29
10	26	17	20	19	20	29	20	23	22	26	31	24	26	20	25
Mean	26.4	18.1	22.3	25.6	22.0	30.7	22.0	27.5	27.1	24.9	33.2	26.1	33.9	28.5	29.9

부터의 거리에 따른 차이는 나타나지 않았지만, 관수압력이 높을수록 많게 나타났다. 10 kg/cm<sup>2</sup>와 15 kg/cm<sup>2</sup>에서는 약 60 ml의 관수량 차이를 보였으며, 15 kg/cm<sup>2</sup>와 20 kg/cm<sup>2</sup>에서는 약 20 ml의 차이를 보였다. 10 kg/cm<sup>2</sup>의 압력에서는 1공당, 즉 관수압력이 식물 1개체당 관수량이 약 4.3~4.7 ml, 15 kg/cm<sup>2</sup>에서는 약 5.7~6.0 ml로 나타났다.

**4. 화훼류 재배시의 포트 위치 및 압력별 관수량**

관수노즐로부터의 거리별 관수량은 Table 5와 같이 노즐로부터의 거리가 10 cm일 경우, 관수량이 가장 많은 것으로 나타났다. 이것은 노즐로부터의 거리가 가까워 노즐의 분사각 내에 포트가 위치하므로 채집된 물의 양이 많은 것으로 판단된다. 그러나 20 cm 이상에서는 일정한 경향이 나타나지 않았다. 이것은 노즐과의 거리가 멀어질수록 분사각도가 벌어져서 노즐 분사각이 겹치는 부분에서 분사량이 일정하게 유지되어 나타

나는 현상이라고 판단된다.

**5. 블로워 유량 및 해충 모형 흡입**

흡입 실험은 해충을 대신하여 스티로폼 가루 및 풀 씨앗을 이용하여 측정하였다. 입자 크기는 해충과 유사한 3~4 mm 정도의 마른 풀 씨앗 및 스티로폼을 흡입하였다. Table 6은 흡입시험의 결과를 나타낸 것이다. 평균 유속은 3.64 m/s이고, 흡입유량은 0.044 m<sup>3</sup>/s이다. 흡입실험을 위하여 14개 처리구를 사용하였으며, A, B, M, N 처리구에서 스티로폼 및 풀 씨앗의 흡입이 잘되는 것으로 나타났다.

스티로폼 및 씨앗은 비중이 작고 면적이 클수록 흡입 확률이 높지만, 전체적으로 흡입구 끝단에서 5 mm 이상 벌어지면 기능을 발휘하지 못하였다. 현재 용량보다 3배 이상 커야 될 것으로 판단되며, 흡입구 전체에 일정한 압력이 발생 할 수 있는 구조로 개선해야 된다고 판단된다.

**Table 6.** The inhalation test.

The position of measurement	The spot of measurement (mm)	Velocity (m/s)	Etc.
A	100	6.4	
B	200	6.0	
C	300	3.6	
D	400	3.3	
E	500	2.3	Mean velocity
F	600	1.7	V = 3.64 m/s
G	700	1.7	A = 0.012 m <sup>2</sup>
H	800	1.6	Inhaled flux
I	900	1.7	Q = AV
J	1000	2.7	Q = 0.044 m <sup>3</sup> /s
K	1100	3.5	
L	1200	3.9	
M	1300	6.2	
N	1400	6.4	

## 적 요

시설원에 작업의 생력화를 위해 화훼온실, 육묘장, 잔디온실 및 분화재배온실에서 사용할 수 있는 다목적 자동작업장치를 개발하였다. 본 시스템의 구성은 주행부, 높이조절부, 살수부, 송풍부 및 흡입부로 되어 있다. 다목적 자동작업장치를 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

다이얼 변화에 따른 속도는 0.047 ~ 0.027 m/s로 나타났고, 에어커튼의 풍속은 고속, 중속, 저속에서 3.9 m/s, 3.6 m/s, 3.4 m/s로 나타났으나, 중앙 50 cm의 위치에 서는 0.2 m/s정도로 차이가 없었다.

관수압력이 높을수록 관수량이 많아졌으나 10 kg/cm<sup>2</sup>와 15 kg/cm<sup>2</sup>에서의 차이는 약 60 ml, 15 kg/cm<sup>2</sup>와 20 kg/cm<sup>2</sup>의 사이에는 약 20 ml의 차이를 보였다. 흡입은 해충과 유사한 3 ~ 4 mm정도의 스티로폼 가루 및 풀 씨앗을 이용하여 측정한 결과 평균 유속은 3.64 m/s이고, 흡입유량은 0.044 m<sup>3</sup>/s이었다.

**주제어** : 자동작업장치, 다목적, 온실

## 인 용 문 헌

- Aura, E. 1993. Soil Compaction by the tractor in spring and its effect on soil porosity. *Journal of Scientific Agricultural Society of Finland*. 55.
- Ayers, P.D. 1987. Moisture and density effects on soil shear strength parameters for coarse grained soils. *Transaction of the ASAE*. 30(5):1282-1287.
- Kim, C.S., D.W. Lee, and S.K. Lee. 2000. An automatic transfer system of the path for an unmanned machine in the greenhouse. *Journal of Bio-Environment Control*. 9(4):237-243.
- Kim, C.W. and D.W. Lee. 1998. A Traveling control system with X-Y table actuator for unmanned operation in the greenhouse. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery*. 23(2):157-166.
- Koh, H.K., D.W. Lee, C.H. Choi, C.W. Kim, J.M. Kim, and Y.S. Kwon. 1998. Development of a system for hybrid environmental control in the multi-greenhouses. *Journal of Bio-Environment Control*. 7(1):1-8.
- Muro, T. 1989. Tractive and Braking performance of a flexible tracked tractor moving up and down weak sloped terrain. *Journal of Terramechanics*. 32(5):245-261.
- Wong, J.Y. 1984. On the study of wheel-soil interaction. *Journal of Terramechanics*. 21(2):117-131.
- Wong, J.Y. and Preston-Thomas, J. 1986. Parametric analysis of tracked vehicle performance using an advanced computer simulation model. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. 200(60):101-114.
- Wong, J.Y. and Preston-Thomas, J. 1988. Investigation into the effects of suspension characteristics and design parameters on the performance of tracked vehicles using an advanced computer simulation model. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. 202(53):143-161.