

# 슬라이더와 러그 조합에 의한 주간조절장치 개발

## Development of Vegetable Row Spacing System by Slider and Lugs

장유섭\*      김동역\*\*      김현환\*      김종구\*      이동현\*\*      김성기\*  
정회원      정회원      정회원      정회원      정회원      정회원

Y. S. Chang   D. E. Kim   H. H. Kim   J. K. Kim   D. H. Lee   S. K. Kim

### 1. 서론

우리나라에서는 수경재배 면적이 617ha로 90년 이후 크게 증가하였으며, 식물공장에 관한 기술개발이 연구초기 단계로서 작물재배·주간조절시스템·광원 등과 관련한 기초연구가 이루어지기 시작하였다.

식물공장에서는 파종·발아·정식·조간조절·수확·포장 등의 시스템이 갖추어지고 냉·난방, 습도, 탄산가스, 배양액 뿐 아니라 부족한 일사량을 광원을 통하여 보광하는 등 작물에 적합한 최적 환경을 조성하는 환경관리제어시스템을 구축하여야 한다. 특히 주간 또는 조간조절 기술은 작물이 이동함으로써, 파종, 이식과 수확이 농작업자가 정위치 작업이 가능하게 하여, 농작업을 위해 농작업 장치를 이동하는 동력이나 작업자의 이동이 크게 줄어든다. 또한, 작업장소를 집중화하여 농작업 조건이 단순화되어 노동력 투입이 크게 절감 될 수 있다. 작물고정식 재배방식에서는 작업장소가 여러 곳으로 분산되기 때문에 작업효율이 떨어지고 노동 투입량이 많아진다.

따라서, 본 연구에서는 작물의 밀식 재배가 가능하고, 작물이 성장함에 따라 주간을 조절하여 토지이용률이 높이고, 연중 계획에 의해 정식과 수확시기를 임의조절 가능한 슬라이더와 러그 조합형의 주간조절장치를 개발하고 그 성능시험을 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 주간조절장치의 제작

주간조절단계는 잎 상추를 재배하고 작물의폭을 측정하여 생장곡선을 구한 후에 각각의 재배일수에 따른 주간조절량을 구하여 사용하였다. 잎상추는 청치마상추로서 3~6월에 정식하고 재배하여 생장곡선을 구하기 위해 작물의 폭을 조사하였다.

#### 나. 소요구동력 측정

작물폭을 주간 간격조절량으로 하고, 기본은 그림1과 같이 슬라이드와 러그의 조합으로 구성하고, 작동은 공압실린더에 의해 주간간격과 이송이 이루어지도록 제작하였다.

그림 2에서 보는 바와 같이 소요 구동력 측정장치는 슬라이더하부에 장치된 주간조절용

\* 농촌진흥청 농업공학연구소 생산기반공학과

\*\* 농업공학연구소 이용기술공학과

공압실린더에 100kgf용 로드셀(S-B100L)을 설치하고, 데이터 인디케이터( CI-1560a)에서 입력된 자료를 컴퓨터로 전송하여 visual basic 언어로 작성한 데이터 수집장치에서 디지털 값으로 전환된 저항력을 수집하도록 제작 사용하였다.

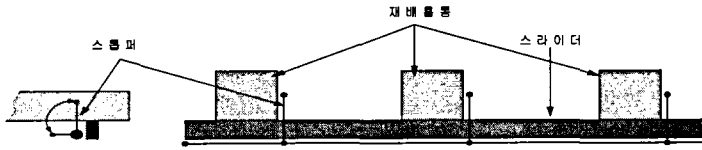


Fig 2. Diagram of slider and lug type row-spacing system

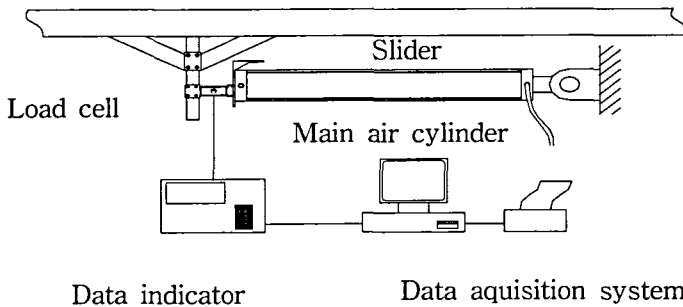


Fig. 3 Measuring device of the required force for row-spacing

#### 다. 주간조절장치의 성능시험

주간조절 장치의 성능시험은 정식된 재배용통을 주간조절 장치에 입상시킨 후에 전진과 주간간격조절 및 후진이 자동으로 작업되도록 설정하고 그때의 이동하는데 소요되는 힘과 주간조절성을 측정 검토와 규모가 확대되었을 때의 이송실린더에 미치는 힘을 예측하였다..

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 식물공장용 주간 조절단계설정

주간조절단계를 설정하기 위하여 그림3에서 보는바와 같이 3월에서 6월에 재배한 잎 상추인 청치마상추의 작물점유폭을 측정하고 성장곡선을 구하였다. 작물폭에 의한 성장곡선은 지수함수로서  $y = 6.7472e^{0.0843x}$  ( $r^2 = 0.9641$ ) 이식으로 생육일수에 따른 잎상추의 작물폭을 예측할 수 있다. 표1은 성장곡선을 바탕으로 계산된 주간조절단계이다.

#### 나. 주간 조절장치 제작 및 작동

주간조절장치는 슬라이더와 실린더의 이송부와 러그와 실린더조합으로 된 주간조절을 위한 스톱퍼로 구성되어 있다. 슬라이더는 재배용통을 지지하는 구조이고 슬라이더 상부에서 재배용통이 미끄러짐 운동하도록 제작하였다. 또한 배양액은 배양액을 각각의 재배용통에

공급할 수 있도록 미세관을 사용하여 재배홈통에 배양액을 공급하며, 잉여배양액은 회수 물 받이에 의해 배양액 공급장치로 회수된다.

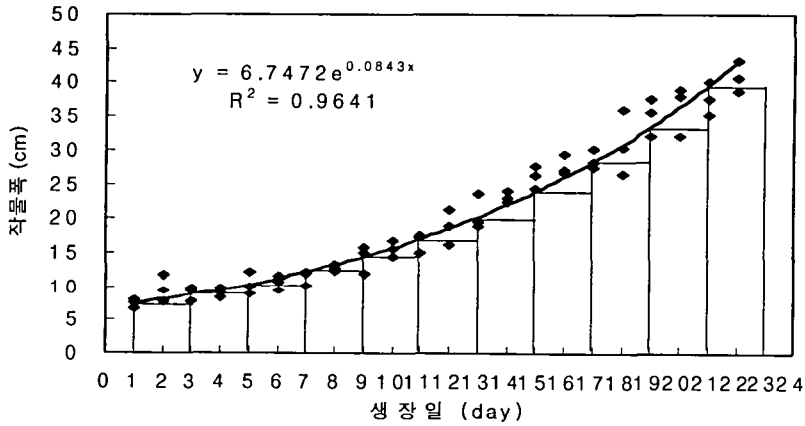


Fig. 4 Growth curve by growing days (leafy lettuce : cheongchima)

Table 3. Row-spacing distances of growth curve and adjusted value

Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Growing day	0	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Growth curve(cm)	6	7.3	8.7	10.3	12.2	14.4	17.1	20.2	23.9	28.3	33.5
Adjusted value(cm)	6	7	8	10	12	14	17	20	24	28	34
Actual value(cm)	6	6	6	8	10	13	16	19	22	26	34



Fig. 5 Figure of row-spacing system

슬라이더의 이송은 그림 5에서 보는 바와 같이 공압 실린더(CDA1LN63-500-Z73)가 왕복 운동함으로써 재배홈통의 정식 지점에서 수확지점을 왕복하여 주간조절이 되도록 한다. 슬라이더가 공압 실린더에 의해 전진 될 때에 주간거리를 조절하기 위해 잠시 멈추어 있는 동안 센서(Proximity sensor, C30DN)가 슬라이더를 감지하여 주간조절러그조합의 실린더를 작동시켜 수직방향으로 러그를 세우게 된다. 이때에 슬라이더가 전진하더라도 재배홈통은 러그가 스톱퍼 역할을 하여 미끄럼마찰을 하게 된다.

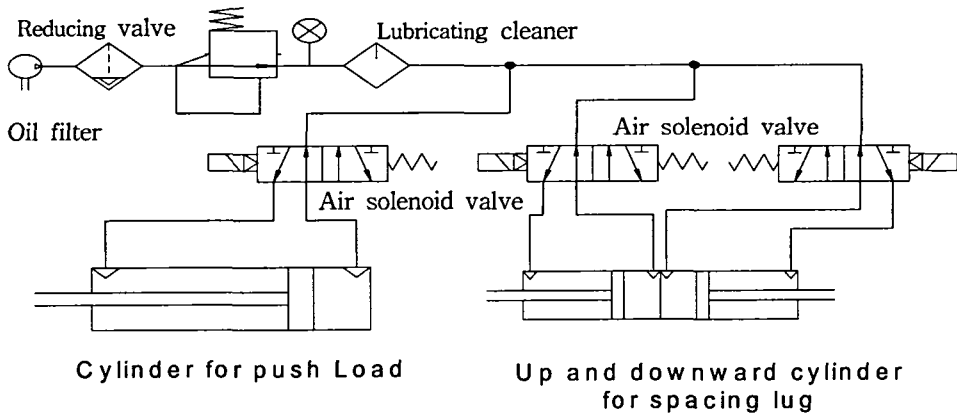
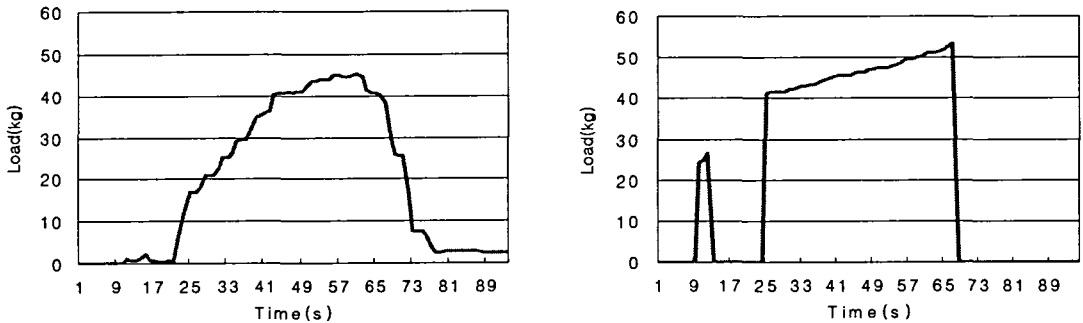


Fig. 6. Air cylinder circuit of the row-spacing system

다. 주간장치의 소요전인력

제작한 주간조절장치의 시작기가 가동될 때에 소요되는 소요구동력을 구명하기 위하여 주 실린더 상단에 로드셀을 설치하여 전진과 후진의 경우 실린더에 의해 슬라이더를 밀고 당기는 경우의 힘을 로드셀로 검출하였다.

측정한 결과 그림 38에서 보는 바와 같이 실린더를 전진 시킬 경우에는 구동력이 0.6 ~ 45.4kgf 범위에서 주간단계가 커질수록 구동력이 계속 증가하다가 실린더의 전진이 멈추게 되면 구동력은 급격히 저하되었다. 후진할 경우의 구동력은 24.4~53.6kgf 범위에서 슬라이더가 멈출때까지 계속 구동력이 증가하는 경향을 보였다.



pushing force of slider by main      pulling force of slider by main cylinder

Fig. 7 Measuring force of the pushing and pulling slider by main cylinder

라. 주간장치의 주간조절 성능검정

주간조절장치의 재배일수는 정식후 21~24일이 소요되도록 설계하였으며, 주간조절 1~3 단계는 재배흙통이 6개씩 12개로 재배 흙통 폭 6cm 범위 안에 있기 때문에 주간조절 간격을 6cm로 설정하였다. 4~5단계는 2cm씩 주간조절 간격이 충분된 것으로 설계값 8, 10cm이다. 6~7단계는 3cm씩 주간 조절량이 증가된 것으로 설계 조절량 16, 19, 22cm이고 . 10단

계는 주간 조절량의 증분이 4cm이고, 11단계는 주간조절 증분이 8cm로 수확시기의 엽채소의 작물 폭이 매우 크기 때문에 이를 고려하였다.

Table 4. The troughs distance row-spaced by the row-spacing system

Stage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Row-space (cm)	6	6	6	8	10	13	16	19	22	26	34
Trough no.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3
Average of measuring distance(cm)	6.03	6.05	6.03	7.93	10.02	13.07	16.15	19.07	21.95	26.0	34.0

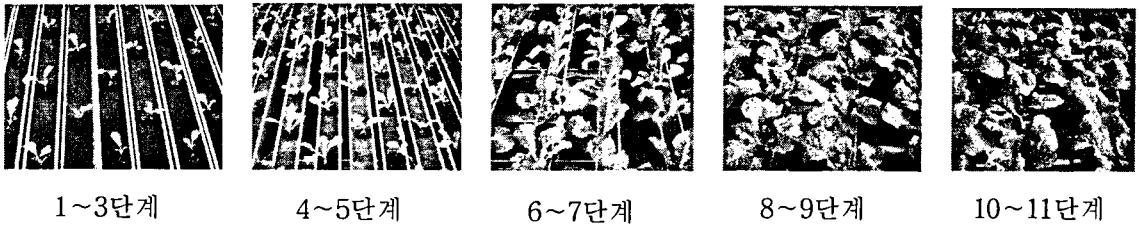


Fig. 8 Figure of the troughs row-spaced by the row-spacing system

#### 4. 요약 및 결론

식물공장용 주간조절장치를 개발하기 위해 작물의 성장곡선과 소요구동력 및 주간 조절량 등을 검토 분석하고 주간조절장치를 제작한 후 성능시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 작물 주간조절장치는 슬라이더의 미끄럼직선운동과 리그스톱퍼의 정지작용에 의해 정식 판이 이동과 정지를 반복하면서 작물의 주간 간격이 조절되는 구조로 설계 제작되었다.
- 나. 작물 주간조절장치는 청치마상추를 기준으로 하였으며, 대부분의 엽채소에 맞도록 주간 간격 단계를 11~16단계로 조절할 수 있도록 설계하였다.
- 다. 실제 농가에 적용시킬 주간조절 장치의 구동력을 분석한 결과, 주간조절장치가 50m 일 경우 소요되는 구동력은 제작하여 구동하는데 소요되는 동력은 약 1,252kg로 분석되었다.

#### 5. 참고문헌

- 가. 장유섭 등 3인, 2000, 식물공장용 조간조절장치 개발, 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 5(2), p95-1002
- 나. 内田 徹, 1998, 植物工場 新技術の 展開, p 24~30
- 다. Benoit, F. 1997b. The Mobil Gully System (MGS) for leafy vegetables and herbs. In: Technical communications. Belgium: European Vegetable R&D Centre, February 1997. 4p
- 다. Robert L. Norton. 1998. MACHINE DESIGN. Prince-Hall International Inc. p13